

Időtartam 55 perc

Célkorosztály KS4 (14–16 évesek)

Létszám 8–30 fő

A tevékenység alapelképzelése az, hogy az iskola egy marsjárót küld a Marsra. A küldetés célja bizonyítékot keresni arra, hogy vajon létezett-e valaha élet a vörös bolygón. Az osztály feladata kiválasztani a leszállás helyszínét. Ehhez a tanulók csoportokban dolgozva megvizsgálhatnak lehetséges leszállóhelyet, és mérlegelik mindegyiknek az előnyeit és hátrányait. A tevékenység javasolt ütemezését az oktatócsomag tartalmazza. A segédanyagok felhasználhatóak egy olyan leckesorozat részeként is, amelynek témája a Mars felfedezése.

Az alábbi gyakorlat során a csoportok megadott kritériumok alapján értékelik a leszállóhelyeket. Egyes csoportok mérnöki, mások tudományos kritériumokkal dolgoznak. Minden csoport négy helyszínt vizsgál meg a hat közül. A csoportok ezután egy moderált vita keretében megbeszélik az eredményeiket, amely alapján az osztály közösen dönt a leszállóhelyről. A tevékenységet úgy is elvégezhetjük, hogy minden csoport tagjainak egy részét tudós, másik részét mérnök szerepbe osztjuk be.

Kiemelt tanulási célok

- **Tudományos:** szisztematikus és körültekintő megfigyelések, adatok tanulmányozása sikerkritériumok mentén, eredmények rögzítése és megfelelés szerinti rangsorolása.
- **Matematikai:** számolás negatív értékekkel, problémamegoldás alapvető egyenletekkel, valószínűség- és százalékszámítás.
- **Földrajzi:** térbeli minták azonosítása műholdfelvételekkel és kontúrtérképekkel, távolságok mérése, méretarányok számítása.
- **Kommunikációs és szociális készségek:** eredmények bemutatása és értelmezése, a meggyőzés nyelvi eszközeinek alkalmazása, kompromisszumkötés, a másik meghallgatása, kérdésfeltevés.
- **Etikai megfontolások:** annak felismerése, hogy új információk hatására az elképzelések és vélemények változhatnak.

Előkészületek

- Állítsunk fel hat asztalt az osztályteremben (ezek jelképezik a hat leszállóhelyet).
- Bontsuk az osztályt hat (2–5 fős) csoportra.

Eszközök

- Sikerkritérium adatlapok
- Leszállóhely adatlapok (A–F, 100%-os vagy tényleges méretben nyomtatva)
- Adatrögzítő lap (opcionális)
- PowerPoint bemutató a leszállóhelyek képeivel (opcionális)

Háttérismeretek

Napjainkban a Mars lakhatatlan, hideg és száraz. A múltban azonban jóval melegebb volt, és folyók, tavak tarkították a felszínét. Amikor a tudósok az élet nyomait keresik a Marson, nem a ma létező, hanem a múltban talán jelen volt élet jeleit kutatják.

A tevékenységben szereplő küldetés és értékelési kritériumok a 2028-ban elindítani tervezett európai ExoMars marsjáró küldetésén alapulnak. Az A és C leszállóhelyek ténylegesen is szóba jöttek az ExoMars marsjáró számára. A C leszállóhelyet a bolygóutatók és a tervező mérnökök többéves kutatás és egyeztetés eredményeként választották ki.

Egy marsjáró pontos leszállóhelyét nem lehet előre kiszámítani. A tudósok számítógépes modellek segítségével határozzák meg azt a kb. 2000 km² területű ellipszist, amelyen belül a marsjáró valószínűleg landolni fog.

E bizonytalansági tényező szemléltetésére négy lehetséges leszállási pontot mutatunk be minden leszállóhelyen belül.



Útmutató a tevékenységhez

1. Bevezetés [10 perc, osztály vagy csoportok]

Ismertessük az osztállyal a tevékenység alapötletét. Egy marsjáró küldetésének sikere a tudósok és mérnökök közötti együttműködésen múlik. A tudósok célja, hogy a marsjáró a lehető legnagyobb valószínűséggel teljesítse a tudományos küldetést a leszállás helyszínén. A mérnökök feladata pedig az, hogy a marsjáró biztonságosan landoljon és tudjon mozogni a felszínen.

Bontsuk az osztályt hat csoportra. Nevezzünk ki három-három csoportot tudósoknak és mérnököknek, és adjunk a megfelelő csoportoknak két-három sikerkritérium lapot.

Kisebb osztályban négy csoporttal, és csak az A, B, C és D leszállóhelyekkel dolgozzunk. A csoportok vizsgálják meg az összes helyszínt.

A csoportoknak ezen a ponton meg kell oldaniuk a sikerkritériumokra vonatkozó numerikus problémákat. A letölthető PowerPoint anyag tartalmaz mintaválaszokat ehhez a feladathoz. Érdemes az egyik leszállóhelyet az osztállyal közösen értékelni, hogy a tanulók megismerkedjenek a sikerkritériumokkal.

Megjegyzés: a tanulók készíthetnek saját táblázatot az eredményeik rögzítéséhez, vagy használhatják a letölthető adatrögzítő lapot. Fontos, hogy a csoport minden tagja rögzítse a megállapításait. A 3. és 4. lépésnél szükségük lesz a saját adatrögzítő lapjukra.

2. Leszállóhelyek értékelése

[20 perc, csoportok]

Kezdjük a mérnök csoportokkal az A, C és E leszállóhelyekkel, illetve a tudós csoportokkal a B, D és F leszállóhelyekkel.

Minden csoport négy leszállóhelyet értékelhet a hat közül, és négy-öt percet tölthetnek az egyes leszállóhelyek tanulmányozásával.

Ha több idő áll rendelkezésünkre, a csoportok mind a hat leszállóhelyet megvizsgálhatják.

Nem tudható előre, hogy a marsjáró az egyes helyszíneken belül pontosan hol fog landolni, de egy számítógépes modell négy valószínű leszállási pontot azonosított, amelyeket fehér pontok jelölnek a képeken. A munkaszakasz végére minden leszállóhelyet négy csoportnak (két mérnök, két tudós) kellett értékelnie.

3. Leszállóhelyek rangsorolása

[5 perc, egyéni]

A tanulók állítsák sorrendbe az adatrögzítő lapjukon a megvizsgált leszállóhelyeket a legjobbtól (1) a legrosszabbig (4).

4. Szavazás [15 perc, osztály]

Kérjük meg a tanulókat, hogy álljanak a szerintük legjobb leszállóhely mellé. Várhatóan más-más leszállóhelyeket fognak kiválasztani.

Ösztönözzük a tanulókat, hogy vitassák meg egymással, miért választották az adott leszállóhelyet és vetették el a többit. A mérnök és tudós csoportok érvei valószínűleg eltérőek lesznek a sikerkritériumaik különbözőségei miatt. Fontos, hogy a csoportok meghallgassák egymást és tanuljanak egymástól.

Bátorítsuk a tanulókat arra, hogy az elhangzó új információk fényében vizsgálják felül a döntésüket.

Mintakérdések a moderált vitához:

A mérnöki vagy a tudományos kritériumok fontosabbak? Vagy egyformán fontos a kettő?

Elfogadható, ha nem garantálható a marsjáró biztonságos landolása?

Milyen egyéb információk segíthették volna a döntéset a leszállóhelyekről?

Ebbe a munkaszakaszba bevonhatjuk a leszállóhelyek képeit, amelyeket a letölthető PowerPoint tartalmaz.

A gyakorlat célja, hogy az osztály megpróbáljon konszenzusos döntésre jutni. Nem baj azonban, ha ez nem sikerül. Fókuszáljunk ehelyett a lehetőségek leszűkítésére, és mutassunk rá a tudomány összetettségére.

5. Összegzés [5 perc, osztály]

Foglaljuk össze a vita során felmerült érveket és eredményeket.

Magyarázzuk el a tanulóknak, hogy ez a folyamat nagyon hasonlít ahhoz, amikor a tudósok és mérnökök eldöntik, hol landoljon egy igazi marsjáró a Marson. Említsük meg a 2028-ban elindítani tervezett európai ExoMars marsjárót, amely ugyanazzal a tudományos feladattal és műszaki adottságokkal bír, mint a tevékenységben szereplő marsjáró. A leginkább esélyes A és C leszállóhely közül végül a C-re esett a választás.

Tudományos célkitűzések

Mennyi napenergia áll rendelkezésre?

A bolygó felszínének egy adott pontján rendelkezésre álló napenergia mennyisége a naphoz viszonyított szögtől függ. A nyári időszakban az északi féltekén a legtöbb napenergia az északi szélesség 10° mentén éri a bolygót. Mondjuk el a tanulóknak, hogy a marsjáró napenergiával működik, és a mérnökök számításai szerint a Marsot érő maximális napenergia-mennyiség legalább 95%-ára szüksége van a hatékony működéshez. Kérjük meg a tanulókat, hogy ennek fényében számítsák ki, mely szélességi körökön belül kell a marsjárónak landolnia.

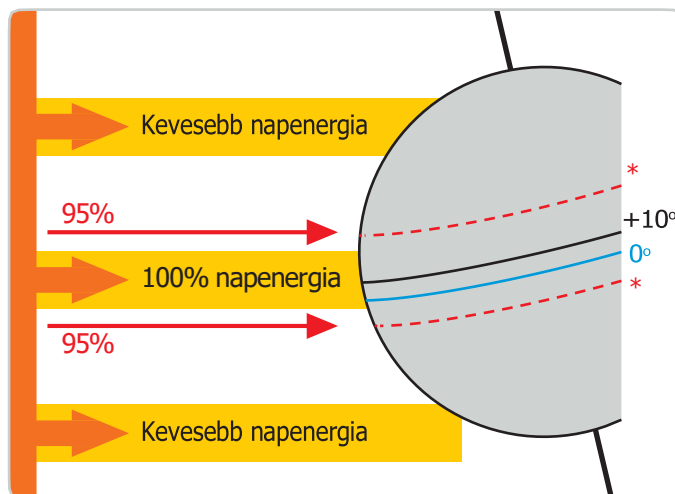
$$\% \text{ napenergia} = \cos(I - 10) \times 100$$

Az (I) különböző értékeit a fenti egyenletbe behelyettesítve a tanulóknak az északi szélesség 28° és a déli szélesség 8° közötti területet kell kapniuk. Mindkét szélességi körön a napenergia a Marsot érő maximális érték 95,11%-át teszi ki. E szélességi körökön kívül a napenergia mennyisége 95% alatt van, így a marsjáró nem működne hatékonyan.

A válasz kiszámításához a tanulók át is rendezhetik az egyenletet.

Minden leszállóhely esetében a tanulóknak ellenőrizniük kell, hogy az a megfelelő szélességi körök által határolt területre esik-e.

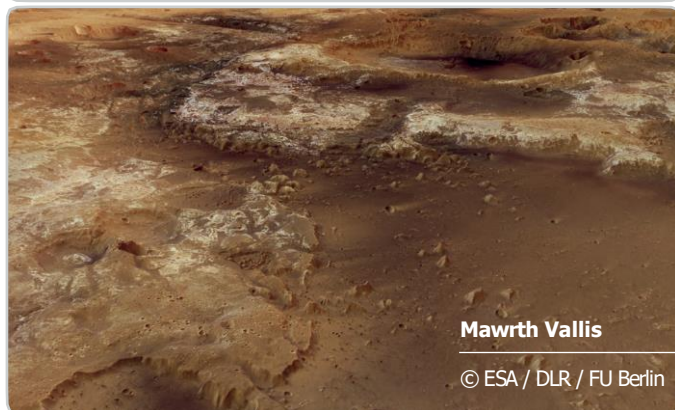
Azt is vegyék figyelembe, hogy több napenergiához jutva a marsjáró hatékonyabban teljesíti a küldetését. Így a kijelölt területen belül elhelyezkedő leszállóhelyek között is lesznek olyanok, amelyek kedvezőbb fekvésűek a többinél. Más szélességi határok kiszámítása segíthet ezt számszerűsíteni: például hol éri a bolygót a maximális napenergia-mennyiség 98–100%-a (az északi szélesség 21° és a déli szélesség 1° között).



Hol bukkanhatunk az egykori élet nyomaira?

Az élethez víz szükséges, ezért a küldetés nagyobb eséllyel jár sikerrel, ha a tudósok olyan területre irányítják a marsjárót, amelyet valaha víz borított.

Az alacsony energiájú környezetek (pl. tavak) a legkedvezőbbek az élet kialakulásához, míg a magas energiájú környezetek, mint például a gyors lefolyású, a talajba árvízmedret vájó árvizek kevésbé. A legoptimálisabb leszállóhelyek azok, ahol ősi folyók és tavak jelenlétére utaló nyomok találhatók.



Mawrth Vallis

© ESA / DLR / FU Berlin

Mérnöki célkitűzések

Biztonságosan fog landolni a marsjáró?

Ritka légköre miatt a Marson az ejtőernyők nem működnek olyan hatékonyan, mint a Földön. A biztonságos landolás esélyének maximalizálása érdekében a mérnökök meghatározzák a domborzati magasság határértékét az alapján, hogy a marsjárónak mennyi időre és távolságra van szüksége ahhoz, hogy kellőképp lelassuljon földet érés előtt. A kérdés megválaszolásához a tanulóknak szintén ki kell számolniuk a domborzati magasság határértékét, és az alapján értékelniük kell a feladatban szereplő lehetséges leszállóhelyek alkalmasságát.

A tanulók először a megadott egyenlet segítségével számítsák ki az x értékét. Ez az a minimális távolság, amelyet a marsjárónak az ejtőernyővel meg kell tennie leszállás során.

Mivel a landolásban egyéb mechanizmusok is szerepet játszanak, a tanulóknak mondjuk azt, hogy az ejtőernyős szakasz akkor ér véget, amikor a marsjáró észleli, hogy elérte az 1500 m felszín feletti magasságot. Ezért a tanulóknak x -hez hozzá kell adniuk 1500 métert, hogy megkapják a marsjáró biztonságos landolásához szükséges legkisebb teljes távolságot (y).

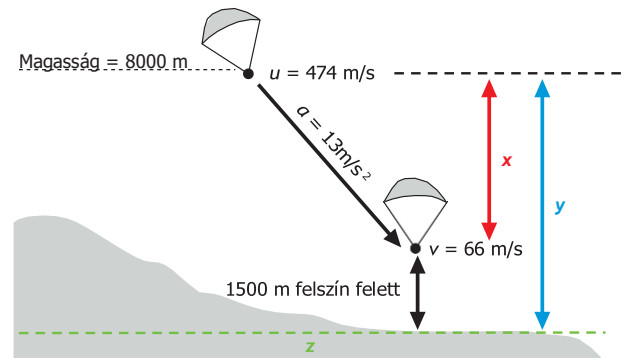
$$y = 8473,85 \text{ m} + 1500 \text{ m} = 9973,85 \text{ m}$$

Végül ki kell számítaniuk a domborzati magasság határértékét (z) úgy, hogy kivonják az imént kiszámított legkisebb teljes távolság (y) értékét abból a magasságból, ahol az ejtőernyő kinyílt (8000 m).

$$z = 8000 \text{ m} - 9973,85 \text{ m} = -1973,85 \text{ m}$$

A tanulók talán nem számítanak rá, hogy a domborzati magasság határértéke negatív szám lesz. A Földön a tengerszint 0 méter, a negatív domborzati magasságok tengerszint alatt vannak. A Marson azonban nincs „tengerszint”, ezért a 0 méteres domborzati magasságot a tudósok a bolygó átlagos sugaraként határozzák meg. A -2000 méter ez alatt van.

A csoportoknak a domborzati térképek alapján azonosítaniuk kell minden leszállóhely domborzati magasságát, és el kell dönteniük, hogy a marsjáró ott biztonságosan landolhat-e. Előfordul, hogy egy leszállóhelyen belül csak a leszállási pontok egy része fekszik a határérték alatt, így a csoportoknak mérlegelniük kell a biztonságos landolás valószínűségét. Ha például a négy leszállási pont közül egy túl magasan van, akkor azon a leszállóhelyen 75% a biztonságos landolás esélye! | 14–16 éveseknek

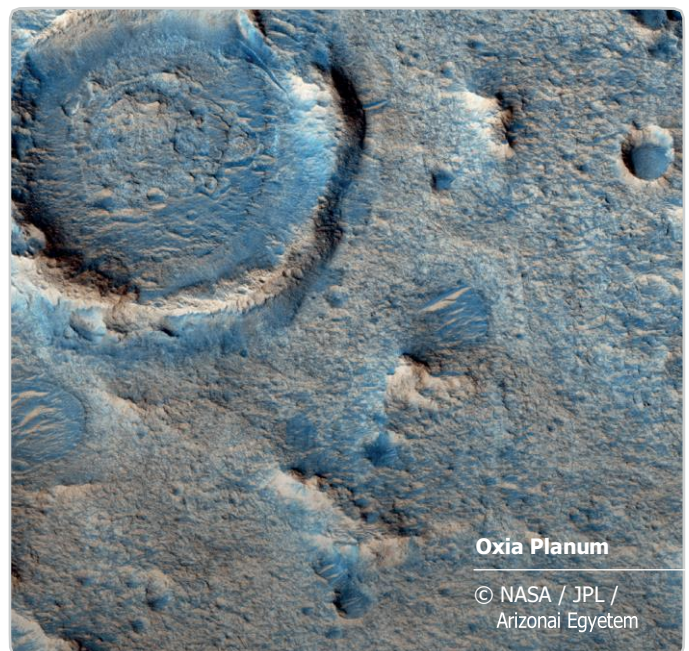


$$x = \frac{66^2 - 474^2}{2 \times -13}$$

$$x = 8473,85 \text{ m}$$

Milyenek lesznek a terepviszonyok?

A legjobb leszállóhelyek azok, ahol a felszín simának és egyenletesnek tűnik, illetve nincsenek rajta meredek lejtők és sziklák.



Oxia Planum

© NASA / JPL /
Arizonai Egyetem

A leszállóhely: Mawrth Vallis

A kép forrása: ESA/NASA/UoA/DLR/FU Berlin

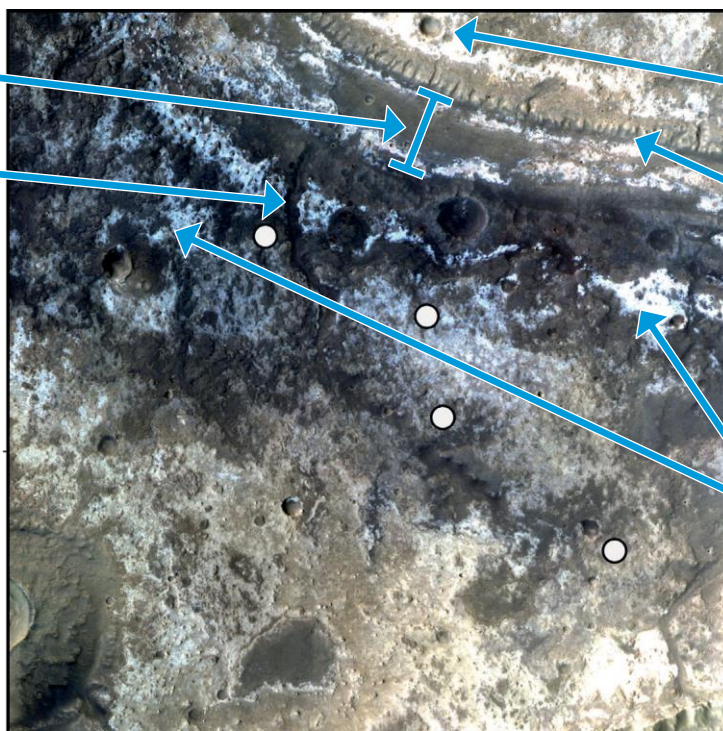
Rendelkezésre bocsátotta: Dr. P. Fawdon, The Open University

Széles folyómeder

Kisebb folyómeder

Nagy becsapódási kráter

22°0'N



18°0'W

Kisebb becsapódási kráter

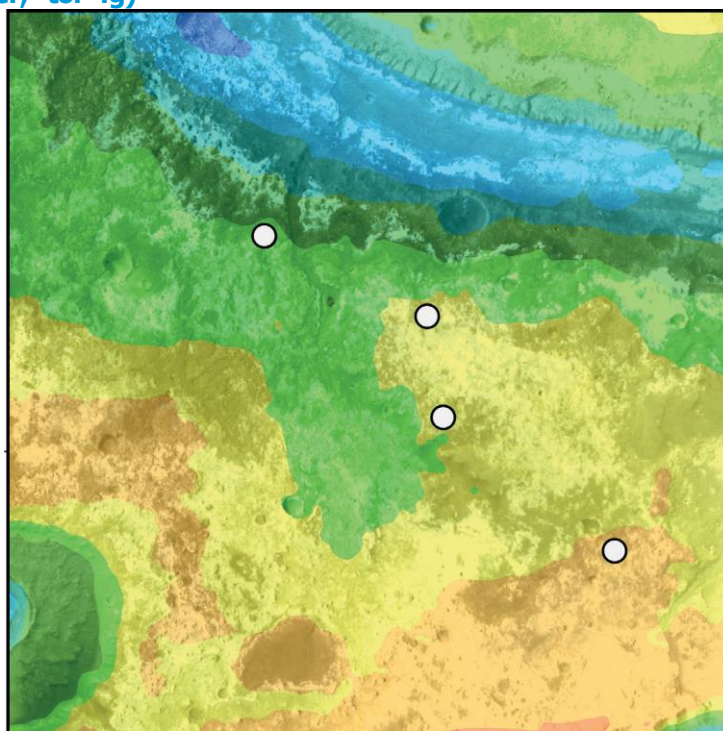
Szikla

A fényes fehér foltok ezen a helyszínen olyan kőzetet jeleznek, amely vízzel kölcsönhatásba lépve agyaggá alakult

Domborzati magasság (méter, -től -ig)

-750 m	-500 m
-1000 m	-750 m
-1250 m	-1,000 m
-1500 m	-1250m
-1750 m	-1500 m
-2000 m	-1750 m
-2250 m	-2000 m
-2500 m	-2250 m
-2750 m	-2500 m
-3000 m	-2750 m
-3250 m	-3000 m
-3500 m	-3250 m
-3750 m	-3500 m
-4000 m	-3750 m
-4250 m	-4000 m
-4500 m	-4250 m

22°0'N



18°0'W

A leszállási pontok 75%-a a biztonsági határérték alatt helyezkedik el.

A kontúrvonalak egy enyhén lejtős terepet jeleznek, amely az északkeleti széles folyómeder felé lejt.

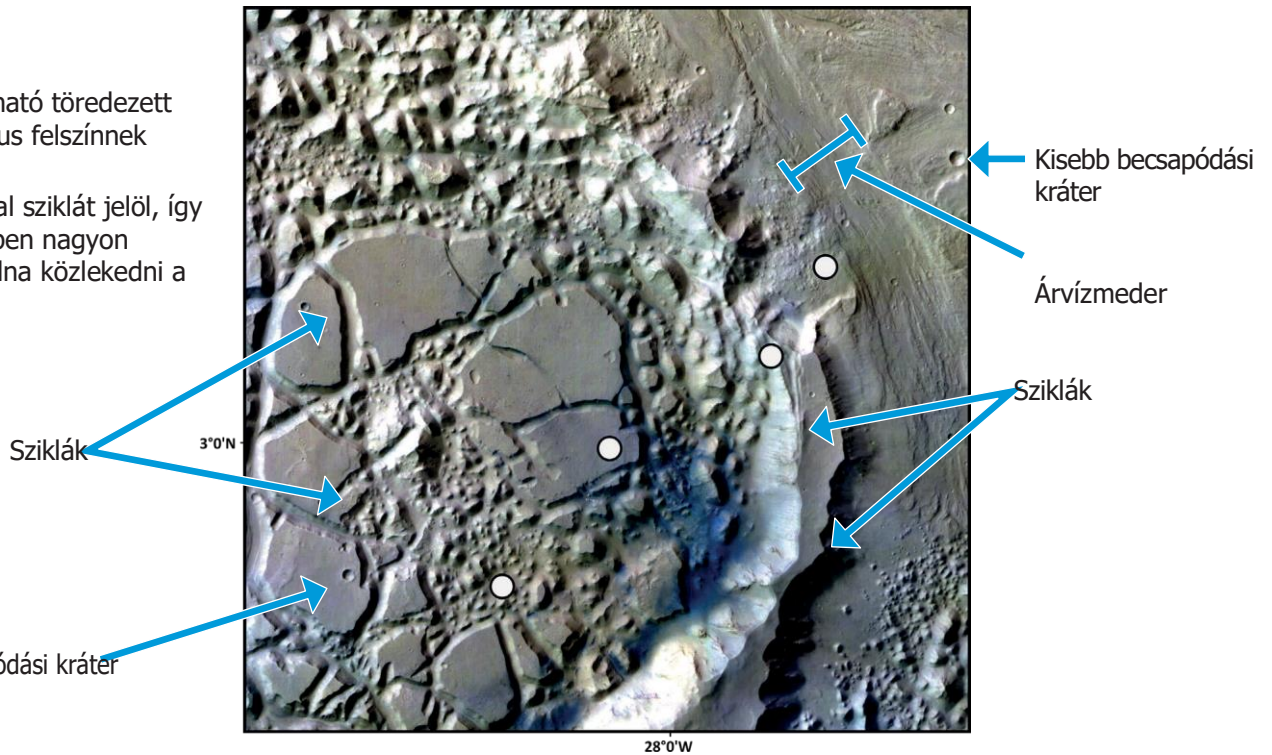
B leszállóhely: Hydaspis Chaos

A kép forrása: ESA/NASA/UoA/DLR/FU Berlin

Rendelkezésre bocsátotta: Dr. P. Fawdon, The Open University

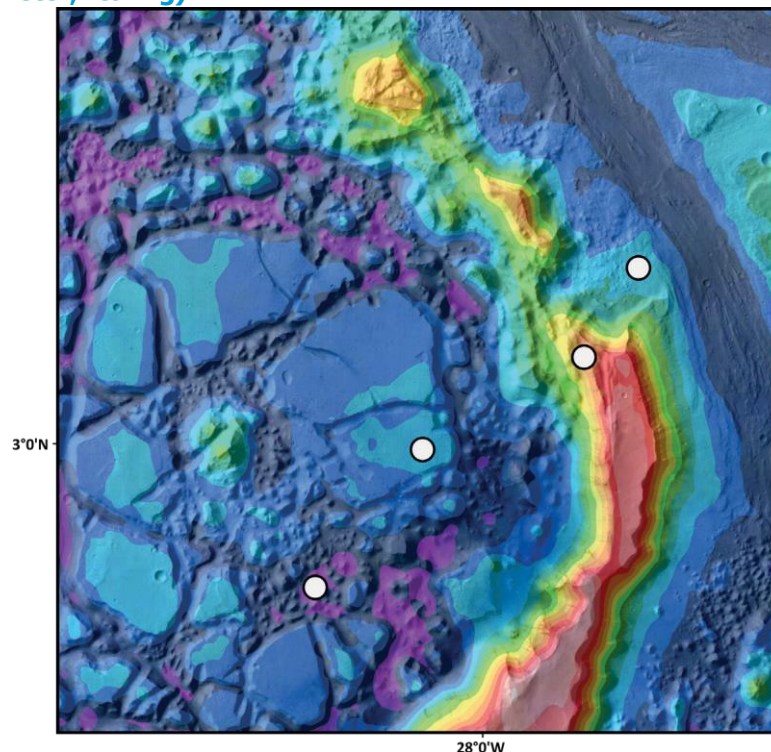
A képen látható töredezett talajt kaotikus felszínnek hívják.

Minden vonal sziklát jelöl, így ezen a terepen nagyon nehezen tudna közlekedni a marsjáró.



Domborzati magasság (méter, -től -ig)

-750 m	-500 m
-1000 m	-750 m
-1250 m	-1000 m
-1500 m	-1250 m
-1750 m	-1500 m
-2000 m	-1750 m
-2250 m	-2000 m
-2500 m	-2250 m
-2750 m	-2500 m
-3000 m	-2750 m
-3250 m	-3000 m
-3500 m	-3250 m
-3750 m	-3500 m
-4000 m	-3750 m
-4250 m	-4000 m
-4500 m	-4250 m



A leszállási pontok 75%-a a biztonsági határérték alatt helyezkedik el

Sziklás jellege miatt ez a terep rendkívül kedvezőtlen a marsjáró számára

C leszállóhely: Oxia Planum

A képek forrása: ESA/NASA/UoA/DLR/FU Berlin

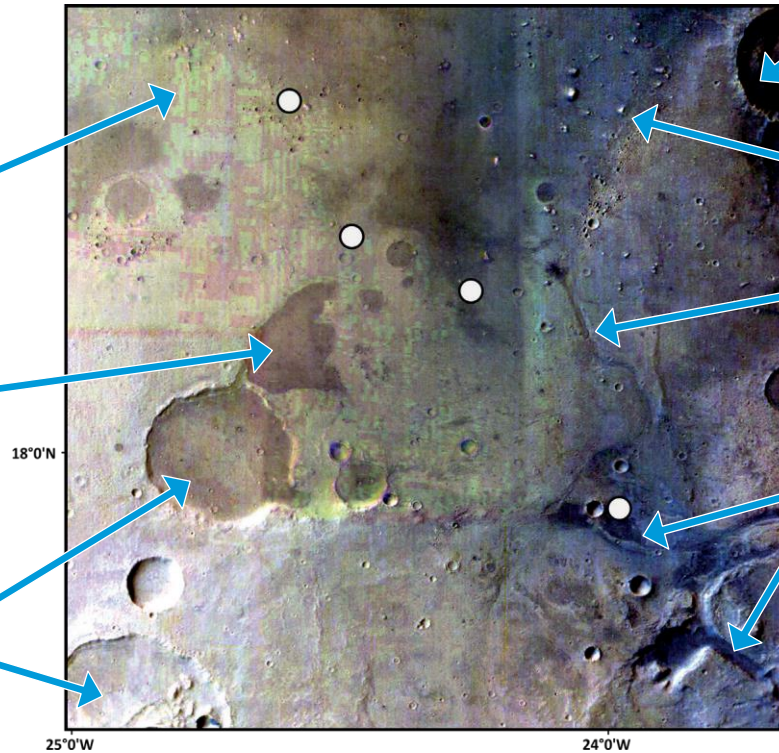
Rendelkezésre bocsátotta: Dr. P. Fawdon, The Open University

Ez lett a 2028-ban
elindítani tervezett európai
ExoMars marsjáró számára
kiválasztott leszállóhely

A zöld szín képi
műtermék

A tudósok nem tudják,
mi az itt látható barna
anyag eredete

Nagy becsapódási kráter



Nagy becsapódási kráter

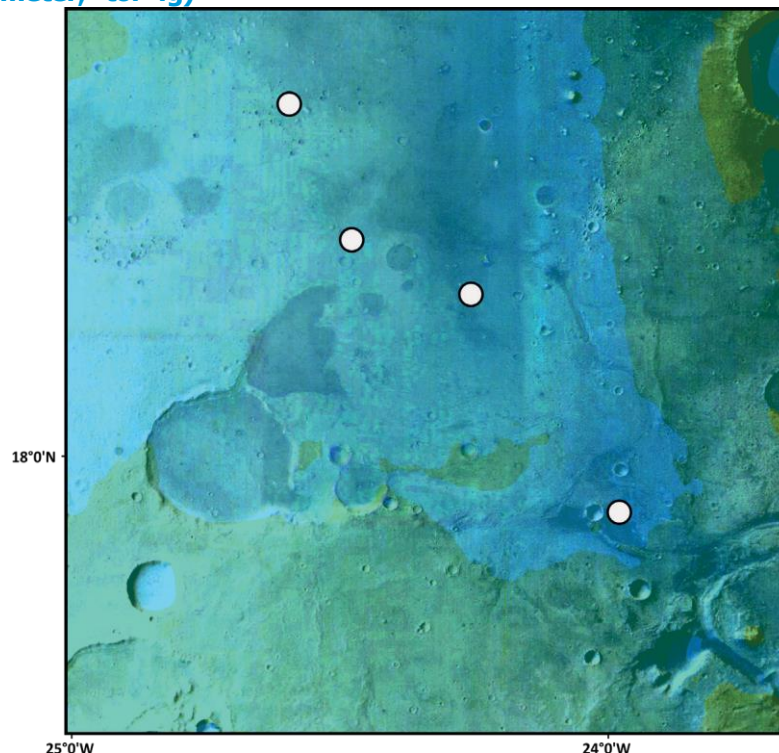
Kisebb dombok

A tudósok szerint
ez a folyó egy
nagy, kiszáradt
tómederbe
torkolhat

Folyómedrek

Domborzati magasság (méter, -tól -ig)

-750 m	-500 m
-1000 m	-750 m
-1250 m	-1000 m
-1500 m	-1250 m
-1750 m	-1500 m
-2000 m	-1750 m
-2250 m	-2000 m
-2500 m	-2250 m
-2750 m	-2500 m
-3000 m	-2750 m
-3250 m	-3000 m
-3500 m	-3250 m
-3750 m	-3500 m
-4000 m	-3750 m
-4250 m	-4000 m
-4500 m	-4250 m



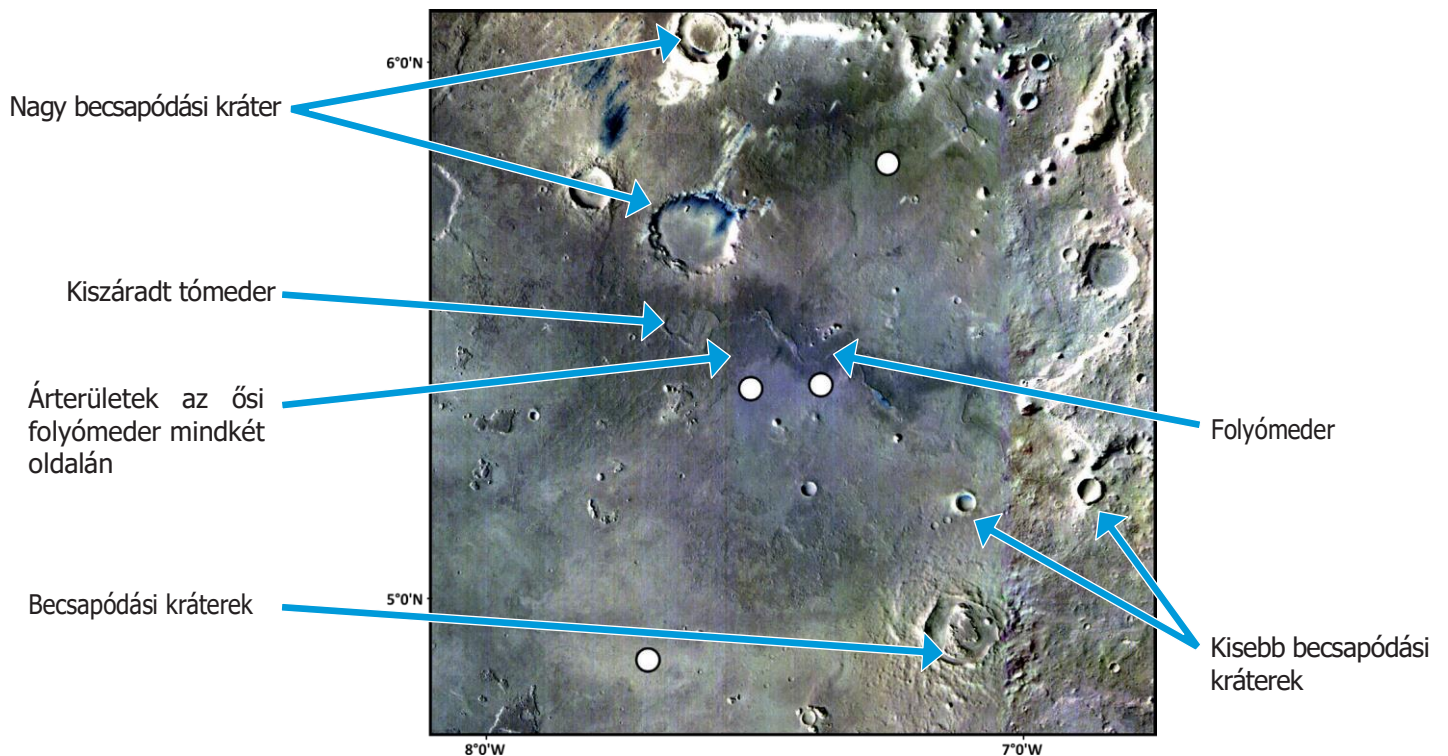
Mind a négy leszállási
pont a halványkék
területre esik, azaz a
biztonsági határérték
alatt helyezkedik el

A terep sík, így könnyen
tud mozogni rajta a
marsjáró

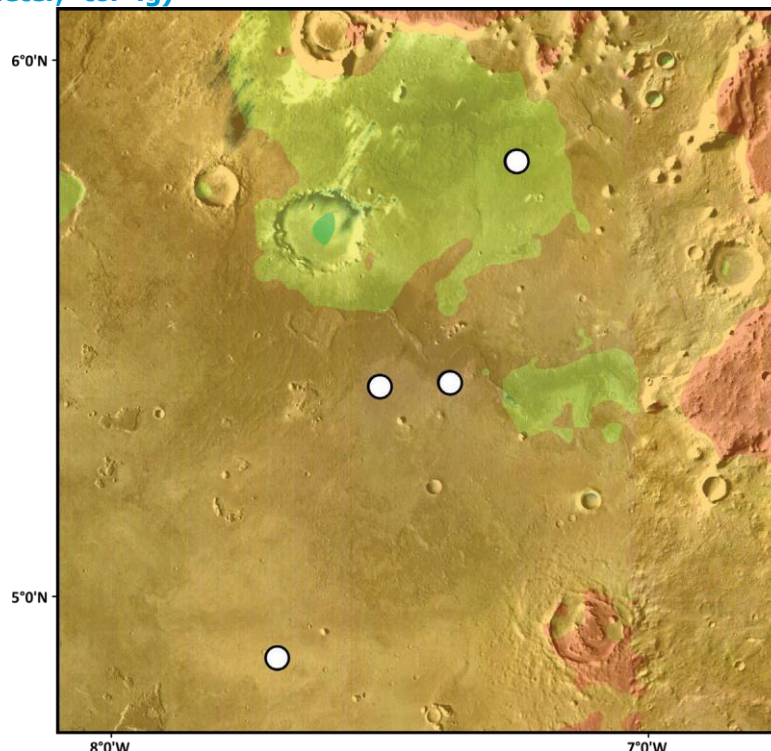
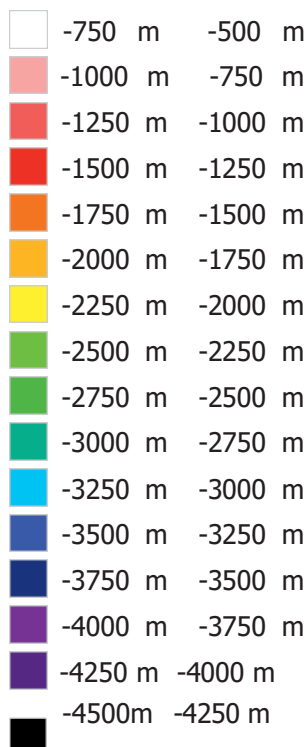
D leszállóhely: a Crommelin-krátertől keletre

A kép forrása: ESA/NASA/UoA/DLR/FU Berlin

Rendelkezésre bocsátotta: Dr. P. Fawdon, The Open University



Domborzati magasság (méter, -től -ig)



A leszállási pontoknak csupán 25%-a van a biztonsági határérték alatt

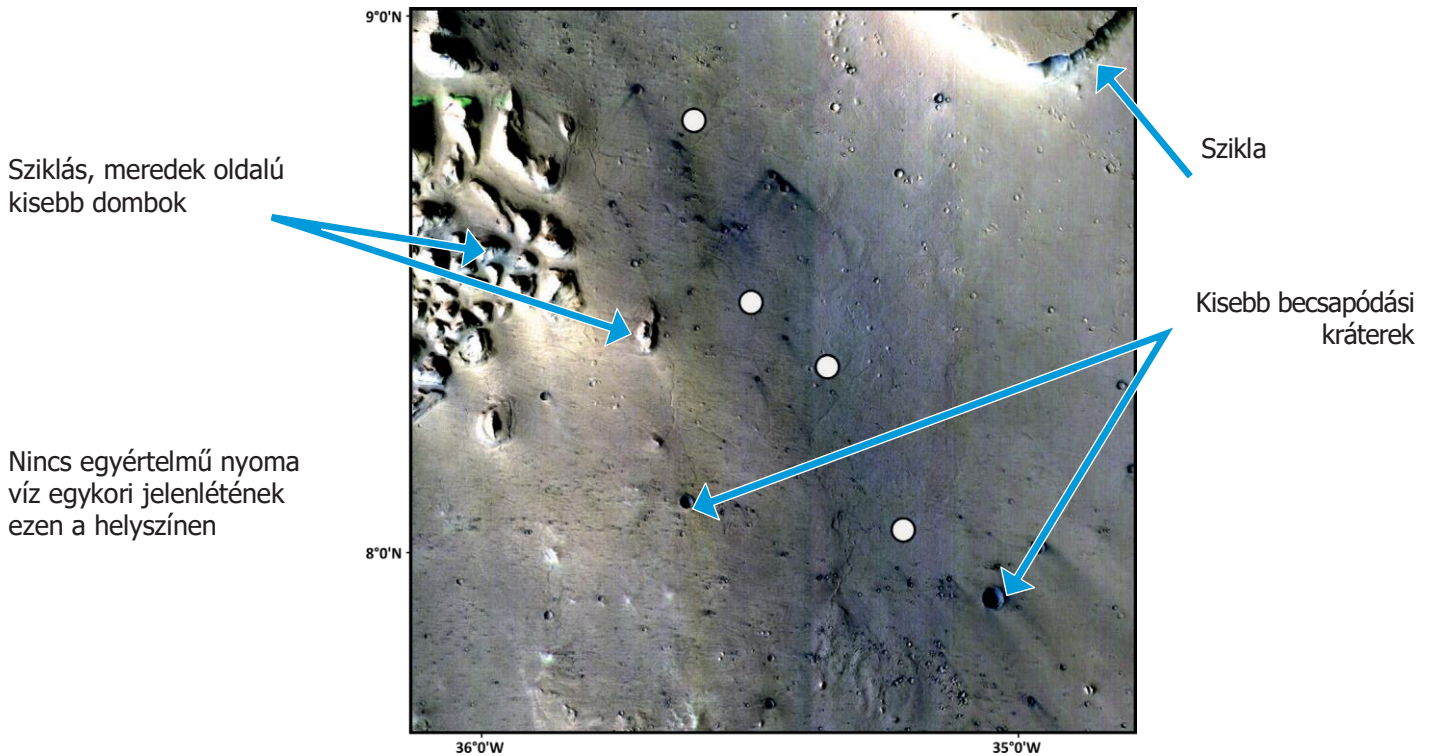
A marsjáró itt valószínűleg nem tud biztonságosan landolni

A terep sík, így könnyen tud rajta mozogni a marsjáró

E leszállóhely: a Majove-krátertől nyugatra

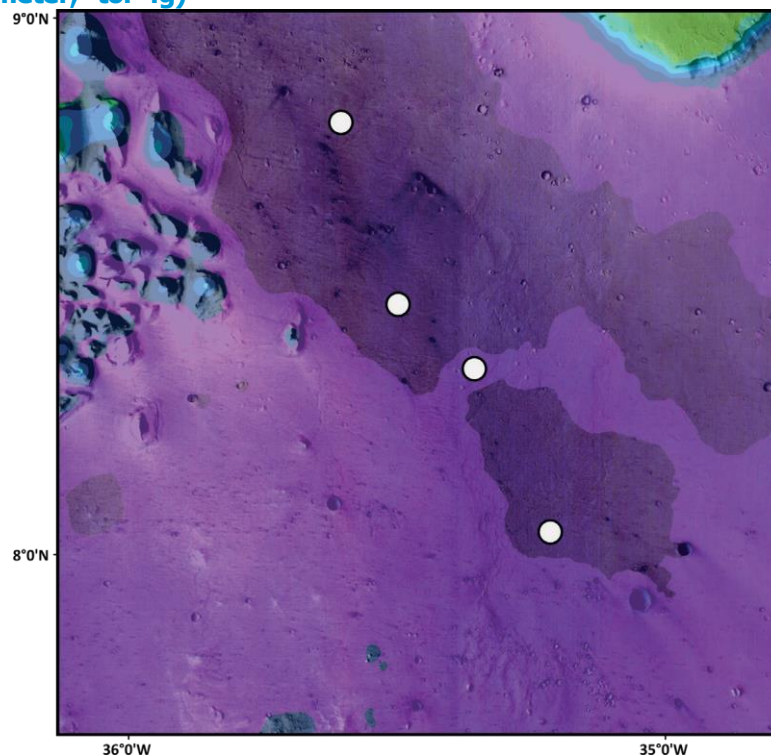
A kép forrása: ESA/NASA/UoA/DLR/FU Berlin

Rendelkezésre bocsátotta: Dr. P. Fawdon, The Open University



Domborzati magasság (méter, -tól -ig)

□	-750 m	-500 m
□	-1000 m	-750m
□	-1250 m	-1000 m
□	-1500 m	-1250 m
□	-1750 m	-1500 m
□	-2000 m	-1750 m
□	-2250 m	-2000 m
□	-2500 m	-2250 m
□	-2750 m	-2500 m
□	-3000 m	-2750 m
□	-3250 m	-3000 m
□	-3500 m	-3250 m
□	-3750 m	-3500 m
□	-4000 m	-3750 m
□	-4250 m	-4000 m
□	-4500 m	-4250 m



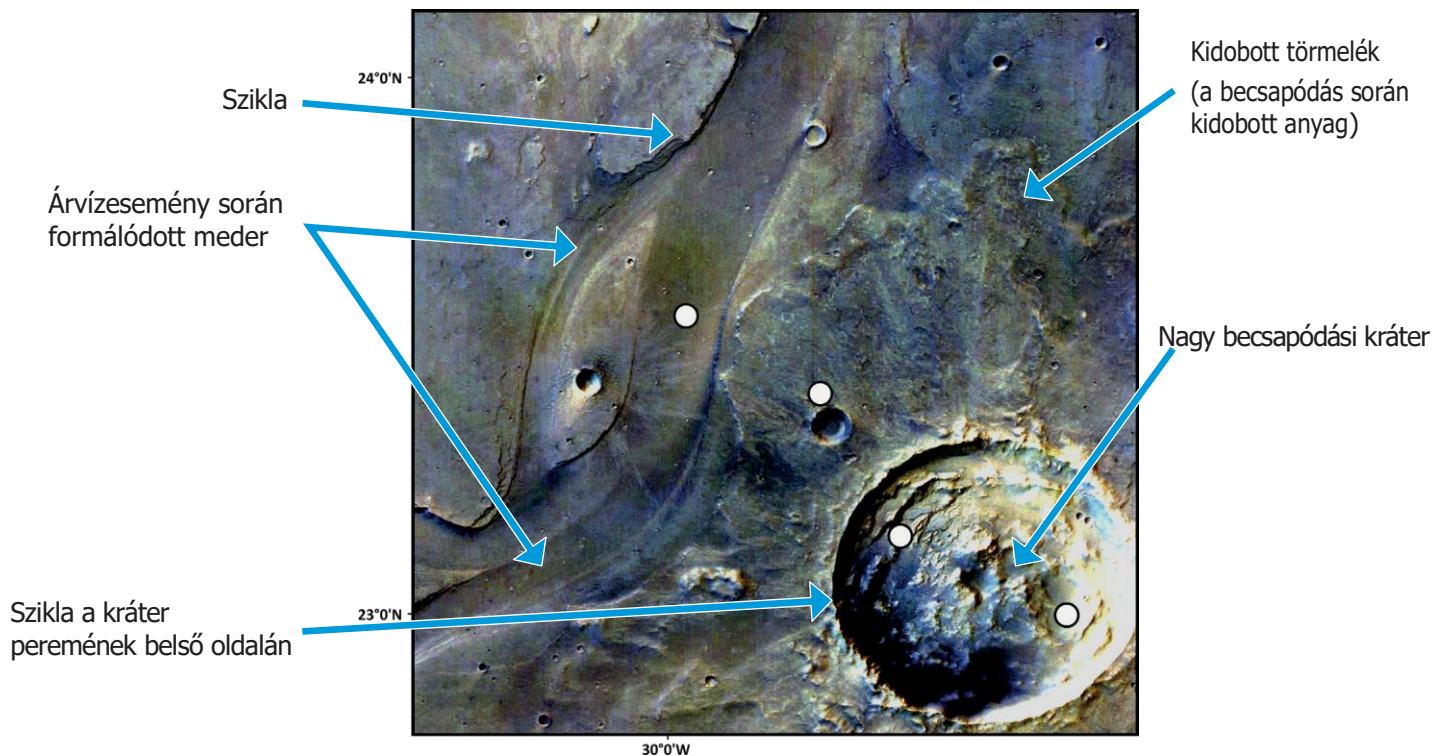
Mind a négy leszállási pont jóval a biztonsági határérték alatt helyezkedik el

A terep sík, így könnyen tud mozogni rajta a marsjáró

F leszállóhely: Libertad-kráter

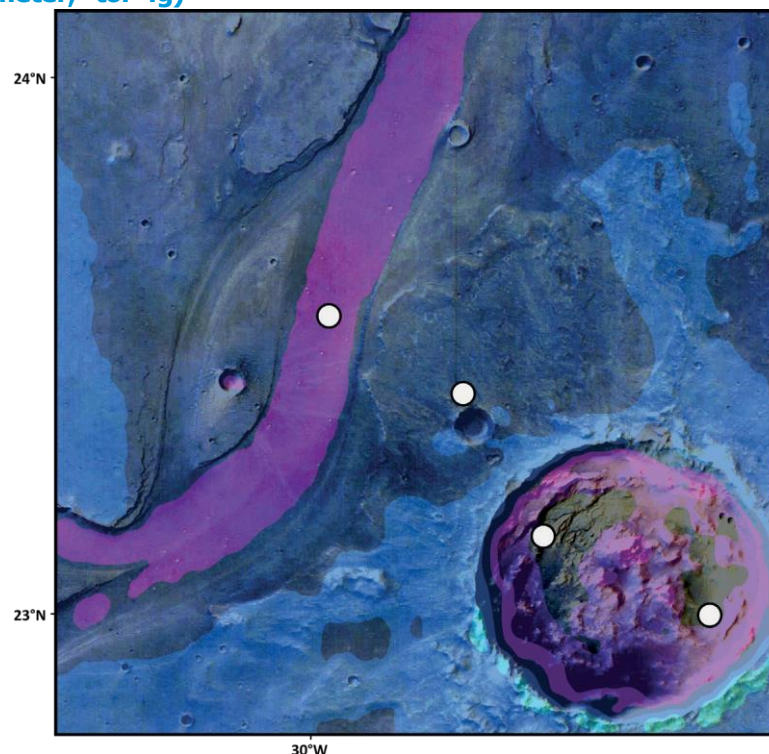
A kép forrása: ESA/NASA/UoA/DLR/FU Berlin

Rendelkezésre bocsátotta: Dr. P. Fawdon, The Open University



Domborzati magasság (méter, -től -ig)

-750 m	-500 m
-1000 m	-750 m
-1250 m	-1000 m
-1500 m	-1250 m
-1750 m	-1500 m
-2000 m	-1750 m
-2250 m	-2000 m
-2500 m	-2250 m
-2750 m	-2500 m
-3000 m	-2750 m
-3250 m	-3000 m
-3500 m	-3250 m
-3750 m	-3500 m
-4000 m	-3750 m
-4250 m	-4000 m
-4500 m	-4250 m



Mind a négy leszállási pont jóval a biztonsági határérték alatt helyezkedik el

A terep sík, így könnyen tud mozogni rajta a marsjáró

Ha a marsjáró a kráteren belüli leszállási pontok egyikén landol, nem valószínű, hogy ki tud jutni onnan

Az alábbi táblázat a **tudományos kritériumok** szerint mutatja be a leszállóhelyeket. A rangsorolás a várható eredményeken alapul, nem feltétlenül a legmegfelelőbb választást jelzi.

Leszállóhely	Napenergia-mennyiség (földrajzi szélesség)	Víz egykori jelenlétére utaló bizonyíték	Rangsor
A helyszín: Mawrth Vallis	Északi szélesség 22°, éppen a 95%-os napenergia-tartományon belül.	Alacsony-közepes energiájú környezet. Folyómeder a kép északkeleti részén és víz hatására átalakult kőzetre utaló fényes fehér foltok.	3
B helyszín: Hydaspis Chaos	Északi szélesség 3°, bőven a 95%-os napenergia-tartományon belül.	Magas energiájú környezet. Folyómeder a kép északkeleti részén. Kaotikus felszínnek is nevezett töredezett talaj.	4
C helyszín: Oxia Planum	Északi szélesség 18°, a 95%-os napenergia-tartományon belül.	Közepes energiájú környezet. Számos folyómeder a kép délkeleti és keleti részén. A folyók egy nagy kiterjedésű, kiszáradt tóba torkollhattak, így az egész terület alacsony energiájú környezetnek számít. A tudósok nem tudják, mi a kép közepén látható barna anyag eredete.	2
D helyszín: a Crommelin-krátertől keletre	Északi szélesség 5°, bőven a 95%-os napenergia-tartományon belül.	Alacsony-közepes energiájú környezet. Folyó- és tómeder a kép közepén.	1
E helyszín: a Mojave-krátertől nyugatra	Északi szélesség 8°, bőven a 95%-os napenergia-tartományon belül.	A képen nem láthatóak víz egykori jelenlétére utaló egyértelmű nyomok.	5
F helyszín: Libertad-kráter	Északi szélesség 23°, éppen a 95%-os napenergia-tartományon belül.	Magas energiájú környezet. A képen árvízmeder látható.	6

Az alábbi táblázat a **mérnöki kritériumok** szerint mutatja be a leszállóhelyeket. A rangsorolás a várható eredményeken alapul, nem feltétlenül a legmegfelelőbb választást jelzi.

Leszállóhely	Domborzati magasság	Terepviszonyok	Rangsor
A helyszín: Mawrth Vallis	A leszállási pontok 75%-a a biztonsági határérték alatt fekszik. 1/4 = -2500 és -2000 m között 2/4 = -2,250 és -2,000 m között 1/4 = -2000 és -1,750 m között	Egy folyómeder felé enyhén lejtő terep. A kép északi részén szikla látható, de a marsjárónak nem szükséges átkelnie rajta.	3
B helyszín: Hydaspis Chaos	A leszállási pontok 75%-a jóval a biztonsági határérték alatt fekszik. 1/4 = -2000 és -1750 m között (kb.) 2/4 = -3250 és -3000 m között 1/4 = -4000 és -3750 m között (kb.)	Hacsak a marsjáró nem az északkeleti részen landol, a terepviszonyok rendkívül kedvezőtlenek.	5
C helyszín: Oxia Planum	Minden leszállási pont jóval a biztonsági határérték alatt fekszik. 4/4 = -3250 és -3000 m között	Kiváló terepviszonyok: sík felszín, nincsenek sziklák, kevés becsapódási kráter. A kép északkeleti részén néhány kisebb domb látható.	2
D helyszín: a Crommelin-krátertől keletre	A leszállási pontoknak csupán 25%-a van a biztonsági határérték alatt. Biztonságos landolás valószínűleg nem kivitelezhető. 1/4 = -2250 és -2000 m között 3/4 = -2000 és -1750 m között	Kiváló terepviszonyok: sík felszín, nincsenek sziklák.	6
E helyszín: a Mojave-krátertől nyugatra	Minden leszállási pont jóval a biztonsági határérték alatt fekszik. 1/4 = -4000 és -3750 m között 3/4 = -4250 és -4000 m között	Kiváló terepviszonyok: sík felszín, nincsenek sziklák és becsapódási kráterek.	1
F helyszín: Libertad-kráter	Minden leszállási pont jóval a biztonsági határérték alatt fekszik. 1/4 = -3750 és -3500 m között 1/4 = -4000 és -3750 m között 2/4 = -4250 és -4000 m között	Többnyire kedvező terepviszonyok: sík felszín, néhány szikla. Két leszállási pont azonban a nagy becsapódási kráteren belül fekszik, és ha a marsjáró ezek egyikén landol, nem valószínű, hogy ki tud jutni onnan.	4