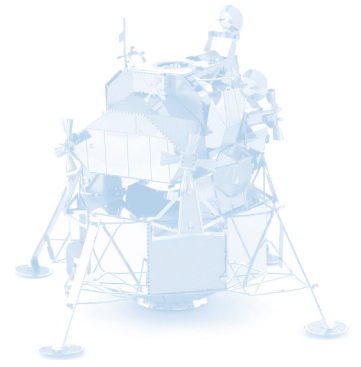


Drží ho pohromadě 10 000 nýtů

Maketa lunárního modulu „dokuje“ u pražského Planetária již 5 let



Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 00 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

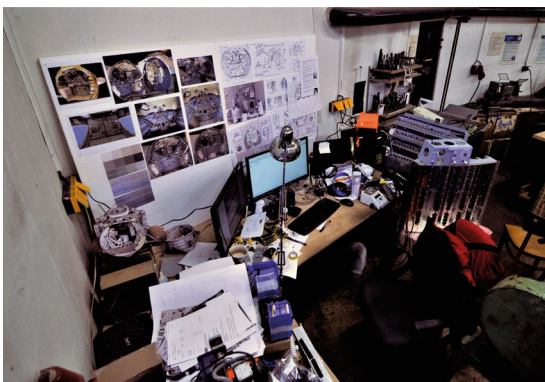
Psal se tehdy rok 1969, kdy se uskutečnilo historicky první přistání člověka na Měsíci. Americký prezident Richard Nixon tenkrát prohlásil, že „dosud nikdy nestál svět těsněji pohromadě“. Svět jásal... Byl to naprosto unikátní počín naší civilizace. Čin, který navždy zůstane v našich myslích, i když budou přicházet další a nová vesmírná vítězství. A 20. července 2019 lunární modul opět „přistál“ – tentokrát před budovou Planetária v Praze (Planetum).

Desítky poničených vrtáků, troje zlomené kleště a spousty hodin tvrdé a trpělivé práce – tak nějak vznikala maketa přistávacího modulu Eagle Apollo 11 (LEM) v reálné velikosti. „V celé Evropě jsou takové modely pouze dva, ale ten náš český je jedinečný tím, že do něj mohou návštěvníci vstoupit a na chvíli zažít téměř skutečné pocity astronauta.“ připomíná RNDr. Václav Pavlík, Ph.D.,¹ který tehdy pracoval v programovém oddělení pražského Planetária (Planetum).

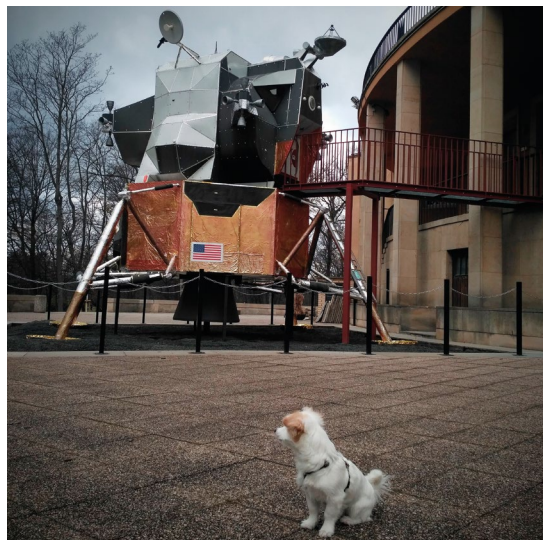
■ **Jana Žďárská:** Ještě než se ponoříme do technických podrobností této unikátní stavby, mohli byste nám říci, co znamená pro vás osobně přistání člověka na Měsíci?

Václav Pavlík: Je to pro mě skutečný vrchol tehdejších technologických možností. Pokud se podíváte na to, co přistání na Měsíci předcházelo, byl to neuvěřit-

¹ Václav Pavlík, Jana Žďárská: Hvězdná dynamika. Čs. čas. fyz. 71, 402–409 (2021)

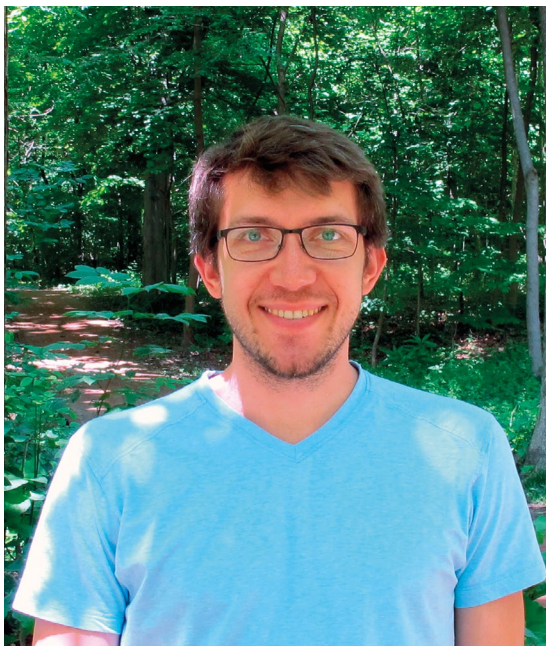


Obr. 1 Tak tady v kanceláři Michala Brodila to všechno začalo – myslím, že více slov netřeba... Foto: Archiv Planetum



Obr. 2 Stavební dozor – Buddy – pes pana Pavlíka byl nejoblíbenějším členem týmu. Foto: Václav Pavlík

elný pokrok ve vývoji používaných technologií, ve výzkumu různých materiálů, v komunikaci či ve znalostech lidské fyziologie. Samotné přistání už bylo jen takovou třešničkou na dortu, čímž ho tedy nechci znehodnotit, ale ono přistání a zapíchnutí vlajky bylo spíše mocenským aktem USA a důkazem vítězství nad Sovětským svazem než čímkoliv jiným. Ovšem co je velmi důležité, to jsou experimenty, které všechny mise Apollo (nejen ta první) zanechaly na povrchu Měsíce, a vzorky, které přinesly zpět – ty nám totiž o našem vesmírném sousedovi poodhalily další hodnotné informace. Víte, dnes jsou americké vlajky na Měsíci dávno popadané a slunečním zářením vyšisované doběla.



RNDr. Václav Pavlík, Ph.D., se narodil v roce 1990, absolvoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy (obor teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika, Mgr. 2014, RNDr. 2018, Ph.D. 2019), poté strávil téměř rok na Astronomickém ústavu AV ČR v Ondřejově, tři roky působil jako postdoktorský vědec v USA na Department of Astronomy, Indiana University Blomington, a v posledním roce i jako hostující profesor na tamním Department of Physics. Nyní pracuje na Astronomickém ústavu AV ČR, kde má prestižní evropský grant MERIT s podporou Marie Skłodowska-Curie Actions a Středočeského inovačního centra. Ve vědě se zabývá hvězdnou dynamikou, zejména vývojem hvězdokup, které studuje pomocí numerických modelů. Kromě toho se také dlouhodobě věnuje výuce mladší generace astronomů a popularizaci. Od roku 2012 působí v komisi Astronomické olympiády a též jako redaktor v časopise *Astropis*, mezi léty 2018 až 2020 pracoval jako člen programového oddělení Planetária Praha (Planetum), přeložil několik populárně-vědeckých knih a nyní napsal i dvě pohádkové astronomické knížky pro děti, první² již vyšla v nakladatelství Aventinum a druhá je plánovaná na příští rok.

Vědecké experimenty na jeho povrchu však stále fungují a je jedno, kdo je tam dal. Důležité je, že tam jsou a že s jejich pomocí můžeme měřit, jak se od nás Měsíc vzdaluje či jakou má seismickou aktivitu. Věda by měla být nadnárodní a budme rádi, že to tak je – vezměte např. spolupráci na ISS, kam, doufáme, brzy poletí i český astronaut³, nebo spolupráci v rámci ESO a ESA.

■ **JŽ:** Jak a kdy vlastně vznikl nápad postavit maketu lunárního modulu?

VP: To vím docela přesně – bylo to v lednu 2018. Tehdy se dramaturgická rada planetária rozhodovala, jak co nejlépe a nejdůstojněji oslavit 50. výročí přistání člověka na Měsíci. A shodli se právě na tomto návrhu – pokusit se vybudovat maketu LEM.

■ **JŽ:** A podle jakých podkladů jste LEM budovali? Podařilo se vám získat projektovou dokumentaci a potřebovali jste například i nějaké zvláštní povolení od NASA?

VP: Nebylo to zase tak složité, jak se může na první pohled zdát. NASA některé části technické dokumentace zveřejnila, takže do nich tvůrci mohli nahlédnout. A také náš dlouholetý kolega Michal Brodil – velký nadšenec, modelář a koordinátor celé stavby – přesně věděl, kde a jak získat potřebnou dokumentaci. Asi nejvíce nám pomohly také zkušenosti jiných modelářů.

■ **JŽ:** Hlavním cílem pracovníků planetária bylo, aby byl model přesný, a to v poměru 1:1. Je takto zkonstruován jako jediný na světě?

VP: V tomto provedení ano. Jeden prototyp při tehdejších testech NASA shořel v atmosféře, další zase neletěl a je nyní instalován v americkém muzeu. Není ale možné do něj vstoupit. Další podobný modul je k vidění v Německu. Ten je dokonce pro názornost rozříznutý na dvě poloviny a je otevřený, aby bylo vidět přístroje uvnitř. Ale nikde na světě prostě nemáte modul, který by byl replikou 1:1 a dalo by se do něj vstoupit a alespoň takto zprostředkovaně částečně zažít to, co prožívali tehdejší astronauté cestou na Měsíc.

■ **JŽ:** Lunární modul, který přistál na Měsíci, je označován zkratkou LEM? Jak toto označení vzniklo?

VP: Původně zkratka LEM označovala Lunar Excursion Module, což byl modul kosmické lodi Apollo, určený k přistání na Měsíci. Později se o něm hovořilo jako o Lunárním modulu Apollo – s označením LM. To se ale taktéž vyslovovalo jako LEM. Jednalo se o první kosmickou loď s posádkou, která přistála mimo planetu Zemi.

■ **JŽ:** Mohl byste nám říci, jaké jste pro stavbu makety modulu LEM použili materiály?

VP: Původní LEM byl postaven jako letecká konstrukce z tomu odpovídajících materiálů – tedy především z hliníku a titanu. Pro naši repliku jsme zvolili ocel, hliník a produkty 3D tiskárny. Potřebovali jsme dosáhnout především toho, aby maketa modulu dokázala odolávat povětrnostním podmínkám a zároveň udržela svoji vlastní váhu spolu s váhou návštěvníků uvnitř.

■ **JŽ:** Máte nějak zdokumentováno, kolik materiálů se na stavbu modelu spotřebovalo? A nastaly v průběhu tvorby modelu například i nějaké „pracovní“ ztráty?

VP: Spotřebovala se především spousta železa, hliníku a oceli (jekly, plechy, trubky). K tomu také 14,4 ki-



Obr. 3 Na stavbě modulu bylo odpracováno celkem 6 690 hodin, a to v rozmezí od 1. května 2018 do 17. června 2019. Foto: Archiv Planetum

2 Václav Pavlík: *O Zmizelé Hvězdě*, Aventinum, ISBN 978-80-7442-157-0

3 Michael Prouza, Václav Pavlík: Česká cesta do vesmíru. *Astropis* 141, 21–22 (2024).

lometru filamentu o průměru 1,75 mm, který se používá jako plnivo pro 3D tiskárnu. A celý modul drží pohromadě asi 10 000 nýtů. A ztráty? Když nebudu počítat mozoly stavitelů, ke kterým se přiznali, když jsem sbíral informace k tomuto článku, zlomilo se při výrobě 63 vrtáků a troje kleště.

■ **JŽ:** *Když člověk přichází k planetáriu, působí model LEM velmi impozantně. Jak probíhala tato speciální stavba a kolik „stavitelů“ a jak dlouho na maketě pracovalo?*

VP: Máme zdokumentováno, že na stavbě modulu bylo odpracováno celkem 6 690 hodin, a to v rozmezí od 1. května 2018 do 17. června 2019. Ze zaměstnanců bych rád jmenoval stálé členy stavebního týmu: Michala Brodila, Josefa Grézla, Tomáše Rajznovera, Martina Červeného a Jaroslava Machače. Na stavbě spolupracovali i další zaměstnanci planetária, když bylo třeba, pak i různí brigádníci a také nasmlouvaní řemeslníci – zámečníci, bagrista, jeřábník a několik řidičů. To proto, že pro usazení modulu bylo třeba důkladně připravit i stávající podloží před budovou planetária a umístit také lávku pro návštěvníky.

■ **JŽ:** *Hovoříte o usazení makety před budovou planetária. Kde jste tedy samotný model sestavovali a jak poté probíhal jeho transport?*

VP: Modul byl stavěn přímo v podzemí planetária. Spodní část modulu – tedy ten zlato-černý mnohostěn – se vyráběl po částech. Tvoří jej čtyři kvádry



Obr. 4 Vzletový modul bylo třeba vytvořit najednou, aby skutečně co nejpřesněji imitoval LEM. Foto: Archiv Planetum

a na nich jsou usazeny čtyři trojúhelníkové konstrukce, které se svařovaly až přímo před budovou. Druhou část makety, tedy vzletový modul, bylo třeba vytvořit najednou, aby skutečně co nejpřesněji imitoval LEM. Kdybychom ho ale postavili uvnitř budovy, neměli bychom ho kvůli jeho rozměrům kudy dostat ven. Proto byl pro něj zbudován vlastní přístěnek u zásobovacího vchodu do planetária. Když byl modul hotov, odstranili jsme střešku přístěnku a pomocí jeřábu byl vzletový modul vynesena a usazen na osmihranný podstavec. Samotné nohy modulu byly upevněny a svařeny až úplně naposledy.

■ **JŽ:** *A mohl byste našim čtenářům přiblížit, v čem se především liší model pražského lunárního modulu od originálu?*

VP: Rozhodně se liší svojí hmotností. Pražský modul má dohromady 4 tuny a je také bez palivových ná-



Obr. 5 Spodní část modulu tvoří čtyři kvádry a na nich jsou usazeny čtyři trojúhelníkové konstrukce, které se svařovaly až přímo před budovou. Foto: Archiv Planetum

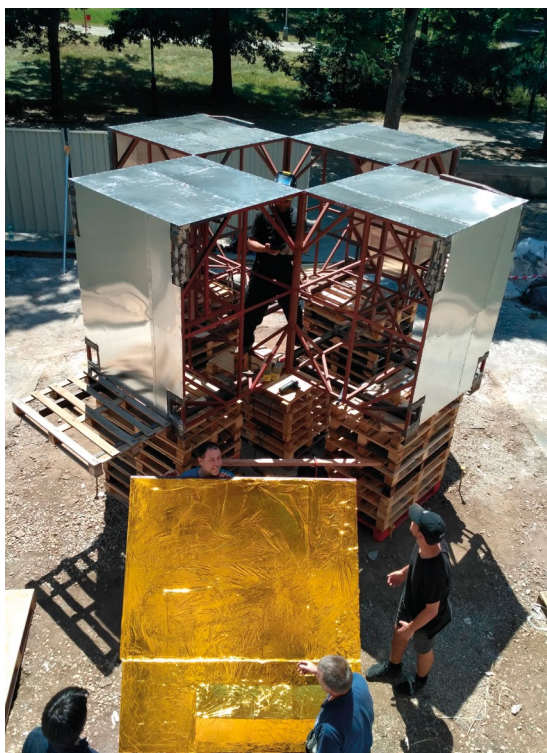
drží. Originál, který letěl na Měsíc, měl zhruba 11 tun, a to bez paliva – v takzvané suché variantě. S palivem vážil asi 15 tun. Náš prototyp je také vybaven různými výztuhami a taktéž samotná konstrukce je zevnitř proložena železným trámem, aby bylo možné modul zvednout a bezpečně jím manipulovat.

■ **JŽ:** *Zkonstruovat skutečný lunární modul, který letěl k Měsíci, bylo jistě velmi náročné a podílelo se na něm mnoho pracovníků. Jak jste tvořili maketu LEM vy a co bylo na celé akci nejobtížnější?*

VP: Za nejobtížnější lze považovat umístění vzletového modulu na přistávací mnohostěn, protože jeho hmotnost nebyla rozložena rovnoměrně. Vpředu jsou totiž umístěny ovládací panely a další technika, a na zadní straně není vlastně téměř nic. Asi nejsložitější proto bylo jej dostatečně vyvážit, aby bylo možné ho pomocí jeřábu bezpečně zvednout a přesunout na podstavec. K tomu konstruktéři použili železné trámy. Dalším obtížným úkolem bylo precízní vystavění pří-



Obr. 6 Typická trojúhelníková okna jistě mnohým z nás připomenou dramatickou situaci z filmu Apollo 13, kdy se astronauté snažili ručně zkoordinovat dráhu letu a jako pevný bod jim posloužila planeta Země v tomto okénku. Foto: Archiv Planetum



Obr. 7 Takto se rodila spodní část makety lunárního modulu. Foto: Archiv Planetum

stupové lávky, pomocí které by se mohli návštěvníci dostat bezpečně dovnitř i ven.

■ **JŽ:** Mohou návštěvníci modulu vidět také onu páčku, k jejímuž odlomení došlo před startem z Měsíce a astronauté ji pak provizorně nahradili propiskou?

VP: K odlomení zmiňované startovací páčky tehdy došlo při výstupu astronautů z modulu. Edwin „Buzz“ Aldrin pomáhal Neilu Armstrongovi vystoupit a poté, když bez pomoci sám opouštěl modul, otočil se a zavadil o jednu ze startovacích páček. Ani o tom vlastně nevěděl a oba astronauté tuto skutečnost zjistili teprve při návratu do vzletového modulu. Dokonce o tom mluví v jednom televizním rozhovoru. Nastala tehdy opravdu poměrně složitá, až dramatická situace – co dál? Takové věci se samozřejmě při výcviku na Zemi nesimulovaly. Takových to nepředvídatelných událostí se ale v kosmu může stát nepočítaně, proto musejí být astronauti také dobrými, a především kreativními mechaniky, aby si s podobnými záležitostmi uměli poradit.

■ **JŽ:** Jednalo se o závažné poškození či přímo nefunkčnost zmiňované startovací páčky?

VP: To nikoliv, ale astronauté měli nakonec takřka štěstí v neštěstí. Funkčnost byla zachována a bylo třeba jen vymyslet, jak její ovládání provizorně zajistit. Naštěstí pro astronauty byla před letem na Měsíc vyvinuta propiska, která byla schopna pomocí jinak fungujícího kapilárního efektu (dusíkové bublinky v tuze) psát i ve stavu beztláče. Shodou okolností měla dokonce i tu správnou velikost, a tak částí této propisovací tužky astronauté odlomenou páčku nahradili. Bylo to opravdu dobré načasování, protože do té doby byly ve stavu beztláče používány jen obyčejné dřevěné tužky. A taková tužka by v této osudné situaci určitě nepomohla. Replika této „slavné“ propisky je uložena v muzeu na staré hvězdárně v Ondřejově.

<https://ccf.fzu.cz>

■ **JŽ:** Startovací páčka ale byla poškozena i v maketě vašeho lunárního modulu. Mohl byste nám prozradit, jak k takové záležitosti může dojít i v pozemských podmínkách?

VP: Vysvětlení je poměrně jednoduché a názorné ukazuje, jak složitý pohyb ve stísněných prostorách lunárního modulu byl. Náš modul totiž krátce po zprovoznění navštívil také první československý kosmonaut Vladimír Remek⁴ a společně s ředitelem Planetária Jakubem Rozehnalem si jej uvnitř prohlíželi. A v rámci této prohlídky došlo skutečně k odlomení jedné z ovládacích páček – i když to nebyla ta startovací. Je to myslím odpovídající ukázkou toho, že pohyb v modulu nebyl pro astronauty úplně snadný, zvláště když navíc vězeli v objemných skafandrech.

■ **JŽ:** Umístění makety lunárního modulu před Planetárium se jistě neobešlo bez administrativy a různých povolení. Měli jste v tomto ohledu nějaké problémy ze strany úřadů, a pokud ano, tak jaké?

VP: Pro tuto stavbu muselo Planetárium skutečně získat nejedno povolení. Žádné zásadní problémy jsme s tím však neměli – bylo jen třeba dostat pravidlům a splnit kritéria, která jsou pro taková povolení nutná. Žádali jsme tedy o stavební povolení, povolení od památkářů a také od odboru pro životní prostředí, protože budova planetária je památkově chráněna. Důležité bylo také zaručení bezpečnosti přichozích návštěvníků.

■ **JŽ:** Postavit takto velký model jistě nebylo levné. Jakým způsobem jste tuto stavbu financovali?

VP: Celou stavbu financovalo samo Planetárium ze svých investičních zdrojů a dohromady stavba vyšla zhruba na jeden milion korun.

4 Jana Žďárská: Pod námi planeta Země. Čs. čas. fyz. 73, 490–497 (2023).



Obr. 8 Když byl vzletový modul hotov, byla odstraněna střecha přístěnku a na spodní část modulu jej přenesl jeřáb. Foto: Archiv Planetum



■ *JŽ: Maketa lunárního modulu stojí před Planetárium již několik let a není nijak chráněna před nepříznivými počasí. Kolik zim podle vašeho názoru ještě „přežije“ a je jí třeba na zimu nějak zakrývat?*

VP: O tom se samozřejmě také hodně uvažovalo, ale nepočítalo se s tím, že by se z tohoto důvodu kolem něj budoval nějaký přístřešek. Modul je samozřejmě nutné opravovat, protože, protože se taková věc opotřebí i třeba jen běžnými návštěvami. Zatím mělo Planetárium docela štěstí a zdá se, že se model dosud nestal terčem vandalů. A já se na něj jdu podívat pokaždé, když se jdu do Stromovky projít nebo si zaběhat. A s odstupem času – nyní je tomu již více než pět let – mohu říci, že se zatím drží.

■ *JŽ: Zažili jste i nějakou zajímavou příhodu v souvislosti s maketou LEM?*

VP: Jednu skutečně ano. Jeden z návštěvníků si totiž myslel, že náš modul je originál, který byl na Měsíci, a že ho sem dopravila NASA z Měsíce... Tady bych rád zmínil, že ten zlato-černý podstavec fungoval jako startovací rampa pro vzletový modul (vrchní bílá část), takže zůstal na povrchu Měsíce. Po přepravě věcí a astronautů ze vzletového modulu do velitelského modulu, který obíhal kolem Měsíce, byl vzletový modul oddělen a dopadl neznámo kam na Měsíc, přičemž se rozbil.

■ *JŽ: Vidět i vstoupit do makety LEM je velmi lákavé a atraktivní. Já sama jsem v něm byla již třikrát. Máte nějaký, třeba i hrubý odhad, kolik do něj dosud vstoupilo návštěvníků?*

VP: Ano, máte pravdu a mohu návštěvu jen doporučit. Nedávno jsem se o návštěvnosti bavil s Lenkou Soumarovou, zástupkyní ředitele Planetum, která mi prozradila, že jich bylo odhadem asi 30 tisíc.

■ *JŽ: Na závěr bych se ještě ráda zeptala na situování žebříků – astronauté prý tehdy na Měsíci museli doskočit přímo na tu velkou kulatou nohu modulu. Shoduje se v tomto případě vaše maketa s originálem LEM?*

VP: Situování žebříků na maketě odpovídá skutečnosti, ale zajišťovací táhlo s karabinkou zde oproti originálu nemáme a také zde není ani plato se zábradlím,

na které si mohli astronauté kleknout. Jinak tento žebřík skutečně končil asi metr nad povrchem a astronaut z něj musel seskočit. Vidím, že se tváříte docela vyděšeně, ale v šestinové gravitaci, která vládne na Měsíci, to byla hračka.

■ *JŽ: Děkuji vám za zajímavý rozhovor a také za fantastický zážitek, kdy jsem měla možnost stát v maketě lunárního modulu na místě Neila Armstronga, dotýkat se ovládacích prvků a hledět trojúhelníkovým oknem do prostoru pode mnou. A vůbec nevadilo, že to namísto povrchu Měsíce byla Země.*



Obr. 9 Maketu LEM dosud navštívilo zhruba 30 000 návštěvníků. Já jsem v něm byla už čtyřikrát a musím přiznat, že ve chvíli, kdy se octnu u ovládacího panelu, pokaždé se v myšlenkách vracím k prvním astronautům, kteří dobyli Měsíc. Kteří tam jako první lidé doletěli, přistáli, dokázali se po Měsíci pohybovat a při odletu vyřešit i zásadní problém ulomené startovací páčky, bez níž by nebylo cesty zpět... *Foto: David Žďárský*