

TISKOVÁ ZPRÁVA

Praha 8. srpna 2024

Akademie věd ČR
Národní 1009/3, 110 00 Praha 1
www.avcr.cz

ČEŠTÍ VĚDCI JAKO PRVNÍ VIDĚLI 3D STRUKTURU ORGANICKÉHO MATERIÁLU STARŠÍHO NEŽ ZEMĚ. VZOREK POCHÁZÍ Z ASTEROIDU RYUGU

Čeští vědci drží významné prvenství. Jako první pozorovali 3D strukturu zakonzervované organické hmoty z blízkozemní planety Ryugu. Vzácné vzorky tam odebrala v roce 2019 japonská sonda Hajabusa 2. Česká republika je jednou z mála zemí, kam je japonská agentura JAXA v roce 2022 zaslala. Díky tomu mohli čeští vědci z pražského Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR na pracovištích brněnského CEITECu a společnosti TESCAN podrobně tyto vzorky prozkoumat a získat důležité poznatky o vývoji 4,5 miliardy let zakonzervované organické hmoty. První výsledky zkoumání shrnuje článek, který nyní vyšel v prestižním časopise [Nature Communications](#).

Vzorky z asteroidu Ryugu jsou podobné typům meteoritů zvaným CI chondrity, které vznikly nahromaděním prachu mateřské mlhoviny pouhých několik milionů let po zrodu Sluneční soustavy, ke kterému došlo před více než 4,5 miliardy let. CI chondrity jsou nejprimitivnějším materiálem, který byl ve Sluneční soustavě doposud nalezen. Výzkum těchto mimozemských těles proto slouží k pochopení chemického složení rané Sluneční soustavy.

Organický materiál z doby vzniku Sluneční soustavy

Japonská agentura JAXA poskytla českým vědcům pod vedením Hiteshe Changely pro výzkumné účely zrno asteroidu Ryugu o velikosti přibližně 1,5 mm.

„Na výzkumu vzorků asteroidu Ryugu v naší laboratoři je patrný velký rozdíl mezi daty, která mohou vědci získat. Sonda Hajabusa 2 při obrovských nákladech dovezla 5 g vzorku jednoho z asteroidů. Vzorky jsou tak vzácné, že byly odeslány jen několika laboratořím, včetně té naší, a mohly být prozkoumány výhradně pomocí mikroskopických technik,“ říká Martin Ferus, vedoucí Oddělení spektroskopie v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského Akademie věd.

Kontakt pro média: **Markéta Růžičková**
Divize vnějších vztahů AV ČR
press@avcr.cz
+420 777 97 0812

Mirka Macháčková
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
miroslava.machackova@jh-inst.cas.cz
+ 420 739 058 416

Radegast jen o málo větší než zrno písku

Zrno pod označením A0083 bylo nedlouho po svém přiletu pojmenováno Radegast a je jen o něco málo větší než zrno hrubého písku.

Vědci podrobili vzorek zkoumání pomocí řady pokročilých mikroskopických technik. Pomocí techniky FIB-SEM (*Focused Ion Beam – Scanning Electron Microscopy*) byla v části vzorku o rozměrech $60 \times 65 \times 20 \mu\text{m}$, což je méně než tloušťka lidského vlasu, provedena tomografie.

Při tomto procesu svazek iontů Xe^+ postupně „odřezával“ vrstvy materiálu tenké pouze 25 nm. Ze série tisíců snímků těchto „řezů“ pořízených skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM) byl následně sestaven tomogram, který poskytl informace o 3D rozložení hmoty ve studovaném vzorku. Českým vědcům se tak jako prvním na světě povedla zobrazit 3D struktura organických částí starších než Země.

Pro identifikaci přítomných minerálů byla využita spektrální analýza rentgenového záření (EDS), které vznikalo interakcí vzorku s vysokoenergetickými elektrony v SEM. Detailnější snímky pak poskytla transmisní elektronová mikroskopie (TEM). Detailní snímky ukazují všudypřítomný jílový minerál (především serpentin a saponit), ve kterém jsou zanořena zrna magnetitu (Fe_3O_4), sulfidů železa, fosforečnanů a přítomné uhlíkaté hmoty. Takováto mineralogie je důkazem procesů zvětrávání primárních minerálů (olivín, pyroxeny) vodou, jež protékala tělesem v počátcích Sluneční soustavy.

Povaha samotné organické hmoty byla zjištěna pomocí analýzy využívající synchrotronové záření (STXM-XANES), kterou provedli kolegové z Japonska. Kombinací těchto výsledků s vysoce rozlišeným TEM snímkováním prokázala přítomnost organických částic a difuzní organické hmoty rozptýlené ve všudypřítomných jílových minerálech. Zatímco povaha organických částic je bohatá na hydrofobní aromatické sloučeniny, rozptýlená difuzní organická hmota zase na výskyt polárních karboxylových skupin.

Získané výsledky přinášejí cenné informace k objasnění povahy organické hmoty, která mohla být v raných fázích Sluneční soustavy dopravena na povrch Země a mohla být i důležitou surovinou pro vznik života na naší planetě.

„Proti tomu námi vedený spektrální průzkum meteorů ze Země, ze stratosférického balonu nebo družice v kosmu přináší jen zlomek informací, zejména o jejich prvkovém složení. Nicméně, toto pozorování je možné učinit pro obrovské množství úlomků asteroidů a komet, které kříží dráhu Země, vstoupí do atmosféry, způsobí meteor a zaniknou. Spektrální a obrazový záznam je tak jediný zdroj informací o jejich složení a původu. Naším cílem je ale využít znalosti z výzkumu Ryugu a vzorků meteoritů v naší laboratoři, naše vlastní pozorování meteorů ze stratosférických balonů a vesmírných družic pro vývoj přístrojů, které bude možné vyslat na palubě levných CubeSatů přímo k asteroidům a kometám a které přinesou díky pokročilým technologiím dosud bezprecedentně přesná a podrobná data srovnatelná svou kvalitou s pozemskými laboratořemi,“ dodává Martin Férus.

Mezinárodní spolupráce

Pro studium vzorku Radegast bylo sestaveno mezinárodní konsorcium vedené výzkumníky z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Mimo tuto instituci zahrnovalo konsorcium rovněž vědce ze Středoevropského technologického institutu CEITEC, společnosti TESCAN ORSAY HOLDING a.s. a Mendelovy univerzity. Ze zahraničí se na studii podíleli vědci z Univerzity v Leicesteru (UK), Národní technické univerzity v Athénách (Řecko) a Národní univerzity v Yokohamě (Japonsko).

Prozkoumání vzorků asteroidů Ryugu je součástí dlouhodobého výzkumu meziplanetární hmoty a evoluce organických látek, které se staly základními ingrediencemi pro vznik života na rané Zemi. V současné době tým z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR plánuje misi přístroje pro spektrální výzkum meteorů ze stratosférického balonu a následně evropské kosmické robotické laboratoře Space Rider.

Více informací:

Hites Changela, Ph.D.

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
changela@unm.edu
+447 831 867 254

Mgr. Lukáš Petera

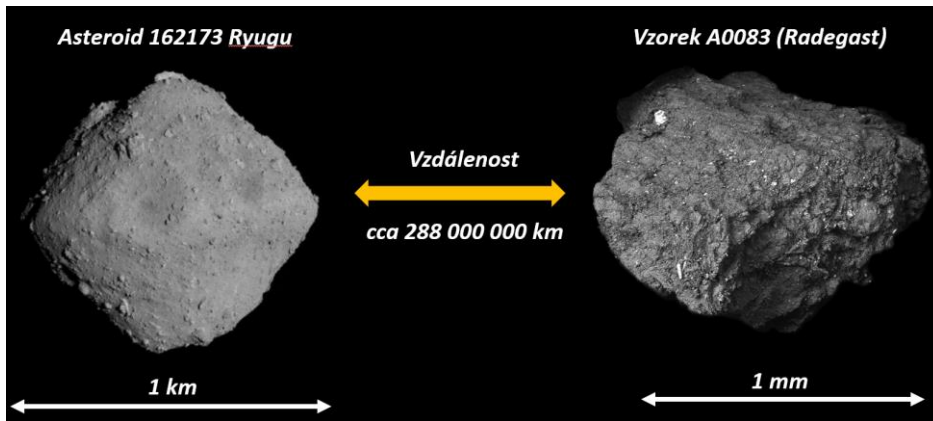
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
lukas.petera@jh-inst.cas.cz
+420 739 474 673

RNDr. Martin Ferus, Ph.D.

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR
martin.ferus@jh-inst.cas.cz
+420 728 013 044

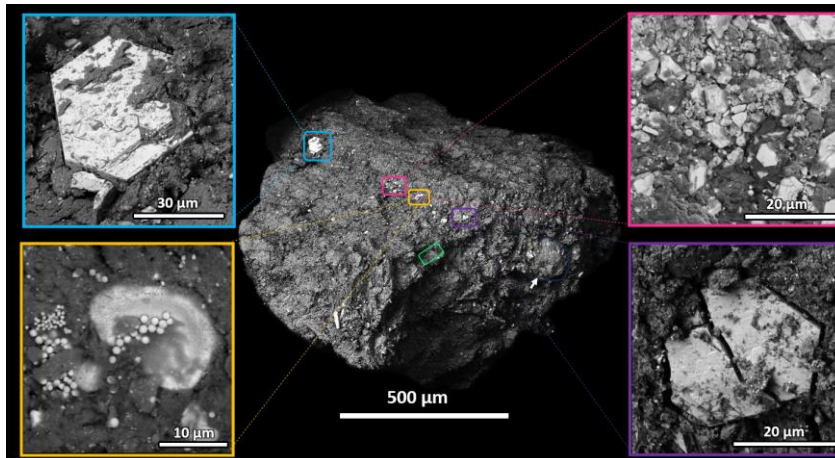
Odkaz na videa: [zde](#) a [zde](#)

Fotogalerie:



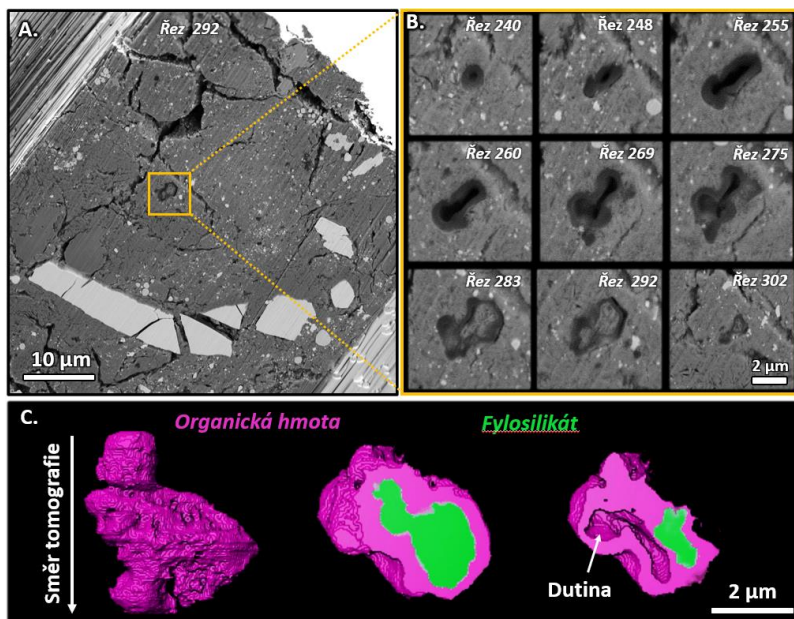
Porovnání snímku asteroidu 162173 Ryugu a snímku vzorku Radegast pořízeného skenovacím elektronovým mikroskopem v CEITEC Nano (Brno).

Foto: JAXA, CEITEC Nano.



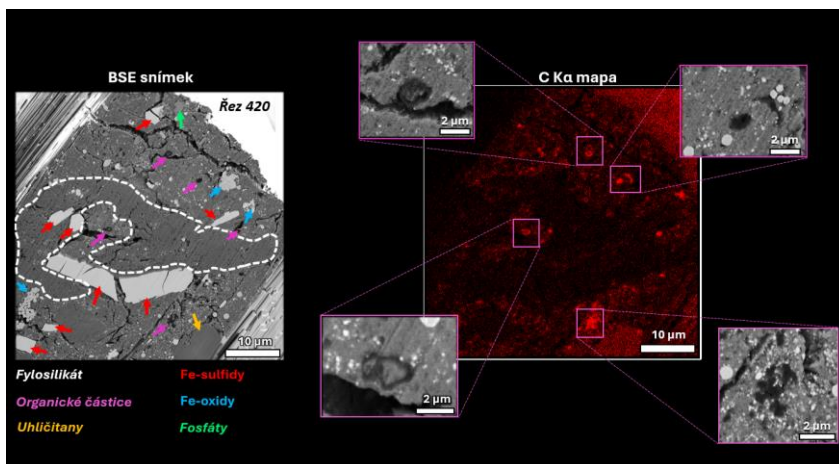
SEM snímky zrna Radegast (CEITEC Nano). **Uprostřed:** Snímek celého zrna. Barevnými rámečky jsou vyznačeny detailnější snímky ukazující různorodou povahu materiálu.

Foto: CEITEC Nano.



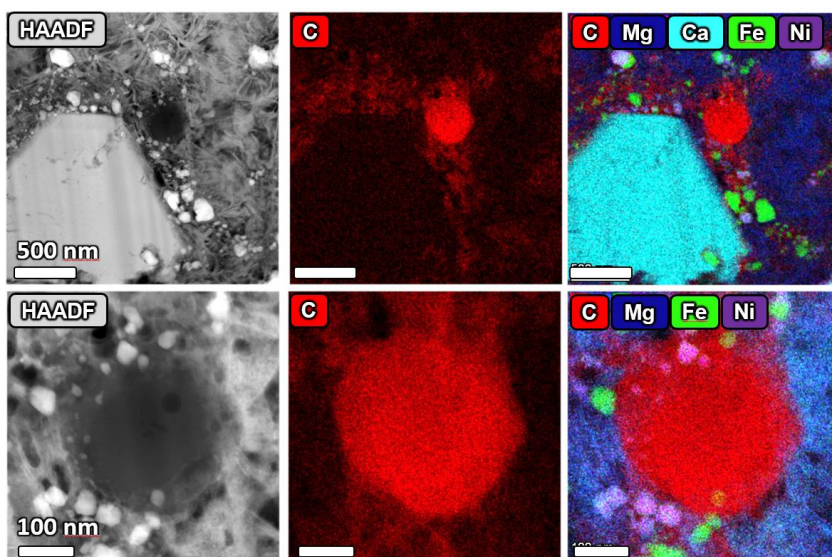
FIB-SEM tomografie. **Panel A:** SEM snímek vybraného řezu studovaným objemem. Světlejší částice odpovídají oxidickým a sulfidickým minerálům, světle šedá hmota představuje fylosilikátovou matici (jílový minerál). Nejtmavší části odpovídají organické hmotě. **Panel B:** kompozice 9 vybraných detailních snímků organické částice. Lze vidět, jak se tvar částice v průběhu řezů mění. **Panel C:** 3D render organické částice získaný filtrováním specifického signálu z tomogramu.

Foto: TESCAN.



FIB-SEM tomografie. **Vlevo:** BSE snímek vybraného řezu s přiřazenými minerály. **Vpravo** je uvedena vybraná EDS mapa uhlíku. Viditelné hot-spots odpovídají organickým částicím. „Zašuměné“ okolí odpovídá difuzní organické hmotě rozprostřené v matici jílového minerálu.

Foto: TESCAN.



TEM-EDS snímky ultratenké sekce. **Vlevo:** TEM snímky vybrané oblasti a jejího detailu. **Uprostřed:** EDS mapa uhlíku. Hot-spot odpovídá organické částici. **Vpravo:** kompozitní EDS mapa uhlíku, hořčíku, železa a niklu. Lze vidět, že organická částice je obklopena fylosilikátovou maticí a minerály, jako jsou sulfidy a oxidy železa a fosforečnanu vápenatého.

Foto: CEITEC MUNI



Hitesh Changela, Ph.D.
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Foto: ÚFCH JH AV ČR.



Mgr. Lukáš Petera

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Foto: ÚFCH JH AV ČR.



RNDr. Martin Ferus, Ph.D.

vedoucí Oddělení spektroskopie. Foto: ÚFCH JH AV ČR.