



**UZAY YERLEŞİMLERİ MİMARİ PROGRAMLAMASI: OLASI BİR
AY ÜSSÜ İÇİN MİMARİ PROGRAM ARAŞTIRMASI**

Sema KIRICI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Sema KIRICI

01/08/2025

UZAY YERLEŞİMLERİ MİMARİ PROGRAMLAMASI: OLASI BİR AY ÜSSÜ İÇİN MİMARİ PROGRAM ARAŞTIRMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Sema KIRICI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2025

ÖZET

Ay yüzeyinde yerleşke tasarımı; görev tanımı, görev süresi, kullanıcı profili, çevresel koşullar ve teknolojik olanaklar gibi çok boyutlu değişkenlere bağlı olarak şekillenmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin Ay yüzeyinde gerçekleştireceği olası görevler doğrultusunda, Ay yerleşkesi tasarımına yönelik ilk kapsamlı mimari program önerisinin geliştirilmesi bu tezin temel amacını oluşturmaktadır. Türkiye'de bu alandaki çalışmaların yarışma düzeyinde sınırlı kalması, sistematik ve bilgi tabanlı bir programlama yaklaşımının gerekliliğini ortaya koymuştur. Tezin problem alanı, görev süresi, kullanıcı sayısı ve çevresel koşullar gibi çok boyutlu değişkenlerin mimari karar alma süreçlerine entegrasyonudur. Ay yüzeyine özgü radyasyon, sıcaklık farkları, düşük yerçekimi ve sınırlı kaynak erişimi gibi çevresel parametreler; kullanıcıların yaşam destek gereksinimleri ve görev süreleriyle birlikte değerlendirilerek mimari karar alma süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Bu kapsamda, güncel mimari programlama yöntemleri analiz edilmiş; Ay'a özgü çevresel ve operasyonel koşullar doğrultusunda mevcut bilgi tabanlı programlama modeli yeniden yapılandırılmıştır. Temel olarak belirlenen yaklaşım, Ay yerleşkesi bağlamında özgün adımlarla genişletilmiştir. Bu adımlar; Ay çevresel koşullarının analizi, görev bileşenlerinin belirlenmesi, inşa etme yöntemlerinin tanımlanması, alt sistem mimari bileşenlerin yapılandırılması ve mekânsal organizasyonun kurulmasıdır. Programlama süreci sonucunda 45 sayfalık bir mimari program dokümanı oluşturulmuştur. Bu doküman; 20 birimlik teknik ve fonksiyonel mekânları tanımlamakta, proje kapsamı ve kullanıcı verilerini içermektedir. Her bir mekân; alt fonksiyonları, mekânsal gereksinimleri, enerji ve kaynak tüketimi ile güvenlik ve acil durum senaryoları bağlamında ele alınmıştır. Ayrıca birimlerin yerleşke içindeki konumları, birim ve toplam alanları, kullanıcı kapasiteleri, yapı malzemeleri ve enerji yönetimi bilgileri de programlamaya entegre edilmiştir. Program çıktısı, mimarlık, şehir ve bölge planlama ile uzay ve havacılık mühendisliği alanlarından uzmanlarla yapılan odak grup toplantısında değerlendirilmiş ve gelen geri bildirimler doğrultusunda revize edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin Ay yerleşkesi tasarımına yönelik ilk mimari program önerisi ile birlikte, bu öneriyi destekleyen mimari programlama yaklaşım modeli literatüre kazandırılmıştır.

Bilim Kodu : 80107

Anahtar Kelimeler : Uzay mimarlığı, Ay yerleşkesi tasarımı, mimari programlama, 21. yy. mimarlığı

Sayfa Adedi : 188

Danışman : Prof. Dr. Pınar DİNÇ KALAYCI

ARCHITECTURAL PROGRAMMING FOR SPACE SETTLEMENTS:
ARCHITECTURAL PROGRAM RESEARCH FOR A POSSIBLE MOON BASE
(M. Sc. Thesis)

Sema KIRICI

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2025

ABSTRACT

The design of a lunar surface settlement is shaped by multidimensional variables such as mission definition, duration, user profile, environmental conditions, and technological capabilities. In this context, the primary aim of this thesis is to develop the first comprehensive architectural programming proposal for a lunar settlement aligned with Turkey's potential missions on the Moon. The limited scope of existing studies in Turkey, which remain at the competition level, highlights the need for a systematic and knowledge-based programming approach. The problem area of the thesis focuses on integrating variables such as mission duration, number of users, and environmental conditions into architectural decision-making processes. Lunar-specific parameters; radiation, temperature fluctuations, low gravity, and limited resource accessibility directly influence architectural decisions when considered alongside life support requirements and mission timelines. To address this, current architectural programming methods were analyzed, and the existing knowledge-based programming model was restructured according to lunar environmental and operational conditions. The main approach was expanded through original steps tailored to the lunar context: analysis of environmental conditions, identification of mission components, definition of construction methods, configuration of architectural subsystems, and establishment of spatial organization. As a result, a 45-page architectural program document was produced. This document defines 20 technical and functional units and includes data on project scope, objectives, type, capacity, scale, site information, and user profiles. Each unit is examined in terms of sub-functions, spatial requirements, energy and resource consumption, and safety and emergency scenarios. Additionally, unit locations, area distributions, user capacities, building materials, and energy management strategies were integrated into the programming framework. The program output was evaluated through focus group meetings with experts from architecture, urban planning, and aerospace engineering, and revised based on their feedback. Ultimately, this thesis introduces the first architectural programming proposal for Turkey's lunar settlement design and contributes a tailored programming model to the academic literature.

Science Code : 80107

Key Words : Space architecture, moon-base settlement, architectural programming,
21. Century architecture

Page Number : 188

Supervisor : Prof. Dr. Pınar DİNÇ KALAYCI

TEŞEKKÜR

Cumhuriyetimizin kurucusu, Mustafa Kemal ATATÜRK'e, ilke ve devrimleriyle şekillendirdiği çağdaş Türkiye için şükranlarımı sunuyorum. Özgür düşüncenin, bilimin ve ilerlemenin yolunu açan vizyonu, bu çalışmanın temel motivasyonlarından biri olmuştur.

Büyük bir heyecan ve merak içerisinde başladığım tez yazma serüvenimde her zaman yanımda olan ve beni desteklemekten asla vazgeçmeyen değerli yol arkadaşım Emre TANRIKULU'na teşekkür ederim. Zorlandığım noktalarda bana daima güç veren, sabırla destek olan ve sevgileriyle beni her zaman motive eden aileme minnettarım. Zor zamanlarımda, gösterdikleri anlayış ve verdikleri cesaret sayesinde, bu süreci daha verimli ve umut dolu bir şekilde tamamlayabildiğim.

Ay yerleşkesi mimari programı sürecinde bilgi ve deneyimleriyle süreci zenginleştiren; katkılarını esirgemeyen ve disiplinler arası bakış açılarıyla ufuk açıcı geri bildirimler sunan Sema ALAÇAM, Burak YAĞLIOĞLU ve Ersan KOÇ'a teşekkür ederim. Disiplinler arası bakış açıları, teknik doğruluğa yönelik yönlendirmeleri ve sistematik analiz önerileri, programın bütüncül biçimde gelişmesine önemli ölçüde katkı sağlamıştır.

Araştırmam sürecinde bana rehberlik eden ve kıymetli görüşleriyle çalışmama yön veren değerli danışmanım Prof. Dr. Pınar DİNÇ KALAYCI'ya teşekkür ederim. Süreç içerisinde beni asla dinlemekten vazgeçmeyen, sorularıma daima cevap veren ve içerisinde kaybolduğum geniş bilgi havuzunda bana rehberlik eden değerli hocama bir kez daha en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	11
2.1. Güncel Mimari Programlama Araştırmaları	11
2.1.1. Mimari programlamanın kapsamı	12
2.1.2. Güncel mimari programlama göstergeleri, metotları ve süreç adımları ...	13
2.1.3. Mimari programlama yaklaşımları.....	19
2.1.4. Mimari programlama yönteminin belirlenmesi	23
2.2. Uzay ve Uzay Mimarisi Çerçevesi.....	26
2.2.1. Uzay mimarlığına giriş.....	28
2.2.2. Artemis programına genel bakış	30
2.2.3. Türkiye'nin uzay mimarlığındaki konumu	31
2.2.4. Türkiye uydu çalışmaları.....	33
2.3. Ay Koşulları ve Mimarisi.....	35
2.3.1. Ay'ın fiziki koşulları	35
2.3.2. Kullanılabilecek alt sistem mimarlığı	38

Sayfa

2.3.3. Ay koşullarında inşa etme yöntemleri.....	46
3. ALAN ÇALIŞMASI.....	59
3.1. Türkiye’de Yapılan Ay Üssü Mimari Çalışmalar	59
3.2. Türkiye’de Yapılan Ay Üssü Mimari Yarışmalar.....	59
3.3. Uluslararası Alanda Yapılan Ay Üssü Mimari Çalışmalar	62
3.4. Uluslararası Alanda Yapılan Ay Üssü Mimari Yarışmalar.....	73
3.5. Türkiye Ay Yerleşkesi Mimari Programı Geliştirme Süreci	76
3.6. Mimari Programın Uzman Görüşleriyle Değerlendirilmesi	79
3.7. Nihai Ay Yerleşkesi Mimari Program Önerisi.....	85
3.8. Program ve Programlama Yaklaşımı Üzerine Saptamalar.....	130
3.8.1. Mimari program yazımı sürecindeki kısıtlılıklar	133
3.8.2. Nihai Ay yerleşkesi mimari programlama yaklaşımı.....	134
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	139
KAYNAKLAR	149
EKLER.....	161
EK-1.Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler.....	162
EK-2. Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü.....	169
ÖZGEÇMİŞ	188

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. NASA'nın iş birliği içerisinde olduğu paydaşlar.....	29
Çizelge 2.2. Dünya ve Ay'ın fiziksel parametrelerinin karşılaştırılması	36
Çizelge 2.3. ECLSS sisteminin fonksiyonel analizi	42
Çizelge 3.1. Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması kazananları	61
Çizelge 3.2. Pneumoplanet Ay habitat tasarımına ait detaylı bilgiler.....	71
Çizelge 3.3. Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi.....	86

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dünya genelinde uzay ajanslarının artışı.....	1
Şekil 1.2. Tez akış şeması	7
Şekil 2.1. Mimari programlama çerçeve modelinde yer alan genel süreçler.....	17
Şekil 2.2. Mimari programlama süreç adımları	18
Şekil 2.3. Mimari programlamada FPS kullanımına yönelik iş planı.....	19
Şekil 2.4. CRS tarafından önerilen mimari programlama matrisi	21
Şekil 2.5. Tez kapsamında kullanılacak olan birinci aşama ve ikinci aşama mimari programlama adımlarının çerçeve modeli	26
Şekil 2.6. NASA'nın evrimsel mimari inceleme süreç grafiği.	27
Şekil 2.7. Türkiye'nin uydu yol haritası	34
Şekil 2.8. Kapalı devre su geri kazanım sistemleri.....	43
Şekil 2.9. Çeşitli üç boyutlu yazıcıların kullanımı ile üretilmiş örnekler	48
Şekil 2.10. Üst yapı örtü sisteminin kesit çizimi	55
Şekil 2.11. Olası bir yaşam alanı için lav mağarasının kesiti	56
Şekil 3.1. Ay köyü tasarım önerisi.....	63
Şekil 3.2. Moon village projesine ait One Moon habitat modül planları.....	66
Şekil 3.3. Önerilen habitat modeli ve önerilen yaşam modülündeki birimlerin hacimsel büyüklükleri.....	67
Şekil 3.4. 16 seradan oluşan PneumoPlanet habitat tasarımının genel görünümü.....	69
Şekil 3.5. İncelenen projelerde yer alan teknik ve fonksiyonel birimlerin analizi	77
Şekil 3.6. Görüşmeden önce uzmanlarla paylaşılan mimari program önerisinin görüşme sürecindeki sunumu.....	80
Şekil 3.7. Mimari program önerisinin değerlendirilmesi amacıyla uzman ekibe yöneltilen üç odak soru	80
Şekil 3.8. Disiplinler arası uzman görüşlerinden elde edilen tematik yoğunluk matrisi...	81

Şekil**Sayfa**

Şekil 3.9. Geliştirilen mimari programlama süreç adımları.....	138
--	-----



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tüneller, güneş kuleleri ve aynalar dahil çeşitli sera birimlerinin 3 boyutlu görünümü.....	50
Resim 2.2. Hassell Stüdyo tarafından tasarlanan Ay Habitat Master Plan konsept çalışmaları	51
Resim 2.3. Artemis III programı kapsamında NASA tarafından belirlenmiş 13 iniş bölgesi	52
Resim 2.4. İnsanlı iniş sistemi örnekleri.....	53
Resim 2.5. The Dynetics tarafından önerilen insanlı iniş sistemi tasarımı	54
Resim 2.6. SOM tarafından tasarlanan Ay habitat tasarım modülü	57
Resim 3.1. Pneuoplanet habitat birim kesiti	68
Resim 3.2. Ay yerleşkesi Master Planından iç mekân görüntüleri.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m

Metre

m²

Metrekare

m³

Metreküp

Kısaltmalar

Açıklamalar

ADD

Architecture Definition Document (Mimari Tanımlama Dökümanı)

BTYK

Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu

CRS

Caudill of Caudill Rowlet-Scott

ESA

European Space Agency (Avrupa Uzak Ajansı)

EVA

Extravehicular Activity (Araç Dışı Aktivite)

ESPI

European Space Policy Institute (Avrupa Uzak Politikası Enstitüsü)

ECLSS

Environmental Control and Life Support System (Çevresel Kontrol ve Yaşam Destek Sistemleri)

HLS

Human Landing System (İnsanlı İniş Sistemi)

ISS

International Space Station (Uluslararası Uzak İstasyonu)

ISECG

International Space Coordination Group (Uluslararası Uzak Koordinasyon Grubu)

ISRU

In-Situ Resource Utilization (Yerinde Kaynak Kullanımı)

MIT

Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Üniversitesi)

Kısaltmalar**Açıklamalar****NASA**

National Aeronautics and Space Administration
(Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)

SOM

Skidmore, Owings & Merrill Architecture

SLS

Space Launch System (Uzay Fırlatma Sistemi)

TÜBİTAK

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu

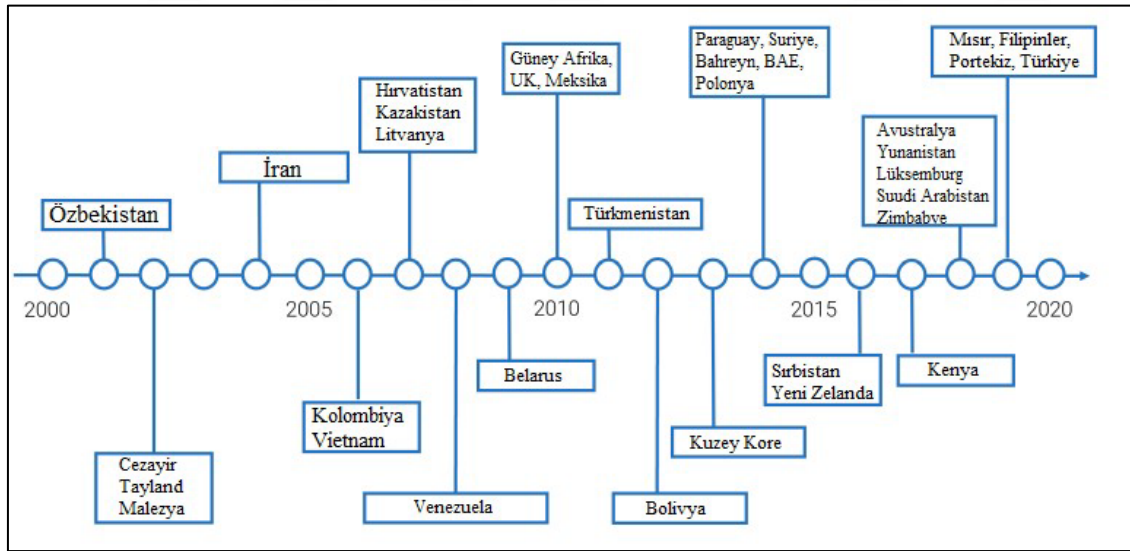
TUA

Türkiye Uzay Ajansı



1. GİRİŞ

Modern uzay arařtırmaları, 20. yuzyılın bařlarında savunma sanayi ve roket teknolojisinin geliřmesine paralel olarak gerçekleřmiřtir. Bu alandaki arařtırmalar, Amerika Birleřik Devletleri ve Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birlięi arasındaki uzay yarıřı ile hızlanarak gūnūmūze kadar önemini arttırmıřtır. Kamu tekelinde bařlayan sūre özel sermayelerin de sūrece dahil olmasıyla birlikte hız kazanmıřtır. Uzay arařtırma ve faaliyetlerine yönelik teknolojilerin geliřtirilmesinde özel sermayelerin rolū giderek artmaktadır. Öyle ki bu durum, 2050 yılına kadar uzay alanında çeřitli kar getirici faaliyetlerin ortaya çıkmasını da beraberinde getirebilecektir (Starling, Massa, Mulder ve Siegel, 2021). Buna ek olarak son yıllarda uzay sektrūnūn geliřimini açıklayan en önemli olaylardan birisi de uzay faaliyetlerini yūrūten kamu ve özel kuruluřların sayısındaki hızlı artıřtır. Uzay sektrūne yeni katılan çeřitli kamu kuruluřları çok sayıda yeni uzay yolculuęu yapmakla birlikte (ilk uydularını fırlatan űlkeler gibi) son beř yılda sekiz űlke kendi ulusal uzay ajansını kurmuřtur (European Space Policy Institute [ESPI], 2020: 10-11). Zaman içerisinde çeřitli űlkeler tarafından kurulan uzay ajanslarının artıřı řekil 1.1’de gösterilmektedir.



řekil 1.1. Dūnya genelinde uzay ajanslarının artıřı (ESPI, 2020: 10)

Gūnūmūzde ve gelecekte, uzay keřif bilimi ve teknolojisinin uzun sūreli görevlere doęru ilerlemesi beklenmektedir. Çeřitli amaçlar doęrultusunda planlamaları yapılan görevler, gelecekteki uzay yolculuklarının sıradan hale gelmesine olanak saęlayabilecektir.

Ay yüzeyinde yapılan veya yapılacak olan çalışmalara yönelik olarak, 1979 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından Ay'ın uluslararası çatışma alanı haline gelmesini önlemek amacıyla, Devletlerin Ay'da ve Diğer Gök Cisimlerindeki Faaliyetlerinin Düzenlenmesi adlı anlaşma (Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies) kabul edilmiştir. Bu anlaşmada, Ay ve kaynaklarının insanlığın ortak mimarisi olarak tanımlanmaktadır (URL-1). İnsanoğlunun, Ay'a gitme isteği çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. Çağlar boyu insanoğlu farklı coğrafyalara, ulaşılamaz gözüyle bakmış ve oraya ulaşabilmek için dönemlerinin getirdiği zorluklara çözüm üretmek zorunda kalmıştır. İnsanoğlu bu zorluklara farklı nedenlerden dolayı çeşitli çözümler üretmiştir. Uzayın keşfi ve uzay bilimi, insanoğlu için ilham, yaratıcılık ve bilgi kaynağı sağlayarak insanoğlunu uzun zamandır büyülemiştir. Ay'a yönelik insan faaliyetlerinin motivasyonları arasında, su buzu rezervlerinin yaşam destek sistemleri ve yakıt üretimi için kullanımı; Helyum-3 izotopunun füzyon enerjisi araştırmalarındaki potansiyeli ve çeşitli elementlerin madencilik yoluyla Dünya ekonomisine entegre edilebilme olasılığı yer almaktadır. Dünya'daki hızlı nüfus artışı ve çevresel değişiklikler insanoğlunun gelecekte çok gezegenli bir türe dönüşmesini zorunlu kılabilir. Bu nedenle Ay, Mars'a yapılacak insanlı görevler için bir ara durak veya lojistik merkez olarak kullanılabilir. Ay çevresel koşullarında uzay teknolojilerinin test edilmesi, Mars gezegeninde uzun vadeli yaşam stratejilerinin geliştirilmesinde önemli rol oynayabilir. Aynı zamanda, Ay, Dünya'ya en yakın gök cismi olduğu için evrenin oluşumu ve diğer gezegenler hakkında verilerin toplanması için ideal bir ortam olarak görülebilir. Geleneksel olarak çoğunlukla bir prestij ve güç aracı olarak kabul edilen uzay araştırmaları, günümüzde sosyo-ekonomik büyümeyi mümkün kılan ve küresel liderlerin konumlarını güçlendiren bir araç olarak giderek daha fazla tanınmaktadır (ESPI, 2023:28). Uzay hakkında veriler toplanarak bilimsel araştırmaların bu alanda yoğunlaştırılması uzayın keşfedilmesindeki temel ölçütlerden birisidir. Bu durum bilimsel araştırmaların yoğunlaştırılması ve uzun vadeli araştırmaların gerçekleştirilmesi için Ay'da kalıcı bir yerleşke kurma fikrini doğurmuştur. Fakat, Ay'da yaşam alanları oluşturma konusunda sınırlı bilgiler mevcuttur. Bu bilgilerin gelecekte, Ay yaşam alanı tasarımı konusunda birçok değişikliğe uğraması muhtemeldir. Örneğin, Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (International Space Station [ISS]) yapılan çalışmalar sıfır yerçekimi koşullarında yapılmaktayken, Ay'ın yer çekimi kuvveti Dünya'nın yer çekiminden 1/6 oranındadır ve bu koşullarda yaşama deneyimimiz bulunmamaktadır. Uzay habitata tasarım aşamasında mimar katılımının, uzayda insan yaşam alanlarının geliştirilmesinde faydaları olacağı düşünülmektedir. Gelecekte mimar, mühendis

ve bilim insanı arasındaki iş birliği içerisinde gerçekleştirilen Ay yaşam alanı tasarım projelerinin daha verimli sonuçlar vermesi muhtemeldir. On altı ülkeden bir grup mimar ve tasarımcı, Amerikan Havacılık ve Uzay Bilimleri Enstitüsü (American Institute of Aeronautics and Astronautics [AIAA]) bünyesinde Uzay Mimarisi Teknik Komitesi (Space Architecture Technical Committee [SATC]) kurmuş ve Uzay Mimarisi Misyon Bildirisini yayınlamıştır (URL-2). Bu bildiriye göre; Uzay Mimarisi ‘Uzayda yaşanabilir ortamları tasarlama ve inşa etme teorisi ve pratiği’ olarak tanımlanmaktadır (URL-3). Ay’da olası bir yerleşke inşasında mimari tasarımcı, disiplinler arası bir yaklaşım modeli benimseyerek, Ay koşullarının getirdiği zorluklara cevap verebilen tasarım modeli geliştirebilmelidir. Habitat tasarımı sürecince, insan faktörü, çevresel faktörler ve sistemsel faktörler doğru analiz edilmelidir. Yapının çevresel koşullara dayanıklılığı, hermetik mekânların mürettebat psikolojisi üzerindeki etkisi, kullanıcıların konfor ve güvenlik ihtiyaçları önemli etmenler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, Ay’da olası bir yerleşke inşasında, gerekli olan; inşa etme yöntemleri, inşa malzemeleri, mekânsal ihtiyaçlar, tasarıma yeni bir girdi olarak dahil olan ve Dünya’dan farklılaşan alt sistem mimari gereksinimlerinin anlaşılması sonucunda, Ay yerleşkesi mimari program önerisinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

21. yüzyılın içerisinde bulunduğu teknoloji çağında, insanlık; teknolojinin getirdiği fırsatlarla hayallerini, hedeflerini ve çalışmalarını yalnızca yeryüzü ile sınırlı tutmayıp artık uzaya çevirmiştir. Fakat, uzayda yeni keşfedilmiş veya keşfedilmemiş unsurların varlığı insanlığı yeni bir bilinmezlik serüvenine dahil etmiştir. Bu bağlamda uzay konusu disiplinler arası bir konu olup günümüzde insanlığın uğraştığı tüm meslek dalları ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişki kurulabilmektedir. Fakat, uzaydaki ilk yerleşimler için bazı temel disiplinler belirlenmiştir. Roket bilimi, tıp, psikoloji, yazılım, bilgisayar mühendisliği ve malzeme mühendisliği vb. gibi meslek dalları bu disiplinler arasında sayılabilmektedir. Uzayda kısa veya uzun vadeli görevler için temel zorluklar belirlenmeli ve bu zorlukların kapsamlı bir analizi yapılmalıdır. Amerikan Havacılık ve Uzay Bilimleri Enstitüsü uzun süreli uzay uçuşları için uzay aracı operasyonları, iletişim zorlukları, yeterli yerleşik kaynağa sahip olmama ve mürettebatın havasız, radyasyon ve diğer tehlikelerle dolu mikro yerçekimi ortamında bulunması durumlarını temel zorluklar arasında sıralamıştır. Bunların yanı sıra mürettebatın hermetik mekanlarda uzun süreli kalmalarına bağlı olarak psikolojik ve fiziksel sağlık sorunlarının ortaya çıkması, görev esnasında beklenmedik sorunlardan kaynaklı iletişim kopukluğu, uzay araç ekipmanlarının uzun süreli bakımı gibi durumlar uzun süreli görevlerde ortaya çıkabilecek olası sorunlar arasında sıralanabilmektedir (Dudley-Rowley,

Okushi, Gangale, Flores ve Diaz, 2003). Günümüzde, Uluslararası Uzay İstasyonunda mürettebatın temel yaşam ihtiyaçları görev süreleri boyunca karşılanabilmektedir. Bu nedenle, günümüzde mürettebatın bulunduğu mekân içerisindeki konfor seviyesi, mekanların alternatif bir şekilde tasarlanması ve mekân-insan etkileşiminin insan üzerindeki psikolojik etkilerine yoğunlaşmıştır. Bu noktada mimarlık, Ay'da inşa etme alanına dahil olmakta ve insanların yeryüzü mimarlığı dışında Ay mimarlığı alanındaki mekanlardaki var olma biçimini ele almaktadır.

Çalışmanın amacı

Çalışmanın amacı, Ay mimarlığının yeryüzü mimarlığından farklılaşan çevresel koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterecek yaşam ve ihtiyaçların saptanması ile Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda Türkiye'nin gelecekte kurmayı planladığı olası bir Ay yerleşkesinin kurulma süreci, yerleşkenin ihtiyaçları ve yerleşke içerisinde yer alması gereken birimler, elde edilen veriler ışığında belirlenerek mimari program önerilmiştir. Olası bir Ay yerleşkesi kurulması durumunda; gerekli enerji kaynakları, yaşam ve faaliyet birimlerinin planlanması, yapı ile entegre edilmiş otomasyon ve robotik sistemlerin belirlenmesi ve bu sistemlerin mimari programa entegre edilmesi, gerekli alt sistem mimari gereksinimlerinin saptanması, optimum yapı kabuğu malzemesi gibi konular araştırılmaktadır. Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulması sürecinde; yeryüzü mimarlığında kullanılan güncel mimari programlama yöntemleri, Dünya'da uzay çalışmalarında geline durum, Türkiye'nin geçmişten günümüze uzay alanındaki çalışmaları ve mevcut uzay planı, Ay koşulları ve alt sistem mimari gereksinimleri, Türkiye'de yapılan Ay üssü mimari yarışmalar ve Ay üssü konulu mimari proje çalışmaları, Dünya'da yapılan Ay üssü konulu mimarlık yarışmaları ve Ay üssü konulu mimari çalışmalar analiz edilmiştir. Farklı Ay yüzey görevleri için yaşam senaryolarının değişkenlik göstermesi söz konusu olmakla birlikte mimari programın oluşturulmasında, görev süresi, görev tanımı, mürettebat sayısı, yerleşke konumu, enerji kaynağı, dış çevre koşullarından korunma ve ihtiyaç duyulan birimler temel bileşenler olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın kapsamı

Ay yüzeyinde, fiziksel olarak henüz bir yerleşke inşa edilmemiş olsa da Ay yerleşkesi tasarımlarına yönelik olarak konsept çalışmalar literatürde yer almaktadır. Dünya'da

mimarlık ofisleri ve çeşitli uzay ajanslarının ortaklığı ile Ay yerleşkesi önerileri geliştirilmektedir. Bu öneriler, Ay yüzeyinde gerçekleşecek görev tanımı, süresi ve görevde yer alacak kişi sayısına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Ancak, Türkiye’de doğrudan Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak yürütülen tasarım çalışmaları, yalnızca yarışmalar düzeyinde sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, Türkiye’de Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak yapılan çalışmalar öncül ve bir sonraki çalışmalara ilham kaynağı olma niteliğindedir. Bu çerçevede çalışma kapsamında, Türkiye’nin ilk Ay yerleşkesinin mimari programının oluşturulması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında, Ay üssü mimari programının geliştirilmesi bağlamında güncel mimari programlama yöntemleri incelenmiştir. İncelenen mimari programlama yöntemlerinin, yeryüzü temelli olması nedeniyle seçilen mimari programlama yönteminin tüm adımları Ay yerleşkesi öneri programının oluşturulmasında kullanılamamıştır. Mimari program çıktısının oluşturulmasında, Ay koşullarının Dünya’dan farklılaştığı yönleri saptanmış, bu koşullara uygun olarak önerilen inşa etme yöntemleri incelenmiş ve Ay yerleşkesi inşasında zorunlu olarak eklemlenen alt-sistem mimari gereksinimleri tanımlanmıştır. Mimari programa girdi sağlayan veriler; Ay yerleşkesi master plan önerisinden (Hassell Mimari Stüdyo), Ay köyü yerleşke tasarım önerisinden (Skidmore, Owings & Merrill [SOM] ve Massachusetts Institute of Technology [MIT]), Pneumoplanet Ay yerleşkesi tasarım konsept projesinden elde edilmiştir. Aynı zamanda, Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması (2022), Ay’da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi Yarışması (2025), Ay Üssü 2124 Yarışması (Lunar Base 2124-Artemis Centenary Competition (2020)) ve Ay İstasyonu Yarışmasının (Moon Station Competition (2023)) teknik şartnamelerinde yer alan mimari programları da tez kapsamında üretilen Ay yerleşkesi mimari programına girdi sağlamıştır. Bu çalışmaların örneklem alanı olarak belirlenmesinde; Ay yerleşkesi tasarım önerilerinin master plan düzeyinde olması, güncel ve mimari programlarına ulaşılabilirliği olması, mimarlık ofisleri veya resmi kurum/kuruluşlar tarafından geliştirilmiş olması gibi kriterler önemli rol oynamıştır.

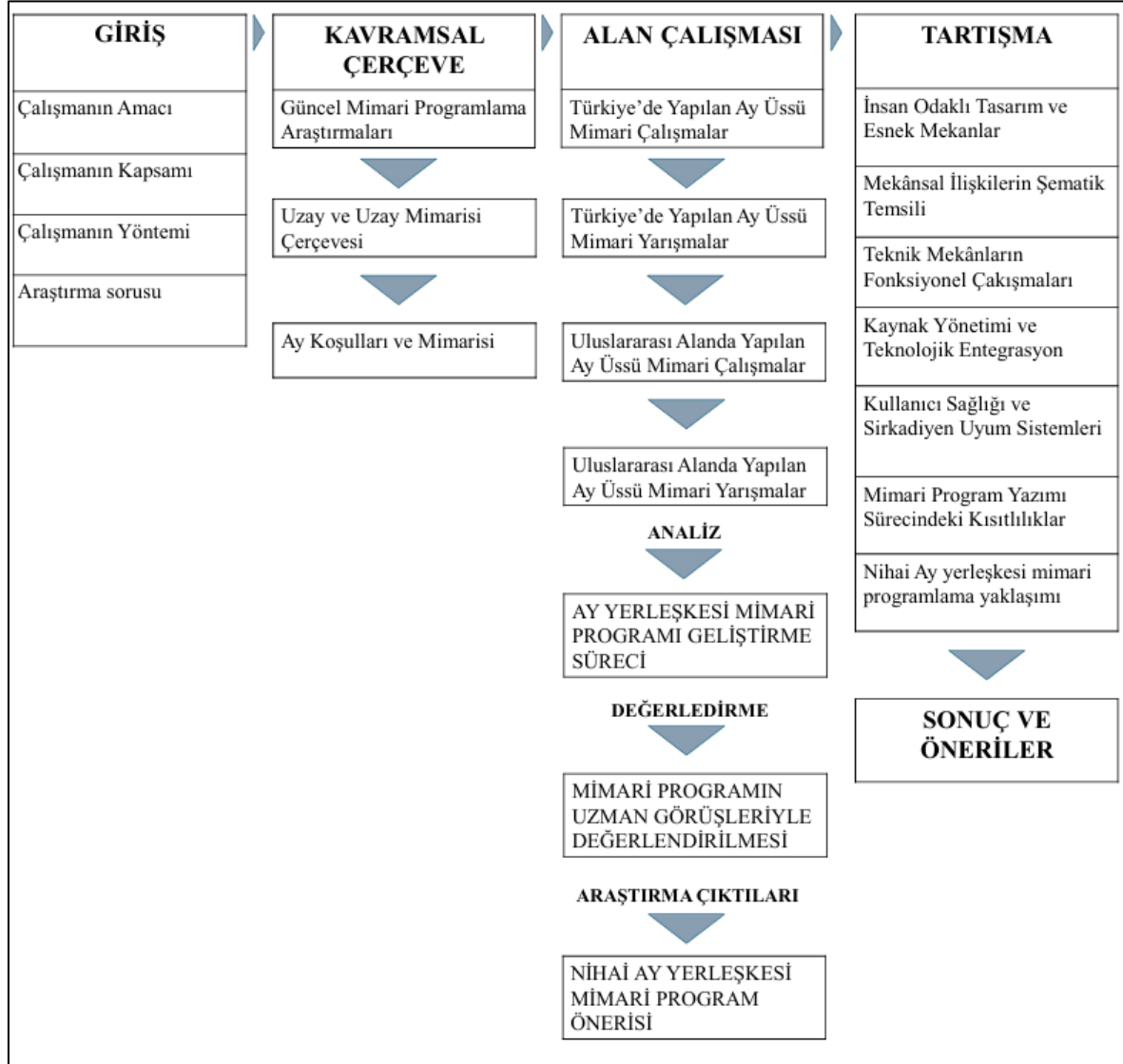
Çalışmanın yöntemi

Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulma sürecinde, bilgi tabanlı programlama yaklaşımlarından biri olan mimari programlama genel çerçeve modelindeki adımlara, farklı düzeylerde toplanan verilerle katkı sağlanmıştır. Çalışma, mimari programlama yöntem araştırmaları, uzay ve uzay mimarisi çalışmaları ve Ay mimarlığı çalışmaları olarak üç ana başlık altında gerçekleşmiştir. Mimari program çıktısının oluşturulmasına yönelik, ilk olarak

literatürden 2000 ve sonrası mimari programlama yöntemleri analiz edilmiştir. Güncel mimari programlama göstergeleri, metotları ve süreç adımları detaylı olarak incelenmiştir. Mimari programlama yaklaşımları; bilgi tabanlı programlama yaklaşımı, anlaşma tabanlı programlama yaklaşımı, değer tabanlı programlama yaklaşımı ve tasarım tabanlı programlama yaklaşımı olarak detaylandırılmıştır. Uzay mimarlığını anlayabilmek ve tanımlayabilmek için uzay alanında yapılan genel araştırmaları anlamak gerekmektedir. Bu nedenle, uzay çalışmaları, Türkiye uzay çalışmaları ve Dünya uzay çalışmaları olarak ele alınmıştır. Türkiye'nin ve Dünya'nın mevcut durum analizi yapılmış ve Türkiye'nin uzay çalışmalarına nasıl eklemelendiği ve gelecekteki tutumunun ne olacağı sorularına yanıt bulunması amaçlanmıştır. Dünya uzay mimarisi çalışmaları, NASA bünyesinde gerçekleştirilen çalışmalar ve Artemis programının incelenmesi ile sınırlandırılmıştır. Türkiye uzay çalışmaları, Türkiye'de uzay alanında gerçekleştirilen çalışmalar ve uydu çalışmaları ile sınırlandırılmıştır. Türkiye'de uzay alanında yapılan çalışmalar devlet tekelinde gerçekleşmesinden dolayı çoğunlukla resmi dokümanlardan elde edilen veriler ışığında analiz edilmiştir.

Ay koşulları ve mimarisi bağlamında; yapı tasarımında doğrudan etkisi olan Ay'ın fiziki koşulları, kullanılabilecek alt sistem mimari bileşenler, Ay koşullarında inşa etme yöntemleri, Ay üssü 2124 yarışması ve Ay üssü yarışması, Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir yarışması, Ay'da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi yarışmasının mimari programları analiz edilmiştir. Dünya'da yapılan Ay üssü mimari çalışmalar (özel kurum ve kuruluşlar bağlamında), Türkiye'de yapılan Ay üssü mimari çalışmalar (özel kurum ve kuruluşlar bağlamında) incelenmiştir. Ay'ın fiziki koşulları kapsamında basınç, sıcaklık, atmosfer, radyasyon, yerçekimi ve toz bileşenleri detaylı olarak ele alınmıştır. Kullanılabilecek alt sistem mimarlığında güç kaynağı, termal kontrol sistemleri, çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri, araç dışı aktiviteler ve hava kilidi sistemleri incelenmiştir. Ay koşullarında İnşa etme (yapım) yöntemleri; su buzu kullanımı ile inşa etme, sinterlenmiş regolit kullanımı ile inşa etme, şişirilebilir membran yapı kullanımı ile inşa etme, insanlı iniş sistemi içerisinde yaşam (Human Landing System [HLS]) ve hibrit sistem kullanımı ile inşa etme olarak analiz edilmiştir. Bu yöntemler ile geliştirilen mimari projelerin mimari planları, yapı malzemeleri, yapım yöntemleri, kullanıcı gereksinimleri, kapasite/büyükölç, mekân organizasyonları, çevre ile bağlam, görev tanımı, görev süresi, yapı kabuğu ve tasarımı, kullanıcı gereksinimleri incelenmiştir. NASA'nın STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistem Standard Kılavuzları (Spaceflight Human-System Standards) ve İnsan Entegrasyonu Tasarım El

Kitabı (Human Integration Design Handbook) mimari program yazımında sınırlayıcı parametrelerin tanımlanmasında altlık oluşturmıştır. Bu bilgiler ışığında, Ay yerleşkesi mimari program çıktısı ve mimari programlama yaklaşım modeli oluşturmıştır.



Şekil 1.2. Tez akış şeması

Bilgi tabanlı programlama yaklaşımlarından birisi olan Hassanain ve Juaim (2013) tarafından önerilen mimari programlama çerçeve modelinin süreç adımlarından, ilk iki adım mimari program verilerinin sistematikleştirilmesinde kullanılmıştır. Yöntemin sonraki adımlarında, kullanıcı deneyiminin mimari programa veri olarak girdi sağlaması nedeniyle program yazım sürecine dahil edilmemiştir. Genel çerçeve modeli analiz edilerek, model üzerinde ‘‘Ay çevresel koşulları, görev bileşenleri, inşa etme yöntemlerinin tanımlanması, alt sistem mimari bileşenlerin tanımlanması, mekânsal organizasyonun tanımlanması,

*uzman ekipten geri besleme alınması'' verileri girdi olarak eklenmiştir. Mimari program yazımında; amaç, hedef, proje türü, proje ölçeği, proje kapasitesi, arazi bilgileri, son kullanıcı, benzer türdeki projelerin incelenmesi, fonksiyonel gereksinimlerin tanımlanması, teknik gereksinimlerin tanımlanması adımları yazılmıştır. Fonksiyonel gereksinimlerin ve teknik gereksinimlerin tanımlama adımı, Ay yerleşkesi için ortaya çıkan mekanların mimari program şemaları oluşturulmuştur. Her bir mekâna ait gerekli *alt fonksiyonlar, mekânsal gereksinimler ve teknolojiler, enerji ve kaynak tüketimi, güvenlik ve acil durumlar* bilgilerine yer verilmiştir. Oluşturulan Ay yerleşkesi mimari program önerisi; mimarlık, şehir ve bölge planlama ile uzay ve havacılık mühendisliği alanında çalışan üç uzmanın katıldığı disiplinler arası bir değerlendirme toplantısında üç odak soru kapsamında tartışmaya açılmıştır. Disiplinler arası değerlendirme toplantısı, programın kavramsal, teknik ve mekânsal boyutlarını çok yönlü bir şekilde incelemek ve programın verifikasyonunu sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Uzman görüşlerinden elde edilen veriler, nitel içerik analiz yöntemiyle çözümlenmiş ve program değerlendirmesi sonucunda en çok vurgulanan konular revize edilerek mimari program son haline getirilmiştir. Tezin sonuç bölümünde ise geliştirilen mimari program önerisi tartışılmış, karşılaşılan sınırlıklar tanımlanmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.*

Araştırma sorusu

Günümüzde, Ay yüzeyinde henüz bir yerleşke kurulmamış olsa da uzay alanında yapılan çalışmalar en ileri teknolojik olanaklara sahip çalışmalardır. Bu çalışmaların mimarlığa katkıda bulunacak kısımlarının ele alınması ve irdelenmesi, yeryüzü mimarlığının geleceğinin öngörülmesinde önemli bir rol oynar. Araştırmanın temel sorusu olarak;

- Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulmasında hangi yöntemler kullanılabilir?
- Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi için mimari program önerisi ne olabilir?

Soruları araştırma süresince cevaplanmaya çalışılacak olup aşağıda yer alan sorular da bu bağlamda ele alınacaktır. Bu amaçlara ulaşmayı destekleyen yardımcı sorular aşağıda yer almaktadır.

- Mevcut yeryüzü mimari program oluşturma yöntemleri ile Ay yerleşkesi için öneri bir mimari program yazılabilir mi?
- Ay koşulları gibi zorlu çevre koşullarında insanoğlu ne tür önlemlerin mekanlara entegre edilmesi ile yaşayabilir ve ne tür mekanlar önerilebilir?

Bu soruların cevabının, Ay mimarlığı üzerine yapılacak araştırmalar ve bu araştırmaların sonucu önerilecek mimari program önerisinin geliştirilmesi ile cevaplandırılabilceğı düşünölmüşüdü.





2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Güncel Mimari Programlama Araştırmaları

Mimarlık eylemi; kullanıcının gereksinimleri, işlev tanımlamaları, doğal çevre ile uyumu, istenilen form ve biçim özellikleri gibi nitelikler bağlamında mekanlar oluşturmaktır. Mimarlığın anlamı/mimarlıkta anlam tanımlamaları zaman içerisinde farklı yorumlanmış ve yıllar geçtikçe mimarlar, mimarlıkta anlamın önemi ile daha fazla ilgilenmişlerdir (Hersberger, 1970). Giurgola (1965) göre, semantik olarak; ‘‘anlam’’ nesneleri, olayları ve varlıkları çağrıştıran "işaretlere" bağlayan bir süreç olarak düşünülebilir. Anlama ulaşmak, mimarinin kendine özgü görevidir. İnsanın yaşam alanı, nesneler etrafında değil, anlamlar etrafında ekslenir’’ olarak tanımlanmıştır. Venturi ise "karmaşık ve çelişkili" (complex and contradictory) mimariyi tercih ederek anlamın netliğinden ziyade anlam zenginliğini vurgulamaktadır (Venturi, 1965). Mimarlık hem toplumsal hem de bireyseldir; fiziksel gerçeklikte var olduğu gibi toplumsal gerçeklikte de var olmaktadır. Farklı bireyler aynı mimarlık ürününü, bir resim veya senfoniye farklı şekilde deneyimleyebilmektedir. Ancak, mimarlığın toplumsal etkileşimi güçlendirmesi ve olası yargı farklılıklarına rağmen ortak bir deneyim sunması benzersizdir (Goldberger, 2009: 15). Her ne kadar mimarlık tanımlamaları ve mekana atfedilen anlamlar değişkenlik gösterse de mekân tasarlama kurgusu, mekânların birbiri ile ilişkiler şeması ve mekân-kullanıcı ilişkisi gibi unsurlar her bir yeni mekânın oluşturulmasında yeniden ele alınmakta ve işlenmektedir. Mekân inşa etmede, sistematik kurguyu oluşturma, kullanıcıyı belirlenme/tanımlanma, temel fonksiyon problemini belirlenme, organizasyon verilerini analiz etme, kapasite ve büyüklük etütleri gibi çözümleme başlıklarından elde edilen veriler, tasarım için gerekli stratejiler olarak dikkate alınmalıdır (Aydın ve Özgen, 2017). Mimari programlama sürecinde, ele alınan farklı kullanıcılara hizmet eden projenin kapsamı ister basit bir fonksiyona sahip proje olsun, isterse karmaşık fonksiyon özelliği gösteren bir proje olsun kullanıcı gereksinimlerinin belirlenmesi, tasarımcı-kullanıcı iletişimi, kullanıcı-mekân ilişkisinin doğru analiz edilmesi önem teşkil etmektedir. Mimar/tasarımcı; programlamayla birlikte, müşterinin ihtiyaçlarını, işlevsel gereksinimlerini, mekânsal organizasyonu, sürdürülebilirlik hedeflerini ve arazi koşullarını anlamasına yardımcı olur. Bu bilgiler, proje amaçlarına ulaşma sürecinde verimli ve etkili bir tasarım geliştirmenin temelini oluşturur (URL-4). Bu bölümde, 2000 yılı sonrasında mimari programlama ile ilgili mevcut literatür incelenmiş ve mimari programlama yaklaşımları ele alınmıştır.

2.1.1. Mimari programlamanın kapsamı

Mimari programlama, 1960 yılların başlarında William Pena, John Locke ve Bill Caudill of Caudill Rowlet-Scott (CRS) tarafından programlama çabalarını organize eden bir süreç olarak geliştirilmiştir. Günümüzde ise tesis programlaması (facility programming), ‘fonksiyonel ve operasyonel gereklilikler’ ve ‘kapsamın belirlenmesi (scoping)’ olarak da geçen mimari programlama tasarlanacak işin kapsamını belirleyen araştırma ve karar alma süreci olarak tanımlanmaktadır (Cherry ve Petronis, 2005). Latince bir kelimedenden türemiş olan ‘*programme*’ anlam olarak farklı sözlüklerde; *bir amacın gerçekleştirilmesine yardımcı olan hizmet, faaliyet veya fırsatlar sisteminin düzenlenmesi; planlanmış bir dizi ilişkili olay veya aktivite; yapılması planlanan veya yapılacak olan bir etkinliğin katılımcı bilgilerin ve akış sürecinin tanımlandığı bir taslak (özet)* olarak tanımlanmaktadır (URL-5; URL-6). Kısaca program, planlama sürecinin ilk adımı olarak kabul edilmekte ve girdileri nesnelleşme sürecine hazırlayan taslak/ön kurgu çalışması olarak tanımlanabilmektedir. Programlama ise hazırlanan taslak çalışmasının akış sürecini ve süreçte yer alan adımların planlanmasını, tanımlanmasını ve gerçekleştirilmesini konu edinir. Mimari programlama (architectural programming) bir inşaat (yapı) projesinin ilk evrelerinde bilginin toplanma, analiz edilme, sentezlenme ve karar alma sürecidir. Aynı zamanda proje açıklaması (project briefing) olarak da bilinmektedir. Yalnızca projenin, tasarlama ve inşa süreci ile ilgilenmeyip, proje başlangıcından uygulamaya kadar çeşitli yönleri etkilemekte, müşterilerin, uzmanların, kullanıcıların ve toplumun ilgili değerlerini dikkate alarak projenin hedeflerini, gereksinimlerini ve kapsamını tanımlamaktadır (Jin, 2024). Aynı zamanda, bilgi ve iletişim teknolojisi, proje yönetimi (Chung, Kumaraswamy ve Palaneeswaran, 2009), sürdürülebilir gelişmeler ve sosyal (toplumsal) değerler (Watson, Evans, Karvonen ve Whitley, 2016) gibi çeşitli ilgili faktörleri de kapsamaktadır. Güncel inşaat alanı, çok sayıda farklı disipline ayrılmıştır. Ayrılan disiplinler, disiplinler arası alışverişi daha da zorlaştıran farklı diller geliştirmektedir. Programlama, çok geniş bir alanı kapsamakta ve disiplinler arası bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Teknik disiplinlerin yanı sıra, programlamanın kapsamı sosyoloji, siyaset bilimi, antropoloji ve psikoloji konularına kadar uzanmaktadır (Faatz, 2009). Mimari programlama olarak da bilinen brifing projenin tasarım aşamasından önce müşteri gereksinimlerinin belirlendiği statik bir prosedür olarak bilinmektedir (Yu, Shen, Kelly, Hunter, 2008). Fakat, günümüzde ise kullanıcı organizasyonları, birincil ve ikincil süreçler ve mekânsal ihtiyaçlar üzerine yinelemeli bir sosyal öğrenme süreci olarak düşünülmektedir. İşveren (müşteri) ve tasarımcılar arasında güçlü bir etkileşim olmasına

rağmen, işverenler binanın gerçek kullanıcılarının gereksinimlerini belirlemekte zorluk çekmektedir (Zwemmer ve Otter, 2008). Mimari programlamanın karmaşıklığı ve yinelemeli/tekrarlı (iterative) doğasından kaynaklı (Yu ve diğerleri, 2006) programlamanın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için Shitao Jin (2024) programlama analizini ‘göstergeler-metotlar-süreçler’ olarak üç temel hususta ele almıştır.

2.1.2. Güncel mimari programlama göstergeleri, metotları ve süreç adımları

Göstergeler (Değişkenler): Mimarlık alanında, mimari projenin kendisi için göstergeler oluşturmak, projenin sonraki tasarım aşamalarının esnekliğine ve olanaklılığına müdahale etmemek için açıklamalarda mümkün olduğu kadar nesnellik ve soyutlama sağlamaktadır (Jin, 2024). Yu ve arkadaşları (2006) literatür taraması ve anket çalışması yoluyla mimari programlama için kritik başarı faktörlerini (Critical Success Factors) araştırmış ve ele almışlardır. Aynı zamanda, farklı ülkeler ve bölgeler arasında mimari programlama göstergelerini (değişkenlerini) karşılaştırarak, temel göstergeler oluşturmak için araştırma yapmışlardır. Mimari programlama için; proje ili ilgili faktörler, insan ili ilgili faktörler, süreç ili ilgili faktörler, girdi ili ilgili faktörler, çıktı ili ilgili faktörler olarak beş farklı ana kategori belirlemişlerdir (Yu ve diğerleri, 2006). Başka bir çalışmada (Yu ve Shen,2015) Hong Kong, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya’da bir anket çalışması yürütmüş ve faktör analizi, güvenilirlik ve geçerlilik analizleri yoluyla yedi farklı kritik başarı faktörü belirlemişlerdir. Bu faktörler; (1) müşterinin iş kolu, organizasyonu ve proje gereksinimleri; (2) paydaşların gereksinimleri; (3) paydaşların bilgisi, deneyimi ve kültürel geçmişi; (4) kıdemli proje yöneticilerinin karar alma ve yönetim becerileri;(5) tasarım ekibinin yeterliliği;(6) paydaşların dengeli çıkarları; (7) brifing süreci olarak belirlenmiştir. Sistematik olarak, tanımlanan ve kategorize edilen kritik başarı faktörleri, inşaat sektöründeki uygulayıcıların brifing sürecinin başarılı bir şekilde yönetilmesini sağlar. Juaim ve Hassanain (2011) yapı projelerinde mimari programın (design brief) geliştirilmesi ve uygulanması sürecini etkileyen faktörleri, Suudi Arabistan bağlamında yedi önemli ölçüt olarak belirlemiş ve ele almıştır. Bu ölçütler, literatür taramasından ve Suudi Arabistan’daki bir grup tasarım profesyoneli ve proje sahibine yönlendirilen anket çalışmasının sonucu olarak belirlenmiştir. Bu faktörler; (1) işverenin ve temsilcilerinin programlama sürecine çeşitli düzeylerdeki katılımları; (2) mimari programcının ve tasarımcının yeterliliği; (3) mimari programın geliştirilmesi için gereken verilerin kapsamlılığı; (4) mimari programlama süreci boyunca projedeki tüm paydaşlar arasındaki

iletişimin rolü; (5) mimari programı geliştirmek için ayrılan zaman ve bütçe; (6) mimari programlama sürecinin yönetimi; (7) mimari programlama sürecinin kontrolü olarak belirlenmiştir. Pena ise ‘‘işlevsel, biçimsel, ekonomi ve zaman’’ (functional, formal, economic, time) olmak üzere dört unsur önermiştir (Pena ve Parshall, 2012). William Pena'nın çerçevesini temel alan Robert Hershberger (2015) ise bu dört tasarım belirleyicisini dikkate alarak çoklu-değer faktörleri (multi-value factors) konseptini tanıtmıştır. Mimarlığın üç kalıcı değerinin (hayatta kalma, yüksek hayat standardı ve sanat) yanı sıra mimari kararlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecek sekiz farklı değeri; insan, çevre, kültür, teknoloji, zamansal, ekonomik, estetik ve güvenlik (human, environmental, cultural, technological, temporal, economic, aesthetic, safety) olarak belirlemiştir. Kalayci ve Ozdemir (2021), mimari programlama yoluyla, kentsel meydan alanlarının geçmiş, şimdiki ve gelecekteki değer mirasını araştırmış ve geçmiş kullanımın gelecek için öngörülen belirli kentsel alanlara aktarılması için bir dizi mimari programlama değer göstergesi oluşturmuştur. Kamusalılık, kültür, yeşil, esneklik, rahatlık, ekoloji, referanslar ve bütünleşme olarak belirlenen bu değer göstergeleri kentsel mekânın geçmişini geleceğine bağlayan temel değerler olarak önerilmiştir.

Metodolojiler: Mimari programlama için metodolojilerin belirlenmesi ve güncel yöntemlerin programlama sürecine entegre edilmesi mimari programlamanın verimliliğini, niteliğini ve sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Bu yöntemler, literatürde genel olarak dijital teknolojiler, otomasyon, sistem optimizasyonu ve değerlendirmesi, değer mühendisliği (value engineering) ve sosyal bilimleri kapsamaktadır. Yapı bilgi modellemesi (Building Information Modeling), nesnelerin interneti (Internet Of Things), CAD çizimleri/modelleri ve sanal gerçeklik (Virtual Reality) gibi dijital teknolojiler, mimarların ve tasarımcıların proje hakkındaki verileri daha doğru bir şekilde ele almasını, analiz etmesini sağlayarak mimari programlama sürecine yardımcı olmaktadır (Jin, 2024). Bina tasarımlarında enerji performansını geliştirmek ve enerji verimliliği önlemlerini mimari programlama sürecinin erken bir aşamasına entegre etmek için Akıllı Entegre Çalışma Alanı Tasarımı (Smart Integrated Workspace Design) çerçevesi önerilmiştir. Nesnelerin interneti teknolojisi aracılığıyla mimari programlamayı değer mühendisliği/fizibilite sürecine entegre eden bu sistemde gelecekteki akıllı binaların alternatif tasarımlarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır (Berawi, Kim, Naomi, Basten, Miraj ve diğerleri, 2023). Değer mühendisliği, proje paydaşlarını bir araya getirerek ve projenin hedeflerine dair net bir ifade üreterek, belirli bir bağlamda bir müşteri için 'değer'in ne anlama geldiğini tanımlamakla

ilgilenmektedir. Luo, Shen ve Fan (2010) yürüttüğü bir çalışmada mimari programlama sürecinde İşlevsel Performans Belirtimi (Functional Performance Specification) kullanımını kolaylaştırmak için bir Vaka Tabanlı Akıl Yürütme (Case-Based Reasoning) sistemini açıklamaktadır. İşlevsel Performans Belirtimi, müşteri gereksinimlerinin öncelikle işlevler üzerinden tanımlandığı, yapılandırılmış bir ihtiyaç analizi süreci iken vaka tabanlı akıl yürütme önceki vakaların belirli bilgilerini kullanmaktadır.

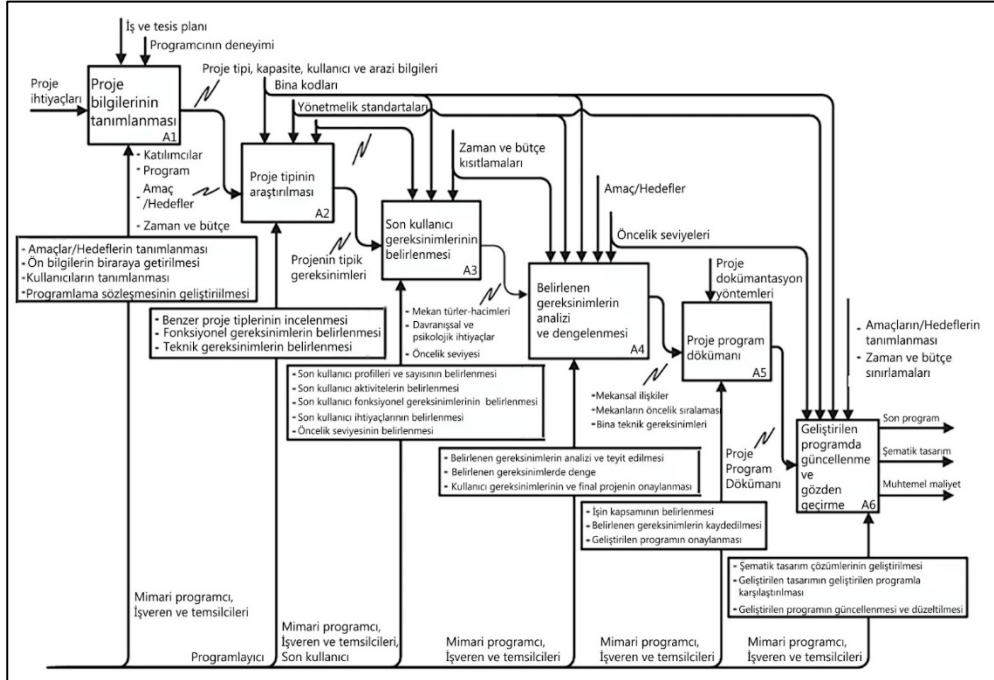
Bir diğer çalışmada ise yazılım alanında kullanılan Agile manifestosunun bazı örneklemelerinden ve Scrum çerçevesinden esinlenilerek mimari programlama süreci için yeni bir metot önerilmiştir. Scrum çerçevesi, yazılım alanında kullanılan karmaşık projeleri daha küçük birimlere ayırarak süreci basitleştiren bir yazılım geliştirme yaklaşımıdır. Mimaride oluşturulan ihtiyaçlar listesine program veya brief denirken scrum metodolojisinde ise bu listeye ürün biriktirme (product backlog) listesi denilmektedir. Önerilen deneme-yanılma yaklaşımı ile tasarım sürecinde harcanan zamanın önemli ölçüde azaldığı ve aynı proje ekibi içerisinde sürece daha fazla sayıda takım üyesinin katılımı gerçekleşmiştir (Atanacković Jeličić, Rapaić, Maraš, Tot ve Ecet, 2023). Yürütülen başka bir çalışmada ise Avustralya'da yer alan karma kullanımlı bir konut geliştirme projesi bağlamında, işbirlikçi uygulama (collaborative practice) modeli benimsenerek önemli paydaşlarla iş birliği ve müşteri memnuniyetini artırmak amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, işbirlikçi süreçlerin temel kavramları yeniden araştırılmış ve bu süreçleri destekleyen dijital teknolojilerin etkisi ve potansiyeli yapı bilgi modellemesi kullanılarak yeniden ele alınmıştır. Dijital iş birliğine yönelik yapı bilgi modelleme yaklaşımı, binanın üç boyutlu dijital modeline dayalı olarak binanın tüm yaşam döngüsü boyunca planlanmış verilerini (planlama-tasarım-inşaat-işletme) bütüncül hale getirir. Bu süreç, makine zekâsı ve bulut bilişimle daha da geliştirilmektedir (Gu, Soltani, London, Pablo ve Davis, 2023). Başka bir çalışmada ise açık ve net olarak tanımlanmış bir briefing sürecinin projenin maliyet ve zaman performansı üzerine etkisini ölçmek için yeni bir yöntem önerilmiştir. Karmaşık ve çoklu ilişkileri barındıran proje brifing sistemini modellemek için sistem dinamiği (System Dynamic) yaklaşımı ve proje tanımı derecelendirme indeksi (Project Definition Rating Index) aracı kullanılarak PDRI-SD tekniği oluşturulmuştur. PDRI-SD tekniği benzer geçmiş projelerin verilerini kullanarak başlangıçta tanımlanmış brifingin detaylı tasarım ve inşaat süreci üzerindeki etkisini tahmin etmelerine yardımcı olurken müşterilere, brifingin proje gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını belirten geri bildirim sağlamaktadır (Vahabi, Nasirzadeh ve Mills, 2023).

Oluşturulan bu sistemin süreç adımları süreçler başlığı altında ele alınmıştır.

Süreçler: Mimari programlamada projelerin doğru uygulanmasını sağlamak ve sonuç ürüne ulaşmak için literatürde çeşitli süreç ve çerçeve modeli geliştirilmiştir. Mimari programlama süreç adımları; bina projeleri, inşaat projeleri, kentsel mirasın korunması, tarihi binaların korunması, sabit sermayeli projeler (capital facility project) ve mega projeler gibi farklı araştırma alanlarında değişkenlik göstermektedir. Mimari programlamanın farklı araştırma alanlarında katılımcılar, adımlar ve araçlar değişkenlik gösterse de tüm süreçler iş birliği, iletişim ve hedefe ulaşmanın önemini vurgulamaktadır (Jin, 2024). Aşağıda literatürden elde edilen veriler doğrultusunda bina projeleri için geliştirilen mimari programlama süreç adımları ele alınmıştır. Bu bölümde; kentsel mirasın korunması, tarihi binaların korunması, sabit sermayeli projeler, inşaat projeleri ve mega projeler için geliştirilen mimari programlama süreç adımlarına yer verilmemiştir. Ay üssü tasarım mimari program oluşturulmasında, Ay yüzeyinde herhangi bir kentsel mirasın ve tarihi dokunun bulunmaması, mega projelerin, sabit sermayeli projelerin ve inşaat projelerinin mimari programlama sürecinde projenin türüne bağlı olarak çoklu görev tanımlamalarına sahip adımların yer alması ve genel olarak temel adımların (yerel yönetimlerin, kanunların, yönetmeliklerin, şirketlerin vb. dahilinde gerçekleşmesi) her projenin türüne bağlı olarak belirlenmesi nedeniyle tez kapsamında ele alınmamıştır.

Projenin mimari programlama sürecini net bir şekilde tanımlamak, proje maliyetini ve zaman performansını etkilediği için proje oluşturmadaki en önemli zorluklardan birisidir. Sürecin net bir şekilde tanımlanmaması, tasarım ve inşaat aşamasında gereksinimlerin değişmesi, programlama sürecindeki tüm proje katılımcılarının rollerinin doğru anlaşılabilmesi gibi çeşitli sorunları ortaya çıkarabilmektedir (Vahabi ve diğerleri, 2023; Hassanain ve Juaim, 2013). Hassanain ve arkadaşları (2013), mimari programlama aşamasının önemini ve bina projelerinin nihai performansına olan etkisini ele almak için işveren ve son kullanıcı gereksinimlerini tasarım ekiplerine açık ve doğru bir şekilde iletme sürecini tanımlayarak genel bir mimari programlama çerçeve modeli önermişlerdir. Çerçeve modeli, literatürden elde edilen verilere ve yazarlar tarafından gözlemlenen mesleki uygulamalara dayanmaktadır. Oluşturulan çerçeve modeli temel olarak altı adımı içermektedir. Bu adımlar; (1) proje bilgilerini tanımlamak; (2) proje tipini araştırmak; (3) son kullanıcıların gereksinimlerini belirlemek; (4) belirlenen gereksinimleri analiz etmek ve dengelemek; (5) proje programını belgelemek ve (6) geliştirilen programı gözden geçirmek

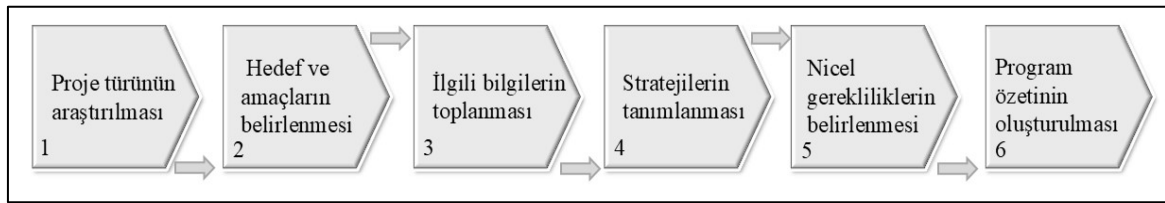
ve güncellemek' olarak belirlenmiştir. Aşağıdaki şekil 2.1.'de mimari programlama çerçeve modelinde yer alan genel süreçler tanımlanmaktadır.



Şekil 2.1. Mimari programlama çerçeve modelinde yer alan genel süreçler (Hassanain ve Juaim,2013) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

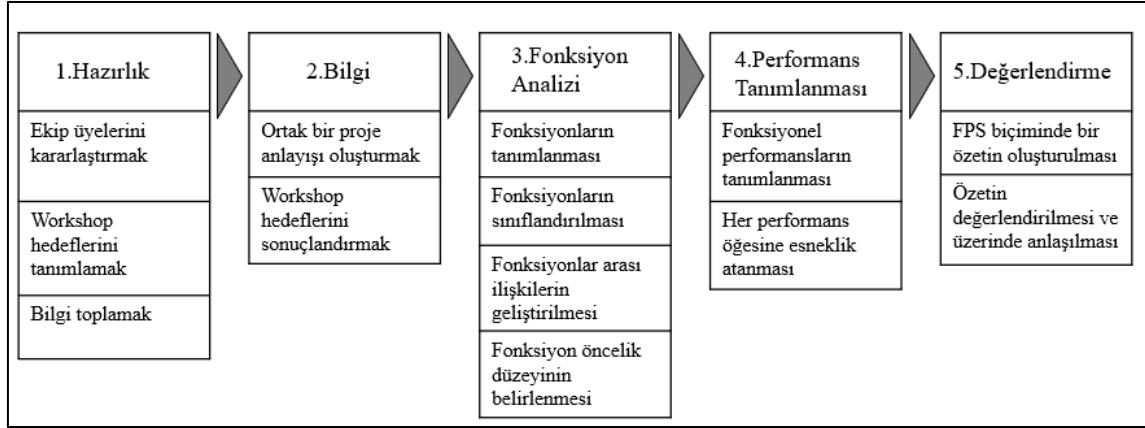
Birinci adım olan proje bilgilerinin tanımlanması, proje konularının çoğunda karar verme için önemli bir kılavuz görevi görmektedir. Projenin amaç ve hedefleri; estetik, ekonomik, işlevsel ve teknik bilgilerin tanımlanmasından gelecekteki beklenen genişlemelere kadar uzanmaktadır (Cherry ve Petronis 2005). İkinci adım olan proje tipinin araştırılması, söz konusu belirli bir proje türüne ve onun işlevsel ve teknik gereksinimlerin aşinalık kazanılmasını sağlar. Proje tipinin belirlenmesinde belirli kodlar ve teknik standartlar da rol oynamaktadır. Cherry ve Petronis (2005) göre programcının ilk kez bir proje türü üzerinde çalışması durumunda bu adımın gerekli olduğunu belirtmektedir. Bu adımı gerçekleştirmek için gerekli girdiler, proje türü, kapasitesi ve saha bilgileri ile ilgili ifadelerdir. Üçüncü adımda, projenin son kullanıcıların gereksinimleri ve ihtiyaçları ile ilgili bilgiler araştırılmaktadır. Bu adımda veriler son kullanıcılara yapılan anket sonucu ile elde edilebildiği gibi işveren ve mimari programcının yüz yüze gerçekleştirdiği toplantılardan da elde edilebilmektedir. Dördüncü aşama, projenin ve kullanıcıların gereksinimlerinin ve ihtiyaçlarının doğrulanmasını, analiz edilmesini ve dengelenmesini içerken beşinci adım ise proje için amaçlanan çalışma kapsamının belirlenmesini kapsar. Son adım ise programının

gözden geçirilmesini ve iyileştirilmesini içerir (Hassanain ve Juaim, 2013). Mimari program projenin türüne, ölçeğine ve doğasına bağlı olarak içerik, uzunluk ve form açısından önemli ölçüde değişebilmektedir (Shen ve Chung, 2006). Cherry ve Petronis'e (2005) göre pek çok farklı programlama türü aynı temel unsurları bünyesinde barındırmaktadır. Bu nedenle mimari programlamayı temel olarak altı adımlı bir süreç olarak tanımlamışlardır. Bu adımlar aşağıdaki Şekil 2.2'de yer almaktadır. Her bir aşamada projeye dair çeşitli sorulara cevap aranmakta ve süreç bileşenleri projenin tasarım girdilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.



Şekil 2.2. Mimari programlama süreci adımları (Cherry ve Petronis, 2005) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

Vahabi ve diğerleri (2023) brifing sürecini başlangıç ve gizli (latent) brifing olmak üzere iki kritik aşamaya ayırmıştır. İlk brifing adı verilen başlangıç aşamasında müşteriler proje özetini erken bir aşamada tanımlar ve sonradan tasarımcılar / inşaatçılar ayrıntılı tasarım sürecine dahil olmaktadır. Gizli brifing olarak adlandırılan ikinci aşamada, tasarımcılar/inşaatçılar proje brifing belgesinde açık ve net olmayan konular hakkında müşterilere(işveren) sorular sorar ve müşteriler, proje brifinglerinin netliğini artırmak için soruların içeriğini netleştirir, değerlendirir ve cevap verir.



Şekil 2.3. Mimari programlamada FPS kullanımına yönelik iş planı (Luo ve diğerleri, 2010) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

Luo ve diğerleri (2010), mimari programlama çalışma planının ilk aşamasının, çok disiplinli paydaş bilgilendirme gruplarını kararlaştırmak ve tüm katılımcılar arasında ortak bir proje anlayışı oluşturmak olduğunu belirlemiştir. Metodolojiler bölümünde bahsedildiği üzere İşlevsel Performans Belirtimine (FPS) yönelik iş planı şeması oluşturularak önerilen bu iş planı şemasını mimari programlamanın fonksiyon analizi aşamasında ve performans tanımlama aşamasında kullanmışlardır. Yukarıdaki şemada mimari programlamada FPS kullanımına yönelik iş planı yer almaktadır. Yazarlar, mimari programlamayı beş farklı adımda tanımlamışlardır. İlk aşamada brifing ekibini organize etmek ve brifing atölyesini tanımlamak, ikinci aşamada tüm katılımcılar arasında proje hakkında ortak bir anlayış oluşturmak yer almaktadır. Üçüncü adım kullanıcı gereksinimlerini işlevsel terimlerle belirlenmesi ve bu işlevleri neden-nasıl mantığını kullanarak bir görev işlevsel diyagramına dönüştürülmesini içermektedir. Dördüncü ve beşinci adımda fonksiyonel performans değerlendirme ve sonuç mimari programı oluşturularak sonuç programın değerlendirilmesini içermektedir.

2.1.3. Mimari programlama yaklaşımları

Bilgi tabanlı programlama yaklaşımı

Bu yaklaşım; kişisel alan, gizlilik ve özel ihtiyaçlar üzerine çalışmalar yapan sosyolog Edward Hall ve Robert Sommer'in çalışmalarının mimarlık alanına yansımalarıdır. Tipik olarak bu programlama yaklaşımı, büyük, karmaşık bina türlerine (hapishaneler, hastaneler, havaalanları, araştırma tesisleri, hükümet ofis binaları vb.) yönelik tesis ihtiyaçlarını

değerlendirirken kullanılmaktadır. Bu programlama yaklaşımında, gerekli tespitleri yapmak için, farklı düzeylerdeki kullanıcılarla görüşmek ve kullanıcıların mevcut ortamlarını nasıl deneyimlediklerini gözlemlemek gerekir. Ayrıca, konuyla ilgili araştırma literatürünü incelemek, benzer sorunları nasıl çözümlediklerini gözlemlemek amacıyla farklı tesisleri ziyaret etmek, kullanıcıların tesis, mobilya ve ekipman gereksinimlerini ve bu gereksinimler hakkındaki fikirleri üzerine örneklem oluşturmak üzere anketler hazırlamak da mümkün olabilmektedir (Hershberger, 2015: 15-16).

Bu yaklaşıma göre öncelikli olarak araştırma ve görüşmelere dayalı hedefler belirlenmeli, sosyal gereksinimleri belirlemek için de anketler yapılmalıdır. Ortaya çıkan veriler toplanarak istatistiksel olarak analiz edilmekte ve program belgesinde özetlenmektedir. Bilgi tabanlı programlama yaklaşımının dezavantajları arasında; tasarım sürecinde tasarımcıyla ilgili sorunların ihmal edilme durumu ve bütün olguların ele alınması (bütüncül düşünme zamanı) için çok fazla zaman harcanması yer almaktadır. Avantajları arasında ise; yeni anlayış geliştirmede yardımcı olması ve spiral düşünme için gerekli tüm bilgileri sağlaması sıralanabilir (AL-Shalche ve Al-Dabbagh, 2022).

Anlaşma tabanlı programlama yaklaşımı

Bilgi tabanlı programlama yaklaşımı sonrasında ortaya çıkan anlaşma tabanlı programlama yaklaşımı; gerekli programlama bilgilerinin üretilebilmesi için organizasyonundaki birkaç kilit konumdaki bireylerin (yetkili birim veya departman müdürleri vb.) bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Programcı, tasarım gereksinimleri kümesine ulaşabilmek için bu kilit konumdaki bireyler ile birlikte çalışır. (Hershberger, 2015: 17-18). Anlaşma tabanlı programlama yaklaşımının uygulayıcılarından ve önemli programlama şirketlerinden birisi olan Caudill Rowlett Scott (CRS), Pena'nın 'problem arama' (seeking the problem) görüşünü takip etmiş ve geliştirmiştir. Pena'nın 'probleme arama' olarak adlandırdığı bu yaklaşımda amaç, tüm tasarım probleminin doğasını keşfetmektir (Hershberger, 2015: 19). Pena, dört farklı tasarım belirleyicisi eşliğinde hedef belirleme aşamasında beş adımın bulunması gerekliliğini belirtmiştir. Bu dört farklı tasarım belirleyicisi; insanlarla, aktivitelerle ve ilişkilerle ilgili *işlevsellik*; yerleşim yeri, çevre ve kalite ile ilgili *biçimsellik*; başlangıç maliyeti, işletme ve bakım maliyeti kısaca *ekonomi*; geçmiş, şimdi ve gelecekle ilgili *zaman* olarak sıralanabilmektedir (AL-Shalche ve Al-Dabbagh, 2022; Alomari, Al-Sheikh ve Younis, 2013). Bir başka deyişle Pena'nın 'problem arama' matrisinin dört değer

veya sorun kategorisi vardır. Bunlar, işlev, biçim, ekonomi ve zamandır. Örneğin, mekân, bağlam, iklim, malzeme, teknoloji, manzara ve estetik; form/biçimsellik altında yer alabilir. Benzer şekilde, yapının amacı, özel kullanıcılar, emniyet ve güvenliğin tümü işlev/işlevsellik kategorisine girmektedir (Hershberger, 2015: 19). Aşağıda hedef belirleme için beş adım tanımlanmıştır (Alomari ve diğerleri, 2013).

* Proje hedefinin açıkça belirlenmesi: Uygun tasarım çözümlerine ulaşmak için mimarlık ve işveren arasında iş birliği gerekmektedir. Keza, hedef belirleme işverenin neye yatırım yaptığına dair bir endeksi temsil etmektedir.

* Projeyi kapsayan olguların toplanması ve analiz edilmesi: Olgular; çevresel özellikler, proje konumu, iklim özellikleri, hukuki değerler ve estetik hakkında bilgi içerir.

* Fikirlerin belirlenmesi ve test edilmesi: Bu aşamada çeşitli fikirler ortaya çıkmaktadır. Montaj hizmetlerinin, öncelik ilişkilerinin, arazi yaklaşımlarının ve güvenlik kontrollerinin belirlenmesi gibi soyut fikirler bu aşamada ortaya çıkmakta ve test edilmektedir.

* İhtiyaçların ve maliyetin belirlenmesi: Mekân gereksinimleri, proje bütçesi, hedeflenen sürenin tespiti, tahmini maliyet analizi, yapının yaşam döngüsü maliyeti, zaman/maliyet planlaması gibi unsurların kuramsal olarak belirlenmesini içerir.

* Tasarım probleminin tanımlanması ve problem tanımının formüle edilmesi: İşlevsellik ve form, ekonomik ve zaman açısından formüle edilmeli ve problem tanımında karmaşıklıktan kaçınılmalıdır. Bu son adım, programlama sürecinde her zaman son adım olarak uygulanmalıdır.

	Hedefler	Olgular	Konseptler	Gereksinimler	Problemler
İşlevsellik					
Form					
Ekonomi					
Zaman					

Şekil 2.4. CRS tarafından önerilen mimari programlama matrisi. Tablonun içeriği proje bilgisi ve proje türüne bağlı olarak doldurulmalıdır (Hershberger, 2015: 19)

Programcının rolü, öncelikle en önemli bilginin boyutunu test ederek dört belirleyici bağlamında hedefi tanımlamaktır (Pena ve Parshall, 2012). Böylece bilgi, doğrusal bir düşünce stilini benimser ve bu şekilde, programlama ve tasarım süreci arasındaki ayrımı vurgular (AL-Shalche ve Al-Dabbagh, 2022). Pena'ya göre, programlama hüristik, analitik bir problem arama sürecidir, tasarım ise algoritmik, sentezci bir problem çözme sürecidir; programlama tasarım değildir, fakat tasarıma girer (Dinç, 2002) Bu süreç, mimari bir problemin tanımlanmasına ve bir çözüm sunarken karşılanması gereken gereklilikleri tanımlamaktadır. Mimari bir problemin ifadesi, problem çözme olarak ifade edilmekte ve bilimsel yöntemlerle ele alınabildiği gibi yaratıcı bir çaba gerektirmektedir. Süreç yaklaşımı hem basit hem de kapsamlıdır; sürecin farklı bina tipleri için tekrarlanabilir olmasını sağlayacak kadar basit ve binaların tasarımını etkileyen çok çeşitli faktörleri kapsayacak kadar kapsamlı olmalıdır (Pena ve Parshall, 2012). Anlaşma Tabanlı Programlama Yaklaşımı'nın avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır (Hershberger, 2015: 22-23).

Avantajları: Mimarın, tasarım kaygısı duyduğu farklı alanlara ilişkin bilgi edinebilmesini sağlayabilir. Tasarıma başlamak için gereken bilgileri üretebilmeyi ekonomik hale getirmektedir. Aynı zamanda, kullanıcı ihtiyaçları üzerine yapılan ve zaman alan araştırmalar için çok az çaba ve zaman harcanmasına imkân sağlar.

* Tasarıma başlamadan önce hem müşterinin hem de mimarın, tasarım probleminin niteliği ve kapsamı konusunda anlaşmasına olanak sağlar.

* Tasarıma başlamak için gerekli olmayan bilgilerin geliştirilmesinin önüne geçilerek, ilk programlama sürecinde zamandan tasarruf sağlayabilir.

Dezavantajları: Değer kategorilerinin önceden belirlenmesi aşamasında tüm problemi tanımlamak için seçilen dört kategori, seçilen değer alanlarını kapsamıyorsa, tasarım probleminin yetersiz bir şekilde tanımlanma ihtimali ortaya çıkmaktadır (Hershberger, 2015: 23). Bir başka deyişle; işlevsellik, form, ekonomi ve zaman kategorilerinden birisine tam manasıyla girmeyen değer problemi yeterli bir şekilde tanımlanamayabilir.

* CRS yaklaşımı açısından dezavantajı ise bilginin nasıl elde edildiğiyle ilgilidir. Müşterinin seçtiği programlama grubu tüm organizasyonu temsil edemeyebilir. Programlama sırasında önemli kullanıcı endişeleri ve ihtiyaçlar doğru bir şekilde analiz edilemez veya doğru iletilmezse, ortaya çıkan program verileri hatalı olabilmektedir (Hershberger, 2015: 24).

Değer tabanlı programlama yaklaşımı

Değer tabanlı programlama yaklaşımı, yukarıda yer alan Bilgi tabanlı programlama ve anlaşma tabanlı programlama yaklaşımlarının iyi yönlerini birleştirmeyi ve eksik yönlerinden kaçınmayı amaçlamaktadır. İşverenin benimsediği değerleri ve hedefleri ortaya çıkarmak için mimar ve işveren arasındaki görüşme ve tartışma oturumları bu yaklaşımda da geniş yer kaplamaktadır. Değer tabanlı programlama yaklaşımı, programlama sürecinin erken aşamalarında (tasarım sürecinden önce) değer araştırmalarını gerçekleştirmektedir (Hershberger, 2015: 24). Programcı; hedefleri, bütçeyi, saha analizini, iklimi ve dış etkileri tanımlamak için görüşme yoluyla işverenden bilgi almaktadır. Yapının ortaya çıkma amacını araştırmak, programlamanın erken aşamalarında proje konusunun tanımlamasını sağlamaktadır (AL-Shalche ve Al-Dabbagh, 2022). Bu süreçte ortaya çıkan değerlerden programlama faaliyetlerinin pozitif olarak etkilenmesi amaçlanmakta ve süreçte öne çıkan bilgilerin önemini vurgulamak için sistematik bilgi toplama prosedürleri kullanılmaktadır (Hershberger, 2015: 24).

Tasarım tabanlı programlama yaklaşımı

Tasarım tabanlı programlama yaklaşımda, tasarım sürecinin başlamasından önce minimum miktarda programatik bilgi oluşturulmakta ve toplanmaktadır. Genellikle bu programlama yaklaşımında; mimar ve işveren, işverenin istediği tasarım problemini tartışmak için bir araya gelmekte ve yapılan görüşmeler ilerledikçe mimar, toplantılar sonucu elde edilen verileri kaydetmektedir. Toplantılar sonrasında mimara verilen bilgiler ile mimar, istenilen tasarıma ilişkin alternatif tasarımlar yapmaktadır. Bu süreç; birbiri ardına, eksik kalan unsurların tamamlanması ve tasarımın tam manada oluşması aşamasına kadar sürmektedir. Bazı durumlarda ise mekânsal ihtiyaçlar, maksimum inşaat bütçesi, özel malzeme istekleri ve sistem gereksinimlerini içeren kısa bir program beyanı/özeti işveren tarafından önceden hazırlanmaktadır. (Hershberger, 2015: 7).

2.1.4. Mimari programlama yönteminin belirlenmesi

Yukarıdaki bahsedilen süreç adımları ve programlama yaklaşımları, Dünya’da yapılmış ve yapılacak projeler için önerilmiş olup belirli bir yönteme ait olan tüm süreç adımlarının Ay yerleşkesi programı için uygulanması ve kullanılması doğru ve yeterli bir sonuç

doğurmayabilir. Son kullanıcının bilinmediği, işverenin henüz herhangi bir beklenti tanımlamadığı, bunun yerine programlama ekibinin olasılıklar önermesinin beklendiği durumlarda da program yazmak mümkündür (Kalayci ve Ozdemir, 2021: 28). Programlama bir analiz süreciyken, tasarım ise sentezdir (Pena ve Parshall, 2012: 8). Bu kapsamda, Ay yerleşkesi programı önerisi oluşturmak için bilgi tabanlı programlama yaklaşımı ile literatürden elde edilen veriler analiz edilmektedir. Hassanain ve Juaim tarafından (2013) geliştirilen mimari programlama çerçeve modelinde yer alan süreç adımlarının ilk iki adımı analiz sonucu elde edilen verilerin sistematikleştirilmesin de kullanılmıştır. Bilgi tabanlı programlama yaklaşımında gerekli tespitleri yapmak için kullanıcıların mevcut ortamlarını nasıl deneyimlediklerini gözlemlemek ve kullanıcılarla görüşmek, ilgili araştırma literatürünü incelemek ve literatürde benzer sorunları nasıl çözümlediklerini incelemek gerekmektedir. Günümüzde, yerleşik bir Ay yerleşkesinin bulunmaması nedeniyle kullanıcıları tanımlı mekanlar içerisinde doğrudan gözlemlemek mümkün değildir. Fakat Ay üssüne benzer koşulları içeren Uluslararası Uzay İstasyonunda (ISS) bulunan kullanıcılara ait görüntülerden faydalanılması olasıdır. Ay yüzeyinde kurulacak bir yerleşke için literatürün ve çeşitli resmi/özel kurum ve kuruluşların benzer sorunları ele aldığı çalışmalarında incelenmesi mümkündür. Hassanain ve Juaim'in (2013) tarafından tanımlanan süreç adımları, Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulmasında temel alınmış; ancak bu adımlar, 'Ay yerleşkesi mimari programı geliştirme süreci' başlığı altında, Ay yerleşkesine özgü verilerin dahil edilmesiyle geliştirilerek, program yazımında kullanılacak yöntem şemasının son hâlini alması sağlanmıştır. Bu çerçevede, mimari programın hazırlanmasında birincil düzeyde referans alınan süreç adımlarının genel yapısı aşağıda yer almaktadır.

Süreç adımları;

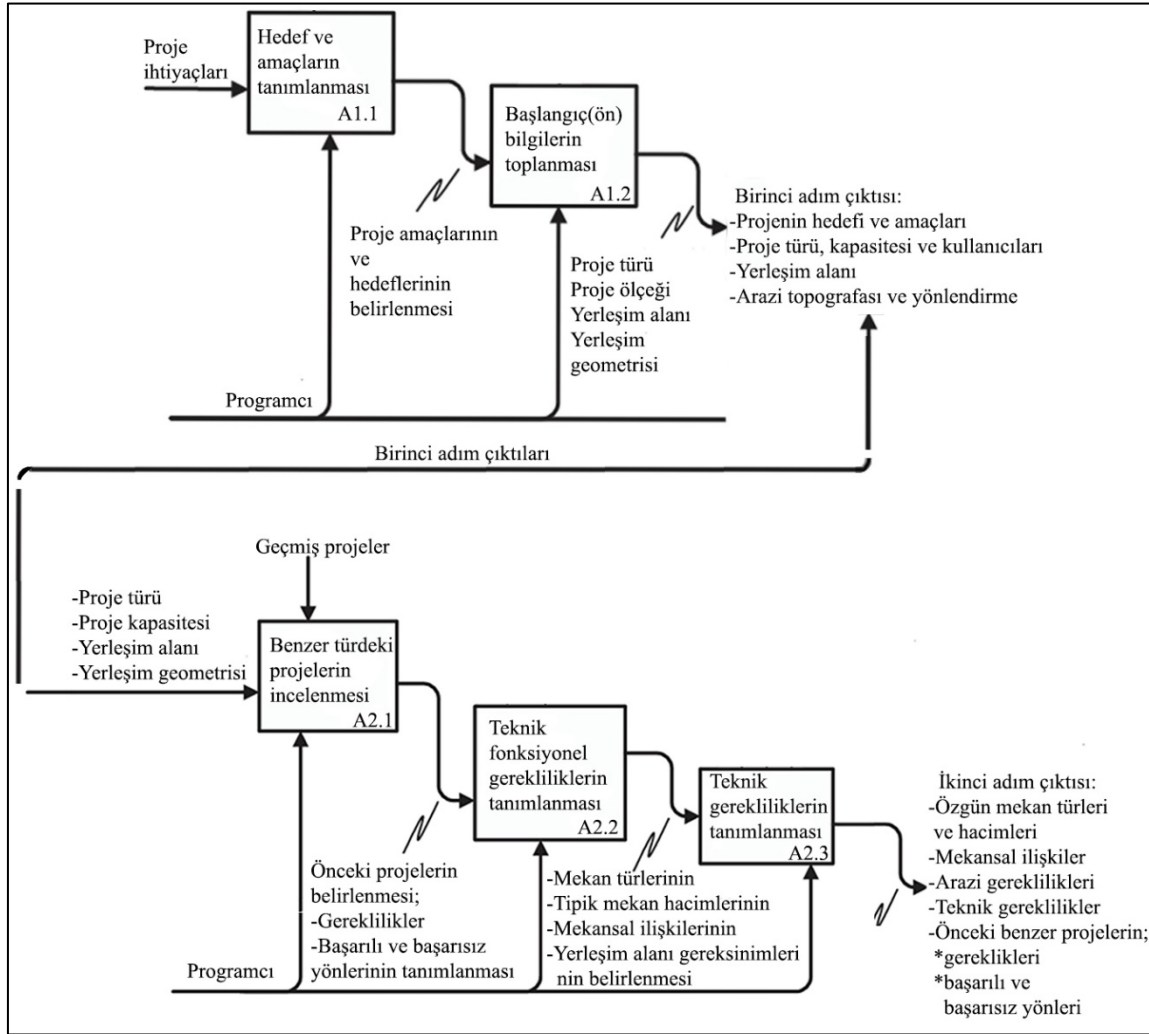
A1.1.Amaç ve hedeflerin belirlenmesi: Tüm projelerde ilk adım amaç ve hedeflerin net ve yeterli bir şekilde tanımlanmasını ve beyan edilmesini içerir. Bu adım projenin sonuç çıktılarını ve sonuca ulaşmak için ilgili adımlarını tanımlamaktadır. 'Amaçlar' projeye sorulan 'Neyi başaracak' sorusunun cevabını oluşturmakta iken 'Hedefler' ise projeye sorulan 'Nasıl' sorusunun cevabıdır. Hedefler amacı destekleyen spesifik ifadelerdir (URL-7).

A1.2.Başlangıç (ön) bilgilerin toplanması: Bu aşama; proje türünü, proje ölçeğini, kapasitesini, arazi bilgilerini, son kullanıcıları, zaman ve bütçe kısıtlamalarıyla ilgili bilgileri tanımlamaya yarar. Gelecekte yapılacak bir Ay üssü için önerilen programda zaman ve bütçe kısıtlamaları göz ardı edilmiştir. İnşa sürecinde Dünya'dan farklılaşan çevresel koşullara bağlı olarak öngörülemeyen durumların gerçekleşmesi ortalama bir sürenin ve bütçenin tahmin edilememesi sonucunu doğurabilir. Bu nedenle tez kapsamında bu aşamanın çıktısı olarak; proje türü, proje ölçeği, proje kapasitesi, arazi bilgileri ve son kullanıcı profilleri tanımlanmıştır.

A2.1.Benzer türdeki projeleri incelenmesi: Bu adım, konu hakkındaki benzer projeler incelenerek avantaj ve dezavantajları, karşılaştıkları sorunları ve çözüm önerilerini belirlemeye yardımcı olur. Yapının kullanımı sonrası değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar, tasarımcıya ve mimari programcıya tasarım kararlarının sonuçları ve bunun sonucunda ortaya çıkan yapı(tesis) performansı hakkında geri bildirim sağlar (Hassanain ve Juaim, 2013). Mevcut bir Ay üssünün bulunmaması nedeniyle kullanıcılardan yapının(tesis) kullanımı sonrası geri besleme alınması muhtemel olmamaktadır. Bu nedenle; bu adımda literatürdeki güncel projelerin, Ay üssü inşası üzerine ele aldıkları ve çözümledikleri problemler dikkate alınmıştır.

A2.2.Fonksiyonel gereksinimlerin tanımlanması: Bu aşamada, proje için gerekli spesifik mekân türleri, mekân hacimleri ve mekânsal ilişkiler incelenen belirli projelerden saptanarak belirlenir. Bu programlama adımı için önemli girdiler, tanımlanmış proje türü için ilgili kodlar ve standartlardır (Hassanain ve Juaim, 2013). Uyku kabini, laboratuvar alanı, dinlenme alanı, yeme-içme alanı, depolama alanı vb. gibi mekanların tanımlandığı adımdır.

A2.3.Teknik gereksinimlerin tanımlanması: Bu adım, ilgili proje türüyle ilgili yapısal (inşaat malzemesi), mekanik (havalandırma), elektrik ve güvenlik gereksinimlerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Teknik gereksinimler, yapısal (structural), mekanik, çevresel, güvenlik ve yangından korunma gibi konularla ilgilidir. Bu gereksinimler, ilgili literatürden, yönetmeliklerden ve standartlardan elde edilebilir. Ay yüzeyinde bir yapı inşasında Dünya'dan farklılaşan spesifik gereksinimler bu adımda dahil edilmektedir. Çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri, habitat için güç kaynağı, araç dışı aktiviteler ve termal kontrol sistemleri gibi habitat için zorunlu olan gereksinimler bu kodlar arasında yer alabilir.

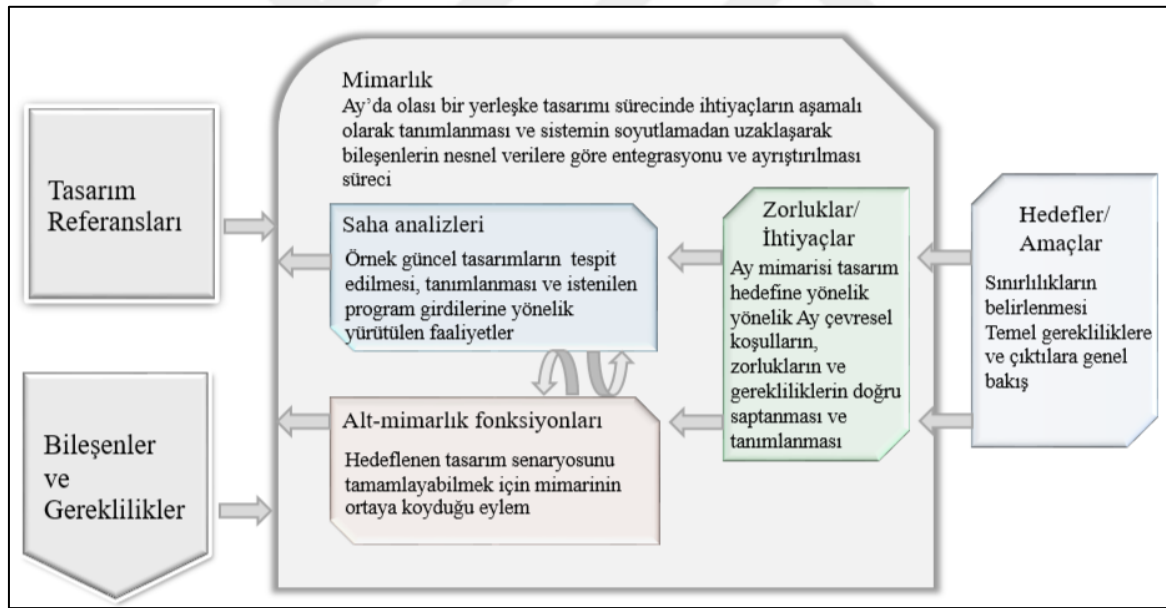


Şekil 2.5. Tez kapsamında kullanılacak olan birinci aşama ve ikinci aşama mimari programlama adımlarının çerçeve modeli (Hassanain ve Juaim, (2013) tarafından geliştirilen genel çerçeve modeli yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

2.2. Uzay ve Uzay Mimarisi Çerçevesi

İnsanlığın elli yıldan uzun süredir Ay'a tekrar dönme girişimleri çeşitli uzay ajanslarının uluslararası iş birliği ve ticari katılımı (paydaşlık) hedefiyle giderek önem kazanmaktadır. Uzay ajansları, uzun vadeli sürdürülebilir keşif misyonlarını uygulamaya ve Ay'ın kutup bölgelerini keşfetmeye giderek daha fazla ilgi duymaktadır. Geliştirilen yeni uzay fırlatma teknolojileri sayesinde uzaya malzeme göndermenin maliyeti zaman içerisinde düşmektedir. Yeniden kullanılabilir fırlatma araçları tek bir görev için kullanıldıktan sonra farklı görevler için yeniden yapılandırılabilir. Uzay mimarlığı uygun maliyetli ve esnek tasarımlar ile uzay fırlatma sistemleri çerçevesinde gelişmesi muhtemeldir. NASA'nın 2024 yılında yayınladığı Mimari Tanımlama Dokümanında (ADD) mimarinin tanımını "*Mimari, bir*

sistemi tanımlayan üst düzey birleştirici yapıdır. Alt bileşenlerin nasıl birlikte çalışacaklarına ilişkin bağlantıları ve ilişkileri tanımlayan uyumlu ve tutarlı bir yapı oluşturabilen bir dizi kural, yönerge ve kısıtlama geliştirir'' olarak ifade edilmiştir. Uzak (Ay) mimarlığı; Ay'ın fiziki özelliklerinin, ihtiyaçlarının, kullanım durumlarının ve işlev tanımlamalarının net, tutarlı, güncel olan çalışma ve analiz sonuçlarının süreç içerisinde dahil edebilen bir mimari yaklaşım içerisinde ele alınmasıdır. Aynı zamanda, Ay yörüngesinde, yüzeyinde ve yüzey altında kalıcı insan yerleşkesi kurmak amacıyla gerekli sistemlerin, operasyonların ve niteliklerin saptanmasıdır. Uzak mimarlığında ortaya çıkan 'ikincil mimarlık' veya 'alt mimarlık'(sub-architecture) ise 'mimari hedeflere ulaşmak için bir arada yürütülen birbirine sıkı bir şekilde bağlanmış sistemler, işlevler ve bileşenler grubu' olarak tanımlanabilir (NASA, 2024) Alt mimarlıkta yapıyı oluşturan birden fazla bileşen vardır, bu bileşenlerin etkileşimi, ilişkileri ve bağlantıları tasarım sürecinde Ay koşullarına karşılık verecek şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.6. NASA'nın evrimsel mimari inceleme süreç grafiği (NASA, 2024:6)

Uzak mimarisinde, belirli kısa veya uzun vadeli amaçlara ulaşmak ve aynı zamanda mevcut teknolojiyi geliştirmek için hedefler doğrultusunda sistematik bir plan oluşturulmalıdır. Bu plan içerisinde mevcut olan araçlar dâhil edilirken yeni olanı araştırma süreci devam etmelidir. Mimari süreç, tarafsız bir veri elde etmek için sistematik bir tartışma yöntemine başvurur. Şekil 2.6'da gösterildiği üzere oluşturulacak tasarım stratejisinde yeryüzü mimarlığına eklenen ikincil mimarlık fonksiyonları uzak mimarlığı için zorunlu

gereksinimler arasındadır. Bu sistemler zorunlu olarak tasarım sürecine dahil olurken diğer bileşenler mevcut olanın araştırılması ile elde edilebilir. Zorunlu gereksinimler ile yürütülen tasarım faaliyetlerinden elde edilen veriler tasarım referansı olarak sisteme dahil edilir.

2.2.1. Uzay mimarlığına giriş

Dünya dışı gezegenlere gitme düşüncesi, sanat ve edebiyat aracılığıyla soyut düşüncelerden uzaklaşıp masallar, tiyatrolar, metinler, filmler ve deneyler yoluyla somut düzleme aktarılması ile geniş kitlelere yayılabilme imkânı bulmuştur. 1800'lü yılların sonları itibariyle bilim kurgu alanında Ay'da yaşam, Ay'a seyahat ve Ay kolonizasyonu gibi konular işlenmeye başlanmıştır. Ay'da yaşam konuları çoğunlukla edebiyat alanında karşılık görmüştür. 1865'te Jules Verne'nin Dünyadan Ay'a: 97 Saat, 20 Dakikada Doğrudan Bir Rota (From the Earth to the Moon: A Direct Route in 97 Hours, 20 Minutes) adlı romanı ve 1901 yılında H. G. Wells tarafından yazılan Ay'daki ilk insan (The First Men in the Moon) romanı, Ay'da yaşama dair insan hayal gücünün dışavurum örnekleridir. 20. yüzyılda uzay alanındaki gelişmelere takiben Ay'da yaşam kurguları terk edilerek, Ay'a iniş/seyahat konuları çoğunlukla filmlerde işlenmeye başlanmıştır. Ay'a ilk insanın inmesi ile Ay'ın ulaşılabilirliği daha mümkün hale gelmiş ve Ay kolonizasyonu kavramı ortaya çıkmıştır. 20. yüzyılın sonları itibari ile çalışmalar devletler bağlamında savunma sanayi ve roket teknolojisi üzerine yoğunlaşmış ve teknik dokümanlar, bilimsel inceleme raporları, bir dizi kurallar ve sınırlıklar oluşturulmuştur. 2000 yılında, NASA Astronotu Bill Shepherd ve kozmonotlar Yuri Gidzenko ve Sergei Krikalev ilk kez Uluslararası Uzay İstasyonunda (International Space Station) dört ay ikamet ederek uzayda uzun süre konaklamanın önünü açmıştır.

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration [NASA]) tarafından, Dünya yörüngesinde yer alan Uluslararası Uzay İstasyonunu inşa etme, genişletme planı ve bu istasyona mürettebat ve kargo taşımak için yeniden kullanılabilir bir "Uzay Mekiği" inşa etme planı geliştirmiştir. Space Shuttle programı kapsamında ISS'ye yapılan uzay uçuşlarının daha az maliyetli, güvenli ve rutin olarak gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. ISS programı ile entegreli olarak devam eden Space Shuttle programı 2011 yılında, ISS'nin inşaatının tamamlanması ve bazı güvenlik sorunları nedeniyle sonlandırılmıştır (Launius, 2008). Sürdürülebilir bir uzay yolculuğunun gerçekleşmesini mümkün kılan yeniden kullanılabilir uzay mekiği inşa etme sürecine günümüzde çeşitli özel

şirketlerde dahil olarak bu sürecin hızlanmasına katkı sağlamışlardır. Uzay alanındaki çalışmalar, NASA ile iş birliği içerisinde olan paydaşlar arasında araştırma alanlarına göre gruplandırılmış ve belirlenen görevin ihtiyaçlarına uygun olarak dağıtılmıştır. Bu iş birliği yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde konumlanan paydaşlar arasında olmayıp uluslararası iş birliklerinde bu sürece dâhil olmuştur (NASA, 2020). Şekilde gösterildiği üzere bu paydaşların çalışma alanları belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. NASA'nın iş birliği içerisinde olduğu paydaşlar (NASA, 2020: 7)

<u>Ames Research Center</u> Uçucu Maddeleri Araştıran Kutup Keşif Aracı (Volatiles Investigating Polar Exploration Rover-VIPER) Orion Termal Koruma Sistemi Space Launch System(SLS) İçin Rüzgar Tüneli Testi Ve Hesaplamalı Analiz Ve Ticari Fırlatma Araçları İnsan-Otonom Sistemler <u>Glenn Research Center</u> Ağ Geçidi Gücü Ve İtici Güç Elementi (Gateway Power And Propulsion Element Lead) Orion Avrupa Servis Modülü Yönetimi Ve Testi Yüzey Ve Uzay Aracı Gücü (Fisyon, Radyoizotop Ve Güneş) Bilişsel Ve Kuantum İletişim Kriyojenik Sıvı Yönetimi Yerinde Kaynak Kullanımı Simüle Edilmiş Uzay İçi Çevre Testleri Plum Brook İstasyonu Yönetimi <u>Headquarters</u> Uzay Ajansı Paydaş Katılımı Direktörlük Yönetimi Ve Entegrasyonu Program/Proje Oluşturma Ay Yüzeyi İnovasyon Girişimi <u>Goddard Space Flight Center</u> Ay Yörünge Kaşifi (Lunar Reconnaissance Orbiter) Astronot Bilim Operasyonları Eğitimi Ay Ve Mars Temel Ve Uygulamalı Bilim	<u>Marshall Space Flight Center</u> İnsanlı İniş Sistemi Programı Uzay Fırlatma Sistemi Programı SLS Core Stage Geliştirme, İnşası Ve Yapısal Testi SLS Core Stage Yapısal Testi Artemis I İkincil Taşıma Kapasitesi Araç Sahne Adaptörünü (LVSA) Ve Orion Sahnesini Fırlatın Adaptör (OSA/MSA) Endüstri Habitat Konsepti Geliştirme Michoud Montaj Tesisi Yönetimi <u>Langley Research Center</u> Orion Uzay Aracı Fırlatma İptal Sistemi Doppler Lidar(Uzaktan Algılama Aracı) Strateji, Mimariler Ve Sistem Mühendisliği Artemis I'in Fırlatılması Ve Orion'a Yeniden Giriş İçin Bilimsel Olarak Kalibre Edilmiş Uçuş Görüntüleri Radyasyon Koruma <u>Johnson Space Center</u> Orion Uzay Aracı Programı Gateway Programı Gateway Habitasyonu Ve Lojistik Karakolu Ay'a Ticari Yük Taşıma Hizmetleri Astronot Ofisi Görev Kontrol Merkezi Uçuş Operasyonları Ve Uygulaması İnsan Sağlığı Ve Performansı Keşif Uzay Giysisinin (Xemu) Geliştirilmesi Ve Üretilmesi Ay Arazi Aracı
---	---

Çizelge 2.1. (devam) NASA'nın iş birliği içerisinde olduğu paydaşlar (NASA, 2020: 7)

Heliofizik, Uzay Havası, Radyasyon, Astronot Ve Donanım Desteği	Hassas İniş/Tehlikeden Kaçınma
Uzay İletişimi Ve Navigasyon	Ay Numuneleri İnceleme Ve İyileştirilmesi
Uzayda Bakım Ve Montaj	<u>Canadian Space Agency (CSA)</u>
Yazılım Ve Hava Elektronikleri	Canadarm3 Robotik Kolu Ve Gelişmiş Robotik Arayüzü
Wallops Uçuş Tesisi Yönetimi	Gateway Bakım, Onarım Ve Denetim
<u>Jet Propulsion Laboratory</u>	Gateway Modül Sistemi
Orion Sistem Mühendisliği Ve Entegrasyonu	<u>ESA European Space Agency (ESA)</u>
Orion Uzay Aracı Termal Koruma Sistemi Ve Paraşütlerin Değişken Test Sonucu Kontrolü	Artemis Mürettebatı İçin Habitat Modül Araştırması The Lunar I-Hab Modülü
Perseverance Rover: Robotik Gezegen	Lunar View Modülü
Örnekleme, Uzay Giysisi Malzeme Direnci	Kargo Lojistiği, Dünya'yı Ay'ı Ve Derin Uzay Gözlemlemek İçin Pencere
Gateway Elektrikli İtici Geliştirme	Lunar Link Projesi (Yüksek Veri Hızlı İletişim)
Gelişmiş Uzay Aracı Çevresel İzleme	<u>Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)</u>
Bölge Bağlantılı Yön Bulma	Lunar I-Hab İçin Çevresel Kontrol Ve Yaşam Destek Sistemi (ECLSS)
<u>Kennedy Space Center</u>	Termal Kontrol Sistemi İşlevleri Ve Kameralar
Yer Sistemleri Araştırması	HALO, Lunar I-Hab Ve Lunar View İçin Güç Sağlayan Pil Üretimi HTV-XG Uzay Aracı
Yer İşleme, Fırlatma, İniş Ve Kurtarma Planlama Ve Operasyonlar	<u>Mohammed Bin Rashid Space Centre(MBRSC)</u>
Gateway Lojistik Hizmetleri	Gateway İçin Mürettebat Temini
Fırlatma Ve Kontrol Merkezi	Gateway Hava Kilidi Geliştirilmesi
Ticari Fırlatma Aracı Hizmetleri Ve Satın Alımı	

2.2.2. Artemis programına genel bakışı

NASA tarafından 2020 yılında duyurulan Artemis programı, dört farklı kategoriye ayrılmış olup bu program, uzun vadeli Ay ve Mars bilimsel keşif misyonu için gerekli operasyon ve sistemleri geliştirmektedir. Bu program kapsamında çeşitli özel şirketler ve çeşitli uzay ajansları ile uluslararası iş birliği anlaşmaları imzalanmıştır. Bu anlaşmaların amacı, Artemis programını ilerletmek amacıyla dış uzayın kullanımını ve özel sektörün alana katılımını arttırmak için bir dizi pratik ilkeler, yönergeler ve uygulamalar yoluyla ortak bir vizyon oluşturmaktır. Bu çalışmalar; Ay veya Mars yüzeyinde, kuyruklu yıldızlarda, asteroitlerde, Ay veya Mars yörüngesinde gerçekleştirilebilir (The Artemis Accords, 2020).

Artemis programının 1. Aşaması, Uzay Fırlatma Sistemi (Space Launch System [SLS]) roketini ve daha önce Keşif Görevleri (Exploration Missions) 1-2-3 olarak bilinen Orion mürettebat kapsülü için geliştirilen mevcut planları kullanmaktadır. Keşif görevleri 1-2-3 programı Artemis I-II-III olarak yeniden adlandırılmış ve Artemis IV'ün de programa eklenmesiyle revize edilmiştir (Mueller, 2022). Artemis I kapsamında, SLS roketi ile Orion uzay aracı mürettebatsız uçuş testini başarı ile gerçekleştirmiştir. Orion uzay aracı ile Ay'ın etrafında mürettebatlı uçuş testi (Artemis II), Ay'ın Güney Kutbuna ilk mürettebatı indirme (Artemis III) ve daha geniş bir program olan Artemis IV ise ilk Ay uzay istasyonu (Gateway) için çeşitli denemeleri kapsamaktadır (URL-8). Böylece, 2030'larda başlayacak olan Mars'a mürettebatlı görevlere hazırlanmak için teknoloji denemeleri ve bilimsel deneyler yapılacaktır. Uzayda ve Ay'da sürdürülebilir bir insan varlığı oluşturmaya odaklanan Artemis görevi boyunca kullanılacak temel sistem bileşenleri aşağıda açıklanmıştır.

Uzay fırlatma sistemi: Orion uzay aracını ve dört kişilik mürettebatı aynı anda Ay'a ulaştırabilen ağır yük taşıyıcı roket sistemidir. Geniş bir yük taşıma kapasitesine sayesinde, kargo, mürettebat ve bilim ekipman taşıma görevlerinde kullanılmak üzere esnek ve dayanıklı tasarım yaklaşımı benimsenmiştir.

Orion uzay aracı: Mürettebatlı derin uzay uçuşu yapabilen ve alçak Dünya yörüngesinde mürettebatlı görevler için tasarlanmış uzay aracıdır. Ay çevresindeki görevlerde kullanılmak üzere optimize edilen Orion, Dünya atmosferine yüksek hızla giriş yapabilecek şekilde optimize edilmiştir. Birkaç farklı modülden oluşmaktadır.

Gateway: Ay'ın çevresinde neredeyse doğrusal halo yörüngesinde hareket halinde olan, Artemis görevleri kapsamında Ay yüzey görevleri için lojistik ve operasyonel destek sağlayan ileri bir Ay karakoludur. Dünya'dan gelen uzay araçları için kenetlenme noktası olarak işlev gören bu istasyon, modüler bir yapıya sahiptir.

2.2.3. Türkiye'nin uzay mimarlığındaki konumu

İkinci dünya savaşı sonrasında başlayan ve günümüze yaklaştıkça hızlı bir şekilde ivme kazanan uzay yarışlarına zaman içerisinde Türkiye de dahil olmuştur. Türkiye'deki uzay çalışmalarının kurumsal çerçevesi, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), öncülüğünde başlamış ve Devlet Planlama Teşkilatı'nın önerisi ile 1990

yılında TÜBİTAK bünyesinde, “Uzay Bilim ve Teknolojileri Komitesi" (UBİTEK) kurulmuştur. UBİTEK, Türkiye’de uzay, bilim ve teknoloji araştırmaları hakkında görüş oluşturup politika belirlemeyi amaçlamış, alana ilişkin çalışmalar, incelemeler ve çeşitli kurumlar ile iş birliği yapan bir platform görevi görmüştür. Ülkeler uzay alanındaki politika ve faaliyetlerine hız kesmeden devam ederken bu sahada yer almak isteyen Türkiye Cumhuriyeti ise uluslararası alanda kendi alanını oluşturmak ve varlığını sürdürebilmek için çalışmalarına devam etmiştir (Bu sürece ait bilgiler EK 1 de yer almaktadır). Türkiye’de yürütülen uzay çalışmaları büyük ölçüde mühendislik odaklı gerçekleşmiş, mimarlık disiplininin sürece aktif olarak dahil edilmesi ise sınırlı kalmıştır. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu’nun (BTYK) 10 ve 11. toplantılarında alınan kararlarla birlikte Şubat 1993’te ‘Uzay Araştırmaları’ öncelikli alan araştırma konularından biri olarak belirlenmiştir (TÜBİTAK, 2005: 5-6). Ancak 2010 yılında, öncelikli alan statüsüne başka bir disiplinin dahil edilmesiyle uzay araştırmaları bir süreliğine kesintiye uğramıştır. Kurumlar arası dağınık bir şekilde yürütülmüş olan uzay çalışmaları 13 Aralık 2018 tarihinde resmî gazetede yayınlanan kararname ile kurulan Türkiye Uzay Ajansı çatısı altında toplanmıştır. Ajansın yeni kurulmasından kaynaklı kurumsal altyapı eksikliği ve ihtiyaç duyulan alanlarda nitelikli işgücünün temin edilememesi kurumun eksiklikleri arasındadır. Nitekim bu tarz uluslararası ajanslar, uluslararası ortamda verimli, güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde varlığını devam ettirmelidir. Tübitak Uzay çatısı altında toplanan daha sonra Türkiye Uzay Ajansı altında birleşen uzay ve havacılık sektörü henüz tam olarak sağlam temellere oturmuş değildir. Öyle ki, kurumun stratejik amaçları içerisinde; Türkiye Uzay Ajansının kapasitesini güçlendirmek, Dünya’da rekabet edilebilir hale gelmek, ulusal ve uluslararası alanda kurumun etkinliğini arttırmak ve toplum içerisinde uzay-havacılık bilim ve teknolojilerine yönelik ilginin geliştirilmesine liderlik etmek yer almaktadır (URL-9). Ülkemizdeki uzay çalışmalarını iki evreye ayıracak olursak birinci evre kurumsallaşma evresini kapsamaktadır. 2000 yılından itibaren başlayan ve günümüze kadar devam eden ‘*Kurumsallaşma Evresi*’ uluslararası üyelikleri, uluslararası iş birlikleri, nitelikli teknik işgücü oluşturmayı, uzay ve havacılık teknolojileri hakkında toplum bilincini arttırmayı ve uzay teknolojilerinde yerli üretim çalışmalarını kapsamaktadır. İkinci evre ise ‘*Faaliyet Evresi*’ uzayın ticarileşmesinde rol alma, ilk kez Türk bir astronotun uzaya gönderilmesi, yerli küp uydu tasarımlarının gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. Türkiye Uzay Ajansı (2022), Milli Uzay Programı Strateji belgesinde, 2022-2030 yılları arasındaki hedeflerini açıklamıştır. Bu hedefler; Ay araştırma programı, bölgesel konumlama ve zamanlama sistemi, uzaya erişim ve uzay limanı, uzay havasına ilişkin teknolojik araştırmalar, uzay nesnelerinin yerden gözlemi ve

takibi, Türk astronot ve bilim misyonu ana başlıklar altında toplanmıştır. Öyle ki, Türkiye uzay ajansı kurumsallaşma evresinden uzaklaşarak faaliyet evresine geçişinin ilk adımlarını atmıştır. Türk Astronot ve Bilim Misyonu Projesi kapsamında uzaya giden ilk Türk astronot Alper Gezeravcı 19 Ocak 2024 tarihinde uzay yolculuğuna başlamıştır. Axiom Space tarafından Uluslararası Uzay İstasyonuna düzenlenen Ax-3 görevi (Axiom Mission 3) mürettebat üyeleri arasında yer alan Alper Gezeravcı, Uluslararası Uzay İstasyonda ülkemiz adına bilimsel çalışmalarda yer almıştır (URL-10).

2.2.4. Türkiye uydu çalışmaları

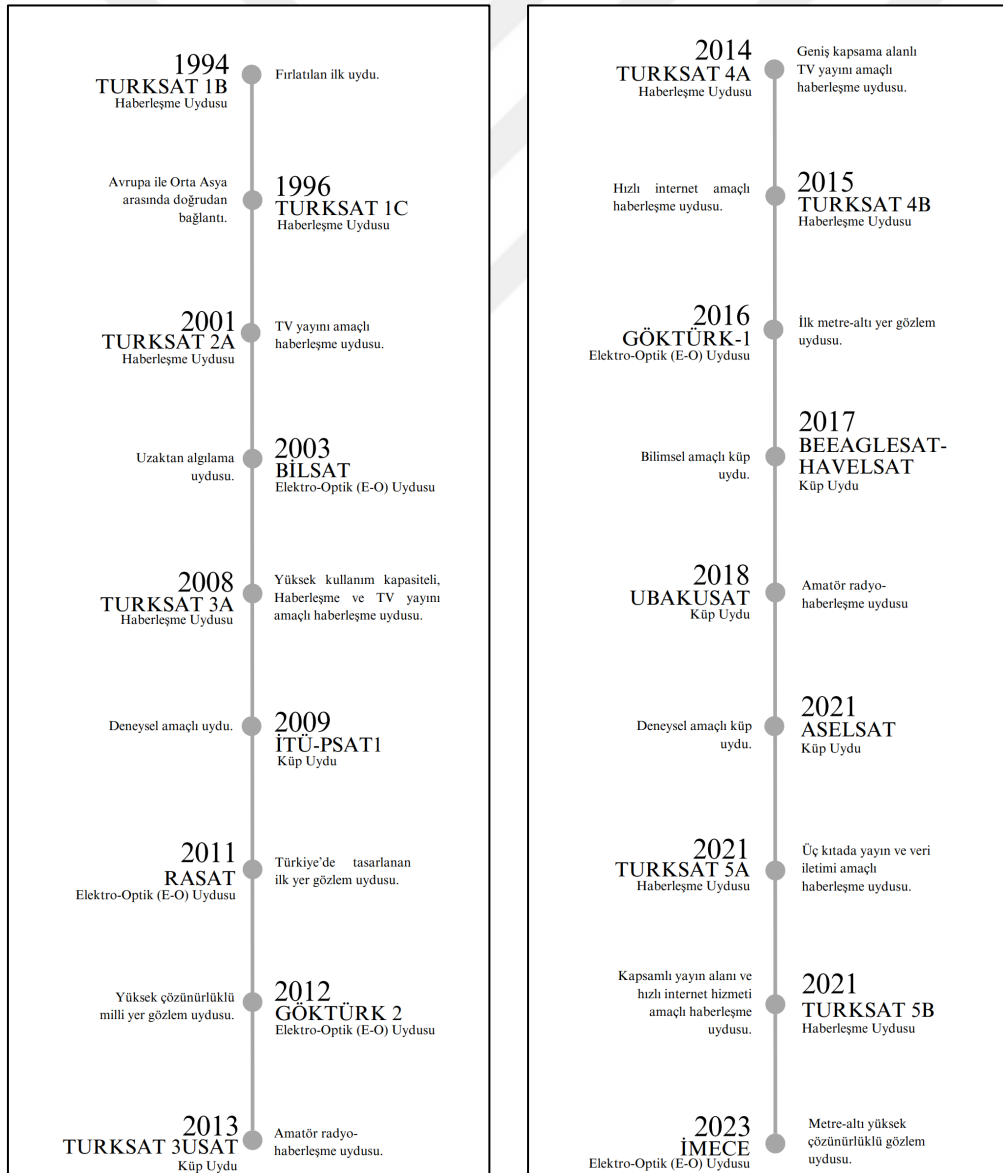
Türkiye'nin uluslararası alanda iş birliği çalışmalarının ilk sonucu olarak, Türkiye ve Fransa arasında TÜRKSAT uydularının yapımı ve fırlatılması projesi gösterilmektedir. Türkiye, 1994 yılında haberleşme uydusu sahasında, ilk uydusu olan TÜRKSAT 1B'yi uzaya fırlatarak bu alana dahil olmuştur. Türksat 1B haberleşme uydusunun fırlatılmasının ardından Türksat 1C, Türksat 2A, Türksat 3A Türksat 4A, Türksat 4B, Türksat 5A, Türksat 5B haberleşme uyduları takip etmiştir. Ancak bu uydular yurtdışından ülkemiz adına temin edilmiştir. Türksat 6A haberleşme uydusu ile Türkiye ilk yerli haberleşme uydusunu uzaya fırlatmak üzere 2024 yılını hedef belirlemiştir. Ayrıca ilk yer gözlem uydusu olan Bilsat, Rusya tarafından Türkiye adına fırlatılarak yörüngeye yerleştirilmiştir. Bilsat uydu projesinden elde edinilen bilgi birikimi ve deneyimi sonrasında geliştirilen Rasat Araştırma Uydusu Türkiye ve Tübitak Uzay'ın sahip olduğu ikinci uzaktan algılama uydusudur (URL-11). Rasat Araştırma Uydusu Türk mühendisler tarafından tasarlanmış, yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemine sahiptir. Türkiye'de tasarlanan ilk yer gözlem uydusudur ve 2011 yılında uzaya fırlatılmıştır. (TÜBİTAK, 2007)

Türk Silahlı Kuvvetleri ve diğer kamu kurumlarının sivil uydu görüntü ihtiyacını gidermek için başlatılmış olan ve TÜBİTAK Uzay ve TAI birlikteliği ile gerçekleştirilen '*2.5 metre çözünürlüklü görüntüleme amaçlı bilimsel araştırma ve teknoloji geliştirme*' projesinin diğer adıyla Göktürk 2'nin sözleşmesi imzalanarak 2007 tarihinde çalışmalara başlanmıştır. Uydunun 2011 yılında uzaya gönderilmesi planlanmış olsa da bu hedefin gerçekleşmesi 2012 yılına sarkmıştır (TÜBİTAK, 2008).

Metre-altı yer gözlem uydusu olan Göktürk 1 uydusunun projesi kapsamında uyduların Ar-Ge çalışmalarının yapılacağı Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi (USET), TUSAŞ

bünyesinde faaliyete açılmıştır. Göktürk 1 uydusu yurt dışı alım ile temin edilip 2016 yılında uzaya fırlatılarak uzaktan algılama alanında aktif olarak faaliyet göstermektedir (Türkiye Uzay Ajansı [TUA], 2022: 20).

BİLSAT, RASAT VE GÖKTÜRK 2 uydularının tecrübesiyle gerekli altyapının oluşturulması hedefiyle başlatılan İMECE uydu projesi sayesinde yerli ve milli imkanlarla geliştirilen uydu alt sistemleri gelecekte üretilecek uydularımız için bir altyapı oluşturacaktır (Kalkan, 2019). 2017 yılında başlatılan ve 2023 yılında yörüngeye yerleştirilen İMECE uydu projesi sayesinde Türkiye kendi elektro-optik kamerası ile yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilmektedir.



Şekil 2.7. Türkiye'nin uydu yol haritası (TUA, 2022)

2.3. Ay Koşulları ve Mimarisi

Apollo programı ile Ay yüzeyinde insanlı keşifler gerçekleştirilmiş olsa da insanoğlu yeniden Artemis görevleri ile Ay'a geri dönmeyi planlamaktadır. Bu hedefe yönelik güncel olarak çeşitli ülkelerde robotik ve yörünge aracı görevleri de dahil olmak üzere bir dizi faaliyet yürütülmektedir (URL-12). Ay'da sürdürülebilir insan varlığı, Ay'ın çevresel koşullarına insanlığın uyum sağlama kapasitesi ile orantılıdır. Bu nedenle insanoğlu, Ay'da Dünya koşullarından farklılaşan basınç, sıcaklık, atmosfer, radyasyon, yerçekimi, toz ve rüzgâr özelliklerine bağlı uygun tasarımlar yapmalıdır. Ay'da yaşamsal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için Dünya'dan taşınacak malzemelerin yüksek maliyeti ve sistemlerin bakım ve onarım maliyetleri nedeniyle Ay yüzeyinde önemli kurulumlar gerekmektedir. Sistemler için gerekli olan her türlü yedek parçanın Dünya'dan getirilmesi Ay keşif sürecini kısıtlayıcı yönde etkilemesi olasıdır. Bu nedenle sistemlerin geliştirilmesi, bakımı ve onarımı için gerekli olanı yerinde üretme teknikleri önem teşkil etmektedir. Ay çevresel koşullarında yerinde onarım veya mevcut yapıların genişletilmesi/yeni yapıların inşası için farklı inşaat ve üretim teknikleri araştırılmaktadır. Bu bağlamda, Ay temelli yaşam alanı geliştirme ve üretme stratejisi geliştirilmelidir. Ay temelli yaşam alanı tasarlama sürecine insanlığın zorlu çevresel koşullarında yaşayabilmesi için gerekli olan alt sistem mimarlık entegre edilmektedir. Bu bölümde; Ay'ın fiziki koşulları, habitatın temel bileşenlerine entegre olan alt sistem mimari bileşenler, Ay koşullarında inşa etme yöntemleri ele alınmıştır.

2.3.1. Ay'ın fiziki koşulları

Ay'da atmosfer olmaması ve çok az jeolojik aktivite olması nedeniyle, Ay yüzeyi zaman içerisinde çok fazla bozulmamıştır. Ay yüzeyinde milyarlarca yıllık asteroit çarpmaları yüzeyde belirgin izler halinde korunmuştur. Bu kraterler, Dünya'da dahil olmak üzere iç güneş sisteminin zaman içinde asteroitler tarafından ne kadar sık ve yoğun bir şekilde vurulduğunun kaydını tutmaktadır (Ruess, Schaenzlin ve Benaroya, 2006; 134). Ay yüzeyinin uzaktan algılanması, daha önce örneklenmemiş benzersiz kaya türlerinin sadece Ay'da var olduğunu göstermektedir. Ay'ın bilimsel keşfi, Ay'ın ve diğer farklılaşmış gezegen cisimlerinin volkanik, magmatik ve termal geçmişine ilişkin anlayışımızın genişlemesine olanak sağlayacaktır (International Space Coordination Group [ISECG], 2022; 30). Ay'da habitat tasarımı için bileşenleri imal etmek, çeşitli çevresel zorlukları beraberinde getirmektedir.

Çizelge 2.2. Dünya ve Ay'ın fiziksel parametrelerinin karşılaştırılması. Ay geçmişte çok küçük bir manyetik alana sahiptir (Benaroya, 2018: 16)

Özellik	Dünya	Ay
Yüzölçümü(km ²)	510,1 ×10 ⁶	37,9 ×10 ⁶
Yarıçapı (m/s ²)	6371	1738
Ekvatorda Yerçekimi	9,81	1,62
Yüzey sıcaklık aralığı (°C)	-89 ile 58	-173 ile 127
Manyetik vektör alanı (A/m)	24-56	0
Yüzey atmosfer basıncı (kPa, psi, mbar)	101,3-14,7-1000	0-0-3×10 ⁻¹²
Gün uzunluğu [Dünya günleri]	29,5	1

Çizelge 2.2’de, Dünya ve Ay’ın fiziksel parametreleri karşılaştırılmaktadır. Sıcaklıklar, çok sıcak ve çok soğuk arasında dalgalanmaktadır. Bir Ay günü, yaklaşık olarak 29,5 Dünya gününe denk gelmektedir bu durum aşırı sıcaklıkların uzun sürmesine neden olmaktadır. Ay’ın atmosferi oldukça incedir bu durum neredeyse basınçsız bir ortamın oluşmasına ve yüksek radyasyon seviyelerine yol açmaktadır. Radyasyon ve vakum durumu habitat için uygun malzeme ve ekipman seçiminde önemli zorlukları oluşturmaktadır. Ay’ın, Dünya’nın yaklaşık altıda biri kadar olan yerçekimi, yapışma ve yerçekimine bağlı diğer süreçleri etkileyebilmektedir. Aşındırıcı parçacıklardan oluşan Ay tozu, tüm sistemlerin işleyişini etkilemektedir (Azami, Kazemi, Moazen, Dubé, Potvin ve diğerleri, 2024: 2-3). Aşağıda Ay’ın fiziksel koşullarına dair bilgiler yer almaktadır.

Atmosfer/Basınç/Rüzgâr: Dünya atmosferi %78 oranında azottan ve %21 oranında oksijenden ve çok az miktarda diğer bileşenlerden oluşmaktadır. Bu durum yaşayabilmemiz için uygun atmosfer basıncını (101,3 kilopascal) sağlamaktadır ve atmosfer aşırı radyasyona karşı bir kalkan görevi görmektedir (Naser, Redmond, Chen ve Rangaraju, 2023). Dünya’nın aksine, Ay’ın derin uzay ile ısı alışverişini engelleyecek (tamponlayacak) bir atmosferi bulunmamaktadır. Ay’da koruyucu bir atmosferin bulunmaması, habitatların kozmik ışınlardan ve güneş radyasyonundan korunması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Ay sert bir vakum ortamı ile çevrelenmiştir. Bu nedenle hidrolik sistemler gibi gaz çıkaran malzeme ve yapılardan kaçınılmalıdır. Bir Ay yapısı, herhangi bir rüzgâr yüküne maruz kalmamaktadır (Ruess ve diğerleri, 2006: 135). Ay’ın dönüş eksenini yaklaşık 1,5 derece eğimlidir, bu nedenle Ay’da mevsimler oluşmamaktadır (European Space Agency, 2020:

108). Vakum koşulları altında, geleneksel çimentodan suyun hızla buharlaşması mikro çatlakların ve boşlukların oluşmasına yol açabilmektedir ve sonuç olarak betonun basınç dayanımı azalmaktadır (Wu, Yu, Shao ve Li, 2024). Bu nedenle, Ay koşullarında radyasyondan korunma sağlayacak ve vakum ortamında inşa edilebilme yeteneği sağlayacak yeni malzemeler araştırılmaktadır.

Sıcaklık: Ay, büyük ölçüde zayıf atmosferi ve yavaş dönüşü nedeniyle aşırı sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalmaktadır. Ay'ın yüzeyinde gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı son derece yüksektir. Ay'da, gece -173°C 'den gündüz 127°C 'ye kadar değişen şiddetli sıcaklık dalgalanmaları yaşanmaktadır. Bu sıcaklık farkına dayanabilecek yaşam alanları tasarlamak hayati önem taşımaktadır (Bajaj, 2024). Ekvator bölgelerinde, gündüz yaklaşık olarak 121°C ile gece -133°C arasında değişen sıcaklıklar yaşanmaktadır. Daha az şiddetli dalgalanmalara sahip kutup bölgeleri, sıcaklıkların sürekli olarak -233°C 'ye yakın olması ve değerli potansiyel buz birikintilerini barındırması bakımından, keşif ve Ay üssü kurulması açısından değerlendirilebilir (Wu ve diğerleri, 2024). Aşırı sıcaklık dalgalanmaları yüzey yapılarında termal genleşme/büzülme ve termal döngü zorluklarına neden olmaktadır. Bir yapı, doğrudan Ay yüzeyinde bu aşırı sıcaklıklara maruz kalacaksa, yapı son derece elastik malzemelerden yapılmalı ve farklı termal genleşme katsayılarına sahip malzemeler tercih edilmelidir. Zaman içerisinde termal döngüden kaynaklı malzeme yorulmaları çözülmesi gereken bir durumdur (Benaroya, 2018: 16-17). Ay'daki aşırı sıcaklıklara dayanmak için, tüm yapıyı kaplayacak sıkıştırılmış bir Ay regolit tabakası gereklidir. Kalınlık, Ay ortamının özel gereksinimlerine ve inşaat faktörlerine bağlı olarak 1 ila 4 m arasında değişkenlik gösterebilmektedir (Zhou, Chen, Xu, Ding, Luo ve diğerleri, 2019).

Radyasyon: Ay'ın atmosferinin olmaması ve manyetik alanının ihmal edilebilir düzeyde olması, Güneş'ten ve derin uzaydan gelen çeşitli radyasyon türlerine karşı yapı kabuklarının tasarımında zorluklara yol açmaktadır. Ağır çekirdeklerden, protonlardan ve alfa parçacıklarından oluşan yüksek enerjili galaktik kozmik ışınlar ve güneş patlamalarından kaynaklanan güneş parçacık olayları bu radyasyon türlerindendir (Nealy, Wilson ve Townsend, 1988). Çeşitli radyasyon türlerinin insan, bitki ve yapı üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Güneş parçacık olayları, Güneş'in aktivitesiyle ilişkilidir. Bu olaylar, Ay'da yaşayan canlıların ekstra korumaya ihtiyaç duyacağı Güneş fırtınaları hariç çok az tehlike oluşturmaktadır (Benaroya, 2018: 17). Güneş radyasyonu aynı zamanda uzay sistemlerine ve uzay araçlarına güç sağlamak için kullanılabilecek bir kaynak olarak kullanılması

muhtemeldir (Alvarez, 2020: 78). Galaktik kozmik radyasyon (Galactic Cosmic Radiation), yıldızlardan kaynaklanmaktadır ve kısa vadeli etkileri tehlikeli olmamakla birlikte uzun vadeli maruz kalma kanser riskini artırabilmektedir. Galaktik kozmik radyasyon çok nüfuz edicidir bu nedenle bu tür radyasyona karşı koruma sağlamak çok zordur (Straume, 2008). Üçüncü bir radyasyon türü de yüksek enerjili elektron çarpışmalarından kaynaklanan X-ışınlarıdır (Benaroya, 2018: 17).

Yerçekimi: Dünya'da inşa etmek için kullanılan yaygın yöntemler, Ay'ın düşük yer çekimi koşulları nedeniyle Ay için uygun değildir (Zhang ve diğerleri, 2023: 8). Tasarım sürecinde yerçekimi ivmesi dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Ay'ın yerçekimi ivmesi, Dünya'nın yer çekimi ivmesinin 1/6 oranındadır. Bu durum, habitat için temel tasarlanırken Ay regolitinin mekanik özelliklerinin göz önünde bulundurulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Zhou ve diğerleri, 2019). Düşük yerçekimi, Ay'daki herhangi bir makinenin çalışma prensibini, üretim ve inşaat süreçlerini etkilemektedir. Düşük yer çekimli bir ortam için tasarım yaparken, genellikle Dünya yerçekiminde çalışan mekanizmaların düşük yerçekimli ortamda nasıl çalışacağı göz önünde bulundurulmalıdır (Azami ve diğerleri, 2024: 3).

Toz: Her yere kolayca nüfuz edebilen ve oldukça küçük, aşındırıcı parçacıklardan oluşan Ay tozu, Ay yüzeyinde bulunan tüm sistemlerin çalışmasını etkilemektedir (Azami ve diğerleri, 2024: 2). Habitat için Ay tozu, madencilik faaliyetleri için yanlış cihaz okumaları, görsel bulanıklık, toz birikimi sonucu yüzeylerin kaplanması ile doğabilecek hatalar, termal kontrol sorunları, işletme sistem arızaları, iletişim sorunları, mekanik sıkışma/aşınma ve insan sağlığı riskleri dahil olmak üzere birçok tehlike oluşturabilmektedir (Hubbard, 2023: 123). Yüzeydeki toz, insan faaliyetleri sonucu havaya kaldırılabilir. Ancak, Ay ince toz taneciklerinin bir kısmının elektrostatik olarak yüklü ve yüzeye yakın elektrik alanlarının etkisi altında doğal olarak taşınmaktadır. Apollo astronotlarının kısa süreli araç dışı aktivitelerinden sonra uzay giysilerine toz yapışmasının gözlemlenmesi, toz kirliliğinin kontrolünün önemini göstermektedir (Grün, Horanyi ve Sternovsky, 2011: 1676)

2.3.2. Kullanılabilecek alt sistem mimarlığı

Derin uzay araştırmalarında kümülatif bir bilgi birikimi içerisinde ilerlemek ve birlikte çalışabilmek amacıyla NASA, uluslararası ortaklar ve çeşitli uzay şirketleri, Derin Uzay

İşbirliktelik Standartlarını (International Deep Space Interoperability Standards) belirlemişlerdir. Bu standartlara göre derin uzay araştırma mimarisinin temel prensibi ‘‘tak ve çalıştır ‘‘ (plug and play) olarak belirlenmiştir. Çevresel koşullara bağlı olarak habitat için zorunlu arabirimler öncelikli olarak sınıflandırılmakta ve standartlaştırılmaktadır. Bu standartlar; havacılık elektronik sistemleri, iletişim, çevresel kontrol sistemleri, yaşam destek sistemleri, termal kontrol sistemleri, güç, robotik ve yazılım olarak belirlenmiştir (NASA, 2020). Ay koşullarında habitatın temel bileşenlerine güç sağladıktan sonra bu sistemleri tamamlayan ara birimler görevin tanımına ve süresine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Aşağıda görevin süresi, tanımı ve konumu ne olursa olsun insanın Ay çevresel koşullarında var olabilmesi için zorunlu olan alt sistem gereksinimleri açıklanmıştır.

Güç kaynağı

Ay tabanlı üretim ve inşaat tekniklerinde yapısal inşaatı tamamlayan en önemli bileşenlerden birisi alt sistemlere sağlanan enerji kaynağıdır. Ay habitat bileşenleri, yüzey keşif araçları (rover), bilimsel deneyler ve yedek sistemler için yeterli düzeyde elektrik enerjisi sağlanmalıdır. Ay’da mevcut olarak kullanılabilecek birincil güç kaynağı güneş enerjisidir (Azami ve diğerleri, 2024). Çok yüksek miktarda güç ihtiyacı için çok sayıda güneş paneline ihtiyaç duyulmaktadır fakat güneşin olmadığı zamanlarda alternatif bir güç kaynağı olarak elektrik üreten nükleer fizyon reaktörleri de araştırılmaktadır. Güneşten bağımsız olarak çalışan nükleer reaktör, kalıcı gölgeli alanlarda (su buzunun olabileceği yerlerde) uzun vadeli Ay yaşam alanlarının varlığına olanak sağlayabileceği düşünülebilmektedir. NASA, Fizyon Yüzey Gücü Projesi (Fission Surface Power Project) ile Ay yüzeyinde insan müdahalesine gereksinim duymadan otonom olarak çalışan, 10 yıl boyunca gece ve gündüz enerji üretebilecek minyatür elektrik üreten bir nükleer fizyon reaktörü geliştirmeyi hedeflemektedir. Reaktörün, ağırlığının altı metrik tonun altında kalması ve 40 kilowatt (kW) elektrik gücü üretebilmesi planlanmaktadır (URL-13). Kalıcı gölgeli alanlarda bulunan su buzunu yakıt üretiminde de kullanılabilmek olasılığı çeşitli projelerde ele alınmaktadır. Rus Uzay Ajansı (Roscosmos) ve Çin Ulusal Uzay İdaresi ortak bir Ay üssüne güç sağlamak için 2035 yılına kadar Ay nükleer reaktörü inşa edeceklerini duyurmuşlardır. Birleşik Krallık Uzay Ajansı ise Ay modüler nükleer reaktörü çalışmalarını için Rolls Royce şirketi ile iş birliği yapmıştır. Rolls Royce mikro reaktör programı konsept aşamasında olup reaktörün 50-100 kW elektrik üretmesi, 2029 yılında reaktörün Ay yüzeyinde test edilmesi

ve 10 yıl boyunca faaliyet göstermesi planlanmaktadır (URL-14). Ay'da güç kaynağı olarak, kalıcı gölgeli alanlarda donmuş halde bulunan çeşitli gazlarında kullanılabileceği öngörülmektedir. Bu gazların dağılımı ve bileşenleri henüz belirlenmemiş olsa da yerel bir enerji kaynağı olarak kullanımı muhtemeldir (Inocente ve diğerleri, 2019). Ay'ın güney kutbuna oldukça yakın olan Shackleton kraterinin iç kısmı neredeyse hiç güneş ışığı almamaktadır. Shackleton kraterinin uzun yıllardır soğuk tuzak (cold trap) olarak varlığını sürdürdüğü varsayılmaktadır. Bu durum, kraterin belirli bölgelerinde uzun süredir çeşitli uçucu gazların birikimini ve korunmasını sağlayarak olası bir enerji kaynağı vaat etmektedir (Zuber ve diğerleri, 2012).

Termal kontrol alt sistemleri (Thermal control subsystems)

Termal kontrol alt sistemlerinin işlevi, uzay aracı/habitat birimlerini kullanım süreleri boyunca uygun sıcaklık aralığında tutmaktır. Bu sistemler, karasal HVAC&R sistemleri ile benzer teknolojileri (yalıtım ve iki fazlı sistemler vb.) kullanmaktadır. Ancak uzay çevresel koşullarına bağlı olarak bu teknolojilerin özellikleri belirgin şekilde farklılık göstermektedir (Hengeveld, Mathison, Braun, Groll, Williams, 2010). Ay çevresel koşullarında uzay aracı veya habitat modülü zaman içerisinde iç ve dış termal yüklere maruz kalmaktadır. Dış termal yüklerin (mikro yerçekimi ortamı, atmosferik sürtünme, vakum çevreden kaynaklı gaz çıkışı, mikro meteoritler, yüklü parçacıklar, sıcaklık dalgalanmaları vb. gibi) modüle etkisi yörünge tipine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. İç yükler, elektrik ve mekanik sistemlerden kaynaklanan ısı yayılımı/çıkışı olarak ifade edilebilmektedir. Termal kontrol sistemleri pasif ve aktif olarak iki yöntemle yapılabilmektedir (Mermer ve Ünal, 2023). Uzay aracı/modül içerisinde ısı enerjisi muhafaza etmek ve modülleri dış radyasyondan korumak amacıyla çeşitli yalıtım teknolojileri bulunmaktadır. Termal kontrol kaplamaları, çok katmanlı yalıtım battaniyeleri (Multilayer Insulation Blankets), radyatörler, makro panjurlar(louvers), mikro-elektro-mekanik panjurlar, ısı boruları, arojel izolasyon malzemeleri, elektrokromik cihazlar, yüksek iletkenliğe sahip malzemeler (kompozitler ve kimyasal buhar biriktirmeli elmas filmler vb.) bu teknolojiler arasında sıralanabilmektedir (Hengeveld ve diğerleri, 192-201; Mermer ve Ünal, 2023). Bu teknolojiler arasında yer alan termal kontrol kaplamaları uzay aracının radyasyon ısı transferini kontrol ederek modülün termal yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır (Kiomarsipour, Shoja Razavi and Ghani, 2013).

Çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri (Environmental control and life support system [ECLSS])

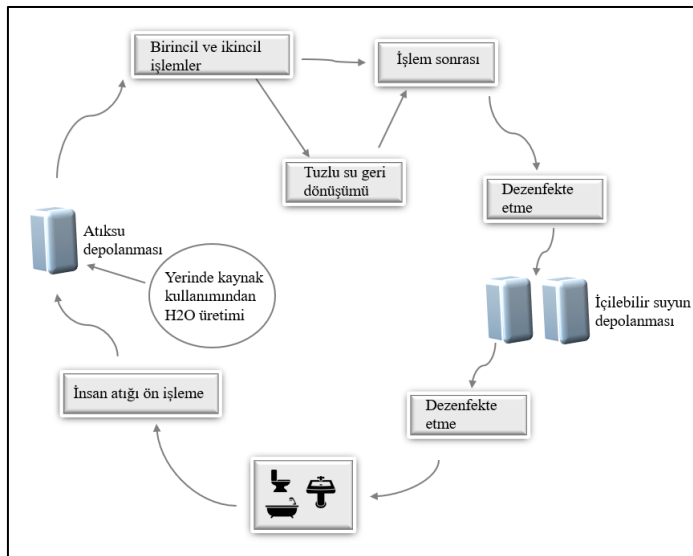
Çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri, Dünya atmosferik ortam özelliklerini taklit ederek Ay'ın zorlu çevresel koşullarında insanların yaşamasına olanak sağlayan en önemli alt sistemlerden birisidir. Bu sistem, kendi içerisinde birden fazla farklı alt sistemi barındırmaktadır. Ay çevresel koşullarında, insanın Dünya koşullarına benzer bir ortamda yaşayabilmesi ve tanımlanmış mekanlar içerisinde varlığını devam ettirebilmesi için destekleyici yaşamsal ihtiyaçların tanımladığı sistemdir. Yaşam senaryolarına bağlı olarak habitatta yaşayacak kişi sayısına ve görev süresine bağlı olarak sistem gereksinimleri değişkenlik göstermektedir. Şimdiye kadar planlanan ECLSS örnekleri Uluslararası Uzay İstasyonunda kısa süreli görevler için kullanılan yaşam modülleri ve uzay araçları için tasarlanmıştır. Ancak bu tasarımlar, tasarımı etkileyen farklı görev süreleri, habitattaki kişi sayısı ve yerçekimi koşulları nedeniyle Ay'da habitat tasarımı için tam olarak uygulanamamaktadır (Landolina, 2021). Ay'daki yerleşkelerde kullanılacak su, besin, oksijen vb. gibi yaşamsal ihtiyaçları, Dünya'dan Ay yüzeyine göndermek oldukça maliyetli ve bazı durumlarda mesafeden kaynaklı imkânsız olabilecektir. Bu nedenle, Ay da habitat tasarımı için yapılan son araştırmalarda yerinde kaynak kullanımı (In-Situ Resource Utilization [ISRU]) ile su, besin, oksijen, nitrojen (bitkiler için besin kaynağı) vb. gibi yaşamsal ihtiyaçların giderilmesi üzerine çalışılmaktadır (Herzig, Kömle, Macher, Bihari, ve Gläser, 2022: 17; ESA ,2020: 29-30). Çevresel kontrol ve yaşam destek sistemi, diğer alt sistem birimleri ile doğrudan ve dolaylı olarak bağlantılıdır. Sistem analizinde su yönetimi sistemi, su geri dönüşüm sistemi, atık yönetimi sistemi, atmosfer yönetimi sistemi, besin yönetimi sistemi, sıcaklık ve nem yönetimi sistemi sürekli olarak birbirleri ile bir arayüz oluşturmaktadır. ECLSS'de tüm birimlerin, Dünya'daki kaynaklardan bağımsız olarak kendi kendine yetebilir düzeyde olması sistem içerisinde geri dönüşümü gerekli kılmaktadır. Çizelge 2.3'te, ECLSS sisteminin fonksiyonel analizi gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. ECLSS sisteminin fonksiyonel analizi (Barta ve Ewert, 2009; Landolina, 2021: 83-92)

<i>Kategori</i>	<i>Alt sistem gereksinimleri</i>	<i>Özelleştirilmiş ihtiyaçlar tanımı</i>
<i>Atmosfer yönetim sistemi</i>	Atmosferik Gaz Üretme-Depolama- Besleme	Ay ulaşımı için yüksek basınçlı oksijen depolama, Ay yüzey habitati için yüksek basınçlı oksijen temini, Habitat için oksijen üretme ve depolama, Hidrojen depolama, Nitrojen depolama Karbon Dioksit Kısmi Basınç Kontrolü, Habitat içerisinde CO ₂ uzaklaştırma, CO ₂ 'nin işlenmesi
	Kaynak Geri Kazanımı ve Geri Dönüşüm	Oksijen ve Karbon geri dönüşümü, Sera gazları geri dönüşümü
	Partikül Madde Uzaklaştırma	Ay Tozu Filtreleme Toz Filtreli Gelişmiş Hava Kilidi/Suitlock Yaşanabilir Kabin İçinde Toz/Regolit Azaltma Teknikleri Havadaki Tozun kontrolü ve uzaklaştırılması
	Sıcaklık ve Nem Kontrolü	Yaşam Destek Birimi Hava Sirkülasyonu Habitat içerisinde sıcak hava temin etme ve sirkülasyonu Fazla su buharının uzaklaştırılması Sıcaklığı kontrol etme
<i>Su yönetimi sistemi</i>	Atıksu Ön Arıtma ve Depolama Sistemleri	Tuzlu Sudan Temiz Su Geri Kazanımı, Yaşam Destek Suyu Geri Kazanımı, Tuzlu Su Geri Kazanımı
	İçme Suyu Dezenfeksiyonu ve Depolama Sistemleri	Biyosit (bakteri, mantar, su yosunu vb. gibi mikroorganizmaları kontrol edici kimyasal) Geliştirilmesi
	Birincil ve İkincil Su İşleme Sistemleri Geliştirilmiş İşlem Sonrası Sistemler	Yaşam Destek Suyu Geri Kazanımı, Sınırlı Kaynakla Su Geri Kazanımı, Basitleştirilmiş Kısmi Yer çekimli Su İşleme ve Faz Ayırma
	Tuzlu Su Sistemlerinden Su Geri Kazanımı	Tuzlu Sudan Temiz Su Geri Kazanımı, Yaşam Destek Suyu Geri Kazanımı, Tuzlu Su Geri Kazanımı
<i>Atık yönetimi sistemi</i>	İnsan Metabolik Atıkları Yönetim	Atık Stabilizasyon ve Susuzlaştırma, Atıkların Hacimsel Azaltımı
	Kaynak Geri Kazanımı ve Kurutma	Yerinde metan üretimi, Atık Stabilizasyonu, Susuzlaştırma ve Hacim Azaltımı
	Atık Mineralizasyonu	Yerinde metan üretimi, Atık Stabilizasyonu ve Hacim Azaltımı
	Atık Stabilizasyonu ve Depolama	Atık Stabilizasyonu, Susuzlaştırma ve Hacim Azaltımı
<i>Habitasyon yönetimi</i>	Bakım ve Temizlik Hizmetleri	Ay Tozu Filtrasyonu, Yaşam Destek Birimi Hava Sirkülasyonu, Yaşanabilir Kabin İçinde Toz/Regolit Azaltma Teknikleri, Toz Kontrolü/Havada uçan tozun uzaklaştırılması,
	İç Mekân Giysi Sistemleri	Gelişmiş Giysi/Kumaş Temizlik Sistemleri
	Mürettebat Konaklama (Barınma) Teknolojileri	Aydınlatma, Mürettebat kişisel ekipman depolama, Egzersiz birimleri, Uyku birimleri

NASA'nın yürütücülüğünde gerçekleştirilen Keşif Teknolojileri Geliştirme Programı (Exploration Technology Development Program) kapsamında insanlı uzay görevleri için gerekli potansiyel çevresel kontrol ve yaşam destek sistem gereksinimleri belirlenmiştir. Yukarıdaki çizelgede literatür taraması sonucu çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri dört farklı ana başlık altında ele alınmıştır.

Atmosfer yönetim sistemi, insanların yaşayabilmesi için uygun atmosferik ortamın sağlanmasını, ortamın basınç, sıcaklık, nem ve hava kalitesini kontrol edilmesini kapsamaktadır. Atmosfer yönetimi sistemi; atmosferi oluşturan temel gazların üretilmesi, depolanmasını ve geri beslemesini, atmosferik gazların geri dönüştürülmesi, ortamda bulunan tozun (regolit) ve insan kaynaklı maddelerin (gıda atığı, deri atığı, saç vb.) uzaklaştırılması, habitat içerisinde sıcaklık ve kontrolünü içermektedir. Dünya atmosferini büyük miktarda oluşturan oksijen ve nitrojen(azot) habitat atmosferi için basınç ve sıcaklık kontrollü özel tanklarda depolanabilmektedir. Nitrojen (azot) ISRU ile yerel olarak elde edilemediğinden, Dünya'dan gönderilmesi gerekmektedir (Herzig ve diğerleri, 2022:14). Bu gazlar habitat atmosferine iletilmeden önce basınç kontrol biriminde bekletilerek kontrollü bir şekilde habitat atmosferine iletilmektedir. Ortam havasını oksijen, nitrojen, insan solunumu sonucu oluşan CO₂, su buharı(nem), ve havadaki toz parçacıkları oluşturmaktadır. Ortamdan CO₂, fazla su buharı ve havadaki toz parçacıkları uzaklaştırılmalı mümkünse geri dönüştürülmelidir.



Su yönetimi sistemi, habitattaki tüm su kullanımları için suyun temin edilmesini, atık sudan içilebilir su geri dönüşümünü ve depolanmasını kapsamaktadır. Su yönetim sisteminde Şekil 2.8’de gösterildiği gibi kapalı döngü su geri kazanım sistemlerinin geliştirilmesi önemlidir. Böylece, sistemde tüm bileşenler geri dönüştürülebilir ve kullanılabilir. Habitat içerisinde atık suyun %90'ından fazlasını içme suyu kalitesine dönüştürebilecek fizikokimyasal sistemlerin geliştirilmesi planlanmaktadır (Ewert, Barta ve McQuillan, 2009). Habitat içerisinde lavabolardan, duşlardan, küvetlerden ve çamaşır makinalarından gelen atık sular (gri su) ön işleme tabi tutularak depolarda depolanmaktadır. Tuzlu su, birincil işlemciden kalan atık sudur. Birincil işlemciden kalan tuzlu suyun içme suyuna geri dönüştürülmesi su döngüsünün neredeyse kapanmasını sağlamaktadır.

Atık Yönetimi Sistemi, habitattaki atıklardan su geri kazanımı (kapalı su döngüsünde rol oynar) atıkların stabilizasyonunu, depolanmasını, koku kontrolünü, atık/çöp hacminin azaltılmasını ve atıkların habitattan uzaklaştırılmasını kapsamaktadır. Böylece uzun vadeli sürdürülebilir yaşam varlığını destekleyerek mürettebat güvenliğini, yaşam kalitesini artırmakta ve Dünya kaynaklı malzemeye olan ihtiyacı azaltarak görev maliyetini düşürmektedir.

Vücutsal kaynaklı atık yönetiminde, vücut kaynaklı (idrar, dışkı, kusma vb.) atıkların ortadan kaldırılması ve kontrol altına alınmasının yanı sıra gerekli hijyen ortamının sağlanması önemlidir. Hijyen alanında vücut atık yönetimi, vücut temizliği, ağız hijyeni ve bakımı yapılabilmelidir, Koku ve işitsel ayrımın sağlanması için tuvalet mutfaktan uzakta konumlandırılmalı ve hava geçirmez bir kapıya sahip olmalıdır. Hijyen malzemelerinin (temizlik bezleri, dezenfektan ve diğer temizlik ekipmanları) ve habitat sakinlerinin kişisel hijyen kitlerinin depolanması için yeterli sayıda depolama rafları bulunmalıdır. Bu durumun sağlanmaması durumunda vücut atıklarından kaynaklanan kontaminasyon vücuda burun, ağız, kulaklar ve derideki kesikler yoluyla girerek ve çeşitli hastalıklara ve enfeksiyonlara neden olabilmektedir (ESA, 2020: 61-62; NASA, 2014: 603).

Habitat yönetimi (habitation engineering), habitat da yaşayan bireylerin konforunu, yaşam kalitesini, üretkenliğini ve verimliliğini arttırmak amacıyla yaşam destek sistemlerine destekleyici arayüzleri kapsamaktadır. Bu arayüzler; gelişmiş giysi ve çamaşır yıkama sistemi, araç ve habitat toz azaltım sistemi, gıda-kişisel ekipman-hijyen ekipmanı depolama sistemleri, giysi depolama birimleri, aydınlatma, akustik kontrol, uyku modülü, egzersiz ve

rekreasyon alanları vb. gibi konfor arttırıcı birimlerden oluşmaktadır. Habitat yönetimi, mürettebat için uzun vadeli gerekli konaklama donanımlarının belirlenmesinde, envanter yönetiminde, su yönetim sistemi, atık yönetim sistemi ve atmosfer yönetim sistemi ile güçlü etkileşimi nedeniyle önemlidir (Ewert ve diğerleri, 2009).

Araç dışı aktiviteler ve hava kilidi sistemleri

İnsan biyolojisi, Ay çevresel koşullarında hayatta kalmak için uygun değildir. Bu nedenle mürettebatın Araç Dışı Aktivite (Extravehicular Activity [EVA]) süresini en aza indirecek birçok otomatik cihazlara ve robotik ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece mürettebatın makul ve güvenli miktarda radyasyona maruz kalacağı düşünülmektedir (Mueller, 2022). EVA, mürettebatın Ay yüzey keşfinde ve Ay yüzeyinde bilimsel araştırmalar için verilerin toplanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde planlanan Ay/Mars görevlerinde, bilimsel araştırmalar için toplanan numuneler analiz edilmek üzere öncelikli olarak Dünya'ya gönderilmemesi planlanmaktadır. Bunun yerine, mürettebat, Ay/Mars yüzeyinde kurulan laboratuvar olanaklarını kullanarak bilimsel araştırmanın büyük çoğunluğunu (numune ön analizlerini) yüzey laboratuvarlarında yürütecektir. Bu nedenle, bilimsel araştırmaların yürütülmesinde ve takibinde; EVA sistemleri içerisinde yer alan gelişmiş uzay giysileri, taşınabilir yaşam destek sistemleri, aletler, hava kilitleri ve keşif araçları (hem basınçlı hem de basınçsız roverlar) ve EVA erişim modülü temel unsurlar arasında sıralanabilmektedir. (Cohen, 2015: 11-26). Ay tozunun çok küçük ve elektrostatik özelliğinden dolayı Ay tozu EVA uzay giysilerine (spacesuit) yapışma eğilimindedir. Apollo astronotlarının uzay giysilerinin genellikle önemli miktarda Ay tozuyla kirlenmesinin nedeni bu durumdan kaynaklanmaktadır (Alvarez, 2020: 80). Habitat tasarıma bağlı olarak değişkenlik gösteren EVA erişim modülünde, uzay giysilerinin bakımı ve onarımına izin veren iç hava kilidinde yer alan Suitports birimleri yer alabilmektedir (Cohen, 2015: 11-26). Suitport birimlerinde uzay giysilerinin bakımı, onarımı ve temizliği yapılabilmektedir. Ayrıca, habitattaki herhangi bir acil durumda mürettebat EVA erişim modülüne kenetlenmiş basınçlı roverları veya uzay aracını kullanarak uzay takımlarını giydikten sonra EVA erişim modülünü acil çıkış yolu olarak kullanılabilecek ve diğer EVA erişim modülüne geçiş yapabilecektir. EVA erişim modülündeki bir basınç portuna kenetlenen basınçlı keşif araçları, Ay yüzeyine inen mürettebatın bir yerden bir yere taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır (Cohen, 2015:11-26).

2.3.3. Ay koşullarında inşa etme yöntemleri

Ay'da kalıcı ve sürdürülebilir bir insan varlığını sağlamak uzun vadeli yerinde kaynak kullanımı ile mümkün olabilir. Uzay keşif sermayesi arasında büyük bir hacme sahip olan kaynak üretim ve tüketim maliyetleri, Ay'da yer alan kaynak konumlarının doğru saptanması, kaynakların çıkarılması ve kullanılması ile düşürülebilir. Ancak, bu durumda Ay kaynaklarının konumları doğru tespit edilmeli ve Ay çevresel koşulları doğru analiz edilmelidir. İnsanın, Dünya dışında yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan; yaşama alanlarının inşası, besin ve su üretimi, enerji üretimi ve kullanımı, ulaşım araçlarını temini ve bakımı, basit ve kompleks materyallerin üretilmesi Ay yüzeyinde gerçekleştirilememektedir. Kaldı ki bu sayılanlar aynı zamanda Dünya'dan da sınırlı miktarda taşınabilmektedir. Ay yüzeyinde yaşanılabilir bir alan inşası için gerekli malzemeleri taşıma ve kurma maliyeti oldukça yüksektir. Roketlerin yük taşıma (pay-load) kapasitesi sınırlı olmasından kaynaklı istenilen miktarda ve zamanda inşaat malzemesi taşınamamaktadır. Bu nedenle, Ay'da inşa etme yöntemleri arasında öncelikli olarak "yerinde malzeme (in-situ) kullanımı ile inşa etme" yer alabilir. Ay yüzeyinde ve yüzey altında yer alan malzemelerden olan regolitin (Ay toprağı) ve su buzunun inşaat malzemesi olarak kullanılması olasıdır. Ay üssünün kurulacağı yerin uzun zamandır düşük ekvatorial enlemlerde olması gerektiği düşünülmekteydi (Herzig ve diğerleri, 2022). Ancak, Ay kutup bölgesinin yakın çevrelerinde yer alan kalıcı gölgeli bölgelerde hapsolmuş uçucu gazların ve hidrojenin tespit edilmesi, bu bölgelerin yakın alt yüzeylerinde önemli miktarda su buzu birikintilerinin olacağı desteklemektedir (Herzig ve diğerleri, 2022; Hayne ve diğerleri, 2015). NASA'nın 2026 yılında gerçekleştireceği insanlı Ay uçuş programı Artemis III programı kapsamında 13 farklı aday iniş bölgesinin Ay Güney kutbuna yakın bölgelerden seçilmesi bu bölgelerin kaynak bakımından zengin olduğunu desteklemektedir. Tez kapsamında Ay'da inşa etme yöntemleri; yerinde kaynak kullanımı ile yaşam alanları inşa etme ve Dünya'dan roketler aracılığıyla taşınan malzemelerin Ay'da tekrar kurulması ile yaşam alanları inşa etme olarak iki temel başlığa ayrılmıştır.

Su buzu kullanımı ile inşa etme

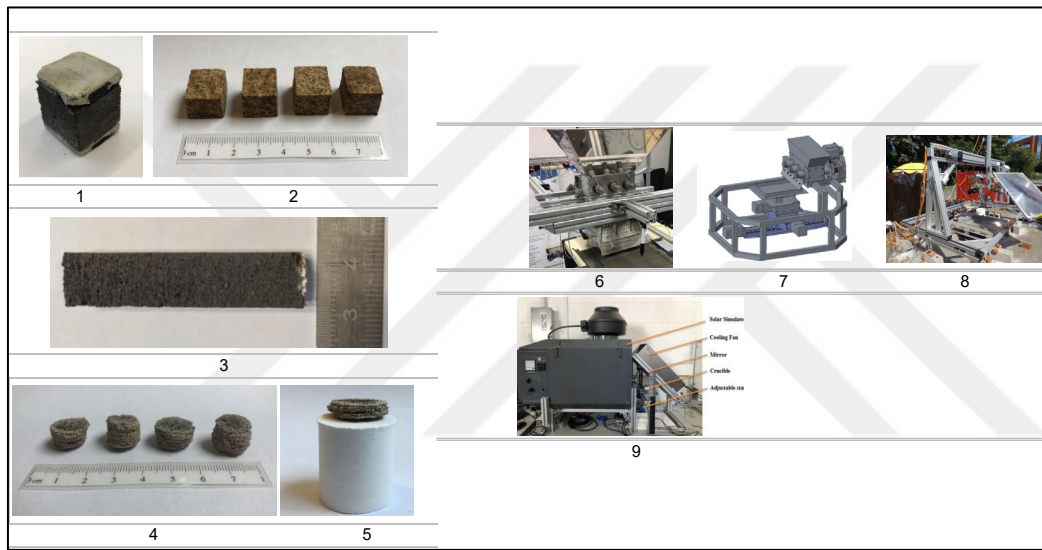
Ay arazileri, jeolojik ve jeo-kimyasal özellikleri bakımından Dünya arazilerinden oldukça farklıdır. Bu durumun sebebi, Ay'ın varlığı sürecince yoğun çarpmalara maruz kalması olarak gösterilebilir (ISECG, 2022: 30-31). Ay'ın yalnızca ekvatora yakın bölgelerinde değil

kutup bölgelerinde de incelemeler yapmak önemli bilimsel değerler taşımaktadır. Ay'ın kutup bölgelerine yakın konumlarında yer alan kalıcı gölgeli bölgelerde (Permanently Shadowed Regions) bulunan su buzunu (ice water) olası bir yerleşke için yapım malzemesi olarak kullanılabilir. Ay'ın kutup bölgelerinde radar dedektörler ve çeşitli keşif araçları ile yapılan incelemeler sonucu su buzunu dağılım haritaları oluşturulmaktadır. Ay'ın kuzey ve güney kutuplarında yeraltında bulunan su buzunu (1-3 m derinliğe kadar) yüzeyde bulunan su buzuna (1 m derinliğe kadar) kıyasla 5-8 kat daha fazla alanda yayılım göstermektedir (Chakraborty, Syed, Heggy, Putrevu and Dutta, 2024). Ay da bulunan su buzunun kullanım potansiyelini ortaya çıkarmak, Dünya'da bulunan teknikler ile mümkün değildir. İnşaat malzemesi olarak kullanılacak olan yeraltı su buzunu kullanımı için çeşitli madencilik teknikleri geliştirilmelidir (Toklu ve Järvsträt, 2003). Çünkü düşük yerçekimi, atmosfer eksikliği, toz, güneş rüzgarları gibi etkenler inşaat malzemesinin üretilme sürecini doğrudan etkilemektedir. 2022 yılında ISECG tarafından yayınlanan Global Keşif Yol Haritasında (The Global Exploration Roadmap [GER]), NASA'nın Ay ve Mars görevleri için belirlediği hedefler arasında Ay'ın kutup bölgelerinde su buzunun çıkartılması ve yerlerinin tespit edilmesi de yer almaktadır. Bu kapsamda, Ay yüzey keşif araştırmaları, üç aşama olarak kategorilendirilmiştir. İkinci aşama kategorisi kendi içerisinde dört farklı alt kategoriye ayrılmış ve bu kategorilerden üçü Ay'ın kutup bölgelerinde yapılan araştırmaları kapsayacaktır (ISECG, 2022). Ay'ın uzun vadeli keşfi ve kullanımı için bir dizi harita ve görüntüler içeren çevrimiçi bir atlas olan Ay Güney Kutbu Atlası oluşturulmuştur. Ay Güney Kutbu haritaları ve görüntüleri arasında; Ay Güney Kutbu topografik haritası, kalıcı gölgeli alanlar haritası, sıcaklık haritası, eğim haritası, Ay'ın Güney Kutup Bölgesi'nin gölgeli rölyef jeolojik haritası, Ay'ın Güney Kutup Sırtı'nın topografik haritası, Ay'ın Güney Kutup Sırtı'nın yıllık aydınlatması ve topografik eğimi, Ay'ın Güney Kutup Sırtı'nın topografik eğimleri, Ay'ın Güney Kutup Sırtının topografik yamaçları, Ay'ın Güney Kutup Sırtı'nın topografyası ve nispeten düz alan haritası ve Ay Güney Kutbu radar görüntüleri yer almaktadır (URL-15).

Sinterlenmiş regolit kullanımı ile inşa etme

Çarpışmalar nedeniyle Ay yüzeyinde zaman içerisinde kraterler oluşmuş ve bu kraterler sıvı lavın yüzeye çıkması ile doldurulmuştur. Havzalarda soğuyan lav nispeten düzgün yüzeylerin ortaya çıkmasını sağlayarak Ay yüzeyinde çıplak gözle görülebilecek karanlık ve aydınlık alanların oluşmasını sağlamıştır. Bu alanlara 'maria' adı verilmektedir.

Maria alanları nispeten genç araziler olup dağlık bölgelere kıyasla daha az çarpışmalara maruz kalmıştır (Robens, Bischoff, Schreiber, Dąbrowski ve Unger, 2007). Çarpma süreçleri, Ay regolit içeriğinin zaman içerisinde değişmesine ve Ay'ın farklı bölgelerinde farklı kimyasal ve mineral bileşimine sahip Ay topraklarının oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle yapılacak tasarım için arazi seçimi ve inşa aşamasında kullanılacak olan Ay regolit içeriği iyi analiz edilmesi önem teşkil etmektedir. Metalik veya metalik olmayan inorganik tozların termal enerjiye maruz bırakılması sonrasında dayanıklı ve dirençli ürünlerin ortaya çıkması sürecine sinterleme denilmektedir.



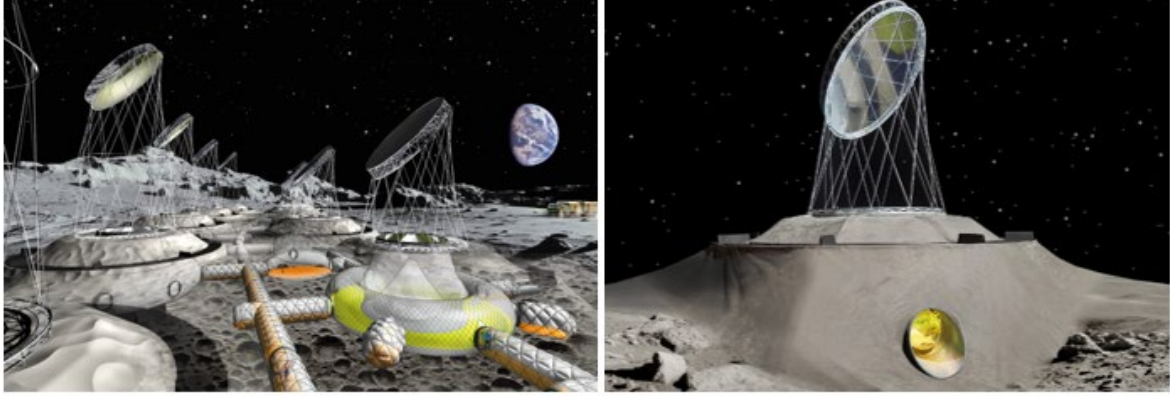
Şekil 2.9. Çeşitli üç boyutlu yazıcıların kullanımı ile üretilmiş örnekler : 1; Güneş enerjisiyle sinterlenmiş numune örneği (20 x 20 x 20 mm³) 2; Fırında sinterlenmiş tuğla örnekleri 3; Bükme testi için kullanılan güneş enerjisiyle sinterlenmiş numune örneği 4; Solar-AM ile sinterlenmiş tuğla örnekleri 5; 8 katmanlı regolit benzeri malzemeden oluşan numune örneği 6; 3D Yazıcı Sisteminin Besleyici Elektro Mekanik Düzenegi (FEMA) 7; Vacuum 3D Printer System 8; Mobil 3D Yazıcı Sistemi 9;Güneş simülatörü deney kurulumu (Cox, 2023; Imhof ve diğerleri,2017)

Ay'da kullanılabilir bir diğer yerel malzeme ise Ay toprağı olarak adlandırılan regolitin sinterlenmesi sonucu elde edilen malzemedir. Sinterlenen Ay toprağının dayanıklı olması ve yapıda radyasyona karşı koruyucu bir katman olarak işlev görmesi gibi özellikleri bu malzemenin inşaat malzemesi olarak kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Sinterleme yöntemleri çeşitlilik gösterebilmektedir. Ay'da regolit sinterleme yöntemlerinden birisi tuğlaların yapımında radyant ısıtma kullanarak özel kalıpların ve yüksek sıcaklıklı fırınların kullanılmasıdır. Bir diğeri ise yoğunlaştırılmış güneş radyasyonu kullanarak ince regolit katmanlarının üst üste uygulanmasıyla tuğlaların oluşturulmasıdır (Cox, 2023). Ay'da enerji

depolama teknolojileri arasında en iyi seçeneklerden birisi sinterlenmiş regolittir. Regolitin gelecekte ısı depolama kapasitesi nedeniyle Ay'da elektrik üretimi ve depolanmasında kullanılabileceği düşünülmektedir. Ay'da regolit malzemesi, kullanım sonrasında zararlı bileşenler bırakmazken habitatın genişlemesinde ve onarılmasında düşük maliyetli bir bileşen olarak önerilmektedir (Palos, Serra, Fereres, Stephenson ve González, 2020; Cox, 2023). Günümüzde, aktif olarak yürütülen RegoLight projesi kapsamında, Ay'da sonsuz bir enerji kaynağı olarak kullanılabilecek güneş enerjisini ve sinterleme teknolojisini kullanarak bir yapı elemanı basımı araştırılmaktadır. Çeşitli disiplinlerden oluşan proje ekibi, regolitin güneş enerjisi ile sinterlemesini 3 boyutlu baskı teknolojisi ile harmanlayarak olası yapı malzemesi üretim yöntemlerini araştırmaktadır. Bu yöntem ile laboratuvar ortamında regolitten bir tuğla basımı gerçekleştirilmiştir (URL-16). Bu gibi doğrudan malzeme bilimi üzerine yapılan araştırmalar bu alanın tek bir disiplin ile ilişkili olmadığını ve giderek mimarlık ile diğer disiplinlerin bir arada çalışma zorunluluğunun göstergesinin kanıtıdır.

Şişirilebilir membran yapıların kullanımı ile inşa etme

Ay, diğer gezegenlerin araştırılmasında ve insanlığın Mars ve diğer gezegenlerde yaşam alanı kurabilmesi için ara bir istasyon görevi görmektedir. Öyle ki, NASA direktörü 2033 yılında Mars'a astronot göndereceklerini belirtmiştir (URL-17). Bu hedefin belirtilmesi 2033 yılına kadar Ay'ın sürdürülebilir bir istasyon görevi göreceğinin göstergesidir. Ay'da kurulacak bir yerleşke için yapı malzemelerinin, Dünya'dan taşınması habitatların oluşturulmasında ve genişletilmesinde kullanılacak yöntemlerden birisidir. Roketlerin malzeme taşıma kapasitelerinin sınırlı olması, Dünya yerçekiminin roket ağırlığının belirlenmesinde ölçüt olması, taşıma maliyetlerinin fazla olması gibi nedenler Dünya'dan Ay'a malzeme taşınmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle diğer inşaat malzemelerine göre roket içerisinde daha az yer kaplayabilen ve daha hafif bir malzeme olan membran yapılar üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. ESA'nın 'The Open Space Innovation Platform' (OSIP) programı kapsamında desteklenen "PneumoPlanet" projesi Pneumocell tarafından geliştirilmiştir.

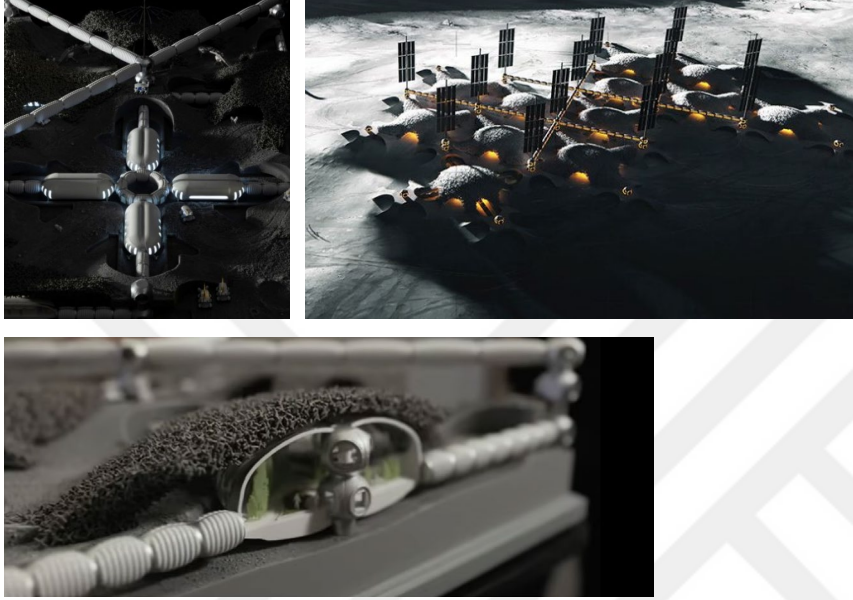


Resim 2.1. Tünel, güneş kuleleri ve aynalar dahil çeşitli sera birimlerinin 3 boyutlu görünümü. Üst panel: yeraltı bileşenlerini de gösteren şeffaf görünüm. Alt panel: Yüzey görünümü (URL-18)

PneumoPlanet Ay habitatında yapı malzemesi olarak ultra-hafif şişirilebilir membran malzeme kullanılmış ve bu yapı 4-5 metre kalınlığında regolit tabakasıyla kaplanmıştır. Regolit tabakası radyasyon, meteor çarpması ve aşırı sıcaklık farklarına karşı koruyucu bir katman görevi görmektedir. Yarı gömülü halde çözümlenen habitat tasarımının gömülü alanlarında kendine yetebilen seralar, yaşam alanları ve bağlantı tünelleri yer almaktadır. İç hava basıncının habitat yapısı üzerindeki etkisi regolit tabaka ağırlığından daha fazla olması nedeniyle yapıyı desteklemek için yapı içerisine taşıyıcı bileşenler (3D baskılı olarak) inşa edilmemiştir. PneumoPlanet, modüler bir sistemde kurgulanmış ve seralar torodial şekilde tasarlanmıştır. Seraların enerji ve ışık ihtiyacı, seraların merkezinde yer alan yapay krater içerisindeki konik ayna aracılığıyla sağlanmaktadır. Yüzeydeki hiperbolik kafes çerçeveli bir kule üzerinde bulunan, güneş ışığına bağlı olarak dönebilen yansıtıcı gümüş kaplamalı yırtılmaz kapton membrandan oluşan ayna, güneş ışığını yansıtarak ışığı kraterin içerisindeki konik aynalara iletir. Konik aynalar güneş ışığını seraların içerisine yansıtarak bitkilerin, mikro organizmaların ve insanların yaşayabileceği doğal bir ortam sunmaktadır (Herzig ve diğerleri, 2022; URL-18).

ESA'nın Discovery programı kapsamında Hassell mimari stüdyo tarafından tasarlanan Ay habitat master planında inşa malzemesi olarak hafif ve kompakt şişirilebilir malzeme kullanılmıştır. Ay güney kutbunda yer alan Shackleton krateri yakınlarında konumlandırılan, Ay da kalıcı olarak 144 kişiye kadar ev sahipliği yapabilen projede modüler bir tasarım anlayışı benimsenmiştir (URL 19). Genişletilebilen bir master planı kurguladıklarını ifade eden Xavier De Kestelier şişirilebilir bölmelerin iç mekânlarının zaman içerisindeki ihtiyaçlara göre eklenilebilir ve değiştirilebilir özellikte olduğunu belirtmektedir.

Yapının taban alanı büyüdüğünde işlevsellik çeşitlenebilmekte ve yapı içerisindeki yaşam alanlarına ek olarak laboratuvar, salon veya farklı işlevli bir mekân eklenebilmektedir (URL-19). Bu anlayış zaman içerisinde uzay alanlarında ne tür alanlara ihtiyacımız olacağını anlamamıza ve ortamı deneyimleyerek yeni mekânlar yaratmamıza olanak tanıyacaktır.



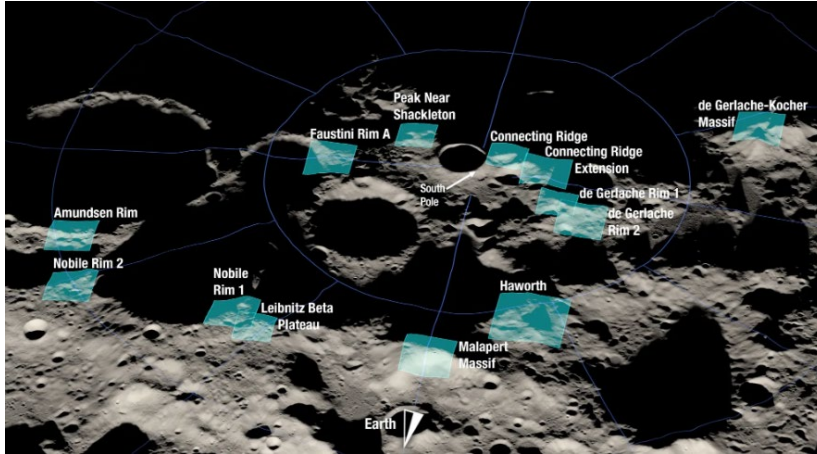
Resim 2.2. Hassell Stüdyo tarafından tasarlanan Ay Habitat Master Plan konsept çalışmaları (URL-20)

Üç boyutlu yazıcılar kullanılarak inşa edilen koruyucu dış katman görevi gören monolitik kabuk yapısı sayesinde iç yapı radyasyondan korunmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar kabuk yapısını inşa etmek ve genişletebilmek için inşa malzemesi olarak regolit kullanmaktadır. Modüller, tetrapod şeklinde birbirine kenetlenebilir yapı blokları gibi çalışmakta ve bu modüller arasında ulaşım şişirilebilir tüneller aracılığıyla sağlanmaktadır (URL 20).

İnsanlı iniş sistemi içerisinde yaşam (Human landing system [HLS])

NASA, Ay'da astronotların ilk yerleşim alanları olarak insan iniş sistemini kullanabileceklerini ve astronotların bu uzay araçlarında belirli sürelerde yaşayabileceklerini belirtmiştir. İnsan iniş sistemi, Artemis programının bir parçası olarak geliştirilmiş, Ay yüzeyine insanların taşınması sürecini planlamaktadır. Artemis programı kapsamında NASA, Ay güney kutbunda on üç farklı aday iniş bölgesi önermiştir.

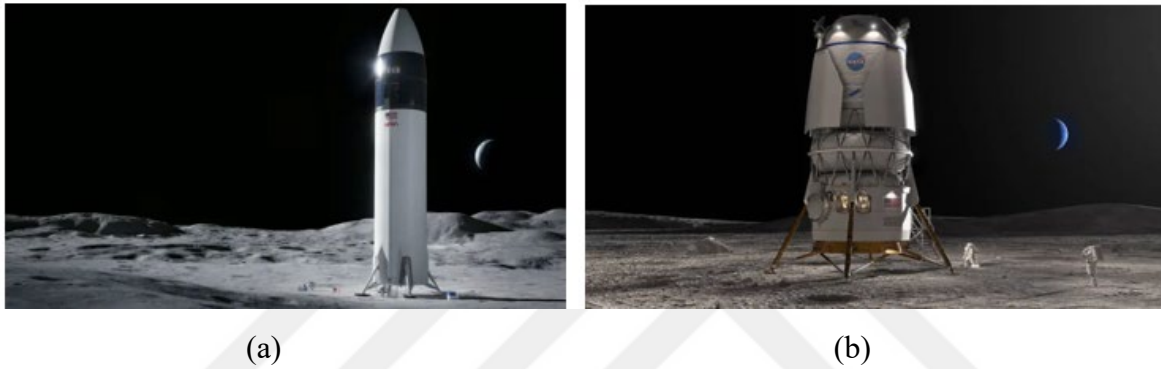
Bu iniş bölgelerine araştırmacılar uzay araçları ile iniş yaparak uzay araçlarında geçirdikleri süre boyunca bilimsel çalışmalar gerçekleştirecek, Ay'ın güney kutup bölgesinden örnekler toplayacak, video ve fotoğraflar çekeceklerdir. İnsanlı iniş sistemlerinin özellikleri arasında; birden fazla sistemle kenetlenme özelliği, çeşitli coğrafi arazilere inebilme özelliği ve ilk uzay yerleşimlerinde araştırmacılar için yaşam alanı olma özelliği sayılabilmektedir (URL-21). İniş bölgeleri farklı jeolojik özelliklere sahip olması, arazi eğimi, Dünya ile iletişimin kolaylığı, aydınlatma koşulları gibi özellikleri analiz edilerek belirlenmiştir. Henüz keşfedilmemiş, Ay'ın ilk evre oluşumları arasında yer alan kalıcı gölgeli alanları da içeren Ay'ın güney kutbuna yakın bölgeler iniş alanı olarak belirlenmiştir. Bu sayede, henüz incelenmemiş Ay materyalleri hakkında veriler elde edilecek, Ay'ın tarihi hakkında önemli bilgilere ulaşılacak ve Ay'ın güney kutbunda bulunan su buzunun derinliği, dağılımı ve bileşimi hakkında bilgiler toplanacaktır. Artemis III yüzey görev süresi olarak planlanan 6,5 günlük süre boyunca tüm bölgeler güneş ışığına sürekli erişim sağlamaktadır (URL-22). Uzun vadeli ve sürdürülebilir bir yaşam alanı kurmak için güneş ışığına erişim güç kaynağı olarak kullanılabilmesi ve sıcaklık farklarını en aza indirmesi nedeniyle önem taşımaktadır. İniş noktalarının birden fazla sayıda olması yıl boyunca farklı zamanlarda fırlatma esnekliği sağlayacaktır.



Resim 2.3. Artemis III programı kapsamında NASA tarafından belirlenmiş 13 iniş bölgesi (URL-22)

NASA, Artemis III programı kapsamında 2026 yılında Ay'ın güney kutup bölgesine bilimsel incelemeler yapmak ve Ay yüzeyinde kısa süreli kalmak amacıyla astronot indireceğini belirtmiştir. NASA, Ay'ın yüzeyine astronot inişini ve tekrar Dünya'ya dönüş sürecindeki insan iniş sistemini geliştirmek için SpaceX ile anlaşma sağlamıştır. Bu anlaşma kapsamında

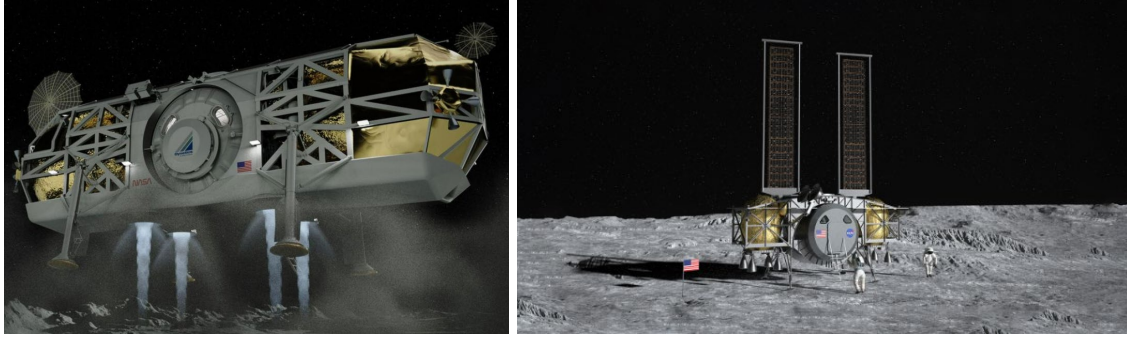
SpaceX, Ay yüzeyine mürettebatlı uçuş gerçekleşmeden önce Dünya yörüngesine bir ikmal deposu görevi görecektir. Yeniden kullanılabilir tanklar, insan iniş sistemine yakıt sağlamak için ikmal deposuna uzay aracı yakıtı taşıyacaktır (URL-23). SpaceX'in tasarladığı ve testlerine devam ettiği HLS aracı, Artemis III ve Artemis IV görevleri süresince kullanılacaktır. Uzay aracı 100 kişiyi uzaya taşıyabilecek ve yaşamasına olanak sağlayacak bir hacme sahip olup 100-150 tonluk yük taşıma kapasitesine sahiptir. Yeniden kullanılabilir bu iniş aracı 50 metre yüksekliğinde ve 9 metre çapındadır (URL-23).



Resim 2.4. İnsanlı iniş sistemi örnekleri: (a) SpaceX tarafından önerilen insan iniş sistemi konsepti (URL-23) (b) Blue Origin tarafından önerilen Blue Moon insan iniş aracı konsepti (URL-21)

NASA, Artemis programı kapsamında sürdürülebilir insan iniş sistemleri üzerine çeşitli çalışmalar yürütmek ve iniş aracı tasarımlarını ilerletmek amacıyla sektörde uzay alanında çalışmalar yürüten beş farklı şirket ile iş birliği yapmıştır. Dynetics, Blue Origin, Lockheed Martin, Northrop Grumman ve SpaceX şirketleri iniş aracı tasarım konseptleri geliştirmekte ve konseptlerinin tasarımını, öngörülen performansını, inşaat standartlarını, güvenliğini, mürettebat sağlık koşullarını ve tıbbi yeteneklerini test etmektedir. Bu sistemler sayesinde Ay'a düzenli ve kısa aralıklarla, düşük maliyetli yolculukların gerçekleşmesi öngörülmektedir. Farklı şirketler tarafından iniş araçları üzerine yapılan bu çalışmalar ortaya çıkabilecek benzer sorunlara karşı çeşitli çözüm potansiyellerini doğuracaktır. Dynetics tarafından tasarlanan iniş aracında roket itici gücü, yakıt transferi, Ay tozu azaltımı, güç ve kenetlenme sistemleri gibi teknik alanlar üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Tasarım, SpaceX ve Blue Origin tasarımlarına çok az benzerlik göstermektedir. İniş aracı, geniş ama çok uzun olmayan 'patates' benzeri bir formda yere yakın bir şekilde tasarlanmıştır.

Bu tasarım sayesinde yapıda daha düşük bir ağırlık merkezi oluşmaktadır. Bu sayede iniş aracı çeşitli arazi koşullarına kolayca inebileceği öngörülmektedir (URL-24).



Resim 2.5. The Dynetics tarafından önerilen insanlı iniş sistemi (URL-24)

İniş aracı, Ay yüzeyine dört astronot taşıyabilmekte fakat yalnızca iki kişinin yaşayabileceği bir alana sahiptir. İhtiyaç duyulan enerjinin üretimi için yapının çatısına yerleştirilmiş iki adet güneş paneli yer almaktadır. Ay'da bulunan toz parçacıkları elektromanyetik özelliğe sahip olmasından kaynaklı yüzeylere yapışma eğilimindedir. Bu durum uzun vadede güneş enerjisi sağlayan araçların ve kameraların yüzeylerinde toz birikmesine neden olabilecektir. Dynetics, Ay'da uzun süreli görevler için sorun teşkil edecek Ay tozunun yapı üzerinden uzaklaştırılmasını sağlayacak Elektrodinamik Toz Kalkanı (Electrodynamic Dust Shield) adı verilen bir teknolojiyi kullanacaktır (URL-25).

Hibrit sistem kullanımı ile inşa etme

Hibrit sistemli habitat tasarımlarında habitatın yapısal tasarımında birden fazla inşa etme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlere dair bilgiler aşağıda yer almaktadır.

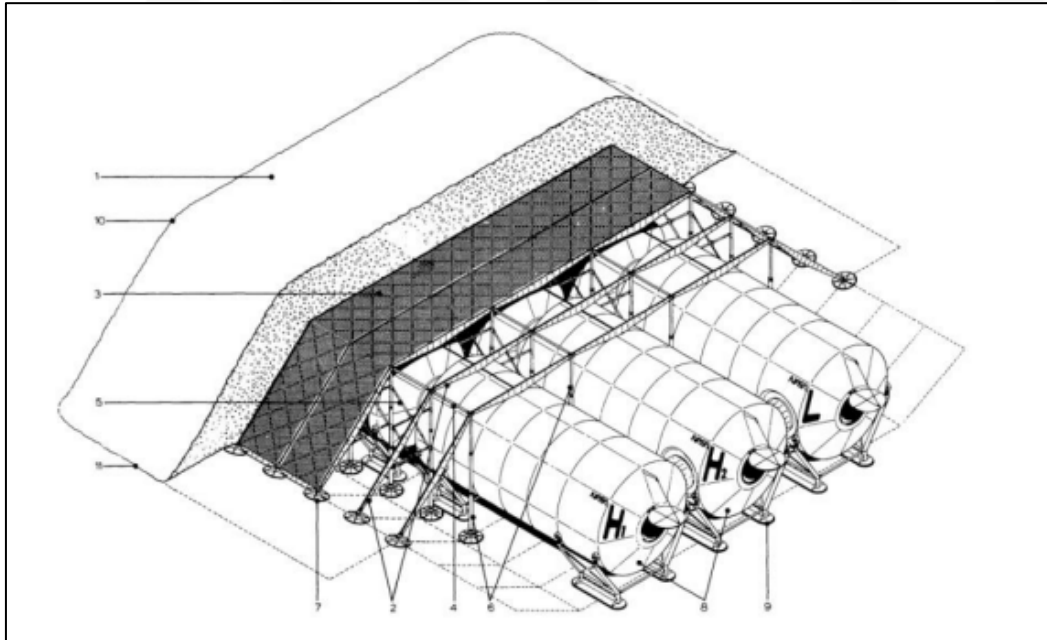
Prefabrik modüller ve regolit kullanımı: İlk Ay yüzey altı habitat inşası, Ay lav tünellerinin oluşturduğu mağaralara, prefabrik modüllerin yerleştirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Prefabrik modüllerin üzerinde bulunan regolit katmanı radyasyon, sıcaklık farkı ve göktaşı çarpmalarına karşı koruyucu bir katman görevi görebilmektedir.

Rijit kompozit malzeme ve şişirilebilir malzeme kullanımı: Yapının ana strüktürünü iki temel malzeme oluşturur. Rijit yapısal çerçeve şişirilebilir yapıyı taban ve üst kısımdan destekleyerek merkezde daha fazla hacmin kullanımına olanak sağlar.

Rijit kompozit malzeme, şişirilebilir malzeme ve regolit kullanımı: Ay yüzeyinde inşa edilen şişirilebilir malzemenin strüktürü rijit kompozit malzeme ile desteklenir. İkincil bir katman olarak yapı kabuğunun çevresi üç boyutlu yazıcılar kullanılarak regolit ile kaplanır.

Şişirilebilir malzeme ve regolit kullanımı: Henüz yeni bir yöntem olmakla birlikte şişirilebilir yapının iç ve dış basınç farkından faydalanılmaktadır. Yapı, Ay yüzeyinde yarı-gömülü halde inşa edilir ve yapının iç basıncı, dış basıncından daha fazla olması nedeniyle yapı herhangi bir destekleyici elemana ihtiyaç duymadan ayakta kalabilir.

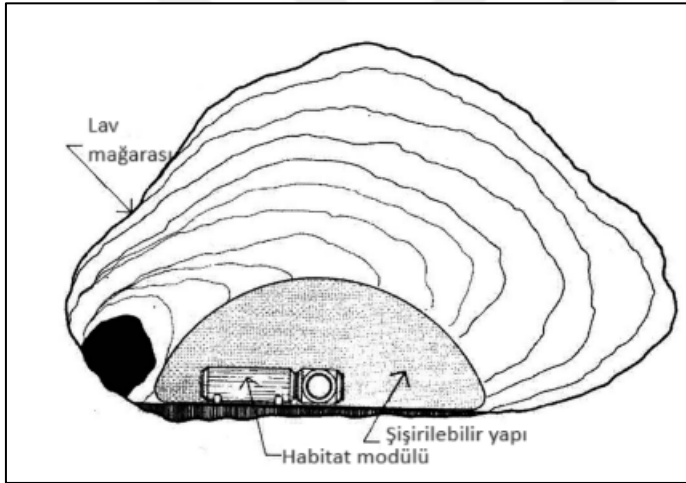
Dünya'dan Ay yüzeyine taşınabilen prefabrik modüller alanda birleştirilerek kurulumu tamamlanır. Yerel malzeme kullanımı ve şişirilebilir malzeme kullanımı ile inşa etme yöntemlerine kıyasla daha az tercih edilebilen bir yapım yöntemidir. Prefabrik modüllerin ağır olması nedeniyle taşıma maliyeti fazladır ve roket içerisinde daha fazla hacim kaplamaktadır. Taşınan modüllerin büyüklükleri roketin sahip olduğu alan ile sınırlandırılabilir. Prefabrik modüller, yüzey altı ve yüzey üstü habitat inşasında kullanılabilmektedir.



Şekil 2.10. Üst yapı örtü sisteminin kesit çizimi (Mottaghi, 2013: 8-10) 1.Regolith kütle koruyucu tabakası 2. Ana konik girişler 3. Fiber ağ 4.Uzunlamasına payandalar 5. Destek elemanları 6. Teleskopik daire şeklindeki kolonlar 7. Dairesel ayak tabanları 8. Habitat/laboratuvar/atölye modülleri; 9.Modül yer destek kızakları 10. Eğim tepesi 11. Eğim tabanı

Şekil 2.10'da gösterilen yapı regolit koruyucu zarf altında gruplandırılmış bir dizi modülden oluşmaktadır. Dış katman, içerde bulunan konik girişlerin ve teleskopik kolonların oluşturduğu bir ızgara aracılığıyla desteklenir. Sürekli gergi membranı, habitat yüzeyinde gevşek ve sık bir şekilde olan regolit katmanını desteklemektedir (Mottaghi, 2013).

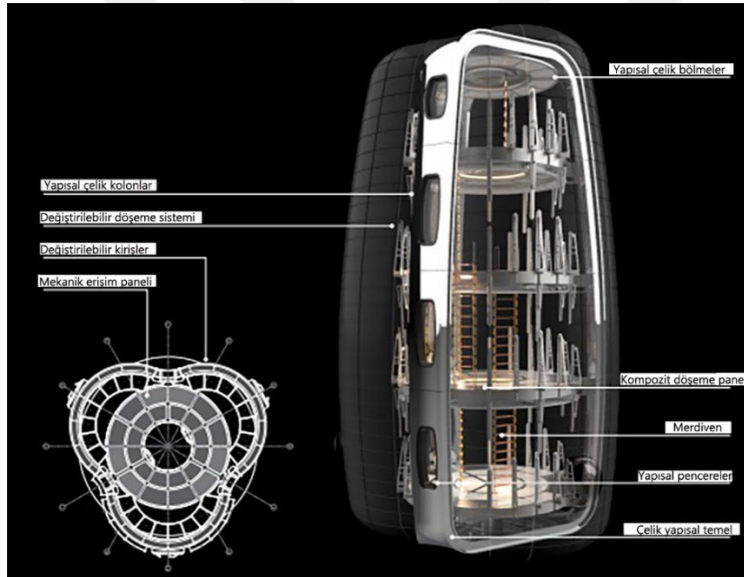
Yüzey üzerinde prefabrik modüllerin üzeri regolit ile örtülebildiği gibi Ay yüzey altında bulunan lav tüplerinin oluşturduğu mağaralarda da habitat inşa etmek mümkündür. Ay lav tüplerine, erişim tüneli kazıldıktan sonra habitat modülü yerleştirilebilmektedir. Mağara içerisinde kurulan habitat için ek bir katman olarak regolit tabakasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak, yeraltı inşaatlarında da çeşitli birçok zorluk bulunmaktadır (Ruess ve diğerleri, 2006).



Şekil 2.11. Olası bir yaşam alanı için lav mağarasının kesiti (Ruess ve diğerleri, 2006)

Erimiş lavların akış kanalları olan lav tünellerini, Dünya yüzeyinde görmek mümkündür. Ay'da bulunan lav tünelleri, Dünya'dakilere kıyasla daha büyük ve daha yaygındır. Habitatın inşa edileceği mağaranın kalınlığı radyasyon ve meteor çarpmalarına karşı yeterli yüksekliğe sahip olmalıdır. Yeraltı habitat inşasında, yerüstü habitat inşasına kıyasla malzeme bozulması, malzemenin termal yorgunluğu ve zorlu çevresel faktörlere uzun süreli maruz kalma sonucu ortaya çıkacak tahribatlar gibi temel problemler ortadan kalkabilmektedir (Ruess ve diğerleri, 2006). Lav tünelleri zaman içerisinde kullanılacak alan ihtiyacına göre şekillendirilebilir.

ESA ve Massachusetts Teknoloji Üniversitesi (Massachusetts Institute of Technology [MIT]) ile iş birliği içerisinde çalışan Skidmore, Owings & Merrill (SOM) stüdyo, Ay da kalıcı bir üs için rijit kompozit malzeme ile desteklenmiş şişirilebilir malzemenin alternatif konfigürasyonlarını araştırmaktadır. Tasarım sürecinde güç, termal sistemler ve araç dışı aktiviteler, çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri, mürettebat sağlığı gibi konular dikkate alınmıştır. Uzun süreli Ay yerleşkeleri için gerekli olabilecek altyapı sistemleri; yüksek veri hızlı iletişim ekipmanları (high data rate communication equipment), güneş panel dizileri, navigasyon röleleri, mikrodalga güç ışın sistemleri (microwave power beam systems) gibi deney ekipmanlarının test edilebileceği ve depolanacağı alanlarda habitat tasarımında göz önünde bulundurulmuştur (Inocente ve diğerleri, 2019).



Resim 2.6. SOM tarafından tasarlanan Ay habitat tasarım modülü (Inocente ve diğerleri, 2019)

One Moon olarak adlandırılan dikey yaşam alanı yapısal olarak rijit kompozit çerçeve ve şişirilebilir membran yapıdan oluşmaktadır. Rijit yapısal çerçeve, zemin ve tavanı birbirine bağlayan üç kolondan (1200 mm x 400 mm) oluşmaktadır. Mekanik sistemleri merkezileştiren diğer şişirilebilir tasarımların aksine tasarımın merkezi alanında, daha fazla hareket alanı, işlev, görünürlük ve ekipmanın esnek şekilde taşınması için döşemeler arasında geniş çift yükseklikli hacimler kurgulanmıştır. Her katmanda görünürlüğü arttırmak amacıyla pencerelere yer verilmiştir. Çeperdeki kolonlar, şişirilebilir kabuğun basınçlandırılması sürecinde yüklere karşı dayanıklılığı arttırmak amacıyla iç bükey olarak tasarlanmıştır (Inocente ve diğerleri, 2019).



3. ALAN ÇALIŞMASI

3.1. Türkiye’de Yapılan Ay Üssü Mimari Çalışmalar

Bu bölümde, Ay yerleşkesi mimari projelerine yönelik olarak Türkiye’de yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Ay üssü tasarım projeleri mimari açıdan ele alınmış ve Türkiye’de gerçekleştirilen Ay üssü tasarım yarışmaları incelenmiştir. Türkiye’de, Ay üssü çalışmalarına yönelik olarak araştırmalar; Türkiye Uzay Ajansı, Tübitak Uzay, Yüksek Öğretim Kurumlarının Araştırma Enstitüleri ve çeşitli mimarlık ofisleri tarafından yürütülebilmektedir. Ancak, ülkemizde Ay üssü mimari yerleşke tasarımına yönelik olarak sınırlı ve oldukça az sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Türkiye Uzay Ajansı tarafından 2022 yılında yayınlanan ve 2022-2030 yılları arasındaki Türkiye’nin uzay programını kapsayan Milli Uzay Programı Strateji Belgesi’nde yer alan Ay Araştırma Programı (AYAP); fırlatma ve itki teknolojileri üzerinde deneyim elde etmek, uzay alanında bilimsel araştırmaların teknik altyapısını oluşturmak, uzak mesafe haberleşme-otonomi teknolojileri geliştirmek ve yerli uzay aracının üretilmesi gibi teknik öncelikler üzerinden şekillenmektedir (TUA, 2022). Türkiye’nin Ay vizyonu kapsamında; Ay yüzeyinde gerçekleştireceği çalışmalar mühendislik alanında yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, doğrudan Ay üssü mimari tasarımına yönelik çalışmalar sınırlı sayıda olmakla birlikte bu çalışmalar Türkiye’de yapılan yarışmalar ölçeğinde incelenmiştir.

3.2. Türkiye’de Yapılan Ay Üssü Mimari Yarışmalar

Türkiye Uzay Ajansı’nın, 2018 yılında kurulmasının ve 2022 yılında Milli Uzay Programı Strateji Belgesinin yayınlanmasının ardından Türkiye’de Ay üssü tasarım çalışmalarına yönelik olarak yapılan girişimlerin, yarışmalar üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bunun nedenlerine bakılacak olursa ilk olarak, Türkiye’de Ay üssü çalışmalarına yönelik yapılan araştırmalar teknik boyutta ve altyapı oluşturma yönünden ilerlemektedir. Bir diğer neden ise Ay üssü yerleşkelerinin mimari planlama çalışmaları henüz devlet ve özel şirketler arasında yaygınlaşmamasıdır. Bu nedenle Ay üssü mimarlığı alanındaki ilerlemelerin, ulusal çapta düzenlenen mimari yarışmalar tekelinde olduğu göze çarpmaktadır. Türkiye’de, doğrudan ağırlıklı olarak mimarların katılım sağladığı Ay üssü tasarım yarışmaları arasında ‘Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması’ ve ‘Ay’da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi Yarışması’ yer almaktadır. İlgili yarışmalara dair veriler aşağıda yer almaktadır.

Türkiye Ay üsleri ulusal fikir yarışması

Ay yüzeyinde kurulacak habitat tasarımlarına yönelik olarak, Türkiye Uzay Ajansının, Milli Uzay Programı vizyon hedefleri kapsamında, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa İl Milli Eğitim Müdürlüğü ve Gökmen Uzay Havacılık Eğitim Merkezi ortaklığında ilk kez Ay üssü yerleşke tasarım çalışmalarına yönelik olarak ulusal ölçekte bir fikir yarışması düzenlenmiştir. 2022 yılında gerçekleştirilen; Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması 'lise/orta öğretim öğrencileri', 'üniversite öğrencileri' ve 'profesyonel' kategori olmak üzere üç farklı kategoride düzenlenmiş ve farklı düzeylerde yarışmacıların katılımlarına olanak sağlamıştır. Bu yarışmada, Ay' da kurulacak çok merkezli bir üs için olası altyapı sistemlerin geliştirilmesi, üs ihtiyaçlarının tanımlanması, yaşam alanlarının tasarlanması ve planlanması yönünde fikirlerin üretilmesi beklenmiştir. Üniversite ve profesyonel kategorideki katılımcılardan, yarışma şartnamesinde tanımlanan beş farklı soruya yönelik cevaplar üretilmesi istenmiştir. Bu sorular; Dünya'daki faaliyetlerimiz, Ay yüzeyinde ki bir üs kurma sürecinde nasıl değerlendirilebilir; Ay'ın zorlu çevresel koşulları karşısında geliştirilmesi gereken plan, vizyon ve teknolojiler nasıl ele alınabilir; tasarlanacak mekanlar insanların psikolojik ve sosyolojik sağlığını iyileştirecek düzeyde sürdürülebilir olarak nasıl üretilebilir; geliştirilen Ay proje tasarımları ve vizyon yaklaşımları nasıl başarılı olabilir; güncel teknolojik gelişmeler, Ay koşullarına uygun mekan üretmede nasıl kullanabilir? olarak sıralanabilmektedir. Yarışma bağlamında, Ay üssü için üretilecek projelerin, iki aşamadan oluşması istenmiştir. Birinci aşama, 2023-2028 yılları arasında gerçekleşmesi planlanan sert ve yumuşak inişler sonrasında üretilecek mekanların ve altyapıların inşasını içermektedir. Bu aşamada yarışmacılardan, 20 mürettebat üyesi için yaklaşık olarak 1000 m³/insan korunaklı mekânsal alanların üretilmesi istenmiştir. İkinci aşama ise, 2030-2040-2050 yıllarında gerçekleşecek olan üs yerleşimlerinin planlanmasını içermektedir. En az 200 kişilik mürettebatın konaklamasına imkân verecek 1000 m³/insan alana sahip olacak üs tasarımında konum, senaryo bileşenleri, alanın iç ve dış koşulları, malzeme, üretim tekniği, form, mimari ve mühendislik programı yarışmacılara bırakılmıştır (Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması Şartnamesi, 2022). Yarışma şartnamesinde Ay'ın çevresel koşullarına dair verilerin belirtilmemesi, geliştirilen tasarım senaryolarında bu koşulların bazı yönlerinin göz ardı edilmesine yol açmıştır. Ayrıca, yarışmanın mimari programında istenilen mekânların niteliklerine ilişkin bilgiler oldukça sınırlı tutulmuştur (Kirici ve Kalaycı, 2025).

Aşağıdaki çizelgede, Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması'nda farklı kategorilerde kazanan yarışmacıların bilgileri ve projeleri yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Türkiye Ay Üsleri ulusal fikir yarışması kazananları (URL-26; URL-27)

Yarışma Bilgileri	Yarışma adı	Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması
	Yarışma dönemi	2022
	Düzenleyici	Bursa Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, Bursa Büyükşehir Belediyesi Bilim ve Teknoloji Merkezi, Bursa İl Millî Eğitim Müdürlüğü, GÜHEM (Gökmen Uzay Havacılık Eğitim Merkezi)
Lise Öğrencileri Kategorisi	Eşdeğer Başarı Ödülü Jüri Teşvik Ödülü	*Rumuz: YAKUP01 - Proje Ekibi: Kaya Topbaş, Enes Pandül *Rumuz: MA65412 - Proje Ekibi: Deniz Aydemir, Tahir Ege Aydemir *Rumuz: YASAMAY - Proje Ekibi: Melike Terzi, Beyza Kan, Mustafa Kemal Balta, Talha Şeker, Vehbi Fatih Akar, Mehmet Gökhan Yıldırım, Meryem Bahar Bulut *Rumuz: HS3M6A9 - Proje Ekibi: Defne Kırtıloğlu, Arda Karatepe, Ömer Berke Yiğit, Zeynep Naz Terzi, Ayşe Zeynep Onur, Özgür Türk (Danışman) *Rumuz: B7M7G7S - Proje Ekibi: Betül Çeven, Melis Ceylan, Gamze Sönmez (Danışman), Semiha Soyer Çirkin (Danışman) (MBA Okulları Bursa Özlüce Kampüsü) *Rumuz: EJAX231 - Proje Ekibi: Zeynep Naz Öztürk, Deniz Özçiçekçi, Duru Cansu Aralan, Ela Karabekiroğlu, Hakan Arıkan, Özgür Türk (Danışman) *Rumuz: DTBRS22 - Proje Ekibi: Zeynep Batı, Çağlar Altınkaya, Altan Canlıkaya (Danışman), Vahdettin Işık (Yardımcı) *Rumuz: MAR3DIG - Proje Ekibi: Afranur Beyaz İrgali, Rümeyza Demir, Meryem Güleç Kaya (Danışman) *Rumuz: 2B0R2K8 - Proje Ekibi: Senanur Yıldız, Kemal Bostan, Ayla Çektiç (Danışman)
Üniversite Öğrencileri Kategorisi	Eşdeğer Başarı Ödülü	*Rumuz: 10MSE02 - Proje Ekibi: Şule Doğramacı, Müge Nur Çöpoğlu, Elif Gülizar Akdoğan *Rumuz: M1867IZ - Esra Genç Büşra Yıldırım, Özkan Durman, Şükrü Alper Süzer *Rumuz: RN74218 - Proje Ekibi: Süleyman Uluşık, Emre Erdem *Rumuz: P7N85E3 - Abdulkadir Orhan Berkin Barış Yılmaz, Muhammet Küçük, Mustafa Polat, Abdurrahim Meydan (Danışman), *Rumuz: B1A1C1A - Proje Ekibi: Bedirhan Burak Doğan, Ahsen Betül İlhan, Ceren Badem, Ahmet Arda Baş, Mustafa İlker Kafa (Danışman) *Rumuz: R7A1191 - Buse Akay, Elif Gül Demir, İsmail Özalp, Ozan Fatih Emül, Şükrü Durak
Profesyonel Öğrencileri Kategorisi	Birincilik Ödülü İkincilik ödülü Birinci eşdeğer mansiyon ödülü İkinci eşdeğer mansiyon ödülü Jüri teşvik ödülü	*Rumuz: 23K3E45 - Keremcan Kırılmaz, Erdem Batırbek *Rumuz: B13EKO6 - Furkan Erdem Sözeri, Çağatay Toprak, Alpean Balcı, Hazal Özkan, Yardımcılar: Aşlı Selin Özzade, Beyza Mira Güngen *Rumuz: 36279VH - Levent Arıdağ, Emrah Özçiçek, Yardımcılar: Melike Ceylan, Hatice Şevval Çukadar, Rukiye Albayrak, Hatice taçyıldız, Şule Camadan, Zehra Yavuz *Rumuz: AGSKM04 - Günay Erdem, Serpil Öztekin Erdem, Kerem Aydın Yardımcılar: Mert Duman *Rumuz: M14KH20 - Mustafa Haki Eraslan, Ömer Özeren, Edibe Begüm Özeren, Hilal Eraslan, Danışman: Bahar Sultan Qurraie

İlgili yarışmada, üniversite kategorisinde, Türkiye'nin farklı mimarlık fakültelerinden mimarlık öğrencileri ve danışmanları katılırken; profesyonel kategori yarışmacıları arasında, mimarlık, mühendislik ve diğer disiplinlere ait katılımcılar ve akademisyenlerde yer almaktadır.

Ay'da yaşam alanı öğrenci fikir projesi yarışması

Türkiye'de bir diğer Ay üssü tasarımlarına yönelik olarak düzenlenen yarışma ise İstanbul Aydın Üniversitesi tarafından gerçekleştirilecek olan ulusal ve tek aşamalı öğrenci fikir yarışmasıdır. Haziran 2025 tarihinde sonuçlarının açıklanması beklenen yarışmada

mimarlık, içmimarlık, endüstriyel tasarım, inşaat mühendisliği, uzay ve havacılık bölümlerinden 3. ve 4. sınıf üniversite öğrencileri ve ilgili bölümlere ait yüksek lisans öğrencileri katılım sağlayabileceklerdir (İstanbul Aydın Üniversitesi, 2025). Yarışma şartnamesinde belirtildiği üzere; Dünya'nın Sınırlarının Ötesinde Tasarım: Ay'da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi Yarışması'nda katılımcılardan 20 kişilik mürettebat üyesi için üç ay boyunca konaklayabilecekleri mekanların (laboratuvarlardan bağımsız) üretilmesi beklenmektedir. Tasarlanacak mekanların, Ay'ın atmosfer, yerçekimi, basınç, radyasyon ve sıcaklık gibi Dünya'dan farklılaşan çevresel sorunlara cevap vermesi istenmiştir. Aynı zamanda tasarımlar; yeme-içme, dinlenme, uyku, sağlık, eğlence, banyo-wc-temizlik, hava-su-atık depoları gibi birimleri de içermelidir.

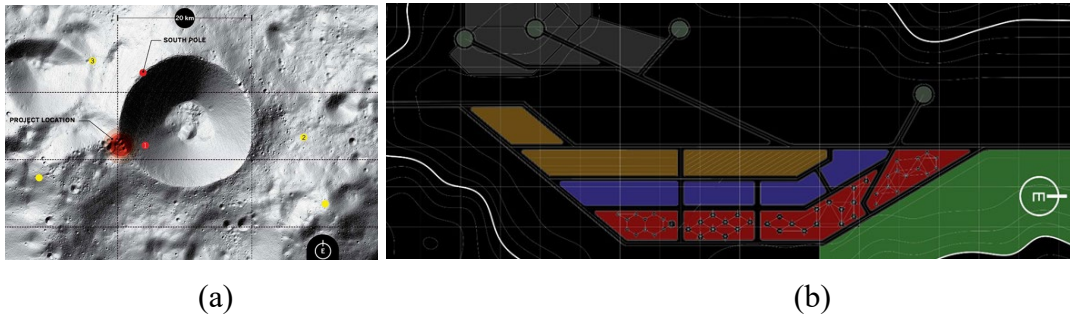
3.3. Uluslararası Alanda Yapılan Ay Üssü Mimari Çalışmalar

Ay'da habitat tasarımına yönelik olarak yapılan çalışmalar oldukça eskiye dayanmaktadır. Tez kapsamında 'Ay Koşullarında İnşa Etme Yöntemleri' başlığı altında ele alınan yöntemlere dair çalışmalar literatürde kendi içerisinde ayrı çalışma alanlarına bölünerek ele alınmıştır. Literatür inceleme sürecinde günümüzde şişirilebilir (inflatable) ve konuşlandırılabilir (deployable) sistemler ile inşa etme yöntemi üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Sadeh ve arkadaşları (2000) tarafından Ay habitatlarının tasarımı ile ilgili olarak, şişirilebilir elemanlar kullanılarak Ay'da bir insan yaşam alanının kurulması için fikirler sunulmuştur (Sadeh, Abarbanel, Sadeh, Criswell ve Rice, 2000). 2002 yılından bu yana, ESA tarafından şişirilebilir uzay yapıları üzerine Avrupa Çalışma Atölyesi başlığı altında bir dizi konferans ve çalıştay düzenlenmiştir (Herzig ve diğerleri, 2022: 2). Farklı araştırma grupları, iki katmanlı çerçeve-membran yapısal sisteme sahip çeşitli habitat tasarım önerilerinde bulunmuşlardır. Häuplik-Meusburger ve Ozdemir (2012) tarafından yazılan inceleme makalesi bu alanda yapılan çalışmaların tarihsel gelişimini ele almaktadır. Malla ve Chaudhuri (2008) ise ikinci bir cidar olan regolit katmanı ile çevrelenmiş ve içten basınçlı üç boyutlu bir çerçeve-membran sistemini olası bir Ay habitatı tasarımı için önermiştir. Bu çalışmanın devamı niteliğinde olan Malla ve Gionet (2013) tarafından ele alınan çalışmada ise önerilen tasarımda bir sonlu eleman tekniği kullanılarak yapının statik, frekans ve dinamik etki analizinden elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Diğer bir çalışmada ise Benaroya (2018) Ay ortamının genel çerçevesini çizerek uzun süreli Ay konaklamalarında çözümlenmesi gereken sorunlara dikkat çekmekte ve yeni bir Ay habitat yapısal konsepti önermektedir.

Bu bölümde Dünya’da Ay üssü tasarımına yönelik son beş yılda yapılan üç farklı çalışma irdelenmiştir. Yapılan çalışmaların seçilmesinde habitatların Ay yüzeyinde kurulacak olması, tek bir modül tasarımından ziyade yerleşke tasarımına yönelik olması ve şişirilebilir sistem kullanılarak inşa edilmesi sınırlayıcı parametreler olarak dikkate alınmıştır. Ay yörüngesinde tasarlanan modül tasarımları bu kapsamda dikkate alınmamıştır. Aynı zamanda Ay koşullarında inşa etme yöntemleri başlığı altında verilen çalışmaların mekânsal organizasyonlarının nasıl kurgulandığı ve çözümlendiği incelenmiştir.

Ay köyü tasarım önerisi (Moon village-2019)

Skidmore, Owings & Merrill (SOM) mimari stüdyo ile iş birliği içerisinde gerçekleştirilen Moon village proje tasarımı ortalama 500 günlük konaklamalar için Ay’ın Güney Kutbu’ndaki Shackleton krateri civarında yaklaşık olarak 2 kilometrekarelik alanda önerilmiştir (URL-28). Ay çevresel koşullarında habitat tasarımı için birincil mühendislik gereksinimleri olarak güvenlik, verimlilik ve genişletilebilirlik kriterleri belirlenmiştir. Proje kapsamında, birbirine bağlı ve ayrı ayrı basınçlandırılabilen birimler (basınç kaybı, yangın veya arıza durumunda her modülden en az iki çıkış yolu) *güvenlik* kriteri; Dünya’dan uzaklığı nedeniyle işgücü ve ihtiyaç duyulan enerji *verimlilik* kriteri; habitat modüllerinin kolayca tekrarlanabilir ve genişletilebilir olması *genişletilebilirlik* kriteri bağlamında değerlendirilmiştir (Petrov ve diğerleri, 2019).

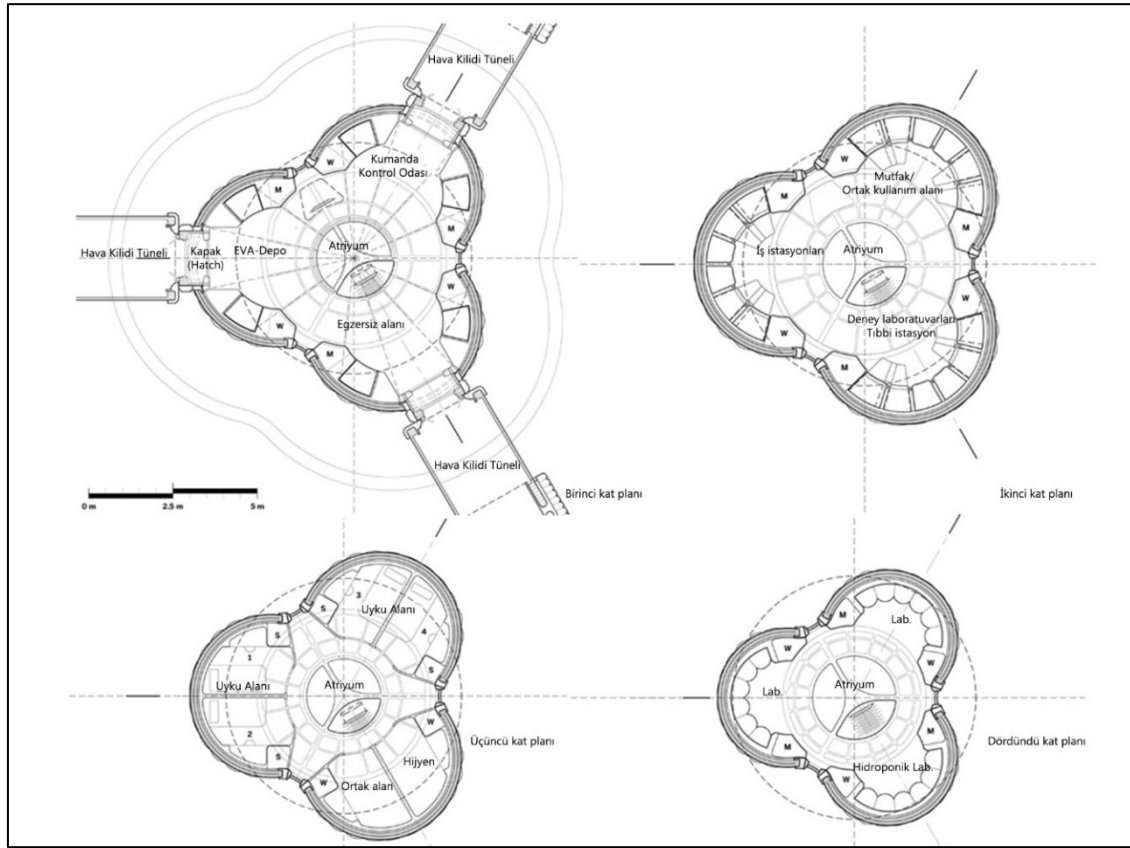


Şekil 3.1. Ay köyü tasarım önerisi: (a) Ay Güney Kutbu, Shackleton kraterinin kenarında yer almaktadır. Ay Köyü için önerilen yer kırmızı ile işaretlenmiştir. Sarı noktalar, tercih edilmeyen diğer potansiyel alanlardır. (b) Ay Üssü Master planı. Ay Güney Kutbu ve Dünya sağ taraftadır. Yeşil bölge, krater ağzının insan müdahalesinden uzak tutulacak kısmıdır. Kırmızı bölge, basınçlı yaşam alanlarının bulunduğu banttır. Mavi bölge, yaşam alanlarını desteklemek için kullanılan dış altyapı bandıdır. Turuncu bölge, çeşitli paydaşların kullanabileceği bölgelerdir (Petrov ve diğerleri, 2019)

Moon Village, Ay'ın güney kutbu yakınlarındaki Shackleton kraterinin kenarı boyunca dört paralel bant şeklinde konumlandırılmıştır. *Yerleşim bölgesinde* araç dışı aktiviteleri azaltmak ve faaliyetleri kapalı bir çevrede yürütmek amacıyla dikey habitatlar, tüneller, ekipman depoları, altyapı sistemi ve yatay modüller birbirine yakın mesafelerde yerleştirilmiştir. Belirlenen tipik modül tasarımı eklemenebilir özelliğe sahiptir böylece farklı işlevleri barındıran diğer modüllere kolayca entegre edilebilir. Elektrik, iletişim, su, oksijen ve gıda gibi kaynaklar modüller arasında paylaştırılmıştır. Projede, *altyapı bölgesi* farklı işlevleri içerisinde barındıran üç farklı alana bölümlenmiştir. Birinci alanda, yerleşim modüllerinin yakınında bulunan depolama tesisleri ve ISRU laboratuvarları yer almaktadır. İkinci alanda, Ay kaynaklarının kullanımı yönelik olarak faaliyetler gerçekleştirilecektir. Bu bölgede regolitten metal elde etme, güneş ışığından enerji elde etme ve buz yataklarından su, oksijen ve hidrojen üretimi gerçekleştirme işlevleri yapılacaktır. Üçüncü bölgede, ISRU tabanlı inşaat, ISRU tabanlı donanım üretimi, iletişim, ulaşım ve büyük ölçekli kaynak çıkarma gibi yüzeydeki altyapı unsurlarının geliştirilmesi ve yüzey sistem teknolojilerinin test edilmesini içermektedir. *Etkinlik bölgesi* çeşitli paydaşlar (uzay turizm şirketleri) tarafından düzenlenen bilimsel keşif gezilerini, deneylerin sahnelenmesini vb. gibi faaliyetleri içermektedir. Arazinin belirlenmesinde farklı potansiyel alanlar belirlenmiş enerji, iletişim ve kaynak geliştirme ihtiyaçlarına yönelik olarak optimum arazi seçilmiştir. Ay kayaları meteorit çarpmaları sonucu çeşitli minerallerden ve cam benzeri eriyik bileşenlerden oluşmaktadır (Naser, 2019). Projede, Ay toprağının kimyasal ve morfolojik analizi sonucu malzemelerin sınıflandırılması ve karakterize edilmesi ile inşaat ve üretim için gerekli elementlerin (alüminyum veya titanyum gibi) çıkarılması, işlenmesi ve taşınması öngörülmektedir (Inocente ve diğerleri, 2019).

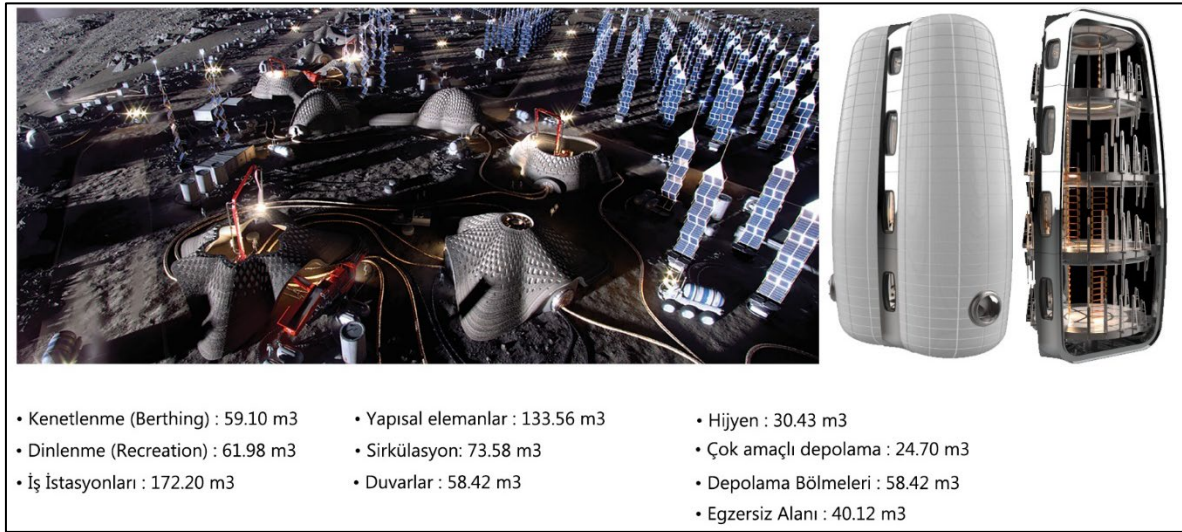
Yaşam alanları (habitat modülü); kenetlenme özelliğine (docking capability), çevresel kontrol ve yaşam destek sistemine, lojistik yönetimine, radyasyon azaltımına, yangın güvenliği sistemine, sağlık ekipmanına, bilimsel ve robotik kontrol istasyonuna sahiptir. Modüllerde bulunan kenetlenme sistemi sayesinde modüller, Ay yüzey gezicilerine veya diğer basınçlı bağlantı modüllerine bağlanabilmektedir. Yaşam modülleri 500 güne kadar uzun vadeli görevler için 4-6 kişilik mürettebatı barındırılabilen şekilde tasarlanmıştır (Petrov ve diğerleri, 2019). Yerleşkede büyük ölçekli deneylerin yapılabilmesi için çok sayıda ekipmana ihtiyaç duyulacaktır. Bu ekipmanlar arasında; yüksek veri hızına sahip iletişim ekipmanları, navigasyon röleleri (uzay araçlarının yönlerinin ve konumlarının belirlenmesinde kullanılan sistemler), büyük güneş paneli dizileri, mikrodalga güç ısıtın

sistemleri yer almaktadır. Ekipmanın kurulumu için basınçlı mürettebat araçlarına, uzaktan kumandalı robotik gezginlere ve yüzey işleme sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır. Tüm bu sistemler insanlı uçuşlardan önce Dünya'dan gönderilecek ve arazide konuşlandırılacaktır (Inocente ve diğerleri, 2019). Rijit kompozit çerçeve ve şişirilebilir yapısal kabuktan oluşan habitat modülü çeşitli fonksiyonları içeren birimleri barındırmaktadır. Şişirilebilir kabuk çok katmanlı bir sistem olarak kurgulanmıştır. Bu kabuk; Nomex koruyucu kaplama, Vectran yapısal kabuk, Combitherm, ara katmanlarında yalıtım köpüğü bulunan Nextel, mikro-meteoroid ve yörünge enkaz çarpmalarına karşı dış koruma kalkanından oluşmaktadır. Tüm bu bileşenler doğrudan kolonlara bağlanmıştır. ESA'nın önerisi doğrultusunda radyasyon korumasına yönelik olarak su ve hidrojen bakımından zengin malzemeler kullanılacaktır. Kullanılan radyasyon koruyucu malzeme yaşam destek sistemi ile doğrudan ilişkilidir ve gereksinimi doğrultusunda duvar kalınlığı artırılarak kolonlar boyunca mekanik şaftlar kurgulanmıştır. Yerleşim modülü mürettebatın çalışma, yaşama ve uyku aktivitelerine yönelik olarak düzenlenen depolama, gıda tedarik, giysi yönetimi, yangın söndürme, hijyen ve kat hizmetleri sistem birimlerini içermektedir. Önerilen habitat modülü 4 farklı seviye içermektedir. Bu seviyeler faaliyet düzeyleri ile ilişkilendirilerek düzenlemiştir. Şekil 3.2'de habitatta yer alan One moon modülüne ait kat planları yer almaktadır. Birinci katta; Mürettebat yüzey faaliyetlerine hazırlanması ve yürütmesi amacıyla bu kotta tüm EVA destek ve uzaktan kontrol-yönetim sistemleri (teleoperasyon) ve komuta kontrol odası yer almaktadır. İkinci katta; iş istasyonları, mutfak, deney laboratuvarları ve tıbbi istasyon yer almaktadır. Aynı zamanda bu katta özelleştirilmiş yük raf sistemleri içerisinde aydınlatma, depolama alanları, çeşitli bölmeler ve iletişim ekipmanları (translation aids) yer almaktadır. Üçüncü kat, mürettebatın konaklaması ve hijyeni için kurgulanmıştır. Dördüncü katta ise, deneysel gıda üretimi ve diğer deneysel laboratuvarlar yer almaktadır. Buradaki birimlerde gıda ihtiyaçlarına yönelik çalışmalar yapılmakta ve biyolojik sistemler incelenmektedir.



Şekil 3.2. Moon Village projesine ait One Moon Habitat modül planları (Petrov ve diğerleri, 2019) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

Çevresel kontrol ve yaşam destek sistemlerine yönelik olarak ortamdaki havanın temizlenmesi, gazların filtreleneşmesi, su ve atık döngüsünün kapatılması amacıyla fotosentetik bir reaktöre entegre edilmiş su arıtma teknolojileri (membran bazlı filtreleme, nitrifikasyon) önerilmiştir. Tasarım sürecinde acil durum, sirkadiyen uyumlanma, sağlık ve dolaşım (circulation) için temel aydınlatma sistemleri mimari arayüzler içerisinde çözümlenmiştir. İnsan biyolojisi, zamanı ölçmeyi ve periyodik değışiklikleri tahmin etmeyi sağlayan bir içsel mekanizmaya sahiptir. Bu nedenle, uzay ortamında zaman farkının varlığı ve sabit çevresel koşulların değışmesi, bilişsel bozukluklara, sindirim sorunlarına ve adaptasyon problemlerine yol açabilmektedir (Fischer ve Hilditch, 2022). Projede planlanan sirkadiyen uyumlanma (senkronizasyon) sayesinde mürettebat yapay ışık döngüleri ile desteklenerek biyolojik saatlerinin korunması sağlanmaktadır.



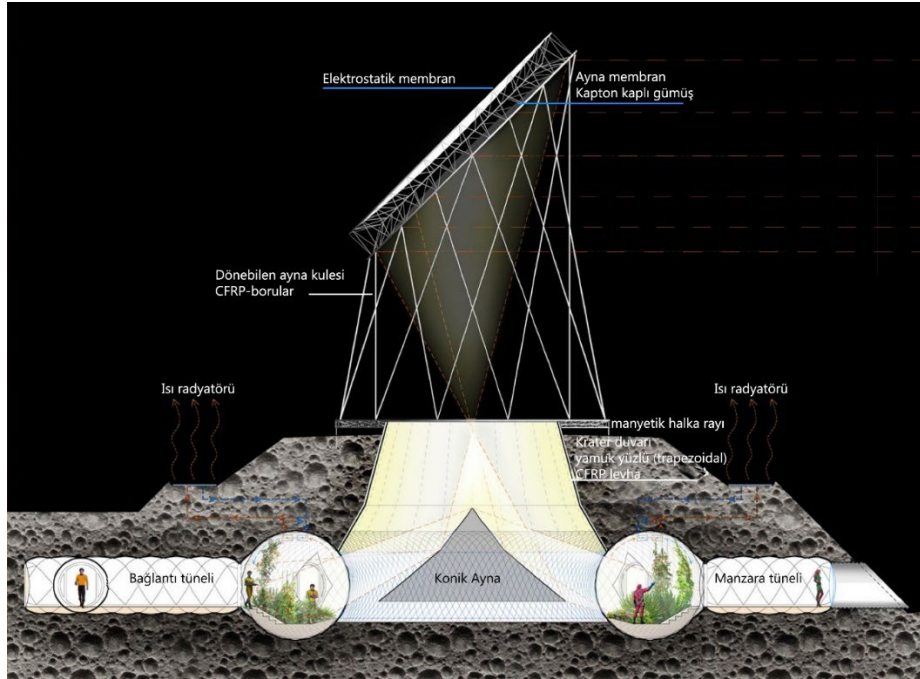
Şekil 3.3. Önerilen habitat modeli ve önerilen yaşam modülündeki birimlerin hacimsel büyüklükleri (Inocente ve diğerleri, 2019) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

Habitat modül boyutunun belirlenmesinde uzay aracının fırlatma kapasitesi ve kütle sınırlıkları önemli rol oynamıştır. One moon modülü 390 m³ net yaşanabilir hacme ve 104 m² kadar yaşanabilir alana sahiptir. Şekil 3.3'te habitat modeli ve yaşanabilir modül içerisindeki birimlerin hacimsel büyüklükleri verilmiştir. Radyasyondan koruma ve teknik ekipmanlarının da depolanmasına olanak tanıyan yapı kabuğu çoklu işlevlere sahip bir tasarım anlayışıyla alternatif boyutlarda kurgulanmıştır. Eklemeli imalat yöntemi kullanılarak sinterlenmiş regolitten basılan kabuğun genişliği 20-30 metre arasında değişiklik gösterebilmektedir. Malzeme ve enerjiden tasarruf etmek amacıyla kabuk kalınlığı 50 cm ile 100 cm aralığındadır ve kabuğun taban kısımları üç boyutlu yazıcılar tarafından daha kalın basılabilmektedir. Alternatif kabuk boyutları sonlu elemanlar analizi (finite element analysis) ve optimizasyon yöntemleri kullanılarak tasarlanmıştır (Inocente ve diğerleri, 2019).

PneumoPlanet Ay yerleşkesi önerisi (PneumoPlanet Moon habitat)

Pneumocell tarafından 2022 yılında önerilen, ultra hafif şişirilebilir membran kullanılarak tasarlanan Pneumoplanet Ay habitat tasarımında, Ay'ın basınçsız ortamı tasarımı etkileyen temel girdi olarak belirlenmiştir. Yapısal membran, Dünya atmosferik basıncının yarısı kadar (500 mbar) şişirildiğinde yaklaşık olarak 16 metre kalınlığa sahip regolit örtü tabakasını taşıyabilmektedir. Projede, dış çevresel koşullara karşı regolit koruyucu katmanın

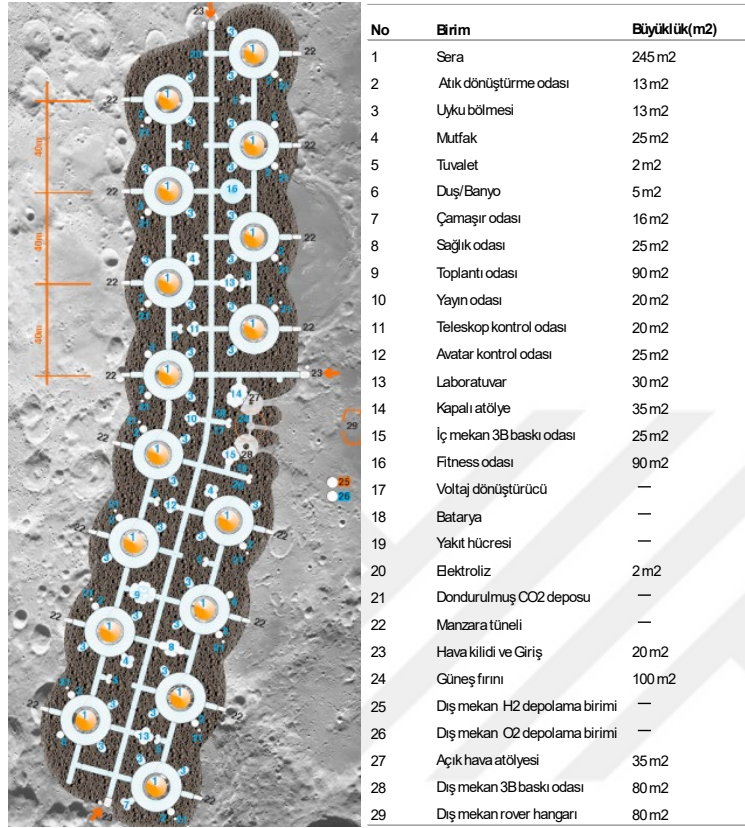
kalınlığı 4 metre olarak belirlenmiştir. Tasarımda yapı strüktürünün iç hava basıncı regolit katman ağırlığından daha etkili olması nedeniyle strüktürü destekleyici duvar ve döşemelere ihtiyaç duyulmamıştır. Tasarımın en önemli bileşeni toroidal seralardır ve bir tünel sistemi ile birbirine bağlı birimlerin merkezinde yer almaktadır. Seralarda oksijen, su ve gıda üretilmekte ve geri dönüştürülmektedir.



Resim 3.1. PneumoPlanet habitat birim kesiti (URL-18) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir)

İki hat boyunca düzenlenmiş 16 seradan oluşan habitat, 32 kişinin kalıcı olarak yaşayabileceği ve tüm ihtiyaçlarını karşılayabileceği 29 farklı birimden oluşmaktadır. Her birimin işlevi yukarıdaki şekilde verilmektedir. Tüm habitat modülerdir ve temel olarak tanımlanmış birimlerden sera, güneş kulesi, aynalar, bağlantı tünellerinden oluşmaktadır. Her bir sera iki kişiye yetecek derecede su, oksijen ve besin üretebilmektedir. Her bir sera birimi iki kişiye yetecek şekilde kurgulanmıştır. Proje kapsamında yaşamsal fonksiyonların sürdürülebilmesi için bazı sayısal hesaplamalarda bulunulmuş ve bu hesaplamalara bağlı olarak yaklaşık değerler hesaplanmıştır (Herzig ve diğerleri, 2022). Bu değerlendirmelerden elde edilen orantısal veriler, Ay üssü mimari program önerisinde altlık oluşturmuştur. Bu sayısal hesaplamalar aşağıda detaylandırılmıştır. Proje, bir habitat biriminin 245 m²'lik sera bölümüne sahip olması ve tahmini hacminin 1000 m³ olduğu varsayımına dayanmaktadır.

Bir yerleşim biriminin hacmi, sera ile yaklaşık olarak 1300 m^3 olarak belirlenmiştir (Herzig ve diğerleri, 2022).



Şekil 3.4. 16 seradan oluşan PneumoPlanet habitat tasarımının genel görünümü (Herzig ve diğerleri, 2022)

* Azot: Ay habitat modülleri ve seralardaki solunabilir hava bileşiminin %25 oksijen ve %75 nitrojen olacağı varsayılmıştır. Basıncın 2000 m yükseklikteki karasal basınca eşit olacağı ve yaklaşık 0,8 bar olduğu varsayılmıştır. Böylece, 1300 m^3 'lük bir habitat birimi 975 kilogram veya 1 ton inert azot (nitrojen) gazı gerekmektedir. Azot, ISRU ile elde edilemediğinden Dünya'dan gönderilmesi gerekmektedir. Azota ihtiyaç duyulmasının temel nedeni seralarda ve habitat birimlerinde basıncı sabit tutmak ve yangın riskini azaltmaktır. Nemli seralar yanıcı madde içermediği için seranın atmosferik bileşeni; 0,5 bar basınç ortamında %35 oksijen ve %65 azot olarak önerilmiştir. Bu bileşim ve basınçla, solunabilir hava, Dünya'da 2000 rakımda dağlık bir ortamla benzer solunum koşulları sağlamaktadır. Böylece, 1300 m^3 'lük bir habitat ünitesi için 507 kilogram azota ihtiyaç duyulmaktadır.

* Oksijen: Oksijen üretimi için Ay'da bulunan su buzu elektroliz edilerek oksijen ve hidrojene ayrıştırılır. Hidrojen ortamdan uzaklaştırılırken oksijen kullanılabilir. İhtiyaç

duyulan 273 kilogram oksijenin üretilmesi için ortalama 300 kg suya ve 3 MWh (megawatt-saat) elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Soluma yoluyla üretilen karbondioksit serada kullanılmak üzere depolanır. Mürettebat üyelerinin sayısı sera birimi başına iki kişi sınırını aşmazsa karbondioksit ve su bitki örtüsü tarafından tamamen geri dönüştürülebilir. Serada bulunan atmosfer, daha düşük basınç ve daha yüksek karbondioksit konsantrasyonuna sahiptir. Bu nedenle, seradaki havanın daha kolay solunabilmesi için daha yüksek bir oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, proje kapsamında seraların iç ortam havası %35 oksijen içeriğiyle önerilmiştir. Her bir sera biriminde yaklaşık olarak 273 kilogram oksijen bulunmaktadır.

* Karbon: Ay'ın kutup bölgelerinde hidrokarbon bulunma olasılığı düşük olmasından kaynaklı seralarda kullanılacak olan karbonların Dünya'dan gönderilmesi olasıdır. Seralarda, insan soluması sonucu oluşan karbondioksit fotosentez yoluyla kullanılabilirken dışkı sonucu oluşan karbon ise sterilizasyon ve kompostlamadan sonra toprakta kullanılabilir. Bir sera ünitesinin karbon gereksinimi iki astronotun yıllık gıda tüketimi ile tamamen karşılanabilmektedir.

* Su: İlk aşamada bir ay boyunca 4 kişilik mürettebatın içme suyu yaklaşık olarak 0.4 ton olarak hesaplanmıştır. Seralardaki topraklar için sulama suyu; seralarda, 1 m³ Ay toprağı yaklaşık olarak 100 L su tarafından sulanmaktadır. Her sera ünitesi yaklaşık olarak 160 m³ toprak içermektedir. Her bir sera birimi için 16 m³ suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle 16 ton suya ihtiyaç vardır. İkincil aşamada, tarımsal faaliyetler için kullanılacak sulama suyu eğer Ay buzundan üretilecek ise ilk aşamada yalnızca yerleşkeler için daha az su miktarına ihtiyaç duyulacaktır. Dolayısıyla su gereksinimleri ilk aşamada 2,5-5 ton arasında değişkenlik gösterebilir.

* Enerji: Habitatta farklı enerji türlerinin kullanımı önerilmektedir. Aynalar aracılığıyla doğrudan güneş ışığından yararlanılarak seralarda yiyecek ve oksijen üretilir. Güneş fırını sayesinde üretilen termal enerji metali eritmek, regoliti sinterlemek ve üç boyutlu baskı gibi yüksek sıcaklık gerektiren işlemlerde kullanılabilir. Elektrik enerjisi güneş panelleri tarafından veya güneş fırınına entegreli bir sistem tarafından üretilir.

* Enerji depolanması: Ay üssünde elektrik enerjisini depolamak için lityum bataryalar (piller) ve yakıt hücreleri kullanılabilir. Bir sera/habitat biriminde her karanlık günde

kullanılacak enerji için yaklaşık olarak 30 kilogram pil kütlesine ihtiyaç duyulmaktadır. En uzun karanlık dönemin 4 gün olduğu Ay güney kutbunda her bir sera/habitat için 120 kilogram pil kütlesi gerekmektedir. En uzun karanlık dönemin 11 gün olduğu Ay kuzey kutbunda ise 330 kilogram pil kütlesine ihtiyaç duyulmaktadır. Proje kapsamında bataryalar ve yakıt hücresi için herhangi bir mekânsal metrekaşe tanımlanmamıştır.

Çizelge 3.2. Pneumoplanet Ay habitat tasarımına ait detaylı bilgiler (Herzig ve diğerleri, 2022)

Azot	Seralar için 1300 m ³ 'lük alan için yaklaşık olarak 507 kg azot gerekmektedir. İlk aşamada 4 kişi için 1014 kg Azota ihtiyaç vardır.
Oksijen	0,5 bar basınçta tek bir sera ünitesinin havasında yaklaşık 273 kg oksijen bulunmaktadır. Su buzu elektroliz edilerek oksijen ve hidrojene ayrıştırılmaktadır. 4 kişi için 546 kg oksijene ihtiyaç vardır.
Azot oksit (N ₂ O)	Azot oksit yaklaşık olarak -88 C° de azot ve oksijen olarak sıvı halde depolanabilir ve uzaya gönderilebilir. Azot ve oksijen seraya gönderilmeden önce katalizör tarafından ayrıştırılır. Azotoksit bitkiler ve insanlar için tehlike teşkil etmemektedir. 4 kişinin oksijen ve azot ihtiyacı için 1560 kg N ₂ O ihtiyaç duyulmaktadır.
Karbon	Bir sera ünitesinin karbon gereksinimi iki astronotun yıllık gıda tüketimi ile tamamen karşılanabilmektedir.
Su	İlk aşama için 1300 m ³ 'lük alan için 2,5-3 ton suya ihtiyaç duyulmaktadır.
Sera	245 m ² 'lik sera alanı, 2 kişinin yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Habitat, ilk aşamada iki sera ve 4 mürettebat üyesi olarak planlanmıştır
Habitat modülü	Bir habitat modülünün kütlesi yaklaşık olarak 2~3 ton arasındadır. Sera ile yaklaşık hacim 1300 m ³ 'tür.
Tuvalet	Atık su oluşturmeyen tuvaletler önerilmiştir. İnsan dışkısu tuvaletlerde toplanarak bir basınç odasında 120°C kadar ısıtılarak güneş fırını tesisinde dezenfekte edilir. Dezenfeksiyondan sonra kompost odasında gübreleştirme olanağı bulunmaktadır.
Giyisi-bulaşık temizliği	İhtiyaç duyulan sıcak su güneş fırını tarafından temin edilmektedir. Temizlik sonrası oluşan atık su seralarda kullanılmaktadır bu nedenle tehlikeli atık su miktarını azaltmak için deterjan kullanılmamaktadır. Bazı tehlikeli atık suların (bilimsel deneyler sonucu) ortaya çıkması durumunda su güneş fırınında damıtılabilir. Bu damıtılmış su benzer bilimsel amaçlar için tekrar kullanılabilir.
Strüktür malzemesi	Radyasyona dayanıklı membran malzeme (termoplastik poliüretan [TPU] or mylar membran) kullanılmıştır.
Pencere	Pencerelerden ısı kaybını azaltmak için projede on katlı süper yalıtım folyosu kullanılmıştır. (Beyond gravity şirketi tarafından geliştirilmiştir)

PneumoPlanet habitat tasarım önerisinde, sera dışındaki diğer teknik mekânsal gereksinimler habitatın merkezinde yer alan sera biriminin büyüklüğü referansı doğrultusunda hesaplanmıştır. Habitat için ihtiyaç duyulan azot, oksijen, karbon, su ve enerji miktarları önerilen hacimler doğrultusunda oluşturulmuştur. Önerilen projede şişirilebilir yapının hava sızıntısı sonucunda ortaya çıkabilecek tehlikeleri ve olası önlemleri şu şekilde sıralanmıştır (Herzig ve diğerleri, 2022).

* Yangın veya patlama tehlikesine karşın elektrik kabloları yanmaz bir malzeme ile izole edilmiştir. İçeride kullanılan tüm malzemeler ve membran malzeme alev geciktirici özelliktedir. Seraların içerisindeki yüksek nem miktarının, yangın riskini azaltacağı öngörülmektedir.

* Membran delinmesi: Şişirilebilir membran yapısı radyasyon ve mikro meteorit etkilerinden korunmak amacıyla birkaç metre kalınlığında gevşek regolit ile kaplanmıştır. Gevşek regolit tabakası çatlama yapmamakta bu nedenle darbeleri sert üç boyutlu yazdırılmış bir regolit kaplamasına kıyasla daha iyi sönümleyebilmektedir. Aynı zamanda, projede kullanılan çift katlı membran, kabuk ızgara sistemi ile hava geçirmez hücrelere bölünmüştür. Kullanılan TPU membran -40 derecenin altında sertleşmekte bu nedenle bu sıcaklığın altında malzeme açılmaması önerilmektedir. Bu nedenle, projede inşaat zeminine şeffaf Mylar folyo membran öncelikli olarak serilmekte ve zemin yansıyan güneş ışığı ile ısıtılmaktadır.

Ay yerleşkesi master plan önerisi (Lunar habitat master plan)

Hassell mimari stüdyo tarafından 2024 yılında önerilen Ay habitat konsepti, iç katmandaki membran tabakadan ve koruyucu bir dış katman görevi gören 3D yazdırılmış modüler bileşenlerin birleştirilmesi konseptine dayanmaktadır. Habitat, başlangıçta 144 kişiye ev sahipliği yapabilecek kapasitede olup zaman içerisinde ihtiyaçlara bağlı olarak genişletilebilmektedir. Ölçeklenebilir şişirilebilir kapsül sistemine sahip olan projede yerleşim alanlarının yanı sıra, restoranlar, eğlence alanları ve seralarda yer almaktadır. Tetrapod şeklindeki bileşenler regolitten üretilmektedir ve birbirine kenetlenmektedir (URL-20). Proje en güncel çalışmalar arasında yer almasına karşın projeye ait detaylı mekânsal organizasyon verilerine ulaşılamamıştır. Aşağıdaki iç mekân görselleri projenin dinlenme alanlarına aittir.



Resim 3.2. Ay yerleşkesi Master Planından iç mekân görüntüleri (URL-20)

3.4. Uluslararası Alanda Yapılan Ay Üssü Mimari Yarışmalar

Bu bölümde, mimarlık disiplinine ait alanlarda çalışmalar yapan katılımcıların yer aldığı uluslararası alanda düzenlenen Ay Üssü mimari yarışmaları incelenmiştir. Yarışmaların seçilmesinde ilgili yarışmaların 2020 yılı itibari ile düzenlenmiş olması ve sonuçlarına ulaşılabilir olması önemli bir rol oynamıştır. Seçilen yarışmaların teknik şartnamelerinde yer alan mimari programları incelenmiştir. Ay üssü tasarımlarına yönelik olarak düzenlenen lise düzeyindeki yarışmalar dikkate alınmamıştır. Yalnızca Ay yüzeyinde gerçekleştirilecek habitat tasarım çalışmalarına yönelik olarak düzenlenen mimari tasarım yarışmaları incelenmiştir. Mars yaşam alanlarını veya Dünya yörüngesindeki yaşam alanlarına yönelik olarak düzenlenen yarışmalar bu çalışmaya dahil edilmemiştir.

Ay üssü 2124 yarışması (Moon base 2124 Artemis centenary competition)

Artemis Programının yüzüncü yılına yönelik olarak 2020 yılında düzenlenen, Ay üssü 2124 yarışmasında yarışmacılardan üç aşamalı olarak en az 160 kişinin konaklayabileceği bir Ay yerleşkesinin tasarlanması beklenmiştir. Öğrenciler, mimarlar ve çeşitli meslek gruplarındaki uzmanlar yarışmaya katılımcı olarak dahil edilmiştir. Yarışma şartnamesinde yarışmacılardan modüler, kendi-kendine yetebilen ve sürdürülebilir bir Ay yerleşkesi tasarımı beklenmiştir. Yarışma şartnamesinde güç kaynağı olarak güneş uyduları, güneş yelkenleri, nükleer pil ve füzyon reaktörleri kullanabilecekleri önerilmiştir. Yerleşkenin tasarımında kendi kendini onarabilen dört boyutlu baskı teknolojisi ve şekil hafızalı alaşımlar, yapay ışık kaynağı olarak kullanılacak termoluminesans (thermoluminescence) malzemeler, organik malzemelerin basımına yönelik biyo-moleküler üç boyutlu yazıcı teknolojileri kullanılacaktır. Yarışma programında aşağıdaki mekânsal tanımlamalara yer verilmiştir (URL-29).

Yaşam alanı: Uyku, egzersiz ve rekreasyon alanlarını içermelidir.

Ay madenciliği tesisi: Uranyum, titanyum ve Helyum-3 gibi malzemelerin çıkartıldığı ve Dünya'ya gönderildiği birimdir.

Ay turizm tesisi: Dünya'dan, Ay yüzeyine seyahat eden turistlerin konakladığı birimdir.

Araştırma laboratuvarları: Nanoteknoloji, düşük yerçekimi ortamına yönelik araştırmalar ve çeşitli tehlikeli biyolojik deneylerin yürütüldüğü laboratuvardır.

Uzay limanı (Spaceport): Uzun vadede Mars'a yolculukların gerçekleştirilmesi amacıyla

uzay araçlarının iniş ve kalkış yaptığı birimdir.

Zaman kapsülü: Ay'da gömülmesi planlanan, yapılan bilimsel çalışmaların verilerini depolayan birimdir.

Aeroponik ve hidroponik tarım çiftliği: Bu birim dört farklı bitki türünün yetişmesine olanak tanımalıdır. Bu alan içerisinde oksijen kaynağı olarak yetiştirilen bitki türleri, tıbbi amaçla yetiştirilen bitki türleri, gıda amacıyla yerleştirilen bitki türleri ve inşaat amacıyla yetiştirilen bitki türleri yer almalıdır.

İletişim merkezi: Ay üssünün, Dünya ve Ay etrafındaki uydularla iletişimini sağlayan birimdir.

Güç istasyonu: Ay üssüne enerji sağlamak amacıyla kurulan birimdir.

Yüzey erişim modülü: Hava kilidi sistemini ve mürettebatın Ay tozunu temizlediği alanları içeren birimdir.

Yukarıda sıralanan mekânsal tanımlamalar dışında yerleşkenin konumu olarak Ay'ın güney kutbu ve yeraltı lav tünelleri önerilmiş ve arazi seçimi serbest bırakılmıştır. Yarışmacılar, inşaat yöntemi olarak prefabrik modüller, şişirilebilir sistemler ve üç boyutlu inşaat teknolojilerinden birisini veya birkaçını kullanılabilmektedir.

Ay istasyonu yarışması (Moon station competition)

ESA'nın Gezegen Mağaraları Araştırma Ekibi ile iş birliği içerisinde 2023 yılında düzenlenen yarışmada mimarlardan Ay araştırma üssü tasarlanmaları istenmiştir. Ay'da lav tüpleri olarak bilinen volkanik kökenli geniş yer altı yapıları yer almaktadır. Çapları yaklaşık olarak 100 metreyi bulan bu tüpler farklı boyutlardaki kuyular aracılığıyla yüzeye bağlanmaktadır. Yarışma kapsamında Ay üssünün konumu olarak lav tüpleri belirlenmiştir. Yerleşkede kullanılabilecek yapı malzemeleri; regolit ile su buzundan üretilen Ay çimentosu (lunacrete), sinterlenmiş regolit, Dünya'dan taşınan rijit veya prefabrike modüller olarak yarışma şartnamesinde belirtilmiştir. Ay'ın çevresel koşullarına bağlı olarak çözümlenmesi gereken sorunlar tanımlanmış ve sınırlıklar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (URL-30).

- Dışarıya erişimde yalnızca hava kilidi (airlock) adı verilen basınçlandırma/ basınçsızlandırma filtre alanları kullanılacaktır.
- Kullanılan camlı yüzeyler için sıcaklık, radyasyon ve mikrometeorit çarpma risklerine karşı gölgeleme sistemleri önerilmelidir.

- Yerleşkede her bir modül birbirinden bağımsız olarak tasarlanmalıdır. Herhangi bir hasar oluşması durumunda modüller işlevlerini bağımsız olarak sürdürmelidir.
- Olası bir tehlike durumuna karşı temel altyapı sistemleri yedek birimleri ile tasarlanmak zorundadır.
- Yerleşkede enerji üretimi için Ay kaynakları olan Helyum-3 izotopu ve su buzunun elektrolizinin yanı sıra, güneş paneli dizileri de alternatif enerji kaynakları olarak önerilmelidir.

Katılımcılardan mekânsal organizasyonun düzenlenmesinde verilen program kriterlerinin dikkate alınması beklenmiştir. Aşağıda yarışma programında verilen mekânsal tanımlamalar yer almaktadır. Bu tanımlamalar doğrultusunda Ay üssünün tasarlanması beklenmiştir (URL-30).

Personel konaklama birimi: Kalıcı personelin konaklaması için tasarlanacak bu birimde, 10 yatak ve 4 tuvalet yer almalıdır. Her bir yatak için 7 m²'lik alan ayrılması gerekmektedir.

Misafir konaklama birimi: Farklı kitlelerin ihtiyaçları doğrultusunda konaklamasına imkân tanıyan bu birimde 6 yatak ve 1 tuvalet yer almalıdır. Her bir yatak için 7 m²'lik alan ayrılması gerekmektedir.

Banyo: Bu birim üç farklı hacim içerisinde yer almalıdır. Personel için antre-wc-duş alanı 6 m²'lik alanda kurgulanmalıdır. Misafir bölümündeki her bir yatak için banyo alanı 6 m²'lik alan ayrılmalıdır. Ortak alanlarda antre-wc-duş içeren 3.5 m²'lik alana sahip en az iki banyo yer almalıdır.

Kontrol odası: Ay üssünde karmaşık kontrol ekipmanlarının yer aldığı 40 m²'lik bu birim, yalnızca personel konaklama birimi ile doğrudan ilişkilidir.

Ortak alan: Eğlence, dinlenme, sosyalleşme ve yemek yeme faaliyetlerinin gerçekleştirildiği bu alanı personeller ve misafirler ortak olarak kullanabilmektedir. Bu birim, 150 m² olarak kurgulanmalı ve iki banyo ile bağlantılı olmalıdır.

Hidroponik/Aeroponik ekim alanı: Ay üssünde bitki yetiştirmek aynı zamanda araştırma istasyonunun diğer alanlarına görsel bir alan sunmak amacıyla kurgulanan bu birim izole ve kontrollü bir alanda yer almalıdır. Minimum 80 m² alan olarak tasarlanmalıdır.

Spor alanı: Farklı yerçekimi koşullarının insan vücudu üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla kişilerin spor yapacakları alandır. Bu alanda, Ay ortamında yaşayan insanın motor özellikleri hakkında araştırmalar da yapılacaktır. 60 m² alan olarak kurgulanan alanda spor ekipmanları yer alırken bu tür araştırmalarında yürütüleceği boş alanlarda bulunacaktır.

Revir: Acil durumlarda kolayca ulaşılabilen ve olası tehlikelere karşı donanımlı olarak tasarlanan 30 m²'lik tıbbi alan önerilmelidir.

Laboratuvarlar: Ay hakkında toplanan verilerin araştırıldığı ve çeşitli araştırmaların yürütüldüğü birimdir. Ay yüzeyinden toplanan örneklerin laboratuvarda incelenmesi nedeniyle bu birim üssün giriş ve çıkışlarına yakın olarak kurgulanmalıdır. 130 m²'lik alana sahip olmalıdır.

Gezgin transfer merkezi (Rover hub): Ay yüzeyinde bilimsel araştırmaları desteklemek amacıyla gezginler (rover) ile üs arasında bağlantı sağlayan 40 m²'lik alana sahip bir merkezdir. Bu merkez, araştırma ekibinin gezginlere binmesine olanak tanırken, aynı zamanda zamanla gerekli bakım ekipmanlarının da barındırılmasını planlamaktadır.

Gözlemevi: Çeşitli bilimsel araştırmalarda kullanılacak Dünya'ya ait görüntüler ve veriler bu birimde yürütülecektir. 60 m²'lik alan içerisinde kurgulanan bu birim kullanıcılar için çeşitli manzaraların izlenmesine olanak tanıyacaktır.

Hava kilidi (Airlock): Kullanıcılar istasyonun basınçlı iç ortamından basınçsız dış Ay ortamına geçerken bu birimleri kullanacaklardır. Bu geçiş birimi ortamlar arasındaki basınç farklılıklarından dolayı basınç kayıplarını önlemek amacıyla kullanılacak ve 4 m²'lik alanda kurgulanacaktır.

İniş sahası: Uzay araçlarının iniş ve havalanma faaliyetlerini gerçekleştirdiği alandır. Güvenlik amacıyla Ay üssünden en az 1 kilometre uzakta kurgulanmalıdır ve iniş sahasının çapı minimum 100 metre olmalıdır.

Enerji üretim tesisi: Bu tesis içerisinde üssün enerji ihtiyacını karşılamak için fotovoltaik paneller ve güneş panelleri yer almalıdır.

Yol: Üssün farklı işlevlere sahip birimleri arası ulaşımı sağlamak ve güvenli bir şekilde gezginlerin rotalarını belirlemek amacıyla en az iki şeritli yollar kurgulanmalıdır.

Yerel malzeme üretimi: İlk aşamadan istasyonun gelişim süreci boyunca yerel Ay kaynaklarının ürünlere dönüşmesini sağlayan altyapı sisteminin (3 boyutlu yazıcılar, elektroliz sistemleri vb.) kurgulanması gerekmektedir.

3.5. Türkiye Ay Yerleşkesi Mimari Programı Geliştirme Süreci

Program yazımında kullanılacak yöntem şemasının oluşturulması ile uzman verifikasyon süreci öncesinde program yazımı gerçekleştirilmiştir. Ön bilgi olarak; Ay çevresel koşulları, görev bileşenleri ve Ay'da inşa etme yöntemleri incelenmiştir. Ay çevresel koşullarında, insan deneyiminin bulunmaması ve uzun süreli konaklamalara bağlı olarak bu koşulların

insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler doğurması nedeniyle mürettebat sayısı ve görev süresi sınırlı tutulmuştur. Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak benzer türdeki projeler arasında; SOM ve Massachusetts Institute of Technology tarafından tasarlanan Ay Köyü adlı habitat master planı (2019), Pneumocell tarafından geliştirilen PneumoPlanet yerleşke tasarım konsept projesi (2022), Hassell mimari stüdyo tarafından tasarlanan Ay yerleşkesi master plan konsept çalışması (2024) ele alınmıştır. İncelenen Ay yerleşkesi tasarım projelerinin; inşa etme yöntemleri, kullanılan malzemeler, yerleşkeye entegre alt sistem mimari bileşenleri, mekanların fonksiyonları ve mekanların hacimsel büyüklükleri, araziye yerleşim bilgileri, kullanıcı sayısı ve tanımlı görev süresi gibi bileşenler incelenmiştir. Aynı zamanda; Artemis Ay üssü 2124 (2020), Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir yarışması (2022), Ay İstasyonu Yarışması (2023) ve Ay'da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi yarışması (2025) mimari programları incelenmiştir. İncelenen projelerde ve yarışmaların mimari programlarında yer alan mekanlar Şekil 3.5'te gösterilmektedir. Bu mekanlar NASA'nın teknik dokümanları dahilinde, teknik ve fonksiyonel mekanlar olarak ayrıştırılmış her bir mekânın mimari programı yazılmıştır.

<i>Moon Village-Skidmore, Owings & Merrill – 2019</i>	<i>Moon Base 2124 – Artemis Centenary Competition-2020</i>	<i>PneumoPlanet habitat Tasarım Projesi-2022</i>	<i>Moon Station Competition-2023</i>
Kenetlenme Portu Dinlenme Alanı İş İstasyonları Hijyen Alanı Çok Amaçlı Depolama Egzersiz Alanı Depolama Bölmeleri EVA Uyku Alanı Ortak Alan Görev Kontrol Odası Hava Kili Tüneli Tıbbi İstasyon Deney Laboratuvarları Hidroponik Laboratuvar Mutfak Atriyum Güneş paneli dizileri	Yaşam Alanı Ay Turizm Tesisi Araştırma Laboratuvarları Uçay Limanı (Spaceport) Zaman Kapsülü Aeroponik ve Hidroponik Tarım Çiftliği İletişim Merkezi Güç İstasyonu Yüzey Erişim Modülü	Sera Atık dönüştürme odası Uyku bölgesi Mutfak Tuvalet Duş/Banyo Çamaşır odası Sağlık odası Toplantı odası Yayın odası Teleskop kontrol odası Avatar kontrol odası Laboratuvar Kapalı atölye İç mekan 3B baskı odası Fitness odası Voltaj dönüştürücü Batarya Yakıt hücresi Elektroliz Dondurulmuş CO2 deposu Manzara tüneli Hava kili ve Giriş Güneş fırını Dış mekan H2 depolama birimi Dış mekan O2 depolama birimi Açık hava atölyesi Dış mekan 3B baskı odası Dış mekan rover hangarı	Personel konaklama birimi Misafir konaklama birimi Banyo Kontrol odası Ortak alan Hidroponik/Aeroponik ekim alanı Spor alanı Sağlık Alanı Laboratuvarlar Gezgin Transfer Merkezi (Rover Hub) Gözlemevi Hava kili (Airlock) İnşaat Sahası Enerji Üretim Tesisi Yol Yerel Malzeme Üretim Tesisi Hassell mimari stüdyo Lunar Habitat Master Plan - 2024 Personel konaklama birimleri Restoran Eğlence Alanları Sera Laboratuvar

Şekil 3.5. İncelenen projelerde yer alan teknik ve fonksiyonel birimlerin analizi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

İncelenen projelere ek olarak, NASA tarafından yayımlanan Space Flight Human-System Standard Kılavuzları, Human Integration Design Handbook ve Moon to Mars Architecture Definition belgeleri; mekân içinde yer alan alt fonksiyonlar, mekânsal teknolojiler ve gereksinimler, enerji ve kaynak tüketimi ile güvenlik ve acil durum planlamasına ilişkin veri ve kriterlerin oluşturulmasında temel kaynaklar olarak kullanılmıştır. İncelenen tüm

projelerde, yerleşkenin tasarımında öne çıkan ve ortak biçimde gözlemlenen unsurlar, mimari program dokümanında ana başlıklar olarak yapılandırılmıştır. Bu başlıklar arasında; mekân açıklaması, mekânın yaklaşık birim ve toplam alanı, kullanıcı kapasitesi, çevresel koşullardan korunma stratejileri, yapı malzemeleri ve enerji yönetimi yer almaktadır. Belirlenen bu temel kavramlar doğrultusunda, her bir teknik ve fonksiyonel mekâna ait mimari programda yer alan şemalar ayrı ayrı oluşturulmuştur. Ay yerleşkesiyle ilgili çalışmalar, disiplinler arası etkileşim gerektiren bir yapıya sahip olduğundan çok disiplinli bir ortamda yürütülmelidir. Bu nedenle, geliştirilen mimari program dokümanının doğrulama (verifikasyon) süreci; şehir ve bölge planlama, mimarlık, uzay ve havacılık mühendisliği gibi farklı uzmanlık alanlarında çalışmalar yürüten bir ekip ile gerçekleştirilen toplantı aracılığıyla sağlanmıştır. Söz konusu toplantı sonucunda, mimari program dokümanı üzerinde gerçekleştirilen değerlendirmeler ve önerilen revizyonlar dikkate alınarak dokümanın nihai versiyonu oluşturulmuştur.

Uzman verifikasyonu öncesinde hazırlanan mimari program dokümanı 20 sayfalık bir doküman olup on dokuz sayfası teknik ve fonksiyonel mekanların tanımlanmasından oluşmaktadır. Dokümanın ilk sayfasında; amaç, hedefler, proje türü ve proje ölçeği, proje kapasitesi, arazi bilgileri ve kullanıcı kapasitesi yer almaktadır. Fonksiyonel mekanlar; yaşam modülleri, iş istasyonları, yemek hazırlama alanı, yemek yeme alanı, rekreasyon alanı, kıyafet yönetimi alanı, sağlık alanı, egzersiz alanı, laboratuvar alanı, sera alanı, depolama alanları ve dokuz adet iş istasyonu (workstation) olarak önerilmiştir. Teknik mekanlar; görev kontrol merkezi, toplantı odası, araç dışı aktivite erişim modülü, hava kilidi, iletişim birimi, atmosfer yönetimi sistemi, su yönetimi sistemi, atık yönetimi sistemi, su buzu dönüştürme tesisi, Ay toprağı dönüştürme tesisi, yangın kontrol alanı, güç istasyonu ve güç depolama merkezi olarak tanımlanmaktadır. Yerleşke için önerilen tüm mekanlar tanımlı kişiler tarafından kullanılmakta ve görev kontrol merkezi birimi tarafından denetlenmektedir. Görev kontrol merkezi, iş istasyonları ve iletişim birimi koordineli bir şekilde çalışmaktadır. Tüm yerleşkeyi etkileyen sistemler; atmosfer yönetimi sistemi, su yönetimi sistemi ve atık yönetimi sistemi döngüleri tanımlanmış ancak bu sistemler için herhangi bir mekan örgütlenmesi önerilmemiştir. Teknik tesisler, Ay toprağı dönüştürme tesisi, su buzu dönüştürme tesisi ve güç depolama tesisi tek bir dokümanda birlikte ele alınmış ve mekansal ihtiyaçları netleştirilmemiştir. Yerleşkenin uzun vadede kendi kendine yetebilen bir düzeyde faaliyet göstermesi önerilmektedir. Mürettebat sayısı yüz kişi olarak ve görev süresi üç yüz gün olarak belirlenmiştir. Birinci aşamada, dört kişilik ekip

yerleşkeye gönderilip, ikinci aşamada ise 96 kişilik ekip yerleşkeye gönderilmektedir.

3.6. Mimari Programın Uzman Görüşleriyle Değerlendirilmesi

Bu bölümde, geliştirilen Ay yerleşkesi mimari program önerisi; mimarlık, şehir ve bölge planlama ile uzay ve havacılık mühendisliği disiplinlerinde çalışan üç farklı uzmana yöneltilen, üç farklı soru kapsamında değerlendirilmiştir. Mimari programın değerlendirme sürecinin kapsamlı ve nitelikli olabilmesi adına, incelemelerde bulunan uzmanların uzay alanında çalışmaları olan kişiler arasından seçilmesi önem arz etmektedir. Uzman ekibin belirlenmesinde, her bir uzmanın farklı disiplinlerden seçilmesine özen gösterilmiştir. Bu çerçevede Doç. Dr. Ersan Koç (Uzman 1), Bursa Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde görev yapmaktadır. Bursa Teknik Üniversitesi'nin ev sahipliğini üstlendiği, Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması'nda proje kolaylaştırıcısı olarak yer almış; aynı zamanda uzay mimarlığı alanındaki çalışmalara aktif şekilde katkı sunmaktadır. Dr. Burak Yağlıoğlu (Uzman 2), TÜBİTAK Uzay bünyesinde Türkiye Ay Araştırma Programı (AYAP) kapsamında proje yöneticisi olarak görev yapmaktadır. Ayrıca, Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması'nda profesyonel kategori jüri üyeliği görevini üstlenmiştir. Uzay ve havacılık mühendisliği alanında doktora derecesine sahiptir. Doç. Dr. Sema Alaçam (Uzman 3) ise İstanbul Teknik Üniversitesi'nde mimari tasarımda bilişim alanında görev yapmaktadır. Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması'nın üniversite kategorisinde jüri üyesi olarak yer almış, 2024 yılında NASA tarafından verilen Artemis Educator Award ödülüne layık görülmüştür. Belirlenen üç uzmanın da Ay araştırmaları ile doğrudan ilişkili çalışmaları bulunmaktadır ve uzay alanındaki çalışmalarda aktif olarak görev almaktadırlar. Ortaya çıkan mimari programın, farklı disiplinlerden oluşan uzman ekibe sunulmasının amacı; program verifikasyonunun sağlanması, teknik ve mekânsal boyutlarının çok yönlü biçimde irdelenmesi, geliştirilmesi veya eklenmesi gereken mekanların sorgulanması ve kavramsal boyutlarının incelenmesidir. Uzman görüşlerinden elde edilen veriler, nitel içerik analizi yöntemiyle incelenmiş ve görüşme sürecinde en çok vurgulanan konular sınıflandırılarak, değerlendirme sonuçları yapılandırılmıştır. Görüşme öncesinde, Ay yerleşkesi mimari program önerisi, incelenmek üzere uzman ekibe gönderilmiş ve görüşme başlangıcında mimari programın nasıl geliştirildiği yönünde sunum yapılmıştır. Sunum sonunda, aşağıdaki sorular mimari programı değerlendirmeleri amacıyla uzman ekibe yöneltilmiştir (Şekil 3.7).

Soru 1: Ay yüzeyindeki çevresel ve operasyonel koşullar mimari tasarımda yeterince dikkate alınmış mı? Su, atık, atmosfer ve enerji yönetimi açısından sürdürülebilir mi, alternatif çözümler geliştirilebilir mi?

Soru 2: Ay yerleşkesi için önerilen mimari programın mekânsal organizasyonu ve işlevselliği yeterli mi? Mekânlar arasındaki ilişkiler, mürettebatın günlük yaşam ve çalışma süreçleri ile uyumlu mu?

Soru 3: Ay yerleşkesinin uzun vadeli gelişimi, güvenliği ve modüler büyüme stratejileri nasıl şekillendirilmeli? Yerleşke nüfusunun gelecekte genişletilmesi mümkün mü? Büyüme ve adaptasyon için hangi tasarımsal değişiklikler gerekli? Acil durum senaryoları ve güvenlik entegrasyonu açısından eksik görülen noktalar var mı?

[illegible]

Şekil 3.6. Görüşmeden önce uzmanlarla paylaşılan mimari program önerisinin görüşme sürecindeki sunumu

Soru 1: Ay yüzeyindeki çevresel ve operasyonel koşullar mimari tasarımda yeterince dikkate alınmış mı? Su, atık, atmosfer ve enerji yönetimi açısından sürdürülebilir mi, alternatif çözümler geliştirilebilir mi?

Soru 2: Ay yerleşkesi için önerilen mimari programın mekânsal organizasyonu ve işlevselliği yeterli mi? Mekânlarda arasındaki ilişkiler, mürettebatın günlük yaşam ve çalışma süreçleri ile uyumlu mu?

Soru 3: Ay yerleşkesinin uzun vadeli gelişimi, güvenliği ve modüler büyüme stratejileri nasıl şekillendirilmeli? Yerleşke nüfusunun gelecekte genişletilmesi mümkün mü? Büyüme ve adaptasyon için hangi tasarımsal değişiklikler gerekli? Acil durum senaryoları ve güvenlik entegrasyonu açısından eksik görülen noktalar var mı?

Şekil 3.7. Mimari program önerisinin değerlendirilmesi amacıyla uzman ekibe yöneltilen üç odak soru

Şekil 3.8, görüşme süresi boyunca vurgulanan ana temaların, uzman bazında tematik yoğunluklarını ortaya koymaktadır. Görüşme süresi boyunca odaklandıkları veya sık tekrar ettikleri konular, görüşme sonrasında değerlendirilerek ana başlıklar altında sıralanmıştır. Her bir uzmanın kendi uzmanlık perspektifiyle sunduğu katkılar, programın güçlü yönlerini vurguladığı kadar geliştirilmesi gereken alanları da görünür kılmıştır. Uzman 1, Uzman 2 ve Uzman 3'ün konuşmalarından alınan seçme pasajlar, aşağıda yer almakta olup hem değerlendirme süreci hem de ortaya çıkan tartışma başlıkları bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiştir. Görüşme kayıtlarına ait tüm konuşmalar EK 2'de yer almaktadır.

Ana Başlık	Uzman 1 (Şehir ve Bölge Planlama)	Uzman 2 (Havacılık ve Uçay Mühendisliği)	Uzman 3 (Mimarlık)
Mekânsal organizasyon ve fonksiyonel netlik	●	●	●
Mekânsal büyüme ve modüler gelişim senaryoları	●	●	●
Malzeme seçimi ve kabuk sistem dayanımı	●	●	●
Sürdürülebilirlik ve kaynak yönetimi	●	●	●
Acil Durum ve güvenlik senaryoları	●	●	●
Çevresel ve operasyonel koşulların mimariye etkisi	●	●	●
Yapay zekâ, robotik ve tele-operasyon sistemleri	●	●	●
Su kullanımı, hijyen ve alternatif temizlik sistemleri	●	●	●
Aydınlatma ve sirkadiyen ritim	●	●	●
Katmanlı kimlikler ve psiko-sosyal mekân ihtiyaçları	●	●	●

● Derinlemesine ve eleştirel değerlendirme

● Orta düzeyde katkı veya ima

● Hafif temas / destekleyici öneri

Şekil 3.8. Disiplinler arası uzman görüşlerinden elde edilen tematik yoğunluk matrisi. Matris, içerik analizi ve tematik kodlama yöntemiyle yapılandırılmış; uzmanların söylem düzeyine göre üç yoğunluk kategorisinde derecelendirilmiştir (URL-31) (Yazar tarafından, Microsoft Copilot desteğiyle gerçekleştirilen içerik analizi temel alınarak oluşturulmuştur, 2025)

Görüşmelerde yöneltilen sorular doğrultusunda, disiplinler arası uzman ekip tarafından vurgulanan temalar tematik yoğunluk tablosunda bir araya getirilmiştir. Toplantı sonrasında elde edilen tüm konuşma kayıtları yazıya aktarılmış ve tezin Ek 2 bölümünde sunulmuştur. Üç farklı uzmana ait transkriptler, içerik analizi yaklaşımıyla Microsoft Copilot aracılığıyla değerlendirilmiştir. Bu süreçte, tematik kodlama yöntemi kullanılarak uzmanların odaklandıkları kavramlar başlıklar halinde sınıflandırılmıştır. Her başlık, uzmanların söylem düzeyine göre üç farklı yoğunluk kategorisinde derecelendirilmiştir: (i) derinlemesine ve

eleştirel değerlendirme - doğrudan ve kapsamlı analiz içeren ifadeler, (ii) orta düzeyde katkı veya ima - dolaylı fakat tutarlı kavramsal göndermeler, (iii) hafif temas/destekleyici öneri - tamamlayıcı veya örnekleyici katkılar olarak yapılandırılmıştır. Bu derecelendirme, içerik frekansları ve bağlamsal vurgular temel alınarak Microsoft Copilot tarafından önerilmiş ve yazar tarafından akademik geçerlilik açısından yeniden gözden geçirilerek tematik yoğunluk tablosu oluşturulmuştur.

Uzman 1: ...Ortak alan/rekreasyon alanı sanırım bir program başlığı olarak yeterli gelmeyebilir...Mekânsal organizasyonda bir takım parça-bütün-merkez-dış-koridor, dışa saçılan böyle 15-20 tane modelimiz var ya böyle, bir görsel model olmayınca tezin böyle bir hedefi yok onu anlıyorum. Bu mekânsal organizasyonu, ben tam olarak zihnimde sizin 15-20 tane 12*6 matrisleriniz var ya ben tam birleştiremedim ama şunu yorumlayabilirim sanırım...Bir süre sonra bunun dama tahtası gibi görünme ihtimali var bu tür bir yaklaşımın. Açayım ne demek istediğimi; yan yana duran ve beraber çalışan, işlevleri mono olarak tarif edilmiş birimler... Sadece, dama tahtası ve bir ebru figürünü yan yana düşünürseniz sanırım daha çok bunun ebru gibi düşünülmesi lazım... Yani iç içe olma hali. Siz dama tahtası gibi parça parça olarak değil de veya son derece çok mantıklı bir teknik çerçeve ile bir araya getirdiğiniz birimler olarak değil de bunların hepsinin iç içe olduğu bir şey olursa bu büyüme modeli olarak size başka bir şey söylemeye başlar... Onu ben kentsel tasarım kodlarında açtığım bir terimim benim dama tahtası gibi mi yapacaksınız, mozaik gibi mi, yoksa ebru gibi mi... Her şeyin iç içe olma hali nedir, insanlar öyle... Bu durum bizim kimliklerimizin katmanlı olmasını sağlıyor. Böyle bir ruhu yansıtamayacaksak sadece geriye ya askeri bir mürettebat ya da çok iyi çalışan bir bilimsel araştırma laboratuvarına doğru geçmiş olabiliyor... Bu bizim insan olma halimizle alakalı. Yani, 8-5,3-4, gece 2-4 nöbeti, yani bunları net bir şekilde tanımlamaya başladığımız da gerçekten bir askeri tümenden falan bahsetmeye başlıyoruz demek ki. Bu çok iyi çalışır, çünkü hiçbir fikrin olmadığı bir yerde, bütün problemlerin olabileceği, göktaşının düşebileceği, yaşam destek sisteminin yedeğinin de yedeğinin de bozulduğunda, bunları kabul ederek yapılıyor bu işler... Yaşam ve çalışma süreçleri, katmanlı kimlik dedim ben buna not alırken. Mühendis olur, komedyen olur, sanatçı olur yani katmanlı kimlikler. Mars Terranova atölyesinde öğrencilerden 20 kişi seçmelerini istemiştin. Başlangıç olarak öğrencilerden, 20 kişinin de katmanlı kimliklerini istemiştin. Bu şudur ama şu eğitimi alacak ondan sonra gidecek olmaya başlıyor... (EK 1)

Uzman 2: ...Seçilen bölge, donmuş su kaynaklarının çok olduğunu düşündüğümüz, Güney Kutup Bölgesinde konuşlandırılmış...Bulunan bölgenin ne kadar aydınlıkta ve ne kadar karanlıkta olduğu sürelerle ilgili galiba bazı analizler yapılmış. Bunlar; aydınlanma koşulları ve yüzey sıcaklıkları göz önünde bulundurulabilir. Çünkü, orada bir ısı kontrol olacak ve ısı kontrolünde sınır koşulları, yüzey sıcaklıklarının nasıl değiştiğiyle de alakalı. Bu tabi, güney kutbunda güneş ışınları tam 90 dereceden geldiği için ısınma-soğuma profilleri, o kadar değişken olmayabilir. Yüzey sıcaklıkları nasıl değişiyor, bir bakılabilir...Bir de şöyle bir cümle yakalamıştım; kendi kendine yetebilen bence çok çok iddialı bir şey bence onun kapsamını netleştirmekte fayda var diye düşünüyorum. Hani burada bir yerinde kaynak kullanımı ile sürdürülebilirliği arttıralım gibi... Aslında temel şey, Dünya'dan gelecek olan kaynakların ya da malzemelerin/ihtiyaçların minimize edilmesi, asgari düzeye düşürülmesi... Belki, önce minimum bir ekiple 4-5 kişilik bir ekiple analiz edip, bu modüler olarak sonrasında nasıl büyüyebilir. Yaşam sürdürmek adına en elzem fonksiyonlar neler olmalı? Operasyonel koşulları anlamak adına bu stakeholder analizinden çıkan; mesela bir ilk etapta şunları yapmak istiyoruz, buradaki ihtiyaçlar neler olabilir?... Son kullanıcıdan gelecek olan işlevler biraz daha ayrıntılı olabilir. Operasyonel anlamda modüler büyüyen bir şeye yönelmesi anlamında tele operasyonel konusu da düşünülebilir. Her görevi oradaki 100 kişi yapacak değil de bazı görevleri Dünya'dan uzaktan operatörlerle gerçekleştirebilir... Kafamı karıştıran bir diğer soru ise mekânsal organizasyon ve işlevsellik arasındaki konulardı. Görev kontrol merkezi ve iş istasyonları arasında bazı çakışmalar var...Anladığım kadarıyla astronomi çalışmaları için oraya bir şey konulacak bu mesela bir modül olacak. Bu modüle, sonuçta biz, elektrik-su-güç olarak bakıyoruz. Elektrik (güç)-su-hava (yaşam destek olarak) olarak bakıyoruz. Mesela bu modülün güç-hava ve su ihtiyacı nasıl sağlanabilir. Nasıl kapasite arttırımı yapılabilir? Belki öyle düşünülebilir. Her modül geldiğinde, benim ne kadar ekstra kapasite oraya koymam lazım, hub gibi düşünülebilir bunlar... (EK 1)

Uzman 3: ...Birinci ve ikinci soruyu birlikte düşünersek; su ile ilgili olarak, sürdürülebilirlik, döngüsellik noktasında birtakım çekincelerim oldu. Bunlardan biri, mekân organizasyonuna duşların katılması ya da çamaşırların yıkanma terimi. Çamaşırların suyla yıkanması terimi yerine alternatif sistemler geliştirilebilir mi? Aynı zamanda klasik bir duş belki alınmaz da o buhar üzerinde mi alınır ya da ıslak bezle mi vücut temizlenir. Dünya'da işlediği gibi bu hijyen sistemleri daha farklı işleyebilir...Suyun döngüsel çeviriminde ve su yönetiminde belki bu mekânsal organizasyonundaki çamaşır birimleri belki temizliği mi

demek gerekiyor yıkamak yerine. Duş yerine başka bir şey mi denilmeli işte cildin beden temizliği ya da hijyenle ilişkilendirerek başka bir terminoloji ihtiyaç duyar gibi şeyler aklıma geldi. Yine su ile ilişkili zannediyorum, Dünya'dan daha kısıtlı gidecek su, orada Ay ortamında regolitlerden veya buz tabakalarından suyun üretilmesi mümkünse suyun depolanma zincirini, iş akış zincirini tanımlamak gerekebilir. Regolitin olduğu yerde mi su çıkarılıp getirilir böyle bir tesise yoksa bir ham madde olarak getirilip işleyip dönüştürülüp sisteme entegrasyonu olur, depoya aktarılır, filtrelemeden geçirilir. Bunun bir mekânsal ihtiyacı var mıdır bilemedim. Oradaki en kıymetli şeylerden birisi nefes aldığımız oksijen ve bununla ilişkili çevrimse diğeri de su herhalde çok kısıtlı olduğu için. Hijyen ve dezenfektasyon için acaba alternatif başka hangi yaklaşımlara ihtiyaç duyulur, mekân organizasyonunu nasıl etkiler. Acaba, Dünya'dan gidecek kişiler için buradaki sirkadiyen ritimle ilgili olarak gün ışığını ya da işte sıcak-soğuk renkleri belirli bir şeyde tutmak üzere bir aydınlatma ihtiyacı oluşur mu? Bununla ilişkili iç mekanlarda bir şey olur mu, ikinci soru ve mekân organizasyonu ile ilişkili olarak. Gün ışığı çevrimi ve sirkadiyen ritim diye not almışım. Bir diğeri ise çevresel etmenlerle ilgili, pek çok şey söylendi, hali hazırdaki program taslağı da bunu kapsıyor. Örneğin, sıcaklığı kapsamakta, radyoaktif ya da radyasyon temelli değişimde alt-üst sınırlar ya da olası risklerle ilişkili birtakım ipuçları var. Elektromanyetik parazit oluşur mu? Bununla ilişkili olarak aslında koruyucu kalkan bu tesisin kabuk bölümü ve belirli bir ölçüde karşılıyor. Dış kabuğun dayanımları kapsamında uzay enkazı belki düşünülebilir mi?... (EK 1)

Uzman Ekip ile değerlendirme görüşmesi süresince, Türkiye Ay yerleşkesi mimari programında geliştirilmesi gereken yönler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bu geri bildirim süreci doğrultusunda, vurgulanan kavramsal, teknik ve mekânsal konular özetlenmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda mimari program önerisi güncellenmiş ve tezin nihai halinde yer almıştır.

- Mimari programın birey temelli mekânsal ayrımlarla kurgulanmasının yeniden düşünülmesi ve birincil olarak minimum bir ekiple minimize edip sonrasında modüler olarak genişleme politikasının önerilmesi
- Mekânsal organizasyonun netleşmesi için görsel-şematik modellemeler ile desteklenmesi gerekliliği
- Katmanlı insan kimliklerinin programda karşılık bulması gerektiği. Görev tanımlarının ötesinde sosyal, psikolojik rollerin desteklenmesi (ör. komedyen, sanatçı vb.).

- ‘Atmosfer, çamaşırların yıkanması, duşların bulunması’ gibi kavramların, Dünya koşullarına özgü terimlerden türetildiği için Ay yerleşkesine uygun alternatif terminolojinin geliştirilmesi gerekliliği
- Görev kontrol merkezi, iş istasyonları ve iletişim birimine tanımlanan fonksiyonel işlevlerin çakışması nedeniyle bu birimlerin tanımsal sınırlılıklarının daha net ifade edilmesi
- Tamamen kendi kendine yetebilirlik kavramının ve sürdürülebilirlik kapsamının mimari programda netleştirilerek, Dünya’da gönderilen kaynakların veya malzemelerin/ihtiyaçların minimize edilmesi ile sınırlandırılması
- Robotik inşa sistemlerinin ve yapay zekâ destekli yönetimin mimari programdaki mekanlara entegre edilmesi. Tele-operasyon ve karar destek sistemlerinin kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi
- Su üretimi ve geri dönüşüm süreçlerinin tüm lojistik zinciriyle tanımlanması. Su çıkarımı, işlenmesi, depolanması ve dağıtımı için mekânsal karşılıkların tanımlanması
- Hijyen sistemlerinin ve dezenfektasyon minimum su tüketimiyle çözülmesi. Buharlı temizlik, ıslak bez kullanımı gibi düşük kaynak tüketimli alternatif yöntemlere yönelinmesi
- Sirkadiyen ritim desteği için iç mekânlarda aydınlatma stratejilerinin geliştirilmesi. Gün ışığını simüle eden, sıcak-soğuk renk geçişli sistemlerin önerilmesi.
- Kilitli geçiş bölgeleri ve mekânsal geçiş kademelerinin kurulması. İç-dış mekân arasında hiyerarşik zonlama ve geçiş modülleriyle güvenli dolaşım sağlanması
- Yer altı mekânlarının büyüme stratejisi içinde değerlendirilmesi. Gerekli ekipman, dayanım ve lojistik altyapının programda tanımlanması

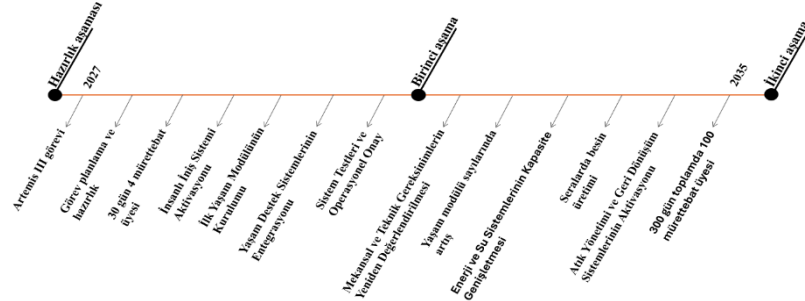
3.7. Nihai Ay Yerleşkesi Mimari Program Önerisi

Bu bölümde, Ay yerleşkesi mimari tasarım projesine yönelik geliştirilen ve toplamda kırk beş sayfadan oluşan nihai Ay yerleşkesi mimari program dokümanı yer almaktadır. Doküman; mimari programın amacını, hedeflerini, proje türünü, proje kapasitesini, proje ölçeğini, arazi bilgilerini, son kullanıcıyı ve mekânsal işlevlerin tanımlanmasını kapsamaktadır. Ay yerleşkesinde yer alan her bir birimin; mekânsal alt fonksiyonları, mekân gereksinimleri, barındırdıkları teknolojiler ve sistemler, enerji ve kaynak yönetimi bilgileri, çevresel koşullara karşı korunma stratejileri, yapı malzemeleri başlıkları altında sistematik bir biçimde yapılandırılmıştır. Programın içeriği, NASA standartları ve referans alınan diğer projeler doğrultusunda şekillendirilmiş olup, disiplinler arası bir uzman ekiple yürütülen verifikasyon süreci sonucunda son hâlini almıştır.

Çizelge 3.3. Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Ay yerleşkesi mimari programı

Örnek görsel



Şekil 1. Ay yerleşkesi kurulum şeması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Amaç

2027 yılında gerçekleştirilmesi planlanan Artemis III programı Ay'ın Güney Kutbuna ilk mürettebatı indirmeyi planlamaktadır. Artemis III programı kapsamında, Ay yüzeyine iniş yapan iki kişilik mürettebat, 6,5 günlük görev süresini tamamladıktan sonra Ay Yakın Doğrusal Halo Yörüngesine (NRHO) dönecek ve ardından Dünya'ya dönüş yapacaktır. Artemis III görevinin başarılı bir şekilde tamamlanması öngörülmüş olup, bu doğrultuda programın oluşturulması bağlamında, sonraki aşamada uzun vadeli görevler için Ay yerleşkesinin kurulmasına yönelik mimari program önerisinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Önerilecek yerleşke tasarımının inşaa süreci birinci ve ikinci aşama olarak kurgulanmıştır. Türkiye'nin Ay üssü yerleşkesine varışı için ilk aşamanın 2035 yılında gerçekleşmesi planlanmaktadır. Bu plan doğrultusunda, Ay yüzeyinde iki aşamalı olarak inşaatı gerçekleştirilecek olan Ay yerleşkesinin birinci ve ikinci aşamasında yer alacak mimari mekanların tanımlanması ve bu mekanların mimari program dahilinde detaylandırılması amaçlanmaktadır. Birinci aşamada, 4 kişinin konaklayabileceği yaşam modülü ve zorunlu mekanlar yer alırken ikinci aşamada sayısı artan yaşam modüllerine teknik altyapılarda dahil edilerek mimari program önerisi oluşturulmuştur. İkinci aşamada, Türkiye'nin Ay yerleşkesine varışı için öngörülen tarih 2035 yılı olup, önerilecek yerleşke 96+4 kişinin yaşayabileceği kapasitededir. Mürettebat sayısının belirlenmesinde, Space X şirketinin Starship roketinin 100 kişilik kapasiteye sahip olması etkili olmuştur. Mürettebat üyeleri tek bir seferde Starship ile Ay yerleşkesine inebileceklerdir. Bu plan doğrultusunda, mürettebat üyeleri Ay yüzeyine gelmeden önce, Ay yerleşkesinin inşaatı tamamlanmış olacaktır. Bu kapsamda, 100 kişinin Dünya'dan kaynak kullanımını minimize edebilecek bir şekilde, yaşam modülleri ve teknik altyapı bileşenlerini içeren bir mimari program önerisi oluşturulmuştur. NASA'nın STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistem Standard Kılavuzları (NASA Spaceflight Human-System Standard) ve İnsan Entegrasyonu Tasarım El Kitabı (Human Integration Design Handbook) mimari program yazımında sınırlayıcı parametrelerin tanımlanmasında altlık olmuştur. Bu standartlar, insan kapasitesini ve sınırlamalarını anlamaya yardımcı olurken, insan faktörlerini mimari standartlara entegre ederek program yazımında kullanımı mümkün kılmıştır. Yerleşke için gerekli birimlerin belirlenmesinde ve tanımlanmasında bu standartlar önemli bir rol oynamıştır.

Hedef

Ay yerleşkesi mimari program önerisi oluşturmak amacıyla literatürde yer alan mimari programlama yöntemlerini analiz etmek ve en uygun mimari programlama yöntemini kullanmak hedeflenmiştir. Literatürden belirlenen mimari programlama yönteminin, Dünya kaynaklı olması nedeniyle Ay yerleşkesi mimari programı oluşturma amacına yönelik olarak aşağıdaki hedef adımlar sıralanmıştır:

- Dünya'daki ve Türkiye'deki Uzay çalışmalarına yönelik olarak mevcut durum analizi gerçekleştirmek
- Ay yerleşkesi mimari programı oluşturmak amacıyla en uygun mimari programlama yöntemini literatürden saptamak ve Ay yerleşke tasarımına uygun olarak revize etmek
- Uluslararası alanda ve Türkiye'de yapılan, Ay yüzeyinde kurulacak olan yerleşke tasarım çalışmaları incelemek ve analiz etmek
- Ay koşullarını tanımlamak ve Ay koşullarında yapı yapım yöntemlerini incelemek ve en uygun yöntemi saptamak
- Tez kapsamında incelenen mevcut projelerin mekânsal analizlerini gerçekleştirmek
- Tanımlanan örnek projelerde: habitat konumu, habitat malzemesi, mürettebat sayısı, görev süresi, habitat için gerekli altyapı sistemi, önerilen mekanların büyüklüğü, önerilen mekânsal birim tanımlamalarını saptamak ve program yazımında faydalanmak
- Mekânsal tanımlamalardaki sınırlılıklar için NASA'nın STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistemi Standard Kılavuzunu ve İnsan Entegrasyonu Tasarım El Kitabını temel almak

Çizelge 3.3. (Devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Ay yerleşkesi mimari programı

Proje türü

İlk aşamada, Ay yüzeyinde Dünya'dan gelen kaynaklar ile varlığını sürdürecektir olan, ikinci aşamada da ise Ay kaynaklarını kullanarak ve Dünya'dan gelen kaynakları minimize edilmesiyle sürdürülebilir bir yaşam olanağı sunan bir yerleşke tasarımı projesidir. İlk aşamada mürettebat sayısının ve Ay yüzeyindeki konaklama süresinin belirlenmesinde, Artemis III programı etkili olmuştur. İlk aşamanın ön hazırlık adımı 4 kişilik mürettebatın ihtiyaç duyacağı tüm bileşenler insanlı iniş sistemi içerisinde (human landing system) yer alacaktır. Bu kaynaklar ortalama olarak 30 gün yetecek düzeydedir. Ön hazırlık sürecinde, mürettebat The Dynetics tarafından önerilen insanlı iniş sistemi içerisinde barınacaktır (bkz. Uzay aracı içerisinde yaşam). Bu iniş sistemi iki kişinin yaşamsal faaliyetlerini sürdürecektir düzeyde tasarlanmıştır. Bu nedenle iki farklı insanlı iniş sistemi kullanılacaktır. Ön hazırlık sürecinin tamamlanması ile 4 kişilik mürettebat üyesi insan iniş sisteminden, inşa edilmiş olan ilk Ay yaşam modülüne transfer edilecektir. İlk Ay yaşam modülü içerisinde, dört kişilik mürettebat üyesi için gerekli besin, su ve hijyen ekipmanları yer almaktadır. Bilimsel araştırmalar yürütmek amacıyla, Dünya'dan 96 kişilik ekip yerleşkenin büyüme ve genişleme sürecinde rol alacaktır. İkinci aşamada ise Ay kaynaklarında olan; Ay toprağı (regolit) ve su buzunun çeşitli faaliyetlerdeki ve düzeylerdeki kullanımı ile yerleşkenin uzun vadede sürdürülebilir olması böylece Dünya'dan gönderilen kaynakların asgari düzeye indirilmesi planlanmaktadır. Yerleşke içerisinde yer alan tüm birimler, Dünya'dan taşınan membran malzemelerin Ay yüzeyinde inşa edilmesi ve bu malzemenin üzerine koruyucu katman görevi gören regolit tabakasının üç boyutlu yazıcılar tarafından yazdırılması sonucu inşa edilmektedir. Tüm birimlerde çok katmanlı bir yapı kabuğu önerilmiştir. Bu yapı kabuğu; iç katman olarak termal kontrol ve yalıtım sağlayan Combitherm, izolasyonlu köpük katmanı içeren Nextel yalıtım katmanı, radyasyon koruma ve gaz geçirgenliği kontrolü sağlayan PTFE membran katmanı, yüksek mukavemetli ve mikrometeorit çarpmalarına dayanıklı Vectran yapısal kabuk ve Nomex koruma katmanından oluşmaktadır. Membran malzemenin diğer malzemelere kıyasla daha hafif özellikte olması, uzay aracının kalkışı sırasında kütle azalmasına olanak sağlaması, daha küçük hacimlerde katlanabilme ve sıkıştırabilme yeteneği (URL-32) malzemenin seçilmesinde etkili olmuştur. Ay'da vakum ortamının bulunmasından kaynaklı, dış kabuğun içe doğru çökmesini engellemek amacıyla, iç basınç dış basınçtan her zaman daha fazladır. Aynı zamanda, modül kabuğunun iç çeperinde membran sistemi destekleyen taşıyıcı profiller bulunmaktadır. Yerleşkede yer alan her bir birim modüllerdir ve birbirinden bağımsız olarak basınçlandırılmaktadır. Ay yerleşkesi genişledikçe ve yeni altyapı birimleri eklendikçe, bireysel modüller özelleştirilebilmektedir. Örneğin, ilk modüller yalnızca yaşam modüllerine dönüştürülebilir ve bilimsel çalışmalar için yeni bir laboratuvar modülü eklenilebilir (Sherwood, 2010). Yerleşke içerisinde yer alacak mürettebat üyeleri bilimsel çalışmalar yürütebilecek kapasitede ve farklı disiplinlerde uzman kişilerden oluşacaktır. Kalıcı bir yerleşke kurma ve yerleşkenin genişletilmesine yönelik olarak Ay yüzeyinde gerçekleştirilecek faaliyetler hem insan hem de robotik görevleri kapsamaktadır. Ay kaynaklarının araştırılmasına yönelik olarak yapılacak bilimsel çalışmalar; su buz birikintilerini, regoliti, güneş enerjisinin kullanımı ile oksijen, hidrojen, çeşitli metal ve ürünlerin üretilmesini ve üretilen ürünlerin sürdürülebilir bir yerleşke için nasıl kullanılacağına dair süreçleri kapsayacaktır. Yeni kaynakların bulunmasına yönelik olarak yürütülen çalışmalar için yoğun saha gezileri düzenlenecek ve bu çalışmalarda araç dışı aktivite görevleri gerekecektir. Bu nedenle tüm modüller yüksek güvenlik gereksinimlerine sahip ve ilgili modüller araç dışı aktiviteleri yürütecek roverlar ile kolayca kenetlenilebilir özelliğe sahip olmalıdır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Ay yerleşkesi mimari programı

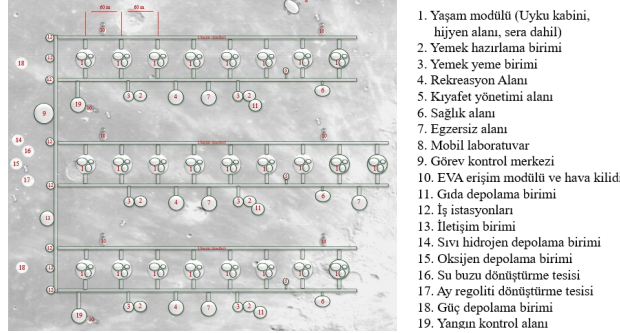
Proje ölçeği

Önerilen yerleşke içerisinde toplamda 25 adet yaşam modülü ve çeşitli işlevlere sahip teknik birimler yer almaktadır. Her bir yaşam modülü içerisinde dört adet uyku birimi ve bir adet hijyen alanı yer almaktadır. Her bir uyku birimi 15 m² olup bir adet yaşam modülü içerisinde 60 m²'lik kısım uyku birimlerine ayrılmıştır. Bir yaşam modülünde, ortak olarak 4 kişinin kullanabileceği 1 adet hijyen modülü yer alabilmektedir. Bu hijyen modülü 15 m² olarak önerilmiş ve bu alan içerisinde yıkanma alanı+wc+lavabo+depolama dolapları yer almaktadır. Yaşam modülü ile doğrudan ilişkili sera (aerobik laboratuvar) 200 m² olarak önerilmiştir. Yemek hazırlama alanı ve yemek yeme alanı birbirinden farklı modüller olarak önerilmiştir. Ancak aynı alan içerisinde, farklı modüller içerisinde de önerilebilmektedir. Yemek hazırlama alanı, her 20 kişi için 50 m² olarak önerilmiştir. Tüm yerleşkede 5 adet yemek hazırlama alanı yer almaktadır. Tüm yerleşkedeki 100 kişi için toplamda 250 m² yemek hazırlama birimi olarak kurgulanmıştır. Yemek yeme alanı doğrudan yemek hazırlama alanı ile ilişkili olup her 20 kişi için 40 m² olarak önerilmiştir. Yerleşkede yer alan rekreasyon alanı (ortak alan) her bir modülü için 75 m² olarak önerilmiştir. Toplamda üç farklı bölgede konumlandırılan rekreasyon alanları farklı zaman dilimlerinde kullanılabilmektedir. Yerleşkedeki mürettebat üyelerinin kas ve iskelet sistemlerini güçlendirmelerine yönelik olarak gerçekleştirdikleri fiziksel aktiviteler egzersiz alanında yapılmaktadır. Egzersiz alanı 25 kişilik kapasiteye sahip olup 75 m² olarak önerilmiştir. Yerleşke içerisinde toplamda 4 adet farklı yerlerde konumlandırılmış egzersiz alanı kurgulanmıştır. Farklı disiplinleri içerisinde barındıran 3 adet sağlık alanı önerilmiştir. Bu sağlık alanı 45 m² olup üç farklı konumda yerleştirilmiştir. Yerleşkede kıyafet yönetimi sistemi için 5 farklı yerde konumlandırılan 20 m²'lik modüller önerilmiştir. Bu modüller içerisinde temiz kıyafetlerin depolandığı ve kirli kıyafetlerin temizlendiği alanlar yer almaktadır. Yerleşke içerisinde 30 m² büyüklüğe sahip mobil bir laboratuvar önerilmektedir. Bu mobil laboratuvar EVA erişim modülüne doğrudan kenetlenilebilir özelliğine sahiptir. Yerleşkede depolama birimleri işlevlerine göre farklı konumlarda konumlandırılmış ve depolama birimleri için net bir mekânsal büyüklük tanımlanmamıştır. Depolama birimlerinin büyüklükleri barındırdıkları işlevler doğrultusunda farklı disiplinlerdeki uzman kişiler ile birlikte önerilmelidir. Yerleşke içerisinde yer alan merkezi depolama biriminde tüm yerleşkenin teknik ekipman yedekleri bulunmakla birlikte farklı birimler tarafından kullanılan ekipmanlarda yer almaktadır. Bu birim yerleşkenin teknik depolama birimi olarak işlevlendirilmiştir. Diğer depolama birimleri arasında; gıda depolama birimi, hijyen depolama birimi, sıvı hidrojen depolama birimi ve sıvı oksijen depolama birimi yer almaktadır. Yerleşkede, yüzey görevlerinin yürütülmesi ve gündelik hayatın sürdürülebilmesi için mürettebat üyelerinin çalışmalarına yönelik olarak farklı işlevlere sahip çalışma alanları (workstation) önerilmiştir. Çalışma alanları birbirine yakın konumda yerleştirilebildiği gibi birbirinden bağımsız olarak da yerleştirilebilmektedir. Yerleşke içerisinde sekiz farklı iş istasyonu önerilmiştir. Bu istasyona ait işlevler çalışma alanları(workstation) başlığı altında detaylı olarak verilmiştir. Yerleşkede bir adet görev kontrol merkezi yer almakta olup bu merkez doğrudan toplantı odası ile ilişkilidir. Görev kontrol merkezi 250 m² olup toplantı odası ise 120 m² olarak önerilmiştir. Görev kontrol merkezinde ve toplantı odasında farklı istasyonlar tarafından yürütülen ortak görevlerin planlanması ve tüm yerleşkeye ait konular görüşülmektedir. EVA erişim modülü ve hava kilidi birbiri ile doğrudan ilişkilidir. Tek bir EVA erişim modülü iki adet hava kilidi ile doğrudan ilişkilidir. Yerleşkenin farklı konumlarına yerleştirilen 8 adet EVA erişim modülü önerilmiştir. Her bir EVA erişim modülü iki adet 10 m²'lik hava kilidini de içinde barındırarak toplamda 30 m²'lik bir alana sahiptir. Güç istasyonunda güneş panellerinden üretilen enerji depolanabildiği gibi güç istasyonuna yakın bir konumda önerilen güç depolama merkezinde yerleşkenin karanlık gün döngülerinde kullanacağı lityum bataryalar depolanmaktadır. Güç depolama merkezinde her bir yaşam modülü için 240 kg lityum batarya önerilmekte olup tüm yerleşke için ise minimum 5.760 kg (24 adet yaşam modülü için) lityum bataryanın depolanması önerilmektedir. Yerleşkenin her bir sekiz adet yaşam modülü ve bu modüller ile ilişkili teknik birimler için 100 m²'lik alana sahip yangın kontrol birimi önerilmiştir. Yerleşkede farklı alanlarda konumlandırılan üç adet yangın kontrol birimi yer almaktadır. Yerleşkede önerilen iletişim birimi, atmosfer yönetimi sistemi, su yönetimi sistemi, atık yönetimi sistemi ve güç istasyonu için mekânsal büyüklük önerilerinde bulunulmamıştır. Atık yönetimi sistemi içerisinde farklı atıkların dönüşümünde rol oynayan atık yönetimi birimleri yer almaktadır. İnsan atığı yönetim birimi, gıda atığı yönetim birimi, laboratuvar atığı yönetim birimi ve Ay kaynaklarının kullanımı sonucu oluşan atığın yönetim birimi atık yönetimi sistemi içerisinde yer alan birimler arasında yer almaktadır. Su yönetimi sistemi içerisinde atık gri su deposu, içilebilir temiz su deposu ve su buzundan elde edilen temiz su deposunun yer alması önerilmektedir.

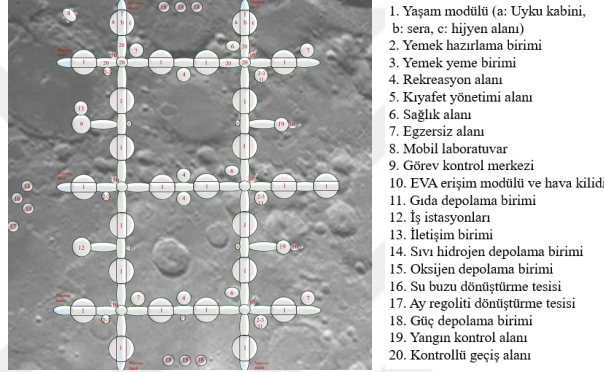
Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Ay yerleşkesi mimari programı

Örnek görsel



Şekil 1. Ay yerleşkesi için önerilen birinci alternatif tasarımı önerisinin şematik gösterimi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 2. Ay yerleşkesi için önerilen ikinci alternatif tasarımı önerisinin şematik gösterimi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Proje ölçeği

Mimari program kapsamında önerilen mekanlar arasındaki ilişkilerin daha net bir şekilde anlaşılması amacıyla, alternatif Ay yerleşkesi tasarım senaryolarına yönelik şematik görseller geliştirilmiştir. Şekil 1'de, Ay yerleşkesi tasarımında, yaşam modülleri, birbirine paralel olarak yatayda veya dikeyde beşerli sıra halinde veya farklı düzenlemelerde araziye yerleştirilebilir. Yatayda beş sıra halinde yerleştirilen yaşam modülleri birbirine ulaşım tünelleri ile bağlanmaktadır. Yerleştirilen yaşam modülleri arasında kalan ara geçiş bölgelerinde, yemek hazırlama alanı, yemek yeme alanı, rekreasyon alanı, kıyafet yönetimi alanı, sağlık alanı, egzersiz alanı, sera alanı, depolama alanları, araç dışı aktivite erişim modülü, hava kilidi yer almaktadır. Yaşam modüllerinin araziye bakan yönlerine ise teknik birimler konumlandırılabilir. Bu teknik birimler arasında; görev kontrol merkezi, toplantı odası ve çalışma alanlarının (workstation), iletişim birimi, mobil laboratuvar alanı, atmosfer yönetimi sistemi, su yönetimi sistemi, atık yönetimi sistemi, su buzu dönüştürme tesisi, Ay toprağı dönüştürme tesisi, yangın kontrol alanı, güç istasyonu ve güç depolama merkezi yer almaktadır. Diğer bir alternatif yerleşke önerisi ise, Şekil 2'de yer almaktadır. Yerleşkenin genişleme prensibi, dört farklı yaşam modülünün bir araya gelmesi temelinde yapılandırılmıştır. Yaşam modülleri ile diğer işlevli modüller, kontrollü geçiş modülü aracılığıyla birbirine bağlanmaktadır. Dörtlerli gruplar halinde bir araya gelen yaşam modülleri, merkezde ortak bir alan oluşturarak bu bölgeye rekreasyon, egzersiz, sağlık ve kıyafet yönetim birimlerinin yerleştirilmesini mümkün kılmıştır. Yemek yeme alanı, yemek hazırlama alanı ve gıda depolama birimi aynı alan içerisinde farklı modüllerde önerilmiştir. 8 farklı işleve sahip olan iş istasyonları tek bir alan içerisinde farklı modüllerde önerilmektedir. Görev kontrol merkezi ve iletişim birimi birbiri ile ilişkili olacak şekilde yakın konumda önerilmiştir. Su buzu dönüştürme tesisi, oksijen depolama birimi, sıvı hidrojen depolama birimi, Ay regoliti dönüştürme tesisi yaşam modüllerinden uzakta önerilmektedir. Güç depolama birimleri enerji ihtiyacına bağlı olarak yerleşkenin farklı bölgelerinde ve farklı konumlarda önerilmiştir. Dış çeperde yer alan yaşam modüllerine, sera ile ilişkili manzara tünelleri entegre edilmiştir. Sera üzerinden geçiş sağlanan bu tüneller, Ay yüzeyinin seyredilebilmesine imkân tanımakta ve aynı zamanda alternatif bir rekreasyonel bir mekân olarak işlev görmektedir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

*Ay yerleşkesi mimari programı**Proje kapasitesi*

Ay yerleşkesi tasarımı projesinde, yerleşkedeki birimler Dünya'daki birimlerden farklılaşmaktadır. Bu farklılıklar doğrultusunda, yaşamsal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için alt sistem mimari bileşenlerin tanımlanması gerekmektedir. Kaynak yönetimi, üretim süreçlerinin planlanması ve yaşam destek teknolojilerinin entegrasyonu, yerleşkenin işlevselliği açısından önemlidir. İlk aşamada, insanlı iniş sistemini kullanan ilk mürettebat üyeleri, inşaatı tamamlanmış olan yaşam modülüne geçiş yapabilecektir. Her bir yaşam modülü 4 kişiye ev sahipliği yapabilecek kapasitededir. Yerleşkede 100 kişinin yaşamsal faaliyetleri karşılanabilecek düzeyde üretim ve planlama yapılacaktır. Birbirinden bağımsız olarak tasarlanan yaşam modülleri 4 kişiyi barındırabilecek özelliktedir. Bu modül içerisinde 4 kişinin yaşamsal ihtiyaçlarının karşılandığı farklı modüller yer almaktadır. Her bir yaşam modülünde dört adet uyku modülü, bir adet hijyen alanı yer almaktadır. Yaşam modülü doğrudan bir adet sera (aerobik laboratuvar) ve ulaşım koridoru(modülü) ile ilişkilidir. İlk aşamada, 4 kişilik mürettebat üyelerinin besin ve su ihtiyacı insanlı iniş sistemi içerisinde yer almaktadır. İkinci aşamada ise, aerobik laboratuvar da yaşam modülü içerisindeki 4 kişinin besin ihtiyacına yönelik olarak besin üretilmektedir. Üretilen besinlerin fazlası gıda depolama tesisinde depolanacaktır. İçilebilir su, işlevsel su (kullanılabilir gri su) ve enerji üretmek amacıyla önerilen, Su Buzu Dönüştürme Tesisi su buzu kaynaklarının bulunduğu noktalara yakın konumlarda önerilmiştir. Su buzu dönüştürme tesisinin işlevsel şeması Su Buzu Dönüştürme Tesisi başlığı altında detaylandırılmıştır. Aynı zamanda yerleşkede, oksijen ve hidrojen yakıt olarak kullanılması nedeniyle sıvı halde depolanmaktadır. Bu nedenle yerleşke içerisinde su buzu dönüştürme tesisine yakın yerde konumlandırılan sıvı hidrojen ve sıvı oksijen depolama tesisleri yer almaktadır. Yerleşkede, Ay toprağının inşaat malzemesi olarak üretimini sağlayan Ay Toprağı Dönüştürme Tesisi yer almaktadır. Bu tesis, Ay toprağı maden bölgesine yakın bir konumda önerilmektedir. Enerji üretimi ve kaynak üretimi tesislerinin kapasite olarak büyüklükleri farklı disiplinlerdeki uzman kişiler ile teknik bilgiler doğrultusunda önerilmelidir. Bu nedenle, bu tesislerin hacimsel büyüklükleri programda önerilmemiştir.

Arazi bilgileri

NASA'nın Ay haritalama ve modelleme Platformu (Lunar Mapping and Modeling Platform-LMMP) ve Ay Güney Kutbu Atlası yer seçiminin belirlenmesinde ve arazi analizinde kullanılmıştır (URL-15; URL-33) Ay'ın her iki kutbundaki düşük rakımlı alanlar kalıcı olarak güneş ışığından korunmuştur. Kutuplarda yer alan sürekli gölgeli alanlar büyük miktarda su ve diğer uçucu maddeleri barındırmaktadır. Ancak, bilimsel veriler suyun nasıl ve hangi konsantrasyonda biriktirildiği konusunda hala belirsizdir (Petrov ve diğerleri,2019). Donmuş suyun yoğun olarak kutup bölgelerinde bulunması, yerinde kaynak kullanımına uygunluğu, yüksek rakımlı bölgelerinin uzun süreli güneş ışınlamına maruz kalması nedeniyle Ay'ın Güney Kutbu C1 Bölgesi habitatın yerleştirileceği arazi olarak seçilmiştir. Ay Güney Kutbu C1 Bölgesi; Shackleton, de Gerlache, Sverdrup, Shoemaker, Slater, Haworth, Faustini, Nobile ve Cabeus kraterleri yer almaktadır. Bu bölgeler kalıcı gölgeli alanlara sahip olması ve su buzu rezervlerinin potansiyel varlığı nedeniyle yerleşkelerin kurulması açısından önem arz etmektedir. Önerilen yerleşke tasarımı Ay'ın C1 bölgesinde yer alan Shackleton kraterin kenarı yerleşkenin kurulacağı alan olarak belirlenmiştir. Diğer potansiyel alanlar çeşitli yerleşkelerin konum önerileri için seçilebilmektedir. (bkz; Pneuoplanet habitat tasarım projesi; Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması Profesyonel Kategori Projeleri). Ay yerleşkelerinde Ay'ın karanlık dönemlerinde kullanılmak üzere enerji depolarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ay'ın Güney Kutbu C1 bölgesinde kurulacak bir habitat için ortalama en uzun karanlık gün 4 gündür.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Uyku kabini</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>
Uzay yolcuları dünyanın yerçekiminden çıktıklarında uyuyabilmekte ancak yolcuların uyudukları uyku verimli olmamakta ve bu duruma bağlı olarak uyku bozuklukları yaşanmaktadır (Monk, Buysse, Billy, Kennedy ve Willrich, 1998). Farklı mekanlarda gerçekleştirilen Mir ve Skylab görevleri diğer uzay mekiği görevleri de dahil olmak üzere çeşitli görevler sırasında gerçekleştirilen uyku kayıtlarında, dünyadaki uykuya kıyasla, uzayda insan uykusunda geçen sürenin daha kısa olduğu ve ortalama altı saat olduğu sonucunu desteklemektedir. Uzay görevi sırasında yorgunluk ve uykusuzluk problemini yönetmek, mürettebatın zihinsel verimliliği, güvenliği ve nihayetinde görevin başarısı için kritik öneme sahiptir. Gezegenler arası görevlerdeki uyku bozuklukları, bireyler arası farklılıklar da dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Yaş ve cinsiyete ek olarak, aydınlık-karanlığa maruz kalma süresi, ortam sıcaklığı, izolasyon, yanlış duruş pozisyonları, gürültü, uzay ve hareket hastalığı, idrar ihtiyacı, fiziksel kısıtlamalar, gündelik fiziksel aktivitelerdeki değişiklikler, uzun/olağandışı uyku-uyanıklık durumu, mürettebatın vardiyalı çalışma programı veya diğer genel halsizlikler psikomotor performansın azalmasına neden olabilir (Pandi-Perumal ve Gonfalone, 2016). Bu nedenle Ay yerleşkesinde konaklayacak insanlar için mürettebat konaklama birimlerinde sirkadiyen uyumlama (circadian entrainment) sistemleri önerilmektedir. Sirkadiyen uyumlama için gereken teknik ekipmanlar yapı kabuğu içerisine gömülecektir. Yapay ışık döngüleri ile mürettebatın biyolojik saatlerinin korunması planlanmaktadır. NASA 3001 standartlarına göre mürettebat üyeleri için ortalama 8,5 saatlik uyku periyodu önerilmektedir. Bu zaman içerisinde 2 saatlik uyku öncesi ve 1,5 saatlik uyku sonrası uyku da dahil edilmektedir. Uzay araçlarının fırlatma, kenetlenme, ayrılma ve iniş saatlerinin öncesi ve sonrasına göre bireylerin uyku programları düzenlenmelidir (NASA-STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistemi Standard Kılavuzu Revizyon C, 2023). Program önerisi kapsamında uyku kabinleri gürültülü spor aletleri içeren egzersiz alanlarından, yüksek sese neden olabilecek teknik birimlerden ve kokunun bulunduğu yemek hazırlama ve yemek yeme birimlerinden uzakta konumlandırılabilir. Her bir uyku birimi içerisinde mürettebatın kişisel eşyaları için bir adet depolama dolabı ve bireysel çalışmasına yönelik olarak çalışma masası ve sandalyesi yer almalıdır. Pneuoplanet projesinde önerilen uyku bölmesi 13 m²'dir. Moon Station yarışma projesinde her bir uyku alanı için 7 m² önerilmiştir. Programda önerilen uyku modülünün içerisinde kişisel depolama alanı ve çalışma alanı bulunmasından dolayı her bir mürettebat üyesi için 15 m² uyku alanı önerilmiştir. 96 kişinin yaşayacağı yerleşkede her bir yaşam modülünde 4 adet uyku alanı yer almaktadır. Bu nedenle yaşam modülünün 60 m²'sini uyku kabinleri oluşturmaktadır. Uyku kabinlerinde ışık düzeyi ayarlanabilir özellikte olmalıdır. Ayrıca, uyku birimi ve çalışma istasyonları arasındaki ışık düzeyi farklılığının yerleşkede yaşayanlar üzerinde etkilerinin en aza indirilmesi için ışığın aydınlatma şiddeti kademeli olarak düzenlenmelidir. Yerleşkede kullanılan aydınlatma sistemleri gece-gündüz döngüsünün düzenlenmesi için uygun ışığı sağlayarak gece-gündüz döngüsünün oluşturulmasında önemli role sahiptir. Uzay görevlerinde kullanılan çeşitli aydınlatma türleri (akkor (incandescent), floresan (fluorescent), yüksek yoğunluklu deşarj (high-intensity discharge) ve katı hal (solid state) bulunmasına karşın aşırı çevresel koşullar nedeniyle çoğunlukla katı hal (solid state) ışık kaynağı tercih edilmektedir. (NASA, Human Integration Design Handbook: 764-765) Yaşam modülü içerisinde yer alan dört adet uyku modülüne, hijyen alanına ve ulaşım koridoruna iç geçiş kapıları ile erişim sağlanmaktadır. İç kapılara ışık azaltma, görsel mahremiyet, gürültü azaltma ve yangın gibi acil durumlar karşısında önlem amaçlı ihtiyaç duyulmaktadır (NASA, 2014: 709)	

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Hijyen kabini <i>Mürettebat üyelerinin hijyen gereksinimleri için kullandığı birimdir. 1 adet yaşam modülü içerisinde = 1 adet hijyen alanı bulunur Yerleşkede 25 adet yaşam modülü için = 25 adet hijyen alanı bulunur</i>
Birim Konumu	<i>Uyku kabini ve ulaşım koridoruna yakın bir konumda Koku, nem, ısı ve hijyen nedeniyle; yemek hazırlama ve yemek yeme birimlerinden uzakta</i>

Örnek görsel



Hijyen kabini için örnek görseller (NASA,2014: 601)

<i>Kategori</i>	<i>Alt fonksiyonlar</i>	<i>Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji</i>	<i>Enerji ve kaynak tüketimi</i>	<i>Güvenlik ve acil durumlar</i>
Açıklama	Hijyen alanı: Antre+wc+yıkama alanlarını içerir. Vücut temizliği, tuvalet ihtiyacını giderme, diş fırçalama, yüz yıkama, giysi giyme ve çıkarma, kişisel temizlik ihtiyaçları	Giymeye ve soyunmanın gerçekleştiği giriş alanı, vakum destekli duş sistemi, kişisel depolama hacmi, hijyen malzemelerinin depolama hacmi, çöp toplama haznesi, vakumlu klozet, tuvalet güç tankı, tuvalet su haznesi, idrar transfer sistemi, tuvalet atık haznesi, kişisel hijyen kiti (diş fırçası, diş macunu, saç fırçası, deodorant, tırnak makası, tıraş malzemeleri, kontak lens kitleri vb. içerir). Kişisel peçeteler ve beden temizliğinde kullanılacak su ile ısıtılabilen havlular	LED aydınlatma ve akıllı sensörler Vakumlu klozet sistemi için güç tankı	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Portatif yangın söndürücü
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	* Maks. yükseklik: 2.40 metre * 1 adet yaşam modülü için 1 adet hijyen alanı: 15 m ²	Giriş alanı (Antre) : 5 m ² (bu alan içerisinde dolaplar da bulunacaktır) *4 kişi için 4 adet kişisel depolama hacmi, 1 adet hijyen depolama hacmi, 1 adet çöp toplama haznesi, 1 adet vakumlu klozet ve alt sistem ekipmanları, 1 adet vakum destekli duş kabini *1 adet hijyen kiti 30*30*20 cm, *1 adet peçete içeren kutu 20*30*10 cm *1 adet kişisel havluları içeren kutu 20*40*20 cm	1 adet tuvalet sisteminin mekanik, elektrik ve sıvı transferi için gerekli olan enerji tüketimi miktarı ayrıca hesaplanmalıdır * 15 m ² hijyen alanında aydınlatma için harcanan enerji miktarı	1 adet yaşam modülü için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	4 mürettebat üyesi için: 15 m ² ortak alan 100 mürettebat üyesi için hijyen alanı: 15 m ² x 25 yaşam modülü =375 m ²	25 adet hijyen alanı=375 m ² alan için *25 adet vakumlu klozet ve sistem gereksinimleri *100 adet kişisel dolap * 25 adet hijyen dolabı *25 adet çöp toplama haznesi * 25 adet vakum destekli duş kabini, 25 adet hijyen kiti, 25 adet peçete kutusu, *25 adet havlu kutusu	25 adet hijyen modülünün Led aydınlatma boyutları ve klozet sistem boyutları disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	25 adet hijyen modülü: *25 adet duman dedektörü *25 adet acil çıkış gösterge paneli
Kullanıcı kapasitesi	4 kişi ortak alan olarak kullanılmaktadır	*Hijyen birimin de yer alan duş sistemi, klozet ve lavabo 4 kişi tarafından ortak kullanılır *Kişisel dolap, hijyen kiti, havlular ve peçeteler kişiye özeldir ve her biri 1 kişi tarafından kullanılır	4 kişinin 24 saatlik süre boyunca hijyen alanını kullanması durumunda, ortalama oksijen tüketimi ve açığa çıkan karbondioksit miktarı	Her bir hijyen modülünde acil durumlarda kullanılacak 1 adet portatif yangın söndürücü bulunur
Çevresel koşullardan koruma	Strüktür: taşıyıcı çerçeve+ışırılabilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yapay yerçekimi sistemleri	Oksijen dönüşüm sistemi CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Hava geçirmez iç geçiş kapısı * Beyaz aydınlatma sistemleri * Metal kompozit dolaplar * Ses ve su yalıtımı malzemesi	Hafif kompozit materyaller (Dünya'dan gönderimi sırasında daha az enerji harcanır)	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Ortalama olarak 1 kişinin dışkılama sayısı 2 ve idrara çıkarma sayısı max. 6 olarak kabul edilmiştir. 1 kişinin maksimum her dışkılamada 500 gr/500 ml atık ve max. 1L idrar oluşacağı varsayılmıştır. 4 kişi 1 günde 4000 gr./4000 ml dışkı ve 24L idrar üreteceğinden dışkı+idrar toplama haznesi min. 25 litrelik hacme sahip olmalıdır. 1 adet hijyen alanında 1 adet 0.2-0.5 m³lük atık toplama haznesi bulunacaktır (NASA, 2014).

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Hijyen kabini</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Önerilen hijyen alanı içerisinde bir giriş alanı, bir yıkanma alanı, bir klozet, bir lavabo ve dolaplar yer almaktadır. Hijyen alanı, kendi içerisinde iki farklı birime bölümlenmiştir. Yıkanma alanı ve kişisel hijyen kitlerinin bulunduğu dolapları içeren birim ile klozet ve lavaboyu içeren birim farklı alanlarda kurgulanmıştır. Kişisel hijyen kitleri, hijyen alanında yer alan dolaplarda saklanabilir ve bu dolaplar hijyen alanı içerisinde girişte(antrede) yer alabilir. NASA-3001 standartlarına göre her ekip üyesi; diş fırçası, diş macunu, saç fırçası, deodorant, tırnak makası, tıraş malzemeleri, tampon ve kontak lens kitleri gibi malzemeler içeren kişisel hijyen kitine sahiptir. Kişiler, giriş alanını giysilerini giymek ve çıkarmak için kullanır ve bu alanda gizlilik sağlanmalıdır. Depolama dolaplarının da bulunduğu giriş alanında, yaşam modülünün temizliğinde kullanılacak temizlik malzemeleri de yer almaktadır. Aynı anda iki kişinin kullanımına imkân tanımak amacıyla yıkanma/wc alanı farklı birimlerde fakat aynı modül içerisinde kurgulanmıştır. İlk aşamada, yıkanma alanında mürettebat üyeleri, vücut temizliği için suyla ıslatılabilir özellikteki yeniden kullanılabilir havluların yanı sıra, vakum destekli duş kabiniyle basınçlı su sistemleriyle vücut temizliğini gerçekleştirebilirler. İkinci aşamada ise, Ay kaynaklarından olan su buzunun kullanımı ile üretilen arıtılmış su, duş sistemine dahil edilebilir. Vakum destekli duş kabini, duş başlığına sahip esnek bir hortuma sahiptir. Her bir banyo sürecinde, kişisel hijyen tankına bağlı olan duş başlığından 2,8 litre su püskürtülmektedir. Yıkanma sonrasında oluşan atık su, kabin içerisinden vakumlanarak yeniden kullanılmak üzere atık su depolama birimine gönderilmektedir (NASA, Human Integration Design Handbook: 601-602) Kullanılan klozet sistemi, Uluslararası uzay istasyonunda kullanılan sistem ile benzer özelliklere sahiptir. 2019 yılında uluslararası uzay istasyonu için önerilen tuvalet sistemi kadın ve erkek anatomisine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu tuvalet sistemi mekanik, elektrik ve sıvı transferi için çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler; klozet, tuvalet güç tankı, tuvalet su tesisatı, idrar transfer sistemi, tuvalet ve ön işlem tankı için montaj arayüzleri, atık ve hijyen bölmesidir (Borrego, Zaruba, Broyan, McKinley ve Baccus, 2019). Düşük yerçekimi nedeniyle atıklar vakum sistemi yöntemiyle tuvaletin depolama haznesinde depolanmaktadır. Atık yönetimi tesisine aktarılan atıklar burada yüksek sıcaklıkta kompostlama işlemi ve biyolojik arıtma yöntemlerinden geçerek ileriki aşamalar için seralarda gübre olarak kullanılabilir. Hijyen alanı mürettebat konaklama (uyku kabinlerine) yakın bir konumda önerilmiştir. Hijyen alanı, yemek yeme ve yemek hazırlama alanlarından uzak bir konumda konumlandırılması her iki alan arasında koku, nem ve ısı geçişi açısından önemlidir. Moon Village projesine ait One Mon Habitat modülünde 4 kişilik mürettebat üyesi için 30.43 m3 olarak önerilmiştir. 2023 yılında düzenlenen Ay Üssü Yarışmasında antre-wc-duş sistemini de içeren banyo modülü 6 m2'lik alan olarak önerilmiştir. Pneuoplanet projesi için duş/banyo/tuvalet alanı için 7 m2'lik alan önerilmiştir. Program kapsamında, yaşam modülünde yaşayan 4 kişilik mürettebat için 15 m2'lik ortak bir hijyen alanı önerilmiştir. 100 kişilik mürettebat üyesi için 25 adet yaşam modülü bulunmaktadır. Her bir yaşam modülü içerisinde bir adet hijyen alanı yer almaktadır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i> <i>Birim Fonksiyonu</i>	<i>Sera alanı</i> <i>Mürettebat üyelerinin besin gereksinimlerinin karşılandığı alandır</i> <i>25 adet yaşam modülü x 1 sera alanı =25 adet sera alanı bulunmaktadır.</i> <i>1 adet sera alanı =1 adet yaşam modülüne hizmet eder.</i>
<i>Birim Konumu</i>	<i>Yaşam modülü, hava kilidi, ulaşım koridoru, yemek hazırlama alanına yakın konumda</i> <i>Hijyen nedeniyle; egzersiz alanı, atık yönetimi birimi, hijyen alanına uzak konumda</i>

Örnek görsel



Sera alanı için örnek görsel (URL-20)

<i>Kategori</i>	<i>Alt fonksiyonlar</i>	<i>Mekânsal gereksinimler ve teknoloji</i>	<i>Enerji ve kaynak tüketimi</i>	<i>Güvenlik ve acil durumlar</i>
<i>Açıklama</i>	Sera alanı: Aeroponik tarım yöntemiyle besin maddelerinin üretilmesi	Bitki yetiştirme platformu, besin çözeltisi tankı, besin maddesi püskürtme sistemi, besin büyümesi takip kontrol sistemi, su geri dönüşüm sistem entegrasi, havalandırma ve filtrasyon sistemleri (bitki kökleri için)	LED aydınlatma sistemleri Ayarlanabilir ışık düzeyi sistemi Nem ve sıcaklık kontrol sistemi	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Otomatik yangın söndürme sistemi
<i>Yaklaşık birim alanı / Birim adet</i>	* Maks. yükseklik: 6 metre * 1 adet sera alanı: 200 m ²	200 m ² alan içerisinde bitki yetiştirme platformu belirli aralıklarla yatay ve dikey yönlerde yerleştirilebilir. Bu raf sisteminin boyutları ve diğer sistem gereksinim hacimleri alanında uzman kişiler ile birlikte önerilmelidir	1 adet sera birimi içerisinde; besin maddelerinin üretiminde harcanan enerji miktarı ve aydınlatma ihtiyaçları disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	1 adet sera alanı için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli
<i>Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet</i>	25 adet yaşam modülü için: 25 adet sera alanı x 200 m ² = 5000 m ²	25 adet sera biriminde yetiştirilecek olan çeşitli bitki türlerine yönelik olarak ihtiyaç duyulan teknolojiler ve bitki yetiştirme platformu adedi disiplinler arası uzmanlar ile birlikte önerilmelidir	25 adet sera birimi içerisinde; besin maddelerinin üretiminde harcanan enerji miktarı ile aydınlatma ihtiyaçları disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	25 adet sera: * 25 adet duman dedektörü * 25 adet acil çıkış gösterge paneli
<i>Kullanıcı kapasitesi</i>	Her bir adet sera biriminde 4 kişinin besin gereksinimlerini karşılayacak düzeyde üretim yapılır	25 adet sera alanında sorumlu 5 kişi, sera alanındaki ekipmanların bakımından ve kontrolünden sorumludur.	5 kişinin 24 saatlik zaman diliminde sera alanını kullanımı sırasında tükettiği O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi. 200 m ² 'lik alanda üretilen besinlerin açığa çıkardığı O ₂ miktarı	Her bir sera alanında 2 adet yangın alarmı yer alır
<i>Çevresel koşullardan koruma</i>	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Nem, sıcaklık ve ışık seviyeleri kontrol sensörleri *Hava kalitesi sensörleri	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
<i>Yapı malzemeleri</i>	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Alüminyum veya paslanmaz çelik bitki yetiştirme rafları * Besin çözeltisi depolama tankı * Besin çözeltisi püskürtme nozulu * Işık seviyesini ayarlayıcı mekanizma * İç geçiş kapısı * Geniş spektrumlu LED aydınlatmalar (Seralar için aydınlatma teknolojileri detaylandırılmaktadır)	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece ısı kaybı azaltılabilir.	* Antistatik yüzeyler * Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
<i>Enerji yönetimi</i>	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

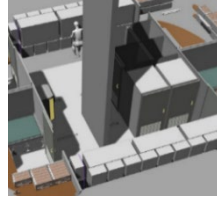
<i>Birim</i>	<i>Sera alanı</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Ay yerleşkesinde görev alacak ekipler için sürdürülebilir, güvenli ve sağlıklı gıdaların temini veya üretimi önem arz etmektedir. Ay yerleşkesi ekipleri bakımından bu gıdaların üretimi konusunda topraklı tarımın kullanılması; Ay toprağının tarıma elverişsiz oluşu, tarıma elverişli toprakların Dünya'dan temin edilmesinin zorluğu, topraklı tarımın diğer tarım yöntemleri bakımından daha maliyetli, daha bakım isteyen ve daha uzun vadeli bir tarım yöntemi olması vb. gibi sebepler dolayısıyla Ay toprağı ilk aşamada sera faaliyetleri için kullanılmayacaktır. Pneuoplanet Ay habitat tasarım önerisinde Ay toprağı seralarda kullanılmaktadır. Fakat Ay toprağının yeterli düzeyde azot içermemesi ve besin düzeyine sahip olmaması nedeniyle azot ve bazı besinler Dünya'dan taşınması gerekmektedir. Bu nedenle Ay regoliti kullanılarak tarım yapma olasılığı gelecek süreçlerde önerilecektir. Ay toprağı kullanılarak tarım için yeterli düzeydeki azot/su miktarı Pneuoplanet Ay habitat tasarımı kısmında detaylandırılmıştır. Ay Üssü 2124 ve Ay İstasyonu Yarışma programında yarışmacılardan tasarlayacakları sera alanlarında aeroponik ve hidroponik tarım yöntemlerini kullanmaları önerilmiştir. Program kapsamında topraklı tarıma alternatif olarak ay yerleşkesi sera alanlarında hidroponik ve aeroponik sistemler kullanılabilir. Hidroponik sistem, bitkilerin bir besin çözeltisi kök ortamında yetiştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Aeroponik sistem ise, toprak veya agrega ortamı kullanılmadan hava veya sis ortamında bitki yetiştirme işlemidir (Kang,2024). Ayrıca Aeroponik sistemde, askıda kalan aeroponik bitkiler mevcut oksijen ve karbondioksitin %100'ünü kök bölgelerine, gövdelere ve yapraklara alır. Böylece bitkinin biyokütle büyümesi hızlanır ve köklenme süresi ise azalır. NASA ayrıca aeroponik olarak yetiştirilen bitkilerin hidroponik maddelere kıyasla 1/4 oranında daha az besin girdisi gerektirdiği sonucuna varmıştır (Kang,2024). Dolayısıyla yukarıdaki nedenlerden dolayı aeroponik sistemi Ay yerleşkesi ana tarım yöntemi olarak önerilmektedir. Birincil aşamada mürettebat üyelerinin besin kaynakları Dünya'dan taşınması nedeniyle tarım yönteminden elde edilen besinlerin kullanımına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle birincil aşamada laboratuvar biriminde kısmi yer çekimli ortamda üretilebilecek bitki türlerinin deneysel faaliyetleri yürütülecektir. Bu çalışmalar ikincil aşamaya geçilme sürecine altlık oluşturacaktır. Her bir yaşam modülünde yer alan 4 kişinin yaşamsal faaliyetleri ikincil aşamada sera alanında üretilen besinlerden karşılanacaktır. Topraklı tarım yöntemine kıyasla daha az yer kaplayan bu tarım yönteminde 4 kişi için gerekli olan sera alanı ortalama 200 m² olarak önerilmiştir. Her bir sera alanı yaşam modülüne entegre olarak önerilmektedir. İkincil aşamada yerleşkede yer alan toplam 24 yaşam modülü için 4.800 m²'lik sera alanı bulunacaktır. Sonraki aşamalarda ise aeroponik tarıma ek olarak hidroponik tarım yöntemi ile üretim yapılması öngörülmektedir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Kıyafet yönetim alanı <i>Mürettebat üyelerinin, kıyafetlerinin temizlendiği ve teslim edildiği birimdir. 5 adet yaşam modülü (20 kişi) = 1 adet kıyafet yönetim alanını ortak olarak kullanır 25 adet yaşam modülü için (100 kişi) = 5 adet kıyafet yönetim alanı bulunur</i>
Birim Konumu	<i>Ulaşım koridoru ve hijyen depolama birimine yakın bir konumda Koku, nem ve hijyen nedeniyle; sağlık alanı, yemek hazırlama ve yemek yeme birimlerinden uzakta</i>

Örnek Görsel



Kıyafet yönetim alanı için örnek görsel ((Howard, 2020))

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Kıyafet yönetimi alanı: Kirli kıyafetlerin temizlendiği, yedek kıyafetlerin depolandığı ve temiz kıyafetlerin teslim edildiği alandır	Araç dışı aktivitelerde kullanılan yedek giysilerin depolanması için depolama hacmi, gündelik kıyafetlerin depolanması için depolama hacmi, iş istasyonlarında kullanılacak giysiler için depolama hacmi, ayakkabıların depolanması için depolama hacmi, kirli giysi depolama haznesi, temizlik malzemesi için depolama hacmi, ultrasonik kıyafet yıkama ve kurutma teknolojisi	* LED aydınlatma ve akıllı sensörler * Gelişmiş giysi yıkama sistemi	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Olası yangın için ekstra güvenlikli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	* Maks. yükseklik: 3 metre * 1 adet kıyafet yönetim alanı: 20 m ²	* 1 adet dış giyim depolama hacmi: 80*250*250cm 1 adet gündelik giyim depolama hacmi: 50*250* 250 cm, *1 adet iş giysisi depolama hacmi: 50*250*250 cm, 1 adet ayakkabı depolama hacmi: 40*200*200 cm (içerisinde çeşitli bölmeler bulunur), 1 adet hijyen malzemeleri depolama dolabı: 40*100*100 cm, 5 adet kirli depolama haznesi, 3 adet Ultrasonik Kıyafet Yıkama ve Kurutma Teknolojisi	* 3 adet Ultrasonik Kıyafet Yıkama ve Kurutma Teknolojisi * 20 m ² kıyafet yönetim alanında aydınlatma için harcanan enerji miktarı	1 adet kıyafet yönetimi alanı için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 1 adet ekstra güvenlikli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	20 mürettebat üyesi için: 20 m ² ortak alan 100 mürettebat üyesi için kıyafet yönetim alanı: 100 kişi/20 kişi x 20 m ² = 100 m ²	* 5 adet dış giyim depolama hacmi: 80*250*250 cm, 5 adet gündelik giyim depolama hacmi: 50*250* 250 cm, * 5 adet iş giysisi depolama hacmi: 50*50*250-250 cm, 5 adet ayakkabı depolama hacmi: 40*200*200cm (içerisinde çeşitli bölmeler bulunur), 5 adet hijyen malzemeleri depolama hacmi: 40*100*100 cm, 25 adet kirli depolama haznesi, 15 adet Ultrasonik Kıyafet Yıkama ve Kurutma Teknolojisi	5 adet kıyafet yönetimi alanının; Led aydınlatma boyutları ve ultrasonik kıyafet yıkama ve kurutma teknolojisi enerji gereksinimi disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	5 adet kıyafet yönetimi alanı için: * 5 adet duman dedektörü * 5 adet acil çıkış gösterge paneli * 5 adet Portatif yangın söndürücü
Kullanıcı kapasitesi	20 kişi, kirli kıyafetlerini bu birime bırakıp temiz kıyafetlerini aynı birimden teslim alır	Her bir birimden 1 kişi sorumludur. Bu kişi kıyafetlerin yıkanmasından, depolanmasından ve koordine edilmesinden sorumludur	1 kişinin bu birimi kullanımı sırasında tükettiği; Oksijen ve açığa çıkardığı Karbondioksit kapasitesi	Her bir kıyafet yönetim alanında; 1 kişinin kullanabileceği 1 adet portatif yangın söndürücü ve 1 adet yangın alarmı bulunmaktadır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yapay yerçekimi sistemleri	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran (Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Metal kompozit depolama hacimleri * Ses ve su yalıtımı malzemesi *Alüminyum kıyafet toplama haznesi *PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi (kimyasal direnç sağlayarak toz birikimini önler) *İç geçiş kapısı, * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kıyafetlerin bozulmasını önlemek amacıyla nem kontrol sistemleri kullanılır	* Antistatik ve antibakteriyel yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Her bir yaşam modülünün kirli kıyafetleri farklı kirli depolama haznesinde toplanır. 100 kişi içerisinde 5 kişi kıyafet yönetimi alanından sorumludur. Dolaplar üzerinde bir giysinin kaç kere yıkandığı, beden ölçüsü ve ne kadar kullanım ömrü kaldığı gibi bilgiler yer almalıdır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

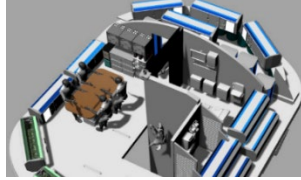
<i>Birim</i>	<i>Kıyafet yönetim alanı</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yerleşke dışı aktivitelerde kullanılacak giysilerin depolandığı aynı zamanda yerleşke içerisinde giyilen kıyafetlerin temizlendiği alandır. Yerleşke içerisinde acil durumlar için sürekli olarak yedek kıyafetler bulunmalı ve depolanmalıdır. Bu kıyafetler kolay giyilebilir özellikte, temiz ve dayanıklı olması gerekmektedir. Bu alan içerisinde yer alan raflar içerisinde depolanan kıyafetlerin kaç defa yıkandığı ve yıkanma sonrasında kalan kullanım süresi ve kaç defa giyinebileceğine dair bilgiler yer almaktadır. Aynı zamanda, bu birim içerisinde yerleşke içerisinde giyilen kıyafetlerin yıkandığı ve bu kıyafetlerin depolandığı bireysel saklama alanı bulunmaktadır. Kıyafetlerin temizlenmesi ve kurutulması sürecinde, su kullanımı minimize etmek amacıyla, Ultrasonik Kıyafet Yıkama ve Kurutma Teknolojisi önerilmektedir. Piezoelektrik dönüştürücülerin kullanıldığı bu sistemde, giysiler az miktarda su içerisinde ses dalgaları ile uyarılır ve yüzeydeki kirlerin giderilmesi sağlanır. Sonrasında, giysiler mikro ölçekte titreştirilerek su mekanik olarak uzaklaştırılır. Buharlaştırma süreci kısmen atlanarak, geleneksel giysi yıkama yöntemlerine kıyasla enerji verimliliği artmakta ve kurutma süreci hızlanmaktadır (Ellis, Bigelow, Shelander, Chertkovsky, Ewert ve diğerleri, 2023). Yıkama sonrasında oluşan atık su, atık su depolama birimine gönderilmektedir. Pneuoplanet projesinde 32 kişinin giysilerinin temizlendiği alan için 16 m²'lik alan önerilmiştir. Yerleşke içerisinde ve dışarısında kullanılan giysilerin bakımı ve depolanması farklı birimlerde yapılmaktadır. Yerleşke dışında kullanılan giysilerin bakımı, onarımı ve temizliği suitport birimlerinde yapılırken, bu kıyafetlerin yedekleri bu birim içerisinde depolanmaktadır. Bu nedenle birim içerisinde; yerleşke içerisinde kullanılan giysilerin yıkandığı alan, yerleşke içerisinde kullanılan giysilerin depolandığı alan ve yerleşke dışarısında kullanılan yedek giysilerin depolandığı alan yer almaktadır. Bu üç alanı kapsayan kıyafet yönetimi sistemi her 5 yaşam modülündeki mürettebat üyesinin ortak kullanımı için 20 m² olarak önerilmiştir. Tüm yerleşkede toplamda beş farklı birimden oluşan 100 m²'lik kıyafet yönetimi birimi önerilmiştir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Yemek hazırlama alanı</i>
<i>Birim Fonksiyonu</i>	<i>Yerleşkede yer alan mürettebat üyelerinin yemeğinin hazırlandığı birimdir. 5 adet yaşam modülü için 3 kişi çalışmaktadır. Toplam olarak 5x3=15 kişi çalışmaktadır. 100 kişi/ 20 kişi=5 adet yemek hazırlama alanı bulunmaktadır</i>
<i>Birim Konumu</i>	<i>Ulaşım koridoru, lojistik takviye birimi, yemek yeme ve gıda depolama alanı ile yakın konumdadır. Koku ve ses nedeniyle; teknik birimler, gıda sistemi atık deposu, egzersiz alanı ve hijyen alanı birimlerinden uzaktadır</i>

Örnek görsel



Yemek hazırlama alanı için örnek görsel (Howard, 2020)

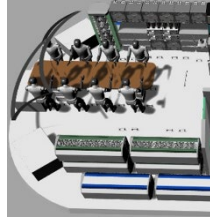
<i>Kategori</i>	<i>Alt fonksiyonlar</i>	<i>Mekânsal gereksinimler ve teknoloji</i>	<i>Enerji ve kaynak tüketimi</i>	<i>Güvenlik ve acil durumlar</i>
<i>Açıklama</i>	Yemek hazırlama alanı: Oturma, ayakta durma, yemek hazırlama, depolama	Isıl işlem modülü, <i>elektromanyetik ısıtma modülü</i> , gıda depolama hacmi, mutfak ekipmanı depolama hacmi, katlanabilir oturma elemanı, gıda/bulaşık temizleme alanı, çok işlevli kullanım düzlemi, taze meyve için soğutma ve dondurma modülü, ıslak ve kuru atık haznesi, çalışma yüzeyi	* Güneş paneli enerjisi kullanımı * Akıllı ocak sistemi * Besin maddeleri, seralardan sağlanmaktadır.	* Karth giriş sistemi * Gelişmiş duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenliğin yangın söndürme sistemi
<i>Yaklaşık birim alanı / Birim adet</i>	20 mürettebat üyesi için yemek hazırlama alanı: 50 m ²	* 3 adet ısıtma modülü: 60*60*85 cm * 3 adet çalışma yüzeyi: 60*120*85 cm * 1 adet bulaşık temizleme modülü: 60*60*85 cm * 1 adet <i>elektromanyetik ısıtma modülü</i> : 40*50*60 cm * 1 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 120*60*75 cm * 3 adet oturma elemanı: 45*45*90 cm * 2 adet soğutma ve dondurma modülü	1 adet yemek hazırlama alanı için enerji tüketen mutfak ekipmanlarının harcadığı enerji ve LED aydınlatmalar için harcanan enerji hesaplanmalıdır.	* 1 adet kart okuyucu sistemi, * 4 adet akıllı duman dedektörü * 2 adet yangın alarmı * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 4 adet ekstra güvenliğin yangın söndürme sistemi
<i>Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet</i>	Yerleşkede 100 mürettebat üyesi için: 50 m ² x 5 modül = 250 m ²	* 15 adet ısıtma modülü * 15 adet çalışma yüzeyi * 5 adet bulaşık temizleme modülü * 5 adet <i>elektromanyetik ısıtma modülü</i>	5 adet yemek hazırlama alanı için enerji tüketen mutfak ekipmanlarının harcadığı enerji ve LED aydınlatmalar için harcanan enerji hesaplanmalıdır.	* 5 adet kart okuyucu sistemi *20 adet duman dedektörü * 10 adet yangın alarmı * 5 adet acil çıkış gösterge paneli * 20 adet ekstra güvenliğin yangın söndürme sistemi
<i>Kullanıcı kapasitesi</i>	Bu alanda çalışan 3 kişi, 20 kişi için yemeklerin hazırlanmasından sorumludur	Yemek hazırlama alanında bulunan tüm ekipmanlar 3 kişi tarafından ortak olarak kullanılmaktadır	Üç kişinin, bu alanı kullanımı sırasında tükettiği; Oksijen ve açığa çıkardığı Karbondioksit kapasitesi	Her bir yemek hazırlama alanında bulunan 3 kişi için 3 adet portatif yangın söndürücü ve 1 adet yangın alarmı bulunmaktadır
<i>Çevresel koşullardan koruma</i>	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+ışırilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yapay yerçekimi sistemleri	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
<i>Yapı malzemeleri</i>	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Metal kompozit depolama dolapları * Su yalıtım malzemesi * Hava geçirmez kapı * PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeler * Hava geçirmez iç geçiş kapısı * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece ısı kaybı azaltılabilir	* Antistatik ve antibakteriyel yüzeyler * Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
<i>Enerji yönetimi</i>	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri *Koku, nem ve sıcaklık kontrolü sistemi için kullanılan enerji	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Yemek hazırlama alanının bakımı, temizliği ve yemeklerin yapımından 3 kişi sorumludur. 100 kişinin yemeklerinin hazırlanmasından 15 kişi sorumludur. Bu kişiler aynı zamanda besin maddelerinin tedarikinden ve koordinasyonundan da sorumludur.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Yemek yeme alanı <i>Mürettebat üyelerinin yemeklerini yedikleri alandır. Bir birim alanda; 5 adet yaşam modülünde yaşayan 20 kişi yemek yiyebilmektedir. Tüm yerleşkede; 20 kişi x 5 yaşam modülü = 100 kişi bu alanı kullanmaktadır. 100 kişi/20-25 kişi = 4 adet yemek yeme alanı bulunmaktadır.</i>
Birim Konumu	<i>Ulaşım koridoru, lojistik takviye birimi, yemek hazırlama ve gıda depolama alanı ile yakın konumdadır. Koku ve ses nedeniyle; teknik birimler, gıda sistemi atık deposu, egzersiz alanı ve hijyen alanı birimlerinden uzaktadır.</i>

Örnek görsel



Yemek yeme alanı için örnek görsel (Howard, 2020)

<i>Kategori</i>	<i>Alt fonksiyonlar</i>	<i>Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji</i>	<i>Enerji ve kaynak tüketimi</i>	<i>Güvenlik ve acil durumlar</i>
Açıklama	Yemek yeme alanı: Oturma, ayakta durma, yemek yeme	5 adet yemek için düz yüzeyli alan (yemek için düz yüzeyli alanlar birleştirilebilir veya ayrı ayrı bölümlenebilir), 20 adet oturma elemanı, 1 adet yemek atığı toplama ünitesi, 1 adet çöp toplama haznesi, 1 adet kirli tabak ünitesi, 1 adet temiz tabak ünitesi	* LED aydınlatma ve akıllı sensörler * Ayarlanabilir ışık düzeyi sistemi	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli *Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenlikli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet yemek yeme alanı: 40 m ²	* 5 adet yemek için düz yüzeyli alan 80*120*75 cm * 20 adet oturma elemanı 45*45*90 cm * 1 adet yemek atığı toplama ünitesi (tekli modül halinde): 60*60*90 * 1 adet çöp toplama haznesi (ambalaj atığı kutusu) 75*90*100 cm * 1 adet kirli tabak ünitesi 120*100*100 cm	Led aydınlatma boyutları disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	1 adet yemek yeme alanı için: * 1 adet duman dedektörü * 2 adet yangın alarmı * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 1 adet yangın söndürme tüpü
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Yerleşke içerisinde; 5 adet yemek yeme alanı 40 m ² x 5 modül = 200 m ²	* 25 adet yemek için düz yüzeyli alan * 100 adet oturma elemanı * 5 adet yemek atığı toplama ünitesi * 5 adet çöp toplama haznesi * 5 adet kirli tabak ünitesi	5 adet yemek yeme alanının Led aydınlatma boyutları disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	5 adet yemek yeme alanı için: * 5 adet duman dedektörü * 10 adet yangın alarmı * 5 adet acil çıkış gösterge paneli * 5 adet yangın söndürme tüpü
Kullanıcı kapasitesi	20 kişi	Yemek yeme alanını kullanan her bir kişi için yemek yeme alanı içerisinde 1 adet ekipman bulunmaktadır.	20 kişinin yemek yeme saatlerinde tükettiği; Oksijen ve açığa çıkardığı Karbondioksit kapasitesi	Her bir yemek yeme alanında bulunan 20 kişi için 2 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Sirkadiyen uyumlama sistemleri (ayarlanabilir aydınlatma teknolojisi) *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yapay yerçekimi sistemleri	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Metal kompozit oturma elemanı * Metal kompozit yemek için düz yüzeyli alan * Ses yalıtımı malzemesi, iç geçiş kapısı * Işık döngüsünü ayarlayıcı mekanizma * PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeleri, * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece ısı kaybı azaltılabilir	* Antistatik ve antibakteriyel yüzeyler * Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Bu alan, yalnızca yemek yeme saatlerinde kullanılmaktadır. Yemek yeme alanı, aynı veya farklı mürettebat üyeleri tarafından aynı anda veya farklı zaman dilimlerinde kullanılabilir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

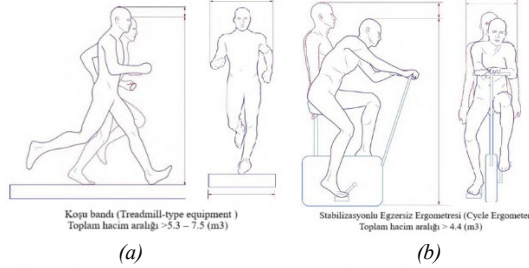
<i>Birim</i>	<i>Yemek hazırlama alanı ve Yemek yeme birimi</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yemek hazırlama alanı, yemek yeme alanı ile doğrudan ilişkili fakat farklı birimlerde önerilmiştir. Yiyecek hazırlama alanında gıdaların depolanması ve uzun süreli muhafaza edilmesi amacıyla depolama birimleri yer almaktadır. Bu alan aynı zamanda lojistik takviye birimi ile de doğrudan ilişkilidir. Böylece ilk aşama için Dünya'dan gönderilen gıdalar lojistik takviye biriminden doğrudan gıda depolama birimine taşınabilmektedir. Gıda depolama birimi ile yemek hazırlama alanı doğrudan ilişkilidir. Zaman içerisinde seralardaki üretimin artması ile gıda depolama birimlerinin hacminin artması öngörülmektedir. Bu nedenle yemek hazırlama alanı diğer birimler gibi modüler bir sistemdedir ve zaman içerisinde genişleyebilme kapasitesine sahip olarak kurgulanmıştır. Bu alanda yer alan yemek hazırlama yüzeylerinin aydınlatması NASA-3001 standartlarında önerilen minimum aydınlatma seviyelerine sahip olmalıdır. Pneumoplanet projesinde 32 kişi için 3 farklı mutfak birimi önerilmiş ve her bir mutfak birimi 25 m²'den oluşmaktadır. Program önerisinde 4 yaşam modülünde yaşayan 20 kişi için 50 m²'lik yemek hazırlama alanı önerilmiştir. 100 kişi için 5 adet yemek hazırlama alanı öngörülmektedir. Gıda tüketiminden oluşan atıkları kontrol etmek amacıyla gıda sistemi atık deposu, yemek hazırlama alanından farklı bir alanda konumlandırılmıştır. Atık yönetimi sistemi (gıda atığı, vücut atığı, kişisel hijyen atığı) gıda hazırlama, depolama ve yemek yeme alanında uzakta konumlandırılmıştır. Kokuları ve mikroorganizma büyümesini kontrol etmek gıda atığının yönetilmesi sürecinde önemli rol oynamaktadır (NASA-STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistemi Standard Kılavuzu Revizyon B, 2019:81). Mürettebatın uzun vadedeki psikolojik refahının sağlanması amacıyla lezzetli ve sağlıklı besinler tüketmesi önemlidir. Yiyecekleri sıcak bir şekilde yemek, çatal, kaşık ve mutfak eşyaları gibi gerekli ekipmanların kullanılmasını sağlamak psikolojik sağlık için önemlidir. Bu nedenle yemeklerin hazırlaması için gerekli olan sıcak su ve soğuk su ihtiyacı ilk aşamada Dünya'dan gelen suyun kullanımı ile mümkünken ikinci aşamada ise su buzunun çeşitli işlemlerden geçmesi sonrası oluşacak suyun kullanımı ile mümkündür. Her mürettebat üyesinin boy, kilo ve yaş faktörlerine bağlı olarak gereksinim duyduğu kalori ihtiyacı hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalar NASA 3001 Standartlarına uygun olarak yapılmalıdır. Yemek yeme alanı, yemek hazırlama alanı ile doğrudan ilişkilidir ve 20 kişinin rahat bir şekilde yemek yemesi için önerilmiştir. Yaklaşık olarak 30 m²'lik alan olarak önerilmiştir. Uzun süre kapalı ortamda bulunan mürettebat üyeleri için bu alanda yemekler farklı sunum teknikleri ile sunulmaktadır. Bu alan aynı zamanda bir tür sosyalleşme alanı olarak da önerilmiştir. Doğrudan, insanların kullanımına yönelik önerilen mekanlarda (detaylı görevlerin yerine getirilmesi vb.) geniş bir yüzeyi aydınlatan beyaz ışık kaynağının kullanılması önerilmiştir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Egzersiz alanı <i>Yerleşkede yer alan mürettebat üyelerinin egzersiz yaptığı birimdir. Bir birim alanda; 25 kişi yararlanabilmektedir. Toplam olarak 25x4=100 kişi yararlanabilmektedir. 100 kişi/ 25 kişi=4 adet egzersiz alanı bulunmaktadır</i>
Birim Konumu	<i>Ulaşım koridoru ve hijyen alanı ile yakın konumdadır. Koku ve ses nedeniyle; yaşam modülü, teknik birimler, yemek hazırlama alanı ve yemek yeme alanı birimlerinden uzaktadır</i>

Örnek görsel



Şekil: (a-b) Egzersiz aletlerinin şematik gösterimi (NASA,2014: 613)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal gereksinimler ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Egzersiz alanı: Oturma, ayakta durma, egzersiz yapma, depolama	Gelişmiş dirençli egzersiz cihazı, stabilizasyonlu egzersiz ergometresi, koşu bandı (Treadmill 2), ağırlık barları, kişisel ekipman depolama dolabı ve spor ekipmanları depolama dolabı	Bu alanda kullanılan ekipmanların enerji ihtiyacı güneş panellerinden sağlanmaktadır	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Portatif yangın söndürücü
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	25 mürettebat üyesi için egzersiz alanı: 75 m²	* 5 adet gelişmiş dirençli egzersiz cihazı [Advanced Resistive Exercise Device (ARED)] > 11.6 m³ * 5 adet stabilizasyonlu egzersiz ergometresi [Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization (CEVIS)] > 4.4 m³ * 5 adet koşu bandı (Treadmill 2) > 5.3 – 7.5 m³ * 25 adet kişisel ekipman depolama hacmi: 60*60*85 cm * 1 adet spor ekipmanları depolama hacmi: 40*50*60 cm	Günlük olarak egzersiz alanındaki ekipmanların harcadığı enerji, gelişmiş havalandırma sistemi ve LED aydınlatmalar için harcanan enerji hesaplanmalıdır	1 adet egzersiz alanı için: * 3 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 3 adet yangın söndürme tüpü
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	100 mürettebat üyesi için: 75x4=300 m²	* 20 adet gelişmiş dirençli egzersiz cihazı * 20 adet stabilizasyonlu egzersiz ergometresi * 20 adet koşu bandı (Treadmill 2) * 100 adet kişisel ekipman depolama hacmi * 4 adet spor ekipmanları depolama hacmi	4 farklı egzersiz alanında kullanılan ekipmanların günlük olarak harcadığı enerji ve LED aydınlatmalar için harcanan enerji hesaplanmalıdır.	4 adet egzersiz alanı için: * 12 adet duman dedektörü * 4 adet acil çıkış gösterge paneli * 12 adet yangın söndürme tüpü
Kullanıcı kapasitesi	2,5 saat aralıklarda; aynı anda max. 5 kişi bu birimi kullanabilmektedir	Her bir mürettebat üyesi toplamda, günde 1 saat aerobik egzersiz ve 1,5 saat direnç egzersizi olmak toplamda 2,5 saat egzersiz yapmalıdır (Design Handbook,613)	5 kullanıcının aynı anda tükettiği; Oksijen ve açığa çıkardığı Karbondioksit kapasitesi	Her bir egzersiz alanında bulunan 25 kişi için 5 adet yangın alarmı yer alır.
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Gelişmiş nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Gelişmiş havalandırma sistemi *Yapay yerçekimi sistemleri *Uzay yerleşkesine özel tasarlanmış egzersiz ekipmanları	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı Malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Metal kompozit depolama hacmi * Kauçuk zemin kaplaması * Hava geçirmez iç geçiş kapısı * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece ısı kaybı azaltılabilir	* Antistatik ve antibakteriyel yüzeyler * Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri *Koku, nem ve sıcaklık kontrolü sistemi için kullanılan enerji	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu
Açıklama: Bu birimde ısı transferini kolaylaştırmak ve terin ortamda birikmesini önlemek amacıyla gelişmiş havalandırma sistemi kullanılmaktadır. Havalandırma sistemindeki hava akışının yönü, bu birimdeki terin özellikle, yemek yeme/hazırlama alanlarına ve uyku birimlerine geçişini engelleyecek şekilde düzenlenmelidir. 08.00, 10.30, 13.00, 15.30, 18.00 ve 20.30 saatlerinde gerçekleşen toplam 5 seansta, her defasında 5 kişi aynı anda birimi kullanmaktadır. Gün sonunda, 25 mürettebat üyesi günlük egzersizini tamamlamış olacaktır.				

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

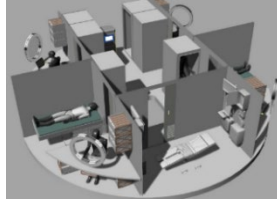
<i>Birim</i>	<i>Egzersiz alanı</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Ay yerleşkesindeki uzun süreli konaklamalarda mürettebat üyelerinin sağlığı mikro yerçekimi ortamında yüksek stres seviyelerine bağlı olarak tehlikeye girebilir. Ayrıca mikro yerçekimi ortamı, mürettebat üyelerinde kas kütlesi kaybına ve bu nedenle kas gücünde kayıplara neden olabilir. Mürettebat üyelerinin mikro yerçekimi ortamda sağlığının izlenmesi ve sürdürülebilmesi için karşı önlemlerin alınması gerekmektedir. Henüz tanımlanmış net bir standart bulunmamakla birlikte, sekiz gün ve daha fazla süren görevler kapsamında mürettebat için bu önlemlerin uygulanması gerekebilir (Howard,2020). Mürettebat üyesinin görevin başlangıcından itibaren düzenli olarak egzersiz yapması beklenir. Pneumoplanet habitat tasarımında 32 kişinin egzersiz yapmasına yönelik olarak 90 m² egzersiz odası önerilmiştir. Moon Village projesine ait One Moon Habitat modülünde ise 4 kişi için egzersiz alanı 40.12 m³ olarak önerilmiştir. Önerilen programda, 100 kişinin egzersiz yapmasına yönelik olarak 4 farklı birimden oluşan ve yerleşkenin farklı noktalarında bulunan toplamda 300 m²'lik egzersiz alanı önerilmiştir. Her bir egzersiz modülü yerleşke modülü ile dolaylı olarak ilişkilidir. 25 kişi için 75 m²'lik egzersiz alanı kurgulanmıştır. Uluslararası uzay istasyonunda egzersiz aletleri yaklaşık olarak 24 m³'lük bir hacim kaplamaktadır (NASA, Human Integration Design Handbook: 611) Egzersiz alanı içerisinde yer alan depolama dolapları içerisinde; kullanıcıların kişisel ekipmanları ve egzersiz kıyafetleri gibi eşyalar yer alırken egzersiz alanı içerisinde kullanılacak olan ağırlık barları, dambıllar, atlama ipi vb. gibi ekipmanlar için ayrıca depolama alanı kurgulanmıştır. Mürettebat üyeleri dönüşümlü olarak günün farklı saatlerinde bu alanı kullanabilmektedir. Bu alan içerisinde mürettebatın kas ve iskelet sistemine yönelik olarak egzersiz çalışmaları yapılmaktadır. Uluslararası Uzay İstasyonundaki mürettebat için ihtiyaç duyulan egzersiz gereksinimleri ile Ay yerleşkesinde de ihtiyaç duyulacak egzersiz gereksinimleri benzer kabul edilmiştir. Uluslararası Uzay İstasyonu içerisinde yer alan; Gelişmiş Dirençli Egzersiz Cihazı [Advanced Resistive Exercise Device (ARED)], Stabilizasyonlu Egzersiz Ergometresi [Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization (CEVIS)] ve koşu bandı [Treadmill 2 (T2)] egzersiz aletlerinin Ay yüzey yerleşkesinde de kullanılacağı varsayılmıştır. Bu cihazların düzenli kullanımı için mürettebatın günlük kullanım döngüsü planlanmalıdır. Her bir mürettebat üyesi toplamda günde 1 saat aerobik egzersiz ve 1,5 saat direnç egzersizi olmak toplamda 2,5 saat egzersiz yapmalıdır (NASA, Human Integration Design Handbook: 613) Bu durumda mürettebat üyeleri egzersiz alanını düzenli olarak kullanılmalıdır. Egzersiz alanlarında, egzersizden kaynaklanan artan ısı, karbondioksit üretimi ve nem kontrol edilmelidir. Egzersiz süresince vücut kokusunun ve terin etrafa yayılma olasılığı nedeniyle bu alan yiyecek hazırlama ve yemek yeme alanlarının hijyenini etkileyebilir. Bu nedenle egzersiz alanı mümkün olduğunca bu alanlardan uzakta kurgulanmalı veya fiziksel bir bölücü ile ayrılmalıdır. Aynı zamanda egzersiz süresince ortaya çıkabilecek gürültüler nedeniyle egzersiz alanı uyku alanı ve iletişim alanlarından uzakta kurgulanmalıdır. Egzersiz alanı doğrudan hijyen alanı ile ilişkili olabilir. Egzersiz sonrasında hijyen alanında yer alan wc ve duş kullanılabilir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Sağlık alanı <i>Mürettebat üyelerinin sağlık ihtiyaçlarını karşıladığı, teşhis, tedavi ve acil müdahale hizmetlerinden faydalandığı birimdir.</i> <i>Yerleşkede 3 adet sağlık alanı bulunmaktadır. Her biri farklı uzmanlıklara sahiptir.</i>
Birim Konumu	<i>Ulaşım koridoru ve hijyen alanı ile yakın konumdadır. Koku ve ses nedeniyle; egzersiz alanı, hijyen alanı, yemek yeme alanı, yemek hazırlama alanı ve atık yönetimi alanı birimlerinden uzaktadır</i>

Örnek görsel



Sağlık alanı için örnek görsel (Howard, 2020)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal gereksinimler ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Sağlık alanı: Oturma, ayakta durma, yatarak müdahale, tıbbi müdahale, depolama	Tanı ekipmanları, tedavi ve müdahale ekipmanları, hasta bakım ekipmanları, tıbbi laboratuvar ekipmanları ve koruyucu tıbbi ekipmanlar, modüler sağlık müdahale düzlemi, çok işlevli kullanım düzlemi, oturma elemanı, tıbbi ekipman depolama hacmi, alan bölücü yüzey, bilgisayar, tıbbi atık hacmi, kesici-delici tıbbi atık hacmi, atık yönetim modülü	* Bu alanda kullanılan ekipmanların enerji ihtiyacı güneş panellerinden sağlanmaktadır	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Portatif yangın söndürücü
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	Sağlık alanı modülü: 45 m ²	* 3 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 80*150*80 cm * 3 adet oturma elemanı: 50*50*60 cm * 2 adet tıbbi ekipman depolama hacmi: 60*300*200 cm * 2 adet modüler sağlık müdahale düzlemi: 90*200*50 cm * 3 adet bilgisayar * 1 adet tıbbi atık hacmi * 1 adet kesici-delici tıbbi atık hacmi * 1 adet atık yönetim modülü * 2 adet alan bölücü yüzey	Günlük olarak sağlık alanındaki ekipmanların harcadığı enerji ve LED aydınlatmalar için harcanan enerji hesaplanmalıdır.	1 adet sağlık alanı için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 2 adet portatif yangın söndürme tüpü
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Tüm yerleşkede: 45 m ² x 3 sağlık modülü = 135 m ²	* 9 adet çok işlevli kullanım düzlemi * 9 adet oturma elemanı * 6 adet tıbbi ekipman depolama hacmi * 6 adet modüler sağlık müdahale düzlemi * 9 adet bilgisayar * 3 adet tıbbi atık hacmi * 3 adet kesici-delici tıbbi atık hacmi * 3 adet atık yönetim modülü * 6 adet alan bölücü yüzey	3 farklı sağlık alanında kullanılan ekipmanların günlük olarak harcadığı enerji ve LED aydınlatmalar için harcanan enerji hesaplanmalıdır.	3 adet sağlık alanı için: * 3 adet duman dedektörü * 3 adet acil çıkış gösterge paneli * 6 adet portatif yangın söndürme tüpü
Kullanıcı kapasitesi	Bir birim için 3 kişi (2 doktor, 1 hemşire ve yarı zamanlı tıbbi temizlik görevlisi) bulunmaktadır	Bir adet birimde yer alan tüm ekipmanlar 3 kişi tarafından ortak olarak kullanılmaktadır. Tüm yerleşkede toplamda 10 kişi sağlık alanından sorumludur.	3 kişinin sağlık alanı kullanımı sırasında tükettiği; Oksijen ve açığa çıkardığı Karbondioksit kapasitesi	Her bir sağlık alanında bulunan 3 kişi için 1 adet yangın alarmı yer alır.
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcısı çerçeve+ışırilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yapay yerçekimi sistemleri	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Alüminyum alaşımlı masa * Alüminyum alaşımlı sandalye * Metal kompozit depolama dolapları * Antibakteriyel vinil zemin kaplama * Hava geçirmez iç geçiş kapısı * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	* Hafif kompozit materyaller (Dünya'dan gönderimi sırasında daha az enerji harcanır)	* Antistatik ve antibakteriyel yüzeyler * Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri *Koku, nem ve sıcaklık kontrolü sistemi için kullanılan enerji	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Her sağlık alanında, farklı uzmanlık alanlarına sahip sağlık görevlileri görev yapmaktadır. Bu birimler, kendi içinde belirli derecelendirme kodlarıyla sınıflandırılmış olup, mürettebat üyeleri sağlık durumlarına bağlı olarak ilgili birimleri kullanmaktadır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Ortak alan/Rekreasyon alanı <i>Mürettebat üyelerinin ortak kullanımında olan sosyalleşme alanıdır. Yerleşkedeki 100 kişi için =4 adet ortak alan/rekreasyon alanı bulunmaktadır. Bir adet ortak alan maksimum 25 kişilik kapasiteye sahiptir</i>
Birim Konumu	<i>Ulaşım koridoru ve yemek yeme alanı ile yakın konumdadır. Bu alanda oluşacak ses nedeniyle; görev kontrol odası, iletişim odası ve yaşam modülü birimlerinden uzaktadır.</i>

Örnek görsel



Lunar Master Planından iç mekan görüntüleri (URL-20)				
Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Ortak alan/ Rekreasyon alanı: Oturma, ayakta durma, oyun oynama, müzik aleti kullanma, kitap okuma, film izleme	Oyunlar, görsel işitsel materyaller, kitaplar, müzik aletleri, oturma alanları, depolama alanları, kitaplık	LED aydınlatmanın yanı sıra ayaklı aydınlatma, duvar aydınlatması ve bölgesel aydınlatmalar önerilebilir * Ayarlanabilir ışık düzeyi sistemi	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Portatif yangın söndürme tüpü
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet ortak alan/ rekreasyon alanı: 75 m ²	* 2 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 120*80*85 cm (oyun oynamak için) * 10 adet oturma elemanı: 40*40*50 cm * 2 adet depolama hacmi: 50*150*150 (oyunlar veya müzik aletleri için) * 5 farklı müzik aleti (keman, gitar vb.) * Her farklı oyun türünden 5 adet oyun * 3 adet monitör (Dünya ile iletişim kurmak amacıyla görsel ekipman) * Rahat oturma alanları	Aydınlatma sistemleri, dijital ekranlar ve müzik ekipmanlarının kullanacağı enerji miktarı hesaplanmalıdır	1 adet ortak alan/ rekreasyon alanı için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 6 adet portatif yangın söndürme tüpü
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	4 adet ortak alan/ rekreasyon alanı: 75 m ² x 4 modül =300 m ²	* 8 adet kompozit çok işlevli kullanım düzlemi 120*80*85 cm * 40 adet oturma elemanı: 40*40*50 cm * 8 adet depolama hacmi: 50*150*150 (oyunlar veya müzik aletleri için) * 5 farklı 20 adet müzik aleti * Her farklı oyun türünden 20 adet oyun * 5 adet Rahat oturma alanları * 12 adet monitör	4 ortak alanın aydınlatma boyutları ve diğer ekipmanların enerji tüketimi, disiplinler arası kriterlere göre optimize edilmelidir	4 adet ortak alan/ rekreasyon alanı için: * 4 adet duman dedektörü * 4 adet acil çıkış gösterge paneli * 24 adet portatif yangın söndürme tüpü
Kullanıcı kapasitesi	25 kişi	Ortak alan/rekreasyon alanını kullanan her bir kişi için 1 adet ekipman ve parti oyunlarında kullanıcılara ortak ekipman bulunmaktadır.	25 kişinin 24 saatlik zaman diliminde tükettiği; Oksijen ve açığa çıkardığı Karbondioksit kapasitesi	Her bir ortak alan/ rekreasyon alanında bulunan mak. 25 kişi için 4 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Sirkadiyen uyumlama sistemleri (ayarlanabilir aydınlatma teknolojisi) *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yapay yerçekimi sistemleri	*Oksijen dönüşüm sistemi *CO2 uzaklaştırma sistemi	*Basınç uyarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Metal kompozit masa * Ses ve titreşim yalıtımı malzemesi * Işık döngüsünü ayarlayıcı mekanizma * Hava geçirmez iç geçiş kapısı *Ayarlanabilir beyaz aydınlatma sistemleri	* Hafif kompozit materyaller (Dünya'dan gönderimi sırasında daha az enerji harcanır)	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Bu alan, günün farklı saatlerinde değişen kullanıcı yoğunluğuna sahiptir. Aynı anda en fazla 25 kişi tarafından kullanılabilir. Bu modül içerisinde kullanıcılar bireysel ve topluca vakit geçirebilmektedir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Ortak alan/Rekreasyon alanı</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Uzun vadeli kapalı ortamlara maruz kalma sonucu oluşabilecek davranışsal ve psikolojik rahatsızlıkları önlemek amacıyla oluşturulacak rekreasyon alanları mürettebat sağlığında önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanda, mürettebat üyelerinin sosyalleşebilecekleri bireysel ve takım halinde gerçekleştirebilecekleri faaliyetler yer almaktadır. Bu alan içerisinde oyunların, görsel işitsel materyallerin, kitapların ve müzik aletlerinin yer aldığı depolama alanları yer alabilir. Mürettebat üyeleri Dünya'daki kişiler ile iletişim kurmak, kitap okumak, müzik aleti çalmak, satranç oynamak veya film izlemek gibi faaliyetleri bu birim içerisinde gerçekleştireceklerdir (NASA, Human Integration Design Handbook: 650) Bu faaliyetlerin sayısı, çeşidi ve mekân içerisindeki kapladığı hacimler mürettebat sayısına ve konaklama süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu alan yemek yeme alanına ve mürettebat konaklama alanlarına yakın bir konumda önerilmiştir. Böylece yemek sonrası dinlenmek isteyen veya boş vaktini geçirmek isteyen mürettebat üyeleri vakitlerini bu alanda geçirebileceklerdir. Ayrıca önemli görevlerin yürütüldüğü görev kontrol odası, iletişim odası veya tele operasyon odası gibi birimlere uzak bir konumda kurgulanmıştır. Yerleşkede, dört farklı modül şeklinde tasarlanan rekreasyon alanlarının her biri her biri 75 m² olarak kurgulanmıştır. Yaşam modüllerinin sayısının kademeli olarak artmasına bağlı biçimde, yerleşkenin farklı konumlarında rekreasyon alanları önerilmiştir. Farklı konumlarda yer alan rekreasyon alanları mürettebatın farklı zaman dilimlerinde bu alanları kullanmalarına ve farklı konumlardan dış mekânı izleme imkânı tanımaktadır. Rekreasyon alanlarında dışarıda izlemek amacıyla pencereler kurgulanmıştır. Pencerelerde ısı kaybını azaltmak amacıyla çok katlı süper yalıtım folyosu önerilmiştir.

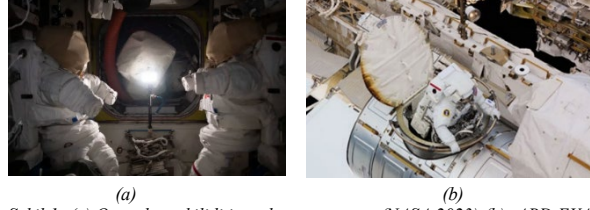
<i>Birim</i>	<i>Sağlık alanı</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Ay üssü yerleşkesi için kurgulanan sağlık alanlarında içme suyu, basınçlı oksijen, güç vb. gibi kaynakların kullanılabilmesi için bu kaynaklar sağlık alanı tarafından doğrudan erişilebilir olmalıdır veya direkt sağlık alanı içerisinde kurgulanmalıdır. Hastanın tıbbi geçmişine ve prosedürlerine erişim de yine sağlık alanı içerisinde tasarlanmalıdır. Yerleşkede doktorun da tıbbi tedaviye ihtiyaç duyması oldukça olasıdır. Dolayısıyla tıbbi ekipmanın, doktor olmayan mürettebat üyeleri tarafından kullanılabilmesi için ekipmanların; basit, kullanımı kolay olmalı ve minimum eğitim gerektiren türde olması gerekmektedir. Ayrıca tıbbi ekipmanın diğer mürettebat üyelerince kullanımının sağlanması için açıklayıcı bir kullanım kılavuzunun da bulunması gerekebilir. Sağlık alanında kullanım sonrası ortaya çıkan tıbbi atıkların bu alandan uzak birimlerde depolanması ve imha edilmesi öngörülmektedir. Her sağlık alanında, farklı uzmanlık alanlarına sahip sağlık görevlileri görev yapmaktadır. Bu birimler, kendi içinde belirli derecelendirme kodlarıyla sınıflandırılmış olup, mürettebat üyeleri sağlık durumlarına bağlı olarak ilgili birimleri kullanmaktadır. Üç farklı birim olarak kurgulanan sağlık alanı yaklaşık olarak 45 m²'lik alanlara sahiptir. Tüm yerleşkede toplam 135 m² lik alan sağlık alanı olarak ayrılmıştır. Her bir sağlık alanında 2 doktor ve 1 yardımcı çalışmaktadır. Yerleşkede toplamda 6 doktor, 3 yardımcı bulunmaktadır. Bir kişi tıbbi alanların temizliğinde sorumludur. Bu birim, egzersiz alanı, hijyen alanı, yemek yeme alanı, atık yönetimi birimi gibi gürültü veya koku yayabilecek birimlerden uzakta konumlandırılmalıdır. Bu birim içerisinde tıbbi ekipman ve gereksinimlerinin depolandığı depolama alanları yer almalıdır. Aynı zamanda bu alanı kullanan kişilerin kişisel ihtiyaçlarını giderebilmeleri için bu alanda wc ve lavabo yer almalıdır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Araç dışı aktivite (Eva) Erişim modülü / Hava kilidi Yerleşke içinden Ay yüzeyine çıkış yapmak isteyen mürettebat üyeleri için kullanılan, basınç geçişini yöneten hava kilidine sahip geçiş birimidir Yerleşkede = 20 m ² EVA erişim modülü + 10 m ² hava kilidi önerilmiştir. 100 kişi için = farklı konumlarda min. 8 adet EVA erişim modülü önerilmektedir.
Birim Konumu	Ulaşım koridoru, 1 no'lu iş istasyonu, depolama birimleri, mobil laboratuvar, lojistik takviye birimi, görev kontrol merkezi ve iletişim birimi ile ilişkilidir

Örnek görsel



Şekil 1: (a) Quest hava kilidi iç mekan görüntüsü (NASA, 2023) (b): ABD EVA 16'da ISS Hava Kilidi Çıkışı (Kovich ve Meyer, 2023)

Kategori	Alt Fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Erişim modülü: EVA giysi giyme, çıkarma, yüzey faaliyetlerine hazırlanma	Hava kilidi (airlock): basınçlandırma/basınçsızlandırma filtre alanları, Suitports (EVA kıyafetleri) depolama alanları, Kenetlenme portu, basınç dengeleme sistemleri, iç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel, hava kilidi içerisinde ayak sabitleme ve tutunma barları, yaşam destek sırt ünitesi, basınçlı kapak(hatches)	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler ve teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Acil çıkış gösterge paneli * Olası yangın için ekstra güvenlikli yangın söndürme sistemi * Acil durum basınç dengeleme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet EVA erişim modülü: 20 m ² 1 adet erişim modülünde 2 adet hava kilidi bulunur = 10 m ²	Her bir EVA erişim modülünde 2 adet hava kilidi bulunmaktadır. 2 adet hava kilidinde 2 adet kenetlenme portu bulunmaktadır. *10 m ² alanda, EVA giysilerinin bakımı, temizliği ve depolanması yapılır. * Birimde yer alan tüm ekipmanların birim adetleri ve hacimleri disiplinler arası ekip ile önerilmelidir.	Birimin kullanımı sırasında; akıllı haberleşme sistemleri, aydınlatma, hava kilidi basınç dengeleme sistemi, oksijen ve gaz yönetimi sistemi, termal kontrol sistemlerinin harcadığı enerji miktarı hesaplanmalıdır	1 adet EVA erişim modülü için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet acil çıkış gösterge paneli * 3 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Min. 8 adet EVA erişim modülü + hava kilidi 30 m ² x 8 modül = 240 m ²	25 adet EVA erişim modülünde 50 adet hava kilidi bulunmaktadır 50 adet hava kilidinde 100 adet kenetlenme portu bulunmaktadır 250 m ² alanda EVA giysilerinin bakımı, temizliği ve depolanması yapılır * Birimde yer alan tüm ekipmanların birim adetleri ve hacimleri disiplinler arası ekip ile önerilmelidir.	8 adet EVA erişim modülünde bulunan tüm teknik ekipmanların modülün kullanımı sırasında kullandığı toplam enerji miktarı hesaplanmalıdır	25 adet EVA erişim modülü için: * 25 adet duman dedektörü * 25 adet acil çıkış gösterge paneli * 75 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Aynı anda 2 kişi	EVA erişim modülü içerisinde max. 2 kişi aynı anda yüzey faaliyetlerine hazırlanabilmektedir.	2 kişinin yüzey faaliyetlerine hazırlık aşamasında tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir EVA erişim modülü ve hava kilidi alanı için 3 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri * Basınç regülatörleri ve sensörleri, *Yedek hava tankları *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç aracı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeleri * Basınçlı kapaklar(kapılar) * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik ve antibakteriyel yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri *Lityum bataryalar	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama santrali * Yedek lityum batarya deposu

Açıklama: Uluslararası Uzay İstasyonunda bulunan "The SS Quest Airlock" için uzunluk=5,5 m ve çap=4 metredir. Olası bir yangın esnasında ortamdaki oksijen miktarı kontrollü olarak düşürülür veya soğutucu gaz püskürtülür (NASA, 2023).

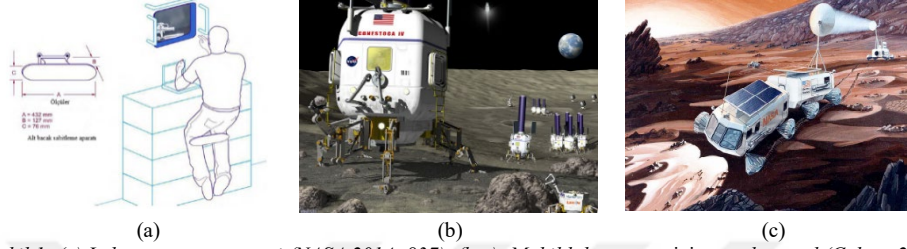
Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim	Araç dışı aktivite (Eva) Erişim modülü / Hava kilidi
Alt bilgi	İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı
Araç dışı aktivite	Yaşam modülünün tasarımına bağlı olarak değişkenlik gösterebilen EVA erişim modülü doğrudan basınçlı roverler ve hava kilidi alanı ile ilişkilidir. Herhangi bir yangın, arıza veya tehlike durumuna karşı bu modül iki farklı hava kilidi ile doğrudan erişim sağlar. Hava kilidinin birinin arızalanması durumunda diğer hava kilidi kullanılabilir. Pneuoplanet projesinde hava kilidi ve giriş alanı için 20 m² önerilmiştir. EVA erişim modülü yerleşkenin farklı konumlarında önerilmiştir. Yaşam modüllerini birbirine bağlayan bağlantı tünelleri ile doğrudan ilişkili EVA erişim modülü 25 m² olarak önerilmiştir. Bu modüle bağlantılı hava kilidi için 5 m² önerilmektedir. Ay ortamı Dünya ortamından atmosfer bakımından farklıdır bu nedenle Ay yüzeyine çıkmak isteyen mürettebat üyeleri uzay giysileri giymek zorundadır. Bu uzay giysilerinde kişinin aerobik kapasitesi ile ilgili olarak yeterli düzeyde oksijen bulunmalıdır. Aerobik kapasite kişinin fiziksel aktivite sırasında vücudunun oksijen kullanma yeteneğini ifade eder. Araç dışı aktivitelerde mürettebatın göreve dair tüm işlevleri yerine getirebilmesi için aerobik uygunluk koşullarının sağlanması gerekmektedir. NASA standartlarına göre Dünya dışı yüzeylerde EVA görevlerinde gerekli VO₂max değeri 36.5 ml/dk/kg olarak önerilmiştir (NASA-STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistemi Standard Kılavuzu Revizyon C, 2023). Bu ifade bir kişinin kilogram başına dakikada tüketebileceği maksimum oksijen miktarını ifade etmektedir. Bu nedenle, Ay yerleşkesinde yer alan her kişinin kilogramına bağlı olarak bu değer değişebilmektedir. Eva erişim modülünde, mürettebatın uzay giysilerinin bakımı ve onarımı imkân veren Suitport birimleri yer almaktadır (bkz.Araç dışı aktiviteler bölümü). Bu birimlerde uzay giysileri ile dışarıdan gelen Ay tozları temizlenmektedir ve onarımı yapılmaktadır. Araç dışı aktivite erişim modülünde yer alan suitport birimlerinde uzay giysilerinin bakım ve onarımı sırasında herhangi bir aşınma ve yıpranma durumu kontrol edilebileceği gibi giysilerin taşınabilir yaşam destek sistemlerinde herhangi bir sorun olup olmadığı vb. gibi durumlar da kontrol edilmelidir. Bu birimde yer alan kapılar basınçlı kapaklardır (hatches). Bu kapakların daha yüksek hacimli tarafa doğru açılması önerilmektedir. Yerleşkede, farklı konumlarda yerleştirilen 8 adet EVA Erişim modülü bulunmaktadır.
Hava kilidi	Yaşam modülü içerisinden dışarıya erişim yalnızca hava kilidi biriminden geçiş ile mümkündür. Hava kilidi basınçlı ve basınçsız ortam arasında geçiş yapan birimdir. Dışarıya erişim de yalnızca hava kilidi (airlock) adı verilen basınçlandırma/ basınçsızlandırma filtre alanları kullanılacaktır. Habitat tasarıma bağlı olarak değişkenlik gösteren EVA erişim modülünde, uzay giysilerinin bakımı ve onarımına izin veren iç hava kilidinde yer alan Suitport birimleri yer alabilmektedir (Cohen, 2015:11-26). Suitport birimlerinde uzay giysilerinin bakımı, onarımı ve temizliği yapılabilmektedir. Ayrıca, habitattaki herhangi bir acil durumda mürettebat EVA erişim modülüne kenetlenmiş basınçlı roverleri veya uzay aracını kullanarak uzay takımlarını giydikten sonra EVA erişim modülünü acil çıkış yolu olarak kullanılabilecek ve diğer EVA erişim modülüne geçiş yapabilecektir. Hava kilidi alanına geçiş yapan mürettebat üyeleri doğrudan basınçlı Roverlara geçiş yapabilecektir. Her bir erişim modülünde yer alan iki adet hava kilidi için 10 m² önerilmiştir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Teknik birim: Mobil laboratuvar <i>Ay yüzey keşiflerini gerçekleştirmek ve uzay hakkında bilimsel araştırmalar yürütmek</i> <i>1 adet mobil laboratuvar 30 m² = Tüm yerleşkede 2 adet yer almaktadır</i> <i>Tüm yerleşkede = 60 m²</i>
Birim Konumu	<i>İş istasyonları ile koordineli bir şekilde çalışmaktadır. Hareketli olması özelliğiyle tüm birimler ile ilişki kurabilir</i>

Örnek Görsel



Şekil 1: (a) Laboratuvar penceresi (NASA,2014: 837), (b-c): Mobil laboratuvar için örnek görsel (Cohen, 2003)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Laboratuvar modülü: araştırma yapma, numune toplama ve analiz, Ay yüzey çevresel ölçümlerini gerçekleştirme	Kenetlenme portu, basınç dengeleme sistemleri, iç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel, çevresel koşulları (radyasyon seviyesi, sıcaklık değişimleri) ölçen cihazlar, numune toplamak amacıyla entegreli robotik kollar ve numune saklama bölümleri, navigasyon ve iletişim ekipmanları, entegreli güneş panelleri, yaşam destek sistemleri, hijyen alanı, gıda depolama alanı, pencere, el tutma barı, ayak sabitleme barı	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler ve teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenliğin yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet mobil laboratuvar: 30 m ²	*Hijyen alanı yalnızca bir adet vakumlu klozet ve ekipmanlarını içermektedir. Yak. 2 m ² alanda hijyen alanı önerilmiştir. * Hazır gıdaların depolandığı gıda depolama alanları = 60*60*60 cm *Lab. üzerinde 2 adet güneş paneli yer almaktadır *Enerjinin depolandığı güç bataryaları bulunmaktadır *1 adet pencere = 30*40 cm *Diğer tüm teknik ekipmanların kapladığı alan, disiplinler arası uzmanlar ile hesaplanmalıdır	Birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı mobil lab. Üzerinde yer alan 2 adet güneş panelinden karşılanmaktadır.	1 adet mobil laboratuvar modülü için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet yangın alarmı * 3 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Mobil laboratuvar 30 m ² x 2 modül laboratuvar=60 m ²	* Toplamda iki birim içerisinde 2 adet vakumlu klozet ve ekipmanları yer almaktadır. Yak. 4 m ² alanda hijyen alanı bulunmaktadır. * 2 adet gıda depolama hacimleri * 4 adet güneş paneli * 2 adet görsel temas yüzeyi (pencere) * Diğer tüm teknik ekipmanların kapladığı alan, disiplinler arası uzmanlar ile hesaplanmalıdır	Birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı mobil lab. üzerinde yer alan 4 adet güneş panelinden karşılanmaktadır.	2 adet mobil laboratuvar modülü için: 2 adet duman dedektörü * 2 adet yangın alarmı * 6 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Aynı anda 2 kişi	Mobil laboratuvar içerisinde aynı anda 2 kişi yüzey görevlerine çıkabilmektedir.	2 kişinin yüzey görevlerinde tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir mobil lab. modülü için 2 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç aracı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeleri *Basınçlı kapaklar(kapılar) *Düşük aydınlatma seviyelerinde beyaz veya kırmızı ışık	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları

Açıklama: Yüksek performanslı Ay mobil laboratuvarı, uzun mesafe görevlere ve binlerce kilometre üzerinde otonom keşfe olanak tanımaktadır. Otonom pilotaj özelliğinin yanı sıra otonom araştırma işlevlerine sahip olması planlanmaktadır. Laboratuvar, otonom örnekleme, sıralama, örnek hazırlama ve laboratuvar analizleri için donatılacağı varsayılmıştır (Cohen, 2003).

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Mobil laboratuvar</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Birincil aşamada, Ay yerleşkesi yaşam modülü içerisinde küçük düzeyli deneylere yönelik laboratuvar alanı bulunacaktır. Fakat bu birim yerleşkenin genişlemesine bağlı olarak ikinci aşamada ayrı bir modül olarak işlevlendirilecektir. Mürettebat üyeleri, Ay'a iniş sonrası ilk olarak iniş alanı çevresini keşfetmeye odaklanacaktır. Ay yerleşkesinde ilk aşama sonrası, yüksek performanslı Ay mobil laboratuvarının geliştirilmesi ve böylece daha uzun mesafeli keşiflere ve araştırmalara çıkılması planlanmaktadır. Bu mobil laboratuvar, Ay yüzeyinin çeşitli jeolojik kesitlerini araştırma ve çok uzak mesafeleri yol alabilme kapasitesine sahip olmalıdır. Zorlu engelleri aşma ve otonom pilotluk yeteneklerine ek olarak, Ay mobil laboratuvarı aynı zamanda otonom araştırma işlevlerine de sahip olmalıdır. Bu mobil laboratuvar; aktif sismoloji, yüksek çözünürlüklü ve derin işlevli radar, malzemelerin bileşim analizi ve yüzey çevre gözlemi için gerekli ekipmanları da bünyesinde barındırmalı; otonom numune alma, tasnif etme, numune hazırlama, laboratuvar analizleri vb. gibi işlevleri yerine getirebilmek için gerekli donanımlara sahip olmalıdır (Lin, Yang, Zhang, Hui, Hu ve diğerleri, 2024). Kurgulanan bu mobil laboratuvar ile Ay'ın iç yapısının ve Ay yüzeyinin uzun vadeli, sürekli izlenmesini kolaylaştırması planlanmaktadır. Zaman içerisinde, Ay araştırmalarının merkezinde yer aldığı bu laboratuvar araştırmaları yerini aynı zamanda astronomik gözlemler ve uzay bilimi hakkında araştırmalara bırakabilir (Foing, 1996). Önerilen bu mobil laboratuvar, içerisinde iki kişinin çalışmasına imkân tanıyacak şekilde kurgulanmıştır. Laboratuvar içerisinde günlük keşif görevlerine çıkan mürettebat üyelerinin yiyecek ihtiyaçları için gıda depolama birimi bulunmaktadır. Aynı zamanda kişisel ihtiyaçlarının giderilmesi için de 2 m²'lik hijyen alanı yer almaktadır. İçerisinde farklı birimleri de barındıran bu mobil laboratuvar 30 m² olarak önerilmiştir. Mobil laboratuvarda dış çevrenin doğru olarak gözlemlenebilmesi için iç mekânda doğru aydınlatma yönteminin kullanılması gereklidir. Gözün, çevreye karanlık adaptasyonu yüksek derecede ise görme ortamında düşük aydınlatma seviyesinde beyaz veya kırmızı ışık sağlanmalıdır. Adaptasyon düzeyi düşük seviyede ise ayarlanabilir beyaz aydınlatma kullanılabilir (NASA, Human Integration Design Handbook: 772). Gözün dış ortamdaki karanlık çevreye adaptasyonu için çalışma ortamında düşük aydınlatma seviyelerinde beyaz veya kırmızı ışığın kullanımı önerilmektedir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim Birim Fonksiyonu	Teknik birim: İş istasyonları Yerleşkedeki tüm faaliyetlerin yürütülmesi, yönetilmesi ve planlanması çeşitli iş istasyonları tarafından gerçekleştirilmektedir. Tüm yerleşkede 8 adet iş istasyonu bulunmaktadır
Birim Konumu	İş istasyonları birbirleriyle koordineli bir şekilde çalışmaktadır.

Örnek görsel



(a)



(b)

Şekil: İş istasyonları için örnek görsel (a: Howard, 2020 - b: Inocente ve diğerleri, 2019)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	İş İstasyonları: Yerleşke içerisinde farklı işleve sahip 8 iş istasyonları bulunmaktadır. Teknik, robotik ve bilimsel verilerin araştırılması önerilmektedir	1 ve 2. iş istasyonları = Robotik çalış., 3. 4 ve 5. iş istasyonları = Bilimsel çal. 6-7 ve 8. iş istas. = Teknik çalışmalar yürütülmektedir. Ay yüzey keşif ekibinin yönlendirilmesi, Eva faaliyetlerinin planlanması, Rover kontrolü ve yönetimi, Ay'ın atmosferik koşullarının gözlemlenmesini, risk karşısında acil durum protokollerinin uygulanmasını ve kriz yönetimi ve 3 boyutlu yazıcı kontrolü, atmosfer-su-atık yönetimi sisteminin kontrolü, lojistik planlamanın yapılması	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler ve her bir birim için gerekli teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet iş istasyonu: min. 30 m ²	İş istasyonunun boyutları yaklaşık olarak ortalama 30 m ² olarak önerilmiştir. Ancak her bir iş istasyonunun teknik ve mekânsal gereksinimleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle verilen alan bilgisi değişiklik gösterebilir	Birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji hesaplanmalıdır	1 adet iş istasyonu modülü için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet yangın alarmı * 3 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	İş istasyonları 30 m ² x 9 iş istasyonu = min. 270 m ²	Her bir iş istasyonunda; 3 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 90*150*80 cm ve *3 adet oturma elemanı: 50*50*45 cm (ayarlanabilir yükseklik) bulunmaktadır. Her bir iş istasyonu işlevine bağlı olarak çeşitli boyutlarda teknik ekipman içermektedir. Teknik ekipmanların mekân içerisinde kapladıkları hacim disiplinler arası uzmanlar ile birlikte önerilmelidir	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	9 adet iş istasyonu modülü için: 2 adet duman dedektörü * 2 adet yangın alarmı * 6 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Her iş istasyonunda toplamda 2 kişi çalışmaktadır	Her bir iş istasyonunda aynı anda 2 veya daha fazla kişi aynı anda çalışabilir	Min. 2 kişinin iş istasyonu kullanımı sırasında tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir iş istasyonun için 1 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeleri, *İç geçiş kapısı *Geniş spektrumlu beyaz ışık sağlayabilen katı hal ışık kaynağı (LED) ve düşük aydınlatma seviyeli beyaz ve kırmızı ışık (iş istasyonundaki faaliyete bağlı olarak)	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları

Açıklama: İş istasyonlarındaki görevlerin karmaşıklığına göre çalışan kişi sayısı değişiklik gösterebilir. Çalışma istasyonları, benzer işlevlere sahip ise birbirine yakın olmalı ve işlevine bağlı olarak diğer tesislere veya çevredeki faaliyetlere görsel, akustik ve fiziksel açıdan uyumlu olmalıdır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

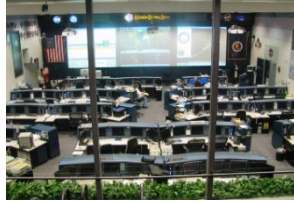
<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: İş istasyonları</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yerleşke içerisinde amaca ve kullanım alanına bağlı olarak iş istasyonlarının büyüklük ve kapasitesi değişkenlik gösterebilmektedir. İlk aşamada yerleşkede yürütülecek olan bilimsel faaliyetler insanlı iniş aracı içerisindeki laboratuvarda yürütülürken ikinci aşamada bu faaliyetler bölümlenerek farklı iş istasyonlarında yürütülecektir. Laboratuvar alanından farklı olarak kurgulanan iş istasyonlarında teknik, robotik ve bilimsel verilerin araştırılması önerilmektedir. Bilimsel araştırmaların yürütülmesi, teknik altyapı sistem yönetimi, görevlerin planlanması ve koordinasyonu çeşitli iş istasyonlarında yer alacak faaliyetler arasında yer almaktadır. Bu iş istasyonlarında aşağıda sıralanan faaliyetlerin yürütülmesi önerilmektedir. Birinci ve ikinci iş istasyonlarında robotik görevler yürütülmektedir. Birinci iş istasyonunda; keşif ekibinin yönlendirilmesi, Eva faaliyetlerinin planlanması, koordinasyonu ve Eva ekibi ile iletişim gerçekleştirilebilecektir. İkinci iş istasyonunda mürettebatsız gerçekleştirilen yüzey faaliyetlerinin planlanması ve koordinasyonu yürütülebilecektir. Yüzey görevlerinde kullanılacak olan uzaktan kumandalı robotların ve Ay gezicilerinin (rover) yönlendirilmesi ile planlanması bu istasyonda gerçekleştirilebilecektir. Üçüncü, dördüncü ve beşinci iş istasyonları bilimsel çalışmalar yürütülmektedir. Üçüncü iş istasyonu, Ay'ın atmosferik koşullarının gözlemlenmesini, takibinin yapılmasını ve teleskoplarla derin uzay araştırmalarına dair verilerin toplanmasını kapsamaktadır. Dördüncü iş istasyonunda, Ay'dan elde edilen regolitin çeşitli alanlardaki kullanımına yönelik olarak bilimsel araştırmalarının yapılması ve 3 boyutlu yazıcılar tarafından regolitin inşaat sürecinde kullanımı planlanmakta ve yönetilmektedir. Beşinci iş istasyonunda, su buzunu araştırmalarına dair planlamaların ve bilimsel araştırmaların yürütülmesi önerilmektedir. Ay yüzeyinde, su buzunu kaynaklarının tespit edilmesi ve haritalandırılması, çeşitli bölgelerden alınan su buzunu örneklerinin kimyasal analizlerinin yapılması önerilmektedir. Su buzunun, Ay yerleşkesinde kullanım sürecine yönelik olarak yapılan çalışmalar ve operasyonel planlamalar su yönetimi sistemi içerisinde çözümlenmektedir. Altıncı, yedinci ve sekizinci iş istasyonlarında yerleşkeye ait teknik çalışmalar yürütülmektedir. Altıncı iş istasyonu, yerleşkede insan veya sistem kaynaklı gerçekleşebilecek olası bir tehlike durumunda veya atmosferik koşullara bağlı olarak ortaya çıkabilecek bir risk karşısında acil durum protokollerinin uygulanmasını ve kriz yönetimi yürütülmesini kapsamaktadır. Yedinci iş istasyonunda, yaşam destek sistem teknolojisinin çalışma mekanizmasına dair teknik kontroller ve planlamalar yapılabilir. Sekizinci iş istasyonunda, atık yönetimi sistemine dair atıkların kontrol edilmesi, uzaklaştırılması ve geri dönüştürülmesi işlemleri kontrol edilebilecek ve yönetilebilecektir. Çalışma istasyonları, benzer işlevlere sahip ise birbirine yakın olmalı ve işlevine bağlı olarak diğer tesislere veya çevredeki faaliyetlere görsel, akustik ve fiziksel açıdan uyumlu olmalıdır (NASA, Human Integration Design Handbook:681). Önerilen birinci ve ikinci iş istasyonu birbirine bitişik olarak konumlandırılmıştır ve iş istasyonlarında bulunan pencereler dış çevrenin gözlemlenmesine imkân sağlayabilecektir. Üçüncü iş istasyonu iletişim birimine bitişik olarak konumlandırılmış ve her iki birim birbiri ile koordineli olarak çalışmaktadır. Dördüncü ve beşinci iş istasyonu diğer iş istasyonlarına yakın veya uzak konumda önerilebilir. Dördüncü iş istasyonunda atmosferik gözlemlerin yapılabilmesi amacıyla tavanda ve cephelerde pencerelerin yer alması öngörülmektedir. Altıncı iş istasyonu mobil bir iş istasyonu olup yerleşkede inşaatın yapıldığı konumlara bağlı olarak arazide hareket edebilecektir. Yedinci, sekizinci ve dokuzuncu iş istasyonları yaşam destek sistemlerinin yönetildiği ve kontrol edildiği işlevleri kapsamaktadır. Bu istasyonlar diğer iş istasyonlarından uzakta ve birbirlerine yakın konumlandırılmıştır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim Fonksiyonu</i>	Teknik birim: Görev kontrol merkezi+Toplantı odası <i>Yerleşkedeki iş istasyonları tarafından yönetilen tüm faaliyetlerin denetlenmesi ve idari tüm faaliyetlerin yürütülmesi bu birim tarafından yönetilmektedir.</i> <i>Tüm yerleşkede 1 adet görev kontrol merkezi bulunmaktadır</i>
Birim Konumu	<i>Beşinci iş istasyonu ve iletişim birimi ile birbirleriyle koordineli bir şekilde çalışmaktadır.</i>

Örnek görsel



Görev kontrol merkezine örnek görsel(NASA,2010)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Dünya'dan teknik ve idari tüm faaliyetleri koordine etme, farklı iş istasyonlarının gerçekleştirdiği görevlerin denetimini gerçekleştirme	Bu birimdeki görevler, Dünya'daki operatörler tarafından tamamen tele operasyon sistemleri aracılığıyla uzaktan yönetilmektedir. Aynı zamanda acil durumlar karşısında yerleşkedeki kullanıcılar tarafından da yönetilebilmektedir. Çalışma alanı için çalışma yüzeyleri ve oturma elemanları, toplantı odası için çalışma yüzeyleri ve oturma elemanları, bilgisayar, veri iletim sistemleri (yüksek frekanslı antenler), görev izleme paneli.	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler ve her bir birim için gerekli teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet görev kontrol merkezi: 250 m ² 1 adet toplantı odası: 120 m ²	Min. 5 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 90*250*75 cm Min. 5 adet oturma elemanı: 50*50*50 (ayarlanabilir yükseklik) Min. 15 adet bilgisayar 1 adet görev izleme paneli Depolama hacimleri (evrak, dosya vb.)	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	1 adet görev kontrol merkezi ve toplantı odası için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet yangın alarmı * 3 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Görev kontrol merkezi: 250 m ² x 1 modül = 250 m ² Toplantı odası: 120 m ² x 1 modül =120 m ²	10 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 90*250*75 cm 10 adet oturma elemanı: 50*50*50 (ayarlanabilir yükseklik) 30 adet bilgisayar 2 adet görev izleme paneli	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	2 adet görev kontrol merkezi ve toplantı odası için: 2 adet duman dedektörü * 2 adet yangın alarmı * 6 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Görev kontrol merkezinden sorumlu toplamda 4 kişi çalışmaktadır	Görev kontrol merkezinde aynı anda 2 veya daha fazla kişi aynı anda çalışabilir	Min. 4 kişinin görev kontrol merkezini kullanımı sırasında tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir adet görev kontrol merkezi ve toplantı odası 2 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcısı çerçeve+ışırilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeleri *İç geçiş kapısı *Geniş spektrumlu beyaz ışık sağlayabilen katı hal ışık kaynağı (LED)	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları ve yedek lityum bataryalar

Açıklama: Bu birim, diğer birimler arasında çıkan sorunlara yönelik olarak ortak bir paydaş görevi görmektedir. Toplantı odası için doğrudan görev kontrol merkezinden geçiş yapılmaktadır. Her bir görev kontrol merkezinde çalışan bir kişi, aynı anda 3 farklı gerçek zamanlı veri işleme bilgisayarını kullanır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

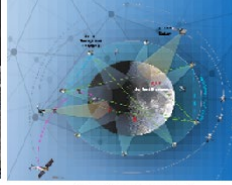
<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Görev kontrol merkezi+Toplantı odası</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yerleşkede iletişim birimi ile doğrudan ilişkili olan bu birimde yerleşkenin teknik ve idari tüm faaliyetleri kontrol edilmektedir. Bu birimdeki görevler, Dünya'daki operatörler tarafından tamamen tele operasyon sistemleri aracılığıyla uzaktan yönetilmekte olup, kritik durumlarda Ay yerleşkesinde de doğrudan kontrol sağlanabilmektedir. Farklı iş istasyonları tarafından yürütülen görevlerin kontrolü ve denetimi, çeşitli birimlerde gerçekleşmesi olası durumlar karşı önlem uygulamaları bu birimde yürütülecektir. Aynı zamanda bu birim doğrudan beşinci iş istasyonu ile koordineli olarak çalışmakta ve birbirine yakın olarak konumlandırılmaktadır. Yerleşkedeki mürettebat üyelerinin görev planlaması, Dünya'dan gelen uzay araçlarının takip ve koordine edilmesi, yerleşkedeki tüm yazılım ve donanım sistemlerinin güncelleme takibinin yapılması ve uzaktan yönetimi bu birim içerisinde yürütülecektir. Aynı zamanda bu birim içerisinde farklı birimler tarafından düzenlenen toplantıların yapıldığı toplantı odası yer almaktadır. Tüm yerleşke içerisinde iki adet görev kontrol merkezi yer almakta olup bu kontrol merkezine toplantı odası eklenmektedir. Toplantı odasına geçiş yalnızca görev kontrol merkezi içerisinde yapılabilmektedir. Pneuoplanet projesinde 32 kişi için toplantı alanı 90 m² olarak önerilmiştir (Herzig ve diğerleri, 2022). Program kapsamında görev kontrol merkezi 250 m² olarak önerilmiştir. Bu merkeze eklenen toplantı odası ise 120 m² olarak önerilmektedir. Görev kontrol merkezi ve toplantı birimi toplantı birimi 370 m²'dir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim	Teknik birim: İletişim birimi
Birim Fonksiyonu	Yerleşke ve Dünya arasındaki iletişim ve koordinasyonun sağlanması Yerleşkede 1 adet iletişim birimi bulunmaktadır
Birim Konumu	Görev kontrol merkezi, toplantı odası ile yakın konumda Ses ve hijyen nedeniyle; Atık depolama birimi, egzersiz alanı, uyku alanı, rekreasyon alanı, yemek yeme alanından uzak konumda

Örnek görsel

Yüzey Kablosuz İletişimi
EVA ve diğer ekipler arası iletişim

Ay navigasyon sistemi



Ay ile Dünya arasındaki optik iletişim

İletişim türlerinin şematik gösterimi (NASA,2024)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Görevlerin izlenmesi, kontrolü, araçlardan ve ekipmanlardan telemetri verilerinin elde edilmesini, iletişim kurma, alma, dağıtma ve işleme	Ku, bandı teknolojisi altyapı bileşenleri, Ay Yüzeyi kablosuz iletişim sistemleri (4G/5G hücreli teknoloji) teknik ekipmanları, çok işlevli kullanım düzlemi, oturma elemanı, bilgisayar, görev izleme paneli, Ay yerleşkesi-Dünya arası iletişim, Ay yerleşkesi/Dünya ile transit uzay aracı arasındaki iletişim, Ay yerleşkesi ile Ay yüzeyindeki EVA mürettebatı arasındaki iletişim için gerekli teknik ekipmanlar	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler ve her bir birim için gerekli teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenlikli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet iletişim birimi: 100 m ²	Tüm teknik ekipmanların kapladıkları hacimler ayrıca detaylı olarak hesaplanmalıdır. Min. 2 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 90*250*75 cm Min. 2 adet oturma elemanı: 50*50*50 (ayarlanabilir yükseklik) Min. 6 adet bilgisayar 1 adet görev izleme paneli	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	1 adet iletişim birimi için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet yangın alarmı * 3 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Yerleşkede 1 adet iletişim birimi yer almaktadır	Tüm teknik ekipmanların kapladıkları hacimler ayrıca detaylı olarak hesaplanmalıdır. Tüm yerleşke içerisinde 1 adet iletişim birimi yer almaktadır Min. 2 adet çok işlevli kullanım düzlemi: 90*250*75 cm Min. 2 adet oturma elemanı: 50*50*50 (ayarlanabilir yükseklik) Min. 6 adet bilgisayar 1 adet görev izleme paneli	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	1 adet iletişim birimi için: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet yangın alarmı * 3 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Her bir görev iletişim biriminden sorumlu toplamda 2 kişi çalışmaktadır	Her bir iletişim biriminde aynı anda 2 veya daha fazla kişi aynı anda çalışabilir	Min. 2 kişinin iletişim birimini kullanımı sırasında tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Bir adet iletişim birimi 1 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcısı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* PTFE kaplamalı kompozit yüzey malzemesi veya antibakteriyel polimer yüzey kaplama malzemeleri * İç geçiş kapısı * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemelerin düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler * Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları ve yedek lityum bataryalar

Açıklama: Ay yerleşkesi ile Dünya arasındaki veri bağlantısı bakımından gerçek zamanlı iletim ve güvenilirlik gereksinimlerini karşılayan Ku bandı teknolojisinin kullanılması önerilmektedir (Ait-Lakbir, de Laval, Fehr,ve Vaksdal, 2015).

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: İletişim birimi</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Bir uzay görevinde iletişim; ekip koordinasyonu ve veri paylaşımının temelidir, bu sebeple yerleşkenin önemli bileşenlerinden birisidir. Bu birim temel olarak görev unsurlarının izlenmesini, kontrolünü, araçlardan ve ekipmanlardan telemetri verilerinin elde edilmesini, iletişim kurma, alma, dağıtma ve işleme kapasitesini içerir. İletişim birimleri, uzay görevlerinde kullanılan diğer kritik teknolojiler gibi maksimum güvenilirlik ve yedeklilik esasına dayanmalıdır. Uyumluluğu sağlamak için, ilgili her paydaşın iletişim sistemini önceden tanımlanmış bir standarda göre geliştirmesi veya uyarlaması gerekir, böylece tüm sistemler sorunsuz bir şekilde birlikte çalışır. Bu öneride iletişim üç ana kategoriye ayrılabilir: Ay yerleşkesi ile Dünya arasındaki iletişim, Ay yerleşkesi/Dünya ile transit uzay aracı arasındaki iletişim, Ay yerleşkesi ile Ay yüzeyindeki EVA mürettebatı arasındaki iletişim (Daggenfelt, Tsikis, Krantz, Monmousseau ve Chandrashekar,2015). Ay yerleşkesi ile Dünya arasındaki veri bağlantısı bakımından gerçek zamanlı iletim ve güvenilirlik gereksinimlerini karşılayan K_u bandı olarak bilinen teknoloji, birçok uydu ve uzay aracı için kullanılan köklü bir teknolojidir. K_u bandına alternatif olabilecek görece daha yeni bir başka yaklaşım ise, Ay ile Dünya arasında optik bir bağlantı, yani bir lazer aracılığıyla kurulabilecek iletişimdir. Bu teknoloji, oldukça yüksek veri iletim hızları sağlayabilmektedir. Başarı ile test edilen optik temelli iletişim, üretken kullanım için henüz yeterince güvenilir değildir (Ait-Lakbir, de Laval, Fehr ve Vaksdal,2015). Bu teknik donanımların bulunduğu iletişim birimleri yaşam birimlerine yakın olarak kurgulanmıştır. Bu iletişim modülleri yerleşkedeki tüm birimler bakımından erişilebilir olmalıdır. Böylece olası bir acil durumda müdahale etme süresi kısaltılmış olur.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i> <i>Birim Fonksiyonu</i>	<i>Teknik birim: Depolama birimleri</i> <i>Farklı ekipmanların ve materyallerin depolandığı birimlerdir.</i> <i>Yerleşke içerisinde 3 adet farklı işlevlere sahip depolama birimi bulunmaktadır</i>
<i>Birim Konumu</i>	<i>Gıda depolama birimi, hijyen ve egzersiz alanından uzak bir konumda önerilmelidir, Yemek hazırlama birimi ve lojistik takviye birimine yakın bir konumda önerilmelidir</i> <i>Hijyen depolama birimi, lojistik takviye birimine ve kıyafet yönetimi birimine yakın bir konumda önerilmelidir</i>

Örnek görsel



Depolama modülü için örnek görsel (Inocente ve diğerleri, 2019)

<i>Kategori</i>	<i>Alt fonksiyonlar</i>	<i>Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji</i>	<i>Enerji ve kaynak tüketimi</i>	<i>Güvenlik ve acil durumlar</i>
<i>Açıklama</i>	Merkezi ve dağıtılmış depolama sistemleri: teknik depolama birimi, gıda depolama birimi ve hijyen depolama birimi	İletişim ekipmanları, Eva ekipmanları, sıhhi tesisat, elektrik tesisatı ve diğer tesisat ekipmanları, <i>Sera biriminde üretilen veya Dünya'dan gönderilen besin maddelerinin depolandığı modüler depolama hacimleri</i> , Yerleşkenin kat hizmetleri (housekeeping) ve mürettebatın bireysel hijyen malzemelerinin depolandığı modüler depolama hacimleri	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler, soğutma sistemleri ve her bir birim için gerekli teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenlikli yangın söndürme sistemi
<i>Yaklaşık birim alanı / Birim adet</i>	Teknik depolama birimi: min.200 m ² Gıda depolama birimi: min.75 m ² Hijyen depolama birimi: min.75 m ²	Teknik depolama birimi: İletişim ekipmanları (anten modülleri, yedek kablolar, Eva ekipmanları (el aletleri, hava kilidi bileşenleri, sıhhi tesisat elemanları (boru bağlantı elemanları, yalıtım malzemeleri) elektrik tesisat bileşenleri (batarya modülleri, çeşitli büyüklükte kablolar) diğer altyapı elemanları (robotik yedek parçalar, sensörler) vb. Gıda depolama birimi; soğuk depo, kuru gıda deposu, acil durum gıda stok deposu bulunmaktadır. Hijyen depolama birimi: kişisel hijyen kitleri, temizlik ürünleri (deterjanlar, yüzey temizleyicileri), tek kullanımlık hijyen ürünleri (eldiven, maske), kat hizmetleri ürünleri (temizlik robotları) vb.	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	Her bir adet depolama biriminde: * 3 adet duman dedektörü * 3 adet yangın alarmı * 3 adet yangın söndürme sistemi
<i>Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet</i>	Tüm yerleşkeye hizmet eden 3 adet depolama birimi bulunmaktadır	Her bir depolama birimi içerisinde bulunan modüler depolama hacimleri detaylı olarak hesaplanmalıdır	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	3 adet depolama birimi için: 9 adet duman dedektörü, 9 adet yangın alarmı, 9 adet yangın söndürme sistemi
<i>Kullanıcı kapasitesi</i>	Her bir depolama biriminden sorumlu toplamda min. 2 kişi çalışmaktadır	Tüm depolama biriminden sorumlu min. 6 kişi bulunmaktadır	Min. 2 kişinin depolama birimini kullanımı sırasında tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir adet depolama birimi 1 adet yangın alarmı yer alır
<i>Çevresel koşullardan koruma</i>	Yapı strüktür: taşıyıcısı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
<i>Yapı malzemeleri</i>	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Antibakteriyel epoksi yüzey kaplama malzemesi *Kompozit panel raf sistemleri (Eva ekipmanları ve diğer teknik ekipmanlar için) *Alüminyum alaşımlı raf sistemleri (gıda ve hijyen depolama alanlarında kullanılabilir) * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
<i>Enerji yönetimi</i>	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları ve yedek lityum bataryalar

Açıklama: Kısmi yerçekimi ortamında depo birimlerinde ekipmanların alanlarda sabitlenmesi ve muhafazası için çok işlevli ipler gerekmektedir. Çeşitli bağlama teknikleri kullanılarak büyük hacimli malzemeler bu ipler ile sabitlenmektedir. Küçük hacim kaplayan cıvata ve somun vb. gibi malzemeler birim içerisinde yer alan dolaplarda muhafaza edilecektir (NASA, 2014: 840).

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

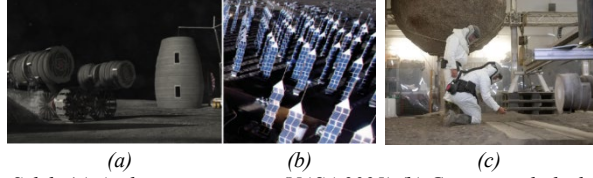
<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Depolama birimleri</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yerleşkede önerilen depolama sistemi Uluslararası Uzay İstasyonunda kullanılan depolama sistemine benzer özelliktedir. Yerleşkede merkezi ve dağıtılmış depolama sistemi birlikte önerilmiştir. Bu depolama sisteminde az kullanılan eşyalar veya farklı birimler tarafından kullanılan eşyalar merkezi depolama biriminde depolanmaktadır (NASA, Human Integration Design Handbook: 626) Merkez depolama birimi dışında kalan dağıtılmış depolama birimleri arasında gıda depolama birimi ve hijyen depolama birimi yer almaktadır. Merkezi depolama birimi olarak teknik depolama birimi önerilmiştir. Yerleşkede gerekli olan besin maddeleri, hijyen ürünleri ve teknik malzemelerin depolandığı farklı işlevli depolama birimleri yer almaktadır. Bu birimler ihtiyaçlar doğrultusunda diğer modüllere kolayca entegre edilebilir özelliktedir. Sera biriminde üretilen veya Dünya'dan gönderilen besin maddelerinin depolandığı gıda depolama birimi doğrudan sera birimi ile ilişkilidir. Bu birim hijyen ve egzersiz alanlarından uzak bir konumda önerilmiştir. Yerleşkenin kat hizmetleri (housekeeping) ve mürettebatın bireysel hijyen malzemeleri hijyen depolama biriminde depolanacaktır. Yerleşkede kullanılacak iletişim ekipmanları, araç dışı aktivite ekipmanları, sıhhi tesisat, elektrik tesisatı ve diğer tesisat ekipmanlarına yönelik olarak yerleşkede her bir malzemenin yedeği depolanacaktır. Teknik malzemelerin depolandığı bu teknik depolama birimi; hijyen biriminden, atık su arıtma tesisinden ve güç depolama biriminden uzakta konumlandırılacaktır. Depolama birimleri içerdikleri envanter doğrultusunda iç mekânda çeşitli depolama alanlarına sahip olacaklardır ve bu durum çok fazla değişken barındırmaktadır. Dolayısıyla alan ve hacim hesaplamaları bu birimde öneri olarak ileri sürülmeyecektir. Kısmi yerçekimi ortamında depo birimlerinde ekipmanların alanlarda sabitlenmesi ve muhafazası için çok işlevli ipler gerekmektedir (NASA, Human Integration Design Handbook: 840). Çeşitli bağlama teknikleri kullanılarak büyük hacimli malzemeler bu ipler ile sabitlenmektedir. Küçük hacim kaplayan cıvata ve somun vb. gibi malzemeler birim içerisinde yer alan dolaplarda muhafaza edilecektir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim Birim Fonksiyonu	Teknik birim: Su buzu dönüştürme tesisi, Ay toprağı dönüştürme tesisi, Güç (enerji) depolama tesisi
Birim Konumu	Teknik tesisler, yaşam birimlerinden uzak bir konumda önerilmelidir. Maden sahalarına yakın bir konumda önerilmiştir

Örnek görsel



Şekil: (a) Ay dönüştürme tesisi (NASA,2025) (b) Güneş paneli dizileri (Inocente ve diğerleri, 2019) (c) Ay araştırma alanı için örnek görsel (NASA,2025)

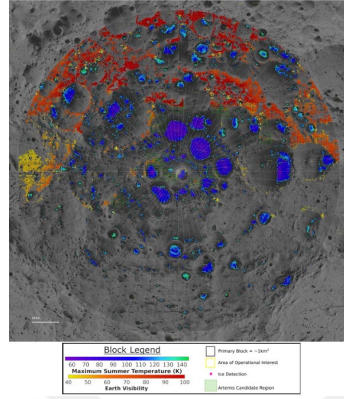
Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Ay Toprağı Dönüştürme Tesisi, Su buzu dönüştürme tesisi, güç istasyonu	3 boyutlu yazıcılar, su buzu elektroliz sistem bileşenleri (yüzey sondaj sistemleri, su buzu eritme ve ön arıtma ekipmanları), depolama sistemleri, güneş paneli dizileri, enerji depolama birimi, lityum bataryalar ve lityum batarya depolama birimleri	LED aydınlatma, dijital ekranlar, akıllı sensörler ve her bir birim için gerekli teknik sistemler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	1 adet Ay toprağı dönüştürme tesisi 1 adet su buzu dönüştürme tesisi 5 adet enerji depolama birimi	Ay toprağı dönüştürme tesisi: Ay toprağının inşaat malzemesi olarak kullanılması için Ay toprağına çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Bu nedenle Ay toprağı dönüştürme tesisi içerisinde yer alan üç boyutlu yazıcılar, Ay toprağının alternatif basım yöntemlerini araştırmaktadır. Su buzu dönüştürme tesisi: Ay yüzey altında bulunan donmuş su buzlarının çıkarılması ile su buzunun hidrojen ve oksijene ayrılması süreci, su buzunun içme suyu olarak kullanma süreci bu tesiste gerçekleşmektedir. Tesis içerisinde; arıtma modülü, elektroliz modülü, içilebilir su depolama modülü, işlevsel su depolama modülü, sıvı hidrojen depolama modülü yer almaktadır. Güç istasyonu: Her 5 adet yaşam modülüne 1 adet güneş paneli tarlası hizmet etmektedir. Yerleşke için 5 adet güneş tarlası önerilmektedir. Her bir güneş tarlası için 1 adet enerji depolama tesisi önerilmektedir. Yerleşkede toplamda 5 adet enerji depolama tesisi bulunmaktadır	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	Her bir adet teknik birimde: * 1 adet duman dedektörü * 1 adet yangın alarmı * 1 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık Birim toplam alanı/Toplam adet	Yerleşkenin ihtiyaçları doğrultusunda teknik tesis sayısı değişiklik gösterebilir	EVA faaliyetlerinden sorumlu 20 kişi bu tesislerde gerçekleştirilecek olan araştırmalardan da sorumlu olacaktır.	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinde ve lityum bataryalardan sağlanır	3 adet teknik birim için: 3 adet duman dedektörü, 3 adet yangın alarmı, 3 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Tesis içerisindeki modüller robotik olarak yönetilmektedir	EVA faaliyetlerinden sorumlu 20 kişi bu tesislerde gerçekleştirilecek olan araştırmalardan da sorumlu olacaktır.	Bu birimlerde çalışan kişi sayısının; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir adet teknik birim için 1 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Akıllı haberleşme sistemleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Antibakteriyel epoksi yüzey kaplama malzemesi *Su buzu için depolama tankları *Regolit yüzey kazıcıları, regolit sinterleme alanları, regolit eritme için güneş fırınları,	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları ve yedek lityum bataryalar veya yakıt hücreleri

Açıklama: Pneumoplanet projesinde 2 kişinin dört gün boyunca enerji ihtiyacı için 120 kg lityum bataryalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu durumda; 1 kişi 1 gün boyunca 15 kg lityum bataryaya ihtiyaç duymaktadır. Program kapsamında her bir yaşam modülünde yaşayan 4 kişinin ihtiyaç duyacağı günlük enerji miktarı 60 kg lityum bataryalardan karşılayabileceği önerilmektedir. Toplamda dört günlük karanlık günde ihtiyaç duyulan enerji için 240 kg lityum batarya yerleşkede depolanabilecektir. Yerleşkede yaşayan 100 kişi (25 yaşam modülü) , 4 günlük karanlık döngü boyunca 6000 kg bataryaya ihtiyaç duyar.

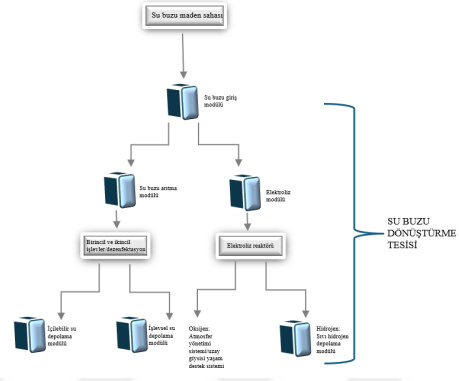
Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim	Teknik birim: Su buzı dönüştürme tesisi
Alt bilgi	İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı

Örnek görsel



(a)



(b)

Şekil 1. 80-90°C (enlemleri) arasındaki Ay Güney Kutbu madencilik haritası (Hubbard, 2023:114)

Şekil 2. Su buzı dönüştürme tesisi işlev şeması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Su buzı

dönüştürme
tesisi

Bu tesis, kendi içerisinde farklı işlevleri barındırmasından kaynaklı farklı modüllere sahip olarak önerilmektedir.

Tesis içerisinde yer alan birinci modülün amacı; yerinde kaynak üretimi ile su buzunun elektrolizini kapsarken, ikinci modülün amacı ise su buzundan arıtılmış su üretimini gerçekleştirmektir. Kevin Hubbard tarafından, doktora tezi çalışması kapsamında, 2023 yılında önerilen Ay Güney Kutbu su buzı madencilik haritası potansiyel su buzlarının çıkarılması sürecinde kullanılacaktır. Şekil 1’ de yer alan haritada Ay yüzey altında konumları tespit edilen donmuş su buzı, tele operasyonel madencilik faaliyetleri ile kademeli olarak çıkarılmaktadır. Maden bölgesinde, su buzunun madencilik faaliyetleri için yerleşkeden bağımsız olarak çalışan güneş enerjisi panelleri ve enerji depolama birimleri yer almaktadır. Aynı zamanda, su buzunun elektrolizi için gerekli yüksek miktardaki enerji güneş panellerinden karşılanmaktadır. Yerleşkeye yakın konumda belirlenen arazilerden su buzları bloklar halinde çıkartılarak su buzı girişi modülüne taşınmaktadır. Su buzı girişi modülünde, depolanan bloklar kullanım amacına bağlı olarak su buzı arıtma modülüne veya elektroliz modülüne taşınmaktadır. Elektroliz modülüne taşınan su buzı ise elektroliz reaktörü ile hidrojen ve oksijene ayrıştırılmaktadır. Su buzunun elektrolizi sonucu elde edilen oksijen, yaşam destek sistem teknolojilerine dahil edilerek yerleşkedeki oksijen ihtiyacında ve uzay giysilerinin yaşam destek sisteminde kullanılabilir. Ayrıştırılan hidrojen ise sıvı halde depolanarak hidrojen depolama modülüne taşınarak roket yakıtlarında kullanılabilir. Arıtma modülüne taşınan su buzı blokları, su yönetimi sistemine dahil edilmek üzere farklı işlemlerden geçmektedir. Arıtma modülünde, birincil ve ikincil kimyasal işlemlere uğrayan su buzı, dezenfektasyon sonrasında, yerleşkede kullanılmak üzere içilebilir su depolama modülüne ve işlevsel su depolama modülüne yönlendirilecektir. İçilebilir su depolama modülünde, depolana su yerleşkede yer alan diğer modüllere yer altında kurgulanan borular aracılığıyla dağıtılacaktır. İşlevsel su depolama modülünden, geri kazanılmış sular sera, temizlik, lavabo gibi işlevlerde kullanılmak üzere depolanır. Su buzı madenciliği için belirlenen bölgelere yakın olarak konumlandırılan bu tesis ile maden bölgesi arasındaki ulaşım Roverlar aracılığıyla sağlanabilmektedir. Tesis içerisinde yer alan elektroliz modülü ve içilebilir su depolama modülü birbirinden uzak bir konumda önerilmektedir. Yerleşke içerisinde birden fazla sayıda atık su depolama birimi ve su buzı depolama birimi yer almaktadır.

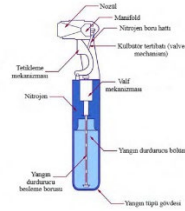
Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Ay toprağı dönüştürme tesisi, Güç(enerji) depolama tesisi</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>
<i>Ay toprağı dönüştürme tesisi</i>	Yerleşkedeki modüllerin dış kabukları küçük meteor çarpmalarından ve radyasyondan korunmak amacıyla üç boyutlu inşaat yazıcıları tarafından Ay toprağı ile kaplanmaktadır. Bu koruyucu katmanda, üç boyutlu yazıcılar Ay toprağını gevşek bir şekilde basarak modülün iç katmanında yer alan membran katmanını dış koşullardan muhafaza etmektedir. Ay dönüştürme tesisi içerisinde, Ay toprağının inşaat malzemesi olarak kullanılması için Ay toprağına çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Aynı zamanda bu tesis içerisinde yer alan üç boyutlu yazıcılar Ay toprağının alternatif basım yöntemlerini araştırmaktadır. Aynı zamanda, tesis içerisinde, 3 boyutlu inşaat yazıcılarının depolanması, bakım ve onarımı yapılabilmektedir. Bu tesis, Ay toprağı maden bölgesine yakın bir konumda önerilmiş olup yerleşkeye uzak bir konumda önerilmektedir. Yerleşkedeki modüllerin koruyucu katmanları uzman kişiler tarafından kontrol edilmektedir. Katmanda herhangi bir malzeme bozulması tespit edilmesi durumunda üç boyutlu inşaat yazıcıları tarafından bu bölge tekrar basılabilmektedir.
<i>Güç (enerji) depolama tesisi</i>	Yerleşkede tüm sistemlerin sürdürülebilir bir şekilde çalışması için kesintisiz bir enerji kaynağına ihtiyaç vardır. Program kapsamında alternatif enerji kaynakları önerilmekte ve yerleşkede kullanılmaktadır. İlk aşamada Dynetics insan iniş sistemi üzerinde bulunan güneş panelleri 4 kişilik mürettebatın enerji ihtiyacını karşılayacaktır. İkinci aşamaya geçiş sürecinde Ay yüzeyine yerleştirilen güneş paneli dizileri sürekli bir enerji kaynağı sağlayacaktır. Güneş paneli dizileri Ay tarlaları içerisinde yer almakta olup yaşam modüllerinden uzak bir konumda yerleştirilmiştir. Üretilen enerji güneş tarlalarında bulunan enerji depolama birimine yönlendirilmekte ve bu birim aracılığıyla enerji yerleşke içerisindeki diğer birimlere aktarılmaktadır. Her bir beş adet yaşam modülüne bir adet güneş tarlası hizmet etmektedir. Böylece güneş tarlaları içerisinde yer alan herhangi bir enerji depolama biriminin zarar görmesi durumunda yerleşkedeki birimlere diğer tarlalarda yer alan enerji depolama birimlerinden enerji transfer edilecektir. Enerji depolama birimlerinin kapasite olarak büyüklükleri belirlenmemiş olup disiplinler arası uzman kişiler ile belirlenmesi önerilmektedir. Önerilen yerleşkenin konumu C1 bölgesi olması nedeniyle bu bölgede en uzun karanlık döngü 4 gün sürmektedir. Bu süre boyunca güneş panellerinden üretilerek depolanan enerji kullanılmakla birlikte 4 gün boyunca yerleşkeye yetecek düzeyde lityum bataryalarda alternatif olarak kullanılacaktır (bkz; Pneumoplanet projesinde 284 m ² lik alan için günde 30 kg pile ihtiyaç duyulmuştur (Herzig ve diğerleri, 2022)). Pneumoplanet projesinde iki kişinin dört gün boyunca enerji ihtiyacı için 120 kg lityum bataryalara ihtiyaç duyulmuştur. Program kapsamında her bir yaşam modülünde yaşayan 4 kişinin ihtiyaç duyacağı günlük enerji miktarı 60 kg lityum batarlardan karşılayabileceği önerilmektedir. Toplamda dört günlük karanlık günde ihtiyaç duyulan enerji için 240 kg lityum batarya yerleşkede depolanabilecektir. Bu bataryalar güç depolama merkezinde depolanacak olup tüm yerleşke için toplamda minimum 6000 kg bataryaya ihtiyaç duyulacaktır. Yerleşkede depolanan güneş enerjisinde herhangi bir sorun olması durumunda yedek güç kaynağı olarak lityum bataryalar kullanılabilecektir. Aynı zamanda alternatif güç kaynağı olarak nükleer füzyon reaktörleri önerilmektedir. Güneş enerjisinin depolandığı enerji depolama birimi ile lityum bataryaların depolandığı birim birbirinden bağımsız olup bu birimler yerleşkeden uzak bir konumda önerilmiştir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim Birim fonksiyonu	Teknik birim: Yangın kontrol alanı Olası yangınlar veya öngörülemeyen tehlikeli durumlara karşı acil müdahale ile mürettebat tahliyesinin gerçekleştirildiği alandır. Yerleşkede 2 adet yangın kontrol alanı bulunmaktadır
Birim konumu	Ulaşım koridoru ile EVA araç dışı aktivite erişim modülü ile doğrudan ilişkilidir.

Örnek görsel



Rus modülündeki yangın söndürme tüpü (NASA,2014:375)

Kategori	Alt fonksiyonlar	Mekânsal ekipmanlar ve teknoloji	Enerji ve kaynak tüketimi	Güvenlik ve acil durumlar
Açıklama	Olası bir yangın riskinin ve insan kaynaklı hatalara bağlı olarak yangın ihtimalinin bulunmasına karşın yangın kontrol alanı önerilmiştir	Yangın depolama hacimleri, acil durum aydınlatma sistemleri, yangın söndürme sistemleri, görsel ve sesli uyarı sistemleri, yangın alarm panelleri (ilgili mekanlarla entegre bir şekilde), otomatik kapı kilitleme açma sensörleri, CO ₂ yangın söndürücüleri, Su bazlı yangın söndürücüleri	LED aydınlatma ve akıllı sensörler enerji tüketir	* Duman dedektörü * Yangın alarmı * Olası yangın için ekstra güvenli yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim alanı / Birim adet	Yangın kontrol birimi: 100 m ²	Yangın depolama hacimleri; maske, eldiven, hortum, portatif yangın söndürücü, yedek yaşam destek üniteleri içermektedir. Yangın söndürme sistemleri, taşınabilir solunum cihazları, yangının çıkış kaynağına bağlı olarak; CO ₂ yangın söndürücüleri veya su bazlı yangın söndürücüleri kullanılabilir	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinden ve lityum bataryalardan sağlanır	Her bir adet depolama biriminde: * 2 adet duman dedektörü * 2 adet yangın alarmı * 2 adet yangın söndürme sistemi
Yaklaşık birim toplam alanı/Toplam adet	Tüm yerleşkeye hizmet eden 2 adet yangın kontrol birimi bulunmaktadır	Her bir yangın kontrol birimi içerisinde bulunan modüler depolama hacimleri detaylı olarak hesaplanmalıdır	Her bir birimin kullanımı sırasında tüm teknik ekipmanların harcayacağı enerji miktarı güneş panellerinden ve lityum bataryalardan sağlanır	2 adet depolama birimi için: 94adet duman dedektörü, 4 adet yangın alarmı, 4 adet yangın söndürme sistemi
Kullanıcı kapasitesi	Yangın kontrol birimleri diğer birimlerdeki kişiler tarafından kullanılabilir	Diğer birimlerde çalışan uzman kişiler, yangın kontrolü alanında eğitimli olmakla birlikte acil durumlarda bu alanı kullanabilmektedir	Kişilerin alanı kullanımı sırasında tükettiği; O ₂ ve açığa çıkardığı CO ₂ kapasitesi	Her bir adet yangın kontrol birimi 1 adet yangın alarmı yer alır
Çevresel koşullardan koruma	Yapı strüktür: taşıyıcısı çerçeve+şişirilebilir kabuk + 4 metre Ay regoliti katmanı	*Oksijen ve karbondioksit kontrol sistemleri *Otomatik basınç kontrol sistemi *Nem ve sıcaklık kontrol sistemleri *Hava kalitesi sensörleri *Yangın algılama sensörleri *İç basınç ve dış basınç farkını gösteren panel	*Oksijen yönetimi sistemi *CO ₂ uzaklaştırma sistemi	*Basınç ayarı sensörleri *Hava kalitesi sensörleri *Sıcaklık kontrol sensörleri
Yapı malzemeleri	Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalkanı	* Antibakteriyel epoksi yüzey kaplama malzemesi *Kompozit panel raf sistemleri (Taşınabilir yangın söndürücü için) *Alüminyum alaşımlı raf sistemleri (yaşam destek üniteleri depolaması için) * Geniş spektrumlu beyaz ışık kaynağı	Kabukta kullanılan malzemeler düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Böylece termal kontrol ve yalıtım sağlar	* Antistatik yüzeyler *Zor yanıcı ve alev geciktirici malzemeler
Enerji yönetimi	*Güneş panelleri	*Yüksek yalıtımlı malzeme kullanımı ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürür *LED aydınlatma teknolojisi (enerji tasarrufu sağlar)	*Enerji izleme sensörleri (aşırı tüketimi ve verimsiz çalışan sistemlerin tespit edilmesi)	*Alternatif güneş enerjisi depolama bataryaları ve yedek lityum bataryalar

Açıklama: Uluslararası uzay istasyonunda (U.S. modülü ve Rus modülünde) CO₂ bazlı yangın söndürücü ve iki farklı türde su bazlı yangın söndürücü kullanılmıştır. CO₂ yangın söndürücüleri ile su bazlı yangın söndürücülerin birleşimi yangın söndürme sürecinde faydalı olduğu kanıtlanmıştır (NASA, 2014: 374-375).

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Yangın kontrol alanı</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yerleşke içerisinde atmosferik gazlar atmosfer yönetim sistemi tarafından kontrol edilmektedir. Bu nedenle, yerleşkedeki atmosfer içerisindeki gaz bileşenlerinin oranlarında değişkenliklerin olması, yerleşkede kullanılan herhangi bir sistemde teknik arızadan kaynaklı yangın riskinin bulunması ve insan kaynaklı hatalara bağlı olarak yangın ihtimalinin bulunmasına karşın yangın kontrol alanı önerilmiştir. Bu alan içerisinde yerleşkede küçük veya büyük yangınlara kısa sürede müdahale edebilecek uzman personel faaliyet sürdürmektedir. Tüm yerleşke içerisinde planlanmış olan taşınabilir yangın söndürücüler, yangın alarmları, basınçlı hacimlerde yangın veya duman varlığı bu sistem tarafından kontrol edilmektedir. Bu birimde mürettebat üyelerini dumandan korumaya yönelik olarak taşınabilir solunum cihazları yer almaktadır. Bu cihazlar mürettebat üyeleri ile uzman ekip arasında iletişimi sağlamalıdır (NASA, Human Integration Design Handbook: 373). Bu cihazlar yangın kontrol birimi içerisinde depolanmaktadır ve erişimi kolaydır. Olası bir yangın durumunda tüm mürettebat üyeleri taşınabilir solunum cihazlarına eriştiklerinde atmosfer yönetimi sistemi ortamdaki O₂ seviyesini düşürerek yangının sönmeye olanak tanıyacaktır. Yerleşkenin farklı bölümlerinde konumlandırılan 2 adet yangın kontrol modülü yer almaktadır. Her bir yangın kontrol birimi 100 m²'lik alan olarak önerilmektedir. Bu birimde alternatif olarak iki farklı çıkış alanı yer almakta olup, tüm yerleşkenin olası tahliyesi bu birim üzerinden gerçekleştirilmektedir. Doğrudan, EVA modülü ile ilişkili olarak önerilen bu modülde basınçlı kapılar ve acil durum kapıları bulunmaktadır. Basınçlı kapı, EVA ile modül arasındaki geçişi sağlarken, acil durum kapısı ise modül ile ulaşım koridoru arasındaki geçişi sağlamaktadır. Diğer birimlerden bağımsız olarak basınçlandırılan bu birim diğer birimlere kolayca eklenilebilmektedir. Böylece yangının olduğu birimden tahliye edilen mürettebat üyeleri diğer modüllere bu modül üzerinden erişebilmektedir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i> <i>Birim fonksiyonu</i>	<i>Teknik birim: Yaşam destek sistem teknolojisi</i> <i>Yaşam destek sistem teknolojisi; Mürettebat üyelerinin yaşam destek süreçlerini yönetmek ve yerleşkenin iç atmosferinin oluşturulmasından sorumludur</i>
<i>Birim konumu</i>	<i>Yaşam destek sistem teknolojisi, yerleşkedeki tüm birimler ile doğrudan ilişkilidir</i>

Örnek görsel



Yaşam destek sistem teknolojisi şematik gösterimi (ESA,2025)

Yaşam destek sistem teknolojisi

- Yaşanabilir bir ortamın (yapay atmosferin) sağlanması amacıyla iç mekanlarda uygun miktarlarda çeşitli bileşenler bulunmalıdır. Ay çevresel koşullarında insanların yaşayabilmesi için bu koşulların sağlanması önemlidir.
- Program kapsamında iç atmosfer basıncı 2000-2500 metre yüksekliğindeki bir dağın basıncı ile benzer özellik taşımaktadır.
- İlk aşamada oksijen ve azot Dünya'dan gönderilerek yerleşkede depolanabilmektedir. İkinci aşamada ise su buzunun kullanımı ile oksijen ve hidrojen ayrıştırılmaktadır. Üretilen oksijenin fazlası oksijen depolama birimlerinde depolanmaktadır.
- Mürettebat üyelerinin yaş, kilo ve metabolik faaliyetlerine göre bir dakikada kullandıkları oksijen miktarı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle seçilecek mürettebat üyelerinin özelliklerine bağlı olarak tükettiği oksijen miktarı ve açığa çıkardığı CO2 miktarı hesaplanmalıdır.
- Yapay atmosfer bileşenlerini oluşturmak amacıyla azot ve oksijen azot oksit şeklinde düşük sıcaklıklarda depolanabilmekte ve Dünya'dan uzaya gönderilebilmektedir
- Seralarda yapılacak olan aeroponik tarımın gerçekleştirebilmek amacıyla gerekli olan besin çözeltileri Dünyadan taşınmakta ve depolanmaktadır
- Bitkilerin açığa çıkardığı oksijen miktarı hesaplanarak yaşam destek sistem teknolojisine dahil edilmelidir.
- Ay kaynaklarından üretilen oksijenin depolanması ve oksijen basıncının kontrol edilmesi, açığa çıkan karbondioksitin ortamdaki uzaklaştırılması, kısmi basınç kontrolünün sağlanması ve karbondioksitin işlenmesi bu sistem içerisinde gerçekleştirilmektedir.
- Yaşam birimleri içerisindeki uçucu tozun ortamdaki uzaklaştırılması ve kontrol edilmesi, hava kiliği içerisinde Ay tozunun filtrelenmesi ve iç mekandaki havanın sirkülasyonunun planlanması, iç mekân sıcaklığının kontrol edilmesi, ortamdaki su buharının uzaklaştırılması ve sıcak havanın kontrol edilmesi yaşam destek sistem teknolojisi içerisinde kurgulanmalıdır.

Açıklama: İnsanlar çok çeşitli atmosferik bileşimlerde ve basınçlarda yaşayabilmektedir (NASA, 2014: 335). Dünyada yüksekliğin artmasıyla basınç değerleri arasında ters ilişki bulunmakta, yükseklik arttıkça basınç değerleri düşmektedir. Pneumoplanet projesinde önerilen atmosfer basıncı 2000 metre yüksekliğe göre hesaplanmıştır (Herzig ve diğerleri, 2022). Ayrıca, Dünya üzerinde 3600 metre yüksekliklere kadar insan yaşamı devam edebilmektedir (NASA, 2014: 341)

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

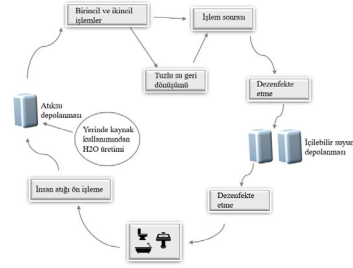
<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Yaşam destek sistem teknolojisi</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Ay yerleşkesinde mürettebat üyelerinin yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirebilmeleri için yerleşkedeki birimlerde Dünya atmosferik koşullarının sağlanması gerekmektedir. Yaşanabilir bir atmosferin sağlanması amacıyla iç mekanlarda uygun miktarlarda çeşitli bileşenler bulunmalıdır. Dünya’da deniz seviyesinde atmosfer bileşenleri %78 azot(N₂), %20,9 oksijen (O₂), %0,93 argon (Ar), karbondioksit (CO₂) ve su buharından oluşmaktadır. Aynı zamanda deniz seviyesinde atmosfer basıncı 101 kPa’dır. Ay çevresel koşullarında insanların yaşayabilmesi için bu koşulların sağlanması önemlidir. Yukarıda Dünya atmosfer değerleri belirtilmiş olsa da insanlar çok çeşitli atmosferik bileşimlerde ve basınçlarda yaşayabilmektedir. (NASA, Human Integration Design Handbook: 335). Dünyada yüksekliğin artmasıyla basınç değerleri arasında ters ilişki bulunmakta, yükseklik arttıkça basınç değerleri düşmektedir. Pneuoplanet projesinde önerilen atmosfer basıncı 2000 metre yüksekliğe göre hesaplanmıştır. Ayrıca Dünya üzerinde 3600 metre yüksekliklere kadar insan yaşamı devam edebilmektedir (NASA, Human Integration Design Handbook: 341) Bu nedenlerle program kapsamında iç atmosfer basıncı 2000-2500 metre yüksekliğindeki bir dağın basıncı ile benzer özellik taşımaktadır. İlk aşamada oksijen ve azot Dünya’dan gönderilerek yerleşkede depolanabilmektedir. İkinci aşamada ise su buzunun kullanımı ile oksijen ve hidrojen ayrıştırılmaktadır. Üretilen oksijenin fazlası oksijen depolama birimlerinde depolanmaktadır. Mürettebat üyelerinin yaş, kilo ve metabolik faaliyetlerine göre bir dakikada kullandıkları oksijen miktarı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle seçilecek mürettebat üyelerinin özelliklerine bağlı olarak tükettiği oksijen miktarı ve açığa çıkardığı CO₂ miktarı hesaplanmalıdır. Atmosfer bileşenlerini oluşturmak amacıyla azot ve oksijen azot oksit şeklinde düşük sıcaklıklarda depolanabilmekte ve Dünya’dan uzaya gönderilebilmektedir (Herzig ve diğerleri, 2022). Seralarda yapılacak olan aeroponik tarımın gerçekleştirebilmek amacıyla gerekli olan besin çözeltileri Dünyadan taşınmakta ve depolanmaktadır. Bitkilerin açığa çıkardığı oksijen miktarı hesaplanarak yaşam destek sistem teknolojisine dahil edilmelidir. İkinci aşama için Ay kaynaklarından üretilen oksijenin depolanması ve oksijen basıncının kontrol edilmesi, açığa çıkan karbondioksitin ortamdaki uzaklaştırılması, kısmı basınç kontrolünün sağlanması ve karbondioksitin işlenmesi bu sistem içerisinde gerçekleştirilmektedir. Yaşam birimleri içerisindeki uçuşan tozun ortamdaki uzaklaştırılması ve kontrol edilmesi, hava kilidi içerisinde Ay tozunun filtrelenmesi ve iç mekandaki havanın sirkülasyonunun planlanması, iç mekân sıcaklığının kontrol edilmesi, ortamdaki su buharının uzaklaştırılması ve sıcak havanın kontrol edilmesi yaşam destek sistem teknolojisi içerisinde kurgulanmalıdır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

Birim <i>Birim fonksiyonu</i>	Teknik birim: Su yönetimi sistemi <i>Yerleşke içerisinde suyun kullanıldığı tüm faaliyetler için gerekli su döngüsünün tanımlandığı sistemdir. Bu sistem içerisinde iki farklı geri dönüşüm sistemi önerilmektedir. Sistemler; Atık gri suların geri dönüşümünü ve su buzunun kullanılabilir suya dönüşümü süreçlerini kapsamaktadır</i>
Birim konumu	<i>Su yönetimi sistemi, yerleşkedeki tüm birimler ile doğrudan ilişkilidir. Gri atık su depolama birimi ve içilebilir su depolama birimi birbiri ile ilişkilidir. Su buzunu dönüştürme tesisi içerisinde yer alan modüller su buzunu maden sahasına yakın konumda önerilmektedir</i>

Örnek görsel



Kapalı döngü atık su geri dönüşüm döngüsü (Ewert ve diğerleri, 2009)

Su yönetimi sistemi

- Bu sistem kapsamında iki farklı su geri dönüşüm döngüsü önerilmektedir: Birincisi, yerleşke içerisindeki atık suların, içme suyu geri kazanımını sağlayarak kapalı devre bir su yönetim sisteminin oluşturulmasını hedeflemektedir. İkincisi ise, Ay yüzeyinden yerinde kaynak kullanımı ile elde edilen su buzunun artırılarak yerleşkedeki çeşitli operasyonel ve yaşamsal faaliyetlerde kullanılabilir hale getirilmesini içermektedir.
- Hijyen alanı, wc, laboratuvar ve ortam nemine bağlı olarak oluşan atık sular bu sistem içerisinde geri dönüştürülerek suyun; içilebilir ve seralarda tekrar kullanılabilir hale getirilmesi önerilmektedir.
- Bu birimde atık suların geri dönüşümü sürecinde kullanılacak teknolojiler;
 - Buhar Kompresyonlu Damıtma Sistemi [Vapor Compression Distillation (VCD)] teknolojisi
 - Döner-Film Disk Sistemi [Wiped-Film Rotating Disk (WFRD)] teknolojisi
 - Kademeli Damıtma Alt Sistemi [Cascade Distillation Subsystem (CDS)] teknolojisi olarak önerilebilir
- Program kapsamında yerleşkede suyun geri kazanımı sürecinde Kademeli Damıtma Alt Sistemi [Cascade Distillation Subsystem (CDS)] önerilmiştir.
- Bu sistem içerisinde suyun taşınması sürecinde pompaların yer almaması ve basıncın kademeli olarak düşürülme durumu daha az teknik donanım sağlaması nedeniyle bu sistemin seçilmesinde etkili olmuştur.
- Lavabolardan, duşlardan ve giysi temizleme sistemlerinden gelen atık gri sular, atık su depolama sistemlerinde depolanmaktadır
- Su buzunu dönüştürme tesisi içerisinde; su buzunu giriş modülü, su buzunu arıtma modülü, elektroliz modülü, içilebilir su depolama modülü, işlevsel su depolama modülü ve sıvı hidrojen depolama modülü yer almakta olup, maden sahasından taşınan su buzunu blokları bu modüller içerisinde kademeli olarak kimyasal işlemlere uğramaktadır.
- Su buzunun dönüşümü sonrasında depolanan içilebilir su, borular aracılığıyla yaşam modüllerine taşınmakta olup, işlevsel su depolama modülünde depolanan su ise temizlik, sera ve çeşitli teknik faaliyetlerde kullanılmaktadır.
- Yerleşke içerisinde farklı konumlarda birden fazla çeşitli işlevlere sahip su depolama birimi yer almaktadır.
- Su yönetimi sisteminde kullanılacak olan atık su depolama birimi ve içilebilir su depolama birimi diğer teknik birimlere yakın konumlarda yerleştirilecektir.

Açıklama: Kademeli damıtma alt sisteminde pompalar yerine su santrifüj sistemi ile taşınır. Böylece daha az mekanik bileşen süreç içerisinde dahil edilir. Bu sistemde, basınç kademeli olarak düşürülür (Ewert ve diğerleri, 2009). Depolanan sular birincil ve ikincil işlemlerden geçtikten sonra dezenfekte sürecine girmekte ve içilebilir su depolarına aktarılmaktadır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

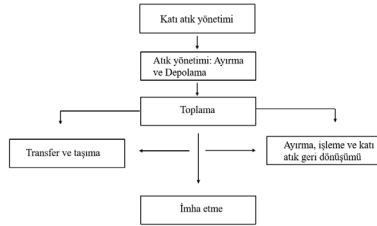
<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Su yönetim sistemi</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Yerleşke içerisinde suyun kullanıldığı tüm faaliyetler için gerekli su döngüsünün tanımlandığı sistemdir. Program kapsamında, su yönetimi sistemi için iki farklı geri dönüşüm sistemi tanımlanmıştır. Birinci sistem; yerleşkede oluşan atık gri suların, geri kazanımı yoluyla kapalı devre içme suyu üretimini kapsarken, ikinci sistem; Ay yüzeyinden çıkarılan su buzunun, arıtılarak çeşitli modüllerde kullanılabilir (içme suyu, sera, temizlik...) hale dönüştürülmesini kapsamaktadır. İkinci sistemin çalışma prensibi, su buzunu dönüştürme tesisinde detaylandırılmıştır. Hijyen alanı, wc, laboratuvar ve ortam nemine bağlı olarak oluşan atık sular birinci sistem içerisinde geri dönüştürülerek suyun, içilebilir ve seralarda tekrar kullanılabilir hale getirilmesi önerilmektedir. Atık suların arıtılma sürecinde çeşitli teknolojiler kullanılabilir. Bu teknolojiler arasında Buhar Kompresyonlu Damıtma Sistemi [Vapor Compression Distillation (VCD)], Döner-Film Disk Sistemi [Wiped-Film Rotating Disk (WFRD)] ve Kademeli Damıtma Alt Sistemi [Cascade Distillation Subsystem (CDS)] yer almaktadır. Ay yerleşkesi zaman içerisinde genişledikçe değişen ihtiyaçlar doğrultusunda belirlenen sistemler kullanılabilir. Döner-Film Disk Sisteminde, su; döner disklerin dış yüzeyinde yönlendirilir ve böylece düşük basınç ile yüksek sıcaklık altında hızla buharlaştırılır. Oluşan buhar, disk buharlaştırıcı sistem üzerinde yoğunlaştırılır ve yoğunlaşan su damlacıkları toplanır. Toplanan su damlacıkları ikinci bir arıtma işleminden sonra kullanılabilir. İkinci işlemten sonra suyun mineral dengesini sağlamak amacıyla gerekli işlemlerin yapılması önemlidir. Buhar Kompresyonlu Damıtma Sisteminde pompalar kullanılarak atık su düşük basınçlı bir ortamda buharlaştırılır. Oluşan buhar kompresör tarafından sıkıştırılarak saf suyun oluşmasını sağlar. Kademeli Damıtma Alt Sisteminde pompalar yerine su santrifüj sistemi ile taşınır. Böylece daha az mekanik bileşen süreç içerisine dahil edilir. Bu sistemde basınç kademeli olarak düşürülür (Ewert ve diğerleri, 2009). Program kapsamında yerleşkede suyun geri kazanımı sürecinde Kademeli Damıtma Alt Sistemi önerilmiştir. Bu sistem içerisinde suyun taşınması sürecinde pompaların yer almaması ve basıncın kademeli olarak düşürülme durumu daha az teknik donanım sağlaması nedeniyle bu sistemin seçilmesinde etkili olmuştur. Lavabolardan, duşlardan ve giysi temizleme sistemlerinden gelen atık gri sular, atık su depolama sistemlerinde depolanmaktadır. Depolanan atık gri sular birincil ve ikincil işlemlerden geçtikten sonra dezenfekte sürecine girmekte ve içilebilir su depolarına aktarılmaktadır. Su yönetimi sisteminde, kullanılacak olan atık su depolama birimi ve içilebilir su depolama birimi diğer teknik birimlere yakın konumlarda yerleştirilecektir.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Atık yönetimi sistemi</i>
<i>Birim Fonksiyonu</i>	<i>Atık Yönetimi Sistemi; Ay yerleşkesinde insan atığı, gıda atığı, laboratuvar atığı ve Ay kaynaklarının işlenmesi sonucu oluşacak işlenmiş atıkların kontrolü ve yönetimi bu sistem tarafından sağlanır</i>
<i>Birim Konumu</i>	<i>Atık yönetimi sistemi, çeşitli atık türlerinin dönüştürüldüğü, atık dönüşümü depoları ile doğrudan ilişkilidir</i>

Örnek görsel



Atık yönetimi sistemi şematik gösterimi (Saleh, 2019: 5).

Atık yönetimi sistemi

- Bu sistem içerisinde; atık suların geri kazanımı, insan ve çevresel kaynaklı atıkların bertarafı ve geri dönüştürülmesi, koku kontrolünün sağlanması, çöp hacminin kontrolü ve yönetimi sağlanarak
- Bu sistem çeşitli atık depolama sistemleri ile doğrudan entegreli olarak çalışır.
- Bu atık dönüştürme tesisleri;
- İnsan atığı yönetimi kontrol deposu (hijyen alanından gelen atıklar, bireysel hijyen sonrasında açığa çıkan atıklar vb.)
- Gıda atığı yönetimi kontrol deposu (Hazır gıdaların tüketimi sonrasında açığa çıkan atıklar, yemek hazırlama alanında açığa çöpler, besin atıkları vb.)
- Laboratuvar atığı yönetimi deposu (Bilimsel araştırmalar sonucunda açığa çıkan atıklar, kimyasal atıklar, tıbbi müdahaleler sonucunda açığa çıkan atıklar vb.)
- Atık türlerinin kimyasal bileşimlerine bağlı olarak farklı kimyasal dönüştürme işlemlerine maruz kalmaları gerekebilir. Bu nedenle atık yönetimi sistemi içerisinde birbirinden farklı atık yönetimi birimleri yer alır.
- Program önerisi kapsamında, yerleşkelerde açığa çıkacak atıkların kontrol edilmesinde Piroлиз teknolojisi kullanılacaktır.
- Bu yöntem ile yüksek basınçta hidrojenin varlığı durumunda biyoyakıt üretimi gerçekleştirebildiği gibi atıkların enerjiye dönüştürülmesi gerçekleştirilebilir.

Açıklama: Termal atık işleme sistemlerinden birisi olan Piroлиз (pyrolysis) teknolojisi atığın stabilize edilmesinde ve metan yakıtının geri dönüşümü ile suyun geri kazanımı sağlayan teknolojilerden birisidir. Atıklar, yüksek sıcaklıklarda ve oksijensiz ortamda kimyasal olarak ayrıştırılır (Ewert ve diğerleri, 2009). Geri dönüşüme uğrayacak atıklar genellikle 300 ile 800 C derecede ısıtılarak geri dönüştürme süreci başlatılır.

Çizelge 3.3. (devam) Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi

<i>Birim</i>	<i>Teknik birim: Atık yönetim sistemi</i>
<i>Alt bilgi</i>	<i>İlgili birimle ilgili teknik açıklamalar ve literatür altyapısı</i>

Bu sistem döngüsünde atık suların geri kazanımı, insan ve çevresel kaynaklı atıkların bertarafı ve geri dönüştürülmesi, koku kontrolünün sağlanması, çöp hacminin kontrolü ve yönetimi sağlanarak uzun süreli konaklamalar için mürettebat sağlığı ve refahı korunur. Ay yerleşkesinde insan atığı, gıda atığı, laboratuvar atığı ve Ay kaynaklarının işlenmesi sonucu oluşacak işlenmiş atıklar ortaya çıkmaktadır. Sayılan atık türlerinin kimyasal bileşimlerine bağlı olarak farklı kimyasal dönüştürme işlemlerine maruz kalmaları gerekebilir. Bu nedenle atık yönetimi sistemi içerisinde birbirinden farklı atık yönetimi birimleri yer alır. Program önerisi kapsamında, yerleşkelerde açığa çıkacak atıkların kontrol edilmesinde Piroлиз teknolojisi kullanılacaktır. Termal atık işleme sistemlerinden birisi olan Piroлиз (pyrolysis) teknolojisi atığın stabilize edilmesinde ve metan yakıtının geri dönüşümü ile suyun geri kazanımı sağlayan teknolojilerden birisidir. Atıklar, yüksek sıcaklıklarda ve oksijensiz ortamda kimyasal olarak ayrıştırılır (Ewert ve diğerleri, 2009). Geri dönüşüme uğrayacak atıklar genellikle 300 ile 800 C derecede ısıtılarak geri dönüştürme süreci başlatılır. Bu yöntem ile yüksek basınçta hidrojenin varlığı durumunda biyoyakıt üretimi gerçekleştirebildiği gibi atıkların enerjiye dönüştürülmesi gerçekleştirilebilir. Bu teknolojinin büyük ölçekli kullanımı için güneş enerjisi veya plazma kaynaklı süreçler gerekmektedir (Devı, Rawat ve Sharma, 2021). Bu nedenle yerleşkede kullanılacak güneş enerjisi panelleri yerleşkeye enerji sağlamanın yanı sıra bu sisteme de enerji sağlayacaktır.

3.8. Program ve Programlama Yaklaşımı Üzerine Saptamalar

Bu çalışma kapsamında geliştirilen Ay yerleşkesi mimari programı, disiplinler arası uzman görüşleri doğrultusunda yeniden ele alınmış ve revize edilmiştir. Bu bölümde, geliştirilen mimari programın kavramsal bütünlüğü, teknik yeterliliği ve sürdürülebilirlik bağlamında tartışmalı yönleri değerlendirilmektedir. Revizyon süreci, disiplinler arası bakış açılarını mimari sistem bütünlüğü içerisinde yeniden sentezleme fırsatı sunmuştur. Modüler sistem mantığı doğrultusunda yapılan revizyonlar, tekil önerileri değil, önerilerin tüm mimari program içindeki karşılıklı etkileşimlerini temel olarak değerlendirilmiştir. Uzman 1, Uzman 2 ve Uzman 3 tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda verifikasyonu sağlanan nihai mimari program, aşağıda yer alan tartışma başlıklarının şekillenmesine olanak sağlamıştır.

İnsan odaklı tasarım ve esnek mekânlar

Katmanlı insan kimliklerinin ve esnek mekanların mimari programda karşılık bulması gerektiği yönündeki öneri, mimari programın insan odaklı tasarım anlayışını genişletme gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu öneri doğrultusunda, geliştirilen senaryonun yalnızca teknik işlevleri değil, bireyin sosyal kimliklerini ve psikolojik dengelerini gözetan mekânlar üzerinde yoğunlaşması gerekliliğini doğurmuştur. Bu bağlamda, Ay yerleşkesinde bulunacak yüz kişiden on kişinin görev tanımlamalarının ve rollerinin tasarımcı tarafından belirlenmesi öngörülebilir. Bu durum, tasarım süreci içerisinde tasarımcının mimari programı dönüştürebilme olanağına imkân tanıyabilir. Böylece, mimari program dokümanı esnek kullanıcı profillerini de içererek, esnek mekanların ortaya çıkmasına olanak sunar ve statik bir sistem olmaktan çıkıp gelişebilen doğurgan bir yapıya dönüştürülebilir. PneumoPlanet Ay habitat tasarım önerisinde yerleşkede bulunan manzara tünelleri ile kullanıcının hermetik mekanlar içerisindeki psikolojik etkileri azaltılmaya çalışılmıştır (Herzig ve diğerleri, 2022). Bu bağlamda mimari program önerisine manzara tünelleri eklenmiş ve program kapsamında tasarımcılardan alternatif sosyal etkileşim alanları da geliştirilmesi beklenebilir.

Mekânsal ilişkilerin şematik temsili

Mimari programda tanımlanan mekân organizasyonlarının okuyucunun zihninde daha açık ve kavranabilir bir biçimde canlanmasını sağlamak amacıyla mekânlar arası ilişkileri gösteren alternatif tasarım önerilerinin şematik gösterimleri geliştirilmiştir ve mimari program dokümanına eklenmiştir. Ancak, literatürde Ay yerleşkesi tasarımlarına yönelik olarak geliştirilen mimari programlarda yalnızca metinsel verilere yer verilmekte ve tasarım alternatiflerinin, tasarımcılar tarafından geliştirilmesi beklenmektedir. Ay Üssü 2124 Yarışması (2020) ve Ay İstasyonu Yarışması (2023) mimari program dokümanında yalnızca Ay yerleşkesi için temel olarak ihtiyaç duyulan mekanlar sınırlı bilgiler dahilinde verilmiştir. Mimari program dokümanına eklenen şematik modellemeler, mekânsal ilişkilerin görsel temsilini sağlayarak okuyucunun kavramsal yapıyı analitik bir düzlemde değerlendirmesine olanak sunabilmektedir.

Teknik mekânların fonksiyonel çakışmaları

Teknik birimlerin işlevsel örtüşmeleri, yüksek verimlilik gerektiren Ay yerleşkesinde mimari karar alma süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, görev kontrol merkezi, iş istasyonları ve iletişim birimi arasında oluşan çakışmalar nedeniyle bu işlevler yeniden düşünülmüş ve sınırlıkları daha net ifade edilmeye çalışılmıştır. Görev kontrol merkezi ile çakışan iş istasyonu mimari programdan çıkarılmıştır. İş istasyonlarına verilen fonksiyonların, kendi içerisinde veya diğer mekanlar ile çakışmasını önlemek amacıyla iş istasyonları; robotik çalışmaları, bilimsel çalışmaları ve teknik çalışmaları kapsayacak şekilde üç temel grupta düzenlenmiştir. Teknik mekanlar arasında bu grupta yer alan yapılar, yerleşke tasarımının geliştirilmesi sürecinde teknik mekân tanımlamalarında esnek bir yaklaşım sunabilmektedir. PneumoPlanet habitat tasarımında, iş istasyonları; teleskop kontrol odası, yayın odası, avatar kontrol odası ve iç mekân 3 boyutlu baskı odası olarak verilmiştir (Herzig ve diğerleri, 2022). SOM tarafından önerilen Moon Village proje tasarımında yer alan iş istasyonlarının işlevleri tanımlanmamıştır (Petrov ve diğerleri, 2019). İş istasyonlarına dair mekân tanımlamalarının net bir şekilde verilmesi veya herhangi bir sınırlılığın çizilmemesi mekân üretimi sürecinde kısır bir döngü doğurabilmektedir. Bu nedenle, mimari programda iş istasyonlarına ait ana işlevlerin belirlenmesi ve bu işlevler doğrultusunda tasarımcının alt işlevleri tasarım sürecinde tanımlaması dinamik karar alma sürecine imkân sağlamaktadır.

Kaynak yönetimi ve teknolojik entegrasyon

Tele-operasyonel sistemler mimari programa entegre edilerek, görev kontrol merkezi, tele-operasyon sistemleri ile Dünya'dan yönetilebilir hale dönüştürülmüştür. Robotik inşaat sistemlerinin ve tele-operasyon sistemlerinin mekanlara entegre edilmesi bağlamında; Ay toprağı dönüştürme tesisinde ve su buzu dönüştürme tesisi için yürütülecek saha çalışmalarında robotik inşaat sistemlerinin kullanılması önerilmiştir. Tasarımcının hangi mekanlarda robotik veya tele-operasyonel sistemlerin kullanabileceğine dair fikir altyapısı mimari programda verilmiştir.

Ay kaynaklarından elde edilen su buzunun yerleşkede kullanıma dahil edilme süreci, mimari program kapsamında tanımlanmış; çıkarım, işleme, depolama ve dağıtım aşamalarına yönelik gerekli mimari mekanlar belirlenmiştir. Bu mekanlar sırasıyla: su buzu giriş modülü,

su buz arıtma modülü, elektroliz modülü, içilebilir su depolama modülü, işlevsel su depolama modülü ve sıvı hidrojen depolama modülü şeklinde programlanmıştır. İncelenen Ay'da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi yarışmasında (2025) mimari program dokümanında hava, su ve atık depolarının geliştirilmesine yönelik beklentilere yer verilmiştir. Öte yandan Ay İstasyonu Yarışması (2023) kapsamında sunulan mimari dokümanda, yerel malzeme üretimine imkân tanıyan mekanların tasarlanması talep edilmiştir. Tez kapsamında geliştirilen mimari doküman, bu bağlamda yerel bir kaynak olan su buzunun dönüşümüne ilişkin mekânları detaylı biçimde tanımlayarak önceki mimari dokümanlardan ayrılmaktadır

Kullanıcı sağlığı ve sirkadiyen uyum sistemleri

Ay yerleşkesinde görevli kullanıcıların gündelik yaşamlarını sağlıklı ve sürdürülebilir biçimde devam ettirebilmeleri amacıyla, mimari programda yer alan her bir mekâna sirkadiyen uyum teknolojileri entegre edilmiştir. Bu kapsamda, mekân aydınlatmalarında kullanılması önerilen sistemler; geniş spektrumlu LED ışıklar, parlaklık seviyesi ayarlanabilen (dimmable) aydınlatmalar, geniş spektrumlu beyaz ışık sağlayabilen katı hâl ışık kaynakları ve düşük seviyeli beyaz/kırmızı ışık uygulamaları (iş istasyonundaki faaliyetin niteliğine bağlı olarak) şeklinde tanımlanmıştır. Mimari program dokümanında bu aydınlatma türlerine dair yapılan tanımlar, tasarımcının tasarım sürecinde ışıklandırmanın kullanıcı fizyolojisi üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

3.8.1. Mimari program yazımı sürecindeki kısıtlılıklar

Mimari programda tanımlanan mekânların, Ay koşullarına uygun biçimde inşa edilme zorunluluğu, yapı malzemelerinin, zorunlu mekânsal gereksinimlerin, enerji ve kaynak yönetiminin, acil durum gereksinimlerinin açık biçimde tanımlanmasını gerektirmektedir. Bu durum, mimari dokümanın çok katmanlı ve disiplinler arası bilgi birikimiyle desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dokümanın farklı uzmanlık alanlarının katkısıyla oluşturulması gerekliliği, bazı bölümlerin yalnızca sınırlı veri ve öngörülerle tanımlanması sonucunu doğurmuş; içerik çeşitliliğinde bilgi derinliğini etkileyen kısıtlılıklar meydana getirmiştir.

Ay koşullarında doğrudan deneyimlenmiş bir kullanıcı verisi bulunmadığından, psikolojik, sosyal ve ergonomik gereksinimlere ilişkin bilgiler mimari programda sınırlı kalmaktadır. Bu durum söz konusu ihtiyaçların mimari programda varsayımsal olarak tanımlanmasını gerektirmektedir.

Ay görevlerinin kapsamı, süresi ve kullanıcı profili gibi temel parametrelerin henüz kesinleşmemiş olması, mimari programda tanımlanan mekânların işlevsel özelliklerinin net biçimde belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu belirsizlik, tasarım sürecinde esnek ve senaryoya uyarlanabilir mekân tanımlarını gerekli kılmıştır. Ancak bu yaklaşım, bazı mekânların kullanım amaçlarının ve sınırlarının yalnızca varsayımsal olarak tanımlanmasına yol açmış; mimari programın belirli bölümlerinde görev senaryolarına bağlı olarak sürdürülen belirsizliklerin korunmasına neden olmuştur. Özellikle su buzu dönüştürme tesisi, Ay toprağı dönüştürme tesisi, güç depolama tesisi ve çeşitli depolama alanları gibi mekanlar, hem teknolojik altyapılarının hem de operasyonel gereksinimlerinin henüz netleşmemiş olması nedeniyle mimari olarak tanımlanması en güç alanlar arasında yer almaktadır.

3.8.2. Nihai Ay yerleşkesi mimari programlama yaklaşımı

Hassanain ve Juaim (2013) tarafından önerilen mimari programlama çerçeve modeli, Ay yerleşkesi tasarımı bağlamında temel bir kaynak olarak değerlendirilmiştir. Tez sürecinde, mimari programlama çalışması baştan sona sistematik biçimde yürütüldükten sonra, bu uygulamaya dayalı olarak genel çerçeve yaklaşımı yeniden ele alınmış ve Ay yerleşkesi tasarım sürecini daha doğru yansıtacak şekilde belirli eklemeler ve çıkarmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, Şekil 3.9’da yer alan modelde, siyah renkli orijinal model temel alınarak Ay yerleşkesi tasarımını doğrudan etkileyen faktörler yazar tarafından yeşil renkli açıklamalarla eklenmiştir. Modelin nihai hali, uygulanan programlama sürecinden elde edilen bulgular ve uzman verifikasyonu doğrultusunda şekillendirilmiş ve Ay’a özgü gereksinimlerin mimari programlama yaklaşımına entegrasyonunu sağlamıştır. Ay yerleşkesi mimari program yazımında kullanılan genel çerçeve model üzerinde yapılan eklemeler ve çıkarmalar aşağıda sıralanmaktadır.

Mimari programlama genel çerçeve modelinden çıkartılan adımlar

Seçilen genel çerçeve modelinde bazı adımların model içerisinde çıkarılması bu alanın yeni bir çalışma alanı olması ve Ay üssü mimarisi için henüz tüm programlama adımların tanımlanamıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Birinci adımda, katılımcıların(paydaşların) tanımlanması ve programlama sözleşmesinin imzalanması ilk adımda hariç tutulan adımlardır. Katılımcılar, işverenin (proje sahibinin) tanımladığı temsilciler ve paydaşlardır fakat tez kapsamında belirlenen kriterler bir işverenin istekleri doğrultusunda şekillendirilmemiştir. Mimari programlama, tasarım aşamasından önce gerçekleştiğinden işveren ve tasarım firması arasındaki tasarım sürecinin şartları sözleşmede tanımlanmaktadır. Ay yerleşkesi mimari program yazımı için henüz işverenin ve tasarımcının net olarak tanımlanmaması ve sözleşmenin gerçekleştirilememesi bu adımın çıkarılmasında etkin rol oynamıştır. Bu nedenle, birinci adımın son aşaması olan program sözleşmesinin hazırlanması süreçten çıkarılmıştır. İkinci adımda yer alan yönetmelik standartları, henüz Ay yerleşkesine yönelik olarak tanımlı bir yönetmelik bulunmadığı için bu adımdan çıkartılmıştır. Üçüncü adımın tüm aşamaları mimari programlama sürecine dahil edilmemiştir. Üçüncü adımın ilk aşamasında son kullanıcıların türü ve sayısı tanımlanmakta ve öncelik seviyeleri belirlenmektedir. Program yazımının ilk aşamasında son kullanıcı türünün ve sayısının belirlenmesi her görev için değişiklik göstermektedir. Bu nedenle üçüncü adımda son kullanıcı bilgileri programlama sürecinden çıkartılmıştır. Diğer aşamalarda ise kullanıcı geri bildirimine ve gözlemlere dayanarak veri elde edilmekte ve bu veriler adımlarda girdi olarak kullanılmaktadır. Ancak, henüz Ay yüzeyinde bir yerleşke olmaması ve bu yerleşkede yaşayan kullanıcıların bulunmaması nedeniyle kullanıcı deneyimine dayalı adımlar çıkartılmıştır.

Dördüncü adımda, tasarımcı ile işveren arasında denge kurularak projenin ve potansiyel kullanıcıların gereksinimlerinin doğrulanması hedeflenmektedir. Ancak, Ay üssü için yürütülen mimari programlama sürecinde, klasik anlamda bir işverenin ve tanımlı paydaşların bulunmaması nedeniyle bu adım doğrudan uygulanabilir değildir. Mimarlık ofisi, işveren ve kullanıcı temsili gibi rollerin net biçimde tanımlanmamış olması; çeşitli düzeydeki paydaşlarla toplantıların gerçekleştirilememesi ve karar alma süreçlerinin yapılandırılmaması, bu adımın mimari programdan çıkarılmasına gerekçe oluşturmaktadır.

Beşinci ve son adımda, mimari program son halini alır ve geliştirilen program, ilgili paydaşlar tarafından gözden geçirilerek gerekli güncellemeleri yapılır. Ancak, Ay yerleşkesi mimari program yazımı sürecinde net paydaş tanımlamalarının yapılamamış olması, bu adımın doğrudan uygulanmasını engellemiştir. Paydaş rollerinin ve geri bildirim mekanizmalarının belirgin olmaması nedeniyle, programın revize edilmesi mümkün olamayacaktır bu nedenle söz konusu adım mimari program yazım sürecinden çıkarılmıştır.

Mimari programlama genel çerçeve modeline eklenen adımlar

Ay çevresel koşulları: Proje bilgilerinin tanımlandığı birinci aşamanın ilk adımında, proje hedef ve amaçları tanımlanmakta ve programcı Ay çevresel koşullarını ilk adıma temel girdi olarak dahil etmelidir. Ay'a özgü olan; atmosferik koşullar, sıcaklık, basınç, yerçekimi ve radyasyon özelliklerinin yerleşke üzerindeki etkileri saptanarak tasarım projesinin hedef ve amacı tanımlanmalıdır. Ay çevresel koşulları, yalnızca projenin teknik yeterliliklerini değil, aynı zamanda tasarım konseptini ve önceliklerini biçimlendirerek, hedeflerin kapsamını ve yönelimini doğrudan etkiler.

Görev bileşenleri: Literatürden elde edilen veriler doğrultusunda, Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak oluşturulan proje önerilerinde; görev tanımı, görev süresi ve yerleşkede konaklayacak mürettebat sayısı; projenin türü, ölçeği, yerleşim geometrisi ve inşa etme yönteminin tanımlanmasında doğrudan rol oynamaktadır. Bu nedenle, birinci aşamanın ikinci adımı olan ön bilgilerin toplanması sürecinde, görev bileşenlerinin tanımlanması önem teşkil etmektedir.

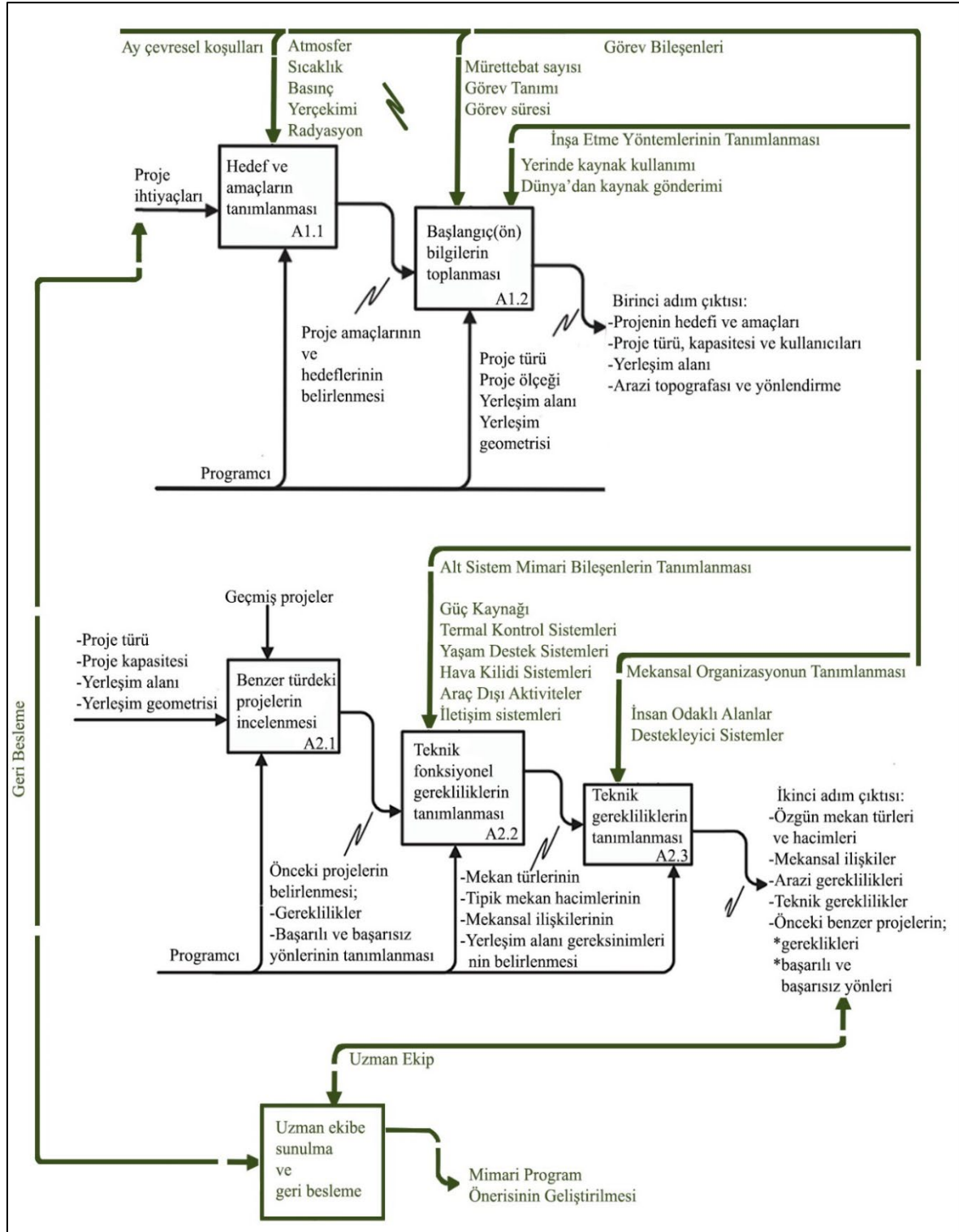
İnşa yöntemlerinin belirlenmesi: Ay yerleşkesinin hangi malzemelerle ve hangi tekniklerle inşa edileceğine dair verilerin tanımlanması, mimari programın oluşturulmasında temel bir girdi olarak değerlendirilmelidir. Dünya'dan ne düzeyde kaynak transferi yapılacağı ve hangi inşa yöntemlerinin tercih edileceği; yerleşkenin inşa sürecini, yerleşkenin konumunu, ölçeğini, maliyetini ve mekânsal organizasyonunu doğrudan etkilemektedir.

Alt sistem mimari bileşenlerin tanımlanması: İkinci aşamanın ikinci adımına girdi sağlayan benzer geçmiş projelerin incelenmesinde, Ay yerleşkesi projelerinde yer alan alt sistem mimari bileşenler tespit edilerek ihtiyaç duyulan ara birimler tanımlanabilir. Ay'a özgü çevresel koşullarda insan yaşamının varlığı, bu koşullara uyumlu alt sistem mimari

bileşenlerin doğru şekilde tanımlanması ve entegrasyonu ile mümkün hale gelmektedir. Yeryüzü mimarlığından farklılaşan bu ara birimler arasında; güç kaynağı, termal kontrol sistemleri, yaşam destek sistemleri, hava kilidi sistemleri, araç dışı aktiviteler vb. gibi birimler yer almaktadır. Ancak, bu birimlere ek olarak projenin türüne göre yeni teknik birimler yerleşke önerisine eklenilebilir.

Mekânsal organizasyonun tanımlanması: Üçüncü adımda, spesifik teknik birimlerin tanımlanması sürecine mekânsal organizasyon kurgusunun entegre edilmesi kritik öneme sahiptir. İnsan odaklı yaşam alanları ile destekleyici sistemlerin (alt sistem mimarilerin) mekânsal yerleşimi, yerleşke tasarımının bütüncül biçimde geliştirilmesinde temel bir bileşen olarak değerlendirilmelidir. Destekleyici sistemler, hem kendi içlerinde teknik arayüzler oluşturmakta hem de insan odaklı mekânlarla etkileşimli arayüzler tanımlamaktadır. Bu bağlamda, her bir destekleyici sistemin hangi yaşam alanlarıyla doğrudan veya dolaylı ilişkiler kurduğu sistematik biçimde ortaya konmalıdır.

Uzman verifikasyonunun sağlanması: İkinci aşama çıktıları, farklı disiplinlerden uzmanlardan oluşan bir değerlendirme ekibine sunularak geri bildirim alınmalıdır. Bu uzmanların, Ay yerleşkesi tasarımını doğrudan etkileyen teknik ve kavramsal verilere hâkim olmaları sürecin güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Uzmanlar; mimarlık, şehir ve bölge planlama, uzay ve havacılık mühendisliği gibi çeşitli disiplinlerden birden fazla kişiden oluşabilir. Bu değerlendirme süreci, önerilen mimari programın doğruluğunu pekiştirmeyi, disiplinler arası geçerliliğini artırmayı ve sistematik verifikasyonun sağlanmasını amaçlamaktadır.



Şekil 3.9. Geliştirilen mimari programlama süreç adımları (Siyah renkli grafik, Hassanain ve Juaim tarafından (2013) tarafından önerilen mimari programlama çerçeve modelinden alınmıştır. Çalışma kapsamında, yazar tarafından yeşil renkli açıklamalar eklenerek içerik genişletilmiş ve revize edilmiştir

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi için mimari program önerisi oluşturmayı amaçlamış ve yapılan incelemeler sonucunda, kapsamlı bir Ay yerleşkesi mimari program önerisi ortaya koymuştur. Ay yerleşke tasarımlarına yönelik, Türkiye'de mimarlık alanında oldukça sınırlı sayıda akademik ve sektörel çalışma bulunmaktadır. NASA ve ESA'nın iş birliği içerisinde bulunduğu mimarlık ofisleri aracılığıyla, Ay yerleşkesi tasarım önerileri gerçekleştirilirken, Türkiye'de mimarlık alanında henüz doğrudan bu konuya yönelik çalışmaların yapılmadığı gözlemlenmiştir. Türkiye Uzay Ajansı'nın (2018) kurulma tarihinden itibaren Ay yerleşke tasarımına yönelik olarak mimarlık alanından da yarışmacıların katılım sağlayabileceği iki farklı yarışma düzenlenmiştir. İncelemeler sonucunda ortaya çıkmıştır ki; uzay alanında yapılan çalışmalar, Türkiye'de mühendislik alanında yoğunlaşmaktadır. Türkiye'nin uzay alanında yaptığı çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların mimarlık ofislerinden ziyade resmî kurumlar tarafından yürütüldüğü ve ağırlıklı olarak misyon geliştirme ve uydu teknolojileri üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Bu nedenle, Türkiye Ay yerleşkesi mimari programının geliştirilmesi, bu alanda yapılan çalışmalar arasında öncül olma özelliği taşımakta ve literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Çalışmanın genel bulguları

Mevcut mimari programlama yöntemleri, Dünya'da yapılan yapı(inşaat) projeleri üzerine geliştirilmiş olup bilginin toplanma, analiz edilme, sentezleme ve karar alma sürecini kapsamaktadır ve geliştirilecek olan projenin tasarım aşamasından inşaat aşamasına kadar olan tüm süreç adımlarını tanımlamaktadır. Ay yerleşkesi mimari tasarım önerisinde, altlık oluşturulacak olan mimari programlama süreç adımlarının literatürden incelenmesi sürecinde; kentsel mirasın korunması, tarihi binaların korunması, sabit sermayeli projeler, inşaat projeleri ve mega projeler için geliştirilen mimari programlama süreç adımları çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak bina projeleri için geliştirilen mimari programlama süreç adımları incelenmiştir. Henüz bir Ay yerleşkesi inşa edilmemiş olsa da Ay yerleşkesinin inşa edilme süreci öncesinde tüm süreç adımlarının tanımlanması; tasarım projesinin hedeflerini, gereksinimlerini ve kapsamını detaylı olarak ortaya konulmasında önemli bir rol oynar. Çalışma kapsamında, mimari programlama araştırmaları; *göstergeler (değişkenler), metodolojiler ve süreçler* olarak detaylandırılmıştır.

Aynı zamanda bu başlıklar altında incelenen çalışmaların hangi yaklaşımların içerisine dahil edildiği incelenmiştir. Güncel mimari programlama yaklaşımları; *bilgi tabanlı programlama yaklaşımı*, *anlaşma tabanlı programlama yaklaşımı*, *değer tabanlı programlama yaklaşımı* ve *tasarım tabanlı programlama yaklaşım* başlıkları altında detaylandırılmıştır. Bu kapsamda geliştirilen mimari program önerisi bilgi tabanlı programlama yaklaşımı kullanılarak detaylandırılmış ve literatürde yer alan Hassanain ve Juaim (2013) tarafından önerilen süreç adımları, Ay yerleşkesinin mimari programının yazımında temel alınarak kullanılmıştır. Ancak, Ay koşullarında yapıların inşası için zorunlu olan veriler programlama sürecine yeni girdiler olarak dahil edilmiştir. Tez kapsamında geliştirilen ve program yazımı sırasında temel olarak kullanılan, Ay yerleşkesi mimari programlama model önerisi Şekil 3.9’da yer almaktadır. Tez sonucunda geliştirilen mimari program önerisi, aşağıda yer alan unsurların detaylı analizi ve kapsamlı incelemesi doğrultusunda oluşturulmuştur.

- Hassanain ve Juaim (2013) tarafından yazılan ‘Modeling knowledge for architectural programming’ adlı makalede önerilen mimari programlama genel çerçeve modelinde yer alan adımların analiz edilmesi,
- Ay’ın, Dünya’dan farklılaştığı atmosfer, basınç, rüzgâr, sıcaklık, radyasyon, yerçekimi ve toz gibi fiziki koşullarının tanımlanması ve bu koşullara karşı yapıda alınabilecek önlemlerin detaylandırılması,
- Çevresel koşullara bağlı olarak yerleşke için zorunlu ara birimlerin sınıflandırılması ve kullanılabilecek alt sistem mimarlığın da yer alan *güç kaynağı*, *termal kontrol sistemleri*, *atmosfer yönetimi sistemi*, *su yönetimi sistemi*, *atık yönetimi sistemi*, *hava kilidi sistemleri* ve *araç dışı aktivitelerin* tanımlanması,
- Ay koşullarında inşa etme yöntemlerinin detaylandırılması ve bu yöntemlerin; *su buzu kullanımı ile inşa etme*, *sinterlenmiş regolit kullanımı ile inşa etme*, *şişirilebilir membran yapıların kullanımı ile inşa etme*, *hibrit sistem kullanımı ile inşa etme* ve *insanlı iniş sistemi içerisinde yaşam* başlıkları altında toplanarak literatürdeki örneklerin detaylı olarak incelenerek sınıflandırılması,
- Türkiye’de yapılan Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak düzenlenen Türkiye Ay üssü Ulusal Fikir Yarışmasının (2022) ve Ay’da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi Yarışmasının teknik şartnamelerinde yer alan mimari program çıktılarının analiz edilmesi,
- 2020 sonrası mimarlık disiplininin yanı sıra farklı disiplinlerin de katılımına olanak sağlayan uluslararası alanda düzenlenen Ay Üssü 2124 Yarışması (2020) ve Ay Üssü

Yarışmasının (2023) teknik şartnamelerinde yer alan ve mimari programlarında tanımlanan mekanların detaylı olarak incelenmesi,

- ESA ve MIT ile iş birliği içerisinde çalışan SOM mimarlık stüdyosunun geliştirdiği Ay'da kalıcı bir yerleşke için önerilen Ay köyü tasarım projesinde (2019) önerilen mekânların, mekânsal organizasyonların ve gerekli alt sistem mimari bileşenlerin detaylı olarak incelenmesi,
- ESA'nın, şişirilebilir mimari ve pnömatik yapılar alanında uzmanlaşan Pneumocell tasarım şirketi ile iş birliği kapsamında yürüttüğü *The Open Space Innovation Platform* programı tarafından desteklenen PneumoPlanet Ay Habitatı tasarımı projesindeki (2022), tüm mekansal ve alt sistem gereksinimlerinin kapsamlı bir şekilde incelenmesi,
- ESA'nın *Discovery* programı kapsamında Hassell mimari stüdyo ile iş birliği içerisinde geliştirdiği Ay Habitat Master Planında (2024) önerilen mekansal kurgunun ve gerekli alt sistem mimarilerinin incelenmesi,
- NASA'nın STD 3001 Uzay Uçuşu İnsan-Sistem Standardı ve İnsan Entegrasyonu Tasarım El Kitabının analiz edilmesinden elde edilen veriler ile geliştirilen Ay yerleşkesi mimari program önerisi literatüre kazandırılmıştır.

Bu kapsamlı analizler doğrultusunda geliştirilen mimari program önerisi, Ay'a özgü çevresel gereksinimlere yanıt verebilmekte ve literatürdeki mevcut yaklaşımlara senaryo temelli bir katkı sunmaktadır. Programın nihai halini alabilmesi için, mevcut çerçeve modelde yer alan bazı adımlar süreçten çıkarılmış; Ay bağlamına özgü teknik ve operasyonel girdiler ise mimari programa entegre edilmiştir. Çıkarılan adımların başında, iş ve tesis planı, zaman ve bütçe gibi operasyonel girdiler yer almaktadır. Ay görevlerinin tanımı ve süresi görevden göreve değişkenlik gösterdiğinden, sabit bir zaman ve bütçe planlaması yapılamamış; bu nedenle söz konusu unsurlar mimari programdan çıkarılmıştır. Aynı şekilde, alanın yeniliği nedeniyle programcının deneyimi gibi öznel değerlendirme ölçütleri de süreç dışında bırakılmıştır. İkinci adımda yer alan bina kodları ve yönetmelik standartları ise Ay yüzeyine özgü düzenleyici çerçevelerin henüz tanımlanmamış olması nedeniyle programa dahil edilmemiştir. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı adımlar ise kullanıcı deneyimine dayalı geri bildirim mekanizmalarını içermektedir. Ancak Ay yerleşkesinin henüz inşa edilmemiş olması ve gerçek kullanıcıların bulunmaması nedeniyle bu adımların uygulanabilirliği sınırlı kalmıştır. İşveren ve paydaş tanımlarının net biçimde yapılamaması da bu adımların süreçten çıkarılmasında etkili olmuştur.

Öte yandan, Ay'a özgü teknik ve çevresel gereksinimlerin mimari programlama sürecine entegre edilmesi amacıyla bazı yeni adımlar geliştirilmiştir. Programın ilk aşamasında, Ay'ın atmosferik koşulları, sıcaklık, basınç, yerçekimi ve radyasyon gibi çevresel özellikleri; proje hedef ve amaçlarının tanımlanmasında temel girdi olarak değerlendirilmiştir. Ön bilgi toplama sürecinde, görev bileşenleri (mürettebat sayısı, görev süresi, görev tanımı) ile inşa yöntemleri (malzeme seçimi, lojistik planlama, teknik uygulanabilirlik) mimari kararların yönlendirilmesinde stratejik rol oynamıştır. Teknik gerekliliklerin tanımlanması aşamasında ise, Ay yüzeyine uyumlu alt sistem mimari bileşenler (yaşam destek sistemleri, güç kaynakları, hava kilidi sistemleri vb.) programa dahil edilerek sistemler arası entegrasyon hedeflenmiştir. Mekânsal organizasyonun işlevsel ve psikolojik boyutları da bu aşamada değerlendirilmiş; insan odaklı yaşam alanları ile destekleyici sistemlerin etkileşimli yerleşimi analiz edilmiştir. Son olarak, geliştirilen mimari program dokümanı farklı disiplinlerden uzmanlara sunularak verifikasyon süreci yürütülmüş; elde edilen geri bildirimler doğrultusunda programın geçerliliği ve tutarlılığı pekiştirilmiştir. Bu bütüncül yaklaşım, Ay yerleşkesi tasarımına yönelik mimari programlama alanında hem içeriksel hem de yöntemsel düzeyde özgün bir katkı sunmaktadır. Türkiye bağlamında disiplinler arası geçerliliğe sahip bir program dokümanı üretme hedefini desteklemektedir.

Araştırma sorularının yanıtları ve literatüre katkı

Çalışma kapsamında geliştirilen Ay yerleşkesi mimari program önerisi doğrultusunda, yerleşke tasarımında belirleyici rol oynayan mekânsal bileşenler tanımlanmış ve araştırma sorularına doğrudan yanıtlar sunulmuştur. Önerilen mekânsal bileşenler; yerleşkenin fiziksel büyüklüğü, görev süresi ve kullanıcı sayısı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılaşabilmektedir. Bu çerçevede, araştırma sorularının yanıtları aşağıda sistematik biçimde sunulmuştur.

Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulmasında hangi yöntemler kullanılabilir?

Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi mimari programının oluşturulmasında, bilgi tabanlı mimari programlama yöntemlerinin yanı sıra anlaşma tabanlı, değer tabanlı ve tasarım tabanlı programlama yaklaşımları da kuramsal olarak değerlendirilebilir. Anlaşma tabanlı

yaklaşım, paydaşlar arası uzlaşma süreçlerine; değer tabanlı yaklaşım, proje için belirli değerlerin belirlenmesine; tasarım tabanlı yaklaşım ise toplantılar aracılığıyla yaratıcı tasarım sürecinin yönlendirilmesine odaklanmaktadır. Ancak Ay yerleşkesi gibi yüksek teknik karmaşıklık ve operasyonel risk içeren bir senaryoda, bilgi tabanlı yaklaşımın sistematik, veri odaklı ve literatür temelli yapısı daha uygun bulunmuştur. Bu yaklaşım, benzer projelerde karşılaşılan sorunların çözüm stratejilerini analiz etmeye ve mevcut literatürü yapılandırılmış biçimde incelemeye dayanır. Bununla birlikte, Ay'a özgü çevresel koşulların, yerleşke için gerekli alt sistem mimari bileşenlerin ve görev tabanlı operasyonel gereksinimlerin bu modele bütüncül biçimde entegre edilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında, Hassanain ve Juaim (2013) tarafından önerilen mimari programlama genel çerçeve modeli temel alınmış; Ay'a özgü çevresel ve operasyonel veriler bu modele entegre edilerek, Türkiye bağlamında Ay yerleşkesi mimari programlama yazımında kullanılabilecek uygulanabilir bir mimari programlama yaklaşımı geliştirilmiştir.

Türkiye'nin olası bir Ay yerleşkesi için mimari program önerisi ne olabilir?

Türkiye bağlamında geliştirilen Ay yerleşkesi mimari program önerisi, sürdürülebilirlik, görev senaryolarına uygun operasyonel verimliliğin gözetilmesi ve disiplinler arası uzmanlıkların entegrasyonu temelinde, literatürdeki benzer projeler ışığında şekillendirilmiştir. Program kapsamında, yalnızca bilimsel ve teknik çalışmalarda görev alan 100 kişilik bir ekip için yaşam, çalışma ve alt sistem mimari bileşenleri içeren mekânsal gereksinimler tanımlanmıştır. Bu kişiler çok katmanlı kimliklere sahip olup görev tanımları dışında alternatif kimlikleri de barındırmaktadır. Örneğin araç dışı aktivitelerden sorumlu araştırmacı kişiler aynı zamanda kendi yaşam modüllerinin temizliğinden sorumludur. Aynı zamanda bu kişiler ressam, müzisyen veya komedyen gibi kimlik özelliklerine de sahip olabilmektedir.

Fonksiyonel alanlar (yaşam modülleri, yemek yeme/hazırlama alanları, sağlık alanı vb.) ile teknik birimler (yangın kontrol alanı, enerji üretimi, yaşam destek sistemleri, su yönetimi, atık yönetimi vb.) işlevsel ilişkileri gözetilerek ayrıştırılmıştır. Teknik modüller, güvenlik ve acil durum riskleri nedeniyle yaşam alanlarından izole biçimde konumlandırılmıştır.

Mimari program, bilgi tabanlı programlama yaklaşımı doğrultusunda literatürdeki benzer Ay yerleşkesi projeleri analiz edilerek yapılandırılmıştır. Önerilen mimari program, Ay'a özgü çevresel koşullar (sıcaklık farkları, radyasyon, toz etkisi, vakum ortamı, yerçekimi),

görev senaryoları ve Türkiye'nin mevcut çalışmaları göz önünde bulundurularak Hassanain ve Juaim (2013) modeli temelinde uyarlanmıştır. Bu kapsamda, modüler sistem yaklaşımı, senaryo temelli programlama modeli ve görev sürekliliğini destekleyen mekânsal organizasyon ilkeleri, mimari programın özgün bileşenleri olarak yapılandırılmıştır. Modüler sistem yaklaşımı, Ay yerleşkesinde esnek tasarım olanakları sunarak hem uzun vadeli genişleme senaryolarına uyum sağlamakta hem de görev tanımlarına bağlı olarak alternatif operasyonel senaryoların geliştirilmesine imkân tanımaktadır.

Mevcut yeryüzü mimari program oluşturma yöntemleri ile Ay yerleşkesi için öneri bir mimari program yazılabilir mi?

Mevcut yeryüzü mimari programlama yöntemleri, Ay yerleşkesi için önerilecek mimari programın geliştirilmesinde yalnızca sınırlı ölçüde uygulanabilir niteliktedir. Bunun temel nedeni, Ay'a özgü çevresel ve operasyonel koşulların (örneğin radyasyon, vakum ortamı, düşük yerçekimi, sınırlı kaynak erişimi) yeryüzü senaryolarından farklılaşmasıdır. Bu nedenle, tez kapsamında temel olarak alınan bilgi tabanlı mimari programlama modelindeki bazı süreç adımları; örneğin kullanıcı ve paydaşların katılımı, bina kodları ve yönetmelik standartları, zaman ve bütçe kısıtlamaları Ay bağlamında geçerliliğini yitirmiştir. Henüz Ay yerleşkesinde kullanıcı deneyiminin bulunmaması, tanımlı paydaş yapılarının oluşmamış olması, bu alanın yeni ve güncel bir çalışma alanı olmasından kaynaklı yönetmelik standartlarının olmaması, Ay çevresel koşullarına bağlı olarak net bir zaman ve bütçe tanımlanamaması söz konusu adımların çıkarılmasında rol oynamıştır. Bunun yerine görev bileşenleri, Ay çevresel koşulları, Ay'da inşa etme yöntemleri, alt sistem mimari bileşenler (termal kontrol sistemler, yaşam destek sistemleri, hava kilidi sistemleri vb.) ve acil durum protokolleri gibi yeni girdiler modele entegre edilmiştir.

Ay koşulları gibi zorlu çevre koşullarında insanoğlu ne tür önlemlerin mekanlara entegre edilmesi ile yaşayabilir ve ne tür mekanlar önerilebilir?

Çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri, termal kontrol sistemleri, atmosfer yönetimi, su ve atık yönetimi sistemleri gibi alt sistemler ile radyasyon, sıcaklık ve vakum ortamından korunma teknolojileri mimari tasarıma entegre edilmiştir. Mimari program kapsamında fonksiyonel ve teknik mekanlar önerilmiştir. Fonksiyonel mekanlar arasında; uyku kabini, hijyen alanı ve sera alanını barındıran yaşam modülleri, yemek yeme birimi, yemek

hazırlama birimi, rekreasyon birimi, kıyafet yönetim birimi, sağlık birimi, egzersiz birimi, mobil laboratuvar birimi, sekiz adet farklı işlevlere sahip çalışma birimi yer almaktadır. Teknik mekanlar arasında; görev kontrol merkezi, EVA erişim modülü, hava kilidi, iletişim birimi, atmosfer yönetimi birimi, su yönetimi birimi, atık yönetimi birimi, su buzu dönüştürme tesisi, Ay toprağı dönüştürme tesisi, yangın kontrol birimi, güç istasyonu ve güç depolama merkezi yer almaktadır. Bu mekanlar, 96+4 kişilik kapasiteye uygun olarak önerilmiş ve görev süresi üç yüz gün olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın literatüre katkısı

Ay yüzeyinde inşa edilmesi öngörülen bir yerleşke için gerekli mekân ve sistemlerin tanımlanması açısından bu çalışma, Türkiye bağlamında öncü bir girişim olarak literatüre özgün bir katkı sunmuştur. Mimari programda yer alan her bir mekân ve sistem bileşeni, gelecekteki araştırmalar için ayrı bir inceleme alanı oluşturmaktadır. Bu kapsamda, özellikle yaşam destek sistemleri, Ay çevresel koşullarından korunma stratejileri, modüler yapı tasarımı ve kullanıcı deneyimine yönelik iç mekân organizasyonları gibi alt program alanlarının derinlemesine ele alınması, ilerleyen çalışmalar açısından öncelikli araştırma başlıkları olarak değerlendirilebilir.

Ay mimarisi gibi geleceğe dair öngörüsöl konular, geleneksel mimari tasarım perspektiflerinin ötesine geçmeyi ve çok disiplinli bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma, mimarlık, uzay ve havacılık mühendisliğı, şehir ve bölge planlama, endüstriyel tasarım, psikoloji ve malzeme bilimi gibi disiplinlerin birlikte çalışmasını gerektiren bir tasarım sürecinin önemini vurgulamaktadır. Ay yerleşkesi tasarımında bu disiplinlerin eşgüdömlü biçimde yer alması hem teknik hem de insani gereksinimlerin karşılanması kritik rol oynamaktadır. Bu bağlamda, çalışma yeni araştırmacılara bu alanlardaki boşlukları keşfetme ve disiplinler arası iş birlikleri geliştirme yönünde somut bir zemin sunmaktadır.

Ay yerleşkesi mimari program yazımı için tez kapsamında üretilmiş olan Ay yerleşkesi mimari program yazım yöntemi literatüre kazandırılmıştır. Bu yöntem, Ay yerleşkesi için çeşitli senaryoların üretilmesine olanak tanıyabilir ve alternatif yöntemlerin geliştirilmesinde bir rehber görevi görebilir. Mevcut literatürden temel farkı, Ay yerleşkesi tasarımını yalnızca teknik parametrelerle değil, senaryo temelli mimari programlama yaklaşımıyla ele almasıdır. Bu sayede, farklı görev profillerine ve yaşam senaryolarına göre

özelleştirilebilir tasarım kurguları üretilebilmektedir. Mevcut uluslararası çalışmalar genellikle teknik sistem odaklıyken, bu tez senaryo-temelli mekânsal organizasyon önerisiyle ayrılmaktadır.

Sonuç olarak, bu tez yalnızca Ay mimarisi alanında özgün bir programlama yaklaşımı önermekle kalmamış, aynı zamanda Türkiye bağlamında ilk kez bu yönteme dayalı bir mimari program dokümanı üretmiştir. Ay'a özgü yaşam ve görev senaryolarını mimari dile tercüme eden bu yaklaşım, teknik parametrelerin ötesine geçerek senaryo temelli ve bağlamsal bir tasarım düşüncesi sunmaktadır. Bu çalışmanın iki temel çıktısı hem ulusal hem de uluslararası düzeyde literatüre stratejik katkı sağlamaktadır: (1) Ay'a özel mimari programlama yaklaşımının önerilmesi ve (2) Türkiye bağlamında geliştirilen özgün mimari program dokümanının literatüre kazandırılmasıdır. Bu iki katkı, yalnızca bir akademik öneri değil; aynı zamanda Türkiye'nin uzay mimarisi alanındaki kurucu adımlarına öncülük eden, disiplinler arası iş birliklerine zemin hazırlayan ve gelecek araştırmalara yön verebilecek bir vizyonu temsil etmektedir.

Gelecek çalışmalar için, mekânsal gereksinimler başlığı altında detaylandırılan; aydınlatma teknolojileri, yapı malzemeleri, kapılar, pencereler, mobilya bileşenleri, yaşam destek sistem teknolojisi, su yönetim sistemi, atmosfer yönetimi sistemi gibi verilerin her biri literatürde ayrı araştırma alanı olarak ele alınmalı ve Ay koşullarında mimari mekanlara nasıl entegre edileceği sorgulanarak bu konulara dair detaylı araştırmaların yapılması önerilmektedir. Nihai Ay yerleşkesi mimari program dokümanı, Ay yüzeyinde gerçekleştirilecek olan projeler tekeline geliştirilmiştir. Bu nedenle, Ay yüzey altında ve Ay yörüngesinde inşa edilecek yerleşkeler için alternatif mimari program dokümanlarının geliştirilmesi önerilmektedir. İlerleyen çalışmalarda, Ay yerleşkesinde kullanıcı profillerinin ve görev tanımlarının çeşitli senaryolarla zenginleştirilmesi ile alternatif mimari program önerilerin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Yeryüzü mimarlığından farklılaşan Ay yüzey mimarisine yönelik yapılan tasarım çalışmaları, disiplinler arası bir yaklaşım modeli benimsenerek geliştirilmelidir. Bu alandaki çalışmalar her ne kadar mühendislik alanında yoğunlaşmış olsa da mimar kişinin sürece dahil edilmesi önem teşkil etmektedir. Ay yerleşkesi tasarım sürecinin, mimarlarında aktif olarak yer aldığı disiplinler arası bir ekip ile yürütülmesi, insan-mekân ilişkisini daha doğru ve işlevsel bir şekilde kurgulamak açısından önemli bir yaklaşım olacağı önerilmektedir. Mimari dokümanda tanımlanan teknik ve fonksiyonel

mekânların modellenmesi yoluyla, Ay yerleşkesinin farklı birleşim düzeylerinde nasıl organize edilebileceğine dair araştırmaların yapılması önerilmektedir.





KAYNAKLAR

- Alomari, H. R., Al-Sheikh, S., and Younis, G. M. (2013). Architecture programming approaches in practical research of fifth-year thesis-specialists of local architecture department. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 102, 368-385.
- Ait-Lakbir, H., De Laval, J., Fehr, A., and Vaksdal, B. (2015). Mission design for a manned Lunar base. *KTH Reports*, Stockholm.
- Aydın, D., ve Özgen, M. M. (2017). Mimari programlama ve tasarım için çözümleme: adalet sarayları. *Journal of Art and Design*, 5(1),91-104.
- Alvarez, T. (2020). *The eighth continent: an ethnography of twenty-first century euro-american plans to settle the moon*. Doktora Tezi, The New School for Social Research, New York, 80.
- AL-Shalche, F. F., and Al-Dabbagh, A. H. (2022). Roles of variation in architectural programming approaches in architectural designs. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 13(5), 1-12.
- Atanacković Jeličić, J., Rapaić, M. R., Maraš, I., Tot, E., and Ecet, D. (2023). Can technology reinforce cogency of the architectural argument: trial and error approach. *Buildings*, 13(7), 1866.
- Azami, M., Kazemi, Z., Moazen, S., Dubé, M., Potvin, M. J., and Skonieczny, K. (2024). A comprehensive review of lunar-based manufacturing and construction. *Progress in Aerospace Sciences*, 150(4), 2-47.
- İstanbul Aydın Üniversitesi. (2025). Ay'da Yaşam Alanı Öğrenci Fikir Projesi Yarışması şartnamesi. İstanbul.
- Barta, D.J. and Ewert, M.K., (2009). Development of life support system technologies for human lunar missions. *NASA Report*, Houston.
- Benaroya, H. (2018). Lunar habitats: a brief overview of issues and concepts. *REACH-Reviews in Human Space Exploration*, 7, 14-33.
- Borrego, M. A., Zaruba, Y. G., Broyan Jr, J. L., McKinley, M. K., and Baccus, S. (2019, 7-11 July). *Exploration toilet integration challenges on the International Space Station*. 49th International Conference on Environmental Systems, Houston, 2-14.
- Berawi, M.A., Kim, A.A., Naomi, F., Basten, V., Miraj, P., Medal, L.A. and Sari, M. (2023). Designing a smart integrated workspace to improve building energy efficiency: an Indonesian case study. *International Journal of Construction Management*, 23(3), 410-422.
- Bajaj, R., (2024). Lunar habitat design and construction exploring architectural and structural challenges and evaluating materials and construction methods for lunar conditions. *Research Proposal*, 1-5.

- Cherry, E., and Petronis, J. (2009). Architectural programming. *WBDG Report*, Washington.
- Chung, J. K., Kumaraswamy, M. M., and Palaneeswaran, E. (2009). Improving mega project briefing through enhanced collaboration with ICT. *Automation in Construction*, 18(7), 966-974.
- Cohen, M. M. (2015, 31 August-2 September). *First Mars habitat architecture*. American Institute of Aeronautics and Astronautics Space Conference and Exposition, California, 11-26.
- Cox, T. A. (2023). *Investigation into sintered lunar regolith construction methods and novel usability evaluation*. Yüksek Lisans Tezi, The University of Maine Mechanical Engineering Program, Maine, 1-78.
- Chakraborty, T., Syed, T. H., Heggy, E., Putrevu, D., and Dutta, U. (2024). On the reachability and genesis of water ice on the Moon. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 211(B10), 392-405.
- Dinç, P. (2002). Problem araştırmasından mimari değerlere geçişte bina programlama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(3), 101-119.
- Dudley-Rowley, M., Okushi, J., Gangale, T., Flores, P., and Diaz, E. (2003, 24 September). *Design implications of latent challenges to the long-duration space mission*. American Institute of Aeronautics and Astronautics Space Conference and Exposition, California, 1-11.
- Daggenfelt, G., Tsikis, T., Krantz, C., Monmousseau, P. and Chandrashekar, S., (2015). Analysis of on-site mobility and crew work on a lunar base. *KTH Technical Report*.
- Devi, M., Rawat, S., and Sharma, S. (2021). A comprehensive review of the pyrolysis process: from carbon nanomaterial synthesis to waste treatment. *Oxford Open Materials Science*, 1(1), 1-68.
- Ewert, M., Barta, D., and McQuillan, J. (2009). *Exploration life support technology development for lunar missions*. American Institute of Aeronautics and Astronautics Space Conference and Exposition, California, 6448.
- European Space Agency. (2020). Cdf study report Moon village conceptual design of a lunar habitat. ESA, 61-62.
- European Space Policy Institute. (2020). European space strategy in a global context full report. *ESPI*. Vienna, 1-96.
- European Space Policy Institute. (2023). ESPI2040-space for prosperity, peace and future generations. *ESPI*. 3-39.
- European Space Agency. (2025). Water storage system for lunar life support and exploration. ESA.

- Ellis, J., Bigelow, J., Shelander, C., Chertkovsky, D., Ewert, M., McKinley, M., & Momen, A. (2023, 16-20 July). *Ultrasonic clothes washer/dryer combination for Moon, Mars and ISS applications*. In 52nd International Conference on Environmental Systems, Calgary, 2-9.
- Foing, B. H. (1996). The Moon as a platform for astronomy and space science. *Advances in Space Research*, 18(11), 17-23.
- Faatz, S., (2009). Architectural programming: providing essential knowledge of project participant needs in the pre-design phase. *Organization, Technology and Management in Construction an International Journal*, 1(2), 80-85.
- Fischer, D., and Hilditch, C. J. (2022). Light in ecological settings: entrainment, circadian disruption, and interventions. *Progress in Brain Research*, 273(1), 303-330.
- Giurgola, R. (1965). Reflections on buildings and the city: the realism of the partial vision. *Perspecta*, 9, 107-130.
- Grün, E., Horanyi, M., and Sternovsky, Z. (2011). The lunar dust environment. *Planetary and Space Science*, 59(14), 1672-1680.
- Gu, N., Soltani, S., London, K., Pablo, Z., and Davis, A. (2023). Stakeholders perceptions of digital collaboration in delivering a mixed-use housing development project: a case study in australia. *Buildings*, 13(9), 2229.
- Goldberger, P. (2009). *Why architecture matters*. United States of America: Yale University Press, 15-16.
- Hershberger, R. G. (1970). Architecture and meaning. *Journal of Aesthetic Education*, 4(4), 37-55.
- Hengeveld, D. W., Mathison, M. M., Braun, J. E., Groll, E. A., and Williams, A. D. (2010). Review of modern spacecraft thermal control technologies. *HVAC&R Research*, 16(2), 189-220.
- Häuplik-Meusburger, S., and Ozdemir, K. (2012). *Moon: Prospective energy and material resources-deployable lunar habitation design*. (1.Baskı). New York: Springer-Verlag, 469-502.
- Hassanain, M. A., and Juaim, M. N. (2013). Modeling knowledge for architectural programming. *Journal Of Architectural Engineering*, 19(2), 101-111.
- Hayne, P. O., Hendrix, A., Sefton-Nash, E., Siegler, M. A., Lucey, P. G., Retherford, K. D., ...and Paige, D. A. (2015). Evidence for exposed water ice in the Moon's south polar regions from Lunar Reconnaissance Orbiter ultraviolet albedo and temperature measurements. *Icarus*, 255, 58-69.
- Hershberger, R. (2015). *Architectural programming and predesign manager*. Abingdon: Routledge, 7-25.

- Howard, R. L. (2020, 21-22 October). *Design variants of a common habitat for Moon and Mars exploration*. ASCEND Conference, Online, 4050.
- Herzig, T., Kömle, N. I., Macher, W., Bihari, G., and Gläser, P. (2022). Site selection, thermodynamics, environment and life support analysis for the PneumoPlanet inflatable lunar habitat concept. *Planetary and Space Science*, 224, 105595.
- Hubbard, K.M., (2023), *The Detection and Management of Space Resources*. Doktora Tezi, Arizona State University College of Liberal Arts and Sciences, Arizona, 109-137.
- Imhof, B., Urbina, D., Weiss, P., Sperl, M., Hoheneder, W., Wacławicek, R., ... and Preisinger, C. (2017, 25-29 September). *Advancing solar sintering for building a base on the Moon*. In 68th International Astronautical Congress, Adelaide, 25-29.
- Inocente, D., Koop, C., Petrov, G. I., Hoffman, J. A., Sumini, V., Makaya, A., ... and Haingeré, C. (2019, 21-25 October). *Master planning and space architecture for a moon village*. In 70th International Astronautical Congress, Washington.
- International Space Coordination Group. (2022). The global exploration roadmap-Lunar surface exploration scenario update. *ISECG Report*. Washington, 3-41.
- İnternet: United Nations Office for Outer Space Affairs. (2025). Resolution Adopted By The General Assembly. URL-1: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/moon-agreement.html> Son Erişim Tarihi: 07.08.2025.
- İnternet: SpaceArchitech. By Space Architecture Technical Committee-AIAA. URL-2: <https://spacearchitect.org/> Son Erişim Tarihi: 04.01.2024.
- İnternet: The AIAA DETC Aerospace Architecture Subcommittee: The Millennium Charter. URL-3 : <https://spacearchitect.org/resources/#manifesto> Son Erişim Tarihi: 04.01.2024.
- İnternet: AIA Contract Documents. (2020). AIA Programming Scope of Services: A Complete Guide to Architectural Programming and the B202-2020 Update. URL-4: <https://learn.aiacontracts.com/articles/6314198-understand-aia-updated-programming-scope-of-services-document/> Son Erişim Tarihi: 12.12.2024.
- İnternet: Merriam Webster Online Dictionary. URL-5: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/program> Son Erişim Tarihi: 11.12.2024.
- İnternet: Cambridge Online Dictionary. URL-6: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/program> Son Erişim Tarihi: 11.12.2024.
- İnternet: Goetz, R. (2010). "Defining project goals and objectives." Project Smart, U.K., URL-7: <https://www.projectsmart.co.uk/smart-goals/defining-project-goals-and-objectives.php> Son Erişim Tarihi: 08.01.2025.

- İnternet: Williams, C.E. (2024). The Latest on Artemis. URL-8: <https://www.nasa.gov/humans-in-space/artemis/#missions> Son Erişim Tarihi: 30.01.2025.
- İnternet: Türkiye Uzay Ajansı. (2022). 2022–2026 Stratejik Planı. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. URL-9: <http://www.sp.gov.tr/tr/stratejik-plan/s/2730/Turkiye+Uzay+Ajansi+2022-2026> Son Erişim Tarihi: 30.01.2025.
- İnternet: Axiom Space. (2025). Axiom Mission 3. URL-10: <https://www.axiomspace.com/missions/ax3> Son Erişim Tarihi: 11.12.2024.
- İnternet: Türkiye Uzay Ajansı. Rasat. URL-11: <https://tua.gov.tr/tr/proje/rasat> Son Erişim Tarihi: 04.01.2024.
- İnternet: Hill, S., (2024) An Updated List Of Space Missions: Current And Upcoming Voyages. URL-12: <https://www.astronomy.com/space-exploration/space-missions-a-list-of-current-and-upcoming-voyages/> Son Erişim Tarihi: 27.11.2024.
- İnternet: Bausback, E., (2024). NASA's Fission Surface Power Project Energizes Lunar Exploration. URL-13: <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/glenn/nasas-fission-surface-power-project-energizes-lunar-exploration/> Son Erişim Tarihi: 01.11.2024.
- İnternet: Nelson, S., (2024). The Nuclear Reactors That Could Power Bases on the Moon. URL-14: <https://www.bbc.com/future/article/20240417-the-nuclear-reactors-that-could-power-moon-bases> Son Erişim Tarihi: 01.11.2024.
- İnternet: Stopar, J.D. and Kring, D.A. (2025). Lunar South Pole Atlas. URL-15: <https://www.lpi.usra.edu/lunar/lunar-south-pole-atlas/#maps> Son Erişim Tarihi: 08.05.2024.
- İnternet: Regolight, (2020). 3D Printing Technologies and Methodologies. URL-16: <https://regolight.eu/> Son Erişim Tarihi: 15.05.2024.
- İnternet: Lou, M. and Griggs, B. (2019). NASA Wants to Land Astronauts On Mars by 2033. URL-17: <https://edition.cnn.com/2019/04/03/us/nasa-mars-mission-2033-scen-trnd/index.html> Son Erişim Tarihi: 08.05.2024.
- İnternet: Pneumocell. (2022). Pneumo Planet Moon Habitat. URL-18: <https://pneumocell.com/pneumo-planet-moon-habitat/> Son Erişim Tarihi: 15.05.2024.
- İnternet: New Scientist. (2024). Hassell and ESA Unveil Their Concept For A Permanent Base On The Moon. URL-19: https://www.youtube.com/watch?v=9t0kO-mFLfQ&t=207s&ab_channel=NewScientist Son Erişim Tarihi: 18.05.2024.
- İnternet: Hassell Studio. (2024). Lunar Master Plan: Moon Base for the European Space Agency. URL-20: <https://www.hassellstudio.com/project/lunar-master-plan-moon-base-for-the-european-space-agency#0> Son Erişim Tarihi: 18.05.2024.

İnternet: Mohon,L., (2023). About Human Landing Systems Development.URL-21: <https://www.nasa.gov/reference/human-landing-systems/> Son Erişim Tarihi:10.05.2024.

İnternet: Hambleton, K. (2024). NASA Identifies Candidate Regions for Landing Next Americans on Moon. URL-22: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-identifies-candidate-regions-for-landing-next-americans-on-moon/> Son Erişim Tarihi:09.05.2024.

İnternet: Mohon, L.,Williams,C.E.(2023). Artemis III: NASA’s First Human Mission to the Lunar South Pole. URL-23: <https://www.nasa.gov/humans-in-space/artemis/> Son Erişim Tarihi: 08.05.2024.

İnternet: Kentsel,R.(2023). Dynetics HLS: Everything You Need To Know.URL-24: <https://spaceimpulse.com/2023/09/29/dynetics-hls/> Son Erişim Tarihi: 08.05.2024.

İnternet: The Dynetics. (2023). Dynetics Completes Critical Hardware Demonstrations For Sustainable Human Landing System. URL-25: <https://www.leidos.com/insights/dynetics-completes-critical-hardware-demonstrations-sustainable-human-landing-system> Son Erişim Tarihi: 08.05.2024.

İnternet: Mimarizm. (2022). Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması Lise Öğrencileri Kategorisi Sonuçları Açıklandı. Lise Öğrencisi Kategorisi Sonuçları. URL-26: https://www.mimarizm.com/yarismalar/yarisma-sonuclari/turkiye-ay-usleri-ulusal-fikir-yarismasi-lise-ogrencileri-kategorisi-sonuclari-aciklandi_134193 Son Erişim Tarihi: 10.03.2025.

İnternet: Karakoç, N. (2022). Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması Sonuçlandı. URL-27:<https://www.arkitera.com/haber/turkiye-ay-usleri-ulusal-fikir-yarismasi-sonuclandi/> Son Erişim Tarihi: 11.03.2025.

İnternet: Shapiro, G.F. (2019). Honorable Mention: Moon Village, a Vibrant Hub in the Unknown. Architect. URL-28: https://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/honorable-mention-moon-village-a-vibrant-hub-in-the-unknown_o Son Erişim Tarihi: 30.04.2025.

İnternet: X-Plor. (2020). Moon Base 2124-Artemis Centenary Design Competition. URL-29: <https://uni.xyz/competitions/moon-base-2124-2020/info/about> Son Erişim Tarihi: 12.05.2025.

İnternet: Moon Station Yarışma Şartnamesi. (2023). Young Architects Competitions ve Topical Team Planetary Caves. URL-30: <https://www.youngarchitectscompetitions.com/open-competitions/moon-station> Son Erişim Tarihi: 23.04.2025.

İnternet: Microsoft Copilot. (2025). Copilot. (2025 Sürümü). URL-31: <https://copilot.microsoft.com>. Son Erişim Tarihi: 05.04.2024.

- İnternet: Sumini, V., (2017). Structural Challenges for Space Architecture. URL-32: <https://www.structuremag.org/article/structural-challenges-for-space-architecture/> Son Erişim Tarihi: 22.07.2025.
- İnternet: NASA. (2025). Ay Haritalama ve Modelleme Platformu. URL-33: <https://trek.nasa.gov/moon/> Erişim Tarihi: 30.04.2025.
- İnternet: Tübitak Ulusal Gözlemevi (TUG). Tarihçe. URL-34: <https://tug.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal /tarihce> Son Erişim Tarihi: 04.01.2024.
- İnternet: Eurisy. (2021) Eurisy Creates Networks Between Space And Society URL-35: Son Erişim Tarihi: 07.01.2024.
- İnternet: Group on Earth Observation (GEO). (2024). Earth Observations For Impact URL-36: <https://earthobservations.org/> Son Erişim Tarihi: 07.01.2024.
- İnternet: United Nations Office for Outer Space Affair. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Membership Evolution. URL-37: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/members/evolution.html> Son Erişim Tarihi: 07.01.2024.
- Juaim, M. N., and Hassanain, M. A. (2011). Assessment of factors influencing the development and implementation of the architectural program. *Structural Survey*, 29(4), 320-336.
- Jin, S. (2024). Interdisciplinary perspective on architectural programming: current status and future directions. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Kiomarsipour, N., Shoja Razavi R., Ghani, K. (2013). Improvement of spacecraft white thermal control coatings using the new synthesized Zn-MCM-41 pigment. *Dyes Pigments*, 96(2), 403–406.
- Kalkan, K. (2019). Uzaktan Algılama. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Ankara: Tübitak Yayınevi, 72–81.
- Kalayci, P.D. and Ozdemir, D.A. (2021). Transmitting values from past to future: a strategic program inquiry for Ankara victory square (Zafer Meydani). *Megaron*, 16(1), 27-38.
- Korkmaz, C. (2022). *Women in space studies in Turkey: Proposition of science and technology policies to eliminate gender discrimination*. Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University Graduate School of Social Sciences, Ankara.
- Kang, W. (2024). Modest proposals for a Lunar base after 2024. *Atmosphere*, 21(2), 1-27.
- Kirici, S., and Kalayci, P. D. (2025). Conditions of the Moon as assessment criteria: Turkish Moon bases competition case. *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism*, 8(1), 71–80.
- Launius, R. (2008). Final countdown: NASA and the end of the space shuttle program. *Space Policy*, 24(2008), 229–230.

- Luo, X., Shen, G. Q., and Fan, S. (2010). A case-based reasoning system for using functional performance specification in the briefing of building projects. *Automation in construction*, 19(6), 725-733.
- Landolina, R. (2021). *Study and development of a small Lunar habitat inside Moon lava tubes based on Artemis model*. Yüksek Lisans Tezi, Politecnico di Torino Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Torino, 83-92.
- Lin, Y., Yang, W., Zhang, H., Hui, H., Hu, S., Xiao, L., ... and Li, X. (2024). Return to the Moon: New perspectives on Lunar exploration. *Science Bulletin*, 69 (13), 2136-2148.
- Monk, T. H., Buysse, D. J., Billy, B. D., Kennedy, K. S., and Willrich, L. M. (1998). Sleep and circadian rhythms in four orbiting astronauts. *Journal of Biological Rhythms*, 13(3), 188-201.
- Milletlerarası Anlaşma. (2006) Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ve Avrupa Uzay Ajansı Arasında İmzalanan “Dış Uzayın Barışçıl Amaçlarla İncelenmesi ve Kullanılması Konusunda İş birliği Anlaşması”nın Onaylanması Hakkında Karar. T. C. Resmî Gazete.26253.
- Malla, R.B. and Chaudhuri, D. (2008). *Dynamic analysis of a 3-D frame membrane Lunar structure subjected to impact*. 11th Biennial ASCE Aerospace Division International Conference, Reston, 1–10.
- Mottaghi, S. (2013). *Design of a lunar surface structure*. Yüksek Lisans Tezi, The State University of New Jersey Department of Mechanical and Aerospace Engineering, New Jersey, 8-10.
- Malla, R. B., and Gionet, T. G. (2013). Dynamic response of a pressurized frame-membrane lunar structure with regolith cover subjected to impact load. *Journal of Aerospace Engineering*, 26(4), 855-873.
- Mueller, R. P. (2022, 25-28 April). *Lunar base construction planning*. ASCE Earth and Space-18th Biennial Conference, Denver, 858-870.
- Mermer, E., and Ünal, R. (2023). Passive thermal control systems in spacecrafts. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 45(3), 160.
- Nealy, J.E., Wilson, J.W. and Townsend, L.W., (1988) Solar flare shielding with regolith at a lunar base site. *NASA Technical Paper*. Hampton, 1-4.
- National Aeronautics and Space Administration. (2011). NASA STD-3001: Space flight human-system standard. Volume 2: Human factors, habitability, and environmental health. *NASA Reports*. Washington.
- National Aeronautics and Space Administration. (2014). Human Integration Design Handbook (Revision 1). *NASA Reports*. Washington.
- Naser, M. Z. (2019). Extraterrestrial construction materials. *Progress in Materials Science*, 105(4), 100577.

- National Aeronautics and Space Administration. (2019). NASA STD-3001: Space flight human-system standard. Volume 2: Human factors, habitability, and environmental health (Revision B). *NASA Reports*. Washington.
- National Aeronautics and Space Administration. (2020). Artemis plan: NASA's lunar exploration program overview. *NASA Reports*. Washington, 7-31.
- National Aeronautics and Space Administration. (2023). NASA STD-3001: Space flight human-system standard. Volume 1: Crew health (Revision C). *NASA Report*. Washington.
- National Aeronautics and Space Administration. (2024). Moon to Mars architecture definition document (Revision A). *NASA Reports*. Washington.
- Naser M.Z., Redmond L., Chen Q., Rangaraju P., (2023). Habitats for space exploration: construction materials, design concepts, and future directions. *Progress in Astronautics and Aeronautics*.
- Pena, W. M., and Parshall, S. A. (2012). *Problem seeking: An architectural programming primer*. (4.Baskı). United States of America: John Wiley & Sons, 13-48.
- Pandi-Perumal, S. R., and Gonfalone, A. A. (2016). Sleep in space as a new medical frontier: the challenge of preserving normal sleep in the abnormal environment of space missions. *Sleep Science*, 9(1), 1-4.
- Petrov, G., Inocente, D., Haney, M., Katz, N., Koop, C., Makaya, A., ... and Hoffman, J. (2019, 7-11 July). *Moon village reference masterplan and habitat design*. 49th International Conference on Environmental Systems, Boston.
- Palos, M. F., Serra, P., Fereres, S., Stephenson, K., and González-Cinca, R. (2020). Lunar ISRU energy storage and electricity generation. *Acta Astronautica*, 170, 412-420.
- Ruess, F., Schaenzlin, J., and Benaroya, H. (2006). Structural design of a lunar habitat. *Journal of Aerospace Engineering*, 19(3), 133-157.
- Robens, E., Bischoff, A., Schreiber, A., Dąbrowski, A., and Unger, K. K. (2007). Investigation of surface properties of lunar regolith: Part I. *Applied Surface Science*, 253(13), 5709-5714.
- Sadeh, E., Sadeh, W. Z., Abarbanel, J., Criswell, M., and Rice, E. E. (2000). Inflatable habitats for lunar base development. *Living in Space*, 301-304.
- Solakoğlu, E. and Hassoy, B. (2007, 14-16 June). *Space research programs in 21st century and challenges for Turkey*. In 2007 3rd International Conference on Recent Advances in Space Technologies, İstanbul, 54-58.
- Straume, T., (2008, 202-23 July). *Ionizing radiation hazards on the Moon*. NLSI Lunar Science Conference, California.

- Sherwood, B. (2010, 11-15 July). *Module architecture for in situ space laboratories*. In 40th International Conference on Environmental Systems, Barcelona, 6048.
- Saleh, H., M. (Editör). (2019). *Municipal solid waste management*, Cairo: IntechOpen, 1-8.
- Starling, C. G., Massa, M.J., Mulder L.C.C.P., Siegel, J. T. (2021). The future of security in space: a thirty-year US strategy. *Atlantic Council Reports*. Washington.
- Toklu, Y., and Järnvstråt, N. (2003,26-30 July). *Design and construction of a self sustainable lunar colony with in-situ resource utilization*. The 10th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, Madeira, 623–628.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (1999,20 Aralık). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara, 31-32.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2004). Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi. *Tübitak*. Ankara, 7-10.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2004). Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi. *Tübitak*. Ankara, 62-63.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2005). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Onbirinci Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2007). Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu 2008-2012 Stratejik Planı. *Tübitak*. Ankara, 25-26.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2006). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Onüçüncü Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2006). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Ondördüncü Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2007). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Onaltıncı Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu.(2008). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Onyedinci Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2009). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Onsekizinci Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.

- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2009). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Ondokuzuncu Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2009). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 2009 Faaliyet Raporu. *Tübitak*. Ankara, 95-96.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2010). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 2010 Faaliyet Raporu. *Tübitak*. Ankara, 111-112.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2010). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Yirmi birinci Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara, 9-10.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. (2010). Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu Yirmi ikinci Toplantısı Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar. *Tübitak*. Ankara, 135-137.
- Türkiye Uzay Ajansı. (2022). Milli Uzay Programı Strateji Belgesi 2022-2030. *TUA*, Ankara, 20-21.
- Türkiye Uzay Ajansı. (2019). Türkiye Uzay Ajansı Başkanlığı 2019 Yılı Faaliyet Raporu. *TUA*, Ankara, 21-23.
- Türkiye Uzay Ajansı. (2020). Türkiye Uzay Ajansı Başkanlığı Faaliyet Raporu. Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı. *TUA*, Ankara, 27-32.
- The Artemis Accords. (2020). Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, comets, and asteroids for peaceful purposes. *NASA*, Washington.
- Türkiye Ay Üsleri Ulusal Fikir Yarışması Şartnamesi. (2022). Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa İl Milli Eğitim Müdürlüğü ve Gökmen Uzay Havacılık Eğitim Merkezi.
- Venturi, R. (1965). Complexity and contradiction in architecture: Selections from a forthcoming book. *Perspecta*, 9, 17-56.
- Vahabi, A., Nasirzadeh, F., and Mills, A. (2023). Assessing the impact of project brief clarity using project definition rating index tool and system dynamic. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(2), 697-713.
- Watson, K. J., Evans, J., Karvonen, A., and Whitley, T. (2016). Capturing the social value of buildings: The promise of Social Return on Investment (SROI). *Building and environment*, 103, 289-301.
- Wu, C., Yu, Z., Shao, R., and Li, J. (2024). A comprehensive review of extraterrestrial construction, from space concrete materials to habitat structures. *Engineering Structures*, 318 (1), 118723.

- Yu, A. T., Shen, Q., Kelly, J., & Hunter, K. (2006). Investigation of critical success factors in construction project briefing by way of content analysis. *Journal Of Construction Engineering And Management*, 132(11), 1178-1186.
- Yetiş, N. (2007). Uzun faaliyetlerinde Türk ve Avrupalı aktörler arasında iş birliği için alanlar ve mekanizmalar konferansı düzenlendi. Tübitak Bülten. Ankara: Tübitak Yayinevi, 10-11.
- Yu, A. T., Shen, Q., Kelly, J., and Hunter, K. (2008). Comparative study of the variables in construction project briefing/architectural programming. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(2), 122-138.
- Yu, A.T.W. and Shen, G.Q.P. (2015). Critical success factors of the briefing process for construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 31 (3).
- Zwemmer, M., and Otter, A. D. (2008, 3-4 June). *Engaging users in briefing and design: A strategic framework*. CIB Conference: Performance And Knowledge Management, Helsinki, 405-416.
- Zuber, M. T., Head, J. W., Smith, D. E., Neumann, G. A., Mazarico, E., Torrence, M. H., ... and Melosh, H. J. (2012). Constraints on the volatile distribution within Shackleton crater at the lunar south pole. *Nature*, 486(7403), 378-381.
- Zhou, C., Chen, R., Xu, J., Ding, L., Luo, H., Fan, J., ... and Tang, B. (2019). In-situ construction method for lunar habitation: Chinese Super Mason. *Automation in Construction*, 104(4), 66-79.
- Zhang, P., Dai, W., Niu, R., Zhang, G., Liu, G., Liu, X., ... and Gao, M. (2023). Overview of the lunar in situ resource utilization techniques for future lunar missions. *Space: Science & Technology*, 3, 1-18.



EKLER

EK-1. Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

Ülkelerin uzay programlarına entegre olması; teknolojik yetkinlik, nitelikli insan kaynağı, ekonomik yeterlilik, uluslararası iş birliği politikaları, ulusal ihtiyaçlar ve jeopolitik konumu gibi etmenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. 1957 yılında SSCB Sputnik 1 uydusunu yörüngeye yerleştirerek uzay çalışmalarında ilk adımı atmıştır. Türkiye ise uzay çalışmalarına dahil olmakta geç kalmış olmakla birlikte bu alandaki çalışmalara 1990'lı yıllarda başlamıştır. İlk çalışmalar ağırlıklı olarak savunma sanayi merkezli olarak inşa edilmeye başlanmıştır. Uzay alanındaki çalışmalar, havacılık faaliyetleri ile paralel olarak geliştiği düşünülmekte ve bu alandaki kurulan kurumlar, atılan adımlar, imzalanan protokoller ve uluslararası bilimsel araştırmalar uzay çalışmalarının temellerini oluşturmaktadır. BTYK'nın 10 ve 11. toplantılarında alınan kararlarla birlikte Şubat 1993'te "Türkiye Bilim ve Teknoloji Politikası 1993-2003" göre uzay çalışmalarına ilişkin politikaların belirlenmesi sorumluluğu TÜBİTAK'a verilmiştir. Bu politika kapsamında 'Uzay Araştırmaları' öncelikli alan araştırma konularından biri olarak belirlenmiştir. (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu [TÜBİTAK], 2005:5-6). Kamusal politika belgelerinde uzay ve havacılık alanlarının öncelikli alan olarak belirlenmesi alandaki çalışmaların yönünün belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Ulusal gözlemevi kurulmasına dair ilk fikirler 1960'lı yıllara kadar dayanmasına rağmen bu alandaki resmi çalışmalar ancak 17.07.1995 tarihli ve 22346 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Kuruluş ve İşletme Yönetmeliği ile kesinleşmiştir (URL-34). TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi 5 Eylül 1997 tarihinde Astronomi ve Uzay bilimlerinde bilimsel çalışmalar yapmak üzere resmi olarak açılmıştır. 1998 yılında TÜBİTAK tarafından "Ulusal Havacılık ve Uzay Çalışmaları Konseyi'nin kurulmasına ilişkin kanun taslağı hazırlanmıştır. Fakat, söz konusu kanun taslağı ilgili kurumların görüş ayrılıkları nedeniyle olumlu sonuçlandırılmamıştır (TÜBİTAK, 2005: 5-6).

TÜBİTAK bünyesinde Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu ile "ulusal uzay bilim ve teknolojileri politikası ve stratejilerini" belirlemek üzere çalışmalara başlanmış ve 20 Aralık 1999 tarihinde bir dizi kararlar alınmıştır. Bu kararlar arasında;

* Ulusal Havacılık ve Uzay Çalışmaları Konseyi'nin Kurulması

* Ulusal Havacılık ve Uzay Çalışmaları Konseyi ile kurulması planlanan Türk Uzay Ajansı'nın görev tanımlarının kesişmesi ve bu kesişmenin önüne geçilmesi amacıyla Türk Uzay Ajansı'nın görev tanımının yenilenmesi ve böylece Türk Uzay Ajansı'nın kurulmasının ileri bir tarihe ertelenmesine ilişkin karar

* Uzay, bilim ve teknoloji alanlarında izlenecek ulusal politikaların ve araştırmaların bir an önce yapılması üzere TÜBİTAK görevli kılınmıştır (TÜBİTAK,1999: 31-32).

Bu kararın ardından 2000 yılı ağustos ayında TÜBİTAK, Türkiye'nin Ulusal Uzay Politikası Genel Çerçevesi taslağını hazırlayarak ilgili kurum ve kuruluşlara göndermiştir (Korkmaz,2022). Aralık 2000'de toplanan ilgili kurum ve kuruluşlar toplantıda, en son 1993 yılında yapılmış olan bilim ve teknoloji politika çalışmasının üzerinden uzun zaman geçmesi ve Cumhuriyet'in 100. yılının özel anlamı dolayısıyla BTYK 20 yıllık bir dönem için yeni bilim ve teknoloji politikalarının belirlenmesi için TÜBİTAK'ı görevlendirdi. Ayrıca bu BTYK kararında; çalışmanın ana eksenini, Türkiye'nin ulusal düzeyde

EK-1. (devam) Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

ilk kez yapacağı Teknoloji Öngörü çalışması oluşturmaktaydı. Bu doğrultuda dört ana kategori belirlenmiş ve bu kategoriler Vizyon 2023 Projesi başlığı altında toplanmıştır. Keza bu proje kapsamında farklı alanlarda farklı hedefler tartışılmış ve konulmuş olsa da savunma, havacılık ve uzay sanayii alanlarına özel farklı hedeflerin varlığı da dikkat çekmektedir. Milli güvenlik gereksinimlerine hizmet eden sistem ve teknolojileri araştırmak, geliştirmek ve bunun sonucunda üretmek, böylece dünya ölçeğinde rekabet edebilir hale gelmek ana fikirlerini taşıyan ve ülkenin bilim, teknoloji ve refah seviyesinin artırılmasına doğrudan katkıda bulunan uzay ve havacılık sanayiine sahip olmak bu dikkat çeken hedefler arasında sıralanmaktadır(TÜBİTAK,2004: 7-10).Belirlenen hedefe ulaşmak için “Yerli olarak uydu tasarlayabilme ve uzaya araç gönderme kapasitesine sahip olmak” başlığı altında alt hedefler belirlenmiş ve bu hedefler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

- * Uydu platformlarının ve taşıyıcı platformların geliştirilmesi
- * Geliştirilen platformların uzaya maliyetleri uygun olacak şekilde fırlatılması ve taşınmasında kullanılan teknolojinin geliştirilmesi
- * Yine bu platformlar ile kullanılacak olan uzaydan gözlem, iletişim, algılama vb. amaçlara hizmet eden teknolojilerin geliştirilmesi
- * Uzay koşullarına ve hava koşullarına dirençli, uygun ve bu koşullarda efektif çalışabilen teknolojilerin geliştirilmesi (TÜBİTAK, 2004: 62-63).

2004 tarihinde yapılan Bilim ve Teknik Yüksek Kurulu onuncu toplantısında ülkemizdeki Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payının 2005 yılından başlayarak 2010 yılına kadar %2’ye yükseltilmesi ve bu Ar-Ge harcamalarının yapılacağı öncelikli alanlardan birisi “Uzay Araştırmaları” olacağı şeklinde karar verilmiştir. Ayrıca verilen kararlar arasında TÜBİTAK yürütücülüğünde uzay alanında bir çalışma yapmak ve bunu Mart 2005 tarihinde resmi yetkililere sunmak yer almaktadır. Bu amaç için ilgili kurum ve kuruluşlar ile alanında uzman kişilerin katıldığı “Uzay Araştırmaları Çalışma Grubu” kurulmuştur. Toplantılara 35 Kuruluşu temsilen alanında uzman 100 kişi katılmıştır. Katılımcıların ortak görüş ve kararları sonucunda vizyon, ana program ve alt program önerileri ile 102 ön proje önerisi TÜBİTAK’a sunulmuştur.

Uluslararası yapılmış olan bir diğer sözleşme de Güney Kore Cumhuriyeti ile yapılmıştır ve Kore Cumhuriyeti ile uzay konusunda ikili çalışmaları içermektedir (TÜBİTAK, 2005: 6).

Türkiye’nin Avrupa Uzay Ajansına üye olma yolunu açması planlanan ve Türkiye’de yapılan uzay çalışmalarının uluslararası alanda iş birliğine imkân sağlayacak ve bu alanda motivasyon kazandıracak ‘Dış Uzayın Barışçıl Amaçlarla İncelenmesi ve Kullanılması Konusunda İş birliği Antlaşması’ 2006 yılında ESA’nın katılımıyla imzalanmıştır (Milletlerarası Anlaşma, 2006) Anlaşmanın amacı dış uzayın yalnızca barışçıl amaçlarla incelenmesi ve tarafların birbirlerini kendi uzay faaliyetleri, gelişmelerini ve programlarını kapsamında potansiyel iş birliği kurmaktır (Milletlerarası Anlaşma,2006).

2006’da yapılan 13. BTYK toplantısında ‘Ulusal Uzay Araştırma Programı’na dahil etmek üzere nitelikli ve yeterli sayıda uzman yetiştirilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır. 2008 yılında uzay araştırmaları alanında kısa sürede nitelikli insan gücüne ulaşmak amacıyla Tübitak-2230 Yurt Dışı Yüksek Lisans Burs Programı

EK-1. (devam) Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

başlatılmış 2009 yılında 128 kişi bu bursu kazanarak bu alanda eğitilmek üzere yurtdışına gönderilmiştir. Aynı yıl içerisinde bursiyerlerin çalışmalarını ve performanslarını takip etmek amacıyla online bir platform (uzaybursiyerleri@tubitak.gov.tr) kurulmuştur (TÜBİTAK, 2009).

Bu doğrultuda; yurtiçi ve yurtdışında uzay alanında uzmanlaşmış çeşitli kamu, üniversite, sanayi kuruluşlarından uzay konusunda bilgiler toplanmış, ulusal medya yayın organları halkın ilgi ve alakasını arttırmak amacıyla etkin olarak kullanılmış, Asya Pasifik İşbirliği Örgütü'ne başvuru yapılmış ve CEOS, OECD Küresel Uzay Forumu ve Avrupa Komisyonun Küresel Yer Gözlem Çalışma Grubu gibi uluslararası örgütlerden teklifler alınmış, Ulusal Uzay Araştırma Programı bünyesinde 238 adet projesi önerisi alınmıştır. Bu projeler ve projelerin dağılımları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (TÜBİTAK, 2006).

Uzay Araştırma Programı Alanları	Proje Sayısı
BİLİM	52
Astrofizik	8
Astronomi	4
Yer (Bilim) Gözlem	35
Yakın Uzay	5
TEKNOLOJİ	95
Uzay Sistem Altyapısı	3
PİKO Uydu Tasarımı	2
Roket	1
Uzay Teknolojileri	86
İleri Havacılık	3
UYGULAMA	91
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri	76
Seyrüsefer ve Küresel Konumlama Sistemleri	3
Meteoroloji	4
Uydu Haberleşme, Telekomünikasyon, İletişim	8
TOPLAM	238 (*)

Şekil 1.1. Tübitak Araştırma Destek Programları Başkanlığı'na sunulan proje önerileri (TÜBİTAK, 2006)

2006 yılının ikinci yarısında alınan Bilim Kurulu kararıyla TÜBİTAK bünyesinde yer alan Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK BİLTEN) kurumunun misyonu ve faaliyet alanları yeniden tanımlanarak uzay faaliyetlerine katkı sağlamak ve bu alanda çalışmalar yapmak amacıyla Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü'ne (TÜBİTAK-UZAY) dönüştürülmüştür. TÜBİTAK UZAY'ın misyonu; Uzay teknolojileri (uydu sistemleri, uydu yer istasyonları, uydu test ve entegrasyon sistemleri vb.) bilgi teknolojileri (yazılım, uzaktan algılama, çoğul ortam teknolojileri vb.) ve elektronik araştırma alanlarında(iletişim sistemleri, güç ve dağıtım sistemleri, elektronik sistem tasarımı vb.) ülke sanayinin teknoloji altyapısının değişmesine ve gelişmesine yönelik bilgi ve teknolojiyi geliştirmek, ülke sektörünün yönünü belirlemek ve uzay çalışmalarında toplum farkındalığını artırmaktır (2008-2012 Stratejik Planı, 2007:25-26). Aynı yıl içerisinde Türkiye Cumhuriyeti, Asya-Pasifik Uzay İş birliği Örgütü Sözleşmesini (APSCO) Uzay Teknolojisi ve Uygulamalarında kurucu üyelik hakkını elde etmiştir (TÜBİTAK 14.Toplantı, 2006).

EK-1. (devam) Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

2050 yılına kadar başta A.B.D olmak üzere, Avrupa Birliği, Avrupa Uzay Ajansı, Fransa, Almanya, İtalya, İngiltere, Çin, Japonya, Hindistan gibi ülkeler Dünya dışı gezegenlerde incelemeler yapmak ve insanlı uzay uçuşları gerçekleştirmek amacıyla projelerini yürürlüğe koymuşlardır. Ülkemizde ise bu alanda çalışmalar Tübitak, Milli Savunma Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı ve Hava Kuvvetleri Komutanlığı iş birliği ile gerçekleştirilmektedir. Araştırma uydularına yönelik çalışmalar ile ülkemiz yer-gözlem uydularını geliştirebilen bir ülke konuma gelmiştir. 2008 yılı itibariyle Tübitak tarafından uzayın çeşitli alanlarında yurtdışında araştırmalar yapmak üzere öğrencilere burs imkânı tanınması planlanmıştır.

- * Uzay Aracı/ Uydu Sistem Tasarımı
- * Uzay Aracı/Uydu Yönelme Kontrol Sistemleri
- * Uydu Haberleşme Sistemleri, Uydu Yer İstasyon Sistemleri
- * Uzay Malzemeleri
- * Uzay İtici Sistemleri, Fırlatma Sistemleri, Güdüm Teknolojileri
- * Uzay Sistemlerine Yönelik Sistem Mühendisliği
- * Uydu Platform, Yapı ve Çevre Test Sistemleri
- * Uzay Proje ve Teknoloji Yönetimi

Yukarıda sıralanan burs desteği başlatılan alanlarda Türkiye'nin uzay alanındaki çalışmaları çoğunlukla uydu teknolojileri alanında yoğunlaşmaktadır. Ülkede bu alanda çalışan yeterli insan kaynağının bulunmaması ve mevcut verilerin ilerleme kaydedebilecek kadar yeterli olmaması uluslararası alanda rol alabilecek bireyler yetiştirilmesinin zorunlu kılmıştır. Ulusal ve küresel düzeyde uzay ve havacılık alanlarında teknolojik gelişimi takip etmek hem kamu hem de özel sektörde uluslararası iş birlikleri sağlayarak sürdürülebilir hale gelmesini mümkün kılmaktadır. 2000'li yılların ortalarında Türkiye uluslararası iş birliklerinin arttırmak amacıyla bir dizi çalışmalarda bulunmuştur. Avrupa çapında uzayla ilgili faaliyetlerde bulunan veya uzay çalışmalarına yeni dahil olan uzay ajanslarını, uluslararası kuruluşları, araştırma kurumlarını ve özel işletmeleri bir araya getiren, farklı geçmişlere sahip kurum ve kuruluşlar arasında deneyimleri paylaşma imkânı sağlayan Fransa merkezli bir dernek (URL-35) olan EURISY'a TÜBİTAK 2007 yılında üye olmuştur. Hollanda Uzay Ajansı (NVIR), İngiltere Ulusal Uzay Merkezi (BNSC), Avrupa Uzay Politikaları Enstitüsü (ESPI) ile TÜBİTAK uzay çalışmaları alanında iş birliği kapsamında görüşmelere başlamıştır (Tübitak,2008). 1951 yılında kurulmuş ve çeşitli ülkeler arasında uzay çalışmalarının entegrasyonunu sağlayan, küresel uzay bilgi ağı oluşturmayı hedefleyen "The International Astronautical Federation" (IAF) kuruluşuna TÜBİTAK uzay çalışmalarında iş birliği kapsamında 2009 yılında tam üyelik başvurusu kabul edilmiştir(Tübitak,2010:137).Türk ve Avrupalı aktörler arasında iş birliğinin arttırmak amacıyla Türkiye'nin uzay faaliyetlerinde ilk olan "*Uzay Faaliyetlerinde Türk ve Avrupalı Aktörler Arasında İş birliği için Alanlar ve Mekanizmalar*" adlı uluslararası bir konferans 2007 yılında düzenlenmiştir. Bu konferansta Avrupalı ve Türk bilim insanları, araştırmacıları, sanayicileri ve kamu yöneticileri bir araya gelmiştir. Avrupa Uzay Ajansı, Hollanda Uzay Ajansı, Avrupa

EK-1. (devam) Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

Araştırma Merkezi, Avrupa Komisyonu, Birleşmiş Milletler Uzay İşleri Ofisi, Alman Uzay Ajansı, Romanya Uzay Ajansı, Uluslararası Uzay Üniversitesi ve Birleşik Krallık Uzay Merkezi gibi çeşitli kurumlardan temsilciler katılmıştır. Bu konferansta Avrupa ve Türkiye'nin uzay politikaları ve programları ele alınarak tarafların yetkinlikleri ve ihtiyaçları belirlenmiştir (Yetiş,2007:11).

2009 yılına kadar Türkiye'nin sahip olduğu uydular yurt dışından temin edilmiş ve diğer ülkelerin uydu fırlatma sistemleri kullanılmıştır. Diğer ülkelerin teknolojileri kullanılarak fırlatılan bu uyduların uzun vadede bağımlılığa ve gizliliğin korunamamasına neden olacağı düşünülmüş bu nedenle milli kaynaklarla oluşturulacak olan bir teknoloji platformunun ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Yer gözlem ve haberleşme uydularının milli imkanlarla üretilmesi ve fırlatılması teknolojik kazanç sağlamasının yanı sıra orta/uzun vadede maliyet avantajı sağlamaktadır. Bu nedenle uzay için üretilen ürün niteliklerinin test edilebilmesi ve bilimsel deneylerin yapılabilmesi amacıyla 18. BTYK toplantısında TÜBİTAK'ın koordinasyonunda “*Ulusal Uzay Teknolojileri Platformu*” kurulmuştur (Tübitak 18. Toplantısı,2009).

Bu platformun uzun vadede iyi bir geri bildirim sağlayabilmesi için uluslararası gelişmelerle beslenebilmesi ve güncel olanı takip etmesi gerekmektedir. 2009 tarihinde Budapeşte kentinde düzenlenen “*Models of Governance of National Space Activities in the Evolving European Framework. Optimising Benefits from Participation in European Programmes*” adlı konferansa ve aynı yıl içerisinde Prag kentinde EURISY tarafından organize edilen “*Securing Human Resources for the Future Space Sector*” adlı çalışmaya TÜBİTAK davetli olarak katılım sağlamış ve uluslararası alandaki çalışmaları yakından takip etmiştir. Çalıştay sürecinde Avrupa ülkelerinde uzay sektöründeki çalışmaların gelişebilmesi için ne tür adımların atılması gerekliliği tartışılmıştır. Avrupa ülkelerinde uzay çalışmalarını sürdürülebilir bir hale getirmek amacıyla eğitim politikalarının uzay sektörüne nitelikli ve nicelikli kaynak sağlamak amacıyla yeniden organize edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Uzay sektörünün Avrupa sektörüne ekonomik olarak orta ve uzun vadeli getirileri üzerinde durulmuş ve uzman görüşleri bu sektörün kısa ve orta vadede uzay biliminin yaygınlaşması ve uzayın keşfi alanlarında büyük değişikliklerin beklenmediği yönündedir (Tübitak 19. Toplantısı,2009:23-24). Bu çalışmalara da zemin oluşturan uluslararası bir diğer üyelik ise 2008 yılında gerçekleşen “Group on Earth Observation” (GEO) ile gerçekleşmiştir. GEO, gezegenimize dair bilimsel incelemeler yapan, kendine özgü bakış açılarına ve veri setlerine sahip olan ülkeler ve katılımcı kuruluşlar arasında iş birliği oluşturarak verilerin paylaşılmasını ve erişilebilir hale gelmesini amaçlamaktadır (URL-36). Tübitak bu tarz çalışmalara katılarak ve gözlemleyerek Türkiye'nin uzay sektöründe var olması için gerekli olan yetkinliğe erişme sürecini daha somut bir şekilde analiz edebilmiştir. Tübitak Uzay ve Avrupa Uzay Ajansı arasında 2006 yılında 5 yıl süreyle yürürlüğe giren ‘Türkiye-ESA İş birliği Anlaşması’ kapsamında Türkiye’de uzay alanında yapılan faaliyetler değerlendirilmiş ve atılacak somut adımlar için bir yol haritası belirlenmiştir. 2009 ve 2010 yıllarını kapsayan bu yol haritasında ESA ve Tübitak Uzay’ın belirlediği başlıklar altında çalıştay ve seminerlerin düzenlenmesine, karşılıklı uzman görüşmelerinin gerçekleşmesine dair çalışmaların yoğunlaşması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu yol haritasındaki başlıklar;

EK-1. (devam) Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

- * ESA tesislerinden mühendisler için yerinde eğitim desteği
- * Uzay alanında derslerin açılması ve Türkiye için eğitim programının oluşturulması
- * Uzay bilimi, uzay teknolojisi ve yer-gözlem konularında projeler oluşturma
- * Uzay alanındaki doktora sonrası araştırmalara burs desteğinin sağlanması
- * 2010 yılında uzay konulu ortak yaz okulunun düzenlenmesi
- * Uzay güvenliği ve uzay politikaları konusunda bilgi alışverişi

Türkiye’den öğrencilerin ESA’nın eğitim programlarına katılması amacıyla gerekli mekanizmanın kurulması’ olarak sıralanabilmektedir. Bu doğrultuda Türkiye-ESA İş birliği Anlaşmasının 2011 Eylül ayı itibarıyla 5 yıl daha uzatılması kararlaştırılmıştır (Tübitak 2009 Faaliyet Raporu,2009:95-96, Tübitak 2010 Faaliyet Raporu,2009:111, Tübitak 19. Toplantısı 2009: 25-26).

Rusya Federal Uzay Ajansı (Russian Federal Space Agency-ROSCOSMOS) ve Tübitak Uzay arasında “Dış Uzayın Keşfi ve Barışçıl Amaçlarla Kullanımı” başlıklı Mutabakat Zaptı 2009 yılında uzay alanında ortak projeler geliştirmek, karşılıklı iş birlikleri sayesinde bilgi alışverişinde bulunmak amacıyla imzalanmıştır. Astrofizik alanında proje geliştirme ve dış uzayın keşfi, uydu sistemleri ve hizmetleri, uzay atıklarının oluşumunu izleme, önleme ve azaltma gibi süreçlerini takip etme, uzay meteorolojisini değerlendirme gibi alanlarda karşılıklı olarak iki ülke ortak çalışmalar geliştirmeyi amaçlamaktadır (Tübitak 21. Toplantısı, 2010:9-10).

Tübitak bünyesinde gerçekleşen toplantı tutanaklarından 2010 yılına kadar ülkemizin uzay alanında gerçekleştirdiği faaliyetleri düzenli olarak analiz etmek mümkündür. Fakat 2010 yılı sonrasında Tübitak toplantıların ana gündem maddesini her dönem farklı bir alan olarak belirlemiş uzay alanındaki gelişmelere toplantı tutanaklarında düzenli olarak yer vermemiştir. 2010 yılına gelindiğinde Türkiye Cumhuriyeti uluslararası alanda tanınırlığını arttırıcı yönde adımlar atmış ve önemli kuruluşlarla iş birliği yapmıştır. Asia-Pacific Space Cooperation Organization (APSCO), European Space Agency (ESA), Russian Federal Space Agency ROSCOSMOS ile iş birliği anlaşmaları yapmıştır. Aynı zamanda uluslararası uzay kuruluşlarına üye olmuştur. Bu kuruluşlar; International Astronautical Federation (IAF), Uluslararası bir organizasyon olan EURISY, Group on Earth Observation (GEO), The Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) (URL-37). Uzay Araştırmaları Komitesi (COSPAR) olarak sayılabilmektedir. Bu kuruluşlar ile iş birlikleri gerçekleştirme her ne kadar önem teşkil etse de Tübitak, Türkiye de uluslararası kuruluşlar ve yabancı ülke devletleri ile anlaşmalar ve iş birlikleri yapan tek resmi Devlet kuruluşudur. Uzay çalışmalarına dahil olma serüveni devlet tekelinde gerçekleşmiş özel sektörün alana girmesi daha sonraki yıllarda gerçekleşmiştir. Nitekim çok büyük maliyet gerektiren ve büyük Ar-Ge araştırmalarına dayanan bu çalışmalarda iş birliği ve birlikte çalışma büyük bir önem teşkil etmektedir. Uluslararası iş birlikleri (ESA, EURISY, APSCO vb.) ilgili tarafların birbirleri ile bilgi alışverişi imkânı sunmakta, yüksek maliyetleri paylaşmakta ve kaynakları etkin kullanmada önem arz etmektedir (Solakoğlu ve Hassoy, 2007). Ülkemizde uzay temelli kurumlaşma ve şirketleşme faaliyetlerini yürüten kurum sayısı artmış ve bu yapılanmalar uzay alanında politika oluşturmak

EK-1. (devam) Türkiye uzay çalışmalarına dair incelemeler

amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir. Ülkemizde uzay alanında çalışmalar yapan kuruluşlar aşağıda sıralanmaktadır.

- * Türkiye Uzay Ajansı
- * Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ/TAI)
- * Tübitak Uzay -Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü
- * TAI – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii
- * ITÜ – Uzay Sistemleri Tasarım Laboratuvarı
- * 18 Mart Üniversitesi – Astrofizik Araştırma Merkezi
- * SDT-Uzay ve Savunma Teknolojileri AŞ.
- * Akdeniz Üniversitesi –Uzay Bilim ve Teknolojileri Bölümü
- * Erciyes Üniversitesi – Radyo Astronomi Gözlemevi
- * Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi (USET) (Tübitak 22. Toplantısı, 2010:135-137).
- * Atatürk Üniversitesi- Astrofizik ve Araştırma Uygulama Merkezi (ATASAM)
- * ASELSAN
- * Savunma Sanayi Başkanlığı (TUA,2019:21-23)

Türk Silahlı Kuvvetleri ve diğer kamu kurumlarının sivil uydu görüntü ihtiyacını gidermek için başlatılmış olan ve Tubitak-Uzay ve TAI birlikteliği ile gerçekleştirilen ‘*2.5 metre çözünürlüklü görüntüleme amaçlı bilimsel araştırma ve teknoloji geliştirme*’ projesinin diğer adıyla Göktürk 2’nin sözleşmesi imzalanarak 2007 tarihinde çalışmalara başlanmıştır. Uydunun 2011 yılında uzaya gönderilmesi planlanmış olsa da bu hedefin gerçekleşmesi 2012 yılına sarkmıştır (TÜBİTAK, 2008)

EK-2. Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Toplantı Başlığı: Uzay Yerleşimleri Mimari Programlaması: Olası Bir Ay-Üssü için Kriter Araştırması adlı tez çalışması kapsamında üretilen ‘Türkiye Ay Yerleşkesi Mimari Program Önerisinin’ uzman grup tarafından değerlendirilmesi.

Konu: Görüşme öncesinde uzman grubu iletilen Türkiye Ay Yerleşkesi Mimari Program önerisinin değerlendirmesi, doğruluğunun teyit edilmesi ve uygunluğunun tartışılması

Ortam: Online (Microsoft Teams)

Tarih: 20. 06. 2025 / Cuma

Katılımcılar: Tez yazarı, Moderatör (Danışman), Uzman-1, Uzman-2, Uzman-3

.

.

.

Bilgilendirme Konuşması

Moderatör: Sema, bir ila bir buçuk senelik bir zaman zarfında, Türkiye için bir Ay yerleşkesi önerisi üzerine yoğunlaşıyor. Bu konuda tabii yapılmış çok fazla bir ön çalışma yok. Elimizde, birtakım yabancı ülkelerin açmış oldukları ve sonuçlandırmış oldukları yarışmalar ve bir takım teknik bilgiler var. Bunların hepsinin bir araya getirilmesini ve Türkiye Ay Yerleşkesi için bir program önerisinde bulunulması konusunu biz dert edindik. Kullanılmasa bile, en azından bir entelektüel bilgi birikimi sağlanmış olur diye düşündük. Bu nedenle, programlama yaklaşımları içerisinde daha klasik, her şeyi okuyup araştırdığı, tek tek not aldığı bir yaklaşım belirledi Sema. Henüz tez tartışması yapılmadı, program yazımında geline son noktayı sizlerle paylaşmak istiyoruz. Sizler alanında uzman kişilersiniz ve siz Sema’nın hazırlamış olduğu önerinin doğru olup olmadığını, nitelikli olup olmadığını, başka nelerin eklenebileceği, başka nerelerin araştırılıp geliştirilmesi gerektiği ve bu program doğrultusunda nasıl bir gelecek tahayyülü yapılabilir vb. gibi soruların cevaplanmasını istemekteyiz. Sema’nın sunumu sonrasında sizlere yöneltilen üç soruya cevap vermenizi rica edeceğiz. Program taslağı, sizlerle daha önce paylaşılmıştı. Sizin önermeleriniz ve irdelemenizden sonra Sema, bu programı yenileyecek ve tezine de revize edilmiş haline yer verecek. Katılımlarınız için teşekkür ediyoruz. Sema, sunumuna başlayabilirsın.

Tez yazarı: Öncelikle teşekkür ediyorum katılımlarınız için.

.

.

.

Tez yazarı tarafından Mimari Program Önerisinin sunumu yapılır.

Tez yazarı: Sunumda aslında çok kısa bir giriş yapacağım. Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisinin geliştirilme sürecinden bahsedeceğim. Sunum içerisinde mimari program yazımında kullanılan yöntem adımlarına kısaca değineceğim. Bu yöntem adımları Aşama 1 ve Aşama 2’den oluşmaktadır. Sonrasında ise mimari programda önerilen fonksiyonel ve teknik birimlerden bahsedeceğim. Sunumun en sonunda ise size yöneltilen 3 farklı soruyu cevaplamanızı bekleyeceğiz. Tezimde, Türkiye’deki uzay çalışmalarından detaylıca

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

bahsettim. Burada bahsetmek istediğim, 2010 yılına kadar, Türkiye’de yapılan uzay çalışmalarını Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulunun toplantı tutanaklarından analiz edebildim. Türkiye’de uzay çalışmaları 2010 yılına kadar öncelikli alan olarak belirlenmiş. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulunun toplantı tutanaklarını yıl-yıl incelediğimde daha doğrusu ay-ay incelediğimde uzay araştırmalarına dair çeşitli sayıda araştırmalara denk geldim. Fakat, 2010 ve 2018 yılları arasında bu çalışmaların aslında dağınık bir şekilde yürütüldüğünü fark ettim. 2018 yılında ise Türkiye Uzay Ajansının kurulmasıyla birlikte bu alanda yapılan tüm çalışmalar tek çatı altında yoğunlaşmış. 2021 yılında, Milli Uzay Programının yayınlanması birlikte, 2022 ve 2030 yılları arasında Türkiye’nin gerçekleştireceği faaliyetleri inceledim. Burada; Ay araştırma programı, bölgesel konumlama ve zamanlama sistemi gibi aslında Türkiye’nin yoğunluklu olarak uydu çalışmalarına odaklandığını, uzaya erişim ve uzay limanı, uzay havasına ilişkin teknolojik çalışmalar gibi daha fazla mühendislik alanında yoğunlaştığını gözlemledim. Bu nedenle, bir Ay yerleşkesi mimari tasarım projesi geliştirme sürecinde nasıl bir yol izleyebilirim? Sorusunu araştırdım. Literatürden mimari programlama yöntemlerini analiz ettim. Mimari programlama yöntem analizi sonucunda ise Bilgi Tabanlı bir yöntem olan, Hassanain ve Juaim (2013) tarafından önerilen mimari programlama genel süreç adımlarına ulaştım. Bu aslında, 6 aşamadan oluşan bir program yazım yöntemi. Ben yalnızca, Ay yerleşkesi mimari program yazımında kullanabileceğim 6 aşamalı genel süreç adımlarından 2 adımını tezime dahil ettim. Dünya’da yapılan tasarımlara yönelik olarak geliştirilen bu yöntemi nasıl Ay yerleşkesi tasarımına uygun hale getirebilirim sorusuna istinaden; Ay yerleşkesi mimari program yazımında bu aşamalara hangi adımlar eklenebilir? Sorusunu cevapladım ve Ay yerleşkesi için gerekli verileri eklemeye çalıştım. Ay çevresel koşulları, görev bileşenleri, alt sistem mimari bileşenlerin tanımlanması ve mekânsal organizasyonun tanımlanması olarak ekledim. Siyah olarak gördüğünüz bilgiler, genel çerçeve modelinde var olan bilgilerken, yeşil renkli olan veriler ise benim literatür taramaları sonucunda elde ettiğim veriler ışığında eklediğim adımlar. İlk aşama olan Aşama 1’de amacı belirledim. Projeye ‘Neyi başaracak?’ sorusunu soruyorum. *Proje neyi başaracak?* Ay yerleşkesi mimari program önerisinin yazımını gerçekleştirecek. Amacı tanımladıktan sonra, amaca ulaşan adımları tanımlamak için projeye ‘*Nasıl başaracak?*’ sorusunu sorarak hedefleri tanımlıyorum. Bu adımları tanımlarken; mürettebat sayısı, görev süresi, görev tanımı tanımlıyorum. Membran sistemlerin kullanımı, rijit kompozit paneller ve regolitinin kullanımı ve hibrit sistemlerin kullanımı gibi Dünya’da farklılaşan inşa etme yöntemlerini analiz ediyorum. Mekânsal ihtiyaçları saptamak için benzer projeleri analiz ediyorum. Belirlediğim benzer projeler, mimarlık stüdyoları ve mimari yarışmalar tarafından geliştirilen projeler. Ay yerleşkesi tasarım projeleri mekânsal tanımlamalardaki sınırlılıklar için teknik belgeleri analiz ediyorum. Bu teknik dokümanlardan biri ise, NASA tarafından yayınlanan NASA 3001 Standart Kılavuzları. 2011 yılından başlayıp 2024 yılına kadar belirli zaman aralıklarında revize edilen bu kılavuzlardan da alt bilgilerimi çekiyorum. Aynı zamanda, NASA tarafından yayınlanan, *Human Integration Design Handbook* dokümanını da mekânsal sınırlamalar da kullanıyorum. Proje türü olarak bir konsept tasarım projesi. Konsept tasarım projesine yönelik olarak, bir mimari program önerisi gerçekleştiriyorum. Bunun nedeni ise; henüz Ay yüzeyinde inşa edilmiş bir yerleşke olmaması ve Ay yerleşkesine yönelik olarak geliştirilen projelerin tasarım konsept projesi olması nedeniyle proje türünü belirledim. Proje ölçeği olarak da bir yerleşke tasarım projesi. Çünkü, literatürde human landing systems içerisinde yaşam, modül içerisinde yaşam gibi çeşitli projeler var. Yerleşke tasarım projeleri de kendi içerisinde ilk aşama, ikinci aşama ve üçüncü aşama olarak ayrılmaktadır. Bu nedenle ben doğrudan; bir yerleşke

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Sunum devam ediyor...

kurulacak olsa bu yerleşkede ne tür mekânsal ihtiyaçlar tanımlanabilir sorusunu irdeliyorum. Proje kapasitesi olarak ifade etmek istediğim şey, yerleşke içerisinde ya da projedeki; kaynak yönetimi, üretim planlamaları ve yaşam destek sistem önerilerinin nasıl geliştirildiği. Buna kısaca değinecek olursam; Ay çevresel koşullarında, fonksiyonel mekanların var olabilmesi için teknik mekanların fonksiyonel mekanlara entegre olması gerekmektedir. Bu ise alt sistem mimari bileşenler olarak tanımlanıyor. Proje kapasitesini tanımlarken, Ay yerleşkesinde alt sistem mimari bileşenler neler olabilir? sorusunu cevaplamaya çalışıyorum. Bunlar ise güç kaynağı, termal kontrol sistemleri, çevresel kontrol ve yaşam destek sistemleri, atmosfer yönetim sistemi, atık yönetim sistemi ve su yönetim sistemi olarak belirliyorum. Arazi bileğilerini tanımlarken *Shackleton Kraterini* referans aldım. İlk aşama olarak, Ay Güney Kutbunun C1 bölgesini belirledim. C1 bölgesinde farklı sayıda kraterler yer almakta, fakat *Shackleton Kraterinin* Güney kutup çizgisine oldukça yakın olması, kraterin iç kısımlarında soğuk tuzaklarda (cold trap) su buzunu rezervlerinin bulunması, aynı zamanda kalıcı gölgeli alanlara sahip olması ve ortalama en uzun karanlık günün 4 gün olması gibi kriterler buranın seçilmesinde etkili oldu. Kaç gün karanlık günüm var ise yerleşkedeki mekanlar için o kadar gün enerji depolamam gerekiyor. Yerleşkedeki kişi sayısı neden 100 kişi olarak belirlendi? Literatürdeki projeleri analiz ettiğimde 100-200 kişi arasında değişiklik gösterdiğini fark ettim. Uzun vadeli yerleşkeler için örneğin; Moon Base 2124 yarışması 160 kişi, Türkiye Ay Üssü Ulusal Fikir Yarışması ikinci aşaması 200 kişi, Hassell mimari stüdyo tarafından önerilen Lunar Habitat Master Planı 144 kişi, Pneumoplanet Tasarım projesi modüler bir artış göstermesi düşünülerek 32 kişi için geliştirilmiş. Aşama 2'ye geçtiğimde ise benzer türdeki projeleri analiz ediyorum. Benzer türdeki projelerinin analizi sonucunda, aslında güncel olan ve mimari stüdyolar ya da mimari stüdyolar ile çeşitli disiplinler tarafından ortak bir ekip ile geliştirilen projeleri analiz etmeye çalıştım. 2019 yılı ve sonrasında aslında 2020 ve sonrasında geliştirilen projeleri analiz etmeye çalıştım. Çünkü, bu alandaki çalışmalar hızlı değişiklik gösterdiği için hani en son geline nokta nedir? Biraz daha onu araştırmak istedim. Ekrandaki görsel, literatürden elde ettiğim projelerin mekânların şematik gösterimi. Moon Village projesinde, önerilen mekanlarda; kenetlenme portu, dinlenme alanı, iş istasyonları ve hijyen alanı gibi teknik ve fonksiyonel birimlerin analizini yaptım. Bu kısımlara tezimde daha detaylı bir şekilde değindim. Bu görsel ise, mimari stüdyolar tarafından, Ay yerleşkesi tasarımına yönelik olarak gerçekleştirilen öneri konsept projelerin görselleri. Ben, Türkiye Ay yerleşkesi mimari program önerisi oluştururken neler yaptım? Mimari programda, mekanları fonksiyonel ve teknik birimler olarak tanımladım. Fonksiyonel birimleri; uyku modülü, hijyen alanı, sera, kıyafet yönetim alanı, yemek hazırlama alanı, yemek yeme alanı, egzersiz alanı, sağlık alanı, ortak alan, EVA-Araç dışı aktivite erişim modülü, hava kilidi ve mobil laboratuvar olarak tanımladım. Teknik mekanları ise; iş istasyonları, görev kontrol merkezi, toplantı odası, iletişim birimi, teknik depolama birimi, gıda depolama birimi, hijyen depolama birimi, yangın kontrol birimi, Ay toprağı dönüştürme tesisi, su buzunu dönüştürme tesisi, enerji depolama birimi, atmosfer yönetim sistemi, su yönetim sistemi, atık yönetim sistemi olarak entegre ettim. Atmosfer yönetimi, su yönetimi ve atık yönetimi bir sistem bileşeni bu nedenle tüm yerleşkeye hizmet ediyor. Sonrasında ise Ay yerleşkesi mimari program dokümanında yer alan tabloları oluşturdum ve sizlere de daha önce ayrıca pdf olarak iletmiştim. Bu dokümanı oluştururken alt fonksiyonlar, mekânsal gereksinimler, teknoloji, enerji kaynak tüketimi ve güvenlik harici durumları için ana bir aks

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

belirlemeye çalıştım. Örneğin, uyku kabini alt fonksiyonlarında, insanlar ne tür işlevleri gerçekleştirecekler, onu tanımlamaya çalıştım. Uyuma, kişisel yaşam alanı, çalışma, oturma, ayakta durma, işte kişisel bakım, depolama gibi. Mekânsal gereksinimlerde ise mekân içerisinde var olması gereken teknolojileri; örneğin bir yatağın olması, dolabın olması, masanın olması gibi gereksinimleri ifade ettim. Enerji ve kaynak tüketiminde ise buradaki aydınlatma sistemi ne olacaktır? Örneğin, uyku kabininde, sirkadiyen uyumlama sistemine ihtiyaç vardır ama yemek hazırlama alanında belki bu sisteme ihtiyaç yoktur. Aynı zamanda, güvenlik ve acil durumlarda, portatif yangın söndürücü önerdim. Bazı mekanlarda ise gelişmiş otomatik yangın söndürme sistemleri önerdim. Bu şekilde önerilerimi gerçekleştirdim. Bu bağlamda, son olarak size 3 farklı soru sormak istiyorum. Soruları sorayım mı hocam ya da sizin de eklemek istediğiniz bir şeyler var mı ya da sormak istediğiniz?

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Ben, bir iki akıl notu ile yönlendirebilirim. Yöntem olarak siz bu tablolarınızı bize göndermiştiniz. Elinize, emeğinize sağlık, çok kıymetli bir emek var. Bunun dışında incelediğiniz örnekleri ilk defa dinledik galiba değil mi? Yoksa bize bu Powerpoint sunumunu yollamış mıydınız? Yoksa bizim gözümüzden mi kaçtı.

Tez yazarı: Yok, hayır, Powerpoint sunumunu sizlere göndermedim hocam.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Örneklerden, Arel Üniversitesinde Ayşe Sirel hocamızın tamamlamakta olduğu bir yarışma var. Ona da bakmak isteyebilirsiniz. Bir ekiple yarışma yürütüyor. Bu ikisini eklemek istedim aslında.

Tez yazarı: Tabi, teşekkür ederim hocam.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Soruları cevaplarken gönderdiğiniz tablolar üzerinden mi yoksa şu an anlattıklarınız üzerinde mi yorumlamamızı bekliyorsunuz. Biraz yönlendirebilir misiniz? Soru-cevap biraz akademide farklıdır. Soruyu sorarsınız ama onun bir ontolojik çatısı vardır, o katkılara da açık mısınız yoksa sorudan anladığımız kadarıyla mı paylaşacağız sizinle.

Tez yazarı: Daha öncesinde size ilettiğim, mimari program önerisi üzerinden soruları cevaplamanız gerekmekte. Sorularınız olursa mekanlara ilişkin yine o sorularınızı da cevaplayabilirim. Birinci sorum; Ay yüzeyindeki çevresel ve operasyonel koşullar mimari tasarımda yeterinde dikkate alınmış mı? Su, atık, atmosfer ve enerji yönetimi açısından sürdürülebilir mi, alternatif çözümler geliştirilebilir mi?

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Benim aklıma gelen ilk şu olabilir. İlettiğiniz akış yöntem tablonuzda orada bir 'atmosfer' kelimesi var. Burada biz de yarışma sürecinde atmosfer hemen hemen yok, vakum düzeyinde bir ortam olarak tabir ediliyor. Burak hocam, eminim benim de öğreneceğim şeyleri açıklayacaktır burada. Soruları sorarken acaba bunu, Dünya'daymı gibi düşünüp bunu Ay'a mı yansıtmışız? Biz yarışmalarda da

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

benzer örnekler görmüştük, bu çok normal aslında çünkü bizim mekân, yerleşim, yerleşke ve bir arada olma, mimari disiplin zaten sizin alanınız. Ben, Şehir ve Bölge Plancısıyım, sizden öğreneceğim şeyler olabilir, bu çok normal. Alternatif çözümler geliştirilebilir mi? Ben şu an bir şey söyleyemeyebilirim, kendim adına söyleyeyim. Çünkü, karmaşık ve çok kapsamlı bir tablo var, bu nedenle 0-1 gibi bir cevap ben veremem. Ama belki soruyu düşünürken tablolara bakmam gerekebilir. Çevresel ve operasyonel koşullar dediğimizde belki şu yorumum olabilir, gönderilen mimari programa hızlıca baktığımda; ilk olarak temel-bireysel davranışlardan inşa edilmiş gibi duruyor. Nedir bu? Yemeğin hazırlandığı alan ayrı, yemeğin yenildiği yer ayrı... Bu kadar karmaşık, teknolojik olarak da birbirine entegre olması gereken 100 kişinin temel mekân ihtiyacı kişiden mi çıkmalı? Uyudu, yattı, temizlendi, yemeğini yaptığı, yemeğini yediği ve bir araya geldiği mekanlar olarak kurgulamışsınız ya orada atmosferin olmadığına yoğunlaşmak gerekebilir. Atmosferin olmadığını biz sözlü olarak iletmıştik ama atmosferin ağırlığı yaklaşık olarak toplam 10 ton olarak hesaplanmış. Yaklaşık 10 tane araba demek. Çevreseli bir kenarda tutarsak, operasyonel koşullar dediğimizde benim önerim şu olabilir; başlangıç noktanızın kişi/birey olması, oradaki mühendis ya da turistik bir faaliyet içinde gidilebilir. Pek çok farklı finansman tekniği var bu işin içerisinde. Bunu yorumlayabilirim. Münzevi olma dışında, bir arada iş yapmanın mekanlarından başlayınca daha mı doğru bir örgüye doğru gider mimari program. Burada bu şekilde bir katkı olabilir. Birkaç tane atölye yürüttük biz, Sema Hoca, Tülin Hoca ile birlikte...Ekim'de de Burak ve diğer arkadaşlarımızı çağırmak isteyeceğiz. Bir araya gelelim yarışmalarla alakalı diye, bir roundtable düzenlemeye çalışacağız. Operasyonel dediğimizde; Dünya'dayız, Dünya'dan çıkıyoruz, fiziki güç ve merkezkaç kuvvetini kullanarak kurtulma denilen bir şey var, ayrılıyoruz ve ayrıldıktan sonra atmosfer olmayan bir yere geçiş var. Operasyonun en karmaşık ve kendisinde bir mekân tasarımı boyutu olan kısmı aslında bu. Hücreden dokuya giden, bireyin kullandığı bir hücreden, tip 1 kişinin kullandığı bir hücreden dokuya giden bir yaklaşımda, oraya gitmek için kullandığım karmaşıklık, bunun ne kadar parçası yaptığım belirleyici bir şey. Büyük bir tırla mı gideceğim, sonra buraya mı ineceğim? Yoksa gittiğim şey oradaki bir mekânın parçası mı olacak?

Tez yazarı: Hocam aslında, bu proje önceden inşa edilmiş bir proje. Önceden inşa edilen Ay yerleşkesine 100 kişi doğrudan yerleşebiliyor.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Ben burada parantezi kapatayım. İlk soruda bunlar tınladı benim zihnimde.

Tez yazarı: Teşekkür ediyorum hocam. Bu arada, yerleşkede atmosfer yönetimi sistemi için Dünya'dan nitrojen oksit gönderiyorum. Nitrojen oksit -88 derecede sıvı halde depolanabilir. Oraya gönderdikten sonra oksijen ve azot olarak ayrıştırıyorum. Atmosfer bileşenini, Dünya'dan gönderdiğim sıvı nitrojen oksitin tekrar kimyasal işlemlere maruz bırakılması ile oluştuyorum.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Yerleşkenin mimari birimlerinin içerisindeki havaya da atmosfer diyorsunuz değil mi? Doğru mu anladım

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Tez yazarı: Evet, modüllerin içerisindeki solunabilir havaya diyorum.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Yaşam Destek teknolojisi dersiniz daha doğru bir pozisyon olabilir. Çünkü atmosfer daha ekolojik bütünlük üzerinden bir anlam ifade etmekte. Yaşam destek birimi ve yapay atmosfer gibi sıfat tamlaması kullanabilirsiniz. Atmosfer dediğinizde kavramın anlamını değiştirmiş oluyorsunuz bu nedenle yapay atmosfer sistemleri diyebilirsiniz.

Tez yazarı: Ekleme istediğim bir şey var hocam. Buraya gelen 100 kişi yalnızca bilimsel araştırmalar yürütmek amacıyla gelmekte. Dokümanda da buraya gelen, 100 kişinin hangi faaliyetlerden sorumlu olduğunu tanımladım. Örneğin; kıyafet yönetimi alanında 5 kişi sorumlu, EVA-Araç dışı aktivitelerden 20 kişi sorumlu gibi spesifik görev tanımlamalarında bulundum. Belli bir süre veya uzun vadeli olarak bilimsel araştırmalar yürütmek için bu kişiler buraya geliyor.

Moderatör: Ersan Hocam, çok teşekkür ederim. Uyarılarınız bence çok haklıdır. Yeryüzünü ve yeryüzü koşullarını düşünüp, uzaysal bir tasarım yapmak ya da onun programını yazıyor olmak öncelikli olarak paradigmatik kafa yapısını değiştirmeyi gerektiriyor. Öncelikle, ben buradan bir araca bineceğim ve gideceğim. Sorunuzda çok haklısınız. Gidip, doğrudan birimin içerisine mi gireceğim. Aslında Ay'dan kaynaklı değil, Dünya kaynaklı düşünmek gerekiyor. Dünya'dan gittiği zaman ne bulacak ve nasıl yaşayacak üzerinden olayı, belki tekrar tanımlamak gerekir. Bu da bence terminolojiyi etkiliyor. Uyarılarınız için çok teşekkür ederim. Bunları bir değerlendirip programımıza dahil edeceğiz, not alıyoruz zaten. İsterseniz birinci sorunun üzerinde duralım. Ben Burak Bey'e söz vereyim. Onun da eminim teknik kişi olarak söyleyeceği çok şey vardır. Buyurunuz.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Teşekkürler, bu arada benim 16.30 gibi başka bir toplantım olacak, erken ayrılmak zorunda kalabilirim, kusura bakmayın. Bende ilettiğiniz dokümanı inceledim, aslında bayağı da bir not almışım, şimdi tekrar bakıyorum. Birinci soru özelinde, Ersan hocam bayağı bir özetledi, bu çevresel koşullarla ilgili. Ay'ın bir atmosferi yok, milimetrik bir kalınlıkta atmosferi var. Daha çok parçacık var, bizim Dünya'daki gibi hissedebildiğimiz bir atmosferden ziyade daha çok bir parçacıkların olduğu ekzosfer gibi bir şey var aslında. Yoğunluğunun çok çok düşük olduğu, ona da tabi ki mimari anlamda vakum diyebiliriz. Onun dışında, yerleşke yüzeyde mi olacak, yoksa Ay'da mağaralar var mesela mağaralarda mı olacak. Seçilen bölge, donmuş su kaynaklarının çok olduğunu düşündüğümüz, Güney Kutup Bölgesinde konuşlandırılmış. Sunumdan ve yorumlardan şeyi anlıyorum. Bulunan bölgenin ne kadar aydınlıkta ve ne kadar karanlıkta olduğu sürelerle ilgili galiba bazı analizler yapılmış. Bunlar; aydınlanma koşulları ve yüzey sıcaklıkları göz önünde bulundurulabilir. Çünkü, orada bir ısı kontrol olacak ve ısı kontrolünde sınır koşulları yüzey sıcaklıklarının nasıl değiştiğiyle de alakalı. Bu tabi, güney kutbunda güneş ışınları tam 90 dereceden geldiği için ısınma-soğuma profilleri o kadar değişken olmayabilir. Yüzey sıcaklıkları nasıl değişiyor bir bakılabilir. Bu da tabi ki sınır koşulunu belirlediği için ısınma soğuma şeyleri ile ilgili bir nosyon getirebilir. Bir de şöyle bir cümle

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

yakalamıştım; kendi kendine yetebilen bence çok çok iddialı bir şey bence onun kapsamını netleştirmekte fayda var diye düşünüyorum. Hani burada bir yerinde kaynak kullanımı ile sürdürülebilirliği arttıralım gibi. Nasıl diyeyim; Alplerden oksijen ürettik işte bir ekosistem sağladık gibi hedefler genelde bu yönde oluyor. Aslında temel şey, Dünya'dan gelecek olan kaynakların ya da malzemelerin/ihtiyaçların minimize edilmesi, asgari düzeye düşürülmesi. Onu anlayabiliyorum ama tamamen çok mümkün olmayabilir diye düşünüyorum işte tamamen kendi kendine yetebilen. Belki çok sonraları işte belki biz orada yaşam sürdürmeyi öğrendik gibi. O anlamda sürdürülebilirlik ve operasyonel koşullar anlamında şöyle bir önerim olabilir. Bir de şundan da bahsettiniz. Aslında birçok referans olabilecek dokümanlar ve çalışmalardan bahsettiniz. NASA'nın daha çok böyle çalışmaları var, NASA ve ESA'nın ortak çalışmaları var. Bazı uzay ajanslarının, bir araya gelerek yaptığı bazı çalışmalar var. Şimdi, bizim uzay programında böyle bir hedef yok. Şu an bildiğimiz kadarıyla konuşulan öyle bir konu da yok. Aslında, bunların bir hazırlık olması, bir şeylerin kendi kendimize yapıyor olmamız ilerde yol haritasına dönüşebilir. İlerisi için güzel bir altyapı oluşturacak. Elbette ki yüzeyde biz aktiviteler ve çalışmalar yapacağız. Onunla ilgili, işte bir şeyler kurgulamamız gerekiyor. Aslında şunu söylemek için bunları bu kadar anlattım. NASA'nın ve sizin diğer türdeki bulduğunuz çalışmalar, oraya bir kent oluşturmak gibi bir şey. Robotik araştırmalar, astronomik araştırmalar gibi böyle uçsuz bucaksız, Ay'ı kolonize ediyoruz gibi çalışmalar. Burada şöyle bir şey önerebilirim. Minimumdan başlayıp, mesela şu an önümüzde güzel bir örnek olabilir. Antarktika'ya bilim seferleri yapılıyor ve Antarktika'nın koşulları da aslında zorlayıcı koşullar. Ay üssü ile ilgili, Antarktika ile ilgili yapılan operasyonel koşulları belki bir yan yana koyup nereden başlanıyor nasıl evrimleşiyor bunu incelemek güzel olabilir diye düşünüyorum. Bu operasyonel koşulları anlamak adına. Bu da nasıl olur aslında; bir stakeholder analizi yapmak yani paydaş analizi yapmak bu siz dediniz ya işte 100 tane insan olacak bu arada 100 insan olmak zorunda değil. Bütün köyü olduğu gibi götürelim gibi yapmak zorunda değiliz. Belki, önce minimum bir ekiple 4-5 kişilik bir ekiple analiz edip, bu modüler olarak sonrasında nasıl büyüyebilir. Yaşam sürdürmek adına en elzem fonksiyonlar neler olmalı? Operasyonel koşulları anlamak adına bu stakeholder analizinden çıkan; mesela bir ilk etapta şunları yapmak istiyoruz, buradaki ihtiyaçlar neler olabilir? Mesela, en basitinden yüzeyde biz bir çalışma yapacaksak Roverlarla, işte yüzeyde araçlarımız var. Roverlarla aldığımız topraktan çıkardığımız kaynak olan su olabilir maden olabilir, uranyum veya başka bir maden olabilir. Bunu nasıl orada handle edeceğiz. Orada mı işleyeceğiz yoksa işlenmemiş maddeyi Dünya'ya mı göndereceğiz yoksa uzayda mı kullanacağı gibi belki buradan başlayıp bunun temel şeylerini yapmak olabilir. Bilmiyorum diğer sorulara geçiyor muyum veya sınırlarını aşıyor muyum ama.

Moderatör: Buyurun, siz diğer sorulara da geçin, madem erken çıkacaksınız. Hızlı hızlı hepsini söylersiniz.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Ersan ve Sema hocamdan özür dileyerek o zaman devam ediyorum. Ben o zaman yorumları mı komple iletip aradan müsaadenizi isteyeyim hocam. Bu arada bu doktora çalışması mıydı? Süre zarfı ne zamandı ne zamana bitirmeyi planlıyorsunuz?

Tez yazarı: Hayır, yüksek lisans çalışması.

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Moderatör: Bir ay içerisinde bitirmeyi planlıyoruz.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Eğer bir doktora çalışmasına dönüşecek olursa ya da uzun vadeli bir çalışmaya, şöyle bir şey önerebilirim. Analog Uzay Araştırma İstasyonları var, burada kurgulanan işlevlerden sonra bunların işte modülleri vs. belki bir prototip gibi bir yerde oluşturup mesela oradaki gerçekçi operasyonel koşullar, kullanım durumları ve operasyonel kısıtları buralarda görmek/denemek olabilir. Böyle bir şey önerebilirim. Bir ay içerisinde olacaksa, eğer o zaman ben konuya döneyim. Yorumlarımın hızlıca üzerinden geçeyim. Sorulara eğer cevap vermemiş olursam onları da ayrıca başka bir görüşme ile aktarayım. Çok da vakitte almak istemiyorum hocalarımdan. Stakeholder analizinden bahsetmiştim. Son kullanıcı dan gelecek olan işlevler biraz daha ayrıntılı olabilir. Operasyonel anlamda modüler büyüyen bir şeye yönelmesi anlamında tele operasyonel konusu da düşünülebilir. Her görevi oradaki 100 kişi yapacak değil de bazı görevleri Dünya'dan uzaktan operatörlerle gerçekleştirebilir. Bu da mümkün olabilir. Böyle bir girdi olabilir. Kafamı karıştıran bir diğer soru ise mekânsal organizasyon ve işlevsellik arasındaki konulardı. Görev kontrol merkezi ve iş istasyonları arasında bazı çakışmalar var. Mesela, görev kontrol merkezini ben sizin tanımınızda şöyle anladım, bir site yönetimi gibi aslında ama iş istasyonları da bunlara yönelik şeyler görüyoruz. İş istasyonlarını ben şöyle düşünmüştüm, oradaki teknik olabilir bilimsel olabilir çalışmaların yapıldığı alanlar gibi. Oradaki üssün teknik olarak idare edilmesiyle ilgili bilgiler de var gibi gördüm.

Tez yazarı: İş istasyonları dediğiniz gibi teknik ve bilimsel faaliyetlerin yapıldığı yer. Görev kontrol merkezi daha çok idari bir birim olarak önerdim.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Ben de öyle anladım. Tanımlarda öyle bir amaç gördüm. İş istasyonlarına baktığımız zaman mesela su yönetimi sistemine dair planlamalar ve teknik kontroller. Bu oradaki üssün su yönetimi mi yoksa bilimsel araştırma anlamında mı su yönetimi yapılıyor. Görev kontrol merkezi ile iş istasyonlarının tanımı biraz daha netleştirmekte ve sınırlarını çizmekte fayda var. Nokta atışı söyleyebileceğim şeyler. İletişim birimi ile de bazı çakışmalar olabilir. Üçüncü iş istasyonu mesela Ay yerleşkesi-Dünya-Uluslararası Uzay İstasyonu arası iletişim. Uluslararası Uzay İstasyonu ile neden burası arasında bir iletişim kurmak istiyoruz? Bilmiyorum bir cevabınız var mı? Uluslararası Uzay İstasyonu emekli de olacak. Bunun yerine mesela Gateway düşünülüyor, Ay'ın etrafındaki bir Uzay İstasyonu. Gateway ile olan ilişkiler orada biraz parlatılabilir diye düşündüm.

Tez yazarı: Ben, Gateway'i, Uluslararası Uzay İstasyonuna entegre olacak diye düşünmüştüm.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Belki, Uluslararası Uzay İstasyonu yerine, Gateway'i değiştirdiyseniz daha geçerli olabilir belki. Bunun dışında atmosferik koşulların gözlemlenmesi, takibinin yapılması anladığım kadarıyla bu bilimsel çalışmalarla alakalı. Sorulara hızlıca bakacağım tekrar. Cevaplamadığım noktalar var mı diye.

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Moderatör: Uzun vadeli gelişimde ne olacak? Siz gerçi aydınlattınız, buraya bir birim gitsin daha bir çekirdek ekip gitsin ondan sonra dediniz. Madem, bir modüler sistem öneriyorsunuz bunlar modüler modüler büyümesi öngörülün dediniz. Bu şekle de dönüştürülebilir bir program, modül söz konusu olduğu zaman. Ama mesela nasıl büyüyecek, ihtiyaç olduğu kadar insan mı gidecek yoksa daha böyle bir algoritmik büyüme mi lazım? Neye göre bir büyüme söz konusu olacak?

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Mesela, hocam yapılacak çalışmaların aslında bir zaman çizelgesi olması önemli. Mesela astronomik araştırma veya Ay'ın atmosferi demeyelim de Ay'ın ekzosferinin güneş ile... Ay ortamının gözlemlenmesi diyebiliriz. Anladığım kadarıyla astronomi çalışmaları için oraya bir şey konulacak bu mesela bir modül olacak. Bu modüle, sonuçta biz, elektrik-su-güç olarak bakıyoruz. Elektrik (güç)-su-hava (yaşam destek olarak) olarak bakıyoruz. Mesela bu modülün güç-hava ve su ihtiyacı nasıl sağlanabilir. Nasıl kapasite arttırımı yapılabilir? Belki öyle düşünülebilir. Her modül geldiğinde, benim ne kadar ekstra kapasite oraya koymam lazım, hub gibi düşünülebilir bunlar. Ben bir hub koyduğum zaman, bu kaynak modülü diyelim elektrik-hava ve su sağlayacak. Bu hub modülleri, ben kaç modüle destek verebiliyorum; kaç kişiyle destek verebiliyorum. İşte bir astronomi modülü geldiği zaman buraya vereceğim, kaynak işleme ve üretim modülü geldiği zaman, işte su çıkardığım ve kullanılabilir hale getirdim. Bunu ne kadar yapacağım. Bunların arasındaki kaynak alışverişini nasıl sağlayacağım gibi. Böyle aslında notlar ve bunların arasındaki kaynak transferi konuları olabilir. Açıkçası, bu şekilde düşündüm. Çünkü, topyekûn bir şeyi çözmeye çalıştığımız zaman, bunu ne kadar süreyle hangi amaçla, hangi ihtiyaca cevap verecek şekilde diye düşünmeye başladığımızda tabi onun ucu bucağı olmuyor. Ama işte bilimsel araştırma deyip biz de üç tip işte modül düşündük ve bu üç tip modülü şu şekilde besleyebilecek bir hub ve etrafındaki peripherals (ana sistemin etrafında çalışan destekleyici/bütünleyici birimler) gibi düşündük. Bunların arasındaki şeyi de böyle kurguladık. Çünkü, ben genele baktığım zamanda, büyük resmi okumakta biraz zorlandım. Bunların arasındaki bağlantılar ve bunların birbirini nasıl desteklediği, arayüzlerinin neler olduğu konularını çok yakalayamadım gibi hissediyorum. Özetle yorumlarım böyle oldu. Teşekkürler, benim için çok güzel bir düşünce egzersizi oldu. Güzel bir çalışma ellerinize sağlık. Desteklemek adına farklı bir bakış açısıyla görüşlerimi iletmek istedim. Onun dışında umarım tabi siz faydalanırsınız ve size fayda sağlar.

Moderatör: Kesinlikle, teşekkürler hocam. Hocam orada bir güvenlikle ilgili bir sorununuz var mı? Dünya gibi tehlikeli bir yer değil de başkalarının bize saldıracağı gibi bir durum yok. Güvenlik burada nasıl bir şey?

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Acil durumlar ile ilgili şöyle hareket edilebilir. Biz uzay aracı tasarlarlarken şöyle yapıyoruz. Mesela şu işlev olmazsa ne yapacağız? Acil durumlarda bir işlev ağacı çıkartıp aslında bu işlev olmazsa ne yapacağız gibi bir egzersizler çıkarılabilir kolaylıkla. Güvenlik konusunda da aslında şöyle bir güvenlik durumu var; birincisi radyasyon ortamı, uzun vadeli kalındığı zaman bu sorun olabilecek. Bu kalkanlama ile vs. çözülebilir. Mesela, Uluslararası Uzay İstasyonunu düşünün; Uzay istasyonunda da astronotlar belli bir süre orada kalabiliyorlar. Buradaki, görev süreleri kısıtlanacak veya burada, bizim Dünya'daki maruz kaldığımız kadar atmosfer kalkanlaması olacak. Dünya'da, maruz kaldığımız radyasyon

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

seviyesine indirebilecek kadar kalkanlama yapılabilir mi, bu radyasyon ortamından korunmuş oluyorsun. Yüzeyin altına indiğiniz zaman mesela zaten size otomatik olarak radyasyon ve mikrometeoritler anlamında kalkan sağlıyor. En sıkıntılı olan konu bir de mikrometeoritler. Dünya'nın manyetik alanı ve atmosferi belirli bir derece, bizi güneşten gelen ve radyasyon, kozmik ışın ve güneş rüzgarlarından koruyor. Ay'da böyle bir durum yok. Ay'ın manyetik alanı lokal bölgelerde. Ay'ın uniform, yani Ay'ın tüm bölgelerine yayılmış bir manyetik alanı yok, lokal manyetik alanlar var. Mini manyetosferler oluşuyor buralarda. Swirls (*lunar swirls*) denilen girdaplar var, onları araştırabilirsiniz. O bölgeler, mesela biraz daha korunaklı olduğu için etrafına göre daha farklı bir renkte oluyor. Kutup bölgesinde, bunlar var mı yok mu bu çok anlaşılmamış olabilir. Oralardan görüntü almakta zor, optik bantta ama neyse ki biz Ay görevimizde manyetik alanlarla ilgili bu haritalamayı yapacağız. O yüzden bizim çok daha iyi bir fikrimiz olacak.

Uzman 1: Takvimde bir öteleme var mı Burak hocam, takvim aynı mı?

Uzman 2: İki sene zarfında fırlatmayı öngörüyoruz, Ersan hocam. Şu an buradan da onun bilgisini vermiş olayım. Kendi ürettiğimiz bu bilgileri, işte uluslararası bilim insanları ile işte bu tür şeylerde direk kullanacağız aslında. Bu da benim için güzel bir girdi oldu aslında. Isıl haritasını da çıkaracağız, yüzey sıcaklıklarının yüksek çözünürlüklü görüntülerini yapacağız. Bunlar da tabi ilerleyen aşamalarda bu tür çalışmalara katkı sağlayacak. Güvenlik anlamında aklıma gelen bu iki konu var. İnsanların güvenliğini sağlayan. Tabi ki yolunda gitmeyen şeyler olabilir. Mesela, yaşam destek sistemleri, Dünya ile olan kaynak alışverişi, lojistik konularında yolunda gitmeyen şeyler, kaynak depolama belki sorun olabilir. Şu kadar süre, Dünya'dan şu kadar kaynak gelmezse insanlar barınabilir olmalı, eğer kaynaklar biterse şu araçla, Dünya'ya dönüş sağlanabilmeli gibi senaryolar düşünülebilir. Diğer türlü çevresel ortamlardan da gelebilecek konular; radyasyon ve mikrometeorit durumları tabi ısı kontrol ve yaşam destek, bunların kontrolünün sağlandığını varsayarsak. Umarım eksik bir şey kalmamıştır şu an.

Moderatör: Çok teşekkür ederiz, hocam. Aklımızdakileri güzel ifade ettiniz. Bizim çok işimize yarayacak şeyler söylediniz. Çok teşekkür ederiz. Türkiye'nin böyle bir isteği yokmuş yakın zaman içerisinde. Belki, böyle program çıkara çıkara gündeme getirebiliriz, diye de düşünüyorum bir taraftan. Seçtiğimiz yerle ilgili şeylerde anlıyorum ki sizde bu aracı gönderdikten ve analizleri yaptıktan sonra belki gündeme gelebilir. Siz de Ay yüzeyini daha iyi tanımladıktan sonra ancak burada bir yerleşke nerede olabileceğin cevabı daha net ortaya çıkacak. Yani biz burada biraz hipotetik davranmış olduk.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağhoğlu): Su kaynakları orada hocam, aslında yine en iyi aday orası, su kaynaklarının yanı sıra düşünürsek. Gayet iyi bir bölge.

Moderatör: Evet, bizde öyle öngördük ama yine de değişebilir gibi

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Örneğin, 4 günlük tutulmayı da minimize edebilecek bölgeler olabilir. Onlara da bakabilirsiniz. Bazı bölgeler minimum tutulma nerelerde, yüksekte olan kısımlar güneş alıyor, 360 derece yandan alıyor. Kaynakların yakınlığı, orada bir optimizasyon olacak illaki. Güneş enerjisini pillerde depolayarak da çözebiliyorsunuz.

Tez yazarı: Aslında, projede de güneş enerjisinin depolanması için lityum bataryalar önerdim. Aynı zamanda, yapı malzemesi olarak da radyasyon ve yüksek sıcaklık farklılıklarına karşı önlem amaçlı malzemeler olarak; Combitherm iç katman, Nextel kaplama, PTFE membran, Vectran /Kevlar yapısal kabuk Nomex koruma kalmanı ve üzerine de gevşek 4 metre kalınlığın da regolit katmanı yapılabilir diye düşünmüştüm. Regolit katmanının gevşek olmasının nedeni de mikrometeorit çarpmalarına karşı darbeleri sönmüleyebilmesi.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Onu da işte ne kadarlık enerjiyle ne kadarlık bir mikrometeorit çarpacak ona bağlı olarak onun da bir sınır olacak muhtemelen.

Moderatör: Robot ve yapay zekâ süreçlerini merak ediyorum. Bu süreçler içerisinde sadece insan değil, bunların da devreye girmesini, klasik bilgisayarlarında bu işleri devredeceğini düşündüğüm için bunların da bir varlığı söz konusu olabilir herhalde. Siz uzaktan yönetilmeyi de gündeme getirdiğiniz için konuyu açtım. Bunların da Dünya'dan kontrolü ve buradaki yaşama katkısı olacaktır diye düşünüyorum.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Evet hocam, güzel bir girdi oldu. Bu tür üslerin tamamen robotik olarak yapılmasına yönelik aslında çalışmalar var. Yapıyı yapmak anlamında, insan orada hiç bulunmadan, tamamen robotik bir şekilde bunu yapabilir miyiz, ona bakıyorlar.

Moderatör: Yapıyı yapmak robotik olabilir ama yaşam ve araştırma da mı robotik.

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): İnsanın olması gerekiyor her zaman. Yapay zekayla her şeyi çözemeyeceksiniz. İnsanın inisiyatif alması, şeyi değerlendirmek gibi, şu an verdiğiniz veri kadar eğitilebiliyor ve yapay zekâ bilgi üretmek anlamında insanlar kadar kabiliyetli değil. İkisinin farkları her zaman olacaktır. Mesela, acil durumlara tepki vermek anlamında. İnsanlar her zaman için olacak. Oradaki asıl yorumum şöyleydi; Dağıtılmış insan sayıları var, oralarda o kadar insan olmayabilir. Birçok şey orada robotik anlamda idame edilebilir diye düşünüyorum. Yapay zekâ karar destek mekanizması gibi aslında. Yine insanın bir supervisionı (denetim/gözetim) olacak şekilde görünüyor.

Moderatör: Ben de orayı merak etmiştim. Nasıl dengeli olacak diye. Çok teşekkür ederim.

Tez yazarı: Çok teşekkürler hocam.

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Uzman 2 (Uzman Burak Yağlıoğlu): Ben teşekkür ederim hocam. Herkese çok selamlar. Herkesi enstitümüze de bekleriz. Ay aracı maketimiz şu an geziyor... Hoşcakalın.

Moderatör: Sema hocam, sizi çok beklettik. Çok sabır gösterdiniz, çok teşekkür ederiz. Soruları gördünüz hocam, programı da gördünüz, sizde istediğiniz noktadan başlayabilirsiniz. Buyurunuz.

Uzman 3 (Sema Alaçam): Estağfurullah, ne demek. Çok kapsamlı ve kapsayıcı bir çalışma olmuş. Öncelikle emeğinize sağlık ve tebrik etmek istiyorum. Hocalarımız, aslında değinecek çok kritik noktaların altını çizdiler, bahsettiler. Birinci ve ikinci soruyu birlikte düşünürsek; su ile ilgili olarak, sürdürülebilirlik, döngüsellik noktasında birtakım çekincelerim oldu. Bunlardan biri, mekân organizasyonuna duşların katılması ya da çamaşırların yıkanma terimi. Çamaşırların suyla yıkanması terimi yerine alternatif sistemler geliştirilebilir mi? Aynı zamanda klasik bir duş belki alınmaz da o buhar üzerinde mi alınır ya da ıslak bezle mi vücut temizlenir. Dünya’da işlediği gibi bu hijyen sistemleri daha farklı işleyebilir. Su oradaki en kıymetli materyallerden birisi dolayısıyla suyun döngüsel çevirimi ve su yönetiminde belki bu mekânsal organizasyonundaki çamaşır birimleri belki temizliği mi demek gerekiyor yıkamak yerine. Duş yerine başka bir şey mi denilmeli işte cildin beden temizliği ya da hijyenle ilişkilendirerek başka bir terminoloji ihtiyaç duyar gibi şeyler aklıma geldi. Yine su ile ilişkili zannediyorum, Dünya’dan daha kısıtlı gidecek su, orada Ay ortamında regolitlerden veya buz tabakalarından suyun üretilmesi mümkünse suyun depolanma zincirini, iş akış zincirini tanımlamak gerekebilir. Regolitin olduğu yerde mi su çıkarılıp getirilir böyle bir tesise yoksa bir ham madde olarak getirilip işleyip dönüştürülüp sisteme entegrasyonu olur, depoya aktarılır, filtrelemeden geçirilir. Bunun bir mekânsal ihtiyacı var mıdır bilemedim. Oradaki en kıymetli şeylerden birisi nefes aldığımız oksijen ve bununla ilişkili çevrimse diğeri de su herhalde çok kısıtlı olduğu için. Hijyen ve dezenfektasyon için acaba alternatif başka hangi yaklaşımlara ihtiyaç duyulur, mekân organizasyonunu nasıl etkiler. Acaba, Dünya’dan gidecek kişiler için buradaki sirkadiyen ritimle ilgili olarak gün ışığını ya da işte sıcak-soğuk renkleri belirli bir şeyde tutmak üzere bir aydınlatma ihtiyacı oluşur mu? Bununla ilişkili iç mekanlarda bir şey olur mu, ikinci soru ve mekân organizasyonu ile ilişkili olarak. Gün ışığı çevrimi ve sirkadiyen ritim diye not almışım. Bir diğeri ise çevresel etmenlerle ilgili, pek çok şey söylendi, hali hazırdaki program taslağı da bunu kapsıyor. Örneğin, sıcaklığı kapsamakta, radyoaktif ya da radyasyon temelli değişimde alt-üst sınırlar ya da olası risklerle ilişkili birtakım ipuçları var. Elektromanyetik parazit oluşur mu? Bununla ilişkili olarak aslında koruyucu kalkan bu tesisin kabuk bölümü ve belirli bir ölçüde karşılıyor. Dış kabuğun dayanımları kapsamında uzay enkazı belki düşünülebilir mi? Radyasyon dedik, sıcaklık değerleri değişebilen dedik, elektromanyetik ışımlar dedik, bir de kritik olan belki basınçsız ortamda vakumla ilişkili oluşabilecek şeylerdi. Dış kabuktaki kullanılan malzeme de uzay enkazı çarpması ya da uzay atığının (çöplerinin) çok olacağını varsayıyoruz gelecekte. Meteoritlerle ilişkili bilgilerin altı zaten çizilmiş ve paylaşılmış. Malzeme ve form ihtiyacına yönelik olarak da bunların hepsine karşı koruma sağlanıyor mu? Belki onlara yönelik tekrar kontrol edilebilir dış ortamla ilişkili. İlk etapta benim gözüme çarpan notlar bunlardı. Belki, üçüncü soru kapsamında Ersan hocamdan sonra da devam edebiliriz.

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Moderatör: Tamam hocam, çok teşekkür ederiz. Buyurun, Ersan hocam.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Çok teşekkür ederim, ben çok keyif alıyorum. Çok disiplinli ortamlar her zaman daha keyiflidir. Herkes aynı şeyi düşündüğünde benim kaçasım geliyor. Birinci sorudaki, enerji yönetiminde sürdürülebilirlik ile alakalı yeni nesil fisyon değil de füzyon olarak yeniden düşünülmeli. Nükleer teknoloji bir alternatif olarak düşünülmeli. Bu proton bombardımanı olarak değil de nötron olarak kullanılan bir sistem. Çin denemesini yaptı bunun, yapay güneş dedikleri sistem, temiz bir arayış olarak. Metnin içerisinde 4 gün karanlık gün hesaplarınız var ya çok titiz bir çizgi izlemiştiniz. Ben çok tebrik ederim. NASA'nın standartlarını da çok yakından takip ettiniz. Bu da detaylı olmasını sağlıyor. Sürdürülebilirlik meselesini ben bir iki cümle açmak istiyorum. Açarken de akılda kalması açısından teknik tabir değil ama başlangıç birimini sanırım böyle bir ev gibi bir konut gibi detaylandırmaya çalıştığımız karavanlar olur ya hani bir yere gitmek isteriz, karavan hareket eder, yani çok küçüktür ama içince her şey olsun isteriz ve bu da onun problemlerini çıkarmaya başlar. Tiny house meselesi de öyle. Çünkü, başlangıçta gidebildiğimiz de 4-8-10-20 kişi ile başladı diyelim, 100 kişiye çıkma durumu, çalışır, ayakta kalır ve yedekli destek sistemleri ile aslında bir karavan modülüne benziyor. Burada, metni doğru anlama açısından mekânsal organizasyonu değerlendirebilmem için birim konumu dediğiniz cümleleri birleştirerek mi mekânsal organizasyonu anlamamı istediniz.

Tez yazarı: Evet hocam, mekanların aslında yakınlık ve uzaklık durumunu ifade ediyorum.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Herhalde mekânsal organizasyonda bir takım parça-bütün- merkez-dış-koridor, dışa saçılan böyle 15-20 tane modelimiz var ya böyle, bir görsel model olmayınca tezin böyle bir hedefi yok onu anlıyorum. Bu mekânsal organizasyonu, ben tam olarak zihnimde sizin 15-20 tane 12*6 matrisleriniz var ya ben tam birleştiremedim ama şunu yorumlayabilirim sanırım. Onu yorumlayabilirim, bir süre sonra bunun dama tahtası gibi görünme ihtimali var bu tür bir yaklaşımın. Açayım ne demek istediğimi; yan yana duran ve beraber çalışan, işlevleri mono olarak tarif edilmiş birimler. Bunu kırmak için 10-20-50 yıl sonra, Pınar hocam, Amerikalılar da böyle başlamışlar. 50-60 yıl önce böyle atölyeler yapmışlar, teknolojiyi push etmişler ve onun patentlerini aldıkça kendini besleyen bir ekosistem kurmuşlar. Şu anda da ciddi bir durum var, gönderdikleri roverların askeri envanter kaydı var. Bir robot gönderdikleri zaman, uydunun bir toprağını ve gezegeni fethetmekten falan bahsediyorlar, pentagonun içinde. Haritaladığınız zaman, orayı ülke olarak ilan edebiliyorsunuz ya, Dünya'da böyle kolonileşti. Ben bu bahsi çok uzatmak istemem. Sadece, dama tahtası ve bir ebru figürünü yan yana düşünürseniz sanırım daha çok bunun ebru gibi düşünülmesi lazım. Çünkü, ebru metaforu bizim en azından, hani Kemal Ahmet Aru üstadın mahalle-toprak-tohum kültürü, bahçe ve konut figürü mahalleyi örmesindeki dilini açıklamak için kullanılan bir metafor. Yani iç içe olma hali. Siz dama tahtası gibi parça parça olarak değil de veya son derece çok mantıklı bir teknik çerçeve ile bir araya getirdiğiniz birimler olarak değil de bunların hepsinin iç içe olduğu bir şey olursa bu büyüme modeli olarak size başka bir şey söylemeye başlar. En azından ben öyle okudum, yanlışsa bu benim şeyimdir. Metin çok çok detaylı olduğu için birden okuyunca birleştiremem durumumdan kaynaklanıyordur ama. Bu metaforlar bizim için önemli. Çünkü, yan yana birleştirme, aslında hızlı bir okuma yaparsak, Osmanlı Devleti'nin ve önceki

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

devletlerin aynı hukuk çerçevesini şey almıştı, 1930'a kadar. Bir yapı inşa edileceği zaman yeni bir parsel ihdas edip, orada yapı yapma iznini işte vakıf senedi veya kişisel şey, kiralama bir süre sonra satış gibi ekleyerek imarı oluşturma şeyimizden kaynaklanıyor. Bütün Dünya'da hemen hemen öyle, ama baştan sona hiçbir şey yokken daha doğrusu sadece bir çerçeve ve bir problem varken tasarlayacağımızla aynı zihni kullanırsak bunun çökme ihtimali yüksek. Niye, bizden kaynaklanmıyor. Teknik olarak bir akvaryum aslında bu. Yani insan akvaryumu ve sürdürülebilirliği bir cümle ile açıklayıp diğer aldığım notlara geçeyim.

Moderatör: Aslında siz şunu diyorsunuz değil mi? Zihninizde bunu şemalaştıramadınız ya da şema olasılıklarını zihninizde canlandıramadınız. Bu sadece böyle bir tablo olarak olasılıklar olarak ama her biri de eşdeğer olasılık olarak duruyor. Kimin kimi kapsayacağı, kimin nerde dışarda duracağı, kimin neyle ilişkilendirileceği anlaşılmayan, hepsine eş düzlemli bakıyoruz yani. Halbuki bu daha böyle kendi içinde daha derinlikleri olan şemalar olarak örgütlenebilir. Tek bir şema da değil bu, birkaç şeması da olabilir bunun.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Yeraltı, zemin ve uydu bütünlüğünde bir katmanlarla toparlanabilir ancak bu. Siz, yapay zekâ ve robotları sordunuz ya burada bundan mutlaka destek almamız gerekiyor. Çünkü, kişilerin uzmanlıklarını tarif ediyoruz, bu bir model. NASA da böyle çalışıyor aslında. Asgari bir tümen gibi olmaya başlıyor burası. Yani çok mükemmele yakın bir çalışma hedefi ile tasarlanmış fabrika gibi. Ama, insan öyle bir şey değil. İnsan öyle bir mefhum değil. Katmanlı kimlikleri var. Şu espriyle gözlemimi paylaşayım. NASA bir komedyen ilanına çıktı, Cem Yılmaz topa girdi hatta, Nasabaşı iş varmış, ben başvurayım. Öyle bir kelime oyunu yaptı. NASA, beş-altı yıl önce, gerçekten de insanların teknik bir şeyle çıldırmaması için, tek bir işlevli olmaması için ortamı keyiflendirecek, şenlendirecek astronot olarak yetiştirilmek üzere bir komedyen ilanına çıktı. 17-18 kişilik Mars görevindeydi galiba. Diğer aldığım notlarda, kişilerin katmanlı kimlikleri dedim. Şimdi soruya döneyim. Mekânsal organizasyon da ilk gözümde canlandırdığım, böyle okurken yan yana duran ve birbirine eklemlenebilen birimlerdi. Bir metafor olarak dama tahtası dedim ben. Mutlaka, teknik tanımına göre bu buna eklemlenir. Sanırım, 4.5-5 yıl oldu, Space X'te böyle bir lansmanda paylaşıldı bayağı Sim City falan gibi duruyordu. Üç tane roket var, yollar birleşiyor, bütün birimler kapsül şeklinde böyle götürüp götürüp ucuna takacak şekilde. İddiası da şuydu, her bir kapsül 8-10 tane teknolojiyi barındırıyor. İşlevselliği yeterli mi ben çok cevap vermeyeyim. Çünkü, çok hâkim değilim. Su, atık, atmosfer diyorsunuz ya bunlar ağır mühendislik konuları. Bizim mekân, mekân programı, mimari program olarak bir şey. Mesela, mürettebatın günlük yaşam ve çalışma süreçleri uyumlu mu? Mesela, ben şöyle düşünürüm. Contingency (olumsallık) dedi Burak Bey, bizim mesleğin baktığı yerde, olumsuzluk kötü bir şey değildir. Çünkü, yaşam ve çalışma süresini planlarsanız bile insan onu kabul etmeyecek zaten değiştirmek isteyecek. Bu bizim insan olma halimizle alakalı. Yani, 8-5,3-4, gece 2-4 nöbeti, yani bunları net bir şekilde tanımlamaya başladığımız da gerçekten bir askeri tünden falan bahsetmeye başlıyoruz demek ki. Bu çok iyi çalışır, çünkü hiçbir fikrin olmadığı bir yerde, bütün problemlerin olabileceği, göktaşının düşebileceği, yaşam destek sisteminin yedeğinin de yedeğinin de bozulduğunda, bunları kabul ederek yapılıyor bu işler. Hatta, Mars görevlerinde %10-20 zaiyat hesapları yapılıyor. Yaşam ve çalışma süreçleri, katmanlı kimlik dedim ben buna not alırken. Mühendis olur, komedyen olur, sanatçı olur yani katmanlı kimlikler. Mars Terranova atölyesinde öğrencilerden 20 kişi seçmelerini

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

istemıştim. Başlangıç olarak öğrencilerden, 20 kişinin de katmanlı kimliklerini istemiştim. Bu şudur ama şu eğitimi alacak ondan sonra gidecek olmaya başlıyor. Nüfusun gelecekte genişletilmesi için şöyle bir not aldım ben. Burası, Dünya olmadığı için çok ciddi radyasyon problemi var, çözemeyeceğimiz radyasyon problemi var. Bütün kabuğu gümüşte yapsanız veya grafeni farklı şekilde bir radyasyonu emecek şekilde yapma haline getirmeye çalışanlar var. Metalurji ve malzeme mühendisliği çok sağlam çalışıyor bu konuyu. Çünkü, çok büyük bir potansiyel göründü... Çok büyük radyoaktif sorunlar olduğu için biz biyotik canlılarız. Ya böyle bir insansılaşmış, yapay zekâ destekli Androidler falan aktif olarak bulunacaklar. Burada böyle, ISS'te (Uluslararası Uzay İstasyonunda) kullandığınız birkaç görsel örnekleri oradan. Hatta, görsel örnekleriniz, NASA'nın üç boyutlu yazıcı yarışmasından. Hani, üç boyutlu yazıcı ile buraya nasıl bir şey yaparız, yumurtanın fiziğini kullanan birkaç örnekten birisi. Bunlar çok doğru temaslar. Genişlemekten ziyade burası çalışmak için gidilen, görevin yapıldığı ve geri dönülen bir yer. Özellikle su konusunda bir şey ekleyeyim, bu çalışılan bir model, karşılaşmıştım. Burada su üretmekten ziyade, çünkü çok sıkıntılı bir iş. Çünkü, çok miktarda regolit içerisinden çok az litre su çıkıyor ve dönüştürme maliyetinden daha ucuza geldiği hesaplanmış eğer Dünya'dan götürülürse...Büyüme ve adaptasyon, mimari program detaylı çok kıymetli bence çok başarılı bir tez olacak ben onu hissediyorum. Detayı çok hoş bir düzeyde. Adaptasyon dediğimiz aslında bizim küçük bir yerleşim kurup onu büyütürken adaptasyonumuzla aynı. Çevreye uyum sağlama becerimiz. Çevreye uyum sağlama nedir? Yani, Mars'ın manzarasında şiir yazacak insan da lazım diyorlar sağlıklı bir şekilde. İnsan akvaryumu gerçekten, çok farklı bir şey değil. Onun için, sürdürülebilirlik konusunda çok önemli detayla bitireyim ben. Bizim, ölen derimizin etrafta bulunmasının bile bir anlamı var, sürdürülebilirlik bağlamında. Çünkü, mikro canlılarında onu çürütmesi ve parçalaması gerekiyor. Mesela, dışkı başka canlıların protein girdisi. Doğada bu şekilde bu...Foseptik yok etme teknikleri var. Atığı bırakıyorsunuz, çürüyor ve kurtlar her şeyi hallediyor. Atık meselesinde, bu çok önemli bir problem. Bunu çözdüğün zaman yaşamaya devam edebiliyorsun, çözemezsen hatta biyotik silah olarak kullanılırsa, orayı terk etmek zorunda kalıyorsun. Bu bir silah aynı zamanda, onu çözememe durumu. Bu nedenle, ben olumsal olmayı hiç tahmin etmediğim bir şeyle karşılaşmayı insan doğasının bir parçası olarak görürüm ve bizim yaratıcılığımızın tetiklendiği yer. Yoksa, mükemmel bir sistem kurma, hatta siz mürettebat demişsiniz zaten. Mürettebat askeri bir tabir, yani yolcu değil mürettebat. Yani gönderiyorsun, irtibat kuruyorsun ve eski askeri tabirlerimiz bunlar bizim. Osmanlı döneminden kalma tabirler. Tanımlı yapmaya çalıştığınız sürece, bu teknik olarak detaylı bir şeye doğru gitmişsiniz. Bu çok hoş, bu çok iyi buna ben iyi veya kötü demiyorum. Sadece, insanın hiç tahmin edemeyeceğiniz insanın ruhunun köşeleriyle ilgili, ortak alan/rekreasyon alanı sanırım bir program başlığı olarak yeterli gelmeyebilir. Dediğim gibi, onu ben kentsel tasarım kodlarında açtığım bir terimim benim dama tahtası gibi mi yapacaksınız, mozaik gibi mi, yoksa ebru gibi mi... Her şeyin iç içe olma hali nedir, insanlar öyle... Bu durum bizim kimliklerimizin katmanlı olmasını sağlıyor. Böyle bir ruhu yansıtamayacaksak sadece geriye ya askeri bir mürettebat ya da çok iyi çalışan bir bilimsel araştırma laboratuvarına doğru geçmiş olabiliyor. Bu sorunla yalnızca biz karşılaşmıyoruz, aslında düşünsel anlamda çözmeye başladığımız problemler. Birleşik Arap Emirlikleri'nin sanırım ya Bilim Bakanlığı ya da Savunma Bakanlığı, belli bir bütçe ayırdılar ve Mars'ta inşa edecekleri binanın aynısını şu da Dünya'da inşa etmeye çalışıyorlar, test etmek için. Onunla karşılaştınız mı? Yayınlandı da diyemiyorum şimdi, hafızam yanıltmasın... NASA'nın bu tür

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

konulardaki patentlerine ortak olmak amacıyla petrol gelirlerinin bir kısmını uzay araştırmalarına ayıran ülkeler var. Bunların hepsi ortak bir çalışma. Bunlar tınladı bende. Bu kadar emek harcadınız ben de o sayede bu konuda uzun konuştum biraz. Teşekkürler.

Moderatör: Ersan Hocam, çok teşekkürler. Çok güzel konular. Ben özellikle de gidecek mürettebat dediğimiz kişinin çok katmanlı yapısının buraya yansıtılması konusunda önemli bulduğum konulardan bir tanesi. Kişilerin katmanlı olması aslında mekanların katmanlı olmasını da beraberinde getirebilir. Şemaların farklılaşabilmesini ve bizi dama tahtasından kurtarabilecek yolları açabilir. Bence çok güzel bir yaklaşım. Bir kişinin bir tane rolü yok, bir tane varlığı yok, birden fazla rolü ve varoluş biçimi var. Zaten, Sema hocam da ona az buçuk değindi. İnsanların güneşle olan ilişkisi, güneş görmediğinde bizim sirkadiyen ritimlere dahil olamayacağımız. Aslında içerde bize aitte olan bir takım psişik şeyin de yaratılması gerekiyor. Bizim katmanlarımıza da karşılık gelen ayrı bir Dünya'nın yaratılmasını da gereksiniyor. Sadece şu kadar metrekaare alan sorunu değil bu, ya da metrekaareler birbiri ile nasıl ilişkilendirilecek sorunu değil, burada gerçekten akvaryum koşulunda sağlıklı kalabilmekte söz konusu. Neyse ki, mürettebatın bir görev süresi var, ömürlük değil, gidip de orada kalacak değil. Gidecek ve gelecek. O ikisi arasında insanında çok da dengesini bozmadan, sistemi de bozmadan belki onun bozmasına da engel olarak, tam kıvamında götürüp getirmek lazım. Çok doğru tespitleriniz, çok teşekkür ederim katkılarınızdan dolayı.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Şark görevi yerine Ay görevi gibi.

Moderatör: Aynen öyle. Sema Hocam sizle devam edelim isterseniz, buyurun.

Uzman 3 (Sema Alaçam): Benim için çok keyifli, ufuk açısı, sorgulayıcı ve verimli geçiyor. Çok teşekkürler. Çok kısa belki üçüncü soru ile ilgili eklemek istediğim birkaç şey var. Bunlardan bir tanesi acil durum senaryolarında, yapının herhangi bir bölümünün hasar alması durumunda mekanlar arası bir kilit sistemi, tekrar kanat sisteminde kendini devam ettirme ile ilişkili yeni tanımlar gerekir mi acaba? Kilit mi deriz ona veya ayrık mekanlar arasındaki bağımsız devam edebilme şeyi mi? Belki, vücut metaforundan faydalanacak olursak diyelim ki elimizi kaybettik, sistemin geri kalanı kendi mevcudiyetini devam ettirebilecek mi? Bunun için bir kalkan ya da kilit sistemi olabilir?

Tez yazarı: Çok kısa bir bilgi verebilirim. Bunun için her birim modüler ve kendi içerisinde basınçlandırılabilir bir sistem ile kurgulanıyor. Örneğin, yemek yeme alanının kabuğunda herhangi bir basınç kaybı yaşandı veya yangın durumu ortaya çıktı, o birim doğrudan kapatılıyor ve basınçsızlaştırılıyor. Yangın durumunda, ortamdaki oksijen seviyesi azaltılarak o birimdeki yangının diğer birimleri geçmesi engelleniyor.

Uzman 3 (Sema Alaçam): Belki, burada tampon bölgelerine, dilatasyona benzer bir sisteme ihtiyaç olur mu ve bunun için yeni bir kavrama ihtiyaç olur mu onu bilemedim. Su yönetiminde, farklı yerlerde su bulunması aslında tam bir dağınık paylaşım ya da distribütör tipi bir akıl üretme ile örtüşen bir şey. Bunun gibi belki

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

birimlerden hasar gören olursa acil durum senaryoları kapsamında geri kalanın devam etmesi için kendini devam ettirecek enerji üretimi, atık yönetiminin ve su yönetiminin sürdürülebilirliği için belki stratejik birden fazla mekâna nasıl dağıtılabilir. Tek çekirdekli, belki merkezi bir sistem değil de çok çekirdekli ve çekirdeklerden bir bölümünün hasar alması durumunda kendini devam ettirmesi yönünde bir şey alınabilir mi? Yine büyüme stratejisi kapsamında acaba yer altında ilerleme de bunun bir parçası olabilir mi? Yer altında ilerlenecekse de bunu sağlayacak ekipmana ihtiyaç olabilir. Teknik ekipman diyebiliriz. Teknik ekipmanın saklanması, depolanması ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılması. Mekanlar kurulurken yer altında bununla ilişkili çok basit aslında ne geliyor mesela tünel oluştururken mukavemeti çok kısa sürede sağlamak için bir file koyup nasıl çok hızlı bir şey oluşturuyorsak geçici bir katman daha sonra üzerine yeni şeyler ekleyebiliyorsak burada da yer altında mekân kurarken farklı yaklaşımlara ihtiyaç duyabiliriz. Hem strüktürel dayanım hem oradaki regolit ve mevcut katmanın yeryüzüne çıkartılması ve taşınması hem de öngörmediğimiz başka malzemenin dayanımından kaynaklı şeyler olabilir. Bunların hepsi bütün olarak nasıl hepsi yönetilebilir belki mekân kurarken, sadece Ay yüzeyinde yapılacak ve kabuk olacak ve bunun üzerinden tasarlanacak mekânın yanı sıra yeraltı bunun nasıl parçası olabilir belki onu vurgulayabilirim. Mekanlar arası kilitlerden bahsettik. Sanırım benim notlarım bu kadar. Bir de iç ve dış mekân arasında kademelenme ya da hiyerarşi. Yani mesela, Rover ile mekânın dışında Ay yüzeyinde hareket eden şeyler

EK-2 (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

veya daha fazla dışarı ile entegre olan mekânsal birimlerle, içeri de çekirdekte daha korunaklı olan birimler arasında bir mekânsal hiyerarşi-mekân sentaksı gibi düşünürsek daha korunaklı olabilir mi? Kademeli geçişler nasıl senaryoya entegre edilebilir? Emeginize sağlık.

Tez yazarı: Çok teşekkürler hocam.

Moderatör: Evet hocam, çok haklısınız. Rover ile evimizin kapısından içeriye giremeyeceğiz tabi ki. Öyle bir şey yok. Her şey aşama aşama. İşte bu aşamaların da şemalandırılması ve zonlandırılması gerekli. Ben söylediklerinizden bir de büyüme konusunda boyutun kullanılmasını, yer altına doğru olan boyutun da kullanılmasını veya yer altındaysanız zaten yatay yatay büyütüp üç boyutun birden kullanılacağı yapım tekniklerinin önerilebileceği uyarısını alıyorum. Bunlar, güzel stratejiler bence. Tasarımcıya da söylenebilir. Bunları da göz önünde bulundurulmalısın denmeli.

Tez yazarı: Ben, şöyle bir ekleme yapabilirim hocam. Fonksiyonel mekanlar kendi içerisinde örgütlenirken teknik mekanlarda aslında kendi içerisinde örgütleniyor. Ana çekirdekten biraz daha uzakta önerdim programda. Örneğin, su buzu dönüştürme tesisi, su buzunun bulunduğu maden bölgesine daha yakın oluyor. Belki, su buzunu dönüştürme tesisinde, su buzu depolandıktan sonra atık su depolama birimine taşınıyor sular. Dedığınız gibi, aslında üç farklı bölge var; birinci bölgede yaşamsal birimler, ikinci bölgede ara katmandaki ara geçiş elemanları, üçüncü bölgede ise regolit dönüştürme tesisi gibi dış katmanda kullanılacak regolitin araştırmaları yapılıyor. Programda, katmanlamayı da aktarmaya çalıştım.

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Moderatör: Belki, bunların şemalarını oluşturarak, şema ile anlamamızı sağlayıp ondan sonra senin kendi tablolarını koyman iyi olabilir. Bu sentaktik yani mekân dizilimsel gidişatı metinden anlamak çok zor. Yani, Ersan Hocanın da altını çizdiği nokta o bence. Biz zihnimizde bir türlü kim nerde nasıl gruplanıyor, katmanı ne çok ayırtıramıyoruz. Belki aralarda bunların da diyagramları bir şekilde olmalı. Ersan hocam, buyurunuz.

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Bir iki cümle daha ekleyebilirim. Aslında çok da zihnimde canlandırmaya çalışmadım. Çünkü, tezin hedefi galiba o değil. Tezin hedefi, bir mimari doküman hedefi çıkarmaksa, diyelim ki bu bir yarışma oldu, bir proje oldu siz bunu nasıl yorumluyorsunuz diye bir kolokyumda çalışma yapıldı bir şey yapıldı vs. gibi durumlarda bu çalışmanın öyle bir potansiyeli var. Daha doğrusu bu doğurganlığı mümkün. Sadece, orada bu listeyi okurken, ben böyle bir lego gibi yan yana böyle, birbirine bağlanmış gibi hissettim. Kesin öyle değil, detayında öyle şeyler yok ama sonuçta bu mekân programı tasarımın, tasarımcının bir araya getirirken bulduğu formlar zaten verili oluyor. Aslında, bu tabloda yazanlar oluyor. İşte, Efes'te Yamaç Evlerde ne gördüyse, Roma tümen kentlerinde ne gördüyse, İstanbul'da tarihi yarımada, Beyazıt koridorunda ne gördüyse, Ankara'nın yedinci caddesinde ne gördüyse veya Bursa Nilüferdeki ada bazlı konutlarda ne gördüyse onlardan etkilenen ve bir Pisagor geometrisi düzeni olan bir şey. Ben biraz fraktal bir tartışma açmak istedim burada. Çünkü, fraktal geometrisi bize daha uygun. Yani, en küçük sistemde çalışan birimler kendisini tekrar ederek en yüksek birimde de çalışabilir. Bunun formu, fraktal desenli gömlekler gibi görünmek zorunda değil, çünkü bu başka bir Dünya yaratacak. Uyarılar aslında bunlar, bu bir akvaryumdur. Bütün ihtiyaçlarını, işte Çin'den ithal edilen legolar, Almanya'dan ithal edilen ana kartlar gibi. Tüm Dünya'nın entegre olduğu bir sistemden onun hepsini istediğin ama hepsinin kendi içerisinde çalışmasını istediğin bir şeye geçmek istiyorsun. Yani, başka bir gezegende yerleşke düşünmenin böyle bir gerilimi var. Ben başarılabilirliğini düşünüyorum teknik olarak...Başka açılardan bakan, başka çalışmalarda olmalı... Doktora programları olmalı...Çok zor bir soru ve ben çok kıymetli ve çok detaylı bir liste olduğunu düşünüyorum. Şimdiden başarılar arkadaşımıza. Pisagor ve fraktal geometri birbirinin tamamlayıcısı aslında ama aynı zamanda aynı şeyi söylemiyorlar. Bizim içinde aynı şey geçerli...Bu fırsatı verdiğiniz için teşekkür ederim.

Moderatör: Biz teşekkür ederiz, hocalarım. Bence çok keyifli ve çok dolu dolu bir toplantı oldu. Tabi, Sema'nın detaylı çalışmış olması bayağı bir soru açıyor. Sorun da açıyor aslında. Bir dolu da teknik konu var. Dünya üzerinde Pisagor davranırken, birdenbire uzaya çıktığımızda daha fraktal bir bakışa mı dönsük

aslında diye başka başka noktalara da gidiyor. Dünya'da var fraktal bakışlar ama Ay'ın daha farklı olacak herhalde. Bu kadar çok teknik bir araya geldiği zaman. Bence çok güzel bir noktadan açıldı konular diye düşünüyorum. Ben, hepinize çok teşekkür ederim. Burak Bey'e de çok teşekkür ederim. Çok faydalı oldu, bundan sonraki aşamalarda da görüşmek isteriz. Sema, belki bu konuda devam etmek ister Doktora yapmak ister böyle deneysel çalışmaların içinde olmak ister, bilmiyorum bu kadar emek harcamışken. Sadece bir bina programı ya da yerleşke programı yazmak, Dünyasal bir iş yapmak yeterli olmayabilir. Belki bunun nasıl ilerletilebileceği konusunda da hepinizden de bir daha dönüş almak isteyebiliriz. Sema'ya orada da yardımcı olursunuz diye düşünüyoruz.

EK-2. (devam) Disiplinler arası uzman görüşleri toplantı dökümü

Uzman 1 (Doç. Dr. Ersan Koç): Tabi ki hocam, biz buralardayız... İyi ki temas ettik, çok teşekkürler... Ben bir söz vermiş olayım Ekim gibi biz de sizleri davet edelim bu alandaki çalışmalarımıza...Çok teşekkürler, görüşmek üzere.

Uzman 3 (Sema Alaçam): Her şey için bende teşekkür ediyorum. Çalışmanın sonraki adımlarını, tezin yayınlanmasını dört gözle beklediğim bir çalışma olacak.

Moderatör: Teşekkürler hocam, isminizi mutlaka koyacağız çalışmaya çünkü bu bizim hazırladığımız program çalışmasının verifikasyon çalışması oluyor. Şimdi buradan aldığımız dönütlerle, bu programı yeniden yazacağız. Teze girecek olan da o program olacak. Çok teşekkürler katkılarınızdan dolayı.

Tez yazarı: Çok teşekkürler hocam.



Gazili olmak ayrıcalıktır