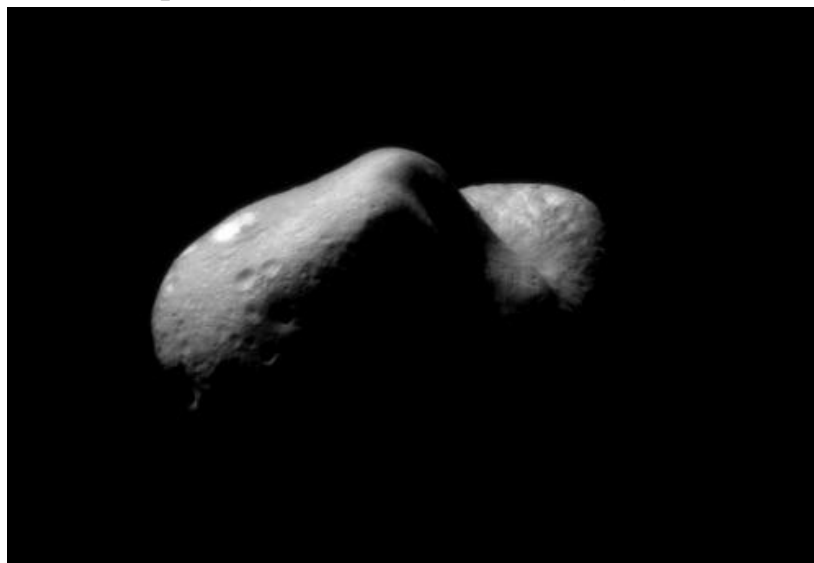


# SLNEČNÁ SÚSTAVA, NÁŠ DOMOV VI. – NEA, BLÍZKOZEMSKÉ ASTEROIDY RESP. OBJEKTY

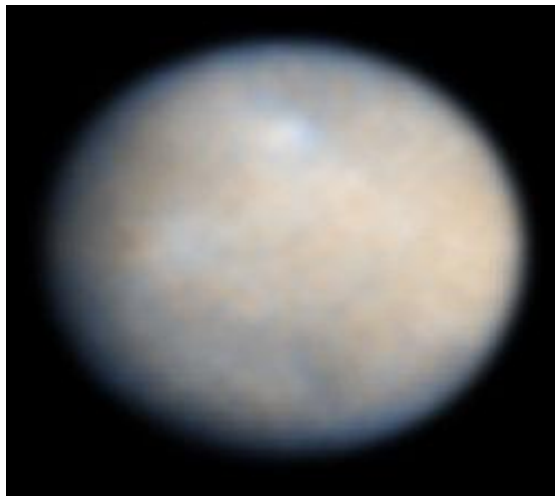
Najprv úplne všeobecná **klasifikácia asteroidov sústredených v oblasti medzi Slnkom a Jupiterom**, t. j. nielen v známom pásme asteroidov medzi Marsom a Jupiterom: Za Marsom nasleduje široká medzera, vyplnená tisíckami menších telies, ktoré sa nazývajú asteroidy (z gréckeho "podobné hviezde"), malé planéty, planetoidy (z gréckeho "podobné planéte") alebo planétky. Prvú a najväčšiu planétku Ceres objavil v prvý deň XIX. storočia (1. 1. 1801) taliansky astronóm Giuseppe Piazzi (1746 - 1826). Mimochodom, stalo sa tak v rámci medzinárodnej kampane hľadania „chýbajúcej planéty“ medzi Marsom a Jupiterom, ktorú inicioval viedenský kráľovský astronóm Maximilián K. Hell (1720 - 1792), náš rodák zo Štiavnických baní. Planétky medzi Marsom a Jupiterom v súčasnosti **tvoria najpočetnejšiu skupinu**. Pásma má tvar plochého prstenca a planétky sa v ňom pohybujú prevažne **vo vzdialenosti 2,1 a 3,3 AU od Slnka**. Najväčšia je planétka Ceres s priemerom **asi 1 000 km**. S priemerom nad 240 km poznáme 16 planétok. Ale s klesajúcou veľkosťou prudko stúpa počet planétok. Ku koncu apríla 2001 bolo známych viac ako 110 000 telies, pričom **až 41 655 bolo objavených v priebehu roka 2000**. Takýto mimoriadny nárast umožnilo využívanie nových pozorovacích aparátov a automatizované spracovanie snímok počítačmi. Pri pohľade na dráhy planétok v priestore nepoznať žiadnu zákonitosť, **sú rozložené náhodne**. Keď si ale vynesieme do grafu počet planétok v závislosti **na veľkej poloosi ich dráh**, uvidíme **výrazné členenie**. Túto štruktúru pásma planétok objavil a vysvetlil v roku 1857 americký astronóm Daniel Kirkwood (1814 - 1895). Podľa 3. Keplerovho zákona je od veľkej poloosi závislá obežná doba telesa. Ak je obežná doba planétky a Jupitera **v pomere malých celých čísel**, hovoríme, že planétka je **v rezonancii s Jupiterom**. Niektoré rezonančné dráhy sú **nestabilné** (tu vznikajú Kirkwoodove medzery bez planétok) a iné sú **stabilné** a zoskupujú sa v nich rodiny planétok (napríklad Trójania, rodiny planétok Hilda, Hygiena, Koronis a ďalšie). Osobitnou rodinou planétok **sú Trójania a Gréci**. Pri pohľade zo Slnka by ich bolo vidieť v dvoch skupinách: jednu okolo 60° pred Jupiterom (Gréci) a druhú okolo 60° za ním (Trójania) v oblasti Lagrangeových bodov. V Lagrangeových (tiež libračných) bodoch sa vyrovnávajú gravitačné vplyvy Slnka a Jupitera a odstredivá sila pôsobiaca na planétku. Mnohé z týchto planétok sú voči Lagrangeovým bodom na nestabilných dráhach a presúvajú sa

medzi oboma skupinami, takže sú **vlastne rozptýlené po celej dráhe Jupitera**. Doposiaľ poznáme 964 Trójanov a Grékov. Významnou skupinou planétok sú **blízkozemské telesá (NEA - Near Earth Asteroids)**. Je to pomerne nesúrodá skupina objektov **vymrštených z hlavného pásma planétok gravitačným pôsobením planét**. Časť telies sú vyhasnuté jadrá komét. Medzi NEA zaraďujeme objekty, ktoré **majú veľkú poloos menšiu ako 1,3 AU**. Bližšie sa delia na tri skupiny pomenované **podľa charakteristických planétok**. Rodina planétky Amor sú telesá, ktoré krížia dráhu Marsu, ale **nedosahujú dráhu Zeme** (napr. známa planétka Eros). Do apríla 2001 sme objavili **viac ako 600** Amorov. Rodina planétky Apollo sú asteroidy, ktoré **krížia dráhu Zeme** a ich obežná doba **je väčšia ako 1 rok**. Do apríla 2001 sme našli **tiež viac ako 600** Apolónov. No a rodina planétky Aten sú asteroidy krížiace dráhu Zeme **s obežnou dobou menšou ako 1 rok**. Atén poznáme **o málo viac ako 100**. Súhrnne sa všetky označujú ako planétky **typu AAA**. Veľmi sledovanou je skupina **potencionálne nebezpečných asteroidov (PHA - Potentially Hazardous Asteroids)**, sú to planétky, ktoré sa približujú k Zemi **na menej ako 0,05 AU (20 násobok vzdialenosti Mesiaca)** a sú jasnejšie ako 22mag, čiže **väčšie ako približne 150 m**. Pád telesa týchto rozmerov **už spôsobí významnú katastrofu**. Práve ich nachádzaniu sa venuje stále väčšia pozornosť, takže každý mesiac je objavených zopár nových potencionálne nebezpečných planétok. Celkove ich poznáme **viac ako 300**. Podľa teoretických modelov by sa v okolí Zeme malo nachádzať **veľké množstvo** malých telies na stabilných dráhach podobných Zemskej orbite **medzi 0,9 a 1,4 AU**. Doposiaľ však bolo nájdených veľmi málo planétok blízkozemského pásu (Near Earth Asteroid Belt), ako sa im hovorí.

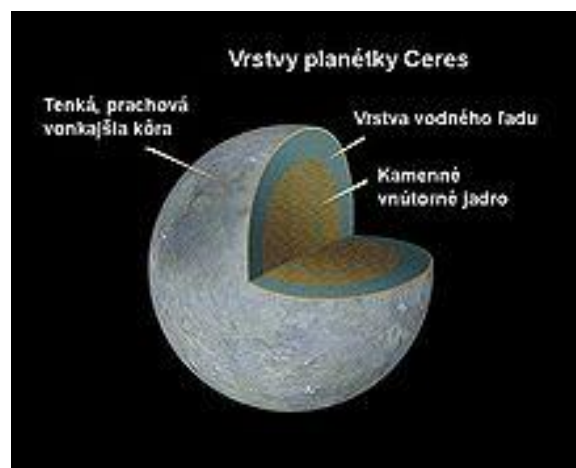


Asteroid (433) Eros

Ďalej uvedieme **základné poznatky** zo štúdie **J. Svoreňa a M. Husárika** o populácii asteroidov v Slnčnej sústave z hľadiska možných zrážok so Zemou. Ako uvádzajú títo autori (2006, s. 99-100), „Asteroidy (okrem desiatky najväčších) nie sú sféricky symetrické, ale veľmi nepravidelne tvarované. Gravitačná sila na ich povrchu nie je dostatočne veľká na vytvorenie guľového tvaru. Najhmotnejší asteroid Ceres má hmotnosť približne  $1,2 \times 10^{21}$  kg. Celková hmotnosť všetkých ďalších asteroidov okrem Ceresa je len 0,8 hmotnosti Ceresa – menej ako dvadсятina hmotnosti nášho Mesiaca. Typická hustota asteroidov je od 2000 do 3500 kg na  $m^{-3}$ , čo je polovica v porovnaní s priemernou hustotou zemského materiálu. Iba jeden z asteroidov leží na hranici viditeľnosti voľným okom, ostatné vidno len v ďalekohľade. Na rozdiel od minulosti asteroidy nepovažujeme za zvyšky rozpadnutej planéty. Zrejme sú to zvyšky pôvodného materiálu, ktorý sa v oblasti silného rušivého pôsobenia Jupitera nemohol pospájať a vytvoriť väčšie teleso. Jasnosť asteroidov sa mení nielen vďaka zmene geometrických podmienok (vzdialeností od Zeme a Slnka a fázového uhla), ale časť zmien je spôsobená ich rotáciou. Hlavnou príčinou zmien jasnosti je teda zmena viditeľnej časti povrchu, nie albeda povrchu.“



**Ceres**



**Tabuľka 1. Zoznam desiatich najväčších objavených asteroidov.**

Názov	Priemer (km)	Názov	Priemer (km)
(1) Ceres	940	(511) Davida	324
(4) Vesta	576	(65) Cybele	308
(2) Pallas	538	(52) Europa	292
(10) Hygiea	430	(87) Sylvia	282
(704) Interamnia	338	(451) Patientia	280

Prejdime k **blízkozemským asteroidom (NEA)**. Podľa Svoreňa a Husárika (tamže, s. 102) pre ne platí, že sú to „planétky, ktoré boli v minulosti gravitačnými silami planét posunuté na dráhy, ktoré im dovoľujú pohybovať sa v blízkosti zemskej dráhy alebo ju dokonca pretínať. Aj v súčasnosti vďaka chaotickým rezonančným a zrážkovým procesom môže dochádzať k zmene dráh asteroidov hlavného pásu na dráhy križujúce obežnú dráhu Marsu prípadne aj ďalších terestrických planét. Vďaka lepšej pozorovacej technike aj metodike pritom v súčasnosti pozorujeme skutočný veľký nárast počtu týchto objektov.“ Práve v súvislosti s týmito objektmi potom Svoreň a Husárik diskutujú **možné ohrozenie Zeme a ľudskej civilizácie**. Podľa nich (tamže, s. 103): „Myšlienka, že Zem nie je celkom bezpečná pred zrážkami s menšími členmi Slnecnej sústavy (planétami a kométami) sa objavila v histórii niekoľkokrát. Serióznejšiu podobu dostala po uvedomení si skutočnosti, že kráterovitý vzhľad mesačných morí svedčí o podobnej minulosti aj našej planéty. Toto zistenie sa väčšinou odbavilo poznámkou o bombardovaní meteoritmi prevažne len v prvých fázach vývoja Slnecnej sústavy. Až zdokonalenie pozorovacej techniky, umožňujúce pozorovať stále menšie a menšie planétky, prelietavajúce v tesnej blízkosti Zeme, prebralo astronómov z letargie.“ Aj keď, dovolíme si doplniť Svoreňa a Husárika, ešte väčší vplyv tu na zmenu myslenia mnohých astronómov mohol mať Alvarézov objav irídia v geologických vrstvách zodpovedajúcich dobe, kedy vyhynuli dinosaury, k čomu došlo podľa všetkého práve po páde veľkého vesmírneho telesa (asi asteroidu) na zemský povrch. Veľký záujem verejnosti však prvý raz vzbudila až planétka 1989 AC Toutatis, ktorá bola objavená v januári 1989 a jej **rýchly pohyb na hviezdnom pozadí** naznačoval, že by mala byť len málo vzdialená od Zeme. Daná planétka tak bola veľmi intenzívne sledovaná a v krátkom čase bola zistená aj jej presná dráha. „Zistilo sa, že toto teleso obieha v rovine, ktorá má mimoriadne malý sklon k rovine ekliptiky, patrí do skupiny Apollo, že sa jedná o stratený asteroid 1934 CT“, ale nakoniec sa ukázalo, že zrážka so Zemou počas najbližších 300 rokov vôbec nehrozí.

**Tabuľka 3. Zoznam minulých a nasledujúcich tesných priblížení Toutatisa (vzdialenosť Mesiaca ~  $0,4 \times 10^6$  km).**

<b>Dátum</b>	<b>Vzdialenosť [km]</b>
<b>31. októbra 2000</b>	<b><math>11,1 \times 10^6</math></b>
<b>30. septembra 2004</b>	<b><math>1,6 \times 10^6</math></b>
<b>10. novembra 2008</b>	<b><math>7,5 \times 10^6</math></b>
<b>12. decembra 2012</b>	<b><math>6,9 \times 10^6</math></b>
<b>6. novembra 2069</b>	<b><math>3,0 \times 10^6</math></b>

**Pozorovacie a vyhľadávacie programy:** Ako uvádzajú Svoreň s Husárikom (tamže, s. 104 a n.): „Od prvého memoranda týkajúceho sa ohrozenia z kozmu uplynuli len dve desaťročia, postoje vedeckej komunity sa však značne zmenili. Memorandum zaslané do NASA začiatkom osemdesiatych rokov nabádalo k zavedeniu Spacewatch komory vybavenej CCD technikou pre sledovanie slabých planétok a komét. Dôvody boli už vtedy vcelku jasné. Vychádzalo sa z Alvarezovej hypotézy vyhynutia 60% živočíšnych druhov pred 65 miliónmi rokov vďaka zrážke s asteroidom. Na základe hrúbky nájdennej irídiovej vrstvy bola odvodená hmotnosť telesa rovná  $2 \cdot 10^{15}$  kg s priemerom približne 10km. Opakovanie takéhoto stretnutia by malo opäť katastrofálne následky.“



**Impaktný kráter Wolfe Creek. Je veľmi dobre zachovaný. Priemer má 880 metrov. Jeho okraj vystupuje 25 metrov nad povrch a je hlboký 50 metrov od okraja. Situovaný je v severnej časti centrálnej Austrálie na rovných pláňach púšte. Je druhým najväčším zachovaným kráterom na Zemi.**

Podľa Svoreňa a Husárika totiž: „Za predpokladu, že by k zrážke došlo typickou rýchlosťou  $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ , kinetická energia by bola  $2,5 \cdot 10^{13} \text{ ton TNT}$ , v porovnaní s  $2 \cdot 10^4 \text{ ton TNT}$  atómovej bomby v Hirošime. Počet asteroidov s klesajúcim priemerom **rýchlo vzrastá**. Ešte asteroid s priemerom 1 km by zničil veľké mesto, riziko je veľké i pri menších telesach. Známy kráter v Arizone s priemerom 1200m a hĺbkou 174 m vytvoril meteorit s priemerom okolo 35 m. Globálnu katastrofu však môžu spôsobiť **len telesá s priemerom aspoň 2 km**. Zavedenie **Spacewatch CCD kamery** na 0,9-m reflektore observatória Kitt Peak Univerzity v Arizone v roku **1984** viedlo k dovtedy nevídanému rastu našich vedomostí o planétkach. Rozhýbali sa aj ďalšie vedecké tímy, čoho výsledkom je objav **3521 asteroidov približujúcich sa k zemskej dráhe**. Niektoré objavy sú skutočne na hranici snov. Tak asteroid 1991BA s priemerom 10 metrov preletel vo vzdialenosti menšej ako polovica vzdialenosti Mesiaca. Asteroid 1991BR má priemer snáď len 5 metrov! Ukázalo sa však, že ani Spacewatch už nestačí. Nemôže nám predsa ísť len o zachytenie, aj keď veľkej časti NEO objektov, pričom jednotlivý kus, ktorý ujde našej pozornosti, spôsobí katastrofu... Aby astronómovia **včas zbadali** každého nebezpečného prišelca a mohli uvažovať o jeho odklonení alebo rozbití, **na to je potrebný dokonalejší systém**. Tzv. **Spaceguard systém**, skladajúci sa zo špecializovaných prístrojov rozmiestnených na južnej i severnej pologuli, by mal zaznamenať objekty do 22. magnitúdy. V priebehu 25 rokov by sme mali mať prehľad o 91% asteroidoch väčších ako 0,5 km a Spaceguard by ich mal objaviť **už vo vzdialenosti 20 miliónov km**. V súčasnosti sa objavom NEA venuje množstvo vedeckých tímov. Najefektívnejšie sú tieto programy:

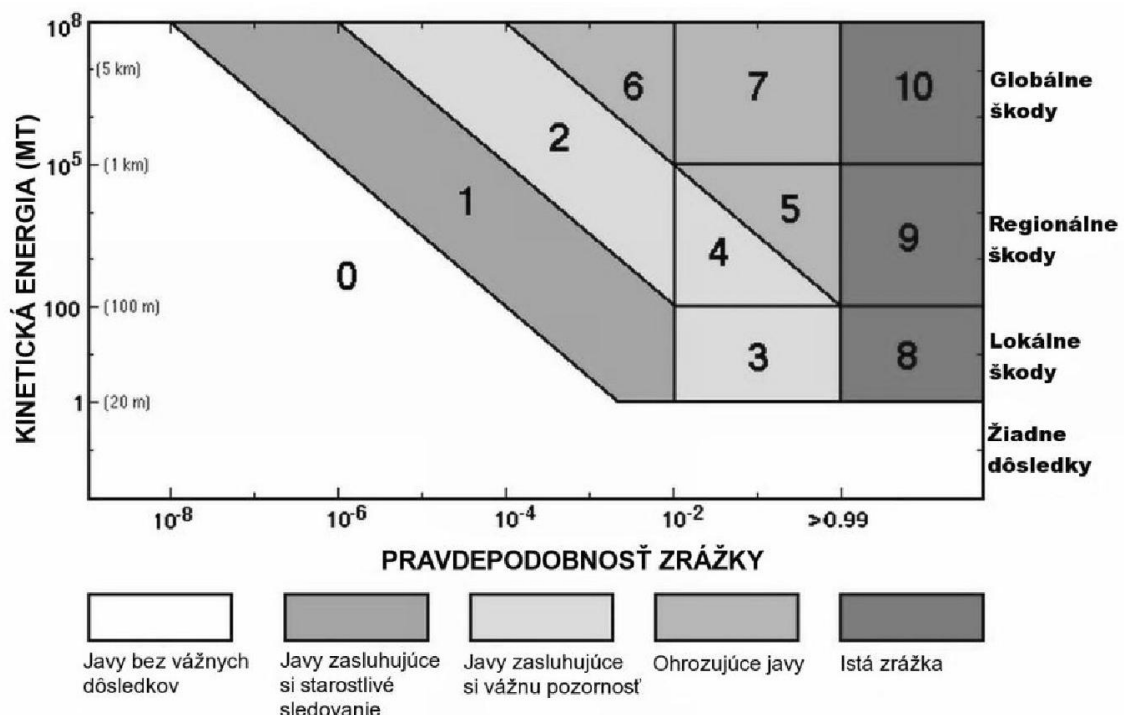
- **LINEAR (Lincoln Near Earth Asteroid Research)** — Massachusetts Institute of Technology a NASA, prístroje Socorro, Nové Mexiko
  - 1-m ďalekohľad + CCD (od 1997)
  - 1-m ďalekohľad + CCD (od 1999)
  - 0,5-m ďalekohľad na dohľadávanie (od 2002)
- **NEAT (Near Earth Asteroid Tracking)** — Jet Propulsion Laboratory a NASA, prístroje Mt. Palomar a Mt. Haleakala na Havajských ostrovoch
  - dva rovnaké 1,2-m ďalekohľady

• **LONEOS (Lowell Observatory Near Earth Object Search)** — Flagstaff, Arizona ◦ 0,6-m Schmidtova komora + CCD (od 1993).“

Hlavným cieľom týchto prehliadok je pritom „do roku 2008 objaviť 90% asteroidov väčších ako 1 kilometer, ktoré križujú dráhu Zeme. Ich počet sa odhaduje na 1000 až 1200 telies. Z toho vychádza frekvencia zrážok asi raz za **1,5 · 10<sup>5</sup> rokov**. V súčasnosti je objavených už takmer **73%** týchto asteroidov. V roku 2002 si dala NASA vypracovať štúdiu o ďalšom výskume menších NEA. Najmenšie NEA schopné preletieť atmosférou a spôsobiť škody pri explózii nad pevninou majú priemer približne **50 m**. Podľa definície meteorickej astronómie sú to vlastne veľké meteoroidy (až do priemeru **100 m**), z hľadiska účinku zrážky to však nie je podstatné. Odhaduje sa, že počet takýchto telies, ktoré križujú dráhu Zeme, je približne **5 · 10<sup>5</sup>**. Z toho vychádza frekvencia zrážok približne **raz za tisíc rokov**. Štúdiá doporučila pokračovať v pátraní po 90% objektov s priemerom **140 m až 1km**, pričom ako vedľajší produkt by malo byť objavených zvyšných 10% asteroidov s priemerom nad 1 km a takisto nájdených aj 60% telies s priemerom nad 50 m.“ Všetko teda nasvedčuje tomu, že ľudia sa konečne zobudili a uvedomili si hrozby, ktoré im z vesmíru hrozia.

Pokiaľ ide o **riziko zrážky s NEA**, používajú sa dve škály (tamže, s. 107 a n.):

• **jednoduchšia Turínska škála** — v roku 1999 ju navrhla Medzinárodná astronomická únia (IAU) na charakterizovanie miery nebezpečenstva zrážok s asteroidmi a kométami ako nástroj pre včasné a adekvátne varovanie kompetentných činiteľov a vysvetlenie situácie pre laikov,



• **komplexnejšia Palermská (technická) škála** - Palermská škála umožňuje špecialistom na NEO, aby zoradili potenciálne rizika v širokom rozsahu dátumov zrážok, energií a pravdepodobností. Hodnoty Palermskej škály menšie ako  $-2$  popisujú javy, ktoré by nemali žiadne dôsledky, zatiaľ čo hodnoty medzi  $-2$  a  $0$  označujú situácie **zasluhujúce si pozorné monitorovanie**. Škála porovnáva pravdepodobnosť zistenej potenciálnej zrážky s priemerným rizikom vyplývajúcim zo zrážok s objektmi rovnakých rozmerov alebo väčšími počas celej doby až do času vypočítanej zrážky. Toto priemerné riziko z náhodných zrážok je známe ako pozadové riziko. Škála je logaritmická, tak napr. hodnota  $+2$  znamená, že pravdepodobnosť označenej zrážky je 100-násobne väčšia ako pozadové riziko náhodnej zrážky. Palermská škála sa líši od Turínskej v niekoľkých prístupoch. Turínska škála je určená predovšetkým na komunikáciu s verejnosťou. Nadobúda hodnoty od  $0$  do  $10$ . Čím väčšie číslo, tým vyššia pravdepodobnosť ohrozenia Zeme. Berie do úvahy predpovedanú energiu zrážky práve tak ako pravdepodobnosť skutočnej udalosti. Palermskú škálu používajú špecialisti na NEO, **aby určili kvantitatívne viac ako pomocou Turínskej škály**. Užitočnosť Palermskej škály spočíva v možnosti starostlivo zhodnotiť riziko ohodnotenú na Turínskej škále **nulou**, ktorá vlastne zahŕňa **takmer všetky potenciálne nebezpečné objekty v súčasnosti**. Objekty sú zoradené podľa hodnoty na Palermskej škále v takom poradí, v akom si vyžadujú dodatočnú pozornosť (napr. pozorovania a analýzy). Táto škála je kontinuálna (povolené sú kladné aj záporné hodnoty) a zahŕňa čas medzi súčasným stavom a predpovedanou možnou zrážkou, a taktiež predpovedá energiu asteroidu pri dopade a pravdepodobnosť zrážky. Odhadovaním tzv. stupňa pozadového rizika zrážok so Zemou definujeme hodnotu ohrozenia z úplnej populácie asteroidov spriemerovanej vo veľmi dlhom časovom intervale. Pretože existuje nepomerne viac malých asteroidov ako veľkých, stupeň pozadového rizika **závisí na veľkosti blízkozemskeho asteroidu**. Pozadový stupeň môže byť myslený ako bežná situácia, a tak keď dôjde k blízkemu priblíženiu veľkého blízkozemskeho asteroidu, hodnota na Palermskej škále vzrastie nad pozadový stupeň (hodnota v Palermskej škále je potom väčšia ako nula), a teda vieme, že priblíženie **je mimoriadne a treba mu venovať pozornosť**. Keďže Palermská škála je kontinuálna a závisí na čase (na počte rokov) do možného impaktu, neexistuje jednoznačná konverzia medzi oboma škálami. Vo všeobecnosti však, keď nejaký jav vystúpi nad pozadovú hladinu, nadobudne na Palermskej, ale aj na Turínskej, škále hodnoty väčšie ako nula. Hodnotu stupňa rizika v Palermskej škále je možné vypočítať pomerne presne.



Palermská škála je definovaná ako dekadický logaritmus relatívneho ohrozenia:

$$PS = \log_{10} R.$$

Relatívne ohrozenie je dané ako pomer

$$R = PI / (f_B \cdot DT),$$

kde  $PI$  je pravdepodobnosť zrážky a  $DT$  je čas v rokoch zostávajúci do zrážky.

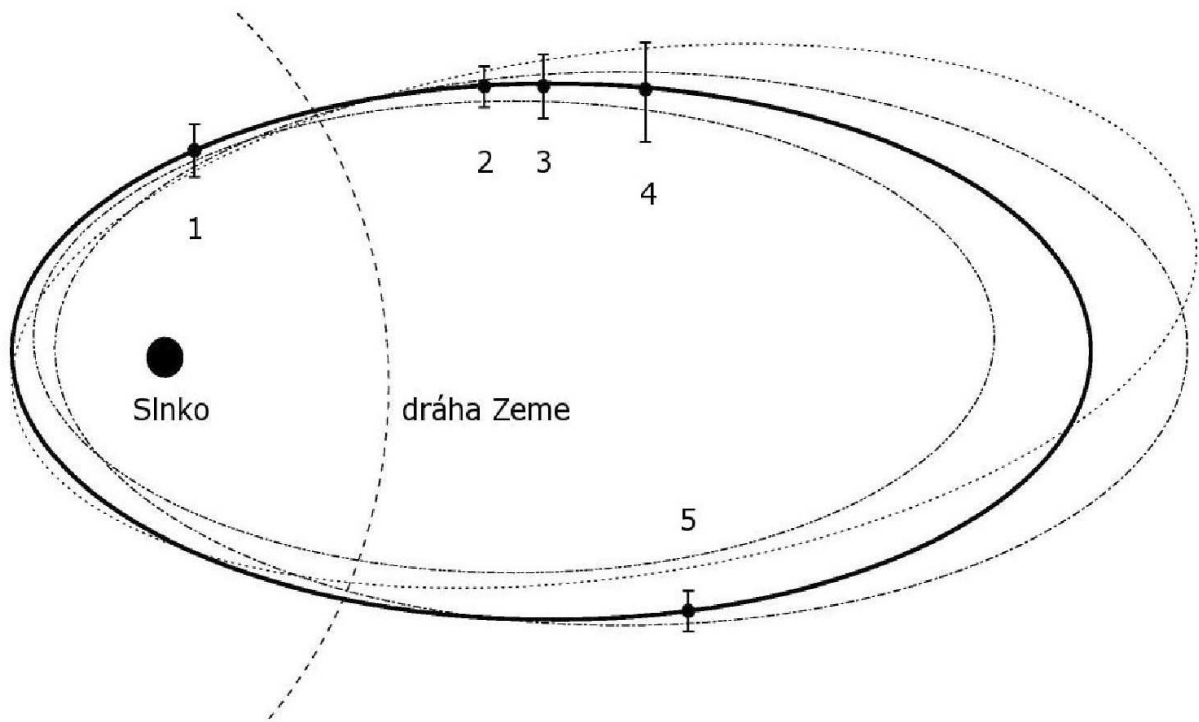
Ročná požadovaná zrážková frekvencia

$$f_B = 0,03 \cdot E^{-0,8}$$

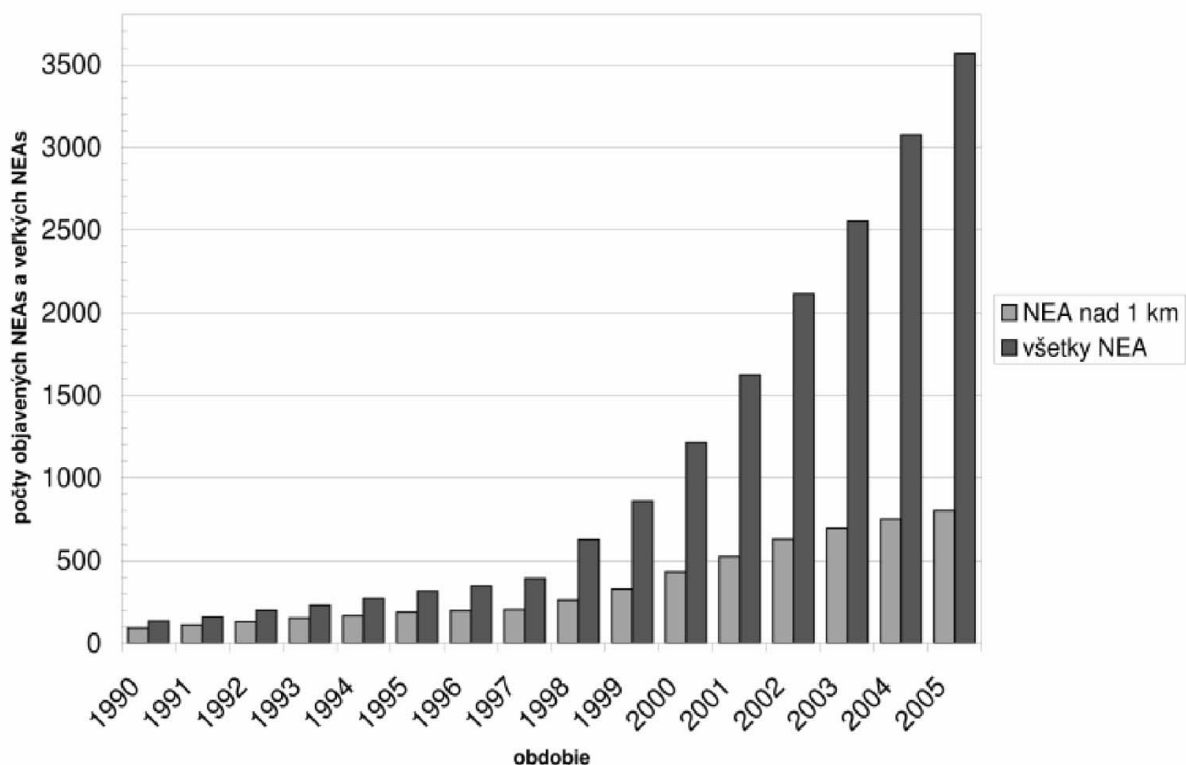
je ročná pravdepodobnosť zrážky s energiou  $E$  určenou v megatonách ( $1MT = 4,2 \times 10^{15}$  J). Kumulatívna hodnota Palermskej škály odráža vážnosť celkového odhaleného potenciálneho ohrozenia. Opäť je to dekadický logaritmus súčtu jednotlivých hodnôt relatívnych ohrození:

$$PS_{cum} = \log_{10}(10^{PS_1} + 10^{PS_2} + 10^{PS_3} + \dots).$$

A celkom na záver stručná informácia od Svoreňa a Husárika **o minulých a budúcich** priblíženiach NEAs, čiže blízkozemských asteroidov alebo telies: „Scenár každého jednotlivého ‚poplachu‘ bol doteraz (našťastie) rovnaký. Po objavení asteroidu na blízkozemskej drahe bol vypočítaný čas v budúcnosti, v ktorom nebolo možné vylúčiť zrážku so Zemou. Žiaľ, pre väčšinu masovo-komunikačných prostriedkov to bol jasný pokyn na rozpútanie hystérie, že ku zrážke skutočne dôjde. Tento výpočet bol urobený na základe tzv. predbežnej dráhy založenej na malom počte pozorovaní, ktoré navyše pokrývali len zanedbateľne malý úsek dráhy telesa. Keďže meranie presných polôh asteroidov, tak ako každé iné fyzikálne meranie, je zaťažené určitou chybou, chybové úsečky umožnili predložiť celý vejár drah, z ktorých nejaká časť mohla prechádzať Zemou. Postupne s pribúdajúcimi pozorovaniami, alebo priradením predobjavového pozorovania, sa neistota zmenšovala, až bolo možné vyhlásiť, že k zrážke určite nedôjde. Toto spresnenie však už väčšina novinárov s prehľadom ignorovala a tak mnohí ľudia stále trpia predstavou, že stretnutie Zeme s asteroidom je už v blízkej budúcnosti neodvratnou skutočnosťou.“ Celú túto zložitú situáciu veľmi dobre zachytáva nasledujúci obrázok, pri ktorom „nedostatok pozorovaní s rôznym stupňom presnosti vedie k určeniu viacerých dráh. Tie potom môžu viesť k viacerým určeniam časových okamihov, kedy Zem tieto dráhy pretne. Vďaka nepresným polohám planétky (body 1–4) je možné vypočítať mnoho dráh, pokiaľ je pozorovaní málo. Ale po zahrnutí ďalších polôh (bod 5) sa počet drah zminimalizuje. Hrubá plná elipsa znázorňuje reálnu dráhu asteroidu, čiarkovano-bodkované vypočítané, priebežné dráhy. Pre lepšiu názornosť majú uvažované dráhy približne nulový sklon.“



**Posledná a najdôležitejšia informácia:** „V súčasnosti existuje jediný objekt, ktorého hodnota v Palermskej škále je väčšia ako nula. Pre asteroid 1950DA je predpovedaný buď **veľmi blízky prechod** popri Zemi alebo **zrážka** so Zemou ( $p \leq 0,003$ ) **v roku 2880**. Ak by došlo k zrážke, uvoľnená energia by zničila väčšinu života na planéte. Ľudstvo má však viac ako 800 rokov na zlepšenie odhadu dráhy asteroidu a jeho odklonenie, ak sa to ukáže ako potrebné.“



**Nárast počtu objavov blízkozemských asteroidov a blízkozemských telies väčších než 1 kilometer (NEA nad 1 km) za posledných 16 rokov. Rok 2005 nie je úplný, údaje pre daný rok sú k 1. 10. 2005.**

### **Kontrolné otázky:**

- 1. Čo znamená skratka NEA?**
- 2. Na základe čoho sa rozlišujú rodiny planétok Amor, Apollo a Aten?**
- 3. Aké vlastnosti majú PHA – Potentially Hazardous Asteroids?**
- 4. Koľko PHA sme až doteraz objavili?**
- 5. V ktorom roku bola objavená planétka AC Toutatis?**
- 6. Na ktorom kontinente sa nachádza impaktný kráter Wolfe Creek?**
- 7. Aký priemer musí mať vesmírne teleso, aby mohlo spôsobiť na Zemi globálnu katastrofu a vážne ohroziť ďalšie pokračovanie života?**
- 8. Aký najmenší NEA sme doteraz dokázali objaviť?**
- 9. Ako sa nazýva vyhľadávací systém, ktorý dokáže zaznamenať objekty s jasnosťou až do 22 magnitúdy?**
- 10. Ako často sa zvyknú so Zemou zraziť asteroidy s priemerom väčším ako 1km?**
- 11. Ktoré dve škály sa používajú pri odhadovaní rizika zrážky s NEA?**
- 12. Ktorá z týchto dvoch škál je komplexnejšia a realistickejšia?**
- 13. Prečo netreba brať vážne väčšinu správ o asteroidoch a ich blízkych preletoch okolo Zeme, ktoré sú ponúkané bulvárnymi médiami?**
- 14. Ako sa nazýva asteroid, ktorý by sa v roku 2880 mohol s veľmi malou, asi 0,003 pravdepodobnosťou zraziť so Zemou?**
- 15. Je rozumné zaútočiť na nebezpečný asteroid atómovou bombou?**