

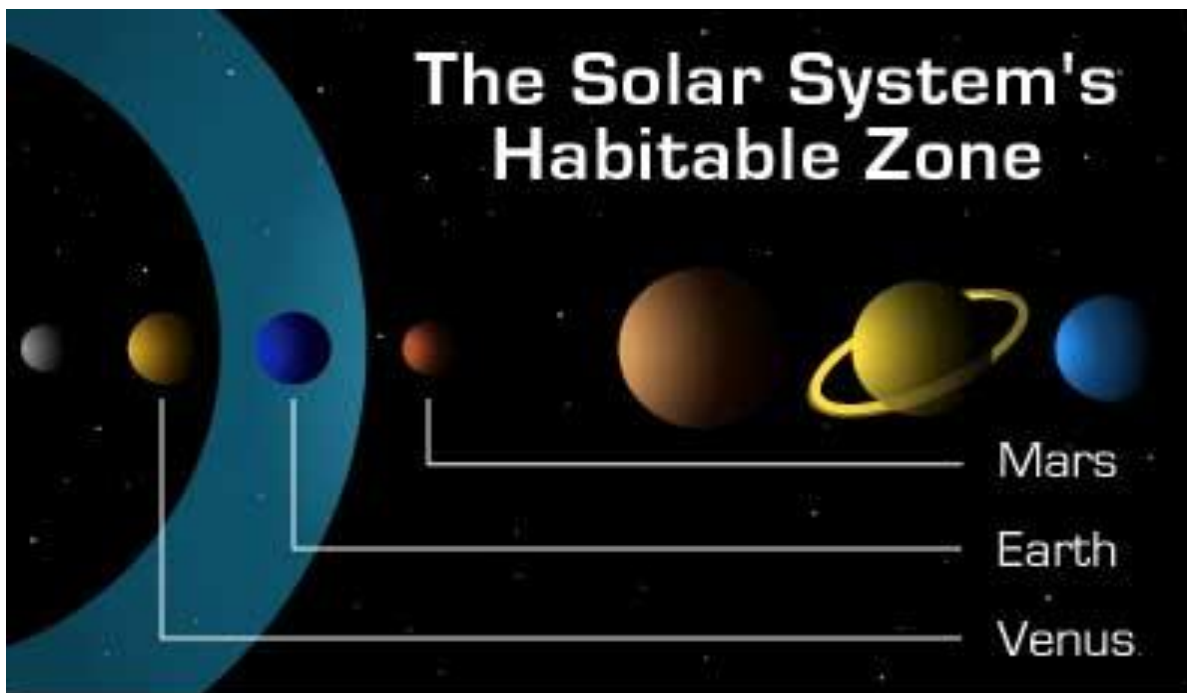
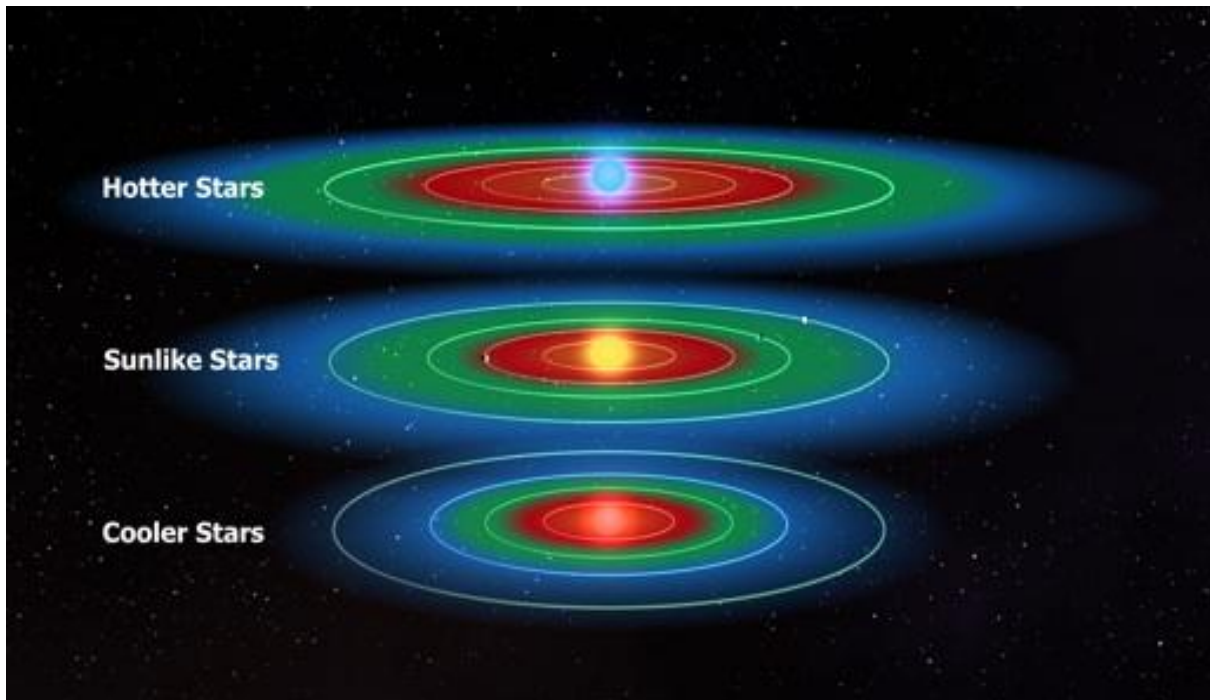
ASTROBIOLÓGIA A KOZMONAUTIKA II. a III. – PÁSMO ŽIVOTA NA ZEMI, V SLNEČNEJ SÚSTAVE A V GALAXII

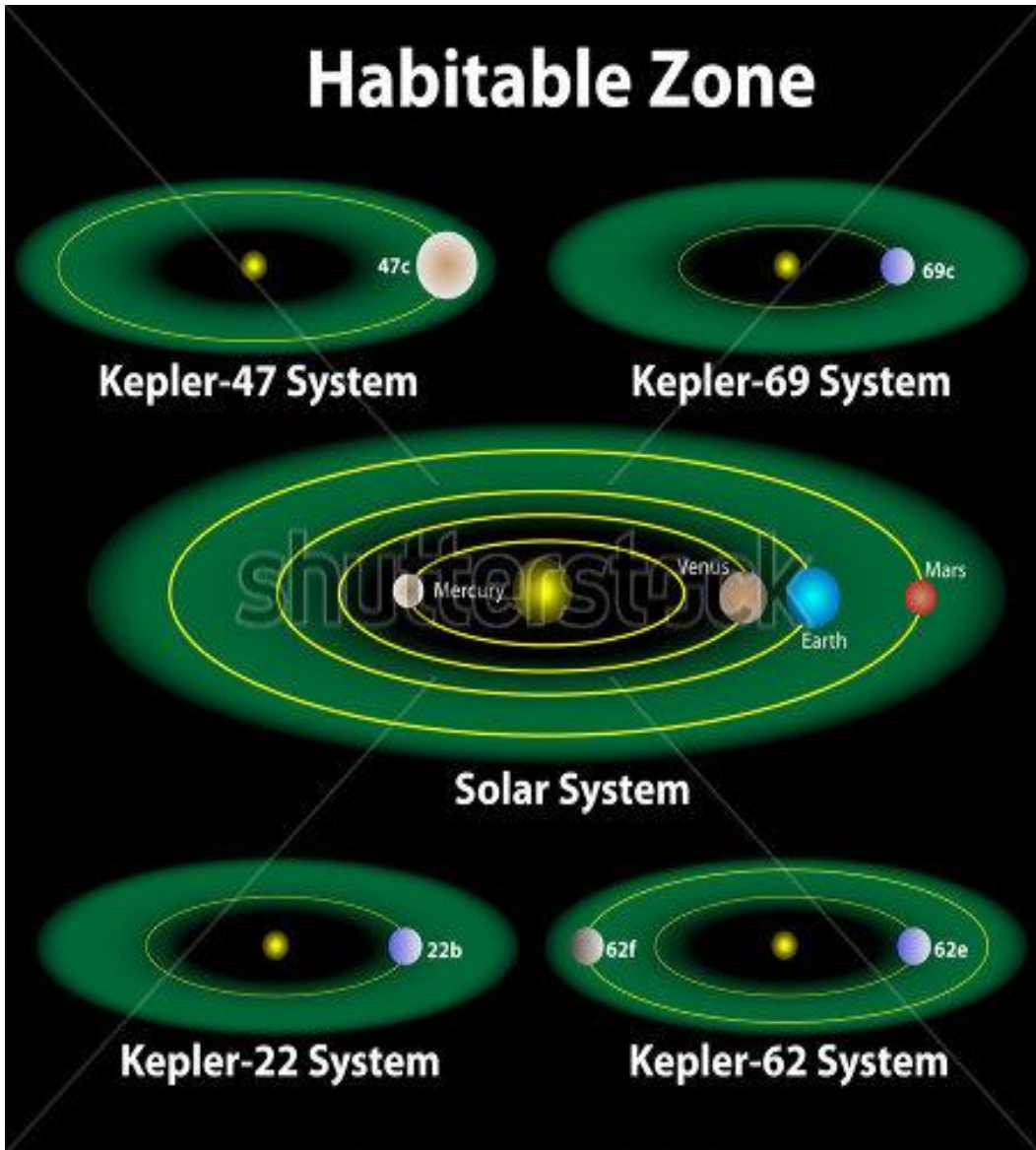
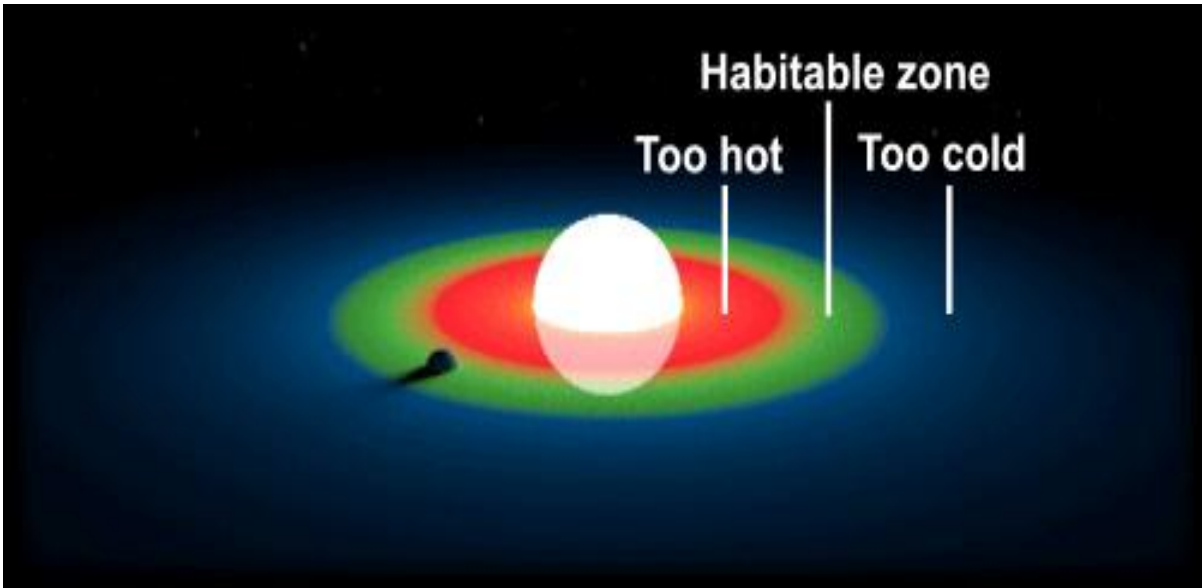
V tomto poslednom texte, ktorý ponúkam pravidelným i náhodným návštevníkom tejto stránky, budem opäť vychádzať z mojej nepublikovanej knihy s názvom **Časopriestorová lokalizácia vesmírnych civilizácií**. Budem pritom predpokladať a dúfať, že ľudstvo bude postupne prenikať nielen do nehostinných, resp. neobývaných častí našej planéty (akými sú napríklad arktické končiny či hlbiny svetových morí a oceánov), ale aj hlbín našej planetárnej sústavy a následne aj do nášho galaktického okolia či nedávno objaveného pásma života v Galaxii. Veľkú pozornosť budem venovať aj pásmu asteroidov ako budúcej zásobárni mnohých na Zemi dochádzajúcich surovín alebo nerastných zdrojov.

Najjednoduchšie, aspoň na prvý pohľad, sa vymedzuje **planetárna obývatel'ná zóna (POZ)**, t. j. tá časť planéty, v ktorej môže existovať akýkoľvek život (nám známeho typu). Pôvodne sme predpokladali, že život existuje len do hĺbky niekoľko desiatok metrov v zemskej alebo oceánskej kôre, pričom nedokáže prežiť extrémne vysoké, nízke alebo radiačne nepriaznivé či iné pre jeho reprodukciu nevhodné podmienky. Po objave tzv. extrémofilov, čiže mikroskopických organizmov, ktoré dokážu prežiť a rozmnožovať sa aj pri teplote pod bodom mrazu alebo pri teplotách blížiacich sa 200 °C, po silných dávkach kozmického žiarenia (ako legendárny mikrób *Deinococcus radiodurans*, ktorý v pohode prežil vyše roka v otvorenom vesmíre), či v extrémne slanom alebo dokonca zamorenom prostredí (ako mikróby žiaviace sa ropou a i.) sme však boli nútení zásadne zmeniť naše názory na skutočné hranice planetárnej obývatel'nej zóny a posunúť ich napríklad v prípade zemskej a oceánskej kôry do hĺbky niekoľkých kilometrov, pretože aj pri tak vysokej teplote a tlaku, aké vládnu v týchto hĺbkach, dokážu niektoré druhy mikróbov aktívne žiť a rozmnožovať sa.

Pokiaľ ide o hranice ďalšej, tzv. **okolohviezdnej obývatel'nej zóny**, resp. pásma života v Slnečnej sústave, relatívne presne ich na základe Hartovej staršej štúdie vymedzili G. Gonzales, D. Brownlee a P. Ward v ich texte **Zelený pás v Mliečnej ceste**, ktorý vyšiel v Kozmose v roku 2002. Podľa nich OZ „je oblasť v planetárnej sústave, kde sa na povrchu Zemi podobnej planéty udrží voda v tekutom skupenstve aspoň niekoľko miliárd rokov. Zóna má tvar prstenca.

Vnútorý okraj prstenca označuje hranicu, za ktorou by si už prípadná planéta neudržala svoje oceány, pretože voda by sa vyparila do okolitého priestoru, alebo (ako v prípade Venuše) by sa vytvoril skleníkový efekt s hustou bezvodou atmosférou, pretože molekuly vody by v nej pod vplyvom kozmického žiarenia disociovali. Vonkajšiu hranicu tvorí najvzdialenejšia možná obežná dráha, na ktorej by ešte nedošlo k úplnému zamrznutiu oceánov“. Zem sa pritom nachádza bližšie k južnému okraju OOOZ, zatiaľ čo Mars sa nachádza na severnom okraji.





To isté, čo platí pre Slnecnú sústavu, platí aj pre Galaxiu ako celok. Aspoň pokiaľ ide o jej obývateľnosť. Aj v Galaxii sú oblasti, ktoré sú vhodné pre vznik a dlhodobé pretrvávanie života, vrátane tzv. inteligentného života, a spolu s nimi aj oblasti, ktoré podľa našich poznatkov nemôžu byť obývané buď žiadnymi formami života, alebo tzv. inteligentným životom, ktorý pre svoju existenciu a dlhodobé rozvíjanie sa vyžaduje ešte špeciálnejšie a komplexnejšie podmienky ako relatívne jednoduchý jednobunkový či mikrobiálny život. Ďalej už uvádzam pasáže z mojej vyššie spomínanej knihy: Aké sú však hranice **galaktickej obývateľnej zóny (GOZ)**? Podľa Gonzalesa, Brownleeho a Warda „sú určené dvomi limitmi: hmotou, ktorej vlastnosti umožňujú vznik obývatel'nych planét, a vplyvom okolitého kozmického prostredia“. Vieme už, že zastúpenie ťažších chemických prvkov, čiže kovov v jednotlivých oblastiach Galaxie nie je rovnaké, pretože hviezdotvorba v nich prebiehala a prebieha v závislosti od koncentrácie medzihviezdneho plynu a ten sa prednostne koncentruje k ťažisku, centru sústavy. Vo sférickom hale, hrubšom disku a okrajových pásmach našej Galaxie sa preto nachádza **veľa starých, na kovy chudobných hviezd**, zatiaľ čo v jej centrálnych oblastiach prevažujú hviezdy **s vysokým zastúpením kovových prvkov**. Aj v tomto prípade našťastie platí, že najlepšia je zlatá stredná cesta.

Aby totiž mohla vzniknúť primerane veľká a vhodne umiestnená terestrická planéta, je nutné, aby jej materské plynové, resp. plynoprachové mračno malo primeraný obsah kovových prvkov. Bez dostatočného množstva týchto prvkov by napríklad potenciálna terestrická planéta zostala príliš malá a nedokázala by si udržať atmosféru ani geologickú aktivitu. Nevznikli by však ani obrie joviálne planéty, „pretože aj ony sa formujú okolo kamenných (či kovových) jadier, ktoré síce nie sú veľké, ale majú potrebnú hmotnosť“. Ale kovových prvkov nesmie byť v materskom plynoprachovom mračne **ani priveľa**, pretože terestrické planéty, ktoré sa z neho sformujú „sú väčšie, hmotnejšie, majú silnejšiu gravitáciu, čoho dôsledkom je škodlivý nadbytok prchavých zložiek a oveľa fádnejší topografický reliéf. Takéto planéty by v zelenej zóne pokrýval globálny oceán, čo by vyšším formám života neprospievalo. Na Zemi kombinácia súše a oceánov umožňuje efektívnu kontrolu teploty atmosféry a celého radu ďalších dôležitých procesov“. Okrem toho vysoká metalicita (čiže pomerné zastúpenie kovov, v tomto prípade všetkých prvkov ťažších ako vodík, hélium a lítium) zvyšuje aj hustotu rodiaceho sa protoplanetárneho disku, čo neskôr núti obrie planéty buď migrovať smerom k materskej hviezde, alebo sa od nej postupne vzdal'ovať. To bude mať pre menšie terestrické planéty vážne následky, pretože

počas tejto migrácie budú s veľkou pravdepodobnosťou buď povyhadzované zo svojej planetárnej sústavy, alebo zahnané do jej hviezdneho pažeráka, resp. zba-vené veľmi efektívnych pohlcovačov komét a ďalšieho nebezpečného vesmír-neho materiálu. My však máme to šťastie, že žijeme v takej planetárnej sústave, ktorá sa utvorila v značnej vzdialenosti od nepokojného galaktického centra a napriek tomu obsahovala také množstvo ťažších chemických prvkov, že bola vhodná nielen pre úspešné formovanie obrých joviálnych planét, ale aj dostatoč- ne veľkých terestrických planét na (realtívne) stabilných obežných dráhach.

Osobitne treba zdôrazniť, že v tomto prípade už nejde len o dohady, ale skôr o dôkladne preskúmané a starostlivo vyhodnotené fakty, nakoľko zo štúdia via- cerých nedávno objavených extrasolárnych planét vyplýva, že metalicita skutoč- ne rozhoduje o formovaní veľkých joviálnych planét: „Doteraz sa nenašla ani jediná planéta okolo hviezdy, ktorej metalicita bola o viac ako 40 percent nižšia ako metalicita Slnka“. Jedinú výnimku tu predstavujú obrie planéty vo hviezdo- kope 47 Tucanae, kde metalicita jednotlivých hviezd nedosahuje ani 25 percent hodnoty Slnka. Preto by malo byť dôležité nielen množstvo ťažších chemických prvkov v protoplanetárnom mračne, ale aj ich konkrétny výskyt a vzájomný pomer. Ako uvádzajú americkí autori: „Najčastejšie sa vyskytujúce prvky na Zemi vznikli z výbuchov supernov“. Pri explóziách supernov typu I, čiže bývalých bielych trpaslíkov, pritom vzniká najmä železo, nikel a kobalt, zatiaľ čo pri explóziách supernov typu II, niekdajších supermasívnych hviezd sa pred- nostne syntetizuje kyslík, kremík, horčík, vápnik a titan. Explózie masívnych supernov typu II „sú zároveň jediným zdrojom najťažších prvkov, napríklad thória a uránu“. Podmienky vzniku hviezd sa však v Galaxii postupne menia, pretože napriek neustálemu prísunu zostatkového plynoprachového materiálu do jej centrálnych oblastí a špirálnych ramien, ako aj pokračujúcim výbuchom su- pernov oboch typov je tohto hviezdotočného materiálu stále menej. Menej masívne a dlhožiariace hviezdy totiž logicky pribúdajú, zatiaľ čo mimoriadne masívne a krátkožiariace ubúdajú, pričom čoraz väčšia časť daného materiálu zostáva nadhlo (takmer až do konca vesmíru) uzavretá v čiernych dierach.

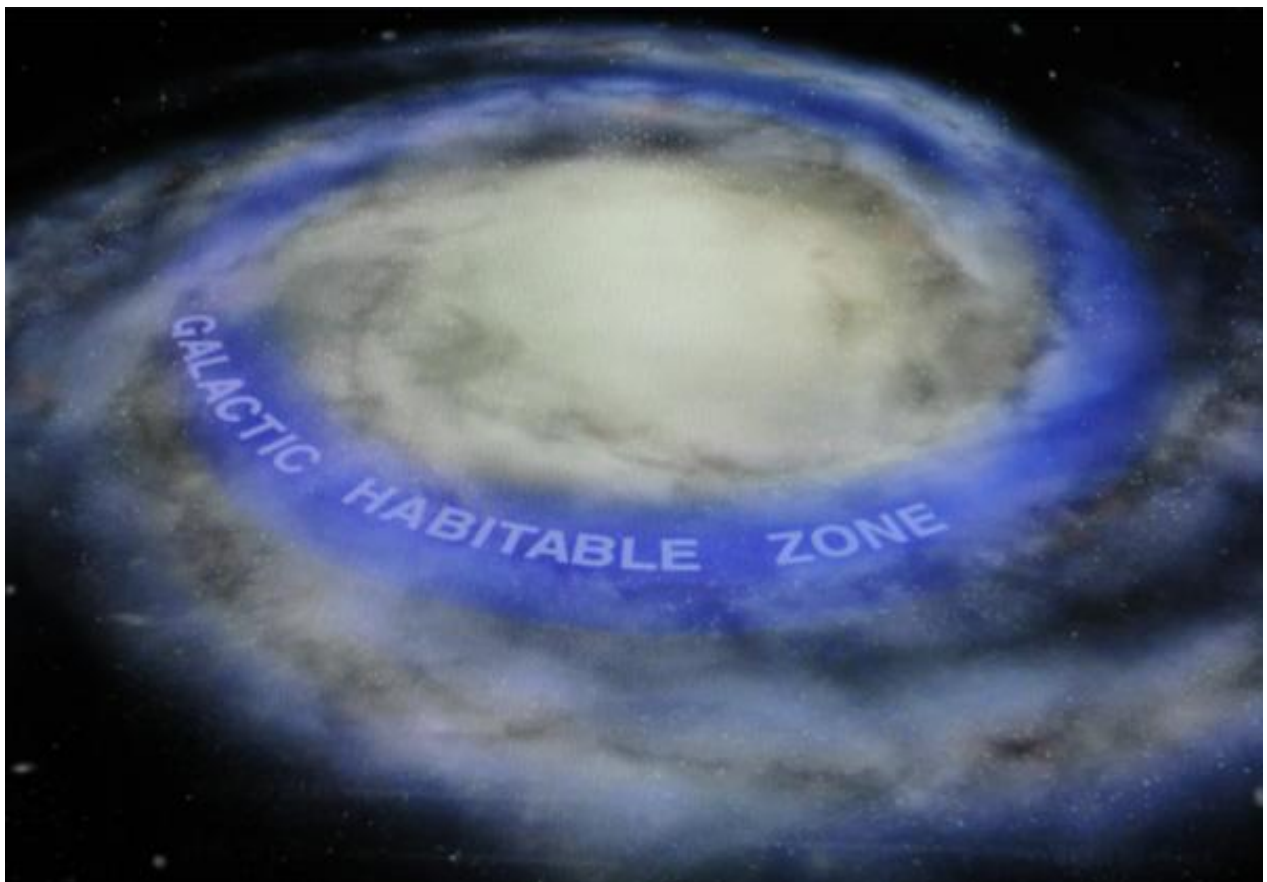
V dôsledku toho začínajú v našej Galaxii postupne prevažovať explózie supernov typu I a do medzihviezdneho priestoru sa dostáva čoraz viac železa. Nové Slnku podobné hviezdy sú preto „bohatšie na železo ako ich predchod- kyne, ktoré sa sformovali pred 5 miliardami rokov“. A čo je ešte dôležitejšie, ich terestrické planéty „budú mať primerane väčšie železné jadrá ako má Zem.

O 4,5 miliardy rokov budú teda generovať o 40 percent menej tepla z rádioaktívneho rozpadu thória či uránu. Lenže práve toto teplo z rozpadu rádioaktívnych izotopov je generátorom platňovej tektoniky, ktorá hrá rozhodujúcu úlohu v geochemickom cykle, regulujúcom množstvo oxidu uhličitého v našej atmosfére“. Tieto novovznikajúce terestrické planéty by preto mali mať iba jednoduchú platňovú tektoniku, v dôsledku čoho by na nich mali panovať podobne nehostinné podmienky ako na Venuši či Marse. Ukazuje sa tak, že dôležité je nielen to, kde daná planetárna sústava vzniká, ale aj kedy vzniká. Korotačné pásmo však nadobudne optimálnu metalicitu iba po určitom čase a po uplynutí niekoľko sto miliónov rokov ju zrejme definitívne stratí. Galaktický gradient metalicity má teda historický, dočasný charakter a musí úzko súvisieť ako s veľkosťou a tvarom galaktického jadra, tak aj s rozložením a zavinutosťou špirálnych ramien. Z toho vyplýva, že iba „galaxie podobné Mliečnej ceste majú v disku podobný gradient metalicity“. Detailné štúdium hviezdneho spektra jednotlivých Slnku podobných hviezd korotačného pásma zároveň umožňuje zistiť, ktoré jeho časti a hviezdy ako prvé nadobudli optimálne chemické zloženie a mohli sa stať domovom života. Podľa Gonzalesa, Brownleeho a Warda: „Samotné Slnko je na kovy o 40 percent bohatšie ako ostatné hviezdy, ktoré sa sformovali v disku v rovnakom čase a v podobnej polohe vzhľadom na stred Galaxie. Práve zvýšený obsah kovov mohol umožniť na Zemi predčasný štart života“. Astronómovia tiež zistili, že iba 10 percent Slnku podobných hviezd korotačného pásma nie je súčasťou nejakého viacnásobného hviezdneho systému. Ich protoplanetárne mračná nie sú teda vystavené silnému ultrafialovému žiareniu generovanému v rozpadajúcich sa diskoch susedných hviezd, ktoré podstatne znižuje pravdepodobnosť tvorby obrých joviálnych planét.

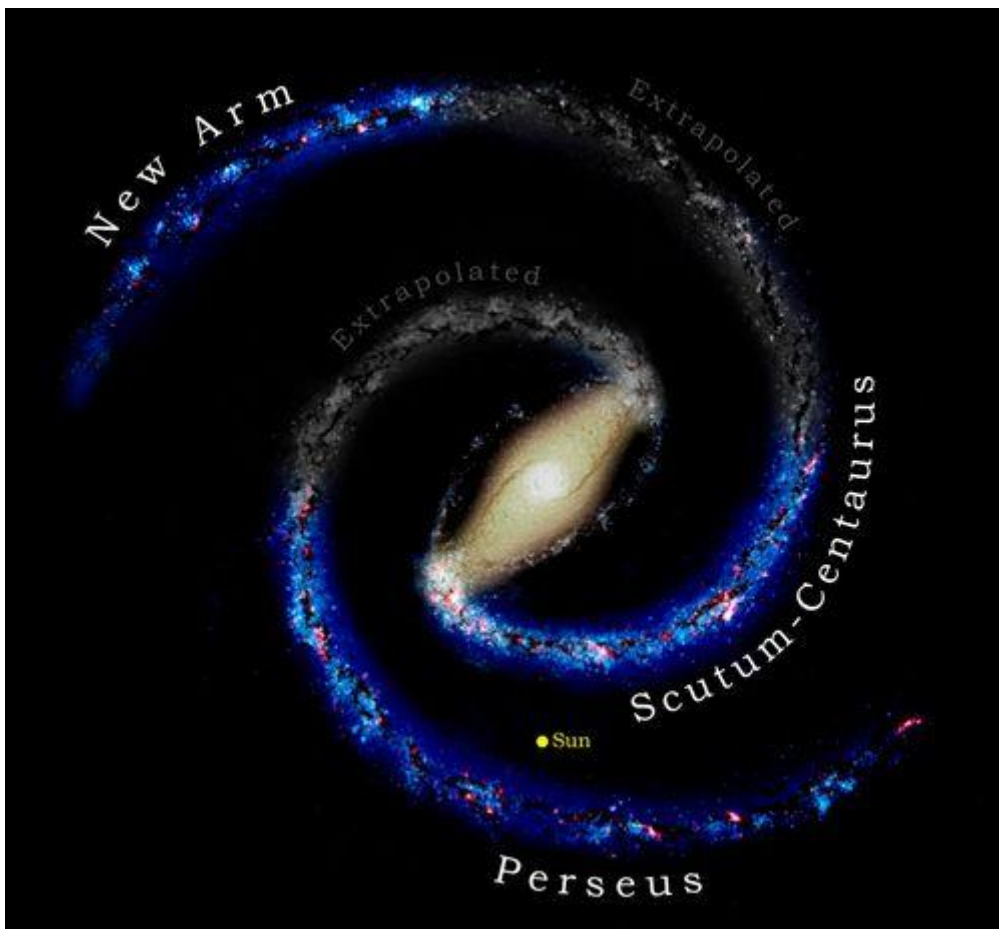
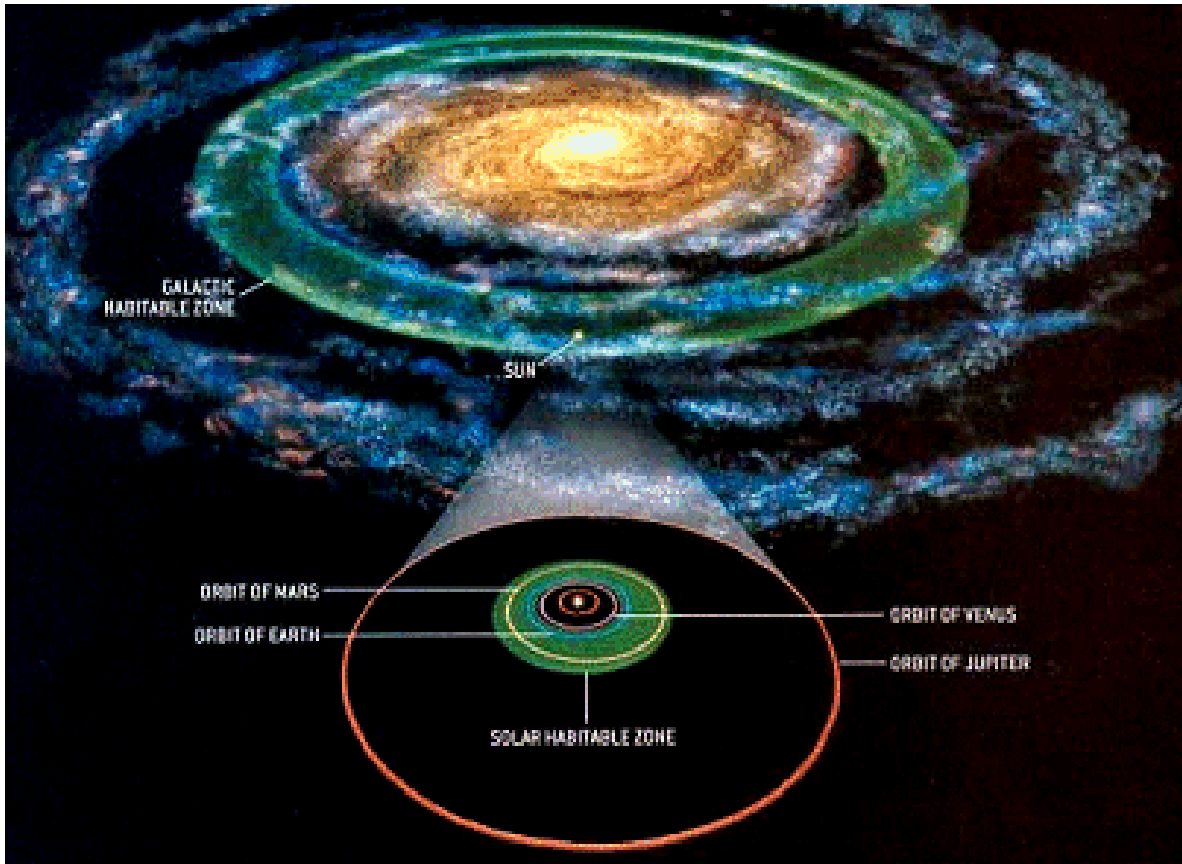
Ešte dôležitejšie je však to, že len 20 percent hviezd v pozorovanom vesmíre sa nachádza v galaxiách, ktoré sú aspoň také svietivé ako naša Galaxia. Keďže priemerná metalicita galaxie je priamo úmerná jej svietivosti, dá sa predpokladať, že všetky menej svietivé galaxie obsahujú aj menej kovových prvkov a tak aj oveľa menej terestrických planét. Všimnúť si treba aj celkové dynamicke pomery v jednotlivých galaxiách: „Napríklad v eliptických galaxiách krúžia hviezdy okolo centra ako muchy okolo žiarovky, po excentrických, často sa meniacich dráhach, čo priam vylučuje dlhé periódy stabilných podmienok. Naša Mliečna cesta je však v každom ohľade neobyčajne pohostinná: má neobyčajne stabilný disk, obsahuje veľa kovov a počet nebezpečných udalostí je relatívne veľmi nízky“. Ešte predtým, ako si galaktickú obývatel'nú zónu, resp. zelený pás

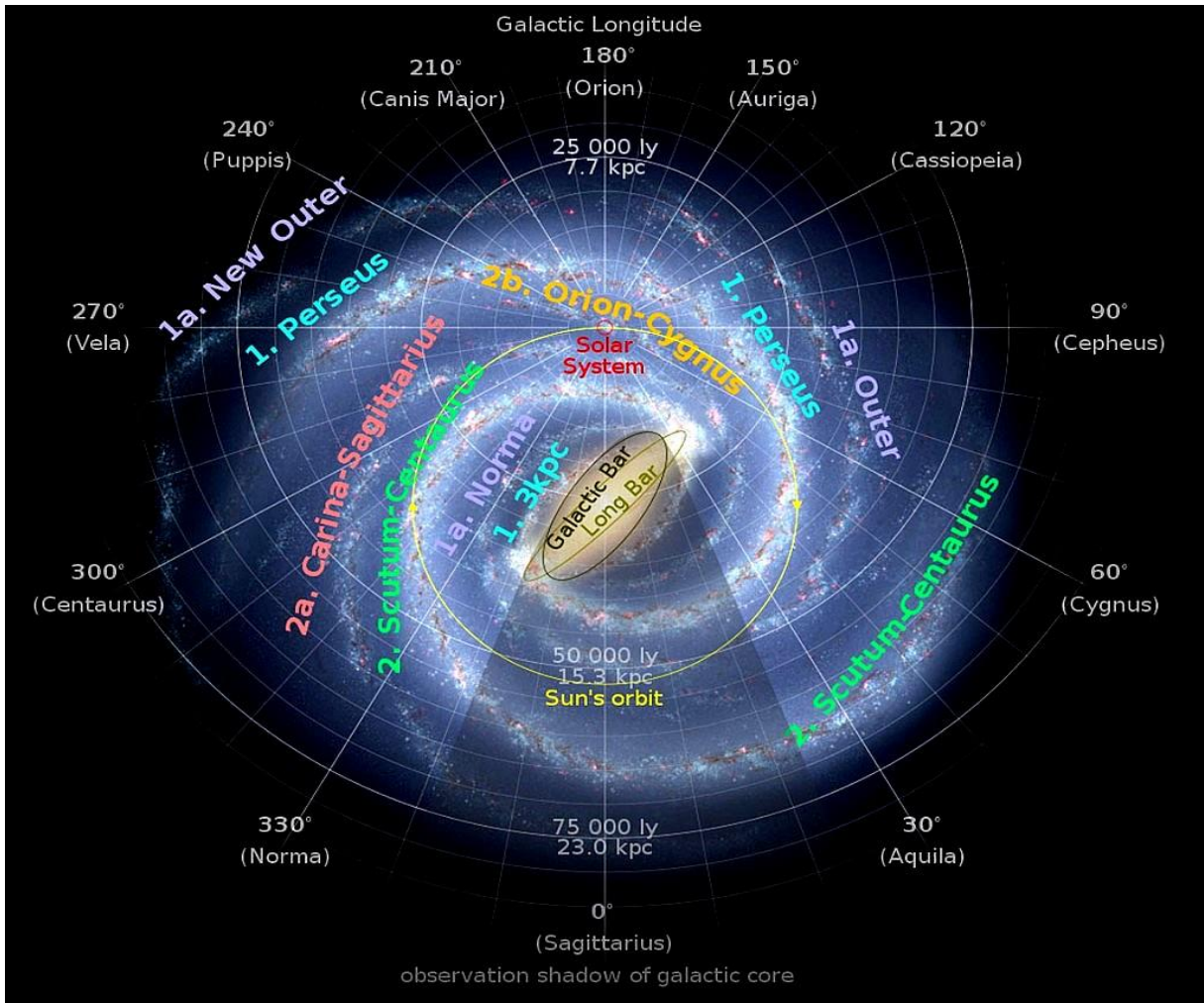
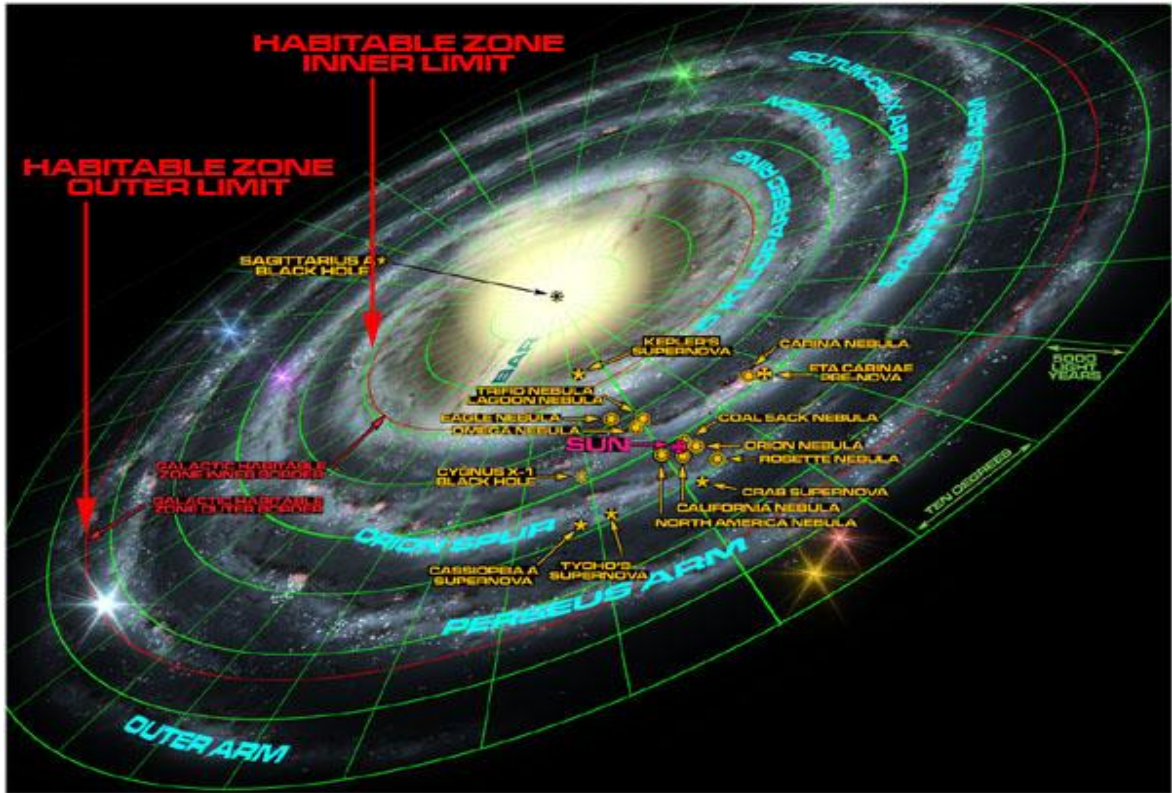
života v Galaxii ukážeme na obrázkoch či schémach, musíme uviesť aspoň niekoľko základných informácií o tzv. **korotačnom pásme**, ktoré je de facto totožné s GOZ, upozorňujúc však čitateľa, že s čoraz presnejšími meraniami vzdialeností v Galaxii sa hranice tohto pásma sústavne menia a posúvajú, skôr bližšie k centru Galaxiu ako ďalej od neho. Údaje z môjho staršieho textu preto berte s príslovečnou rezervou: Ako prví na tento problém upozornili sovietski bádatelia Leonid Maročnik a Lev Muchin, ktorí začiatkom osemdesiatych rokov konštatovali, že v Mliečnej ceste existuje zvláštne pásmo, v ktorom špirálne ramená a vlny hustoty v galaktickom disku **rotujú súbežne** a tie hviezdy, ktoré v ňom vzniknú a čoskoro opustia špirálne rameno, budú sa veľmi dlho nachádzať **v osobitých**, pre vznik života a jeho ďalšie rozvíjanie **zvlášť vhodných oblastiach**. Samotné korotačné pásmo predstavuje zreteľne vyčlenený prstenec s neostrými hranicami, pripomínajúci tórus, ktorý má polomer 250 parsekov, čo je asi 815 svetelných rokov, a putuje okolo stredu Galaxie vo vzdialenosti, ktorá sa zhruba rovná 10 kiloparsekom. Podľa Maročnika a Muchina sa hviezdy v tom priestore, kde korotačné pásmo prechádza špirálnymi ramenami Galaxie, utvárajú vo zvláštnych podmienkach, pri ktorých ich vznik nie je iniciovaný mohutnou galaktickou rázovou vlnou, ale inými mechanizmami, napríklad výbuchom supernovy. Je jasné, že hviezdotvorba bude mať potom iný priebeh, ba aj iný výsledok ako v prípade, keď sa uskutočňuje štandardným spôsobom. Okrem toho, pokiaľ v tomto pásme dôjde k vzniku živých a neskôr aj sociálne organizovaných systémov, budú tieto počas svojho niekoľko miliárd rokov trvajúceho putovania od jedného špirálneho ramena k druhému chránené ako pred vybuchujúcimi supernovami, ktoré najčastejšie explodujú v špirálnych ramenách a centrálnych oblastiach Galaxie, tak aj pred náhlou deštrukciou ich materskej planetárnej sústavy, zapríčinenou gravitačným „kopancom“ od okolo prechádzajúcej hviezdy alebo viacnásobného hviezdneho systému, pretože v korotačnom pásme je pohyb hviezd jemne synchronizovaný a nie sú tu tak husto natlačené ako v oveľa nepokojnejších centrálnych oblastiach Galaxie či v jej špirálnych ramenách. Maročnik a Muchin sa nazdávajú, že naša planetárna sústava sa nachádza práve v tomto pásme, a to medzi ramenami Strelca a Perzea, pričom sa pozvoľna presúva od ramena Strelca, kde pred 4,6 miliardami rokov vznikla, k ramenu Perzea, kam by mala dôjsť po uplynutí ďalších 3,2 miliárd rokov. Ľahko tak môžeme zistiť nielen celkový čas, ktorý potrebuje Slnečná sústava na postupné prekonanie vzdialenosti medzi oboma ramenami (ten predstavuje 7,8 miliárd rokov), ale aj časový úsek, ktorý jednotlivým vesmírnym civilizáciám, vznikajúcim prednostne v korotačnom pásme, zostáva dovtedy,

kým sú nútené čeliť všetkým hrozbám a rizikám, vyplývajúcim z ich vstupu do vzdialeného, ale aj neodvratne sa približujúceho špirálneho ramena (ten zas predstavuje 3-3,5 miliardy rokov v závislosti od toho, ako rýchlo sa vyvíjajú živé a sociálne systémy tej či onej planetárnej sústavy). Vyššie uvedené skutočnosti poslúžili obom bádateľom ako vhodný odrazový mostík pri stanovení maximálne možného počtu vesmírnych civilizácií v našej Galaxii. Podľa Maročnika a Muchina „formy života a civilizácie nášho typu môžu vznikáť len v galaktických ‚pásoch života‘ – v korotačných tóroch“. Stačí teda, keď zistíme celkový počet vhodných, Slnku podobných hviezd v korotačnom pásme, ktorých by malo byť zhruba 70 miliónov, a potom spomedzi nich vyčleníme tie, ktoré sú dosť staré na to, aby mohli byť domovom života. Takýchto hviezd, pri ktorých mali živé a sociálne systémy dosť času na to, aby vznikli a plne sa rozvinuli, by malo byť v korotačnom pásme asi 40 miliónov, a to je aj horná hranica maximálne možného počtu vesmírnych civilizácií v našej Galaxii. Maročnik a Muchin pritom zdôrazňujú, že uvedené čísla sú len orientačné, a preto sa nedá vylúčiť, že vesmírnych civilizácií je v Galaxii buď oveľa menej, alebo o niečo viac.



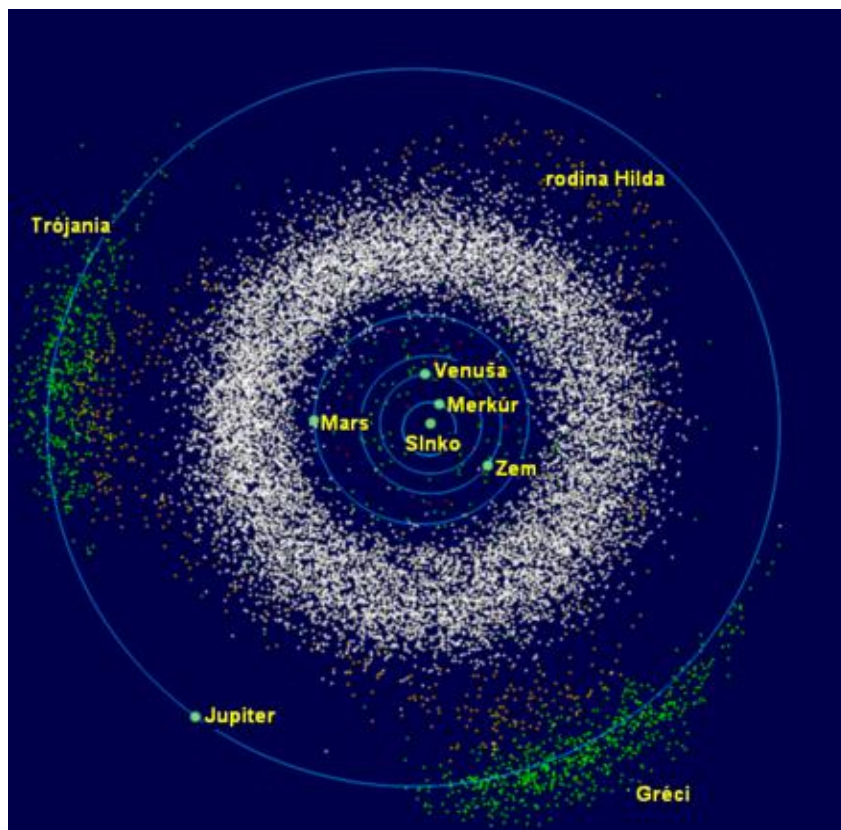
Pásmo života v Galaxii ako oblasť, kde by sa mal život vyskytovať s najvyššou pravdepodobnosťou



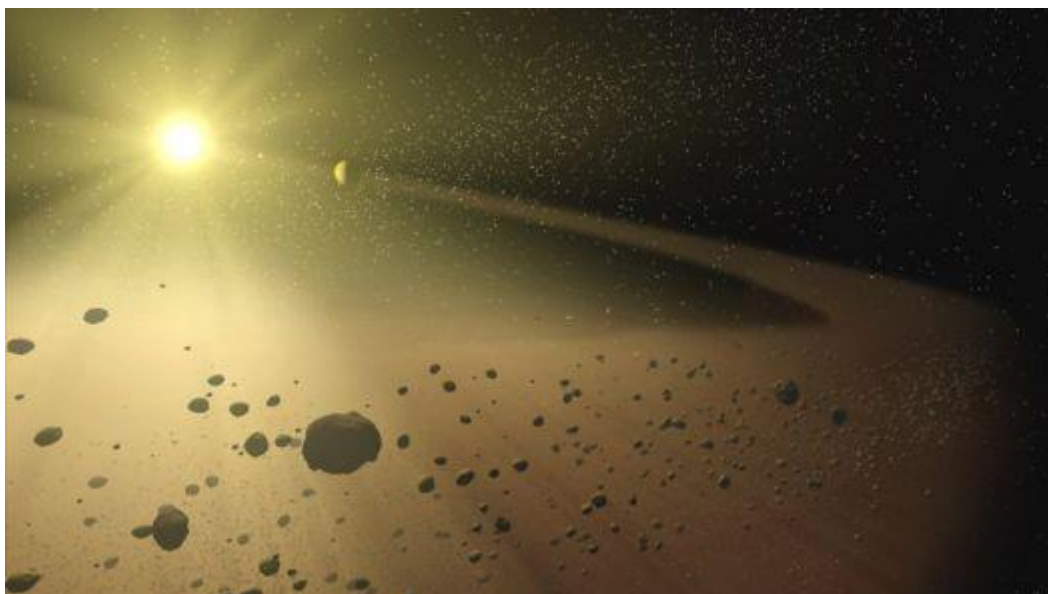


Okrem galaktickej obývateľnej zóny by nakoniec mala existovať aj **metagalaktická obývateľná zóna (MOZ)**, resp. vesmírna obývateľná zóna, ktorá však takisto bude mať svoje špecifiká. Na jednej strane môže trvať milióny rokov, pokiaľ dokážu civilizácie prežívať pri červených trpaslíkoch, resp. dokonca trilióny rokov a ešte dlhšie časové úseky, pokiaľ dokážu prežívať pri čiernych dierach a využívať ich obrovské energetické rezervoáre. Na strane druhej však hovoríme o púhom prežívaní **a nie rozvoji**, pretože ak sa vesmír skutočne roz-pína a bude roz-pínať čoraz rýchlejšie, tak o niekoľko miliárd rokov stratíme z dohľadu všetky galaxie okrem galaxií, ktoré sa nachádzajú **v našej Miestnej skupiny galaxií** a informácie si budeme môcť vymieňať už len s civilizáciami z tejto skupiny, pretože všetky ostatné civilizácie budú mimo nášho kauzálneho dosahu. Pravdaže, hovorím tu o ďalekej, veľmi ďalekej budúcnosti, zatiaľ čo pre nás je v tejto chvíli kľúčovou úlohou **peniknúť do pásma asteroidov** a zužitkovať jeho nerastné zdroje, pretože len tak budeme môcť udržať dynamické tempo nášho vývinu ďalšie tisíce rokov. Ako uvádzam v mojej nepublikovanej knihe vo vzťahu k telesám v pásme asteroidov medzi Marsom a Jupiterom: Ešte dôležitejšie je, že tieto vesmírne telesá sa v budúcnosti môžu stať **extrémne výdatným látkovo-energeticko-informačným zdrojom**, pretože veľa z nich sa nachádza v pásme asteroidov medzi Marsom a Jupiterom (teda nie príliš ďaleko od Zeme), pričom mnohé z nich sú pomerne veľké (s priemerom až niekoľko sto kilometrov) **a zložené tak z ťažších, ako aj ľahších chemických prvkov**, ktoré sa tam nachádzajú v dosť vysokých koncentráciách, a môžu byť preto pri oveľa slabšej gravitácii **veľmi ľahko, rýchlo a efektívne vytŕažené i spracované**. John Lewis napríklad poukazuje na najmenší známy **M-asteroid Amun**, ktorý je široký 1,2 míle a váži asi 30 miliárd ton, pričom obsahuje predovšetkým železo a nikel s trhovou hodnotou zhruba **8 miliónov dolárov**, kobalt s trhovou hodnotou **asi 6 miliónov dolárov**, menšie množstvo vzácnych a dnes čoraz viac cenených kovov, ako sú platina, irídium, osmium a paládium s trhovou hodnotou ďalších **6 miliónov dolárov**, ale aj pomerne veľa uhlíka, dusíka, síry, fosforu, kyslíka, vodíka či gália s trhovou hodnotou **prinajmenšom 2 bilióny dolárov**. A hoci je dosť ťažké odhadnúť celkové náklady takejto „ŕažarskej“ operácie, aj pri značne nadsadených nákladoch vo výške **1 bilióna dolárov** by sa potenciálny čistý zisk približoval k **21 biliónom dolárov**. Ako ďalej uvádza ten istý autor, v pásme asteroidov sa celkovo nachádza také obrovské množstvo nerastných surovín (vrátane ľahších, prchavých látok), že by sa ním mohli **niekoľko tisíc rokov** saturovať potreby populácie **až miliónkrát väčšej, ako je tá súčasná**. Pri detailnejšom pohľade sa navyše ukazuje, že ŕažiť v tomto pásme bu-

de oveľa výhodnejšie (a rozumnejšie) ako na Mesiaci či Marse, pretože aj keď sú obidve tieto telesá bližšie k Zemi a omnoho väčšie ako asteroidy a kométy, disponujú práve preto oveľa silnejšou gravitáciou, na prekonanie ktorej budeme potrebovať omnoho viac paliva, pričom nerastné suroviny sa v nich nachádzajú v oveľa väčšej hĺbke a sú tu aj menej koncentrovanejšie. Na väčšine asteroidov je však natoľko slabá gravitácia, že astronauti sa z nich budú môcť odraziť silou vlastných nôh, resp. s pomocou drobných raketových motorov, čo jednak značne zníži celkové náklady takejto „ťažiarkej“ činnosti, jednak podstatne zvýši jej bezpečnosť. Rovnako dôležité je, že jednotlivé suroviny sa tu nachádzajú v dosť vysokých koncentráciách, pričom na S-asteroidoch a ešte viac na M-asteroidoch **ich doslova stačí len pozbierať**, pretože sa sústreďujú **v drobných a stredne veľkých granuliach**, ktoré môžu byť v prípade potreby ešte vložené do jemných centrifugálnych drvičov (či mlynov) a tak očistené od všadeprítomného prachu. Väčšina specialistov v NASA sa preto domnieva, že z čiste technického hľadiska sme už na zahájenie vesmírnej „ťažiarkej“ činnosti vcelku pripravení, zatiaľ čo otvorenou otázkou zostáva, či vôbec a do akej miery sme odhodlaní znášať všetky jej ekonomické, zdravotné a nakoniec aj sociálno-politické riziká.



Pásmo planétok (biela) sa nachádza medzi obežnými dráhami Marsu a Jupitera.



Celkom na záver by som sa vám všetkým, pozorným čitateľom týchto popularizačných textov, chcel poďakovať za pozornosť a zaželať veľa pekných zážitkov pri oboznamovaní sa s vesmírom, ktorý nás, dúfam, nikdy neprestane udivovať svojou „dômyselnosťou“ a krásou.