

12. února 2001 ve 20 hodin 1 minutu 52 sekund světového času americká sonda NEAR Shoemaker přistála na povrchu planety (433) Eros. Co tomuto historickému okamžiku předcházelo a co se odehrávalo po něm, je předmětem této krátké zprávy, která navazuje na přehledový článek z minulého čísla [1].

Rozhodnutí přistát na povrchu padlo na začátku ledna 2001, tedy po splnění všech plánovaných vědeckých úkolů. Konkrétní místo přistání je jižní úbočí sedla Himeros, které je poseto velkým množstvím balvanů a podle kráterování se jedná o rozhraní povrchu staršího a mladšího, později přeměněného geologickými procesy.

Při přistávacím manévru bylo zapotřebí celkem pět brzdících impulzů (viz tab. 1). Se sondou bylo udržováno spojení přes Deep Space Network¹ a průběžně probíhala kalibrace tahu motoru, optická navigace podle snímků z MSI a také snímání povrchu pro vědecké účely. Během sestupu vyslala sonda 69 snímků s maximálním rozlišením 10 cm. Na některých jsou patrné do té doby nepozorované útvary, jako rozlámané balvany, krátery vyplněné prachem nebo místo, které vypadá jako propadlina (viz obr. 2).

Šest hodin po dopadu na povrch se podařilo obnovit komunikaci s NEAREm přes nízkoziskovou všesměrovou anténu. Sonda byla k velké radosti řídicího střediska JHU/APL zcela v pořádku; přistála měkce rychlostí 1,5 až 1,8 m/s, asi 200 m od plánovaného místa.

Následně bylo rozhodnuto o desetidenním pokračování mise (financovaném stále z prostředků projektu NEAR) a NASA přidělila potřebný komunikační čas na DSN. První zprávy dokonce hovořily o tom, že by NEAR znovu odstartoval a přistál na jiném místě, aby tak získal další desítky detailních záběrů povrchu.² Zní to vskutku neuvěřitelně, když si uvědomíme, že sonda nebyla pro přistání vůbec projektována!

Nakonec však vědecký tým dal přednost jinému experimentu — *in situ* měření gama spektrometrem XGRS. Díky tomu, že přístroj je nejvýš 1 m nad povrchem, je tu šance pořídit řádově přesnější spektra, než z 50–km oběžné dráhy. Cílem je získat podrobnější údaje o prvkovém složení hornin v 10–cm povrchové vrstvě, zvláště o zastoupení železa a těkavého draslíku (který uniká při zahřátí horniny na určitou teplotu). Předchozí rentgenová spektra totiž ukazují, že chemické složení Erosu je sice podobné nediferencovaným meteoritům – obyčejným chondritům, ale

¹ DSN je soustava velkých rádiových antén NASA, která je používána při komunikaci s mnoha meziplanetárními sondami. Každá stanice — Goldstone v USA, Madrid ve Španělsku a Canberra v Austrálii — je vybavena plně pohyblivými parabolickými anténami o průměrech 70 m, 2 × 34 m a 26 m.

² Kameru MSI je totiž možné zaostřit jen na vzdálenosti větší než 200 m a navíc je umístěna na spodní části konstrukce, tudíž ji nebylo možné použít k „přímému přenosu“ z povrchu.

těkávé síry je na Erosu méně. Protože RTG spektra vypovídají jen o tenké vrstvě (s tloušťkou řádově $100\ \mu\text{m}$), není vůbec jisté, zda těkávé prvky unikly z celého tělesa asteroidu (při jeho částečné metamorfóze) nebo jen z povrchu (kde mohla být hornina zahřátá při dopadech meteoritů). γ -spektrometr by mohl pomoci tuto otázku vyřešit.

15. 2. byly sondě vyslány příslušné povely a po následujících sedm dní probíhalo měření; 23. 2. NASA rozhodla, že experiment bude pokračovat další čtyři dny. Bylo také provedeno několik softwarových úprav (spektrometr např. nyní pracoval při vyšší teplotě, neboť sonda ležící na povrchu nevyzařuje teplo tak efektivně, jako ve volném prostoru). Data byla přes nízkoziskovou anténu a DSN odvyšlána na Zem (přenosová rychlost činila jen 10 B/s), můžeme je vidět na obr. 3.

Kromě spektrálních měření bylo po přistání provedeno vlastně ještě měření lokálního magnetického pole — magnetometr (v rámci své citlivosti) však naměřil nulovou intenzitu, stejně jako na oběžné dráze. Nepotvrdila se tak existence tzv. „horkých skvrn“ (globální pole, měřené zdálky, může být nulové, když jednotlivé domény mají náhodnou orientaci).

28. 2. bylo spojení se sondou přerušeno. Za několik týdnů zapadne nad Himerosem Slunce, solární články přestanou NEARu dodávat elektrickou energii a teplota klesne na $-150\ ^\circ\text{C}$. Zatím se neuvažuje o tom, že by řídicí středisko sondu po určité době znovu kontaktovalo.

V čem spočívá význam přistání na asteroidu? Z hlediska kosmonautiky zřejmě v praktickém ověření teoretických pohybových rovnic, gravitačního modelu asteroidu (jako nepravidelného tělesa s malou přitažlivostí), vyzkoušení ovládnutí sondy a její navigace. Přímo na povrchu se také podařilo vyzkoušet spektrometr XGRS, podobný přístroj přitom budou v blízké budoucnosti používat rovery na Marsu. V neposlední řadě získal NEAR zaslouženou popularitu mezi širokou veřejností, byly mu věnovány zpravodajské relace ve všech sdělovacích prostředcích.

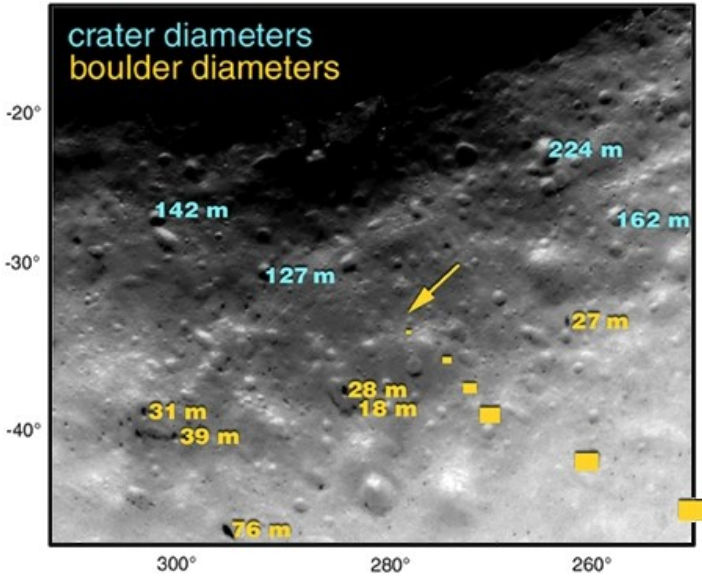
[1] Brož, M.: (253) *Mathilde* a (433) *Eros* pod lupou NEARu. *Povětroň* 2/2001, s. 3–17, 2001

[2] *Near Earth Asteroid Rendezvous Mission*. <http://near.jhuapl.edu>

[3] David, L.: *NEAR data expected from Eros Surface*. <http://www.space.com>

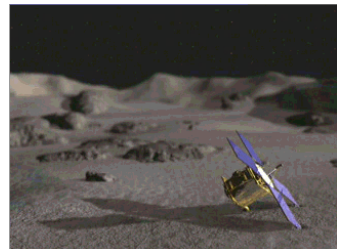
[4] *It's not over yet*. Science@NASA, <http://science.nasa.gov>

[5] *konference SMPH*. <http://groups.yahoo.com/group/SMPH>

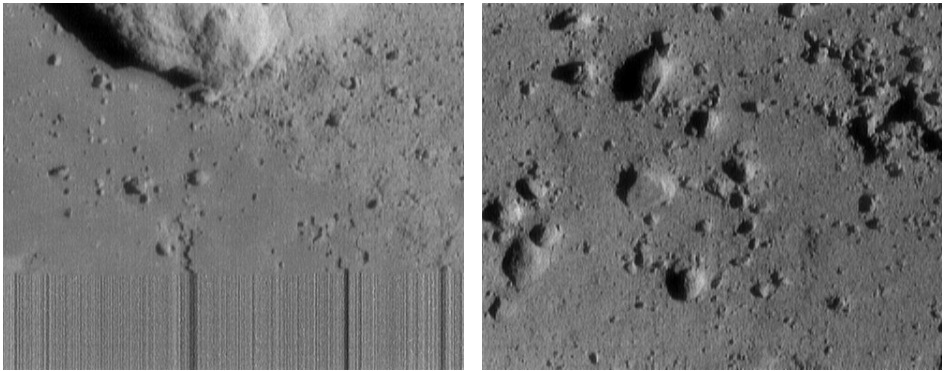


Obr. 1 — Na mozaice snímků z 25. 1. 2001, kterou sonda NEAR vyfotografovala z výšky 25 km, vidíme předpokládané místo jejího přistání. Nachází se blízko hranice dvou zcela odlišných oblastí: na jihu a východě leží starší, kráterovaný terén, zatímco na severu je sedlo Himeros, v němž je hustota kráterů evidentně nižší. Relativně nedávno tam musely proběhnout procesy, které povrch přeměnily a staré krátery zahladily (mohlo se jednat např. o sesuvy — viz též barevný obr. 18 v [1]). Vyznačeny jsou také polohy a rozměry některých kráterů (bledě-modrou barvou) a balvanů (žlutě). Souřadnice na osách jsou stupně délky a šířky. Šest obdélníků znázorňuje velikost zorného pole kamery MSI ve výškách 500, 1000, 1500, 2000, 2500 až 3000 metrů nad povrchem (sonda však během sestupu snímkovala povrch rychleji, nejen ve vyznačených bodech). Šipka ukazuje na plánované místo přistání; odchylka nakonec činila asi 200 m. © NASA/JHUAPL

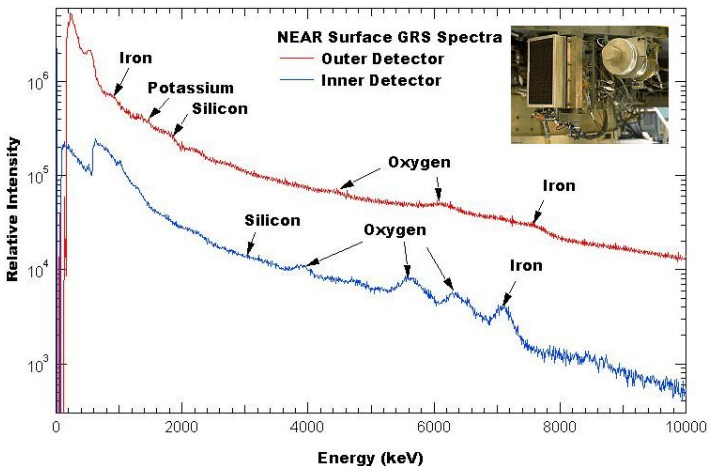
manévr	čas UT	výška/km	trvání
0	15:31	26	20 s
1	19:16	6,9	2 min 59 s
2	19:31	4,1	6 min 15 s
3	19:47	1,6	7 min 19 s
4	19:58	0,39	3 min 4 s



Tab. 1 — Seznam pěti brzdících manévrů při řízeném sestupu NEARu 12. 2. 2001, uveden je čas v UT, výška nad povrchem a doba trvání zážehu motorů. Přerušeni signálu při dopadu nastalo ve 20:01:52 UT. Na obrázku vpravo vidíme pravděpodobnou polohu sondy po dosednutí na povrch — na boku, opřená o dva sluneční panely.



Obr. 2 — (a) Poslední snímek před dosednutím z výšky 120 metrů a (b) pořízený ve výšce 250 m nad povrchem. Vzhledem k malému zornému poli kamery MSI měří oblast napříč pouhých 6, resp. 12 metrů. Spodní část obrázku byla ztracena kvůli přerušení jeho přenosu k Zemi, jak sonda dopadla na povrch a tím se náhle změnila orientace hlavní antény. *Nové povrchové útvary.* Na spodním okraji snímku (a), nalevo od středu, je viditelná propadlina sinusovitého tvaru o velikosti ruky, která by mohla vzniknout odstraněním podložního materiálu a následným propadem povrchu. Podstata takových geologických procesů na Erosu však zatím není známá. Pozoruhodná je též existence velmi ostrých rozhraní mezi různými typy povrchu; srovnajte např. pravý horní roh snímku s levým dolním, kde se vyskytuje zcela hladký povrch (bez malých impaktů) pokrytý jemným prachem. Snímek (b) ukazuje vpravo nahoře příklad kupy balvanů. Vznikají takové skupiny rozlámáním většího balvanu, nebo jinými procesy? © NASA/JHUAPL



Obr. 3 — Gama spektrum (relativní intenzita v závislosti na energii) získané přímo na povrchu Erosu sedmidenním měřením spektrometrem XGRS sondy NEAR. Přístroj má dva detektory, v grafu jsou odlišeny červenou a modrou barvou. Ve spektru jsou identifikovány spektrální čáry Fe, K, Si a O. © NASA/JHUAPL