

# Földön kívüli területek térképezése

Burián Gábor



# **Földön kívüli területek térképezése**

**Diplomamunka**



**Burián Gábor**

**Belső konzulens: Dr. Márton Mátyás**

**Külső konzulens: Hargitai Henrik**

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék  
Budapest, 2006

# Tartalomjegyzék

Előszó.....	6
<b>I. Földön kívüli területek térképezése.....</b>	<b>7</b>
1. Bevezetés.....	7
2. A csillagos égbolt térképei.....	9
2.1 Tájékozódás az égbolt segítségével.....	9
2.2 Égi koordináta-rendszerek.....	10
2.3 A cirkumpolaritás.....	11
2.4 Az égi objektumok fényessége.....	12
2.5 A térképek.....	13
3. Bolygók térképezése.....	17
3.1 Térképezés.....	17
3.2 A Naprendszer bolygói.....	18
3.3 A Hold.....	19
3.4 A Merkúr.....	23
3.5 A Vénusz.....	25
4. A Mars térképezése.....	26
4.1 Mars, a vörös bolygó.....	26
4.2 Felszín.....	27
4.3 Légkör, időjárás.....	28
4.4 A Mars holdjai.....	29
4.5 Megfigyelések az ókorban és középkorban.....	30
4.6 Távcsöves megfigyelések a 17. századtól.....	30
4.7 A marsi csatornák és a marsi élet kutatása.....	33
4.8 Űrszondás megfigyelések az 1960-as évektől.....	35
4.9 Mars-térképek.....	38
4.10 A Mars-kutatás jövője.....	40
<b>II. rész: A Mars atlasza.....</b>	<b>41</b>
1. Az atlasz készítésének koncepciója, alapja.....	41
1.1 Az atlaszról.....	41
1.2 A térképezés alapja.....	41
1.3 Források.....	42
2. Az atlasz műszaki adatai, a térképek vetülete.....	42
2.1 Méretek, méretarányok.....	42
2.2 Vetületek.....	43
3. Tartalom, tematikák.....	43
3.1 A témák kiválasztása.....	43

3.2 Az atlasz tartalma.....	44
3.3 Az általános domborzatrajzi térkép.....	44
3.4 A tematikus térképek.....	46
3.5 A névmutató.....	48
Összefoglalás.....	49
Irodalomjegyzék.....	50
Mellékletek.....	51

## **Előszó**

A téma, amiről a diplomamunkám szól, viszonylag jól elkülöníthető a térképészet tudományán belül. A Földön kívüli területek térképészete természetesen nemcsak a kartográfiából, de más tudományokból is merít, úgymint a csillagászat, az űrkutatás, a geológia, a geográfia stb. Azért is választottam ezt a témát, mert eléggé szerteágazó és eléggé érdekel ahhoz, hogy diplomamunka szülessen belőle. Az érdekességén túl hasznos is a tudománynak és a kutatásnak eme szegmense. A csillagászattal és bolygókutatással eddig is sok fontos tudományos eredményt értek el, ez remélhetőleg továbbra is így lesz. Az ehhez kapcsolódó térképek egyrészt szolgálják eme tudományokat fontos információkkal, másrészt a térképészet széles palettáját még jobban színesítik.

A cím tulajdonképpen egy átfogóbb témát sejtet, és ez így is van, a dolgozat első fele a nem földi térképezésről szól: csillagtérképekről, bolygók térképeiről. A második részben a tervbe vett „Mars atlasza”-nak elemzése kap helyet: teljes jelkulccsal, atlaszmakettel és mintatérképekkel.

Remélem, hogy a leírtak nemcsak a témában érintett szakmabeliek, hanem a szakmán kívüliek érdeklődését is felkelti.

# I. rész: Földön kívüli területek térképezése

## 1. Bevezetés

Amikor előkerül ez a kifejezés, hogy „Földön kívüli”, a hétköznapi ember akaratlanul is valami misztikusra gondol.

A „Földön kívüli területek” egy összefoglaló kifejezés, utal azokra a helyekre, amelyek nem a Földön találhatók. Nem is kell olyan messzire menni, ha csak a Föld égi kísérőjére gondolunk, a Holdra, mely csillagász szemmel igen közel van hozzánk. Akár szabad szemmel is vizsgálható, kivehető alakzatok láthatók rajta. Nem csoda, hogy a Föld után a leginkább térképezett égitest. Továbbá vannak nagyon távoli területek, amelyek még felfedezésre és pontosabb megismerésre várnak. Ezek lehetnek Naprendszerünk távolabb eső részei, a Galaxisunk más részei, és itt még nem is említettem más galaxisokat. Galaxisunkról és az Univerzumról is készültek már térképek. A Naprendszerünkön túli, más csillagokhoz, csillagrendszerekhez tartozó bolygók térképezése a következő lépés a Világegyetem megismerésében.

Láthatjuk tehát, hogy mi minden létezik még a Földön kívül. Ezeket lehet valamiféleképp csoportosítani is. Ez a csoportosítás most nem csillagászati, hanem térképészeti szemmel készült, az adott területek, objektumok térképezhetősége, a térképek milyenségének szempontjából.

Külön kategóriát alkotnak a csillagtérképek, amelyekről elsőként szó lesz. Mert az égbolt térképe nem egy valós, hanem egy képzelte terület levetítéseként áll elő. Hiszen az égbolt, ahogy látjuk – mint egy gömböt belülről – csak látszólagos. Valójában csillagok és más égi objektumok milliárdjait látjuk, amelyek tőlünk és egymástól különböző távolságokra helyezkednek el. A legtöbb embernek ez ma már világos, az ókorban azonban tényleg azt hitték, hogy különböző gömbök veszik körül a Földet. A térképek és a tájékozódás kedvéért viszont ma is úgy tekintünk az égboltra, mintha egy gömb venne körül minket.

Másik nagy csoportot képeznek a Földön kívüli területeken belül az égitestek térképei. Talán ezek a térképek állnak legközelebb a földi térképekhez. Főleg, ha szűkítjük a kört, és csak a Naprendszeren belül a szilárd felszínnel rendelkező bolygókat és holdakat nézzük. Közös jellemzőjük, hogy felszínük – a Földhöz hasonlóan – többé-kevésbé állandó formát mutat, a változás mértéke eltérő. Az űrszondák kora előtt főként távcsővel figyelték meg a közelebbi égitesteket. Az 1960-as évektől kezdve több bolygót és holdat látogattak meg űrszondák, nem beszélve az 1969 és 1972 közötti emberes Hold-expedíciókról (Apollo 11–17). Lehetőség nyílt közeli képek felvételére a bolygókról, így minden addiginál pontosabb térképeket tudtak készíteni. Természetesen nem minden naprendszerbeli égitestet sikerült még megközelíteni, némelyiknek pedig csak egy részét mérték

fel. A térképek alapvetően domborzati viszonyokat bemutató térképek, beleértve a fotótérképeket is, amelyek űrszondák felvételeiből készülnek. Ebből szerkesztik a tematikus térképeket is, természetesen kevesebb téma áll rendelkezésre, mint a földi térképeknél.

Ebbe a csoportba tartozhatnak még egyes aszteroidák (kisbolygók) és üstökösök is, amelyek szilárd felszínnel rendelkeznek.

Az előbb olyan égitestekről volt szó, amelyekről lehet és érdemes térképet készíteni. A többenél azonban – mint például a gázbolygók, amelyeknek nincs szilárd felszínük, hanem sűrű gázfelhő borítja őket, lejjebb pedig ez a légnemű réteg folyékony anyagba megy át, amely egy valószínűleg jeges, szilárd magot ölel körbe – nincs sok értelme a térképkészítésnek. Ez esetben a fényképek és az ebből készülő ábrák sokkal szemléletesebbek, amelyek a változó légkör horizontális szerkezetének jellegzetességeit mutatják (pl. a Jupiter sávjai).

A csillagok klasszikus értelemben vett térképezése sem létezik valójában. Itt most nem a csillagtérképekről beszélek, hanem a csillag felszínének ábrázolásáról. Az legközelebbi csillag, amelynek a felszínét már kisebb távcsövekkel is vizsgálni tudjuk, az a Nap. A Földtől átlagosan 150 millió km-re van. A legközelebbi csillag is 4,2 fényévre van tőlünk, amely megközelítőleg 40 000 milliárd km. És ez még csak a legközelebbi csillag. Ezek földi szemmel nagyon nagy távolságok, és a legnagyobb távcsövekkel nézve is a csillagok nagy része csak kiterjedés nélküli pontnak látszik. Azonban a tőlünk 430 fényévre lévő vörös óriás Betelgeuse felszínéről már készültek fényképek, amelyeken kivehető homályos részletek.

A Nap felszínéről készült képek jól kifejezik a csillag felszínének szerkezetét. Ezek a képek és ábrák szépen látszódnak a napfoltok, jól megfigyelhető a napfoltcsoportok elhelyezkedése és vándorlása, amely periodikusságot mutat.

A térképezés szempontjából meg kell említeni még az egyéb csillagászzal kapcsolatos térábrázolásokat is. Ilyenek a Naprendszer szerkezetét mutató ábrák. Tulajdonképpen itt már nem beszélhetünk térképről. Ezeknek az a lényegük, hogy bemutassák a Naprendszer tagjainak egymáshoz viszonyított helyzetét. A Naprendszer kicsinyített mását mutatják, de különböző torzítások lehetnek. Egyik esetben az égitestek méretkicsinyítése arányos egymáshoz képest, másik esetben az egymástól való távolságuk arányában vannak lekicsinyítve. Tehát méret- vagy távolságarányosan vannak ábrázolva, a kettőt együtt nehezebb alkalmazni, ezért ritkább is. Egy kisebb lapon, könyvben vagy atlaszban szinte lehetetlen. Viszont lehetséges, ha elegendő hely áll rendelkezésre a Naprendszer modelljéhez.

Ide tartoznak még a részletábrák is, például a Föld Nap körüli pályájának vagy a Hold keringésének bemutatása (holdfogyatkozás, napfogyatkozás stb.).

A Naprendszeren kívül ábrázolható még a Galaxisunk „felül- és oldalnézetből” is. Ezen jól látszik a Tejút spirális szerkezete, diszkosz alakja. Továbbá lehet



ábrázolni lokális halmazokat, ezen belül a Tejút helyét és extragalaxisokat. Kedvelt forma a többdimenziós ábrázolás, ahol akár a Földtől eljutunk az Univerzumig a méretarány változtatásával, a „mértékléc” átskálázásával.

Számítógép segítségével készültek olyan háromdimenziós modellező programok is, amelyek a Naprendszert, a Tejút csillagait vagy az Univerzumot mutatják be egy virtuális valóságban, valós időben. Ezek a programok még szemléletesebbek, gyakran használják planetáriumokban.

Megemlíteném még, hogy az előző kategóriák némelyikét nemcsak síkban, hanem gömbön is szokás ábrázolni. A Földgömb mintájára készülnek csillag- vagy éggömbök, Holdgömbök, bolygó-gömbök. Ezeket később még tárgyalom.

## **2. A csillagos égbolt térképei**

### **2.1 Tájékozódás az égbolt segítségével**

A csillagos égbolt már az őskortól kezdve lenyűgözte az embert, aki csodálattal vegyes tisztelettel figyelte az eget. A csillagászat művelése tehát már ezekre az időkre nyúlik vissza, bizonyítéka például az angliai Stonehenge, amelyet még ma is bizonyos fokú rejtély övez, hogy igazából hogy építették, mire használták. Bár vannak elméletek, hogy egy csillagászati naptárként működhett, nincsenek írásos emlékek.

Az idők folyamán fontos szerep jutott a csillagos égboltnak a tájékozódás terén. A csillagászat, mint tudomány, már az ókorban kezdett kifejlődni. A korai öntözéses kultúrákban fontos volt a Nap, Hold és csillagok járása, ennek segítségével tudtak naptárt készíteni. De az utazóknak, hajósoknak is nagy segítséget nyújtott a csillagos ég.

A teljes égbolton szabad szemmel 5-6000 csillagot láthatunk, egy éjszaka alatt adott helyről 2-3000 csillag látszik. De távcsővel ennél sokkal többet, akár százezret is. A legnagyobb teleszkópokkal 10 milliárd objektum is észlelhető (Gábris, 1991).

Mit is láthatunk az égbolton? A legfényesebb természetesen a Nap. A nappali égbolton sokkal több nem is látható, esetleg a Hold vagy különleges égi jelenségek (üstökös, szupernóva). Az éjszakai égbolt sokkal változatosabb. A csillagokon kívül láthatók a bolygók, csillaghalmazok, ködök, más galaxisok. Természetesen igaz itt is, hogy szabad szemmel ezeknek csak egy töredéke észlelhető.

A tájékozódás szempontjából fontos, hogy a Nappal és bolygókkal szemben a csillagok állandó helyet foglalnak el az égbolton, ezért is nevezik ezeket állócsillagoknak. Valójában ezek is változtatják a helyüket, de ez lassú folyamat, több 10 vagy akár 100 ezer évnél is el kell telnie ahhoz, hogy az égbolt képe látványosan megváltozzon.

Fontos szerepe van a sarkcsillagnak (Polaris), melynek égi helyzete csak fél fokkal tér el a Föld forgástengelyének északi végén meghosszabbított, éggömbre vetített dőléspontjától, az északi égi pólustól. Azonban az égi pólus helyzete 26 ezer éves periódusban változik a precesszió folytán. Tehát a jelenlegi állapot csak időleges. Ahhoz, hogy az égbolton is lehessen jól tájékozódni, létre kellett hozni földi mintára a látszólagos éggömbön is egy koordináta-rendszert, mely tulajdonképpen a földinek az égre vetített mása.

## 2.2 Égi koordináta-rendszerek

Ezek polárkoordináta-rendszerek, főleg a szférikus csillagászatban használják őket, de a csillagtérképek is ezek alapján készülnek. A koordináta-rendszer középpontja a gömb középpontja. Az éggömb egy olyan tetszőleges sugarú gömb, melynek középpontja a koordináta-rendszer középpontjában van, és az égitestek helyét úgy lehet meghatározni a gömb felszínén, hogy az éggömb középpontját egy félegyenes segítségével összekötjük az égitesttel, és ahol a félegyenes dőli az éggömböt, ott van az égitest szférikus (gömbi) helye (Gábris, 1991).

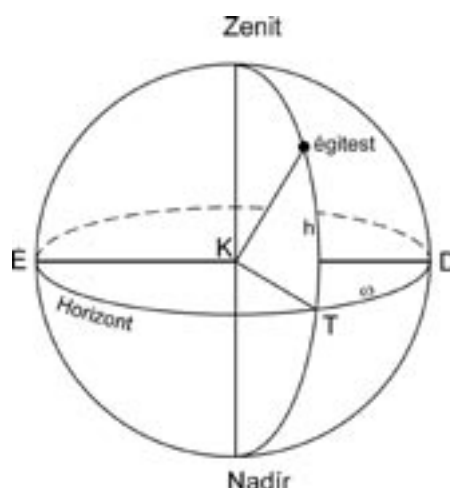
Középpont alapján négyféle lehet a rendszer:

- Topocentrikus, ahol a középpont a megfigyelő szemében vagy a mérőműszerben helyezkedik el.
- Geocentrikus, itt a középpont a Föld középpontja.
- Heliocentrikus, ahol a Nap középpontja a középpont.
- Galaktocentrikus, a középpont a Tejútrendszer középpontjában van.

A koordináta-rendszer alapsíkja és azon kiinduló irányok alapján többféle rendszert is lehet definiálni. Két főtípusa van, a horizontális és az egyenlítői koordináta-rendszer. Ezeken belül is léteznek különböző fajták, de itt most csak a két főtípus jellemzésével foglalkozom.

A **horizontális koordináta-rendszer** alapsíkja a horizont, középpontja a megfigyelő helye a Föld felszínén (topocentrikus).

Az égitest helyzetét két koordináta adja meg: a horizont feletti **magasság** és az **azimut**. Mindkettő mértékegysége a fok. A magasság ( $h$ ) tehát az égitest éggömbi pontjából és a meridiánja által a horizontot metsző talppontjából (T) a középpontba (K) befutó egyenesek által bezárt szög,  $0-90^\circ$ -ig terjed. Az azimut ( $\omega$ ) pedig a délpontból (D) és a talppontból a középpontba futó egyenesek által bezárt szög, amelyet a zenitből nézve a horizont

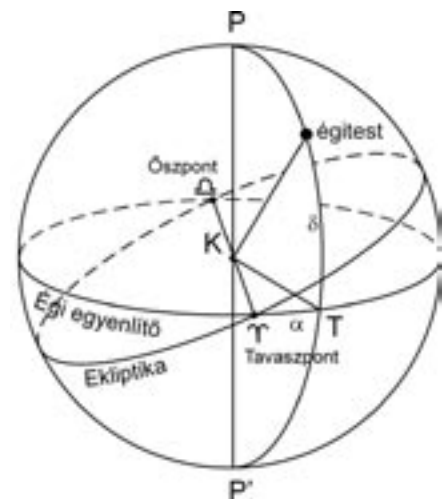


síkján órajárással megegyező irányban, tehát a megfigyelő szempontjából, ha dél felé néz, nyugati irányba mérünk, ha észak felé, akkor keleti irányba. Az azimut  $0-360^\circ$ -ig terjed. A  $0^\circ$  lehet a horizont délpontjában vagy északpontjában.

Ez a koordináta-rendszer csak relatíve határozza meg az égitest helyzetét, mert függ a megfigyelő helyétől, illetve a napszaktól. A középpontot át lehet helyezni a Föld középpontjába is, ekkor már geocentrikus rendszerről beszélünk.

### A másik fontos rendszer a **második egyenlítői koordináta-rendszer**.

Alapsíkja (geocentrikus esetben) a Föld Egyenlítőjének síkja, a földi egyenlítő éggömbre vetített mása pedig az égi egyenlítő. Az ekliptika a Nap látszólagos évi útja az éggömbön. Ebben az esetben fontos szerepe van, hiszen az égi objektum egyik koordinátája függ tőle. Az ekliptikának és az égi egyenlítőnek két metszéspontja van az éggömbön, az egyik a tavaszpont – ez a pont, ahol március 21-én, tavaszi napéjegylenlőség idején látszódik a Nap. A P és P' pontok a Föld forgástengelyének meghosszabbításával az éggömbön kimetszett pontok, az égi pólusok.



Az égitestet a következő koordináták határozzák meg: a **deklináció** ( $\delta$ ) az égitesten áthaladó égi meridián és az égi egyenlítő metszéspontjából (T) a középpontba (K) futó egyenes és az égitestet a K-val összekötő egyenes által bezárt szög. Tulajdonképpen ez az égitestnek az égi egyenlítőtől való, éggömbön mért szögtávolsága. Nagysága  $90^\circ$ -tól  $-90^\circ$ -ig terjed (P-től P'-ig, az égi egyenlítőnél  $0^\circ$ ).

A másik koordináta a **rektaszcenzió**, amely a tavaszpont és a T pont égi egyenlítőn mért szögtávolsága. A P égi pólus felől nézve az égi egyenlítő síkjában az óra járásával ellentétes irányban, tehát a Nap évi járásának irányában mérjük a tavaszponttól kiindulva, mértékét órában adjuk meg, amely  $0-24$ -ig terjed. Újabban szokás fokban megadni a rektaszcenziót, amely  $0-360^\circ$ -ig terjed (az azimuthoz hasonlóan).

Ezek a koordináták az égitest helyzetét abszolút értelemben adják meg az éggömbön, mivel a deklináció és rektaszcenzió belátható időn belül állandó.

Általában a csillagtérképekhez is ez utóbbi koordináta-rendszert használják (Gábris, 1991).

### 2.3 A cirkumpolaritás

A Földről, egy bizonyos pontról nézve az égboltnak csak egy része látszik.

Az, hogy mekkora ez a részlet, függ a megfigyelés földrajzi szélességétől. Egy adott szélességről nézve három csoportra oszthatók a csillagok, láthatóság szempontjából. Az első csoport a lenyugvó és felkelő csillagok, amelyek a napnak csak egy bizonyos szakában láthatók a horizont felett. A következő csoportba tartozó csillagok soha nem jönnek a horizont fölé. A harmadik csoport pedig a cirkumpoláris csillagok, amelyek mindig a horizont felett láthatók. Egy konkrét csillag akkor cirkumpoláris egy adott pontból megfigyelve, ha az adott földrajzi szélesség fokban kifejezett értékénél nincs nagyobb szögtávolságra az aktuális félteke égi pólusától. Például az északi szélesség  $30^\circ$ -áról nézve azok a csillagok cirkumpolárisak, amelyek az északi égi pólustól legfeljebb  $30^\circ$ -ra helyezkednek el az égen. Így belátható, hogy például az Északi-sarkról látható csillagok közül mindegyik cirkumpoláris, az égboltnak állandóan csak az északi fele látszik, míg a déli égbolt sosem látható. Az Egyenlítőről viszont a teljes égbolt megfigyelhető 24 óra alatt, és egyik csillag sem cirkumpoláris. Ebből az is következik, hogy a megfigyelő az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva a földrajzi szélesség növekedésének ütemében az ellentétes féltekének égboltjából egyre kevesebbet figyelhet meg.

#### 2.4 Az égi objektumok fényessége

Az égitesteket azért látjuk, mert fény jut róluk a szemünkbe. Egy-egy égitestnek lehet saját, kibocsátott fénye, és lehet visszavert fénye. Saját fényük van a csillagoknak, visszavert fényük pedig a bolygóknak és egyéb, saját fényvel nem rendelkező égitesteknek.

A csillagoknak van **abszolút és relatív (látszó) fényességük**. Az utóbbi az, amit mi látunk. Tehát a relatív fényesség függ a csillag távolságától, nagyságától és abszolút fényességétől. Ily módon lehet megkülönböztetni fényesebb és halványabb csillagokat, ettől függ, hogy látható-e egy csillag szabad szemmel, vagy esetleg csak távcsővel.

Már az ókorban felmerült az égitestek látszó fényessége alapján való csoportosítás. Kr. e. 150 körül Hipparkhosz hozta létre az első ilyen rendszert. Hat fényrendbe sorolta a csillagokat, a legfényesebbek voltak az elsőrendű, a leghalványabbak a hatodrendű csillagok.

Később, a 19. század folyamán ezt a skálát kiterjesztették. Létrehozták a relatív és abszolút magnitúdó fogalmát. A relatív magnitúdó a szembe érkező fény intenzitásától függ. Értéke lehet pozitív és negatív szám, minél kisebb, annál fényesebb az objektum. Például a Szíriusz, amely a Nap után a legfényesebb csillag az égen, magnitúdója  $-1,5$ , a Napé  $-27$ . Ha egy csillag magnitúdója 1-gyel kisebb egy másikénál, akkor az megközelítőleg 2,512-szer fényesebb az utóbbinál.

Egy csillag abszolút magnitúdója azzal a látszó magnitúdóval egyezik meg, amilyenek a csillagot pontosan 10 parsec<sup>1</sup> távolságból látnánk (Kulin, 1975).

A bolygók esetében is beszélhetünk látszó fényességről. A különbség az, hogy a bolygóknak nincs saját fényük, a rájuk érkező fényt verik vissza. Az pedig, hogy a visszavert fény mennyisége mekkora, függ a felszín albedójától, azaz a fényvisszaverő képességétől, tehát hogy a felszín anyaga a ráeső fényből mennyit nyel el, és mennyit ver vissza. Az albedót %-ban fejezik ki.

## 2.5 A térképek

A csillagtérképek a csillagoknak az éggömbre vetített szférikus helyét mutatják meg, oly módon, hogy valamilyen, legtöbbször szögtartó síkvetületen ábrázolják azokat deklinációjuk és rektaszcenziójuk szerint. (Gábris, 1991)

Az égbolt körívvel való felosztása nem új keletű. Először Thálész javasolta az égbolt felosztását, egy képzeletbeli hálót vetítve az égre. Ez vezette később az első térképvetület, a gnomonikus vetület megalkotásához.

Később újabb vetületet találtak ki ennek kapcsán, az ortografikust, amely Apollóniosz nevéhez kapcsolódik.

Hipparkhosz, ókori görög csillagász egy újabb felosztást alkotott, mely szerint az ekliptikával párhuzamos (platosz) és arra merőleges (mekosz) vonalak osztják fel az égboltot. Csillagkatalógusa 1025 csillag adatait tartalmazta, melyeket ebben a koordináta-rendszerben írtak le. Ezt a rendszert használták a 17. századig.

Mai értelemben vett csillagtérképek csak a 14. századtól kezdve születtek. Addig inkább csak művészi ábrázolásokkal találkozunk, egy-egy csillagkép bemutatásával. Az egyik legkorábbi csillagtérképet Johann Stabius készítette, az általa kreált cardioid vetületben (azonos a későbbi Bonne-féle vetület 90°-os normál paralelkörös változatával).

A csillagtérképek fontos elemei a **csillagképek**. Ezek a csillagok által meghatározott alakzatok az égbolton. Az ókortól kezdve léteznek, mikor is az emberek megpróbálták valami rendszert találni a csillagos égbolt kuszaságában. A fényesebb csillagok által kirajzolt alakzatokat határolták körbe egy csillagképként, és így osztották fel az égboltot, s a csillagképek alapján sokkal könnyebb volt egy égitest helyét meghatározni.

A csillagképeknek kezdetben különböző fantáziadús neveket adtak a korabeli tudósok, főleg mitológiai alakokról, eseményekről, állatokról neveztek el a konstellációkat. De ez a felosztás és a nevek korántsem voltak egységesek. Különböző népeknek különböző hagyományaik, mítoszaik, legendáik, hőseik voltak. Nemcsak tudományos körökben foglalkoztak vele, de népi eredetű névadás

<sup>1</sup> Parsec: távolságmérésre használt egység a csillagászatban. A Földről fél éves különbséggel megfigyelve egy adott csillag égi helyzete látszólagosan változik. Ez a parallaxis-szög. Minél messzebb van egy csillag, annál kisebb ez a változás. Ha a parallaxis-szög mértéke egy fokmásodperc, akkor a csillag 1 parallaxis szekundum, azaz 1 parsec távolságra van a Földtől.

is volt. Ráadásul Európában az égboltnak csak egy része látható, a déli égbolt egy része csak jóval délebbi szélességekről látszik.

Már az ókori mezopotámiaiak is foglalkoztak a csillagképekkel, de a későbbi görög és arab tudománynak is sokat köszönhet a modern csillagászat. Elsőként a görög Ptolemaiosz foglalta rendszerbe a csillagképeket. 48 csillagképet határozott meg, amely alapja lett a ma használatos csillagképrendszernek.

A felvilágosodás korában megszaporodtak a csillagképek, főleg az utazók és felfedezők jóvoltából, akik az európaiak számára addig ismeretlen déli égbolton újabb csillagképeket határoztak meg. A 17–18. században számos technikai eszköz neve került az égboltra. Ilyenek például Nicolas-Louis de la Caille által kitalált csillagképnevek, mint például a Távcső, Mikroszkóp, Körző stb.

Másrészt pedig a kereszténység térhódítása következtében kísérletek történtek a görög csillagkép-nevek lecserélésére a keresztény hitvilágból merített nevekkel. Julius Schiller 1627-es atlaszában a 12 állatövi jegyet lecserélte a 12 apostollal.

A távcső elterjedésével lehetőség nyílt egyre pontosabb csillagtérképek szerkesztésére. Az úgynevezett meridián műszerekkel vizsgálták az eget, amely egy észak-déli meridiánon figyelte a csillagok helyzetét. Néhány kisebb csillagkép e műszerekről kapta a nevét, mint például Szeksztáns, Oktáns (a műszer körívének a hossza).

Az első, tudományos értékű csillagatlaszt, az Atlas Coelestis-t Flamsteed, a greenwichi csillagvizsgáló első igazgatója készítette 1712-ben. Fokhálózatot szerkesztett a térképre, a csillagokat relatív fényességük alapján hat csoportba sorolta. A térképeket kiegészítette a csillagképeket jelző művészi rajzokkal (Klinghammer–Papp-Váry, 1983).

A 19. század folyamán a csillagkép-rajzok fokozatosan eltűntek a térképekről. Ez az időszak már a modern csillagtérképészet kezdete volt. Miután megjelentek az égi koordináta-rendszerek, az égi objektumokhoz koordináta-párok tartoztak. De a csillagképek ezt követően is maradtak, mivel könnyebb volt megjegyezni a csillagok helyét, ha csoportokba vannak sorolva. Először csak a csillagok által kirajzolt alakzatok határozták meg a csillagképeket. Később azonban határokat húztak a csillagképek körül, deklinációs és rektaszenciós körök mentén. Végül 1927-ben a Nemzetközi Csillagászati Unió egységesítette a csillagképeket, 88 csillagképet határozott meg, így az egész éggömböt lefedték csillagképekkel, nem maradt „fehér folt”. A mai tudományos csillagászatban a csillagképek által kirajzolt alakzatoknál (ami az eredeti értelme volt) fontosabbak azok határai, így azonosítható az összes égi objektum.

A 20. században a fénykép felfedezésével, valamint az egyre nagyobb távcsövekkel sokkal több csillag és egyéb égitest vált láthatóvá. Az első magyar csillagatlasz 1957-ben jelent meg a németekkel közös kiadásban.

A csillagatlaszok részletesebb képet adnak az égboltról, mint az egylapos térképek. Az atlaszok általában csillagképenként mutatják be az eget, de benne lehet akár a fél égbolt is egy lapon. Szokás még évszakonként vagy havi bontásban is ábrázolni az eget. Ez sem a teljes égbolt bemutatása, hanem



Részlet a Topográf Nagy Világatlaszának csillagtérképéből

adott helyről nézve ábrázolják az eget. Ennek az a lényege, hogy az adott hónap egyik napján este 8-9 óra körül mi látszik az égbolton. A Föld keringése miatt ugyanis egy éjszaka alatt nem figyelhető meg az adott földrajzi szélességről látható égbolt egésze. Innen származik az elnevezés is, hogy „tavaszi, téli” stb. csillagképek. Ez persze nem egzakt megfogalmazás, vannak átfedések, mondjuk egy „tavaszi” csillagkép látszódhat már télen is a kora hajnali órákban.

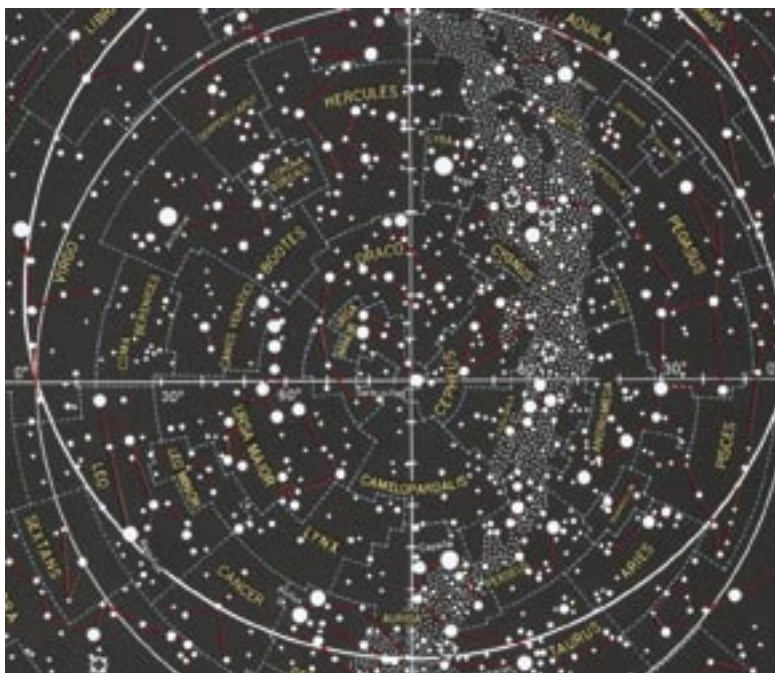
A térképek természetesen generalizáltak, és nincs rajtuk minden égi objektum. Viszont léteznek fotóatlaszok, mint például a Palomar Sky Survey Atlas, mely 1870 db 34 x 34 cm-es fotólemezen 500 millió csillagot és 10 millió galaxist tartalmaz.

Az egylapos térképek a gyakoribbak, amelyek akár plakáttérképként is funkcionálhatnak, de részei lehetnek egy atlasznak is. A térképeknek általában valamilyen normál elhelyezésű síkvetületük van, ahol a pólus az égi pólus, a koncentrikus körök a deklinációkörök, a pólusba összefutó egyenesek pedig a rektaszncenzióvonalak (Gábris, 1991).

A fokszámok az egyik rektaszncenzióvonal mentén, a nap 24 órája pedig a térkép szélén van feltüntetve. Külön térképen ábrázolják a déli és északi égboltot. Nálunk az északi égboltot az égi egyenlítőn túl  $-40^\circ$  vagy  $-45^\circ$ -ig szokták ábrázolni, ameddig az innen látható égbolt terjed. A csillagképek határai is láthatók a térképen, a csillagképeken belül pedig a főbb csillagokat összekötő vonalak rajzolják ki a csillagkép alakját. Ez utóbbi nincs egységesítve, különböző térképeken különbözőképp lehetnek összekötve.

A csillagok fényességük szerint vannak ábrázolva, amelyet a csillagot ábrázoló kör nagysága fejez ki. Ezen kívül szokták még színük szerint is megkülönböztetni





Részlet a Cartographia Világtaszának csillagtérképéből

őket (kék, sárga, vörös stb.). A térképen szerepelhetnek továbbá galaxisok, csillaghalmazok, ködök, rádióforrások. Ezeket összefoglaló néven mélyég objektumoknak is nevezik. Szokás feltüntetni az ekliptikát és a tejút sávját is.

A csillaggömbök értelemszerűen képesek az egész égboltot ábrázolni. Ezek a gömbök tulajdonképp a

kifordított égboltot mutatják. Vannak azonban olyan csillaggömbök is, amelyeken az eredeti égbolt tükörképét látjuk; igazából ezek állnak közelebb a valósághoz, belülről nézve normál állásban látnánk az égboltot, mivel a valódi égbolt is egy olyan képzeletbeli gömb, amelynek a belső felszínét látjuk.

A **térképek névrajza** több csoportra osztható. A csillagképek neveit ma hivatalosan latinul tüntetik fel. Ezeknek vannak az adott ország nyelvére lefordított változataik, így magyar is, amely viszont már nem olyan egységes, mint a latin névrajz. Ennek oka, ahogy már említettem, hogy különböző népek különböző neveket adtak a csillagképeknek. Ilyen például az Ursa Maior esete, magyarul Nagy Medve vagy Nagy Göncöl vagy Göncölszekér. Utóbbi kettő ismertebb a magyar köznyelvben, viszont csak a Nagy Medve megnevezés hivatalos. E dolgotatnak nem célja eme nevek részletes elemzése, eredetvizsgálata, így csak említés szintjén szerepelnek.

A csillagok közül csak a fényesebb, ismertebb csillagoknak van saját neve. E nevek már az ókortól kezdtek kialakulni. Sok köztük az arab eredetű, továbbá latin és görög nevek is előfordulnak. Természetesen magyar névváltozata is van egyes csillagoknak. Viszont minden csillagnak van egy számozott vagy betűvel jelölt neve, amely csillagképhez kötődik. A legfényesebbeket a görög ábécé betűivel jelölik, a fényesség csökkenésének sorrendjében, utótagként pedig az adott csillagkép latin nevének birtokos esete szerepel a névben. Például a Lyra (Lant) csillagkép legfényesebb csillaga a Vega. A csillag másik neve:  $\alpha$  Lyrae. A szabad szemmel látható csillagok többsége az ún. Flamsteed-számokkal van ellátva. Pl. 63 Aurigae. A számok a rektaszcenzió értékének növekedését követik. Amelyek a



Flamsteed-katalógusban nem szerepelnek, egy felső vagy alsó indexet kaptak. Ezek főleg a déli égbolton találhatóak. A változó fényű csillagokat külön betűrendszerrel jelölik, amely R betűvel indul (pl. T Cygni). A mélyég objektumokat a különböző katalógusokban elfoglalt helyük alapján sorszámozzák. Ilyen katalógus a Messier-, New General- vagy az Index-katalógus. A sorszám előtt a katalógus rövidítése áll, így az előbbieknél az M, NGC vagy IC. Pl. az Andromeda csillagképben lévő Andromeda galaxis Messier-katalógusbeli neve M31 (Ridpath, 1998).

### **3. Bolygók térképezése**

#### **3.1 Térképezés**

A Föld térképezése természetesen jóval régebbre nyúlik vissza, mint a bolygóké. A Földön először kisebb területeket térképeztek fel, utána egyre nagyobb régiókat, és így lehetett összerakni végül a teljes, globális képet. Kezdetben viszonylag pontatlan térképek születtek – ez persze művészet- és tudománytörténeti jelentőségükön mit sem változtat – később, a tudomány és technika fejlődésével egyre pontosabb térképek készülhettek. Főként a 17. századtól kialakuló katonai topográfiai térképészet volt a kartográfia tudományának zászlóshajója. A 20. században a repülés feltalálásával, aztán pedig műholdak fellövésével lehetőség nyílt a Föld felszínének lefényképezésére, globális megfigyelésre, és ennek segítségével pontos térképek készítésére. Ezzel szemben a többi bolygó megfigyelését kezdetektől fogva a globalitás jellemezte. Távcsovekkal adott esetben egy bolygó egész felszínét meg lehetett figyelni, de legalábbis nagy részét. A korai távcsovekkal kevesebb részlet látszódott, de az idő múlásával, az egyre nagyobb felbontású és nagyítású távcsovekkal egyre pontosabb és részletgazdagabb térképek születtek. Az űrszondák megjelenésével pedig még nagyobb méretarányú, kisebb területegységeket bemutató térképek készítésére nyílt lehetőség. Tehát míg a Föld térképezése a lokálistól haladt a globálisig, a többi bolygónál ez pont fordítva volt.

Az űrszondás megfigyeléseknél először ún. elhaladó egységeket vetettek be, amely elrepült a bolygó mellett, képeket készítve róla. Minél gyorsabb a bolygó tengely körüli forgása, annál nagyobb területet lehetett lefényképezni. A felbontás viszont nagyon változó, mert a bolygó felszínét különböző szögből lehetett megfigyelni. A következő szint, amikor az űrszondát bolygó körüli pályára állították, ily módon az a teljes felszínt megfigyelhette hosszabb időn keresztül, globálisan feltérképezhette. A harmadik szint, amikor is leszálló egységeket küldtek a felszínre, így közvetlen közletről vizsgálhatóvá vált az égitest. Továbbá vannak még légköri ballonok, amelyek a bolygó légkörében lebegve végeznek méréseket, és vannak a felszín alá lehatoló egységek, amelyek leszállásnál a felszín

alá fúrják be magukat és ott végeznek méréseket.

Az űrszondák által használt képalkotó berendezések hasonlóak a földi műholdakéhoz. A digitális képeken a referenciajelek segítenek a torzítások kiküszöbölésére, georeferálható a kép, visszaállítható az eredeti geometria. A képek felbontása változó, napjainkban már néhány méter/pixel. A látható fény tartományán kívül képesek érzékelni többek között infravörös tartományban is. Fotogrammetriai háromszögelés segítségével pontosan meg lehet határozni egy adott pontot az égitest felszínén. Ehhez az adott területről kettő vagy több felvétel szükséges (hasonlóan a földi sztereofotogrammetriához), így kiszámítható egy pont szélességi, hosszúsági és magassági koordinátája. A magasságmérés, szintezés szintén fontos feladat a bolygók térképezésekor, főként a leszálló egységek számára. Az űrszondák eme feladathoz lézeres távmérő műszert használnak. A topográfiai térkép segít a leszállóhely meghatározásában, a kutató robot felszíni útvonalának kiválasztásában. Továbbá szélesebb rálátást ad a bolygó felszíni alakzataira, morfológiájára. A Földön a szintmeghatározáshoz a világtengerek szintje az alap. A vízfelület szintjét a Föld gravitációs tere határozza meg, kirajzolva ezzel a geoid alakzatot. Nem mindegyik bolygón vannak tengerek, így az alapszint kijelöléséhez szükség volt az égitest gravitációs terének meghatározására, ez pedig bolygónként más és más.

A **bolygók névrajza**, más néven nómenklatúrája eleinte messze nem volt egységes. Különböző felfedezők különbözőképpen nevezték el ugyanazt az objektumot, alakzatot. A névadás a megfigyelők előjoga (hasonlóképp van a Földön is), ennek következtében sok kétértelműség és zavar keletkezett a névrajzban. Az egységesítést a Nemzetközi Csillagászati Unió szorgalmazta számos tudós bevonásával, így napjainkra viszonylag egységes névrajz áll rendelkezésünkre. Az elfogadott nyelv a latin, de a nemzeti nyelvű névrajzok is használatosak, bár még egyáltalán nincsenek egységesítve (Greeley–Batson, 1990).

Az első űrszonda fellövése óta eltelt több mint 40 év. Azóta számos űrszonda kutatta már a Naprendszerben. A Voyager–1 1977-ben indult útjára, 1989-ben érte el a Neptunuszt, ekkorra már a Naprendszer szinte minden bolygójáról és holdjáról készültek közeli képek (kivéve a Plútót), részben vagy egészben feltérképeztettek. Azóta a Voyager elhagyta a Naprendszerben, és hamarosan kilép az intersztelláris térbe, folytatja útját a csillagok felé.

### **3.2 A Naprendszer bolygói**

Naprendszerünkben eddig 9 bolygó ismert, amelyek ellipszispályán keringenek a Nap körül. Ezek közül csak némelyiknek van holdja, de egyeseknek akár 50–60 is. A bolygókat két csoportra lehet osztani, először is a Naphoz közelebb lévő négy kőzetbolygó: a Merkúr, a Vénusz, a Föld és a Mars. A másik csoport a négy óriás

gázbolygó: nagyobbak a Jupiter és a Szaturnusz, kisebbek az Uránusz, valamint a Neptunusz. Az utolsó bolygó „kilóg a sorból”, a Plútó, amely egy kis jeges égitest, a Naptól a legtávolabb lévő bolygó, de olyan elnyújtott ellipszispályán kering, hogy néha közelebb kerül a Naphoz, mint a Neptunusz. A Plútó és holdja, a Charon a Kuiper-övhöz tartozik. A Kuiper-öv a Naprendszer övező, rengeteg kisbolygóból és üstökös-magból álló övezet, amely a bolygók pályájának síkjában veszi körbe a Naprendszert, és a helioszféra határáig tart (a helioszféra az a tartomány, ahol a napszélnek hatása van). Ezen túl található az Oort-felhő, amelyre még hat a Nap gravitációs tere. Az Oort-felhő gömb alakban övezi a Naprendszert. A Kuiper-övben és az Oort-felhőben rengeteg kisbolygó található, fagyott gázokból és üstörmeléből álló égitestek. Egyik-másik véletlenszerűen vagy rendszeresen megközelíti a Napot, a fagyott gázok elkezdnek szublimálni, légkört ereszt maga köré. Ezek az üstökösök, jól ismert csóvajuk csak a Nap közelében látható.

A térképezés szempontjából főleg a Földhöz hasonló kőzetbolygók és holdak az érdekesek, amelyek térképészetileg is közelebb állnak a földi térképezéshez. Ebben a fejezetben ezekről az égitestekről lesz szó, a Marssal külön fejezet foglalkozik a munkámban.

### 3.3 A Hold

Földünk után talán a legtöbbet és legjobban térképezett égitest az Univerzumban.

Égi szomszédunk távolsága a Földtől 357 000 és 405 000 km közt változik, átlagosan 384 000 km-re van tőlünk. A mindössze 3476 km átmérőjű égitest az égbolton fél fokos átmérővel látszik, és a második legfényesebb objektum a Nap után, a látszó fényessége maximum  $-13$  magnitúdó.



Felszínén csak a napszélből származó nagyon ritka légkör található, nincs folyékony víz, időjárásról nem beszélhetünk. A felszínalakító tényezők a becsapódó meteoritok. A legkisebbek is becsapódnak a felszínre, mivel nincs légkör, ami elégesse őket. A felszín nagy része tehát meteoritkráterekkel tarkított, amelyek nem erodálódnak. Az úgynevezett maré-k (holdtengerek) nagyobb síkságok, ahol csak néhány kráter található. Ezeket a közel 3 milliárd évvel ezelőttig tartó, gyakori meteoritbecsapódások által megvékonyított kéreg résein feltörő láva hozta létre 500 millió évvel később. A kráterek közt vannak néhány méteres kis gödrök, és akár 200 km átmérőjűek is. A fiatal kráterek világosabb színűek, és látszódnak a becsapódás során szétrepült törmelék sugaras szerkezete. A nagyobb kráterek közepén központi hegycsúcsok vannak, amelyek a becsapódás során a kráter aljának „visszaugrásával” keletkeztek. Léteznek a Holdon egyenes vagy

görbe vonalú szakadékos völgyek, továbbá kanyargó völgyek, amelyet a folyó láva alakított ki.

A Hold keringése folyamán fázisváltozásokat mutat. Mikor a Föld és a Nap között helyezkedik el, újhold van, ekkor a megvilágítatlan felét mutatja felénk, ennek ellentéte a telihold, mikor a Föld van a Hold és a Nap között, ekkor teljes egészében a megvilágított felét látjuk. E két pont között „növekszik” vagy „csökken” a Hold, ami valójában attól függ, hogy mennyit látunk a Hold megvilágított feléből a Földről. A Hold 29,5 nap alatt kerüli meg a Földet, ez egy holdhónap (szinodikus – tehát két újhold között eltelt idő).

A Holdnak kötött keringése van, ami azt jelenti, hogy a Hold keringési és tengelyforgási ideje megegyezik, tehát a Földről nézve mindig csak az egyik fele látható, így mindig ugyanazt az arcát mutatja a Föld felé. Ezen a felén vannak főleg nagy lávasíkságok, a másik fele inkább sűrűn kráterezett, mivel itt vastagabb a kéreg, és sokkal kevesebb láva törhetett a felszínre.

A Hold felszínén már szabad szemmel is megfigyelhetők sötétebb és világosabb területek. A felszíni alakzatokat érdekesebb megfigyelni távcsővel a nappali és éjszakai területek határa, az ún. terminátor mentén, ahol az alakzatok hosszabb árnyékot vetnek, így a formák jobban kivehetők. Holdtölte idején az alakzatok elmosódnak, mivel a napsugaraknak nagy a beesési szögük, az árnyékok szinte eltűnnek. Viszont vannak olyan alakzatok, amelyek megfigyeléséhez nagy kontraszt szükséges, ezért pont holdtölte idején a leglátványosabbak. Ilyenek a sötét tengerek és a kráterekből kiinduló fényes sugársávok (Ridpath, 1998).

A Holdat már az ókortól kezdve megfigyelték. A 16–17. századig elfogadott volt az a nézet, hogy a Hold a Föld tükörképe, a sötét területek tengerek, a világosak pedig a szárazulatok. Ezt Leonardo da Vinci cáfolta meg Diaries c. munkájában. Ezzel együtt rajzokat is készített a Holdról, de azok sajnos elvesztek.

Az első kutató, aki Leonardo után először lerajzolta a Holdat, William Gilbert, angol fizikus, a földmágnesség felfedezője volt 1603-ban. A rajzon 13 elnevezést is feltüntet.

Először Galileo Galilei fordította távcsövét az ég felé 1609-ben. Eredményeit leírja 1610-ben megjelenő munkájában a Nuncius Sidereusban (A csillaghírnök). 5 rajzot is készített a Holdról, amelyben azonban az alakzatok nem azonosíthatók egyik holdbéli formával sem.

A 17. század folyamán többen készítették távcső segítségével Hold-térképeket. Az első rézmetszetet 1634-ben Claude Mellan készítette a Holdról. Michel Florient van Langren spanyol csillagász 1645-ben készített egy 34,4 cm átmérőjű Hold-térképet. Térképén 322 formát nevez el spanyol és osztrák uralkodókról. Langren előtt csak Gilbert alkalmazott elnevezéseket. Langren neveiből mára csak kettő maradt fent (Klinghammer–Papp-Váry, 1983).

Ezt követően 1647-ben Johannes Hevelius készített térképet, amelyen következetes elnevezésrendszert alkalmazott. A Holdat kettős körvonallal ábrázolja, hogy kifejezze az észlelt lebegést. Ez három féle lehetett: szélességi, hosszúsági, napi. A szélességi lebegés a holdpálya síkjának a Földpálya síkjától való eltérése miatt jön létre. A hosszúsági lebegés az ellipszispálya miatt, a napi lebegés pedig Föld forgása miatt a Hold különböző nézőpontból történő megfigyelése következtében jön létre. Ily módon a Hold felszínének 59%-a látható a Földről.

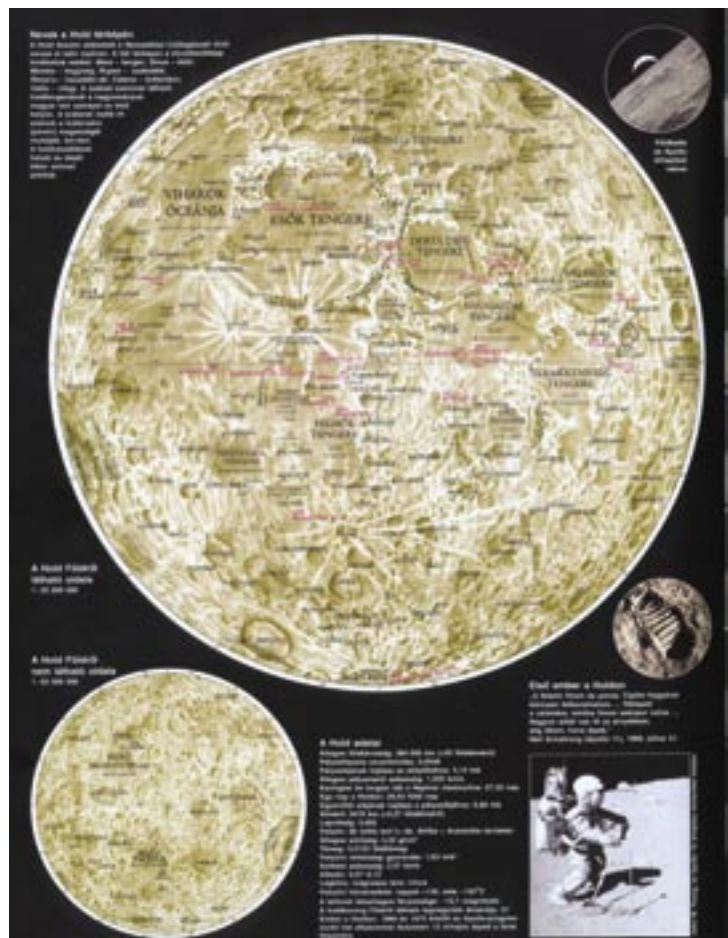
Cassini 1671–1679 közötti megfigyelései alapján szerkesztett minden addiginál részletgazdagabb térképet a Holdról.

1764-ben Hell Miksa, a bécsi csillagvizsgáló magyar igazgatója tesz közzé egy Hold-térképet.

Az első, vetületbe illesztett Hold-térképet Tobias Mayer készítette 1750-ben. Ehhez a Holdon hálózati alappontokat kellett kijelölnie. Megfigyelései és számításai alapján ortografikus vetületben szerkeszti meg északra tájolt térképét. Az ortografikus az egyik ideális vetület a Hold (és más bolygók) térképeihez, mivel a végtelenből jövő vetítősugarai úgy képezik le a felszínt, ahogy azt a Földről látjuk.

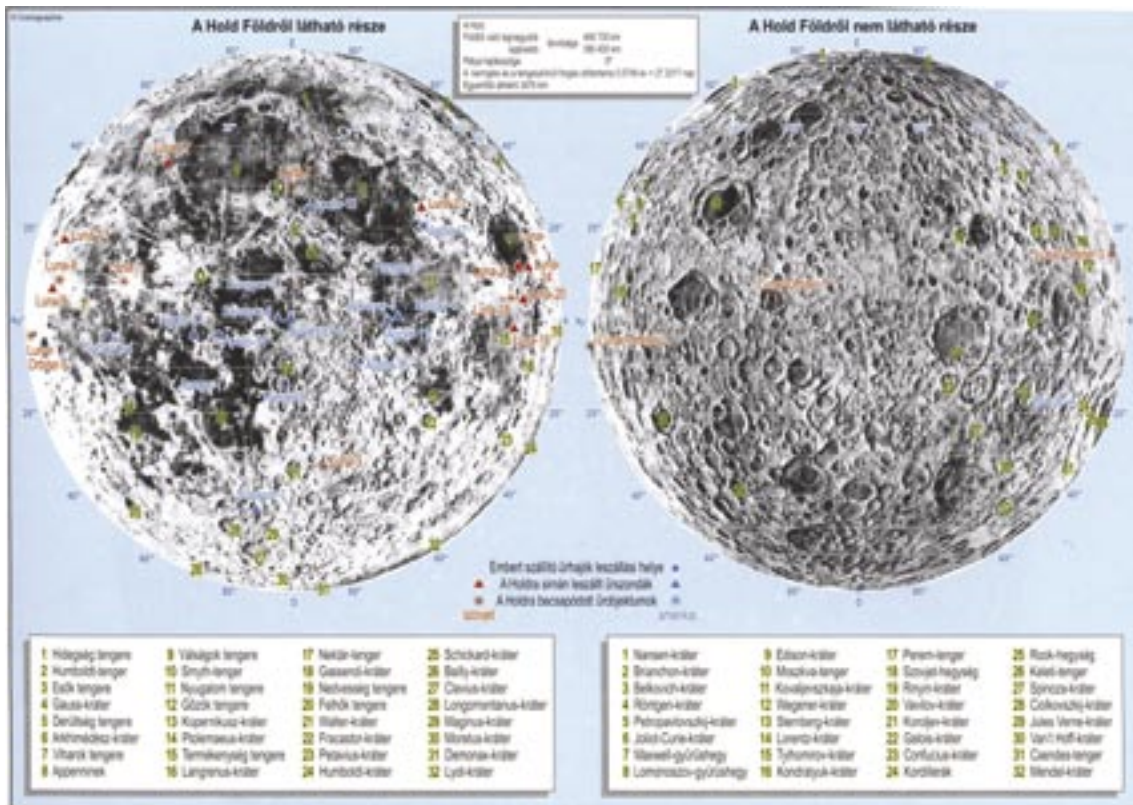
A 19. században az egyre jobb és pontosabb műszerek segítségével egyre nagyobb méretarányú és részletességű Hold-térképek születtek. Wilhelm Beer és Johann Heinrich Mädler 1834–1836 között adják ki négy részletben 97,5 cm átmérőjű térképüket, amelyen 105 pont fokhálózati koordinátáit rögzítették. Ez a térkép is egy mérföldkő a Hold térképezésének történetében (Klinghammer–Papp-Váry, 1983).

A 19. században a fényképezés felfedezésével még részletesebb térképek



Holdtérkép a Topográf Nagy Világatlaszból





Holdtérkép a Cartographia Földrajzi világtaszából

születhettek a Holdról. A század végére a fényképészet tovább fejlődött, fotóatlaszokat is kiadtak a Holdról. Az első ilyen atlaszt a Lick obszervatórium jelentette meg 1897-ben. A 23 x 32 cm-es szelvények méretaránya 1 : 3 547 000. Ezt követően több fotóatlasz is megjelent.

A 20. század első felében a távcsöves megfigyeléssel készülő Hold-atlaszok készítéséhez felhasználták a Holdról készült fényképeket is.

Az egyre több felfedezett holdi alakzat egyre több névadást eredményezett, amely nem volt egységes. A névanyagot a Nemzetközi Csillagászati Unió 1938-ban egységesítette, meghatározta a legfontosabb formák nemzetközi elnevezését.

Az utolsó, földi megfigyelés alapján készült atlasz 1960-ban jelent meg, 1 : 370 000-es méretarányban.

Az űrszondák fellövésével új korszak kezdődött a bolygók térképezésében és az űrkutatásban is egyaránt. 1959-ben fellövik a Luna-1 szovjet űrszondát, amely elsőként közelíti meg a Holdat. Ugyanebben az évben indítják el a Luna-2-t, amely az első leszállóegység a Holdon. Egy hónappal később a Luna-3 űrszonda megkerüli a Holdat és lefényképezi a Földről nem látható oldalát is. Egy évvel később elkészül a Hold túlsó felének 1 : 10 000 000 méretarányú térképe. 1965-ben egy újabb űrszonda, a Zond-3 fényképezi le a Holdat közletről. 1967-re a felvételekből elkészül a Hold 1 : 5 000 000 méretarányú térképsorozata, amely a teljes felszínt mutatja. A térképeknek egy újabb, fontos szerep is jutott az ember Holdra szállásának előkészítésében, amelyre először 1969-ben került sor.

Az 1960-as évek közepén a szovjet Luna és az amerikai Ranger leszállóegységek által készített felvételek alapján készülhetett el a Hold 1 : 1 000 000 méretarányú térképsorozata.

A Hold túloldalának a neveit a Nemzetközi Csillagászati Unió 1970-ben határozta meg, 513 új nevet létrehozva.

Az utolsó három Apollo űrhajót (–15, –16, –17), amely embert is vitt a Holdra, különleges térképező berendezésekkel látták el. A térhatású fényképpárokat és egyszerű felvételeket készítő berendezést a helymeghatározás elősegítésére kiegészítették csillagratájolóval (az égboltot egyidejűleg fényképező kamerával) és lézeres magasságmérővel. Nappali megvilágításnál 2-3 m felbontású felvételekből 1 : 25 000 méretarányú, a domborzatot 20 m-es szintvonalközzel bemutató térképek készültek a Hold felszínének 20%-áról.

Később nemcsak topográfiai, hanem tematikus térképek is készültek a Holdról a tudomány előrehaladtával. 1966-ban született egy izoterma térkép, 1967-ben pedig az azonos albedójú területek térképe. A Holdról hozott kőzetminták vizsgálata nyomán születtek földtani térképek is (Klinghammer–Papp-Váry, 1983).

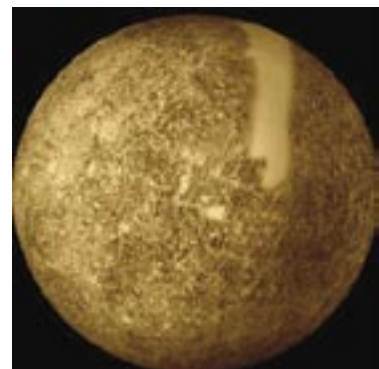
A **Hold névrajza** több csoportra osztható. A nemzetközi névhasználatban a latin az elfogadott, bár vannak törekvések a nemzeti nyelvű névrajz kialakítására is egyes országokban, így Magyarországon is. A kráterek csillagászok és más tudósok neveit viselik, mint például a híres Tycho- vagy a Copernicus-kráter. De vannak magyar tudósokról (pl. Eötvös Loránd, Fényi Gyula) elnevezett kráterek is, továbbá neveztek el krátereket mitológiai alakokról is (Hercules). A hegységeket a földi hegységek mintájára nevezték el. Ilyen a Montes Alpi vagy a Montes Carpatius.

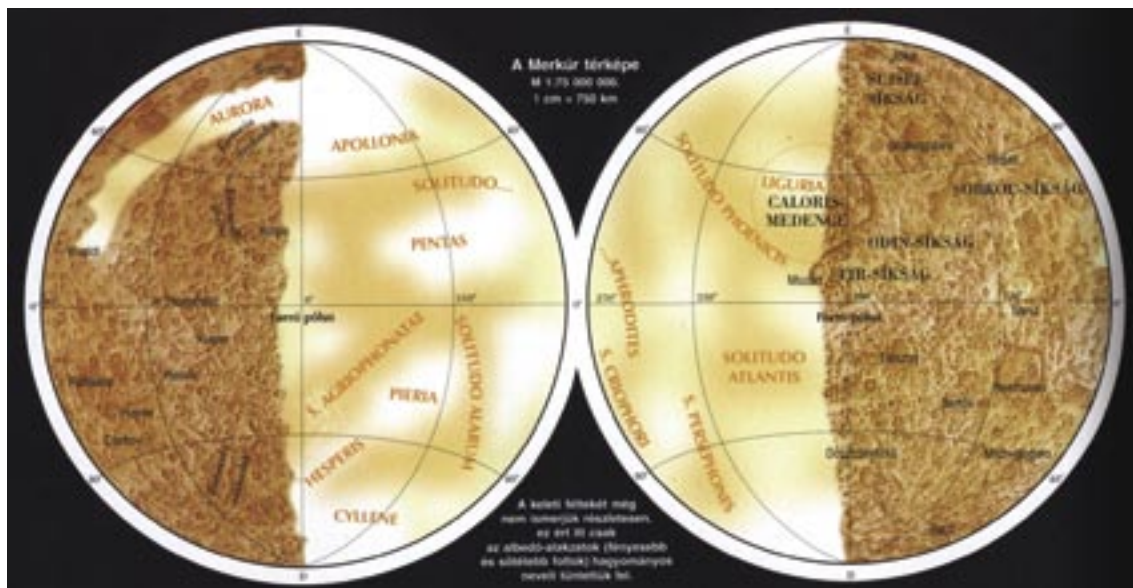
A korábban tengereknek hitt síkságok neveiben megmaradt a „tenger” (mare) földrajzi köznévi. Ilyen pl. a Mare Imbrium (Esők tengere) vagy a Mare Humorum (Nedvesség tengere). A kisebb síkságok, medencék a sinus (öböl), a lacus (tó), illetve a palus (mocsár) nevet kapták, pl. Sinus Medii, Lacus Mortus.

### 3.4 A Merkúr

A Naphoz legközelebb keringő bolygó, mindössze 58 millió km-re van tőle és 88 földi nap alatt kerüli meg. Átmérője 4880 km, a Föld átmérőjének a felét sem éri el. Kráterekkel borított felszínével hasonlít a mi Holdunkra. Légköre és vize nincs, a felszíni hőmérséklet 450 és –180 C° között ingadozik.

A Merkúr nagyobb krátereinek között vannak öregebb, simább, síkságoknak nevezett, kisebb kráterekkel





A Merkúr térképe (Nagy Világatlasz, Topográf)

tarkított régiók, és másodlagos kráterek, amelyeket a meteoritbecsapódás során szétszóródó törmelék hozott létre. A Holdon is vannak másodlagos kráterek, de a Merkúron a nagyobb gravitációs erő miatt ezek közelebb vannak a főkráterhez. Továbbá vannak akár 3 km magasságot is elérő, néhány 100 km hosszúságban húzódó leszakadásos kőszirt láncok, amelyet valószínűleg a bolygó lehűlése folyamán végbemenő összehúzódások és repedések hoztak létre (Ridpath, 1998).

A Merkúr megfigyelése a szabad szemmel látható bolygók közül a legnehezebb, mivel a Naphoz mindig közel látszódik az égen. Naplemente után vagy napfelkelte előtt röviddel látható legjobban, mikor a legnagyobb keleti vagy nyugati elongációban van (a Földről nézve a legnagyobb szögtávolságra látszik a Naptól keletre vagy nyugatra).

A Merkúr térképezése nem rendelkezik olyan régmúlta visszanyúló gyökerekkel, mint a Holdé vagy a Marsé. Az első rajzokat Giovanni Schiaparelli és Eugène Antoniadi készítette a 19. század vége felé. A sötét és világos területek ábrázolása nem volt helytálló, mivel rosszul mérték fel a bolygó tengelyforgási idejét, 88 napot gondoltak, amely megegyezik a keringési idejével. Később radarmérésekkel bebizonyosodott, hogy a tengelyforgási ideje csak 57 nap. A bolygó egy merkúri nap alatt kétszer kerüli meg a Napot, és háromszor fordul meg a tengelye körül. 1965-ben a radarmérések alapján Peter Cruikshank szerkesztett Merkúr-térképet (Klinghammer–Papp-Váry, 1983).

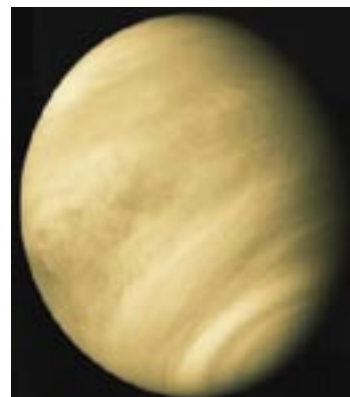
A Merkúrt csak egyetlen űrszonda, a Mariner-10 látogatta meg 1973-ban. Aztán 1974-ben háromszor is elrepült mellette, de felszínének csak 45%-át sikerült feltérképezni. Később ezt a felmérést felhasználva készültek térképek a bolygóról, többek közt az ELTE-n is. A felmértelen területeket albedótérkép tölti ki.



A Merkúron a síkságok és hegyek az antik világ neveit viselik, az egyéb felszíni formák úrhajósok és megfigyelőállomások neveit kapták. A krátereket művészekről, írókról, költőkről, zeneszerzőkről, festőkről nevezték el (Klinghammer–Papp-Váry, 1983). Ilyen például a Bartók-kráter. A medencék közül talán a legismertebb a Carolis-medence, amely egy meteoritbecsapódás nyomán kiömlő láva alakította síkság.

### 3.5 A Vénusz

A Naptól számítva a második bolygó a Naprendszerben, a Naptól átlagosan 108 millió km-re kering, szinte körpályán. A Föld legközelebbi bolygótestvére, amikor a legközelebb jár hozzánk, 42 millió km-re közelíti meg a Földet. Méreteiben a Földhöz legjobban hasonlító bolygó, átmérője 12 100 km, körülbelül 650 km-rel rövidebb a Föld átmérőjénél. A tömege és sűrűsége is hasonló a Földéhez.

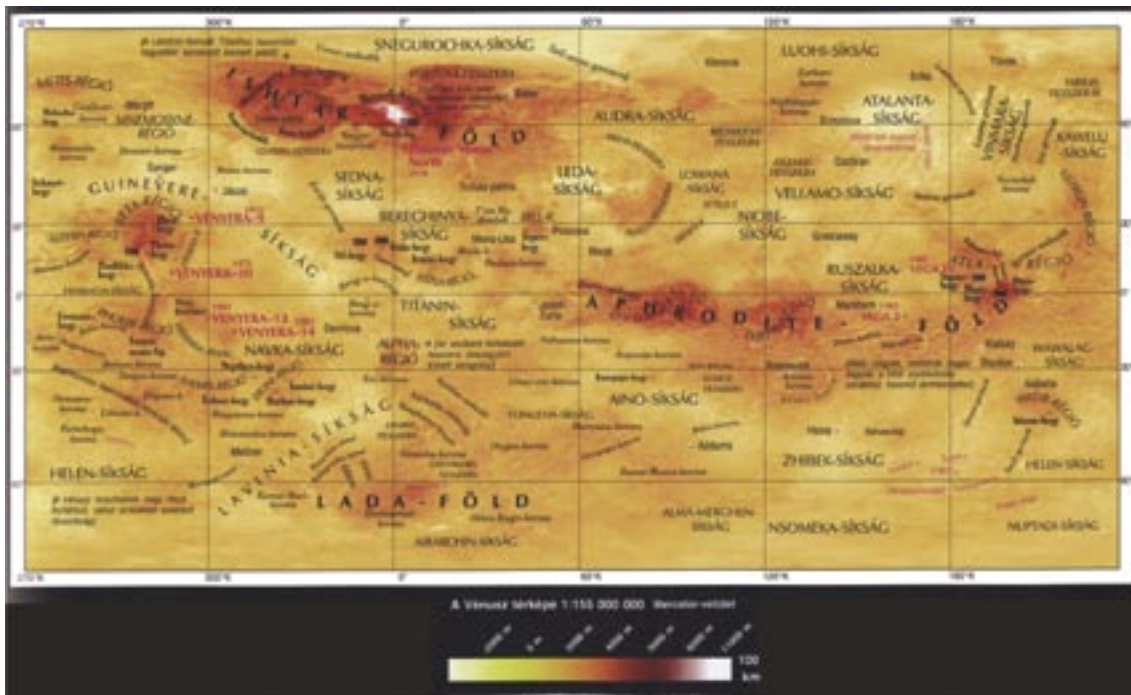


Légköre nagyon sűrű, szinte teljes egészében széndioxidból áll, kevés nitrogén is fellelhető benne. 50–70 km magasságban vastag kénsav-felhők borítják az egész felszínt, a felszíni légnyomás 90-szer akkora, mint a Földön, az átlagos hőmérséklet pedig 470 C°, amelyet a vastag felhőzet miatti üvegházhatás okoz. Emiatt az egyenlítő és a sarkok közt sincs olyan nagy hőmérsékleti különbség. Így a Vénusz a legmagasabb átlaghőmérsékletű bolygó a Naprendszerben.

A Vénusz felszínét nagyrészt fennsíkok borítják – magasföldi kontinensek – ezek egy része sík, más részeit viszont hosszú és mély szakadékok, repedések borítják. Továbbá dombos síkságok és mély medencék is találhatóak rajta. Kráterek is tarkítják a felszínt, ezek többsége 2–300 km-es átmérőjű, mivel a sűrű légkörön át csak a nagyobb meteoritok képesek áthatolni és becsapódni a felszínre. A Vénuszon vulkáni tevékenység is folyik, ennek következtében vulkáni kúpok, kráterek, lávafolyamok, lávaplatók is találhatóak a felszínen.

A Vénusz –4,7 magnitúdós fényességével a földi égbolt harmadik legfényesebb égiteste. Megfigyelése hasonló a Merkúréhoz, bár annál sokkal jobb, mivel nagyobb bolygó, közelebb jár a Földhöz, a Naptól távolabb van, és nem utolsó sorban a felhőtakarója a ráeső fény 75%-át visszaveri. Az esti vagy a hajnali égbolton lehet megfigyelni, és a Merkúrhoz vagy a Holdhoz hasonlóan fázisokat mutat, mivel nem mindig a megvilágított oldalát látjuk. Távcsővel nézve, 75-szörös nagyítás mellett akkorának látszik, mint a Hold szabad szemmel (Ridpath, 1998).

A Vénusz sűrű felhőtakarója miatt távcsővel lehetetlen volt a felszínről bármiféle információt szerezni, a bolygó feltérképezése váratott magára az



A Vénusz térképe (Nagy Világtalasz, Topográf)

űrszondák koráig. Az első űrszonda a Mariner–2 volt, amely 1962-ben elrepült a Vénusz mellett. Később, az 1970-es években több műholdat is küldtek a bolygóhoz. A Pioneer, Venyera és Magellan űrszondák, valamint földi rádiótávcsövek radarral feltérképezték a felszínt. 1973-ban a Mariner–10 űrszonda közelítette meg a Vénuszt, később a Merkúr felé vette az irányt. A szovjetek az 1960-as évektől kezdve tizenhat Venyera űrszondát indítottak a Vénusz tanulmányozására. Közülük hat esett áldozatul a bolygón uralkodó szeszélyes időjárásnak, mielőtt a Venyera–9 1975. október 22-én leszállt a Vénusz felszínére. Először is a Vénusz első mesterséges holdja lett, majd leszállóegysége leszállva a felszínre elkészítette az első panorámaképeket, amelyeket közvetített a Földre. Minden szonda egy orbitális és egy leszálló egységből állt. A radarral való térképezést egyébként először a Venyera–15 és –16 űrszondák alkalmazták. A Magellan űrszonda egy ferde letapogatású radar segítségével térképezte fel a bolygót. A radar felbontása 1000 m-nél is finomabb volt, így sok mindent meg lehetett tudni a felszínről.

A Vénuszon a síkságokat istennőkről nevezték el, a nagyobb kráterek mitológiai női neveket kaptak, míg a kisebb kráterek mai női neveket (Klinghammer–Papp-Váry, 1983).

## 4. A Mars térképezése

### 4.1 Mars, a vörös bolygó

Az ősi népek feltűnő vörös színe miatt a háború istenének gondolták. Az asszírok Negrálnak nevezték, ami vérhullajtót jelent, a babilóniak Shalbataninak,

a kínaiak Huo Xing-nek. Az északi népek Tyr-nek vagy Tiu-nak, innen származik a Mars napjának a neve is: angolul Tuesday, franciául Mardi, tehát a kedd. A Mars hónapja a Március, angolul March, franciául pedig Mars.

Az ókori görögöknél is a hadisten volt, Árész, a rómaiaknál pedig ennek római megfelelője, Mars. Innen származik egyébként a bolygó neve is. Régi magyar népi elnevezése Hadakozócsillag, Vérszeműcsillag (Hargitai, 2002).



A Mars a külső bolygótestvérünk, negyedik a Naprendszerben. Naptól mért átlagos távolsága 228 millió km, a Földet oppozíciókor akár 55 millió km-re is megközelíti. A pályájának nagyobb az excentricitása a Földpályához képest. Átmérője 6794 km, picivel több, mint a Föld-átmérő fele. Keringési ideje 687 földi nap (1,8 földi év), tengelyforgási ideje pedig 24 óra 37 perc, ez majdnem azonos Föld tengelyforgásával.

A Marsot megfigyelni legjobb oppozíciókor, mikor a Föld a Nap és a Mars közt helyezkedik el. Kisebb távcsővel is látszik már vöröses-narancsos korong alakja, nagyobb távcsövekkel pedig sok részlet is kivehető a felszínén. Az oppozíció idején a Földtől való távolság változó lehet a pálya viszonylag nagy excentricitása miatt: ha a Mars oppozíció idején Napközelben van, akkor a legkisebb a távolság, viszont Naptávolban 100 millió km is lehet. Legrosszabb megfigyelési körülmények konjunkciókor vannak, mikor is a Nap van a két bolygó között. Ilyenkor egyrészt takarásban van a Mars, másrészt nagy a távolság, akár 400 millió km-re is nőhet. A megfigyelő csillagászok az oppozíciók idején kutatják távcsöveikkel a bolygót, a Marsra szánt űrszondák kilövésére is ezek a jó alkalmak.

#### **4.2 Felszín**

A Mars felszíne, formáit tekintve változatosnak mondható. Alapvetően két részre osztható a felszíne: az északi félgömbön általában síkabb a terep és átlagosan 3-4 km-rel alacsonyabban fekszik, mint a déli félteke, amelyet főleg becsapódásos kráterek tarkítanak. Ennek ellenére a déli részen található a Mars legmélyebb pontja, 8180 m-rel a kijelölt alapszint alatt, egy 2000 km átmérőjű medence, amelyet egy közel 4 milliárd évvel ezelőtti meteoritbecsapódás hozott létre. A legmagasabb pont pedig az északi féltekén található, amely egy 600 km átmérőjű pajzsvulkán teteje, és 21 km-rel magasodik az északi síkságok fölé. A

marszi vulkánok közül ez a legnagyobb, de több hasonló, kevésbé magas pajzsvulkán található a Tharsis-fennsíkon. Ezek a pajzsvulkánok nagy átmérőjűek, alacsony a lejtőszögük, a kiömlő láva valószínűleg nagyon híg lehetett, a környékükön is található lávatakaró. A földi vulkánok közül talán a Hawaii-szigeteken lévő Mauna Kea hasonlít a marszi vulkánokra, mely 9 km-re emelkedik ki az óceáni lemezből, és az alapjánál 225 km átmérőjű.

A bolygón mély kanyonok és kanyonrendszerek is húzódnak. Ilyen a Mariner-völgyrendszer (Valles Marineris), amely itt a legnagyobb. A több 100 km széles völgyhálózat 5-6 km mély, 2-3-szor mélyebb a Colorado Grand-kanyonjánál.

A Mars felszínén jelenleg nem található cseppfolyós víz, de számos bizonyíték arra utal, hogy a múltban volt valamennyi víz a bolygón. Találhatók ugyanis kiszáradt folyómedrekhez hasonló domborzati képződmények, és olyan csepp alakú törmelék-lerakódások, amelyeket általában üledéket hordozó erős sodrású folyóvizek raknak le az akadályt képező tereptárgyak körül. Elképzelhető, hogy régen, még az aktív vulkánok idejében voltak hirtelen és rövid ideig tartó áradások. A vulkáni kigőzölgések nagyobb esőzéseket okozhattak, s ezekből táplálkozhattak a felszíni vízfolyások. Több milliárd éve lehettek akár tengerek vagy óceánok is a Marson.

Az északi és a déli pólus körül jégsapkát lehet megfigyelni. Mivel a Mars tengelyferdesége  $25,5^\circ$ , évszakos változások tapasztalhatók, így a jégsapkák határai is változnak. A Mars keringési pályája a Földénél jóval elliptikusabb. Így a bolygóra jutó napenergia a perihéliumban 40%-kal nagyobb, mint az aféliumban, ezért az évszakok sokkal szélsőséesebbek, mint nálunk. Az évszakok váltakozásának tudható be, hogy amikor a Mars déli féltekéjén tél van, a déli jégsapka a bolygó déli félgömbjének akár a felét is beboríthatja, míg például ugyanott nyáron a jégsapka gyakran el is tűnik. Az északi féltekén hasonló változásokat lehet megfigyelni azzal az eltéréssel, hogy ott soha nem tűnik el nyáron a jégsapka, télen pedig lehúzódik az északi félgömb feléig. A déli hósapkát szárazjég (fagyott szén-dioxid) alkotja, míg az északi hósapkában található vízjég is. A hósapkákhoz közeli kráterek fenekét gyakran borítja szárazjég és vízjég keveréke. A szárazjég egyébként a légköri szén-dioxidból keletkezik. Újabb kutatások szerint a jég részt vesz a felszín formálásában is. Észrevehető magasabb szélességeken lévő kráterekben a vízmosás szerű fodros alakzat. A felszín alatt jég és cseppfolyós víz is található.

### **4.3 Légkör, időjárás**

A Mars légköre igen ritka, 96%-ban szén-dioxidból áll, a többi 4%-ot főleg nitrogén és argon teszi ki, továbbá oxigén, szén-monoxid és gáznyomok is kimutathatók. A felszíni légnyomás kisebb, mint a földi légnyomás századrésze.

A bolygó átlaghőmérséklete  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a ritka légkör csak  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal emeli meg átlaghőmérsékletet (a Földön ez az érték  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). A maximális hőmérsékletet az egyenlítőn lehet mérni, amely a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t is eléri, a  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os minimum pedig a pólusokon áll be télen.

A Marsra állva az égbolt nem kék színűnek látszik, mint a Földön tiszta időben, hanem inkább halvány narancsvörösnek vagy rózsaszínűnek. A jelenséget azzal magyarázhatjuk, hogy az időnként feltámadó heves porviharok során tömérdek mennyiségű felszíni por kerül a bolygó gázburkába, s csak hónapok múltán ülepedik le. A legkisebb méretű részecskék azonban még akkor is a légkörben lebegve maradnak, és vörösre festik annak színét. Ilyen például a vas-oxidos por, amelynek köztudottan vöröses színe van.

A heves szeleket, amelyek a  $300\text{ km/h}$  sebességre is képesek felgyorsulni, az egyenlítő és a sarkok közötti nagy hőmérséklet-különbség idézi elő. Helyi porviharok mindig előfordulnak, de perihéliumban, mikor a hőmérséklet és a szélesség eléri a maximumot, a légsűrűség megnövekedésével a szél könnyebben felkapja a port, és az egész bolygóra kiterjedő, globális porviharok tombolnak akár több héten keresztül is.

#### 4.4 A Mars holdjai

Két szabálytalan alakú hold kering körülötte, a Phobos és a Deimos. Valószínűleg a szomszédos kisbolygó-övezetből fogta be a Mars gravitációs tere a két kisbolygót.

A Phobos (a felső képen látható) a nagyobb, átlagos átmérője  $22,2\text{ km}$ , a Mars középpontjától  $9380\text{ km}$ -re kering. Ez azt jelenti, hogy a Mars felszínétől kevesebb, mint  $6000\text{ km}$ -re van, a Naprendszerben az anyabolygójához legközelebb keringő hold. Keringési ideje rövidebb a Mars tengelyforgási idejénél, tehát a Marsról nézve nyugaton kel és keleten nyugszik.

A Deimos a külső hold, átlagos átmérője  $12,6\text{ km}$ , a Mars



A Mars holdjainak térképe

középpontjától 23 460 km-re kering. Keringési ideje 1,2-szerese a Mars tengelyforgásának, így két és fél napig látható a marsi égen.

A holdak felszíne kráteres, a Phoboson a legnagyobb kráter 10 km átmérőjű (majdnem fele a hold átmérőjének!), a Deimoson csak kisebb kráterek vannak.

#### **4.5 Megfigyelések az ókorban és középkorban**

A Mars mozgását már Hipparkhosz (Kr. e. 160–125) is leírta. Mozgása rejtélyt hordozott magában, mert általában a pályáján előrehalad, de kb. kétévente egyszer az állócsillagokhoz képest megáll és visszafelé kezd mozogni, kis hurkot ír le, utána újra folytatja útját előre. Ezt a retrográd mozgást Szamoszi Arisztharkhosz magyarázta először helyesen Kr. e. 250-ben, az akkori Napközéppontú világképben, hogy a Föld gyorsabb keringése révén időnként lehaladja a Marsot, és így visszafelé látszik mozogni. Később a Földközéppontú világképben már tovább bonyolították a dolgokat, a Mars mozgásának leírásához bonyolultabb elméletek kellettek.

A régi kor emberének nehéz volt elfogadni, hogy a Mars a Földünkhöz hasonló égitest. A nagy távolság miatt csak egy fényes pontnak látszik az égbolton, mint egy csillag, a különbség csak az, hogy nem ragyog.

Johannes Keplernek (1571–1630) sikerült először a Mars pályájának alakját meghatározni. Tycho Brahe (1546–1601), dán csillagász szabadszemes megfigyelési adatait használta fel, melyek az akkori legpontosabb égi pozícióadatok voltak. Először arra jött rá, hogy a Naphoz közelebb gyorsabban, távolabb lassabban mozog a bolygó. Később rájött, hogy nem körpályán, hanem ellipszispályán mozog, melynek egyik gyújtópontjában a Nap áll. Kepler első két törvénye innen jön tehát, amely 1609-ben jelent meg *Astronomia Nova* c. munkájában. Keplernek „szerencséje” volt a Marssal, mivel elég nagy az excentricitása ahhoz, hogy ki lehessen számítani ezt az ellipszispályát. Akkoriban ez nagy eredménynek számított, de ennél nagyon többet még mindig nem tudtak a Marsról (Hargitai, 2002).

#### **4.6 Távcsöves megfigyelések a 17. századtól**

A modern bolygó kutatás Galileo Galileivel (1564–1642) kezdődött. Mint már említettem, Galilei elsősorban a Holdat vizsgálta, később a Vénusz fázisváltozásait. Az 1610-es *Sidereus Nuncius* c. munkájában a Marssal kapcsolatos kutatásait is megjelentette.

Távcsövel meg tudta különböztetni a bolygókat a csillagoktól, mivel a bolygók korong alakja a nagyítással növekedett. Minél nagyobb a nagyítás, és minél nagyobb a távcső nyílása, annál több részletet, alakzatot lehet megfigyelni a felszínükön. Galilei kb. 20 rajzot készített a Marsról, úgy vélte, hogy a sötét foltok tengerek, a világosak kontinensek.



Galilei távcsövével finom részleteket még nem igazán lehetett megfigyelni a Marson, de foltokat már igen. Sokat kellett még fejlődni a távcsöveknek, hogy a mai szintre eljussanak. A távcső felfedezésétől kezdve sokan kezdtek távcsöves megfigyelésekbe.

1636-ban Francesco Fontana megpróbálta lerajzolni a Mars felszínét, de csak egy sötét foltot látott a Mars-korong közepén, ami valószínűleg a távcső hibája volt.

1644-ben a nápolyi jezsuita Bartoli atya készítette az első valódi albedó alakzatot a felszínről, ami két folt volt.

Olyan rajzot, ahol a folt a valóságnak megfelelt, először Christian Huygens (1629–1695), a Titán felfedezője készítette 1659-ben. Egy V-alakú foltot látott, a Syrtis Major, melyet sokáig Homokóra-tengernek is neveztek. A folt mozgásából azt is megállapította, hogy a Mars kb. 24 óra alatt fordul meg a tengelye körül, ebben nagyon hasonló a Földhöz. Mivel a távcsövekben fordított a kép, az így készült rajzokon is fordítva szerepel a bolygó, tehát az akkori térképeken a déli pólus van felül, az északi alul, tulajdonképpen a térképek déli tájolásúak voltak.

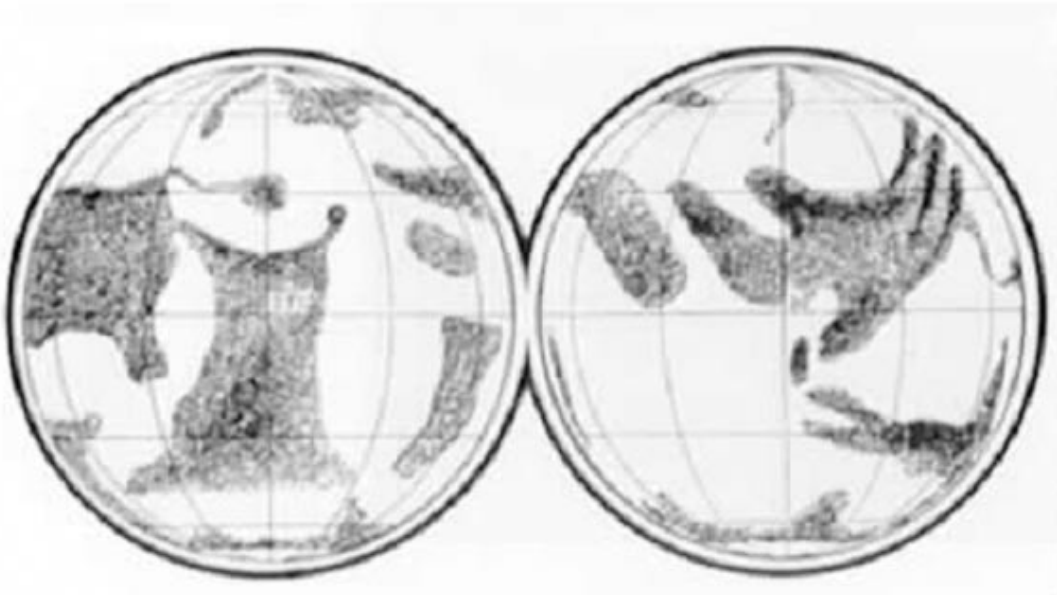


1666-ban Giovanni Domenico Cassini (1625–1712) is megfigyelte a Marsot. A foltok mozgásából megállapította, hogy tengelyforgási ideje 24h 40m. Csak 2 és fél percet tévedett! Az 1672-es oppozíciókor Huygens és Cassini a Párizsi obszervatóriumban közösen figyelték meg a Marsot. Huygens olyan rajzot készített, ahol a Syrtis Major mellett már a déli jégsapka is feltűnik.

Sokan végeztek még a továbbiakban is megfigyeléseket a Marssal kapcsolatban. William Herschel (1738–1822) megfigyelése a Földdel való hasonlóságot erősítette meg, hogy a bolygó tengelyének a dőlésszöge hasonló a Földéhez (akkor 30 fokot mért). Továbbá felhőket is megfigyelt. Herschel rajzain már látható a Sinus Sabaeus és a Sinus Meridiani albedóalakzat is.



A 19. században Wilhelm Beer (1797–1850) és Johann Heinrich Mädler (1794–1874) voltak a Mars első „földrajzi felfedezői”. Megfigyeléseik alapján megállapították, hogy a sötétebb foltok állandóak, tehát nem felhőkről van szó,



Beer és Mädler térképe a Marsról

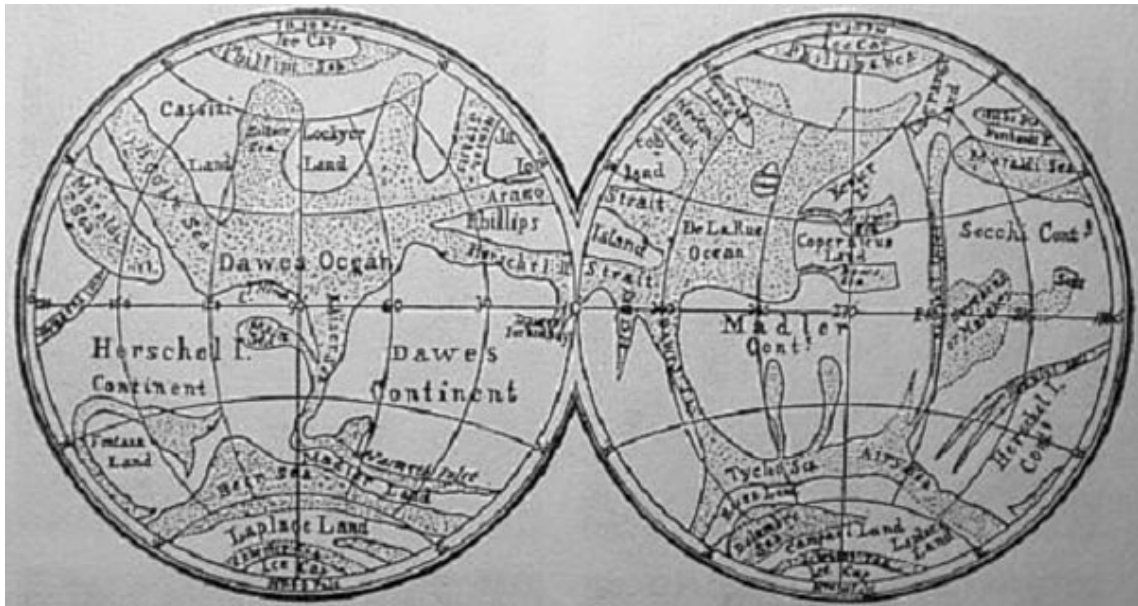
hanem felszíni alakzatokról. Megfigyelték a déli és északi fehér folt kiterjedésének változását, így bebizonyosodott, hogy ezek a foltok jégből állnak. Időnként a Mars egytónusú lett, semmi jelentősebb alakzat nem látszódott rajta, innen következtek először a globális marsi porviharokra.

A térképükön albedó-alakzatokat ábrázoltak, tulajdonképpen az űrszondás kutatásokig minden térképen albedó-alakzatok voltak, azaz sötétebb és világosabb tónusú területeket különböztettek meg, ezek a felszín minőségétől függenek, amely lehet sötétebb homokos, sziklás vagy jég borította. Beer és Mädler választotta először a Sinus Meridiani nevű foltot referenciapontnak, amelyet a tengelyforgási idő méréséhez használtak fel. A foltokat nem névvel, hanem betűvel jelölték, így a Sinus Meridiani (Délkör-öböl) az „a” betűt kapta, a Syrtis Major „efh” lett. Az „a” nevű referenciapont lett az alapja a marsi kezdőmeridiánnak. Ma pontosabban van meghatározva, az „a” folton belül az Airy-0 nevű kráter belsejében. Mädler 1840-ben rajzolta meg az első Mars-térképet.

A Mars jellegzetes foltjai az 1870-es évekre már ismertek voltak. A színek és árnyalatok változását még mindig a tengerekkel és kontinensekkel magyarázták, miközben a Hold tengereire már senki nem gondolt valódi tengerként. A 19. század végére megjelentek a fényképek is, de kezdetleges technológiájukkal még nem múlták felül a rajzokat, mert a hosszú expozíciós idő alatt nagyon elmosódott a kép, így a bolygófelszín finom részletei is.

A Nagy „Marsrajzi” Felfedezések első névanyagát Richard Antony Proctor (1834–1888) ismeretterjesztő író készítette 1867-ben, majd 1871-ben. Ahogy a földrajzi felfedezéseknél szokás volt, a marsi alakzatokat a bolygó élő és holt felfedezőiről nevezte el. A tengereknek (sötét foltok) sea, ocean, a kontinenseknek (világos foltok) a continent utótagot adta, tehát angolul és nem pedig latinul.





Proctor Mars-térképe

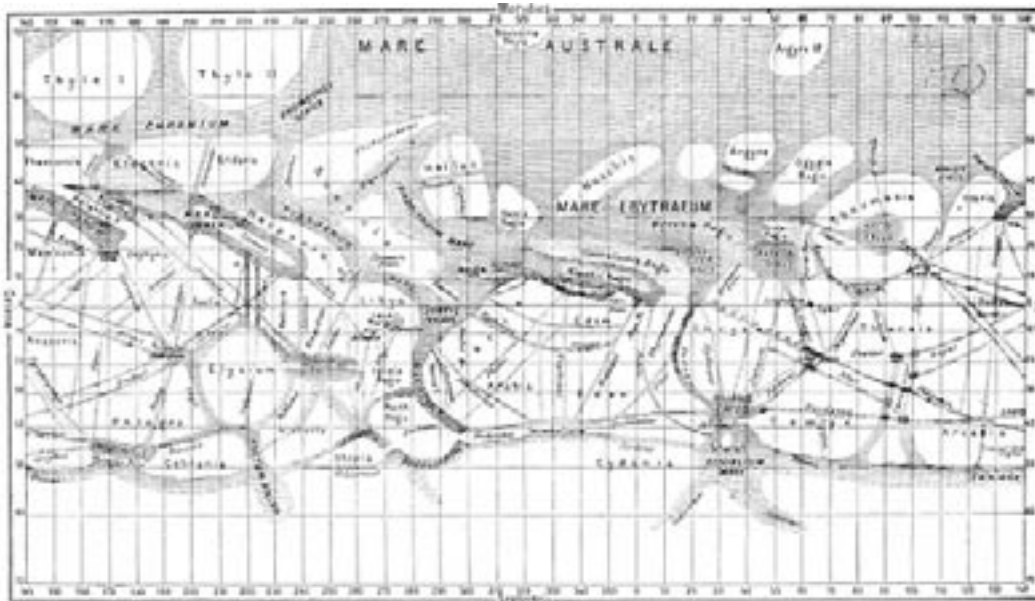
Főleg angol csillagászokról nevezte el az alakzatokat.

Magyarországon is folytak megfigyelések, 1877-től Konkoly-Thege Miklós (1842–1916) vezette azt Ógyallán. Főleg Mädler térképeit használta, megfigyeléseit rajzain rögzítette: narancs színű papíron, vörös és fehér festékkel. A 12. számú rajzán jól látszik a déli jégsapka, a Syrtis Major, a Terra Tyrrheneum és a Hellas-medence. Konkoly-Thege egyébként a Marsot az egyik legnehezebben megfigyelhető égitestnek titulálta a halványabb színek és elmosódottság miatt. Ezt a sűrű légkörrel magyarázta (Hargitai, 2002).

#### 4.7 A marsi csatornák és a marsi élet kutatása

Giovanni Schiaparelli (1835–1910) milánói csillagász 1877-ben készítette első Mars-térképét. A távcső jobb felbontása következtében részletesebb képet kapott: a kontinensek szigetekre bomlottak, tengerek eltűntek, illetve megjelentek. Ezért teljesen új neveket alkotott. A Mars sötét és világos foltjait földi tengerekről és szigetekről nevezte el. Neveket a görög klasszikusokból és a Bibliából vett. A Mediterráneum görög térképét másolta rá a Marsra, pl.: Mare Sireneum (Szirének tengere), Mare Tyrrheneum (Tirrén-tenger) stb. Fontos volt, hogy a nevek könnyen megjegyezhetőek legyenek. Néhány sötét vonalas alakzatot canalinak nevezett és folyónevet adott nekik. Ezek a vonalas elemek, csatornák, amit Schiaparelli fedezett fel, a bolygót átszelő finom vonalak. Akkoriban értelmes lények jelenlétére következtettek belőle. Bár Schiaparelli csatornaként nevezte, de nem feltétlenül mesterséges eredetű vízfolyásokra gondolt, folyókkal szinonimaként használta.

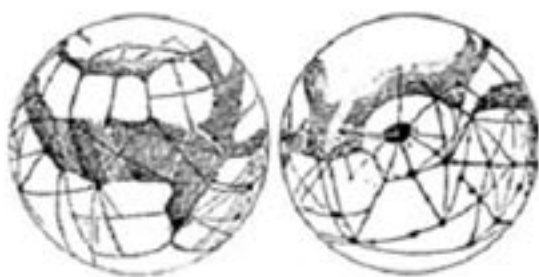
Sokan próbálták megfigyelni a marsi csatornákat, és el is akarták hinni, hogy ezek mesterséges létesítmények. Voltak azonban ellenzői is ennek az elméletnek. Sokféle magyarázat született később a csatornákra, eleinte csak természetes



Schiaparelli Mars-térképe

eredetre utalva. Ekkor kezdtek már sokan vizsgálódni, hogy vajon van-e élet a Marson.

Percival Lowell (1855–1916) amerikai üzletember volt az, aki a marslakók eszméjét ismertté tette világszerte. 1894-ben obszervatóriumot építtetett Flagstaffben, Arizonában, itt végezte megfigyeléseit. A csatornákat teljes egészében intelligens lények alkotásainak titulálta. Azt, hogy miért látszanak ilyen jól a csatornák, azzal magyarázta, hogy igazából az öntözött területet lehet látni a csatorna mentén, maga a csatorna túl kicsi ahhoz, hogy látni lehessen. A Marsról készült térképek tele voltak csatornákkal, de voltak, akik már csatorna nélküli térképeket rajzoltak.



Lowell-féle „Mars-csatornák”

A 20. század első felében elterjedtek a Mars-mítoszok, számos fantasztikus regény jelent meg a marsi életről, tudományos körökben is folyt a vita.

Flagstaffben C. Silpher 1905 és 1964 között 100 ezerfotót készített a Marsról. A térképein ábrázolt csatornákat, és ezeket a térképeket használták az amerikaiak a

Mars-küldetés tervezésénél az 1950-es években. A Mars-kutatás középpontjába a víz, légkör és növényzet keresése került.

1950-ben többen felvetették, hogy sok becsapódásos kráter lehet a Marson. Egyre kevesebben hittek a sík Marsban. És magas hegyek is lehetségesek, még akkor is, ha az árnyékuk nem látszik. Csatornákat ekkor is láttak, de lefényképezni még nem tudták őket.

1958-ban a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) egységesítette a marsi

neveket, 128 nevet határoztak meg, melyből 105 Schiaparelli, 16 pedig Antoniadi térképéről származott. Ezt a névanyagot az űrszondás megfigyelések után rendszeren átalakították és kibővítették, de az új térképek is sokban hagyatkoztak rájuk (Hargitai, 2002).

#### 4.8 Űrszondás megfigyelések az 1960-as évektől

Az űrszondás megfigyelés és térképezés nagy mérföldkő volt a Mars-kutatás történetében, hiszen távcső helyett közvetlen közletről volt lehetőség a Marsot megfigyelni, fényképeket készíteni a felszínről. 1964 óta sok űrszonda látogatta meg a Marsot. Ennek a dolgotnak nem célja minden űrszonda felépítésének, küldetésének részletes bemutatása, így csak a fontosabbakat említem meg, főbb feladataikat kiemelve.

1958-ban az amerikai űrrepülési programban már megtervezték az űrszondás megfigyelések és űrutazás lépéseit.

1964 nyarán az Amerikai Egyesült Államok fellőtte a **Mariner-4** űrszondát, hogy közeli fotókat készítsen a Marsról. A képeken rengeteg régi, erodálódott becsapódásoskráter látszódott, olyanok, mint a Holdon. Mesterséges csatornáknak és marslakóknak nyomát sem találták. A kutatók megállapították, hogy a Holdhoz hasonlóan egy geológiailag inaktív bolygóról van szó, viszont vékony légköre van, amely porviharokat okoz.

1969-ben további két űrszonda, a **Mariner-6 és -7** közelítette meg a Marsot, immár több képet készítve. Nagyobb felszíni változatosságot mutattak a képek, mint amit a Mariner-4 készített. Néhol kevesebb kráter volt, nagyobb síkságokon, másutt hegyes-völgyes kaotikus vidék látszódott. Ezek a képek még jobban alátámasztották a halott bolygó elméletét. Igazából a Mars nem ennyire kihalt és inaktív, ahogy akkor azt megállapították, de a véletlenül múlt, hogy ezek az űrszondák a bolygó kevésbé változatos és érdekes részeiről készítették képeiket.

1971-ben a **Mariner-9** nagy áttörést hozott a Mars térképezésében, mert nemcsak elment mellette és pár képet készített a bolygóról, hanem orbitális pályára állt, és feltérképezte az egész felszínt. Sokkal változatosabb tájat talált, mint a korábbi Mariner szondák. Nagyjából a bolygófelszín harmada becsapódásos kráterekkel szabdalta öreg, inaktív felszín, a másik harmada vulkanikus, láva borította, ahol kevesebb meteoritkráter volt emiatt. A vulkánok magassága akár a többszöröse is a Mount Everestnek, kiterjedt lávaplátók fedik és kalderák. A felszín többi része is változatos, jég fedte terület, továbbá hatalmas kanyonok, völgyrendszerek, hegyek, szakadékok, eróziós formák összevisszasága foglalja el. A sötét foltok pedig nem vegetációk, hanem szél által hordott por, mely helyváltoztató, évszakos váltakozást mutat.

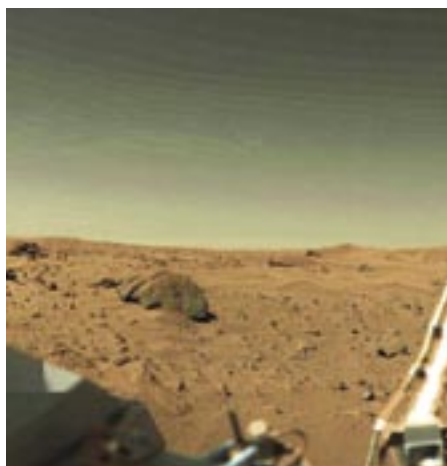
A legnagyobb felfedezést a kiszáradt folyómedrek adták. Hasonló formák, mint amilyenek a Földön találhatók a száraz medrekben. Eloszlásuk kis hasonlóságot hordoz a korabeli térképeken ábrázolt Mars-csatornákkal, bár helyileg nem egyeznek. Általában a régi, kráterezett részeken húzódnak, tehát akár több százmillió éves alakzatokról is lehet szó. Valószínűleg az ősi időkben még volt folyékony víz a Marson. Folyók, de akár tengerek is lehettek. Felmerült a kérdés, hogy vajon akkor lehetett-e élet a vízben vagy a Marson egyáltalán.

Az új felfedezések után megérett a névrajz is a megújításra. A neveket elsősorban a Mariner-9 szakmai csapata és az USGS (United States Geological Survey) emberei határozták meg 1972-ben, majd az IAU (International Astronomical Union) fogadta el 1973-ban. A térképészek latin nevek mellett döntöttek a felszíni formák elnevezésénél. A sötét és világos foltok neveinél alapvetően Schiaparelli névrajzából indultak ki, de az új formák felfedezése miatt sok új nevet is bevezettek. Például a Schiaparelli által Nix Olympica-nak (Olympus hava) nevezett világos foltról kiderült, hogy a Naprendszer legmagasabb vulkánja, és az Olympus Mons (Olympus-hegy) nevet kapta (Hartmann, 2003).

A szovjetek a **Marsz úrszondasorozattal** kapcsolódtak be a Mars-kutatásba 1962-től. A **Marsz-1** 1962. november 1-jén Föld körüli pályáról indult a Mars felé. Feladata a bolygó megközelítése, mérések végzése a bolygóközi térben, és az első közeli felvételek elkészítése lett volna. A hírcapcsolat 1963. március 21-én megszakadt, a szonda elrepült a Mars mellett. A **Marsz-2 és -3** kilenc napos eltéréssel 1971. májusában indult. A Marsz-2 leszálló egysége november 27-én a felszínbe csapódott. Bár az orbitális egység sikeresen pályára állt és néhány hónapon át fényképeket is készített, azokon a nagy marsi porvihar miatt részleteket nem lehetett megkülönböztetni. A Marsz-3 leszálló egysége sikeresen leszállt, mindössze 20 másodpercig működött, az elkészített panorámaképdarabon számottevő részleteket nem tudtak megkülönböztetni. 1973 júliusában és augusztusában indult a vörös bolygó felé a **Marsz-4, -5, -6, és -7**. A Marsz-4-re és -5-re nem szereltek leszálló egységet, feladatuk csak a bolygó körüli pályára állás volt. A Marsz-6 és -7 feladata az volt, hogy a leszálló egységeket a felszínre juttassa. Ezek közül csak a Marsz-5 járt sikerrel, amely bolygó körüli pályára állt. A Marsz-6 becsapódott a felszínbe, a -4-es és -7-es pedig műszaki hiba miatt elrepült a Mars mellett. A sorozat legutolsó tagja a **Marsz-96**, amely már egy nemzetközi úrszonda volt. 1996. november 16-án indították, de Föld körüli pályáján meghibásodott rakétája miatt nem tudták a Mars felé irányítani, hanem visszazuhant a Föld felé, és megsemmisült.

A **Viking** bolygókutató szondákat a NASA fejlesztette ki a Mars bolygó tanulmányozására. A **Viking-1** 1975. augusztus 20-án indult a Földről, és 1976. június 19-én kváziszinkron Mars körüli pályára állt. Harminc keringés után

leszállt a Mars felszínére a Chryse-síkságon, és elkészítette az első marsi panorámaképet. A **Viking-2** 1976. augusztus 7-én állt Mars körüli pályára, leszállóegysége szeptember 3-án landolt a Marson az Elysiumnál. Hasonló feladattal látták el, mint az előző társát. A Viking-1-gyel 1982-ben megszakadt a kapcsolat, így 1983-ban befejezettek minősítették a küldetését. A Viking keringő egységeinek fotóiból is készült részletes Mars-térkép, amelyet azután több évig használtak a Mars-kutatás során.



A Viking-1 felvétele a Mars felszínéről

A Viking szondák sikerei után az 1992. szeptemberében útnak indított **Mars Observer** nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. A szonda elsődleges feladata a marsi környezet tanulmányozása lett volna, de három nappal Mars körüli pályára állása előtt, 1993. augusztus 21-én, véglegesen megszakadt vele a kapcsolat. A fedélzetén elhelyezett tudományos műszerek között az egyik legfontosabb a gamma-sugár spektrométer (GRS) volt, mely a Mars felszíni formáinak feltérképezésére, illetve a kozmikus gamma-sugár kitörések részletes megfigyelésére szolgált volna. Sikertelen küldetését a Mars Global Surveyor felküldésével próbálták pótolni.

A **Mars Global Surveyor** (MGS) a NASA Mars Surveyor programjának első űrszondája, amelyet Mars bolygó globális feltérképezésére és kutatására indítottak. 1996 novemberében indult, és 1997 szeptemberében állt pályára a Mars körül. Átfogó térképezést, geodéziai és gravitációs méréseket végez. 2002-ig már több 100 ezer fotót készített a felszínről. 1999-től poláris napszinkron pályán mozog. Ez az első olyan űrszonda, amelyet 10 éves kutatásra terveztek. De nemcsak fotókat készített, hanem egy teljesen új, méréseken



A Mars Global Surveyor

alapuló Mars-térképezést valósított meg a Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) eszköz segítségével. Ez lézeres távolságmérő műszer, amely aktív távérzékelési módszerrel meghatározta a felszíni szintkülönbségeket. Ezeket a felszín átlagos magasságához viszonyította, kijelöltek egy 0 szintet (mivel tengerszint nincs), és így létrejött a Mars eddigi legpontosabb rétegszínezéses domborzati térképe.

A Discovery-program keretében a **Mars Pathfinder**-t 1996. december 4-én indították a Mars felé, és 1997. július 4-én le is szállt bolygó körüli pályára állás nélkül, az Ares Vallis torkolatvidékének közelében. Vizsgálja a marsi kőzeteket,

erőforrásokat, időjárást, életnyomok után kutat, és további bizonyítékokat szerzett arról, hogy valaha víz is lehetett a Mars felszínén.

Arthur C. Clark híres sci-fi eposzának, a 2001 Űrodüsszeiának évében indult útnak a NASA mars-kutató űrszondája. A **Mars Odyssey** 2001. április 7-én indult a Mars felé, 2002. január 30-án állt poláris Mars körüli pályára, hasonlóan a Mars Global Surveyorhoz. Elsősorban a felszíni és felszínközeli rétegeket vizsgálja, a talaj és kőzetek ásványi összetételét térképezi fel. Az infravörös felvételek a felszín anyaga és formái meghatározásának új eszközeként bizonyultak hatékonynak.

További Mars-szondák is landoltak sikeresen azóta. 2003-ban az ESA által indított **Beagle-2** érte el a Mars felszínét, amely az első európai leszállóegység a



A Spirit marsjárója

Marson, a Mars Express űrszonda juttatta el céljához, amely bolygó körüli pályára állt.

2004-ben a NASA a **Spirit** és az **Opportunity** (Mars Exploration A és B) járműveit küldte a Marsra, amelyek a Pathfinder folytatásának tekinthetők, és további geológiai és vízkészlet utáni kutatásokat folytatnak.

#### 4.9 Mars-térképek

A modern Mars-térképek, amelyek űrszondák felmérései alapján készültek, minden eddiginél részletesebbek, a földi térképekkel vetekednek.

Az MGS által létrehozott térkép az eddigi legpontosabb domborzatrajzi térkép a Marsról. A lézeres távmérő műszer pontossága a néhány métert is elérte. A legmélyebb pont a Hellas-medencében van,  $-8\text{km}$ , a legmagasabb pedig az Olympus-hegy,  $21\text{ km}$ . A térkép Mercator-féle hengervetületben készült, amelyet előszeretettel használnak a Mars ábrázolására a két félgömbös valódi síkvetületek mellett.

Mint már említettem, a térkép rétegszínezéssel ábrázolja a domborzati viszonyokat. A magassági színezés nagyjából az elektromágneses spektrum színeit követi, a legmélyebb rész sötétkék, innen felfele világosodik, aztán zöld, sárga, narancs, vörös, utána mélyzöldes, és a legmagasabb részeken kifehéredik. Az elméleti szintvonalak  $1000$  méterenként vannak, de a rétegek színei nem határolhatók el konkrétan, átmenet van köztük.

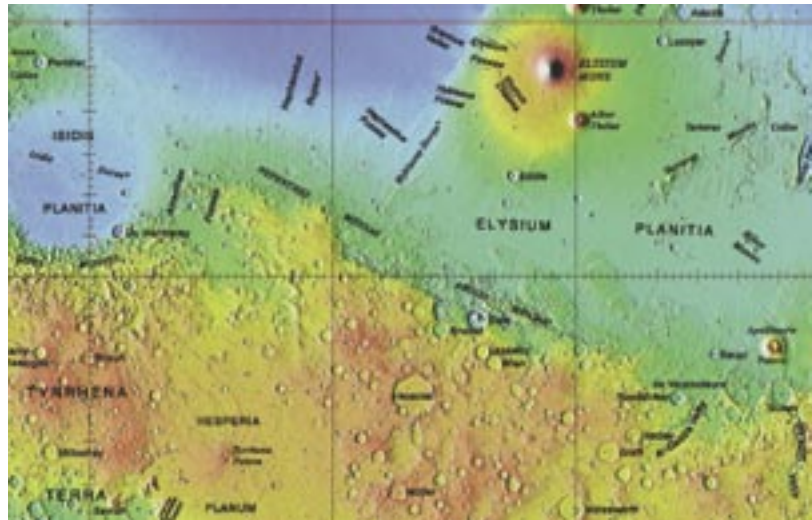
A hosszúsági körök a kezdőmeridiántól Ny felé nőnek,  $0-360^\circ$ -ig (2002-től kelet felé növekszik a számozás). A paralelek a földihez hasonló számozásúak. A térkép csak a  $\pm 60^\circ$ -ig van ábrázolva, a sarkokat két valódi poláris vetületű térképen ábrázolja az  $51^\circ$  szélességig (ezeken nincs fokhálózat).

A domborzatárnyékolás plasztikusabbá teszi a térképet, szépen kihozza a



hegyek, völgyek, kráterek formáit.

A névrajz a kisebb méretarány miatt nem olyan részletes, csak a főbb alakzatokat nevezi meg, természetesen latinul. Ez a térkép nem is a névrajz miatt jelentős, inkább a Mars-domborzat felmérése miatt.



Részlet az MGS felméréséből készült térképből

A régebbi Mars-térképek között is vannak jelentősek, még ha nem is részletes felmérések. Egy klasszikus albedó-térkép az 1960-as évekből, amely még földi távcsöves megfigyelésből származik, ugyancsak Mercator-féle vetületben. Fekete-fehér, csak sötétebb és világosabb foltokat ábrázol, amely hasonlít a summerhoz, de nem az. A latin névrajz (az 1973 előtti) is az albedó-alakzatokra vonatkozik. A fokhálózata ugyanúgy van, mint az MGS térképén.

Az ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport Planetológiai Körében is készült térkép a Marsról. Ez geomorfológiai térkép, tematikus, nem csupán domborzati. A bolygót két félgömbön ábrázolja Lambert-féle síkvetületben, méretaránya 1 : 25 000 000. A tematika 9 féle felületi jelből áll, melyek felszínformákat jelölnek, pl.: erősen kráterezett terület, sarki hátság. Emellett van domborzatárnyékolás is. Névrajza már részletesebb az előzőeknél, ugyancsak latin nyelven.

A térképlap alján Marsról készült fényképek sorakoznak, középen pedig három régi térkép, Huygens, Flammarion és Konkoly-Thege térképei a Marsról.

A National Geographic 2004/1. számában jelent meg a Marsról egy tanulmány. Ehhez készült az 1 : 27 400 000 méretarányú, Winkel-féle képzetes vetületű térképmelléklet. A térképet az MGS Mars Orbiter Camera (MOC) 1999 óta készített, mintegy ezer fotójából illesztették össze. A térkép két felső sarkán részben látszanak a sarki részek is, poláris sztereografikus vetületben. A fokhálózat megírásánál zárójelben már ott van az újabb,



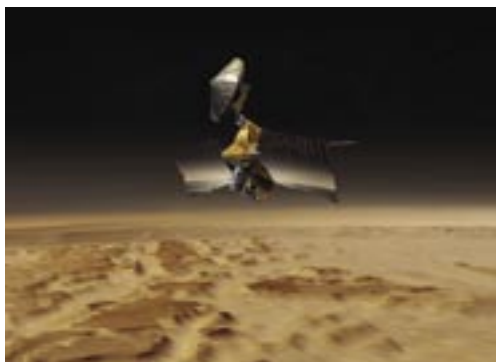
Az MGS felvételeiből készült fotómozaik-térkép

kelet felé növekvő fokszámzás is. Névrajza latin nyelvű, a betűk színe a háttérhez igazodik (világos-sötét).

A térkép hátlapja ismeretterjesztő oldal, szerepel az MGS MOLA térképe is, amiről már szó volt, itt most ortografikus vetületben. Továbbá vannak még fényképek, grafikák, leírások.

#### 4.10 A Mars-kutatás jövője

2005. augusztus 12-én elindult a **Mars Reconnaissance Orbiter**, az



A Mars Reconnaissance Orbiter

újabb Mars-szonda, amely soha nem látott részletességgel fogja a vörös bolygót feltérképezni. Az űrszonda 2006. március 10-én állt Mars körüli pályára, fél éven belül pedig 255–320 km-es magasságig kell ereszkednie és közel körpályára állnia. Küldetésének fő célja a Mars további tudományos felderítése, kutatása. Minden idők legnagyobb méretű és tömegű amerikai Mars-orbitere legalább

20 cm felbontású képeket készít majd kislátószögű kamerájával, mely egy 40 cm átmérőjű, Mars felé fordított teleszkópnak felel meg. Képeinek várható felbontását az eddigi felszíni és eddigi pályáról készített képek felbontása közé teszik, azaz pl. az eddigi leszállóegységek szerkezete tökéletesen kivehető lesz.

A Mars titkainak feltárása igazából még csak a kezdeteknél jár. Eddig is sok űrszonda járt már a Marsnál, sőt le is szállt a felszínére, a tervek már megvannak több űrszonda jövőbeni fellövésére. A kutatás fő vonala továbbra is az életnyomok utáni kutatás, a felszín alatti régiók felfedezése, a víz jelenlétének jelen- és múltbéli kutatása. Ehhez egyre pontosabb és részletesebb térképekre van szükség, továbbá a kutatási eredmények térképen való ábrázolása a Mars-kutatás része.



## **II. rész: A Mars atlasza**

### **1. Az atlasz készítésének koncepciója, alapja**

#### **1.1 Az atlaszról**

A Mars atlasza egyrészt általános, másrészt tematikus térképeket tartalmazó atlasznak készül. Manapság a Mars az egyik legkutatottabb bolygó Naprendszerünkben. Ma már elegendő információ áll rendelkezésre a tudományos eredmények térképeken történő összefoglalásához, ábrázolásához, és nem utolsósorban egy Marsról szóló tematikus atlasz elkészítéséhez. Azonban itt említeném meg, hogy nemcsak egy szimplán tematikus térképeket felvonultató kiadványról lesz szó; helyet kapnak benne a Mars domborzatrajzi térképének szelvényei, a bolygó Naprendszerbeli helyzete, a Mars holdjainak térképei – képekkel illusztrálva. Az atlasz célja, hogy – a hétköznapi emberek számára is érthető – grafikus formában adja át a vörös bolygóról eddig összegyűjtött ismereteket. A térképek érthető módon főleg természetrajzi témákat mutatnak be (morfológia, éghajlat stb.), de szerepelnek benne az emberi tevékenység nyomai is, amely kimerül az űrszondás kutatásokban, azaz a kiadvány oroszlánrészét nem ez teszi ki. Mindezt egy tematikus atlaszhoz méltó köntösbe bújtatva láthatjuk, amely egyaránt kiszolgálja a szakmai, illetve a nem szakmai érdeklődőket.

Végezetül elmondható, hogy bár ez a készülő marsi atlasz szerényebb tartalommal bír, mint a nagy földi atlaszok, mégis előrelépés a bolygónkon kívüli világok alaposabb megismeréséhez.

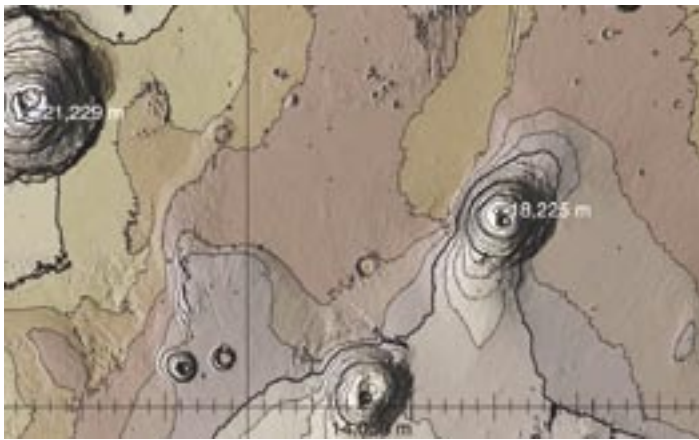
#### **1.2 A térképezés alapja**

Jól tudjuk, hogy a Föld a 24 órás tengelyforgás következtében a sarkoknál lapult, alakját egy ellipszoiddal jobban meg lehet közelíteni, mint egy gömbbel. A Mars esetében is hasonló a helyzet, nem utolsósorban a majdnem ugyanannyi tengelyforgási idő miatt. A lapultság földi távcsövekkel is látható. A Mars vonatkozási felületének meghatározásához szükség volt a bolygó gravitációs mezőjének feltérképezéséhez. Először a Mariner-9 végzett méréseket ennek kapcsán 1971-ben. A módszere, hogy bolygó körüli pályán a szonda lassulása és gyorsulása alapján határozta meg a gravitációs mezőt, ez adja meg a marsi geoid alakját. A mérések és számítások alapján ezt a felületet egy háromtengelyű ellipszoiddal lehet a legjobban megközelíteni, tehát a meridiánok és a paralelek is ellipszisek. Az egyenlítői nagy sugár:  $A=3394,6$  km, az egyenlítői kis sugár:  $B=3393,3$  km, a poláris sugár:  $C=3376,3$  km. Az A és B közti kis eltérés miatt elfogadható egy forgási ellipszoid is, ahol az egyenlítő egy kör. A Mars átlagos sugara  $3382,92$  km.

A magasságmérésekhez szükséges referenciaszint kijelölése is a Mariner-9 mérései alapján történt. Az űrszonda ultraibolya spektrométerének segítségével felmérte a légkör hőmérsékletének és nyomásának vertikális szerkezetét. Mivel a felszín nem bocsát ki ultraibolya sugárzást, ezért az összes UV sugárzás a légkörből származik. A 0 szintet ott jelölték ki, ahol a nyomás értéke 6,1 millibar (ez az érték az, amelyen a víz elméletileg egyszerre gáz, folyékony és szilárd halmazállapotban létezhet) (Greeley – Batson, 1990).

### 1.3 Források

Az alaptérkép, ami alapján az általános domborzati térképet elkészítem, az MGS rétegszínezéses domborzati térképének szintvonalakkal kiegészített verziója.



Részlet a szintvonalas alaptérképből

Ez a térkép Mercator-féle hengervetületben készült. Az alaptérképről mindenképpen átkerülnek a fokhálózati vonalak, a meridiánok viszont kelet felé növekednek az új térképen. Átvételre kerülnek továbbá a szintvonalak is, a szinthatárok részben megmaradnak, részben nem, erről bővebben a jelkucs

elemzésénél beszélek.

Forrástérképként szolgál az ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport Planetológiai Köre által készített domborzatrajzi térkép, amelyről az űrszondák és kutatóegységek leszállóhelyei, valamint a névrajz kerül átvételre.

További forrástérkép az ugyancsak az ELTE TTK Planetológiai Körében készült Mars-térkép (lásd 39. oldal), amely a geomorfológiai tematika számára szolgáltat adatokat.

Forrástérkép az MGS felvételeiből készült fotómozaik-térkép is, amely teljes egészében bekerül az atlaszba.

Egyéb (térképes és nem térképes) források, melyek könyvek, atlaszok, cikkek, internetes honlapok, a forrásjegyzékben megtalálhatók.

## 2. Az atlasz műszaki adatai, a térképek vetülete

### 2.1 Méretek, méretarányok

Az atlasz mérete 267 × 189 mm, az A4-es lapméret 90%-a. A szöveg-, illetve térképtükör mérete 253 × 168 mm, a kötési oldalon 14 mm-rel, a többi három

oldalon 7 mm-rel kisebb a lapméretnél.

Az atlasz terjedelme 32 oldal, az előzékét nem számolva.

A térképek méretaránya változó. A korai térképeknél nem tüntetnek fel méretarányt. A fotómozaik-térkép, az albedó-térkép, és a domborzati térkép méretaránya 1 : 85 500 000, a sarkvidékeket bemutató térképeké 1 : 50 000 000. A domborzati térkép szelvényeinek méretaránya 1 : 35 000 000, a tematikus térképeké pedig 1 : 140 000 000 (kivéve a sarki jégsapkák térképeit, amelyek 1 : 85 500 000-es méretarányúak).

## **2.2 Vetületek**

Az atlaszban többféle vetület található. A fotómozaik-térkép Winkel-féle vetületű. A domborzati térkép és szelvényei, továbbá a tematikus térképek Mercator-féle vetületben,  $\pm 70^\circ$ -os szélességig vannak ábrázolva. A sarkok térképei, és a jégsapkák változását bemutató térképek poláris sztereografikus vetületűek, a pólustól a  $\pm 40^\circ$ -os szélességi körig vannak ábrázolva. A szemléletesség szempontjából szerencsésebb a Mercator-féle vetület áttranszformálása egy képzetes világvetületbe, mint például Robinson- vagy Mollweide-féle vetület, esetleg Baranyi IV. vetülete. Erre megvan a lehetőség a MapInfo nevű térinformatikai szoftverben. A raszteres alaptérkép beimportálása és Mercator-vetületben történő regisztrálása után a térképet vektorizálni kell. Ezután megtörténik a vetülettranszformáció. A transzformált vektoros térképet a Macromedia Freehand MX nevű szoftverrel kell kartografálni és nyomdakésszé tenni. Másik esetben, a vetülettranszformáció elmaradása esetén a vektorizálást és kartografálást teljes egészében a Freehand MX rajzolóprogrammal kell elvégezni, az alaptérkép felhasználásával.

A fokhálózat paralelkörei az északi félgömbön  $0-70^\circ$ -ig terjednek, a déli félgömbön hasonlóan, csak negatív előjellel. A hosszúsági körök értékei a kezdőmeridiántól kezdve kelet felé nőnek,  $0-360^\circ$ -ig terjednek. Azonban a korábbi konvenciónak megfelelően a nyugat felé növekvő meridián-értékek is szerepelnek. A sztereografikus vetületű térképeken a paralelek  $\pm 90^\circ-\pm 40^\circ$ -ig terjednek. A kezdőmeridián az Airy-0 kráteren halad keresztül. Egyébként a Földön és Holdon kívül minden bolygóra és holdra ez a fokhálózati rendszer érvényes. A kelet felé növekvő meridián-értékek csak az utóbbi pár évben terjedtek el.

## **3. Tartalom, tematikák**

### **3.1 A témák kiválasztása**

A témák kiválasztásánál fontos volt, hogy az atlaszban rendszert alkossanak, logikusan kövessék egymást, egyszóval rendezett legyen az atlasz. A nagyobb részek

az általánostól haladnak a részletesebb, analitikusabb témák felé. Az általános bemutatást követi a történeti rész, kutatások, ezután pedig a térképek. Cél, hogy a kiválasztott témák által minél sokszínűbben lehessen bemutatni a Marsról összegyűjtött ismereteket – térképek, ábrák, képek, és leírások alkalmazásával. A tematikus térképek szinte kizárólag természetrajziak, a mesterséges dolgokat a Mars-kutatás történetében és az általános domborzati térképen mutatja be az atlasz. A témák meghatározásánál gyakorlati szempont – egyben korlát is – az ismeret mennyisége. Csak olyan témákat lehet ábrázolni térképen, amelyről elegendő információ áll rendelkezésre. Ennek hiánya származhat az információ nehéz és körülményes beszerzéséből, vagy meg nem létéből. A Mars-kutatás terén rengeteg megválaszolatlan kérdés van még, az atlaszban szereplő dolgok részben vagy egészben már felderítettek.

### **3.2 Az atlasz tartalma**

Az atlaszban nemcsak térképek, de – főleg az elején – szöveges információk, ábrák, képek színesítik az oldalakat. A címlap, tartalomjegyzék és bevezetés után 3 oldalon szerepel leírás a Marsról, a bolygó ismertetése. Ebbe beletartozik egy ábra, amely a Mars naprendszerbeli helyét mutatja, továbbá a légkör és a bolygó rétegzettségét is ábra szemlélteti. Ez a rész tartalmaz fényképeket a bolygóról és holdjairól – az utóbbiakról egy-egy térkép is található ugyanitt. A következő rész a Mars-kutatás, -térképezés fejlődését mutatja be, korabeli térképekkel illusztrálva, ezeket az űrszondás kutatásokhoz kapcsolódó leírások, képek követik. Ebben a részben található Huygens Mars-rajza, Proctor, Beer és Mädler, Flammarion, Schiaparelli, valamint Lowell térképei. Ezután képek és rövid ismertetések következnek a Marsot kutató jelentősebb űrszondákról: Mariner-4, -9, Viking-1, -2, Mars Global Surveyor, Mars Pathfinder, Mars Odyssey, Beagle-2, Spirit, Opportunity, Mars Reconnaissance Orbiter.

Majd az atlaszban a térképeket bemutató rész következik. Egy-egy oldalon kap helyet a Mars albedótérképe, az albedó-alakzatok neveivel, illetve a fotómozaik-térkép az MGS felvételeiből, amelyen a főbb tájak nevei szerepelnek. Egy oldalon kap helyet a Mars általános domborzatrajzi térképe, melyet ennek szelvényei követnek 6 oldalon keresztül.

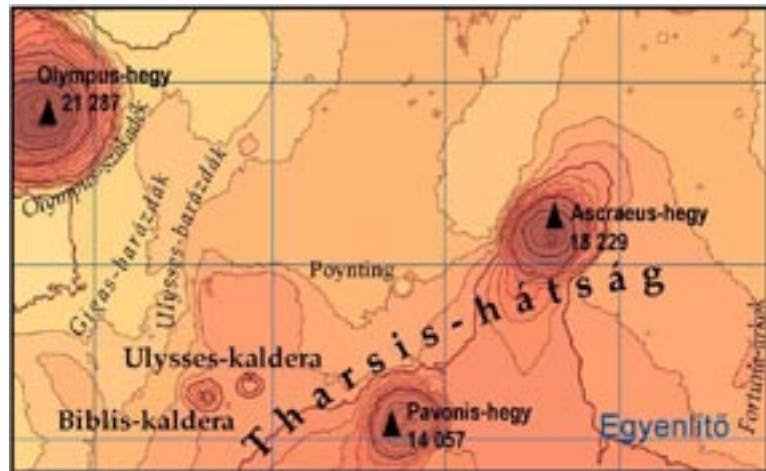
Ezután pedig tematikus térképek következnek. Egy oldalon két térkép szerepel. A tematikák a következők: geomorfológia, geológia, középhőmérsékletek, szelek és eolikus formák, sarki jégsapkák kiterjedése, paleohidrológia.

A térképes rész után következik a névmutató és a köszönetnyilvánítások.

### **3.3 Az általános domborzatrajzi térkép**

Egész oldalas térkép, méretaránya 1 : 85 500 000, a sarkvidékeket pedig két

továbbitérkép mutatjába, amelyek 1 : 50 000 000 méretarányúak. Célja a Mars domborzatának, felszíni alakzatainak, a felszínén található mesterséges tárgyaknak a bemutatása, és ezek neveinek feltüntetése. Tulajdonképpen a Mars domborzati viszonyait mutatja be. Ennek a



Részlet a domborzatrajzi térképből

térképnek 6 szelvénye a következő 6 oldalon kap helyet. A térképen a fokhálózati vonalak  $10^\circ$ -onként vannak ábrázolva.

A domborzat hipszometrikus ábrázolással kerül feltüntetésre, a szinthatárokon szintvonalakkal, 0 métertől kiindulva 5000 méterenként pedig főszintvonalakkal egészül ki. A hipszometria színei a halvány sárgától a narancson és vörösön át a sötétbordóig terjednek, amely a legjobban fejezi ki a Mars színeit. A szinthatárok a  $-8000$  m-től  $21\,000$  m-ig terjednek,  $11\,000$  m-ig  $1000$  méterenként, e fölött  $2000$  méterenként. Ezen túl kótás ábrázolás is kiegészíti a domborzatot; ezek a főbb hegycsúcsok, illetve mélyedések magassági értékei. Az értékek méterben vannak megadva.

A felszíni mesterséges tárgyak – az űrszondák leszálló egységei – landolásának helyét piktogram jelzi. E mellett szerepel az űrszonda neve és a leszállás éve.

A térkép **névrajza** magyarosított, amelynek alapja a hivatalos latin nyelvű nómenklatúra. A magyarosítás a földrajzi köznevekre vonatkozik, a tulajdonnevek eredeti alakjukban megmaradnak. A formakincs elemei közül talán a leggyakoribbak a kráterek (crater). A kráterek neveinél nem szerepel a kráter szó, csak a tulajdonnév, például nem Barnard-kráter, hanem csak Barnard. A kráterek kisebb része tudósok, nagyobb része települések nevét viseli. Több kráter alkothat láncolatot, így jön létre a kráterlánc (catena).

Természetesen a Földhöz hasonlóan a Marson is meg lehet különböztetni a pozitív, és a negatív domborzati formákat. Ezeket a térképen az írásmóddal különböztetjük meg.

Pozitív forma a hegy (mons), a táblahegy (mensa), a hegység (montes), a kisebb hegy, domb (tholus), továbbá a fennsík (planum), a vulkán, kaldera (patera), a dóm, kupola, kúp, vulkáni kúp (tholus) valamint a gerinc, hát, hátság (dorsum).

Negatív forma a völgy (vallis), a völgyek, völgyrendszer (valles, labyrinthus), a medence (planitia), a szakadék (rupes), a barázda, árok, hasadék (fossa, fossae).

A síkság kifejezésre a planitia, illetve a déli felföldön a planum megnevezés is használatos.

Átmeneti és egyéb forma a föld (terra – felföldet is jelenthet), a régió, körzet, vidék (regio), a szabálytalan tereplépcső (scopulum), a világos folt, fakula (facula), a sötét folt, makula (macula) valamint a vonal (linea).

A felsorolásban a legfontosabb domborzati formák szerepelnek, amelyek a térképen is megtalálhatók. Ezen kívül létezik még számos megnevezés, amelyek a kisebb formákat is rendszerezik.

Ezek a tájnevek természetesen felületre, tehát egy adott tájegységre vonatkoznak, de a viszonylag kis kiterjedésű tájak esetében – főleg a kisebb krátereknél – a megnevezések pontra vonatkoztatott tájnevek.

Az albedó-alakzatok nevei az **albedótérképen** szerepelnek. Olyan tájegységek, amelyek az alapján különböznek, hogy több vagy kevesebb fényt vernek vissza, tehát világosabb vagy sötétebb területek. Az albedó-alakzatok elnevezése a távcsöves megfigyelések időszakában alakult ki, mikor még nem lehetett finomabb részleteket megfigyelni a felszínen.

A térképeken szerepel a méretarány és a jelmagyarázat, továbbá a vetületre vonatkozó információ is.

A domborzati és az albedótérképen keresőháló van. A fokhálózat alapján a sorokat számok, az oszlopokat betűk jelzik. Az, hogy egy objektumot hol kell keresni, a név helyzete dönti el, tehát hogy a név mely mező(k)ben helyezkedik el, azaz névre keresőzünk. Bizonyos esetekben az objektum és az objektum neve különböző mezőben található.

### **3.4 A tematikus térképek**

Az atlasznak e részében a Mars természetrajzi jellemzőinek térképen való ábrázolása kap helyet. A térképek méretaránya 1 : 140 000 000. A fokhálózati vonalak 20°-onként vannak megrajzolva (nincs feltüntetve a nyugat felé növekvő meridiánszámolás). A sarki jégsapkákat bemutató térkép méretaránya 1 : 85 500 000, a meridiánok 20°, a paralellek 10°-onként vannak feltüntetve.

A térkép névrajza az általános domborzati térképről kerül át, de a kisebb méretarány következtében csökkentett tartalommal, a nagyobb alakzatok nevei szerepelnek, a mesterséges objektumok nevei pedig egyáltalán nincsenek feltüntetve.

Minden térképen szerepel a méretarány és a jelmagyarázat.

Az első a **geomorfológiai térkép**, amely tulajdonképpen a domborzati térképen bemutatott felszíni formakincset csoportokba sorolja. A kategóriák, amelyek felületi színezéssel és felületi jellel kerülnek ábrázolásra, a következők:

– völgy, eróziós terület

- erősen kráterezett terület
- fennsík
- síkság, mélyföld, medence
- sarki hátság
- vulkáni hátság, lávafolyás
- vulkáni kúp, pajzsvulkán
- hegyvidék, szabdalt terület.

A következő a **geológiai térkép**, amely a Marson előforduló kőzeteket vizsgálja, illetve a korukat határozza meg. A felszín korát a marstörténeti korbeosztás alapján lehet meghatározni, amely három időszakra oszlik: Noachiszi időszak, a víz időszaka (4,6–3,5 milliárd éve), a Hesperiai időszak, a jég időszaka (3,5–2,7 milliárd éve), és az Amazoniszi időszak, a szél időszaka (2,7 milliárd évvel ezelőtt kezdődött). Ezeket felületi színek jelölik a térképen. Ezen belül kategorizálva vannak a különböző korú és típusú kőzetek. A Marson jelenleg a fizikai mállásnak van jelentősége a kőzetek alakításában. Kémiai mállás víz hiányában nagyon lassú, de korábban, mikor több folyékony víz volt a bolygón, nagyobb jelentősége volt. A vulkanikus vidékeken jellemző az idősebb, sötétebb színű bazaltos kőzetréteg. Ettől eltérő a fiatalabb, világosabb andezites lávatakaró. Ezen kívül vulkáni törmelékes kőzet is található a bolygón. Karbonátos kőzetek nincsenek, ha voltak is, mára eltűntek a felszínről. A szilikátos kőzetek közül meg lehet különböztetni a szél által hordott durvább törmelékes anyagot, homokot, kavicsos anyagot, és az ennél finomabb szemcséjű légköri port, amely folyamatosan ülepedik ki a légkörből. Ezek sárgásbarna színűek, tartalmaznak szilikátot, földpátot és vas-oxidokat. Alapvetően háromféle kategória van: bazaltos kőzetek, andezites kőzetek és üledékes kőzetek (homok). Ezek a térképen felületi jellel vannak ábrázolva.

A **hőmérsékleti térképek** az éghajlati térképek csoportjába tartoznak. A Marson az átlagos hőmérséklet  $-60\text{ C}^\circ$ , a minimum  $-140\text{ C}^\circ$ , amely a sarkvidéken mérhető a téli időszakban, a maximum  $25\text{ C}^\circ$ , amelyet a térítők mentén lehet mérni nyári időszakban. A napi átlagos hőmérséklet  $-40$ – $-10\text{ C}^\circ$ , a napi hőingás  $60$ – $80\text{ C}^\circ$ . A Marson az év nincs hónapokra felosztva, hanem Ls értékek vannak, amelyet fokban mérnek,  $0$ – $360$ -ig. A kezdő  $0^\circ$  a marsi tavaszi napéjegyenlőség, mikor a Marsról nézve a Nap égi útjának (ekliptika) felszálló ága metszi a marsi égi egyenlítőt. Ily módon a nyári napforduló az Ls  $90^\circ$ , az őszi napéjegyenlőség az Ls  $180^\circ$ , a téli napforduló pedig az Ls  $270^\circ$ . Három ilyen térkép van az atlaszban: évi középhőmérséklet, középhőmérséklet Ls  $90$ – $120^\circ$  idején, középhőmérséklet Ls  $270$ – $300^\circ$  idején. A térképeken a hőmérséklet  $10\text{ C}^\circ$ -os bontásban van, felületi színnel jelölve, a kék sötétebb árnyalatától a közepes narancsig. A színfelületeket izotermák határolják.



A **széltérképen** a marsi szelek jellemző irányai, porviharok kiterjedése, és a szelek által alakított főbb eolikus formák kerülnek ábrázolásra. A szélirányokat nyilak jelzik, a porviharok átlátszó, halványiszürke maszkkal vannak ábrázolva. A szél munkája nyomán létrejött felszíni formák közül jelentős a dűne (barkán, dűnés vidék, csillagdűne stb.), a domborzati akadályok mögötti szélzászló vagy szélsáv, amely tulajdonképpen üledék, amelyet a szél halmozott fel vagy éppen nem vitt el onnan. Ezek a dűnékhez hasonlóan a törmelék anyagától függően sötétebb vagy világosabb sávok. A formakincs felületi jellel kerül a térképre. Ezen a térképen szerepel hipszometrikus domborzatábrázolás is, szintvonalak nélkül, amire azért van szükség, mert a domborzat az egyik meghatározó tényező a szél szempontjából.

Következő térkép a **sarki jégsapkák kiterjedése**, amely két poláris, sztereografikus vetületű térképen kap helyet. A két jégsapka közül az északi a nagyobb, átlagos vastagsága 1200 m, átmérője 1200 km, míg a déli átmérője csupán átlagosan 400 km. A jégsapkák víz- és szén-dioxidjég keverékéből állnak, a kiterjedés évszakos változását pedig főleg az okozza, hogy a téli időszakban nagyobb mennyiségű szén-dioxid fagy ki a légkörből, és rakódik le a sarkvidékeken. A jégsapkák maximális kiterjedését fehér felületi szín jelzi kontúrral, a legkisebb kiterjedést halványkék szín, ugyancsak kontúrral. Ezen a térképen is szerepel hipszometrikus domborzatábrázolás, szintvonalak nélkül. A jégsapkák alatti domborzatot viszont halvány szintvonalak jelölik, követe az általános domborzati térkép szintvonalait, azon ugyanis nincs jéggel borított terület ábrázolva.

A **paleohidrológiai térkép** tulajdonképpen egy marstörténeti térkép is, mert 3–4 milliárd évvel ezelőtti állapotot mutat be. A Noachiszi időszakban a Mars sokkal nedvesebb és melegebb lehetett, mint ma, folyékony víz is sokkal nagyobb mennyiségben volt jelen. Az állandóan vízzel borított területek határát az üledékek vizsgálatával határozták meg. Mivel a bolygón az északi féltekének átlagos magassága alacsonyabb a déli féltekénél, nagyobb, összefüggő vízborítás itt alakulhatott ki. Ennek neve Ocean Borealis. Ezen kívül kráterekben, kisebb-nagyobb mélyedésekben is összegyűlt a víz, a magasabb területekről pedig vízfolyások alakították a felszínt (marsi folyók), aminek nyomai ma is megtalálhatók völgyek és kanyonok formáiban, sőt a folyótorkolatoknál lerakott üledék is megfigyelhető (tölcsér, illetve deltatorkolat). Az atlaszban csak ezen a térképen szerepel „vízrajz”, ábrázolása a földi vízrajzhoz hasonlóan kék színnel történik: felületi és vonalas ábrázolásmód egyaránt előfordul. Emellett szerepel a domborzat hipszometrikus ábrázolása is.

### 3.5 A névmutató

A névmutatóban a domborzati térképeken előforduló névanyag szerepel

abc-sorrendben. Oldalszám és keresőháló alapján lehet azonosítani a keresett képződményt. A nevek alakja megegyezik a térképen lévővel, de zárójelben fel van tüntetve a latin nyelvű, hivatalos alak is, amely viszont a térképen nem szerepel.

## **Összefoglalás**

Ebben a dolgozatban megpróbáltam összegezni azon ismeretek lényeges részeit, melyek szükségesek ahhoz, hogy jobban rálássunk erre a témára, és megértsük, hogy a földön kívüli térképezés is egyre fontosabb napjainkban. Ennek a témának a szélesebb körben való ismertetését segíti elő a Mars atlaszának tervezete is, mely ha most még csupán terv is, de később fontos ismeretek terjesztője lehet.

Szeretnék köszönetet mondani két konzulensemnek, Dr. Márton Mátyásnak és Hargitai Henriknek, hogy vállalták eme dolgozat témavezetését, és munkájukkal sokban hozzájárultak annak elkészítéséhez.

Továbbá köszönet a Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék többi oktatójának, dolgozójának, diákjának, akik segítettek munkámat. És nem utolsósorban köszönetet érdemelnek barátaim, akik segítettek és kiálltak mellettem a diplomamunka elkészítésekor.

## **Irodalomjegyzék**

### **Könyvek**

- Hartmann, William K.: A Travellers guide to Mars, 2003  
Greeley, Ronald–Batson, Raymond M.: Planetary Mapping, Cambridge University Press, 1990  
Klinghammer István–Papp-Váry Árpád: Földünk tükre a térkép, Gondolat, Budapest, 1983  
Ridpath, Ian: Bolygók és csillagok, Dorling Kindersley, London, 1998  
Gábris Gyula: Csillagászati földrajz, Tankönyvkiadó, Budapest 1991  
Róka Gedeon–Kulin György: A távcső világa, Gondolat, Budapest 1975

### **Atlaszok**

- Világatlasz, Cartographia, 2001  
Nagy világatlasz, Nyír-Karta – Topográf, 2004  
Földrajzi világatlasz, Cartographia, 2003

### **Cikkek**

- Petit, Charles W.: Mars, a vizes bolygó, National Geographic, 2005. július  
Morton, Oliver: Mars, a jég bolygója, National Geographic, 2004. január  
Hargitai Henrik–Kereszturi Ákos: Javaslat magyar bolygótudományi szaknyelvi norma létrehozására, Geodézia és kartográfia, 2002. 9. szám

### **Honlapok**

- <http://www.origo.hu/tudomany/vilagur> 2006.03.24.  
<http://www.cab.u-szeged.hu/local/naprendszer> 2006.04.18.  
<http://indykfi.atomki.hu/kisfiz/JARDANYB/urkutat/> 2006.04.01.  
[http://hirek.csillagaszat.hu/mars/20060313\\_mars\\_rec.html](http://hirek.csillagaszat.hu/mars/20060313_mars_rec.html) 2006.04.17.  
<http://www.kfki.hu/chemonet/TermVil/tv99/tv9911/mars.html>  
2006.04.23.  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/Mars\\_Odyssey](http://hu.wikipedia.org/wiki/Mars_Odyssey) 2006.04.01.  
<http://www.marssociety.hu/> 2006.04.25.  
<http://planetarynames.wr.usgs.gov/jsp/SystemSearch2.jsp?System=Mars>  
2006.04.28.  
<http://planetologia.elte.hu/> (Hargitai Henrik: A Mars felfedezése, 2002)  
2006.05.03.