Politechnika Wrocławska

PRACA DYPLOMOWA

BAZA NA MARSIE
(BASE ON MARS)

autor:
Magdalena Maria Górska

promotor:
Dr Marcin Brzezicki

Wydział Architektury

Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej
Kierunek: Architektura i Urbanistyka
Specjalność: Architektura

PRACA DYPLOMOWA

BAZA NA MARSIE
(BASE ON MARS)

autor:
Magdalena Maria Górska

promotor:
Dr Marcin Brzezicki

Data złożenia pracy:
Luty 2007

Słowa kluczowe:
Mars
Kolonizacja innych planet
Eksploracja kosmosu

Przedmiotem pracy dyplomowej jest koncepcyjny projekt architektoniczny bazy na Marsie. Baza została umieszczona w kraterze, oddzielonym od warunków zewnętrznych transparentną powłoką unoszoną naturalną różnicą ciśnień. Cześć pomieszczeń umieszczona jest pod powierzchnią terenu w wydrążonych komorach, pozostałe, częściowo zagłębione w stokach, wybudowane są przy użyciu lokalnych materiałów, powstających z przetworzenia pyłu marsjańskiego.

1 Przedmiot opracowania

„Albo też istnieją światy podobne do naszego, tu i ówdzie rozrzucone po bezkresnej przestrzeni, na których inne istoty wpatrują się w niebo i zastanawiają się tak jak my, kto jeszcze oprócz nich żyje w tej ciemności."

Carl Sagan

Przedmiotem pracy dyplomowej jest koncepcyjny projekt architektoniczny bazy na Marsie.

Liczba mieszkańców bazy, dobrana na podstawie analiz, to 40 osób.

Baza została umieszczona w kraterze, oddzielonym od warunków zewnętrznych transparentną czterowarstwową powłoką, unoszoną naturalną różnicą ciśnień i wzmocnioną na rozciąganie kevlarem. Część pomieszczeń umieszczona jest pod powierzchnią terenu w wydrążonych komorach, pozostałe, częściowo zagłębione w stokach, wybudowane są przy użyciu lokalnych materiałów, powstających z przetworzenia pyłu marsjańskiego.

Baza posiada cztery główne strefy funkcjonalne: strefę techniczną (znajdującą się pod powierzchnią gruntu), strefę użytkowania wspólnego (poziom 0,00), strefę kwater mieszkalnych (umiejscowioną na tarasach) oraz strefę upraw. Strefa mieszkalna zajmuje wschodnie i zachodnie stoki, natomiast uprawy – południowe.

Charakterystyczną cechą kształtowanej przestrzeni jest to, że wszystkie funkcje, które nie wymagają wydzielenia (tj. prywatność mieszkańców), zostają przejęte przez plac wewnętrzny i przestrzenie wspólne - zmniejsza to zakres robót budowlanych i spaja bazę funkcjonalnie. Przestrzeń placu, doświetlona światłem naturalnym i osłonięta od warunków zewnętrznych, pełni rolę wielkiego, zielonego hollu komunikacyjnego oraz salonu, skupiającego życie społeczne. Kwatery prywatne zgrupowane są w większe zespoły wokół obszaru integrującego mieszkańców 3-4 jednostek. Tym samym zgrupowanie te tworzą układy zbliżone do domków jednorodzinnych.

Zieleń w bazie jest umieszczona na dachach, na tarasach oraz w strefie upraw i placu. Jedyne drzewo znajduje się na środku placu, stanowi symbol życia i pierwszego domu - Ziemi.

Baza ma możliwość stopniowego rozwoju w miarę wzrostu liczeby mieszkańców.

Opracowywany projekt jest przykładem rozwiązania pojedynczej bazy dostosowane do warunków krateru o konkretnych parametrach. W zamyśle autorki kolonizacja Marsa powinna odbywać się poprzez stworzenie całej sieci baz, większych i mniejszych (działających jak *polis*), i możliwości migracji między nimi. Jako następna część szerszego rozwinięcia zagadnienia kolonizacji Marsa (oprócz projektu bazy) autorka w formie szkiców stworzyła koncepcję jednostek mobilnych, umożliwiających przebywanie na dłuższe okresy czasu poza bazą i tworzenie lokalnych ich zgrupowań (społeczeństwo badawczo-wędrowne). Rozwój tego pomysłu do fazy projektu architektonicznego nastąpi w przyszłości.

„Somewhere, Something incredible is waiting to be know”

Carl Sagan

Spis treści:

1 Przedmiot opracowania 3
2 Wstęp 7
2.1 Tło zagadnienia 7
2.2 Cel i zakres Opracowania 8
3 Eksploracja kosmosu – omówienie możliwości i warunków 9
3.1 Cel eksploracji kosmosu 9
3.2 Możliwości eksploracji Układu Słonecznego 9
3.3 Omówienie warunków panujących na Marsie 10
3.3.1 Siła ciążenia 11
3.3.2 Atmosfera i Ciśnienie Atmosferyczne 11
3.3.3 Burze pyłowe 13
3.3.4 Temperatura i nasłonecznienie 13
3.3.5 Ukształtowanie powierzchni 15
3.3.6 Woda 16
3.3.7 Magnetosfera 19
3.3.8 Złoża 20
3.3.9 Naturalne Satelity 20
3.3.10 Badania Marsa 21
3.4 Literatura 23
4 Projekty i działania dotyczące eksploracji kosmosu 24
4.1 Werner von Braun (1912 –1977) 24
4.2 Koncepcja Gerarda O'Neilla 25
4.3 *Mars Direct* czyli Bezpośrednio na Marsa 25
4.4 Działania Mars Society 26
4.4.1 Marsjańskie Stacje Próbne na Ziemi - *The Mars Analogue Research Station* (MARS) 26
4.4.2 Budowa Jednostki Mieszkalnej HAB 27
4.5 Działania ESA 28
4.5.1 Stacja Concordia 29
4.6 Działania NASA 30
4.7 Działania Rosyjskiej Agencji Kosmicznej 31
4.8 Projekt Biosfera 2 32
4.8.1 Budowa kompleksu 33
4.9 Literatura 34
5 Inspiracje Architektoniczne 35
5.1 Konkurs *Self-Sufficient Housing* 35
5.2 Archigram 36
5.2.1 Plug-in city 36
5.2.2 Walking city 37
5.2.3 Plastic House 38
5.2.4 Capsule Home 38
5.2.5 Blow-up Village 39
5.3 Japońscy Metaboliści 40
5.4 Frei Otto 41
5.5 Paul Maymont 42
5.6 Joe Colombo 42
5.7 Literatura 43

6 Czynnik ludzki – zagadnienia psychologiczne 44
6.1 Wstęp 44
6.2 Potrzeby Ludzkie 44
6.2.1 Potrzeby niższego rzędu 44
6.2.2 Potrzeby wyższego rzędu 44
6.3 Izolacja budynku a kontrola społeczna 46
6.3.1 Jednostka zamknięta czy otwarta? 46
6.3.2 Kontrola społeczna 46
6.4 Związki międzyludzkie 46
6.5 Literatura: 47
7 Warunki fizyczne jakie powinny spełniać budynki przeznaczone na pobyt ludzi 48
7.1.1 Nasłonecznienie 48
7.1.2 Powietrze 48
7.1.3 Komfort cieplny 49
7.2 Literatura: 50
8 Obliczenia i analizy 51
8.1 Oszacowanie ilości mieszkańców 51
8.2 Oszacowanie zapotrzebowania na pożywienie i zapasy 52
8.3 Oszacowanie kubatury bazy 53
8.4 Modele bazy a utrata ciepła 54
8.4.1 Analiza przegród 56
8.4.2 Analiza typów bazy 57
8.4.3 Obliczenie sił działających na powłokę 58
8.4.4 Rośliny 59
8.4.5 Kratery 60
9 Opis Projektu 62
9.1 Założenia do projektu 62
9.2 Orientacja 63
9.3 Sytuacja 63
9.4 Etapy budowy 64
9.4.1 Etap 0 64
9.4.2 Etap 1 64
9.4.3 Etap 2 64
9.4.4 Etap 3 65
9.4.5 Etap 4 65
9.4.6 Etap 5 65
9.5 Rozwiązania architektoniczne 66
9.5.1 Strefy funkcjonalne 66
9.6 Rozwiązania techniczne 71
9.6.1 Technologia budowania – Materiały 71
9.6.2 Źródła energii 72
9.6.3 Ochrona przed zimnem i promieniowaniem 73
9.6.4 Konstrukcja drzwi 73
9.6.5 Meble 74
9.6.6 Kolorystyka 74
9.6.7 Budowa powłoki 74

2 Wstęp

„Wędrowcami byliśmy od początku ...Wszak należymy do gatunku, który z podstawowych powodów biologicznych – potrzebuje granic, aby je przekraczać”

Carl Sagan

2.1 Tło zagadnienia

Obecnie wiele instytucji min. NASA (ang. *National Aeronautics and Space Administration)*, ESA (*European Space Agency)*, Towarzystwo Marsjańskie (*Mars Socjety*), grupa *Mars Underground* oraz wielu pasjonatów eksploracji kosmosu, prowadzą prace związane z załogowymi wyprawami na inne ciała niebieskie. Za kolejny cel po osiągnięciu Księżyca uważa się Marsa. Dysponujemy technologią, która pozwala na realizację tego celu. Powstało wiele projektów. Głównymi zagadnieniami poruszanymi przez naukowców, w wypadku misji załogowych, jest zapewnienie bezpieczeństwa astronautom, ochrona ich przed promieniowaniem, skutkami braku grawitacji i spełnienie wszystkich wymogów technicznych gwarantujących w jak największym stopniu niezawodność misji. Powszechnie uważa się że elementem kluczowym w powodzeniu jest człowiek i jego kondycja psychiczna. W wyniku ograniczeń jakie stawiają rakiety i ich nośność wszystkie elementy zawarte w jednostce mieszkalnej, w której przebywają astronauci są projektowane na zapewnienie minimum umożliwiającego funkcjonowanie ludzi i poprawne wykonywanie zadań. Nie są to warunki sprzyjające dobremu samopoczuciu, odbiegają one w dużym stopniu od sytuacji, którą moglibyśmy nazwać komfortową, dodatkowo astronauci nie mają możliwości jej odmiany.

Większość projektów misji załogowych na Marsa przewiduje, że w pierwszej fazie badania planety, załoga będzie mieszkać w takich samych warunkach jak w przestrzeni kosmicznej (jednostkach HAB). Jest to pomysł uzasadniony ze względów technicznych.

Badania opracowań projektów misji załogowych na Marsa, zainspirowały autorkę do rozmyślania nad zagadnieniem jego kolonizacji i warunków w jakim mogą mieszkać przyszli osadnicy. Czy w momencie gdy zaistnieje potrzeba bardziej intensywnego zasiedlenia Marsa ludzie będą musieli przebywać w tych samych nie komfortowych warunkach, na które są skazani w przestrzeni kosmicznej. Czy pierwsze, większe osiedla ludzkie muszą mieć postać połączonych ze sobą metalowych modułów kosmicznych? Jak zaprojektować przestrzeń życiową pierwszych osadników tak, aby stała się ona nowym domem, bezpieczną i ludzką przestrzenią.

Przebywając na powierzchni planety mamy dostęp do możliwości, które nie daje nam przestrzeń kosmiczna.

2.2 Cel i zakres Opracowania

Celem pracy jest stworzenie środowiska na Marsie, przeznaczonego na pobyt ludzi, które byłoby bezpieczne, przyjazne w odbiorze, dopasowane do skali człowieka i jego potrzeb, dalece odmienne od zapewnienia minimum.

W zakres opracowania wchodzą szerokie badania i analizy mające na celu odpowiedzenie między innymi na poniższe pytania:

- Jakie własności środowiska marsjańskiego możemy wykorzystać w projekcie tak aby jak najmniej przywieść z Ziemi?
- Jakie warunki panują na planecie, przed czym mamy się chronić?
- Co z dotychczasowych osiągnięć nauki, techniki, architektury możemy wykorzystać?
- Jakie warunki powinna spełniać przestrzeń przeznaczona na pobyt ludzi?
- Jaka powinna być skala założenia i zakres funkcjonalny aby stworzone środowisko działało prawidłowo?

Obliczenia i analizy służą również weryfikacji niektórych pomysłów i określeniu, czy są one możliwe do zrealizowania (przynajmniej w zakresie teoretycznym) bądź nie.

3 Eksploracja kosmosu – omówienie możliwości i warunków

3.1 Cel eksploracji kosmosu

Na świecie istnieje ogromna rzesza naukowców i pasjonatów, którzy zajmują się tematem eksploracji kosmosu i innych planet, widząc w tym naturalny rozwój i ewolucję naszego gatunku, a także nowe możliwości poznania nas samych i świata w którym żyjemy. Poniżej zostały przedstawione najważniejsze argumenty opowiadające się za i przeciw owym działaniom. Obie opinie są uzasadnione.

Argumenty za:

- Zagrożenie kolizji z innymi ciałami niebieskimi
- Inne planety, a także planetoidy, mogą stanowić prawie niewyczerpane złoża surowców, których na Ziemi powoli zaczyna brakować lub występują w małych ilościach (np. deuter)
- Korzyści dla ziemian wynikające z nowych technologii kosmicznych
- Zaspokojenie ludzkiego pragnienia odkrywania

Argumenty przeciw:

- Pieniądze przeznaczone na eksploracje kosmosu można przeznaczyć na badania odnawialnych źródeł energii oraz na to aby zaradzić naglącym problemom, z którymi boryka się ludzkość obecnie.
- Obawa zakażenia naszej planety przez nieznane drobnoustroje.
- Zagrożenia dla ludzkiego życia spowodowane promieniowaniem kosmicznym, którego duże dawki mogą prowadzić do śmierci astronautów.
- W kosmosie możemy napotkać niebezpieczeństwa, o których teraz nie mamy jeszcze pojęcia.

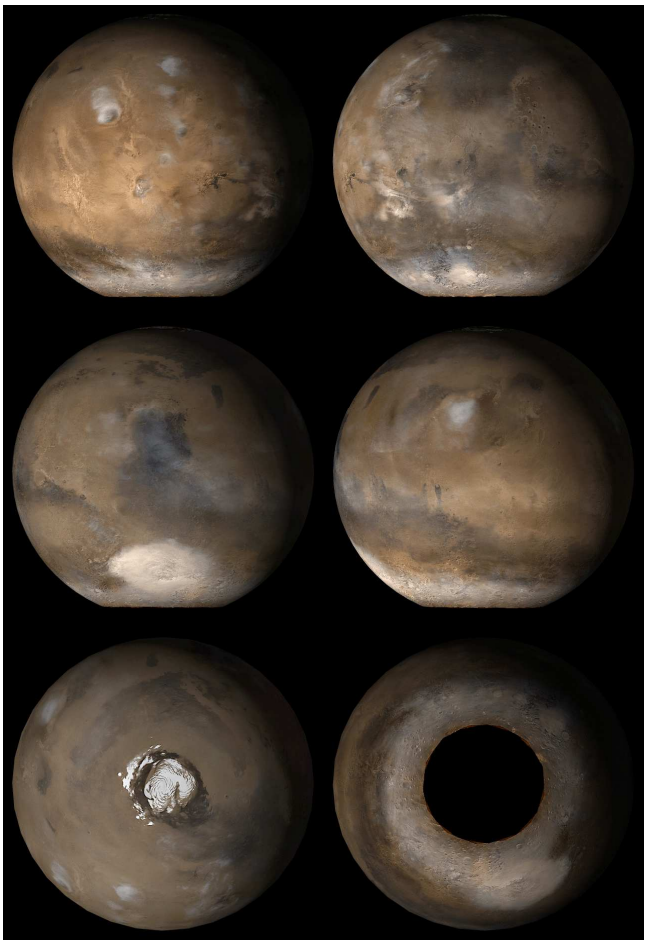
Gdy mówimy o kolonizacji kosmosu, nie mamy doczynienia ze zwykłą migracją ludzi. Przestrzeń kosmiczna jest miejscem nieprzyjaznym człowiekowi, w której bez odpowiedniego sprzętu nie mógłby przeżyć. Przemierzenie tego oceanu jest ogromnym wyzwaniem, ale niesie również za sobą wiele niebezpieczeństw. Śledząc historię ludzkości można z całą pewnością stwierdzić, że mimo tego, człowiek prędzej czy później podejmie to wyzwanie.

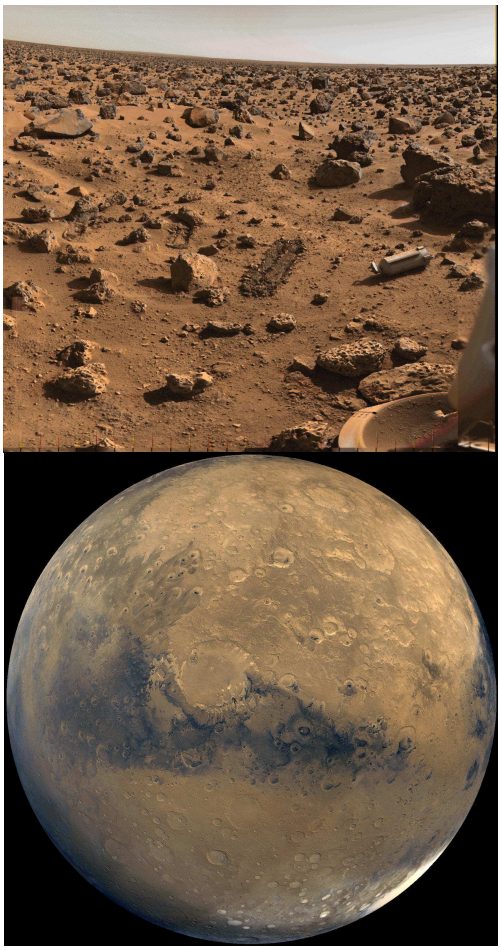
3.2 Możliwości eksploracji Układu Słonecznego

Na możliwość eksploracji w przyszłości wskazuje się głównie Marsa i to jego traktuje się jako drugi cel załogowej misji (po Księżycu). Ponadto przewiduje się również wysłanie misji załogowych na planetoidy (w celu wydobywania złóż) oraz księżyce planet olbrzymów. Mars jest preferowany przede wszystkim dlatego, że znajduje się stosunkowo blisko Ziemi i bliżej słońca niż pozostałe wymienione obiekty. Ponadto warunki klimatyczne i geologiczne na Marsie są stabilne i najbardziej przyjazne człowiekowi ze wszystkich planet Układu Słonecznego poza Ziemią.

3.3 Omówienie warunków panujących na Marsie

Mars jest najbardziej podobny do Ziemi z planet Układu Słonecznego. Kąty nachylenia orbity Marsa i Ziemi różnią się nieznacznie, jako wynik tego posiada on podobne do Ziemskich pory roku z tym, że na czerwonej planecie trwają one prawie dwa razy dłużej ze względu na okres obiegu Marsa wokół Słońca (który wynosi 1,88 Ziemskiego roku gwiezdnego). Doba na Marsie trwa niewiele więcej niż ziemska - liczy 24 godziny, 36 minut i 35 sekund. Mars ze względu na swoją masę ma mniejsze przyciąganie grawitacyjne i II prędkość kosmiczną (tzn. łatwiej oderwać się od jego powierzchni niż w przypadku Ziemi), dzięki czemu bardziej korzystne i prostsze, a co za tym idzie tańsze jest eksplorowanie dalszej części Układu Słonecznego (np. planetoid) z Marsa.





	Mars	Ziemia
Okres obrotu	1,025 957 d (24 h 36 min)	23 h 56' 41"
Rok gwiazdowy	686,9601 dni (1,8808 lat)	365,25696 dni (1,0000191 lat)
Przyspieszenie grawitacyjne na równiku	3,69 m/s² (0,376 g)	9,780 m/s² (0,99732 g)
Nachylenie osi planety	25,19°	23,439281°
Ciśnienie atmosferyczne	0,7-0,9 kPa	100 kPa
Temperatura powierzchni	min. 113 K śred. 210 K maks.	min. 185 K śred. 287 K

	293 K	maks. 331 K
Prędkość ucieczki	5,027 km/s	11,186 km/s
Przeciętna średnica	6779,85 km (0,532 Ziemi)	12 745,591 km
Powierzchnia	1,448×108 km² (0,284 Ziemi)	510 065 284,702 km²
Masa	6,4185×1023 kg (0,105 Ziemi)	5,9736×1024 kg
Średnia odległość od Słońca	227 936 637 km 1,523 662 31 AU	149 597 887 km 1,00000011 AU
Satelity naturalne	2	1

Rys. Porównanie cech charakterystycznych planet Marsa i Ziemi. Opracowanie: Autorka
Źródło: www.wikipedia.org

3.3.1 Siła ciążenia

Ciążenie grawitacyjne na powierzchni planety stanowi tylko 1/3 przyśpieszenia ziemskiego. Obecność ciążenia sprawia, że nie występują w tak dużym stopniu negatywne skutki jakich doświadczają astronauci w próżni (demineralizacja kości, zmiana składu krwi, obniżenie ciśnienia krwi).

3.3.2 Atmosfera i Ciśnienie Atmosferyczne

Mars ma cienką atmosferę o ciśnieniu 0,6-0,9% ziemskiego. Składa się ona w 95% z dwutlenku węgla, w 2,7% z azotu a w 1,6% z argonu. Znajdują się w niej również śladowe ilości tlenu, tlenku węgla i pary wodnej. Atmosfera ta w pewnym stopniu ochrania powierzchnię przed promieniowaniem kosmicznym i słonecznym, nie jest ona jednak na tyle silna by utrzymywać ciepło na planecie (nie występuje efekt cieplarniany), tak więc ogrzana za dnia powierzchnia oddaje bardzo szybko ciepło nocą.

	Mars	**Ziemia**
Ciśnienie Atmosferyczne	0,7-0,9 kPa	100 kPa
Dwutlenek Węgla	**95,32%**	0,05%
Azot	2,7%	**78,1%**
Argon	1,6%	0,9%
Tlen	0,13%	20,9%
Para wodna	0,03%	0,05%
Inne	0,22%	śladowe ilości

Rys. Porównanie atmosfery Marsjańskiej i Ziemskiej. Opracowanie: Autorka.

Chociaż udział procentowy wody w powietrzu marsjańskim jest tysiąckroć mniejszy niż na Ziemi - niewielka jej ilość potrafi skondensować się tworząc chmury. Mars kiedyś miał najprawdopodobniej gęstą atmosferę. Jedna z teorii mówi, że zaczęła ona się rozpraszać, wskutek wiązania CO_2 do skał marsjańskich.

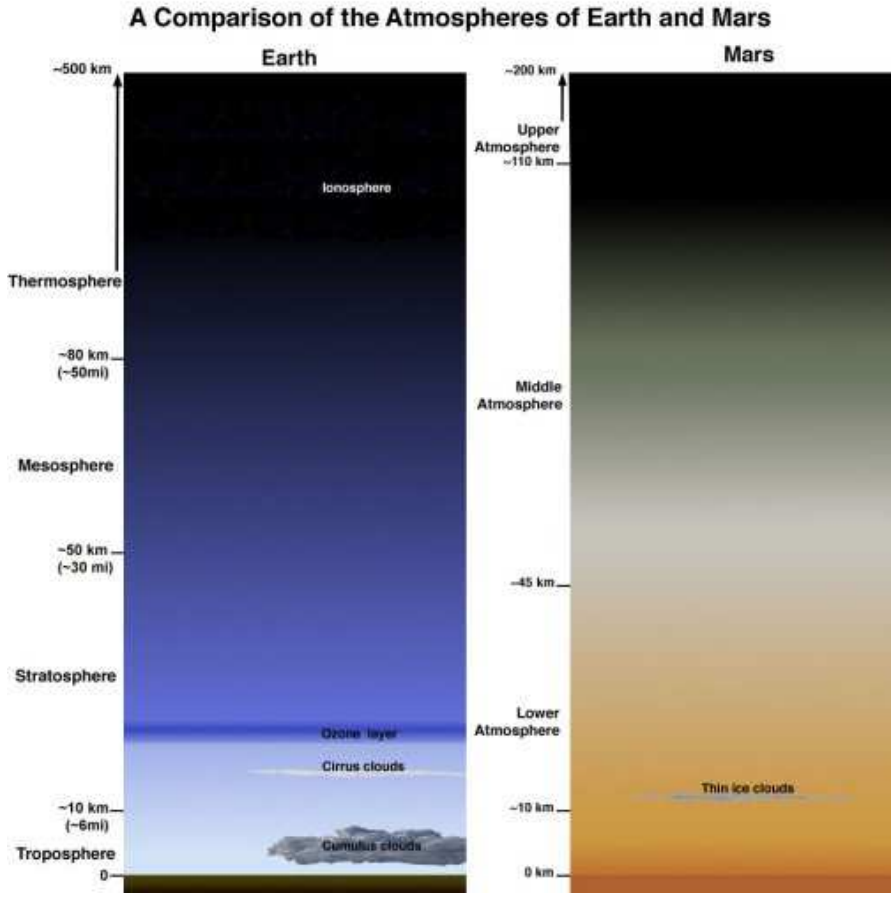
Atmosferyczne ciśnienie na Marsie jest o wiele za niskie aby mógł przeżyć w nim człowiek bez skafandra ciśnieniowego, skafander ten nie musi być jednak aż tak ciężki jak skafander służący do spacerów w przestrzeni kosmicznej.

Przestrzeń mająca służyć człowiekowi powinna mieć przynajmniej ciśnienie takie jakie jest stosowane na statkach kosmicznych (34,5 kPa = 5psi) o składzie 7 części tlenu, 3 części gazu buforowego. Tlen można uzyskać z wody, natomiast gaz buforowy (azot i argon) z atmosfery.

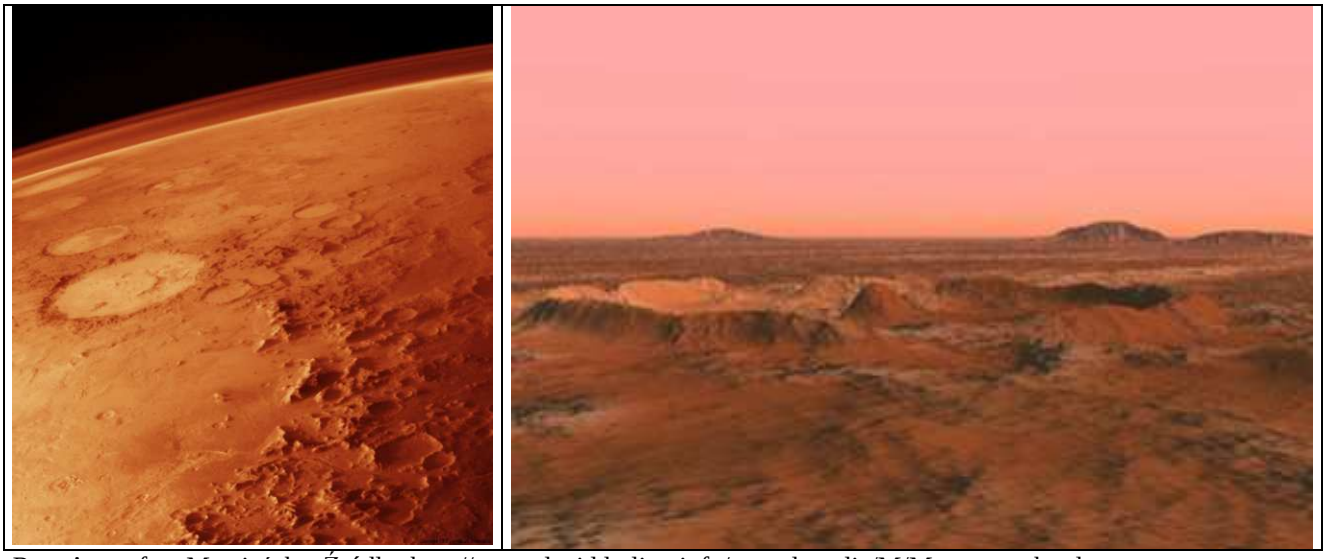
Mimo że ciśnienie atmosferyczne jest tak niskie, częściowe ciśnienie dwutlenku węgla na powierzchni jest 52 razy silniejsze niż na Ziemi, co wspomoże uprawę roślin. Ciśnienie marsjańskie spada wraz z oddalaniem się od powierzchni o wiele wolniej niż na Ziemi, wynosi ono w dolnych warstwach atmosfery tyle ile na macierzystej planecie na wysokości ok. 30km – są to warunki, w których mogą poruszać się samoloty.

Niskie ciśnienie na powierzchni ma też pozytywne aspekty, różnica ciśnień między środowiskiem mieszkalnym a atmosferą sprawi, że konstrukcja w naturalny sposób będzie się podnosiła, dążąc do wyrównania ciśnienia.

Niebo na Marsie jest różowego koloru o odcieniu łososiowym, co spowodowane jest niesionym wiatrem drobinek pyłu.



Rys. Porównanie atmosfery Marsa i Ziemi.
Źródło: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/Marsatmos.html



Rys. Atmosfera Marsjańska. Źródło: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/Marsatmos.html

3.3.3 Burze pyłowe

Ze względu na to, że Mars ma eliptyczną orbitę na półkuli południowej dochodzi do skrajnych wahań temperatury (półkula północna ma łagodne pory roku). W trakcie marsjańskiego lata duża część dwutlenku węgla, wiązana w trakcie zimy w regolit, wyparowuje, powodując wzrost ciśnienia atmosferycznego nawet o 12% na półkuli północnej w przeciągu paru miesięcy. Skutkiem tego jest powstanie silnych wiatrów, które unoszą ze sobą duże ilości pyłu. Burze pyłowe rozpoczynają się z nadejściem lata na półkuli południowej, następnie przesuwają się na północ planety, w okresie jesieni cichną. Zdarza się, że obejmują całą planetę ale również są takie lata, kiedy nie występują prawie wcale . Na półkuli północnej można spodziewać się przejrzystego nieba podczas wiosny, lata i jesieni.

Burze pyłowe uniemożliwiają obserwacje planety z zewnątrz, natomiast na powierzchni planety małe ciśnienie atmosferyczne sprawia, że wiatry wiejące zazwyczaj z prędkością 50-100 km/h, odpowiadają ziemskim słabym wiatrom o prędkości 5-10km/h. Choć planeta podczas burzy nie jest widoczna z orbity, widoczność na planecie nie zostaje poważnie ograniczona. Pył zmniejsza ilość światła docierającego do powierzchni podobnie jak chmury podczas zachmurzonego dnia na Ziemi (obserwator widzi otoczenie). Podczas typowej burzy pyłowej można oczekiwać spadku mocy baterii słonecznych o około 50%. Burze pyłowe są niebezpieczne dla obiektów, które mają duże powierzchnie w porównaniu z masą (balony, lądowniki na spadochronach).

3.3.4 Temperatura i nasłonecznienie

Mars jest o wiele zimniejszy niż Ziemia. Spowodowane jest to głównie bardzo cienką atmosferą, która nie jest wstanie utrzymać ciepła. Efektem tego są duże wahania temperatur w przeciągu roku i doby. Dodatkowo wahania temperatury i nasłonecznienia powodowane są eliptyczną orbitą planety. Temperatura powierzchni, podobnie jak na Ziemi, zależna jest od długości areograficznej, pory dnia i pory roku. Waha się w granicach od -125^{o}C w nocy na biegunach do prawie 30^{o}C w dzień na równiku.

Ponieważ Mars jest bardziej oddalony od słońca niż Ziemia, dociera do niego jedynie 44% energii słonecznej, docierającej do Ziemi czy Księżyca, natomiast dzięki zbliżonemu

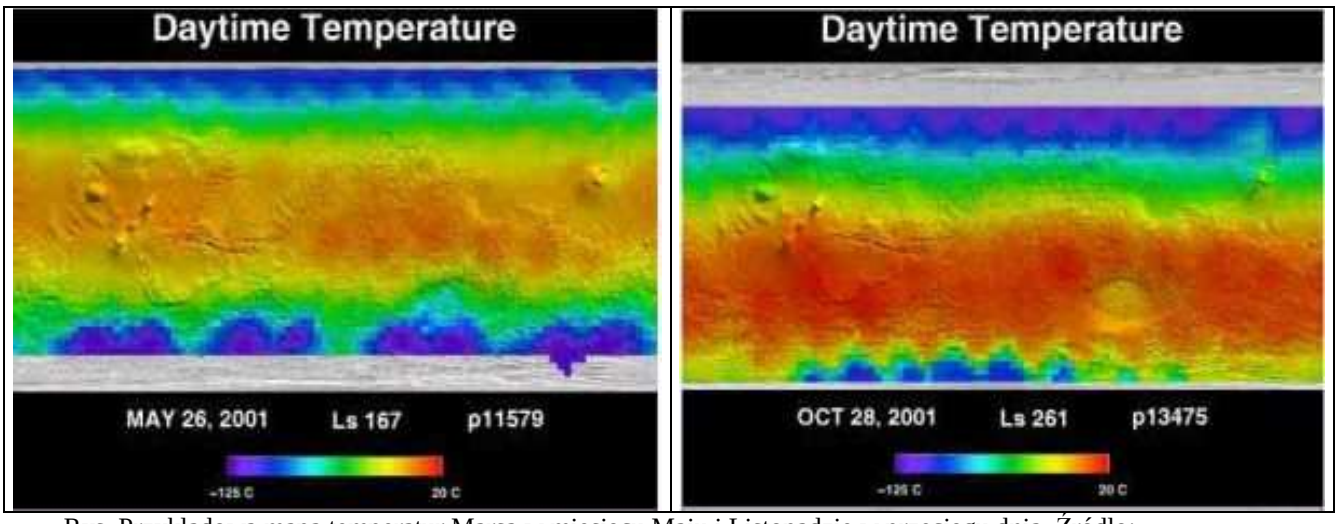
nachyleniu osi obu planet, kąt padania promieni słonecznych na Ziemi i na Marsie dla analogicznych długości areograficznych będzie podobny.

Szerokość Areogr,	Sty 2001	Mar 2001	Maj 2001	Lip 2001	Wrz 2001	Lis 2001	Sty 2002	Mar 2002	Maj 2002	Lip 2002	Wrz 2002	Lis 2002
Równik 0^o	-10	5	10	-15	0	10	20	15	15	-5	-10	-10
$22,5^o$	5	5	5	-40	-35	0	5	5	5	0	5	5
45^o	5	-10	-25	-65	-70	-60	-70	-40	-40	-10	10	10
$67,5^o$	-30	-40	-70	-100	-100	-100	-90	-100	-100	-60	-40	-40
Biegun PN 90^o	-50	-70	-100	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-100	-60

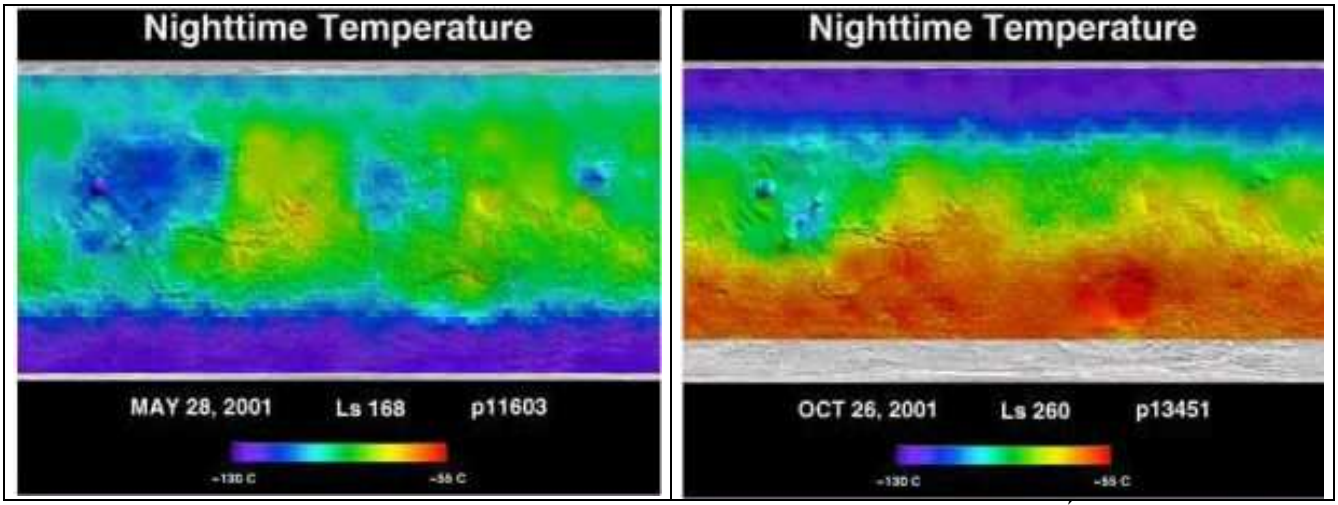
Rys. Średnie temperatury w ciągu dnia, które wystąpiły na Marsie w latach 2001, 2002 (jeden rok marsjański).
Opracowanie: Autorka na podstawie http://tes.asu.edu/

Szerokość Areogr,	Sty 2001	Mar 2001	Maj 2001	Lip 2001	Wrz 2001	Lis 2001	Sty 2002	Mar 2002	Maj 2002	Lip 2002	Wrz 2002	Lis 2002
Równik - 0^o	-105	-105	-80	-55	-60	-70	-75	-80	-90	-90	-105	-105
$22,5^o$	-90	-105	-80	-65	-80	-90	-95	-100	-105	-90	-95	-90
45^o	-85	-90	-90	-90	-95	-95	-105	-110	-105	-80	-80	-80
$67,5^o$	-80	-85	-100	-110	-115	-115	-120	-120	-115	-90	x	x
Biegun PN 90^o	x	x	-110	-120	-125	-130	-130	-130	-125	x	x	x

Rys. Średnie temperatury w ciągu nocy, które wystąpiły na Marsie w latach 2001, 2002 (jeden rok marsjański) .
Opracowanie: autorka na podstawie http://tes.asu.edu/



Rys. Przykładowa mapa temperatur Marsa w miesiącu Maju i Listopadzie w przeciągu dnia. Źródło: http://tes.asu.edu/

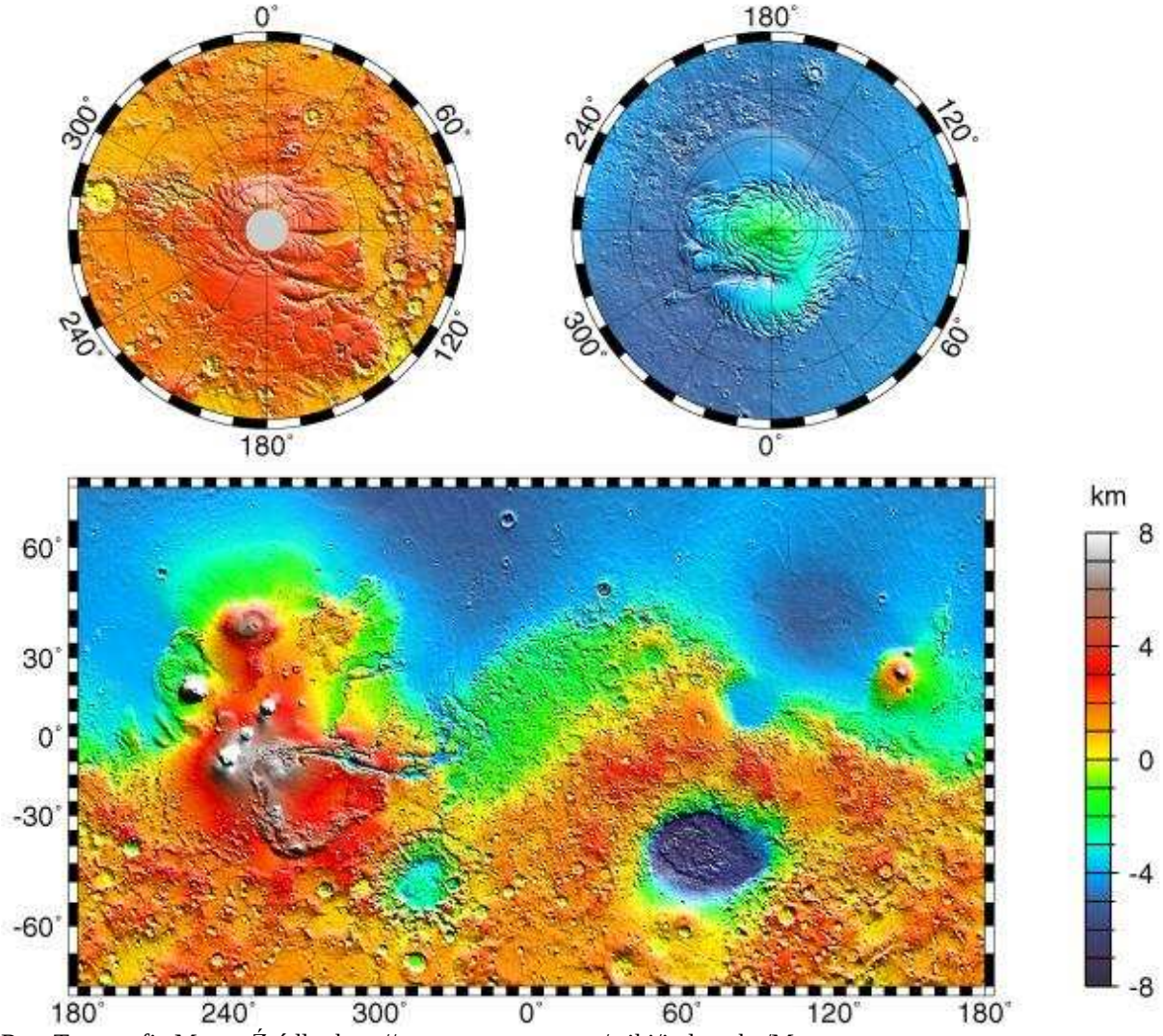


Rys. Przykładowa mapa temperatur Marsa w miesiącu Maju i Listopadzie w przeciągu nocy. Źródło: http://tes.asu.edu/

3.3.5 Ukształtowanie powierzchni

Mars jest podzielony na dwie części linią biegnącą około 50 stopni względem równika planety. Na północ od tej linii znajdują się równiny, wyrównane przez wylewy lawy. Na południu znajdują się regiony górskie, podziurawione i pełne kraterów pozostałych po dawnych uderzeniach. W rezultacie na powierzchni Marsa widzianej z Ziemi można wyróżnić dwa rodzaje powierzchni, różniące się jasnością. Jaśniejsze równiny pokryte pyłem i piaskiem, bogatym w czerwonawe tlenki żelaza, były kiedyś uważane za marsjańskie "kontynenty", czego świadectwem są nazwy tych struktur - *Arabia Terra* (Ziemia Arabska), *Amazonis Planitia* (Równina Amazońska). Ciemne obszary uważano za morza, stąd też ich nazwy takie, jak *Mare Erythraeum* (Morze Erytrejskie), *Mare Sirenum* (Morze Syren) i *Aurorae Sinus* (Zatoka Zórz).

Czapy polarne Marsa zawierają zamarzniętą wodę i dwutlenek węgla. Ich wygląd zmienia się wraz z porami roku . Wygasły wulkan tarczowy *Olympus Mons* (Góra Olimp), o wysokości 27 kilometrów, jest najwyższym wzniesieniem w Układzie Słonecznym. Wraz z kilkoma innymi dużymi wulkanami zajmuje rozległy wyżynny obszar nazywany *Tharsis*. Na Marsie, nieco na południe od równika i równolegle do niego, znajduje się również największy w Układzie Słonecznym system kanionów – *Valles Marineris* (Dolina Marinera - ze względu na Marinera 9, który go odkrył) o długości ok. 4000 km, maksymalnej szerokości ok. 400 km i głębokości 7 kilometrów. Na powierzchni Marsa licznie występują kratery będące śladami uderzeń meteorytów. Największym z nich jest *Hellas Planitia* (Basen Hellas), pokryty piaskiem o jasnoczerwonej barwie.

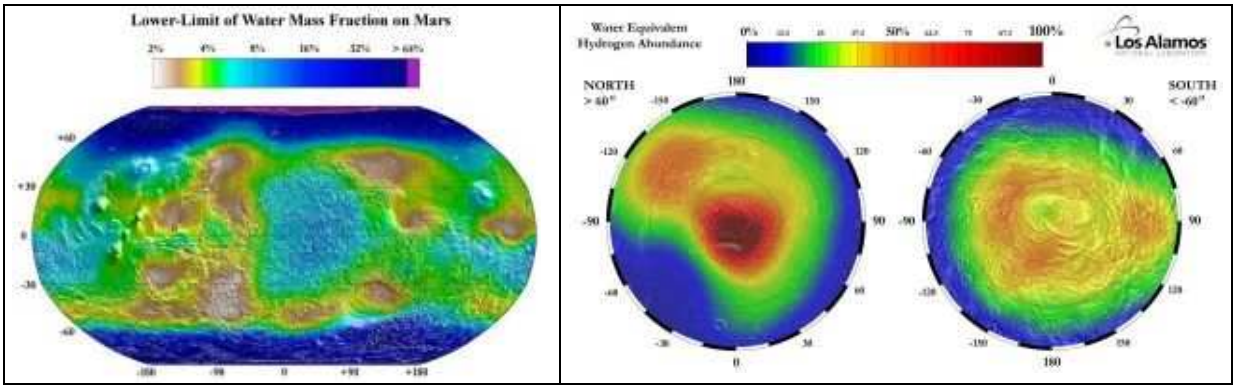


Rys. Topografia Marsa. Źródło: http://www.newmars.com/wiki/index.php/Mars

3.3.6 Woda

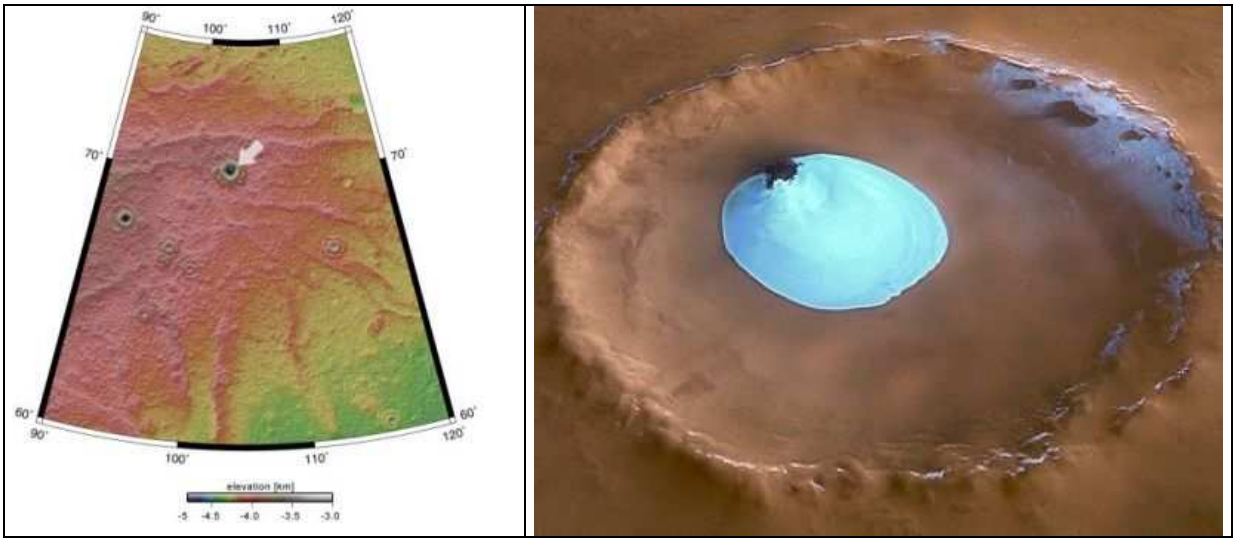
Mars znajduje się w tej części Układu Słonecznego, w której obecność wody w stanie ciekłym jest możliwa. Zbyt niskie ciśnienie atmosferyczne sprawia jednak, że nie będzie ona występować w stanie ciekłym. Ostatnie obserwacje wykonane przez *Mars Exploration Rovers* (NASA) i *Mars Express* (ESA) dowodzą obecności wody w postaci zmarzliny (*Mars Express* badał grunt 10 metrów w głąb). Europejska Agencja Kosmiczna poinformowała, że w miejscach występowania zamarzniętej wody, piasek pomieszany jest z lodem i tworzy substancję przypominającą raczej beton niż zwykłą piaszczystą glebę.

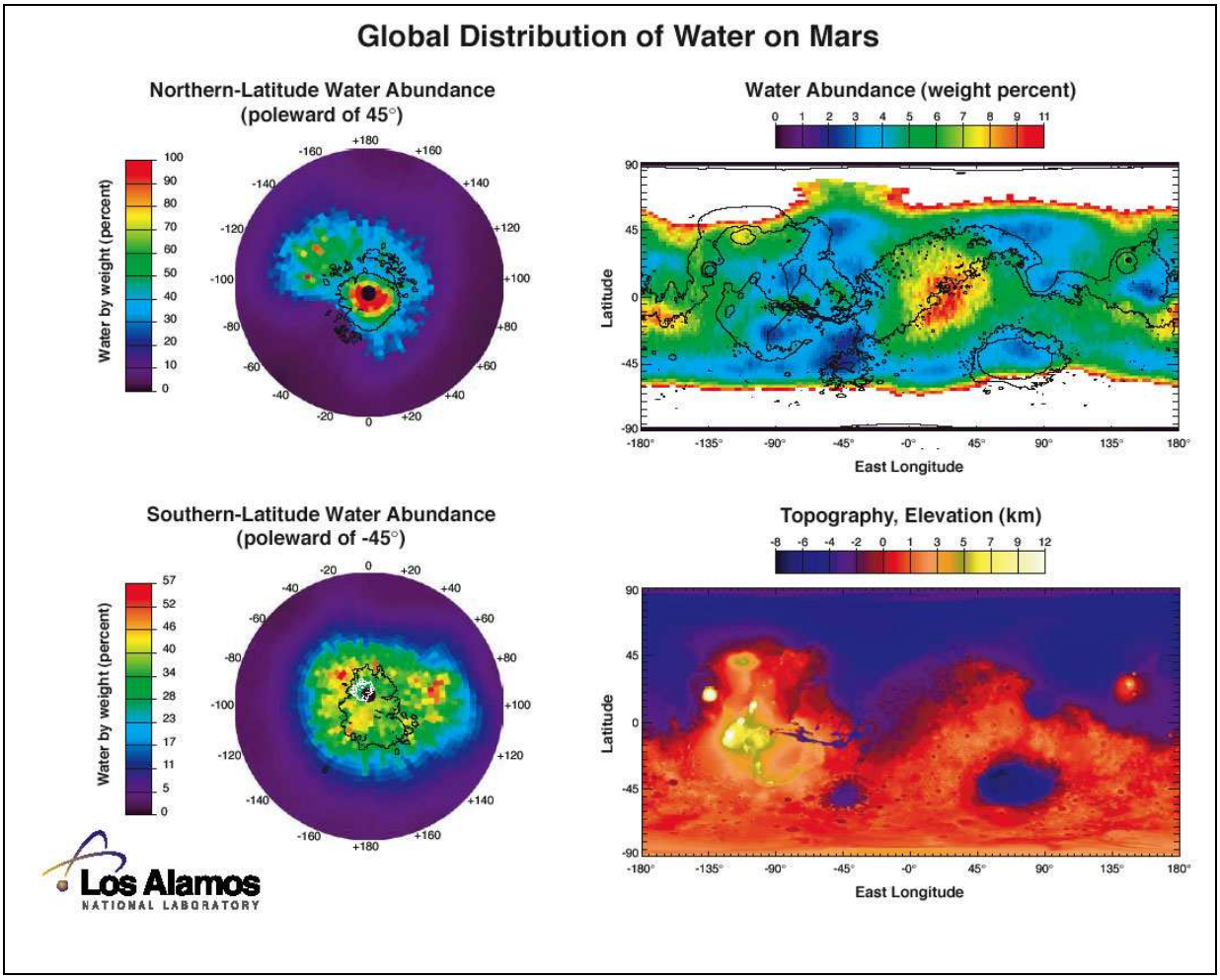
Najwięcej lodu wodnego znajduje się na biegunach, a szczególnie na biegunie północnym, w którym zawartość procentowa dochodzi nawet do 100%. Na pozostałej części planety rozłożenie tych zasobów jest nierównomierne, sięgając miejscami 11%. W niektórych przypadkach zasoby odkryto kilkadziesiąt a nawet kilkanaście centymetrów pod powierzchnią gruntu.



Rys. Mapa wody na Marsie
Źródła: http://www.newmars.com/wiki/index.php/Water_on_Mars
http://www.aerospaceweb.org/question/astronomy/q0230.shtml

Wykonane przez sondę *Mars Express* 2 lutego 2005 roku zdjęcie przedstawia 35 kilometrowy krater, w którym przez cały rok utrzymuje się łacha wodnego lodu. Zamarznięta woda jest uwięziona w niewielkim nie posiadającym nazwy kraterze uderzeniowym, który znajduje się na równinie *Vastatis Borealis* na północnych szerokościach Marsa. Współrzędne krateru to 70,5 stopni szerokości północnej i 103 stopnie długości wschodniej. Izolowane łaty wodnego lodu znajdujące się poza biegunami, takie jak to jezioro, nie są częstym widokiem. Lodowe jezioro utrzymuje się przez cały rok, gdyż temperatury i ciśnienie nie pozwalają na jego wyparowanie do atmosfery.


Rys. Krater w którym sonda Mars Express (ESA) 2 lutego 2005 odkryła jezioro wodnego lodu.
Źródło: http://www.esa.int



Rys. Mapa wody na Marsie sporządzona na podstawie wyników misji NASA.
Źródło: http://www.spaceref.com/news/viewnews.html?id=740

3.3.6.1 Promieniowanie

Słońce jest największym źródłem promieniowania kosmicznego w Układzie Słonecznym. Innymi źródłami są: centrum naszej galaktyki i otoczki gwiazd supernowych. Promieniowanie kosmiczne na planecie jest o wiele niższe niż w przestrzeni kosmicznej. Wynika to z tego że: sama planeta chroni przed nim od dołu, w atmosferze następuje częściowe pochłanianie, odbicie i rozproszenie promieniowania, a dodatkowo jeśli planeta posiada pole magnetyczne to odgina ono linie promieniowania kosmicznego.

Mars nie ma pola magnetycznego a jego atmosfera jest o wiele cieńsza niż ziemska, dlatego promieniowanie kosmiczne na powierzchni Marsa będzie o wiele wyższe niż na Ziemi. Obecność atmosfery chroni jednak w znacznym stopniu przed rozbłyskami słonecznymi.

W przestrzeni kosmicznej astronauta nie korzystający z żadnej osłony podczas rozbłysku słonecznego, narażony jest w ciągu paru godzin na dawkę kilku tysięcy mSv (dawka śmiertelna dla człowieka to 5000mSv = 5 Sv).

Na Ziemi maksymalna dawka równoważna promieniowania, ponad tło naturalne, przy jakiej narażenie radiacyjne jest uznawane za bezpiecznie małe to 1 mSv/rok (dawniej było to 5 mSv/rok). Dla ludzi zawodowo narażonych na promieniowanie jonizujące jako dawkę graniczną przyjmuje się 50 mSv/rok. (Na Marsie wartość promieniowania 60-90 mSv).

Wynika z tego że dawki bezpieczne, jakie może otrzymywać człowiek w przeciągu roku razem z promieniowaniem kosmicznym wynoszą 3,36-4,5 mSv/rok, a dla ludzi zawodowo narażonych na promieniowanie 52,36 mSv –54,5 mSv.

	Powierzchnia Ziemi	Powierzchnia Marsa	Przestrzeń Kosmiczna (misja Apollo)
Skuteczna dawka promieniowania kosmicznego/rok	2,36 mSv – 3,5 mSV	60-90 mSv = 0,06-0,09Sv	438mSv = 0,438Sv

Rys. Porównanie promieniowania kosmicznego na powierzchni Ziemi, Marsa i w przestrzeni kosmicznej. Opracowanie: Autorka

Materiałem najlepiej pochłaniającym szkodliwe promieniowanie jonizujące jest woda (pochłanianie 95%, 5% odbijanie). Kolejnymi dobrymi izolatorami jest: śnieg (85% odbija, 10% pochłania a 5% pozwala przeniknąć) oraz piasek i ziemia (pochłaniają 70%)

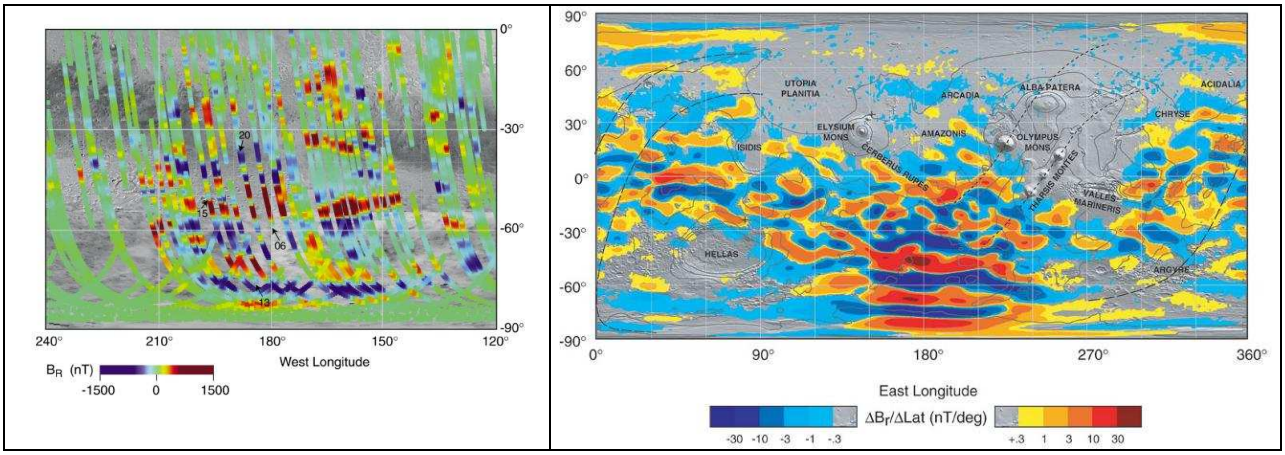
Dawka w mSv	Skutki natychmiastowe	Skutki opóźnione
Ponad 10000	Natychmiastowa śmierć.	-
6000-10000	Słabość, mdłości, wymioty i rozwolnienie.	Śmierć w ciągu ok. 10 dni.
2500-6000	Mdłości, wymioty i rozwolnienie, utrata włosów, osłabienie, złe samopoczucie, wymioty , krwawienia.	3 - 5 tygodni po napromieniowaniu, na skutek m.in. niedoboru leukocytów, do 50 % wzrasta śmiertelność.
1500-2500	Mdłości i wymioty 1. dnia. Rozwolnienie i możliwe oparzenia skóry. Potem pozorna poprawa w ciągu 2 tygodni. Poronienia, śmierć zarodka lub płodu.	Osoby o złym zdrowiu przed napromieniowaniem mogą nie przeżyć. Zdrowi dorośli powracają do stanu normalnego po ok. 3 miesiącach, ale mogą mieć trwale uszkodzone zdrowie.
500-1500	Ostra choroba popromienna i oparzenia, ale lżejsze niż przy większej dawce. Poronienia, narodziny martwych płodów.	Mniej ostre uszkodzenia tkanki. Możliwe uszkodzenia genetyczne w potomstwie, łagodne lub złośliwe nowotwory, przedwczesne starzenie się, skrócone życie.
100-500	Większość osób doznaje niewielkich lub żadnych bezpośrednich skutków. Czułe osoby mogą dostać choroby popromiennej.	Skutki przejściowe w limfocytach i neutrofilach. Przedwczesne starzenie się, skutki genetyczne i niewielkie ryzyko wystąpienia nowotworów.
0-100	-	Przedwczesne starzenie się, łagodne mutacje w potomstwie, niewielkie ryzyko wystąpienia nowotworów. Skutki genetyczne, uszkodzenia zarodka lub płodu.

Rys. Prawdopodobne skutki napromieniowania

3.3.7 Magnetosfera

Na Marsie nie występuje globalne pole magnetyczne podobne do ziemskiego, które by chroniło planetę przed wiatrem słonecznym. Planeta posiada natomiast słabe pole magnetyczne o lokalnym charakterze, którego największą aktywność zauważamy pomiędzy 240-120 stopniem długości areograficznej a 0-90 stopniem szerokości południowej. Obserwacje dokonane przez sondę *Mars Global Surveyor* wykazały, że w skorupie planety znajdują się na przemian położone pasma o przeciwnej biegunowości magnetycznej, o szerokości przeważnie ok. 160 km i długości ok. 1000 km. Podobne struktury można znaleźć

na dnie ziemskich oceanów. Istnienie pasm jest dowodem występowania w przeszłości ruchów tektonicznych płyt, a to jest przesłanką świadczącą o tym, że w przeszłości na Marsie istniało dipolowe pole magnetyczne, generowane ruchem płynnego jądra.



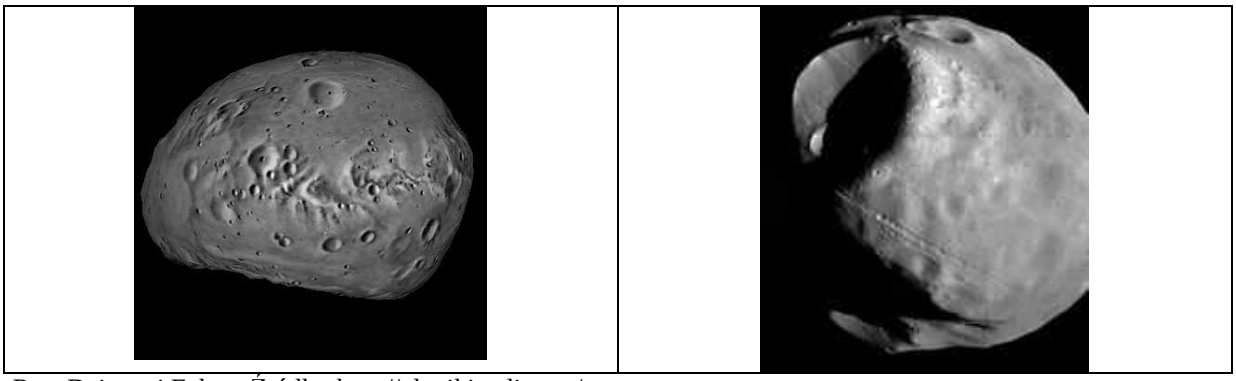
Rys. Pole Magnetyczne Marsa.
Źródła: http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02008, http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/Sect19_13.html

3.3.8 Złoża

Na Marsie atmosfera i planeta posiadają zasoby mogące służyć do podtrzymywania życia (złoża węgla, azotu, wody) oraz rozwoju cywilizacji technicznej (żelazo, krzem, deuter - stężenie pięciokrotnie większe niż na ziemi). Robert Zubrin szacuje, że pierwszym materiałem wyprodukowanym na powierzchni marsa będzie cegła marsjańska i beton (powstały ze zmieszania gruntu z wodą). W późniejszym czasie można rozpocząć produkcję tworzyw sztucznych.

3.3.9 Naturalne Satelity

Mars ma dwa księżyce, które są o wiele mniejsze od ziemskiego i poruszają się bliżej planety, Fobos i Deimos. Są to niewielkie ciała niebieskie o nieregularnych kształtach, będące prawdopodobnie przechwyconymi przez Marsa planetoidami. Fobos, ma średnicę 22,2 km i obiega planetę w odległości 9387 km, natomiast mniejszy - Deimos - ma średnicę jedynie 12,6 km, a promień jego orbity jest równy 23,400 km. Fobos i Deimos mogą być użyteczne do testowania technologii później wykorzystywanych do eksploracji planetoid, w stosunku do których Mars jest bliżej położony niż Ziemia.


Rys. Deimos i Fobos. Źródło: http://pl.wikipedia.org/

3.3.10 Badania Marsa

Mars jest po Ziemi najlepiej zbadaną w Układzie Słonecznym planetą. Badania jego powierzchni za pomocą sond rozpoczęły się w lipcu 1965, kiedy to dotarły do Ziemi pierwsze zbliżenia wykonane przez sondę Mariner-4. Chociaż nie wszystkie misje zakończyły się sukcesem, to nasza wiedza o tej planecie stale wzrasta.

Misja	Kraj	Data startu	Cel	Wynik
Nienazwana	ZSRR	10 10 1960	Przelot obok Marsa	Nieudany start
Nienazwana	ZSRR	14 10 1960	Przelot obok Marsa	Nieudany start
Nienazwana	ZSRR	24 10 1962	Przelot obok Marsa	Wejście tylko na orbitę okołoziemską
Mars 1	ZSRR	1 11 1962	Przelot obok Marsa	Awaria nadajnika 106 milionów km od Ziemi
Nienazwana	ZSRR	4 111962	Przelot obok Marsa	Wejście tylko na orbitę okołoziemską
Mariner 3	USA	5 11 1964	Przelot obok Marsa	Osłona nieodrzucona
Mariner 4	USA	28 11 1964	Udany przelot obok Marsa 14 lipca 1965	Nadesłane 21 zdjęć
Zond 2	ZSRR	30 11 1964	Przelot obok Marsa	Udany przelot, awaria nadajnika uniemożliwiła uzyskanie jakichkolwiek danych
Mariner 6	USA	24 02 1969	Udany przelot obok Marsa 31 lipca 1969	Nadesłane 75 zdjęć
Nienazwana	ZSRR	27 03 1969	Orbiter	Nieudany start
Mariner 7	USA	27 03 1969	Udany przelot obok Marsa 5 sierpnia 1969	Nadesłane 126 zdjęć
Nienazwana	ZSRR	2 04 1969	Orbiter	Nieudany start
Mariner 8	USA	8 05 1971	Wejście na orbitę	Zniszczony podczas startu
Kosmos 419	ZSRR	10 05 1971	Lądownik	Wejście tylko na orbitę okołoziemską
Mars 2	ZSRR	19 05 1971	Orbiter oraz lądownik, wejście na orbitę Marsa 27 listopada 1971	Nie nadesłał danych, lądownik zniszczony
Mars 3	ZSRR	28 05 1971	Orbiter oraz lądownik, wejście na orbitę Marsa 3 grudnia 1971	Dane i zdjęcia. Urtata łączności z lądownikiem po 20 sekundach.
Mariner 9	USA	30 05 1971	Orbiter na orbicie od 13 listopada 1971 do 27 października 1972	Nadesłał 7329 zdjęć
Mars 4	ZSRR	21 07 1973	Orbiter	Przelot obok Marsa 10 lutego 1974
Mars 5	ZSRR	25 07 1973	Orbiter, osiągnął orbitę Marsa 12 lutego 1974	Utrata łączności po kilku dniach
Mars 6	ZSRR	5 08 1973	Orbiter oraz lądownik, osiągnął orbitę Marsa 12 marca 1974	nadesłał małą ilość danych
Mars 7	ZSRR	9 08 1973	Orbiter oraz lądownik, osiągnął orbitę Marsa 9 marca 1974	nadesłał małą ilość danych
Viking 1	USA	20 08 1975	Orbiter oraz lądownik, na orbicie od 19 czerwca 1976 do 1980, lądownik od 20 lipca 1976 do 1982	Obydwie misje nadesłały wspólnie ponad 50000 zdjęć
Viking 2	USA	9 09 1975	Orbiter oraz lądownik, na orbicie od 7 sierpnia 1976 do 1987, lądownik od 3 września 1976 do 1980	Obydwie misje nadesłały wspólnie ponad 50000 zdjęć
Fobos 1	ZSRR	7 07 1988	Orbiter oraz lądownik Mars/Fobos	Stracony w drodze na Marsa w sierpniu 1988

Fobos 2	ZSRR	12 07 1988	Orbiter oraz lądownik Mars/Fobos	Stracony w marcu 1989 w pobliżu Fobosa
Mars Observer	USA	25 09 1992	Orbiter	Stracony przed osiągnięciem celu 21 sierpnia 1993
Mars Global Surveyor	USA	7 11 1996	Orbiter, wszedł na orbitę 12 września 1997	Obecnie w trakcie misji
Mars 96	Rosja	16 11 1996	Orbiter i lądowniki	stracony podczas startu
Mars Pathfinder	USA	4 12 1996	Lądownik i łazik, wylądował 4 lipca 1997	Ostatnia transmisja 27 września 1997
Nozomi (Planet-B)	Japonia	4 07 1998	Orbiter, obecnie na orbicie dokoła Słońca	Nieudane wejście na orbitę 14 grudnia 2003
Mars Climate Orbiter	USA	11 12 1998	Orbiter	Stracony podczas próby wejścia na orbitę 23 września 1999
Mars Polar Lander/Deep Space 2	USA	3 01 1999	Lądowniki mające badać rejon bieguna południowego	Stracone podczas lądowania 3 grudnia 1999
Mars Odyssey	USA	7 04 2001	Orbiter	Obecnie w trakcie misji
Mars Express	ESA	2 06 2003	orbiter i lądownik Beagle 2	Orbiter obecnie w trakcie misji Beagle 2 zniszczony podczas lądowania
Spirit	USA	10 06 2003	łazik	obecnie w trakcie misji
Opportunity	USA	8 07 2003	łazik	obecnie w trakcie misji
Mars Reconnaissance Orbiter	USA	12 08 2005	orbiter	obecnie w trakcie misji

Rys. Wszystkie misje wysłane w celu zdobycia informacji o Marsie.
Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Badania_Marsa

3.4 Literatura

[01] Harry McSween, „Od gwiezdnego pyłu do Planet”, Warszawa 1996
[02] Frank Shu, „Galaktyki- Gwiazdy- Życie. Fizyka Wszechświata”, Warszawa 2003
[03] Jacek Kruk, „Kusząca Czerwona Planeta”, Wiedza i Życie nr 8/2002
[04] Joahim Ekrutt, „Gwiazdy i Planety”, Warszawa1994
[05] Robert Zubrin, Richard Wagner, „Czas Marsa, dlaczego i w jaki sposób musimy skolonizować czerwoną planetę”, Warszawa 1997
[06] Carl Sagan „Błękitna kropka – człowiek i jego przyszłość w kosmosie”, Warszawa 1996
[07] http://pl.wikipedia.org/wiki/Mars
[08] http://pl.wikipedia.org/wiki/Ziemia
[09] http://pl.wikipedia.org/wiki/Badania_Marsa
[10] http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02008
[11] http://news.astronet.pl/news.cgi?4978
[12] http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/SEMGKA808BE_0.html
[13] http://www.nasa.gov/vision/universe/solarsystem/mgs-092005-imagesd.html
[14] http://tes.asu.edu/monitoringmars/index.html
[15] http://www.ifj.edu.pl/pop/DO_IFJ/ref_2002/bilski.pdf
[16] http://science.nasa.gov/ssl/pad/sppb/edu/magnetosphere/bullets.html
[17] http://www.nuclear.pl/index.php?dzial=encyklopedia&plik=index&id=dawki
[18] http://www.ratical.org/radiation/NRBE/NRadBioEffects.html

4 Projekty i działania dotyczące eksploracji kosmosu

„Stopniowo, po części na skutek utrudnionego kontaktu między ziemią a marsem, wytworzy się specyficzna marsjańska kultura, a z nią zarówno odmienne dążenia, jak i obawy związane z nowym środowiskiem, odmienna technika, odmienne problemy, i odmienne sposoby ich rozwiązywania, a następnie ... zacznie się kształtować świadomość kulturalnej i politycznej odrębności i niezależności od macierzystego świata”

Carl Sagan

4.1 Werner von Braun (1912 –1977)

Był niemieckim uczonym, jednym z czołowych konstruktorów rakiet i pionierów podboju kosmosu. Podczas wojny był nazistą należącym do SS. W 1958 roku został zatrudniony w nowopowstałej NASA stając się pierwszym dyrektorem centrum lotów kosmicznych *Marshall Space Flight Center* w Alabamie.

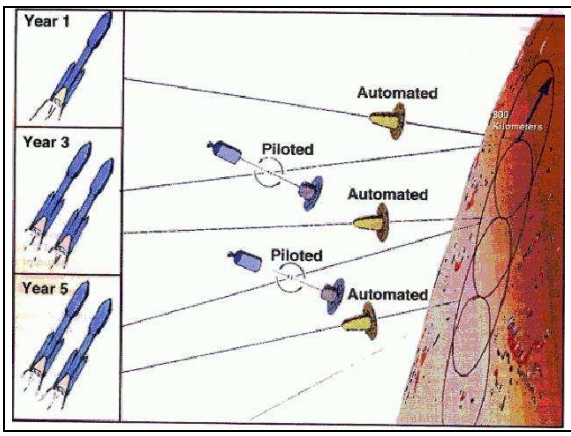
Von Braun wydał w roku 1953 książkę "*The Mars Project*". Omawiał on w niej w jaki sposób ludzkość może dotrzeć na Marsa. Według jego pomysłu wyprawa miała składać się z 10 statków o masie 3720 ton każdy i z siedmioosobową załogą każdy. Montaż i tankowanie statków miałoby się odbywać na orbicie przy użyciu flotylli 46 trzystopniowych wahadłowców o ciężarze startowym 6400 ton i nośności 39 ton (wahadłowiec Columbia wynosi na LEO 24 tony). Po zakończeniu montażu flotylla wyruszyłaby w 260-ciodniową podróż na Marsa. Po dotarciu tam załoga wylądowałaby w 3 "szalupach" aby przez 449 dni badać planetę. Następnie statki wróciłyby na Ziemię. Wyprawa trwałaby w sumie około 3 lat.

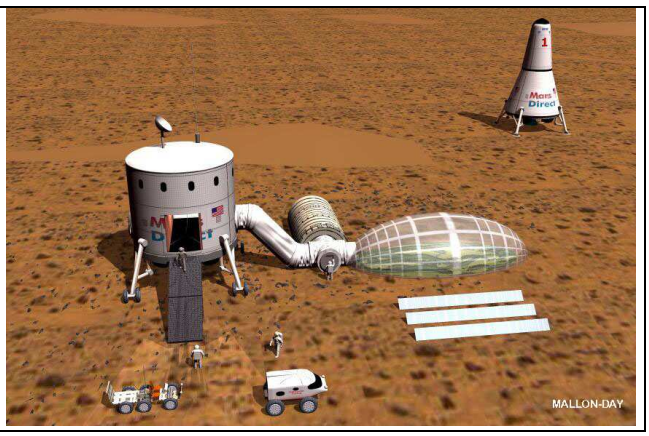
4.2 Koncepcja Gerarda O'Neilla

W latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku Profesor Fizyki Uniwersytetu w Princeton, Gerard O'Neill, (1927-1992) opublikował książkę pod tytułem *The High Frontier*. Przedstawiał w niej projekt wykorzystania zasobów z innych ciał niebieskich. Projekt ten zakładał budowę bazy na księżycu, orbitalnych promów, oraz wielkich wirujących wokół własnej osi kolonii ludzkich w punktach libracyjnych Lagrange'a. Dla wielu naukowców i amatorów, którzy tak jak on dopatrywali się ludzkiej przyszłości w kosmosie, jego prace były ogromną inspiracja i bodźcem do dalszych poszukiwań.

4.3 *Mars Direct* czyli Bezpośrednio na Marsa

Jedną z osób, która badała prace von Brauna i O'Neilla był Robert Zubrin (inżynier branży kosmicznej, współpracownik *NASA*, prezes amerykańskiego stowarzyszenia *National Space Society*). Opracował on we wczesnych latach 90 wraz ze swoimi współpracownikami z firmy Martin Marietta (wykonującej zlecenia dla NASA) własny pomysł na zdobycie Marsa. Projekt został nazwany *Mars Direct*. Głównym problemem, który zainspirował Zubrina do pracy, było to, że rzeczywista nośność rakiet w przypadku tak dalekich misji jest bardzo niska, co wynika z wagi paliwa jakie musi być wyniesione na orbitę (na podróż i powrót). Zaproponował on aby wykorzystać lokalne zasoby Marsa do produkcji paliwa, oraz tlenu (przy użyciu niewielkich ilości wodoru przywiezionych z Ziemi i dwutlenku węgla z atmosfery marsjańskiej). Wyeliminowałoby to konieczność tankowania na orbicie i budowania drogich stacji orbitalnych a umożliwiłoby bezpośredni start misji z powierzchni Ziemi.





Mars Direct zakłada półtoraroczny pobyt załogi na Marsie. W pierwszym etapie ma zostać wysłany na Marsa bezpośrednio z Ziemi bezzałogowy statek powrotny ERV (*Earth Return Vehicle*), wyposażony w instalację do wytwarzania metanu i tlenu z atmosfery marsjańskiej. Po wylądowaniu, w reakcji przywiezionego wodoru z dwutlenkiem węgla z atmosfery, instalacja zaczyna produkować wymienione związki (wodór + dwutlenek węgla -> metan + woda, woda -> elektroliza -> wodór + tlen). Po około 10 miesiącach wyprodukowana zostaje ilość paliwa potrzebna do powrotu na Ziemię oraz tlenu.

Kolejny etap misji to wysłanie na Marsa dwóch statków – pierwszego bezzałogowego ERV, takiego samego jak pierwszy, oraz drugiego w postaci modułu mieszkalnego HAB przenoszącego 4-6 osobową załogę, zapasy oraz ciśnieniowy pojazd terenowy MPV. Moduł mieszkalny wyląduje na Marsie w pobliżu statku powrotnego. Natomiast kolejny ERV rozpoczyna produkcję paliwa i tlenu dla następnej załogowej misji. W ten sposób wysyłając co dwa lata dwie rakiety, możnaby zapoczątkować kolonizacje tej planety w dość szybkim tempie. W etapie późniejszym program przewiduje utworzenie większych kolonii, poprzez połączenie kilku modułów mieszkalnych.

Po przedstawieniu projektu w NASA skonstruowano w firmie *Martin Marietta* urządzenie produkujące w opisany sposób paliwo i tlen. Działało ono bardzo dobrze i miało sprawność 94%. Dało to podstawy do myślenia o koncepcji Zubrina poważnie.

W 1992 roku NASA przyjęła pomysł *Mars Direct* dokonując w nim pewnych zmian i tworząc program *Mars-Semi Direct* (Niemal bezpośrednio na Marsa).

1998 roku Robert Zubrin założył Stowarzyszenie Marsjańskie *Mars Society* .

4.4 Działania Mars Society

Organizacja *Mars Society* stawia sobie za zadanie jak najszybsze doprowadzenie do wysłania załogowej misji na Marsa oraz kolonizacji czerwonej planety, przy wykorzystaniu obecnych technologii. Opracowywane są projekty jednostki mieszkalnej HAB., pojazdu służącego do przemieszczania się po powierzchni planety MPV - *Mars Pressurized Vehicle*, podzespołów, lekkich kombinezon dla astronautów. Wszystkie urządzenia są testowane w badawczych stacjach budowanych na powierzchni Ziemi.

4.4.1 Marsjańskie Stacje Próbne na Ziemi - *The Mars Analogue Research Station* (MARS)

Program marsjańskich stacji próbnych jest programem międzynarodowym, w którym naukowcy i ochotnicy mogą żyć i pracować tak jakby byli na Marsie. Służy to do przetestowania sprzętu, ludzkiej psychiki, dobranie składu załogi, a również stworzenia protokołów i procedur odpowiednich dla przyszłych misji.

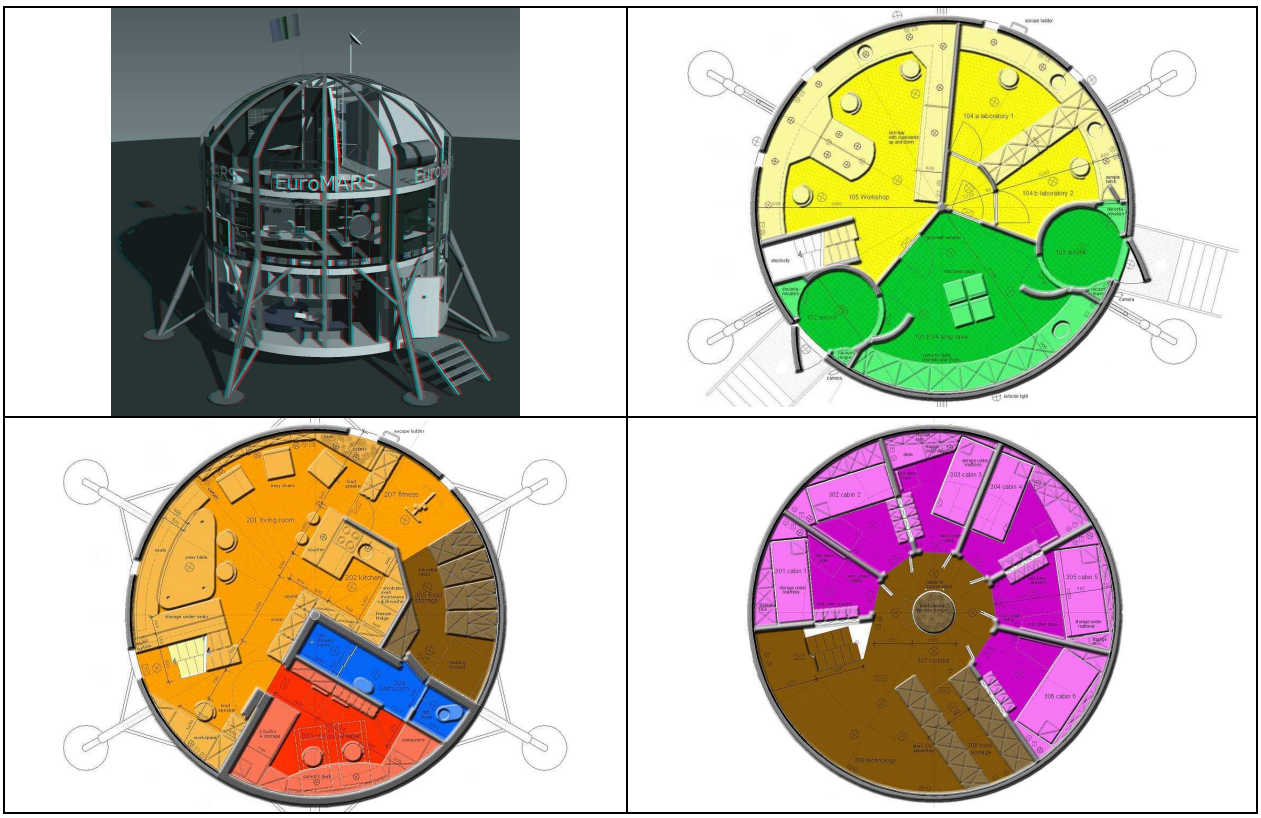
Obecnie powstały trzy takie stacje:

- W strefie arktycznej Kanady – *The Flashline Mars Arctic Reasaech Station*
- Na pustyni w Utah w Stanach Zjednoczonych *The Mars Desert Station*
- W Islandii *The European Mars Research Station*

4.4.2 Budowa Jednostki Mieszkalnej HAB

HAB Jest dwu lub trzy pokładowym obiektem służącym grupie od czterech do sześciu astronautów do pracy i życia. Jednostka taka ma kształt cylindra o średnicy 8 metrów i wysokości 9 lub 11 metrów. Jest wyposażona w indywidualne kwatery mieszkalne, wspólną przestrzeń życiową, małą kuchnię, przestrzeń do ćwiczeń, urządzenia sanitarne, przestrzeń do pracy, małe laboratorium, magazyn próbek, śluzę, oraz przestrzeń ubierania skafandrów umożliwiających przebywanie na powierzchni.

Zostało opracowanych wiele projektów HAB-ów. Jeden z najnowszych i najbardziej dopracowanych został zastosowany w *The European Mars Research Station* EMRS, która pełnej sprawności nabierze w 2007 roku. Projekt powstał dzięki współpracy członków *Mars Society* z Wielkiej Brytanii, Francji, Holandii, Włoszech, Belgii i Hiszpanii. W bazie EMRS znajdują się trzy kondygnacje. Najwyższa zawiera sześć kwater prywatnych i podręczny magazyn, główny pokład posiada centrum komunikacyjne, kuchnie, salę ćwiczeń, magazyn, przestrzeń wspólną służącą do pracy i wypoczynku oraz urządzenia sanitarne. Najniższy poziom to dwa małe laboratoria, przestrzeń napraw, przestrzeń dla lekarza, dwie śluzy powietrzne oraz magazyn skafandrów ze strefą ich ubierania.



4.5 Działania ESA

W roku 2001 *Europe Space Agency* ESA rozpoczęła realizację programu Aurora *Aurora Programme*. Głównymi zadaniami programu są:

- Eksploracja Układu Słonecznego i Kosmosu. Opracowanie długoterminowych planów eksploracji Układu Słonecznego obsługiwanej przez roboty a w późniejszym czasie załogowych.
- Poszukiwanie życia poza Ziemią. Misje badawcze mające za zadanie przetestowania czy poza Ziemią istnieje życie.
- Pobudzenie rozwoju nowych technologii. Chęć eksploracji kosmosu pobudza rozwój nowych technologii, natomiast nowe technologie sprawiają, że realizacja planów eksploracji staje się możliwa.
- Zainspirować nauką i technologią młodych ludzi z Europy

- Zainicjować współpracę z narodowymi agencjami kosmicznymi i organizacjami mogącymi udzielić pomocy w projekcie i jego realizacji.

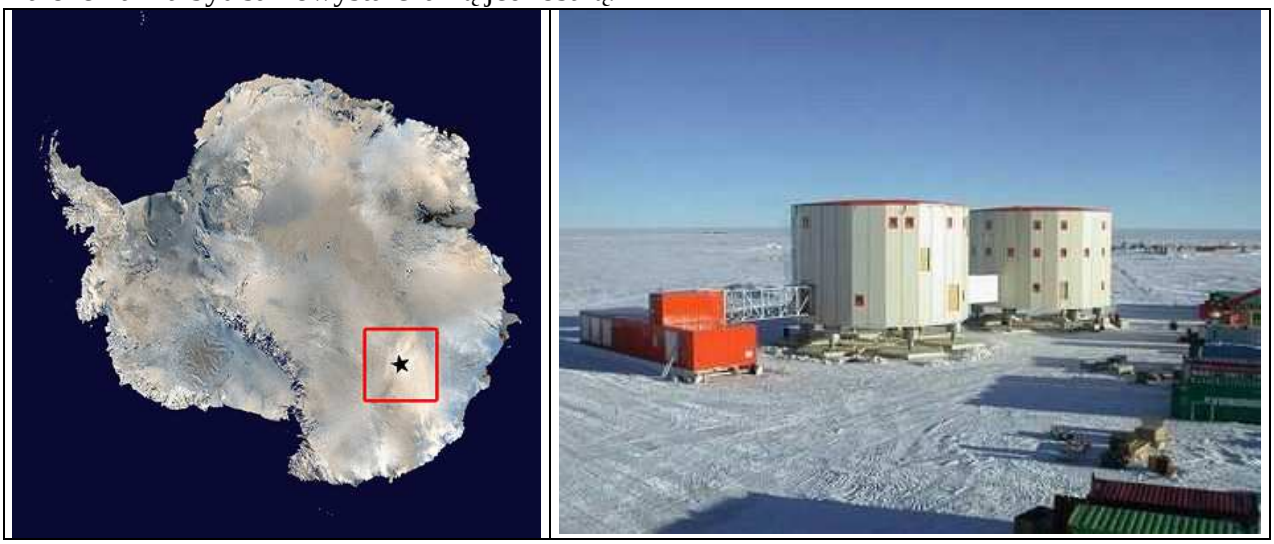
Program *Aurora* został oparty o zasadę krok po kroku naprzód *Step-by-step approach, o*znacza to że misja będzie dojrzewać i rozwijać się poszczególnymi etapami, aż do ok. roku 2030 kiedy wstępnie przewiduje się start misji załogowej. Obecne badania prowadzone są w celu zdobycia potrzebnej wiedzy i technologii do sprostania temu wyzwaniu. Etapy poprzedzające realizację misji załogowej mają na celu wyeliminowanie w jak największym stopniu ryzyka. Przewiduje się dokładne zbadanie czerwonej planety, eksplorację jej powierzchni za pomocą robotów, przywiezienie próbek gruntu i atmosfery, przetestowanie technologii na bezzałogowych misjach, różnego rodzaju badania natury psychologicznej oraz związane z funkcjonowaniem ludzkiego ciała w przestrzeni kosmicznej (np. stan kości, ciśnienie i skład krwi).

W najbliższej przyszłości zostaną zrealizowane bezzałogowe misje:

- *EXOMars* mająca na celu dokładniejsze zbadanie powierzchni i warunków panujących na Marsie. Realizację przewiduje się na 2014 rok.
- *Mars Sample Return Mission* - Misja opracowywana jest we współpracy z NASA, ma polegać na przywiezieniu z Czerwonej Planety próbek. Realizacja przewidziana jest na lata 2010-2020.

4.5.1 Stacja Concordia

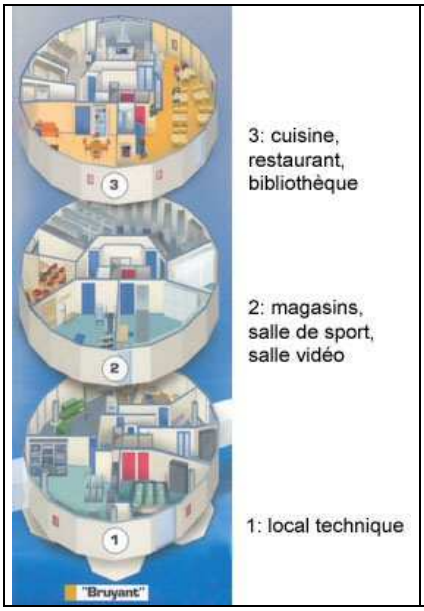
W roku 2004 została ukończona baza arktyczna, w której budowie ESA współpracowała z Francuskim Instytutem Polarnym (*Institut Paul Emile Victor*, IPEV) oraz z Włoskim Antarktycznym Programem (*Consorzio per l'attuazione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide,* PNRA SCrl). Stacje wybudowano w celu zbadania problemów mogących wystąpić w zamkniętych habitatach oraz w jak najwyższym stopniu zasymulować warunki izolacji podobne do tych, które wystąpią w przypadku załogowej misji na Marsa. Podczas zimy stacja odcięta jest od jakiejkolwiek możliwości pomocy i wizyt. Baza z założenia ma być samowystarczalną jednostką.



Concordia przeznaczona jest dla załogi liczącej 16 osób. Składa się z trzech budynków połączonych zamkniętymi przejściami. Dwa cylindryczne budynki trzypiętrowe mieszczą głównie kwatery mieszkalne oraz przestrzeń do pracy. Trzeci budynek zawiera urządzenia techniczne. ESA wykorzystuje stacje do przeprowadzania eksperymentów

dotyczących adaptacji człowieka do nowego środowiska oraz tworzenie tożsamości grupy. Inne badania dotyczą rozwoju bakterii i mikroorganizmów w instalacjach zawartych w bazie.

ESA wraz ze współpracownikami opracowała również system odzyskiwania wody.



4.6 Działania NASA

W 1989 roku prezydent Stanów Zjednoczonych – George Bush rozpoczął program zwany Inicjatywą Badań Kosmicznych SEI (*Space Exploration Initiative*). Na podstawie tej inicjatywy eksperci z NASA opracowali plan wyprawy na Marsa i zawarli go w raporcie zwanym 90- dniowym. Projekt misji został oparty głównie na pomyśle von Brauna. Zakładał budowę bazy orbitalnej przeznaczonej do konstrukcji statków międzyplanetarnych. Projektowi zarzucono nie logiczność, a oszacowany koszt 450 miliardów dolarów, sprawił że został on odrzucony przez Kongres Amerykański.

Na początku lat dziewięćdziesiątych w firmie Martin Marietta opracowano nowe podejście, które zrywało z planem von Brauna i założeniami planu S E I. R. Zubrin i D. Baker opracowali plan *Mars Direct* (omówiony wyżej). Koszty wyprawy oceniono na 20 miliardów dolarów (w 1991 roku). NASA zaakceptowała ten projekt z poprawkami – program nazwano *Mars Semi Direct*.

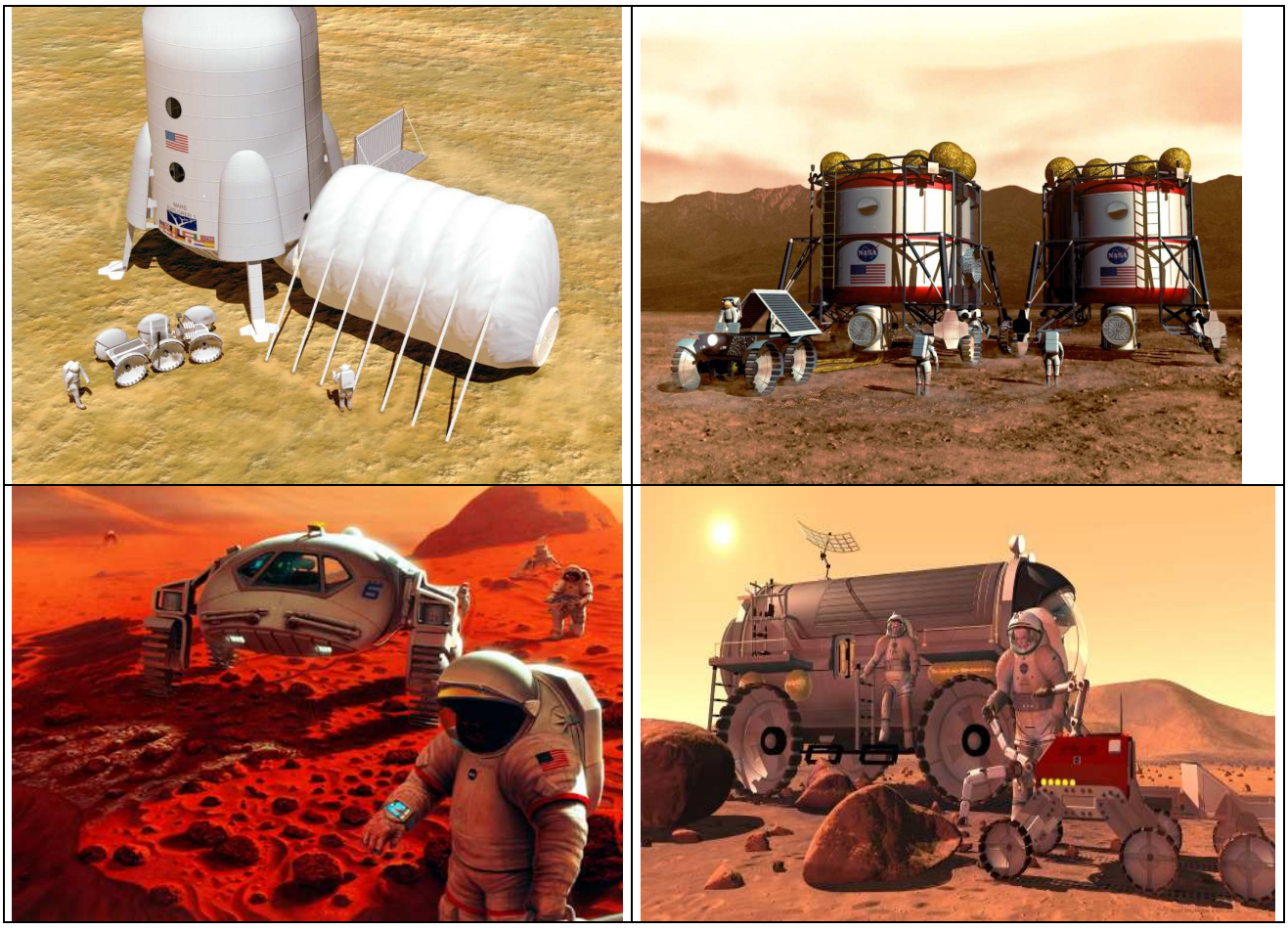
W porównaniu z *Mars Direct* przewiduje on trzy a nie dwa etapy w czasie każdej misji: wystrzelenie pojazdu produkującego paliwo z atmosfery marsjańskiej (paliwo potrzebne jedynie do startu z powierzchni i przesiadki do modułu powrotnego umiejscowionego na orbicie około marsjańskiej), umieszczenie na orbicie marsa kabiny powrotnej, wysłanie na powierzchnię Marsa załogi. Plan przewidywał przeprowadzenie kilku do kilkunastu wypraw, aż do możliwości założenia bazy na Marsie powstałej z połączenia modułów załogowych. Koszty zmodyfikowanej wersji "Mars Semi-Direct" obliczono na 42 miliardy dolarów (na rok 1995).

W 2001 roku kontynuacja badań została zawieszona ze względu na udział NASA w konstrukcji międzynarodowej stacji kosmicznej ISS *International Space Station*.

W styczniu 2004 roku prezydent Stanów Zjednoczonych George W. Bush zainicjował ponownie prace nad projektem eksploracji Układu Słonecznego. Przewiduje on załogową wyprawę na Marsa i Księżyc. Jako pierwszy etap tego planu opracowuje się szczegółowe projekty i prowadzi badania nad nowymi rakietami.

W grudniu 2006 roku ma się odbyć *2nd Space Exploration Conference.*

NASA również sponsoruje projekt *Haughton-Mars*. W projekcie przeprowadza się studia obszaru wewnątrz krateru uderzeniowego Haughton, mające służyć wyrobieniu poglądów na temat tego, co może zostać wykonane w ramach przyszłych misji planetarnych. Biolodzy próbują dojść, jak organizmy żywe mogą zaadaptować się do surowych, ekstremalnych środowisk.



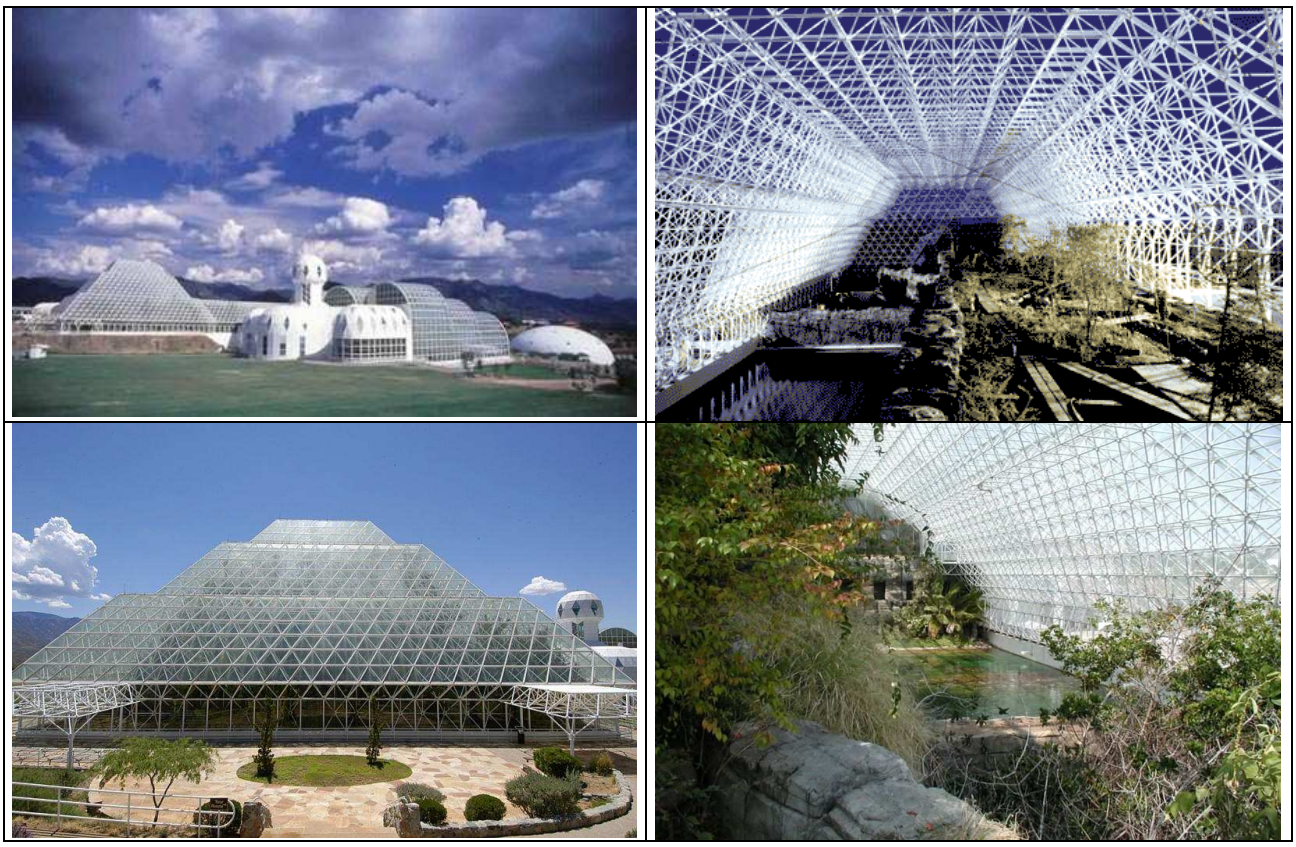
4.7 Działania Rosyjskiej Agencji Kosmicznej

Kolejnym krajem zainteresowanym wysłaniem marsjańskiej ekspedycji jest Rosja. W roku 2007 rozpocznie się eksperyment o nazwie Mars-500, w którym weźmie udział sześciu ochotników. Pozostaną oni w zamknięciu przez ponad 500 dni, co ma na celu zbadanie wpływu długotrwałej izolacji na psychikę ludzką.

4.8 Projekt Biosfera 2

Biosfera 2 to projekt mający na celu stworzenie sztucznego, zamkniętego i samowystarczalnego ekosystemu, w którym byliby w stanie przez dłuższy czas egzystować ludzie. Ośrodek miał być używany do różnego rodzaju badań. Budowę rozpoczęto w roku 1986 pośrodku arizońskiej pustyni. Całe przedsięwzięcie sfinansował teksański miliarder Edward P. Bass (ok. 200 mln USD).

W 1991 roku do Biosfery weszła pierwsza grupa ośmiu badaczy, którzy mieli przeżyć tam 2 lata w zupełnej izolacji od świata zewnętrznego. Niestety nawarstwiające się problemy spowodowane niedociągnięciami technicznymi i brakiem możliwości przewidzenia pewnych zjawisk, spowodowały wzrost nieporozumień między uczestnikami. W rezultacie załoga wycofała się z udziału w eksperymencie. Po korekcie usterek na początku 1994 r do kompleksu weszła kolejna załoga badawcza. W 1995 roku kompleks Biosphere przejął Uniwersytet Columbia, a od 2006 roku właścicielami kompleksu jest Fairfield Homes.

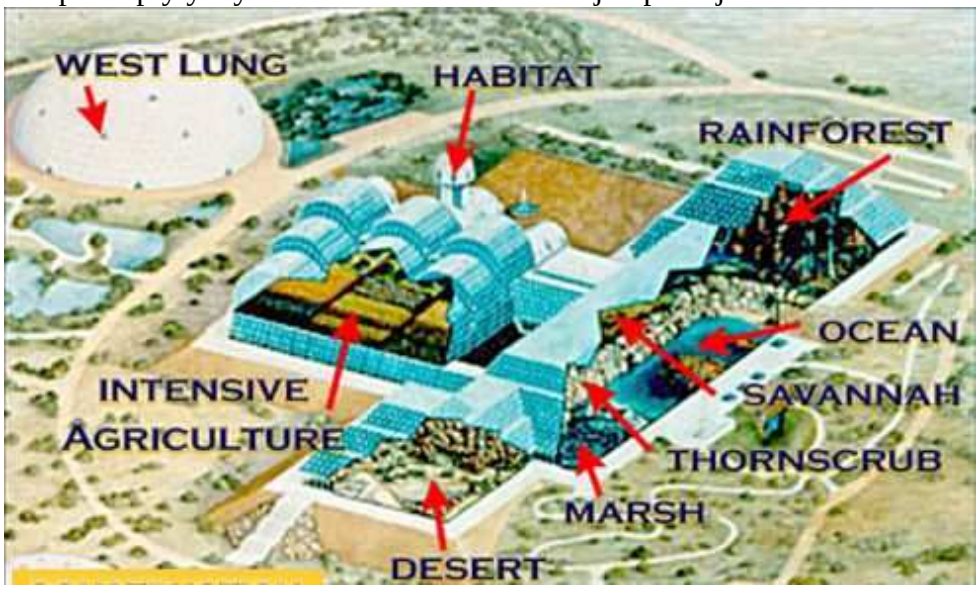


To właśnie dzięki Biosferze odkryto wiele zjawisk, które mają - jak się okazało - olbrzymi wpływ na zamknięty ekosystem. Pierwszym i zarazem najpoważniejszym zagrożeniem dla zamkniętych w kompleksie badaczy, było zbytnie rozmnożenie się żyjących w glebie mikrobów, które pochłaniały tlen z atmosfery. Ponadto duża cześć dwutlenku węgla z atmosfery została związana przez wapień w postaci osadów. Większość pożytecznych owadów, które miały zapylać rośliny, wyginęła. Plagą stały się natomiast mrówki i karaluchy oraz pewien rodzaj tropikalnych pnączy, wypierający inne rośliny. Niedociągnięcia w projekcie odbiły się też na ludziach. Żywność produkowano w minimalnych ilościach, co spowodowało znaczny spadek wagi mieszkańców. Mimo tych problemów, przez pierwsze dwa lata środowisko kompleksu działało sprawnie - utrzymywało przy życiu ośmiu badaczy i prawie 3800 gatunków roślin i zwierząt.

4.8.1 Budowa kompleksu

Kompleks zajmuje obszar 1,6 ha i ma 204 000 metrów sześciennych objętości. W skład kompleksu weszły: las tropikalny, sawanna, bagna, ocean, pustynia, środowisko rolnicze i habitat dla ludzi.

Habitat ma powierzchnię 2600 metrów kwadratowych i zawiera środowisko miejskie oraz prywatne pomieszczenia dla uczestników projektu. Wyposażono go w biura, laboratoria, ambulatorium, terminale monitorujące środowisko wewnętrzne, magazyny maszyn i drewna, a także kuchnię i inne udogodnienia. Cały kompleks zadaszony jest za pomocą 8000 szklanych płyt, pokrytych wzmacniającym laminatem. Od spodu, pod fundamentami, budynki są izolowane przez płyty wykonane ze stali nierdzewnej odpornej na działanie soli morskich.



4.9 Literatura

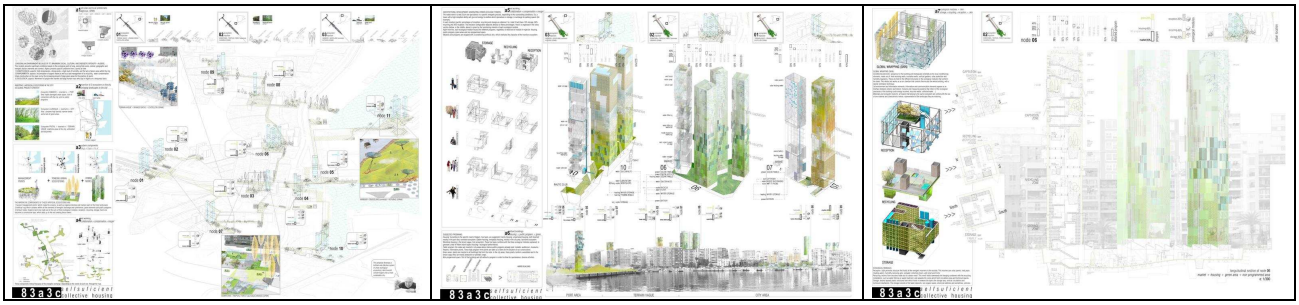
[01] Robert Zubrin, „Narodziny cywilizacji kosmicznej”, Warszawa 2003
[02] Robert Zubrin, Richard Wagner, „Czas Marsa, dlaczego i w jaki sposób musimy skolonizować czerwoną planetę”, Warszawa 1997
[03] Carl Sagan „Błękitna kropka – człowiek i jego przyszłość w kosmosie”, Warszawa 1996
[04] Harry McSween, „Od gwiezdnego pyłu do Planet”, Warszawa 1996
[05] Artur C. Clark, ”Śniegi Olimpu, Ogród na Marsie – ilustrowana historia kolonizacji Marsa”, Warszawa 1997
[06] W. Śliwa, „W poszukiwaniu drugiej Ziemi”, Wiedza i Życie nr 2/2004
[07] W. Śliwa, „Wyprawa na Marsa ... na Ziemi”, Wiedza i Życie nr 1/2004
[08] J. Kruk, „Co dalej z Marsem”, Wiedza i Życie nr 9/2002
[09] Andrzej Kotarski, „Koncepcje załogowych wypraw na Marsa”, Astronautyka 1/2001
[10] http://pl.wikipedia.org
[11] http://en.wikipedia.org
[12] http://ssi.org/?page_id=12
[13] http://www.daviddarling.info/encyclopedia/O/ONeill_type.html
[14] http://uk.euromars.net/
[15] http://www.marssociety.org/mdrs/index.asp
[16] http://www.planete-mars.com/base_euro/2002/archi_francais1.html
[17] http://www.esa.int/SPECIALS/Aurora/
[18] http://www.esa.int/esaCP/SEMBZA8A9HE_Life_0.html
[19] http://www.esa.int/esaCP/SEMOS4T1VED_Life_0.html
[20] http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express
[21] http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=9
[22] http://www.concordiastation.org/DOMEC/HTML/intestazione.html
[23] http://exploration.jsc.nasa.gov/marsref/contents.html
[24] http://spaceflight.nasa.gov/mars/
[25] http://www.spaceflight.nasa.gov/gallery/images/mars/
[26] http://aerospacescholars.jsc.nasa.gov/HAS/cirr/em/9/11.cfm
[27] http://www.whitehouse.gov/space/renewed_spirit.html
[28] http://www.biospheres.com/
[29] http://chapters.marssociety.org/polska/
[30] http://marsprogram.jpl.nasa.gov
[31] http://www.msss.com
[32] http://www.arctic-mars.org/
[33] http://www.marsdaily.com/

5 Inspiracje Architektoniczne

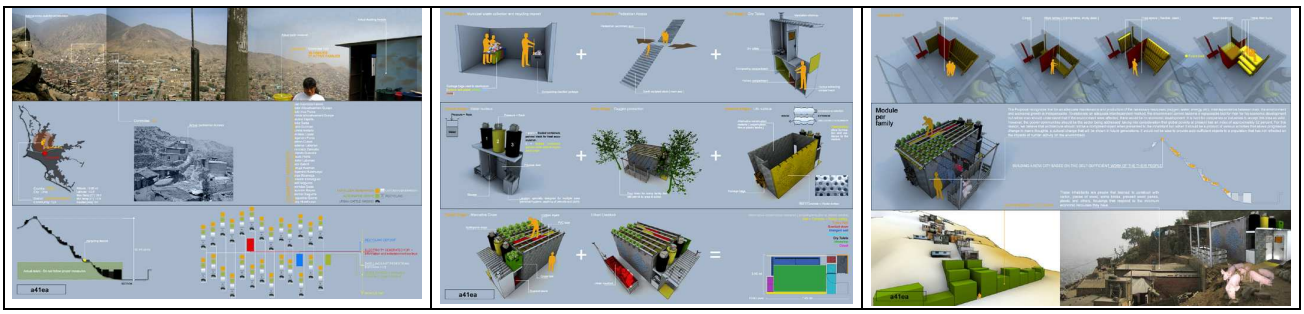
5.1 Konkurs *Self-Sufficient Housing*

Instytut IaaC *Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya* zorganizował w roku 2005 konkurs 1st *Advanced Architectural Contest - Self-Sufficient Housing*. Głównym założeniem konkursu było stworzenie projektu samowystarczalnej jednostki mieszkalnej (jednorodzinnej lub wielorodzinnej) z uwzględnieniem infrastruktury i z odejściem od tradycyjnego pojmowania mieszkalnictwa. Budynek powinien być zaprojektowany z uwzględnieniem zasady zrównoważonego rozwoju, mieć charakter lokalny, wykorzystujący lokalne zasoby, powinien stanowić harmonijną część otoczenia. W projekcie należało uwzględnić takie zagadnienia jak źródła energii, gospodarka wodna, odzyskiwanie zasobów, recykling odpadów itp.

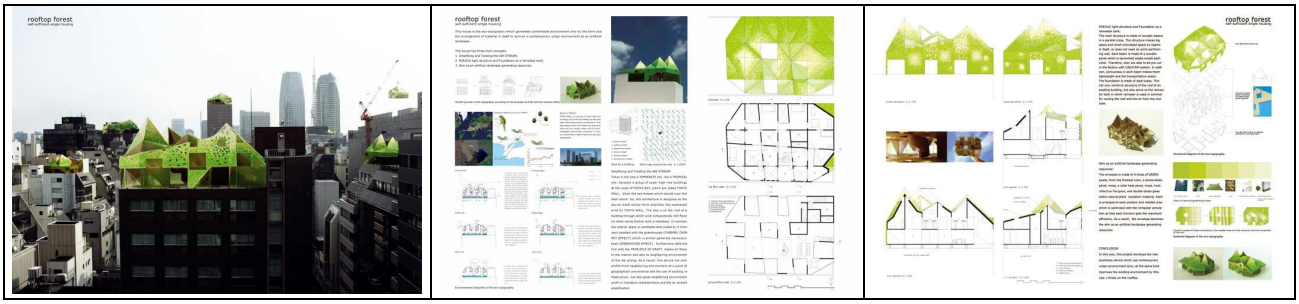
Rys. Pierwsze miejsce w kategorii dom jednorodzinny. Wykonanie: Gaetan Kohler; Paryż, Francja.



Rys. Pierwsze miejsce w kategorii dom wielorodzinny. Wykonanie: Daniel Ibañez Moreno, Alberto Alvarez Agea, Rodrigo Rubio Cuadrado; Madryt, Hiszpania.



Rys. Drugie miejsce w kategorii dom wielorodzinny. Wykonanie: Nicolas Buckley, Kenny Orellana, Carlos Arguedas; La Molina, Peru.



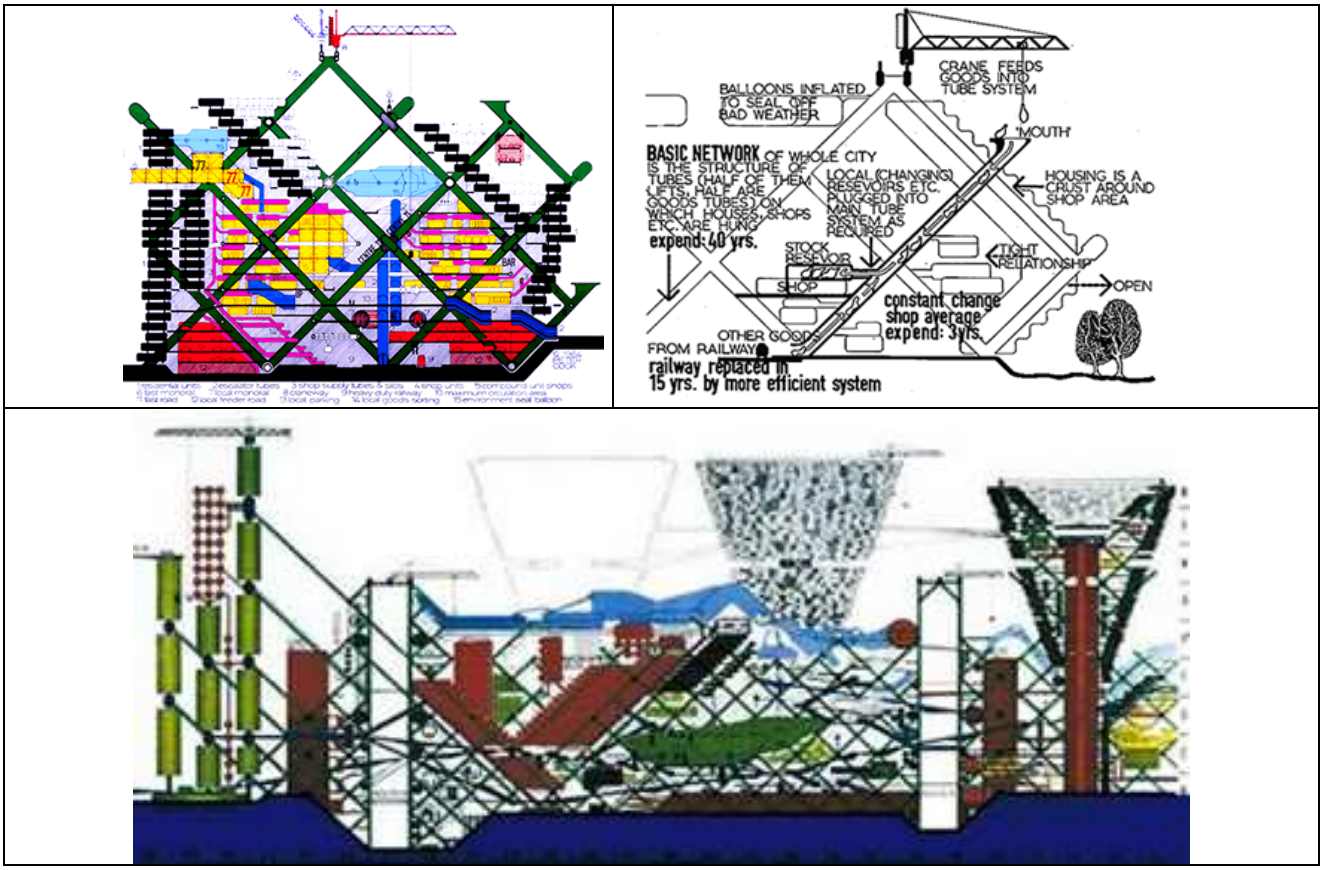
Rys. Trzecie miejsce w kategorii dom wielorodzinny. Wykonanie: Yukio Minobe, Etsushi Yamada, Shinri Takano, Chiaki Noto, Shinichi Takahashi; Tokio, Japonia.

5.2 Archigram

Grupa architektoniczna *Archigram* powstała w roku 1961 w Londynie. Jej członkami byli: Warren Chalk, Ron Herron, Dennis Crompton, Peter Cook, David Greene, Michael Webb. Wydawali pismo *ARCHItecture teleGRAM* (w skrócie *ARCHIGRAM*), w którym początkowo prezentowali tylko swoje projekty i przemyślenia na temat współczesnej im architektury, kultury , technologii i przemian społecznych. Koncepcje grupy wynikały z przekonania, że misją architektów jest poszukiwanie nowych sposobów reagowania na zmieniający się świat. Już dwa lata po powstaniu członkowie *Archigramu* zostali zaproszeni do zaprezentowania swoich prac na wystawie w londyńskim Instytucie Sztuki Współczesnej (ICA), wystawę zatytułowano *Living City*. Stali się oni pionierami nowej pop-architektury lat 60. Po wygranej w konkursie na centrum rozrywkowe w Monte Carlo w 1969 otworzyli własne biuro. Grupa istniała do roku 1974.

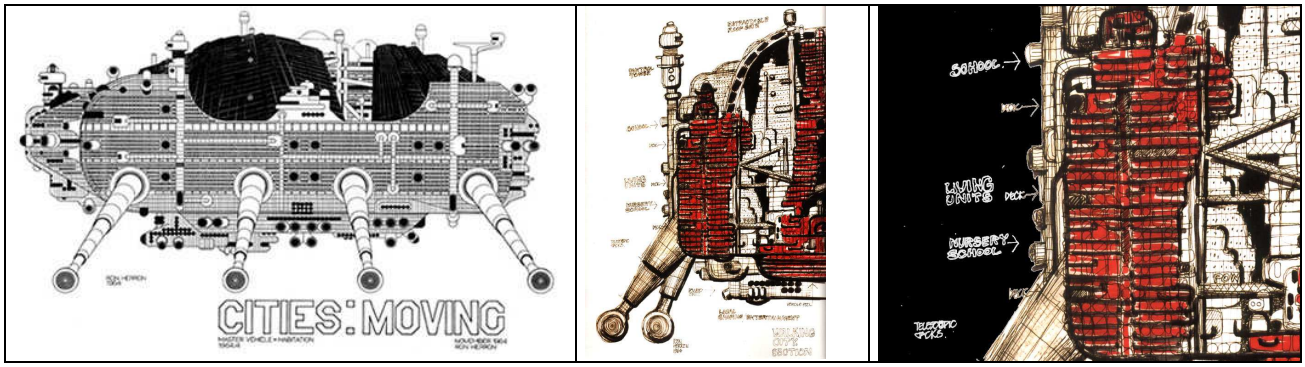
5.2.1 Plug-in city

Plug-in city to projekt miasta stworzony przez Petera Cooka w roku 1964. Projekt opiera się na zastosowaniu siatki strukturalnej zawierającej drogi i usługi , która mogłaby być wzniesiona nad każdym terenem – nawet zabudowanym. Struktura przekątna składa się z rur o grubości 3m, które przecinają się co 50m. Do struktury są podłączane ruchome platformy. Ich wymiana następuje za pomocą dźwigów zamontowanych na szczytach konstrukcji i poruszających się po szynach. Im elementy są trwalsze i cięższe tym znajdują się niżej lub głębiej w strukturze miasta, natomiast te podlegające częstej wyminie umieszczono na brzegu lub na szczycie. Miejsce zbiorowych spotkań jest na dole struktury, gdzie według opinii autora powinien zachodzić największy ruch i ożywienie.



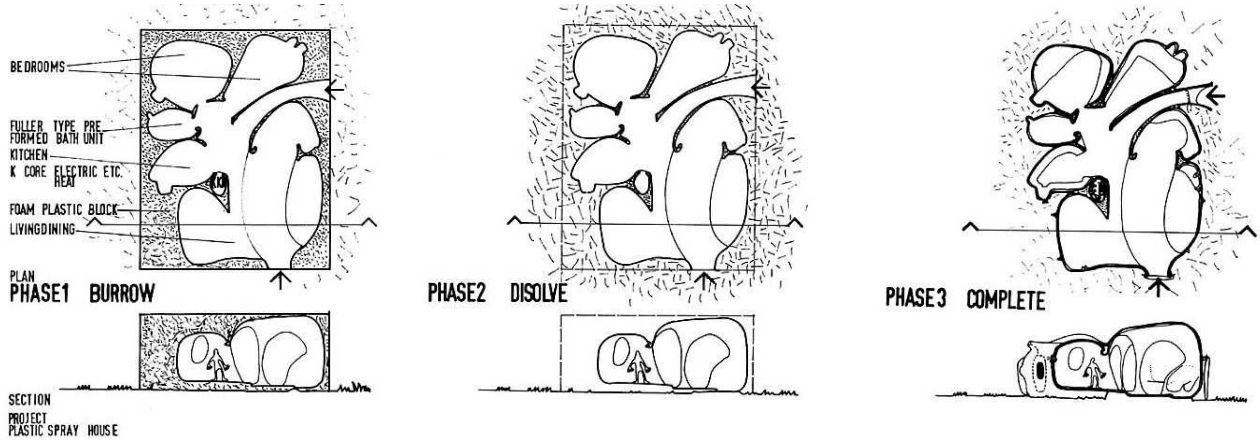
5.2.2 Walking city

Walking City to projekt miasta stworzony przez Rona Herrona w 1964 roku. Projekt zakładał, że miasto może być żywe w sensie dosłownym. Zaproponował on skonstruowanie masywnej, zrobotyzowanej, czterdziestopiętrowej struktury, wyposażonej w teleskopowe nogi i obdarzonej własną inteligencją, która mogła by się poruszać po całym świecie w zależności od potrzeb i chęci. Herron tłumaczył, że może to być model przyszłej stolicy zjednoczonej Ziemi, która każdego roku może znajdować się gdzie indziej.



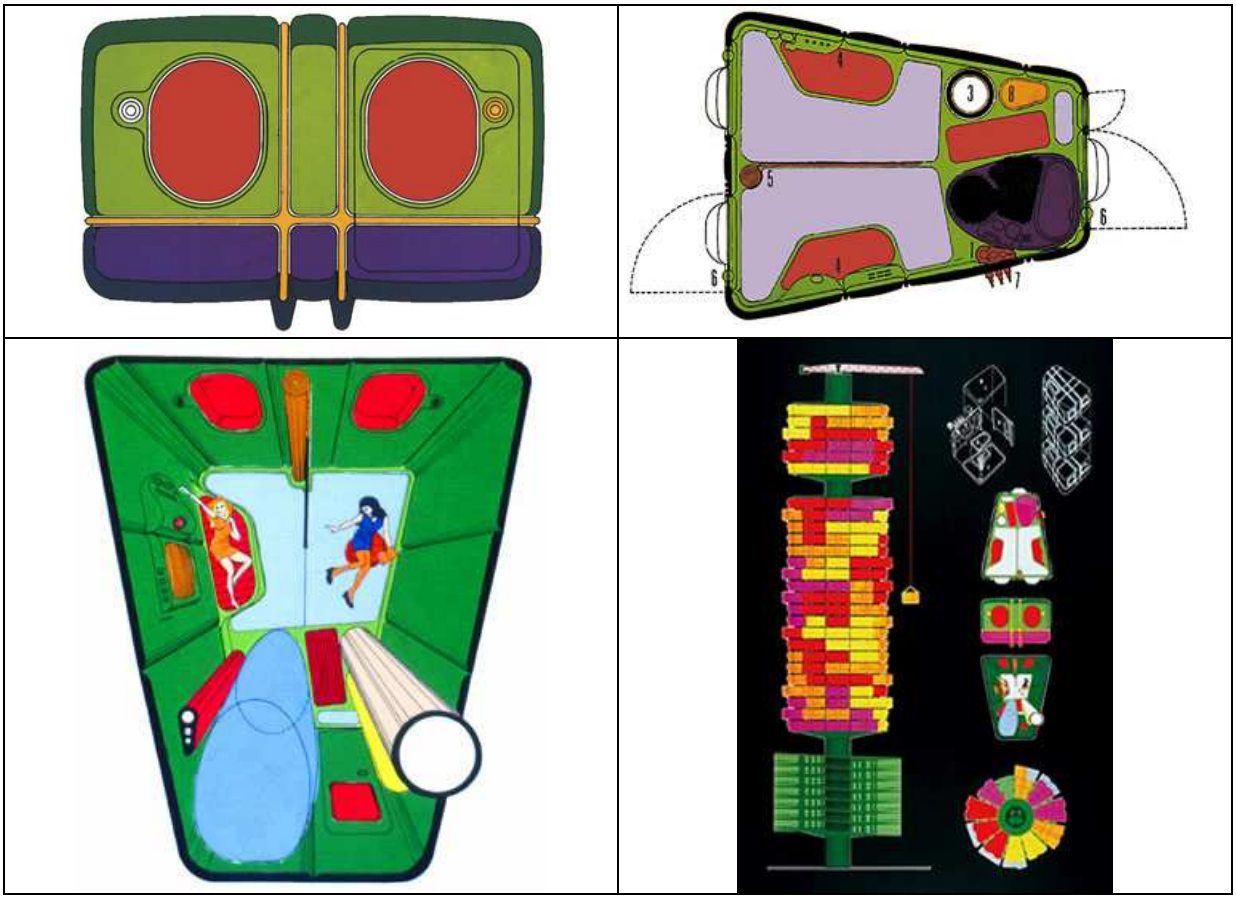
5.2.3 Plastic House

Plastic House zaprojektowany został przez Davida Greene w roku 1961. Opis projektu poprzedzało zapytanie: *Dlaczego króliki nie budują prostokątnych jam a ludzie pierwotni nie budowali prostokątnych jaskiń?* Dom jednorodzinny powstaje przez samodzielne drążenie pomieszczeń przez przyszłych lokatorów w plastikowym (poliestrowym) bloku o wymiarach 12mx12mx5m. Klient wybiera części, które mają być przezroczyste a które nie, wraz z branżowcami dom zostaje uzbrojony w podstawowe systemy.



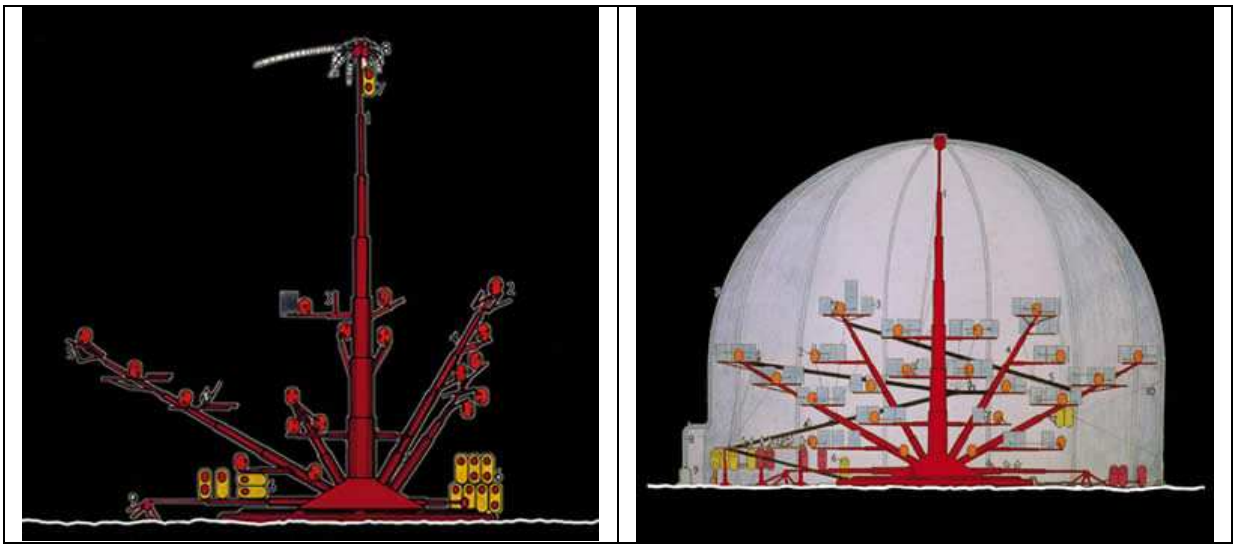
5.2.4 Capsule Home

Capsule Home to projekt Warrena Chalka z roku 1964. Projekt był zainspirowany kapsułami kosmicznymi przeznaczonymi na pobyt ludzi w przestrzeni kosmicznej i realizował główne założenia grupy: mobilność, możliwość adaptacji i wymiany zużytych elementów. Podstawowe części różnych modeli są wymienne, a wnętrze składa się z elementów mobilnych, takich jak przesuwne ściany, ekrany. Jednostki mogą być łączone z sobą za pomocą śluz tworząc większe ustroje bądź grupując się przy trzonie zarówno w pionie jak i poziomie tworząc wieże.



5.2.5 Blow-up Village

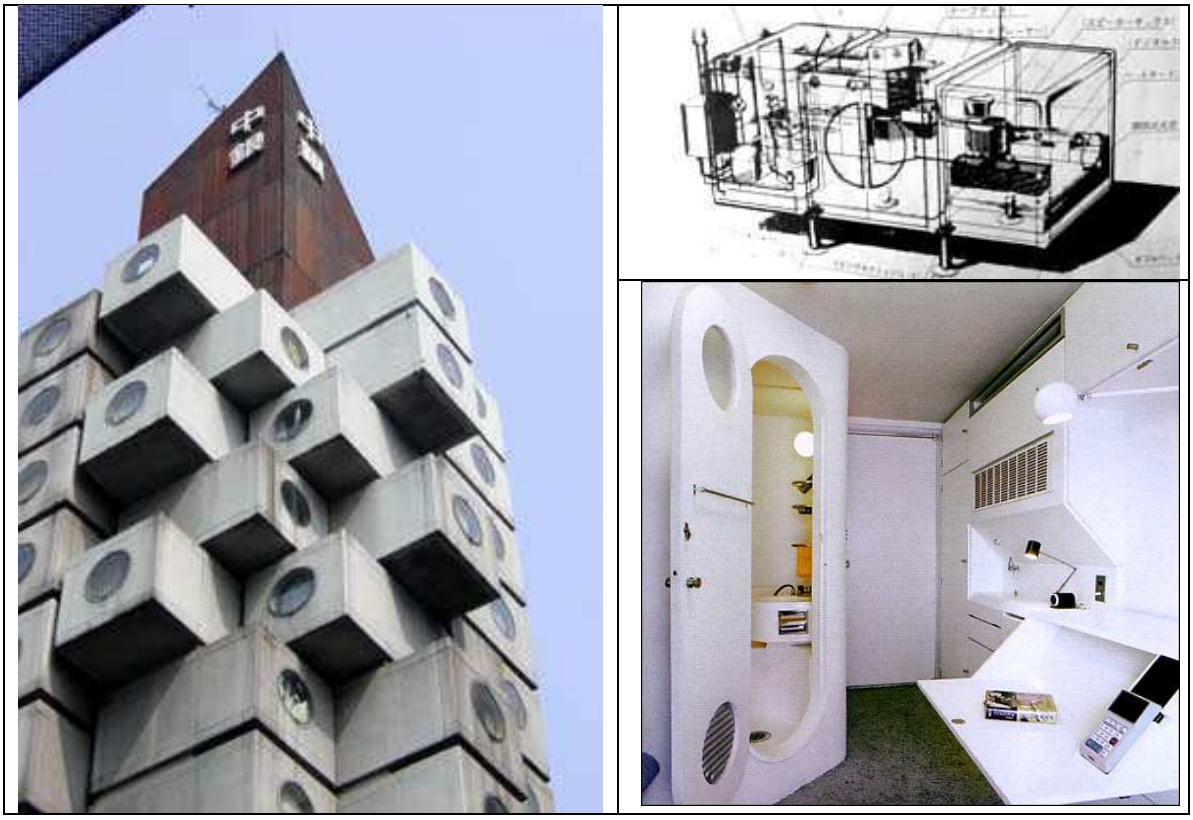
Blow-up Village to projekt Petera Cooka z roku 1966. Jest to projekt mobilnej jednostki mieszkalnej, która tworzy zamknięte środowisko mieszkalne wydzielone dzięki nadmuchiwanej strukturze.



5.3 Japońscy Metaboliści

Grupa powstała w roku 1960 podczas międzynarodowego kongresu w Tokio. W skład grupy weszli: Kiyonori Kikutake, Kisho Kurokawa, Naburo Kawaze, Fuminiko Maki, Masato Ohtaka, do których przyłączyli się w roku 1964 Arata Isozaki i Kenzo Tange. Nazwa grupy zapożyczona z greckiego słowa *metabole*, oznaczała nieustającą przemianę wszystkiego, wymienialność architektury. Grupa uważała, że architektura powinna nadążać za zmianami zachodzącymi wokół, powinna móc dostosować się do różnych etapów życia człowieka, powinna być zmienna, ruchoma i zdolna do zmian w zależności od potrzeb. Uważali oni również że architekci powinni obecnie operować bardziej pojęciami przestrzeni i zmiennej funkcji niż funkcji i formy. Grupa istniała 5 lat. Lider metabolistów Kurokawa nazwał tę architekturę *"architekturą symbiozy"*, symbiozy *"techniki z humanizmem, nowoczesnej technologii z bytem człowieka, wnętrza budynku ze światem zewnętrznym, dnia wczorajszego i jutra"*.

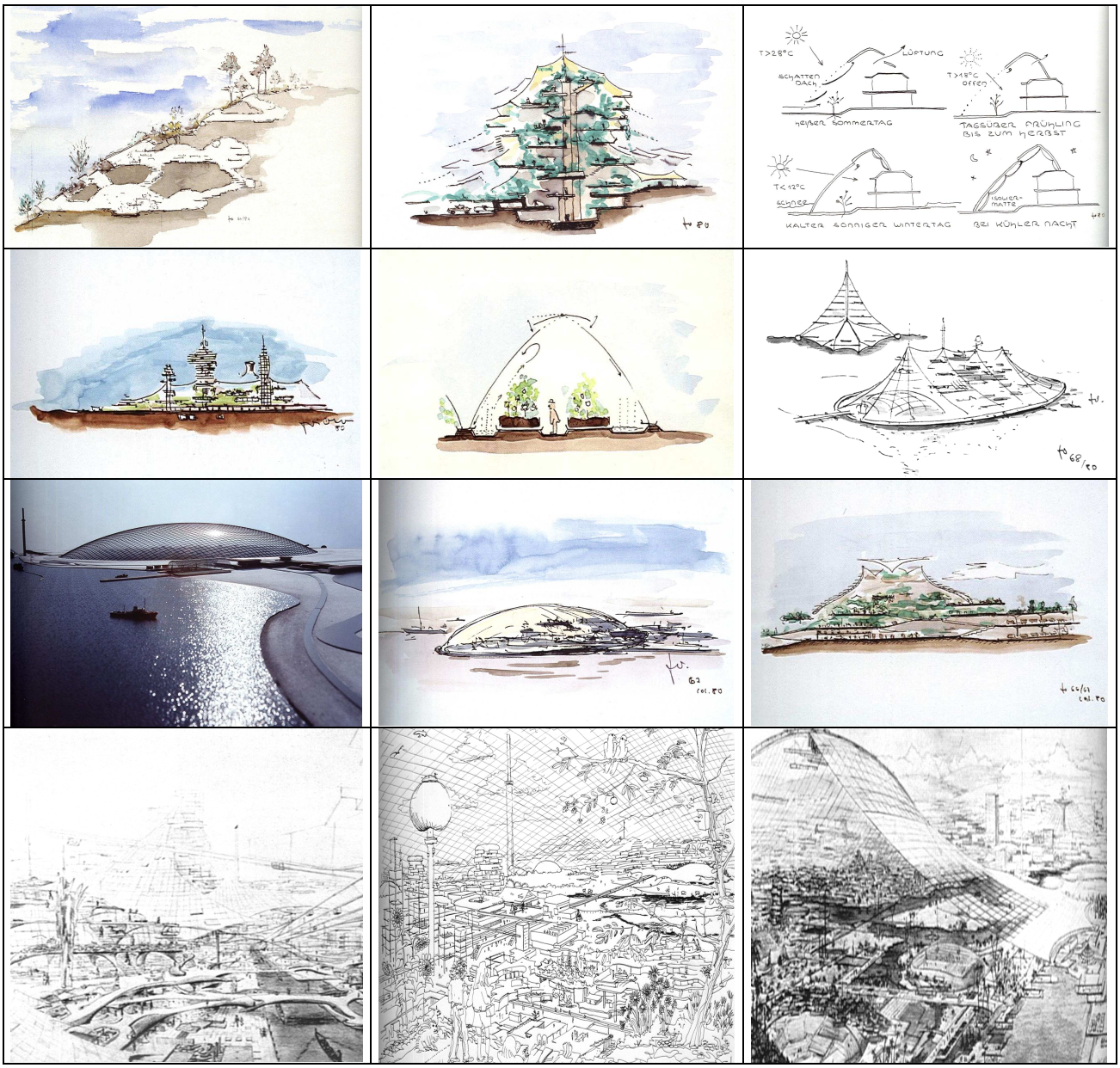
Kikutake zaprojektował pływające miasto złożone z cylindrycznych wież, na których zawieszone są kabiny mieszkalne wyglądające jak gniazda na drzewie, Isozaki i Kurokawa projektowali gigantyczne struktury wymienne dla Tokio. Klasycznym przykładem architektury metabolicznej był pawilon *Takara Beautilion* zaprojektowany przez Kurokawę: były to kabiny zawieszone na stalowym szkielecie, które można było swobodnie demontować.



Rys. *Nakagain Kapsule Tower* zaprojektowane przez Kisho Kurokawę.

5.4 Frei Otto

Frei Otto to niemiecki architekt, światowy autorytet w projektowaniu lekkich konstrukcjach cięgnowych krytych membranami oraz pionier i badacz zagadnień matematyki strukturalnej i budownictwa. Otto stworzył w 1964 słynny instytut *Institute for Lightweight Structures* na uniwersytecie w Stutgarcie. Jest twórcą ogromnej ilości projektów i realizacji, w których najsławniejsze to pawilon niemiecki na targi Expo 1967 w Montrealu oraz Stadion Olimpijski w Monachium z roku 1972. Jako architekt jest on ciągle aktywny, w roku 2000 opracował konstrukcje dachu Japońskiego Pawilonu na wystawę Expo w Hanowerze. W roku 2005 został odznaczony *RIBA Royal Gold Medal.*



5.5 Paul Maymont

Paul Maymont był jednym z liderów GEAM (*Groupe d'Etude d'Architecture Mobile*). Stworzył on między innymi projekt siedliska ludzkiego na księżycu. Była to konstrukcja na planie koła, złożona z rur i kabli, kryta blachą stalową i plastikiem o fundamentach ze stożków wypełnionych dla obciążenia drobnym kruszywem. Wnętrze struktury było klimatyzowane i pozwalało na stworzenie oazy przeznaczonej dla ok. 1000 osób i o warunkach zbliżonych do ziemskich.

5.6 Joe Colombo

Joe Colombo (1930-1971) był włoskim znakomitym projektantem. W swoich projektach wykorzystywał najnowsze materiały i technologie (masy plastyczne, konstrukcje nadmuchiwane). Główną cechą jego projektów było danie użytkownikowi możliwości modyfikacji mebla lub stworzonej przestrzeni i dostosowania ich do aktualnych potrzeb.
Niektóre z pomysłów Colombo stały się legendarne min. telewizor umieszczony na suficie.

5.7 Literatura

[01] Izabella Wisłocka „Dom i Miasto Jutra” , Arkady, Warszawa 1971
[02] IaaC „Self-Sufficient Housing – 1st Advanced Architecture Contest”, IaaC+Actar, Barcelona 2005
[03] Frei Otto „Das Gesamtwerk”, Berlin 2005
[04] http://www.iaacat.com/advancedarchitecturecontest/web/en/index_en.htm
[05] http://pl.wikipedia.org/wiki/Archigram
[06] http://www.archigram.net
[07] http://www.designmuseum.org/design/archigram
[08] http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0268/is_n2_v37/ai_21230377
[09] http://www.arcspace.com/architects/archigram/
[10] http://www.designboom.com/eng/interview/cook.html
[11] http://en.wikipedia.org/wiki/Frei_Otto
[12] http://www.freiotto.com/
[13] http://eng.archinform.net/arch/16.htm?scrwdt=1024
[14] http://www.tfam.gov.tw/archigram/english/works_text/works61-1.htm
[15] http://www.designboom.com/history/joecolombo.html

6 Czynnik ludzki – zagadnienia psychologiczne

„Architektura powinna wzmacniać pozytywne postawy i pozytywne procesy zachodzące w umyśle człowieka. Powinna nie pozwalać rozprzestrzeniać się emocjom destrukcyjnym, a więc lękowi z jednej strony a agresji z drugiej. Otoczenie architektoniczne powinno stwarzać poczucie wolności przez akcentowanie swobody intelektualnej i swobody wyboru ekspresji zachowań. (...) W swojej przestrzeni życiowej człowiek winien rozumieć jej logikę, cel swojego działania i istnienia."

Augustyn Bańka

6.1 Wstęp

Czynniki ludzki jest bardzo istotnym elementem, szczególnie w przypadku podróży kosmicznych, gdzie występują zwiększone zagrożenie życia oraz ograniczenia przestrzenne i społeczne.

Środowisko życia człowieka wpływa na niego. Badania naukowców potwierdziły. że np. mieszkanie w budynkach wysokich zaburza w dużym stopniu aspekty zachowań jak kooperacja, postawa odpowiedzialności społecznej czy też trwałość więzi przyjacielskich, sąsiedzkich. Należy więc projektować je tak, aby wpływ zaprojektowanej przestrzeni na użytkowników był jak najbardziej pozytywny.

Według behawioralnej teorii w projektowaniu środowisk małej skali, człowiek nie pozostaje całkowicie bierny wobec czynników środowiska fizycznego, ponieważ podejmuje działania przystosowawcze, które obejmują jego samego wraz z otoczeniem. Dlatego dobry projekt powinien brać pod uwagę możliwość wpływu człowieka na przestrzeń, w której przebywa i możliwości dokonywania w niej zmian.

6.2 Potrzeby Ludzkie

Przestrzeń bazy jest przestrzenią służącą do mieszkania, pracy i odpoczynku. Ważne jest aby środowisko i system jego funkcjonowania stwarzały możliwości spełnienia wszystkich potrzeb ludzkich.

Generalnie potrzeby ludzkie możemy podzielić na:

6.2.1 Potrzeby niższego rzędu

Zwane również naturalnymi, fizjologicznymi lub biologicznymi. Związane są z warunkami biologicznego bytu człowieka, z fizjologicznymi czynnościami organizmu. Związane są one z utrzymaniem człowieka przy życiu i zachowaniem sprawności organizmu. Należą do nich m.in. konieczność odżywiania się, ubierania, zamieszkania i odpoczynku. Zaspokojenie lub niezaspokojenie potrzeb fizjologicznych, stanowi warunek życia biologicznego oraz psychicznego człowieka.

W budynku za zaspokojenie tych potrzeb odpowiadają: systemy podtrzymywania życia i regulowania komfortem środowiska (temperatura, ciśnienie, skład powietrza, wilgotność powietrza), miejsca uprawy pożywienia, miejsca przygotowywania i spożywania posiłków, miejsca zamieszkania, zaplecza sanitarne.

6.2.2 Potrzeby wyższego rzędu

Zwane inaczej kulturalnymi, psychicznymi bądź wtórnymi. Wynikają one z psychiki człowieka, z jego stosunku do środowiska i otoczenia społecznego. Istotną potrzebą

psychiczną jest np. potrzeba kontaktu, której zaspokojenie jest warunkiem uzyskania poczucia wewnętrznego bezpieczeństwa, niezaspokojenie zaś wiąże się z niepokojem i poczuciem zagrożenia. Potrzeby te powstają w wyniku oddziaływania środowiska na człowieka. W ramach potrzeb psychicznych szczególne znaczenie mają potrzeby związane z rozwojem i ekspansją człowieka. Przejawiają się one ustawiczną aktywnością wobec świata zewnętrznego, wywieraniem nań wpływu.

Generalnie potrzeby wyższe możemy podzielić na: potrzeby fizyczne, umysłowe, emocjonalno-społeczne oraz duchowe.

6.2.2.1 Potrzeby fizyczne

W kręgu tych potrzeb mieszczą się możliwości dbania o swoje ciało, są to potrzeby wyższe niż brak pożywienia czy ciepła. Można je zaspokoić poprzez ruch i stworzenie warunków odpowiedniego odżywiania oraz pielęgnacji ciała. Zaspokojenie potrzeby ruchu jest w mojej opinii istotne w celu zniwelowania odczuć klaustrofobicznych i wzbudzających monotonnie. Gwarantują uzyskanie w stopniu wyższym, niż w przypadku obiektów całkowicie odizolowanych, poddawanych na ziemi eksperymentom, wolność przestrzenną, umożliwiając zdystansowania się, zmianę środowiska i towarzystwa.

Ruch można umożliwić poprzez:
ćwiczenia ciała w odpowiednich miejscach (sale gimnastyczne, place do gry),
zmiany miejsca w samym środowisku bazy (ścieżki spacerowe, place zabaw, przestrzenie wspólne), opuszczenia terenu bazy (zapewnienie w jak największym stopniu swobodnego przemieszczania się po planecie).

6.2.2.2 Potrzeby umysłowe

Potrzeby umysłowe to przede wszystkim potrzeby rozwoju, samorealizacji, pracy, sukcesu, potrzeby kulturalne. Można je zaspokoić poprzez stwarzanie w bazie: przestrzeni służących nauce indywidualnej i grupowej, dla dorosłych i dzieci, wydzielenie pomieszczeń pełniących funkcję czytelni z dostępem do wirtualnych zasobów wiedzy, stworzenie miejsca zgrupowań- przestrzeni w której będzie możliwe wyrażanie wartości kulturowych.

6.2.2.3 Potrzeby emocjonalno-społeczne

To głównie potrzeba kontaktu, bliskości, akceptacji społecznej.
Cześć z tych potrzeb zaspokaja rodzina, następną część udział człowieka w życiu społecznym.

Potrzeby te można zaspokoić stwarzając w bazie nowy dom dla ludzi, w którym będą oni mieli możliwość zamieszkania z rodziną i możliwość rozwoju. Jedną z podstawowych elementów takiego obiekty są jednostki mieszkalne. W mieszkaniu możemy wyróżnić dwie strefy dające komfort użytkownikom: indywidualną oraz integracji. Na poziomie społecznym kontakt można zapewnić poprzez ukształtowanie przestrzeni wspólnej takiej jak holl, jadalnia, biblioteka, miejsce spotkań kulturalnych i religijnych.

6.2.2.4 Potrzeby duchowe

Ten rodzaj potrzeb zależy od człowieka i ciężko je sprecyzować lub narzucić dla ogółu, nie pozbywając się uproszczeń i ograniczenia wolności osobistej. Z punktu widzenia architektury należy przewidzieć odpowiednie miejsce lub miejsca dostępne każdemu, nie będące mieszkaniem, pomieszczeniem pracy, nauki ani integracji społecznej, w którym panują warunki spokoju, ciszy, skupienia, warunki do rozmów lub medytacji (rozumianej jako osobistą rozmową z sobą, Bogiem bytem - w zależności od wyznania lub jego braku).

6.3 Izolacja budynku a kontrola społeczna

W przypadku zamkniętych jednostek społecznych powstaje problem kontroli zachowań, ponoszenia odpowiedzialności i nadużyć.

6.3.1 Jednostka zamknięta czy otwarta?

Pierwszym istotnym zagadnieniem, które należy poruszyć w tym temacie jest sens zastosowania jednostki zamkniętej, ponieważ zamkniętość stwarza środowisko statyczne, które wzbudza konflikt z bytem dynamicznym, którym jest człowiek.

Odizolowanie przestrzeni przebywania człowieka na Marsie od czynników panujący na planecie, jest niezbędne aby ludzie mogli tam przeżyć. Nie warunkuje to jednak, że jednostka musi działać jako obiekt zamknięty w sensie społecznym. Aby nie zaszły tam procesy niekorzystne, należy umożliwić kontrole społeczną i kontakt z osobami z zewnątrz, migrację ludności. Dając możliwość wyjścia z zamkniętego układu, przemieszczania się i kontaktów z innymi niwelujemy konflikty, które mogą powstać w przypadku braku tych elementów. Część osób przebywająca w bazie nie będzie zamieszkiwać jej na stałe. Zapas 10% w każdej bazie zapewni możliwość swobodnej migracji.

6.3.2 Kontrola społeczna

Rodzina jest pierwszą jednostką społeczną, która wprowadza naturalną kontrole zachowań. Kolejnym poziomem są relacje sąsiedzkie.
W rodzinie człowiek odnajduje zaspokojenie swoich potrzeb emocjonalnych (miłość, pomoc, poczucie własnej wartości, poczucie bezpieczeństwa, ofiarowanie życia). Baza powinna stać się środowiskiem jak najbardziej przyjaznym człowiekowi i takim w którym „człowiek staje się tym kim, powinien być, widząc w każdym przedstawicielu swego gatunku (...) bratnią duszę” (Tom Paine).

6.4 Związki międzyludzkie

Według badań socjologicznych związki sąsiedzkie zależą od wielkości wyodrębnionych jednostek i liczbie rodzin jej zamieszkującej. W grupie do 20 rodzin zawiązują się kontakty towarzyskie i stricte sąsiedzkie, w grupie rodzin od 20 do 150 kontakty mają znamiona sąsiedzkie, natomiast powyżej 150 rodzin kontakty mają charakter formalny. Nadmierne zwiększanie liczby osób użytkujących jednostkę nie jest wskazane. Baza powinna być zamieszkiwana przez grupę około 20 rodzin (z uwzględnieniem osób odwiedzających).

6.5 Literatura:

[01] Augustyn Bańka „Architektura psychologicznej przestrzeni życia – Behawioralne Podstawy Projektowania”, Poznań 1997
[02] Jan Maciej Chmielewski „Teoria Urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast”, Warszawa 2001
[03] Carl Sagan, „Błękitna Kropka – człowiek i jego przyszłość w kosmosie”, Warszawa 1996
[04] http://www.zset.home.pl/abc/module/1-5.htm
[05] http://www.newtrader.pl/Potrzeby-ludzkie-ich-struktura-i-znaczenie,pp_1,22.php

7 Warunki fizyczne jakie powinny spełniać budynki przeznaczone na pobyt ludzi

7.1.1 Nasłonecznienie

Naturalne światło słoneczne ma dla człowieka duże znaczenie pod względem fizjologicznym, fizycznym a co najważniejsze psychicznym. Niedobór światła dziennego powoduje pogorszenie stanu psychicznego i wydajności fizycznej organizmu. Należy więc zapewnić ludziom w bazie jak najlepszy dopływ światła słonecznego.

Moc światła słonecznego zależy od odległości ciała niebieskiego od słońca oraz kąta padania promieni słonecznych (różnego dla różnych szerokości areograficznych i pór roku). Z racji swojej odległości od Słońca, w takiej samej jednostce czasu na powierzchnię Marsa pada tylko 44% energii słonecznej, która dociera do Ziemi. Nachylenie osi Marsa do płaszczyzny orbity wynosi 25,19°, natomiast kąt ten w przypadku Ziemi wynosi 23,439281°. Wynika z tego, że kąt padania promieni słonecznych zależny od szerokości areograficznej planet dla tych samych pór astronomicznych jest prawie taki sam.

Szerokość Areograficzna	Kąt pionowy
Równik (0^o)	90^o
25^o	75^o
50^o	50^o
75^o	25^o
Biegun (90^o)	0^o

Rys. Kąt padania promieni słonecznych na Ziemi w dniach równonocny (21 marca i 23 września).

W warunkach Polskich obowiązuje zasada nasłoneczniania, elewacji budynków mieszkalnych w ciągu minimum 3 godzin w dniu 21 marca , jest to wartość minimalna ale nie optymalna. Samo odpowiednie nasłonecznienie budynku nie jest wystarczające do zapewnienia komfortu oświetlenia. Należy zwrócić uwagę na położenie części mieszkalnych w obiekcie które powinny być uprzywilejowane. Prawidłowe oświetlenie podnosi komfort użytkowania budynku.

7.1.2 Powietrze

Jakość powietrza, jego skład chemiczny oraz odpowiednie ciśnienie ma istotny wpływ na samopoczucie człowieka. Gdy powietrze nie jest odpowiednie wzbudza to zaburzenia objawiające się złym samopoczuciem, uderzeniami gorąca i dusznościami. W bazie oprócz podstawowych systemów podtrzymywania życia należy umieścić systemy oczyszczające powietrze z zanieczyszczeń, regulujące jego skład, temperaturę, wilgotność i ciśnienie. Systemy takie zostały już opracowane przez agencje kosmiczne i testowane wielokrotnie w przestrzeni kosmicznej podczas lotów bądź na stacjach kosmicznych. Z tego względu w dalszej części pracy nie będą one szczegółowo omawiane.

7.1.3 Komfort cieplny

Komfort cieplny to stan, w którym człowiek czuje, że jego organizm znajduje się w stanie zrównoważonego bilansu cieplnego to znaczy nie odczuwa ani zimna ani gorąca. Na poczucie komfortu cieplnego ma również wpływ odpowiednia wilgotność powietrza jak i jego ruch. (a raczej jego brak). Wahania temperatury w ciągu doby nie powinny być większe niż 3^o.

Poprawę komfortu cieplnego i mikroklimatu wnętrza można uzyskać poprzez umiejscowienie we wnętrzu zieleni i zbiorników wodnych. Dlatego w strefie wspólnej bazy takie elementy powinny się pojawić.

Pokój mieszkalny	$18\text{-}19^o$
Pokój pracy umysłowej	20^o
Łazienka	$22\text{-}23^o$
Kuchnia	16^o

Rys. Temperatury w których człowiek ubrany odczuwa komfort cieplny.

7.2 Literatura:

[01] Instytut Architektury i Urbanistyki PWr „Wprowadzenie do projektowania osiedlowych struktur funkcjonalno-przestrzennych", Wrocław, 1978
[02] Jan Maciej Chmielewski „ Teoria Urbanistyki", Warszawa, 2001
[03] http://pl.wikipedia.org/wiki/Komfort_cieplny
[04] http://www.marsnews.com/focus/mars/
[05] http://pl.wikipedia.org/wiki/Mars

8 Obliczenia i analizy

8.1 Oszacowanie ilości mieszkańców

Ilość mieszkańców zależy głównie od ilości osób potrzebnych do obsługi bazy i wykorzystania jej możliwości do prowadzenia badań, oraz od możliwości nawiązania odpowiednich relacji międzyludzkich.

Funkcja	Minimalna ilość osób
Obsługa techniczna systemów podtrzymywania życia, kontrola jakości szczelności struktury	2-3 osoby
Pomoc lekarska (lekarz + pomoc)	2 osoby
Obsługa strefy komunikacyjnej	1-2 osoby
Naprawa pojazdów (mechanik)	2 osoby
Przygotowanie posiłków	2-3 osoby
Opieka nad dziećmi, edukacja	1 osoba
Uprawa roślin	4-5 osób
Badania naukowe	4-5 osób
Zaopatrzenie i kontrola magazynów	2 osoby
RAZEM osób dorosłych	20-24 osoby dorosłe
Dzieci (dla modelu 2+1)	10-12 dzieci
RAZEM osób	30-34 osoby

Maksymalna ilość rodzin w grupie której zawiązują się stosunki sąsiedzkie to 20 rodzin. Dla model 2+2 i 2+1 otrzymujemy odpowiednio maksymalną ilość mieszkańców - 60-80 osób

Dom obliczeń wstępnie przyjęto:
- ilość mieszkańców w bazie 55 osób
- ilość osób odwiedzających dziennie 15

8.2 Oszacowanie zapotrzebowania na pożywienie i zapasy

	Dzienne potrzeby jednego człowieka (kg)	Dzienne potrzeby dla 70 osób (kg)	Miesięczne potrzeby dla 70 osób (kg)
Tlen	1,0	70	2100
Sucha żywność	0,5	35	1050
Pełna żywność	1,0	70	2100
Woda pitna	4,0	280	8400
Woda do mycia	26,0	1820	54600
RAZEM	**32,5 kg**	**2275**	**68 250**

Rys. Zapotrzebowanie na tlen, wodę i pożywienie w bazie.
Opracowane na podstawie: R.Zubrin, R. Wagner, „Czas Marsa”

8.3 Oszacowanie kubatury bazy

	Pomieszczenie	Powierzchnia przyjęta na osobę	Kubatura
1)	Strefa techniczna	$8m^2$	$2400m^3$
2)	Strefa mieszkalna	$18m^2$	$3780m^3$
3)	Strefa magazynów		
	Żywność sucha	-	$33m^3$
	Pełna żywność	-	$33m^3$
	Woda pitna	-	$10m^3$
	Woda brudna	-	$54\ m^3$
	Magazyn narzędzi, części	$0,5m^2$	$105m^3$
4)	Laboratoria	$5m^2$	$225m^3$
5)	Lekarz z salą operacyjną		$180m^3$
6)	Pomieszczenia edukacyjne i rozrywkowe	$1,8m^2$	$300m^3$
7)	Dziedziniec wspólny ok. 25x25 m		$3750m^3$
8)	Uprawy	$5m^2$	$1775\ m^3$
	RAZEM		**12 645 m^3**

1) Przelicznik powierzchni strefy technicznej na osobę zastał przyjęty według projektów HAB. Powierzchnia i kubatura całkowita zostały obliczone dla pomieszczeń o wysokości 3,0 m i ilości osób 100 (ze względów bezpieczeństwa).
2) Obliczono dla 70 osób. Założono wysokość pomieszczeń 3m.
3) Magazyny. Objętość uzyskano mnożąc gęstość substancji przez wagę i dodając 30% powierzchni na komunikację. Suchą żywność obliczono na dwa lata (W sytuacjach najbardziej tragicznych możliwość ratunku z Ziemi) a pełną żywność na pół roku (okres wegetacji roślin). Magazyny wody obliczono na 1 miesiąc (woda jest produkowana na bieżąco). Magazyn narzędzi i części obliczono na 70 osób.
4) Laboratoria: Wstępnie przyjęto 15 pracowników.
5) Dziedziniec: Wstępnie przyjęto wysokość dwóch kondygnacji (6m)
6) Uprawy: Wstępnie przyjęto dla 70 osób, wysokość 5m.

8.4 Modele bazy a utrata ciepła

Rodzaje Baz poddane analizie:

B1 – Baza umieszczona na płaskim gruncie.
B2 – Baza umieszczona na stoku
B3 – Baza umieszczona pod powierzchnią
B4 – Baza umieszczona w jaskini na stoku

W każdym przypadku przyjęto wstępnie kubaturę bazy K=12 645 m3

	Powierzchnia powłoki przez którą następuje wymiana ciepła (m^2)	Objętość powietrza które jest poddane bezpośredniej wymianie ciepła (m^3)
B1	2098,509	12 645
B2	1399,006	8430
B3	1049,255	4215
B4	699,5031	6 323

Rodzaje przegród poddane analizie:
P1 - Szyba 6mm Pilkington *SunscolT Brilliant 66/33+6mm Optifloot T*
P2 - Szyba zespolona z membraną *"Heat Mirrow"* system *Superglass*
P3 – Przegroda zbudowana jak P2, gdzie szkło zastąpiono membraną nieprzepuszczalną
P4 – Przegroda dwuwarstwowa zbudowana z dwóch przegród P3 oddzielonych warstwą powietrza 30 mm
P5 – Przegroda trójwarstwowa zbudowana z trzech przegród P3 oddzielonych pustkami powietrznymi o szerokości 30mm
P6 – Przegroda czterowarstwowa złożona z dwóch przegród P4 oddzielonych warstwą powietrza 30mm
P7 – Warstwa aerożelu
P8 – Przegroda P6 z warstwą aerożelu

Przegrody P1-P7 są przegrodami przepuszczającymi światło. Obliczenia prowadzone są w celu sprawdzenia czy możliwe jest zastosowania takich przegród na Marsie do tworzenia przestrzeni życiowej przeznaczonej dla człowieka.

	Współczynnik przenikania ciepła U [W/m^2*K]	Grubość przegrody [m]
P1	1,000	0,030
P2	0,330	0,030
P3	0,330	0,030
P4	0,160	0,090
P5	0,11	0,15
P6	0,079	0,18
P7	0,040	0,010
P8	0,029	0,16

Temperatury używane w obliczeniach

Dzień

	Temperatura minimalna (^oC)	Temperatura maksymalna (^oC)	Temperatura średnia (^oC)
Równik 0^o	-15	20	2
$22,5^o$	-40	5	-3
45^o	-70	10	-30
$67,5^o$	-100	-30	-73
Biegun PN 90^o	-125	-50	-105

Noc

	Temperatura minimalna (^oC)	Temperatura maksymalna (^oC)	Temperatura średnia (^oC)
Równik 0^o	-105	-55	-85
$22,5^o$	-105	-65	-90
45^o	-110	-80	-92
$67,5^o$	-120	-80	-105
Biegun PN 90^o	-130	-110	-124

Temperatura wnętrza bazy w dzień 19^oC
Temperatura wnętrza bazy w nocy 15^oC

8.4.1 Analiza przegród

Obliczenie strat ciepła na $1m^2$ (gęstość strumienia cieplnego) dla różnych rodzajów przegród na równiku marsjańskim (chyba że zaznaczono inaczej) dla średnich temperatur. Obliczenia uzyskana na podstawie wzoru na q (gęstość strumienia cieplnego).

$$\mathbf{q = dt * U\ [W/m^2]}$$

U – współczynnik przenikania ciepła
dt - różnica temperatur

Obliczenia dla Ziemi przyjęto jak dla Polski odpowiednio dla temperatur zewnętrznych 15^{o} C i -5^{o} C.

Dzień

Przegroda	Mars q [W/m^2]	Ziemia q [W/m^2]
P1	17	**4**
P2	5,61	**1,32**
P3	5,61	1,32
P4	2,72	0,64
P5	1,87	0,44
P6	**1,343**	0,316
P7	0,68	0,16
P8	**0,442**	0,104

Noc

Przegroda	Mars q [W/m^2]	Ziemia q [W/m^2]
P1	100	**20**
P2	33	**6,6**
P3	33	6,6
P4	**16**	3,2
P5	**11**	2,2
P6	**7,9**	1,58
P7	4	0,8
P8	2,6	0,52

Wnioski:
Parametry wybranej powłoki powinny w jak najwyższym stopniu zbliżyć się do standardów ziemskich, w celu stworzenia możliwości ogrzania kubatury dmuchawami (wymiana ciepła nie może zachodzić zbyt szybko). Obecnie na Ziemi stosuje się powszechnie okna typu P1, a dla domów pasywnych P2. Podobne wartości jak na Ziemi dla przegrody P1 uzyskujemy na Marsie dla przegrody P4. Analogicznie przegrodzie P2 odpowiada na Marsie przegroda P6.

Biorąc pod uwagę wyniki obliczeń przegroda P6 powinna w doskonały sposób spełnić wymagane warunki.

8.4.2 Analiza typów bazy

Obliczenie strat ciepła zachodzących przez przegrodę (przyjęto przegrodę P5) dla różnych rodzajów bazy dla średnich temperatur panujących na równiku. Obliczane na podstawie wzoru:

c= Pp*q

c- straty ciepła zachodzące przez powierzchnie
q - gęstość strumienia cieplnego
Pp – pole powierzchni powłoki przez którą następuje wymiana ciepła

Do obliczeń przyjęto australijskie ogniwa fotowoltaniczne „Silver" o mocy 100W. (1x0,5 m^2 co daje na 1m^2 – 200W). Moc ogniw przyjęta do obliczeń stanowi 44% mocy tych samych ogniw na Ziemi, czyli 88W/m^2.

Przegroda	Straty ciepła w dzień [kW]	Straty ciepła w noc [kW]	Moc baterii słonecznych umieszczonych na powierzchni równej 50% powierzchni wymiany ciepła [kW]
B1	2,82	16,58	556,38
B2	1,88	11,05	370,92
B3	**1,41**	**8,29**	185,46
B4	**0,94**	**5,53**	278,19

Wnioski:

Najlepsze parametry uzyskujemy w przypadku bazy umieszczonej pod powierzchnią bądź w zabudowanej jaskini. Ta druga możliwość ma jednak znaczne wady, bardzo trudno uzyskać odpowiednie nasłonecznienie wnętrza, dodatkowo słońce jest zasłanianie przez sam stok. Zaletą tego rozwiązania jest ochrona przed promieniowaniem kosmicznym. W rozwiązaniu B3 można również wykorzystać naturalne zagłębienia terenu.

Starty ciepła zachodzące przez przegrodę P6 na 1m^2 wynoszą 7,9 W natomiast sprawność ogniw to 88W/m^2 . Zwykłe ogniwa elastyczne produkowane na Ziemi mają sprawność 30W, przeliczając na warunki marsjańskie daje to 13W/m2. Na podstawie tej proporcji i bez uwzględnienia zysków ciepła pochodzącego z promieniowania słonecznego, widać że ogrzanie kompleksu przy tak zaprojektowanej przegrodzie nie stanowi problemu technicznego.

8.4.3 Obliczenie sił działających na powłokę

Napór kładziony przez powietrze na powłokę od wewnątrz jest równy różnicy ciśnień między wnętrzem a atmosferą planety.

Ciśnienie we wnętrzu	Różnica ciśnień	Siła z jaką działa powietrze na konstrukcję [kN/m^2]
35 kPa (5psi)	34,1	34,1
70 kPa	69,1	69,1
101kPa (jak na Ziemi)	100,1	100,1

1psi = 6,895 kPa, 1Pa=1N/m2, do obliczeń przyjęto ciśnienie na Marsie 0,9 kPa

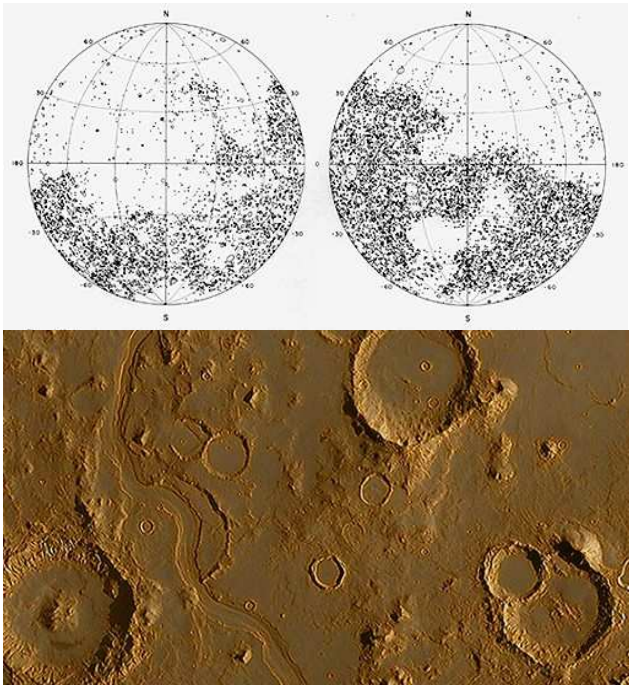
8.4.4 Rośliny

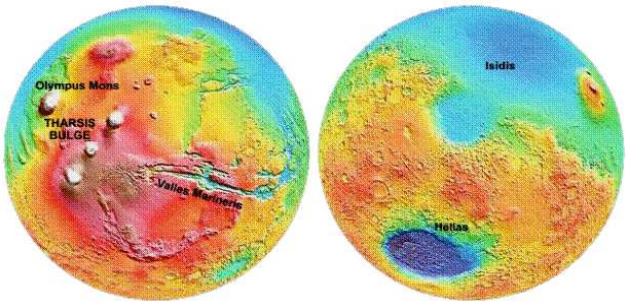
Rośliny mogą być uprawiane w ciśnieniu nawet 0,7 psi (ciśnienie używane w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w statkach kosmicznych to 5psi). Dodatkowo duże stężenie dwutlenku węgla jakie występuje w atmosferze Marsa jest dla roślin odpowiednie. Mimo to najkorzystniejszym wariantem wydaje się umieszczenie uprawy pod tym samym przekryciem pod którym przebywają ludzie.

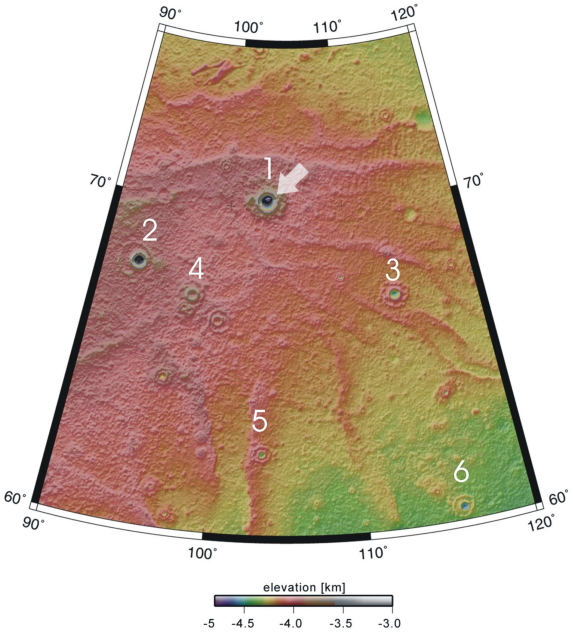
Najprawdopodobniej gleba marsjańska może służyć jako grunt uprawny. Zawiera wszystkie pierwiastki zawarte w glebie na Ziemi z tym, że na Marsie skład procentowy zasadniczych pierwiastków służących rozwojowi roślin jest wyższy.

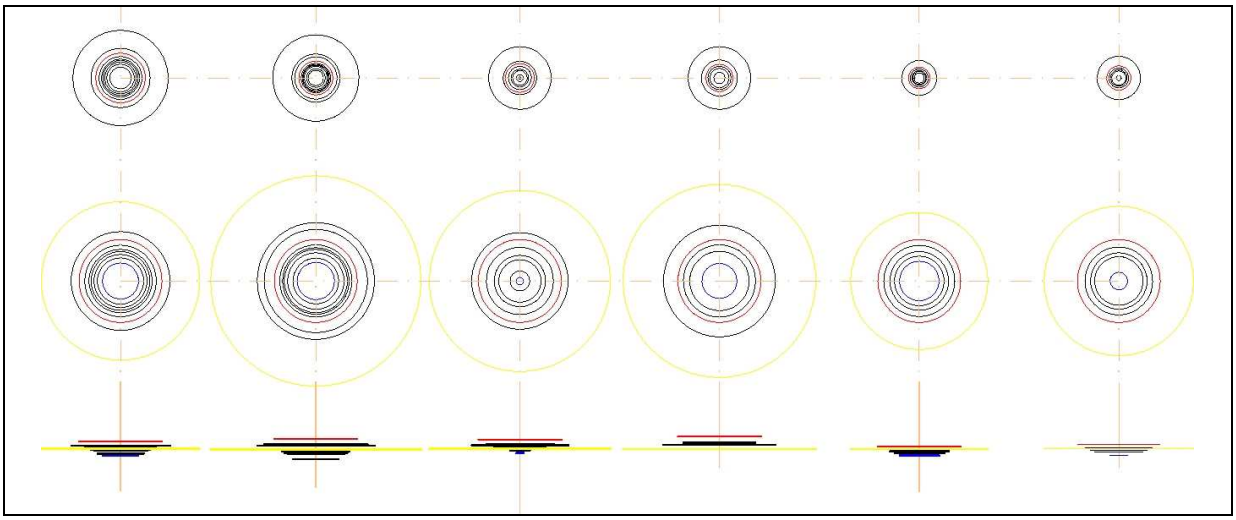
8.4.5 Kratery

Z powyższych analiz wynika, że najkorzystniej umieścić jest bazę w naturalnym zagłębieniu terenu, występującym powszechnie w rzeźbie, takim jak krater.
Najwięcej kraterów znajduje się na półkuli południowej planety i w okolicach równika. Na półkuli północnej kratery występują również, ale jest ich mniej i są płytsze co wiąże się z aktywnością geologiczną tych terenów w przeszłości. Najwięcej kraterów ma kształt okrągły, choć zdarzają się i „łezkowate". Możemy przeanalizować dowolny fragment terenu planety w celu porównania parametrów kraterów. Analizowany fragment pochodzi z półkuli północnej.

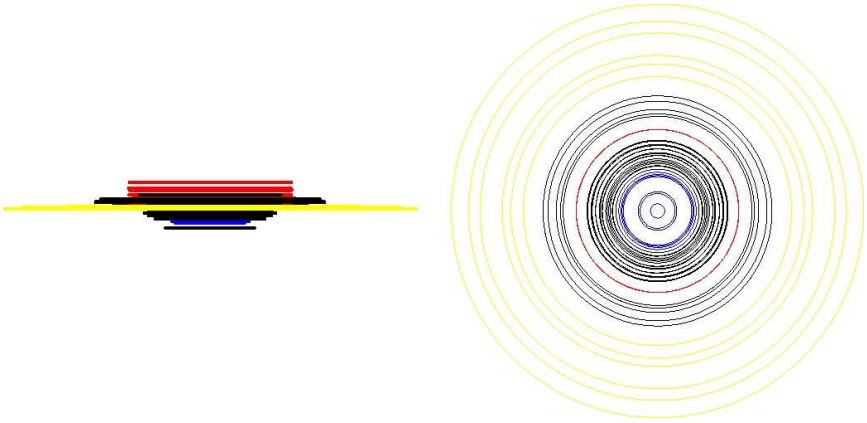








Rys. Porównanie parametrów kraterów. W górnym pasie przedstawiono kratery w zachowanych proporcjach, dolny pas przedstawia kratery sprowadzone do tej samej wielkości promienia najwyższego pasa krateru, najniższy pas przedstawia porównanie położenia krateru względem terenu oraz ich głębokości. Użyte kolory: żółty – poziom terenu, niebieski – dno krateru, czerwony – najwyższy pas krateru. Liczby oznaczają numery kraterów opisane na zdjęciu powyżej.
Opracowanie: Autorka



Rys. Zestawienie przekrojów i rzutów kraterów 1-6.
Opracowanie: Autorka

Na podstawie analiz kraterów można stworzyć model uśredniony krateru (rys. powyżej). Odczytując dane z rysunku dla krateru o promieniu 50 metrów pasa zewnętrznego mamy: dno krateru znajduje się na głębokości około 5m poniżej poziomu terenu, natomiast najwyższy punkt stoków znajduję się około 10 metrów nad poziomem terenu.

9 Opis Projektu

9.1 Założenia do projektu

Na podstawie wniosków z przeprowadzonych analiz i badań przyjęto, że baza powinna spełniać niżej wymienione warunki. Powinna

- Być przeznaczona docelowo dla około 40 osób, w celu zapewnienia komfortu psychicznego mieszkańców i możliwości nawiązania więzi sąsiedzkich
- Zapewniać możliwości zaspokojenia wszystkich potrzeb ludzkich
- Być przeznaczona dla modelu społeczeństwa z możliwością założenia rodziny
- Zapewniać rozdzielenie stref: mieszkalnej, użytkowania wspólnego i technicznej.
- Unikać monotonii i sztywności środowiska architektonicznego w celu stworzenia przestrzeni przyjaznej człowiekowi i odpowiadające jego skali
- Być jednostką w jak największym stopniu samowystarczalną, wykorzystującą naturalne zasoby planety i jej właściwości
- Brać pod uwagę możliwość wpływu człowieka na przestrzeń, w której przebywa
- Przewidywać możliwość migracji
- Spełniać warunki zrównoważonego rozwoju
- Być usytuowana blisko powierzchni terenu, w celu uniknięcia promieniowania kosmicznego, najlepiej w naturalnych zagłębieniach takich jak kratery i wykorzystywać do ochrony przed promieniowaniem grunt.
- Zakładać uprawę roślin w tej samej przestrzeni powietrznej, która jest przeznaczona na pobyt ludzi, w celu oszczędzania energii wydatkowanej na zapewnienie odpowiednich warunków oraz w celu wykorzystania korzystnego wpływu roślin na mikroklimat wnętrza
- Wykorzystywać naturalną różnicę ciśnień między wnętrzem a zewnętrzem, w celu uniesienia powłoki oddzielającej środowisko bazy od warunków panujących na Marsie. Powłoka zapewniająca korzystny współczynnik przenikania ciepła to powłoka czterowarstwowa, przeanalizowana w części obliczeniowej. Kształt powłoki powinien odpowiadać szerokości geograficznej, zapewniając w jak największym stopniu prostopadłe ustawienie do głównego kierunku padania promieni słonecznych

9.2 Orientacja

Ze względu na koszty ogrzewania kubatury budynku (najłagodniejszy klimat) i odpowiednie nasłonecznienie wnętrza najlepsze tereny do lokalizacji pierwszych baz to okolice równika, gdzie w dużych ilościach występują również kratery pouderzeniowe. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na zasobność gleby w wodę oraz występowanie lokalnego pola magnetycznego, które będzie odginać linie promieniowania kosmicznego.
Najwięcej wody w gruncie w okolicach równika znajduje się pomiędzy 0 a 45 stopniem długości areograficznej wschodniej oraz w okolicach 180 stopnia . Obie te lokalizacje pokrywają się z terenami, na których występuje naturalne, lokalne pole magnetyczne planety. Na równiku i jego okolicach występuje ono na całej długości poza obszarami *Valles Marineris i Tharsis Montes* (60-120 stopień długości areograficznej wschodniej). Więcej kraterów pouderzeniowych znajduje się w okolicach 0 stopnia.

Na lokalizację wybrano teren (spełniający wszystkie wymagane cechy) w południowej części krainy *Arabia Terra, na granicy z Terra Meridiani,* na północny wschód od krateru *Schiaperelli.*
Parametry położenia:

- Wysokość nad przyjętym poziomem terenu: około 2km
- Szerokość areograficzna: około 20E
- Długość areograficzna: około 5N

9.3 Sytuacja

Baza została usytuowana w kraterze. Krater w naturalny sposób ochrania bazę przed środowiskiem zewnętrznym, zbyt szybkimi stratami ciepła i promieniowaniem kosmicznym. Przestrzeń wewnętrzna została odizolowana od niekorzystnych warunków atmosferycznych planety za pomocą czterowarstwowej transparentnej powłoki pneumatycznej unoszonej różnicą ciśnień i zamykającej przestrzeń krateru od góry. Parametry krateru:

- promień zewnętrznego pierścienia - 50 metrów,
- promień wewnętrznego pierścienia -12 metrów.
- wysokość krateru - 10 metrów nad poziom terenu (przyjętym jako 0,00)
- głębokość krateru - 5 metrów poniżej poziomu 0,00

Parametry krateru zostały wybrane na podstawie analiz kraterów i ze względu na idee projektu, tak aby było możliwe zlokalizowanie wszystkich założonych funkcji.

9.4 Etapy budowy

9.4.1 Etap 0

Etap ten rozpoczyna się w momencie, gdy na Marsie istnieją już załogowe jednostki badawcze, wysłane dzięki działaniu agencji kosmicznych (które obecnie są w opracowaniu).
Składają się na niego :

- Odnalezienie odpowiedniej lokalizacji
- Analizy okolicy i możliwych do wykorzystania zasobów lokalnych (np. kamienie)
- Analizy gruntu i możliwości wykorzystania go w budownictwie
- Analizy możliwości pozyskiwania wody
- Umieszczenie w wybranym miejscu zautomatyzowanych urządzeń produkujących paliwo i tlen z atmosfery marsjańskiej (rozwiązania analogiczne do opracowanych przez Zubrina i współpracowników), w celu przygotowania zasobów do realizacji etapu następnego.

9.4.2 Etap 1

Etap pierwszy, rozpoczynający budowę bazy, ma za zadanie oddzielenie wnętrza krateru od niekorzystnych warunków zewnętrznych.
Składają się na niego :

- Budowa łącznika na poziomie terenu między wnętrzem a zewnętrzem krateru (zakres podstawowy), założenie śluz
- Budowa pierścienia u szczytu krateru
- Montaż czterowarstwowej powłoki pneumatycznej
- Uszczelnienia powierzchni krateru (od zewnątrz), zasypywanie zagłębień terenu, uszczelniania wodą pod ciśnieniem (woda zamarza wypełniając luki)
- Instalacja reaktora i podstawowych systemów podtrzymywania życia w wydrążonych jaskiniach, wyprowadzenie czerpni i dmuchaw.

Po zakończeniu tego etapu budowy, we wnętrzu krateru panują warunki umożliwiające pracę załogi bez skafandrów kosmicznych. Do czasu zrealizowania jednostek mieszkalnych załoga mieszka w habitatach kosmicznych typu HAB. Ziemia, uzyskana z formowania górnych warstw stoków oraz wydrążanych jaskiń, jest wykorzystywana do zasypania dna krateru.

9.4.3 Etap 2

Etap ten ma na celu stworzenie warunków komfortowego przebywania człowieka we wnętrzu.
Składają się na niego :

- Budowa schronu (schron budowany jest w pierwszej kolejności). Wynika to z faktu, że baza znajduje się w środowisku w którym przebywanie bez odpowiednich zabezpieczeń jest dla ludzi śmiertelne. Schron dlatego ma zasadnicze znaczenie - umożliwia przetrwanie w sytuacji awaryjnej)
- Instalacja urządzeń technicznych (oczyszczalnia ścieków, kondensatory energii, zbiorniki wody)
- Uzbrojenie terenu
- Kształtowanie powierzchni stoków (ściany oporowe), utworzenie ścieżek komunikacyjnych, schodów, tarasów.
- Wydrążenie strefy magazynowej

9.4.4 Etap 3

Rozpoczyna się zasiedlenie terenu bazy. Sprowadzani są pierwsi osadnicy, którzy biorą udział w dalszej części realizacji. Mieszkają oni początkowo w wydrążonych, niewykorzystywanych przestrzeniach magazynowych i schronie.
Etap ten ma na celu doprowadzenie bazy do stanu, w którym możliwy jest pełny zakres jej działania. Składają się na niego:

- Drążenie jaskiń dostępnych z poziomu 0,00 i poziomu 3,60
- Kształtowanie powierzchni tarasów pod uprawy
- Budowanie jednostek użytkowania wspólnego na poziomie 0,00 oraz jednostek mieszkalnych na poziomie 3,60 metrów. Użycie zaprawy marsjańskiej (grunt zmieszany z wodą) bądź wypalonych cegieł marsjańskich.
- Założenie upraw
- Zagospodarowanie placu
- Wyłożenie kamieniem placu i ciągów komunikacyjnych
- Zasadzenie drzewa

9.4.5 Etap 4

Obejmuje :

- Użytkowanie bazy w pełnym zakresie
- Rozbudowa potrzebnych elementów (jednostki mieszkalne drugiego tarasu, sala operacyjna, laboratoria specjalne).

Faza ta jest docelowym punktem całej inwestycji. Trwa ona najdłużej. Jednostki mieszkalne są rozbudowywane według potrzeb i chęci użytkowników i mogą być dodrążane w głąb stoku w celu zapewnienia im doświetlenia od strony zewnętrznej krateru (odpowiednie zabezpieczenia). Możliwość drążenia potrzebnych pomieszczeń sprawia że architektura ta spełnia warunki dostosowywania się do naturalnie rosnących potrzeb społeczeństwa.

9.4.6 Etap 5

Jest to etap, w którym zbudowaną bazę zamieszkuje maksymalna liczba osób, ograniczona pojemnością i wydajnością systemów podtrzymywania życia. Powstaje potrzeba stworzenia nowej bazy. Szukana jest lokalizacja, prowadzone są badania. Następuje przejście do fazy 0 dla nowego obiektu. Nowa baza powinna znajdować się w stosunku do pierwszej w odległości nie dalszej niż odległość, którą można pokonać łazikiem w czasie naturalnego nasłonecznienia terenu. Baza taka może tym samym znajdować się również w bliskim sąsiedztwie istniejącej (np. w sąsiednim kraterze).

9.5 Rozwiązania architektoniczne

9.5.1 Strefy funkcjonalne

W projekcie bazy zastosowana podział przestrzeni na cztery główne strefy

9.5.1.1 Strefa Techniczna

Strefa techniczna jest strefą o ograniczonym dostępie. Obsługiwana jest przez dwie osoby.

Zasadnicza jej część została umieszczona w stoku krateru na poziomie 0,00 w wydrążonych pomieszczeniach skomunikowanych z placem za pomocą tuneli. Takie usytuowanie eliminuje narażenie tych systemów na niekorzystne warunki panujące na planecie i chroni przed urazami mechanicznymi. Dodatkowo grunt pełni funkcję izolacji akustycznej, wytłumia odgłosy dochodzące z działających systemów oraz izoluje od innych uciążliwości z nimi związanych.

Oprócz strefy technicznej poziomu 0,00, baza mieści strefę techniczną związaną z kontrolą szczelności powłoki znajdującą się na poziomie 8,10 metrów.

Szczegółowo w skład tej strefy wchodzą:

- **Schron**

  Ma on na celu zapewnienie bezpieczeństwa załodze w przypadku poważnej awarii głównych systemów podtrzymywania życia, dużego uszkodzenia powłoki pneumatycznej, silnych rozbłysków słońca, itp. Schron został umieszczony w wydrążonych w stoku komorach, które w naturalny sposób ochraniają przed promieniowaniem kosmicznym i dzięki śluzom zapewniają izolację od wnętrza jak i od zewnętrza krateru (czyli od źródeł potencjalnego zagrożenia).

  Schron składa się z dwóch części, z których każda przeznaczona jest dla 40 osób, w sumie może on pomieścić 80 osób. Zwiększenie pojemności schronu w stosunku do liczby mieszkańców było spowodowane tym, że w razie zagrożenia zewnętrznego, mogą z niego korzysta ć poza mieszkańcami osoby znajdujące się w bazie tymczasowo, osoby przebywające w pobliżu bazy na powierzchni i planety, osoby przybywające z innej jednostki w sytuacji awaryjnej.

  Każda cześć schronu jest wyposażona w pomieszczenia z miejscami do leżenia. Dojście do schronu następuje z przestrzeni placu wspólnego i jest zlokalizowane w pobliżu klatki schodowej. Schron posiada połączenie z awaryjnymi systemami podtrzymywania życia oraz za pomocą śluzy z magazynami żywności. Z korytarza łączącego obie części, przy którym znajduje się magazyn kombinezonów, wychodzimy za pomocą śluzy na zewnątrz krateru.

- **Reaktor**

  Zastosowano reaktor *Rapid-R*, stworzony na użytek przemysłu kosmicznego.
  Naukowcy zapewniają, że zastosowana technologia jest na tyle bezpieczna, że może być on umieszczany w osłonie betonowej w piwnicach domów.

- **Główne systemy podtrzymywania życia**

  W skład głównych systemów podtrzymywania życia wchodzą urządzenia kontrolujące jakość powietrza (wilgotność, skład, temperatura, ciśnienie), stacje wentylatorów (trzy

standardowe dmuchawy przemysłowe są w stanie dokonać wymiany całego powietrza w bazie w ciągu dwóch godzin), nanokondensatory energii, zbiorniki tlenu i wody (na użytek systemów).

Systemy podtrzymywania życia są zasilane energią pochodzącą z ogniw słonecznych. W przypadku awarii lub przedłużającego się nieodpowiedniego nasłonecznienia (burze pyłowe) otrzymują zasilanie od reaktora (z tego powodu są usytuowana w jego bezpośrednim sąsiedztwie).

- **Awaryjne systemy podtrzymywania życia**

Zlokalizowane są między schronem a reaktorem, przez które są zasilane. Pełnią one swoje funkcje w przypadku awarii głównych systemów podtrzymywania życia i obsługują przestrzeń schronu.

- **Oczyszczalnia ścieków wraz ze zbiornikami wody**

W skład tej części strefy technicznej wchodzi: oczyszczalnia ścieków, zbiorniki wody szarej i czystej, destylator, zbiornik wody pitnej. Odpady uzyskiwane w procesie oczyszczania są wykorzystywane jako nawóz stosowany do upraw roślin, dodatkowo naturalnie wytwarzający się gaz może być wykorzystywany, do wspomagania systemów bazy (spalanie).

- **Magazyny**

- **Utylizacja odpadów**

- **Strefa kontroli szczelności powłoki pneumatycznej**

9.5.1.2 Strefa Użytkowania wspólnego

Strefa ta zawiera pomieszczenia służące do pracy, nauki, komunikacji i jadalnię. Została zlokalizowana na wewnętrznych stokach krateru (odpowiednie doświetlenie) i częściowo w stoku . Zasadnicze jej elementy są skoncentrowane na poziomie 0,00 wokół placu, który spełnia funkcję miejsca spotkań, przestrzeni integrującej i komunikacyjnej (salon bazy).

W skład tej strefy wchodzą:

- **Plac**

Krater został oddzielony od warunków zewnętrznych panujących na planecie za pomocą transparentnej powłoki pneumatycznej. Dzięki temu zagwarantowane jest we wnętrzu odpowiednie nasłonecznienie oraz stałe warunki „pogodowe”. Plac tym samym jest z jednej strony przestrzenią zewnętrzną w stosunku do wydzielonych pomieszczeń o zadanych funkcjach, z drugiej jednak strony przestrzeń ta jest wewnętrzna, gdy traktujemy bazę jako całość. Dzięki temu może pełnić on funkcje miejsca spotkań, funkcję integracyjną, reprezentacyjną, powitalną, ale dodatkowo przejmować wszystkie funkcje komunikacyjne, przedsionkowe, korytarza, poczekalni itp. jakie występują w normalnych budynkach i które nie potrzebują wydzielania i ochrony akustycznej. Tym samym jednostki umieszczone wokół placu są z tych funkcji uwolnione.

W strefie placu wydzielona jest część komunikacyjna, wyłożona naturalnym kamieniem marsjańskim (kolor czarny) i rekreacyjna porośnięta trawą, w której umieszczone są siedziska kamienne i zasadzone jest drzewo (symbol życia).

- **Strefa wejściowa**

Strefa wejściowa pełni funkcje połączenia między wnętrzem krateru a zewnętrzem, gdzie panują warunki marsjańskie. Między tymi dwoma przestrzeniami (między śluzą wewnętrzną a zewnętrzną) występuje strefa pośrednia, o warunkach umożliwiających oddychanie ale nie gwarantujących bezpieczeństwa bakteriologicznego. Znajduje się w niej parking jednostek służących do przemieszczania się po planecie, magazyn narzędzi (naprawy) i części wymiennych, wejścia do magazynów laboratoryjnych, w których zdaje się próbki. Z tej strefy zapewniony został również dostęp do bloku operacyjnego, dzięki czemu w przypadku, gdy osoba ulegnie wypadkowi, chorobie lub skażeniu na zewnątrz bazy, możliwe jest udzielenie bezpośredniej pomocy bez narażania innych. Blok operacyjny posiada również śluzy, dzięki czemu w nagłych wypadkach jest możliwość uzyskania całkowitego odizolowania go od wnętrza bazy i zakwalifikowania go jako strefy pośredniej.

- **Jadłodajnia**

Czynność spożywania posiłków została rozwiązana jako wspólna. Posiłki są przygotowywane przez osoby za to odpowiedzialne, a następnie spożywane w jadalni (poza kwaterami osobistymi). Podyktowane jest to oszczędnościami przestrzeni, uproszczeniami technologicznymi i dostępnością zapasów.

Strefa ta składa się z jadalni (dostępnej bezpośrednio z placu) i zaplecza, umieszczonego w wydrążonym stoku na poziomie strefy technicznej.

W skład zaplecza wchodzi: przygotowalnia posiłków, oczyszczalnia naczyń i pomieszczenie socjalne. Od strony przygotowalni posiłków za pośrednictwem korytarza mamy dostęp do magazynów żywności, natomiast od strony oczyszczalni naczyń mamy dostęp do pomieszczenia utylizującego odpady.

- **Blok medyczny**

Strefa ta składa się z dwóch części: pierwszej, w której znajdują się: sala przyjęć, sala chorych, łazienka i garderoba dla chorych, korytarz, gabinet lekarza z małym magazynem i zapleczem (toaleta, umywalnia) oraz drugiej usytuowanej pod powierzchnią stoku, w skład której wchodzi: sala przygotowań do operacji i wybudzeniowa, sala operacyjna, magazyn materiałów, pomieszczenie służące do sterylizacji narzędzi i pojemnik na odpady połączony za pomocą korytarza z działem utylizacji odpadów. Od strony sali przygotowawczej znajduje się połączenie ze strefą wejściową omówioną w opisie strefy wejściowej.

- **Laboratoria**

Laboratorium składa się z dwóch części. Pierwsza część jest dostępną z placu i oświetlana światłem naturalnym. Składają się na nią sala opracowań pisemnych, szatnia, laboratorium, magazyn kombinezonów, magazyn próbek. Połączona jest ona z drugą strefą za pomocą tunelu-śluzy. Druga strefa umieszczona jest w stoku - to Laboratoria specjalne, przeprowadzające badania wymagające odpowiednich warunków. Laboratoria te są połączone z magazynem próbek specjalnych. Można do nich dostać się również poprzez śluzę od strony korytarza technicznego dostępnego z placu.

Laboratorium normalne przystosowane jest do pracy 6 osób, a specjalne 12 (razem 18 osób)

- **Czytelnia zasobów wirtualnych, miejsce osobistej pracy i nauki**

- **Sala nauki i opieki nad dziećmi**

- **Centrum łączności i kontroli**

Pełni zadania łączności miedzy bazami, z osobami znajdującymi się na zewnątrz oraz z Ziemią. Dodatkowo dzięki usytuowaniu sprawowana jest kontrola osób opuszczających i przybywających do bazy oraz pełniona jest funkcja informacyjna. Obok znajdują się dwa korytarze techniczne o zasadniczym znaczeniu: do schronu i do reaktora.

- **Sanitariaty**

Sanitariaty rozwiązano jako ogólnodostępne z wejściami od strony palcu. Zgrupowano je w jednym miejscu i dzięki temu inne pomieszczenia nie muszą ich posiadać (oprócz lekarza). Obliczone są na ilość osób przebywających w bazie.

- **Komunikacja**

Komunikację pionową ogólnodostępną rozwiązano w postaci schodów (obliczanych jak dla miejsc użyteczności publicznej) dostępnych z palcu i podnośnika towarowo-osobowego. Komunikacja pionowa w strefie kwater została obliczona jak dla zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej. Schody skonstruowane są z naturalnie występujących na marsie materiałów (kamienie, utwardzona ziemia)
Komunikacja pozioma na poziomie 0,00 jest obsługiwana przez plac, na poziomie wyższym poprzez chodniki od zewnętrznej strony tarasu.

9.5.1.3 Kwatery mieszkalne

Zostały zagłębione po części w stoku, resztę konstrukcji nadbudowano (za pomocą urobku uzyskanego z wydrążenia). Znajdują się one na tarasach na poziomie 3,60 metrów oraz 6,60 metrów na stokach zachodnich i wschodnich. Podobnie jak w przypadku poziomu 0,00, tak w przypadku jednostek mieszkalnych zostały wydzielone tylko te pomieszczenia, które wymagają koniecznej izolacji akustycznej i wizualnej. Resztę funkcji przejmuje przestrzeń zewnętrzna. Przestrzeń zewnętrzna (tarasu) została wydzielona za pomocą wygrodzenia oddzielając komunikację od strefy pośredniej. Pełni ona funkcję otwartego salonu. Kwatery nie zawierają funkcji integracyjnej i komunikacyjnej. Poszczególna strefa pośrednia obsługuje kilka kwater, które mogą być zamieszkane przez rodzinę jak również przez osoby niespokrewnione dając im niezbędne poczucie izolacji w prywatnej przestrzeni ale zapewniając bliskość innych. Ze strefy pośredniej wchodzi się również na poziom wyższy (schody nie są dostępne z komunikacji ogólnej) . Zestawienie kwater może stanowić odpowiednik domu.

Poszczególne kwatery są przeznaczone dla jednej lub dwóch osób. Zawierają one pokój sypialny, garderobę i małą łazienkę. Pozostałe funkcje zostały wydzielone i przeniesione do strefy wspólnej na zewnątrz (podobnie jak w hotelu). Każda kwatera posiada na swoim wyposażeniu lekki kombinezon marsjański. W strefie mieszkalnej znajduje się również mała sala gimnastyczna i pralnia.
Strefa użytkowania indywidualnego, została zaprojektowana tak aby kształtowała się wraz ze wzrostem liczebności społeczeństwa i jego wymagań. W pierwszej kolejności następuje

budowa mieszkań na tarasie o poziomie 3,60 następnie tworzone są kwatery na wyższym tarasie, które będą powstawać w sposób spontaniczny. W razie potrzeb można drążyć komory mieszkalne w głąb stoku tak aby uzyskać oświetlenie od zewnętrznej strony krateru (byłoby ono zabezpieczone śluzą i miały małe otwory).

9.5.1.4 Uprawy

Uprawy umieszczono po południowej stronie stoków, tak aby zapewnić jak najkorzystniejsze oświetlenie. Dzięki temu, że znajdują się one w tej samej przestrzeni co ludzie, mają pozytywny wpływ na mikroklimat wnętrza (tlen, wilgotność, pochłanianie dwutlenku węgla). Dodatkowe korzyści to oszczędność energii związana ze stworzeniem odpowiednich warunków do uprawy roślin, poza przestrzenią przeznaczona dla ludzi i łatwość pielęgnacji. Uprawy obsługiwane są systemem tarasów. Nawożone są nawozem naturalnym. Obok tarasów uprawnych znajduje się magazyn narzędzi.
Uzyskane zbiory transportuje się windą towarową bezpośrednio do magazynów.

Dodatkowo zieleń pokrywa dachy i tarasy.

9.6 Rozwiązania techniczne

9.6.1 Technologia budowania – Materiały

9.6.1.1 Wykorzystanie materiałów pochodzenia marsjańskiego

Wyniki analiz przeprowadzonych przez sondy kosmiczne wskazują, że wapień i siarka w glebie marsjańskiej mogą występować pod postacią gipsu. Pod koniec lat osiemdziesiątych w firmie *Martin Marietta* Robert Boyd przeprowadził doświadczenia z materiałem, którego skład imitował skład pyłu marsjańskiego. Stwierdził on, że w wyniku bardzo nieskomplikowanego procesu, wymagającego jedynie zmoczenia i wysuszenia marsjańskiego pyłu, powstaje materiał zwany *durikretem*, o wytrzymałości wynoszącej ponad 50% wytrzymałości ziemskiego betonu (ciążenie na marsie jest trzykrotnie mniejsze).
Dodatkowo z gliniastego pyłu można w dość prostym procesie wypalać cegły.
Na tej podstawie w projekcie zaproponowano, aby te części budynków które mają mieć naturalne doświetlenie budować z naturalnego materiału wytwarzanego na Marsie.

Drążenie

Zdjęcia powierzchni Marsa przeprowadzone w dużej rozdzielczości, pokazują że w kraterach marsjańskich występują naturalnie uformowane jaskinie . Obserwacja tego faktu stała się inspiracją do wykorzystania naturalnych jaskiń i drążenie kolejnych w celu stworzenia przestrzeni przeznaczonych na pobyt ludzi. Pomieszczenia usytuowane wewnątrz stoku są drążone.

9.6.1.2 Kevlar

Kevlar jest polimerem (grupa poliamidów) wynalezionym w 1965 roku. Jest materiałem wysoce odpornym na mechaniczne rozciąganie (pięciokrotnie bardziej wytrzymały niż stal), odpornym na zużycia a co najważniejsze jest bardzo lekki (ciężar właściwy kevlaru to 1,44 g/cm^3). Zdobył on powszechne zastosowanie w przemyśle kosmicznym. W projekcie kevlar zostaje użyty do wzmocnienia konstrukcji tworzonych za pomocą gruntu marsjańskiego oraz jest wykorzystany w konstrukcji powłoki.

9.6.1.3 Membrany

Membrany to cienkie, elastyczne przegrody między dwoma ośrodkami. Istnieją membrany o przeróżnych właściwościach, nieprzepuszczalne i półprzepuszczalne dla różnych czynników (światło, woda, część widma, gazy). Można je kształtować w ten sposób aby miały żądane parametry, np. aby odbijały pewien zakres widma. W ten sposób zaprojektowana membrana może ochraniać wnętrze przed szkodliwymi skutkami działania promieniowania słonecznego.

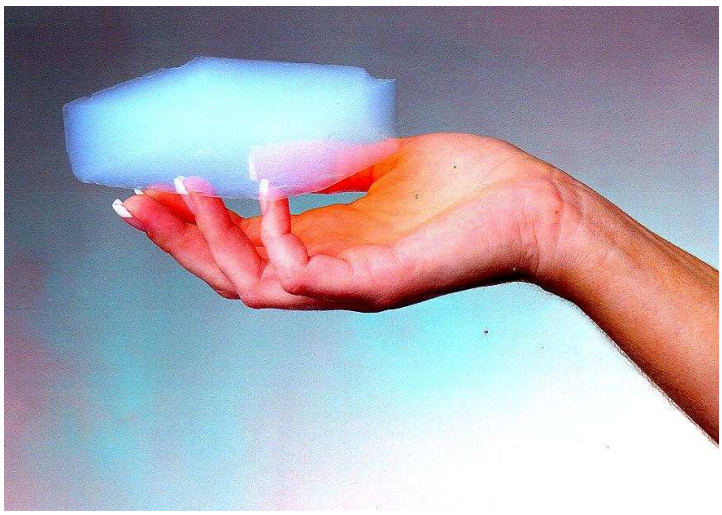
Membrany stosowane w projekcie to membrany transparentne o wzmocnionej odporności (technologia kosmiczna). Usytuowane są w konstrukcji drzwi a co najważniejsze jako cała przednia ściana pomieszczeń doświetlanych światłem dziennym. (w żadnym punkcie projektu nie stosuje się szkła). W powłoce stosowane są również membrany półprzepuszczalne poprzez, które może przenikać para wodna (warstwa wewnętrzna powłoki) i takie, które odbijają niekorzystne promieniowanie.

9.6.1.4 Polimery przewodzące prąd

W laboratoriach otrzymuje się obecnie wiele związków organicznych przewodzących prąd. Można również wyprodukować polimery reagujące na określony bodziec np. kolor światła, białko, jony. Polimery takie są lekkie i nie ulegają korozji.
W bazie znajdują zastosowanie jako przewodniki prądu w nanoogniwach.

9.6.1.5 Aerożel

Aerożele to bardzo lekkie materiały (gęstość rzędu 1,9-150 mg/cm^3, gęstość powietrza -1,2 mg/cm^3) z wyglądu przypominające zamrożony dym. Są one doskonałymi izolatorami (najmniejszy dla ciał stałych współczynnik przewodnictwa ciepła), są bardzo wytrzymałe na ściskanie i rozciąganie i dzięki zastosowaniu nowych technologii nie kruszą się. Na masę aerożelu składa się w 90-99,8% powietrze, resztę stanowi porowaty materiał tworzący strukturę (celuloza, krzemionki, substancje organiczne, a nawet metale.) Aerożele znalazły powszechne zastosowanie w przemyśle kosmicznym.



9.6.2 Źródła energii

W bazie zastosowano trzy źródła energii:

- **Nanoogniwa**

  W jedną z warstw powłoki zostaje wmontowana folia z nanoogniwami.

  W 2006 roku wprowadzono na rynek światowy pierwsze baterie słoneczne wyprodukowane za pomocą technologii nanoogniw, dzięki którym zmiana energii słonecznej na elektryczną zachodzi w sposób bezpośredni. Dzięki zastosowaniu organicznych polimerów przewodzących, zostało umożliwione zbudowanie ogniw słonecznych o bardzo małej grubości (materiałem nośnym może być cienka folia), elastycznego oraz ekologicznego - półprodukty do produkcji takich urządzeń mogą być w pełni biodegradowalne.

  Energia jest magazynowana w nanokondensatorach, których prototypy zostały już wyprodukowane.

- **Biogaz**

  Biogaz powstaje w procesie beztlenowej fermentacji odpadów organicznych, podczas której substancje organiczne rozkładane są przez bakterie na związki proste. Biogaz może być wykorzystywany na wiele różnych sposobów: może być wykorzystywany jako paliwo, jest również wykorzystywany w układach skojarzonych do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Instalacje wykorzystujące biogaz powinny znaleźć się w urządzeniach strefy technicznej. Metan jest doskonałym paliwem dla tzw. ogniw paliwowych.

- **Reaktor**

  Reaktor jest niezawodnym źródłem energii i dlatego niezbędnym w środowisku, w którym brak zasilania systemów podtrzymywania życia może być tragiczne w skutkach. Przestrzeń techniczna została zaprojektowana z myślą o Reaktorze *Rapid-R*, który stworzyli na użytek kolonizacji księżyca Japońscy naukowcy z Centralnego Instytutu Badań i Energii Elektrycznej. Reaktor ten ma wymiary 6 x 2 x 2 metry. Urządzenie jest na tyle bezpieczne, że może być umieszczane w osłonie betonowej w piwnicach domów.

9.6.3 Ochrona przed zimnem i promieniowaniem

Naturalną ochronę przed promieniowaniem kosmicznym stanowi ziemia. Z tego powodu część urządzeń technicznych jest umieszczona pod powierzchnią. Jednostki mieszkalne w połowie są usytuowane w stokach a na konstrukcji każdego stropu znajduje się dodatkowo 30-50 cm warstwa gruntu porośniętego mchami lub trawą.

Umieszczenie bazy w kraterze zmniejsza wymianę ciepła, w takiej sytuacji zachodzi ona prawie wyłącznie przez powłokę. Powłoka jest zaprojektowane w ten sposób aby jej parametry odpowiadały parametrom przeszkleń stosowanych w domach pasywnych na Ziemi. Z tego powodu możemy liczyć na znaczne zyski ciepła spowodowane za dnia efektem cieplarnianym w kraterze a w nocy oddawaniem ciepła przez nagrzany grunt i wodę (wystarczy w nocy obniżyć temperaturę o kilka stopni).

W przypadku przegrzania wnętrza przywrócenie odpowiedniej temperatury wewnętrznej można uzyskać przez zastosowanie wymiennika cieplnego zlokalizowanego na zewnątrz. Urządzenia regulujące temperaturę powietrza wchodzą w skład systemów podtrzymywania życia

Oprócz gruntu, niekorzystne promieniowanie zatrzymuje również sama powłoka, której warstwy zostały tak dobrane aby odbijały w jak największym stopniu niekorzystną cześć widma (poliuretan).

9.6.4 Konstrukcja drzwi

Przejścia skonstruowano na zasadzie membranowej, analogicznej do drzwi na zamek błyskawiczny w namiotach. W powiększony otwór przejścia wstawia się membranę (lub cała przegroda jest membraną), natomiast przejście uzyskuje się przez otwarcie zamka automatycznego. Czynność ta może być sterowana komputerowo. Ze względu na ogólnie przyjętą konwencję na rzutach kondygnacji bazy, tego typu przejścia są oznaczone jako drzwi narysowane linią przerywaną.

9.6.5 Meble

Blaty, stoły, urządzenia sanitarne itp. mogą być wykonywane na miejscu używając jako budulca kamienia marsjańskiego. Łóżka są zaprojektowane jako maty (rozwiązanie stosowane w Japonii) lub meble pneumatyczne.

9.6.6 Kolorystyka

We wnętrzu bazy występują trzy zasadnicze kolory: zielony, pochodzący od zazielenionych dachów, upraw i tarasów, czarny (kamień) którym są wyłożone ciągi komunikacyjne, oraz brązowo-pomarańczowy kolor gruntu i stworzonej z niego zaprawy. Na zewnątrz dominującym kolorem w powierzchni marsa jest kolor pomarańczowy. Niebo jest łososiowe.

9.6.7 Budowa powłoki

Powłoka składa się z czterech podwójnych warstw.
Pierwsza warstwa zewnętrzna jest warstwą ochronną i wzmocniona jest wiotką siatką kevlarovą (kevlar ma doskonałą wytrzymałość na rozciąganie). Druga warstwa to membrana podwójna zbudowana w technologii *"Heat Mirrow"*. Pod nią znajduje się transparentna warstwa podwójna z nanoogniwami i polimerów przewodzących prąd dające lekko przyćmione światło (ogniwa pokrywają 40% powierzchni powłoki i są rozsiane równomiernie, paski nanoogniw są transparentne). Czwarta warstwa wykonana jest analogicznie jak pierwsza (wzmocnienie siatką kevlarową od wewnętrznej strony - rozciąganie). Wewnętrzna membrana powłoki czwartej jest przepuszczalna dla pary wodnej i dzięki temu ta która się skrapla, może spływać po drugiej warstwie do kanalików zbiorczych.
Wszystkie warstwy połączone są mostkami polimerowymi nie przewodzącymi ciepło.
W nocy, w celu zapewnienia większej izolacyjności (gdy temperatury na powierzchni marsa spadają gwałtownie), między warstwy powłoki wdmuchiwane są drobiny aerożelu.

Prosta styczna do powłoki powinna być prostopadła do głównego kierunku padania promieni słonecznych.

Powłoka wykonana jest z membran transparentnych, przepuszczających światło.