1. Wstęp. 4
1.1. Tło zagadnienia. 4
1.2. Geneza problemu. 6
1.3. Przedmiot. 6
1.4. Cel. 7
2. Założenia projektowe. 8
2.1. Projekt misji 2025, Etap I. 8
2.2. Etapy rozwoju bazy. 9
2.2.1. Etap I 9
2.2.2. Etap II 9
2.2.3. Etap III 9
2.3. Problem przyszłej rozbudowy bazy Etapu II. . . 9
2.4. Modularność 10
2.5. Portable architecture. 10
3. Funkcja. 11
3.1. Analiza Funkcji 11
3.2. Cechy wspólne założenia funkcjonalnego. . . . 13
4. Architektura. 15
4.1. Plan zagospodarowania terenu. 15
4.2. Komunikacja oraz kompleks budowlany. 15
4.3. Open Plan. 17
4.4. Elementy Stacji 17
4.4.1. Moduł centralny. 17
4.4.2. Moduł z agrokulturą. 17
4.4.3. Moduł mieszkalny. 18
4.4.4. Moduł laboratoryjny. 18
4.4.5. Warsztat. 18
4.4.6. Garaż. 18
4.5. Podział przestrzeni w modułach. 18
4.5.1. Moduł centralny. 18
4.5.2. Moduł z agrokulturą. 19
4.5.3. Moduł mieszkalny. 20
4.5.4. Moduł laboratoryjny. 21
4.5.5. Warsztat. 22
4.5.6. Garaż. 22
5. Konstrukcja. 23
5.1. Warianty konstrukcyjne. 23
5.1.1. Konstrukcje Metalowe. 23

5.1.2. Konstrukcje Mieszane. 24
5.1.3. Konstrukcje Pneumatyczne. 24
5.1.4. Wybór konstrukcji. 24
5.2. Konstrukcja modułu centralnego. 26
5.3. Konstrukcja modułów pneumatycznych. 26
5.4. Detale konstrukcyjne. 27
5.4.1. Sposób zakotwienia. 27
5.4.2. Okno. 27
5.4.3. Podłoga. 27
5.4.4. Schody zewnętrzne. 28
6. Technologia. 29
6.1. Sposób montażu stacji. 29
6.2. Instalacje wewnętrzne. 33
6.2.1. Instalacja przeciwpożarowa. 33
6.2.2. Wentylacja, klimatyzacja. 34
6.2.3. Obieg wody w modułach, odpady organiczne. 35
6.2.4. Odpady stałe, nieorganiczne. 35
6.3. Technologia wnętrza. 36
6.3.1. Reaktor jądrowy, zasilanie. 36
6.3.2. Sposób prowadzenia przewodów. 36
6.3.3. Montaż ścianek działowych. 36
6.4. Instalacje zewnętrzne. 37
6.4.1. Wieża nadawcza. 37
6.4.2. Oświetlenie, obserwacja 37
7. Wnętrza. 38
7.1. System modularny. 38
7.2. Oświetlenie wewnętrzne. 38
7.3. Akustyka. 39
7.4. Zieleń. 39
8. Środki bezpieczeństwa. 40
8.1. Droga ewakuacji. 40
8.2. Schron. 40
8.3. Zabezpieczenia przeciwpożarowe. 40
9. Zastosowanie w warunkach Ziemskich 42

Architektura — *[gr. architekton — budujący wg pewnej zasady]* — sztuka projektowania i kształtowania budowli; dyscyplina nauki i wiedzy organizująca wszelkie przestrzenie i zespół lub zbiór budowli. W celu rozwiązania tych zagadnień a. powinna korzystać w szerokim zakresie z różnych osiągnięć innych dyscyplin technicznych i humanistycznych.

Dzieło Architektury — obiekt sztuki budowlanej, który ma zdolność wywoływania u odbiorcy pewnych pozytywnych uczuć, cechuje się solidną strukturą i spełnia określone cele użytkowe.

Astronautyka, Kosmonautyka — *[gr.]*, zespół dziedzin nauk zajmujących się lotami (*gr. nautike* — żegluga) poza atmosferę Ziemi i poznawaniem przestrzeni kosmicznej oraz znajdujących się w niej obiektów. Astronautyka obejmuje poznawanie oraz analizowanie warunków i zjawisk towarzyszących lotom statków kosmicznych, tworzenie możliwości technicznych i ich realizacji oraz badanie oddziaływań warunków lotu na psychofizyczny stan astronautów i możliwość ich adaptacji do tych warunków.

1. Wstęp.

Ostatnio coraz bardziej wyłania się problem baz pozaziemskich. Istnieją już stacje orbitalne, do roku 2025 ludzie polecą na Marsa. Będą tam musiały powstać stacje które zapewnią ludziom warunki bytu. Najpierw będzie to niewielka kabina przywieziona z Ziemi, w kolejnym etapie będzie to odpowiednik ziemskiego domu.

Zanim jednak będzie można z surowców miejscowych budować domy, pojawia się etap pośredni — większa kubatura mieszkalna przywieziona w niewielkim module: portable architecture.

Moim celem jest zaproponować w tym zakresie rozwiązanie które będzie jak najlepiej dostosowane do warunków panujących na Marsie.

Architektura przenośna zapewni dużą przestrzeń mieszkalną, przy jednoczesnym łatwym dowiezieniu na miejsce.

Przyjąłem metodę rozwiązania poprzez analogię do ziemskiego domu z pracownią i warsztatem. Forma tejże konstrukcji pneumatycznej to będzie wynik ustaleń technicznych a jej wnętrza będą ergonomiczne.

Docelowo w bazie mieszkać będzie załoga ośmio osobowa, płci obojga. Pobyt na Marsie będzie trwał dwa lata. Całość rozwiązania wykonana będzie w konstrukcji pneumatycznej, przy zachowaniu dużego stopnia zmodularyzowania całości.

Rozwiązanie tego problemu pozwala po pierwsze inaczej spojrzeć na architekturę ziemską, oraz po drugie będzie je można zastosować na Ziemi w sytuacjach gdy bo nagłym wypadku potrzebny jest tzw. „natychmiastowy dom”

1.1. Tło zagadnienia.

Dzięki różnym zdobyczom technologicznym możliwe jest wysyłanie ludzi w kosmos, a także ich pobyt poza Ziemią przez dłuższy okres czasu. Od 1971 roku po orbicie okołoziemskiej krążą stacje satelitarne, na których mieszkają i pracują astronauci i naukowcy. Jedna misja trwa od paru tygodni do kilku miesięcy. Podczas takiej misji moduł mieszkalno -

roboczy o średnicy paru metrów i długości do kilkunastu metrów jest jedynym miejscem do życia dla całej załogi, jedynym schronieniem w otoczającej go pustce kosmicznej, w której panują wrogie człowiekowi warunki. Samo zapewnienie środowiska, w którym człowiek przeżyje to za mało, gdy misja ciągnie się tygodniami czy miesiącami, Ciasnota i stałe przebywanie w małym gronie ciągle tych samych osób jest przyczyną powstawania napięć i depresji wśród ludzi. Powiększenie przestrzeni życiowej, zapewnienie miejsca odosobnienia oraz rozdzielenie funkcji roboczej od mieszkalnej ma bardzo duży wpływ na zapewnienie komfortu fizycznego i psychicznego mieszkanców pozaziemskiego habitatu. Problematyka ta leży w gestii architektury. I tak nauka ta wchodzi w ramy astronautyki. Za każdym razem, kiedy projektowana jest nowa stacja orbitalna, coraz więcej architektonicznych rozwiązań branych jest pod uwagę i rola architekta znacznie wzrasta.

Pierwszym modułem z jednoosobową załogą wysłanym w kosmos był Wostok. W 1961 roku Gagarin okrążył Ziemię w małym statku kosmicznym. Na taki krótki lot niepotrzebna jeszcze była skomplikowana aparatura zapewniająca przeżycie człowieka w kosmosie. Pierwsze sprawne systemy sztucznego podtrzymywania życia zdały swój egzamin w czasie kilkunastu amerykańskich misji Apollo na Księżyc. Pierwszym prawdziwym habitatem kosmicznym była radziecka stacja orbitalna Salut 1. Potem było jeszcze sześć kolejnych Salutów, z których każdy był coraz doskonalszy nie tylko pod względem technicznym, ale także pod względem wygody. Salut miał średnicę paru metrów i długość kilkunastu metrów. Funkcje były rozmieszczone wzdłuż takiego modułu. Mimo warunków mikrograwitacji stworzona została atrapa sufitu, ścian i podłogi, by ludziom łatwiej było poruszać się wśród sprzętu i komunikować właściwie ze współpracownikami na Ziemi. Amerykański Skylab (1973-79) był dwupoziomowy: jedną kondygnację zajmowało laboratorium, drugą - pomieszczenie mieszkalne.

W pierwszych stacjach kosmicznych większość przestrzeni była zajęta przez sprzęt naukowy i urządzenia techniczne. Dopiero wielomodułowa stacja Mir zmieniła ten stan rzeczy. Jeden z jego członów stał się wyłącznie modulem mieszkalnym. w ten sposób uwolniona przestrzeń pozwoliła na wydzielenie dwóch kabin prywatnych i zapewnienie większej swobody w poruszaniu się po wnętrzu. Jeszcze lepiej w tej kwestii udoskonala na jest obecnie krążąca wokół ziemi Mięszynarodowa Stacja Orbitalna ISS. Rosyjska Zwiezda oraz amerykański Nautilus to według projektu dwa moduły mieszkalne tej stacji, które pozwolą aż siedmiu osobom na przebywanie i pracę na stacji (dotychczas były to 2-3 osobowe grupy).

Space shuttle to namiastka stacji kosmicznej. Wahadłoweic, którego środkowy pokład to bardzo ciasny habitat wylatuje na okres 1-2 tygodni na orbitę okołoziemską wraz z

modułami laboratoryjno - mieszkalnymi w swojej ładowni. Ponieważ misje są stosunkowo krótkotrwałe architektura nie spełnia tu tak znamiennej roli.

1.2. Geneza problemu.

Załogowa misja na Marsa planowana na 2025r. ma trwać 2,5 roku, w tym jeden rok marsonauci spędzą na powierzchni planety. Z tego względu zapewnienie tam ludziom bezpiecznego i komfortowego habitatu i miejsca pracy jest bardzo ważne. Architektura takiej stacji przede wszystkim będzie podporządkowana dostępnym technologiom i rozwiązaniom konstrukcyjnym. Jednak względy sojologiczno - psychologiczne oraz funkcjonalne wymuszają głębsze przeanalizowanie formy takiego obiektu.

Według Misji Wzorcowej NASA opracowanej w związku z eksploracją Marsa przez ludzi członkowie pierwszej wyprawy będą zamieszkiwać dwa bliźniacze moduły w kształcie walca o średnicy około ośmiu metrów i podobnej długości. Pięć osób spędzi w takich blaszanych habitatach jeden rok na powierzchni Marsa. Będzie się tu mieściła przede wszystkim przestrzeń mieszkalno - laboratoryjna oraz różne magazyny: próbek, żywności, tlenu i paliwa. Nie będzie tam miejsca na produkcję własnych świeżych warzyw i owoców. Ludzie będą w całości zdani będą zapasy wzięte z Ziemi.

Tymczasem badania przeprowadzone w ramach symulacji *BIOS-2*, *BIOS-3*, *A.L.S.* wykazały, że w sztucznie wytworzonym zamkniętym biosystemie możliwe jest wytwarzanie żywności w znacznym stopniu pokrywającej zapotrzebowanie członków załogi, zaś odpowiednio duże kultywatory glonów chlorelli pomóc mogą w skutecznym pozbywaniu się nadmiaru wydychanego dwutlenku węgla oraz w zapewnianiu wystarczającej ilości tlenu do oddychania. Światło słoneczne będzie dostawało się tylko przez niewielkie iluminatory.

Członkowie Mars Society opracowali i testują cztery analogi modułów marsjańskich podporządkowanych wymogom Misji Wzorcowej. Podczas symulacji w czterech miejscach na świecie o warunkach zbliżonych do tych, jakie panują na Marsie, testowany jest m. in. układ funkcjonalny oraz wielkość i kształt przestrzeni przeznaczonej dla każdej z funkcji.

Pojawia się pytanie co powinno pojawić się w następnej kolejności *po* wykonaniu Misji Wzorcowej NASA 2025.

1.3. Przedmiot.

Przedmiotem moich badań jest architektura. Po realizacji Misji Wzorcowej, którą określam Etapem I, pojawi się problem architektury dotyczący dokładnie nas - architektów.

Powstaną budowle posadowione na gruncie. Gruncie innej planety. To będzie prawdziwy dom dla ludzi którzy będą mieszkać na Marsie. Będą tam spać, jeść i pracować. Będą się tam musieli czuć bezpiecznie i swojsko. Będą musieli czuć się jak w domu. Etap II to będzie większa i wygodniejsza kubatura mieszkalna, która będzie musiała być przywieziona w niewielkiej objętości modułu transportowego. Okazuje się że rozwiązanie będzie analogiczne do stosowanej w podobnych sytuacjach na ziemi architektury przenośnej. Etap III to będą już większe obiekty mieszkalne, pod dużymi kopułami, lub pod ziemią, budowane najprawdopodobniej z lokalnych surowców.

1.4. Cel.

Celem mojej pracy magisterskiej jest zaprojektowanie Etapu II pośredniego pomiędzy małą i ciasną stacją badawczą a dużą bazą planetarną. Zamiast dwóch ciasnych metalowych modułów proponuję konstrukcję mieszkalną w znacznym stopniu powiększającą przestrzeń życiową i umożliwiającą zamieszkiwanie w niej ośmiu osób mieszanej płci. Nie jest to jednak jeszcze duża budowla wymagająca odpowiedniego przygotowania terenu i infrastruktury, lecz budowla przenośna, niezależna od nierówności gruntu czy otaczających zasobów lub instalacji.

Mój projekt przedstawia propozycję stacji badawczej, która w postaci złożonej transportowana jest na Marsa, by po odpowiednim rozłożeniu dać konstrukcję o docelowym kształcie.

2. Założenia projektowe.

2.1. Projekt misji 2025, Etap I.

Projekt Misji Wzorcowej (Mars Design Reference Mission) opracowany został przez NASA na podstawie programu Mars Direct opracowanego przez założycieli stowarzyszenia Mars Society. Dotyczy on wysłania ludzi na Marsa w celu przeprowadzania różnych badań, do których trudno jest przystosować roboty. Kolejnym założeniem programu jest kolonizacja marsa przez ludzi. panują tam warunki dość zbliżone do ziemskich, dlatego możliwe jest przetrwanie tam człowieka przy zastosowaniu systemu podtrzymywania życia. Powierzchnia Marsa ma tyle samo co powierzchnia wszystkich lądów na Ziemi. Mamy więc szansę na zajęcie nowych terenów do zamieszkania przez ludzi.

Według programu Misji Wzorcowej najpierw na czerwoną Planetę ma zostać wysłany 45-tonowy statek, który posłuży do powrotu na Ziemię - tzw. ERV - Earth Return Vehicle. Przewozi on nieduży reaktor jądrowy, zamontowany na górze lekkiego pojazdu transportowego, automatyczne instalacje do przeprowadzania procesów chemicznych, wraz z zestawem sprężarek, oraz parę roverów (ruchomych stacji badawczych) z wyposażeniem do prowadzenia badan naukowych. Część załogowa statku powrotnego obejmuje system podtrzymywania funkcji życiowych, zapasy żywności oraz inne przedmioty, niezbędne pięcioosobowej załodze podczas ośmiomiesięcznej podróży powrotnej na Ziemię. Po przylocie na Marsa mały reaktor jądrowy po umieszczeniu w odpowiednim miejscu zaczyna produkować metan - paliwo potrzebne do podróży powrotnej. Do przebiegu procesu wykorzystuje przywieziony w zbiornikach wodór oraz pobierany z atmosfery marsjańskiej $C0_2$. Po trzech latach ma miejsce kolejna odpowiednia konfiguracja ziemi i marsa, która sprzyja wysłaniu statku na Czerwoną Planetę. Tym razem statkiem podróżować mają ludzie. Pięcioosobowa grupa przylatuje w module mieszkalnym. Statek ląduje obok ERV. Dzięki połączeniu obu modułów śluzą powierzchnia mieszkalna zajmowana przez ludzi wzrasta do dwóch trzykondygnacyjnych modułów o średnicy $8m$. Później wrócą oni na Ziemie statkiem, który

wylądował jako pierwszy, zaś ich statek zacznie zbierać paliwo na podróż powrotną dla załogi następnej misji. Każdy z modułów ma wymiary ok. 8 metrów średnicy i tyle samo długości. Każdy z nich oferuje ograniczoną przestrzeń do życia, ponieważ mieścić też musi różne urządzenia techniczne i naukowe. Przez dwa i pól roku ten mały habitat będzie jedyną przestrzenią bezpieczną do życia dla pięciu osób. Stwarzać to może różne problemy natury socjologicznej i psychologicznej. Misja Wzorcowa nie rozwiązuje jeszcze problemu.

2.2. Etapy rozwoju bazy.

2.2.1. Etap I

Co trzy lata będzie możliwość wysyłania kolejnych misji załogowych na Marsa. Powoli na Marsie zacznie pojawiać się coraz więcej małych modułów aż powstanie wioska takich metalowych walców łączonych ze sobą śluzami i powiększającymi powierzchnię użytkową rosnącej stacji na Marsie. Oprócz tego wysyłany w tym czasie może być różny sprzęt naukowy i roboty, także takie, które umożliwią np. produkcję z miejscowych zasobów materiałów budowlanych.

2.2.2. Etap II

Z nich z kolei można budować duże habitaty na kilkadziesiąt lub więcej osób. Można również przywozić z Ziemi większe rozkładane habitaty. W module transportowym o średnicy $8m$ i wysokości $8m$ zamiast statków powrotnych można przywozić konstrukcje zapakowane tak jak na Ziemi pakuje się architekturę przenośną. W ten sposób bez używania surowców miejscowych lub innych bardziej zawiłych sposobów można pozyskiwać dużą powierzchnię mieszkalną. To jest właśnie zagadnienie, które próbuję rozwiązać w swojej pracy magisterskiej.

2.2.3. Etap III

Kiedyś, być może powstaną na Czerwonej Planecie duże osiedla ludzkie. Pod wielkimi kopułami, lub pod Ziemią. Teoria wskazuje że terraforming oraz zamiana atmosfery by była zdatna do oddychania potrwa 100 lat. Wtedy na Marsie będzie już można budować praktycznie normalne Ziemskie domy.

2.3. Problem przyszłej rozbudowy bazy Etapu II.

Konstrukcja, jaką proponuję w swoim projekcie, ma charakter modularny. Powielanie takiego systemu umożliwia rozrost bazy w miarę wzrastających potrzeb. Kolejne podobne

moduły mogą być dowożone w zależności od wymagań funkcjonalnych. Fleksibilność samych członów stacji sprawia, że mogą być one w różnoraki sposób zagospodarowywane; proponowany układ pomieszczeń oparty jest na analizach różnych rozwiązań i wydaje się być optymalny. Gdyby jednak czas pokazał, że konieczne są pewne zmiany, to technologia stawiania ścianek działowych ułatwia dokonywanie zmian podziału wnętrz.

Dzięki temu, że posadowienie konstrukcji nie wymaga wyrównywania terenu, stacja rozrastać się może w dowolnym kierunku bez konieczności wykonywania specjalistycznych robót na placu budowy.

2.4. Modularność

Proponowane rozwiązanie cechuje się wysokim stopniem ujednolicenia elementów, w najszerszym możliwym zakresie. Oznacza to że poszczególne kopuły mogą wzajemnie wymieniać się funkcjami w wypadku uszkodzenia którejś z nich. Ściany mniejszych pomieszczeń stanowią podzbiór ścian używanych do wybudowania większych pomieszczeń, dzięki czemu elementy ścienne mogą być stosowane zamiennie i mogą być przestawiane

2.5. Portable architecture.

Zapotrzebowanie na stosunkowo dużą powierzchnię oraz układ funkcjonalny stały się głównym czynnikiem przy wyborze formy dla projektowanej stacji badawczej na Marsie. Przystosowując technologie poznane z architektury przenośnej do możliwości konstrukcyjnych architektury kosmicznej przeanalizowane zostały różne koncepcje pogrupowane w trzy kategorie: konstrukcje metalowe, mieszane i pneumatyczne.

3. Funkcja.

Stacja badawcza będzie projektowana dla załogi ośmioosobowej, wskazany jest równy podział płci oraz dobra znajomość między sobą całej załogi. Skład będzie następujący: kapitan, geolog, astrobiolog, geolog - metereolog, biolog - rolnik, specjalista od biosfery - majordomus, lekarz - psycholog, kucharz - dziennikarz - architekt.

W bazie ludzie będą przez dwa lata (lub nawet dłużej) przebywać z dala od domu, poza Ziemią, wręcz zamknięci w więzieniu o bardzo wysokim rygorze. Przy projektowaniu takiej bazy należy dołożyć wszelkich starań aby pobyt nie był męczący, a raczej by dało się go odczuwać jako wakacje. W takich warunkach istotne się robią wszystkie czynniki mogące wpływać na samopoczucie człowieka. Należy pamiętać że na stacjach orbitalnych także zdarzały się kłótnie.

3.1. Analiza Funkcji

Stacja badawcza na Marsie musi mieścić trzy podstawowe funkcje: mieszkalną, laboratoryjną oraz agrokulturę. Każda z tych funkcji jest autonomiczna i może występować oddzielnie; rozdział ich jest wręcz wskazany. Po pierwsze ze względów bezpieczeństwa: różne eksperymenty, czasem niebezpieczne nie powinny wychodzić poza strefę laboratoryjną. Uprawa roślin na Marsie będzie specyficzna, wszystkie organizmy muszą być pod kontrolą, zmniejsza się wtedy np. rozprzestrzenianie się rodników grzybów. Materiały konstrukcyjne dobierane są również ze względu na słabe oddziaływanie z organizmami żywymi. Mimo to sterylność upraw jest wskazana ze względów higienicznych. Drugim kryterium wpływającym na rozdzielenie funkcji są racje psychologiczne. Gdy strefa robocza oddzielona jest od mieszkalnej, człowiek wydajniej pracuje, bo łatwiej jest mu się skupić na wykonywanym zadaniu, a później lepiej odpoczywa. Te względy brane są pod uwagę w stacjach orbitalnych nowego typu (wielomodułowych: Mir, ISS). Ponieważ jednak odpoczynek jest skojarzony z zielenią i środowiskiem naturalnym w części z agrokulturą powstało dodatkowe miejsce wypoczynkowe z leżakami. Choć narady w sprawie misji i różnych zadań są

częścią pracy, na miejsce do ich przeprowadzania wybrana została przestrzeń wspólnotowa w części mieszkalnej ze względu dobre przystosowanie do zebrań grupowych.

Analiza funkcjonalna wymogła podział przestrzeni życiowej na trzy główne części: mieszkalną, roboczą i agrokultury. Rozłączność tych funkcji pod względem bezpieczenstwa sugeruje umieszczenie każdej z nich w osobnym hermetycznie oddzielnym module. Aby ułatwić komunikację wskazany jest wspólny łącznik ze śluzą prowadzącą do każdego z nich, oraz z wyjściami na zewnątrz. Ten przechodni element stacji nie musi być duży, ale za to powinien być najbezpieczniejszy. Tu również winien pojawić się schron, aby można było do niego się ewakuować z każdego modułu. Jednocześnie moduł centralny stanowić będzie ostateczną ostoję w razie awarii systemów. Wyposażony będzie w zdublowane systemy energii oraz podtrzymywania życia.

Rozważania te doprowadzają do konkluzji, że trzy duże przenośne moduły mogą być na czas transportu spakowane we wnętrzu małej jednostki o sztywnej sprawdzonej w warunkach kosmicznych konstrukcji. W tym małym module powinny też znaleźć się wszystkie główne urządzenia sterujące, A.L.S. (system podtrzymywania życia), elektrownia, maszynownia oraz rozdzielnie i przyłącza.

Każda z funkcji wymaga odpowiednich pomieszczeń i przestrzeni. W module mieszkalnym muszą znaleźć sie kabiny prywatne dla członków załogi z łóżkiem do spania i kącikiem do pracy własnej z biurkiem i krzesłem, do tego szafa lub schowek na rzeczy osobiste. Pomieszczenia do higieny osobistej z toaletą i prysznicem wskazane są dla każdego członka załogi. Do tego dochodzi pralnia z suszarnią. Kuchnia z magazynami i chłodnią obok mesy z przestrzenią, w której spożywać posiłki i zbierać się może cała grupa. Przestrzeń rekreacyjna i siłownia również należą do części mieszkalnej. Kabiny prywatne nie są zbyt duże, za to część wspólnotowa oferuje znaczną przestrzeń. Jest to rozwiązanie sugerowane przez wyniki badań przeprowadzonych w czasie różnych symulacji na małych grupach ludzi przebywających dłuższy czas w odosobnieniu oraz na stacjach polarnych. Silne uczucie separacji od reszty świata jednoczy ludzi i zachęca do wspólnego przebywania razem. Do obsługi i przechowywania różnych sprzętów posłużyć ma składzik i mały magazyn.

Głównym elementem stacji badawczej jest część robocza. tu przeprowadzane będą różne doświadczenia i analizy naukowe. Ponieważ różne badania wymagają odpowiedniej aparatury, odmiennego sprzętu i sterylności, wymagane jest rozdzielenie przestrzeni laboratorium na kilka pomieszczeń. Do tego dochodzi magazyn danych i probek. Przed wejściem i wyjściem z laboratorium przejść należy przez przygotowalnię.

Większość sprzętu specjalistycznego znajduje się w laboratorium. W razie jakichś uste-

rek urządzeń konieczna jest naprawa, dlatego w bezpośrednio podłączonym obok małym module proponowany jest warsztat. z niego prowadzić ma również wejście do garażu dla pojazdu MPV (Mars Pressuriszed Vehicle). Aby naprawa oraz doglądanie pojazdu marsjańskiego były jak najwygodniejsze, wyjście z warsztaty prowadzi prosto do garażu. Garaż w konstrukcji namiotowej sam w sobie stanowić będzie śluzę. Po wjechaniu do środka samochodu, będzie można go napompować powietrzem oraz dokonywać bezpośrednich napraw zewnętrznych samochodu bez konieczności nakładania skafandra.

Największy moduł przeznaczony będzie na agrokulturę. Im większy areał zajmują uprawy, tym w większym stopniu można pokryć zapotrzebowanie na żywność we własnym zakresie - produkcji miejscowej. To pozwala na redukcję zakonserwowanych zapasów jedzenia przywożonych z Ziemi. Świeże owoce i warzywa są tez zdrowsze i smaczniejsze. Jedzenie potraw z takich produktów podwyższać będzie komfort fizyczny i psychiczny członków załogi. W module z agrokulturą znajdować się również będą kultywatory glonów będących producentami tlenu do oddychania dla ludzi. Glony chlorelli i sorelli są pod tym względem dużo bardziej wydajne niż rośliny uprawne, dlatego hodowla ich jest konieczna.

Zebrane warzywa i owoce przechowywane muszą być w chłodniach i magazynach. Do tego dochodzą składziki nasion.

Miód jest zdrowym i wartościowym źródłem energii i witamin. Produkują go pszczoły, które jednocześnie odpowiedzialne będą za zapylanie kwiatów krzewów. W module agrokultury znaleźć sie zatem musi miejsce na ul.

W każdym module komunikacja musi być poprowadzona tak, by między ścianami byłyby ergonomiczne przejścia i w razie awarii mogła nastapić szybka ewakuacja do modułu centralnego, w którym zlokalizowany powinien być schron. Walec centralny mieścić winien przede wszystkim funkcję techniczną: urządzenia sterujące w kokpicie, techniczne z układami A.L.S. oraz zasilanie bazy energią elektryczną.

3.2. Cechy wspólne założenia funkcjonalnego.

Każdy element konstrukcyjny stacji mieści inną funkcję. Moduł centralny to serce bazy - tu znajdują się wszelkie przyłącza, komputer zawiadujący całą stacją, pomieszczenia z wyposażeniem systemu podtrzymywania życia. Funkcja warsztatowa została zlokalizowana w najmniejszym członie stacji. Garaż, w którym może zaparkować jeden pojazd MPV jest najbardziej zewnętrzną częścią założenia. jednocześnie garaż stanowi dodatkowe wyjście na zewnątrz dla człowieka, ponieważ sam w sobie jest szczelną śluzą. Trzy główne moduły stacji mieszczą kolejno (wg wielkości): agrokulturę z ogrodem uprawnym i ulem,

przestrzeń mieszkalno - rekreacyjną i laboratorium z pomieszczeniem medycznym. Komunikacja między modułami została poprowadzona tak, by pokonywana droga w danym celu była jak najbardziej optymalna/najkrótsza. Polega to na tym, ze wejście do bazy mieści się w module centralnym. Stąd zmęczony marsonauta może przejść od razu do części wypoczynkowo - mieszkalnej albo skierować się z zebranymi próbkami do laboratorium. Stąd też może szybko pobiec na pierwsze piętro do schronu, aby przeczekać burzę na Słońcu. Wzdłuż ścian zewnętrznych ciągną się korytarze okrężne, które umożliwiają przechodzenie przez dany moduł bez przecinania głównych przestrzeni czy to laboratoryjnych czy wypoczynkowych. Ma to szczególne znaczenie na wypadek rozrostu bazy o kolejne dołączane moduły. W ten sposób każda funkcja dominująca jest otoczona traktem komunikacyjnym. Jasny i prosty system komunikacyjny ułatwia ewakuację w razie zagrożenia.

4. Architektura.

4.1. Plan zagospodarowania terenu.

Teren na którym znajduje się stacja badawcza zostaje podzielony na kilka stref ważności. Najbliższa strefa A, sięgająca około $5m$ od ścian stacji jest codziennie obchodzona i sprawdzana przez wyznaczoną osobę z załogi. W ten sposób wszelkie uszkodzenia lub zaburzenia działania stacji są od razu wykrywane i mogą zostać podjęte odpowiednie działania zaradcze. Kolejna strefa, B, sięgająca około $20m$ od ścian stacji jest obchodzona raz w tygodniu, również w celu wykrycia wszelkich nieprawidłowości funkcjonowania bazy. Strefa najdalsza, C, znajduje się poza bezpośrednim zasięgiem bazy i jest sprawdzana okazjonalnie, np. w czasie wyjazdów w teren. Kolejna strefa, D, znajduje się obok masztu komunikacyjno - metereologicznego, na tą strefę kładziony jest maszt w trakcie konserwacji, lub montażu. Strefa D zawiera się wewnątrz strefy B.

Na terenie dookoła bazy są wyróżnione następujące miejsca: parking na pojazdy go-kart którymi na małe dystanse porusza się załoga, oraz na samochód MPV; składowisko próbek na którym po przywiezieniu z większej odległości składane są próbki zanim zostaną przetransportowane do laboratorium, lub magazynów wewnętrznych; śmietnik do którego odkładane są stałe odpady nieorganiczne, które około raz do roku są wywożone statkiem na orbitę, a następnie spalane w atmosferze; obszar wymiany gruntu z modułem agrokultury, stąd pobierana jest nowa ziemia dla roślin rosnących w module agrokultury, oraz wyrzucana jest ziemia zużyta.

Dodatkowo wokół bazy rozmieszczone jest oświetlenie, którego zadaniem jest oświetlać strefy A i B, oraz system kamer które obserwują, oraz filmują strefę A.

4.2. Komunikacja oraz kompleks budowlany.

Projektowana stacja badawcza na Marsie składa się z sześciu połączonych ze sobą hermetycznie modułów. Moduł centralny to sztywny metalowy walec, z którego prowadzą

dwa wyjścia na zewnątrz oraz trzy śluzy do przyłączonych do niego modułów głównych. Stanowią je trzy kopuły. Najmniejsza z nich połączona jest z niedużym nadmuchiwanym warsztatem, a ten z kolei z garażem dla pojazdu mpv. Drogi otaczające zabudowę są poprowadzone tak, by ułatwiać przede wszystkim manewrowanie mpv i skuterami. Jest tylko jeden ciąg o charakterze wyłącznie pieszym - prowadzi on od wyjścia z modułu centralnego, które przystosowane jest do korzystania z niego przez ludzi w kombinezonach – przed drzwiami jest mały pomost i schody prowadzące na powierzchnię planety.

Trzy główne moduły pneumatyczne mają kształt kopuł o średnicy kolejno: 16, 20 i 24 metry. Dwie z nich mają po jednym dużym oknie, trzecia ma dwa. Okna te mają specyficzną budowę - są przezroczystymi ścięciami boków kopuł i dzięki dużej powierzchni pozwalają na jasne oświetlenie wnętrz naturalnym światłem słonecznym. Ma to pozytywny wpływ na ludzi i pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania na prąd elektryczny. Największa powierzchnię przezroczysta ma największa kopuła mieszcząca uprawy. Dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu kopuł wokół walca centralnego, do każdej z nich będzie dochodziło dużo światła, a ogród będzie dobrze oświetlony przez cały dzień, co przyspieszy wzrost roślin uprawnych. Każda kopuła spięta jest olinowaniem z kewlaru. Te mocne sznury spinające konstrukcje są przymocowane do kotew, które wbite w grunt zabezpieczają kopuły przed przewróceniem się. Minimalna ilość punktów zakotwienia została wybrana - trzy - dzięki czemu zmniejsza się ciężar konstrukcji oraz możliwe jest uzyskanie większej powierzchni transparentnej poprzez ścięcie nieolinowanych powierzchni kopuł. Takie rozwiązanie umożliwia też wykonanie tego ścięcia pod kątem mniejszym od prostego, co zapewnia lepszą penetrację promieni słonecznych we wnętrzach. Mała ilość punktów zakotwień ułatwia manewrowanie między nimi pojazdu mpv podczas dokowania do modułu centralnego.

W każdym module komunikacja poprowadzona jest dookoła wzdłuż ścian zewnętrznych. W ten sposób cała komunikacja wysunięta jest na zewnątrz i nie zaburza układu wnętrza. Pomieszczenia funkcjonalne rozmieszczone są wzdłuż tych korytarzy, po obwodzie nieprzezroczystych ścian kopuł. Wejścia do pomieszczeń oraz przejścia do przestrzeni funkcjonalnych prowadzą z korytarzy okrężnych. Uporządkowana komunikacja ułatwia orientację we wnętrzach oraz szybką ewakuację w razie wystąpienia zagrożenia. Pomieszczenia zajmują maksymalnie połowę przestrzeni pod każdą kopułą. dzięki temu wytwarzają się miejsca otwarte, wytwarzające poczucie przestronności, ktorej tak będzie brakowało członkom misji w czasie pobytu na Marsie. Największa otwarta przestrzeń znajduje się w module z agrokulturą.

Wszystkie moduły w bazie mają podłogę na tym samym poziomie aby umożliwić

jeżdżenie wózkami po całej stacji. Wózki przewozić będą żywność, próbki do laboratorium, różne sprzęty itp.

4.3. Open Plan.

Wszystkie moduły są zaplanowane wg. zasady Open Plan, co oznacza że pomieszczenia wewnętrzne są niepowiązane ze ścianami zewnętrznymi, dzięki czemu można je swobodnie wewnątrz przestawiać. Jednocześnie wszystkie pomieszczenia są jak najbardziej zmodularyzowane, co oznacza że wszystkie kabiny mieszkalne są identyczne, jednocześnie palety ścienne budujące kabinę mieszkalną są identyczne z paletami ściennymi budującymi pomieszczenia magazynowe w module agrokultury (magazyn to połowa kabiny), oraz paletami ściennymi budującymi pomieszczenie laboratoryjne (dwie kabiny mieszkalne to 2/3 laboratorium). Takie założenia wyjściowe znacznie ułatwiają przyszłe przemeblowania w bazie, zmianę aranżacji wnętrza — czy to z powodu potrzeby „zmiany", czy też z powodów niezależnych jak np. uszkodzenie jednego z trzech modułów i konieczność dostosowania układu pomieszczeń do nowej sytuacji.

4.4. Elementy Stacji

4.4.1. Moduł centralny.

Moduł centralny ma kształt walca zaokrąglonego na końcach. Średnica wynosi $8m$, długość – $8m$. Ustawiony jest on w pionie na sześciu nogach przytwierdzonych do ruchomego podwozia. Dzięki temu, że spodnia część modułu jest obrotowa, możliwe po wylądowaniu jest odpowiednie ukierunkowanie go względem Słońca, a co za tym idzie – sterowanie rozmieszczeniem modułów zewnętrznych względem kierunków stron świata. Moduł posiada trzy iluminatory na najwyższym piętrze, które wpuszczają światło słoneczne do środka i umożliwiają obserwację otoczenia z wnętrza.

4.4.2. Moduł z agrokulturą.

Moduł z agrokulturą to największa spośród trzech pneumatycznych kopuł - ma średnicę $24m$. Tutaj uprawiane są rośliny, które mają być źródłem świeżej żywności dla członków załogi. Rośliny do rozwoju potrzebują światła. Dobre doświetlenie mają zapewnić dwie duże przezroczyste powierzchnie okienne zwrócone ku południu i północnemu wschodowi. Dzięki temu w ciągu calego dnia światło słoneczne będzie penetrować wnętrze. Ścięcia okienne powodują, że rzut modułu ma kształt zbliżony do trójkąta.

4.4.3. Moduł mieszkalny.

Moduł mieszkalny to druga co do wielkości kopuła, o średnicy $20m$. Duże okno skierowane jest na południe tak, by wnętrze przez cały dzień było jasne i przytulne. Ponieważ Mars jest o pół jednostki astronomicznej dalej niż Ziemia, nasłonecznienie na powierzchni nie jest tak duże i nie powinno wystąpić przegrzanie wnętrza.

4.4.4. Moduł laboratoryjny.

Moduł laboratoryjny ma taki sam kształt jak mieszkalny, tylko jest mniejszy - jego średnica wynosi $16m$. Okno w przestrzeni roboczej skierowane jest na północny wschód. Tu do doświadczeń będzie potrzebne przede wszystkim sztuczne oświetlenie. Okno spełnia rolę przezroczystej ściany, przez którą widać otaczający krajobraz. Ma to duży wpływ na komfort psychiczny.

4.4.5. Warsztat.

Warsztat to mały moduł pneumatyczny na planie kwadratu o boku $8m$, dzięki czemu ma cztery ściany do zamocowania śluz dających połączenie z innymi modułami lub garażami. Zamocowanie drzwi hermetycznych jest dużo łatwiejsze w przypadku płaskich ścian niż obłych fragmentów kuli.

4.4.6. Garaż.

Garaż dla pojazdu mpv przypomina zwykły namiot. Plan prostokąta o wymiarach: $12m \times 8m$. Nie jest to domyślnie konstrukcja pneumatyczna. Możliwe jest jednak nadmuchanie jej np. w celu naprawy pojazdu bez konieczności zakładania kombinezonu. Z tego względu namiot jest szczelny. Zapewnia to również ochronę przed drobnym pyłem, który mógłby wciskać się między elementy konstrukcyjne pojazdu, zanieczyszczać go lub nawet spowodować awarię. Ponieważ garaż ma podłużny kształt wymaga większej ilości zakotwień niż kopuły czy warsztat. Z jednej strony są duże rozpinane drzwi, które umożliwiają wprowadzenie do wnętrza pojazdu marsjańskiego. Z drugiej strony znajdują się zwykłe hermetyczne drzwi prowadzące do śluzy łączącej garaż z warsztatem.

4.5. Podział przestrzeni w modułach.

4.5.1. Moduł centralny.

Moduł centralny o kształcie walca ustawionego pionowo to sztywna konstrukcja metalowa. Jest on pojemnikiem na złożone pozostałe elementy stacji w czasie transportu.

Po wylądowaniu na powierzchni Czerwonej Planety następuje automatyczne wyciągnięcie ich z pojemników i rozłożenie. Wtedy przestrzeń centralnego modułu zostaje uwolniona. Trzykondygnacyjny walec mieści na parterze hol komunikacyjny ze śluzami na zewnątrz i do trzech modułów rozłożonych dookoła. Między śluzami znajdują się kolejno: schody prowadzące na wyższe piętra, punkt pierwszej pomocy z apteczką i toaleta. Na pierwszym piętrze mieści się schron, w którym ludzie mogą przeczekać wybuch na Słońcu i wzmożoną falę promieniowania, jaka dociera na powierzchnię planety. Schron o planie koła otoczony jest dwumetrową ścianą wodną, prowadzą do niego drzwi wykonane z demronu – materiału chroniącego przed promieniowaniem. Woda jest najlepszym łatwodostepnym i bezpiecznym materiałem chroniącym przed promieniowaniem słonecznym i kosmicznym. Dodatkowo zbiorniki mieszczące się w ścianie są rezerwuarem wody pitnej na potrzeby misji. Na najwyższej kondygnacji mieści się kokpit. Tutaj znajduje sie główny komputer stacji, tu mają też miejsce połączenia z Ziemią. Do tego dochodzą pomieszczenia techniczne z systemami podtrzymywania życia, kontroli i monitoringu. Moduł stoi na sześciu nogach stabilizujących i ma podwozie obrotowe, które po wylądowaniu pozwala na ustawienie go w odpowiednim kierunku względem padania promieni słonecznych. Moduł ma dwie śluzy identyczne wyjściowe: jedna do komunikacji pieszej prowadzi do schodów spuszczanych do powierzchni terenu, druga do przyłączania pojazdu mpv. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest bezpośrednie wychodzenie na powierzchnie w kombinezonach marsjańskich lub przechodzenie bez zakładania kombinezonów z samochodu do habitatu i na odwrót. W razie uszkodzenia jednej ze śluz wyjściowych, awaryjnie może być używana tylko jedna. Tylko moduł centralny ma konstrukcję metalową. Pozostałe elementy bazy są wykonane z elastycznych materiałów, dzięki czemu w czasie podróży na Marsa mogą być spakowane i rozłożone dopiero na miejscu po bezpiecznym wylądowaniu modułu metalowego i jego ustawieniu się względem Słońca.

4.5.2. Moduł z agrokulturą.

Za śluzą wejściowa do modułu agrokultury znajduje się dodatkowa śluza klimatyczna. Służy ona za pomieszczenie przejściowe między silnie wilgotną atmosferą strefy upraw a resztą habitatu. Ze śluzy klimatycznej prowadzi troje drzwi. Dwa pozwalają przejść do korytarza obwodowego, ciągnącego sie wzdłuż ściany zewnętrznej. Z przejścia tego można dostać się do pomieszczeń dodatkowych, które mogą stać się magazynami lub składzikami, pomieszczeniami do przygotowywania sadzonek itp. - w zależności od powstałych potrzeb. Idąc wzdłuż tego korytarza dojść także można do miejsca wypoczynkowego z leżakami i stolikiem, gdzie można spędzić wolny czas w otoczeniu zieleni. Osoby, które przychodzą

do modułu z agrokulturą do pracy lub dogladania upraw, przechodzą dodatkowo przez pomieszczenie przechodnie. Stąd prowadzą drzwi do małej przebieralni, w której jest miejsce, by ubrać się w fartuch ochronny i się przygotować; jest tu też ubikacja oraz zlew. Naprzeciwko jest chłodnia, w której zostawia się zebrane owoce i warzywa zanim przeniesie się je do chłodni koło kucheni. W ciągu pomieszczeń znajdują się składziki do obsługi maszyny zajmującej się uprawami, do obsługi ula oraz do obsługi gruntu; jeden pokój przeznaczony jest na laboratorium gruntu. Reszta przestrzeni, która stanowi większość pola modułu, jest otwarta. W rogu modułu, między oknami, ustawiony jest element statyczny maszyny do upraw. Ruchoma kratownica oparta na słupie, która jeżdżąc po szynie powoduje przemieszczanie się długiego ramienia maszyny ponad uprawianymi roślinami. Ta wielofunkcyjna maszyna odpowiedzialna jest za zajmowanie się wszystkimi roślinami, podlewa je, spulchnia ziemię itp. Dzięki takiemu rozwiązaniu wszystkie prace przy uprawach może wykonywać automat i nawet kiedy członkowie załogi nie będą w stanie przychodzić tu pracować, rośliny będą dobrze doglądane.

Jeden duży zbiornik z gruntem o wysokości 60 cm umożliwia dowolną konfigurację upraw, dlatego możliwa będzie np. trójpolówka. Jako ziemia uprawna posłuży grunt marsjański, który, jak wskazują źródła mówiące o składzie gruntu, jest żyzną glebą. Maszyna wyposażona w specjalne pompy ustawiona została w samym rogu modułu i odpowiedzialna jest za wymianę ziemi: jedną rurą stary grunt będzie wysypywany z modułu, a drugą pobierany z zewnątrz. Teren uprawny zajmuje najlepiej oświetloną część modułu. Między nim a ciągiem pomieszczeń pomocniczych zaprojektowane zostały trzy zbiorniki: jeden na wodę, drugi z glonami i trzeci na kompost. Z akwenu woda pobierana będzie na potrzeby upraw, część z niej będzie parować i zbierać się w kolektorach pary wodnej, by po skropleniu być przesyłana do zbiorników wody pitnej. Zbiornik na glony będzie zajmowała chlorella odpowiedzialna za produkcję tlenu i pochłanianie nadmiaru dwutlenku węgla wydychanego przez ludzi. Dzięki składowaniu kompostu będzie można naturalnie użyźniać glebę. Umieszczony w narożu ul będzie zamieszkiwany przez rodzinę pszczół odpowiedzialną za zapylanie kwiatów oraz produkującą miód. Po przeciwnej strony zlokalizowane zostało miejsce rekreacyjne. Na leżakach można wypocząć wśród zieleni.

4.5.3. Moduł mieszkalny.

Pomieszczenia i przestrzenie habitatu opasane są traktem komunikacyjnym na zasadzie open plan. Z korytarza okrężnego prowadzą drzwi do różnych pomieszczeń: kabin członków załogi, siłowni, toalet, pralni oraz przestrzeni kuchennej i magazynów. Dwa boczne korytarze przecinają ciąg pomieszczeń. Jeden z nich biegnie od otwartej przestrzeni

rekreacyjnej do śluzy łączącej kopułę mieszkalną z modułem centralnym. Drugie przejście rozdziela zgrupowania kabin i w ten sposób skraca drogę z pokojów do części wspólnotowej. Każda kabina ma taką samą wielkość i układ mebli; przy wejściu znajduje się mała łazienka. Za pomieszczeniami mieszkalnymi zlokalizowana jest pralnia z suszarnią, a za nią siłownia z małym magazynem. W sali gimnastycznej znajdują się różne urządzenia do ćwiczeń, które będą musieli wykonywać członkowie załogi podczas misji, by zachować sprawność fizyczną. Fragment ściany od strony okna w siłowni będzie przezroczysty, by wpuścić tam trochę światła słonecznego. Na drugim końcu ciągu pomieszczeń umiejscowiona została kuchnia z całym zapleczem magazynowym, a także pomieszczenie gospodarcze i nieduże zaplecze sali rekreacyjnej. Dobrze oświetlona kuchnia tuż przy dużym oknie ma standardowe wyposażenie takie jak kuchnia w zwykłym domu jednorodzinnym. Dodatkowo ma mała spiżarkę i przygotowalnie. Żywność przetrzymywana jest w trzech chłodniach. Dzięki temu, że znajdują się one tuż przy wejściu do modułu, skrócona jest droga przenoszenia jedzenia do kuchni z magazynów i z ogrodu. W części kuchennej jest wąski wysoki stół, do którego przystawione są cztery hockery. Tu można szybko zjeść posiłek. Miejscem wspólnych obiadów czy kolacji jest jadalnia. Duży stół, przy którym usiąść może osiem osób, nadaje się również do przeprowadzania narad grupowych i zebrań. znajduje się on w najlepiej oświetlonym miejscu modułu. Przestrzeń wspólnotowa została podzielona jeszcze na strefę pokoju dziennego z wygodnymi fotelami i kanapami oraz czytelnię. Duża przestrzeń nie jest dzielona żadnymi ściankami, dzięki czemu zachowuje fleksybilność i można ją dowolnie zagospodarowywać w czasie trwania misji według potrzeb.

4.5.4. Moduł laboratoryjny.

W module przeznaczonym na przestrzeń roboczą znajdują się laboratoria oraz ambulatorium, a także pomieszczenia obsługujące i magazyn. Idąc korytarzem okrężnym dostać się można do dwóch laboratoriów specjalistycznych oraz laboratorium ogólnego otwartego, z którego także można przejść do pozostałych laboratoriów oraz magazynu. Przy oknie są dwa miejsca do pracy. Laboratoria specjalistyczne są całkowicie wydzielonymi szczelnymi pomieszczeniami, gdzie skład oraz czystość powietrza są kontrolowane przez filtry absolutne. W każdym z nich znajdują się po trzy stanowiska robocze oraz szafki na sprzęt i próbki. W przygotowalni znajdują się zlewy, szafki na rzeczy, ławka oraz wydzielona toaleta. tu można przygotować się do pracy i przebrać po niej. Naprzeciwko drzwi wejściowych do modułu znajduje się ambulatorium, by w razie wypadku w innej części stacji, droga przeniesienia rannego czy chorego była jak najkrótsza. W pomieszczeniu medycznym znajduje się stół, przy którym można porozmawiać z pacjentem i go zbadać; obok jest stół

operacyjny. Na tyłach ambulatorium znajduje się izolatka z jednym łóżkiem.

4.5.5. Warsztat.

Przestrzeń warsztatu jest otwarta, by można tu było przeprowadzać naprawy nawet dużych maszyn. W szafach przechowywany jest sprzęt i narzędzia. Cztery stanowiska robocze umożliwiają jednoczesną pracę paru osób. Dla ułatwienia przewożenia ciężkich obiektów (próbki, części pojazdu marsjańskiego) warsztat wyposażony jest w wózki. Tutaj naprawiane są różne części pojazdu, oraz osprzęt stacji.

4.5.6. Garaż.

Garaż przystosowany jest do przechowywania w nim jednego pojazdu mpv, który będzie używany w czasie misji do przemieszczania się po terenie w celu zbierania próbek i przeprowadzania wizji lokalnych. Garaż pełnić będzie jednocześnie funkcję swoistej śluzy, ponieważ gdy z zewnątrz wjeżdża do niego samochód, garaż jest rozszczelniony (otwarty), po wjechaniu i zamknięciu garaż można napełnić powietrzem I mogą wewnątrz niego chodzić ludzie. Przestrzeń garażu zapewnia wygodę parkowania tu samochodu marsjańskiego oraz swobodę przy wsiadaniu i wysiadaniu z niego ludzi.

5. Konstrukcja.

Architektura przenośna na Ziemi występuje w bardzo wielu wariantach. Przenośne namioty, jeżdżące domy na kółkach, nawet pływające statki. Jednak bardziej interesujące się okazały warianty konstrukcji dmuchanych gdyż dawały zwykle większą kubaturę możliwą do osiągnięcia. Są to hale utrzymywane na konstrukcji pompowanych belek, lub hale których strop podtrzymywany jest wewnętrznym ciśnieniem. Mogę one przekryć nawet bardzo duże powierzchnie (do $10000m^2$). Oprócz konstrukcji pneumatycznych mogą też występować konstrukcje rozkładane na zasadzie pantografu, lub teleskopowo. Poniżej rozważyłem kilka wariantów konstrukcyjnych.

5.1. Warianty konstrukcyjne.

5.1.1. Konstrukcje Metalowe.

Konstrukcja przywieziona z Ziemi. Gotowa do rozłożenia na zasadzie teleskopowego wysuwania lub rozkładania. Stabilizowana nogami lub słupami.

Zalety

- całość wykonana precyzyjnie na Ziemi
- sztywna, sprawdzona w kosmosie konstrukcja habitatu

Wady

- materiał sztywny — niska pakowalność (teleskopowo)
- wiele miejsc połączeń w których konieczne są zabezpieczenia przed dehermetyzacją
- ograniczenie wagowe — konstrukcje metalowe są ciężkie, zysk przestrzeni w stosunku do ciężaru obiektu jest niski
- nie nadaje się na ogrody z uprawami

5.1.2. Konstrukcje Mieszane.

Konstrukcja rozsuwana na zasadzie harmonijki, obręcze lub pneumatyczne belki połączone powłokami. Belki i słupy zakotwione w gruncie.

Zalety

- sztywne belki zapewniają stabilność kształtu konstrukcji
- dobra pakowalność, łatwy transport
- stosunkowo mała masa elementów powiększających powierzchnię użytkową
- możliwość regulowania rozmiaru habitatu

Wady

- skomplikowany montaż
- podłużny kształt wymusza przeznaczenie dużej powierzchni na komunikację
- konieczność stabilizowania każdej ramy konstrukcji

5.1.3. Konstrukcje Pneumatyczne.

Nadmuchiwana konstrukcja pneumatyczna, zakotwiona w gruncie, połączona z metalowym modułem macierzystym, w którym została przywieziona.

Zalety

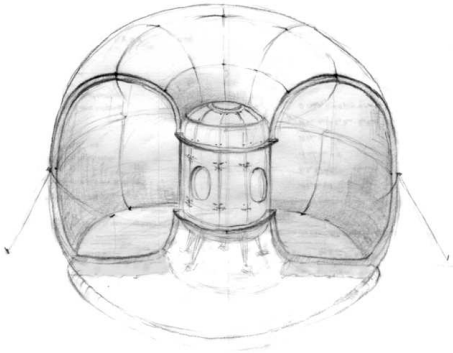
- napompowanie konstrukcji powietrzem nadaje jej zaprojektowany kształt
- bardzo łatwy montaż
- bardzo duży zysk powierzchni użytkowej względem masy konstrukcji

Wady

- konieczność bardzo precyzyjnego uszycia powłoki z odpowiednich materiałów
- konieczność zakotwienia w gruncie w celu stabilizacji

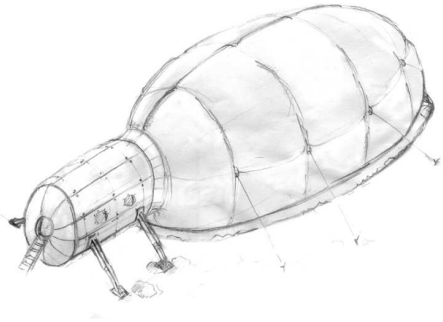
5.1.4. Wybór konstrukcji.

W wyniku przeprowadzonych analiz wad i zalet tych trzech wariantów oraz porównaniu ich ze sobą, okazało się, że najlepsze rozwiązania mieszczą się w kategorii konstrukcji pneumatycznych. Zapewniają one największą do uzyskania kubaturę, przy najmniejszych problemach montażowych. Konstrukcja pneumatyczna może tworzyć kilka różnych układów, przeanalizowałem nastepujące możliwości:



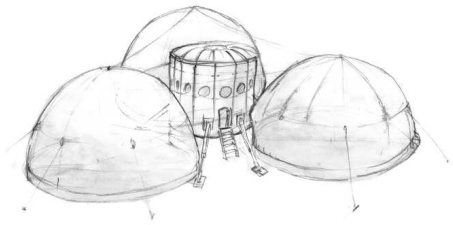
Rys.1. Nadmuchiwany torus.

Pneumatyczny, Nadmuchany torus W takim obiekcie uzyskujemy wysokie pomieszczenie, które należałoby rozdzielić kłopotliwymi w budowie stropami. Śluza wyjściowa musi być zamocowana w elastycznej ścianie. Jednocześnie pojawia się problem z oparciem budowli na podłożu. Do zalet można zaliczyć dużą stabilność obiektu, możliwość uzyskania kilku przejść do torusa, oraz generalnie większą integralność przestrzeni.



Rys.2. Pojedyncza powłoka.

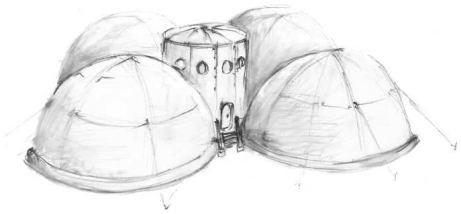
Pojedyncza powłoka pneumatyczna Łatwa budowa takiej konstrukcji oraz proste zamocowanie do podłoża to najważniejsze zalety takiego rozwiązania. Jednak pojedyncza powłoka niesie ze sobą duże ryzyko — w wypadku awarii utracona zostaje cała dodatkowa przestrzeń mieszkalna.



Rys.3. Trzy powłoki pneumatyczne.

Trzy lub cztery powłoki pneumatyczne Stosunkowo duża przestrzeń możliwa do zagospodarowania pasuje do wymaganej rozdzielności funkcjonalnej zaznaczonej w progra-

mie. Dobre zabezpieczenie na wypadek awarii którejkolwiek z powłok — utracona zostałaby jedynie 1/3 dodatkowej powierzchni mieszkalnej. Rozwiązanie to stanowi kompromis umożliwiający także dojścia komunikacyjne z zewnątrz do modułu centralnego. Z czterema powłokami nie jest to możliwe, gdyż przejścia między nimi są zbyt wąskie.



Rys.4. Cztery powłoki pneumatyczne.

Okazuje się że układ trzech powłok jest najbardziej zbliżony do planowanego schematu funkcjonalnego bazy.

5.2. Konstrukcja modułu centralnego.

Cały wykonany w konstrukcji stalowej, wielokrotnie już przez NASA testowanej. Wymiary konstrukcji $8m$ średnicy na $8m$ wysokości są dokładnie dopasowane do objętości rakiety wynoszącej. Zewnętrzna powłoka modułu wykonana jest z grubej (ok. $10cm$) blachy oraz warstw izolacyjnych, ściany wewnętrzne z blach cieńszych, 3cm, pomiędzy którymi znajduje się izolacja oraz łączniki stalowe. Dodatkowo konstrukcja od wewnątrz powleczona jest warstwą demronu — materiału izolującego promieniowanie kosmiczne.

5.3. Konstrukcja modułów pneumatycznych.

Największy moduł agrokultury w całości pakuje się do $9m^3$ (ponieważ grubość ściany wynosi $5mm$), pozostałe moduły zajmują jeszcze mniej. Oznacza to że moduły w całości spakowane mogą zostać przywieziona na parterze modułu centralnego, od razu przyczepione do wyjścia. Po wylądowaniu modułu centralnego/transportowego są one wypychane na zewnątrz. Następnie rozkładają się i są pompowane. Warstwy ścian to po kolei: siatka z kevlaru, folia z poliimidu, pyrogel oraz druga folia z poliimidu. Takie zestawienie powłok daje szczelność oraz wręcz kuloodporną wytrzymałość.

Konstrukcja ściany powłoki podtrzymywana jest głównie przez ciśnienie wewnętrzne, na zasadzie napompowanego balonu, ponieważ ciśnienie zewnętrzne wynosi 6hPa, zaś wewnętrzne 1013hPa. Dodatkowe usztywnienia w powłoce stanową nadmuchane bardzo wysokim ciśnieniem belki w oknach oraz wokół okna. Belki są wykonane z materiału poliimidu

oraz ich układ daje gwarancję że w razie uszkodzenia dowolnych trzech cała konstrukcja kopuły dalej stoi, być może jest tylko trochę zniekształcona.

Teoretycznie kuloodporna folia z poliimidu może ulec uszkodzeniu, na takie wypadki załoga stacji wyposażona będzie w klej i łatki, okazuje się że najstarsza tradycyjna metoda naprawiania dziur w dętce rowerowej i tutaj być może znajdzie zastosowanie.

W wypadku wybicia w powłoce otworu średnicy $5cm$ czas ucieczki powietrza na zewnątrz wynosi około 1 godziny, głównie dzięki znacznym rezerwom powietrza w górnej części kulistej kopuły. Czas ten można przeznaczyć na ewakuację, zamykanie śluz oraz zabezpieczanie uszkodzenia.

5.4. Detale konstrukcyjne.

5.4.1. Sposób zakotwienia.

Liny kotwiące kopuły konstrukcji pneumatycznej są na śrubie rzymskiej przymocowane do obręczy stalowych przymocowanych do gruntu. Obręcze posiadają wiele otworów, tak aby w trzy z nich można było wbić kołek utrzymujący. Kołki kotwiące są wbite w grunt na głębokość $60cm$, dodatkowo kołki te posiadają zęby które otwierają się po wbiciu w grunt. Kotwienie do gruntu wykonuje człowiek nadzorujący rozkładania bazy — wyszukuje dogodne miejsce pod położenie bazy, oraz wstrzeliwuje kołek.

5.4.2. Okno.

Okno wykonane jest z dwóch warstw poliimidu, pomiędzy którymi panuje pośrednie ciśnienie ok. 500hPa. Z obu stron okien znajdują się słupy usztywniające, to na nich błony okienne są rozciągnięte.

5.4.3. Podłoga.

Aby uzyskać poziomą podłogę, przy rozkładaniu się bazy wpierw nadmuchiwany jest wieniec obejmujący cały moduł. Po rozpostarciu się wieńca nadmuchiwane są balony z vectranu znajdujące się pod całą powierzchnią podłogi bazy. Każdy balon jest nadmuchiwany do takiej objętości, aby uzyskać poziomą podłogę. Proces nadmuchiwania monitorowany jest przez komputer. Po uzyskaniu poziomej podłogi, wpompowywana jest w nią pod ciśnieniem warstwa podłogowa będąca twardniejącym w niskich temparaturachpolimerem.

W ten sposób na nierównym gruncie uzyskiwana jest pozioma posadzka bazy.

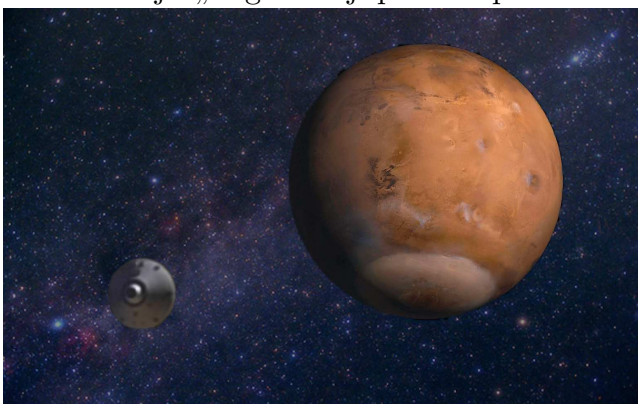
5.4.4. Schody zewnętrzne.

Zewnętrzne schody przed wylądowaniem schowane są wewnątrz jednej ze śluz wyjściowych. Po wylądowaniu moduły centralnego, śluza wyjściowa się otwiera a schody obracają się wokół progu o 180 deg. Następnie stopnie schodów rozkładają się na boki aby uzyskać szersze stopnie niż szerokość drzwi.

6. Technologia.

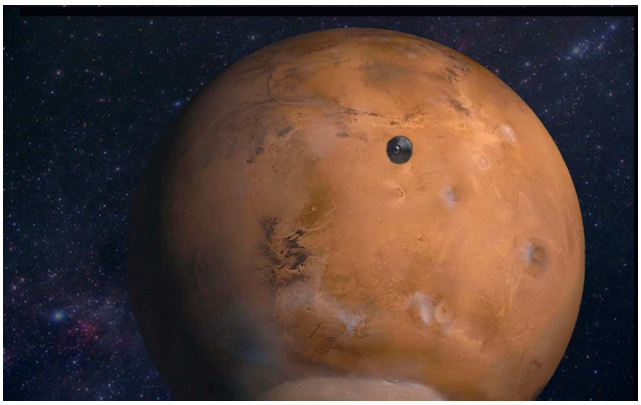
6.1. Sposób montażu stacji.

Poniżej ukazana jest sekwencja „Organizacji prac na placu budowy”:

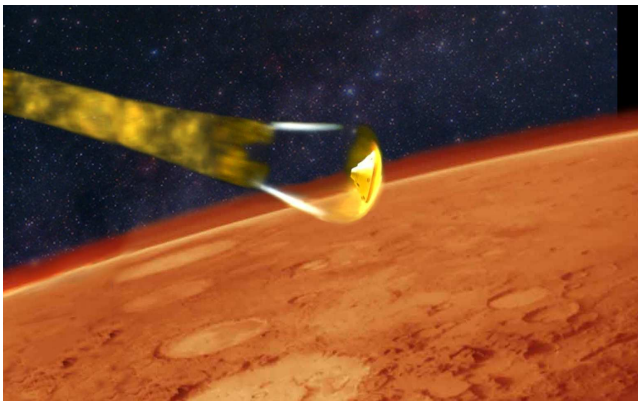


Rys.1. Po 7 miesiącach podróży.

Wysłany pojemnik z habitatem dociera do Marsa.

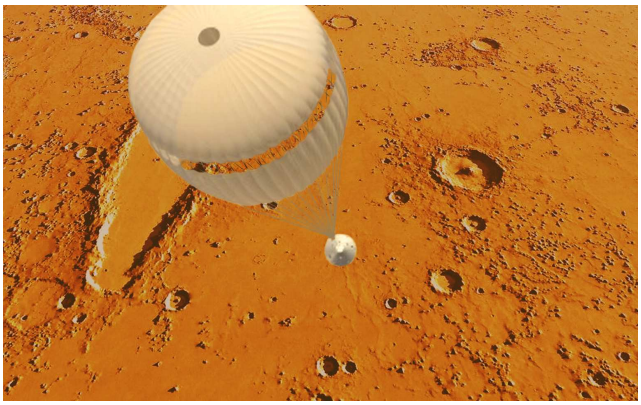


Rys.2. Powoli wchodzi w atmosferę.



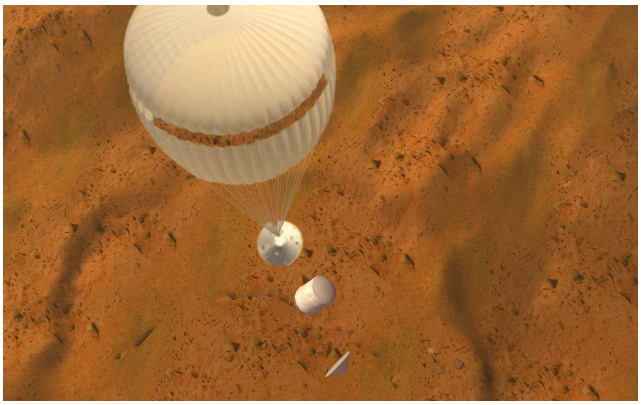
Rys.3. Hamuje w atmosferze.

Rys.4. Otwiera spadochron.



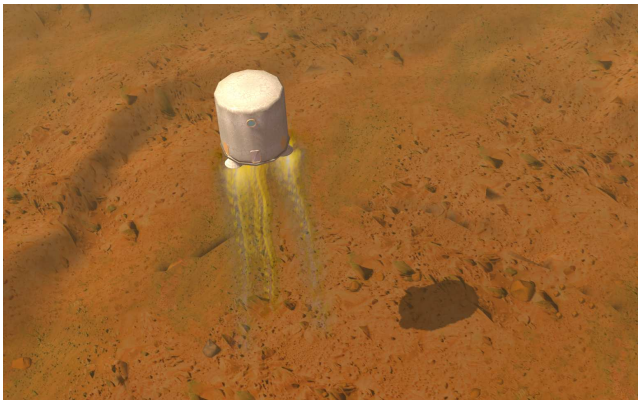
Rys.5. Pojemnik spada.

Na spadochronie spada na na wysokość około 300m nad poziomem terenu.



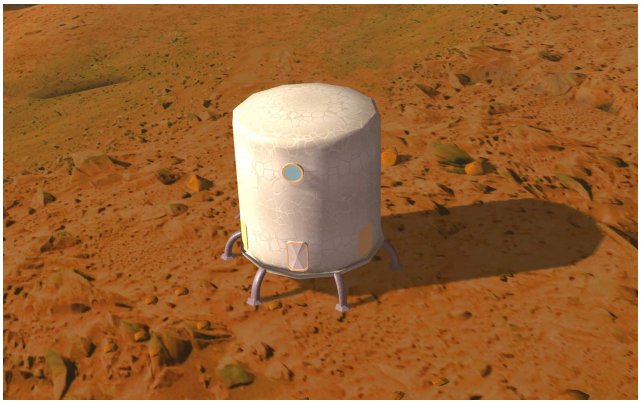
Rys.6. Wypuszczenie modułu.

Żaroodporna skorupa otwiera się i z wnętrze wypada moduł centralny bazy o średnicy 8m i wysokości 8m, w nim znajduje się zapakowana reszta bazy.



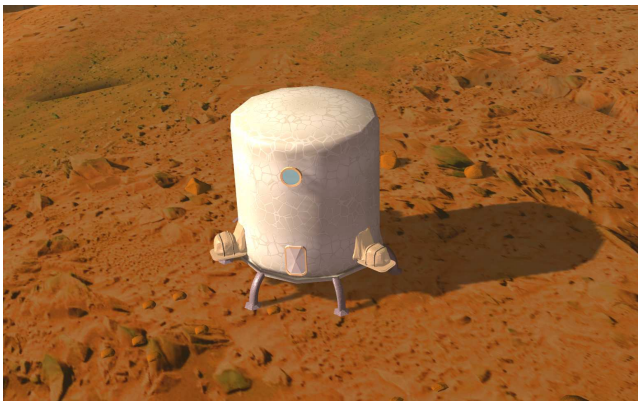
Rys.7. Lądowanie.

Moduł centralny pionuje lot i hamuje nad gruntem przy pomocy silników rakietowych.



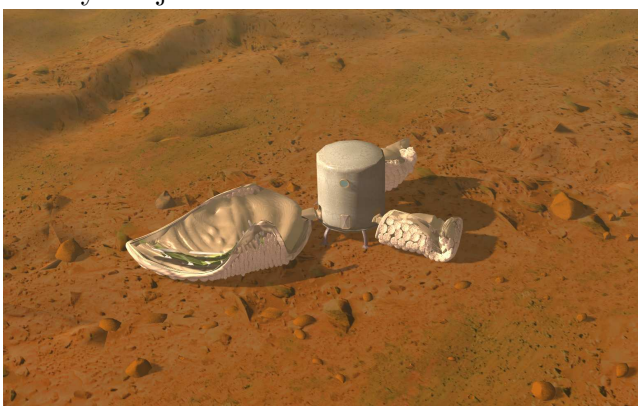
Rys.8. Ustawienie do stron świata.

Po wylądowaniu, pojemnik przekręca się na podwoziu żeby uzyskać odpowiednie ustawienie względem kierunków świata.



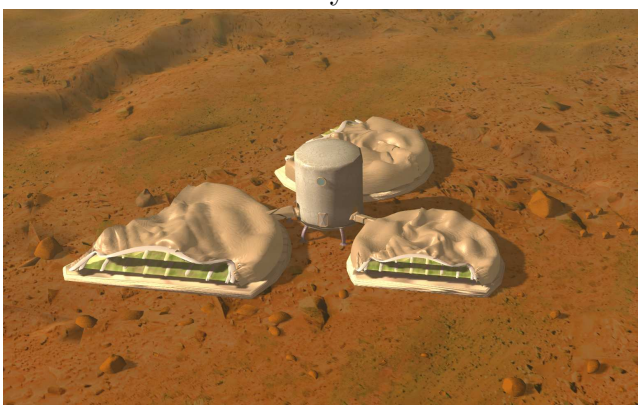
Rys.9. Otwarcie luk.

Otwierają się luki w których znajdują się zapakowane pozostałe moduły bazy, wykonane w konstrukcji pneumatycznej.



Rys.10. Rozwijanie.

Aby moduły pneumatyczne prawidłowo się rozwinęły, najpierw jest pompowany wysokim cieśnieniem tylko sam wieniec obwodowy.



Rys.11. Wyrównanie posadzki.

Posadzka jest wypoziomowana przy pomocy balonów z vectranu znajdującymi się

pomiędzy podłogą a gruntem (widoczne na wcześniejszej ilustracji). Każdy balon jest indywidualnie pompowany do odpowiedniego rozmiaru by dokładnie wypełnić przestrzeń pomiędzy kamieniami a poziomą posadzką.

Rys.12. Prawie gotowe.

W $5cm$ grubości komorę w podłodze wpompowywane pod ciśnieniem jest tworzywo, które po stwardnięciu będzie stanowiło poziomą podłogę bazy. Moduły są pompowane do odpowiedniego ciśnienia. Tutaj kończy się automatyczna praca. Kotwienie jest mocowane do gruntu przez człowieka, oraz moduł garażowy i warsztatowy również są dostawiane przez człowieka.

6.2. Instalacje wewnętrzne.

6.2.1. Instalacja przeciwpożarowa.

W każdym module pneumatycznym znajdują się dwa komplementarne systemy gaszenia pożaru. W zależności od stopnia i rodzaju zagrożenia uruchamiany jest tylko jeden z nich.

Wewnątrz przewodów instalacyjnych znajduje się przewód wentylacyjny, w razie pożaru przewodem tym wprowadzana jest para wodna o stężeniu 99%. System ten jest powszechnie stosowany na statkach, gdzie ważne jest aby nie stwarzać zagrożenia dla ludzi w trakcie gaszenia.

Druga możliwość gaszenia pożaru polega na ewakuacji ludzi z modułu, oraz wypompowania znajdującego się w nim tlenu. Służą do tego przewody regulujące ciśnienie modułów. Zamiast tlenu, do szczelnie zamkniętego modułu wprowadzany jest CO_2. Powłoki konstrukcji pneumatycznych wytrzymują krótkotrwałe działanie temperatury do 5000K.

W module centralnym znajdują się trzy systemy gaszenia pożaru: gaszenie mgłowe, oraz instalacja tryskaczowa. Gaszenie przy pomocy dwutlenku węgla jest tutaj stosowane jedynie w ostateczności, gdyż wykluczałoby to przebywanie załogi w module centralnym w trakcie gaszenia. Obecność ludzi w płonącym module centralnym jest oczywiście niepożądana, jednak nie można jej wykluczyć techniką gaśniczą, ponieważ moduł centralny stanowi jednocześnie ostatnią ostoję ratunkową, oraz jest punktem komunikacyjnym pomiędzy pozostałymi modułami.

Dodatkowo załoga wyposażona jest w niewielkie gaśnice rozmieszczone w strategicznych punktach stacji.

6.2.2. Wentylacja, klimatyzacja.

Wszystkie pomieszczenie na stacji są wentylowane oraz klimatyzowane. Wydzielone są osobne sekcje instalacyjne dla kabin, laboratoriów, chłodni, warsztatu, korytarzy i przestrzeni otwartych, oraz garażu. Cała wentylacja odbywa się na zasadzie nadmuchiwania powietrza do pomieszczeń czystych (kabina mieszkalna, laboratorium, siłownia, pomieszczenia open-plan) oraz odciągania brudnego powietrza z pomieszczeń brudnych (magazyny, łazienki). Dodatkowo w pomieszczeniach specjalnych (laboratoria, chłodnie) wentylacja odbywa się w obu kierunkach oraz powietrze jest filtrowane przez tzw. filtry absolutne. Wszystkie instalacje prowadzone są na dachach modułów, kratki wywiewowe znajdują się w sufitach, z wyjątkiech kratek nawiewowych pomieszczeń otwartych open-plan. Do tych pomieszczeń kanał wentylacyjny poprowadzony jest wzdłuż okna na podłodze, nadmuch odbywa się od dołu okien.

Obieg powietrza pełni jednocześnie rolę systemu odzyskiwania wody pitnej. W module agrokultury dzięki podwyższonej temperaturze oraz zbiornikowi wodnemu wilgotność jest znacznie większa niż w pozostałych modułach (dlatego wejście do moduły agrokultury jest wyposażone w śluzę klimatyczną). Z wilgotnego powietrza odciągana jest czysta woda przez kolektory pary wodnej.

Powietrze w obiegu jest stale filtrowane przez system podtrzymywania życia A.L.S. znajdujący się na najwyższym piętrze modułu centralnego. Wszelkie pyły oraz brudy są przechwytywane. Jednocześnie temperatura powietrza jest kontrolowana.

Temperatura jest również kontrolowana także przez ogrzewaną posadzkę. Na wysokości około $1.5m$ nad podłogą rozmieszczone są czujniki temperatury, wilgotności i składu powietrza. Po trzy w każdym module. czujniki te komunikują się radiowo z centralnym komputerem.

U góry modułów znajdują się podwieszone mieszacze powietrza które zwiększają ruch

mas powietrza wywołany obiegiem wentylacyjnym.

6.2.3. Obieg wody w modułach, odpady organiczne.

Magazyn wody znajduje się na środkowym piętrze modułu centralnego, w nim znajduje się czysta woda.

Woda może znajdować się w czterech stanach zabrudzenia: woda pitna (czysta, przegotowana), woda czysta (nieprzegotowana), woda brudna (wracająca z kuchni oraz laboratorium), woda bardzo brudna (wracająca z łazienek i toalet — może zawierać odpady stałe).

Do laboratoriów oraz do kuchni dostarczana jest woda bardzo czysta, przegotowana w systemie A.L.S. Do łazienek dostarczana jest woda czysta.

Wracająca woda brudna po przefiltrowaniu przez system A.L.S. jest kierowana do modułu agrokultury — do podlewania roślin, oraz do zbiornika wodnego.

Wracająca bardzo brudna woda jest wielokrotnie filtrowana w systemie A.L.S., włącznie z wykorzystaniem do tego celu bakterii i drobnoustrojów. Oddzielane są odpady stałe które następnie są kierowane do modułu agrokultury gdzie są pożytkowane jako nawóz dla roślin. Po tych operacjach woda jest kierowana do modułu agrokultury w charakterze wody brudnej.

6.2.4. Odpady stałe, nieorganiczne.

Oprócz stałych odpadów organicznych które służą jako nawóz, możliwa jest również produkcja odpadów stałych nieorganicznych. Ponieważ odpady te nie mogą być odzyskane, oznacza to ubytek całkowitej masy jaką posiada baza. Z tego względu straty te powinny być minimalizowane w stopniu największym z możliwych. Oznacza to że np. w toaletach nie może być stosowany jednorazowego użytku papier toaletowy, ponieważ kilkuletni zapas papieru toaletowego dla ośmiu osób nie zmieściłby się w module transportowym. Zamiast papieru toaletowego będą stosowane szmatki które po użyciu będą prane. Podobny problem dotyczy notatników — wszędzie gdzie tylko możliwe stosowane będą notatniki elektroniczne typu Palmtop lub PDA, gdyż notatniki w rodzaju ołówek + papier oznaczają ten sam problem który występuje przy papierze toaletowym.

Każdy możliwy aspekt powstawania odpadów nieorganicznych powinien zostać zastąpiony odnawialnym/niezużywalnym substytutem.

Oczywiście nie da się takich odpadów uniknąć, mogą to być np. bezpowrotnie zniszczone części samochodowe, lub zniszczony osprzęt bazy. Odpady takie będą w miarę możliwości mielone lub zgniatane w warsztacie następnie pakowane do worków i przechowywane

poza bazą na wyznaczonym do tego miejscu, nazwanym śmietnikiem. Co jakiś czas (średnio 1-2 lata) odpady ze śmietnika są ładowane na odlatujący statek (wracający na Ziemię) i po jego wykroczeniu poza atmosferę Marsa są wyrzucane. Śmieci spalają się spadając w atmosferze.

6.3. Technologia wnętrza.

6.3.1. Reaktor jądrowy, zasilanie.

Na najwyższym piętrze modułu centralnego, w pomieszczeniu maszynowni znajduje się elektrownia. jest to opracowany przez Japonię Mikro Rapid-L Reactor, o wymiarach $2 \times 3 \times 3$ metra. Został on zaprojektowany specjalnie z myślą o stosowaniu na Księżycu lub na Marsie, a przy okazji, jak zaznaczyli wynalazcy — reaktor można również stosować na Ziemi, trzymając go po prostu w domu w piwnicy (o ile oczywiście właściciela na to stać).

Reaktor oczywiście nie może stanowić jedynego źródła energii. Stacja wyposażona jest w szereg baterii magazynujących energię wystarczającą na roczne samodzielne przetrwanie, zakładając maksymalnie ograniczone zużycie energii. Do tego są również zapasowe baterie słoneczne, które w razie potrzeby można rozłożyć na terenie otaczającym bazę.

6.3.2. Sposób prowadzenia przewodów.

Wszelkie instalacje oraz przewody prowadzone są na sufitach pomieszczeń mieszkalnych. W module agrokultury wykorzystany jest płaski ruszt podwieszony do kopuły. Ruszt ten wisi ponad maszyną rolniczą, jest na nim zawieszone oświetlenie, or na nim są przewody doprowadzające wodę i prąd do maszyny rolniczej.

W śluzach wszystkie przewody prowadzone są sufitem, ze śluzy wchodzą one do moduły centralnego, wędrują na najwyższe piętro do pomieszczeń maszynowni oraz filtrów A.L.S.

6.3.3. Montaż ścianek działowych.

Ściany wewnętrzne są całkowicie przenośne i przemienne. Założenie modularności pozwala np. wziąć ścianę z kabiny mieszkalnej i zastosować ją jako fragment ściany laboratorium. Ściany są przypinane do podłogi na zamek, który to zamek można przykleić w dowolnym miejscu podłogi. Podobnie ściany są ze sobą spinane zamkiem błyskawicznym, oraz całość tak samo spinana jest z sufitem.

Ściana jest konstrukcją pneumatyczną, dmuchaną, na obwodzie panelu ściennego znajdują się belki pneumatyczne, które są napompowane pod wysokim ciśnieniem, wewnętrzna

powierzchnia panelu ściennego składa się szeregu komór które są wypełniane akustycznymi kulkami gulfibera. Średnica belek pneumatycznych wynosi $10cm$, grubość panelu wewnętrzenego wynosi $5mm$.

Cały pojedyńczy panel ścienny jest średnio wiotki. Dopiero po spięciu z pozostałymi panelami konstrukcja ścian nabiera sztywności.

Strop wykonany jest na podobnej zasadzie co ściany, z tą różnicą, że panel wewnętrzny to jest przezroczysty poliimid. Dzięki temu uzyskujemy doświetlenie pomieszczeń od góry.

6.4. Instalacje zewnętrzne.

6.4.1. Wieża nadawcza.

W niewielkiej odległości od stacji znajduje się wieża nadawczo - metereologiczna. Jest ona wykonana z rurek stalowych wkręconych w łączniki kulkowe. Wieża jest przymocowana do gruntu na takie same kotwy jak powłoki stacji.

Na wieży znajdują się anteny do komunikacji z Ziemią, radary, oświetlenie oraz kamery do obserwacji otaczającego terenu. Jest tam też aparatura do pomiaru składu atmosfery, mierzenia temperatury na różnych wysokościach na powierzchnią gruntu

6.4.2. Oświetlenie, obserwacja

Stacja otoczona jest źródłami światła oraz kamerami obserwacyjnymi. Urządzenia te posiadają baterie słoneczne, oraz ładowalne akumulatorki. Komunikują się z bazą drogą radiową, dzięki czemu kable nie są potrzebne. Gdy wyczerpie się energia w baterii lampy, wkładana jest nowa, naładowana bateria, a stara jest ładowana ponownie.

Kamery filmują stale otoczenie bazy, film następnie jest archiwizowany.

7. Wnętrza.

7.1. System modularny.

Całość wnętrz bazy jest zaprojektowana tak, by w razie awarii któregoś z modułów głównych, można było np. zamienić mieszkania na agrokulturę, a laboratoria połączyć z modułami mieszkalnymi. Oczywiście przy utracie któregokolwiek modułu, przestrzeń mieszkalna radykalnie spada i sytuacja jest awaryjna. Zamierzeniem takiego modularnego podejścia jest sprawienie by utrata któregoś modułu nie skończyła się tragicznie, a jedynie drastycznym zwiększeniem niewygody.

Dodatkowo modularny system daje możliwość przemeblowań bazy w locie, zależnie od zmieniających się potrzeb mieszkańców. Być może po 2 latach użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, budowla będzie mogła być dalej wykorzystywana, jednak w zupełnie innych celach.

7.2. Oświetlenie wewnętrzne.

Architektoniczne wypełnienie wnętrza modułu mieszkalnego zostało zrealizowane poprzez dodatkowe oświetlenie podwieszone pod powłoką kopuły (widoczne na przekroju modułu mieszkalnego). Dzięki temu załoga spożywając posiłek w jadalni nie będzie czuła się jak w studni, ale raczej jak w dużym pokoju dziennym.

Oświetlenie dodatkowe moduły agrokultury jest podwieszone do płaskiego rusztu podwieszonego $3m$ nad gruntem upraw.

Oświetlenie w module laboratoryjnym jest rozmieszczone w postaci podsufitowych lamp indywidualnie do każdego pomieszczenia.

Podobnie jest jest rozwiązane oświetlenie wszystkich zamkniętych pomieszczeń, są to energooszczędne lampy podsufitowe.

Głównym źródłem światła jest naturalne światło słoneczne, wpadające przez okna modułów. Pomieszczenia w modułach mają przezroczyste sufity z poliimidu, aby do nich

również wpadało światło.

7.3. Akustyka.

Aby zapewnić izolację akustyczną ścian zastosowane są kulki gulfibera (jedna kulka ma średnicę $3mm$) które wypełniają powierzchnię wewnętrzną panelów ściennych. W tym celu powierzchnia gruba na ok. $9mm$ jest podzielona na szereg komór, dzięki czemu niemożliwe jest nawarstwianie się kulek wewnątrz ściany. Ściana tak wyposażona daje izolację akustyczną porównywalną ze ścianką w konstrukcji drewnianej wypełnioną w środku warstwą waty, oraz obitej płytami gipsowymi. Zaletą takiej izolacji z kulek jest fakt że ściany wewnętrzne zachowują nadal swoją miękkość i można je zwijać bez problemu.

7.4. Zieleń.

Pokój dzienny modułu mieszkalnego jest rozdzielony donicami z zielenią. Donice te są umieszczone na niewielkich wózkach na kółkach, dzięki temu można te donice przestawiać w dowolne miejsce przestrzeni wspólnej, i tym samym zależnie od potrzeb tą przestrzeń aranżować. Oprócz tego pod ścianami stoi kilka donic z roślinami, które rzadziej będą ruszane z miejsca.

8. Środki bezpieczeństwa.

8.1. Droga ewakuacji.

Generalne rozplanowanie układu wokół modułu centralnego, będącego punktem do którego należy się ewakuować, sprawia że droga ewakuacji jest krótka. Dodatkowo aby drogę tę podkreślić jest ona oświetlona słabymi energooszczędnymi lampkami zasilanymi z osobnego źródła energii, oraz z wbudowanym wewnętrznym akumulatorkiem, który przy przerwie dostawy prądu pozwala lampce żarzyć jeszcze przez conajmniej godzinę.

Ostatecznym miejscem schronienia jest najwyższe piętro modułu centralnego, znajduje się tam kokpit do komunikacji z ziemią, zapasowe kombinezony do wyjścia na zewnątrz. Jest tam też niewielka łazienka, i zapasy konserwowej żywności które pozwolą w ekstremalnych warunkach przetrwać załodze do czasu nadejścia pomocy.

8.2. Schron.

Schron na środkowym piętrze, otoczony warstwami wody oraz demronu służy do ochrony w czasie burz panujących na Słońcu. Burze słoneczne są prognozowane na 7 dni wprzód, więc załoga będzie miała dużo czasu aby na taką okoliczność (trwającą zwykle kilka godzin) dobrze się przygotować. W schronie znajduje się również niewielki pulpit, którym można kontrolować sterownię znajdującą się piętro wyżej.

8.3. Zabezpieczenia przeciwpożarowe.

Opisane w rozdziale 6.2.1 instalacja przeciwpożarowa stanowi główne zabezpieczenie w razie pożaru. Ponieważ pożar jest praktycznie najgroźniejszym wrogiem „wewnętrznym” należy dopilnować ni tylko aby był szybko zgaszony, ale aby w ogóle nie wybuchł.

Poliimid jest materiałem trudno palnym, dodatkowo, w żadnym miejscu oprócz laboratorium nie jest przewidziane występowanie wolnego ognia. W kuchni znajdują się

kuchenki elektryczne. Ogień palący się w laboratorium oczywiście musi być pod stałym nadzorem. Iskrzenia przewodów elektrycznych są wyeliminowane na tyle na ile technologia pozwala przy pomocy ekranowania przewodów oraz bezpieczników.

9. Zastosowanie w warunkach Ziemskich

Powyższy projekt stacji badawczej na Marsie można z powodzeniem wykorzystać jako prototyp stacji badawczej na Ziemi w warunkach ekstremalny - czy to w wysokich górach, na pustyni, czy też na biegunach polarnych. Jednocześnie, przy niewielkich modyfikacjach funkcjonalnych można zamienić taką budowlę w rodzaj awaryjnego domu, który można zrzucić z helikoptera w strefie klęski żywiołowej, takiej jak np. powódź.