

Na čem pracujeme: Voda na Měsíci v místech přistání misí Artemis

13.1.2025 - | Astronomický ústav AV ČR

Názory na přítomnost vody na Měsíci prošly dramatickým vývojem. V polovině 19. století byla jakákoli možnost vody na Měsíci kategoricky odmítána. Vědci tehdy věřili, že vzhledem k absenci atmosféry a vodních útvarů, jako jsou řeky nebo jezera, nemůže voda na Měsíci existovat. Tento názor se začal měnit až s vývojem moderních technologií a metod pozorování. První zlom přišel během programu Apollo, kdy byly ve vzorcích měsíčního regolitu nalezeny stopy vody.

Definitivní potvrzení přítomnosti vody přinesla mise indické sondy Chandrayaan-1 v roce 2008, která objevila hydroxylové molekuly na povrchu Měsíce, zejména v polárních oblastech. Další mise (např. Lunar Reconnaissance Orbiter, LRO) odhalily možnost existence vodního ledu v trvale zastíněných kráterech u jižního pólu. Tyto oblasti, kde se teploty dlouhodobě drží hluboko pod bodem mrazu, se ukázaly jako klíčové pro hledání zdrojů vody.

Požadavek na vodu nelze při plánování kosmických misí opomenout. Pokud by se tedy stavěla měsíční základna v místech, kde je vody dostatek z místních zdrojů, přítomnost vody by mohla výrazně snížit náklady na průzkum Měsíce a případné kolonizace, neboť by nebylo nutné dopravovat tyto zdroje ze Země. Je samozřejmě možné na odhadnutá místa vysílat automatické sondy, jenže to je velmi drahé. Bylo by tedy velmi vhodné, kdyby bylo možné množství potenciálních vhodných lokalit zúžit nějakými výrazně levnějšími metodami.

Jednu z takových metod nabízí dálkový průzkum prostřednictvím studia gravitačního pole Měsíce. Na využití tzv. gravitačních aspektů poukazoval tým Jaroslava Klokočníka z ASU již v minulosti. Metodika se osvědčila při hledání jezer nebo sopečných kuželů pod ledovým příkrovem Antarktidy, pro hledání podzemních rezervoárů tekutých uhlovodíků v arabské poušti, ke studiu impaktních kráterů na Zemi nebo při studiu gravitačního pole Marsu a Měsíce. Gravitační pole rozlehlých objektů v sobě totiž obsahuje mnohem více informací než jen pouhou hmotnost tělesa. S pomocí sofistikovaných přístrojů lze sestavit tzv. model gravitačního pole, který zachycuje jeho globální charakteristiku. Důležitou informací o vnitřní struktuře tohoto tělesa (např. o jeho hustotních variacích) přináší zejména tzv. vyšší momenty gravitačního pole, které umožňují popsat odchylky rozložení hmoty od idealizovaného stavu. Anomálie gravitačního pole jsou vyvolány nejrůznějšími strukturami na povrchu těles a pod ním. Tradiční postup jejich studia pomocí gravimetrů nestačí k jejich kompletnímu popisu. Proto před lety začal tým J. Klokočníka využívat tzv. gravitačních aspektů, které jsou funkcemi gravitačního potenciálu. Nejznámějším gravitačním aspektem je gravitační anomálie. J. Klokočník a jeho kolegové jich ale používají celkově sedm a zkušenosti ukazují, že by měly být vyhodnocovány komplexně. Přesto se zdá, že pro hledání podpovrchových zásob vody jsou vhodné zejména směry úhlů napětí (strike angles). Ty mohou svědčit pro systematické silové působení nebo namáhání a mimo jiné se v nich propisuje i porozita materiálu.

Autoři článku se zaměřili na využití modelu gravitačního pole Měsíce známého jako GRGM1200A, který byl vytvořen na základě dat získaných sondami GRAIL. Tento model umožňuje podrobnou analýzu gravitačního pole až do rozlišení přibližně 10 kilometrů. Jak již bylo řečeno, klíčovým parametrem studie byly směry úhlů napětí, které reagují na anizotropii a existenci napětí v horninách. Empirická zkušenost z jiných kosmických těles, zejména ze Země, ukazuje, že v oblastech, kde jsou úhly seřazeny („učesány“, combed), je vyšší pravděpodobnost přítomnosti porézních materiálů, jako jsou sedimenty, nebo dokonce podzemní voda (na Měsíci přirozeně ve

formě ledu). Naopak, v běžné situaci mají úhly napětí náhodné rozdělení.

Výsledky ukazují, že směry úhlů napětí jsou více učesány v polárních oblastech Měsíce než jinde. Tento jev je zvláště výrazný v jižní polární oblasti, kde se nachází několik trvale zastíněných kráterů, jako je Malapert A. Tyto oblasti vykazují vysokou pravděpodobnost přítomnosti podzemní vody. Autoři studie také zjistili, že výběr přistávacích míst pro mise Artemis a IM-1 byl velmi dobře zvolen. Například kráter Malapert A, vybraný jako přistávací místo pro misi IM-1, vykazuje silné seřazení úhlů napětí. Připomeňme, že IM-1 byla technologická mise, během níž se soukromé společnosti poprvé povedlo měkce přistát na povrchu Měsíce. Autoři představované práce však navrhli i další lokality v okolí, které by mohly být slibné pro budoucí výzkum podpovrchových zásob vody. Statistická analýza ukázala, že v polárních oblastech je výskyt učesaných úhlů napětí přibližně třikrát častější než v jiných částech Měsíce. To podporuje hypotézu, že polární oblasti jsou nejvhodnější pro budoucí osídlení a těžbu vody. Navíc ale tato skutečnost umožňuje otevřít spekulace, že i Měsíc má své polární čepičky podobné těm na Zemi nebo Marsu. Na Měsíci by však byly skryty v podpovrchových horninách. Přestože tento jev není potvrzen jinými gravitačními aspekty, jeho fyzikální základ je rozumný a odpovídá současným poznatkům o vývoji Měsíce.

Metoda zevrubné analýzy gravitačních aspektů tak představuje inovativní nástroj pro dálkový průzkum Měsíce. Její hlavní výhodou je nízká cena a nezávislost na jiných metodách. Přestože výsledky nelze interpretovat jako definitivní důkaz přítomnosti vody, poskytují silné indikace, které mohou být ověřeny dalšími metodami dálkového průzkumu nebo přímo na místě.

J. Klokočník a kol., Groundwater at the Southern Pole of the Moon via the Gravity Strike Angles: IM-1 and Artemis, Planetary and Space Science (2025) v tisku.

<https://www.asu.cas.cz/articles/2362/19/na-cem-pracujeme-voda-na-mesici-v-mistech-pristani-misi-ar-temis>