

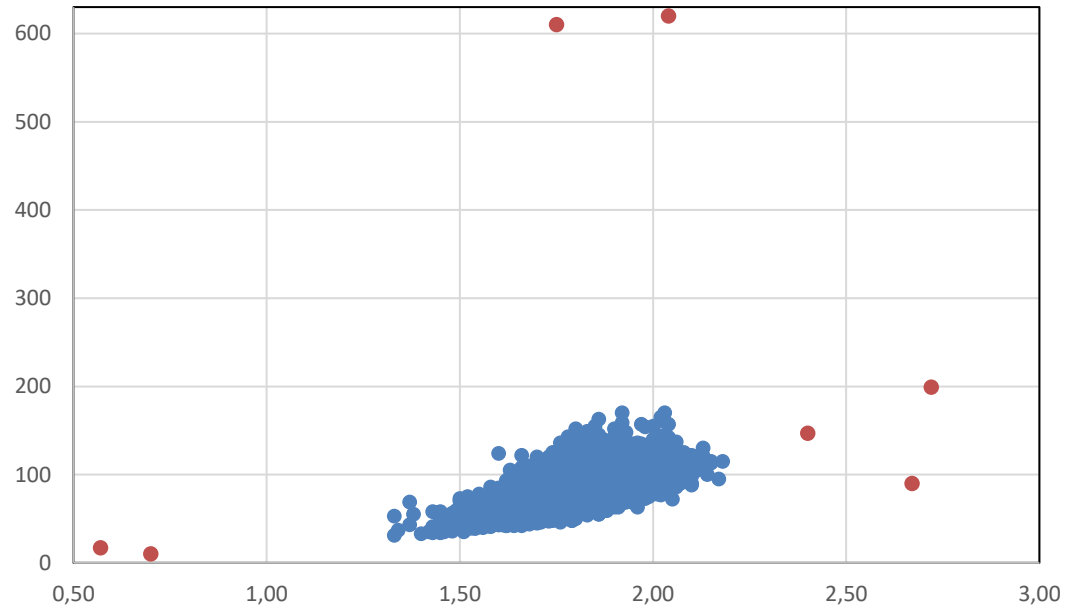
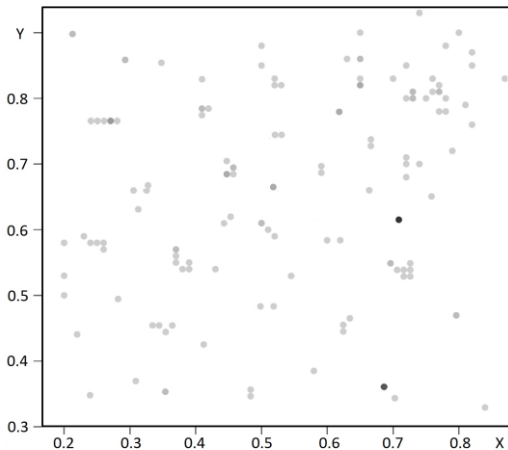
Hvězdný diagram

statistika nuda je, má však cenné údaje ...

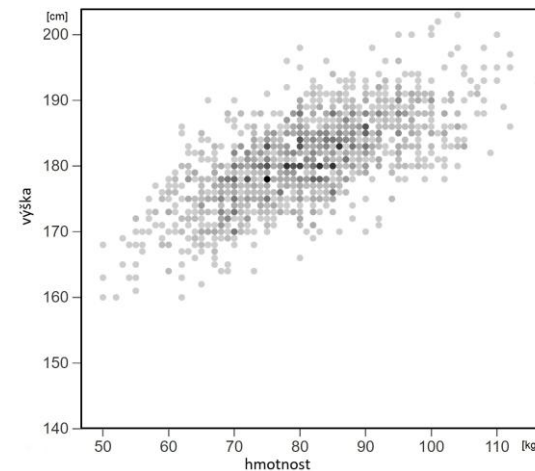
sportovci na LOH 2016

extrémy dle Guinnessovy knihy

náhodný vzorek – skupina osob



obdobně i ve světě hvězd!



sportovci
na ZOH 2018

Trocha historie



1889 – **Carl Vilhelm Ludvig Charlier** – 1. tabulka

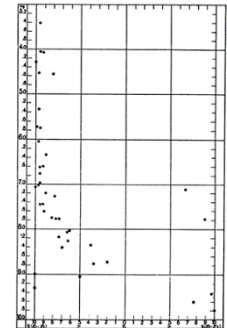
1905 – **Ejnar Hertzsprung** – studium hvězd známých absolutních hv. velikostí a sp. tříd – pro červené hvězdy konstatoval rozdíly ve hv. vel. (sp. třída byla stejná) – jasnější hvězdy označil za „velryby mezi rybami“
výstup jen tabulka! - graf pro Plejády z roku 1906 nepublikoval



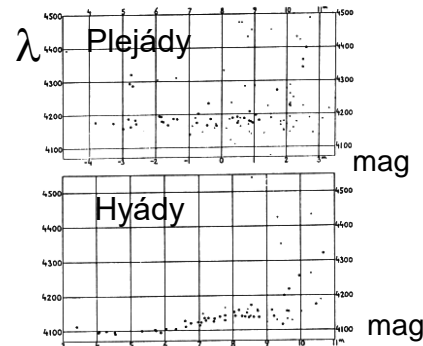
1909 – **Karl Schwarzschild** – pozval EH do Göttingenu, kde toho roku pobýval i Rosenberg



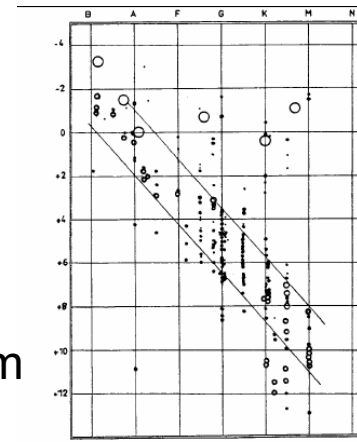
1910 – **Hans Oswald Rosenberg** – 1. graf. podoba HRD, pro Plejády (na doporučení K. Schwarzschilda)



1911 – Hertzsprung – grafický výstup pro Hyády a Plejády



1913 - **Henry Norris Russell** - vztah mezi zářivým výkonem a teplotou hvězdy z hlediska vývoje hvězd



RUSSELL's erstes Diagramm (veröffentlicht in Popular Astronomy, 1914)

Abzisse: Spektraltyp. System MITR CANNON.

Ordinate: Absolute Helligkeit.

○ • Sterne mit einem Fehler der Parallaxe < 42%
○ • Sterne mit einem Fehler der Parallaxe > 42%

Hertzsprungův – Russellův diagram

1905 – **Ejnar Hertzsprung** – studium hvězd známých absolutních hv. velikostí a sp. tříd – pro červené hvězdy konstatoval rozdíly ve hv. vel. (sp. třída byla stejná) – jasnější hvězdy označil za „velryby mezi rybami“
výstup jen tabulka! - graf pro Plejády z roku 1906 nepublikoval



1913 - **Henry Norris Russell** - vztah mezi zářivým výkonem a teplotou hvězdy; stejný výsledek jako Hertzsprung – termíny „obří“ a „trpaslíci“

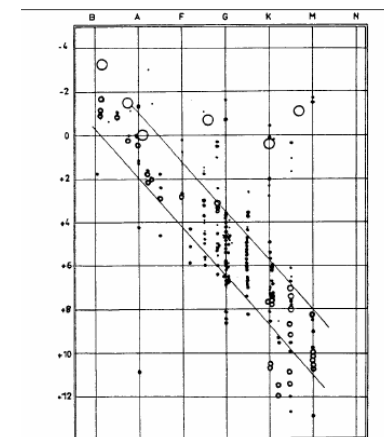


“Giant” and “Dwarf” Stars.*

WE are working at Princeton along several lines—on the photographic determination of the position of the Moon, and on eclipsing variables—both observationally and theoretically; but I would like to talk now about some studies bearing upon stellar evolution, beginning with the relation between the spectral types of the stars and their real brightness. [Slide shown on screen.] This slide represents graphically the relation between the absolute

* An address given at the Meeting of the Royal Astronomical Society, 1913, June 13.

probably not really separated in Class F. These series were first noticed by Dr. Hertzsprung, of Potsdam, and called by him “giant” and “dwarf” stars. All I have done in this diagram is to use more extensive observational material. The dwarf stars,



RUSSELL'S ERSTES DIAGRAM (veröffentlicht in Popular Astronomy, 1914)

Achsen: Spektraltyp, System Miss CANNON.
Ordinate: Absolute Helligkeit.

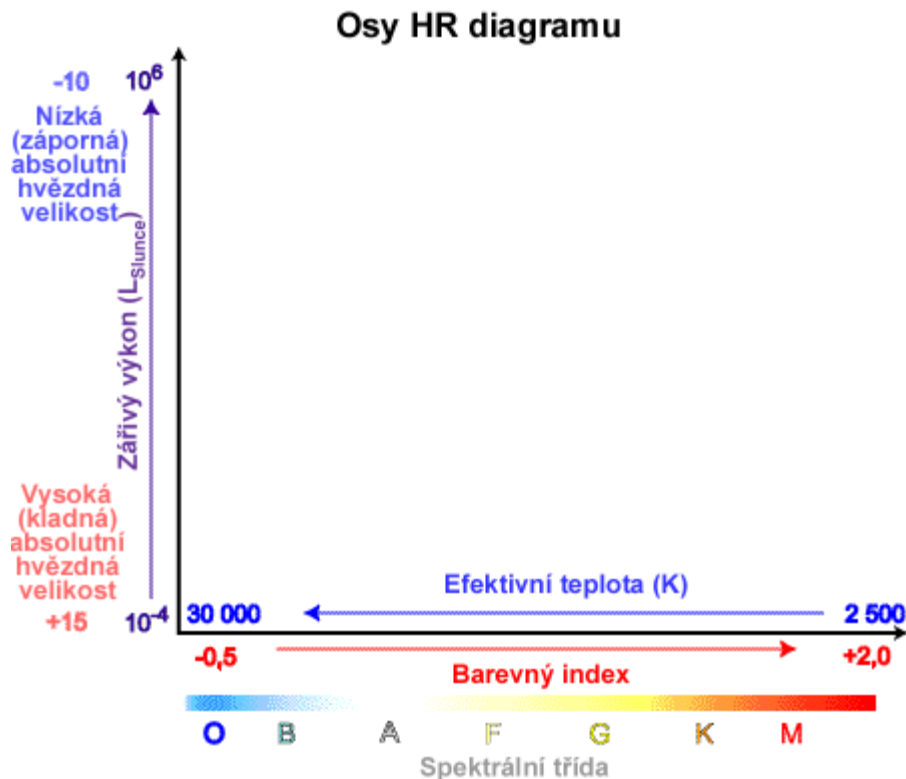
- Sterne mit einem Fehler der Parallaxe < 42%
- Sterne mit einem Fehler der Parallaxe > 42%
- Parallaxe mindestens zweimal gemessen
- Parallaxe nur einmal gemessen
- Mittelwerten für eine große Zahl einzelner Sterne, deren Eigenbewegungen und Parallaxen an der Grenze der Meßbarkeit liegen.

výstupem diagram – závislost mezi absolutní hvězdnou velikostí a spektrální třídou hvězd

Hertzsprungův-Russellův diagram - HRD

Absolutní hvězdná velikost - mírou zářivého výkonu hvězd,
spektrální třída souvisí s povrchovou teplotou hvězd => z fyzikálního hlediska

HR diagram = závislost zářivého výkonu na povrchové teplotě hvězd



Na scéně jsou obři a trpaslíci

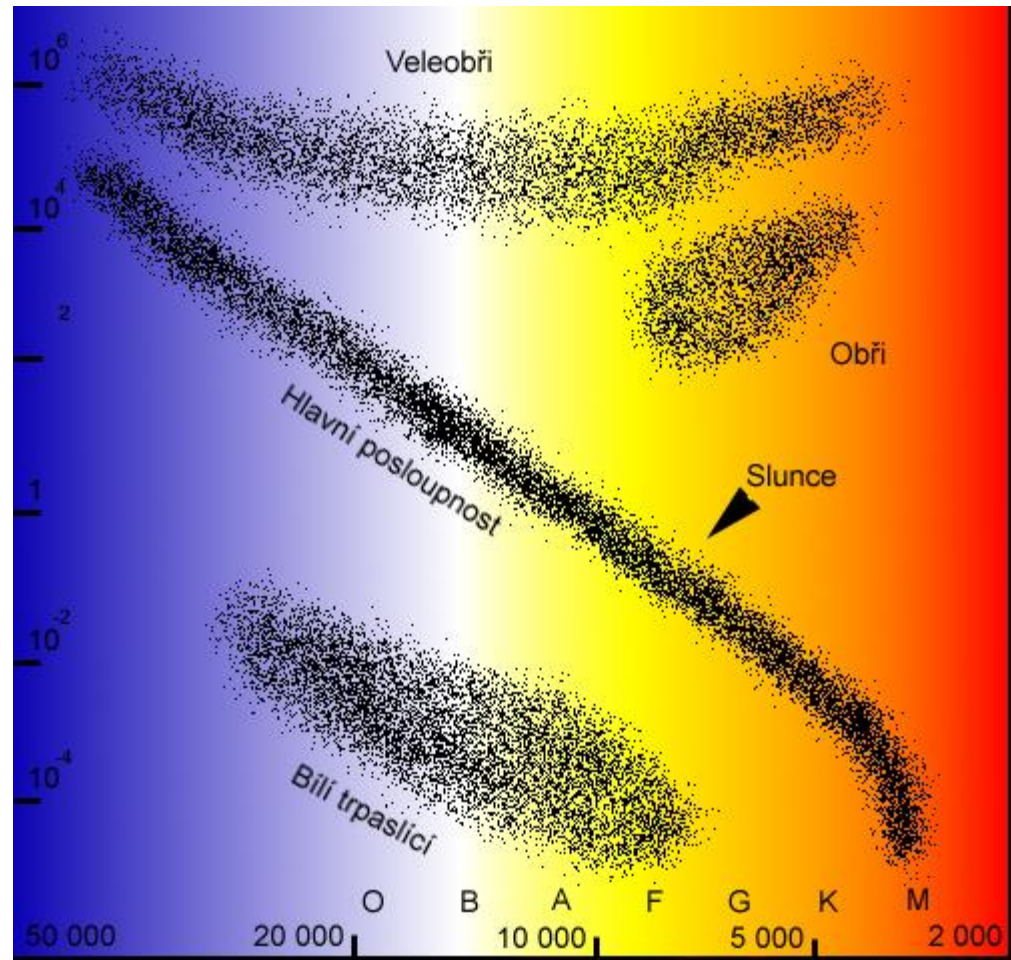
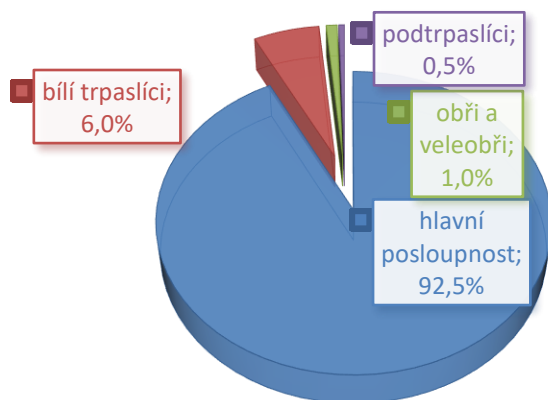
významná místa v HRD:

hlavní posloupnost - nejvíce hvězd (přes 90 %) - pás, který probíhá od horkých a zářivých hvězd k chladným hvězdám s malým výkonem

obři (červení obři) a veleobři - relativně nízké povrchové teploty, vysoké výkony

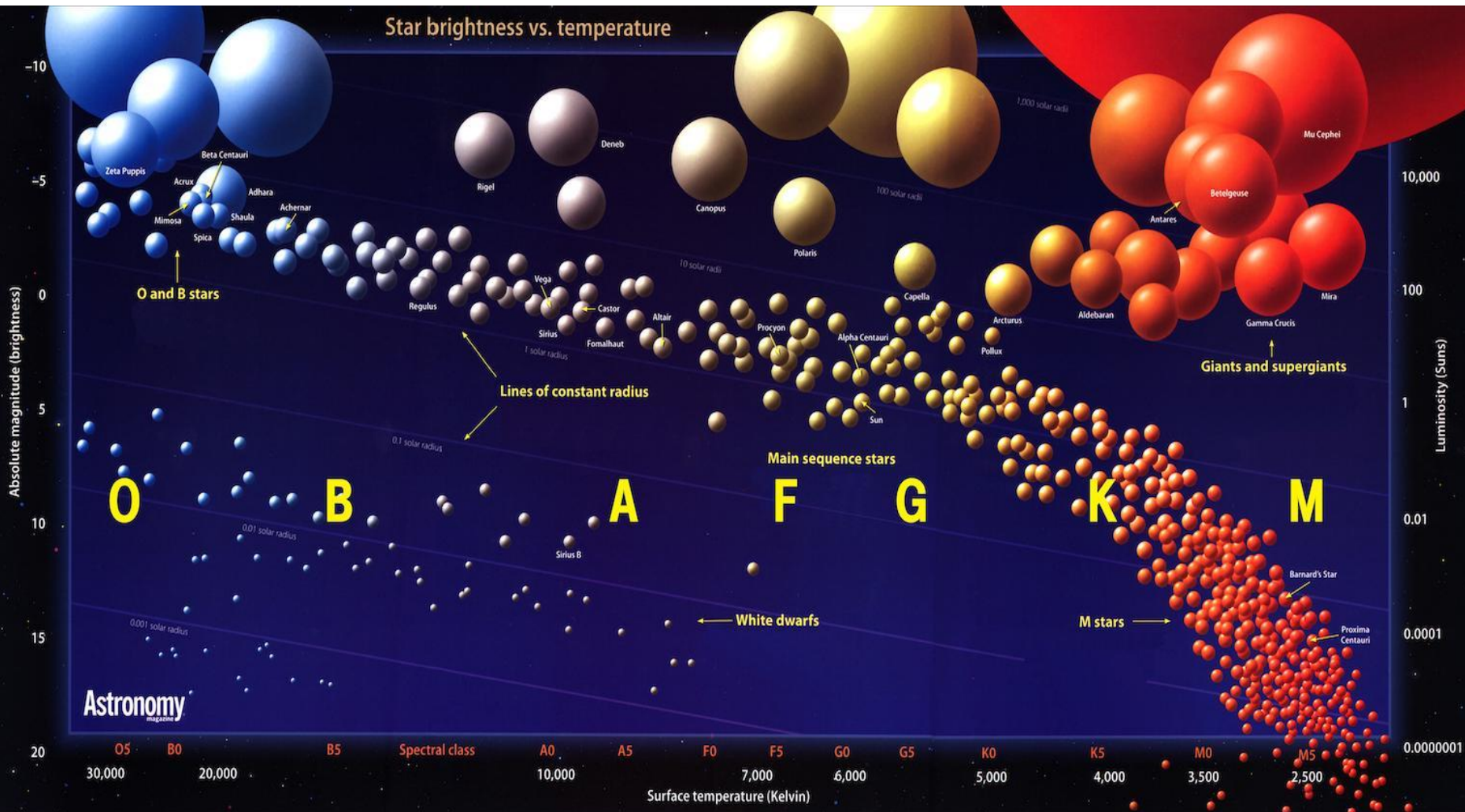
bílí trpaslíci - malé zářivé výkony, vysoké povrchové teploty

červení trpaslíci - hvězdy spektr. tříd K a M s malým zářivým výkonem

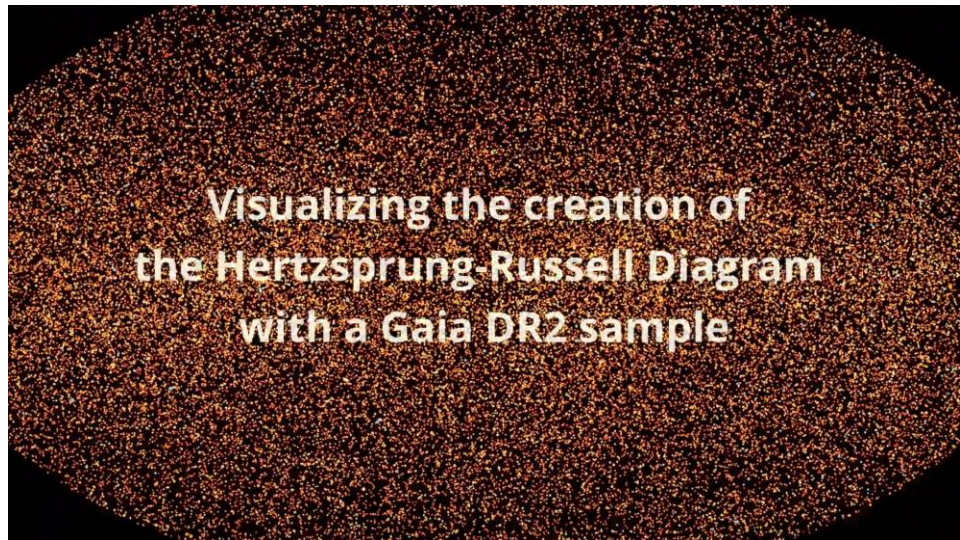
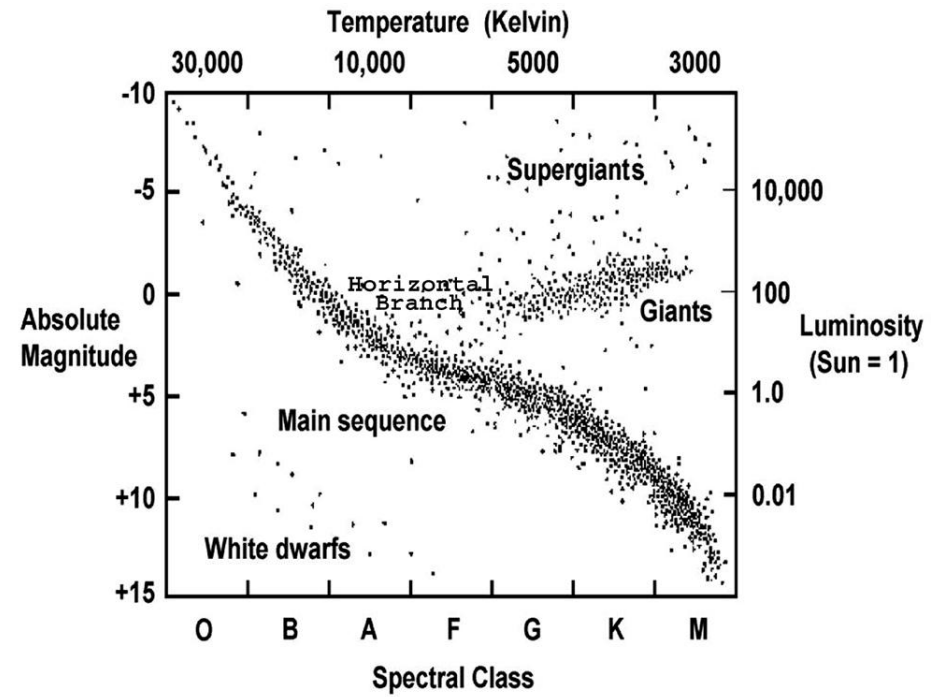
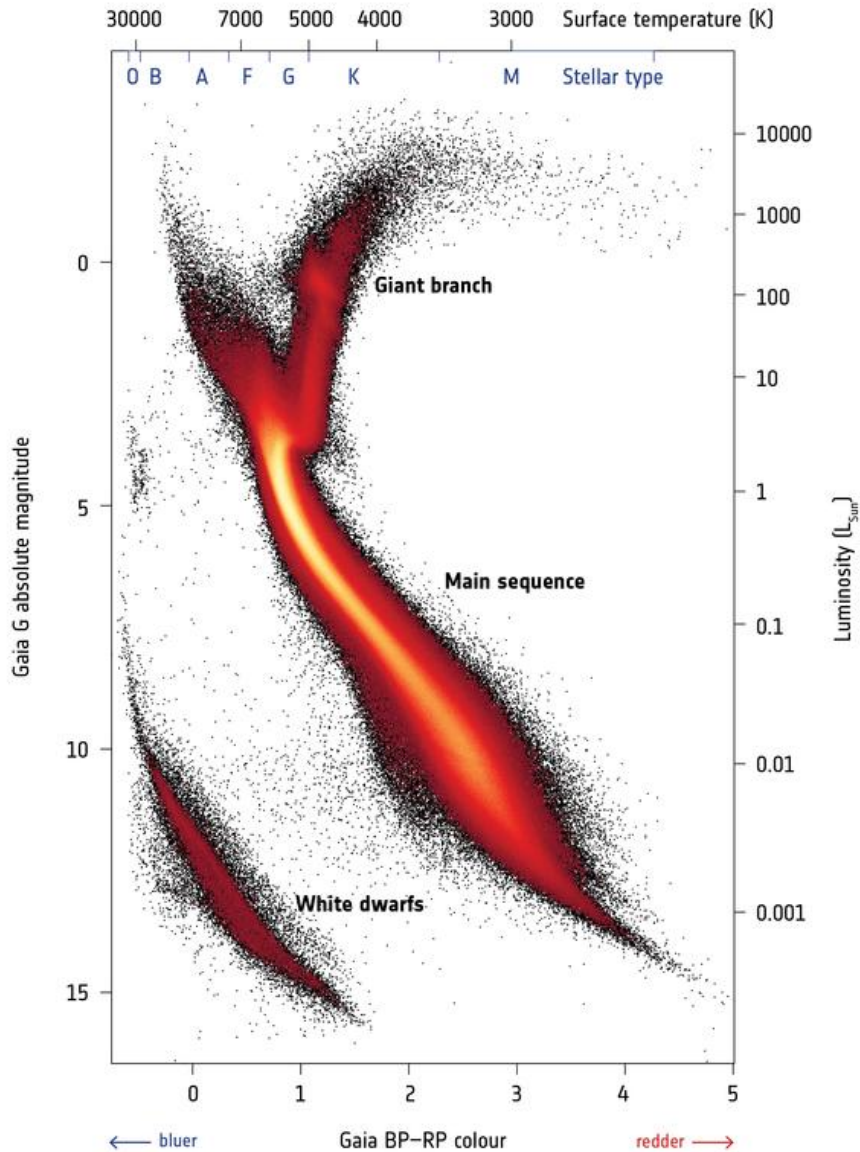


Četnosti hvězd v okolí Slunce (1000 nejblížeších hvězd)

Star brightness vs. temperature

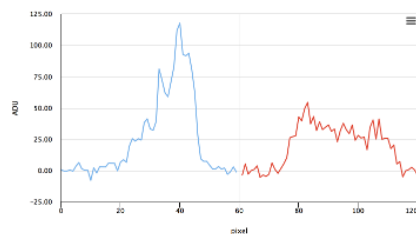
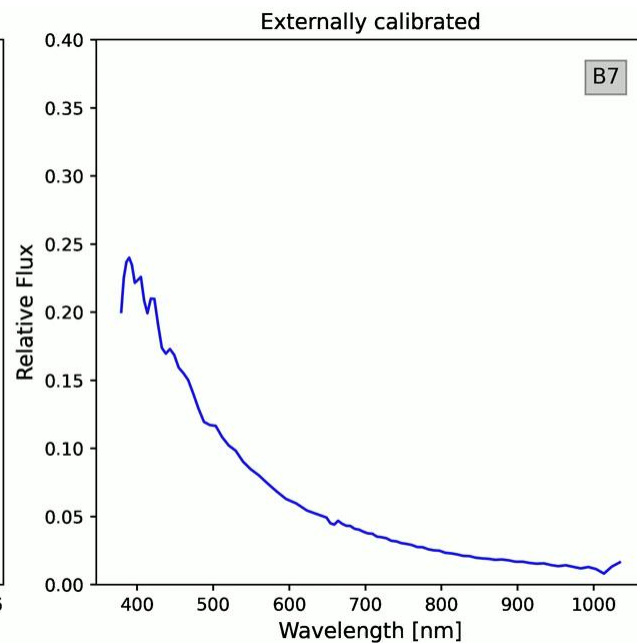
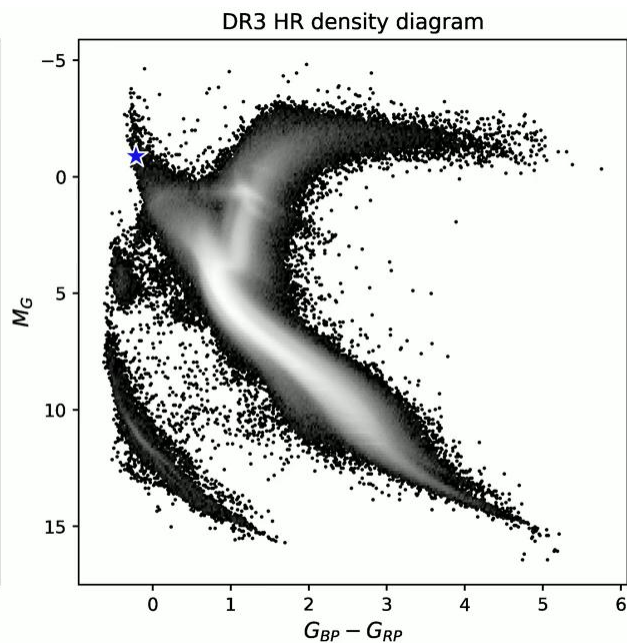
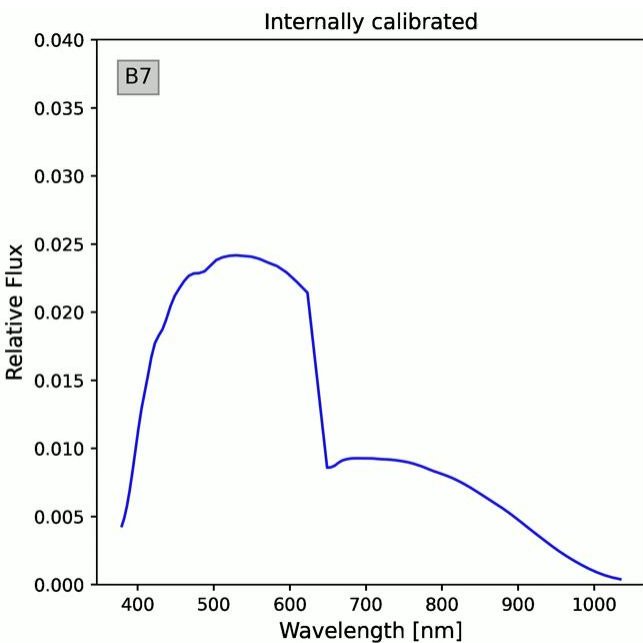


→ GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM



GAIA DR3

14 351 682 hvězd z naší Galaxie (mimo rovinu Galaxie ($b \geq 30$ deg or $b \leq -30$ deg))



Složení BP/RP spekter
Modré spektrum – pixely 20-45 (330-680 nm),
červené pixely 80-110 (640- 1050 nm)

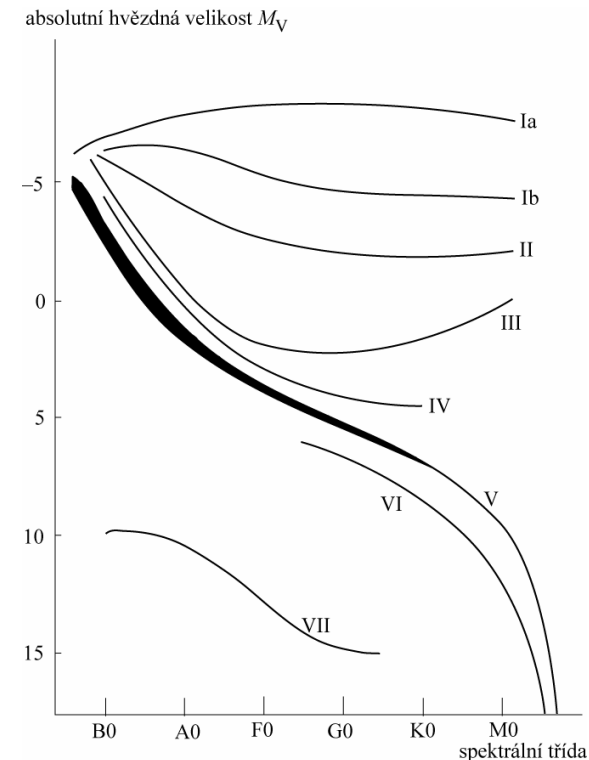
Luminozitní třídy - Morganova-Keenanova (MK) klasifikace

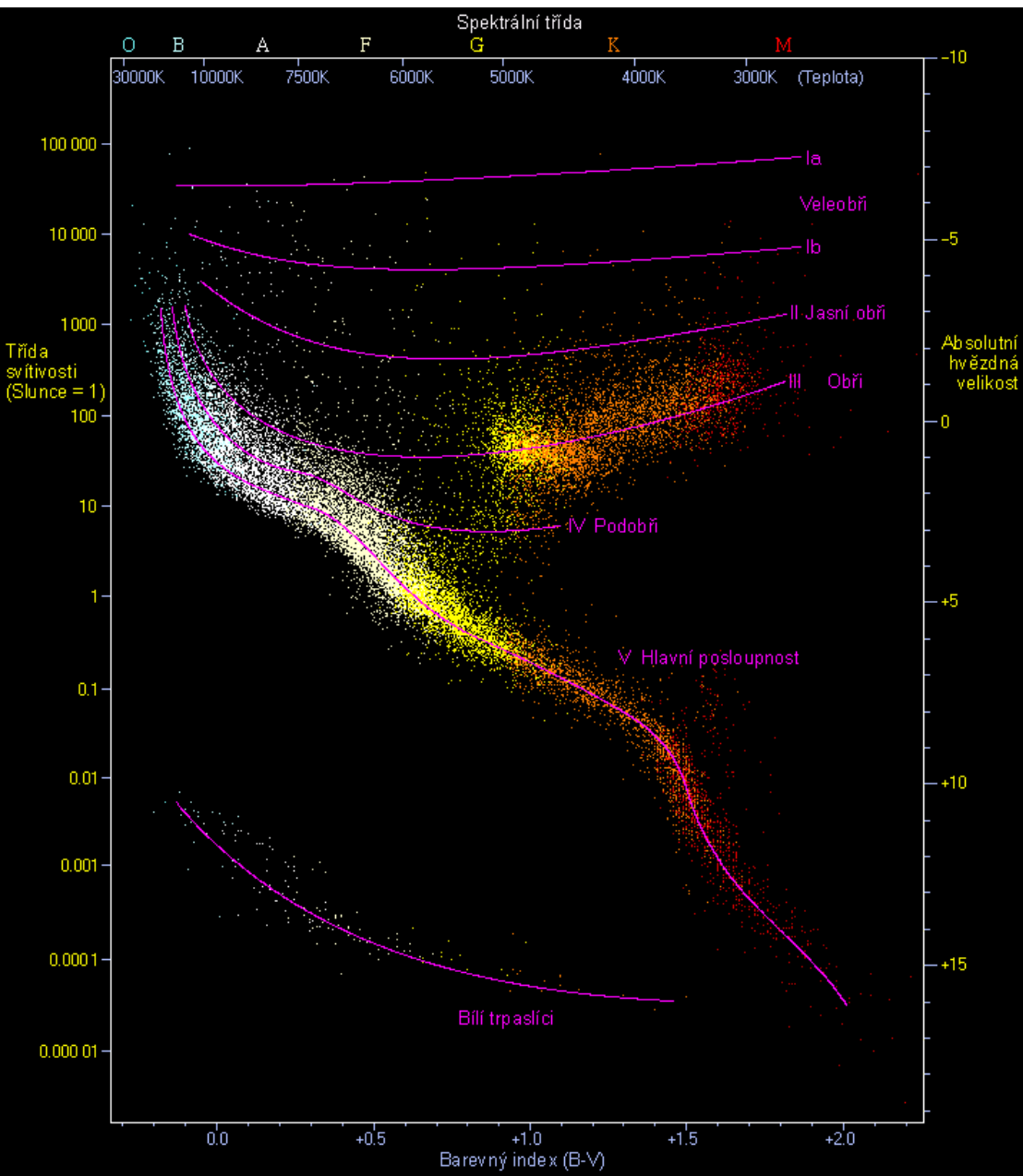
- nejprve 1943 Morgan, Keenan, Kellman(ová) (MKK)
- 1953 revize – Morgan, Keenan (MK)
- zjemnění spektrální klasifikace hvězd
- určují se podle profilu spektrální čar ionizovaných prvků, citlivých na tlak v atmosféře



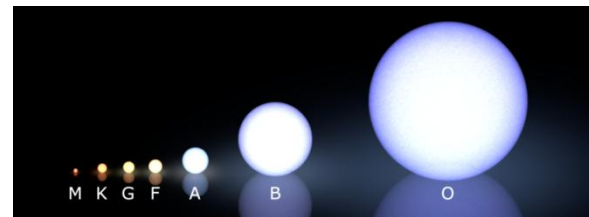
=> *spektrální typ* - informace o povrchové teplotě hvězdy
luminozitní třída – informace o tlaku v atmosféře hvězdy

Značení: přidává se ke spektr. typu (a podtypu) - římské číslice a příp. písmena - např. K2 III





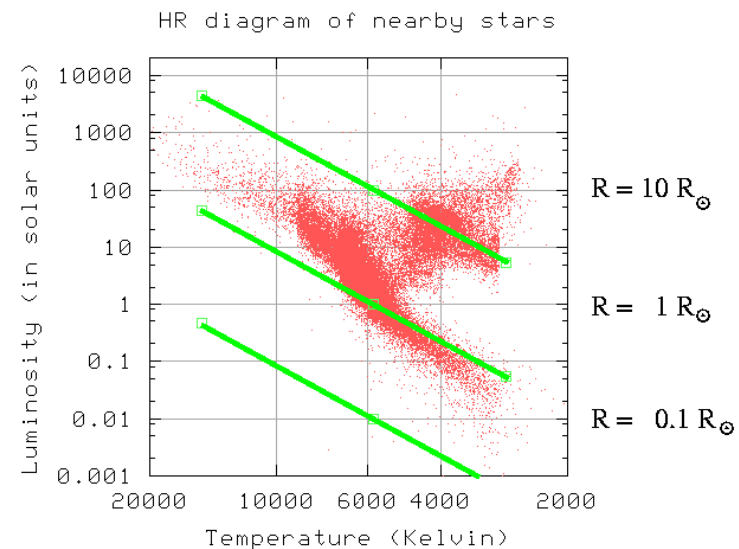
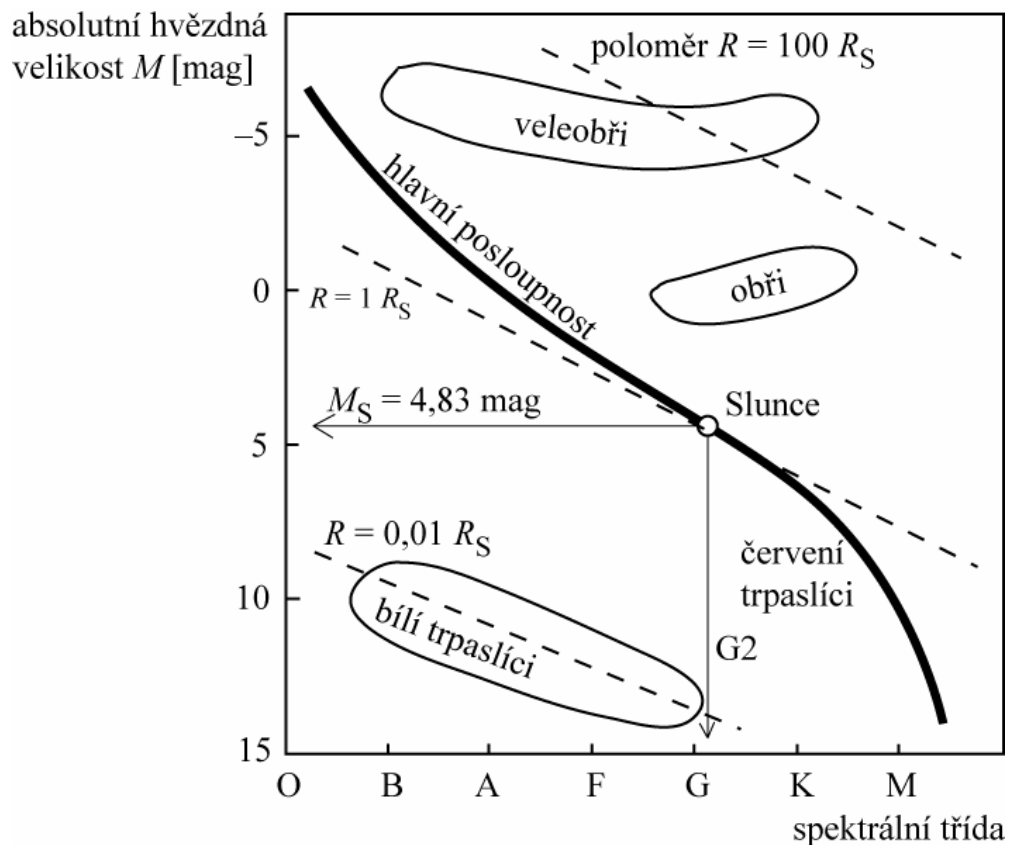
- 0 – extrémně zářiví veleobři
- Ia – jasní veleobři - Beteleuse
- Ib – (normální) veleobři - Antares
- II – jasní obři (nadobři) - Canopus
- III – (normální) obři - Aldebaran
- IV – podobři - Procyon
- V – hvězdy hlavní posloupnosti - Slunce
- VI (sd) – podtrpaslíci – Kapteynova hvězda
(např. sdB5 nebo B5VI)
- VII (D) – bílí trpaslíci – Sírius B (např.
červení, hnědí trpaslíci)



=> *spektrální typ* - informace o *povrchové teplotě* hvězdy
luminozitní třída – informace o *tlaku* v atmosféře hvězdy

=> spolu spektr. typ + lum. třída

=> rámcová informace o *velikosti* hvězdy



HRD = nejdůležitější astrofyzikální diagram

- odhad *vzdálenosti* hvězdy – z pozorované hvězdné velikosti a spektra (spektr. třídy a typu (umístění v HRD – hlavní posloupnost, obři, trpaslíci...)); z HRD odečtená absolutní hvězdná velikost a pozorovaná hvězdná velikost => vzdálenost
- výzkum hvězdokup – např. stáří hvězdokup nebo určení vzdálenosti hvězdokupy od Země
- test platnosti teorií stavby a vývoje hvězd

Otázky k diskusi:

Má hvězda stabilní místo v HRD nebo se mění?

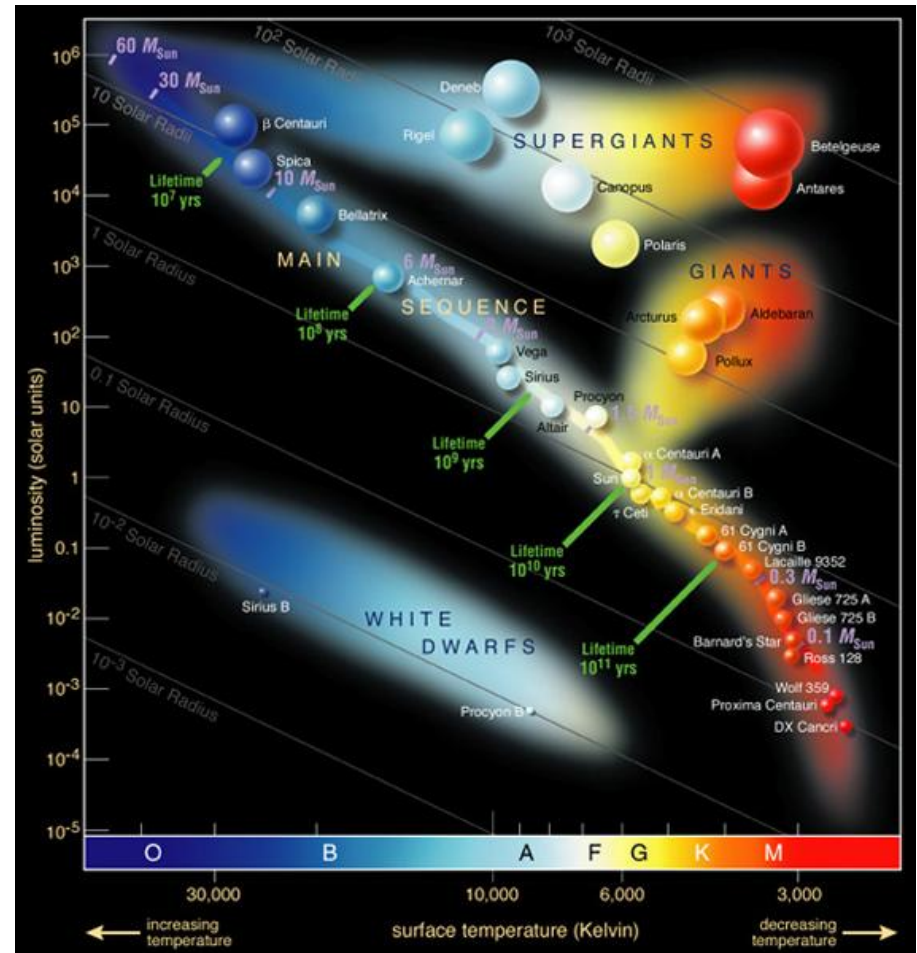
Proč?

Krátkodobé změny?

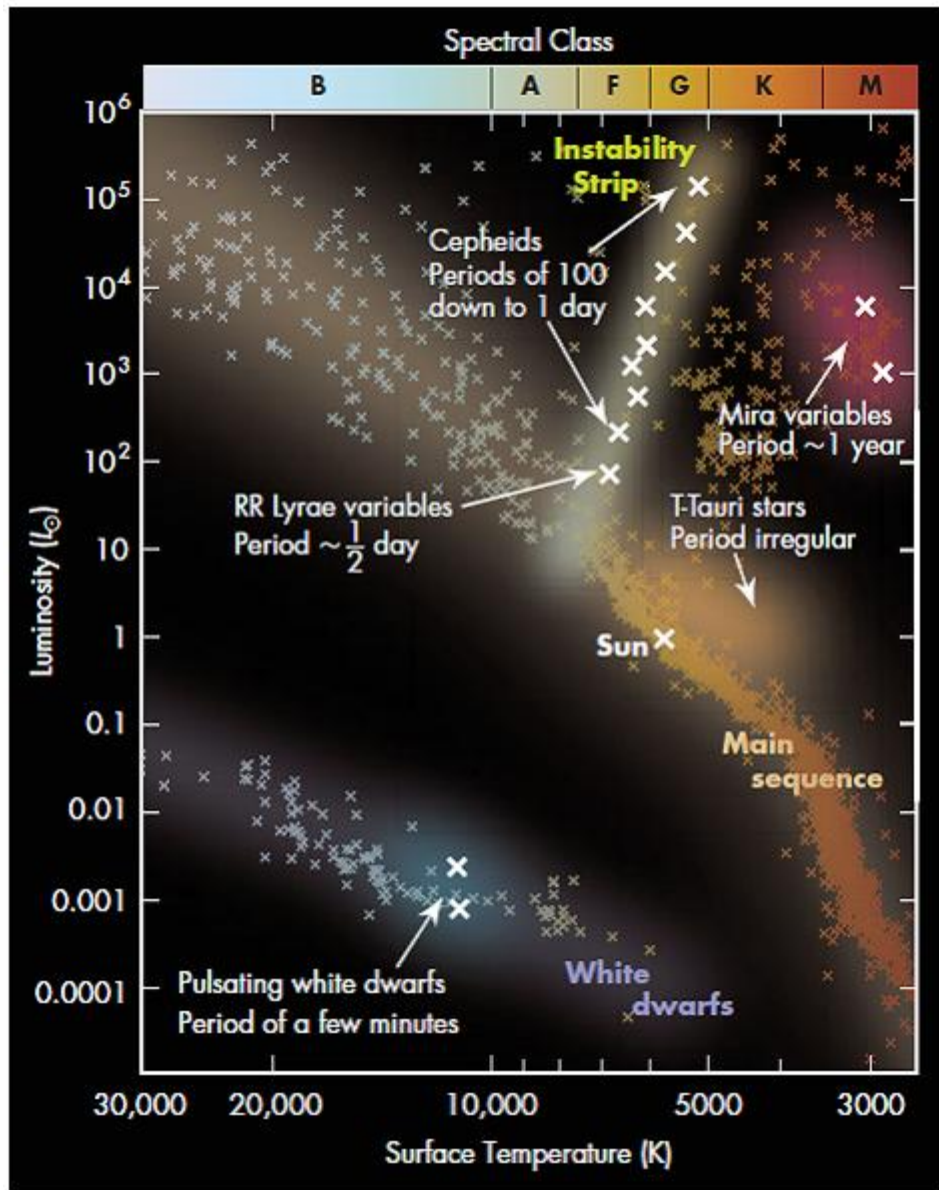
proměnné hvězdy

Dlouhodobé změny?

vývoj hvězd



**Motion of variable stars
in the HR diagram
based on a Gaia DR2 sample**



Stopy hvězdného vývoje v HRD

po dobu života hvězdy se mění její místo v HR diagramu

proč?

změna parametrů hvězdy (poloměr, zářivý výkon, teplota)

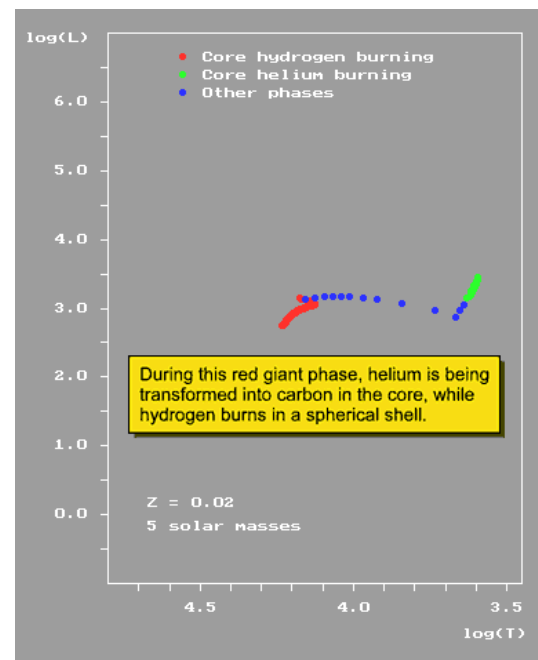
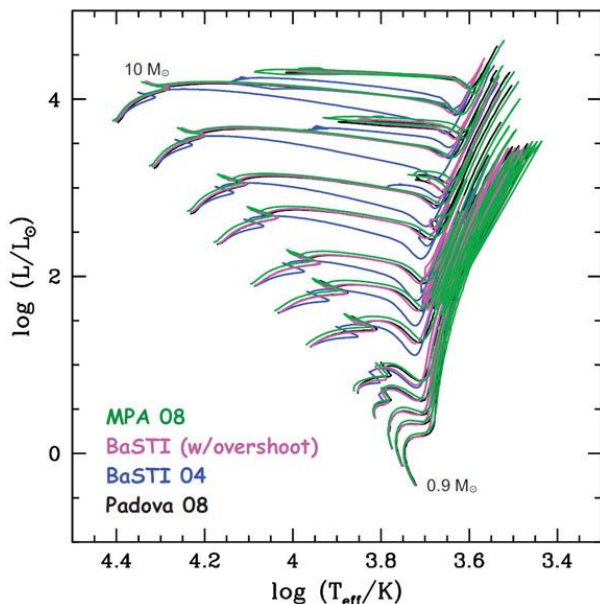
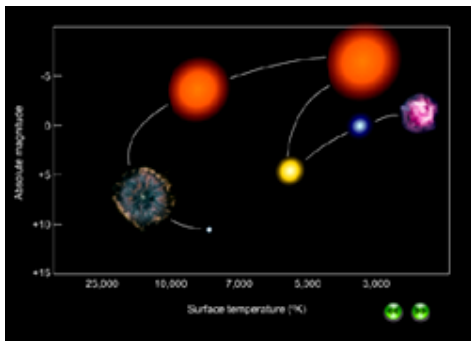
<https://astro.unl.edu/nativeapps/>

[NAAP Labs - v1.1.msi](https://astro.unl.edu/mobile/HRdiagram/HRdiagramStable.html)

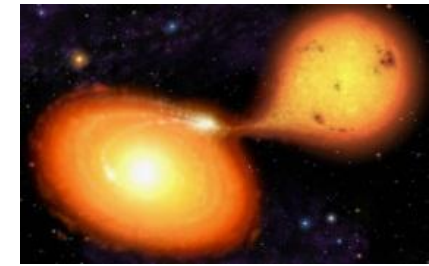
<https://astro.unl.edu/mobile/HRdiagram/HRdiagramStable.html>

<https://starinabox.lco.global/>

<https://www.edumedia-sciences.com/en/media/920-hr-diagram>



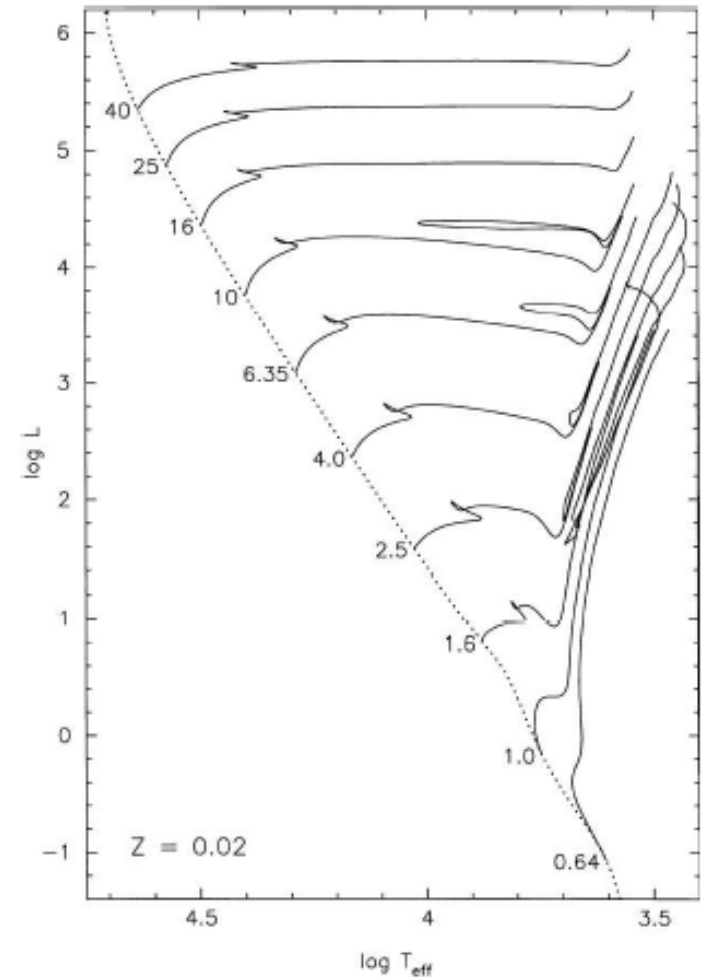
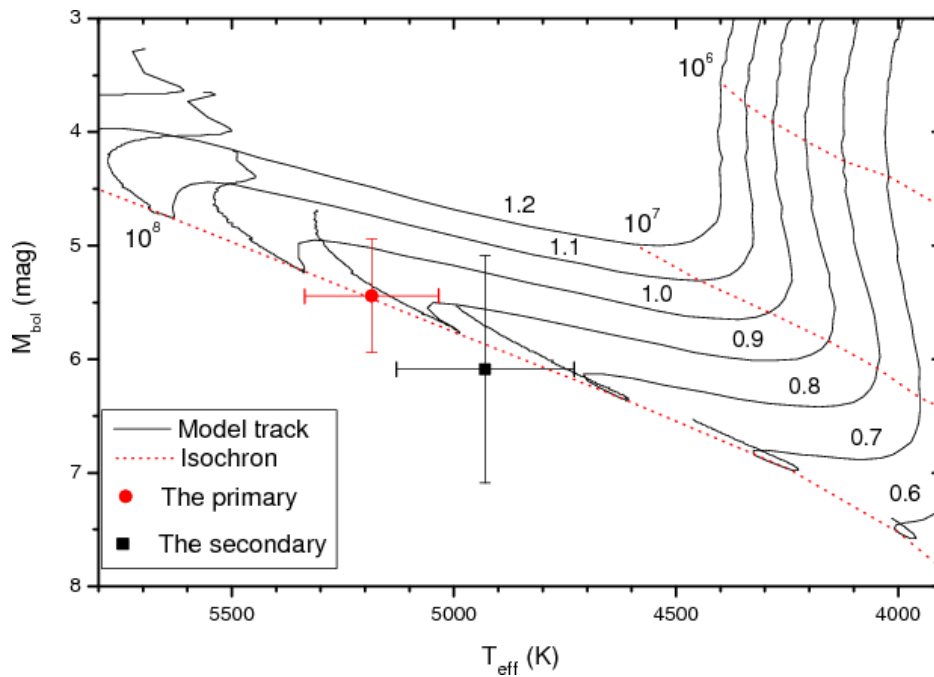
Testy hvězdné struktury a vývoje



Osamocené hvězdy => oddělené dvojhvězdy:

- velmi hmotné hvězdy
- hvězdy s nízkou hmotností
- planetární systémy, exoplanety

Dvojhvězdy a vícenásobné hvězdné soustavy

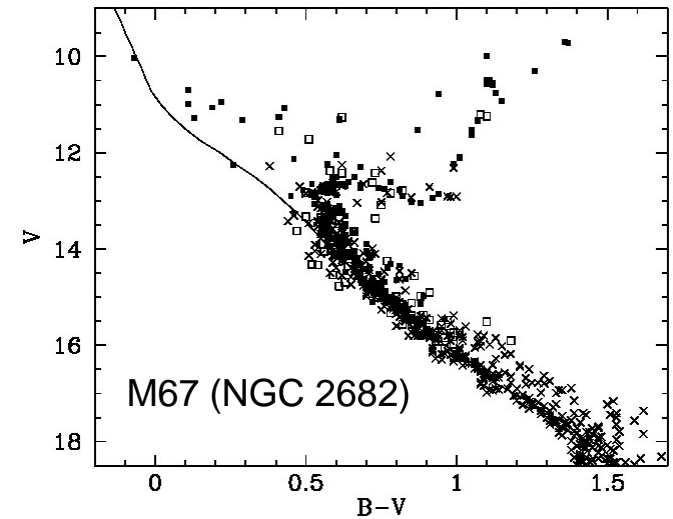


Barevný diagram

= obdoba (náhražka HRD)

- místo spektrální třídy barevný index,
- místo absolutní hvězdné velikosti pozorovaná hvězdná velikost,

Jen pro hvězdy v cca stejné vzdálenosti od nás!



Důvod – nelze pořídít spektra hvězd s rozlišením pro spektrální klasifikaci
- měření *barevného indexu* (míry povrchové teploty hvězd) z fotometrie

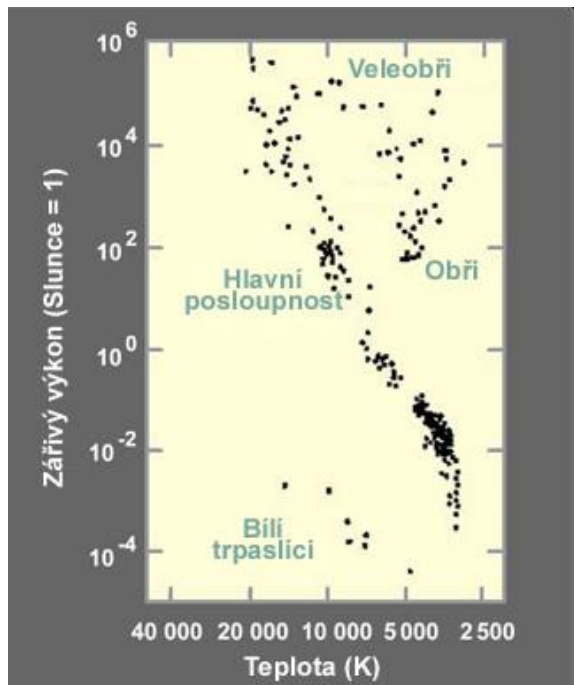
využití – určení vzdálenosti hvězdokup, stáří hvězdokup

postup – sestojíme barevný diagram pro hvězdokupy se známou vzdáleností

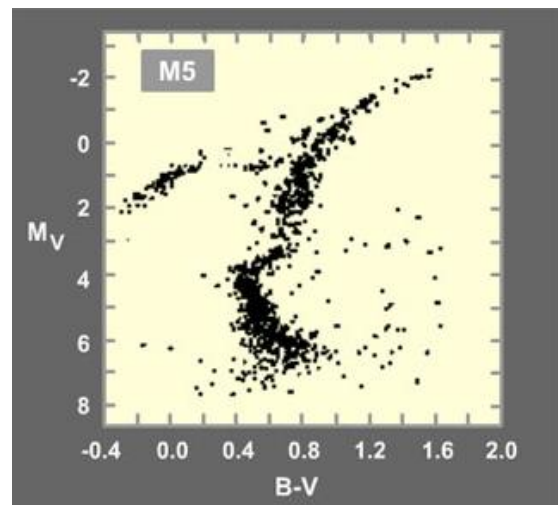
=> na svislé ose přímo absolutní hvězdné velikosti

- sestojíme ve stejném měřítku „normální“ barevný diagram s pozorovanými hvězdnými velikostmi na svislé ose pro jinou hvězdokupu

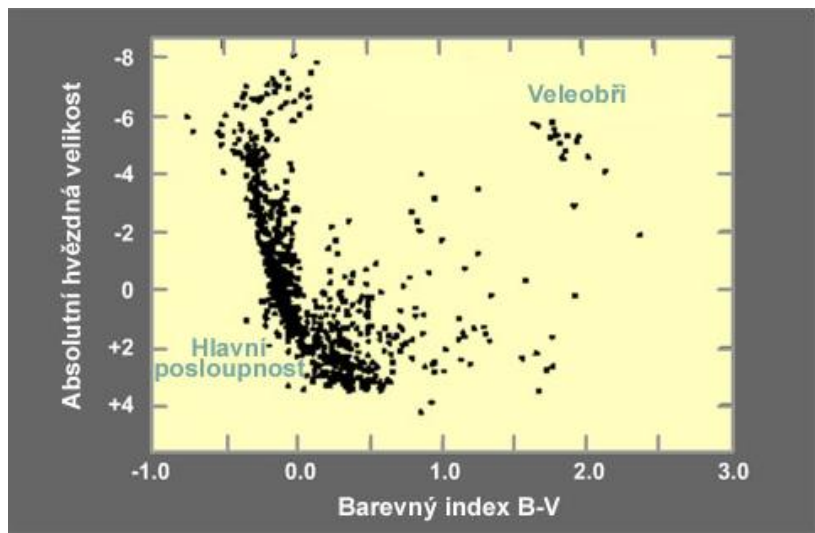
- ztotožníme-li hlavní posloupnosti hvězdokup => rozdíl stupnic pozorovaných a absolutních hvězdných velikostí hvězdokup (posun ve svislém směru) = modul vzdálenosti druhé hvězdokupy => její vzdálenost



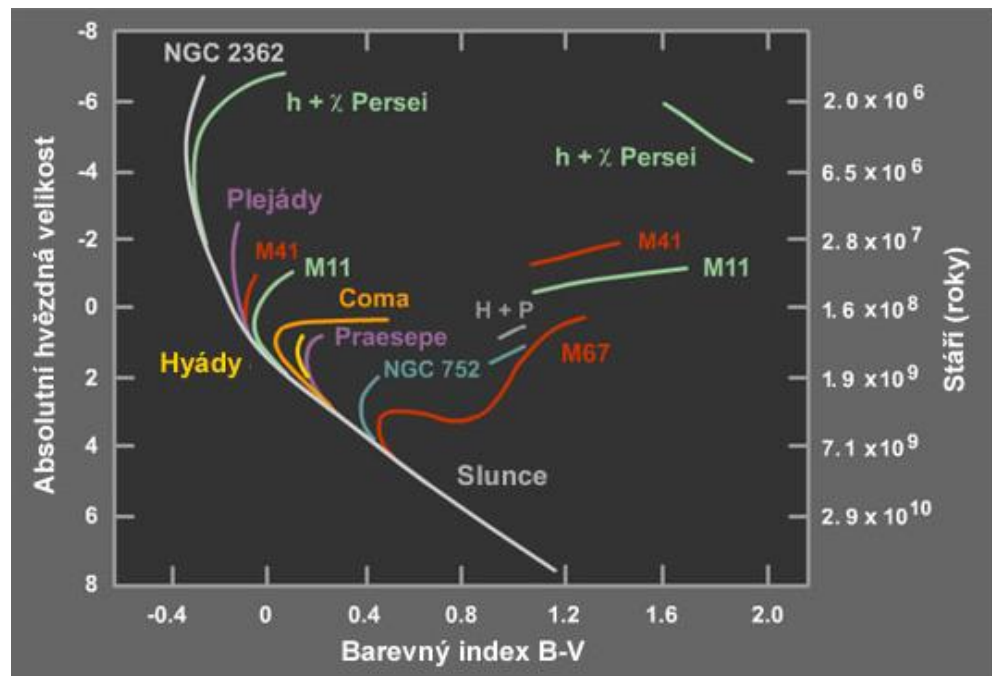
HRD pro hvězdy v blízkosti Slunce



HRD pro kulovou hvězdokupu M5

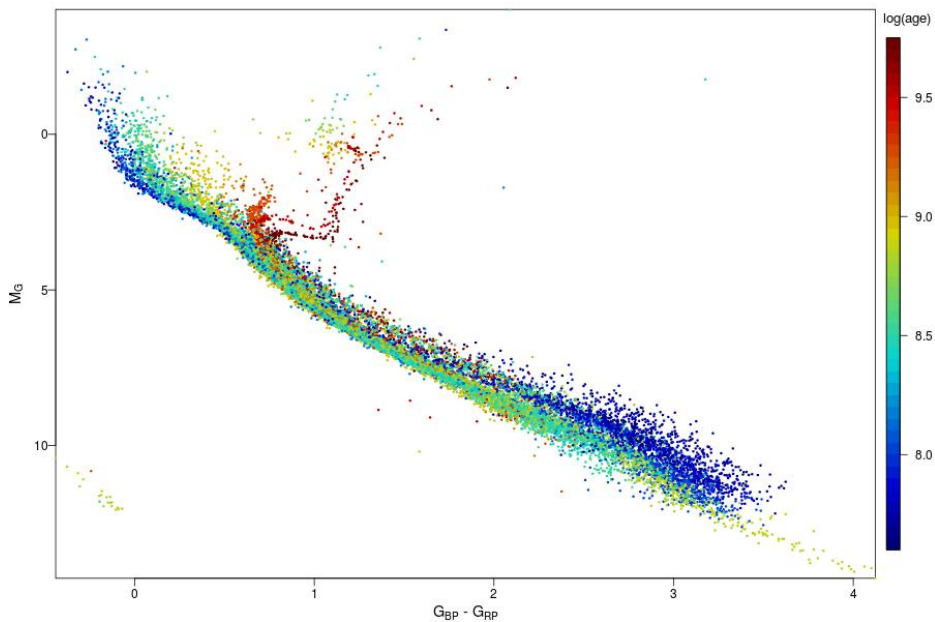


HRD pro otevřenou hvězdokupu χ a h Persei

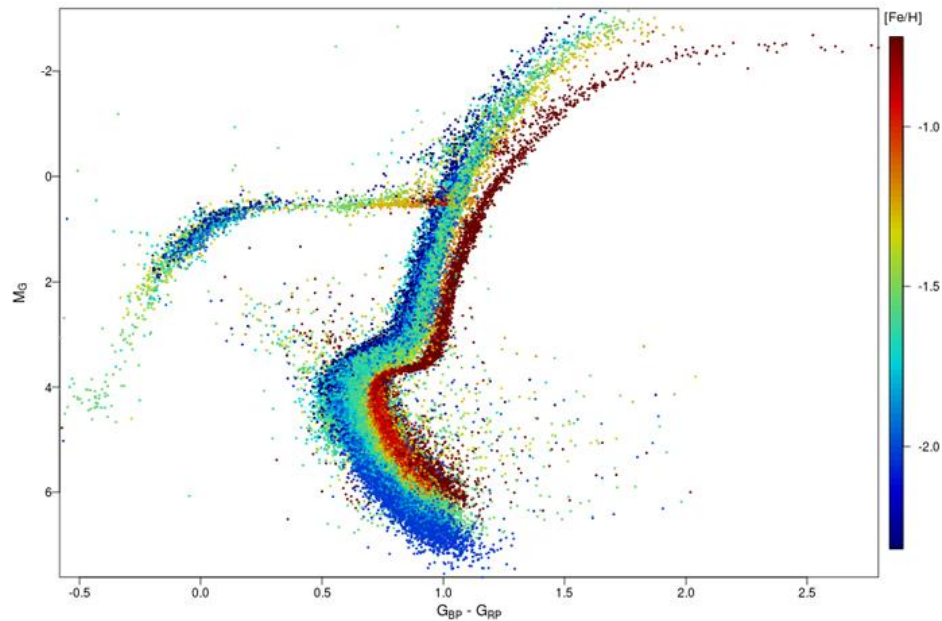


HRD pro různé otevřené hvězdokupy

HR diagramy pro hvězdokupy s daty GAIA DR2



Otevřené hvězdokupy
Kulové hvězdokupy ?

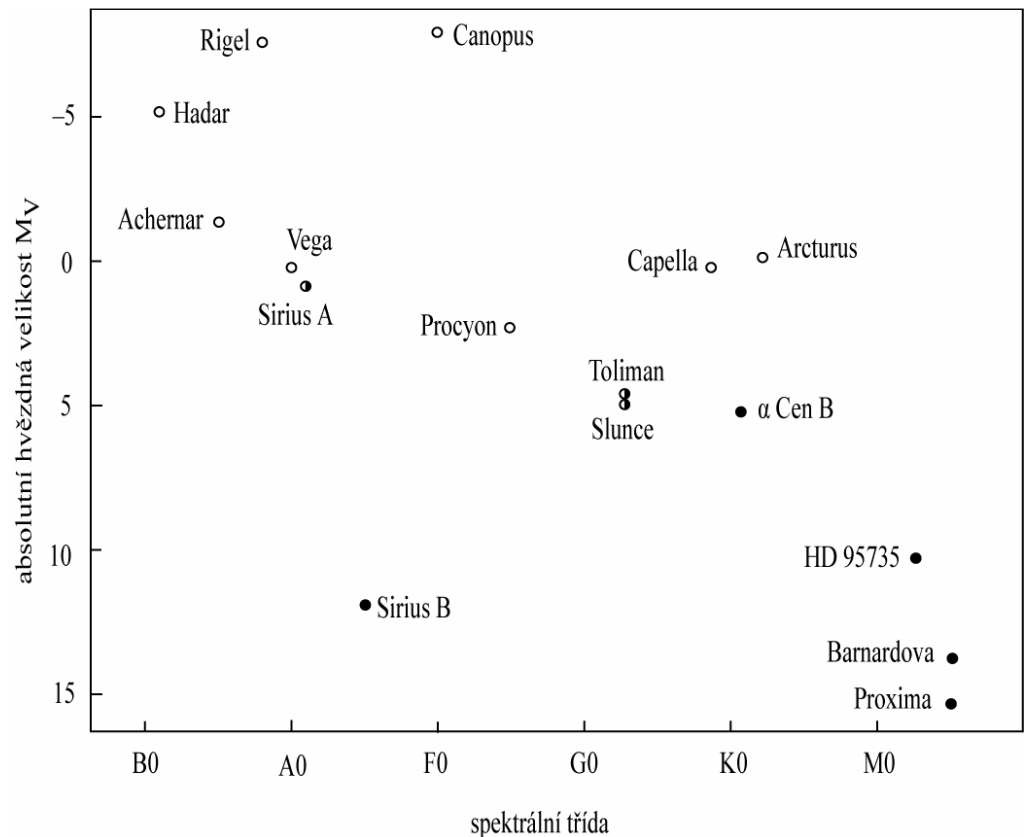


HR diagram = klamný obraz světa hvězd

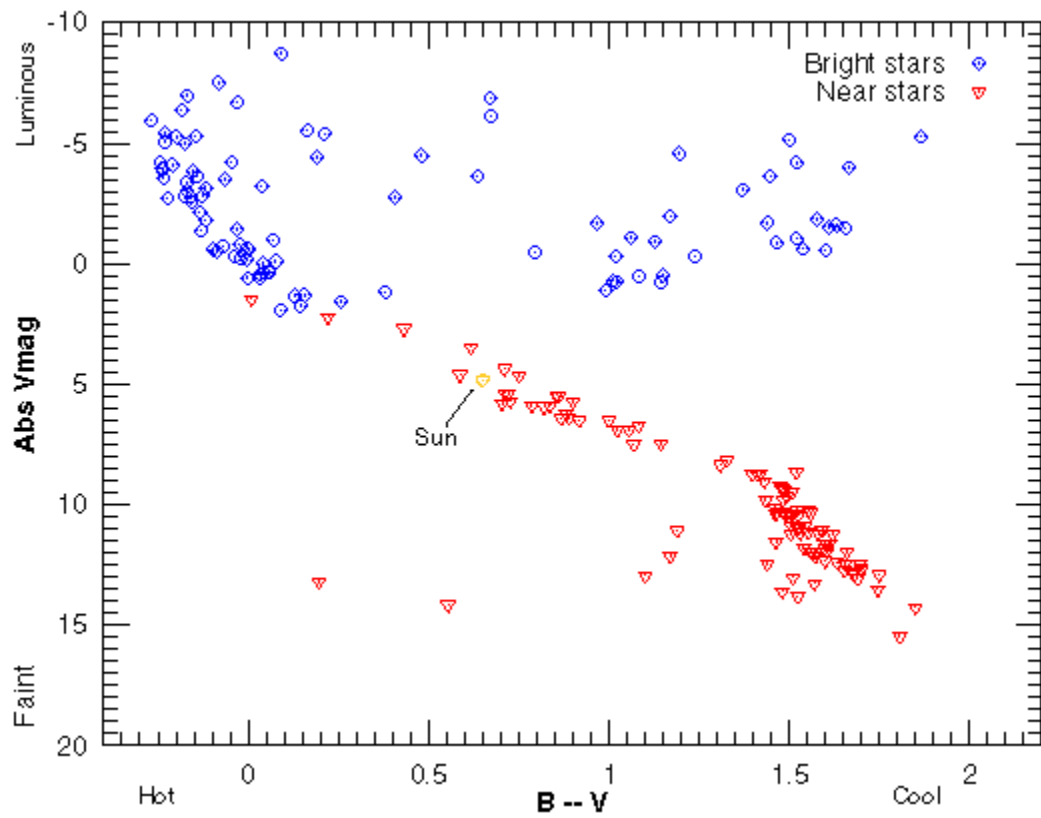
silně se uplatňuje *výběrový efekt!*

velmi zářivé hvězdy - pozorovatelné zdaleka x slabé jen v bezprostředním okolí
Slunce

=> velké zastoupení obrů, veleobrů a hvězd z horního konce hlavní posloupnosti
x
červených a bílých trpaslíků relativně málo



Hertzsprungův-Russellův diagram pro nejjasnější hvězdy (prázdné kotoučky) a nejbližší hvězdy (plné kotoučky).



The H-R diagram of Astronomers*

