

Apollo-program

Tartalom

Bevezetés.....	3
Előzmények.....	4
Korai elképzelések.....	4
Közvetlen előzmények.....	4
„Szputnyik-krízis”.....	4
Gagarin repülése.....	5
A bejelentés.....	5
A fejlesztések fázisa.....	6
A holdraszállás módozatai és a győztes LOR koncepció.....	6
Rakétafejlesztések.....	8
Űrhajófejlesztések.....	9
Infrastrukturális fejlesztések.....	11
„Kisegítő” űrhajós programok.....	13
Űrszondás holdfelderítések.....	14

Bevezetés

Az Apollo-program az Egyesült Államok második – a hosszas előkészítő fázisa miatt a repülések sorrendjét tekintve harmadik – emberek részvételével végrehajtott űrprogramja volt, amely 1961 és 1972 között zajlott. A program célja kettős volt: a fő célként az ember Holdra juttatása fogalmazódott meg, mögöttes politikai célként pedig a hidegháború által életre hívott űrversenyben az USA vesztes pozíciójának megfordítása, a nemzeti presztízs helyreállítása volt a célkitűzés.



Az Apollo-program jelvénye

A holdprogram hivatalos bejelentése 1961. május 25-én John F. Kennedy elnök kongresszusi beszédében történt, ezt tekintjük az Apollo-program hivatalos kezdetének. A beszédben Kennedy 9 éves határidőt tűzött ki a program megvalósításra. A célt 1969. július 21-én, az Apollo–11 űrhajósainak, Neil Armstrongnak és Buzz Aldrinnak a Holdra lépésével sikerült teljesíteni. Őket még további öt űrhajóspáros követte, így összesen hat sikeres holdra szállást teljesítettek a NASA űrhajósai. Armstrongék holdraszállását négy, űrhajósokkal végrehajtott tesztrepülés előzte meg, míg egy sikertelen holdutazás is része volt a programnak. A repülések mellett egy tragédia is beárnyékolta az Apollo-programot, az első tesztrepülés előtti előkészületek közben három űrhajós Gus Grissom, Ed White és Roger Chaffee halt meg az űrkabinjukban kitört tűz következtében.

A repüléseket egy speciális űrhajórendszerrel hajtották végre, amely az Apollo típusú űrhajóból és a holdra szállás kulcsának számító holdkompból állt, hordozóeszközként pedig szintén speciálisan a feladathoz tervezett Saturn V és Saturn IB rakétákat használtak. A program hardverét később sikerrel alkalmazták más űrkutatási programokban is, így a Skylab-programban és az Apollo–Szojuz repülésen is.

A program 1972-ben fejeződött be, azóta egyetlen embert szállító űrhajó sem hagyta el az alacsony Föld körüli pályát. Az űrhajósok által visszahozott kőzetminták és a

kihelyezett műszerek mérései forradalmi változásokat hoztak a Naprendszer történetének, kialakulásának megismerésében, a Föld-Hold rendszer fejlődéstörténetének ismereteiben.

Az Egyesült Államok az Apollo-programra több mint 19,5 milliárd dollárt költött.

Előzmények

Korai elképzelések

Röviddel Konsztantyin Ciolkovszkij rakétaelvet megalkotó munkáinak publikálása után megjelentek az első elképzelések a világűr, azon belül pedig a legkézenfekvőbb cél, a Hold elérésére. Ezek közül a később legértékesebbnek bizonyult elképzelés Jurij Kondratyuk munkája volt, aki az anyaűrhajó/holdkomp rendszerű holdraszállás elméleti alapjait fektette le. Fantasztikus elképzelésekben később sem volt hiány, ilyen volt a három legkomplexebb ismeretekkel rendelkező tudós, Wernher von Braun rakétamérnök, Fred Whipple és Willy Ley csillagászok publikációja a Holdutazás megvalósításáról a Collier's magazinban,

Közvetlen előzmények

„Szputnyik-krízis”

A hidegháború két egymással vetekedő nagyhatalma az 1950-es évek végén, a Nemzetközi Geofizikai Év tudományos kísérlet- és rendezvénysorozatában találta meg azt az új területet, ahol kiterjeszthetik a technológiai versengésüket: az Egyesült Államok és a Szovjetunió egyaránt a világűrbe kívánta juttatni a maga űreszközét. A cél a másik fél fölötti technológiai fennhatóság bizonyítása volt. A versenyt a szovjetek nyerték, amikor 1957. október 4-én sikerrel juttatták az űrbe az addig titokban fejlesztett rakétájukkal a Szputnyik–1-et. Az USA-ban ezt szinte háborús hadüzenetként értelmezték (a szovjetek érdemi üzenete a műhold Föld körüli pályára állításával az volt: ha körbe tudunk juttatni a Földön egy tárgyat, akkor a Föld bármely pontját elérhetjük, bármely pontját képesek vagyunk bombázni).

Az USA vezetése elfogadta a szovjet kihívást és koncentrált erőfeszítést tett az űrteljesítmények területén az ellenfél előnyének behozására. E cél elérésére létrehozták a NASA-t, amely az összes korábban létrehozott repülési és űrhajózási kísérleti műhelyt vonta egy szervezetbe, hogy az erőket egyesítve minél hatékonyabban ériék el a kitűzött célt.

Gagarin repülése

A Szputnyikkal beindult űrverseny a szovjetek világraszóló eredményeivel indult és első igazi csúcspontjára 1961. április 12-én jutott, amikor Jurij Gagarin a Vosztok–1 fedélzetén az első emberként eljutott az űrbe és egy Föld körüli fordulatot tett. Ezt megelőzően az USA-ban komoly propaganda zajlott, hogy a szovjet előnyt mindenképpen behozza a NASA és az első ember, aki az űrbe jut, már nem orosz, hanem amerikai lesz. Erre jött hidegzuhanyként Gagarin repülése, akinek elsősége a Szputnyikéhoz hasonló vereség-hangulatot és visszavágási vágyat keltett az amerikai közvéleményben.

A vereség azonban már nem érte teljesen készületlenül az újonnan hivatalba lépett Kennedy-adminisztrációt. Az új elnök már korábban megbízta a NASA-t, valamint tudományos tanácsadóit és a műszaki haladásért (is) felelős alelnökét, Spiro Agnew-t, hogy találjanak olyan programokat, amelyekkel a szovjeteknek elébe vághatnak. Az elképzelések szerint olyan programra volt szükség, amely jelentőségével és technikai kihívásával anullálja a szovjet teljesítmények értékét és egyértelműen vezető hatalommá teszi a végrehajtóját, illetve amelyben a Szovjetunió bizonyosan nem rendelkezik még előnnyel. Két lehetséges változatot találtak a szakértők: egy hatalmas űrállomás építését és a holdraszállást. Kennedy a merészebb tervet, a holdraszállást választotta.

A bejelentés

A Gagarin-repülésre a NASA hamar választ adott, 1961. május 2-án felbocsátotta Alan Shepardet a Mercury-program első űrhajóssal végrehajtott repülésén az űrbe. A Freedom 7 sikerével a tarsolyában John F. Kennedy amerikai elnök 1961. május 25-én állt a Kongresszus elé és hirdette meg a holdra szállási programot:

„Először is hiszem, hogy e nemzetnek el kell köteleznie magát amellett, hogy még az évtized vége előtt embert juttat a Holdra, és onnan biztonságban vissza is hozza a Földre. E korszak semelyik más űrprogramja sem lesz nagyobb hatással az emberiségre, vagy sokkal fontosabb a távoli űr felfedezése során; és egyik megvalósítása sem lesz ilyen nehéz vagy költséges.”

– John F. Kennedy 1961

Kennedy felhívása – és természetesen a közvélemény tapintható nyomása – oly erőteljes volt, hogy az amerikai honatyák a nemzeti prioritások élére emelték a holdprogramot és „biankó csekket” adtak a NASA kezébe, azaz nem szabtak határt a cél megvalósításához szükséges pénzeszközök felhasználásának. Ugyanakkor a program a bejelentésekor inkább számított egy politikai „mutatványnak”, mintsem tudományos kezdeményezésnek, az Ember Holdra juttatásának ideája pusztán politikai, nagyhatalmi megfontolásokból válhatott megvalósíthatóvá.

A fejlesztések fázisa

A holdraszállás módozatai és a győztes LOR koncepció

A Kennedy-beszéd utáni első tisztázandó kérdés a terv megvalósításának mikéntje volt, az elnök ugyanis úgy jelentette be a programot, hogy még nem léteztek számítások, sőt kiforrott elképzelések sem hogyan lehet eljutni a Holdra. A gondolkodás nem csak a NASA-n belül folyt, hanem egyetemek tudományos kutatóműhelyeiben, illetve a NASA beszállító cégeinél is, így egyfajta spontán brainstorming indult.

Az első elképzelés a közvetlen leszállás teóriája volt, amely szerint a holdexpedíció egy nagy rakétával felszáll a Földről, elnavigál a Holdig, ott leszáll, majd a kutatómunka elvégzése után újra felszáll a Holdról és hazatér a Földre. Ez a legegyszerűbb megvalósítási terv volt, ám két fontos buktatót is tartalmazott: a tömegproblémát és a holdi start problémáját. Ez a megvalósítási mód óriási tömegeket kellett volna megmozgasson (űrhajók szerkezeti tömege, az ellátmány, és a legnagyobb tétel, a hajtóanyag). Egyrészt egész egyszerűen nem állt rendelkezésre olyan hordozóeszköz – és a kitűzött 9 éves határidőn belül nem is tűnt

megvalósíthatónak a kifejlesztése –, amely képes lett volna egy ilyen expedíció Holdra juttatására. Másrészt ha sikerült is volna megvalósítani egy megfelelő hordozórakétát, a hazafelé induláskor nagyjából egy akkora rakéta startjával kellett volna számolni, mint a Mercury-program Atlas rakétái. Egy ilyen méretű eszköz indítása itt a Földön is kiterjedt és jól kiépített infrastruktúrát, valamint nagy létszámú támogató személyzetet kíván, ami odafönn egyszerűen nem állt volna rendelkezésre. Az elképzelést hamar elvetették, mindössze a követelményrendszer maradt fenn, Nova rakéta néven.

A közvetlen leszállás hordozóeszköz problémáinak áthidalására született Wernher von Braun terve az EOR koncepció. Az EOR (Earth Orbit Rendezvous - Randevú Föld körüli Pályán) lényege az volt, hogy mivel nem áll rendelkezésre elég erős rakéta, az expedíció eszközeit több kisebb rakétával kell feljuttatni, majd Föld körüli parkoló pályára állva a világűrben összeszerelni. Az így összedokkolgatott holdűrhajóval aztán el lehet jutni a Holdra, leszállni, majd a felfedezések után felszállni és hazatérni. A terv alapja a Wernher von Braun szellemi műhelyében már születőfélben levő Saturn I rakéta volt. Ám ez a terv is csak az egyik fő problémára tudott választ adni, a tömegproblémára, a holdi start nehézségeit ez sem volt képes kiküszöbölni.

A különböző szellemi műhelyekben folyó munka termelte ki a végül győztes alternatívát, így a megoldás a NASA-n kívülről jött. A Chance-Vought repülőgépgyár egyik mérnöke, Tom Dolan talált rá Jurij Kondratyuk 1914-es tanulmányára, amely a holdűrhajó részegységekre bontását javasolta, valamint azt, hogy a holdfelszínre ne az egész űrhajó, hanem csak egy, a le- és felszállásra alkalmas kisebb egysége, egy valamiféle holdkomp szálljon le. Ezzel a módszerrel megtakarítható volt az űrhajó tömegének legnagyobb részét kitevő üzemanyag jó része, hiszen az űrhajóegységek mozgatásához (fékezéséhez, gyorsításához), kevesebb üzemanyag kellett a kisebb méretek miatt, illetve a méretek pontosan a kevesebb hordozandó üzemanyag – kevesebb és kisebb tartály – miatt is lehettek kisebbek.

Tom Dolan benyújtotta az elképzelést a NASA-hoz, ahol az a LOR koncepció (Lunar Orbit Rendezvous - Hold körüli pályán végrehajtott randevú) nevet kapta annak alapján, hogy a művelet kulcsa a holdi leszállóegység és az anyaűrhajó közötti randevú volt, amelynek Hold körüli pályán kellett megtörténnie. A NASA kezdetben

hallani sem akart a tervről, lévén túl kockázatosnak tartott egy Hold körüli randevút távol mindenféle mentési potenciáltól (a terv felmerülésének idején még éppen csak John Glenn Föld körüli pályára állítását voltak képesek megoldani az amerikaiak). A LOR elfogadtatásának élére egy John C. Houbolt nevű NASA mérnök állt, aki olyan vehemensen propagálta az űrhivatal vezetőségének a koncepciót, hogy még az állását is kockára tette. Hosszas alkudozás után a vezetőség végül elfogadta, hogy a Hold körüli randevú semmivel sem kockázatosabb, mint a holdi felszállás egy hatalmas rakétával, viszont cserébe drasztikusan csökkenthető a felbocsátandó tömeg. A tömeg csökkenése akkora volt, hogy a leendő holdexpedíció feljuttatandó tömege lassan kompatibilis lett egy, a von Braun-féle rakétaműhelyben tervezés alatt álló óriásrakéta kapacitásával. Ennek az egy rakétának a kifejlesztése pedig passzolt a rendelkezésre álló időkerethez (szemben a Nova rakétával, vagy az EOR tucatnyi szimultán indítást – ergo tucatnyi komplett óriás indítóállást – igénylő tervével), az így összeálló kép végül a LOR győzelmét rajzolta ki.

Rakétafejlesztések

A holdprogram kulcsa egy megfelelő kapacitású hordozóeszköz léte volt. A rakétafejlesztés pedig a hadsereg privilégiuma volt a második világháború után Amerikában. Még az űrprogramoktól és a NASA-tól függetlenül 1957-ben felmerült a katonai igény nagy teherbírású hordozóeszközök iránt, mivel a Pentagon különböző nagy tömegű atom robbanótöltetek célba juttatását vette tervbe. A projektet az ARPA (Advanced Research Projects Agency – Korszerű Kutatási Programok Ügynöksége), rakétafejlesztésekkel foglalkozó kormányhivatal indította és a technikai megvalósítást az ABMA (Army Ballistic Missile Agency – a Hadsereg Ballisztikus Rakéta Ügynöksége) kapta feladatul. Ez utóbbi ügynökség műszaki vezetője Wernher von Braun volt és a szakembergárda gerincét a von Braun köré szerveződő, a Német Harmadik Birodalom rakétafejlesztéseit végző, a második világháború végén magukat az Egyesült Államok hadseregének megadó mérnökcsoporthoz képezte. Ez a csoport számos rakéta megalkotása után a nehézzrakéta projekthez létrehozta a Saturn I hordozórakétát. A Saturn I furcsa módon mire elkészült, már nem kellett a Pentagonnak a nukleáris robbanótöltetek drasztikus súlycsökkenése miatt, ezért a projektet 1960 nyarán teljes egészében átadták a NASA-nak, űralkalmazásra.

A NASA a Saturn I-gyel egy nagyjából 20 tonna terhet Föld körüli pályára juttatni képes eszközhöz jutott, amellyel már nagyobb űrhajókat/űrszondákat lett volna képes pályára állítani, azonban a holdprogram igénye egy még nagyobb teljesítményű hordozóeszközt kívánt meg, amelynek fejlesztését Nova néven szintén a német rakétamérnök-csoporttól várták. Wernher von Braun a Saturn I továbbfejlesztésével kezdte a munkát, megalkotva a Saturn IB-t, egy 10%-kal nagyobb kapacitású rakétát. A Saturn IB megnövelt tolóerejével már alkalmas volt a közben kifejlesztett bármelyik Apollo űrhajóegység Föld körüli pályára állítására, azaz az űrhajórendszer egyes egységeinek berepülését már el lehetett végezni.

A Saturn I és IB technológiai előfutára volt egy még nagyobb tolóerejű eszköznek, a Saturn V óriásrakétának. A kis rakétákon von Braun kipróbálta a szovjetek által is alkalmazott „több hajtóművet egy fokozatba” rakétaépítési elvet, valamint sikerrel házasította a kerozin és cseppfolyós oxigén hajtotta első, valamint az oxigén és hidrogén hajtotta második fokozatot. A Saturn V születésének kulcsa pedig a von Braun által tervezett F1 kerozin/oxigén rakétahajtómű és a dr. Abe Silverstein műhelyében készült J-2 hidrogén/oxigén hajtómű megszületése volt. Az új hajtóművek minőségi ugrást jelentettek az elődökhöz képest (az F1 egyetlen példánya szolgáltatott például akkora tolóerőt, mint az előd Saturn I teljes, nyolc hajtóműves első fokozata), és összességében mesés, 140 tonnás Föld körüli pályás, 48 tonnás holdi hasznos tömeg kapacitást biztosítottak. Ez azt jelentette, hogy az anyaűrhajó/holdkomp felállású, LOR-t alkalmazó holdexpedíció űrhajói egyetlen rakétával felbocsáthatókká váltak.

Űrhajófejlesztések

A LOR koncepció meghatározta a holdűrhajóval kapcsolatos követelményeket. Szükség volt egy nagyobb űrhajóegységre, amelyben az oda- és visszautat teheti meg a legénység. Emellett kellett egy másik űrhajó, amely a leszállást hajtja végre és odalenn lakóegységül szolgál.

A holdraszállásos koncepció nem határozta meg hány embert kell feljuttatni egy holdraszálláshoz. Különböző tervek után végül a három fős személyzet mellett döntöttek: két fő száll le a felszínre és egy harmadik fenn marad az anyaűrhajóval (az egy fős leszállást nem tartották elég biztonságosnak, két fő esetén a társ a bajba

jutott űrhajós segítségére tudott sietni és a holdkomp irányításával kapcsolatos feladatokat is meg lehetett osztani, csökkentve a pszichés terhelést). Ennek a koncepciónak megfelelően az űrhivatal egy háromszemélyes anyaűrhajó fejlesztésébe fogott. Meglepő módon külső partnerként nem a már két űrhajóval (Mercury és Gemini) tapasztalatot szerzett McDonnell Aircraft repülőgépgyárat, hanem egy új céget, a North American-t vonták be.

Az űrhajó végül a Gemini kialakítását követte, két fő részből állt össze: a parancsnoki egységből és a műszaki egységből. A parancsnoki egység tulajdonképpen a legénységi kabint jelentette, amelyben csak a személyzet elhelyezését és az életkörülményeket fenntartó berendezéseket, valamint a navigációs műszereket helyezték el. Ez az egység volt az, amely a Földre való visszatéréskor egyedülként visszajutott a légkörön át a leszállóhelyre, ezért külsején hőpajzsot helyeztek el, valamint az orrkúpjában a légköri fékezéshez szükséges ejtőernyőket. A műszaki egység fogadta magába a küldetés teljesítéséhez szükséges hajtóműveket, hajtóanyagot és az űrhajó ellátásához szükséges egyéb anyagokat (oxigén, hidrogén), berendezéseket (az áramot előállító tüzelőanyag cella, rádióantenna, stb.). Ez az egység nem tért vissza Földre, hanem elégett a légkörbe lépéskor. A későbbi expedíciókon egy műszerrekeszt is kialakítottak benne, amellyel a társaira váró parancsnoki modul pilóta globális megfigyeléseket végezhetett Hold körüli pályáról. Az egység főhajtóművével végezték el a Hold körüli pályára állást és a hazainduláskor a keringésből való kigyorsítást, valamint a nagyobb pályakorrekciókat, a kisebb mozgásokhoz a hajó hengerpalástján 90°-onként elhelyezett kormányhajtóműveket használták. A parancsnoki és műszaki egység tömege feltöltött állapotban 30 tonnát nyomott.

A holdi leszállóegység a LOR szülötte volt. A követelmények egy olyan űrhajóról szóltak, amely képes két ember lejuttatására a holdfelszínre és különösebb infrastruktúra nélkül képes felszállni onnan, valamint a felszíni tartózkodás maximum 24-36 órája alatt lakhelyül szolgál - és természetesen ehhez való készletekkel rendelkezik - két ember számára. A fejlesztési és építési munkával a Grumman repülőgépgyárat bízták meg.

A le- és felszállás követelménye miatt itt is két külön egységből álló rendszert terveztek. A holdkomp alsó része az úgynevezett leszálló fokozat volt, egy négy

lábbal ellátott csövekből összeállított doboz, amelynek belsejébe építették a leszálló hajtóművet és a működéshez szükséges hajtó és oxidáló anyagot. Itt kapott még helyet egy kisebb tárolótér, amelyben a holdra kihelyezendő műszereket, szerszámokat tartották, valamint néhány cserealkatrészt. A leszállófokozat testéhez négy lábat rögzítettek, amelyek a földi startkor még összehajtogatott állapotban voltak, később a repülés során az űrben rögzítették kiterjesztett állapotban. A lábak nagy kerek leszállótalpakban végződtek, amelyek a felszíni talajterhelés csökkentését szolgálták, a szárak pedig teleszkóposan összeecsúsztak a leszálláskor, ezzel tompítva a leérkezés erejét.

A felszálló fokozat volt az egész űrhajórendszer legkisebb önálló műveletekre képes egysége. Ebbe foglalták bele a legénységi kabint és a felszálláshoz szükséges hajtóművet, valamint hajtó- és oxidálóanyagot. A kabin mérete rendkívül kicsi volt, térfogata valamivel több mint 6,5 m³ volt; nagyjából mint két összetolt telefonfülke. A tömegtakarékoság miatt még ülést sem helyeztek el benne, az űrhajósok állva vezették. A holdsétához beöltözött (a hátizsákot is magukon viselő) űrhajósok gyakorlatilag már mozdulni sem tudtak benne. A feltöltött holdkomp tömege 15 tonna körül volt.

Infrastrukturális fejlesztések

A rakéták és űrhajók mellett a NASA-nak a felbocsátás további eszközrendszerét (indítóállások, kiszolgáló létesítmények, szállítóeszközök) is meg kellett teremtenie. Legelőször is az indítások helyszínéről kellett dönteni, mivel egyetlen addigi indítóállás sem volt alkalmas a tervekben szereplő óriásrakéták felbocsátására. Bármilyen űrrakéta startjára az Egyenlítőhöz minél közelebb eső helyszín a legalkalmasabb, ezért a NASA ilyet keresett, ám csak olyat találtak, amely logisztikai szempontból elfogadhatatlan volt, így a keresés végül kikötött Cape Canaveralen, a meglévő Légierőbázis és NASA indítóállás sor mellett, a mocsárban fekvő területeknél. A területen a NASA három indítóállás, egy összeszerelő csarnok, a szükséges anyagok (üzemanyag, cseppfolyós oxigén, alkatrészek stb.) tárolására alkalmas létesítmények és több kilométer hosszú úthálózat létesítéséhez látott hozzá. Az egész beruházást az óriási túlbiztosítás jellemezte, mivel az USA komoly versenyre készült a szovjetekkel, amiben az egymás utáni küldetések párhuzamos

előkészítésével számoltak. Az elképzelések szerint a verseny megnyeréséhez két hónapos időközökkel kellett időzíteni a felbocsátásokat.

A legfőbb infrastrukturális fejlesztés a 39-es számú indító komplexum létrehozása volt. Ebben az eredeti elképzelések szerint öt, egymástól 2,7 km-re álló indítóállást hoztak volna létre. Később a terveket háromra redukálták, amely még mindig elképesztő túlbiztosításnak számított. Végül az építés során csak két állás épült meg a 39A és a 39B jelű, ez utóbbit mindössze egyszer használták a program során. Az indítóállás maga egy hatalmas betonteknő, amely a rajta álló rakéta lángsugarát oldalra vezeti, meggátolva, hogy a talajról visszapattanó gázsugár, vagy a hanghullámok kárt tegyenek a rakéta szerkezetében.

A rakéták összeszerelésére egy külön épületet szántak, amely a különleges szerelési mód, a versengés miatt túlméretezés okán a világ egyik legnagyobb épülete lett. A NASA a korábbi rakétáit az indítóállásban szerelte készre, ezúttal viszont úgy döntött, az óriásrakétát nem teszi ki az időjárásnak és szerelőcsarnokot épít. A Saturn V összeszereléséhez az úgynevezett függőleges szerelési módot választották. Az összeszereléshez épült VAB csarnokban egyszerre három Saturn V összeszerelése folyhatott. Az óriási kocka alakú épületben szerelőszinteket alakítottak ki, amelyeket szabadon lehet áthelyezni az éppen szerelés alatt levő rakéta igényeinek megfelelően, valamint számos különleges híddarut is elhelyeztek benne, amelyekkel centiméteres pontosságú műveleteket lehetett végezni az akár 135 tonnás egységekkel. Az épület méretei: 218,2 m hosszú, 157,9 m széles és 160 méter belmagasságú, alapterülete 32400 m².

Az összeszerelt rakétát a VAB csarnokból az indítóállásig a Mobil Indítóállványon szállították. Ez az eszköz egy vízszintes - közepén a szállított rakéta hajtóműveinél lyukas - acél platformból és egy vele egybeépített függőleges rácsszerkezetű toronyból áll. A rakéta építése már ezen a struktúrán kezdődött, ezen rögzítették úgynevezett szélcsavarokkal a rakétát, majd az így összeszerelt egységet egyben szállították ki az indítóálláshoz. Ott a torony különböző szintjein csápokkal csatlakoztak a rakétához, ezeken át vezették az ellátóvezetékeket (elektromosság, hajtóanyag, cseppfolyós oxigén, hélium stb.), amely betáplálás egészen a start előtti másodpercekig tartott. A torony legfelső szintjén, a felső ellátókaron kapott helyet egy kis helyiség (Fehér Szoba), ahonnan az űrhajósok közvetlenül az űrkabinba

szállhattak. A torony belsejében lift működött, amely a működéshez szükséges egyéb anyagokat, valamint a kiszolgáló és repülő személyzet tagjait szállította. A start során az ellátócsápok elfordulva adtak utat a rakétának és vízelárasztással védték a szerkezetet a rakéta lángcsóvájától (mindemellett a védelem mellett is minden start után alapos felülvizsgálatra, karbantartásra szorult). Az állvány átalakított – rácsszerkezet nélküli – változata a Space Shuttle programban is folytatta pályafutását.

A Mobil Indítótorony mozgatását egy önállóan is járóképes szállítójárművel, a hernyótalpas rakétaszállítóval végezték. Az óriási, 40 méter hosszú és 35 méter széles jármű 2400 tonnát nyom, nyolc lánctalpon gördül (a jármű minden sarkában egy pár), amelynek 57 lánctalpszeme egyenként 900 kg-os. Összesen két darab épült és jelenleg ez(ek) a világ legnagyobb önjáró járműve(i). A szállítóeszköz egy különleges mérnöki alkotás, amely a Mobil Indítótorony és a rajta álló holdrakéta különösen precíz mozgatását végezte: a művelet kulcsa, hogy a rakéta mindig függőlegesen maradjon (a tűrés 1 fok volt). A függőlegességet a lánctalpak zsámolyainak hidraulikus kiegyenlítőivel lehet biztosítani (a felső platform magasságát 6,1 és 7,9 méter között lehetett állítani), még az indítóállás lejtőjén való felkapaszkodás közben is. A szállításhoz rakétaszállítóval a Mobil indítótorony alá manővereztek, majd hidraulika segítségével megemelték a tornyot és a hozzá rögzített rakétát, végül 1,6 km/h sebességgel (kilométerenként 350 liter üzemanyag felhasználása árán) elaraszoltak az indítóállásba. A járművek több mint 40 év szolgálat után még ma is üzemelnek, a Space Shuttle programban alkalmazzák őket az eredeti feladatkörükben.

„Kisegítő” űrhajós programok

Kennedy bejelentése az Apollo-program elindításáról lényegében okafogyottá tette az éppen futó Mercury-programot, amelynek egy ember űrbe juttatása volt a célja, hisz Alan Shepard 1961. május 2-i szuborbitális repülésével még a kitűzött cél közelében sem járt a NASA, a feladat máris a Hold elérése volt. Azonban óriási szükség volt űrtapasztalatok szerzésére, ezért a Mercury-program hosszabb kifutást, több repülési lehetőséget kapott. John Glenn repülésével előbb teljesítették a kitűzött célt, amerikai űrhajóst juttattak Föld körüli pályára, majd Scott Carpenter, Wally

Schirra és Gordo Cooper repüléseivel egyre hosszabb küldetéseket teljesítettek, amivel saját – elsősorban orvosi – tapasztalatokat szereztek. (Korábban az orvosok feltételezése az volt, hogy az emberi szervezet nem tud megbirkózni az űrbeli körülményekkel, a súlytalansággal és az űrhajósok meghalnak odafenn. Ezt az állítást Gagarin repülése már megcáfolta, de további saját tapasztalatok kellettek.)

A holdraszálláshoz a Mercury tapasztalatai mellett még konkrétabb próbák is kellettek. Ahhoz, hogy ember állhasson a holdfelszínen, három alapvető dologra volt szükség:

- két űrhajó egymás mellé tudjon navigálni bárhol az űrben (űrrandevú)
- ugyanez a két űrhajó össze tudjon kapcsolódni (dokkolás)
- a holdi leszállás után az űrhajós ki tudjon szállni a világűr ember számára elviselhetetlen környezetébe, illetve egy esetleges vészhelyzetben a súlytalanság körülményei között át tudjon szállni egy másik űrhajóba az űrön át (űrséta)

Mivel mindezekre egyáltalán nem volt tapasztalat, mindenképpen meg kellett szerezni azt, mielőtt belevágtak volna a holdprogram érdemi részébe. Viszont nem volt idő megvárni a holdutazás infrastruktúrájának (űrhajók, indítóállások) elkészültét, a fenti célok teljesíthetőségére előbb kellett válasz, ezért a Mercury technológiai alapjain egy új, kétszemélyes űrhajó fejlesztését és repültetését határozták el, amellyel az űrbeli navigáció és az űrséták begyakorolhatóak voltak.

1961. december 17-én a NASA bejelentette, hogy elindítja a Gemini-programot, amely egyértelműen az Apollo előkészítő programja volt. A Gemini-programösszesen 9 repülést foglalt magában, amelyek keretében az űrhajósok sorra végezték a kipróbálandó műveleteket, igazolták az űrséta, az űrrandevú és a dokkolás kivitelezhetőségét, valamint azt is szimulálták, hogy egy holdutazás időszükségletét (maximum két hetet) az emberi szervezet képes kibírni. Egyben a Gemini-program volt az, amelyben az USA először fordította meg az űrversenyt és vette át a vezetést az űrbeli teljesítményekben a Szovjetuniótól az első sikeres randevú és dokkolás teljesítésével.

Űrszondás holdfelderítések

A holdraszálláshoz a szándék mellett több ismeretre is szükség volt a célpontról. A holdfelszínről a legjobb távcsövekkel is csak kilométeres nagyságrendű felbontással készülhettek felvételek, a leszállóhelyek részletes felderítésére űrszondákat kellett küldeni. A NASA két külön szondatípus feljuttatását határozta el. A Lunar Orbiter szondákat Hold körüli pályáról való fényképezésre, a Surveyor szondákat pedig felszíni leszállásra és a Hold testközelből való felderítésére küldték fel.

A Surveyor holdszondákat a holdi leszállás kivitelezhetőségének bizonyítására fejlesztették ki. Az előzetes tanulmányok szerint a Hold felszínét nagyon laza holdpornak kellett fednie és egy oda leszálló űrhajó akár el is süllyedhet ebben a porban. Mielőtt embert szállító űrhajót engedtek a felszínre, mindenképpen meg kellett bizonyosodni a leszállás lehetőségeiről és nemcsak az elsüllyedésről, hanem a szikla és kráterborítottságról is, amely borulásveszéllyel fenyegetett. A NASA összesen hét Surveyor szondát küldött a Holdra 1966 és 1968 között. Rögtön az első kísérlet sikerrel járt: 1966. június 2-án az Viharok Óceánján sima leszállást hajtott végre a Surveyor–1. A NASA számára csak az kellett

csalódást, hogy a vetélytárs Szovjetunió négy hónappal korábban már sikerrel juttatott a holdfelszínre egy leszállóegységet, a Luna–9-et. A Surveyor–2 és Surveyor–4 sikertelen volt, rajtuk kívül összesen öt szonda ért le sértetlenül a holdfelszínre, kikövezve az utat az Apollo leszállások előtt. A szondasorozat repültetésének másodlagos célja is az Apollo-programot szolgálta, mivel a holdközi térségben való manőverezést, a szabad visszatérés pályájának (és egyéb más pályáknak) kipróbálását is ezekkel a szondákkal végezték el.

A Lunar Orbiter szondák szintén az Apollo űrhajók előfutárai voltak, sokkal komplexebb küldetéssel, mint a Surveyorok. A Lunar Orbitert a Hold körül keringő egységeknek szánták, az égitest teljes körű lefényképezését tűzve ki fő feladatul. Ehhez a szonda megkapta a Pentagon előző generációs kéműholdjainak kameráit, amelyekkel legalább 60 méteres felbontást lehetett elérni a Hold körüli pályáról (érdekesség, hogy bármennyire is a nemzeti prioritások élén álló program volt az Apollo, mégsem kaphatta meg az első vonalbeli - elvileg még jobb felbontást biztosító - technikát). A Lunar Orbiter sorozatban 1966 és 1967 között összesen 5 keringőegységet juttatott a

NASA a Holdhoz, ezek mindegyike sikeres volt.

Az első három Lunar Orbiter feladata 20 előre meghatározott, potenciális Apollo leszállóhely feltérképezése volt, amelyeket földi távcsövekkel jelöltek ki. Ezeken a repüléseken a szondák a holdi egyenlítő szűk sávjában repültek, mivel a tervezett leszállóhelyek ebbe a sávba estek. Az utolsó két küldetésnél változtattak a tervezők a repülési profilon és poláris pályára állították a szondákat, így az egész holdgömböt le lehetett fényképezni. Ezzel a módszerrel a holdfelszín 99%-át sikerült megörökíteni, komplett holdtérképet állíthatott össze a NASA. A térképező fényképezés mellett számos mellékfeladatot is ellátott a

szondasorozat. Mérték az odaúton és a Hold környezetében a kozmikus sugárzást, amelyet az űrhajósok számára elviselhetőnek találtak. Aztán mikrometeorit gyűjtő érzékelőkkel megmérték a szabadon repkedő meteorok sűrűségét a Hold körüli pályán, amelyet a Föld környezeténél ritkébbnek, a holdközi térségnél viszont sűrűbbnek találtak (az űrhajósoknak tehát nem kellett ettől a veszélyforrástól sem tartania az átlagosnál jobban). A Lunar Orbitekkel ellenőrizték a NASA követőantenna-hálózatát is. A program végeztével mind az öt egységet a Holdnak ütköztették, hogy később, az Apollo repülések idején ne legyen veszélyt jelentsenek a Hold körüli pályán repülő űrhajókra.

Adatok

Küldetés	A Holdon eltöltött idő	Holdséták időtartama	Megtett távolság (km)	Gyűjtött kőzetminta (kg)
<i>Apollo–11</i>	<i>21 óra 36 perc</i>	<i>2 óra 31 perc</i>	<i>1</i>	<i>21</i>
<i>Apollo–12</i>	<i>31 óra 31 perc</i>	<i>3 óra 56 perc</i> <i>3 óra 49 perc</i>	<i>1</i> <i>1,3</i>	<i>34,3</i>
<i>Apollo–13</i>	<i>66 óra 54 perc</i>	<i>4 óra 47 perc</i> <i>4 óra 34 perc</i>	<i>1</i> <i>3</i>	<i>42,8</i>