

**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ  
FAKULTA**  
Univerzita Karlova

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Allison Baláž

**Historické fotometrické údaje  
o hvězdokupách Plejády a Hyády**

Astronomický ústav Univerzity Karlovy

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Petra Hyklová, Ph.D.

Studijní program: Astronomie a astrofyzika

Studijní obor: FAAP

Praha 2024



Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval(a) samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů. Tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze

dne 1. 5. 2024



Podpis autora



## **Poděkování**

Tímto chci poděkovat své vedoucí RNDr. Petře Hykové, Ph.D. za pomoc a rady při vypracování diplomové práce.



Název práce: Historické fotometrické údaje o hvězdokupách Plejády a Hyády

Autor: Allison Baláž

Ústav: Astronomický ústav Univerzity Karlovy

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Petra Hyklová, Ph.D., Astronomický ústav Univerzity Karlovy

Abstrakt: Cílem diplomové práce je srovnání fotometrických dat ve významných historických katalozích s těmi dnešními. Součástí je popis vývoje astronomické fotometrie, využívaných metod a přístrojů, a zároveň jednotlivých porovnávaných katalogů, od antického *Almagestu* až po moderní katalog Hipparcos. Srovnání záznamených jasností hvězd je prováděno vůči datům z katalogu Tycho-2. Práce se zabývá i změnami v definici klíčové jednotky magnitudy, které ovlivnily hodnoty u hvězd uváděné. Porovnání je provedeno na vybraném vzorku dvou otevřených hvězdokup Plejád a Hyád, s hvězdami do desáté magnitudy. Je řešen rozdíl mezi jasnými hvězdami — viditelnými pouhým okem — a těmi slabými, pozorovanými pouze v novějších katalozích. Součástí práce byla identifikace hvězd v historických katalozích, které nevyužívají jednu z dnes využívaných nomenklatur.

Klíčová slova: hvězdné velikosti, fotometrie, historie astronomie, hvězdné katalogy, hvězdné mapy, hvězdokupy

Title: Historical photometric data on the star clusters Pleiades and Hyades

Author: Allison Baláž

Institute: Astronomical Institute of Charles University

Supervisor: RNDr. Petra Hyklová, Ph.D., Astronomical Institute of Charles University

Abstract: This diploma thesis' goal is the comparison of photometric data in key historical catalogues with those of today. It contains a description of history of astronomical photometry, of the methods and instruments used, and also of the compared catalogues, starting with the *Almagest* and ending with the modern Hipparcos catalogue. The comparison of the recorded brightness of stars is done with respect to the data of the Tycho-2 catalogue. This thesis also concerns itself with the changes of the definition of the key unit magnitude which influenced the recorded values of stars' brightness. The comparison is done on a chosen sample of two open clusters Pleiades and Hyades, with stars up to the tenth magnitude. The difference between bright stars — visible by naked eye — and the faint ones, mentioned only in newer catalogues, is also discussed. Part of the thesis was also the identification of stars in the historical catalogues which do not make use of one of today's nomenclatures.

Keywords: stellar magnitudes, photometry, history of astronomy, star catalogues, star maps, star clusters





# Obsah

Úvod	5
<b>1 Starověká fotometrie</b>	<b>7</b>
1.1 Ptolemaios . . . . .	7
1.1.1 Magnitudy v <i>Almagestu</i> . . . . .	8
<b>2 Arabská fotometrie</b>	<b>9</b>
2.1 Astronomické vědění v arabském světě . . . . .	9
2.2 Překlad <i>Almagestu</i> . . . . .	10
2.3 Abd al-Rahmán Al-Súfí . . . . .	10
<b>3 Rané evropské katalogy</b>	<b>15</b>
3.1 <i>De le Stelle Fisse</i> . . . . .	15
3.2 Tycho Brahe . . . . .	15
3.3 <i>Uranometria</i> . . . . .	16
<b>4 Po vynálezu dalekohledu</b>	<b>17</b>
4.1 Heveliova <i>Uranographia</i> . . . . .	17
4.2 <i>Atlas Coelestis</i> . . . . .	17
4.3 Bodeho <i>Uranographia</i> . . . . .	18
4.4 F. W. A. Argelander . . . . .	19
4.4.1 <i>Uranometria Nova</i> . . . . .	19
4.5 <i>Atlas Coelestis Novus</i> . . . . .	19
<b>5 Moderní katalogy - od druhé poloviny 19. století</b>	<b>21</b>
5.1 <i>Bonner Durchmusterung</i> . . . . .	21
5.2 Carte du Ciel . . . . .	21
5.3 Harvardská fotometrie . . . . .	23
5.4 Revidovaná Harvardská fotometrie . . . . .	23
5.5 <i>Potsdamer Durchmusterung</i> . . . . .	24
5.6 Yale Bright Star Catalogue . . . . .	25
5.7 Henry Draper Catalogue . . . . .	26
5.8 Boss General Catalogue . . . . .	26
5.9 Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog . . . . .	27
<b>6 Družicové katalogy</b>	<b>29</b>
6.1 Družice HIPPARCOS . . . . .	29
6.1.1 Katalog Hipparcos . . . . .	29
6.1.2 Katalog Tycho . . . . .	30
6.2 Projekt Gaia . . . . .	30
<b>7 Změny v pozorovacích metodách a chápání jasnosti hvězd</b>	<b>33</b>
7.1 Nová definice magnitudy . . . . .	33
7.1.1 William a John Herschelovi . . . . .	34
7.1.2 Norman Pogson . . . . .	35
7.2 Fotometry . . . . .	36

7.3	Fotografická fotometrie . . . . .	38
7.3.1	Severní polární sekvence . . . . .	38
7.4	Fotoelektrická fotometrie . . . . .	40
7.5	Fotometrické systémy . . . . .	40
7.6	Použití CCD . . . . .	42
<b>8</b>	<b>Výběr Plejád a Hyád</b>	<b>43</b>
8.1	Plejády – určení hvězd . . . . .	43
8.2	Hyády – určení hvězd . . . . .	44
8.3	Identifikace hvězd v katalogích . . . . .	47
8.3.1	Almagest . . . . .	48
8.3.2	al-Súfí . . . . .	48
8.3.3	Piccolomini a Bayer . . . . .	49
8.3.4	Tycho . . . . .	49
8.3.5	Hevelius . . . . .	50
8.3.6	Flamsteed . . . . .	50
8.3.7	Argelander a Heis . . . . .	51
8.3.8	Bode . . . . .	51
8.3.9	W. Herschel a Potsdamer Durchmusterung . . . . .	51
8.3.10	Mladší katalogy . . . . .	52
<b>9</b>	<b>Vlastnosti vybraného souboru hvězd</b>	<b>53</b>
9.1	Výběr referenčního katalogu . . . . .	53
9.2	Počty hvězd . . . . .	54
9.2.1	Počty hvězd v jednotlivých hvězdokupách . . . . .	54
9.2.2	Celkové počty hvězd . . . . .	56
9.3	Rozložení jasností hvězd v Plejádách a Hyádách . . . . .	57
<b>10</b>	<b>Jasně hvězdy</b>	<b>61</b>
10.1	Výběr . . . . .	61
10.2	Přesnost měření jasných hvězd . . . . .	61
10.2.1	Moderní katalogy . . . . .	63
10.2.2	Starší katalogy . . . . .	63
10.3	Přesnost měření jasných hvězd v jednotlivých hvězdokupách . . . . .	67
10.4	Kladné a záporné odchylky . . . . .	68
10.4.1	Odchylky v Plejádách a Hyádách samostatně . . . . .	69
10.5	Specifické případy . . . . .	73
10.5.1	Alcyone . . . . .	73
10.5.2	Electra . . . . .	73
10.5.3	Atlas . . . . .	73
10.5.4	Plejone . . . . .	73
10.5.5	BD+17 750 . . . . .	74
10.5.6	BD+23 536 . . . . .	74
10.5.7	Chamukuy . . . . .	74
10.5.8	71 Tau . . . . .	74
10.5.9	Celaeno . . . . .	75
10.5.10	Tagyeta . . . . .	75
10.5.11	BD+15 603 . . . . .	75
10.5.12	Aldebaran . . . . .	75

<b>11 Analýza celého souboru hvězd</b>	<b>77</b>
11.1 Absolutní odchylky . . . . .	77
11.1.1 Jednotlivé hvězdokupy . . . . .	83
11.1.2 Medián . . . . .	83
11.2 Specifické odchylky . . . . .	85
11.2.1 Výrazné odchylky ve starších katalozích . . . . .	85
11.2.2 Výrazné odchylky v moderních katalozích . . . . .	87
11.3 Harvard Photometry - předpokládané chyby . . . . .	88
11.4 Změny po zavedení Pogsonovy definice magnitudy . . . . .	90
11.5 Směrodatná odchylka . . . . .	92
11.5.1 Směrodatná odchylka od nulové odchylky . . . . .	92
11.5.2 Směrodatná odchylka od průměrné odchylky . . . . .	93
11.5.3 Potsdamer Durchmusterung - systematická odchylka . . . . .	94
<b>12 Slabé hvězdy</b>	<b>99</b>
12.1 Srovnání s jasnými hvězdami . . . . .	100
12.2 Celkové srovnání . . . . .	101
<b>13 Výsledky</b>	<b>103</b>
13.1 Dělení katalogů . . . . .	103
13.2 Jasně a slabé hvězdy . . . . .	104
13.3 Kladné a záporné odchylky . . . . .	105
13.4 Plejády a Hyády . . . . .	107
13.5 Srovnání se staršími podobnými díly . . . . .	108
13.5.1 E. C. Pickering . . . . .	108
13.5.2 E. Zinner . . . . .	109
<b>14 Seznam katalogů</b>	<b>111</b>
<b>15 Katalog Plejád a Hyád</b>	<b>115</b>
<b>Závěr</b>	<b>123</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>125</b>
<b>Seznam použitých obrázků</b>	<b>131</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>133</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>135</b>
<b>A Přílohy</b>	<b>137</b>
A.1 Odchylky magnitud jednotlivých hvězd od BD v katalozích vzniklých po zavedení (a používání) Pogsonovy definice magnitudy . . . . .	137
A.2 Tabulka magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích . . . . .	141
A.3 Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 . . . . .	145
A.4 Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 - Plejády	149

A.5 Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalogích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 - Hyády 153

# Úvod

Astronomická pozorování jsou známá — a zaznamenaná — už od starověku. Kromě pozorování Slunce, Měsíce a planet bylo samozřejmou součástí i pozorování noční oblohy — hvězd. Tato pozorování vedla k zavedení souhvězdí a později ke vzniku katalogů hvězd. Vedle katalogů vznikly i atlasy, znázorňující souhvězdí a polohy jednotlivých hvězd.

Kromě poloh hvězd obsahovala tato díla i údaje o jejich jasnosti — tedy fotometrické a astrometrické informace o pozorovaných hvězdách. Kromě toho byla hvězdám dávána jména, popřípadě byly jinak popsány, například polohou ve svém souhvězdí.

Při zkoumání vývoje fotometrie se tedy musíme zaměřit právě na katalogy, respektive s nimi spojené atlasy, ve kterých byly dodnes zachovány tehdejší znalosti, mimo jiné fotometrie. U té, podobně jako u s ní úzce spojené astrometrie, se dá hovořit o přesnosti měření — jak blízko byla tehdy zaznamenaná jasnost té dnešní. K tomuto srovnání napomáhá jednotka magnituda, která byla používána v souvislosti s jasnostmi hvězd už od nejstaršího dochovaného katalogu *Almagest*. Díky tomu lze srovnávání určených jasností provádět bez obtíží, které jsou spojené s použitím jiných jednotkových systémů.

Toto srovnání však i přesto naráží na několik klíčových problémů: prvním z nich je nepropojenost mnoha historických katalogů s těmi moderními. Označení hvězd se v průběhu staletí měnila, i v dnešní době používáme množství různých systémů. Ty však lze snadno propojit. Toto pohodlí u těch historických často chybí.

Stejně tak se v průběhu času změnilo chápání jasnosti hvězdy, dokonce chápání klíčové jednotky — magnitudy. Dnešní definice pochází z roku 1850, ovšem začala se obecně používat až se začátkem dvacátého století. Do té doby fungovala tradiční definice magnitudy, která, byť by se s ní ta moderní měla víceméně shodovat, se stále o něco liší.

Další obtíží jsou polohy pozorovatelů — historické katalogy měly za cíl zmapovat viditelnou, nikoli celou, oblohu. Pokud tedy pozorovatel sídlil na severní polokouli, viděl jiný kus oblohy než ten na jižní polokouli. I pohyb o několik stupňů zeměpisné šířky vedl ke změnám v rozsahu jednotlivých katalogů.

Do tohoto se promítají i vlastnosti naší atmosféry — blíže k obzoru jsou hvězdy při pohledu ze Země zdánlivě slabší, jelikož jejich světlo musí projít tlustší vrstvou vzduchu. Při změně polohy pozorovatele tak u části hvězd dojde i ke změně zaznamenané jasnosti, jelikož co je pro někoho velmi jasná hvězda, několik desítek stupňů nad obzorem, může být pro jiného celkem slabý objekt, který pro něho nevystoupá výše než jen pár stupňů nad obzor.

Pokud tedy chceme srovnávat přesnost pozorování v různých historických katalogích, je třeba odstranit tento problém se změnami jasností v důsledku polohy na Zemi. Pokud vybereme menší oblast, obsahující velké množství hvězd, nebude mezi jednotlivými hvězdami docházet ke změnám v důsledku různé polohy — mezi katalogy ano, v rámci katalogu nikoli. Vhodnými kandidáty jsou tedy otevřené hvězdokupy Plejády a Hyády. Fotometrická měření se na jižní polokouli

rozšířila až celkem pozdě, a tak většina klíčových katalogů bude tyto dva objekty obsahovat. Viditelnost pouhým okem umožňuje srovnání i pro ta nejstarší díla.

Cílem práce je tedy porovnat fotometrická měření získaná astronomy od starověku až po dnešní dobu, na vzorku dvou významných otevřených hvězdokup. Práce je tudíž zároveň statistickým srovnáním, ale i historickým průřezem — jak se měnila astronomická fotometrie jako taková, se změnami v používaných přístrojích, změnami v metodách i chápání jasnosti hvězd. Od pozorování pouhým okem, přes dalekohledy, fotometry, fotografické desky, fotoelektronky, až po dnešní CCD čipy. Od zavedení magnitudy Hipparchem a Ptolemaiem, přes pokusy o matematickou definici magnitudy zahájené Johnem Herschelem, přes standard zavedený Edwardem Pickeringem — včetně Pogsonovy definice magnitudy — až po rozvoj fotometrických systémů. Od katalogů obsahujících jen okolo tisíce hvězd, přes desítky tisíc hvězd po vynálezu dalekohledu, až po stovky tisíc a miliony hvězd v moderních katalogích.

Množství dat, které dnes máme k dispozici, je ohromující. Někdy je však třeba využít i ta, která se nám dochovala skrze staletí. Znalost, jak dobře odpovídají dnešním vědomostem, je pak k jejich využití klíčová. Toto srovnání fotometrických dat v mnoha významných katalogích tak může pomoci k využívání těchto děl i pro dnešní astronomii. Nebo třeba jen k pochopení, jak se fotometrie dostala do podoby, kterou známe, a proč používáme magnitudu či fotometrické systémy — a jak se metody fotometrie od svých počátků změnily.

# 1. Starověká fotometrie

Pozorování hvězdné oblohy je samozřejmě mnohem starší než první záznamy, které o něm máme. Ty pochází z Mezopotámie, starověkého Babylónu, z doby kolem roku 750 př. n. l. [1]. Díky provázanosti starověkého světa a jeho vědění se babylónské poznatky — primárně pohyby planet, ale i polohy některých hvězd — dostaly do antického Řecka. Podobně se předávaly znalosti mezi Egyptem a Řeckem.

Z antického Řecka pak pochází první systematická měření jasností hvězd. První z katalogů té doby se nám ovšem naneštěstí nedochoval. Jeho autorem byl Hipparchos, žijící okolo 190 – 120 př. n. l. [2]. Jediný původní Hipparchův text, o kterém nevíme jen z pozdějších zdrojů, je *Komentář k Eudoxovi a Aratovi*, reagující na dvě starší řecká díla. (Eudoxos je starším astronomem, Aratos je ovšem jen autor naučné poezie, ve které se věnoval astronomii.)

Hipparchův katalog je datován do okolí roku 129 př. n. l. Obsahoval cca 850 hvězd, a sice jejich polohy a jasnosti. Jedná se tedy o první katalog astrometrických a fotometrických dat. Hipparchovi je také připisováno první využití takzvaných *magnitud*, i když název samotný jim dal až Ptolemaios o tři století později [2]. Hipparchos dělil hvězdy na šest tříd jasností, od první pro nejjasnější hvězdy na obloze, po šestou pro hvězdy na hranici viditelnosti pouhým okem [3].

## 1.1 Ptolemaios

Nejvýznamějším dílem starověku se tak stal katalog již zmíněného Ptolemaia, žijícího v Alexandrii okolo roku 150 n. l. [4]. Jeho *Mathématiké syntaxis*, neboli Matematická stavba či soustava je dnes ovšem známější pod zkomoleninou arabského jména pro toto dílo, totiž *Almagest*.

Toto dílo se skládá se ze třinácti knih [5]. Jako velice obsáhlé kompendium se na dlouhá staletí stalo vrcholem astronomického vědění. Ptolemaios však při jeho tvorbě čerpal z poznatků získaných svými předchůdci. Tou částí, která se zabývala hvězdami, respektive obsahovala hvězdný katalog, byly knihy VII a VIII [6]. O tomto katalogu Ptolemaios tvrdil, že je primárně sestaven z jeho vlastních pozorování. Je však vysoce pravděpodobné, že z velké části čerpal z díla Hipparchova, popřípadě i jiných autorů [7] [5] [8].

Ptolemaiov katalog obsahoval 1022 až 1028 hvězd (záleží na zdroji) rozdělených do jednotlivých souhvězdí. Z nich dvanáct označoval jako zvířetníková, dvacet jedna leželo na severní obloze a patnáct na té jižní. Celkem tedy *Almagest* obsahoval čtyřicet osm souhvězdí. Ta byla pro Ptolemaia klíčová, jeho katalog obsahoval pouze hvězdy, které dohromady tvořily obrazec souhvězdí. Tato souhvězdí zobrazil při pohledu na vnitřní straně glóbu, na který se pozorovatel dívá z jeho středu. Pro každou hvězdu zaznamenal ekliptikální šířku a délku, čímž eliminoval nutnost dopočtení precese zemské osy. U některých hvězd změnil popis jejich polohy, aby lépe seděl s představou o podobě souhvězdí.

Stejně jako před ním Hipparchos, i Ptolemaios zaznamenával jasnosti hvězd, používaje systém magnitud, kterému dal jméno. Nespokojil se ovšem s těmito šesti stupni a přidal okolo každé magnitudy dva další podstupně. Tyto rozdíly od celočíselné hodnoty značil slovy *meízon* a *élásson* — jasnější a slabší hvězdy [3].

Těchto hvězd bylo 156. Jejich jasnosti se typicky interpretují jako jedna třetina magnitudy (nad, či pod), popřípadě jako 0.3 mag. Dalších dvanáct hvězd pak bylo označeno jako „slabé“, a dalších pět jako „mlhavé“ [9].

Sonne et Stelle	Logitudo			Latitudo			Magnitudo
	°	'	''	°	'	''	
Que est in medio reclinatoz sedis	0	7	50	S	51	40	3
Que est in extremitate reclinatoz	0	7	50	S	51	40	6
Illaz g tredecē stellaz in magnitudine tertia sunt quatuor. in quarta sex. in quinta vna. in sexta due							
Stellano Leleub: cui nomē i latino ē pfeus: z ē deferēs caput Algol. Imago Undecima							
Stella q̄ ē in reuolutione nebulosa: q̄ ē sup extremitatē man <sup>a</sup> dextre	0	27	40	S	40	35	nebulosa
Que est super marsie dextrum	1	1	10	S	37	30	4
Que est super spatulam dextram	1	2	40	S	34	30	4 .e.l.
Que est super spatulam finistram	0	27	30	S	32	20	4 .e.l.
Que est super caput	1	0	40	S	34	30	4
Que est inter duas spatulas	1	1	30	S	31	10	4
Lucida que est in latere dextro	1	4	50	S	30	0	2
Antecedens trium que sunt post eam in hoc latere	1	5	20	S	27	30	4
Media trium	1	7	0	S	27	40	4
Sequens earum	1	7	40	S	27	30	3
Que est super marsie finistram	1	0	40	S	27	0	4
Lucida earum que sunt in capite Algol	0	29	40	S	23	0	2
Sequens earum	0	29	10	S	21	0	4
Antecedens lucidam	0	27	40	S	21	0	4
Antecedens hanc etiam: z est secunda	0	26	50	S	22	15	4
Que est in genu dextro	1	14	50	S	28	15	4
Antecedens hanc: z est supra genu	1	13	50	S	28	10	4
Antecedens duarum que sunt in ventre core	1	12	20	S	25	10	4
Stella postrema earum in vnitare ventris core	1	14	0	S	26	35	4
Que est super musculum cruris dextri	1	14	10	S	24	30	5
Que est super calcaneum dextrum	1	16	20	S	28	45	5

Obrázek 1.1: Úryvek z prvního tištěného *Almagestu* z roku 1515, hvězdy v Kasiopeie a Perseovi [Obr. 1]

### 1.1.1 Magnitudy v *Almagestu*

Moderní určování magnitud — pomocí logaritmické škály — je samozřejmě odlišné od dřívějších odhadů včetně *Almagestu*. Dává tedy smysl pokoušet se porovnat tato měření a hledat systematické rozdíly mezi nimi. Mezi astronomy, kteří tato porovnání prováděli, patřili C. S. Peirce a E. C. Pickering na Harvardu a E. Zinner na Bambergu. Zinnerovi vyšla průměrná předpokládaná chyba jako  $\pm 0.47$  mag. Tato chyba je včetně započítání zaokrouhlování na třetiny magnitud.

Škála magnitud v *Almagestu* se dle Peirceho, Pickeringa či Zinnera nepodobala ani logaritmické, ani fotometrické škále. Mezi první a druhou magnitudou byl v *Almagestu* rozdíl 1.4 mag, ovšem mezi pátou a šestou jen 0.3 mag. U jasnějších hvězd tedy byla stupnice značně rozšířená.

Dle Hearnshawa byly jejich výsledky zatížené výběrovou chybou u slabších hvězd. Jeho výsledky ukazují na lineární vztah mezi Pogsonovou škálou a tou v *Almagestu*, což odpovídá logaritmické škále v Ptolemaiově díle. Poměr jasností mezi dvěma hvězdami lišícími se o jednu magnitudu pak vychází jako 3.26 a standardní odchylka v *Almagestu* je 0.62 mag [9].



## 2. Arabská fotometrie

Po rozpadu Západořímské říše se vývoj astronomie v Evropě víceméně zastavil. Ptolemaiov *Almagest* byl sice stále k dispozici, v mnoha opisech v různých jazycích — odkud se nám toto dílo dochovalo — ale zájem o rozvíjení astronomie upadl.

V sedmém století našeho letopočtu se však z Arabského poloostrova začal šířit islám. Na toto náboženství navázané státní útvary se rozšířily po severní Africe, Pyrenejském poloostrově, Mezopotámii a na území bývalé Perské říše. Zde se jim dostaly do rukou archivy a tedy vědění helénského světa. A bylo to tedy v arabsky píšícím světě, kde se astronomie nadále vyvíjela.

Jak poznamenává Ihsan Hafez [6], používají se pro popsání tohoto období (a oblasti) historie astronomie dvě označení: arabská či islámská astronomie. Každý z termínů však vylučuje určitou část astronomů, kteří do tohoto okruhu náležejí: ne všichni z nich byli Arabové, a zároveň ne všichni byli muslimského vyznání. Všichni však žili v islámských říších, či v oblastech jejich kulturního vlivu. Většinou tak psali arabsky, ať už to byli Peršané, Arabové, Egypťané či kdokoli jiný. Ten nejvýznamnější z nich pro další rozvoj fotometrie, a autor hlavního katalogu a atlasu v tomto okruhu, Abd al-Rahmán al-Súfí, byl perský muslim píšící v arabštině.

### 2.1 Astronomické vědění v arabském světě

Astronomie byla v muslimském světě silně provázána s náboženskou praxí. Jedním z hlavních využití astronomických znalostí bylo přesné měření času, motivované přesným určením doby modliteb. (Toto byla jedna z oblastí astronomie, která se ze stejného důvodu vyvíjela i v křesťanské Evropě.)

Zdrojem informací pro arabskou astronomii byly primárně řecké a indické spisy, které postupně učenci překládali, často na pokyn mecenášů — panovníků, jako byl druhý chalífa Abbásidské dynastie Abú J'afar al-Mansúr, chalífa Bagdádu Hárún al-Rašíd, či Ulugh Beg ze Samarkandu [10].

Základem astronomického vědění zůstal Ptolemaiov *Almagest*, který byl považován za vrchol antické astronomie. Hlavním druhem originálního díla se stal takzvaný *Zidž* (anglicky *Zij*). Původním významem slova je nejspíše perské označení vlákno či nit. Jednalo se o souborná díla, ne nepodobná *Almagestu*, obsahující informace od měření času, přes pohyby planet, Slunce a Měsíce, geografii, až právě po hvězdné katalogy [6]. Těchto *Zidžů* je dnes známo přes dvě stě, ovšem z většiny se nedochovaly.

Hvězdné katalogy té doby pokračovaly v tradici *Almagestu* a zaznamenávaly právě jen hvězdy uvedené v Ptolemaiově díle, navíc často s pouhým přepisem hodnot v *Almagestu*, samozřejmě v případě poloh přepočítaných o precesi. Stejně tak pokračovali v tradici systému šesti magnitud [6].

S výjimkou al-Súfího, viz dále, ostatní arabské katalogy neobsahovaly nová měření jasnosti hvězd. Al-Battaniho katalog cca 500 hvězd z devátého století obsahoval magnitudy z *Almagestu* a katalog Ulugh-Bega (1394 - 1449), obsahující

naměřené polohy hvězd ze Samarkandu, využíval hodnoty magnitud z al-Súfího díla [9].

## 2.2 Překlad *Almagestu*

Ptolemaiovo dílo bylo poprvé přeloženo v období vlády chalífy al-Rašída. Následovalo množství dalších překladů. Z nich jen poslední dva se zachovaly do dnešní doby: ten od Ishaqa ibn Hunayna z roku 880 a jeho revize v roce 901 Thabitom ibn Qurraou. V dnešní době existuje čtrnáct manuskriptů v různých knihovnách.

Samozřejmě, *Almagest* byl překládán i dál, a ony dochované překlady jsou pouze z původního překladu z řečtiny. I do latiny se Ptolemaiovo dílo překládalo z arabštiny, nejspíše z jedné ze zmíněných dvou variant. První překlad, od Gerarda z Cremony z roku 1175, nebyl překonán ani vytištěním řeckého originálu v roce 1515 v Benátkách (viz Obr.1.1), či 1538 v Basileji a stal se tak hlavním zdrojem Ptolemaiova vědění pro Evropu.

Ostatně i jméno *Almagest* je zkomoleninou arabského názvu tohoto díla, jak již bylo dříve řečeno. Celý arabský název zní *al-Kitáb al-Magestí*, neboli Velká kniha. Z druhé části tohoto názvu se nakonec stala středověká latinská forma, kterou používáme dodnes.

## 2.3 Abd al-Rahmán Al-Súfí

Al-Súfí byl astronomem, žijícím mezi lety 903 a 986 — dle al-Qiftího<sup>1</sup>. Působil na dvoře Aduda al-Dawly s vlastní observatoří v Šírázu. Veškeré znalosti o jeho osobě jsou ovšem z biografii napsaných až po jeho smrti — zmíněný al-Qiftí o něm psal až v roce 1248.

Al-Súfí je autorem *Knihy stálic*, která je považována za jeho největší dílo. Ovšem sepsal i několik prací o pozorovacích přístrojích, nedochovaný *Zidž* a několik prací o astrologii. S *Knihou stálic* je spojena *Báseň stálic*, popisující jednotlivá souhvězdí ve 495 verších.

Jeho dílo se v arabském světě velmi rozšířilo, což nakonec vedlo i k přepisům *Knihy stálic* do evropských jazyků. Jedním z významných překladů byly Alfonsínské tabulky, které, ačkoli psané ve španělštině, se staly populárním dílem až do šestnáctého století [6]. Evropské překlady ovšem, stejně jako u *Almagestu*, zkomolily nikoli název díla, ale jméno jeho autora, na *Azophi*.

Na základě al-Súfího díla vznikaly i hvězdné atlasy, jako například první tištěný atlas oblohy od Albrechta Dürera z roku 1515. Ten lemovaly čtyři klíčové postavy astronomie. Jednou z nich byl i Azophi, neboli al-Súfí. Na něj navazující atlasy, jako například *Astronomicum Caesareum* z roku 1540 od Petera Apiána, od té doby obsahovaly arabská jména hvězd, dokonce i názvy několika souhvězdí. Al-Súfího pod jménem Azophi explicitně zmiňuje Apián jako jeden ze zdrojů [6].

---

<sup>1</sup>O životě al-Súfího je jen několik málo záznamů, navíc vzniklých až po jeho smrti. Nejucelenější z nich je text al-Qiftího z roku 1248, *Akhbar al-'Ulama' Bi Akhbar al-Hukama*, kde zmiňuje místo narození — město Rayy — některá jeho díla, a data narození a úmrtí v letopočtu A.H. (tedy před Hidžrou).

I před těmito díly vznikaly atlasy na základě al-Súfího knihy. Jedním z nich je i atlas vyrobený okolo roku 1370, nyní uložený v knihovně Strahovského kláštera v Praze. Obsahuje 48 souhvězdí Ptolemaiovské tradice, vyobrazených v barvě na pergameni. Text je latinský, hvězdy očíslovány a jejich polohy a jasnosti sepsány v tabulkách.

Kniha stálic se od jiných děl své doby odlišuje tím, že v ní uvedená data nejsou opsána z *Almagestu*, ale al-Súfí je napozoroval sám. Souřadnice ovšem převzal od Ptolemaia, upravené o precesi. Kniha stálic obsahovala tytéž hvězdy jako *Almagest*, ale al-Súfí jich ještě několik přidal, s finálním počtem 1151 hvězd. Systém magnitud zůstal shodný, včetně mezistupňů, ovšem hvězd, jejichž magnituda nebyla uvedena jako celé číslo, bylo dle Lundmarka 374, tedy asi dvojnásobek *Almagestu*.

Al-Súfí ve svém díle popisuje srovnávání svých pozorování s *Almagestem* a v rámci jednotlivých souhvězdí. Dle Zinnera byla průměrná předpokládaná chyba  $\pm 0.38$  mag. Použitá škála magnitud pak byla podobná s *Almagestem*, a její podobnost s tou Pogsonovou tedy odpovídá Ptolemaiovu dílu [9].



Obrázek 2.1: Výňatek z latinského překladu Knihy stálic ze Strahovského kláštera z roku 1370, zobrazující část katalogu v souhvězdí Býka [Obr. 2]

	Longitudo		Latitudo	
	°	'	°	'
<b>H</b> inc er stelle				
Telluris Tanti.				
1 A rionalis. e. que sit i hoc signo.	1	02	0	0
2 Q ue est post illum.	1	02	0	14
3 Q ue est post illam enam.	1	02	0	30
4 L ongue. e. i meridie.	1	02	0	46
5 Equens bore. er est si spmā dnm.	1	02	0	30
6 Q ue est in petre.	1	02	0	3
7 Q ue est sup genu dextrum.	1	02	0	12
8 Q ue est sup caulis dextrum.	1	02	0	14
9 Q ue est sup genu sinistri.	1	02	0	10
10 Q ue est sup brachii sinistri.	1	02	0	11
11 Q ue est sup uari eoru q sit i fine i ftele dextrum.	1	02	0	14
12 Q ue est in bā i tres oculi Armonali.	1	02	0	14
13 Q ue est inter bore er oculi Armonali.	1	02	0	14
14 Q ue est sup oculi Armonali.	1	02	0	14
15 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
16 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
17 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
18 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
19 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
20 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
21 A rionalis. e. que sit i hoc signo.	1	02	0	0
22 Q ue est post illum.	1	02	0	14
23 Q ue est post illam enam.	1	02	0	30
24 L ongue. e. i meridie.	1	02	0	46
25 Equens bore. er est si spmā dnm.	1	02	0	30
26 Q ue est in petre.	1	02	0	3
27 Q ue est sup genu dextrum.	1	02	0	12
28 Q ue est sup caulis dextrum.	1	02	0	14
29 Q ue est sup genu sinistri.	1	02	0	10
30 Q ue est sup brachii sinistri.	1	02	0	11
31 Q ue est sup uari eoru q sit i fine i ftele dextrum.	1	02	0	14
32 Q ue est in bā i tres oculi Armonali.	1	02	0	14
33 Q ue est inter bore er oculi Armonali.	1	02	0	14
34 Q ue est sup oculi Armonali.	1	02	0	14
35 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
36 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
37 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
38 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
39 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
40 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
41 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
42 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
43 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
44 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
45 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
46 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
47 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
48 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
49 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14
50 Q ue est sup origine eoru rancia in dextrum.	1	02	0	14

Obrázek 2.2: Výňatek z latinského překladu Knihy stálic ze Strahovského kláštera z roku 1370, zobrazující mapu souhvězdí Byka [Obr. 3]



## 3. Rané evropské katalogy

### 3.1 *De le Stelle Fisse*

Ve stejném roce, ve kterém již zmíněný Peter Apiánus vydal své *Astronomicum Caesareum*, to jest 1540, stvořil Alessandro Piccolomini spis *De le Stelle Fisse*, neboli O stálících (jedná se o víceméně stejný název, jako má al-Súfího dílo). Text byl psaný italsky, nikoli latinsky, jak bylo v té době pro vědecké spisy zvykem. Atlas obsahoval 47 ze 48 Ptolemaiových souhvězdí. Chyběl Koniček, který obsahoval až moc slabé hvězdy — Ptolemaios navíc zmiňuje pouze čtyři [11].

Na rozdíl od klasických zobrazení hvězdné oblohy té doby, které se zaměřovaly na bohaté ilustrace, do kterých byly vpraveny polohy hvězd, zde obrazová část chybí — na mapách jsou pouze hvězdy do páté magnitudy, uvedené v *Almagestu*. Jednotlivé hvězdy na mapách pak byly různě velké, dle toho, jaká je jejich magnituda. Piccolomini byl také první, kdo použil označení hvězd písmeny místo čísla (nejjasnější hvězda byla značena „a“ a dále sestupně dle abecedy). Jednalo se o předzvěst systému, který o šedesát let později použil Johannes Bayer ve své *Uranometrii* [12].



Obrázek 3.1: Výňatek z Piccolominiho díla, z vydání z roku 1579, zobrazující mapu souhvězdí Býka [Obr. 4]

### 3.2 Tycho Brahe

Tento dánský astronom, žijící mezi lety 1546 a 1601, byl jedním z nejvýznamnějších pozorovatelů konce šestnáctého století. Sestavil katalog, často zvaný

„tisícihvězdný“, který byl srovnatelný s *Almagestem* či Knihou stálic. První verze vyšla v roce 1598 jako ručně psaný manuskript. Tištěné verze vycházely až po jeho smrti — v roce 1602 zkrácená verze o 777 hvězdách byla první, finální dílo vydal až Braheho spolupracovník Johannes Kepler v roce 1627 [13].

V porovnání s *Almagestem* obsahoval méně souhvězdí, což bylo dáno severnější polohou pozorovatele, ale zato s vyšším počtem hvězd. Například v Kassiopei zmiňuje 46 hvězd, oproti 13 stálicím v *Almagestu*, v Orionu 62 proti 38, ve Velké medvědici 56 vůči 35 [13].

Ačkoli byla přesnost jeho měření poloh hvězd skvělá, určování magnitud nebylo Braheho hlavním cílem. V dřívějších formách svého katalogu udával jasnosti se dvěma mezistupni, podobně jako Ptolemaios a al-Súfí, ale pozdější verze už obsahují pouze magnitudy uvedené jako celá čísla. Dle odhadů Peirceho a Zimmera je škála, kterou Tycho Brahe používal, velmi podobná té, co používali Ptolemaios a al-Súfí [9].

### 3.3 *Uranometria*

Celým názvem *Ioannis Bayeri Uranometria omnium asterismorum continens schemata, nova methodo delineata aereis laminis expressa*, čili „Uranometrie Johanna Bayera, obsahující diagramy všech hvězd, nová metoda načrtnutá na měděných deskách“, vyšla roku 1603 v Augsburgu. Těchto 51 map (48 pro Ptolemaiovská souhvězdí, jedna pro jižní oblohu dle pozorování holandského navigátora Pietera Dirkszoona Keysera a dvě pro celou severní a jižní oblohu v celku) se stalo významným astronomickým dílem své doby, daleko přesahující kvalitou výše zmíněnou *De le Stelle Fisse* [14]. Johannes Bayer (1572 - 1625) využil ke zpracování svého atlasu všudepřítomný *Almagest* a zkrácené vydání Tychonova katalogu [13] [9], čímž mimo jiné značně pozvedl známost právě zesnulého dánského astronoma.

Jeho největším příspěvkem však bylo zavedení nomenklatury, možná inspirované systémem, který použil Piccolomini ve své knize *De le Stelle Fisse*. Trvalo sice ještě půl století, než se tento systém ujal, ale zato vydržel až do dnešní doby. Místo Piccolominiho písmen, či staršího číslování podle *Almagestu*, použil řecká písmena počínaje alfou a dále dle jasnosti pokračoval skrze abecedu. Ta však byla na některá souhvězdí nedostatečně početná, kde pak Bayer pokračoval latinskými písmeny [12]. Bayer používal k určení sestupné jasnosti Braheho data, ovšem s mnoha výjimkami, takže oba katalogy se ne úplně překrývají [9].

Následující katalogy tak u jednotlivých hvězd začaly uvádět kromě pořadí v Ptolemaiově *Almagestu* také pořadí v Tychonově katalogu a Bayerovo značení.



# 4. Po vynálezu dalekohledu

## 4.1 Heveliova *Uranographia*

Jan Hevel, spíše znám pod latinským jménem Johannes Hevelius, či jen Hevelius, byl bohatým sládkem z Gdaňsku. Narodil se 28. ledna 1611 a zemřel roku 1687 ve stejný den. Postavil si vlastní hvězdárnu „Sternenburg“, čili Hvězdňý hrad. Byl autorem map Měsíce, pozorovatelem komet a také autorem nového hvězdňého katalogu. Naměřil celkem 1564 hvězd, tedy o polovinu více než Ptolemaios či Tycho Brahe. Hevelius zároveň zmiňuje šestnáct „mlhavých hvězd“, z čehož dvě, M31 a M44, jsou skutečné objekty hlubokého vesmíru. Ostatní nebyly nikdy nalezeny. Katalog vyšel až posmrtně, roku 1690. Jednalo se o dvě díla: katalog *Prodomus Astronomiae* a atlas *Uranographia* [15].

Ačkoli byl Hevelius vlastníkem dalekohledu, veškerá měření pozic hvězd prováděl i nadále pouhým okem. Obával se totiž zakřivení obrazu procházejícím čočkou, což by vedlo ke změně polohy. (Fotometrickým pozorováním by to ovšem neuškodilo.) Jeho atlas obsahoval i jižní oblohu, pro kterou použil Hevelius data od britského astronoma Edmonda Halleyho, pozorujícího z ostrova Svaté Heleny. Na severní obloze přidal deset nových souhvězdí oproti starším dílům, která přebírala souhvězdí z *Almagestu*.

## 4.2 *Atlas Coelestis*

John Flamsteed, žijící mezi lety 1646 a 1719, byl prvním Královským astronomem; byla pro něj postavena Královská observatoř v Greenwichi. Během měření poloh a jasností hvězd se mu podařilo objevit planetu Uran, ovšem považoval jej za hvězdu — „34 Tauri“.

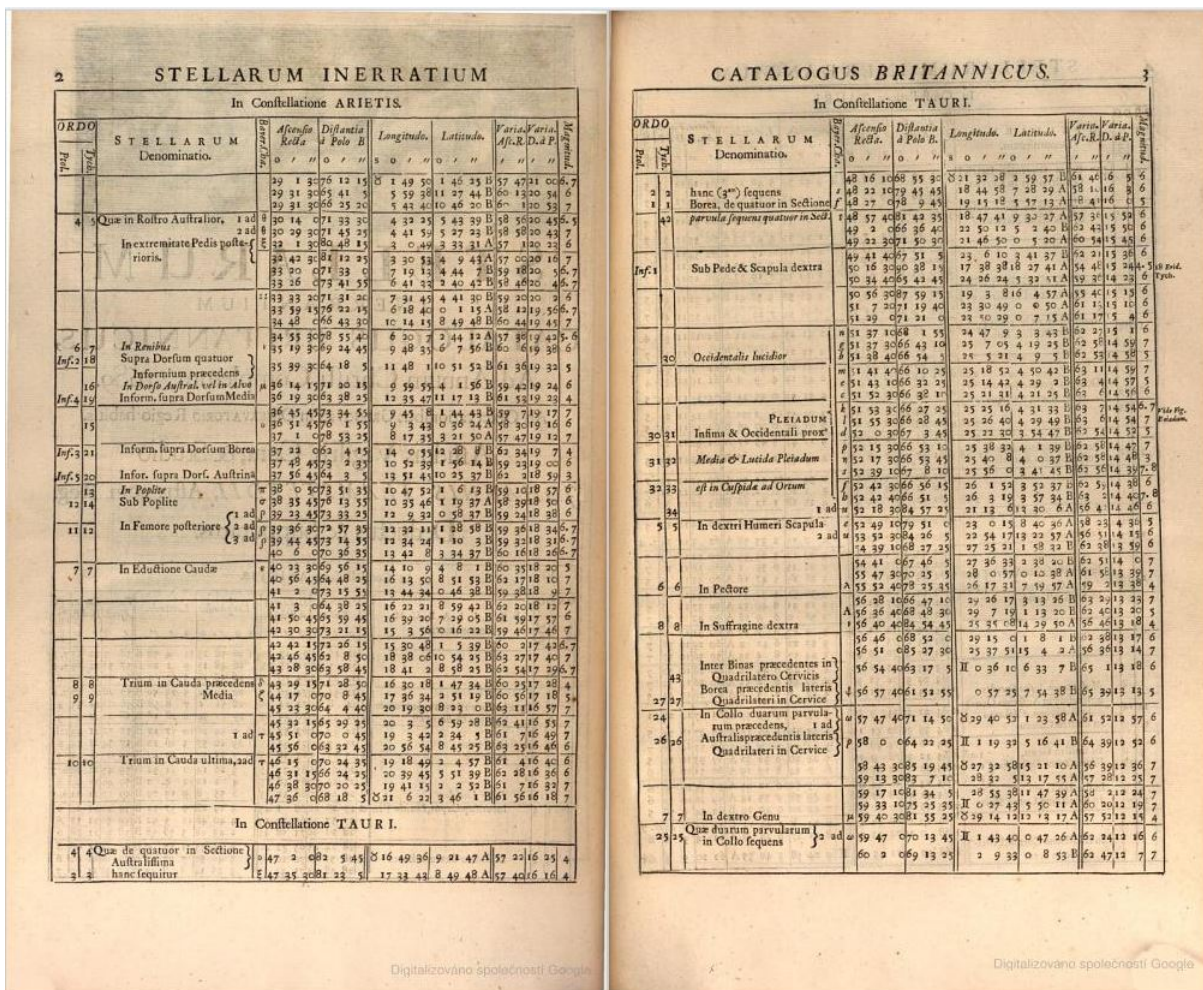
Svůj katalog dlouho odmítal zveřejnit, protože považoval svou přesnost měření poloh hvězd za nedostatečnou. Edmond Halley a Isaac Newton se jej snažili přesvědčit, aby své dílo konečně vydal, ale protože Flamsteed odmítal, rozhodl se Halley vydat jeho výsledky vlastním nákladem 400 kusů jako *Historia Coelestis Britannica*. To Flamsteeda natolik popudilo, že většinu z nich vykoupil a spálil.

Nakonec tak oficiální podoba jeho díla vyšla až po jeho smrti. V roce 1725 vyšel katalog, a hvězdňý atlas o čtyři roky později [16].

Flamsteedovi jsou připisována takzvaná Flamsteedova čísla, podobně jako Bayerovo značení identifikující jednotlivé hvězdy. Jednalo se o jednodušší formu určení hvězdy než dle slovního popisu její polohy, jako bylo zvykem dříve.

Flamsteedův originální katalog ovšem tato čísla neobsahuje. Místo toho v něm nalezneme čísla určující pořadí hvězd v *Almagestu*, Tychonově katalogu, tradiční popisy poloh hvězd v latině a Bayerova písmena. Flamsteedova čísla by se spíše měla jmenovat Lalandova. Ten je totiž autorem revidovaného katalogu z roku 1783, ve kterém toto číslování použil. Při práci se inspiroval starším Halleyovým vydáním, které počtem hvězd odpovídá oficiálnímu *Atlasu Coelestis*. Aby však Lalandovi čísla vycházela, trochu je ve svém vydání od originálu poupravil — což sám v předmluvě přiznává.

J. J. Lalande ovšem nebyl prvním, kdo Flamsteedova čísla použil. Tím je německý astronom Johann Bode, jenž ve svých tabulkách *Sammlung astronomischer Tafeln* z roku 1776 přidal sloupec značený „Fl. No.“, tedy Flamsteedova čísla. Jeho katalog byl ovšem podstatně obsáhlejší, a Bode navíc některým hvězdám určil Flamsteedova čísla, ačkoli nebyla součástí originálního katalogu. Po porovnání s dnes používanými Flamsteedovými čísly je zřejmé, že to je Lalandův systém, který se používal i později [17].



Obrázek 4.1: Výňatek z Flamsteedova katalogu — začátek souhvězdí Býka [Obr. 5]

### 4.3 Bodeho *Uranographia*

Johan Elert Bode (1747 - 1826) působil jako ředitel Berlínské hvězdárny. Vytvořil svůj vlastní atlas, společně s katalogem, jako jakési shrnutí — používal svá vlastní data, stejně jako ta Flamsteedova, La Caillova či Lalandova. Jeho *Uranographia* vycházela postupně od roku 1797 až do roku 1801. Jednalo se o první atlas, který obsahoval skoro všechny hvězdy viditelné pouhým okem (tj. do šesté magnitudy). Obsahoval však i slabší objekty, až do osmé magnitudy. Jeho dílo

tak obsahovalo přes 17 000 hvězd. Také se jednalo o první atlas, který znázorňoval hranice mezi souhvězdími [17].

## 4.4 F. W. A. Argelander

Friedrich Wilhelm August Argelander se narodil ve Východním Prusku roku 1799. V dnešní době se město, kde se narodil, jmenuje Klaipeda a nachází se v Litvě. Argelander studoval v Královci (Königsberg) u F. W. Bessela. Doktorát získal roku 1822 a následně se stal ředitelem hvězdáren v Turku a v Helsinkách. V roce 1836 se stal ředitelem Bonnské university.

Díky přátelství s králem Fridrichem Vilémem IV. získal peníze na stavbu nové hvězdárny v Bonnu. Jeho pozorování vedla nejdříve ke vzniku atlasu a katalogu *Uranometria Nova*. Jméno zvolil jako odkaz na o dvě století starší dílo Johannese Bayera. Toto dílo vznikalo na začátku jeho působení v Bonnu. Jeho hlavním projektem se však stal třídílný atlas a katalog *Bonner Durchmusterung*, obsahující 324 198 hvězd [10].

Zemřel v Bonnu 17. února 1875 [18].

### 4.4.1 *Uranometria Nova*

Jelikož *Bonner Durchmusterung* byl až Argelanderovým finálním dílem a je podstatně rozsáhlejší než katalogy, kterými jsme se doposud zabývali, bude pro tuto chvíli popsán jen jeho starší katalog, kterým se chtěl přiblížit slavným starším dílům, jako byla právě Bayerova *Uranometria*, na jejíž počest tento katalog pojmenoval.

Zabýval se pouze hvězdami pozorovatelnými pouhým okem až do deklinace  $-37^\circ$ . Tím omezil i počet objektů na 3256. Jasnosti odhadoval k nejbližší třetině magnitudy (se zápisem 1; 1-2; 2-1; 2; etc.). Pozice pak přebíral z různých starších katalogů, upravených na rok 1840. Tento katalog vytvářel poté, co se sice stal ředitelem hvězdárny v Bonnu — v roce 1836, ta ovšem ještě nestála [19].

## 4.5 *Atlas Coelestis Novus*

Autorem tohoto katalogu byl Němec Eduard Heis (1806 - 1877). Nejednalo se o profesionálního astronoma, ale učitele matematiky a fyziky v Cáchách a později v Münsteru. Toto jeho dílo mělo navázat na Argelanderův katalog *Uranometria Nova*.

Podobně jako jeho předchůdce obsahoval tento katalog přehledku hvězd viditelných pouhým okem. Po dvaceti sedmi letech práce byl vydán roku 1872. Obsahoval 5421 objektů, včetně několika hvězdokup a mlhovin. Tento podstatně vyšší počet hvězd než u Argelandera byl způsoben Heisovým velice citlivým zrakem — většina přidávaných objektů byla v oblasti slabších hvězd.

Společně s Argelanderovým katalogem a katalogem *Uranometria Argentina* od Benjaminu A. Goulda se Heisova *Uranometria Nova* stala základem pro finální seznam souhvězdí, to jest oněch 88, zvolených Mezinárodní astronomickou unií v roce 1922 [19].



# 5. Moderní katalogy - od druhé poloviny 19. století

## 5.1 *Bonner Durchmusterung*

F. W. A. Argelander již zde byl jednou zmíněn, stejně jako jeho vrcholné dílo. *Bonner Durchmusterung* je třídílný katalog a atlas, obsahující hvězdy až po devátou magnitudu, respektive 9.5 mag, značící hvězdy slabší, než devátá magnituda, ale stále ještě v katalogu zmíněné.

Naměřená data z doby mezi lety 1852 a 1859, pozorovaná refraktorem o průměru 78 mm (tzv. hledačem komet) za pomoci dvou Argelanderových asistentů, byla zveřejněna v roce 1863. Později vznikla dvě rozšíření, jedno zasahující až na  $-23^\circ$  deklinace v roce 1886, a druhé — *Cordoba Durchmusterung*, vytvořené v Argentině v roce 1932, které dopokrylo oblohu až k jižnímu pólu [10].

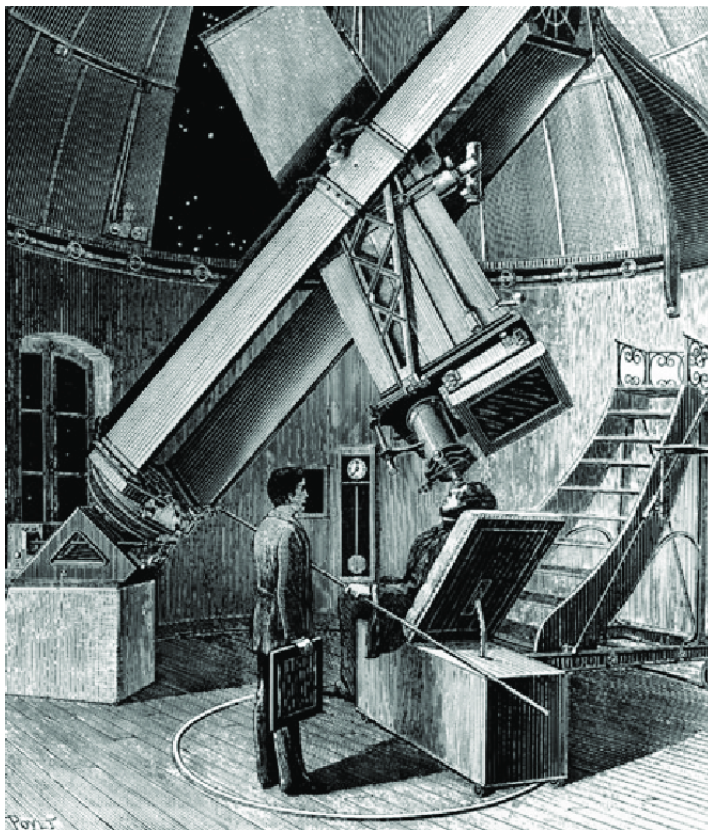
Atlas neobsahoval žádné značení souhvězdí, stejně jako katalog — ten byl zapsán a číslován podle oblastí o šířce jednoho stupně deklinace. To odpovídalo i způsobu měření. Dalekohled byl fixovaný v deklinaci a hvězdy byly měřeny při průchodu stupnicí v centru zorného pole — byla určena jasnost a deklinace, čas měření pak odpovídal rektascenzi. Přesnost měření byla 0.1 mag, s výjimkou velmi slabých hvězd, které, jak bylo výše zmíněno, byly prostě označeny magnitudou 9.5 [20].

Pozice hvězd byly důležitější než jasnosti, a tak se pozorovalo i za přítomnosti Měsíce nad obzorem či při částečně zatažených nocích. I metoda zápisu magnitud se měnila. Základem byl Besselův postup, kde na první pohled nejslabší hvězda v dalekohledu je deváté magnitudy. Ty, co se objeví po delším zkoumání, mají magnitudu 9.1 u Bessela, respektive 9.5 u Argelandera. Některé hvězdy měly změřenou jasnost zaokrouhlenou na celou magnitudu, respektive na polovinu magnitudy. Asi polovina všech záznamů má hodnotu magnitudy v šesti diskrétních krocích mezi dvěma celými čísly. Zbytek pozorování je zapsán v desetínách magnitudy, ve kterých jsou jasnosti uvedeny v *Bonner Durchmusterung*. Pro každou hvězdu byla provedena tři pozorování, což dohromady odpovídá asi milionu jednotlivých měření. Přesnost určení jasnosti byla  $\pm 0.24$  mag u zenitu a o něco nižší níže [9].

## 5.2 *Carte du Ciel*

V červnu 1884 začali na Pařížské observatoři bratři Paul (1848 - 1905) a Prosper (1849 - 1903) Henryovi experimentovat s šestnácticentimetrovým achromatickým objektivem. Řediteli hvězdárny admirálu Ernestu Mouchezovi (1821 - 1892) se jejich snímky natolik líbily, že přijal jejich návrh na zbudování 33-centimetrového astrografu s ohniskovou délkou 343 cm (viz 5.1). Zprovoznili jej v dubnu 1885 a s hodinovou expozicí byl schopen zaznamenávat hvězdy až do patnácté magnitudy.

S tímto teleskopem se poté pokoušeli o vytvoření katalogu slabých hvězd v okolí ekliptiky. Také se jim s ním podařilo objevit mlhovinu v blízkosti hvězdy Maia v Plejádách [10].



Obrázek 5.1: 33-centimetrový astrograf bratří Henryů [Obr. 6]

Pozorování provedená tímto dalekohledem zaujala Davida Gilla, který následně navrhl Mouchezovi mezinárodní projekt mapování celé oblohy. Mouchez souhlasil, a tak se roku 1887 konal mezinárodní kongres v Paříži. Zúčastnilo se jej padesát šest astronomů z osmnácti zemí. Ovšem jen tři z nich byli ze Spojených států a čtyři z jižní polokoule. Prezidentem kongresu se stal Otto Struve (1819 - 1905) z Pulkovské hvězdárny.

Plánovaným výsledkem projektu byl atlas hvězd do čtrnácté magnitudy, *Carte du Ciel*, a katalog do jedenácté, *Astrographic Catalogue*. Veškerá pozorování měla být prováděna stejnými dalekohledy, jako používali bratři Henryovi. Každá deska pokryla  $2^\circ \times 2^\circ$ . Celkem jich mělo být 44 108. Projektu se přislíbilo zúčastnit osmnáct hvězdáren, z toho šest na jižní obloze. Každé byla přiřazena výšeč oblohy, kde na každou vycházelo okolo 1200 desek.

Kdo se však nezúčastnil, byl Edward Pickering z Harvardu, stejně jako jakákoli jiná severoamerická observatoř. Sice nabídl Mouchezovi své rady, ale jinak se *Carte du Ciel* vyhnul. Harvardský astronom D. Norman v roce 1938 dokonce prohlásil, že tato neúčast vedla k velkým úspěchům amerických hvězdáren na poli astrofyziky v následujících letech [10].

Projekt byl však předurčen k neúspěchu. Část hvězdáren svou práci nikdy nedokončila. *Astrographic Catalogue* byl prohlášen za dokončený roku 1962, ačkoli se jednalo o neúplnou verzi. *Carte du Ciel* pak nebyl dokončen nikdy.

Důvodů k neúspěchu bylo více. Skoro všechny hlavní postavy projektu — Mouchez, Struve, oba Henryové — velmi záhy zemřely, a Gill, který žil o něco déle, odešel na odpočinek (umírá roku 1914). Některé z hvězdáren (z toho tři na jižní polokouli) nikdy nezískaly dostatek financí. Hlavním technickým problémem se stala stále ještě nedostatečná znalost určování fotografických magnitud. Z mnoha problémů, které se během let objevily, jich jen pár vyřešil Pickering. Článek o nich však naneštěstí vydal až po prvním kongresu, a tak se projekt těmto problémům nedokázal vyhnout.

Poslední ránu pak zasadila první světová válka. Projekt byl přerušen a po jejím skončení se už k němu nikdo moc neměl. Největším odkazem *Carte du Ciel* tak bylo masivní rozšíření fotografické fotometrie a rozsáhlé zkoumání vlastností této metody [10].

Jediným využitím získaných dat pak bylo výběrové zpracování relativně malého množství hvězd, určených pro orientační potřeby při přípravě projektu družice HIPPARCOS.

### 5.3 Harvardská fotometrie

*Harvard Photometry* je prvním velkým katalogem Edwarda Pickeringa. Ten se omezil jen na hvězdy pozorovatelné pouhým okem, severněji než  $-30^\circ$  deklinace. Katalog obsahuje 4260 hvězd. Pozorování prováděl převážně Pickering, za pomoci Olivera Wendella a Arthura Searla, mezi lety 1879 a 1882.

Jako referenční hvězda pro určování magnitud pozorovaných hvězd byla zvolena Polárka. Jasnost Polárky byla původně brána jako 2.0 mag. Tato hodnota byla později upravena na 2.15 mag v zenitu, po odečtení atmosférické extinkce. Vybraná jasnost měla zajistit, aby výsledky z Harvardu odpovídaly starším Argelanderovým odhadům — Argelanderovo dílo bylo do té doby nejrozsáhlejší katalogem. Z důvodu podezření na možnou proměnnost Polárky [21] bylo vybráno dalších sto cirkumpolárních (obtočnových) hvězd jako sekundární standardy — jako kontrola stálé jasnosti Polárky.

Asi nejvýznamnější změnou oproti starším dílům bylo použití Pogsonovy definice magnitudy. Tato Pickeringem zvolená škála se následně stala standardem na Harvardu a poté i ve světě.

Přesnost Pickeringova měření byla dle Zinnera  $\pm 0.08$  mag pro jasné hvězdy (do čtvrté magnitudy) a  $\pm 0.10$  mag pro ty slabší. Přesnost tedy nebyla o mnoho vyšší, než při pozorování pouhým okem. Použití fotometru však vedlo k eliminaci chyb, které vznikaly v důsledku subjektivního vnímání pozorovatele [22].

### 5.4 Revidovaná Harvardská fotometrie

Revidovaná Harvardská fotometrie, v angličtině *Revised Harvard Photometry*, vznikla roku 1908. Jejím autorem byl znovu Edward Charles Pickering. Obsahovala 9110 hvězd, převážně jasnějších než 6.5 mag, i když byly pozorovány i slabší hvězdy — ty později vyšly v díle *A Catalogue of 36 682 Stars*.

Pozorování probíhalo mezi lety 1879 a 1906. Využity byly dva meridiánové fotometry — dvou- a čtyř- palcový. Pozdější pozorování probíhala za pomoci dvanáctipalcového fotometru, ovšem, jak uvádí Pickering, velká část těchto pozorování byla pro hvězdy slabší než 6.5 mag, což byl limit, určený pro Revised Harvard Photometry.

S fotometry pracovalo více pozorovatelů, nikoli jen E. C. Pickering. Jednotlivá jména, respektive zkratky, jsou v rámci katalogu uvedeny u jednotlivých pozorování. Stejně tak zpracování dat prováděl celý tým vědců, respektive vědkyň [23].

Pozorování pomocí fotometru využívalo ze začátku jako referenční hvězdu Polárku. Z důvodu možných změn jasnosti této hvězdy byla porovnávána se stovkou cirkumpolárních hvězd okolo páté magnitudy.

Od roku 1882 byla referenční hvězdou  $\lambda$  UMi; pro pozorování prováděná z Peru pak  $\sigma$  Oct.

Měření probíhalo velmi rychle, Pickering uvádí jednu hvězdu za minutu, s tím, že rychlé měření umožňuje zmenšit rozdíly v pozorovacích podmínkách mezi jednotlivými měřeními. Zároveň uvádí obtížnost při určování jasností hvězd různých barev. V té době však už na Harvardu vznikal Henry Draper Catalogue, ke kterému v tomto problému odkazuje [23].

Revised Harvard Photometry byla taktéž rozšířena na jižní oblohu — v roce 1889 byl druhý meridiánový fotometr odeslán do Peru. V roce 1891 byl přivezen zpátky, což vedlo k druhé, mnohem širší přehlídce oblohy, s měřeními hvězdami až po magnitudu 7.5. V roce 1899 pak putoval fotometr do Peru podruhé, do města Arequipa. Odtamtud se vrátil v roce 1900, pro pokusy o přesnější měření, které ovšem nevedly k žádnému výraznému zlepšení. Mezi 1902 a 1906 pak fotometr působil v Peru potřetí [23].

Revised Harvard Photometry obsahuje, stejně jako jeho předchůdce, srovnání měření s některými staršími katalogy, ovšem v případě těch nejstarších se pouze odvolává na Harvard Photometry. V tomto případě se zaměřuje pouze na mladší katalogy, od děl Williama a Johna Herschela, přes Pritchardův katalog Uranometria Oxoniensis a Potsdamský katalog Müllera a Kempfa až po srovnání s fotografickými jasnostmi (za využití dat z práce Henryho Drapera a jejího harvardského pokračování) [23].

## 5.5 *Potsdamer Durchmusterung*

V Postupimi prováděl fotometrická pozorování Gustav Müller (1851 - 1925) ve spolupráci s Paulem Kempfem (1856 - 1920). První pokusy prováděl Müller sám už v roce 1877. Jeho původním zaměřením bylo ovšem pozorování planet a asteroidů. Před tím, než se začal detailněji zabírat pozorováním a měřením jasností hvězd, tak Pickering stihl vydat svoji Harvardskou fotometrii, a stejně tak Pritchard svůj katalog *Uranometria Nova Oxoniensis*, pro nějž využíval klínového fotometru.

I tak se Müller s Kempfem do fotometrických měření pustili — jejich výsledky byly v porovnání s Pickeringem a Pritchardem obsáhlejší a přesnější. Zpracovali



celkem 14 199 hvězd z *Bonner Durchmusterung*, které publikovali ve čtyřech dílech. Ty vyšly v letech 1894, 1899, 1903 a 1906. Ovšem v době vydání prvního z nich už Pickering zveřejnil měření dalších 21 000 hvězd, taktéž z *Bonner Durchmusterung*. Přesnost německých astronomů tak bledla ve srovnání s množstvím dat, která z Harvardu vycházela.

Místo jedné standardní hvězdy, kterou pro Pickeringa i Pritcharda byla Polárka, pracovali Müller a Kempf se sadou 144 hvězd vybraných z *Bonner Durchmusterung*. Ty pokrývaly interval mezi magnitudou 4.5 a 7.3. Výběr zároveň kalibrovali tak, aby průměr jejich jasností měl v obou katalozích, Bonnském i Postupimském, 6.0 mag. Díky tomu byly hodnoty uvedené v *Potsdamer Durchmusterung* slabší než ty harvardské v průměru o 0.17 mag [10].

E. C. Pickering ještě zmiňuje určování barev hvězd v tomto katalogu — Müller a Kempf se nesnažili o určování jasností korigovaných o barvu, jako na Harvardu začínali v rámci rozšiřování díla Henryho Drapera. Místo toho u každé hvězdy uváděli písmeno, udávající barvu hvězdy — *a* bílou, *b* nažloutlou bílou, *c* žlutobílou, *d* žlutou, *e* načervenalou žlutou a *f* žlutočervenou. Tato písmena Pickering v Revised Harvard Photometry u dat převzatých z *Potsdamer Durchmusterung* taktéž uváděl. Velké rozdíly mezi Harvardskými a Postupimskými měřeními pak existují dle Pickeringa právě v důsledku barevného rozdílu [23].

## 5.6 Yale Bright Star Catalogue

Tento katalog byl poprvé vydán v roce 1930. Jednalo se o oficiální vydání pracovního katalogu pro Allegheny Observatory a pro hvězdárnu pod Yale University. Toto dílo je tedy (v podobě pro interní účely) zřejmě ještě o něco starší, než jeho první vydání.

Autorem tohoto vydání z roku 1930 je Frank Schlesinger. Ten také vybral starší katalog, na jehož základě vznikl seznam hvězd pro Bright Star Catalogue. Schlesinger uvádí, že ze tří starších děl — *Sternverzeichniss enthaltend alle Sterne bis zur 6.5ten Grösse* z roku 1907, *Revised Harvard Photometry* z roku 1908 a *Catalogue of 9,842 Stars, or all Stars Very Conspicuous to the Naked Eye* z roku 1911 — zvolil Revised Harvard Photometry kvůli velké přesnosti a tomu, že HR číslování z tohoto díla se už běžně používalo ke značení hvězd.

Proto ostatně Yale Bright Star Catalogue neobsahuje vlastní značení hvězd, ale místo toho využívá právě HR číslování. To je také limitem pro počet hvězd v tomto katalogu, je jich vždy 9110, stejné hvězdy jako v Revised Harvard Photometry [24].

Tento katalog se na rozdíl od ostatních katalogů, kterými jsme se doposud zabývali, aktualizuje. Do dnešní doby vzniklo pět edic tohoto díla; šest, pokud bychom počítali i Revised Harvard Photometry.

Druhá edice vyšla o deset let později, v roce 1940. Autorem byl znovu Frank Schlesinger, ovšem tentokrát za pomoci Louisy F. Jenkins. Třetí edice vyšla v roce 1964, a to v režii Ellen Dorrit Hoffleit, stejně jako čtvrtá edice z roku 1982. Ta byla ve spolupráci s Carlosem Jaschekem. Tito dva také pracovali na páté, zatím nejnovější edici Yale Bright Star Catalogue z roku 1991. Ta však již nevyšla jako kniha, v papírové podobě, ale je k dispozici pouze elektronicky.

Pozdější verze zpřesňovaly měření, ale zároveň přidávaly další informace — polohy pro různé epochy, UBVR data, vlastní pohyby či další poznámky k jednotlivým hvězdám. Po celou dobu se však nezměnil seznam hvězd, které Yale Bright Star Catalogue obsahuje.

## 5.7 Henry Draper Catalogue

Henry Draper Catalogue má poněkud zavádějící název — autorem tohoto díla není Henry Draper, ale Annie J. Cannon a Edward Charles Pickering. Jméno katalogu pochází z historie výzkumu spekter hvězd, kterými se tento katalog zabýval.

Henry Draper byl amatérský astronom, který v roce 1872 poprvé vyfotografoval spektrální čáry hvězdy, konkrétně Vegy. Do své smrti v roce 1882 stihl vyfotografovat více než sto spekter.

V návaznosti na jeho práci se začala obdobná pozorování na Harvardské observatoři. První pokusy v roce 1885 byly financovány akademií věd, ovšem rozsah pozorování brzy přesáhl tyto finanční možnosti. V roce 1886 se však nabídla vdova po Henrym Draperovi, Mary Anna Palmer Draper, že bude následný výzkum platit. Společně s tím předala Harvardské hvězdárně původní Draperův dalekohled. Tento fond byl nazván Henry Draper Memorial a dle něj byl následně pojmenován i výsledný katalog [25].

Cílem katalogu bylo uveřejnit všechna hvězdná spektra na fotografiích, které jsou součástí Henry Draper Memorial — tedy celého Harvardského výzkumu spekter hvězd. Klasifikace získaných dat započala v roce 1911, v režii Annie J. Cannon. Do roku 1915 bylo zpracováno přes 200 000 tisíc hvězd [26].

Vydáván byl po částech, vždy několika hodinách rektascenze, mezi lety 1918 a 1924.

Výsledný katalog obsahuje i fotometrická data, vizuální a fotografická, buď naměřená, či upravená ze starších katalogů — Bonner Durchmusterung a jeho jižní rozšíření pro vizuální fotometrii, Cape Durchmusterung pro fotografickou fotometrii — pro Pickeringem používanou fotometrickou škálu [26].

Katalog se z většiny překrývá s Bonner, Cordoba a Cape Durchmusterung, ovšem obsahuje i okolo 1200 hvězd, které nejsou jejich součástí [26].

## 5.8 Boss General Catalogue

Boss General Catalogue, či General Catalogue, odtud zkratka GC, jsou jen zkrácené názvy *General catalogue of 33342 stars for the epoch 1950*. Autorem tohoto díla je Benjamin Boss, syn Lewise Bosse.

Lewis Boss je autorem předchozího katalogu *Preliminary General Catalogue of 6,188 Stars for the Epoch 1900*. Zároveň je autorem prvního článku popisujícího Hyades Stream, zmíněného později při určování členů Hyád, viz Hyády – určení hvězd.

Starší katalog byl vydán roku 1910, GC pak vyšel roku 1936. Oba katalogy se původně zabývaly vlastními pohyby hvězd, respektive jejich polohami. Ostatně

Preliminary Catalogue žádná jiná data neobsahuje [27]. Modernější GC katalog však navíc obsahuje i vizuální magnitudy či spektrální typy hvězd.

Starší z těchto dvou katalogů vybíral z většiny hvězdy viditelné pouhým okem, které navíc byly z nějakého důvodu zajímavé. Těch bylo cca 4000, zbylé dva tisíce pak byly slabší než šestá magnituda — vybrány byly z důvodu blízkosti k jasnějším hvězdám, či proto, že byly dříve pozorovány s dostatečnou přesností [27].

Novější GC katalog obsahuje (snad všechny) hvězdy jasnější než sedmá magnituda. Navíc bylo přidáno několik tisíc hvězd, u kterých bylo možné dostatečně přesně změřit vlastní pohyb — které však byly slabší než limit sedmé magnitudy. Navíc obsahoval i značení hvězd z Bonner Durchmusterung a z Henry Draper Catalogue, zatímco starší katalog obsahoval pouze poznámky s Flamsteedovým značením [27] [28].

Boss General Catalogue byl v roce 1995 nahrán do archivů CDS, v poupravené formě z roku 1985, která opravovala chyby z původní tištěné verze. Navíc přidala předpokládané chyby v polohách a vlastních pohybech, které původní verze neobsahovala [28].

## 5.9 Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog

Zkratkou pro tento katalog je SAO, což je zároveň kódové označení před každým číslem hvězdy v tomto katalogu. Jedná se o astrometrický katalog z roku 1966, obsahující 258 997 hvězd. Byl částečně sestaven ze starších katalogů a obsahuje hvězdy až do cca deváté magnitudy.

Katalog byl později převeden do elektronické podoby. V roce 1979 vznikla možnost identifikace hvězd mezi SAO, HD, BD a GC ve formě pomocné tabulky. V roce 1984 vznikla upravená verze SAO. V roce 2001 vznikla online verze katalogu v databázi HEASARC; tatáž varianta je dostupná v rámci CDS.

Kromě astrometrických dat obsahuje tento katalog i spektrální typ a vizuální magnitudu jednotlivých hvězd [29].

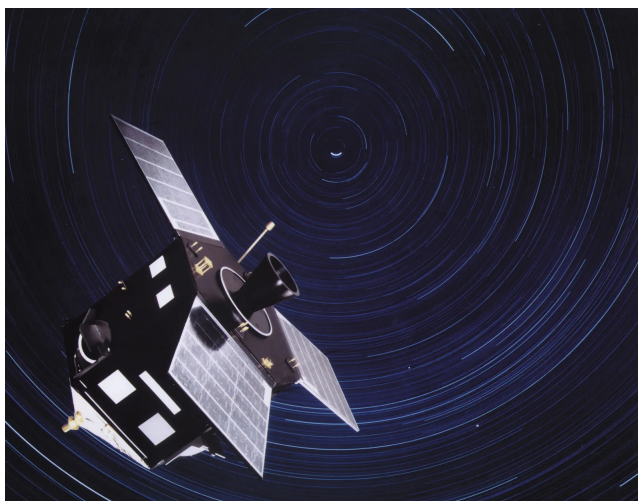


# 6. Družicové katalogy

## 6.1 Družice HIPPARCOS

Družice HIPPARCOS (High Precision PARallax Collecting Satellite) byla vypuštěna agenturou ESA v srpnu 1989. Pracovala tři a půl roku, do března 1993 [30].

Jednalo se o primárně astrometrickou misi — Hipparcos měřil pozice, vlastní pohyby a odhadoval vzdálenosti více než 100 000 hvězd v bližším okolí Slunce. Součástí však byla i fotometrie měřených hvězd. Výsledkem měření byly tři hvězdné katalogy. Katalog Hipparcos byl dokončen v srpnu 1996 a vydán v červnu 1997. Druhý z nich, katalog Tycho, byl dokončen a vydán ve stejné době. Ten obsahoval rozšířené množství hvězd — přes 1 000 000 — jejichž data byla naměřena pomocným měřičem, o něco méně přesným než ten, který shromažďoval data pro katalog Hipparcos. Třetí katalog je katalog Tycho-2, vydaný roku 2000, obsahující přes dva miliony objektů. Stále využívá data z družice HIPPARCOS, ovšem s modernějšími postupy zpracování dat. Údajně obsahuje 99% veškerých hvězd do jedenácté magnitudy [30].



Obrázek 6.1: Vyobrazení družice Hipparcos [Obr. 7]

### 6.1.1 Katalog Hipparcos

Katalog obsahuje 118 218 položek, z nichž pro 117 955 existuje astrometrie a pro 118 204 fotometrie. Nejvyšší dosažená magnituda byla  $V \sim 12.4$ . Vydán byl jako sedmnáctidílný, obsahuje samotný hlavní katalog, dále katalog dvou- a vícenásobných hvězdných systémů, katalog proměnných hvězd, mapy pro slabé objekty či přeplněné oblasti, světelné křivky pro neproměřené proměnné hvězdy a plnohodnotný hvězdný atlas.

Fotometrická měření se skládala z Johnsonovy magnitudy  $V$ , s přesností cca 0.01 mag, širokopásmou  $H_p$ , tj. Hipparcos magnitudu s mediánem přesnosti pro

hvězdy jasnější deváté magnitudy 0.0015 mag. Dále dvoubarevné  $B_T$  a  $V_T$  magnitudy; barevné indexy  $B - V$  a  $V - I$ .

Pro každou hvězdu bylo za tři roky pozorování provedeno v průměru 110 měření [31].

## 6.1.2 Katalog Tycho

Měření pro katalog Tycho byla provedena taktéž pomocí družice Hipparcos. Cílem bylo provést astrometrická a fotometrická měření nejjasnějších hvězd na obloze. Fotometrické měření bylo provedeno pomocí dvou barevných kanálů  $B_T$  a  $V_T$ , již zmíněných výše.

Původním cílem bylo zmapovat hvězdy v GSC (Guiding Star Catalog), určeném k navigaci Hubbleova teleskopu. Mise však pokračovala v měření dalších hvězd, čímž katalog Tycho dosáhl více jak milionu položek.

Celkem bylo naměřeno 1 058 332 hvězd, z čehož pro 6301 z nich jsou data pouze z programu Hipparcos. Nejvyšší dosažená magnituda byla  $V \sim 11.5$ . Fotometrická data obsahují Johnsonovu  $V$  magnitudu,  $B - V$  index a dvoubarevné  $B_T$  a  $V_T$  magnitudy. Index  $B - V$  je určen transformací z barevného indexu  $B_T - V_T$ . Konkrétní informace o transformaci a systému  $B_T$  a  $V_T$  jsou uvedeny v samotném katalogu.

Katalog Tycho byl vydán jako součást katalogu Hipparcos [32].

V roce 2000 byl dokončen katalog Tycho 2, s podstatně vyšším počtem hvězd — 2 539 913 hvězd tvoří 99 % všech hvězd do jedenácté magnitudy, ovšem pokračuje i do nižších jasností, s množstvím hvězd do magnitudy 11.5 a v některých oblastech i dále. Uvádí fotometrická data pro stejné kanály jako jeho předchůdci. Dle tabulky zveřejněné v hlavním článku k tomuto katalogu se fotometrická přesnost kanálu  $V_T$  do desáté magnitudy pohybuje okolo 0.01 mag. U vyšších hodnot magnitud stoupá průměrná mediánová odchylka na 0.1 mag a 0.2 mag pro hvězdy slabší než dvanáctá magnituda. Pro hvězdy slabší než čtrnáctá magnituda už je hodnota jasnosti pouze orientační. Pro kanál  $B_T$  jsou odchylky o něco vyšší. [33].

## 6.2 Projekt Gaia

Od roku 2013 působí družice Gaia, taktéž pod záštitou ESA. Umístěna byla na oběžnou dráhu okolo Lagrangeova bodu L2, kde dosud sleduje oblohu s periodou jedné plné přehlídky za šest hodin.

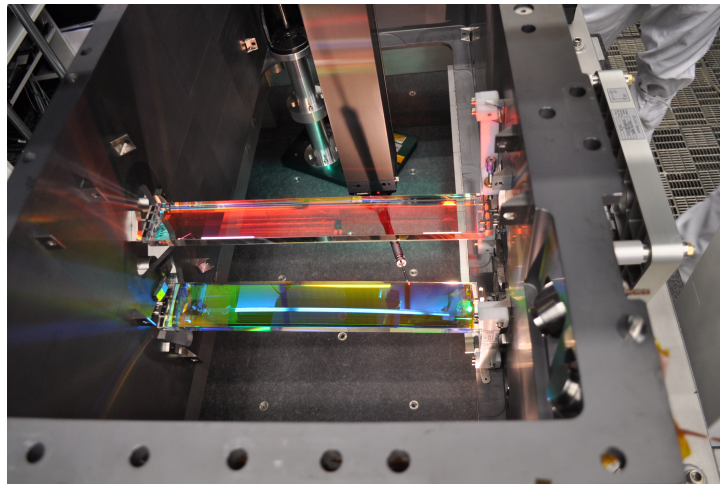
Stejně jako v předchozím případě bylo cílem měření pozic, vzdáleností a jasností hvězd v naší galaxii, v případě projektu Gaia i dále. Rozsah mise však je mnohem větší — Gaia vytváří detailní 3D mapu všech hvězd do dvacáté magnitudy, což odpovídá circa miliardě objektů.

Přesnost určení polohy je 26  $\mu$ arcsec pro hvězdy patnácté magnitudy, řádově stonásobná než u družice Hipparcos na jejím limitu jasnosti.

Fotometrická měření jsou prováděna dvojicí hranolů rozptylujících přicházející světlo. Jeden z nich, označený BP – Blue Photometer – měří ve vlnových délkách 330 – 680 nm a druhý – RP, Red Photometer – ve 640 – 1050 nm. Následně světlo snímá čtrnáct CCD kamer.



Obrázek 6.2: Vyobrazení družice Gaia [Obr. 8]



Obrázek 6.3: Vyobrazení červeného a modrého fotometrického hranolu družice Gaia [Obr. 9]

Naměřená data jsou publikována v několika Data Releases, DR1 v roce 2016, DR2 v roce 2018 a DR3 v roce 2022.

Výsledky mise by měly přinést lepší vhled do struktury naší galaxie, a to jak prostorové tak i dynamické; přehled exoplanet, řádově kolem 7000; přehled objektů ve Sluneční soustavě — v tuto chvíli je pozorováno na 250 000 asteroidů, převážně v hlavním pásu; standardy pro měření vzdáleností v Magellanových mračnech; měření supernov, detekci kvasarů či mikročoček [34].





# 7. Změny v pozorovacích metodách a chápání jasnosti hvězd

Za všemi hvězdnými katalogy jsou samozřejmě astronomická pozorování (případě převzetí dat z jiného katalogu). Tato pozorování byla prováděna v historii různými metodami.

Tím nejzákladnějším pozorovacím přístrojem je lidské oko. I za použitím některých pozdějších přístrojů stále stojí přímé pozorování pozorovatele.

Posledním porovnávaným katalogem, kterého měření byla prováděna prostým okem, je ten Heveliov z roku 1690. Jan Hevelius sice již vlastnil dalekohled, ovšem z důvodu obav o přesnost měření prováděl pozorování pro svůj katalog pouze okem. Tato obava o rozdílné hodnoty jasností či poloh za použití jiných metod pozorování se objevovala i později, což vedlo mimo jiné i ke vzniku fotometrických systémů.

S vynálezem dalekohledu se rozšířilo množství pozorovatelných hvězd. Náhle se daly pozorovat objekty slabší než šesté magnitudy — což vedlo k rozšíření stupnice magnitud na vyšší hodnoty.

Pozorování stále prováděl pozorovatel vlastním okem, ovšem za pomoci přístroje, který mu umožnil pozorovat i slabší objekty. Porovnávání jasností tedy probíhalo stále stejným způsobem, tedy až do doby, než začaly první pokusy o zpřesnění definice magnitudy.

## 7.1 Nová definice magnitudy

Původní chápání magnitudy — jak bylo vytvořeno Hipparchem a později Ptolemaiem — bylo prosté dělení hvězd dle jejich jasností na šest různých kategorií. Už Ptolemaiovi došlo, že hvězdy i v rámci jedné této kategorie nemají stejnou jasnost, a začal tedy pracovat se zlomky magnitud, konkrétně s třetinami.

Toto dělení na třetiny se udrželo extrémně dlouho, a ve starších katalozích<sup>1</sup> tak lze najít hvězdy, u kterých jsou uvedena dvě čísla magnitud, jejichž pořadí určuje, o kterou třetinu se jedná.

Další změnou v systému magnitud přinesl objev dalekohledu — šestá magnituda měla znamenat hranici viditelnosti pouhým okem, ovšem za pomoci dalekohledu šlo pozorovat i slabší hvězdy. A tak vznikla sedmá, osmá či devátá magnituda. Na druhém konci stupnice se ovšem nic nepohnulo. Nejjasnější hvězdy měly stále jen první magnitudu, i když některé byly znatelně jasnější (Vega, Sirius).

Až do devatenáctého století tak škála magnitud nebyla nijak přesně definována, udržovala se tradicí. Neexistoval žádný matematický předpis, a nešlo tedy převést magnitudy na jinou jednotku jasnosti. Tento udržovaný systém nebyl lineární ani logaritmický. Logaritmické škále se ovšem blížil, což vedlo k nové definici magnitudy, snažící se fitovat dosavadní fotometrické výsledky.

---

<sup>1</sup>Hevelius, Flamsteed, Argelanderova Uranometria, Heis

### 7.1.1 William a John Herschelovi

William Herschel se narodil roku 1738 v Německu do rodiny muzikanta Isaaca Herschela. Do Anglie se dostal roku 1757 společně se svým bratrem Jacobem. Později se k nim připojili i další sourozenci Alexander a Caroline — tito dva pak významně figurovali v jeho vědecké práci. Alexander mu pomáhal stavět dalekohledy a Caroline se stala jeho asistentkou a následně i pozorovatelkou.

Slavným se stal objevením Uranu 13. března 1781. Následně se věnoval už jen dráze astronoma — stal se astronomem Jiřího III. — a zanechal hudební kariéry, kterou se do té doby živil. V roce 1792 se mu narodil syn John, který později na otcovu práci navázal. William Herschel zemřel roku 1822. Jeho sestra se poté přestěhovala zpět do Hannoveru, aby zde dožila své poslední roky. Tyto „poslední roky“ se protáhly na 26 let [35].

Herschel pozoroval, co mohl. Nalezl množství komet a dvojhvězd, stejně jako objektů hlubokého vesmíru. Pro fotometrii je však klíčová jeho práce v katalogizování hvězd. Uspořádal asi 3000 stálic v různých souhvězdích dle jejich jasnosti. Tento seznam tak byl nejranějším přesným soupisem vzájemných jasností hvězd [36].

Herschel pro porovnání používal systém šesti kroků, které udávaly, jak mnoho se jasnost hvězdy liší od jiné. Dle Pickeringa se Herschelova přesnost blížila desetině magnitudy. Zinner uvádí Herschelovu chybu jako  $\pm 0.17$  mag. Jeho přesnost se tedy blížila uznávané hranici pro vizuální fotometrii,  $\pm 0.1$  mag [2].

Herschel ve svých měřeních nezapisoval jasnosti hvězd ve formě magnitud, místo toho používal sekvence hvězd seřazené dle jasnosti — uvědomoval si totiž neurčitost tradičního chápání této jednotky. Svůj postup popsal takto:

*„Vkládám každou hvězdu, místo udání její magnitudy, do krátké série sestavené dle jasnosti nejbližších hvězd. Například pro vyjádření jasu D, říkám CDE. Touto krátkou notací, místo popisu hvězdy D podle imaginárního neurčitého standardu, popisují ji dle přesného, daného existujícího standardu. C je hvězda s vyšší jasností než D; a E je další, nižší jasnosti než D.“* (Přeloženo z [9])

Postupným zjemňováním dosáhl na oněch zmíněných šest kroků, respektive stupňů. Herschel proměřoval hvězdy v jednotlivých souhvězdích, respektive ty, které uváděl Flamsteed ve svém katalogu. Všechny stálice v jeho měřeních tak byly viditelné pouhým okem, byť pro pozorování slabších z nich využíval svůj dalekohled [9]. Za svůj život napozoroval skoro 3000 hvězd [3]. Svá pozorování vydal v šesti katalozích, obsahujících přes tři tisíce měření pro 1251 hvězd. Čtyři z nich vydal mezi lety 1796 a 1799. Zbylé dva z nich našel roku 1883 Edward Pickering připravené k tisku [9].

Syn Williama Herschela, John (1792 - 1871), pokračoval v sestavování sekvencí v Jižní Africe na mysu Dobré naděje, ovšem místo srovnávání hvězd v rámci souhvězdí srovnával hvězdy v rámci jednotlivých pozorovacích nocí.

Svá pozorování se pokusil propojit se systémem magnitud, k čemuž použil předchozí díla jako svůj standard. Jejich průměrné hodnoty využíval pro kalibraci. Při svých pozorováních zanedbával některé okolnosti - různé barvy hvězd, atmosférickou extinkci. Taktéž pozoroval za měsíčních nocí, kdy — ačkoli se vyhýbal okolí jasného Měsíce — přece jen se výsledky měření mohly lišit. Pozorování

v blízkosti horizontu se ovšem vyhýbal. I přes všechny nedostatky dosáhl přesnosti odhadnuté Zinnerem na  $\pm 0.12$  mag.

Na severní polokouli také pozoroval, v tomto případě s cílem vytvořit hvězdné mapy. Ty však nikdy nedokončil, kus své práce alespoň odprezentoval v roce 1867 v Královské astronomické společnosti [9].

John Herschel byl prvním, kdo se pokusil formulovat novou matematickou závislost, která by lépe definovala tradiční magnitudu. Na základě fitování historických dat došel k závěru, že zeslabení jasu na geometrické škále by mělo odpovídat nárůstu magnitudy aritmetickou škálou. Taktéž přišel s tím, že jasnost hvězdy první magnitudy a hvězdy šesté magnitudy by mezi sebou měly mít stonásobný rozdíl. Tento závěr odpovídá Fechnerovu zákonu, který říká, že stimulus rostoucí geometricky produkuje reakci s aritmetickým nárůstem; ovšem přestává platit pro extrémní hodnoty oběma směry. Pro hvězdu by tedy platilo, že  $I_m : I_{m+\Delta m} = k^{\Delta m}$ , kde  $I_m$  je jasnost hvězdy,  $m$  její magnituda a  $k$  je pak světelný koeficient. Tento koeficient však byl otázkou fitu a navržené hodnoty se v závislosti na astronomovi lišily. Všechny návrhy se však pohybovaly okolo 0.4 pro  $\log k$ . Navíc se tento koeficient měnil, v závislosti na tom, dle jakého katalogu (sady hvězd) byl fitován. To později vedlo Pogsona k definatorickému zavedení magnitudy [10].

### 7.1.2 Norman Pogson

Norman Robert Pogson se narodil v roce 1829 do rodiny továrníka George Owena Pogsona, po kterém měl převzít rodinnou továrnu. Místo dokončení ekonomických studií se však stal učitelem matematiky, která jej nadchla, společně s jinými vědami. Seznámil se s Johnem Hindem, u jehož syna téhož jména začal pracovat na hvězdárně v Londýně. Hindova vášeň pro komety, asteroidy a proměnné hvězdy se stala i jeho vlastní.

Po čase se přesunul na hvězdárnu Radcliffe v Oxfordu, kde pracoval pod vedením Manuela Johna Johnsona. Ten se v té době zabýval hvězdnými magnitudami. Zjistil, že poměr jasností mezi dvěma magnitudami je 2.43 a je nezávislý na magnitudě či pozorovateli. Pogson sám došel k hodnotě 2.4.

Roku 1860 se stal královským astronomem v Madrásu v Indii, kde strávil celý zbytek svého života. Během té doby začaly jeho neshody s britskou astronomickou komunitou, ze které nebyl vyřtván je díky své geografické poloze — tedy extrémní vzdálenosti. Svá díla nikdy nedokončil a jen část byla vydána. Rodina mu zemřela na cholera, on sám zemřel v roce 1891 na rakovinu jater [37].

Jeho význam pro fotometrii je v návrhu uvedeném ve dvou jeho člancích: Zafixovat poměr mezi dvěma magnitudami na 2.512. Jedná se v zásadě o volně vybranou hodnotu, dostatečně blízkou experimentálně změřeným rozdílům mezi magnitudami, mimo jiné Herschelem, Struvem, Argelanderem či jím samotným. Nebyl jediný, kdo něco podobného navrhl — Karl Bruhns<sup>2</sup> používal hodnotu

---

<sup>2</sup>Karl Bruhns (1830 - 1881) byl německý astronom, od roku 1860 profesor a ředitel lipské hvězdárny. Zabýval se kometami, planetami, meteorologií a geodézií. Byl znám pro své výpočetní schopnosti. Kromě velkých celostátních meteorologických a geodetických projektů se také zabýval historií astronomie [38].

$e$ , tedy základ přirozeného logaritmu. Pogson však nebyl významnou postavou tehdejší astronomie. Navíc nebyl oblíben vedením Královské astronomické společnosti. Jeho návrh by tak zapadl mezi mnoha jinými, od věhlasnějších astronomů, nebýt Edwarda Pickeringa, který tuto hodnotu bez větších okolků použil ve svojí práci. A skrze tohoto Harvardského astronoma se stala světovým standardem. Dnes používaný vztah je tak známý jako Pogsonova rovnice:  $\Delta m = 2.5 \log I_m / I_{m+\Delta m}$ . Jediným problémem tohoto vztahu je neznámá nulová hodnota (ve tvaru  $m = 2.5 \log I_m + c$ ). Pro tu zvolil Pickering Polárku s magnitudou  $m = 2.0$ . Tato hodnota byla později, ještě Pickeringem, změněna na 2.15 a 2.12. Až později se zjistilo, že se jedná o proměnnou hvězdu [9].

## 7.2 Fotometry

Lidské oko snáze určí stejnou jasnost dvou hvězd, než odhadne rozdíl jasnosti. Této vlastnosti lze využít využitím různých clon. První pokusy tohoto typu prováděli mimo jiné Huygens a Celsius. Druhý z těchto dvou během svých experimentů sestrojil první (extinkční) fotometr. Do tubusu dalekohledu vkládal stejně tlustá skla, kde každé z nich odpovídalo zeslabení o polovinu magnitudy. Po zmizení hvězdy se dala takto určit její jasnost. Dalšími podobnými fotometrickými experimenty se zabývali William Wollaston, Alexander von Humboldt a oba Herschelové [22]. V druhé polovině devatenáctého století se fotometry aktivně v astronomii používaly, ovšem s dvacátým stoletím už byly plně nahrazeny fotografií, respektive tehdy fotografickými deskami.

Výraznými postavami éry fotometrů byli Steinheil, Zöllner a Pickering [2].

Vylepšenou formou extinkčního fotometru jsou klínové fotometry. Do dalekohledu je vsouván skleněný klín, který stíní přicházející světlo tím víc, čím tlustší vrstva je uvnitř — není tedy třeba pracovat s více díly, ale jen jedním klínem. Za předpokladu, že je ztráta světla konstantní vůči tloušťce a pokud možno nezávislá na barvě hvězdy, lze z míry zasunutí určit jasnost sledovaného zdroje. Nejvýznamnějším astronomem, používajícím klínový fotometr, byl Charles Pritchard (1808 - 1893) na Oxfordské univerzitě [22].

Porovnávací fotometry jsou většinou přesnější, než extinkční fotometry. Carl von Steinheil (1801 - 1870) sestrojil poprvé takovýto přístroj v roce 1836. Jednalo se o malý refraktor s rozpůlenou čočkou objektivu. Každá polovina se mohla pohybovat skrze tubus samostatně. Do každé z nich bylo hranoly svedeno světlo od dvou různých hvězd. Pohybem čoček se vyrovnal jejich jas v okuláru. Jejich vzájemná jasnost pak odpovídala rozdílu mezi polohami polovičních čoček [2].

V roce 1861 vyšel článek <sup>3</sup> popisující Zöllnerův (1834 - 1882) fotometr, který vznikl na popud Císařské akademie věd ve Vídni, která v roce 1857 vypsalá soutěž na vylepšení fotometrických měření. Zöllner sice nebyl v soutěži úspěšný, ovšem jeho fotometr byl jedním z nejpřesnějších své doby, a byl vyráběn firmou Ausfeld

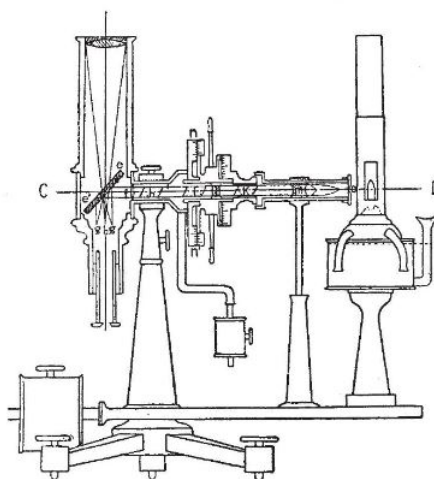
---

<sup>3</sup> *Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels* [39]



Obrázek 7.1: Steinheilův fotometr [Obr. 10]

z Gothy, která jej dodala do několika hvězdáren, mimo jiné do Bonnu, Postupimi, na Harvard či do Moskvy [22].



Obrázek 7.2: Schéma Zöllnerova fotometru [Obr. 11]

Pro porovnávané katalogy je klíčový meridiánový fotometr, který byl vyroben na Harvardu v roce 1879. V původní konfiguraci se skládal z horizontálního dalekohledu se dvěma podobnými objektivy se čtyřcentimetrovými aperturami. Dvnitř světlo vstupovalo skrze otočné hranoly, jeden pro každý objektiv. Jeden z nich vždy mířil na Polárku, ten druhý na měřenou hvězdu v blízkosti meridiánu.

Pozdější podoba Pickeringova fotometru měla větší objektiv — místo čtyřcentimetrového deseticentimetrový. Místo hranolů, které u starší verze vedly světlo do čoček, nyní používal zrcadla. Obě tyto varianty posloužily pro většinu harvardských pozorování. V roce 1898 byl ovšem postaven mnohem větší třiceticentimetrový fotometr, který umožnil pozorování hvězd až třinácté magnitudy. Na rozdíl od předchozích verzí byla k porovnávání jasnosti využita umělá hvězda. Tlumená byla pouze ona, nikoli ta pozorovaná, díky čemuž bylo možné pozorovat hvězdy až

do limitu jasnosti tohoto přístroje — pokud by se zeslabovala pozorovaná hvězda, ty na hranici viditelnosti by nešlo porovnávat [22].

## 7.3 Fotografická fotometrie

Roku 1839 byl Francoisem Aragem <sup>4</sup> světu představen nový vynález Louise Daguerra – první forma fotografie, nyní známá, dle svého autora, jako daguerrotyp. Arago viděl přínos tohoto vynálezu pro astronomii a přesvědčil Daguerra, aby se pokusil zaznamenat Měsíc.

Prvním astronomickým snímkem se stala fotografie Měsíce z roku 1840, vyfotografovaná Johnem Draperem. Ve stejné době Arago přesvědčil H. Fizeaua a L. Foucaulta, aby se pokusili o astronomickou fotometrii. První srovnání probíhala pomocí obloukové lampy — a měřilo se Slunce. Na fotografování hvězd bylo třeba mnohem delší expozice či větší dalekohledy, a první snímek hvězdy — Vegy — se tak podařil až roku 1850 Johnu Whippleovi a Georgi Bondovi na Harvardu.

Fotografická fotometrie devatenáctého století využívala takzvaného recipročního zákona, podle kterého je fotografická stopa závislá na intenzitě a délce expozice. Platnost tohoto zákona byla ověřena pro poměr desíti, tj. stejný efekt pro desetkrát delší expozici při desetinně osvětlení. Přestával však platit pro poměry šedesát ku jedné [10].

S rozšířením nových metod fotografie — obzvláště skleněných desek s bromidovou emulzí — se využití fotografie v astronomii rozběhlo naplno. Syn Johna Drapera, Henry, pořídil v letech 1880 a 1881 fotografie mlhoviny v Orionu. K tomu uváděl, že na snímku jsou viditelné hvězdy do magnitudy 14.7 dle Pogsonovy stupnice. Nejspíše se jednalo o vizuální magnitudu, vzatou z Pickeringovy fotometrické práce. Draper také poznamenal, že „velikost jednotlivých hvězd na snímku napovídá jejich magnitudu, byť je třeba započítat korekci na barvu hvězd [9]“.

Roku 1883 začal s fotometrií hvězd reverend T. E. Espin (1858 - 1934). Ne-daleko Liverpoolu začal měřit za pomoci 11.5-centimetrové čočky. Následujícího roku vypracoval metodu určení magnitud hvězd dle hvězdných stop zanechaných na snímku, při jehož expozici nebyl spuštěný hodinový stroj. Jako referenci použil pro každý snímek dvě a více hvězd z Argelanderových měření. Roku 1884 vydal katalog o 500 hvězdách, největší svého druhu v této době. Podobný způsob určování později použil i Edward Pickering.

Jako jinou metodu určení jasnosti hvězd navrhl Jules Jansen (1824 - 1907) roku 1881 umístit fotografickou desku mimo ohnisko, čímž docílil rozšíření obrazů hvězd do kruhů s různými hustotami. Podle hustoty obrazu pak šlo určit její jasnost [9].

### 7.3.1 Severní polární sekvence

Přelom devatenáctého a dvacátého století přinesl rozdělení fotometrické astronomie na dva proudy — evropské observatoře v čele s těmi francouzskými se

---

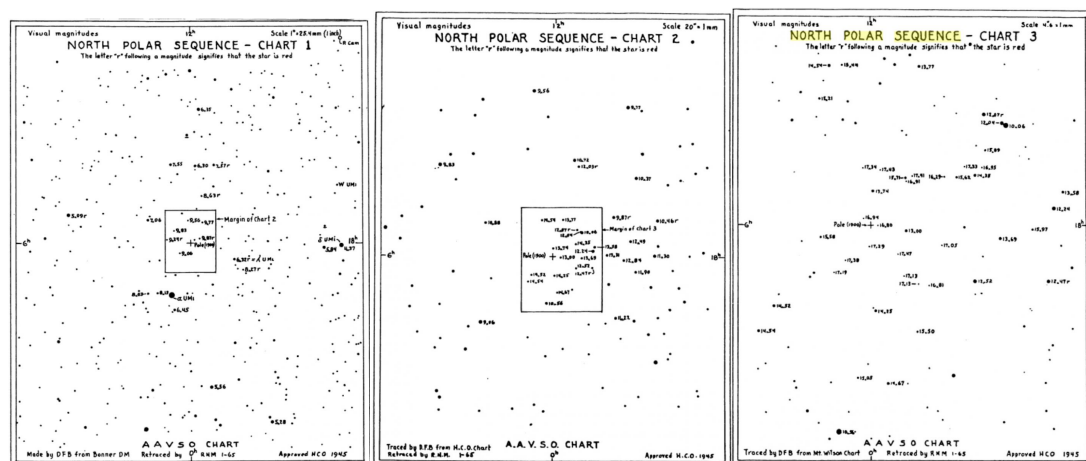
<sup>4</sup>Arago byl od roku 1830 ředitel pařížské observatoře.

zabývali obřím fotografickým projektem Carte du Ciel, zatímco američtí astronomové v čele s Edwardem Charlesem Pickeringem se tomuto projektu vyhnuli.

To jim umožnilo zabývat se vlastním výzkumem — což vedlo mimo jiné na Harvardu k práci na určování spekter hvězd, respektive jejich barev. Hvězdy měly při vizuální fotometrii jiné jasnosti než při té fotografické. Výzkum těchto rozdílů vedl ke vzniku Henry Draper Catalogue.

Druhým velkým projektem, který vznikl na Harvardu okolo fotografické fotometrie byla Severní polární sekvence (*North Polar Sequence*) v roce 1907. Ta se stala standardem fotografické fotometrie po celou první polovinu dvacátého století. Cílem bylo vytvořit sadu hvězd, které mohly sloužit k určování magnitud hvězd na celé obloze prostým fotografováním obou cílových oblastí na stejnou desku, když se nachází ve stejné výšce nad obzorem a se stejnou dobou expozice. Protože okolí severního pólu je viditelné na celé severní polokouli, stalo se celkem logickou volbou pro takovou oblast. První sadu tvořilo deset hvězd mezi magnitudami 6.4 a 13.3, které Pickering používal jako standardy pro vizuální fotometrii.

Hlavní pozorovatelkou, a vlastně i autorkou pozdější podoby Severní polární sekvence, byla Henrietta Leavitt (1868 - 1921). Ta na ní pracovala až do své smrti. Počet hvězd průběžně narůstal — v roce 1910 už obsahovala 96 hvězd, s magnitudami mezi 2.7 a 21. Z důvodu změn jasnosti v závislosti na barvě hvězdy byly voleny pouze hvězdy spektrální třídy A, s jednou výjimkou, ovšem po magnitudě 11.3 byly už všechny hvězdy považovány za bílé. Později byla přidána pomocná sekvence červených hvězd do magnitudy 13.3 [10].



Obrázek 7.3: Severní polární sekvence na mapě od AAVSO<sup>5</sup> [Obr. 12]

Severní polární sekvence se později stala standardem používaným pro Carte du Ciel, čímž se tento systém začal všeobecně používat. Kalibrace této škály byla provedena tak, aby se fotografické a vizuální magnitudy pro hvězdy mezi magnitudami 5.5 a 6.5 typu A0 rovnaly (pro harvardská vizuální měření).

<sup>5</sup>American Association of Variable Star Observers

## 7.4 Fotoelektrická fotometrie

Fotočlánky byly poprvé objeveny Edmondem Becquerelem (1820 - 1891) v roce 1839. První využití v astronomii však přišlo až s Georgem Minchinem (1845 - 1914) v roce 1890. Tomu se podařilo naměřit světlo z několika jasných hvězd a planet.

Tento první typ — fotovoltaiické články — nahradily články fotokonduktivní. Klíčovou postavou je zde Joel Stebbins (1878 - 1966), který byl pomocí selenového článku schopen pozorovat jasnější hvězdy s dostatečnou přesností, aby mohl zaznamenávat jejich proměnnost. Roku 1909 vydal článek o sekundárním minimu Algotu, čímž zahájil novou éru fotometrie — hledání proměnných hvězd. Se selenovým článkem ovšem už před Stebbinsem pozorovali i jiní — Stebbins sám zmiňuje nepublikované pokusy Edwarda Pickeringa. V roce 1911 pak Joel Stebbins selenový článek přestal používat, ve prospěch fotoelektrického článku.

Fotoelektrické články byly poprvé vytvořeny roku 1892 J. Elsterem a H. Geitellem. Jejich vylepšená verze r roku 1912 se začala naplno používat v astronomické fotoelektrické fotometrii. První pokusy s těmito fotonkami prováděly tři skupiny, z toho dvě na hvězdárnách — Paul Guthnick (1879 - 1947) v Berlíně a Hans Rosenberg (1879 - 1940) a Edgar Meyer v Tübingenu. Paralelně Jakob Kunz sestrojil vlastní fotočlánek, následně se setkal se Stebbinsem na jeho cestě po Evropě, a tito dva jej pak začali využívat pro vlastní pozorování.

Vzhledem k tomu, že při pokusech s různými základy článků (sodíkem, draslíkem, cesiem a rubidiem) reagovaly fotonky v různých oblastech spektra, začali Guthnick a jeho spolupracovník Richard Prager (1883 - 1945) v roce 1916 experimentovat s barevnými filtry — do detektoru vkládali žlutý filtr a definovali barevný index jako rozdíl jasností hvězdy s a bez filtru. Po konci války přišel na observatoř Berlín-Babelsberg Kurt Böttlinger (1888 - 1934). Mezi lety 1920 a 1922 spolupracoval s Guthnickem na fotometrických pozorováních. Přidal, kromě již používaného žlutého, i modrý filtr. Jednalo se tak o první dvoubarevný systém barevných indexů zmíněný v literatuře (ovšem kombinace fotografického a vizuálního pozorování už v té době byla známa) [10].

## 7.5 Fotometrické systémy

Severní polární sekvence byla prvním pokusem o vytvoření standardu pro určování magnitud na celé obloze. Původně vznikla pro potřeby fotografické fotometrie. Jak se začínaly objevovat poznatky o spektrech hvězd, stejně jako nešlo dostatečně dobře porovnávat fotografické měření s tím vizuálním, tento standard dostával čím dál větší trhliny. Konečně byl roku 1955 definitivně opuštěn.

Fotoelektrická fotometrie se stala postupem času převládajícím způsobem měření — obzvláště s příchodem zesilovačů. Jejich dosah v měřitelné jasnosti se konečně začínal rovnat oběma starším metodám. Znalost rozdílných vlastností různých článků v závislosti na použitém chemickém složení vedla k používání filtrů, což dalo za vznik měření v různých vlnových délkách.

S cílem mít možnost srovnávat historická data s těmi moderními vznikl filtr na vlnové délce cca 550 nm, srovnatelný s vrcholnou citlivostí lidského oka. Přidáním



dalších filtrů vznikly barevné indexy a na základě těch poté nové hvězdné standardy, více akcentující odlišná spektra hvězd než Severní polární sekvence [10].

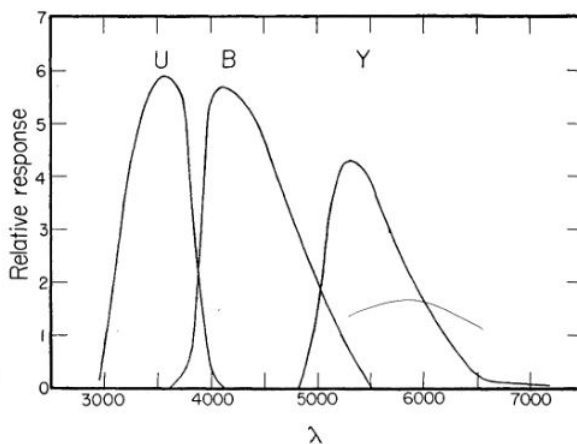
Prvním systémem používajícím více barevných filtrů byl Beckerův RGU systém. Wilhelm Becker (1907 - 1996) měřil fotograficky a fotografie už byla v jeho době nahrazována fotoelektrickými metodami. Navíc psal v němčině a jeho hlavní návrh vznikl ke konci války — v té době byla v důsledku prohrané první světové války německá vědecká komunita značně izolovaná a probíhající druhá světová válka tomu určitě nenapomohla. Hřebíkem do rakve byl ten fakt, že RGU nešlo převést do fotoelektrické podoby — to se podařilo až v roce 1983 v článku C. F. Trefzgera, L. M. Camerona, A. Spaenhauera a U. W. Steinlina. RGU systém se tak nikdy moc nerozšířil a novější UBV systém převládl [10].

Ačkoli první měření s fotonásobiči shodně používala modré a žluté filtry, aby tak přibližně odpovídala fotografickým a vizuálním měřením, neshodli se pozorovatelé, na jakých konkrétních vlnových délkách měří.

V roce 1951 Gerry Kron navrhl nový zjednodušený systém, který měl standardizovat tyto rozličné filtry. Stále v návaznosti na Severní polární sekvenci, Stebbins, Whitford a Johnson zvolili devět jejích hvězd jako standardní pro nový (P, V) systém. Tento systém byl ovšem velmi rychle nahrazen UBV systémem [10].

UBV systém vznikl ve stejné době jako jeho předchůdce — mezi lety 1950 a 1951. Jeho autoři Harold Lester Johnson a William Wilson Morgan v květnu 1953 vydali článek (viz [40]), ve kterém tento systém představili. U, B a V odpovídají třem filtrům — V je žlutý filtr, přibližně ekvivalentní fotovizuální magnitudě Mezinárodního systému; B je modrý filtr a U je ultrafialový filtr, pro které je splněna podmínka  $U - V = 0$ , respektive  $B - U = 0$  pro hvězdy typu A0 [40].

Roku 1955 proběhla mezinárodní konference v Dublinu, již dříve zmíněná v souvislosti se zrušením Mezinárodního systému a tedy Severní polární sekvence. Na této konferenci se UBV systém stal oficiálním systémem pro tříbarevnou fotometrii. Jediným odpůrcem byl W. Becker, nepřekvapivě vzhledem k existenci jeho vlastního RGU systému [9].



Obrázek 7.4: Citlivost fotometru UBV systému [Obr. 13]

Později se začaly objevovat i jiné filtry — například v roce 1957 Strömngrenův *uvby* systém s indexy, které byly citlivé na Balmerův skok,  $H\beta$  čáru a metalicitu pro hvězdy typů B, A a F. Tento typ fotometrického systému byl stavěn pro astrofyzikální potřeby, nikoli na základě starších způsobů měření, jako to bylo u UBV systému.

Na UBV systém navázal systém UVBGRI od Stebbinse a Whitforda, používaný mezi lety 1940 a 1949. V šedesátých letech se pak začal používat systém UBVR<sub>I</sub>JKLMN, vytvořený Johnsonem roku 1959 jako rozšíření UBV systému. Zmenšený rozsah UBVR<sub>I</sub> nahradil šestibarevný systém, nejspíš důsledkem popularity základního UBV systému. Vývoj fotočlánků postupně umožňoval menší počet různých druhů, nutných pro jeden systém. Od sedmdesátých let pak již bylo možné Johnsonův pětibarevný systém používat jen s jedním fotočlánkem [10].

## 7.6 Použití CCD

V dnešní době se k pozorování oblohy používají CCD čipy, popřípadě CMOS čipy.

CCD je zkratkou z názvu článku, ve kterém byl čip poprvé popsán — *Charge Coupled Semiconductor Devices* od W. S. Boylea a G. E. Smithe z dubna roku 1970. V roce 1975 se pak tyto čipy začaly používat i v rámci astronomie. CCD velmi rychle nahradilo fotografické metody, ty fotoelektrické vydržely do konce tisíciletí. Velkou výhodou těchto čipů je podstatně lineárnější závislost odezvy na intenzitě světla, což byl klíčový problém pro fotografii a fotoelektrické články — viz množství filtrů a fotometrických systémů, které okolo nich vznikly. Navíc jsou tyto čipy schopné fotometrie i astrometrie zároveň, poprvé od opuštění skleněných fotografických desek, a data jsou automaticky digitální [10].

CMOS čipy fungují na jiném principu, jejich vlastnosti jsou však velmi podobné těm CCD. Jsou o něco starší, z roku 1963, ovšem až v dnešní době může tato technologie konkurovat CCD. Okolo obou typů čipů se pak v dnešní době převážně vylepšuje software.

## 8. Výběr Plejád a Hyád

Plejády a Hyády jsou dvě výrazné otevřené hvězdokupy v souhvězdí Býka, dobře pozorovatelné na severní polokouli v zimě. Patří mezi několik málo objektů hlubokého vesmíru (Deep Sky Objects), které lze pozorovat pouhým okem, společně například s hvězdokupami  $\chi$  a  $h$  Persei, Jesličkami (M44) v Rakovi, či M13 v Herkulovi. Samozřejmě lze ještě zmínit mlhovinu v Orionu (M42), či galaxii v Andromedě (M31), z těch, které jsou pozorovatelné na severní obloze. Z hvězdokup jsou to však pouze Plejády a Hyády, u kterých jsou pouhým okem rozlišitelné jednotlivé hvězdy.

Ostatní zmíněné objekty jsou pozorovatelné jen jako nezřetelné mlhavé obláčky, jako které byly některé z nich ve starších katalozích zaznamenány. Pouze u těchto dvou otevřených hvězdokup v Býku máme údaje o jednotlivých hvězdách už v nejstarších katalozích, které máme k dispozici.

Jsou tedy vhodnými, dostatečně kompaktními objekty, u kterých můžeme sledovat vývoj fotometrického výzkumu od starověku až po dnešní dobu. Kompaktnost omezuje vliv změn v atmosféře kvůli různé výšce nad obzorem, a i změna zeměpisné polohy pozorovatele vede jen k systematickému rozdílu v měření.

Teoreticky by bylo možné vybrat i nějakou oblast v prostoru Mléčné dráhy, kde je hustota hvězd opravdu vysoká. Na druhou stranu, v Mléčné dráze se nenachází široký rozptyl magnitud, jako je tomu v případě Plejád či Hyád. Hvězdy pozorovatelné pouhým okem by byly na spodní hranici viditelnosti, a pro mnoho starších katalogů by tedy oblast v prostoru Mléčné dráhy nebyla vhodná, jelikož by v těchto katalozích nebyla zaznamenána.

### 8.1 Plejády – určení hvězd

Plejády, také M45, NGC 1432, Collinder 42, Mellote 22 či Kuřátka, jsou mladou otevřenou hvězdokupou v souhvězdí Býka. Díky snadné pozorovatelnosti byly známé už v dávné minulosti — jedná se o jeden z nejstarších zaznamenaných astronomických objektů. Tomu také odpovídá množství názvů této hvězdokupy. Název „Plejády“ pochází z řecké mytologie, ale dají se nalézt i názvy z jiných kultur.

Plejády jsou od nás vzdálené 120 pc (dle družice HIPPARCOS) až 136 pc (dle [41]). Okem lze pozorovat za dobrých podmínek šest či sedm hvězd, ovšem velice dobré oko jich může vidět až deset. Celá hvězdokupa obsahuje přes 1000 hvězd.

Bylo třeba vybrat katalog, podle kterého by se vybraly hvězdy, jenž by byly pro potřeby této práce považovány za součást Plejád. Vzhledem k relativně malému počtu hvězd ve starších katalozích nedávalo smysl použít velmi obsáhlý katalog — naprostá většina hvězd by neměla ve skoro všech studovaných historických katalozích žádná data.

Bylo tedy zavedeno omezení na jasnost hvězd — jelikož starší pozorování byla prováděna pouhým okem, končí někde okolo šesté magnitudy. S příchodem dalekohledu se hraniční magnituda zvedla. Klíčový katalog Bonner Durchmusterung

končí na 9.5 mag, respektive 10 mag. Tato hranice tedy byla zvolena i pro v této práci studovaná data.

Jako vhodný katalog byl vybrán *The Color-Magnitude Diagram of the Pleiades Cluster II* od Johnsona a Mitchella z roku 1958 [42]. Jejich soubor Plejád obsahuje hvězdy až do šestnácté magnitudy ve spektrálním pásu V. Bez problémů tedy pokrývá hvězdy do desáté magnitudy a jako práce z doby, kdy vznikaly spektrální systémy pro fotometrii hvězd (navíc od autora UBV systému) se jedná o vhodnou přehledovou práci, která by měla Plejády pokrývat dostatečně.

Johnson a Mitchell vybírali hvězdy primárně z Hertzsprungova katalogu z roku 1947 [43], doplněné o několik hvězd z prací van Maanena (1945) a Trumplera (1922) [42].

Samozřejmě, jedná se o měření v několika spektrálních pásích, nás ale zajímá jen pás V — viditelné spektrum, dle kterého byly také vybrány hvězdy do kýžené hranice desáté magnitudy.

## 8.2 Hyády — určení hvězd

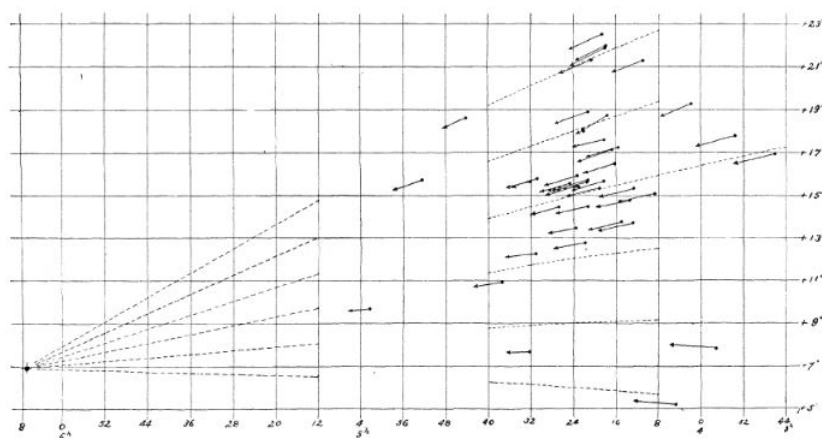
Hyády (či také Melotte 25 nebo Collinder 50) jsou, podobně jako Plejády, blízkou otevřenou hvězdokupou, s centrem ve vzdálenosti cca 46 pc [44]. Na rozdíl od Plejád se však nejedná o kompaktní strukturu. Historicky se jako Hyády označoval prostor hlavy Býka, trojúhelníku obsahujícího shluk hvězd s viditelně vyšší hustotou výskytu než jeho okolí. Součástí tohoto uskupení byl považován i Aldebaran, nejjasnější hvězda souhvězdí Býka, promítající se do stejného prostoru „trojúhelníku“ jako tato otevřená hvězdokupa.

Starší katalogy tedy jako součást Hyád považovaly jasné hvězdy v těchto místech, včetně Aldebaranu. V roce 1869 si ovšem R. A. Proctor všiml, že mnoho dalších hvězd v okolí Hyád má velice podobný vlastní pohyb, jako centrální část této otevřené hvězdokupy. Na počátku dvacátého století se tak začal hledat úběžný bod Hyád [45]. První takový výzkum prováděl Lewis Boss, otec autora pozdějšího General Catalogue Benjamina Bosse, v roce 1908. Zkoumal 41 hvězd, které zvolil jako kandidáty na členy Proudů Býka (Taurus Stream) — nyní nazývaného Proudem Hyád (Hyades Stream). Z nich dvě vyřadil jako nejisté a ze zbývajících hvězd byl schopen určit jejich společný pohyb, který zaznamenal v grafické podobě viz Obr.8.1. Zároveň navrhl, že by mělo existovat mnohem více hvězd, které do Hyád spadají. Převážně se mělo jednat o hvězdy menších jasností, u kterých se musí déle měřit k určení jejich vlastního pohybu dostatečně přesně na to, aby se dalo s jistotou říci, zda do této hvězdokupy patří, či nikoli [46].

Následovalo mnoho dalších astronomů, kteří se zabývali hledáním parametrů tohoto proudu, stejně tak jako hledáním dalších členů Hyád či určováním velikosti této hvězdokupy. Nalimov uvádí autory mezi lety 1902 a 1962 v několika tabulkách [45], z nichž jsou ovšem klíčoví dva — van Bueren a Wirtz.

H. G. van Bueren je autorem článku *On the Structure of the Hyades Cluster* z roku 1952 [47], který je nejobsáhlejším dílem o struktuře Hyád zmíněným v Na-

*Star-Stream in Taurus. Fig. 1.*



Obrázek 8.1: Ilustrace z článku Lewise Bosse, zobrazující souběžný pohyb hvězd v Hyádách [Obr. 14]

limově článku. Obsahuje hvězdy až do deváté magnitudy a je z podobné doby jako článek Johnsona a Mitchella (1958), který byl využit jako seznam hvězd pro tuto práci.

Jak je ovšem patrné z tohoto seznamu hvězd, Hyády se rozprostírají po velké části oblohy, včetně hvězd z ostatních souhvězdí, nejen Býka. Nelze tedy moc srovnávat historické pozorování Hyád s dnešními daty, obzvláště pokud můžeme nalézt hvězdy, které součástí této otevřené hvězdokupy jsou, a byly známé i v minulosti (neboli dostatečně jasné), ale nebyly chápány jako součást Hyád.

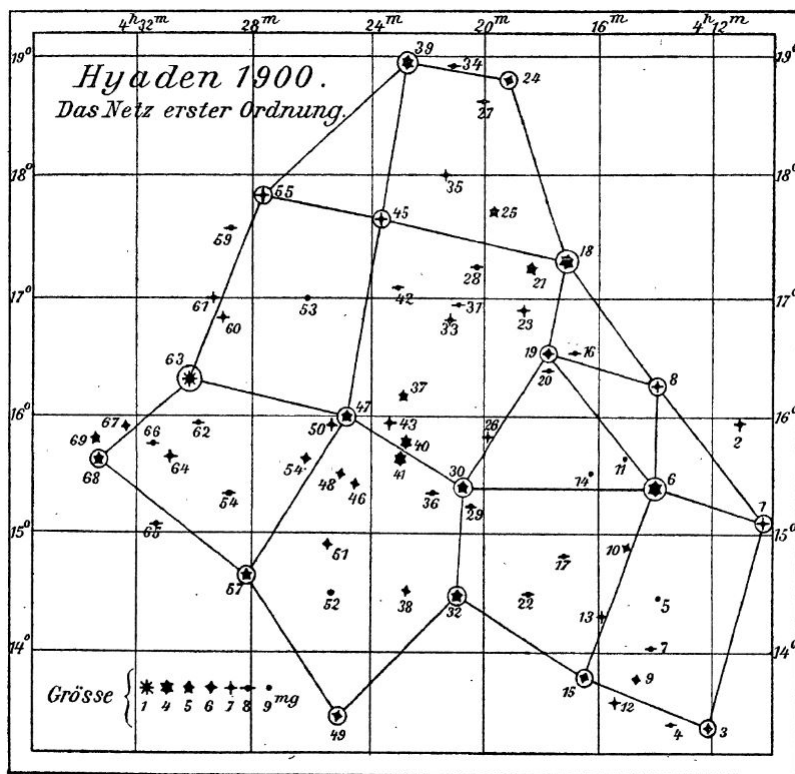
Pozdější výzkum na téma Hyád samozřejmě rozšířil množství hvězd, považovaných za jejich součást. Dvěma velkými zdroji informací byla data z družic HIPPARCOS a GAIA, viz například *The Hyades: distance, structure, dynamics, and age* od Perrymana et. al. z roku 1998 v případě dat z katalogu Hipparcos [44], či *VizieR Online Data Catalog: A 3D view of the Hyades population* od Lodieu et. al. z roku 2019 v případě Gaiy [48]. Ty obsahují 300, respektive 1700 položek.

Bylo tedy třeba vybrat takový soubor hvězd, který by přibližně odpovídal historickému chápání Hyád a zároveň byl dostatečně moderní a kompletní ke smysluplnému porovnání. Tomu odpovídá výše zmíněný článek C. W. Wirtze z roku 1902 — jakákoli novější díla už pracují s Hyádami jako otevřenou hvězdokupou určenou pomocí vlastních pohybů hvězd. Wirtzův článek *Triangulation der Hyaden-Gruppe* je nejstarší z těch zmiňovaných Nalimovem a jelikož předchází i výše zmíněnému Bossovu článku, je jeho účel od ostatních poněkud odlišný.

Wirtz v úvodu sice zmiňuje společný pohyb hvězd v Hyádách, nesnaží se však hledat podobně se hýbající hvězdy v širším okolí. Místo toho se zaměřuje na určení přesných poloh — triangulaci — centrální části hvězdokupy, viz Obr.8.2 — mapa zaměřovaných hvězd, respektive hlavní triangulační síť [49].

Díky tomu je seznam hvězd, které Wirtz v tomto článku využívá, soustředěn v té oblasti, která byla jako Hyády historicky chápána. Wirtzův katalog obsahuje 69 hvězd, značených přednostně pomocí Bayerových písmen a Flamsteedových

čísel, zbytek je pak uveden pomocí katalogu BD. Tři položky jsou ovšem označeny velkým písmenem sigma ( $\Sigma$ ). Zřejmě se jedná o dvojhvězdy — Bossův článek z roku 1908 zmiňuje jiný objekt značený  $\Sigma$ , který označuje jako dvojhvězdu [46] — ovšem vzhledem k tomu, že je nešlo propojit s jiným katalogem, bylo nutné je určit pomocí u nich uvedených souřadnic pro epochu 1900.0. Tyto tři výsledné hvězdy, určené pomocí archivu Vizier [50], pak jsou použity v této práci.



Obrázek 8.2: Ilustrace z článku C. W. Wirtze, znázorňující jím měřenou oblast a hlavní triangulační síť, se kterou Wirtz pracoval [Obr. 15]

Wirtzův katalog má ovšem jednu nevýhodu. V dřívější kapitole o Plejádách (viz Plejády – určení hvězd) je zmíněna zvolená hranice jasnosti studovaných hvězd jako 9.5 mag - 10 mag. Wirtz však končí na magnitudě 8.7 [49], tedy o magnitudu dříve než u Plejád.

To vedlo k tomu, že ačkoli počet hvězd u Plejád a Hyád se u starších katalogů značně lišil ve prospěch Hyád, pro moderní katalogy je v obou otevřených hvězdokupách přibližně sedmdesát objektů.

## 8.3 Identifikace hvězd v katalogích

Zdroje použité při vyhledávání dat v katalogích jsou uvedeny u jednotlivých katalogů v sekci Seznam katalogů.

Ačkoli v dnešní době existují možnosti, jak propojit různé katalogy, jejich odlišná značení stále nepokrývají všechna historická díla. Výrazným nástrojem, který umožňuje cross-referenci mezi mnoha zdroji je archiv CDS — Strasbourg astronomical Data Center. Jeho nástroje Vizier [50] a Simbad [51] byly v průběhu této práce využity právě pro identifikaci hvězd v některých katalogích a pro některé z děl i pro získání fotometrických dat.

Tohoto internetového zdroje lze ovšem využít jen pro ty katalogy, které do něj byly nahrány. A pro moderní díla jsou to víceméně všechny. Ovšem ty historické — o které se tato práce zajímá — tam z většiny nejsou. Pro ty se člověk musí opřít o jiné, hůře použitelné zdroje. Jen o pár katalogů více je k dispozici v ADS — astrophysics data system — kde část obsahuje odkazy na CDS, ty se potom překrývají, a zbytek těch, které se v tomto archivu nachází, jsou ve formě naskenovaných článků. ADS sahá do větší minulosti, s důrazem na články a knihy, nikoli přímo data. Díky tomu však obsahuje i katalogy, ovšem bez jednoduché cross-reference či elektronické podoby — ze skenu je nutné data přepsat. I tak zde opravdu stará díla chybí, a je nutné je hledat bez nějakého centralizovaného archivu.

Naštěstí jsou obsahy různých knihoven po celém světě naskenovány a jsou volně dostupné na internetu. Tato dostupnost je ovšem ztížena tím, že neexistuje nějaké centrální umístění a vyhledávání nevede vždy ke kýženým výsledkům. V tomto případě pomohly některé sekundární zdroje, které uváděly ty primární ve svých odkazech, viz [52], či [53].

Pro historické katalogy tak jsou zdroji naskenované manuskripty z různých knihoven, či v několika případech sekundární zdroje — jako v případě *Almagestu*, či například Herschelových měření (viz dále). Vzhledem k tomu, že se jedná z velké části o primární zdroje, jsou psány v původním jazyce. U nejstarších děl se naštěstí tomuto problému dalo vyhnout, *Almagest* je k dispozici v překladech, stejně jako al-Súfího dílo. Ovšem zbylé katalogy byly psány latinsky, italsky, německy, francouzsky a pouze v jednom případě anglicky.

Naštěstí tabulkový formát katalogů, a od určitého momentu srozumitelné značení hvězd, umožňuje převzetí dat bez potíží s komplexnějším překladem. U starších děl, která však jako označení hvězd uváděly popis polohy — až po Bayera a Tycha — byla cross-reference mnohem složitější, takže mohla vést k vynechání některých hvězd, pokud nebyly identifikovány.

Identifikace hvězd v historických katalogích byla nejsložitější částí práce. To poukazuje na ten fakt, že historické katalogy často nejsou převedeny do elektronické podoby, a i při vzdání se tohoto ideálního stavu nejsou k dispozici identifikace hvězd v nich uvedených. Jeden z možných katalogů — níže zmíněný Piazzioho — ani takto nebyl k dispozici, stejně tak jako slavný projekt *Carte du Ciel* nebyl nikdy dokončen a zůstává v podobě skleněných desek, které nejsou jinak archivovány či interpretovány. Toto obří dílo tedy taktéž nelze porovnávat.

### 8.3.1 Almagest

Jako zdroj pro Almagest byla vybrána práce Dennise Dukea, která je volně dostupná na jeho webových stránkách. Udává data z Almagestu propojená s přeloženými slovními popisy z Toomerovy práce o Almagestu a daty z Yale Bright Star Catalog [54]. Jaké hvězdy jsou v Almagestu zmíněny, tedy už bylo známo. Jedině jedna z hvězd udávaná v Plejádách do nich, už jen dle popisu, nepatřila. Tomu odpovídala i Dukeova identifikace, a nebyla tedy využita. Jednalo se o BD+25 624.

### 8.3.2 al-Súfí

Jako zdroj pro al-Súfího katalog byl zvolen manuskript ze Strahovského kláštera z roku 1370 společně s manuskriptem z Bologny z roku 1270. Oba jsou psány v latině a kromě katalogu obsahují i malovaný atlas s číslovanými hvězdami. Určení jednotlivých hvězd u al-Súfího katalogu proběhlo pomocí těchto atlasů, jelikož slovní popis, pokud by byl překládán, by nebyl dostatečný, a ačkoli Almagest je v pozdějších dílech referovaný (pořadí hvězd v Almagestu jako jeden ze sloupců katalogu), al-Súfího Kniha stálic takto propojená naneštěstí nebyla. Oba katalogy obsahují stejný text (pokud se nebudeme zabývat zkrácenými podobami některých slov, která jsou v každém katalogu jiná). Atlasová část není shodná, ale obrazy a obrazce souhvězdí jsou si velmi podobné. Mezi polohami hvězd nebyl mezi oběma díly rozdíl. (Obraz souhvězdí, míněno obrázek býka, je to, co se mezi atlasy primárně liší.) Strahovský katalog je naneštěstí v případě souhvězdí Býka poškozený právě u hvězd, které tvoří Plejády. Tento problém u toho Bolognského nenastává.

Určování hvězd v rámci Hyád bylo celkem přímočaré, hvězdy ležely v typických polohách a nešlo jednu za druhou zaměnit. Samozřejmě, některé z těchto hvězd jsou vícenásobné systémy —  $\theta$  Tau má dvě složky a  $\delta$  Tau má dvě složky — ovšem dá se předpokládat, že se vždy jedná o nejjasnější složku v systému. Obě složky  $\theta$  jsou u sebe relativně blízko a liší se asi o polovinu magnitudy. Zde by dávalo smysl, že byly chápány jako jedna hvězda (byť jsou rozlišitelné). V případě trojsystému  $\delta$  jsou jednotlivé složky od sebe celkem daleko. Mezi první a druhou složkou je rovněž půl magnitudy. V tomto případě leží  $\delta 1$  v klíčové poloze „trojúhelníku“, který je v al-Súfího atlase naznačen. Mělo by se tedy dle jasnosti a polohy jednat právě o  $\delta 1$  Tau. Znázornění Plejád ovšem takto jednoznačné nebylo. Nachází se v něm pouze čtyři hvězdy v jakémsi oblouku, tři o páté magnitudě a jedna o čtvrté — dle přiřazených čísel v katalogu. Jednotlivé hvězdy tedy byly určeny porovnáním s dnešní mapou souhvězdí, viz Obr.2.1 a Obr.2.2. Odhadované objekty jsou pak

- Tycho 31 Atlas 27 Tau BD+23 557
- Tycho 30 Alcyone 25 Tau BD+23 541
- Tycho 29 Maia 20 Tau BD+23 516
- Tycho 32 Taygeta 19 Tau BD+24 547.

Dá se předpokládat, že pokud by ostatní jasné hvězdy v této otevřené hvězdokupě byly součástí al-Súfího katalogu, byla by jim přiřazena podobná magnituda,



stejně jako v opačném směru, pokud se jedná o jiné z jasných Plejád. Použitá kombinace tedy pravděpodobně odpovídá al-Súfího pozorování, i pokud se nejedná přesně o tyto čtyři hvězdy. Jak bude znovu později diskutováno, odchylky jasnosti od dnešních měření jsou srovnatelné s Almagestem a u slabších hvězd s daty Hyád, ať už v téže katalogu či v Almagestu. To napovídá tomu, že výběr těchto hvězd není úplně nevhodný.

Žel, u tohoto katalogu, podobně jako u těchto několika nejstarších zdrojů, se nedá spolehnout při odhadu na uvedenou magnitudu, která se skutečně může i o dvě magnitudy lišit.

V rámci Hyád se v atlase objevily dvě nečíslované hvězdy, značené menšími černými značkami, snad odpovídajícími šesté magnitudě — určitě se jedná o slabší hvězdy než ty, jejichž jasnosti končí pátou magnitudou. Dává tedy smysl tyto označovat šestou magnitudou, slabší než ty ostatní, ale stále okem viditelné. Těchto slabých hvězd je na obrazech v atlase více, ale zmíněné dvě by mohly odpovídat  $\rho$  Tau a  $\pi$  Tau, které součástí Hyád jsou a leží — s přihlédnutím k nepřesnosti kresby — ve znázorněných místech. Těmto dvěma hvězdám byla tedy u al-Súfího díla přiřazena šestá magnituda.

### 8.3.3 Piccolomini a Bayer

Piccolominiho katalog šel snadno propojit s dnešními názvy hvězd pomocí příloženého atlasu. Dle mapy šlo nalézt hvězdokupu Hyády, opět onen „trojúhelník“, podle kterého byly určeny jednotlivé hvězdy, jak leží v klíčovém polohovém obrazce. Stejně jako u al-Súfího díla platí, že u vícenásobných systémů  $\theta$  a  $\delta$  byla zvolena nejjasnější z hvězd v nich. Plejády byly sice v textu katalogu zmíněné, nebyly však ani součástí dat, ani atlasu, a nejsou tedy součástí porovnávaných dat u Piccolominiho díla; viz Obr. 3.1.

Data v rámci Bayerova díla se naštěstí už dají přiřazovat snadno, jelikož Bayerovo značení se dosud používá v celkem nezměněné podobě, ačkoli se od jeho značení u slabších hvězd upustilo ve prospěch Flamsteedova značení. Odhad, o jaké čtyři hvězdy se jedná u položky pojmenované *quatuor Pleiades*, je diskutován v rámci diskuze o počtu hvězd v jednotlivých hvězdokupách a katalogích, viz Počty hvězd v jednotlivých hvězdokupách.

### 8.3.4 Tycho

Tychonův katalog ve své dostupné formě, viz [55], je doplněn o ručně psané číslování, včetně svorek označujících Plejády a Hyády. Navíc je podtržený Aldebaran.

Jednotlivé hvězdy ovšem byly určovány pomocí Heveliova katalogu, který obsahuje sloupec s číslováním hvězd dle pořadí v Tychonově katalogu. Pro pozdější katalogy byl k určení jednotlivých hvězd použit právě tento postup, kdy katalogy často obsahují číslování z jiných katalogů a lze tedy pomocí něj určit, které hvězdy jsou ty samé.

V rámci uvedených položek je uveden objekt s originálním popisem *Meus Catalogus*, tedy „Můj katalog“. Tato hvězda (?) má určenou šestou magnitudu, ale není jisté, o co se jedná. I ručně psané číslování se jí vyhýbá.

Navíc se zdá, že tento Tychonův katalog obsahuje chybu — dvě hvězdy uvedené pod sebou mají prohozené magnitudy. Vzhledem k tomu, že se jedná o třetí a pátou magnitudu a jednou z hvězd je nejjasnější hvězda Plejád  $\eta$  Tau, jedná se spíše o chybu při přepisování, než velice nepřesné určení jasnosti. Z toho důvodu byly tyto dvě hodnoty pro potřeby porovnávaných dat prohozeny, aby lépe odpovídaly skutečným jasnostem hvězd.

### 8.3.5 Hevelius

Heveliov katalog, jak bylo výše zmíněno, obsahuje číslování hvězd podle pořadí v Tychonově katalogu. To samé číslování Tychonova katalogu se nachází i ve Flamsteedově katalogu, a lze tedy pomocí těchto děl identifikovat hvězdy v Heveliově katalogu — pořadí u Tycha lze spojit s jednotlivými zápisy v Heveliovi, a následně lze určit identity hvězd pomocí Flamsteedova katalogu, jehož pořadí se dodnes využívá k identifikaci hvězd. Problémem je ovšem fakt, že Flamsteedův katalog samotný takzvané Flamsteedovo číslování nepoužívá, ani není nijak číslovaný, a bylo tedy nutné mechanicky odpočítávat pořadí jednotlivých zápisů hvězd v daném souhvězdí (zde v Býkovi).

V případě Plejád má Hevelius několik hvězd, jejichž slovní popis naznačuje, že mají něco společného s Plejádami, nejspíš polohu v jejich okolí, ale nemají číselnou identifikaci z Tychonova katalogu. Mají však uvedenou magnitudu, kterou Hevelius připisuje Tychonovi. Tyto hvězdy s pátou či šestou magnitudu však určitě nejsou uvedeny u Tycha jako součást Plejád — Tycho má pouze čtyři hvězdy, a ty samé čtyři už jsou u Hevelia označeny a určeny. Tyto hvězdy navíc nebyly v rámci přejímání dat z Heveliova katalogu použity.

### 8.3.6 Flamsteed

Flamsteedův katalog obsahuje sloupce s Bayerovým značením a číslováním Tychonova katalogu. První sloupec obsahuje číslování z Ptolemaiova *Almagestu*. Navíc je pořadí v tomto katalogu díky Lalandovi dosud používáno k pojmenovávání hvězd.

Katalog také obsahuje sloupec s poznámkami, kde se objevují starší slovní popisy hvězd, nalezitelné například v Tychonově katalogu. Součástí těchto poznámek je i svorka, označená „PLEIADUM“, která by tedy měla ohraničovat hvězdy spadající do této hvězdokupy. Po kontrole této závorky bylo zjištěno, že jedna z hvězd, značená  $\eta$  Tau, do Plejád určitě nepatří, hvězda s tímto označením se nachází na opačné straně souhvězdí Býka. Vzhledem k vcelku libovolnému použitému Bayerovu značení (viz dále), se však může jednat o úplně jinou hvězdu. Dle Flamsteedova značení by se mělo jednat o 15 Tau, toto označení se však v dnešní době pro žádný objekt nepoužívá, a tato hvězda tedy nelze s žádným objektem spojit.

Bayerovo značení uvedené ve Flamsteedovi však neodpovídá ani Bayerovu katalogu, ani dodnes zachovanému značení. Bylo tedy nutné určovat jednotlivé položky dle jejich pořadí — které ovšem navzdory názvu Flamsteedova čísla není v tomto katalogu vyznačené. Jednotlivá čísla jsou tedy určena podle těch hvězd, u kterých je Bayerovo značení správné, a odpočítáváním od jejich pozic. (V rámci Hyád Flamsteedem uvedené Bayerovo značení víceméně odpovídá dnešní po-

době. U Plejád ovšem používá malá písmenka, která opravdu nesedí, pouze  $\rho$  Tau a  $\eta$  Tau jsou uvedena, a uvedena správně.)

V tomto katalogu se poprvé objevuje hvězda s označením 26 Tau, respektive BD+23 556. Ta je zjevně součástí Plejád a s jasností 6.5 mag, respektive 7.33 mag ve Flamsteedovi se jedná o celkem jasnou hvězdu, která se dá najít v mnoha pozdějších katalozích. Nenachází se ovšem v katalogu Johnsona a Mitchella Johnson-Mitchell, který byl použit jako typový seznam Plejád pro tuto práci.

Tato hvězda proto byla do tohoto seznamu přidána navíc, vzhledem ke své četnosti i ve starších katalozích. Navíc, dílo Johnsona a Mitchella není závazné.

### 8.3.7 Argelander a Heis

Argelanderova Uranometria obsahuje Flamsteedova čísla, a poté další sloupeček čísel Piazziových. Jedná se o významný katalog z té doby (1814), který ovšem, naneštěstí, nebyl k dispozici k porovnání. Katalog nepokrývá všechny objekty z Flamsteedova katalogu, ani z toho Piazziho.

Pro určení položek v tomto díle, spadajících do Plejád a Hyád, byla využita Flamsteedova čísla (obecně obsáhlejší, než ta Piazziho), která, na rozdíl od nedostupného Piazziho katalogu, šla propojit jak se starším Flamsteedovým katalogem, tak s dodnes používaným systémem.

Heisův katalog obsahuje to samé značení, navíc s hvězdičkami u některých položek, které značí objekty pozorované Heisem, ovšem nikoli Argelanderem. Postup určování objektů byl tedy stejný.

### 8.3.8 Bode

Bodeho katalog je podstatně obsáhlejší, než ty předchozí, žel však nemá žádnou referenci z pozdějších děl, která by umožnila identifikovat veškeré (či alespoň většinu) objektů v něm. Bode však uvádí Flamsteedova čísla, která umožňují alespoň identifikovat hvězdy s tímto značením. Jediným problémem je ten fakt, že Bodeho systém předchází ten Lalandův, který se na rozdíl od toho, který má v katalogu Bode, ujal. Flamsteedova čísla v tomto katalogu tedy nebudou přesně sedět s těmi, které používáme dnes.

Ví se, že Bode přidával některé hvězdy do Flamsteedova číslování dle svého uvážení. K tomu však docházelo u slabších hvězd, a tedy jasnějším hvězdám z Plejád a Hyád, které byly třeba identifikovat, nejspíš chybné značení nehrozí.

Bodeho katalog navíc obsahuje sloupec s poznámkami, Bayerovým značením a popřípadě názvy hvězd, u kterých lze tedy bezesporu určit, že se o dané hvězdy skutečně jedná. Názvy hvězd se týkají v rámci studovaného souboru pouze Plejád, u kterých má jméno naprostá většina uvedených hvězd — tato jména se používají doposud. V případě Hyád ani Aldebaran nemá uvedené jméno, pouze Bayerovu alfu a jakousi zkratkovitou poznámkou (podobné se objevují i u jiných hvězd).

### 8.3.9 W. Herschel a Potsdamer Durchmusterung

Oba tyto katalogy jsou zmíněny v Pickeringově Revised Harvard Photometry, včetně uvedených hodnot magnitud v těchto katalozích — ve formě rozdílů od

hodnot naměřených na Harvardu. Lze tedy snadno dopočítat hodnoty uvedené v těchto katalozích. Právě Revised Harvard Photometry je tudíž zdrojem dat pro tyto dva katalogy, jedná se tak o katalogy převzaté ze sekundárního zdroje.

### 8.3.10 Mladší katalogy

Pozdější katalogy už obsahují značení, které se dodnes používá, a lze tedy celkem snadno hvězdy identifikovat.

Data z Harvardských katalogů a Yale Bright Star Catalogue byla převzata z naskenovaných verzí. Bonner Durchmusterung, Bossův General Catalogue a Smithsonian Catalog byly převzaty z volně dostupných datových souborů na CDS či archivu HEASARC. Data z Draperova katalogu, z katalogu Hipparcos a katalogu Tycho-2 byla převzata z dat dostupných v archivu Vizier [50]. V případě SAO jsou totožná data k dispozici v obou archivech. Bonner Durchmusterung je v ADS k dispozici jen jako odkaz na archiv CDS, ovšem Henry Draper Catalogue je v ADS k dispozici, rozdělen na jednotlivé díly, i ve formě naskenovaného originálního díla. Pro potřeby získání dat však bylo snazší převzít data v již elektronické podobě.

Data v prvním Bright Star Catalogue jsou totožná s Revised Harvard Photometry, a tudíž jsou tyto katalogy v datech uváděny společně.

# 9. Vlastnosti vybraného souboru hvězd

## 9.1 Výběr referenčního katalogu

Pokud chceme porovnávat přesnosti fotometrických měření v historických katalozích, je třeba nalézt současná data, se kterými by šlo srovnání provést. (Ideální by samozřejmě bylo znát přesnou — reálnou — hodnotu magnitud u srovnávaných hvězd, ovšem každé měření, i to dnešní, má své limity. Místo reálné hodnoty lze tedy použít pouze přibližnou, pokud možno co nejpřesnější.)

Schopnost astronomů měřit jasnosti hvězd se sice od starověku značně vyvinula, přesnost se však o tolik nezlepšila — pozorování pouhým okem může dosáhnout přesnosti cca  $\pm 0.1$  mag, soudobá pozorování s nejlepšími možnými přístroji dosahují přesnosti třech desetinných míst.

Jakékoli srovnání, které lze provést, s sebou tedy nese chybu nepřesné hodnoty v referenčním katalogu. Daný katalog však bude i nadále existovat, a lze tedy, za předpokladu budoucího zlepšení měření, zrekonstruovat použitá srovnání za pomoci právě onoho referenčního katalogu.

Pro potřeby porovnávání historických dat budou hodnoty magnitud uvedené v referenčním katalogu považovány za přesné, tedy i bez přihlídnutí k předpokládané chybě. (Vzhledem k tomu, že všechny historické katalogy udávají maximálně dvě desetinná místa, je tato chyba v řádu tisícín malá.)

V dnešní době je nejaktuálnějším zdrojem jak fotometrických, tak astrometrických měření družice Gaia (v tuto chvíli DR2 a DR3). Byla by tedy vhodným kandidátem na zdroj referenčních dat.

Fotometrický systém, který Gaia využívá, obsahuje pásy G,  $G_{BP}$ ,  $G_{RP}$ , tedy zelený, modrý a červený. Historická měření jsou však po dlouhou dobu pouze vizuální — z toho důvodu byla v ostatních katalozích brána také vizuální fotometrická data. Těm odpovídá pás V — žlutý, či vizuální, který byl vytvořen přesně proto, aby odpovídal vizuální fotometrii. Tento pás však ve fotometrickém systému Gaiy chybí, a Gaia tak není vhodná jako referenční katalog. (Pás G, zelený, je sice vizuálnímu pásu velmi blízký, nejedná se však o tytéž spektrální rozsahy, a hodnoty by tak mezi nimi byly různé.)

Druhým velkým astro-fotometrickým projektem byla družice HIPPARCOS, o něco starší a méně přesná, ovšem stále se jedná o jeden z největších projektů tohoto typu. Z dat družice HIPPARCOS postupně vznikly tři katalogy — Hipparcos, Tycho a Tycho-2 (po vzniku Tycho-2 se katalog Tycho často označuje jako Tycho-1). Katalog Hipparcos byl sestaven z dat získaných hlavní měřicí aparaturou družice, a v něm obsažená data by tedy měla být přesnější než v katalogu Tycho, který je sice mnohem obsáhlejší, data v něm jsou ovšem z pomocných měření. Tato vyšší přesnost ovšem platí pro astrometrická měření, nikoli ta fotometrická.

BD+23 520	HD 23479	[56]
BD+14 690	HD 27691	[57]
BD+15 633	HD 28363	[58]
BD+15 636	HD 28485	[58]

Tabulka 9.1: Hvězdy, pro které byla referenční hodnota převzata z jiného zdroje, než je katalog Tycho-2.

Katalog Hipparcos taktéž nelze zvolit jako ten referenční, ovšem z jiného důvodu — vysoká přesnost (astrometrických) měření byla vykoupena relativně malým rozsahem katalogu. Kvůli tomu data z katalogu Hipparcos nepokryjí všechny porovnávané hvězdy z Plejád a Hyád. Již po sedmé magnitudě začínají hvězdy chybět, nejslabší objekt má potom magnitudu cca 9.5 (na této jasnosti je hvězd v katalogu Hipparcos již jen pár).

Místo toho však lze vybrat katalog Tycho, respektive katalog Tycho-2.

Katalog Tycho-2 vznikl v roce 2000 jako rozšíření a zpřesnění katalogu Tycho. Byla pro něj taktéž využita data z družice Hipparcos, ovšem s kvalitnější interpretací těchto dat. Tento katalog obsahuje 2.5 milionu hvězd, a měl by tedy dostatečně pokrýt studované hvězdy, „pouze“ do desáté magnitudy. S přesností na tři desetinná místa, s předpokládanou chybou pro studované hvězdy mezi 0.010 mag a 0.023 mag (pro vizuální magnitudu) [33] je dostatečně přesný pro srovnání se staršími katalogy — i katalog Hipparcos uvádí pouze dvě desetinná místa.

I tak je však ve zkoumaném souboru několik hvězd, které nejsou k dispozici v katalogu Tycho-2. Data pro tyto hvězdy byla převzata z hodnot uvedených v systému Simbad [51]. V tabulce no.9.1 jsou tyto hvězdy uvedeny, včetně článku, ze kterého Simbad přejal hodnotu vizuální magnitudy.

Přesnosti u těchto hvězd se pohybují mezi  $\pm 0.002$  mag a  $\pm 0.012$  mag, s výjimkou BD+23 520, kde je předpokládaná odchylka  $\pm 0.11$  mag. (Jedná se o jedinou hvězdu z tohoto seznamu, která se nachází v Plejádách.) Tím jsou (až na výjimku) srovnatelné s přesností v katalogu Tycho-2.

## 9.2 Počty hvězd

### 9.2.1 Počty hvězd v jednotlivých hvězdokupách

Mezi Plejádami a Hyádami je snadno rozpoznatelný rozdíl v jasnosti — i když vynecháme Aldebaran, Hyády stále obsahují větší množství hvězd, pozorovatelných pouhým okem. U Plejád je to známých sedm či osm, kterými si může člověk kontrolovat kvalitu zraku, i když lze pozorovat i více, jako v případě Eduarda Heise [19].

V rámci starších katalogů je tedy v Hyádách zaznamenáno značně více objektů než v Plejádách. Tento trend pokračuje i u pozorování dalekohledem. Jsou to až katalogy, které dosahují na hranici jasnosti, kde končí vybraný vzorek, u kterých se počty hvězd vyrovnávají (v důsledku dřívějšího odříznutí u Hyád). Ze 74 hvězd v Plejádách je jich 23 slabších, než 8.7 mag (hranice u Hyád, dle Wirtze [49]), dle dat z katalogu Tycho-2. Což tedy odpovídá 51 hvězdám oproti 69 v Hyádách

	celkem	Hyády	Plejády
<b>Almagest</b>	8	5	3
<b>al-Súfí</b>	11	7	4
<b>Piccolomini</b>	5	5	0
<b>Bayer</b>	11	5	6
<b>Tycho</b>	12	8	4
<b>Hevelius</b>	12	8	4
<b>Flamsteed</b>	41	28	13
<b>Argelander</b>	22	16	6
<b>Heis</b>	32	23	9
<b>Herschel</b>	37	26	11
<b>Bode</b>	41	28	13
<b>HP</b>	28	22	6
<b>Potsdam</b>	43	30	13
<b>HR/Bright Star</b>	43	30	13
<b>GC</b>	76	50	26
<b>BD</b>	142	69	73
<b>SAO</b>	136	68	68
<b>HD</b>	139	69	70
<b>HIP</b>	89	61	28
<b>TYCHO-2</b>	138	65	73

Tabulka 9.2: Počty hvězd ve hvězdokupách Plejády a Hyády v rámci jednotlivých katalogů — v obou hvězdokupách a v každé zvlášť. Celkový počet hvězd je 143.

do stejné jasnosti. Podle dat z Tycho-2 je to 65 hvězd, zbylé čtyři dosahují až magnitudy 9.5.

Do Wirtzovy hranice jsou tedy Hyády stále početnější než Plejády, rozdíl mezi hvězdokupami jsou však již podstatně menší. Pro srovnání — početní poměr do této hranice je cca 0.74 : 1, zatímco Flamsteedův katalog má co do počtu poměr mezi Plejádami a Hyádami cca 0.46 : 1. Flamsteed má hranici jasnosti na sedmé magnitudě.

Menší množství pozorovaných hvězd v Plejádách velmi dobře odpovídá počtu hvězd v obou hvězdokupách, jasnějších než 6.5 mag. (Toto je také hranice pro Harvardské katalogy.) Tato — přibližná, každé oko je jiné — hranice pro objekty pozorovatelné pouhým okem omezuje Plejády na 15 hvězd a Hyády na 29, dle katalogu Tycho-2. Plejády mají tedy jen asi polovinu členů, než druhá porovnávaná hvězdokupa. Tento poměr — 0.5 : 1 — je celkem běžný u velké části katalogů až po Bossův GC katalog, viz tabulka no.9.2.

Tomu se vymyká Piccolomini, který v rámci Býka Plejády ani nemá — a tedy u něj toto srovnání nedává smysl — a Bayerův katalog, který ovšem vyžaduje obsáhlejší komentář.

Bayer zaznamenává 5 hvězd v Hyádách a 6 v Plejádách — čímž se co do poměru počtů hvězd jednoznačně vymyká jakémukoli katalogu okolních staletí. Ovšem počet zaznamenaných položek v Plejádách je pouhých 3. Těmi jsou  $\eta$  Tau,  $q$  Tau a poté položka označená jako *quatuor Pleiades*, neboli „čtyři Plejády“. Vzhledem k udávaným jasnostem — 3, 6 a 5 — musel je určitě pozorovat jako jednotlivé hvězdy (jsou jasnější než  $q$  Tau), jen je nijak detailněji neoznačoval. Dá se tedy předpokládat, že tyto hvězdy budou odpovídat jasnějším hvězdám v této hvězdokupě. Byly tedy vybrány čtyři nejjasnější hvězdy v Plejádách, Bayerem zvlášť neurčené, a k nim přiřazena uvedená magnituda (BD+23 557, BD+23 507, BD+23 516, BD+23 522). Ta je pro všechny tyto hvězdy stejná, a uvedené přiřazení tedy nevede k žádným uměle přidaným rozdílům mezi těmito objekty. Tedy, za předpokladu, že nějakou z těchto Bayerem uvedených hvězd nemyslel hvězdu jinou, která tímto způsobem, napůl uměle, identifikována pro potřeby této práce nebyla. Ovšem vzhledem k tomu, že další slabší složka po  $q$  Tau byla pozorována až Flamsteedem — tedy už s dalekohledem — neměla by tato chyba nastat.

Za zmínku ještě stojí z moderních prací katalog Hipparcos, jehož poměr se znovu blíží onomu poměru 0.5 : 1, navzdory tomu, že už i starší katalogy mají poměr 1 : 1, což je důsledek výše diskutovaného omezení počtu hvězd ve vzorku jasností.

## 9.2.2 Celkové počty hvězd

Kromě počtů hvězd v jednotlivých hvězdokupách se dá také porovnat celkový počet objektů ve vzorku. Ten se před objevem dalekohledu držel okolo velmi podobných hodnot — od osmi hvězd v Almagestu (respektive devíti, dle toho, které hvězdy Ptolemaios označil jako součást Plejád — ovšem ta devátá je od Plejád několik stupňů daleko, označená „vedle Plejád, směrem na sever“ [54]) po



dvanáct hvězd v Tychovi či Heveliovi. Výjimkou je ovšem, jak již bylo zmíněno dříve, Piccolomini, kterého katalog neobsahuje Plejády vůbec. Ještě je vhodné podotknout, že Hevelius už dalekohled vlastnil, ale jeho fotometrická měření byla prováděna bez pomoci onoho přístroje.

S dalekohledem počet pozorovaných hvězd skokově narostl, na 41 u Flamsteda a dále mezi cca dvaceti a čtyřiceti až po Harvardské katalogy. Bossův katalog obsahoval v obou hvězdokupách dohromady hvězd o něco více, totiž 76.

Po celou dobu je zde cíleně vynecháván katalog Bonner Durchmusterung, který, ač starší než GC či Harvard, obsahuje hvězdy až do 9.5 mag, a tedy se dá mnohem lépe porovnat s pozdějšími katalogy jako HD či SAO. Mezi těmito modernějšími katalogy znovu vyčnívá Hipparcos, který obsahuje pouhých 89 položek, oproti skoro 143 objektům, což je celková velikost vzorku a které se BD, SAO, HD a Tycho-2 blíží. Tyto čtyři katalogy se u slabých hvězd ne úplně překrývají, a celkový počet je tedy o něco vyšší, než u těchto jednotlivých katalogů.

Statistika počtu hvězd v Plejádách a Hyádách v porovnávaných katalogích je k dispozici v tabulce no.9.2, uvádějící počty položek v každém katalogu, a to pro celkový součet a Plejády a Hyády zvlášť. Výše uváděné poměry uvedené nejsou, ovšem jsou z uvedených hodnot snadno odhadnutelné.

Stejně tak graf no.9.1 ilustruje změny v počtu hvězd v rámci katalogů. Změna téměř odpovídá změnám v čase s výjimkou BD a HD, které byly posunuty k podobně obsáhlým katalogům, se kterými se lépe srovnávají. Pořadí v čase bylo zmíněné dříve — Bonner Durchmusterung je starší než Harvardské katalogy a Draperův katalog by měl ležet mezi nimi a Bossovým katalogem (GC).

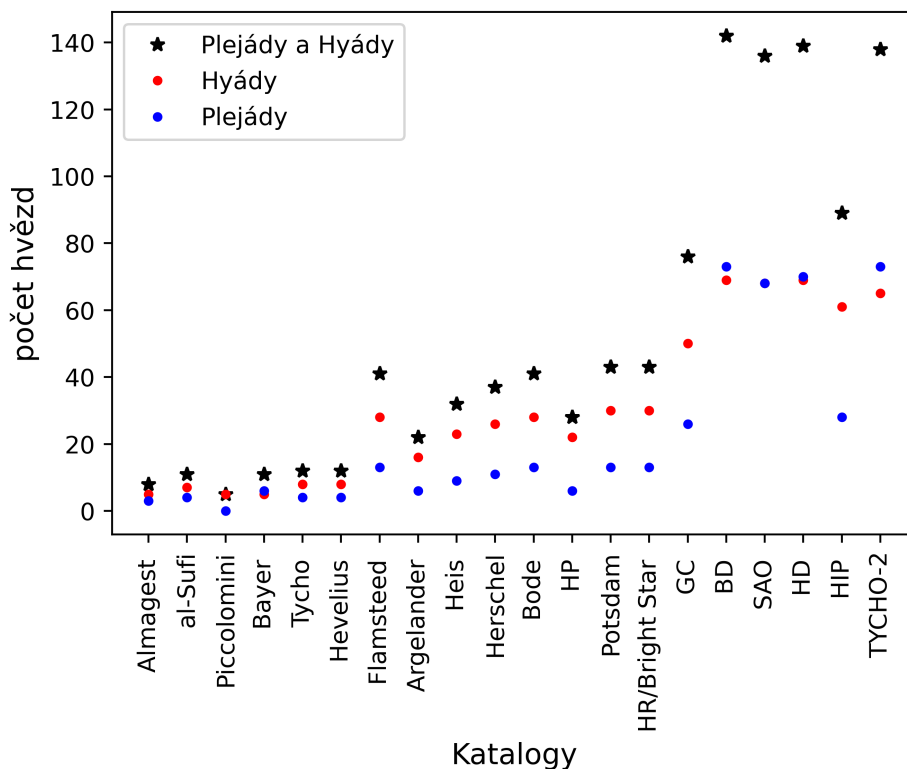
V grafu je dobře patrný nárůst položek v obou hvězdokupách a výrazně vyšší počet pozorovaných hvězd v Hyádách. Tento trend je porušen až u moderních katalogů společně s BD a HD, kde je znovu vidět odlišnost katalogu Hipparcos, který, ač těží ze stejných dat jako Tycho-2, je podstatně méně obsáhlý — čímž odpovídá spíše starším katalogům jako GC či Revised Harvard Photometry.

### 9.3 Rozložení jasností hvězd v Plejádách a Hyádách

Jak již bylo popsáno v Počty hvězd v jednotlivých hvězdokupách, celý studovaný soubor obsahuje 143 hvězd, se 74 hvězdami z Plejád a 69 hvězd z Hyád.

Obě hvězdokupy mají nejjasnější hvězdy okolo třetí magnitudy — výjimkou je Aldebaran, který ovšem není součástí Hyád, ke kterým je přidáný. Počet hvězd slabších jasností logicky narůstá až po cca desátou magnitudu, kde je studovaný soubor ukončen. Počty hvězd jednotlivých magnitud jsou uvedeny v tabulce no.9.3. Využité hodnoty magnitud pochází z katalogu Tycho-2.

První čtveřice (trojice) sloupců uvádí souhrnné počty hvězd jasnějších než uvedená magnituda. Poslední řádek, hvězdy jasnější než jedenáctá magnituda, je uveden kvůli dvěma hvězdám z Plejád, které mají dle referenčního katalogu Tycho-2 magnitudu vyšší než 10.



Obrázek 9.1: Graf znázorňující počet hvězd ve hvězdokupách v jednotlivých katalozích, společně s celkovým počtem hvězd identifikovaným v daném katalogu jako součást Plejád a Hyád [Obr. 16]

Druhá čtveřice (trojice) sloupců uvádí počty hvězd v rámci jedné magnitudy. Zde je názorně vidět konec Wirtzova souboru Hyád, který končí na magnitudě 8.7 dle tehdejších měření. Do té doby narůstající počet hvězd v jednotlivých intervalech po osmé magnitudě značně klesá a hvězdy slabší než desátá magnituda v tomto souboru Hyád nejsou.

Pokud se omezíme jen na hvězdy jasnější osmé magnitudy, je z tabulky no.9.3 jasně patrný rozdíl mezi oběma hvězdokupami. Hvězd viditelných pouhým okem (jasnějších šesté magnitudy) je v Hyádách 24 oproti 11 v Plejádách, tedy více jak dvojnásobek. Pokud tento limit rozšíříme na sedmou magnitudu, tedy hranici pro soubor „jasných hvězd“ (v „jasných hvězdách“ některé hvězdy nad sedmou magnitudou chybí, ovšem nejslabší hvězda sedmou magnitudu má), je v Hyádách hvězd 40 a v Plejádách 23, dvojnásobný počet hvězd tedy zůstává.

Počet hvězd třetí až čtvrté magnitudy je velmi podobný pro obě hvězdokupy — pět v Hyádách a čtyři v Plejádách (přičtena jedna hvězda nad třetí magnitudou). Mezi čtvrtou a pátou a pátou a šestou magnitudou je v Hyádách hvězd mnohem více než v Plejádách. Hyády tedy obsahují mnohem více hvězd, u kterých byly v historických katalozích odhadnuty jasnosti lépe odpovídající dnešním hodnotám. Slabší hvězdy byly častěji v odhadech jasností posouvány k ještě vyšším hodnotám magnitud, což u Plejád vede k horší přesnosti než u Hyád.

mag	# celkem	# Pleiades	# Hyades	mag	# celkem	# Pleiades	# Hyades
<1	0	0	0	<b>0-1</b>	0	0	0
<2	1	0	1	<b>1-2</b>	1	0	1
<3	2	1	1	<b>2-3</b>	1	1	0
<4	10	4	6	<b>3-4</b>	8	3	5
<5	19	6	13	<b>4-5</b>	9	2	7
<6	35	11	24	<b>5-6</b>	16	5	11
<7	63	23	40	<b>6-7</b>	28	12	16
<8	96	34	62	<b>7-8</b>	33	11	22
<9	121	55	66	<b>8-9</b>	25	21	4
<10	141	72	69	<b>9-10</b>	20	17	3
<11	143	74	69	<b>10-11</b>	2	2	0

Tabulka 9.3: Počty hvězd ve hvězdokupách Plejády a Hyády pro dané magnitudy. Rozložení jasností ve studovaných hvězdokupách — v levé části počet hvězd jasnějších než daná magnituda, v pravé části počet hvězd v daném intervalu magnitud.



# 10. Jasné hvězdy

## 10.1 Výběr

Jak je patrné z tabulky no.9.2 udávající počty hvězd v jednotlivých katalozích, popřípadě tabulky no.15.1 udávající magnitudy jednotlivých hvězd v katalozích, ve starších katalozích je podstatně méně hvězd a zároveň končí na nižších magnitudách. Samozřejmě, katalogy BD a HD jsou posunuté k novějším dílům přesně z tohoto důvodu. Bonner Durchmusterung ohraničuje novou generaci katalogů — je starší než Harvardské katalogy — a HD je starší než Bossův General Catalogue. Velikostí se však blíží těm nejobjemnějším.

Historické katalogy tedy obsahují jen omezený počet objektů, vesměs těch samých. Dává tedy smysl porovnávat právě tyto jasnější hvězdy pohromadě, nezávisle na pozdější rozšíření. Nejstarším omezením je samozřejmě viditelnost pouhým okem — která byla jako limit vybrána i pro řadu moderních katalogů, jako je Harvard Photometry, Revised Harvard Photometry a Yale Bright Star Catalogue.

Z toho důvodu je tedy vhodné omezit „jasné hvězdy“ právě viditelností pouhým okem. Z toho ovšem vyvstává otázka, zda pro tuto hranici vybrat jeden z katalogů, či aktuální měření jasnosti z katalogu Tycho-2 — a omezit seznam do magnitudy 6.5.

Nakonec — chceme primárně porovnávat historické katalogy, nikoli moderní data. Jako hranice tedy byly vybrány právě starší katalogy, jestliže se tedy Bright Star Catalogue s edicemi od roku 1930 do 1991 dá považovat za starý — obsahuje stejné hvězdy jako podstatně starší Revised Harvard Photometry z roku 1908. K tomuto seznamu bylo přidáno několik hvězd, jejichž data jsou k dispozici ve starších katalozích, ale nikoli v HR. Tyto hvězdy jsou k dispozici ve Flamsteedově a Bodeho katalozích (Vzhledem k tomu, že Bode pokrývá celý Flamsteedův katalog a data z Bodeho katalogu vybraná byla právě od hvězd s Flamsteedovými čísly, dává smysl, že se jejich data překrývají.).

Nejslabší hvězda v tomto seznamu jasných hvězd má v katalogu Tycho-2 skoro přesně sedmou magnitudu, ovšem jen jedna další hvězda má magnitudu za výše zmíněnou hranicí 6.5 mag, a to s magnitudou 6.9.

Tento výběr tedy skoro přesně odpovídá i ohraničení pomocí jasnosti ve srovnávacím moderním katalogu. Data k jasným hvězdám jsou uvedena v tabulce no.A.2.

## 10.2 Přesnost měření jasných hvězd

Při pohledu na průměrné odchylky (viz tabulka no.10.1, respektive grafy no.10.1, no.10.2 a no.10.3 pro Plejády, Hyády a obě hvězdokupy dohromady) je patrné, že se přesnost měření značně liší mezi dvěma výraznými skupinami. Dá se chápat i třetí, přechodová — katalogy, které vlastnostmi nesedí ani do jedné ze dvou hlavních kategorií.

Katalog	Vše		Plejády		Hyády	
	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
Almagest	0,43	0,68	1,33	1,31	0,31	0,30
al-Súfí	0,86	0,92	1,28	1,25	0,75	0,73
Piccolomini	0,64	0,56	–	–	0,64	0,56
Bayer	0,85	0,87	1,24	1,10	0,64	0,60
Tycho	0,69	0,77	1,09	1,18	0,61	0,56
Hevelius	0,47	0,69	1,09	1,18	0,37	0,45
Flamsteed	0,91	1,04	0,85	1,20	0,94	0,97
Argelander	0,37	0,52	0,56	0,60	0,34	0,48
Heis	0,55	0,57	0,69	0,72	0,39	0,51
Herschel	0,16	0,19	0,17	0,15	0,16	0,20
Bode	0,97	1,07	1,33	1,35	0,86	0,94
HP	0,11	0,10	0,16	0,14	0,07	0,09
Potsdam	0,26	0,27	0,33	0,32	0,25	0,24
HR/Bright Star	0,07	0,09	0,10	0,10	0,06	0,09
GC	0,07	0,13	0,10	0,21	0,07	0,09
BD	0,45	0,50	0,95	0,89	0,30	0,32
SAO	0,08	0,14	0,13	0,23	0,06	0,10
HD	0,07	0,13	0,10	0,21	0,07	0,09
HIP	0,03	0,06	0,02	0,02	0,03	0,08

Tabulka 10.1: Průměrné absolutní odchylky a medián absolutních odchylek ve studovaných katalozích. Odchylky jsou počítané od srovnávacích hodnot z katalogu Tycho-2. Hodnoty v tabulce jsou pro soubor jasných hvězd.

### 10.2.1 Moderní katalogy

Moderní katalogy, vzniklé po Bonner Durchmusterung, mají průměrnou odchylku řádově okolo  $\pm 0.1$  mag, respektive mezi 0.14 u SAO a 0.06 u HIP. Z těchto katalogů pouze SAO udává své výsledky s jedním desetinným místem, což odpovídá řádu průměrné odchylky vůči srovnávacímu katalogu. Ostatní udávají výsledky se dvěma desetinnými místy, v případě Harvard Photometry dokonce v rámci katalogu včetně předpokládané chyby mezi 0.02 a 0.12 — což by i odpovídalo průměrné odchylce  $\pm 0.10$  mag, která u tohoto díla vychází.

Ovšem průměrná odchylka u katalogů GC a HD vychází 0.13, což neodpovídá přesnosti na dvě desetinná místa, ale spíše na jedno.

Avšak přesnost na dvě desetinná místa naprosto neodpovídá u již mnohokrát zmíněného katalogu Bonner Durchmusterung. Jeho průměrná odchylka, byť spíše patří právě k těmto moderním katalogům co do pojetí, je  $\pm 0.50$  mag, skoro stejná jako u druhého, staršího Argelanderova díla s přesností  $\pm 0.52$  mag. V grafu no.10.1 mezi okolními katalogy BD viditelně vyčnívá.

Podobně, byť o něco méně, vyčnívá Potsdamer Durchmusterung. Jeho průměrná absolutní odchylka vychází  $\pm 0.27$  mag, což je cca polovina odchylky BD, ale zároveň dvoj- až trojnásobek odchylek ostatních moderních katalogů. Se svou přesností se však nedá srovnávat s historickými katalogy, jejichž přesnost neklesá pod  $\pm 0.52$  mag — s jednou výjimkou, která, podobně jako Bonner Durchmusterung a Potsdamer Durchmusterung, nesedí ani do jedné z kategorií.

### 10.2.2 Starší katalogy

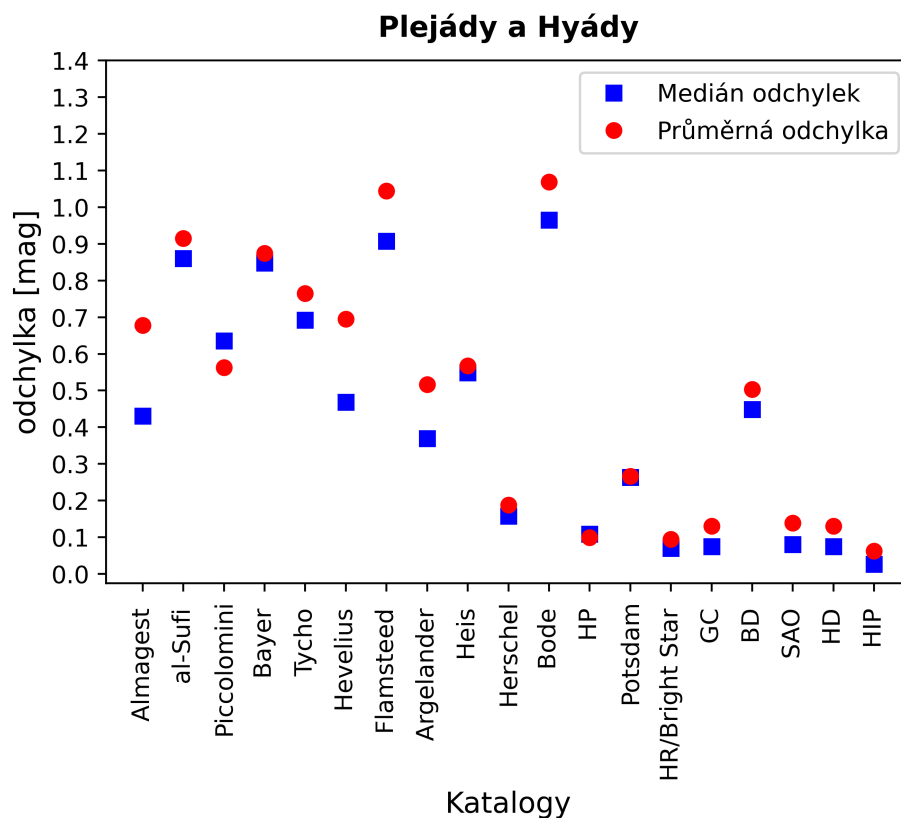
Přes dva přechodné katalogy se dostáváme ke katalogům staršího data. Jejich přesnost osciluje podstatně více a rozhodně se nedá říci, že s časem se průměrná odchylka zmenšuje. Navíc u prvních několika katalogů je vzorek často velmi malý — obzvlášť při diskuzi jen v rámci jednotlivých otevřených hvězdokup. Tím je tedy statistika odchylek zatížena výběrovou chybou, ovšem vzhledem k tomu, že ani jeden z nich — Almagest, Kniha stálic, Piccolominiho katalog či ty od Bayera a Tycha — se nijak nevymyká rozptylu, do kterého sedí i pozdější katalogy v této kategorii, tedy Hevelius, Flamsteed, Heis, Bode a oba Argelanderovy katalogy, nezdá se, že by výběrová chyba vedla k výrazně špatným výsledkům.

Průměrná odchylka se pohybuje u těchto katalogů mezi  $\pm 0.50$  mag a  $\pm 1.06$  mag. Není rozdíl mezi katalogy, jejichž data byla měřena pouhým okem, a těmi pozorovanými pomocí dalekohledu. V obou případech je limitem oko pozorovatele, jen v jednom případě vylepšené o přístroj umožňující pozorování slabších hvězd. To však zjevně nevedlo ke změně přesnosti u objektů, které jsou bez problémů pouhým okem pozorovatelné. Mezi katalogy před objevem dalekohledu a po něm není žádný skok v přesnosti.

V této kategorii je nutné zmínit dva katalogy, a to ten Flamsteedův a ten Bodeův. Oba jsou znatelně obsáhlejší než ostatní v této kategorii starších katalogů (ostatně, oba byly použity při výběru „jasných hvězd“). V případě Bodeho je dílo ještě znatelně obsáhlejší než to Flamsteedovo, což zde ovšem nemá žádný vliv. Tento větší počet položek je však zatížen podstatně větší chybou, respektive

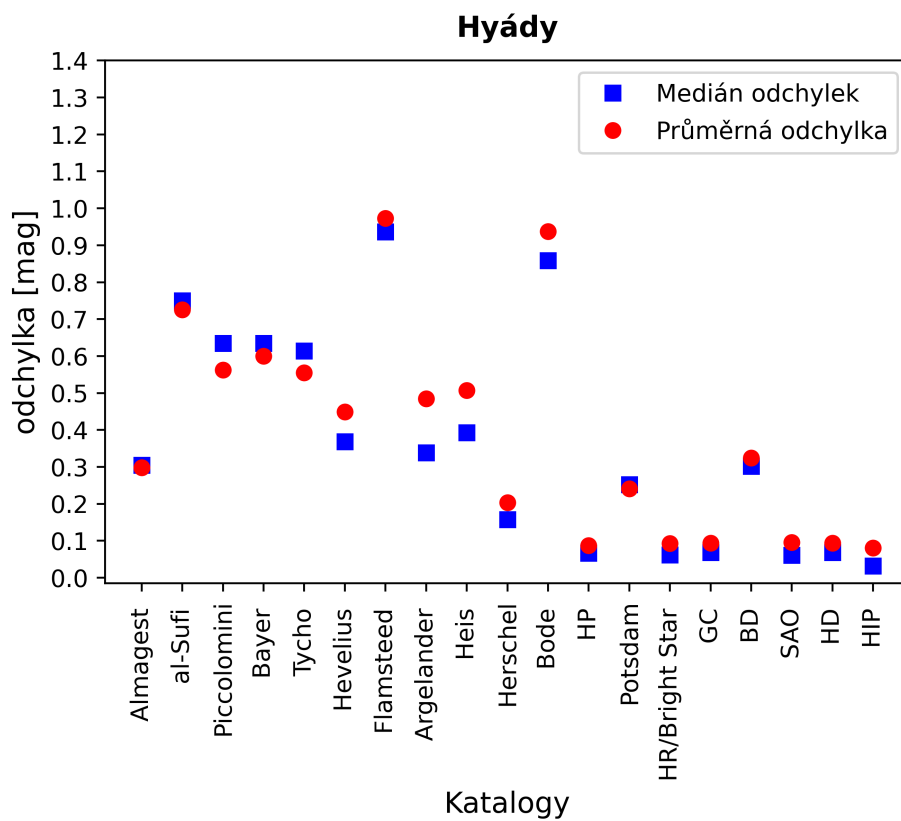
odchylkou od srovnávacího katalogu. Tyto katalogy mají průměrnou odchylku  $\pm 1.04$  mag u Flamsteeda a  $\pm 1.06$  mag u Bodeho. Jediným srovnatelným dílem je al-Súfího Kniha stálic, která však obsahuje ve studovaných hvězdokupách jen pár hvězd — a navíc je skoro o tisíciletí starší.

Na opačném konci přesnosti leží katalog Williama Herschela, víceméně stejného stáří jako je ten Bodeho. Přesnost tohoto katalogu je mnohem bližší těm moderním — s průměrnou absolutní odchylkou  $\pm 0.19$  mag se blíží přechodnému Potsdamer Durchmusterung, či dokonce SAO. Objemem dat se však spíše podobá těm historickým; stejně tak stářím, kvůli čemuž ještě nevyužívá Pogsonovu definici magnitudy. Sekvenční určení magnitudy však umožnilo podstatně vyšší přesnost, která při přepočtu velmi dobře odpovídá moderním hodnotám jasností.

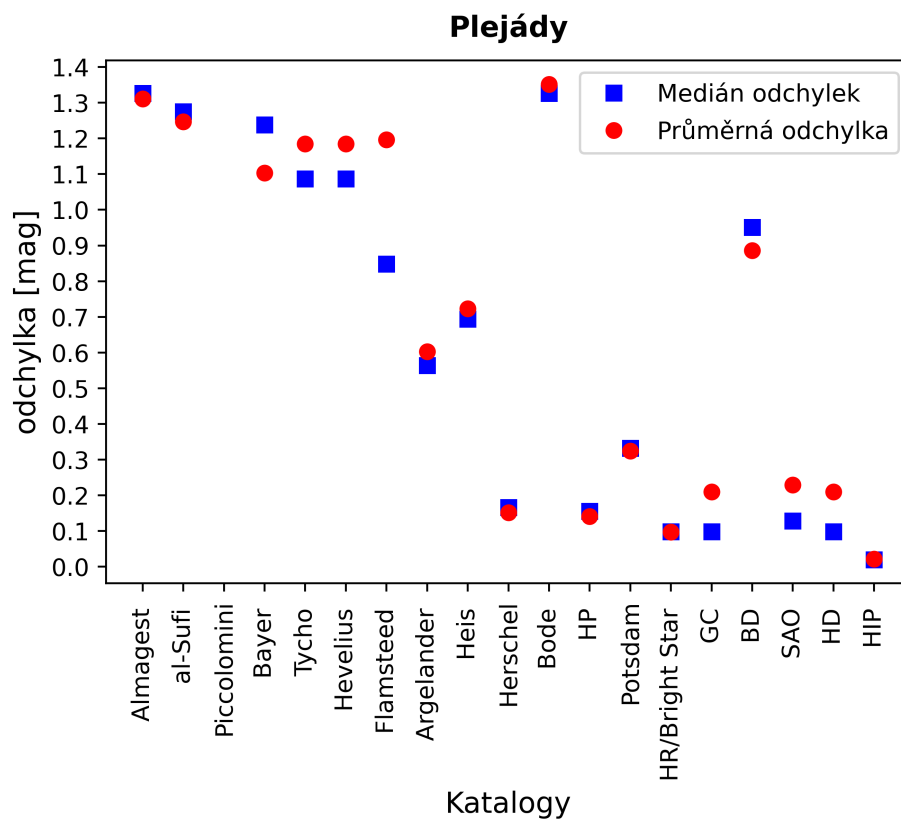


Obrázek 10.1: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná absolutní odchylka a medián absolutních odchylek — Hyády a Plejády dohromady, celý soubor „jasných hvězd“ [Obr. 17]





Obrázek 10.2: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná absolutní odchylka a medián absolutních odchylek — Hyády, „jasné hvězdy“ [Obr. 18]



Obrázek 10.3: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná absolutní odchylka a medián absolutních odchylek — Plejády, „jasné hvězdy“ [Obr. 19]

## 10.3 Přesnost měření jasných hvězd v jednotlivých hvězdokupách

Jak je dobře vidět na grafech no.10.3 a no.10.2, mezi Plejádami a Hyádami je značný rozdíl — a to i v rámci podstatně přesnějších moderních katalogů. V případě těch starších se může rozdíl mezi průměrnými odchylkami vyšplhat až na celou magnitudu.

Samozřejmě, Piccolominiho katalog je z tohoto srovnání vyřazen, protože neobsahuje Plejády.

U Plejád je u starých katalogů (seznam viz výše, všechny katalogy starší než Bonner Durchmusterung, vyjma toho Herschelova) průměrná odchylka ve většině případů vyšší než jedna celá magnituda. Nejmenší odchylku má v tomto případě starší ze dvou Argelanderových katalogů s  $\pm 0.60$  mag, což je v případě této hvězdokupy znatelně přesnější než BD, jehož průměrná odchylka je u jasných hvězd  $\pm 0.89$  mag. (V případě obou hvězdokup dohromady byla přesnost obou Argelanderových katalogů skoro stejná.)

Jediný další starší katalog s průměrnou odchylkou nižší než jedna magnituda je Heisův katalog s  $\pm 0.72$  mag, což je sice o circa 0.2 magnitudy horší, než celková průměrná odchylka, ale odpovídá setrvale lepší přesnosti Heisova měření, než u většiny ostatních katalogů v této kategorii.

Nejvyšší absolutní odchylku má znovu Bodeho katalog —  $\pm 1.35$  mag, což je ovšem srovnatelné s odchylkami Almagestu a Knihy stálic.

Moderní katalogy jsou v rámci Plejád znovu výrazně přesnější, ovšem jejich přesnost je oproti celkovým průměrným odchylkám — a tedy i těm v rámci Hyád — o něco nižší.

Přesnost si zachovává pouze Revised Harvard Photometry (respektive Yale Bright Star Catalogue) na  $\pm 0.10$  mag přes všechny datové soubory jasných hvězd. Ostatní katalogy narůstají na cca 0.2 v případě GC, SAO a HD a 0.14 u Harvard Photometry.

Skutečnou výjimkou je však katalog Hipparcos, jehož přesnost je v rámci Plejád vyšší než u Hyád. Jedná se o jediný moderní katalog s touto inverzí, mezi všemi studovanými katalogy lze nalézt jen jeden další.

Tím je katalog Williama Herschela, s přesností  $\pm 0.15$  mag v rámci Plejád. Tím se tento katalog dostává na úroveň průměrných absolutních odchylek většiny moderních katalogů.

Potsdamer Durchmusterung má u Plejád horší odchylku než u obou hvězdokup dohromady —  $\pm 0.32$  mag, kterážto hodnota nemá žádný ekvivalent mezi ostatními katalogy.

Jelikož průměrné odchylky už byly u Plejád popsány — a vycházejí v naprosté většině vyšší než u celého souboru, hodnoty u Hyád musí být logicky nižší. Tomu tak skutečně je (s výše zmíněnou výjimkou katalogu HIP a Herschelova katalogu) a odchylky vycházejí nejen nižší, ale u starších katalogů také podstatně blíže souhrnným odchylkám.

To je důsledkem vyššího počtu členů Hyád mezi jasnými hvězdami, a tedy průměru váženému ve prospěch početnější hvězdokupy.

Průměrná odchylka u starších katalogů v Hyádách se pohybuje mezi  $\pm 0.30$  mag a  $\pm 0.97$  mag. Překvapivě nejmenší odchylku zde má Ptolemaiov Almagest, následován Heveliovým katalogem s průměrnou odchylkou  $\pm 0.45$  mag. Na opačném konci tohoto rozptylu přesností je, tentokrát očekávatelně, Bode a Flamsteed ( $\pm 0.94$  mag a  $\pm 0.97$  mag).

Novější katalogy mají průměrnou odchylku velmi podobnou, mezi  $\pm 0.08$  mag a  $\pm 0.10$  mag. Největší odchylku má znovu katalog SAO, a ačkoli katalog Hipparcos má v Hyádách horší přesnost než v Plejádách, a tedy i v celém souboru, stále se jedná o nejpřesnější katalog v této kategorii.

Přechodné katalogy se pohybují s průměrnými absolutními odchylkami okolo podobné hodnoty, jako má Almagest (kde je tato přesnost důsledkem malého množství hodnot). Bonner Durchmusterung má z nich přesnost nejhorší,  $\pm 0.32$  mag; Potsdamer Durchmusterung  $\pm 0.24$  mag a Herschelův katalog, s inverzí přesnosti oproti Plejádám,  $\pm 0.20$  mag.

## 10.4 Kladné a záporné odchylky

V tabulkách no.A.3, no.A.4 a no.A.5 se nacházejí odchylky od srovnávacích hodnot magnitud z katalogu Tycho-2 bez aplikované absolutní hodnoty (v rámci „jasných hvězd“). Význam této sady dat je ovšem snáze nahlédnutelný v ekvivalentních grafech no.10.4, no.10.5 a no.10.6, které znázorňují tyto odchylky pro všechny hvězdy v daném katalogu — každý sloupec tedy odpovídá jednomu katalogu, každá tečka konkrétní odchylce v daném katalogu. Navíc je označena nulová odchylka, oddělující tak kladné a záporné odchylky.

Kladná odchylka odpovídá odchylce směrem k vyšším magnitudám, zatímco záporná odchylka značí určení vyšší jasnosti (nižší hodnoty magnitudy) v daném katalogu ve srovnání s dnešní hodnotou (Tycho-2).

Ze všech tří grafů je patrný posun směrem ke kladným odchylkám — hranice svislé osy jsou  $-1.0$  mag a  $3.0$  mag, respektive  $2.5$  mag u Hyád.

Maximální odchylky jsou tedy skoro vždy směrem k vyšším magnitudám. Výjimkou je u starších katalogů Piccolomini, který zřejmě všechny jasnosti určil vyšší, než je jejich reálná hodnota. Jeho přesnost však byla dostatečně dobrá na to, aby i s nadsazováním jasnosti nepřekročil rozdíl jedné magnitudy.

Moderní katalogy mají maximální odchylku převážně zápornou — oba Harvardské katalogy, Potsdamer Durchmusterung, GC, SAO, HD i HIP mají z většiny odchylky velmi shluknuté okolo nuly, ale každý tento katalog má jeden objekt, jehož jasnost výrazně nadcenil (u HP není tato hvězda o tolik posunutá). Z těchto katalogů je Hipparcos jediný, který je výrazněji posunutý k záporným odchylkám. Naopak Potsdamer Durchmusterung je výrazně posunutý k odchylkám kladným, byť jeho rozptyl odchylek velmi připomíná moderní katalogy.

Katalogy GC, SAO a HD pak navíc obsahují jeden objekt, kterého magnituda byla naopak určena jako podstatně vyšší, než je její referenční hodnota. Odchylka u této hvězdy je tak mnohem vyšší než běžné odchylky u těchto katalogů záporným směrem.

V těchto grafech jsou znovu vidět přechodové vlastnosti Bonner Durchmusterung, jehož rozložení odchylek je podobnější Heisovi či předchozímu Argelandarově dílu než výše popsaným moderním katalogům.

Potsdamer Durchmusterung má již popsaný systematický posun k vyšším hodnotám magnitud — bez tohoto systematického rozdílu by se přesnost tohoto katalogu rovnala moderním katalogům.

Třetí přechodový katalog, ten od Williama Herschela, je podobně symetrický okolo nuly jako moderní katalogy, jeho rozptyl je však zároveň větší než u moderních katalogů a podstatně menší než u těch historických.

Ani jeden z těchto tří katalogů tedy zjevně neseď ani do jedné ze dvou kategorií katalogů.

Katalogy od Almagestu až po Bodeho (společně s Bonner Durchmusterung a Potsdamer Durchmusterung) mají odchylky značně posunuté kladným směrem. Počet objektů s kladnou odchylkou, i velikost těchto odchylek, je zřetelně vychýlena ke kladným hodnotám. Výjimkou je zde Almagest a Piccolomini. Piccolominiho katalog již byl zmíněn, odchylky v Ptolemaiově díle se z většiny nachází v záporné části grafu, ale jsou menší než dva extrémy směrem k nižším magnitudám. U al-Súfiho jsou počty téměř vyrovnané, ovšem velikostí odchylek znovu posunuté směrem ke kladným hodnotám.

### 10.4.1 Odchylky v Plejádách a Hyádách samostatně

Pokud se budeme zabývat pouze grafy no.10.6 a no.10.5, tedy jednotlivými hvězdokupami, můžeme nalézt jisté rozdíly oproti celkovému srovnání kladných a záporných odchylek.

V případě Plejád je posun do kladných hodnot ještě extrémnější. Výraznější zápornou odchylku mají jen dva body, jeden v Almagestu a jeden v Knize stálic. K tomu jsou zde dvě hvězdy v Herschelově katalogu, jejichž odchylka je však menší, než těch v nejstarších katalozích.

Moderní katalogy jsou znovu shluknuté okolo nuly, ovšem všechny posunuté směrem ke kladným hodnotám, Harvard Photometry má odchylky kladné dokonce všechny. Jedině Hipparcos je víceméně symetrický.

Všechny ostatní katalogy mají hodnoty kladné až po rozdíl tří magnitud (v jednom případě, jinak je maximální rozdíl okolo 2.5 magnitudy). Extrémně vychýlené jasnosti hvězd v GC, SAO a HD, zmíněné v celkovém přehledu, jsou, jak je vidět z grafu, v Plejádách.

Výrazné je u Plejád to, že kromě zmíněných moderních katalogů se ostatní nulové odchylky ani nedotýkají, i když, jako v případě Bonner Durchmusterung, tyto malé odchylky v celkovém přehledu byly. Herschelův katalog se nule blíží, ovšem až na dvě již zmíněné výjimky leží celý v kladných hodnotách.

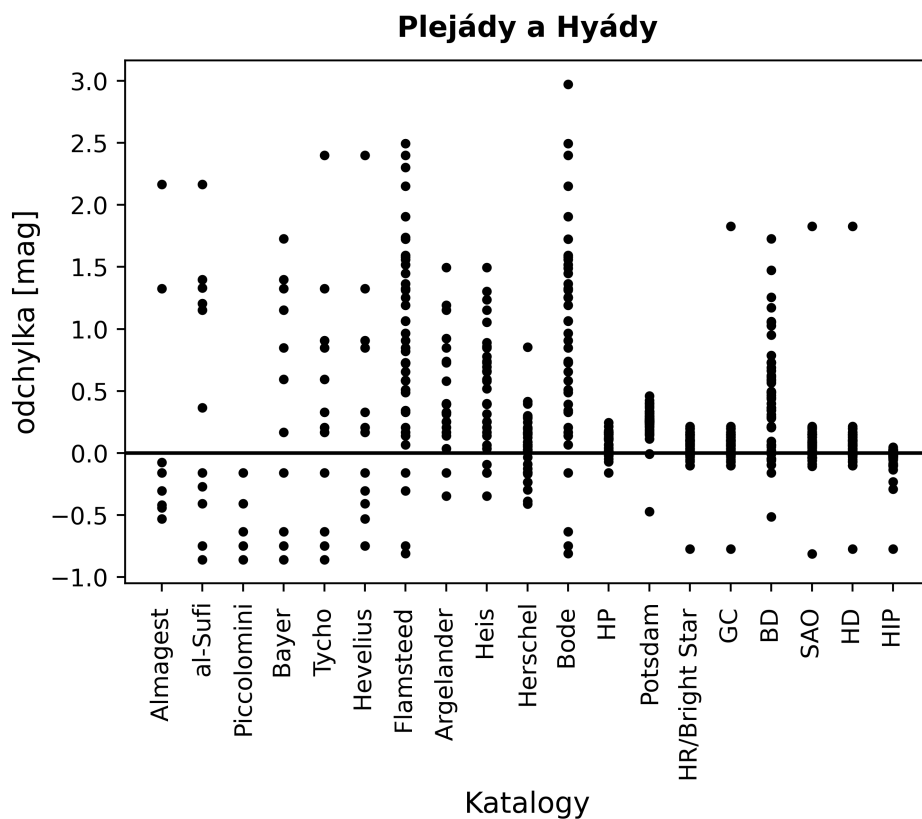
U katalogů od Bayera, Tychona Braheho a Hevelia jsou Plejády zdrojem velkých kladných odchylek. Oproti tomu Flamsteed, Argelander (první katalog), Heis a Bode mají podobný rozptyl jako u Hyád a tedy i celkového přehledu.

Hyády doplňují graf no.10.6 Plejád do grafu no.10.4 celkového přehledu. Jak již bylo řečeno, katalogy od Flamsteeda po Bodeho jsou si velmi podobné, jen u Hyád obsahují i záporné odchylky, byť v malém množství.

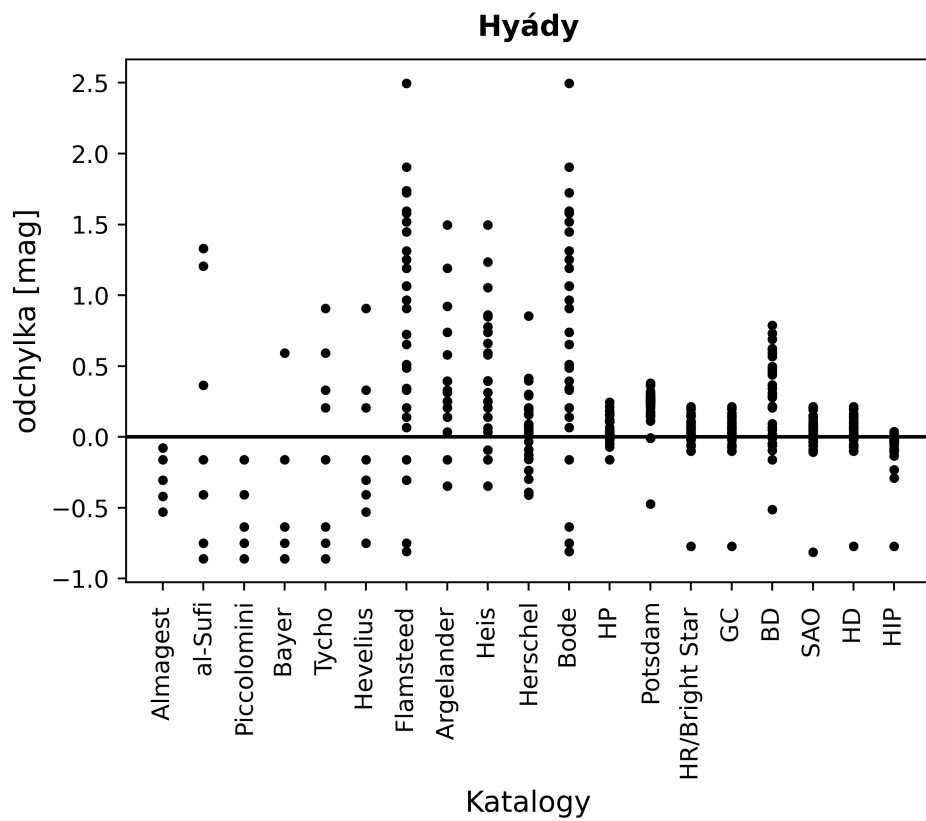
Odchylky u moderních katalogů jsou v Hyádách mnohem vyrovnanější, ovšem HIP je posunutý směrem k nadsazené jasnosti a všechny tyto katalogy mají v rámci Hyád i svou maximální zápornou odchylku.

Specificky v Hyádách je Bonner Durchmusterung náhle těmto moderním katalogům podobnější. Odchylky má jen v malém intervalu shluknutém okolo nuly, byť trochu vychýleném směrem ke kladným hodnotám s jednou výraznou výjimkou. V tomto případě je bližší právě moderním katalogům, než prvnímu Argelanderově katalogu či Heisově katalogu.

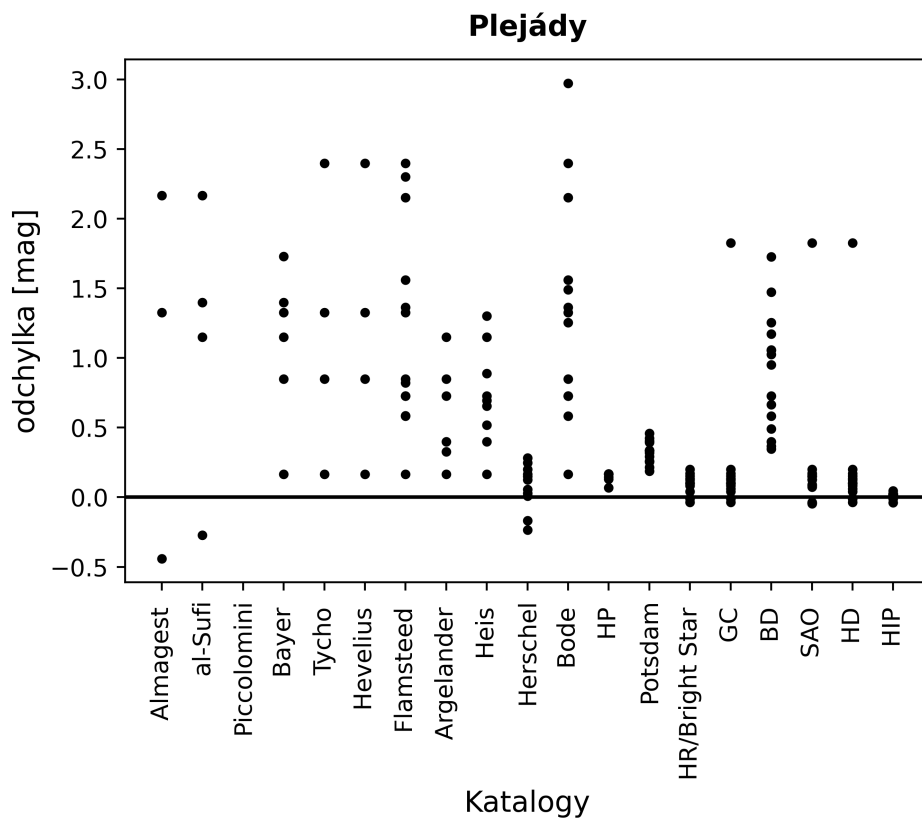
První generace katalogů — tedy ty před použitím (nikoli vynálezem) dalekohledu — má v Hyádách oproti Plejádám menší odchylky, navíc vyrovnanější okolo nuly, samozřejmě však s menší přesností, než ty moderní. Almagest má v Hyádách určené magnitudy všechny vyšší, než ty uvedené v Tycho-2, podobně jako Piccolomini.



Obrázek 10.4: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — kladné a záporné odchylky — Plejády a Hyády, tj. celý soubor [Obr. 20]



Obrázek 10.5: Odchyly magnitud v jednotlivých katalozích — kladné a záporné odchyly — Hyády [Obr. 21]



Obrázek 10.6: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — kladné a záporné odchylky — Plejády [Obr. 22]



## 10.5 Specifické případy

V rámci grafů no.10.4, no.10.5 a no.10.6, tedy kladných a záporných odchylek, lze nalézt několik bodů, které se jasně vymykají ostatním hodnotám, ať už v rámci jednoho, či více katalogů. Následuje výčet hvězd, ke kterým se tyto body vztahují.

### 10.5.1 Alcyone

Jiným označením  $\eta$  Tau, HD 23630, nebo BD+23 541. Jedná se o nejjasnější hvězdu v rámci Plejád s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 2.834 mag.

Určení magnitudy se typicky pohybuje ve studovaných katalozích okolo třetí magnitudy, čímž jsou odchylky u této hvězdy celkem malé. Ovšem v případě Almagestu a al-Súfího Knihy stálic je určená jasnost 5 mag. To odpovídá rozdílu +2.166, který je zaprvé jedním z největších vůbec, zadruhé podstatně vyšší než jiné odchylky v těchto dvou katalozích.

### 10.5.2 Electra

Jiným označením 17 Tau, HD 23302, nebo BD+23 507. Jedná se o třetí nejjasnější hvězdu Plejád s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 3.674 mag.

Odhad jasnosti se postupně posouval od páté magnitudy ještě ve Flamsteedově katalogu, přes čtvrtou, až po 3.8 mag a 3.7 mag od Harvard Photometry dále. Electra není v al-Súfího Knize stálic, ovšem nachází se v Almagestu, kde společně s Alcyone je jednou ze dvou hvězd, jejichž odchylka je větší než jedna magnituda a zároveň je kladná.

### 10.5.3 Atlas

Jiným označením 27 Tau, HD 23850, nebo BD+23 557. Jedná se o druhou nejjasnější hvězdu Plejád s magnitudou v katalogu Tycho-2 3.601 mag.

Odhad jasnosti se ve starších katalozích pohyboval mezi čtvrtou a pátou magnitudou, od Harvard Photometry kolem 3.8 mag. U této hvězdy je výrazná odchylka od skutečné hodnoty u čtyřech katalogů — Tychonova, Heveliova, Flamsteedova a Bodeho. Tato čtyři díla udávají magnitudu Atlasu jako 6. U Hevelia a Tycha to vede k největším odchylkám v rámci těchto katalogů (+2.399 mag). U Flamsteeda je tato odchylka taktéž maximální, je ovšem blízká několika dalším, a není tedy tak výrazná. V případě Bodeho katalogu existuje ještě jedna, mnohem větší odchylka, viz dále.

### 10.5.4 Plejone

Jiným označením 28 Tau, HD 23862, nebo BD+23 558. V anglické literatuře je používán název Pleione. Jedná se o hvězdu Plejád s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 5.028 mag.

Poprvé byla pozorována, respektive zaznamenána, Flamsteedem s magnitudou 7.33 (značeno „7-8“, tím míněno první třetina mezi sedmou a osmou magnitudou). Heis a Argelanderův BD udávají přibližně šestou magnitudu a moderní katalogy udávají mírně nad pátou magnitudu, což se již velmi blíží hodnotě

v Tycho-2. Je to ovšem Bodeho katalog, kde je udaná hodnota 8 mag. Tato odchylka, +2.972 mag, je největší odchylkou v celém souboru Plejád a Hyád, kde nejbližší další se pohybují až okolo 2.5 mag.

Vzhledem k tomu, že tato hvězda je v Bodeho katalogu i pojmenovaná, je vyloučeno, že by hodnotu přiřadil špatné hvězdě. Stejně tak jsou označené dvě hvězdy okolo (jednou z nich je Atlas, druhá e Tau), a vzhledem k tomu, že obě hvězdy jsou jasnější než Plejone, a tomu odpovídá u nich uvedená magnituda, prohození hodnot taktéž nehrozí.

### 10.5.5 BD+17 750

Jiným označením HD 28867. Jedná se o nejslabší hvězdu v celém souboru, součást Hyád, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 7.013 mag.

Poprvé je uvedena až v katalogu Bonner Durchmusterung, respektive je nejslabším objektem v Revised Harvard Photometry — čímž se do seznamu dostala — s magnitudou 6.5 v BD a 6.24 v HR. Podobnou hodnotu obsahují i ostatní katalogy, čímž dostáváme odchylky  $-0.473$  mag až  $-0.813$  mag. Díky tomu se dá tato hvězda snadno nalézt v grafu, jedná se o zmíněnou extrémně zápornou odchylku u moderních katalogů a Potsdamer Durchmusterung.

### 10.5.6 BD+23 536

Jiným označením 24 Tau, nebo HD 23629. Jedná se o hvězdu z Plejád, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 6.273 mag.

Poprvé je uváděna ve Flamsteedově katalogu, a tedy i v tom Bodeho, s magnitudou 7. Katalogy BD, GC, SAO a HD však uvádějí magnitudu 8, respektive 8.1, v HR a HIP vůbec není. To odpovídá rozdílu  $+1.727$  mag, respektive  $+1.827$  mag, a tedy nejvyšší odchylce od referenční hodnoty v rámci těchto čtyř katalogů.

### 10.5.7 Chamukuy

Jiným označením  $\theta$ 2 Tau, 78 Tau, HD 28319, nebo BD+15 632. Jedná se o druhou nejjasnější hvězdu Hyád, respektive nejjasnější, pokud se nezapočítá Aldebaran, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 3.407 mag.

Jedná se o jedinou hvězdu v Bayerově katalogu, která má kladnou odchylku. Stejně jako v Tychonově katalogu udává magnitudu 4, tedy vyšší než tu reálnou. Starší katalogy udávají třetí až pátou magnitudu, a hodnoty v Bayerovi a Tychonovi nejsou tedy nijak zvláštní. V rámci Bayerova díla se však vymyká posunem k nižší jasnosti, na rozdíl od ostatních, kde Bayer udává vyšší jasnost než tu reálnou.

### 10.5.8 71 Tau

Jiným označením HD 28052, nebo BD+15 625. Jedná se o hvězdu z Hyád, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 4.504 mag.

Tato hvězda se poprvé objevuje ve Flamsteedově katalogu, kde, stejně jako Bode později, udává sedmou magnitudu. Argelander a Heis udávají šestou magnitudu. Bonner Durchmusterung už udává pátou a pozdější katalogy už udávají 4.6 mag. Hodnoty ve Flamsteedově a Bodeho katalogu jsou však tak daleko od

reálné jasnosti této hvězdy (rozdíl +2.496 mag), že v rámci Hyád značně převyšují ostatní odchylky. Podobně je tomu u Argelander a Heise, ovšem tam není odchylka u této hvězdy tak markantně vyšší.

### 10.5.9 Celaeno

Jiným označením 16 Tau, HD 23288, nebo BD+23 505. Jedná se o hvězdu v Plejádách, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 5.441 mag.

Jedná se o nejslabší hvězdu zmíněnou v Almagestu, s uvedenou magnitudou 5. Je jednou ze tří hvězd v tomto katalogu v rámci Plejád a jedinou, která je z nich odhadnuta jako jasnější — s rozdílem  $-0.441$  mag. S touto odchylkou není hvězdou v Almagestu s její největší zápornou hodnotou, ale v rámci Plejád je jedinou. Je tedy jednou ze dvou hvězd, které byly v Plejádách výrazně nadhodnoceny.

### 10.5.10 Tagyeta

Jiným označením q Tau, 19 Tau, HD 23338, nebo BD+24 547. Jedná se o šestou nejjasnější hvězdu v Plejádách, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 4.272 mag.

Je to druhá hvězda s výraznou zápornou odchylkou v rámci Plejád, tentokrát v al-Súfího Knize stálic. Tam má uvedenou čtvrtou magnitudu, a tedy odchylku  $-0.272$  mag.

### 10.5.11 BD+15 603

Jiným označením 48 Tau, nebo HD 26911. Jedná se o hvězdu v Hyádách, s magnitudou v katalogu Tycho-2 o hodnotě 6.346 mag.

Tato hvězda má nejvyšší odchylku v Herschelově katalogu — 0.854 mag. Ta je největší u této hvězdy i mezi ostatními katalogy, jen katalogy Bodeho a Flamsteda se blíží s 0.654 mag. Vzhledem k tomu, že se jedná o jedinou hvězdu, kterou Herschel odhadl na magnitudu vyšší než 7 — nejbližší nižší hodnota je 6.4 — dá se předpokládat, že odhad jasnosti se vymykal obvyklé přesnosti. Spíše je toto málo četný případ špatného odhadu — obecně je Herschelova přesnost podstatně lepší.

### 10.5.12 Aldebaran

Jiným označením  $\alpha$  Tau, 87 Tau, HD 29139, nebo BD+16 629. Jedná se o nejjasnější hvězdu v souhvězdí Býka nacházející se v prostoru Hyád, ovšem není jejich součástí. Její magnituda v katalogu Tycho-2 je 1.16 mag.

Aldebaran byl v minulosti chápán jako součást Hyád, a jako nejjasnější hvězda v tomto prostoru je součástí veškerých katalogů. Obzvláště u těch nejstarších — málo objemných — katalogů by jeho vynechání vedlo ke zbytečné ztrátě zaznamenaných pozorování a zmenšení už tak celkem malého vzorku. Navíc, jedná se o jedinou jasnou hvězdu — další už se blíží třetí magnitudě — a tedy konkrétní příklad změn v měření magnitudy v oblasti velmi jasných hvězd.

Nejstarší katalogy, jako je Almagest, udávají jeho jasnost jako první magnitudu, stejně jako všechny ostatní „nejjasnější hvězdy“. Na rozdíl od hvězd jako je

Vega nebo Sirius, jejichž skutečná magnituda po nové definici poskočila k nule, respektive záporným hodnotám, Aldebaran zůstal v okolí první magnitudy. Všechny katalogy až po Bodeho udávají první magnitudu, moderní katalogy pak hodnoty o trochu vyšší, mezi 1 a 1.1. Jedinou výjimkou je katalog Hipparcos, ve kterém je zazámenaná magnituda 0.87.

Díky tomu, že jasnost Aldebaranu je skutečně tak blízko originálně psané magnitudě, jsou odchylky u této hvězdy velmi malé a u katalogů jako Almagest nebo Kniha stálic vedou ke zlepšení celkové přesnosti (díky malému množství objektů). U pozdějších děl pak Aldebaran nijak nevyčnívá, co se odchylek týče. Je tedy přesným opakem výše zmiňovaných hvězd s velkými odchylkami. Vymyká se tak ostatním jasnějším hvězdám, z nichž několik bylo výše zmíněno, což je důsledkem fitu nové definice magnitudy, který zrovna u Aldebaranu vyšel velmi přesně.

Kdybychom zde studovali Vegu či dokonce Sirius, byla by odchylka naopak velmi velká, více odpovídající širokému pásmu jasností, původně chápaných jako první magnituda.

# 11. Analýza celého souboru hvězd

Jak již bylo řečeno, pracujeme s hvězdami do desáté magnitudy, vybranými pro Plejády a Hyády z prací *The Color-Magnitude Diagram of the Pleiades Cluster II* od Johnsona a Mitchella z roku 1958 [42] a *Triangulation der Hyaden-Gruppe* [49] od C. W. Wirtze z roku 1902.

Celý soubor hvězd je sice podstatně větší než vybrané jasné hvězdy, končící na sedmé magnitudě — a navíc část jasnějších hvězd vynechávající — ale vzhledem k tomu, že pod touto jasností už se pohybují jen moderní katalogy, u těch předchozích se v porovnání s užším výběrem nic nemění. Jasných hvězd bylo vybráno pouze 47, oproti 143 v celém seznamu. Z toho 18 hvězd je jasnějších než nejslabší z vybraných „jasných hvězd“ — BD+17 750 — mezi 6.5 mag a 7 mag. Tyto jsou tedy jediné srovnatelné s daty ve starších katalogích, byť nejsou ani v jednom z nich zmíněné (proto byly ostatně vynechány).

Rozdíly mezi vlastnostmi katalogů u studie jasných hvězd a celého souboru lze tedy nalézt pouze u katalogů Bonner Durchmusterung, Boss General Catalogue, Henry Draper Catalogue, Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue a Hipparcos.

V tomto seznamu se nenachází ani jeden z Harvardských katalogů, vzhledem k tomu, že byly využity k určení seznamu jasných hvězd — objekty v Revised Harvard Photometry jsou všechny součástí onoho souboru, a automaticky tedy nepřekračují limity tohoto výběru. Stejně tak zde není zmíněn Potsdamer Durchmusterung, jehož data byla z Harvardských katalogů pro tuto studii převzata.

Že u ostatních katalogů skutečně nedošlo k žádné změně, lze snadno nahlédnout i z grafů zobrazujících odchylky jednotlivých katalogů, popřípadě ekvivalentních tabulek. Celá první část, až po Bodeho katalog (a HP a HR, byť se řadí k modernějším katalogům, popřípadě Potsdam) nijak nemění hodnoty, a tedy v případě grafů ani podobu.

I tak lze alespoň srovnávat katalogy mezi sebou, obzvláště ty moderní, které se díky přidání zbytku hvězd nyní liší. Popřípadě kompletní moderní katalogy s těmi historickými.

Vlastnosti absolutních odchylek — průměrná hodnota a medián — pro celý soubor hvězd jsou uvedeny v tabulce no.11.1.

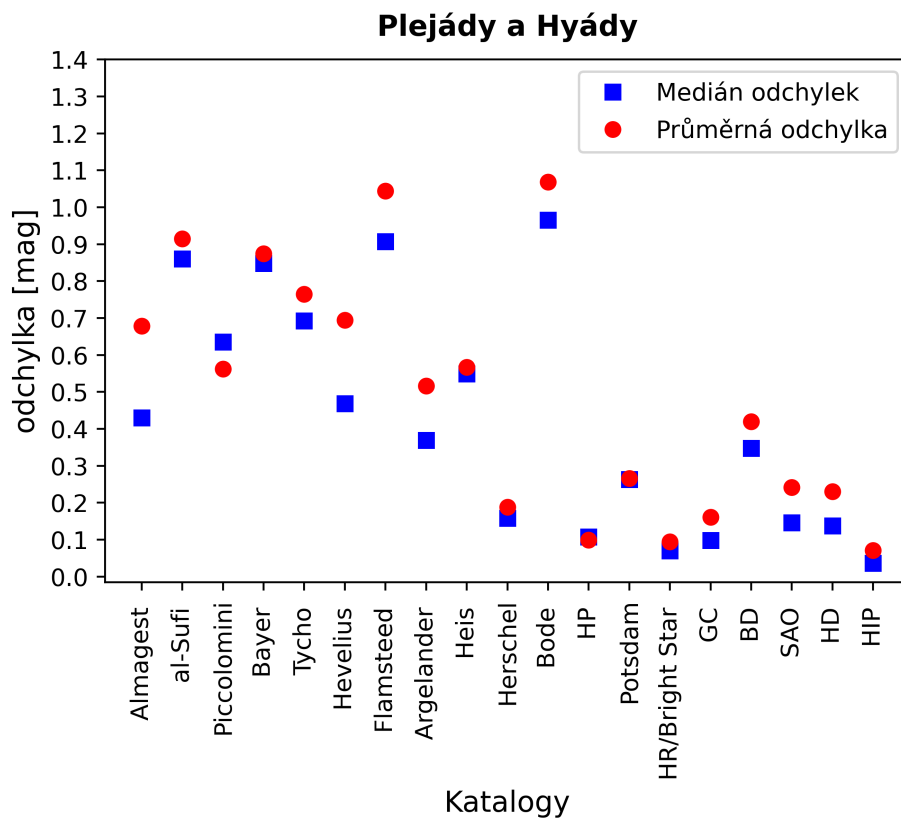
Uvedené hodnoty jsou taktéž znázorněny na grafech no.11.1, no.11.2 a no.11.3, znázorňujících Plejády, Hyády a obě hvězdokupy dohromady.

## 11.1 Absolutní odchylky

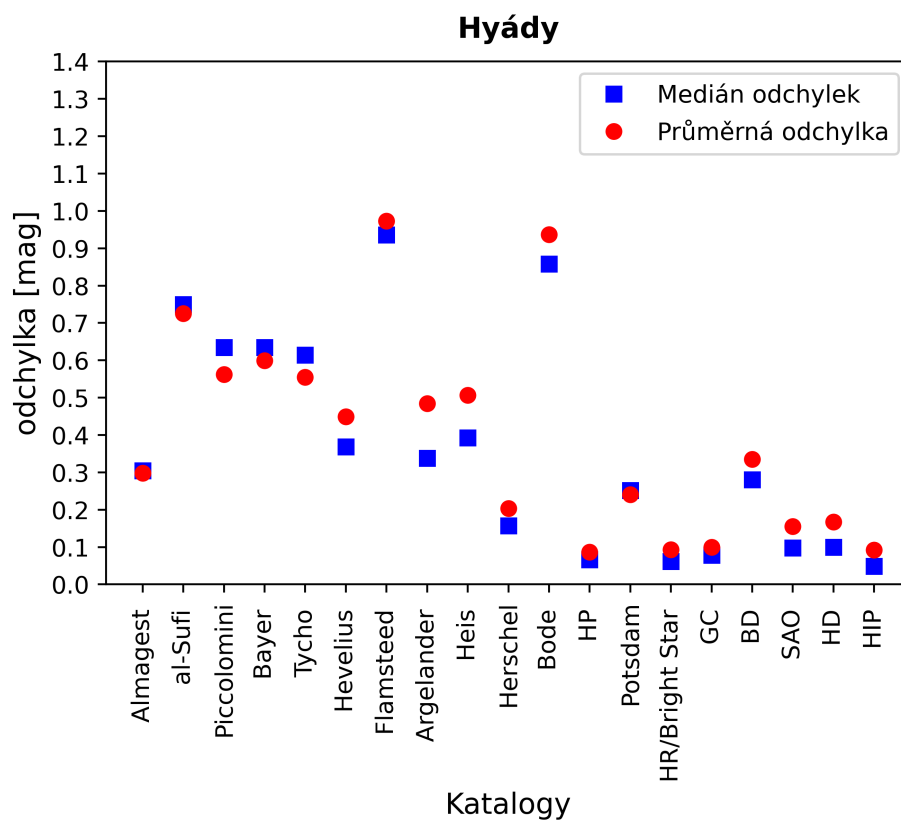
Když porovnáme hodnoty průměrných absolutních odchylek, které se mezi dvěma sadami dat změnilo, vykazují víceméně všechny stejný trend, s výjimkou Bonner Durchmusterung. Tedy — moderní katalogy, vzniklé po těch Harvardských, se zásadně liší v odchylkách od katalogu Bonner Durchmusterung, který

Katalog	Vše		Plejády		Hyády	
	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
Almagest	0,43	0,68	1,33	1,31	0,31	0,30
al-Súfí	0,86	0,92	1,28	1,25	0,75	0,73
Piccolomini	0,64	0,56	–	–	0,64	0,56
Bayer	0,85	0,87	1,24	1,10	0,64	0,60
Tycho	0,69	0,77	1,09	1,18	0,61	0,56
Hevelius	0,47	0,69	1,09	1,18	0,37	0,45
Flamsteed	0,91	1,04	0,85	1,20	0,94	0,97
Argelander	0,37	0,52	0,56	0,60	0,34	0,48
Heis	0,55	0,57	0,69	0,72	0,39	0,51
Herschel	0,16	0,19	0,17	0,15	0,16	0,20
Bode	0,97	1,07	1,33	1,35	0,86	0,94
HP	0,11	0,10	0,16	0,14	0,07	0,09
Potsdam	0,26	0,27	0,33	0,32	0,25	0,24
HR/Bright Star	0,07	0,09	0,10	0,10	0,06	0,09
GC	0,10	0,16	0,13	0,28	0,08	0,10
BD	0,35	0,42	0,38	0,50	0,28	0,34
SAO	0,15	0,24	0,21	0,33	0,10	0,16
HD	0,14	0,23	0,20	0,29	0,10	0,17
HIP	0,04	0,07	0,02	0,02	0,05	0,09

Tabulka 11.1: Průměrné absolutní odchylky a medián absolutních odchylek ve studovaných katalozích. Odchylky jsou počítané od srovnávacích hodnot z katalogu Tycho-2. Hodnoty v tabulce jsou pro celý studovaný soubor.

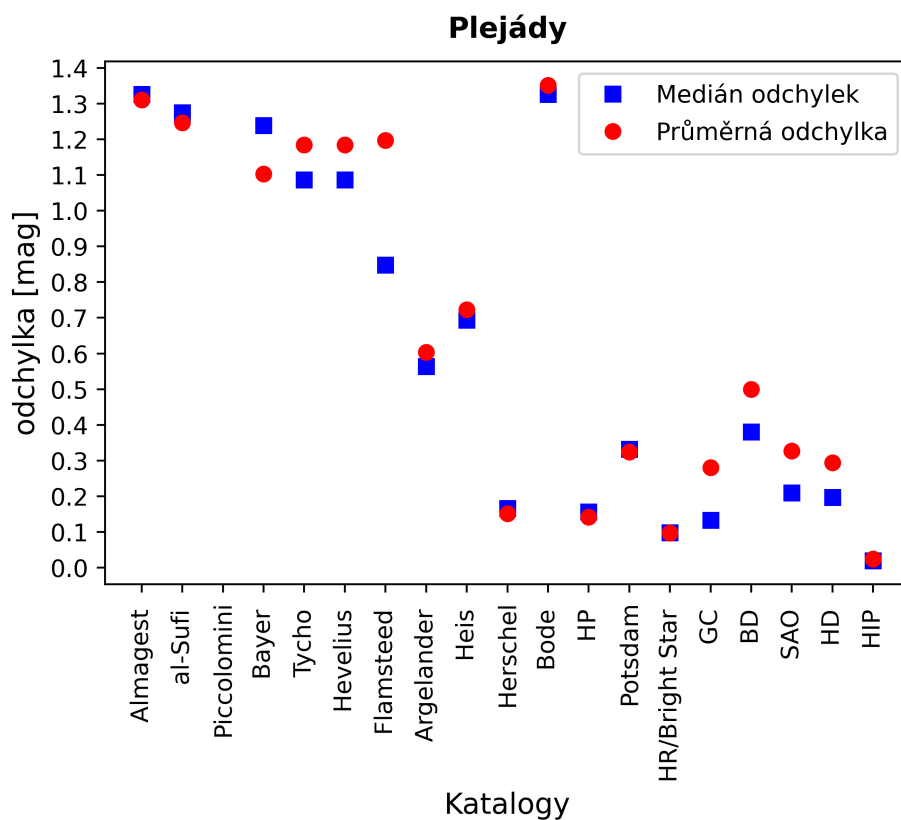


Obrázek 11.1: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná odchylka a medián odchylek — Hyády a Plejády dohromady, celý soubor [Obr. 23]



Obrázek 11.2: Odchyly magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná odchylka a medián odchylek — Hyády [Obr. 24]





Obrázek 11.3: Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná odchylka a medián odchylek — Plejády [Obr. 25]

nesedí ani do jedné ze dvou skupin katalogů, jak již bylo vidět z porovnávání u jasných hvězd.

Bonner Durchmusterung je v celém datovém souboru přesnější, než u jasných hvězd — absolutní odchylka  $\pm 0.50$  mag se mění na  $\pm 0.42$  mag, což je zlepšení o 16%, a navíc jediné mezi těmito katalogy.

Ty ostatní — GC, SAO, HD a HIP — se naopak od referenčního katalogu Tycho-2 liší více, pokud se berou v potaz i slabší hvězdy. Tento rozdíl, o jednu setinu, je jen nepatrný u katalogu Hipparcos, ovšem u HD a SAO se průměrná absolutní odchylka zvýší z  $\pm 0.13$  mag, respektive  $\pm 0.14$  mag, na  $\pm 0.23$  mag a  $\pm 0.24$  mag. Katalog GC nepostihne takový rozdíl, jen nárůst o tři setiny na  $\pm 0.16$  mag.

Když budeme nyní srovnávat všechny katalogy mezi sebou, rozdělení na dvě kategorie je zde stále patrné. Rozdíl v přesnostech ovšem není tak drastický, kdy se průměrné absolutní odchylky pohybují mezi  $\pm 0.52$  mag a  $\pm 1.07$  mag u starších katalogů a  $\pm 0.07$  mag až  $\pm 0.24$  mag u těch moderních. Což oproti  $\pm 0.06$  mag až  $\pm 0.14$  mag u moderních katalogů bez slabších hvězd tvoří menší rozdíl — k posunu však došlo hlavně u SAO a HD, kteréžto katalogy se v přesnosti skoro dvojnásobně zhoršily, zatímco katalog HIP se změnil jen o jednu setinu. (Samozřejmě, není zde rozdíl mezi staršími katalogy v obou souborech, jelikož se žádné dodatečné objekty nepřidaly.)

Katalogy Harvard Photometry a Revised Harvard Photometry jsou v porovnání celého datového souboru neměnné. Jejich přesnost je tak v porovnání s ostatními moderními katalogy — vyjma Hipparcos — znatelně lepší, což by napovídalo skutečně precizní práci jejich autorů. Vzhledem k tomu, že jejich cílem byla skutečně fotometrie, a nikoli astrometrie a spektroskopická fotometrie jako u SAO a HD, tyto výsledky by dávaly smysl. Na druhou stranu, může se jednat jen o náhodnou shodu s referenčním katalogem Tycho-2.

Pokud se podíváme na dílo F. W. A. Argelanderova, zdá se, že se jeho přesnost mezi oběma katalogy zlepšila. Zatímco Uranometria Nova má průměrnou absolutní odchylku  $\pm 0.52$  mag — a je nejpřesnějším ze starších katalogů, jeho daleko obsáhlejší dílo dosahuje přesnosti  $\pm 0.42$  mag. Ovšem, jak víme ze srovnávání jasných hvězd, tam jsou si oba katalogy velmi podobné, jejich přesnosti se liší o jednu setinu.

Argelander však naměřené hodnoty magnitud mezi svými katalogy nepřejímal. Navíc hodnoty v Bonner Durchmusterung udává s přesností na jedno desetinné místo, zatímco ve svém starším katalogu se držel tradičního dělení na třetiny magnitudy. Už jen z toho je jasné, že se skutečně jedná o jiná měření. Velmi podobná přesnost u jasných hvězd — kde se jeho díla překrývají — je tedy spíše náhodná. Když bychom se zaměřili pouze na hvězdy, které mají oba katalogy společné — tedy hvězdy obsažené v Uranometria Nova — změní se průměrná absolutní odchylka u Bonner Durchmusterung na cca  $\pm 0.37$  mag, což je zaprvé lepší přesnost než v celém katalogu, zadruhé výrazně lepší přesnost než v případě staršího Argelanderova díla. Rozložení odchylek je v obou katalogích u tohoto výběru hvězd velmi podobné, s mediány odchylek  $\pm 0.39$  mag a  $\pm 0.35$  mag (u staršího a novějšího katalogu); Uranometria Nova však obsahuje více odchylek, blízcích se či dokonce přesahujících rozdíl jedné magnitudy.

Katalog Williama Herschela a Potsdamer Durchmusterung se v celém souboru hvězd nijak neliší od moderních katalogů, ten Herschelův je dokonce přesnější než SAO či HD. Při přidání slabších hvězd se tedy tyto dva katalogy spíše řadí k těm moderním, a celý seznam katalogů je tak plně rozdělen na dvě kategorie — přechodné se neliší od těch moderních.

### 11.1.1 Jednotlivé hvězdokupy

Stejně jako u jasných hvězd, i u všech hvězd dohromady platí, že přesnost v Plejádách a Hyádách se liší — Plejády mají větší průměrné absolutní odchylky než Hyády, a tedy i než celý datový soubor.

Katalog Hipparcos zůstává výjimkou, u něhož je přesnost u obou hvězdokup přesně naopak. Stejně tak ten Herschelův, ovšem v případě tohoto katalogu nedošlo k žádné změně mezi jasnými hvězdami a celým souborem. Stejně tak se odchylky skoro nemění mezi oběma datovými soubory.

U katalogů GC, SAO a HD narůstá průměrná absolutní odchylka, ať už u Plejád či u Hyád. Nárůst dobře odpovídá nárůstu u obou hvězdokup dohromady. Nárůst odchylky je menší u Hyád, kde se nachází větší počet jasných hvězd a zároveň končí na vyšší jasnosti. Přidání těch slabších tedy nevede k tak velké změně, jelikož málo jasných hvězd je poměrně méně. Právě u Hyád se trochu vymyká katalog GC, u něhož je nárůst průměrné odchylky o cca jednu setinu. To však souhlasí s tím, že na rozdíl od ostatních katalogů, obsahujících větší počet objektů, nedosahuje plného objemu (nejslabší hvězda má v rámci katalogu Tycho-2 magnitudu cca 8.2). Přidaných hvězd oproti seznamu jasných hvězd je tedy ještě méně, a rozdíl tak bude o to menší.

Katalog Bonner Durchmusterung se zde znovu rozchází. V případě Plejád je přesnost u celého souboru mnohem lepší než jen u jasných hvězd —  $\pm 0.50$  mag oproti  $\pm 0.89$  mag. U Hyád jsou však průměrné absolutní odchylky skoro stejné,  $\pm 0.34$  mag a  $\pm 0.32$  mag, a tedy se, byť jen trochu, přesnost u celého souboru naopak zhoršuje, na rozdíl od obou ostatních srovnání odchylek u tohoto katalogu.

Rozdělení na starší a modernější katalogy u Plejád a Hyád zůstává. U Plejád jsou průměrné absolutní odchylky mezi  $\pm 0.60$  mag a  $\pm 1.35$  mag pro historické katalogy a mezi  $\pm 0.02$  mag a  $\pm 0.33$  mag pro ty moderní. U Hyád jsou průměrné absolutní odchylky mezi  $\pm 0.45$  mag a  $\pm 0.97$  mag pro historické katalogy a mezi  $\pm 0.09$  mag a  $\pm 0.16$  mag pro ty moderní. Mezery mezi oběma kategoriemi tedy zůstávají, s Bonner Durchmusterung ležícím kdesi mezi nimi.

Potsdamer Durchmusterung a Herschelův katalog se u Hyád podobají Bonner Durchmusterung. Ovšem při výrazně zvýšené průměrné absolutní odchylce u Plejád u BD, společně s horší přesností moderních katalogů, se tyto dva katalogy spíše podobají těm moderním.

### 11.1.2 Medián

Grafy no.11.1, no.11.2 a no.11.3 (stejně tak jim ekvivalentní tabulka) kromě průměrné absolutní odchylky udávají i hodnotu mediánu. Ten je v drtivé většině případů menší či velmi blízký průměru, což naznačuje přítomnost extrémních vel-

kých odchylek — jak je ostatně patrné na grafech znázorňujících kladné a záporné odchylky, kde jsou snadno naležitelné body, ležící daleko od ostatních hodnot.

Opačný trend vykazují jen katalogy De le Stelle Fisse a Harvard Photometry, ovšem tento rozdíl je jen velmi malý. V případě HP jsou hodnoty průměru a mediánu skoro totožné (0.10 a 0.11). V případě Piccolominiho katalogu je rozdíl způsoben přítomností nezvykle přesného určení jasnosti Aldebaranu — což je shodné pro všechny porovnávané katalogy — a malého množství naměřených jasností (tento katalog ani neobsahuje Plejády). Trochu větší rozdíl mezi průměrem a mediánem u Piccolominiho je tedy důsledkem větších rozdílů mezi jednotlivými hodnotami.

U jednotlivých hvězdokup se případ Aldebaranu opakuje. Starší katalogy obsahují jen v rámci Hyád menší počet hvězd než v celém souboru, a navíc obsahují specificky přesné určení jasnosti Aldebaranu. Jak je tedy vidět na grafu no.11.2, respektive no.10.2 pro jasné hvězdy (hodnoty se mezi těmito dvěma grafy u starších katalogů nijak nemění), katalogy al-Súfího, Piccolominiho, Bayera a Tycha mají medián posunutý k vyšší hodnotě než průměr, naznačující tak existenci extrémně malé odchylky Aldebaranu. U objemnějších katalogů už tato inverze nenastává a extrémně velké odchylky už jsou čtenější.

Specificky Almagest se od ostatních zmíněných starých katalogů liší — jeho hodnoty mediánu a průměrné absolutní odchylky jsou skoro stejné, což je ovšem důsledkem malého množství datových bodů a šťastné hodnoty mediánové odchylky. Navíc se v případě Almagestu objevuje velmi malá odchylka u Chamukuy (BD+15 632), kde Ptolemaios uvádí magnitudu  $3\frac{1}{3}$ , která se blíží referenční hodnotě z 3.407 mag Tycho-2. Ostatní staré katalogy však uvádí jasnosti buď menší, nebo, v případě al-Súfího a Piccolominiho, třetí magnitudu, což samozřejmě vede k vyšší odchylce.

V případě Plejád se vymyká Bayerův katalog, což je ale spíše důsledek malého množství hodnot — podobně jako mnoho dalších katalogů má velmi malou odchylku u Alcyone (BD+23 541), která tak posouvá průměr od mediánu dolů, ovšem u ostatních katalogů to nevede k obrácení poloh těchto dvou hodnot. Toto převrácení je tedy následkem rozložení ostatních bodů, které, byť nejsou nijak extrémní v porovnání s okolními katalogy, tvoří více uzavřenou skupinu. Přesnost u Alcyone je tak v porovnání extrémnější (viz graf no.10.6 s kladnými a zápornými odchylkami v Plejádách; díky tomu, že jsou všechny kladné, je rozložení absolutních odchylek úplně stejné).

Vlastnosti mediánu absolutních odchylek nebyly zmiňovány v kontextu jasných hvězd, vzhledem k tomu, že se hodnoty liší jen pro moderní katalogy. V jejich případě navíc nedochází k žádné změně výše popsaného trendu blízké, respektive nižší hodnoty mediánu. Ta značí přítomnost vysokých odchylek, respektive celkem rovnoměrně rozložené absolutní odchylky.

Moderní katalogy, u nichž se mezi datovými soubory mohly hodnoty změnit, mají v obou případech hodnoty mediánu a průměru blízké, s mediánem o trochu nižším. Přidání slabších hvězd tedy v případě mediánu víceméně nic nezměnilo — jen se posunul společně s průměrem, bez větší změny ve vzájemné poloze.

## 11.2 Specifické odchytky

Některé hvězdy už byly zmíněny v rámci analýzy jasných hvězd. V tom případě se ovšem jednalo o hvězdy, jejichž určené magnitudy v daných katalozích se výrazně odlišovaly i od ostatních odchytek v rámci onoho katalogu.

V tomto případě nás spíše zajímají rozdíly mezi jednotlivými katalogy, či obecně výrazné odchytky, které však nepatří k extrémům.

Z těch, co již byly zmíněny v nějakém jiném kontextu, je třeba znovu připomenout BD+23 507, neboli Electru. Tato hvězda má u starších katalogů odchytku přesahující i jednu magnitudu. Takto výraznou absolutní odchylku  $\pm 1.026$  mag — má však i v Bonner Durchmusterung, čímž se řadí mezi jednu z hvězd s takto velkou odchylkou v BD. Několik dalších takových hvězd bude ještě zmíněno — vzhledem k průměrné absolutní odchylce  $\pm 0.42$  mag se jedná o více jak dvojnásobnou hodnotu.

Dále je to hvězda Plejone, BD+23 558, která má u všech starších katalogů, ve kterých je uvedena (ve třech) jednu z největších odchytek vůbec. Katalog BD má opět uvedenu jasnost lišící se o celou magnitudu —  $\pm 1.172$  mag.

Hvězda Celaeno, BD+23 505, již byla zmíněna v kontextu Almagestu, stejně jako u předchozích dvou hvězd však byla její jasnost v katalozích Bonner Durchmusterung, Bodeho a Flamsteeda určena s velkou nepřesností. V případě Bodeho a Flamsteeda se nijak moc neliší od ostatních, tyto dva katalogy jsou nejméně přesné mezi všemi porovnávanými. V případě BD odchylka  $\pm 1.059$  mag znovu překonává rozdíl jedné magnitudy.

Hvězdu BD+23 536 je nutné zmínit v kontextu celého datového souboru jako hvězdu, jejíž určení jasnosti v žádném ze studovaných katalogů ani zdaleka neodpovídá referenční hodnotě v katalogu Tycho-2.

Hvězda BD+17 750 si podobně drží velkou odchylku od referenční hodnoty ve všech katalozích, kde je uvedena, ovšem o něco menší. Taktéž byla zmíněna dříve.

### 11.2.1 Výrazné odchytky ve starších katalozích

U jasnějších hvězd se dají nalézt i data ve starších katalozích, které často obsahují hodnoty magnitud, lišící se výrazně od referenční hodnoty. Zde je třeba znovu vypíchnout katalogy vytvořené Bodem a Flamsteedem, v nichž se nachází velké množství odchytek přesahující celou magnitudu, v několika případech i dvě. Ostatně, toto lze snadno nahlédnout v jakémkoli grafu, který znázorňuje jednotlivé odchytky.

Mezi hvězdy, jejichž jasnost je v těchto dvou katalozích takto výrazně podhodnocena, patří kromě výše zmíněných:

- BD+23 516
- BD+17 719
- BD+15 666
- BD+16 605

- BD+14 682
- BD+13 690
- BD+15 639
- BD+15 636
- BD+24 546
- BD+24 553
- BD+13 668
- BD+15 661.

Většina těchto hvězd má v obou katalozích (Bode, Flamsteed) stejnou magnitudu, a tedy i stejnou odchylku. Výjimkou je BD+17 719 a BD+24 553, kde se hodnoty o magnitudu a o dvě třetiny magnitudy liší, takže absolutní odchylku jedné magnitudy přesahuje jen jedna z dvojice hodnot.

Některé z těchto hvězd pak výrazný rozdíl opakují i v jiných katalozích. BD+23 516 má ve všech starších katalozích, kde je uvedena, uvedenou buď pátou nebo šestou magnitudu (šestou u Bodeho a Flamsteeda), což neodpovídá referenční hodnotě 3.849 mag v Tycho-2. Nejedná se o jediný objekt, u kterého se magnituda v rámci katalogů opakuje. Naopak, tento jev je u starších katalogů velice běžný, ale je jediný, kde se odchylka tolik vymyká reálné hodnotě ve všech případech.

Hvězdy BD+16 605 a BD+14 682 pak ještě přesahují rozdíl jedné magnitudy v Heisově katalogu, jehož přesnost je jinak celkem dobrá — BD+23 516 byla již zmíněna, stejně jako zbylé dva objekty, u nichž odchylka přesahuje jednu magnitudu. U těch taktéž existuje systematicky špatný odhad u všech starších katalogů; zmíněny byly u diskuze jasných hvězd.

U těchto jasnějších hvězd je ještě třeba zmínit katalog Bonner Durchmusterung, u kterého jsou absolutní odchylky většinou rozptýleny do jedné magnitudy, s několika málo, které tuto hodnotu přesahují. Ne vždy však tyto odchylky kopírují podobné výrazné odchylky u starších katalogů, čímž se Bonner Durchmusterung znovu odlišuje od této kategorie katalogů (stejně jako na druhou stranu od těch moderních).

Jedná se o:

- BD+23 507
- BD+23 558
- BD+22 563
- BD+23 505
- BD+24 553
- BD+23 563

- BD+23 536 (zmíněna u jasných hvězd)
- BD+22 545
- BD+23 537
- BD+17 750 (zmíněna u jasných hvězd).

Odchytky u těchto hvězd přesahují u Bonner Durchmusterung jednu magnitudu, až po BD+17 750, jako nejslabší hvězdu souboru jasných hvězd.

### 11.2.2 Výrazné odchytky v moderních katalozích

Výrazné odchytky u jasných hvězd již byly většinou zmíněny. U moderních katalogů je extrémních odchylek podstatně méně, a podobně jako katalogy Flamsteeda a Bodeho mezi sebou často korelují. Sice se nejedná o totožné hodnoty — měření jasnosti je u těchto katalogů přesnější, a pracuje tedy s jemnějším dělením — ale pokud je u nějaké hvězdy jeden z moderních katalogů značně odlišný od referenční hodnoty, je pravděpodobné, že nebude jediný.

Hvězdy BD+22 545, BD+23 512, BD+23 513 a BD+23 545 se liší od referenční hodnoty o hodnotu blížíci se, z obou stran, jedné magnitudě ve všech katalozích, ve kterých jsou uvedeny, vyjma katalogu Hipparcos (jehož nejvyšší absolutní odchylka dosahuje  $\pm 0.773$  mag), tj. GC, BD, SAO, HD. Katalog Bonner Durchmusterung je mezi nimi zmíněný, jelikož u méně jasných hvězd začíná moderní katalogy mnohem lépe kopírovat. Velmi slabé hvězdy jsou zapsány jen v některých z těchto katalogů.

Odchytky blížíci se jedné magnitudě (v několika případech okolo 0.7 a 0.8, ovšem korelující s jiným katalogem) pak ještě nalezneme u hvězd:

- BD+23 537 SAO
- BD+16 591 BD, HD
- BD+14 690 BD, SAO
- BD+14 679 BD, HD
- BD+24 552 BD.

Ještě je zde nutné zmínit hvězdy BD+24 552 a HD 23732 (ani jedna nemá označení v druhém z katalogů). Jedná se o hvězdy s magnitudou 10.862 a 9.263.

BD+24 552 byla zmíněna jako jedna z těch s extrémní odchylkou, konkrétně  $\pm 1.762$  mag v katalogu Bonner Durchmusterung. Jedná se však o jedinou zmínku o této hvězdě v kterémkoli z porovnávaných katalogů, vyjma toho referenčního. Vzhledem k tomu, že magnituda 9.1, uvedená v BD, je na hranici měření, a jedna ze dvou arbitrárně udávaných hodnot pro hvězdy slabší deváté magnitudy (společně s 9.5), je tato odchylka očekávatelná, a navíc se nedá s ničím jiným srovnávat.

HD 23732 je uvedena v rámci Johnson & Mitchell [42] jako součást Plejád s dostatečně velkou jasností. Nemá však žádný ekvivalent v BD značení. Navíc,

i když má pětímístné označení v HD značení, a je tedy součástí originálního katalogu (a nikoli nějakého z rozšíření) není u ní v Henry Draper Catalogue uvedena žádná hodnota magnitudy. Totéž platí pro kterýkoli jiný katalog, s výjimkou toho referenčního. Uvedení této hvězdy je tedy redundantní, ovšem vzhledem k přítomnosti v použitém seznamu hvězd je v celém souboru stále uváděna.

### 11.3 Harvard Photometry - předpokládané chyby

Harvardská fotometrie v sobě kromě srovnání hodnot magnitud s jinými staršími katalogy obsahuje i další údaje, mimo jiné informace o měření prováděném při jejím vytváření. U každé hvězdy je zmíněn počet pozorovatelů a u některých odhad jasnosti ze tří měření. V případě výsledných jasností je navíc zmíněna předpokládaná chyba tohoto měření.

Ta je dána jako  $\frac{0.845}{n\sqrt{n-1}}\Sigma r$ , kde  $\Sigma r$  je součet všech rozdílů od průměrné hodnoty. V porovnání s tím Revised Harvard Photometry tento sloupec neobsahuje.

Předpokládané chyby lze porovnat s absolutními odchylkami od referenčního katalogu. Toto srovnání je uvedeno v tabulce no.11.2. Záporné hodnoty v posledním sloupci odpovídají větší odchylce, než je předpokládaná chyba. Naopak kladné hodnoty odpovídají menší odchylce, než je předpokládaná chyba.

Přesnost referenčního katalogu Tycho-2 se pohybuje u jasných hvězd okolo 0.01 mag. Nejnižší předpokládaná chyba u Harvard Photometry mezi studovanými hvězdami je 0.02 mag, ovšem narůstá až na 0.12 mag.

Se započtením přesnosti katalogu Tycho-2 leží pouze tři hvězdy v intervalu stejné chyby v HP jako je absolutní odchylka vůči Tycho-2.

Ze 28 hvězd v tomto srovnání je 11 s absolutní odchylkou v mezích předpokládané chyby Harvard Photometry. Zbýlých 17 pak má odchylky od referenční hodnoty větší, než je předpokládaná chyba. V těchto případech je odchylka maximálně 0.245 mag — zrovna tato hvězda je jednou ze dvou, která má v HP uvedenu extrémní předpokládanou chybu 0.12 mag, ovšem tento odhad je stále malý. U druhé hvězdy s touto předpokládanou chybou je odchylka v mezích chyby. (Z výše zmíněné trojice hvězd jsou dvě započtené jako v rámci chyby, a jedna mimo rámec.)



BD	HD	HP abs. odchylka [mag]	HP probable error [mag]	$\Delta$ [mag]
BD+16 629	HD 29139	0,16	0,03	-0,13
BD+23 541	HD 23630	0,166	0,04	-0,126
BD+15 632	HD 28319	0,213	0,06	-0,153
BD+23 557	HD 23850	0,169	0,04	-0,129
BD+18 640	HD 28305	0,035	0,03	-0,005
BD+23 507	HD 23302	0,146	0,06	-0,086
BD+15 612	HD 27371	0,11	0,03	-0,08
BD+23 516	HD 23408	0,131	0,03	-0,101
BD+17 712	HD 27697	0,12	0,02	-0,1
BD+15 631	HD 28307	0,016	0,04	0,024
BD+23 522	HD 23480	0,068	0,05	-0,018
BD+17 719	HD 27962	0,022	0,08	0,058
BD+24 547	HD 23338	0,168	0,06	-0,108
BD+15 625	HD 28052	0,106	0,09	-0,016
BD+14 720	HD 28910	0,18	0,07	-0,11
BD+15 666	HD 29488	0,154	0,08	-0,074
BD+15 637	HD 28527	0,155	0,05	-0,105
BD+14 697	HD 28100	0,116	0,03	-0,086
BD+17 714	HD 27819	0,07	0,12	0,05
BD+15 665	HD 29479	0,017	0,05	0,033
BD+16 605	HD 28292	0,245	0,12	-0,125
BD+13 690	HD 28556	0,01	0,08	0,07
BD+15 639	HD 28546	0,008	0,03	0,022
BD+15 636	HD 28485	0,002	0,04	0,038
BD+13 663	HD 27397	0,063	0,07	0,007
BD+16 586	HD 27749	0,048	0,05	0,002
BD+13 668	HD 27628	0,023	0,05	0,027
BD+15 603	HD 26911	0,044	0,08	0,036

Tabulka 11.2: Porovnání předpokládaných chyb uvedených v Harvard Photometry a odchylek od referenčního katalogu Tycho-2. Poslední sloupec, značený  $\Delta$ , uvádí rozdíl hodnot, kde záporná hodnota odpovídá absolutní odchylce větší, než je předpokládaná chyba u dané hvězdy.

## 11.4 Změny po zavedení Pogsonovy definice magnitudy

Jak již bylo řečeno v historickém přehledu, na přelomu devatenáctého a dvacátého století došlo k zavedení a následnému používání matematické definice magnitudy.

Zavedená Pogsonova definice s koeficientem 2.512 nebyla na konci devatenáctého století jedinou používanou. Poprvé byla použita Pickeringem v jeho pracích [21] a následné katalogy tuto definici přejaly. Lze se tedy podívat na katalogy vzniklé po Harvard Photometry a porovnat je se starším katalogem — zda nedošlo k nějaké viditelné změně v zaznamenaných hodnotách magnitud.

Jako porovnávací katalog byl zvolen Bonner Durchmusterung — předchozí Bodeho katalog je sice také celkem obsáhlý, ale ne srovnatelně s katalogy jako SAO nebo HD. Navíc, jak je patrné z jiných srovnání tohoto katalogu, jedná se o práci s nižší přesností než většina ostatních srovnávaných děl.

Proto byl vybrán přechodný Bonner Durchmusterung, který je dostatečně objemný a jeho přesnost se blíží nejlepší přesnosti u starších katalogů. Je ovšem třeba dodat, že jeho autor — F. W. A. Argelander — byl jedním z astronomů, kteří se pokoušeli fitovat logaritmickou škálu na magnitudu, ovšem s jiným koeficientem. Vzhledem k tomu, že parametry obou jeho katalogů se tolik neliší, a ten starší z nich — Uranometria Nova — se nijak zásadně neliší od jiných děl v téže době, můžeme Bonner Durchmusterung použít jako reprezentativní katalog pro srovnání s moderními katalogy.

V tabulce no.A.1 jsou uvedeny odchylky jednotlivých hvězd od BD v pěti moderních katalozích. První Harvard Photometry (HP) nebyl přidán, vzhledem k malému počtu objektů v porovnání s ostatními srovnávanými katalogy.

Záporná odchylka odpovídá posunu k vyšší jasnosti v moderním katalogu, neboli k nižší magnitudě. Kladná odchylka je ekvivalentní posunu k vyšší hodnotě magnitudy.

Tabulka no.11.3 pak obsahuje průměrnou absolutní odchylku od hodnot v Bonner Durchmusterung, společně s počty kladných a záporných odchylek v jednotlivých katalozích. Na těchto počtech je dobře patrný posun ve směru záporné odchylky, tedy k nižší magnitudě — a tedy vyšší jasnosti. To dobře odpovídá historickým odhadům magnitud, které dávaly slabším hvězdám ještě výrazně vyšší hodnotu magnitudy než dnešní hodnoty.

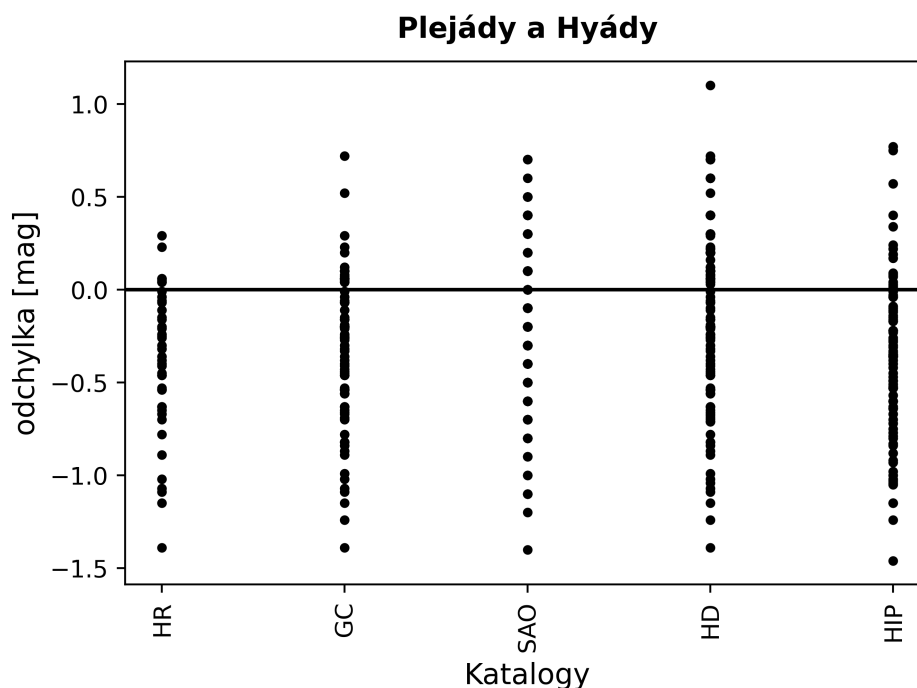
Odchylky jsou taktéž zobrazeny na grafu no.11.4, kde je dobře patrný posun k záporným odchylkám. Navíc, kromě prostého počtu odchylek, je zde vidět posun ve velikosti odchylek, kde záporné odchylky jsou přibližně o polovinu magnitudy větší.

V grafu je také vidět, že ačkoli je počet kladných a záporných odchylek v Henry Draper Catalogue velmi podobný (viz tabulka no.11.3), jsou okolo nulové odchylky rozptýleny stejným způsobem jako u ostatních katalogů, které srovnatelné počty kladných a záporných odchylek nemají.

	průměrná odchylka [mag]	# kladná odchylka	# záporná odchylka
<b>HR</b>	0,13	7	36
<b>GC</b>	0,22	18	58
<b>SAO</b>	0,32	39	88
<b>HD</b>	0,36	65	74
<b>HIP</b>	0,29	16	72

Tabulka 11.3: Průměrné absolutní odchylky v moderních katalozích v porovnání s katalogem Bonner Durchmusterung, jako zástupcem katalogů před využitím Pogsonovy definice magnitudy. Druhé dva sloupce uvádí počty kladných a záporných odchylek od referenční hodnoty v Bonner Durchmusterung — záporná odchylka znázorňuje posun k nižší hodnotě magnitudy, tedy k vyšší jasnosti hvězdy, v daném katalogu v porovnání s Bonner Durchmusterug; kladná odchylka přesně naopak.

Výrazně oddělené body u katalogu SAO jsou důsledkem přesnosti v tomto katalogu. Ten udává magnitudy na jedno desetinné místo. Díky tomu, že Bonner Durchmusterung má taktéž jedno desetinné místo, jsou možné odchylky mnohem diskrétněji rozložené než u ostatních katalogů. Je zřejmé, že se tyto jednotlivé body v grafu no.11.4 překrývají.



Obrázek 11.4: Odchylky magnitud v jednotlivých moderních katalozích — kladné a záporné odchylky — Hyády a Plejády dohromady, ve srovnání s Bonner Durchmusterung [Obr. 26]

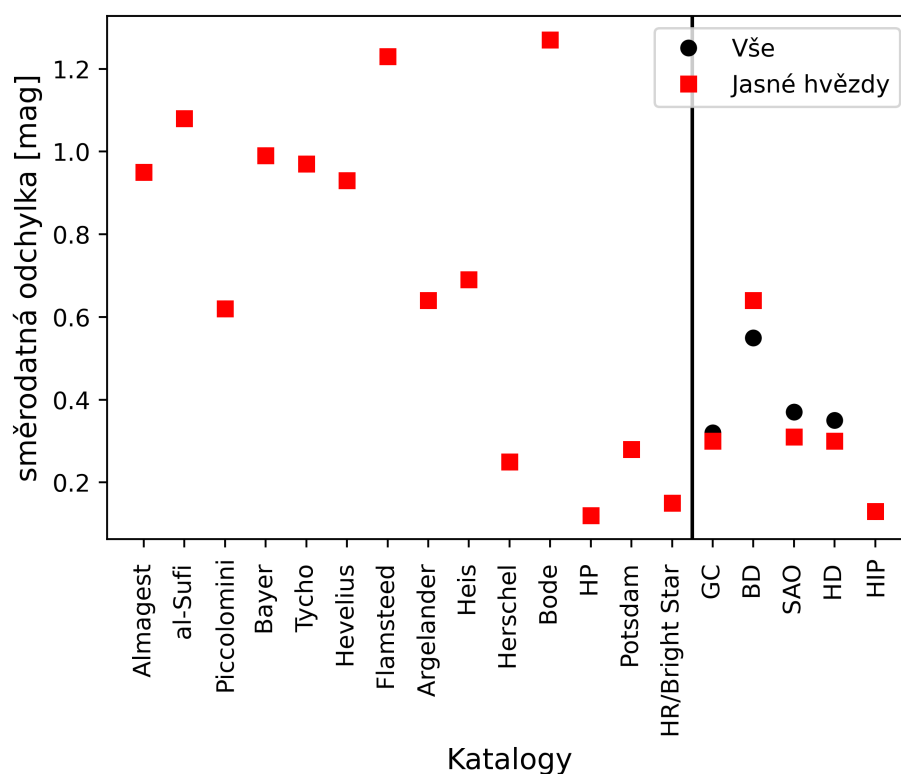
## 11.5 Směrodatná odchylka

### 11.5.1 Směrodatná odchylka od nulové odchylky

V tabulce no.11.4 jsou uvedeny hodnoty směrodatných odchylek v jednotlivých katalozích.

Hodnoty jsou uvedeny v magnitudách, pro jasné hvězdy a pro celý soubor hvězd. Vzhledem k tomu, že všechny katalogy v tabulce před Boss General Catalogue obsahují pouze hvězdy, které jsou součástí jasných hvězd, hodnoty v obou sloupcích se pro všechny tyto katalogy neliší. (Proto se v tabulce nachází dělicí čára, která odděluje katalogy GC, BD, SAO, HD a HIP, jelikož mají pro jasné hvězdy jiné hodnoty, než pro všechny hvězdy.

K tabulce je ekvivalentní graf no.11.5. V něm se nachází svislá čára, stejně jako v tabulce odděluje katalogy, které obsahují i slabší hvězdy. Ve všech předchozích případech jsou hodnoty stejné, a body v grafu se tak plně překrývají.



Obrázek 11.5: Graf znázorňující směrodatnou odchylku v jednotlivých katalozích pro všechny hvězdy a jasné hvězdy. Svislá čára odděluje katalogy, které už nemají pouze jasné hvězdy a hodnoty se tedy mohou lišit. V levé části grafu se body plně překrývají. [Obr. 27]

Při pohledu na tabulku, respektive graf, lze znovu nalézt (tytéž) dvě kategorie katalogů. Starší historické katalogy od Almagestu po Bodeho katalog a moderní katalogy od Harvard Photometry po katalog Hipparcos. Herschelův katalog však spíše odpovídá těm moderním, zatímco Bonner Durchmusterung těm historickým.

V tomto případě tedy výše zmiňované přechodné katalogy — Herschelův, Bonner Durchmusterung a Potsdamer Durchmusterung — neleží nijak výrazně mimo dvě hlavní kategorie a dají se k nim přiřadit. BD k historickým a zbylé dva k moderním. Toto rozdělení nijak nezmění ani pohled na celý soubor hvězd místo jen na jasné hvězdy. V případě průměrných absolutních odchylek se Bonner Durchmusterung přiblížil k moderním katalogům, ale v případě směrodatné odchylky se hodnota tolik nemění.

Přesto stále platí inverze trendu u tohoto katalogu — Bonner Durchmusterung má menší směrodatnou odchylku při započtení všech hvězd, než jen těch jasných, což u ostatních katalogů je přesně naopak. (Katalog Hipparcos má směrodatnou odchylku v obou případech víceméně totožnou.)

Historické katalogy mají směrodatné odchylky v rozmezí 0.55 mag až 1.27 mag. Spodní hodnota náleží BD při započtení všech hvězd, v rámci jasných hvězd má nejmenší odchylku Piccolominiho katalog s hodnotou 0.62 mag. Obě Argelande-rovovy práce mají směrodatnou odchylku jen o dvě setiny vyšší.

Mezi historickými katalogy lze ve směrodatné odchylce znovu vidět velkou nepřesnost Bodeho a Flamsteedova katalogu, s hodnotou vyšší než 1.2 mag. Podobně se nezměnila vysoká kvalita pozorování Eduarda Heise, kterého směrodatná odchylka 0.69 mag je jen o trochu horší, než u Argelandera či Piccolominiho.

V případě Piccolominiho je však malá směrodatná odchylka spíše dána malým počtem pozorovaných hvězd, které mají navíc celkem malé rozdíly v odchylkách od referenčních hodnot. Výsledná hodnota tedy není úplně vypovídající o obecném rozložení odchylek odhadů jasnosti, jako spíše o šťastném rozložení právě v případě Hyád (Piccolominiho katalog neobsahuje Plejády.)

V případě moderních katalogů se hodnoty směrodatných odchylek pohybují mezi 0.12 mag u Harvard Photometry a 0.37 mag u SAO v případě všech hvězd, tato hodnota u téhož katalogu klesá na 0.31 mag u jasných hvězd.

Přechodné katalogy Potsdamer Durchmusterung a Herschelův katalog s hodnotami 0.28 mag a 0.25 mag mají dokonce menší rozptyl hodnot, než pozdější katalogy Boss General Catalogue, katalog SAO a Henry Draper Catalogue (i u jasných hvězd).

Nejmenší směrodatné odchylky dosahují oba Harvardské katalogy a katalog Hipparcos, které nepřesahují 0.15 mag. Jedná se o hodnotu o desetinu magnitudy menší, než u Herschelova katalogu.

## 11.5.2 Směrodatná odchylka od průměrné odchylky

Pokud se ovšem nebudeme zajímat o směrodatnou odchylku vůči nulové hodnotě — tedy rozložení vůči žádné odchylce, můžeme využít směrodatnou odchylku v původním slova smyslu, tedy od průměrné hodnoty absolutní odchylky. Ta nám tedy popíše rozložení odchylek okolo své průměrné hodnoty — hodnoty směrodatných odchylek budou obecně nižší, než v předchozí části.

Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce no.11.5.

Z posunů mezi oběma tabulkami je patrný posun k vyšším hodnotám magnitud u studovaných katalogů ve srovnání s tím referenčním — odchylka od něj je vyšší, než ta od průměrné hodnoty. Tento rozdíl je menší u moderních katalogů

(HP, HR, Bright Star, SAO, GC, HIP; Herschel), kde je změna mezi oběma směrodatnými odchylkami v řádu setin magnitudy, na rozdíl od těch historických, kde je vidět pokles o desetiny magnitudy.

U historických katalogů se hodnoty pohybují mezi 0.68 mag u Bodeho a 0.25 mag u Piccolominiho. Pokud vynecháme tento katalog ze stejného důvodu jako výše, je dolní hranice směrodatné odchylky 0.35 mag u Bonner Durchmusterung.

Moderní katalogy jsou v rozmezí 0.28 mag a 0.07 mag (u všech hvězd), kde GC, SAO a HD jsou na horní hranici, zatímco dolní hranici znovu tvoří Harvard Photometry. Zde je nutné zmínit Potsdamer Durchmusterung, u kterého směrodatná odchylka poklesla na 0.10 mag, tedy na úroveň harvardských katalogů, viz dále.

S výjimkou Piccolominiho katalogu tedy platí, že rozložení směrodatných odchylek od průměrné odchylky ji v jednotlivých katalogích celkem dobře kopíruje — čím větší průměrná odchylka, tím širší je i rozložení jednotlivých odchylek. Porovnáním se směrodatnou odchylkou od nulové hodnoty je patrné, že (primárně historické) katalogy jsou posunuty o dvě až pět desetin magnitudy; bez absolutní hodnoty směrem k nižším jasnostem hvězd. U moderních katalogů je tento posun menší a nepřesahuje jednu desetinu magnitudy — to odpovídá použití Pogsonovy definice magnitudy. Posun u Potsdamer Durchmusterung je o dvě desetiny magnitudy, kde ovšem tento posun odpovídá snadno viditelné a známé systematické odchylce — vůči průměrné hodnotě je směrodatná odchylka velmi malá, zatímco vůči nule naroste.

Větší nepřesnosti v určování jasnosti hvězd tedy vedou k širšímu rozptylu hodnot od reálné magnitudy pozorovaných hvězd. Naopak při vysoké přesnosti měření se odchylky nachází v blízkosti průměrné hodnoty, a je tedy menší šance náhodné extrémní chyby.

Tento vztah je znázorněn na grafu no.11.6. Na vcelku lineární závislosti (s  $R^2 = 0.82$ ) lze snadno nalézt výše zmíněné skupiny katalogů. Zleva doprava: Hipparcos a Harvard a přechodné katalogy Herschel a Potsdam; osamocený Piccolomini; moderní katalogy GC, HD, SAO blízko u sebe pod ním; velmi přesné historické katalogy — Argelander (obě díla) a Heis; nejstarší katalogy — Almagest, al-Súfí, Bayer, Tycho a Hevelius; málo přesné katalogy — Bode a Flamsteed vpravo nahore.

Je zde vidět, že Piccolominiho katalog má průměrnou odchylku srovnatelnou s katalogy jako je Almagest a spol., ale v důsledku malého množství hvězd má vcelku malou směrodatnou odchylku. Historické katalogy jsou více rozesté a netvoří kompaktní skupinu, taktéž v důsledku malého množství dat.

Červenou barvou je znázorněn katalog Potsdamer Durchmusterung, viz Potsdamer Durchmusterung - systematická odchylka.

### 11.5.3 Potsdamer Durchmusterung - systematická odchylka

Jak již bylo několikrát zmíněno, Potsdamer Durchmusterung je oproti dnešním hodnotám magnitud systematicky posunutý. Vůči těm Harvardským je posunutý o 0.17 mag (dle [22]). Tomu skutečně odpovídají data na studovaném souboru

<b>Katalogy</b>	<b>Vše</b>	<b>Jasně hvězdy</b>
<b>Almagest</b>	0,95	0,95
<b>al-Súfí</b>	1,08	1,08
<b>Piccolomini</b>	0,62	0,62
<b>Bayer</b>	0,99	0,99
<b>Tycho</b>	0,97	0,97
<b>Hevelius</b>	0,93	0,93
<b>Flamsteed</b>	1,23	1,23
<b>Argelander</b>	0,64	0,64
<b>Heis</b>	0,69	0,69
<b>Herschel</b>	0,25	0,25
<b>Bode</b>	1,27	1,27
<b>HP</b>	0,12	0,12
<b>Potsdam</b>	0,28	0,28
<b>HR/Bright Star</b>	0,15	0,15
<b>GC</b>	0,32	0,30
<b>BD</b>	0,55	0,64
<b>SAO</b>	0,37	0,31
<b>HD</b>	0,35	0,30
<b>HIP</b>	0,13	0,13

Tabulka 11.4: Směrodatná odchylka od referenční hodnoty z katalogu Tycho-2, uvedená pro všechny hvězdy a pro jasné hvězdy. Dělicí čára označuje hranici, kde se hodnoty ve sloupcích začínají lišit.

Katalogy	Vše	Jasně hvězdy
Almagest	0,67	0,67
al-Súfí	0,58	0,58
Piccolomini	0,25	0,25
Bayer	0,47	0,47
Tycho	0,60	0,60
Hevelius	0,62	0,62
Flamsteed	0,65	0,65
Argelander	0,38	0,38
Heis	0,39	0,39
Herschel	0,16	0,16
Bode	0,68	0,68
HP	0,07	0,07
Potsdam	0,10	0,10
HR/Bright Star	0,12	0,12
GC	0,28	0,28
BD	0,35	0,39
SAO	0,28	0,29
HD	0,27	0,28
HIP	0,11	0,10

Tabulka 11.5: Směrodatná odchylka od průměrné absolutní odchylky v daném katalogu, uvedená pro všechny hvězdy a pro jasné hvězdy. Dělicí čára označuje hranici, kde se hodnoty ve sloupcích začínají lišit.



— průměrná odchylka (bez absolutní hodnoty) je pro Potsdamer Durchmusterung 0.24 mag, zatímco pro Harvard Photometry 0.07 mag. (Nulová hodnota tohoto průměru by odpovídala rozložení hodnot úplně symetricky okolo referenčních magnitud.)

Revised Harvard Photometry má tento průměr 0.04 mag, jen o trochu horší než u katalogu Hipparcos s  $-0.03$  mag (v rámci jasných hvězd, ovšem v případě HIP není mezi soubory velký rozdíl).

Pokud bychom posunuli všechny hodnoty v Potsdamer Durchmusterung o stejný rozdíl magnitud, můžeme dosáhnout neabsolutního průměru stejného jako u Harvard Photometry či rovného nule.

V případě symetrického rozložení dat z Potsdamer Durchmusterung (posun o  $-0.24$  mag) pak vychází směrodatná odchylka od nulové hodnoty 0.14 mag. V případě posunu o  $-0.17$  mag, tj. na úroveň Harvard Photometry, vychází směrodatná odchylka od nulové hodnoty 0.16 mag.

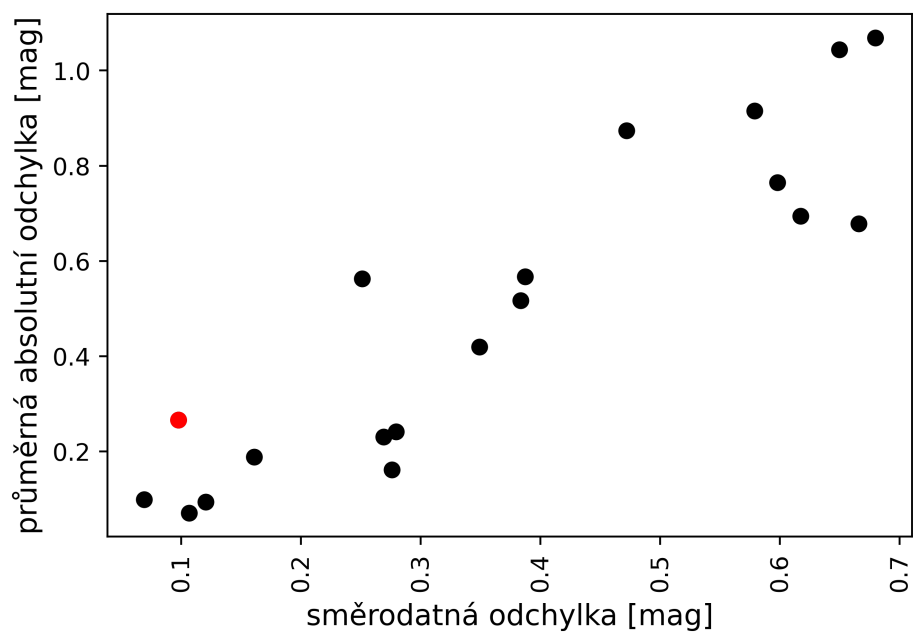
V obou případech by tedy směrodatná odchylka od nulové hodnoty po odstranění systematické chyby byla srovnatelná s Harvardskými katalogy a katalogem Hipparcos.

V případě směrodatné odchylky od průměrné hodnoty dosahuje Potsdamer Durchmusterung 0.10 mag. Jedná se o hodnotu srovnatelnou s Harvard Photometry či katalogem Hipparcos, odpovídá tedy nejvyšší přesnosti mezi studovanými katalogy.

Byť se tedy Potsdamer Durchmusterung se svou reálnou hodnotou směrodatné odchylky od nulové hodnoty nijak nevymyká ostatním moderním katalogům, po opravě o tuto systematickou odchylku se dostává do kategorie těch nejpřesnějších katalogů, což odpovídá reputaci tohoto díla (včetně tohoto posunu jasností). Tato směrodatná odchylka je tedy výhradně důsledkem tohoto systematického posunutí.

Průměrná absolutní odchylka by v prvním případě vycházela  $\pm 0.09$  mag, v případě srovnání s Harvard Photometry pak  $\pm 0.12$  mag.

Tyto hodnoty jsou taktéž srovnatelné s Harvardskými katalogy ( $\pm 0.09$  mag a  $\pm 0.10$  mag), respektive s katalogy GC, HD a SAO.



Obrázek 11.6: Graf znázorňující závislost průměrné absolutní odchylky a směrodatné odchylky od ní. S rostoucí průměrnou odchytkou roste i směrodatná odchylka. Jednotlivé body odpovídají jednotlivým katalogům. Červený bod odpovídá katalogu Potsdamer Durchmusterung. [Obr. 28]

## 12. Slabé hvězdy

Odebráním jasných hvězd ze studovaného souboru zůstane druhý — doplňkový — soubor hvězd. Tyto „slabé hvězdy“ jsou tedy všechny objekty, které nebyly součástí studie jasných hvězd. Tyto hvězdy mají kvůli tomu naměřená data jen v některých katalozích: Boss General Catalogue, Bonner Durchmusterung, SAO, Henry Draper Catalogue a Hipparcos.

Všechny tyto hvězdy už byly využity v rámci srovnání celého souboru hvězd, ovšem vzhledem ke změnám u těchto katalogů, které se v rámci celkového srovnání objevily, má smysl oddělit tyto slabé hvězdy a zaměřit se na ně samotné.

Jedná se o 96 hvězd s jasnostmi mezi 6.536 mag a 10.862 mag. Jak je z tohoto intervalu vidět, v oblasti mezi magnitudami 6.5 a 7 se jasné a slabé hvězdy překrývají, z důvodu způsobu výběru jasných hvězd — jedná se hvězdy obsažené v katalogu Revised Harvard Photometry, společně s několika objekty zmíněnými ve Flamsteedově a Bodeho katalozích, které v HR nejsou. Nedává však smysl začít počítat slabé hvězdy až od sedmé magnitudy — tím by 17 hvězd nebylo vůbec uvažováno a soubor slabých hvězd by už nebyl přímým doplňkem k těm jasným.

Plejády zde tvoří 59 hvězd, Hyády pak pouhých 37, což je znovu důsledek menšího Wirtzova katalogu. V referenčním katalogu Tycho-2 dosahují hvězdy jasnosti 10.862 mag (Plejády) a 9.573 mag (Hyády). V rámci těchto hodnot jasnosti je tedy rozdíl podstatně menší, než ten předpokládaný z určujících katalogů [42] [49].

Vlastnosti absolutních odchylek — průměrná hodnota a medián — pro soubor slabých hvězd jsou uvedeny v tabulce no.12.1.

Pokud srovnáváme pouze těchto pět katalogů, platí stále totéž, co v předchozích případech: katalog Hipparcos je o řád přesnější, než ostatní katalogy, s průměrnou absolutní odchylkou  $\pm 0.08$  mag. Jako jediný katalog má také inverzi v přesnosti mezi Plejádami a Hyádami — přesnost u Hyád se pohybuje okolo  $\pm 0.10$  mag, což je srovnatelné s přesností GC katalogu. Pro něj je naopak přesnost  $\pm 0.11$  mag nejlepší možnou.

Dále zde vyniká katalog Bonner Durchmusterung. Jeho přesnost  $\pm 0.38$  mag je mezi těmito pěti díly nejhorší, ovšem už se nejedná o více než dvojnásobnou

Katalog	Vše		Plejády		Hyády	
	Medián	Průměr	Medián	Průměr	Medián	Průměr
<b>GC</b>	0,12	0,21	0,20	0,38	0,10	0,11
<b>BD</b>	0,31	0,38	0,31	0,40	0,23	0,34
<b>SAO</b>	0,21	0,30	0,34	0,36	0,15	0,21
<b>HD</b>	0,20	0,28	0,26	0,32	0,12	0,23
<b>HIP</b>	0,05	0,08	0,02	0,03	0,06	0,10

Tabulka 12.1: Průměrné odchylky a medián odchylek ve studovaných katalozích obsahujících slabé hvězdy. Odchylky jsou v absolutní hodnotě, počítané od srovnávacích hodnot z katalogu Tycho-2.

hodnotu, než měl u jasných hvězd. Naopak, v případě Plejád se jeho přesnost velmi blíží těm ostatním, s hodnotami pohybujícími se v relativně malém intervalu  $\pm 0.32$  mag až  $\pm 0.40$  mag.

Zbylé tři katalogy — GC, SAO a HD — mají hodnoty mezi těmito dvěma extrémy. SAO a HD mají velmi podobnou přesnost ve všech třech případech, pohybující se mezi  $\pm 0.21$  mag v Hyádách a  $\pm 0.36$  mag v Plejádách. Boss General Catalogue má mnohem větší rozptyl mezi oběma hvězdokupami. V Plejádách je srovnatelný s Bonner Durchmusterung, ovšem v rámci Hyád je naopak srovnatelný s katalogem Hipparcos.

Hodnoty mediánu se ve všech případech pohybují pod hodnotami průměru, což odpovídá extrémním odchylkám ve směru vyšších hodnot. To je obzvláště patrné u katalogu GC, kde v rámci Plejád je medián o skoro 0.2 menší, oproti Hyádám, kde jsou si obě hodnoty velmi blízké. V rámci Plejád skutečně nalezneme v tomto katalogu odchylky od referenční hodnoty větší než jedna magnituda.

Specifické případy výrazných odchylek už byly probrány v rámci analýzy celého souboru, a není tedy nutné je znovu opakovat zde.

## 12.1 Srovnání s jasnými hvězdami

Jak již bylo nastíněno, toto srovnání není možno provést pro většinu studovaných katalogů, jelikož všechny pozorované objekty ve starších katalozích jsou součástí jasných hvězd. Srovnání lze tedy provést jen na katalozích uvedených v tabulce no.12.1. Průměrné absolutní odchylky a medián odchylek pro jasné hvězdy je uveden v tabulce no.10.1.

Ve většině případů se průměrné odchylky u slabých hvězd zvětšily: z  $\pm 0.13$  mag, respektive  $\pm 0.14$  mag na cca  $\pm 0.3$  magu SAO a HD. Překvapivě Boss General Catalogue, který se zaměřoval na vlastní pohyby hvězd, tedy astrometrii, se zde zhoršil nejméně, na  $\pm 0.21$  mag. V případě jednotlivých hvězdokup narůstají průměrné absolutní odchylky pro všechny tři katalogy. V případě Plejád z cca  $\pm 0.2$  mag na cca  $\pm 0.3$  mag až  $\pm 0.4$  mag; v případě Hyád se ovšem GC znovu vymyká — to odpovídá lepší přesnosti i v kombinaci obou hvězdokup, Hyády přispívají velmi zvýšenou přesností v porovnání s SAO a HD, viz výše uvedené hodnoty průměrných odchylek.

Katalog Hipparchos zůstává víceméně na stejné přesnosti, s rozdíly o jednu či dvě setiny u Plejád, Hyád i obou hvězdokup dohromady.

Klíčová změna zde nastává u Bonner Durchmusterung. Jeho přesnost u jasných hvězd je srovnatelná se starším Argelanderovým dílem, popřípadě Heisovým katalogem, tedy s nejpřesnějšími z historických katalogů (vynecháváme ty přechodové). S průměrnou odchylkou  $\pm 0.50$  mag leží značně nad odchylkami ostatních srovnávaných katalogů. Pokud se však zaměříme pouze na slabé hvězdy, jeho přesnost je jen o desetinu magnitudy horší, než SAO či Henry Draper Catalogue. To je čtyřikrát menší rozdíl, než u jasných hvězd.

V rámci Plejád průměrná odchylka klesla dvojnásobně: z  $\pm 0.89$  mag na  $\pm 0.40$  mag a je v rámci zaokrouhlení na jedno desetinné místo shodná s katalogy GC a SAO.

V případě Hyád ovšem průměrná absolutní odchylka narostla o dvě setiny na  $\pm 0.34$  mag, což ovšem s nárůstem u ostatních katalogů vede k rozdílu pouze desetiny magnitudy, místo dvou desetin u jasných hvězd.

Přesnost Bonner Durchmusterung sice tedy zůstává horší (s výjimkou samotných Plejád) než u ostatních katalogů obsahujících slabé hvězdy, jeho přesnost se však u těchto slabých hvězd výrazně zvýšila. Tím je katalogům v rámci slabých hvězd GC, SAO a HD mnohem blíže, než většině ostatních katalogů — vynecháváme přechodné Potsdamer Durchmusterung a Herschelův katalog, které jsou, podobně jako Bonner Durchmusterung, v prostoru mezi oběma výraznými skupinami. Ani jeden z nich ovšem nevykazuje takto extrémní rozdíly mezi jasnými a slabými hvězdami. Bonner Durchmusterung je jediný katalog, u něhož se s přidáním hvězd nižších jasností zvyšuje přesnost odhadu jejich jasností.

Hodnoty mediánu mezi jasnými a slabými hvězdami narůstají stejným způsobem, jako průměrné absolutní odchylky. (V případě Bonner Durchmusterung dochází logicky k poklesu.) Hodnoty mediánu zůstávají nižší, než hodnoty průměru, což značí přítomnost extrémních větších odchylek. (Všechny katalogy vyjma Hipparcosu obsahují několik hvězd, u nichž rozdíl mezi uvedenou a referenční hodnotou překračuje jednu magnitudu.)

K jediné změně došlo u Bonner Durchmusterung v Plejádách, kde byl u jasných hvězd medián  $\pm 0.95$  mag, tedy větší než hodnota průměru. V rámci slabých hvězd je medián menší, než odpovídající průměr.

## 12.2 Celkové srovnání

Ve srovnání s celým datovým souborem jsou průměrné odchylky automaticky horší u souboru slabých hvězd pro katalogy GC, SAO, HD a Hipparcos. To odpovídá lepší přesnosti těchto katalogů u jasnějších hvězd. V případě katalogu Hipparcos jsou rozdíly ovšem minimální, v rámci jedné a dvou setin.

Katalog Bonner Durchmusterung vykazuje opačný trend, je přesnější u slabších hvězd než u těch jasnějších, a tedy musí mít i lepší přesnost než v kombinaci obou seznamů dohromady.



# 13. Výsledky

## 13.1 Dělení katalogů

Studované hvězdy a katalogy jsou rozdělitelné na několik skupin — Plejády a Hyády, respektive obě hvězdokupy dohromady; jasné hvězdy, slabé hvězdy, respektive všechny hvězdy dohromady; historické katalogy, moderní katalogy a přechodové katalogy.

První dělení je plně přirozené, dané existencí těchto dvou otevřených hvězdokup. To druhé je trochu více umělé, sice inspirované vlastnostmi lidského oka (viditelné a neviditelné pouhým okem), ale hranice mezi jasnými a slabými hvězdami musela být vybrána z několika možných kritérií. Rozdíl mezi nimi by však byl v rámci několika málo hvězd.

Třetí ze zmíněných dělení vzniklo až při studiu získaných dat. Dalo se předpokládat, že budou nějaké rozdíly mezi katalogy v různých epochách — před a po vynalezení dalekohledu, s prvním použitím fotometru, fotografie, či fotoelektroniky (popřípadě CCD), se změnou definice magnitudy. Tyto z historie známé předěly byly popsány v samostatné kapitole.

Hledání těchto předělů však ne vždy vedlo k předpokládanému výsledku. Vynález dalekohledu umožnil pozorování hvězd slabších než šesté magnitudy, a dalo by se tak předpokládat, že po jeho použití došlo u katalogů k nějaké změně. Tedy — došlo, ve formě navýšení počtu pozorovaných hvězd nad úroveň 1000 - 1500 hvězd. Ale nenastala žádná změna v přesnosti fotometrických měření. Při pohledu na graf no.10.1, znázorňující průměrné absolutní odchylky u jednotlivých katalogů (popřípadě jeho varianty pro jednotlivé hvězdokupy), je přesnost po Heliiovi stejná jako před ním. Respektive osciluje mezi půl a jednou magnitudou, ale nenastává žádný pokles odchylek.

Již zmíněný graf však naprosto jasně předvádí jiný rozdíl, skok v přesnostech, který rozdělí studované katalogy na dvě kategorie — historické a moderní. Toto dělení není finální, neboť několik katalogů se ještě stále odlišuje. To je však více patrné, pohlédneme-li na jiné předpokládané předěly, či jiné vlastnosti studovaných katalogů.

Dle přístrojů: dalším skokem vpřed po vynálezu dalekohledu byla v devatenáctém století jeho pro fotometrii specializovaná forma zvaná fotometr. Prvními díly, pro která byl tento přístroj použit, byla Harvardská fotometrie a Potsdamer Durchmusterung. Prostým nahlédnutím do grafu je spatřitelná značná odchylka mezi těmito dvěma katalogy. Potsdamer Durchmusterung je dokonce méně přesný, než dřívější Herschelův katalog, který ani fotometr nevyužil. A přitom je Potsdamer Durchmusterung považován za velice přesný katalog. Fotometr sám tedy není tou klíčovou změnou, která vedla k tak masivnímu navýšení přesnosti. Stejně tak pozdější technologická vylepšení už přesnost tolik nemění — teoreticky lepší (modernější) metody mají dokonce horší výsledky než Harvard Photometry. Až katalog Hipparcos, využívající CCD a technologie konce dvacátého století, poskočí o další řád výše, byť tento rozdíl už není tak markantní na grafu.

Tak by tedy dávalo smysl hledat zdroj odlišných přesností obou skupin v teoretickém kroku — změně definice magnitudy z tradiční na matematickou. Zde je znovu klíčové dílo Harvard Photometry. A zároveň se vysvětluje odlišnost od Potsdamu — každé dílo používá trochu jinak kalibrovanou stupnici, a Harvardská je ta, která se lépe zachovala do dnešního chápání jasností hvězd. Velice přesný Potsdamer Durchmusterung je tak čistě jen systematicky posunutý.

Jsou zde ovšem další dva katalogy, které nevyužívají Pogsonovu definici magnitudy, jak ji zavedl Pickering, ale jejich vlastnosti se v něčem blíží těm moderním. Herschelův katalog, který byl vytvořen pouze za pomoci dalekohledu, nevyužíval tradiční definici magnitudy, ale sekvence jasností. Toto dílo se stalo základem pro návrh nové definice magnitudy, s čímž přišel syn Williama Herschela, John, který ve způsobu otcových měření pokračoval. Herschelův katalog tedy sice Pogsonovu magnitudu nevyužívá, myšlenkou se však k ní již blíží, a navíc je přesnost jeho měření opravdu vysoká. Velikostí i časem vzniku tento katalog však spadá mezi ty historické.

Druhý katalog je Bonner Durchmusterung — obří dílo F. W. A. Argelandera, které dalo vzniknout mnoha pozdějším dílům — pozdější katalogy často proměřovaly hvězdy právě z Bonner Durchmusterung. Objemem se tedy řadí k největším srovnávaným katalogům, proto je ostatně v grafu a tabulkách uveden mnohem později, než kam by se řadil rokem svého vydání. Jeho přesnost však leží přesně mezi oběma skupinami. Při pohledu na průměrné absolutní odchylky či směrodatnou odchylku leží v závislosti na studovaném souboru (viz kombinace těch zmíněných výše) jak mezi historickými, tak mezi moderními katalogy, popřípadě v mezeře mezi nimi. Překvapivě je to u slabých hvězd, kde se jeho přesnost značně zlepšuje, a blíží se přesnosti moderních katalogů — obecně platí, že přesnější měření jsou prováděna pro jasnější hvězdy, což je ve srovnání jasných a slabých hvězd patrné.

Takto tedy vzniká třetí skupina katalogů, takzvané přechodné — nemají mnoho společného, jen to, že úplně nesedí ani do jedné ze dvou hlavních kategorií. Po oddělení Herschelova katalogu, Potsdamer Durchmusterung a Bonner Durchmusterung tak máme historické katalogy — méně početné, pozorované okem či dalekohledem, s průměrnými odchylkami mezi půl a jednou magnitudou (směrodatná odchylka kopíruje průměrnou absolutní odchylku, a není tedy třeba zvlášť udávat, kategorie nijak nemění); a moderní katalogy — buď 9110 hvězd (Revised Harvard Photometry a Yale Bright Star Catalogue), či desítky tisíc až miliony hvězd, pozorované za pomoci fotometru, fotografie, fotoelektronů či CCD, s průměrnými odchylkami mezi cca 0.1 a 0.3 magnitudami.

## 13.2 Jasně a slabé hvězdy

Toto dělení má jednu značnou nevýhodu, danou studovanými katalogy. Naprostá většina z nich obsahuje pouze jasné hvězdy. Zde „jasné“ značí hvězdy viditelné pouhým okem, což při zavedení hranice dle Revised Harvard Photometry (či Bright Star Catalogue, který má označení „jasné hvězdy“ přímo v názvu) zanechá jen pět katalogů z devatenácti (dvaceti, pokud budeme brát Revised Harvard Photometry a Bright Star Catalogue 1930 jako dvě díla — data jsou stejná). Všechny ostatní neobsahují slabé hvězdy, a tedy pro jasné hvězdy a celý soubor hvězd pro ně není rozdíl.



Umožňuje však porovnat, jak se změnila přesnost mezi dvěma velice specifickými skupinami — pokud oddělíme tyto hvězdy, pozorované pouze posledních 150 let, od těch jasnějších, zbude nám soubor hvězd, na kterém je srovnání s historickými katalogy přímočařejší. Není totiž „zkreslené“ nějakými přidanými objekty.

Pokud se zaměříme pouze na jasné hvězdy, dostaneme graf no.10.1. Právě z tohoto srovnání vzniklo výše popsané dělení. Při pohledu buď jen na doplněk — slabé hvězdy — či na celý soubor se změnil jen pět posledních položek, a to tři z nich jedním směrem, čtvrtá tím druhým, a pátá se ani nehne.

Pátá je snadno identifikovatelná, včetně důvodu pro tuto absenci změny. Družice Hipparcos byla určena k co nejpřesnějším astro- a fotometrickým měřením, s kapacitou pozorování daleko za hranicí jasnosti studovaných hvězd (pozorovat mohla až do patnácté magnitudy, ovšem již s větší předpokládanou chybou než do desáté magnitudy, kde se nachází studované hvězdy). Využití čipů CCD také značně zjednodušilo pozorování a jeho vyhodnocování. Zde je tedy skutečně vidět skok v technologii, který vedl k nové úrovni fotometrických měření. Dávalo by tedy možná smysl, přidat čtvrtou kategorii pro katalog Hipparcos samotný (plus katalogy Tycho a Gaia DRX).

Katalog Bonner Durchmusterung již byl zmiňován, včetně jeho inverze přesnosti. Možným důvodem tohoto fenoménu je to, že při pozorování bylo použito několik různých dalekohledů, což mohlo vést k rozdílům mezi pozorováními. Pro slabší hvězdy bylo potřeba silnějšího dalekohledu, tedy jiného, než byl nejspíš použit pro ostatní měření.

Zbylé katalogy se s přidáním slabých hvězd ve své přesnosti zhoršují o desetinu až dvě desetiny magnitudy. Tento skok je navíc včetně změny po zavedení Pogsonovy definice magnitudy, která hvězdy menších jasností přesunula systematicky k nižším hodnotám magnitud, což u moderních katalogů vede k lepším odhadům jasnosti u slabších hvězd než u těch katalogů, které vznikly před novou definicí magnitudy. O to kurióznější je Bonner Durchmusterung, který je s nimi pro slabé hvězdy srovnatelný, ovšem Pogsonovu definici nepoužívá.

### 13.3 Kladné a záporné odchylky

Pokud pohlédneme na graf no.10.4, který znázorňuje odchylky bez aplikované absolutní hodnoty, dostaneme trochu jiný pohled na přesnost jednotlivých katalogů. Pokud bychom zde studovali průměrnou hodnotu (ne-absolutní) odchylky, nebude nic říkat o velikosti jednotlivých odchylek, ale o systematickém posunutí vůči dnešním hodnotám — pokud katalog používá stejnou definici (a kalibraci) magnitudy, jako tu dnešní, bude se průměrná odchylka bez absolutní hodnoty blížit nule.

Toto sledování kladných a záporných odchylek je také úzce propojené se směrodatnou odchylkou jednotlivých katalogů — na grafech, které se jimi zabývají, lze vidět celkové rozložení odchylek, stejně jako systematická posunutí, která samozřejmě změnila i velikost směrodatné odchylky od nulové hodnoty, naopak u směrodatné odchylky od průměrné absolutní odchylky k žádnému nárůstu nedojde.

První, čeho se dá všimnout, je mnohem větší rozptyl u historických katalogů, navíc celý posunutý směrem k vyšším hodnotám magnitud (nižší jasnosti), než

je reálná jasnost studovaných hvězd. Naopak moderní katalogy jsou soustředěné v malé oblasti, ve většině případů symetricky okolo nuly — tedy stejné hodnoty, jako je v referenčním katalogu.

Ty úplně nejstarší katalogy, vzniklé bez pomoci dalekohledu, lze také snadno identifikovat pomocí prostého počtu v grafu znázorněných hvězd. Katalogy mezi Almagestem a Heveliem obsahují jen malý počet objektů, navíc ve velice širokém rozptylu. Po vynálezu dalekohledu narůstá počet hvězd v katalozích, ovšem rozptyl je stále široký.

Zde jsou však vidět dvě skupiny — Flamsteed a Bode dosahují extrémních odchylek směrem k nižším jasnostem (viz nejvyšší odchylka u Plejone v Bodeho katalogu); katalogy Heise a Argelanderova pak dosahují menšího rozptylu, než ostatní historické katalogy, ovšem jsou stále posunuté k vyšším hodnotám magnitud. (Argelanderovy katalogy zde zahrnuje i Bonner Durchmusterung, jehož sloupeček se nápadně podobá druhému Argelanderově dílu — vyjma počtu hvězd, kterých je v BD mnohem více.)

Herschelův katalog má odchylky symetricky okolo nuly, ovšem s o něco větším rozptylem, než u moderních katalogů.

Zbylé katalogy — ty moderní — mají rozptyl mnohem menší než historické. Jsou až na dva případy symetrické kolem nuly, a tedy, díky využívání moderní definice magnitudy, až na pozorovací chyby shodné s dnešním chápáním jasnosti. Příklad katalogu Hipparcos, který vypadá posunutý směrem k záporným odchylkám, je dán grafickým limitem — u těchto katalogů jsou všechny hvězdy (body) velmi blízko u sebe, a tedy se překrývají. Naprostá většina hvězd v katalogu Hipparchos leží v těsné blízkosti nuly, čemuž odpovídá i průměrná odchylka bez absolutní hodnoty na  $-0.05$  mag.

Katalog Potsdamer Durchmusterung je, jak již bylo mnohokrát zmíněno a řešeno, systematicky posunut v důsledku jiné kalibrace, než té Harvardské. Rozptylem však odpovídá moderním katalogům.

Při pohledu na průměrnou odchylku bez absolutní hodnoty: katalogy bez použití dalekohledu oscilují mezi  $0.2$  mag a  $0.6$  mag (pro Piccolominiho je tato hodnota záporná, pro ostatní kladná). V případě této skupiny katalogů je však výpovědní hodnota zkreslena malým počtem objektů.

Flamsteedův a Bodeho katalog mají tuto průměrnou odchylku skoro shodnou na  $0.95$  mag, čímž jsou tedy výrazně posunuté k vyšším hodnotám magnitud, a to skoro ve všech případech, vzhledem k průměrné absolutní odchylce, která mírně přesahuje jednu magnitudu. O tuto jednu magnitudu jsou tyto katalogy tedy systematicky posunuty — extrémní odchylky o jednu a více magnitud se objevují u všech jasností hvězd až po magnitudu  $6.5$ , kde katalogy končí (oba ovšem udávají u některých hvězd i osmou magnitudu).

Heisův katalog a oba Argelanderovy mají průměrnou odchylku bez absolutní hodnoty okolo  $0.5$  mag. Je třeba dodat, že tato srovnání byla provedena pro soubor jasných hvězd, a obzvláště pro Bonner Durchmusterung zde tedy dochází ke zkreslení proti celému hvězdnému souboru — zatímco u moderních katalogů povede přidání slabých hvězd k mírnému rozšíření rozptylů, u Bonner Durchmusterung by se tato průměrná odchylka zmenšila.

U Potsdamer Durchmusterung je průměrná odchylka  $0.24$  mag. Jedná se o systematickou odchylku nikoli v důsledku jiného chápání magnitudy, respektive po-

souvání jasností slabších hvězd k ještě nižším jasnostem, ale v důsledku jiné kalibrace, jak je patrné na grafu, kde je celý sloupec viditelně posunut nahoru.

U ostatních katalogů — včetně toho Herschelova! — se průměrné odchylky bez absolutní hodnoty pohybují mezi cca 0.04 mag a 0.08 mag. leží tedy velmi přesně okolo nulové odchylky. Nepřekvapivě nejnižší hodnota náleží práci Revised Harvard Photometry, která se stala základem pro moderní chápání magnitudy, včetně používané kalibrace. Naopak její předchůdce, Harvard Photometry, leží na stejné úrovni jako ostatní tyto katalogy, blíže horní hranici. I tak se jedná o mnohem lepší shodu, než u historických katalogů.

## 13.4 Plejády a Hyády

Celé srovnání bylo prováděno na dvou otevřených hvězdokupách — tedy dvou odlišných objektech. Při rozdělení na Plejády a Hyády samostatně však především dostáváme dva menší soubory hvězd, čímž jen zmenšujeme statistický vzorek. Tímto rozdělením se tedy hlavně získá něco málo informací o fotometrických vlastnostech obou hvězdokup.

Primárně je to počet viditelných hvězd v jednotlivých hvězdokupách a s tím související rozložení magnitud. Hyády obsahují větší počet jasných hvězd (i když nepočítáme Aldebaran), což vede k většímu počtu položek v této hvězdokupě ve starších katalozích. Naopak Plejády mají jasných hvězd méně. Pro většinu katalogů je tak Hyád přibližně dvojnásobek než Plejád. Výjimkou je Piccolomini, který neobsahuje Plejády, a pak katalogy, které dosáhly jasností, kde už jsou obě hvězdokupy dostatečně zaplněné a navíc kde končí studovaný vzorek hvězd (BD, SAO, HD, HIP).

Tento rozdíl v počtu jasných hvězd také vede k rozdílným vlastnostem dat týkajících se jednotlivých hvězdokup. Plejády mají obecně větší průměrné odchylky než Hyády, což odpovídá právě větším chybám u určování slabších hvězd. Tyto rozdíly jsou znatelně větší u historických katalogů než u těch moderních.

## 13.5 Srovnání se staršími podobnými díly

K tématu srovnávání přesností historických katalogů mnoho napsáno nebylo. Existují dvě významná díla, která se tímto tématem zabývala — Edward Charles Pickering ve své *Harvard Photometry* [21] z roku 1884 se zabývá i srovnáním s některými staršími, a hlavně soudobými, katalogy; Ernst Zinner byl historikem astronomie, který mimo jiné sepsal v roce 1926 *Helligkeitsverzeichnis von 2373 Sternen bis zur Grösse 5.50* [59], dílo, které se vývojem přesnosti fotometrie zabývá.<sup>1</sup>

Obě práce ale žel končí v přibližně stejné době — Zinner ke svým porovnáním používá kombinaci dat z Potsdammer Durchmusterung a Pickeringovy *Harvard Photometry*, zatímco Pickering ve svých pracích *Potsdamer Durchmusterung* zmiňuje, ovšem v *Harvard Photometry* porovnává jiné soudobé katalogy.

### 13.5.1 E. C. Pickering

Pickering v *Harvard Photometry* srovnává své výsledky s díly Ptolemaia, al-Súfího, Williama a Johna Herschela, Argelander (Uranometria Nova i Bonner Durchmusterung), Heise, Behrmanna, Goulda, Flammariona, Houzeaua, Seidela, Wolffa, Peirceho a Pritcharda. Krátce zmiňuje i vynechané období mezi al-Súfím a Herschely, ale nezabývá se tehdejšími katalogy — Ptolemaiem a al-Súfím se zabývá jen kvůli „stáří“ [21].

Z výše uvedených katalogů jsou v této práci porovnávána díla těchto astronomů: Ptolemaios, al-Súfí, W. Herschel, Argelander a Heis.

Pickering ve své práci vynechává odchylky větší než celá magnituda jako extrémní odchylky, a tedy nevhodné pro určování přesnosti. K tomu v této práci nedošlo, obzvlášť jestliže v případě několika katalogů tvoří tyto velké odchylky velké procento porovnávaných hvězd (*Almagest*, al-Súfí, Flamsteed, Bode). Z toho důvodu jsou Pickeringovy předpokládané chyby menší, než v této práci.

Dalším rozdílem je samozřejmě odlišný srovnávací katalog — Pickering porovnává starší díla s vlastními pozorováními, zatímco zde je referencí katalog Tycho-2. Tomu odpovídá odchylka  $\pm 0.1$  mag *Harvard Photometry* od Tycho-2. Všechny Pickeringem uvedené hodnoty se tedy mohou pohybovat v tomto intervalu okolo uvedených hodnot v tabulce no.13.1. V ní je také akcentováno to, že Pickering jako svou předpokládanou průměrnou chybu uvádí hodnotu přenásobenou koeficientem 0.845 — výsledky z této práce přenásobené jím použitou konstantou jsou uvedeny ve sloupci  $P. \Delta$  [mag].

Jediný katalog, kde se místní výsledky s Pickeringem celkem shodují, je Herschelovo dílo, kde po korekci na vlastní chybu uvádí Pickering hodnotu  $\pm 0.15$  mag, což dobře sedí na upravenou hodnotu výsledků této práce. Bez této korekce se hodnota v rámci chyby stále blíží i neupravené hodnotě.

V rámci chyby se pak ještě těsně potkávají hodnoty u upraveného Bonner *Durchmusterung*,  $\pm 0.24$  mag a  $\pm 0.35$  mag, což při maximální možné odchylce mezi referenčními katalogy dosáhne na rozdíl jedné setiny.

---

<sup>1</sup>Jakékoli výše zmíněné přesnosti katalogů dle Zinnera jsou převzaty právě z tohoto díla, ovšem jinými autory. Hodnoty se mohou lišit v důsledku využití hodnoty pro konkrétní magnitudu a nikoli celý katalog.

Zbylé čtyři katalogy jsou u Pickeringa oproti místním výsledkům značně podhodnoceny, z čehož ovšem část bude způsobena právě chybějícími velkými odchylkami u Harvard Photometry. U Almagestu je s „extrémní“ odchylkou 25% hvězd, u al-Súfího 45%, u Argelanderů 14%, u Heise 16%. Pickering uvádí 11%, 5%, 2% a 1% (dopočteno z tabulky uvádějící počet zkoumaných a vynechaných hvězd). V jeho případě však bral všechny hvězdy, které se mu s Harvard Photometry překrývaly — při menším výběru Plejád a Hyád nepochybně může nastat situace, kdy nalezneme lokálně mnohem větší procento extrémních odchylek.

### 13.5.2 E. Zinner

Ernst Zinner je německy píšící autor. Jeho práce se zabývá kromě historie fotometrických metod a porovnání naměřených jasností hvězd také barevností hvězd a důsledky této vlastnosti na měřené magnitudy. To odpovídá době, kdy psal, i katalogům, které používal jako aktuální — Potsdamer Durchmusterung u jednotlivých hvězd barvy uvádí, a Pickering (od něhož byla použita Harvard Photometry) se v té době plně zabýval prací na Henry Draper Catalogue, který studoval spektra hvězd.

Zinner mimo jiné uvádí průměrné předpokládané chyby u mnoha z popsaných katalogů. Naneštěstí ne u všech, navíc nejsou v nějaké jednoduše využitelné podobě — jsou k dispozici v textu, nikoli v nějaké přehledné tabulce jako u Pickeringa.

Na rozdíl od něj používá u výpočtu jiný koeficient, a to 0.886. Kromě toho u některých katalogů uvádí přesnosti i pro jednotlivé magnitudy, nikoli jen pro celý katalog najednou. Ačkoli Zinner uvádí mnohem větší množství katalogů než Pickering či tato práce, u mnoha z nich je jen krátká poznámka, a srovnání přesnosti chybí.

Vzhledem k tomu, že Zinner jako svou referenci použil vážený průměr Harvard Photometry a Potsdamer Durchmusterung, je o něco obtížnější uvést možnou odchylku uvedených hodnot od Tycho-2. Zinner sám uvádí předpokládanou chybu použitých referenčních dat jako  $\pm 0.043$  mag. Vzhledem k systematickému posunutí Potsdamer Durchmusterung, které Zinner ve své práci určitě nevidí, je však tato hodnota nevhodná.

Porovnání dat v této práci a těch uvedených v Zinnerovi je taktéž v tabulce no.13.1. Podobně jako v případě Pickeringa se v tabulce nachází sloupec uvádějící upravené hodnoty pomocí Zinnerem použité konstanty.

V tomto případě velmi dobře sedí Harvard Photometry a Herschelův katalog, ať už pro upravenou či neupravenou hodnotu. Pokud bychom pak vzali jako možnou odchylku od Tycho-2 průměr mezi Potsdamer Durchmusterung a HP —  $\pm 0.19$  mag, respektive  $\pm 0.17$  mag — nalezneme v tomto intervalu shodnost pro katalogy Almagest, Tychonův, Heveliov, oba Argelanderovy a Heisův (Potsdamer Durchmusterung jako jeden z porovnávacích katalogů zde zůstává stranou, zavedením této možné odchylky automaticky sedí).

Jsou to tedy hodnoty pro al-Súfího katalog a ten Flamsteedův, kde místní výsledky a ty Zinnerovy vůbec nesouhlasí. V případě al-Súfího je důvodem s velkou pravděpodobností malý vzorek v Plejádách a Hyádách, ale tato situace u Flam-

	$\Delta$ [mag]	Zinner	Z. $\Delta$ [mag]	Pickering	P. $\Delta$ [mag]
<b>Almagest</b>	0,68	0,50	0,60	0,35	0,57
<b>al-Súfí</b>	0,92	0,45	0,81	0,30	0,77
<b>Piccolomini</b>	0,56		0,50		0,48
<b>Bayer</b>	0,87		0,77		0,74
<b>Tycho</b>	0,77	0,54	0,68		0,65
<b>Hevelius</b>	0,69	0,50	0,62		0,59
<b>Flamsteed</b>	1,04	0,42	0,92		0,88
<b>Argelander</b>	0,52	0,27	0,46	0,24	0,44
<b>Heis</b>	0,57	0,27	0,50	0,22	0,48
<b>Herschel</b>	0,19	0,17	0,17	0,21	0,16
<b>Bode</b>	1,07		0,95		0,90
<b>HP</b>	0,10	0,10	0,09		0,08
<b>Potsdam</b>	0,27	0,09	0,24		0,22
<b>HR/Bright Star</b>	0,09		0,08		0,08
<b>GC</b>	0,16		0,14		0,14
<b>BD</b>	0,42	0,24	0,37	0,24	0,35
<b>SAO</b>	0,24		0,21		0,20
<b>HD</b>	0,23		0,20		0,20
<b>HIP</b>	0,07		0,06		0,06

Tabulka 13.1: Srovnání s předpokládanými chybami uváděnými ve starších pracích Zinnera a Pickeringa. Vzhledem k tomu, že oba autoři používají průměrnou chybu s přidaným koeficientem, jsou v tabulce uvedené i hodnoty upravené o tento koeficient, značené vždy počátečním písmenem autora.

steedova katalogu nenastává. S upravenou hodnotou  $\pm 0.92$  mag má vypočtenou pravděpodobnou chybu dvakrát tak větší, než co uvádí Zinner.

## 14. Seznam katalogů

**Almagest** — taktéž *Mathématique syntaxis* či *al-Kitáb al-Magestí* v arabském překladu, dílo Claudia Ptolemaia z roku 150 n. l., první dochovaný katalog hvězd, zavedl pojem magnituda. (Uváděný jako **Almagest**) (Převzato z [54])

**Knihá stálic** — dílo Abd al-Rahmána Al-Súfího z desátého století, významné arabsky psané dílo rozšiřující Almagest s vlastními pozorováními; stalo se základem pro první hvězdné evropské atlasy, jako ten Dürerův. (Uváděný jako **al-Súfí**) (Převzato z [60] [61])

**De le Stelle Fisse** — v překladu O stálicích, dílo Alessandra Piccolominiho z roku 1540, psané italsky; katalog i atlas, první atlas, který neobsahoval obrazové znázornění souhvězdí, pouze polohy hvězd. (Uváděný jako **Piccolomini**) (Převzato z [62])

**Tychonův „tisícihvězdný“ atlas** — dílo dánského astronoma Tycha Braheho, součást Rudolfských tabulek, vydán poprvé posmrtně v roce 1602, v plné podobě v roce 1627; první evropský katalog, který se vyrovnal — a překonal — Knihu stálic a Almagest, data z tohoto katalogu se stala základem pro pozdější díla, jako například Bayerova Uranometria. (Uváděný jako **Tycho**) (Převzato z [55])

**Uranometria** — celým názvem *Ioannis Bayeri Uranometria omnium asterismorum continens schemata, nova methodo delineata aereis laminis expressa*, katalog a hlavně atlas Johanna Bayera z roku 1603, z velké části na základě Braheho dat; Bayer v něm zavedl takzvané Bayerovo značení řeckými a latinskými písmeny. (Uváděný jako **Bayer**) (Převzato z [63])

**Uranographia** — dílo Johannese Hevelia, vydané roku 1690, poslední velký katalog a atlas vytvořený bez pomoci dalekohledu, ačkoli jej Hevelius měl k dispozici. (Uváděný jako **Hevelius**) (Převzato z [64])

**Atlas Coelestis** — dílo Johna Flamsteeda, vydané nadvakrát, oficiálně až 1725; je základem pro takzvaná Flamsteedova čísla, ačkoli nic takového ještě neobsahoval — Lalande a Bode však zavedli číslování podle tohoto katalogu, které se ujalo jako standardní značení. (Uváděný jako **Flamsteed**) (Převzato z [65])

**Katalogy Williama Herschela** — vydané v letech 1796 (dvě části), 1797 a 1799. Měřeny byly hvězdy ve Flamsteedově katalogu, za pomoci porovnávání s hvězdami se skoro stejnou jasností. (Uváděný jako **Herschel**) (Převzato z [23])

**Bodeho Uranographia** — dílo Johana Elerta Bodeho z roku 1801, první atlas obsahující víceméně všechny hvězdy viditelné pouhým okem, ovšem dosahující až osmé magnitudy; jedno ze dvou děl zavádějící Flamsteedova čísla, ovšem ta, která se neujala. (Uváděný jako **Bode**) (Převzato z [66])

**Uranometria Nova** — první velké dílo F. W. A. Argelander z roku 1836, omezené pouze na hvězdy viditelné pouhým okem — k počtě starším katalogům, včetně jména tohoto díla — a zaměřené pouze na jasnosti hvězd, astrometrická data přebíral z jiných zdrojů. (Uváděný jako **Argelander**) (Převzato z [67])

**Atlas Coelestis Novus** — dílo Eduarda Heise z roku 1872, inspirované a navazující na Argelanderův katalog Uranometria Nova; množství uvedených objektů (hvězd i několika hvězdokup a mlhovin) bylo podstatně vyšší díky Heisovu velice dobrému zraku. (Uváděný jako **Heis**) (Převzato z [68])

**Bonner Durchmusterung** — dílo F. W. A. Argelander z roku 1863, omezené na devátou magnitudu, s některými slabšími hvězdami udanými s magnitudami 9.1, respektive 9.5. Má dvě rozšíření z let 1886 a 1932, pokrývají dohromady celou oblohu. (Uváděný jako **BD**) (Převzato z [69])

**Harvardská fotometrie** — taktéž Harvard Photometry, dílo E. C. Pickeringa z roku 1882. Uvádí pouze hvězdy viditelné pouhým okem, do magnitudy 6.5. Poprvé zde byla použita Pogsonova definice magnitudy. (Uváděný jako **HP**) (Převzato z [21])

**Potsdamer Durchmusterung** — dílo Gustava Müllera a Paula Kerpma, vydávané v letech 1894, 1899, 1903 a 1906. Velmi přesná měření za pomoci fotometru, ovšem posunutá kvůli nové definici magnitudy a rozdílům v barevnosti hvězd. (Uváděný jako **Potsdam**) (Převzato z [23])

**Revidovaná Harvardská fotometrie** — taktéž Revised Harvard Photometry, druhé dílo E. C. Pickeringa z roku 1908, rozšiřující předchozí Harvard Photometry na finálních 9110 hvězd jasnějších než 6.5, základ pro pozdější Bright Star Catalogue. (Uváděný jako **HR/Bright Star**) (Převzato z [23])

**Yale Bright Star Catalogue** — dílo několika autorů, navazujících na Revised Harvard Photometry. První edice vyšla roku 1930, autorem byl Frank Schlesinger. Další edice vyšly 1940, 1964, 1982 a 1991. Hlavním autorem pozdějších edicí byla Ellen Dorrit Hoffleit. Udržuje seznam hvězd z Revised Harvard Photometry, ovšem s novými daty. (Uváděný jako **HR/Bright Star**) (Převzato z [24])

**Henry Draper Catalogue** — dílo Annie J. Cannon a E. C. Pickeringa, navazující na práci zesnulého H. Drapera. Zabývá se spektry hvězd, ovšem i vizuální a fotografickou fotometrií. Vydáván byl mezi lety 1918 a 1924. (Uváděný jako **HD**) (Převzato z [70])

**Boss General Catalogue** — celým názvem *General catalogue of 33342 stars for the epoch 1950*, jedná se o dílo Benjamina Bosse z roku 1936, navazující na starší, pouze astrometrický, katalog jeho otce. Tento obsahuje navíc i fotometrická data. (Uváděný jako **GC**) (Převzato z [28])



### **Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue**

— jedná se o primárně astrometrický katalog z roku 1966, vytvořený na hvězdárně ve Smithsonianově institutu. (Uváděný jako **SAO**) (Převzato z [29])

### **Hipparcos Catalogue**

— katalog vzniklý na základě dat z družice HIPPARCOS, vydaný v roce 1997. Jednalo se primárně o astrometrické dílo. (Uváděný jako **HIP**) (Převzato z [31])

### **Tycho-2**

— Rozšíření katalogu Tycho (resp. Tycho-1), vydané roku 2000, pokrývající 99% hvězd do jedenácté magnitudy. Jedná se taktéž o katalog na základě dat z družice HIPPARCOS. (Uváděný jako **TYCHO-2**) (Převzato z [33])



# Katalog Plejád a Hyád

do desáté vizuální magnitudy  
dle Johnson & Mitchell (1958) a Wirtz (1902)

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfi	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+16 629	HD 29139	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,77
BD+23 541	HD 23630	5	5	–	3	3	3	3	3	3	3
BD+15 632	HD 28319	3,33	3	3	4	4	3	5	4,33	4	3,6
BD+23 557	HD 23850	–	5	–	5	6	6	6	4	4	3,8
BD+18 640	HD 28305	3,33	4	3	3	3	3,33	3,33	3,67	3,67	3,8
BD+23 507	HD 23302	5	–	–	5	5	5	5	4	4,33	3,8
BD+15 612	HD 27371	3,33	3	3	3	3	3	3	4	4	4,05
BD+23 516	HD 23408	–	5	–	5	–	–	6	5	5	4
BD+17 712	HD 27697	3,33	3	3	3	3	3,33	4	4	4	4,15
BD+15 631	HD 28307	–	–	–	–	–	–	5	4,33	4	3,7
BD+23 522	HD 23480	–	–	–	5	5	5	5	5	4,67	4,4
BD+17 719	HD 27962	–	–	–	–	–	–	6	5	5	4,35
BD+24 547	HD 23338	–	4	–	6	–	–	5	5	5	4,3
BD+15 625	HD 28052	–	–	–	–	–	–	7	6	6	4,9
BD+14 720	HD 28910	–	6	–	–	5	5	5	5	5,33	4,7
BD+15 666	HD 29488	–	–	–	–	–	–	6	5	5	5,1
BD+15 637	HD 28527	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+14 697	HD 28100	–	6	–	–	5	5	5	5	5	4,95
BD+17 714	HD 27819	–	–	–	–	–	–	4	6	5,67	4,9
BD+23 558	HD 23862	–	–	–	–	–	–	7,33	–	6,33	5,31
BD+15 665	HD 29479	–	–	–	–	6	6	6	–	5	5,1
BD+16 605	HD 28292	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,3
BD+14 682	HD 27459	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,15
BD+13 690	HD 28556	–	–	–	–	–	–	7	6	6	5,47
BD+22 563	HD 23753	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+23 505	HD 23288	5	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,45
BD+15 639	HD 28546	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,5
BD+15 636	HD 28485	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,62
BD+13 663	HD 27397	–	–	–	–	–	–	6,33	6	6	5,45
BD+24 546	HD 23324	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,4
BD+16 586	HD 27749	–	–	–	–	–	–	6	–	–	5,5
BD+24 553	HD 23432	–	–	–	–	–	–	6,33	–	–	5,8
BD+13 668	HD 27628	–	–	–	–	–	–	7	6	6	5,45
BD+15 661	HD 29375	–	–	–	–	–	–	7	–	–	5,4
BD+14 702	HD 28294	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,9
BD+18 633	HD 27901	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+15 645	HD 28677	–	–	–	–	–	–	7	–	–	6,1
BD+23 563	HD 23923	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+13 665	HD 27483	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+23 536	HD 23629	–	–	–	–	–	–	7	–	–	–
BD+15 603	HD 26911	–	–	–	–	–	–	7	6	6	7,2
BD+24 556	HD 23441	–	–	–	–	–	–	7	–	–	6,25
BD+15 621	HD 27991	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	6,4
BD+23 556	HD 23822	–	–	–	–	–	–	7,33	–	–	–
BD+14 711	HD 28595	–	–	–	–	–	–	7	–	–	–
BD+15 640	HD 28568	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+15 633	HD 28363	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+23 561	HD 23873	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+16 621	HD 28879	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

BD značení	HD značení	Bode	HP	Potsdam	HR/Bright Star	GC	BD	SAO	HD	HIP	ref. hodnota
BD+16 629	HD 29139	1	1	1,15	1,06	1,06	1,1	1,1	1,06	0,87	1,16
BD+23 541	HD 23630	3	3	3,09	2,96	2,96	3,2	3	2,96	2,85	2,834
BD+15 632	HD 28319	5	3,62	3,68	3,62	3,62	4	3,6	3,62	3,4	3,407
BD+23 557	HD 23850	6	3,77	3,92	3,8	3,8	4	3,8	3,8	3,62	3,601
BD+18 640	HD 28305	3	3,67	3,88	3,63	3,63	3,7	3,6	3,63	3,53	3,635
BD+23 507	HD 23302	5	3,82	4,01	3,81	3,81	4,7	3,8	3,81	3,72	3,674
BD+15 612	HD 27371	3	3,86	3,98	3,86	3,86	3,8	3,9	3,86	3,65	3,75
BD+23 516	HD 23408	6	3,98	4,11	4,02	4,02	4,8	4	4,02	3,87	3,849
BD+17 712	HD 27697	4	3,98	4,16	3,93	3,93	3,7	3,9	3,93	3,77	3,86
BD+15 631	HD 28307	5	3,92	3,93	4,04	4,04	4	4	4,04	3,84	3,936
BD+23 522	HD 23480	5	4,22	4,34	4,25	4,25	4,5	4,3	4,25	4,14	4,152
BD+17 719	HD 27962	5	4,24	4,54	4,24	4,24	4,7	4,2	4,24	4,3	4,262
BD+24 547	HD 23338	5	4,44	4,61	4,37	4,37	5	4,4	4,37	4,3	4,272
BD+15 625	HD 28052	7	4,61	4,8	4,6	4,6	5	4,6	4,6	4,48	4,504
BD+14 720	HD 28910	5	4,85	4,89	4,75	4,75	5,4	4,8	4,75	4,65	4,67
BD+15 666	HD 29488	6	4,84	4,94	4,85	4,85	5,3	4,9	4,85	4,67	4,686
BD+15 637	HD 28527	–	4,94	5,02	4,84	4,84	5	4,8	4,84	4,78	4,785
BD+14 697	HD 28100	5	4,91	5	4,94	4,94	5	4,9	4,94	4,69	4,794
BD+17 714	HD 27819	4	4,74	5,12	4,84	4,84	4,8	4,8	4,84	4,8	4,81
BD+23 558	HD 23862	8	–	5,36	5,18	5,18	6,2	5,2	5,18	5,05	5,028
BD+15 665	HD 29479	6	5,11	5,34	5,15	5,15	5,3	5,1	5,15	5,08	5,093
BD+16 605	HD 28292	7	5,34	5,24	5,29	5,29	5	5,3	5,29	4,96	5,095
BD+14 682	HD 27459	7	–	5,44	5,27	5,27	5,9	5,3	5,27	5,26	5,276
BD+13 690	HD 28556	7	5,43	5,66	5,49	5,49	5,7	5,5	5,49	5,4	5,42
BD+22 563	HD 23753	–	–	5,83	5,51	5,51	6,9	5,5	5,51	5,44	5,427
BD+23 505	HD 23288	7	–	5,9	5,43	5,43	6,5	5,4	5,43	5,45	5,441
BD+15 639	HD 28546	7	5,49	5,66	5,49	5,49	5,5	5,5	5,49	5,47	5,482
BD+15 636	HD 28485	7	5,55	5,93	5,7	5,7	6	5,7	5,7	5,58	5,552
BD+13 663	HD 27397	6	5,67	5,72	5,59	5,59	5,7	5,6	5,59	5,58	5,607
BD+24 546	HD 23324	7	–	6,06	5,63	5,63	6,3	5,6	5,63	5,66	5,636
BD+16 586	HD 27749	6	5,61	5,93	5,68	5,68	6	5,7	5,68	5,64	5,658
BD+24 553	HD 23432	7	–	6,14	5,85	5,85	7	5,9	5,85	5,76	5,745
BD+13 668	HD 27628	7	5,77	5,9	5,76	5,76	5,7	5,8	5,76	5,72	5,747
BD+15 661	HD 29375	7	–	6,13	5,8	5,8	6,5	5,8	5,8	5,78	5,81
BD+14 702	HD 28294	7	–	6,19	5,97	5,97	6,5	6	5,97	5,9	5,933
BD+18 633	HD 27901	–	–	6,38	5,96	5,96	6,5	6	5,96	5,97	6,015
BD+15 645	HD 28677	7	–	6,32	6,04	6,04	6,5	6	6,04	6,01	6,035
BD+23 563	HD 23923	–	–	6,36	6,11	6,11	7,2	6,1	6,11	6,17	6,145
BD+13 665	HD 27483	–	–	6,47	6,14	6,14	6,5	6,1	6,14	6,15	6,207
BD+23 536	HD 23629	7	–	–	–	8,1	8	8,1	8,1	–	6,273
BD+15 603	HD 26911	7	6,39	6,61	6,35	6,35	6,3	6,4	6,35	6,31	6,346
BD+24 556	HD 23441	7	–	6,71	6,46	6,46	7	6,5	6,46	6,43	6,418
BD+15 621	HD 27991	7	–	6,74	6,39	6,39	6,8	6,4	6,39	6,44	6,49
BD+23 556	HD 23822	8	–	–	–	6,57	7	6,6	6,57	6,47	6,509
BD+14 711	HD 28595	7	–	–	–	6,64	7,3	6,6	6,64	6,28	6,513
BD+15 640	HD 28568	–	–	–	–	6,66	7,5	6,7	6,66	6,5	6,536
BD+15 633	HD 28363	–	–	–	–	6,58	6,5	6,6	6,58	6,59	6,565
BD+23 561	HD 23873	–	–	–	–	6,63	7,5	6,6	6,63	6,62	6,582
BD+16 621	HD 28879	–	–	–	–	6,51	7,5	6,5	6,51	6,58	6,607

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfi	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+14 687	HD 27561	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 656	HD 29225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 607	HD 27029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 569	HD 23964A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 540	HD 23642	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 562	HD 23568	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 545	HD 23410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+17 724	HD 28150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 579	HD 27383	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-
BD+23 570	HD 24076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+17 732	HD 28406	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 553	HD 23763	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 537	HD 23632	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 591	HD 27848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 602	HD 28124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+17 750	HD 28867	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+13 659	HD 27145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 625	HD 29051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+17 731	HD 28394	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 690	HD 27691	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 512	HD 23387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 538	HD 23631	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 624	HD 29038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 523	HD 23489	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 726	HD 29247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 627	HD 28205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 560	HD 23872	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 624	HD 28034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 567	HD 23948	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 537	HD 23155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+17 722	HD 28007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+18 636	HD 27989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 600	HD 28085	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+13 662	HD 27372	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 693	HD 27836	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 566	HD 23628	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 539	HD 23643	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+13 661	HD 27296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 653	HD 29117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 606	HD 28344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 517	HD 23409	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 585	HD 27685	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+18 637	HD 28139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+17 751	HD 28991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 496	HD 23157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 562	HD 23886	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 651	HD 28992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 540	HD 23194	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 510	HD 23361	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BD značení	HD značení	Bode	HP	Potsdam	HR/Bright Star	GC	BD	SAO	HD	HIP	ref. hodnota
BD+14 687	HD 27561	-	-	-	-	6,71	7,4	6,7	6,71	6,6	6,633
BD+15 656	HD 29225	-	-	-	-	6,67	7	6,7	6,67	6,64	6,676
BD+15 607	HD 27029	-	-	-	-	6,84	7,1	6,8	6,84	6,57	6,702
BD+23 569	HD 23964A	-	-	-	-	6,68	7,5	6,7	6,68	6,73	6,809
BD+23 540	HD 23642	-	-	-	-	6,81	7	6,8	6,81	6,83	6,815
BD+24 562	HD 23568	-	-	-	-	6,68	7,5	6,7	6,68	6,83	6,824
BD+22 545	HD 23410	-	-	-	-	8,1	8	8,1	8,1	6,85	6,911
BD+17 724	HD 28150	-	-	-	-	6,74	6,9	6,7	6,74	6,94	6,924
BD+16 579	HD 27383	7	-	-	-	6,86	7,3	6,9	6,86	6,85	6,934
BD+23 570	HD 24076	-	-	-	-	6,76	7,3	6,8	6,76	6,95	6,949
BD+17 732	HD 28406	-	-	-	-	7,06	7	7,1	7,06	6,9	6,952
BD+23 553	HD 23763	-	-	-	-	6,56	7,8	6,6	6,56	6,96	6,963
BD+23 537	HD 23632	-	-	-	-	-	7,5	8	6,82	6,99	6,989
BD+16 591	HD 27848	-	-	-	-	-	8	7,5	7,8	6,96	6,997
BD+16 602	HD 28124	-	-	-	-	7,13	7,2	7,1	7,13	6,86	7,007
BD+17 750	HD 28867	-	-	6,54	6,24	6,24	6,5	6,2	6,24	6,24	7,013
BD+13 659	HD 27145	-	-	-	-	7,02	6,5	7	7,02	6,9	7,031
BD+16 625	HD 29051	-	-	-	-	7,12	7	7,1	7,12	6,73	7,034
BD+17 731	HD 28394	-	-	-	-	-	7,3	7,3	7,06	7,02	7,072
BD+14 690	HD 27691	-	-	-	-	-	7,8	8,1	7,09	6,97	7,084
BD+23 512	HD 23387	-	-	-	-	8,2	8,1	8,2	8,2	-	7,195
BD+23 538	HD 23631	-	-	-	-	6,94	7,5	6,9	6,94	-	7,286
BD+16 624	HD 29038	-	-	-	-	7,36	7,3	7,4	7,36	7,19	7,323
BD+23 523	HD 23489	-	-	-	-	-	8	7,4	6,96	-	7,338
BD+14 726	HD 29247	-	-	-	-	-	7,5	7,6	7,29	-	7,394
BD+15 627	HD 28205	-	-	-	-	-	8,2	7,9	8	7,41	7,459
BD+23 560	HD 23872	-	-	-	-	-	8	8,3	8,1	-	7,527
BD+15 624	HD 28034	-	-	-	-	7,43	7,7	7,4	7,43	-	7,53
BD+23 567	HD 23948	-	-	-	-	7,34	7,9	7,3	7,34	-	7,535
BD+24 537	HD 23155	-	-	-	-	-	7,3	7,9	7,46	7,52	7,537
BD+17 722	HD 28007	-	-	-	-	-	8	7,9	7,8	-	7,559
BD+18 636	HD 27989	-	-	-	-	-	7,5	8	7,72	8,07	7,608
BD+16 600	HD 28085	-	-	-	-	-	7,6	8	7,72	-	7,614
BD+13 662	HD 27372	-	-	-	-	7,8	8	7,8	7,8	7,51	7,641
BD+14 693	HD 27836	-	-	-	-	-	7,8	8	7,6	7,58	7,655
BD+24 566	HD 23628	-	-	-	-	-	8	7,5	7,29	-	7,687
BD+23 539	HD 23643	-	-	-	-	-	8	8,4	8,1	-	7,777
BD+13 661	HD 27296	-	-	-	-	7,72	7	7,7	7,72	7,75	7,797
BD+15 653	HD 29117	-	-	-	-	-	7,7	8	7,5	-	7,821
BD+16 606	HD 28344	-	-	-	-	-	7,8	8,2	7,6	7,83	7,876
BD+23 517	HD 23409	-	-	-	-	-	8,2	8	8,3	-	7,885
BD+16 585	HD 27685	-	-	-	-	7,8	8	7,8	7,8	7,86	7,912
BD+18 637	HD 28139	-	-	-	-	-	7,5	7,9	7,72	7,69	7,943
BD+17 751	HD 28991	-	-	-	-	-	8	8	7,8	7,91	7,953
BD+23 496	HD 23157	-	-	-	-	-	8,4	8,1	8,6	7,93	7,961
BD+23 562	HD 23886	-	-	-	-	-	7,8	8,2	7,88	-	7,965
BD+15 651	HD 28992	-	-	-	-	-	8,5	8,1	8,4	7,9	7,981
BD+24 540	HD 23194	-	-	-	-	-	8	8,5	8,1	-	8,086
BD+23 510	HD 23361	-	-	-	-	-	8,2	8,1	8,3	-	8,091

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfi	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+23 559	HD 23863	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 504	HD 23246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 573	HD 23924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 587	HD 27761	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 524	HD 23512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 556	HD 23610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 534	HD 23607	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 712	HD 28607	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 549	HD 23733	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 495	HD 23156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 563	HD 23567	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 657	HD 29271	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 565	HD 23791	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 528	HD 23585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 508	HD 23325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 531	HD 23608	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 549	HD 23464	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 520	HD 23479	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 679	HD 27350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 584	HD 24132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 550	HD 23375	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 509	HD 23326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 554	HD 23778	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 537	HD 23289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 548	HD 23351	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 615	HD 285750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+16 614	HD 28671	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 503	HD 23247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 570	HD 23912	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	HD 23732	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 551	HD 23513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 589	HD 24302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 550	HD 23514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 536	HD 23061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 614	HD 285691	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 497	HD 23158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 551	HD 23386	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 549	HD 23352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 526	HD 23511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 499	HD 23195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 548	HD 23713	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+22 553	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 545	HD 282973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+24 552	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



BD značení	HD značení	Bode	HP	Potsdam	HR/Bright Star	GC	BD	SAO	HD	HIP	ref. hodnota
BD+23 559	HD 23863	-	-	-	-	8,6	8,4	8,6	8,6	-	8,107
BD+23 504	HD 23246	-	-	-	-	-	8,7	8,5	8,9	-	8,141
BD+22 573	HD 23924	-	-	-	-	-	8,4	8,5	8,6	-	8,149
BD+16 587	HD 27761	-	-	-	-	7,8	8	7,8	7,8	-	8,164
BD+23 524	HD 23512	-	-	-	-	-	8,4	8,5	8,6	-	8,184
BD+22 556	HD 23610	-	-	-	-	-	8,5	8,4	8,7	8,17	8,188
BD+23 534	HD 23607	-	-	-	-	-	8	8,2	8,1	-	8,218
BD+14 712	HD 28607	-	-	-	-	8,07	8	8,1	8,07	8,17	8,233
BD+23 549	HD 23733	-	-	-	-	-	8,5	8,3	8,7	-	8,271
BD+23 495	HD 23156	-	-	-	-	-	8,3	8,3	8,5	-	8,291
BD+24 563	HD 23567	-	-	-	-	-	8,4	8,4	8,6	-	8,337
BD+15 657	HD 29271	-	-	-	-	-	8	8,3	7,8	-	8,351
BD+22 565	HD 23791	-	-	-	-	-	8,5	8,5	8,7	-	8,406
BD+23 528	HD 23585	-	-	-	-	-	8,5	8,4	8,7	-	8,444
BD+23 508	HD 23325	-	-	-	-	-	8,9	8,7	9,2	-	8,552
BD+23 531	HD 23608	-	-	-	-	-	8,5	8,3	8,7	-	8,73
BD+22 549	HD 23464	-	-	-	-	-	8,6	8,7	8,8	-	8,746
BD+23 520	HD 23479	-	-	-	-	-	8,1	8,4	8,2	-	8,8
BD+14 679	HD 27350	-	-	-	-	-	8	8,7	7,8	8,77	8,858
BD+24 584	HD 24132	-	-	-	-	-	8,9	8,8	9,2	8,86	8,88
BD+24 550	HD 23375	-	-	-	-	-	8,8	8,6	9,1	-	8,937
BD+23 509	HD 23326	-	-	-	-	-	8,6	8,7	8,8	-	8,98
BD+23 554	HD 23778	-	-	-	-	-	9	8,6	9,4	-	8,993
BD+22 537	HD 23289	-	-	-	-	-	8,9	8,8	9,2	8,98	9,007
BD+24 548	HD 23351	-	-	-	-	-	8,9	8,8	9,2	-	9,045
BD+15 615	HD 285750	-	-	-	-	-	8,9	8,7	10	8,89	9,133
BD+16 614	HD 28671	-	-	-	-	-	9,2	9	9,6	-	9,145
BD+23 503	HD 23247	-	-	-	-	-	9,1	8,8	9,5	-	9,164
BD+22 570	HD 23912	-	-	-	-	-	8,7	8,8	8,9	-	9,167
-	HD 23732	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,263
BD+22 551	HD 23513	-	-	-	-	-	9,1	-	9,5	-	9,433
BD+24 589	HD 24302	-	-	-	-	-	9,2	8,8	9,23	9,44	9,499
BD+22 550	HD 23514	-	-	-	-	-	9,3	9	10	-	9,511
BD+24 536	HD 23061	-	-	-	-	-	9,1	9	9,5	-	9,539
BD+15 614	HD 285691	-	-	-	-	-	9,1	-	9,3	9,44	9,573
BD+23 497	HD 23158	-	-	-	-	-	9,3	9	10	-	9,609
BD+24 551	HD 23386	-	-	-	-	-	9,2	-	9,8	-	9,631
BD+24 549	HD 23352	-	-	-	-	-	9,2	-	9,8	-	9,676
BD+23 526	HD 23511	-	-	-	-	-	9,1	9	9,5	-	9,746
BD+23 499	HD 23195	-	-	-	-	-	9,3	9,2	10	-	9,763
BD+23 548	HD 23713	-	-	-	-	-	9,2	9,1	9,8	-	9,768
BD+23 513	-	-	-	-	-	-	9	8,9	-	-	9,906
BD+22 553	-	-	-	-	-	-	9,4	9,3	-	-	9,972
BD+23 545	HD 282973	-	-	-	-	-	9,4	-	9,5	-	10,344
BD+24 552	-	-	-	-	-	-	9,1	-	-	-	10,862



# Závěr

Cílem diplomové práce bylo prozkoumat vývoj astronomické fotometrie nejen z hlediska historie, ale hlavně na základě historických dat. Ta byla získána z dvaceti srovnávaných katalogů, společně s dvěma katalogy použitými pro výběr srovnávaných hvězd a jedním referenčním katalogem.

Studované katalogy byly vybrány buď pro svůj historický význam, nebo důležitost pro dnešní astronomii v případě několika katalogů z dvacátého století. Pokrývají období od antiky po konec dvacátého století, s referenčním katalogem z roku 2000 (Tycho-2).

Porovnávání fotometrických měření — a jejich přesnosti — bylo provedeno na vzorku dvou otevřených hvězdokup, Plejád a Hyád, vybraných na základě širokého rozsahu jasností (včetně hvězd pozorovatelných pouhým okem, nutných ke srovnání nejstarších děl) a kompaktnosti, která měla za cíl odstranit změny v pozorované jasnosti v důsledku různých výšek srovnávaných hvězd nad obzorem.

Práce si kladla za cíl ukázat, jak probíhalo zpřesňování fotometrických měření v průběhu studovaného období, tj. celé zaznamenané, a dochované, historie astronomie. Předpokládané změny měly nastat s vynálezy nových astronomických přístrojů — dalekohledu, fotometru, metod jako jsou fotografie, fotoelektronky či CCD — a se změnami v chápání jasnosti hvězd, primárně se změnou definice magnitudy na konci devatenáctého století.

Dalo se taktéž předpokládat, že se přesnost v průběhu času zlepšovala. Tento předpoklad se ukázal jako nesprávný, stejně jako některé výše zmíněné přelomy nevedly ke změnám v přesnosti. Studované katalogy se jasně rozdělily na dvě skupiny s několika přechodnými díly. Historické katalogy, s daty na základě pozorování pouhým okem či za pomoci dalekohledu, a moderní katalogy, využívající ostatních, novějších metod.

S vynálezem dalekohledu nedošlo k žádné změně v přesnosti, jen ve zvýšeném počtu pozorovaných hvězd. Přesnost u těchto katalogů osciluje mezi průměrnými odchylkami o půl až celou magnitudu, byť u těch nejstarších je tato hodnota zkreslená malým počtem hvězd ve studovaném vzorku.

Od druhé poloviny devatenáctého století došlo k rapidnímu vývoji astronomie, a tedy i fotometrie. Tyto moderní katalogy překvapivě také nedrží trend zlepšující se přesnosti, naopak jsou to ty starší z nich — harvardské katalogy — které patří mezi ty nejpřesnější. S použitím fotometru se ovšem shoduje i doba, kdy došlo k zavedení Pogsonovy definice magnitudy, a tedy ke klíčové změně v zápisu jasnosti hvězd za pomoci této jednotky.

Tato změna skutečně vedla k posunutí škály u slabších hvězd směrem k vyšším jasnostem (ve srovnání se staršími pracemi jako je Bonner Durchmusterung), ovšem první dílo, které tuto definici využilo, je zároveň to, které poprvé využilo fotometru. Zvýšená přesnost je tedy dílem obou změn. Na škálování v Harvard Photometry následně navázaly všechny moderní fotometrické práce, což odpovídá skvělé přesnosti tohoto katalogu vůči referenčnímu.

Přesnost moderních katalogů je výrazně lepší než těch historických a pohybuje se dle této práce mezi desetinou a třemi desetinami magnitudy. Jejich přesnost

je však stále horší, než u těchto katalogů avizovaná hodnota — typicky uvádějí jasnosti hvězd na dvě desetinná místa. Ovšem vzhledem k tomu, že celé srovnání bylo provedeno vůči jinému (nepřesnému) katalogu, vypovídají tyto průměrné odchylky spíše o neshodách mezi jednotlivými současnými měřeními, než o skutečné nepřesnosti těchto katalogů.

Zmíněné přechodné katalogy jsou díla, která některými svými charakteristikami vybočují z dělení na „historické“ a „moderní“ katalogy — počínaje vysokou přesností, přes rozsah, dále inverzi přesnosti u slabých hvězd, až po systematický posun naměřených hodnot vůči dnešnímu standardu.

Výsledkem diplomové práce je tedy historický přehled astronomické fotometrie; získání dat Plejád a Hyád z vybraných katalogů a jejich srovnání s jedním z dnešních nejpřesnějších a nejobsáhlejších katalogů udávajících vizuální magnitudu; a studie změn, které nastaly s vývojem metod a teorie fotometrických měření. Tato studie se také zaměřila na rozdíl mezi hvězdami viditelnými pouhým okem (jasnými hvězdami) a těmi slabšími.

Další možností srovnání by byly rozsáhlejší vzorky dat, popřípadě celé katalogy. Stejně tak, srovnávaných dvacet katalogů byl pouze výběr z mnohem širšího množství prací, které kdy v tomto oboru vznikly. Mnoho z nich je však hůře dostupných, či nemají reference na jiné katalogy, a nelze tak snadno identifikovat v nich uvedené hvězdy — historické katalogy až na výjimky obecně nejsou k dispozici tak, jako ty z dvacátého století ve volně dostupných databázích. Jedná se o obecný problém studia astronomických katalogů a atlasů, ať už se jedná o astrometrická či fotometrická data, která obsahují.

# Seznam použité literatury

- [1] H. E. Rogers. Origins of ancient constellations: I. The Mesopotamian traditions. *Journal of the British Astronomical Association*, 108(1):9–28, 1998.
- [2] R. Miles. A light history of photometry: from Hipparchus to the Hubble Space Telescope. *Journal of the British Astronomical Association*, 117(4):172–186, 2007.
- [3] H. Spencer Jones. Stellar Magnitudes and their Determination. *Nature*, 107:142–146, 1921.
- [4] Nigel Henbest and Heather Couper. *Dějiny astronomie*. Euromedia Group, Praha, 2009. Z anglického originálu *The History of Astronomy*.
- [5] O. A. W. Dilke. The Culmination of Greek Cartography in Ptolemy. In J. B. Harley and David Woodward, editors, *The History of Cartography*, volume 1, chapter 11. University of Chicago Press, Chicago, 1987.
- [6] Ihsan Hafez. *Abd al-Rahman al-Sufi and his book of the fixed stars: a journey of re-discovery*. PhD thesis, James Cook University, 2010.
- [7] Alexander Raymond Jones. Hipparchus. <http://www.britannica.com/biography/Hipparchus-Greek-astronomer>. (2022-03-03).
- [8] Dennis W. Duke. Associations Between the Ancient Star Catalogues. *Archive for History of Exact Sciences*, 56:435–450, 2002.
- [9] J. B. Hearnshaw. *The measurement of starlight*. Cambridge University Press, 2005.
- [10] Baláž. Vývoj astronomické fotometrie. Bakalářská práce, Astronomický ústav Univerzity Karlovy, 2022.
- [11] Ian Ridpath. Alessandro Piccolomini’s star atlas. <http://www.ianridpath.com/startales/piccolomini.html>. (2022-03-12).
- [12] Anna Friedman Herlihy. Renaissance Star Charts. In J. B. Harley and David Woodward, editors, *The History of Cartography*, volume 3, chapter 4. University of Chicago Press, Chicago, 2007.
- [13] Ian Ridpath. Tycho Brahe’s great star catalogue. <http://www.ianridpath.com/startales/tycho.html>. (2022-03-12).
- [14] Ian Ridpath. Bayer’s Uranometria, Hevelius and the Firmamentum Sobiescanium. <http://www.ianridpath.com/startales/startales2b.html>. (2022-03-12).
- [15] Hartmut Frommert. Johan Hevelius. <http://www.messier.seds.org/xtra/Bios/hevelius.html>. (2022-03-13).
- [16] Hartmut Frommert. John Flamsteed. [messier.obspm.org/xtra/Bios/flamsteed.html](http://www.messier.seds.org/xtra/Bios/flamsteed.html). (2022-03-13).

- [17] Ian Ridpath. Flamsteed's Atlas Coelestis, Bode's Uranographia. <http://www.ianridpath.com/startales/startales2c.html>. (2022-03-13).
- [18] Nick Kanas. *Star Maps: History, Artistry and Cartography*. Springer Science + Business Media New York, second edition, 2012.
- [19] Ian Ridpath. The Uranometria Nova of F. W. A. Argelander and the Atlas Coelestis Novus of Eduard Heis. <http://www.ianridpath.com/startales/argrelander-heis.html>. (2022-03-15).
- [20] David M. F. Chapman. Reflections: F. W. A. Argelander - Star Charts and Variable Stars. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 93, únor 1999.
- [21] Edward Charles Pickering. *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*, volume 14. [https://books.google.cz/books?id=BwgGGxlwyQsC&hl=cs&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.cz/books?id=BwgGGxlwyQsC&hl=cs&source=gbs_navlinks_s), John Wilson and son, Cambridge, 1884.
- [22] John B. Hearnshaw. Nineteenth century visual photometers and their achievements. In C. Sterken and K. B. Staubermann, editors, *KARL FRIEDRICH ZOELLNER and the historical dimension of astronomical photometry*, volume 6, chapter 1. The Journal of Astronomical Data (JAD), 2000.
- [23] Edward Charles Pickering. Revised Harvard Photometry: a catalogue of the positions, photometric magnitudes and spectra of 9110 stars, mainly of the magnitude 6.50, and brighter observed with the 2 and 4 inch meridian photometers. *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*, 50, 1908.
- [24] Frank Schlesinger. Catalogue of bright stars, containing all important data known in June, 1930, relating to all stars brighter than 6.5 visual magnitude, and to some fainter ones. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015017180855&view=1up&seq=5>, Yale University Observatory, 1930.
- [25] George F. Barker. *On the Henry Draper Memorial Photographs of Stellar Spectra*, volume 24. American Philosophical Society, 1887.
- [26] Annie J. Cannon and Edward C. Pickering. The Henry Draper catalogue 0h, 1h, 2h, and 3h. *Annals of Harvard College Observatory*, 91, 1918.
- [27] Lewis Boss. *Preliminary General Catalogue of 6,188 Stars for the Epoch 1900*. Carnegie Institution of Washington, 1910.
- [28] Benjamin Boss, Sebastian Albrecht, Heroy Jenkins, Harry Raymond, Arthur Jay Roy, William Bentley Varnum, Ralph Elmer Wilson, and Lewis Boss. *General catalogue of 33342 stars for the epoch 1950*. Carnegie Institution of Washington, 1936.
- [29] HEASARC. SAO - Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog. <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/star-catalog/sao.html>. (2024-04-04).

- [30] ESA. The Hipparcos Space Astrometry Mission. <https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos>. (2024-04-04).
- [31] M. A. C. Perryman et al. The HIPPARCOS Catalogue. *Astronomy and Astrophysics*, 323:L49–L52, červenec 1997.
- [32] E. Hoeg et al. The TYCHO Catalogue. *Astronomy and Astrophysics*, 323:L57–L60, červenec 1997.
- [33] E. Hoeg et al. The Tycho-2 catalogue of the 2.5 million brightest stars. *Astronomy and Astrophysics*, 355:L27–L30, březen 2000.
- [34] ESA. Gaia. <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia>. (2024-04-04).
- [35] Walter Balderston. Sir William Herschel and His Place in the History of Science. *Journal of the Royal Astronomical Society*, 55, leden 1961.
- [36] Reginald L. Waterfield. *Sto let astronomie*. Nakladatelské družstvo Máje, Praha, 1948.
- [37] Vishnu Reddy, Keith Snedegar, and Ram Kumar Balasubramanian. Scaling the magnitude: the fall and rise of N. R. Pogson. *Journal of the British Astronomical Association*, 117, říjen 2007.
- [38] Bruhns, Karl Christian. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd116776021.html>. Nekrolog, *Astronomische Nachrichten*, Nr. 2385; (2024-04-27).
- [39] Karl Friedrich Zöllner. Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels. <https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb10049285?page=5>, Mitscher & Röstel, Berlin, 1861. (2024-04-25).
- [40] H. L. Johnson and W. W. Morgan. Fundamental stellar photometry for standards of spectral type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas. *Astrophysical Journal*, 117:313, květen 1953.
- [41] Carl Melis et al. A VLBI resolution of the Pleiades distance controversy. *Science*, 345:1029–1032, srpen 2014.
- [42] H. L. Johnson and R. I. Mitchell. The Color-Magnitude Diagram of the Pleiades Cluster. II. *Astrophysical Journal*, 128:31, červenec 1958.
- [43] E. Hertzsprung. Catalogue de 3259 étoiles dans les Pléiades. *Annalen van de Sterrewacht te Leiden*, 19:A1–A89, 1947.
- [44] M. A. C. Perryman et al. The Hyades: distance, structure, dynamics, and age. *Astronomy and Astrophysics*, 331:81–120, březen 1998.
- [45] V. N. Nalimov. The Structure of the Hyades. *Soviet Astronomy*, 12:144, 1968.
- [46] Lewis J. Boss. Convergent of a moving cluster in Taurus. *Astronomical Journal*, 26:31–36, září 1908.

- [47] H. G. van Bueren. On the structure of the Hyades cluster. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 11:385, květen 1952.
- [48] N. Lodieu et al. VizieR Online Data Catalog: A 3D view of the Hyades population. *VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/623/A35*, leden 2019.
- [49] C. W. Wirtz. Triangulation der Hyaden-Gruppe. *Astronomische Nachrichten*, 160(2):17, říjen 1902.
- [50] Ochsenbein F. et. al. The vizier database of astronomical catalogues.
- [51] M. Wenger et al. The SIMBAD astronomical database. The CDS reference database for astronomical objects. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 143:9–22, duben 2000.
- [52] Ian Ridpath. Ian Ridpath’s Star Tales. <http://www.ianridpath.com/startales/contents.html>. (2024-03-15).
- [53] Manuscripts of al-Sūfi’s Book of the Images of the Fixed Stars. [https://webpace.science.uu.nl/~gent0113/alsufi/alsufi\\_manuscripts.htm](https://webpace.science.uu.nl/~gent0113/alsufi/alsufi_manuscripts.htm). (2024-04-07).
- [54] Dennis Duke. the data as found in the Almagest, including the textual star descriptions. <https://people.sc.fsu.edu/~dduke/datafiles.htm>. (2024-03-10).
- [55] Johannes Kepler and Tycho Brahe. Tabulæ Rudolphinæ, Quibus Astronomicæ Scientiæ, Temporum Longinquitate Collapsæ Restauratio Continetur. <https://dibiki.ub.uni-kiel.de/viewer/image/PPN587862734/>, 1629.
- [56] N. Zacharias et al. The fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog. <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-ref?bibcode=2012yCat.1322....0Z>.
- [57] S. Roeser et al. A deep all-sky census of the Hyades. <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-ref?bibcode=2011A%26A...531A..92R>.
- [58] M. D. Joner et al. Homogeneous photometry for the Hyades: scale-factor and zero-point tests of previously published BV(RI)C photometry. <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-ref?bibcode=2006AJ...132..111J>.
- [59] Ernst Zinner. *Helligkeitsverzeichnis von 2373 Sternen bis zur Grösse 5.50*. Veroeffentlichungen der Reimis-Sternwarte zu Bamberg, Bamberg, 1926.
- [60] Al-Súfiho atlas ze Strahovského kláštera. [http://www.manuscriptorium.com/apps/index.php?direct=record&pid=AIPDIG-KKPS\\_\\_DA\\_II\\_13\\_\\_\\_2TBK8S6-cs#search](http://www.manuscriptorium.com/apps/index.php?direct=record&pid=AIPDIG-KKPS__DA_II_13___2TBK8S6-cs#search), 1370. (2024-03-24).
- [61] Al-Súfiho atlas z Bologny. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b55005888b/f52.item>, 1270. (2024-04-07).
- [62] Alessandro Piccolomini. De le stelle fisse ... : dove di tutte le XLVII imagin celesti minutissimamente si tratta ... <https://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/929039>, per Gio. Varisco & Compagni, Venetia, 1579.



- [63] Johann Bayer and Alexander Mair. Ioannis Bayeri Uranometria omnium asterismorum continens schemata, nova methodo delineata aereis laminis expressa / tabulae in aes incidit Alexander Mair. <https://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/77412>, excudit Christophorus Magnus, Augustae Vindelicorum, 1603.
- [64] Jan Heweliusz. J. Hevelii Prodrum astronomiae cum Catalogo fixarum et Firmamentum Sobiescianum. <https://polona.pl/item-view/049ab5c8-5726-4a52-ad1b-48f3f475c4f2?page=86>, typis Johannis Zachariae Stollii, Gdańsk, 1690.
- [65] John Flamsteed. Catalogus Britannicus. <https://books.google.co.uk/books?id=4K9FAAAACAAJ&dq=historia%20coelestis%20britannica&pg=RA2-PA1#v=twopage&q&f=false>, 1689.
- [66] Johann Elert Bode. Allgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne: nebst Verzeichniss der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Sternen, Doppelsternen, Nebelflecken und Sternhaufen ; (zu dessen Uranographie gehörig) = Description et connoissance générale des constellations : avec un catalogue de l'ascension droite et de la déclinaison de 17240 étoiles, doubles, nébuleuses et amas d'étoiles ; (pour servir de suite à son Uranographie). <https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb10934408?page=5>, Selbstverlag, Berlin, 1801.
- [67] Friedrich Wilhelm August Argelander. Uranometria nova : stellae per mediam europam solis oculis conspicuae secundum veras lucis magnitudines e coelo ipso descriptae = Neue Uranometrie : Darstellung der im mittlern Europa mit blossen Augen sichtbaren Sterne nach ihren wahren, unmittelbar vom Himmel entnommenen Grössen. <https://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/162910>, Schropp, Berlin, 1843.
- [68] Eduard Heis. Atlas Coelestis Novus: Stellae per mediam Europam solis oculis conspicuae secundum veras lucis magnitudines e coelo ipso descriptae = Neuer Himmels-Atlas: Darstellung der im mittleren Europa mit blossen Augen sichtbaren Sterne nach ihren wahren, unmittelbar vom Himmel entnommenen Grössen. <https://archive.org/details/atlascoelestisn00heisgoog/mode/1up>, Verlag der M. DuMont-Schaubergischen Buchhandlung, Köln, 1872.
- [69] F. W. A. Argelander. Bonner Durchmusterung (1903). <https://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/I/122>.
- [70] A.J. Cannon and E.C. Pickering. Henry Draper Catalogue and Extension 1 (HD,HDE) (1989). <https://cdsarc.cds.unistra.fr/viz-bin/cat/III/135A>.



# Seznam použitých obrázků

- [Obr1] Ian Ridpath. Ptolemy's Almagest, First printed edition, 1515. <http://www.ianridpath.com/startales/almagest.html>. (2022-03-05).
- [Obr2] Al-Súfího atlas ze Strahovského kláštera - Taurus katalog. [http://www.manuscriptorium.com/apps/index.php?direct=record&pid=AIPDIG-KKPS\\_\\_DA\\_II\\_13\\_\\_\\_2TBK8S6-cs#search](http://www.manuscriptorium.com/apps/index.php?direct=record&pid=AIPDIG-KKPS__DA_II_13___2TBK8S6-cs#search), 1370. (2024-03-24).
- [Obr3] Al-Súfího atlas ze Strahovského kláštera - Taurus atlas. [http://www.manuscriptorium.com/apps/index.php?direct=record&pid=AIPDIG-KKPS\\_\\_DA\\_II\\_13\\_\\_\\_2TBK8S6-cs#search](http://www.manuscriptorium.com/apps/index.php?direct=record&pid=AIPDIG-KKPS__DA_II_13___2TBK8S6-cs#search), 1370. (2024-03-24).
- [Obr4] Alessandro Piccolomini. Piccolomini's chart of Taurus from De le stelle fisse. <https://www.e-rara.ch/zut/content/zoom/929124>. (2024-03-24).
- [Obr5] John Flamsteed. Catalogus Britannicus. <https://books.google.co.uk/books?id=4K9FAAAAcAAJ&dq=historia%20coelestis%20britannica&pg=RA2-PA1#v=twopage&q&f=false>. (2024-04-08).
- [Obr6] The Emergence of Astrophysics in Asia Opening a New Window on the Universe Historical and Cultural Astronomy. [https://www.researchgate.net/figure/An-engraving-of-the-34-cm-astrograph-and-associated-25-cm-guide-scope-made-in-1885-and\\_fig3\\_333208134](https://www.researchgate.net/figure/An-engraving-of-the-34-cm-astrograph-and-associated-25-cm-guide-scope-made-in-1885-and_fig3_333208134), Figure 1. (2022-03-24).
- [Obr7] Hipparcos satellite. <https://www.britannica.com/topic/Hipparcos#/media/1/1279910/96479>. (2022-04-19).
- [Obr8] Gaia Artist's Impression. <https://www.cosmos.esa.int/documents/29201/307569/Gaia+Artist%27s+impression.jpg/ff365fd7-3439-47f0-8728-00a6918e5c27?version=1.1&t=1416840771000&imagePreview=1>. (2022-04-22).
- [Obr9] Red and Blue Photometer prisms - Red and Blue Photometers integrated into the Cold Radiator. <https://www.cosmos.esa.int/documents/29201/350208/Red+and+Blue+Photometer+prisms.jpg/a6e859d9-43cc-4cdf-ba88-a3db33623b21?version=1.1&t=1395916895000&imagePreview=1>. (2022-04-22).
- [Obr10] Steinheil prism photometer. [https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle\\_query?2000JAD.....6....7S&defaultprint=YES&filetype=.pdf](https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?2000JAD.....6....7S&defaultprint=YES&filetype=.pdf), Figure 1.1. (2022-03-17).
- [Obr11] The Zöllner Photometer. <https://www.nature.com/articles/107142a0>, Figure 1. (2022-03-17).
- [Obr12] North Polar Sequence , published AAVSO (ICQ 1,17,3,7). <http://195.209.248.207/en/news/17>. (2022-03-26).

- [Obr13] H. L. Johnson and W. W. Morgan. Response of the photometer to equal energy at all wave lengths. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1951ApJ...114..522J/abstract>, Figure 1. (2022-04-11).
- [Obr14] Lewis J. Boss. The Star Stream in Taurus. <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1908AJ.....26...31B>, Figure 1. (2024-03-08).
- [Obr15] C. W. Wirtz. Hyaden 1900, Das Netz erster Ordnung. <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1903AN....160...17W>. (2024-03-08).
- [Obr16] A. Baláž. Počet hvězd v katalogích. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr17] A. Baláž. Plejády a hyády - průměrná absolutní odchylka, jasné hvězdy. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr18] A. Baláž. Hyády - průměrná absolutní odchylka, jasné hvězdy. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr19] A. Baláž. Plejády - průměrná absolutní odchylka, jasné hvězdy. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr20] A. Baláž. Plejády a hyády - kladné a záporné odchylky, jasné hvězdy. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr21] A. Baláž. Hyády - kladné a záporné odchylky, jasné hvězdy. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr22] A. Baláž. Plejády - kladné a záporné odchylky, jasné hvězdy. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr23] A. Baláž. Plejády a hyády - průměrná absolutní odchylka. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr24] A. Baláž. Hyády - průměrná absolutní odchylka. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr25] A. Baláž. Plejády - průměrná absolutní odchylka. vlastní tvorba. (2024-03-10).
- [Obr26] A. Baláž. Moderní katalogy - kladné a záporné odchylky od bonner durchmusterung. vlastní tvorba. (2024-03-15).
- [Obr27] A. Baláž. Směrodatná odchylka v jednotlivých katalogích. vlastní tvorba. (2024-04-09).
- [Obr28] A. Baláž. Závislost průměrné absolutní odchylky a směrodatné odchylky pro jednotlivé katalogy. vlastní tvorba. (2024-04-09).

# Seznam obrázků

1.1	Úryvek z prvního tištěného <i>Almagestu</i> z roku 1515, hvězdy v Kasiopeie a Perseovi [Obr. 1] . . . . .	8
2.1	Výňatek z latinského překladu Knihy stálic ze Strahovského kláštera z roku 1370, zobrazující část katalogu v souhvězdí Býka [Obr. 2] . . . . .	12
2.2	Výňatek z latinského překladu Knihy stálic ze Strahovského kláštera z roku 1370, zobrazující mapu souhvězdí Býka [Obr. 3] . . . . .	13
3.1	Výňatek z Piccolominiho díla, z vydání z roku 1579, zobrazující mapu souhvězdí Býka [Obr. 4] . . . . .	15
4.1	Výňatek z Flamsteedova katalogu — začátek souhvězdí Býka [Obr. 5] . . . . .	18
5.1	33-centimetrový astrograf bratří Henryů [Obr. 6] . . . . .	22
6.1	Vyobrazení družice Hipparcos [Obr. 7] . . . . .	29
6.2	Vyobrazení družice Gaia [Obr. 8] . . . . .	31
6.3	Vyobrazení červeného a modrého fotometrického hranolu družice Gaia [Obr. 9] . . . . .	31
7.1	Steinheilův fotometr [Obr. 10] . . . . .	37
7.2	Schéma Zöllnerova fotometru [Obr. 11] . . . . .	37
7.3	NPS . . . . .	39
7.4	Citlivost fotometru UBV systému [Obr. 13] . . . . .	41
8.1	Ilustrace z článku Lewise Bosse, zobrazující souběžný pohyb hvězd v Hyádách [Obr. 14] . . . . .	45
8.2	Ilustrace z článku C. W. Wirtze, znázorňující jím měřenou oblast a hlavní triangulační síť, se kterou Wirtz pracoval [Obr. 15] . . . . .	46
9.1	Graf znázorňující počet hvězd ve hvězdokupách v jednotlivých katalozích, společně s celkovým počtem hvězd identifikovaným v daném katalogu jako součást Plejád a Hyád [Obr. 16] . . . . .	58
10.1	Odchytky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná absolutní odchytky a medián absolutních odchylek — Hyády a Plejády dohromady, celý soubor „jasných hvězd“ [Obr. 17] . . . . .	64
10.2	Odchytky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná absolutní odchytky a medián absolutních odchylek — Hyády, „jasné hvězdy“ [Obr. 18] . . . . .	65
10.3	Odchytky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná absolutní odchytky a medián absolutních odchylek — Plejády, „jasné hvězdy“ [Obr. 19] . . . . .	66
10.4	Odchytky magnitud v jednotlivých katalozích — kladné a záporné odchytky — Plejády a Hyády, tj. celý soubor [Obr. 20] . . . . .	70

10.5	Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — kladné a záporné odchylky — Hyády [Obr. 21] . . . . .	71
10.6	Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — kladné a záporné odchylky — Plejády [Obr. 22] . . . . .	72
11.1	Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná odchylka a medián odchylek — Hyády a Plejády dohromady, celý soubor [Obr. 23] . . . . .	79
11.2	Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná odchylka a medián odchylek — Hyády [Obr. 24] . . . . .	80
11.3	Odchylky magnitud v jednotlivých katalozích — průměrná odchylka a medián odchylek — Plejády [Obr. 25] . . . . .	81
11.4	Odchylky magnitud v jednotlivých moderních katalozích — kladné a záporné odchylky — Hyády a Plejády dohromady, ve srovnání s Bonner Durchmusterung [Obr. 26] . . . . .	91
11.5	Graf znázorňující směrodatnou odchylku v jednotlivých katalozích pro všechny hvězdy a jasné hvězdy. Svislá čára odděluje katalogy, které už nemají pouze jasné hvězdy a hodnoty se tedy mohou lišit. V levé části grafu se body plně překrývají. [Obr. 27] . . . . .	92
11.6	Graf znázorňující závislost průměrné absolutní odchylky a směrodatné odchylky od ní. S rostoucí průměrnou odchylkou roste i směrodatná odchylka. Jednotlivé body odpovídají jednotlivým katalogům. Červený bod odpovídá katalogu Potsdamer Durchmusterung. [Obr. 28] . . . . .	98

# Seznam tabulek

9.1	Hvězdy, pro které byla referenční hodnota převzata z jiného zdroje, než je katalog Tycho-2. . . . .	54
9.2	Počty hvězd ve hvězdokupách Plejády a Hyády v rámci jednotlivých katalogů — v obou hvězdokupách a v každé zvlášť. Celkový počet hvězd je 143. . . . .	55
9.3	Počty hvězd ve hvězdokupách Plejády a Hyády pro dané magnitudy. Rozložení jasností ve studovaných hvězdokupách — v levé části počet hvězd jasnějších než daná magnituda, v pravé části počet hvězd v daném intervalu magnitud. . . . .	59
10.1	Průměrné absolutní odchylky a medián absolutních odchylek ve studovaných katalogích. Odchylky jsou počítané od srovnávacích hodnot z katalogu Tycho-2. Hodnoty v tabulce jsou pro soubor jasných hvězd. . . . .	62
11.1	Průměrné absolutní odchylky a medián absolutních odchylek ve studovaných katalogích. Odchylky jsou počítané od srovnávacích hodnot z katalogu Tycho-2. Hodnoty v tabulce jsou pro celý studovaný soubor. . . . .	78
11.2	Porovnání předpokládaných chyb uvedených v Harvard Photometry a odchylek od referenčního katalogu Tycho-2. Poslední sloupec, značený $\Delta$ , uvádí rozdíl hodnot, kde záporná hodnota odpovídá absolutní odchylce větší, než je předpokládaná chyba u dané hvězdy. . . . .	89
11.3	Průměrné absolutní odchylky v moderních katalogích v porovnání s katalogem Bonner Durchmusterung, jako zástupcem katalogů před využitím Pogsonovy definice magnitudy. Druhé dva sloupce uvádí počty kladných a záporných odchylek od referenční hodnoty v Bonner Durchmusterung — záporná odchylka znázorňuje posun k nižší hodnotě magnitudy, tedy k vyšší jasnosti hvězdy, v daném katalogu v porovnání s Bonner Durchmusterung; kladná odchylka přesně naopak. . . . .	91
11.4	Směrodatná odchylka od referenční hodnoty z katalogu Tycho-2, uvedená pro všechny hvězdy a pro jasné hvězdy. Dělicí čára označuje hranici, kde se hodnoty ve sloupcích začínají lišit. . . . .	95
11.5	Směrodatná odchylka od průměrné absolutní odchylky v daném katalogu, uvedená pro všechny hvězdy a pro jasné hvězdy. Dělicí čára označuje hranici, kde se hodnoty ve sloupcích začínají lišit. . . . .	96
12.1	Průměrné odchylky a medián odchylek ve studovaných katalogích obsahujících slabé hvězdy. Odchylky jsou v absolutní hodnotě, počítané od srovnávacích hodnot z katalogu Tycho-2. . . . .	99

13.1	Srovnání s předpokládanými chybami uváděnými ve starších pracích Zinnera a Pickeringa. Vzhledem k tomu, že oba autoři používají průměrnou chybu s přidáním koeficientem, jsou v tabulce uvedené i hodnoty upravené o tento koeficient, značené vždy počátečním písmenem autora. . . . .	110
A.1	Odchylky magnitud jednotlivých hvězd od BD v katalozích vzniklých po zavedení (a používání) Pogsonovy definice magnitudy. . .	140
A.2	Tabulka magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích . . . .	143
A.3	Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 . . . .	147
A.4	Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 — Plejády . . . . .	151
A.5	Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 — Hyády	155



## A. Přílohy

### A.1 Odchyly magnitud jednotlivých hvězd od BD v katalozích vzniklých po zavedení (a používání) Pogsonovy definice magnitudy

BD	HD	HR [mag]	GC [mag]	SAO [mag]	HD [mag]	HIP [mag]
BD+16 629	HD 29139	-0,04	-0,04	0	-0,04	-0,23
BD+23 541	HD 23630	-0,24	-0,24	-0,2	-0,24	-0,35
BD+15 632	HD 28319	-0,38	-0,38	-0,4	-0,38	-0,6
BD+23 557	HD 23850	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,38
BD+18 640	HD 28305	-0,07	-0,07	-0,1	-0,07	-0,17
BD+23 507	HD 23302	-0,89	-0,89	-0,9	-0,89	-0,98
BD+15 612	HD 27371	0,06	0,06	0,1	0,06	-0,15
BD+23 516	HD 23408	-0,78	-0,78	-0,8	-0,78	-0,93
BD+17 712	HD 27697	0,23	0,23	0,2	0,23	0,07
BD+15 631	HD 28307	0,04	0,04	0	0,04	-0,16
BD+23 522	HD 23480	-0,25	-0,25	-0,2	-0,25	-0,36
BD+17 719	HD 27962	-0,46	-0,46	-0,5	-0,46	-0,4
BD+24 547	HD 23338	-0,63	-0,63	-0,6	-0,63	-0,7
BD+15 625	HD 28052	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,52
BD+14 720	HD 28910	-0,65	-0,65	-0,6	-0,65	-0,75
BD+15 666	HD 29488	-0,45	-0,45	-0,4	-0,45	-0,63
BD+15 637	HD 28527	-0,16	-0,16	-0,2	-0,16	-0,22
BD+14 697	HD 28100	-0,06	-0,06	-0,1	-0,06	-0,31
BD+17 714	HD 27819	0,04	0,04	0	0,04	0
BD+23 558	HD 23862	-1,02	-1,02	-1	-1,02	-1,15
BD+15 665	HD 29479	-0,15	-0,15	-0,2	-0,15	-0,22
BD+16 605	HD 28292	0,29	0,29	0,3	0,29	-0,04
BD+14 682	HD 27459	-0,63	-0,63	-0,6	-0,63	-0,64
BD+13 690	HD 28556	-0,21	-0,21	-0,2	-0,21	-0,3
BD+22 563	HD 23753	-1,39	-1,39	-1,4	-1,39	-1,46
BD+23 505	HD 23288	-1,07	-1,07	-1,1	-1,07	-1,05
BD+15 639	HD 28546	-0,01	-0,01	0	-0,01	-0,03
BD+15 636	HD 28485	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,42
BD+13 663	HD 27397	-0,11	-0,11	-0,1	-0,11	-0,12
BD+24 546	HD 23324	-0,67	-0,67	-0,7	-0,67	-0,64
BD+16 586	HD 27749	-0,32	-0,32	-0,3	-0,32	-0,36
BD+24 553	HD 23432	-1,15	-1,15	-1,1	-1,15	-1,24
BD+13 668	HD 27628	0,06	0,06	0,1	0,06	0,02
BD+15 661	HD 29375	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,72
BD+14 702	HD 28294	-0,53	-0,53	-0,5	-0,53	-0,6
BD+18 633	HD 27901	-0,54	-0,54	-0,5	-0,54	-0,53
BD+15 645	HD 28677	-0,46	-0,46	-0,5	-0,46	-0,49
BD+23 563	HD 23923	-1,09	-1,09	-1,1	-1,09	-1,03
BD+13 665	HD 27483	-0,36	-0,36	-0,4	-0,36	-0,35
BD+23 536	HD 23629	-	0,1	0,1	0,1	-
BD+15 603	HD 26911	0,05	0,05	0,1	0,05	0,01
BD+24 556	HD 23441	-0,54	-0,54	-0,5	-0,54	-0,57
BD+15 621	HD 27991	-0,41	-0,41	-0,4	-0,41	-0,36
BD+23 556	HD 23822	-	-0,43	-0,4	-0,43	-0,53
BD+14 711	HD 28595	-	-0,66	-0,7	-0,66	-1,02
BD+15 640	HD 28568	-	-0,84	-0,8	-0,84	-1
BD+15 633	HD 28363	-	0,08	0,1	0,08	0,09
BD+23 561	HD 23873	-	-0,87	-0,9	-0,87	-0,88
BD+16 621	HD 28879	-	-0,99	-1	-0,99	-0,92
BD+14 687	HD 27561	-	-0,69	-0,7	-0,69	-0,8
BD+15 656	HD 29225	-	-0,33	-0,3	-0,33	-0,36
BD+15 607	HD 27029	-	-0,26	-0,3	-0,26	-0,53
BD+23 569	HD 23964A	-	-0,82	-0,8	-0,82	-0,77
BD+23 540	HD 23642	-	-0,19	-0,2	-0,19	-0,17
BD+24 562	HD 23568	-	-0,82	-0,8	-0,82	-0,67
BD+22 545	HD 23410	-	0,1	0,1	0,1	-1,15

BD+17 724	HD 28150	-	-0,16	-0,2	-0,16	0,04
BD+16 579	HD 27383	-	-0,44	-0,4	-0,44	-0,45
BD+23 570	HD 24076	-	-0,54	-0,5	-0,54	-0,35
BD+17 732	HD 28406	-	0,06	0,1	0,06	-0,1
BD+23 553	HD 23763	-	-1,24	-1,2	-1,24	-0,84
BD+23 537	HD 23632	-	-	0,5	-0,68	-0,51
BD+16 591	HD 27848	-	-	-0,5	-0,2	-1,04
BD+16 602	HD 28124	-	-0,07	-0,1	-0,07	-0,34
BD+17 750	HD 28867	-0,26	-0,26	-0,3	-0,26	-0,26
BD+13 659	HD 27145	-	0,52	0,5	0,52	0,4
BD+16 625	HD 29051	-	0,12	0,1	0,12	-0,27
BD+17 731	HD 28394	-	-	0	-0,24	-0,28
BD+14 690	HD 27691	-	-	0,3	-0,71	-0,83
BD+23 512	HD 23387	-	0,1	0,1	0,1	-
BD+23 538	HD 23631	-	-0,56	-0,6	-0,56	-
BD+16 624	HD 29038	-	0,06	0,1	0,06	-0,11
BD+23 523	HD 23489	-	-	-0,6	-1,04	-
BD+14 726	HD 29247	-	-	0,1	-0,21	-
BD+15 627	HD 28205	-	-	-0,3	-0,2	-0,79
BD+23 560	HD 23872	-	-	0,3	0,1	-
BD+15 624	HD 28034	-	-0,27	-0,3	-0,27	-
BD+23 567	HD 23948	-	-0,56	-0,6	-0,56	-
BD+24 537	HD 23155	-	-	0,6	0,16	0,22
BD+17 722	HD 28007	-	-	-0,1	-0,2	-
BD+18 636	HD 27989	-	-	0,5	0,22	0,57
BD+16 600	HD 28085	-	-	0,4	0,12	-
BD+13 662	HD 27372	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,49
BD+14 693	HD 27836	-	-	0,2	-0,2	-0,22
BD+24 566	HD 23628	-	-	-0,5	-0,71	-
BD+23 539	HD 23643	-	-	0,4	0,1	-
BD+13 661	HD 27296	-	0,72	0,7	0,72	0,75
BD+15 653	HD 29117	-	-	0,3	-0,2	-
BD+16 606	HD 28344	-	-	0,4	-0,2	0,03
BD+23 517	HD 23409	-	-	-0,2	0,1	-
BD+16 585	HD 27685	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,14
BD+18 637	HD 28139	-	-	0,4	0,22	0,19
BD+17 751	HD 28991	-	-	0	-0,2	-0,09
BD+23 496	HD 23157	-	-	-0,3	0,2	-0,47
BD+23 562	HD 23886	-	-	0,4	0,08	-
BD+15 651	HD 28992	-	-	-0,4	-0,1	-0,6
BD+24 540	HD 23194	-	-	0,5	0,1	-
BD+23 510	HD 23361	-	-	-0,1	0,1	-
BD+23 559	HD 23863	-	0,2	0,2	0,2	-
BD+23 504	HD 23246	-	-	-0,2	0,2	-
BD+22 573	HD 23924	-	-	0,1	0,2	-
BD+16 587	HD 27761	-	-0,2	-0,2	-0,2	-
BD+23 524	HD 23512	-	-	0,1	0,2	-
BD+22 556	HD 23610	-	-	-0,1	0,2	-0,33
BD+23 534	HD 23607	-	-	0,2	0,1	-
BD+14 712	HD 28607	-	0,07	0,1	0,07	0,17
BD+23 549	HD 23733	-	-	-0,2	0,2	-
BD+23 495	HD 23156	-	-	0	0,2	-
BD+24 563	HD 23567	-	-	0	0,2	-
BD+15 657	HD 29271	-	-	0,3	-0,2	-
BD+22 565	HD 23791	-	-	0	0,2	-
BD+23 528	HD 23585	-	-	-0,1	0,2	-
BD+23 508	HD 23325	-	-	-0,2	0,3	-
BD+23 531	HD 23608	-	-	-0,2	0,2	-

BD+22 549	HD 23464	-	-	0,1	0,2	-
BD+23 520	HD 23479	-	-	0,3	0,1	-
BD+14 679	HD 27350	-	-	0,7	-0,2	0,77
BD+24 584	HD 24132	-	-	-0,1	0,3	-0,04
BD+24 550	HD 23375	-	-	-0,2	0,3	-
BD+23 509	HD 23326	-	-	0,1	0,2	-
BD+23 554	HD 23778	-	-	-0,4	0,4	-
BD+22 537	HD 23289	-	-	-0,1	0,3	0,08
BD+24 548	HD 23351	-	-	-0,1	0,3	-
BD+15 615	HD 285750	-	-	-0,2	1,1	-0,01
BD+16 614	HD 28671	-	-	-0,2	0,4	-
BD+23 503	HD 23247	-	-	-0,3	0,4	-
BD+22 570	HD 23912	-	-	0,1	0,2	-
-	HD 23732	-	-	-	-	-
BD+22 551	HD 23513	-	-	-	0,4	-
BD+24 589	HD 24302	-	-	-0,4	0,03	0,24
BD+22 550	HD 23514	-	-	-0,3	0,7	-
BD+24 536	HD 23061	-	-	-0,1	0,4	-
BD+15 614	HD 285691	-	-	-	0,2	0,34
BD+23 497	HD 23158	-	-	-0,3	0,7	-
BD+24 551	HD 23386	-	-	-	0,6	-
BD+24 549	HD 23352	-	-	-	0,6	-
BD+23 526	HD 23511	-	-	-0,1	0,4	-
BD+23 499	HD 23195	-	-	-0,1	0,7	-
BD+23 548	HD 23713	-	-	-0,1	0,6	-
BD+23 513	-	-	-	-0,1	-	-
BD+22 553	-	-	-	-0,1	-	-
BD+23 545	HD 282973	-	-	-	0,1	-
BD+24 552	-	-	-	-	-	-

Tabulka A.1: Odchyly magnitud jednotlivých hvězd od BD v katalogích vzniklých po zavedení (a používání) Pogsonovy definice magnitudy.

## A.2 Tabulka magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfi	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+16 629	HD 29139	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,77
BD+23 541	HD 23630	5	5	–	3	3	3	3	3	3	3
BD+15 632	HD 28319	3,33	3	3	4	4	3	5	4,33	4	3,6
BD+23 557	HD 23850	–	5	–	5	6	6	6	4	4	3,8
BD+18 640	HD 28305	3,33	4	3	3	3	3,33	3,33	3,67	3,67	3,8
BD+23 507	HD 23302	5	–	–	5	5	5	5	4	4,33	3,8
BD+15 612	HD 27371	3,33	3	3	3	3	3	3	4	4	4,05
BD+23 516	HD 23408	–	5	–	5	–	–	6	5	5	4
BD+17 712	HD 27697	3,33	3	3	3	3	3,33	4	4	4	4,15
BD+15 631	HD 28307	–	–	–	–	–	–	5	4,33	4	3,7
BD+23 522	HD 23480	–	–	–	5	5	5	5	5	4,67	4,4
BD+17 719	HD 27962	–	–	–	–	–	–	6	5	5	4,35
BD+24 547	HD 23338	–	4	–	6	–	–	5	5	5	4,3
BD+15 625	HD 28052	–	–	–	–	–	–	7	6	6	4,9
BD+14 720	HD 28910	–	6	–	–	5	5	5	5	5,33	4,7
BD+15 666	HD 29488	–	–	–	–	–	–	6	5	5	5,1
BD+15 637	HD 28527	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+14 697	HD 28100	–	6	–	–	5	5	5	5	5	4,95
BD+17 714	HD 27819	–	–	–	–	–	–	4	6	5,67	4,9
BD+23 558	HD 23862	–	–	–	–	–	–	7,33	–	6,33	5,31
BD+15 665	HD 29479	–	–	–	–	6	6	6	–	5	5,1
BD+16 605	HD 28292	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,3
BD+14 682	HD 27459	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,15
BD+13 690	HD 28556	–	–	–	–	–	–	7	6	6	5,47
BD+22 563	HD 23753	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+23 505	HD 23288	5	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,45
BD+15 639	HD 28546	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,5
BD+15 636	HD 28485	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,62
BD+13 663	HD 27397	–	–	–	–	–	–	6,33	6	6	5,45
BD+24 546	HD 23324	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,4
BD+16 586	HD 27749	–	–	–	–	–	–	6	–	–	5,5
BD+24 553	HD 23432	–	–	–	–	–	–	6,33	–	–	5,8
BD+13 668	HD 27628	–	–	–	–	–	–	7	6	6	5,45
BD+15 661	HD 29375	–	–	–	–	–	–	7	–	–	5,4
BD+14 702	HD 28294	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	5,9
BD+18 633	HD 27901	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+15 645	HD 28677	–	–	–	–	–	–	7	–	–	6,1
BD+23 563	HD 23923	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+13 665	HD 27483	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BD+23 536	HD 23629	–	–	–	–	–	–	7	–	–	–
BD+15 603	HD 26911	–	–	–	–	–	–	7	6	6	7,2
BD+24 556	HD 23441	–	–	–	–	–	–	7	–	–	6,25
BD+15 621	HD 27991	–	–	–	–	–	–	7	–	6,33	6,4
BD+23 556	HD 23822	–	–	–	–	–	–	7,33	–	–	–
BD+14 711	HD 28595	–	–	–	–	–	–	7	–	–	–
BD+16 579	HD 27383	–	–	–	–	–	–	7	–	–	–
BD+17 750	HD 28867	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

BD značení	HD značení	Bode	HP	Potsdam	HR/Bright Star	GC	BD	SAO	HD	HIP	ref. hodnota
BD+16 629	HD 29139	1	1	1,15	1,06	1,06	1,1	1,1	1,06	0,87	1,16
BD+23 541	HD 23630	3	3	3,09	2,96	2,96	3,2	3	2,96	2,85	2,834
BD+15 632	HD 28319	5	3,62	3,68	3,62	3,62	4	3,6	3,62	3,4	3,407
BD+23 557	HD 23850	6	3,77	3,92	3,8	3,8	4	3,8	3,8	3,62	3,601
BD+18 640	HD 28305	3	3,67	3,88	3,63	3,63	3,7	3,6	3,63	3,53	3,635
BD+23 507	HD 23302	5	3,82	4,01	3,81	3,81	4,7	3,8	3,81	3,72	3,674
BD+15 612	HD 27371	3	3,86	3,98	3,86	3,86	3,8	3,9	3,86	3,65	3,75
BD+23 516	HD 23408	6	3,98	4,11	4,02	4,02	4,8	4	4,02	3,87	3,849
BD+17 712	HD 27697	4	3,98	4,16	3,93	3,93	3,7	3,9	3,93	3,77	3,86
BD+15 631	HD 28307	5	3,92	3,93	4,04	4,04	4	4	4,04	3,84	3,936
BD+23 522	HD 23480	5	4,22	4,34	4,25	4,25	4,5	4,3	4,25	4,14	4,152
BD+17 719	HD 27962	5	4,24	4,54	4,24	4,24	4,7	4,2	4,24	4,3	4,262
BD+24 547	HD 23338	5	4,44	4,61	4,37	4,37	5	4,4	4,37	4,3	4,272
BD+15 625	HD 28052	7	4,61	4,8	4,6	4,6	5	4,6	4,6	4,48	4,504
BD+14 720	HD 28910	5	4,85	4,89	4,75	4,75	5,4	4,8	4,75	4,65	4,67
BD+15 666	HD 29488	6	4,84	4,94	4,85	4,85	5,3	4,9	4,85	4,67	4,686
BD+15 637	HD 28527	–	4,94	5,02	4,84	4,84	5	4,8	4,84	4,78	4,785
BD+14 697	HD 28100	5	4,91	5	4,94	4,94	5	4,9	4,94	4,69	4,794
BD+17 714	HD 27819	4	4,74	5,12	4,84	4,84	4,8	4,8	4,84	4,8	4,81
BD+23 558	HD 23862	8	–	5,36	5,18	5,18	6,2	5,2	5,18	5,05	5,028
BD+15 665	HD 29479	6	5,11	5,34	5,15	5,15	5,3	5,1	5,15	5,08	5,093
BD+16 605	HD 28292	7	5,34	5,24	5,29	5,29	5	5,3	5,29	4,96	5,095
BD+14 682	HD 27459	7	–	5,44	5,27	5,27	5,9	5,3	5,27	5,26	5,276
BD+13 690	HD 28556	7	5,43	5,66	5,49	5,49	5,7	5,5	5,49	5,4	5,42
BD+22 563	HD 23753	–	–	5,83	5,51	5,51	6,9	5,5	5,51	5,44	5,427
BD+23 505	HD 23288	7	–	5,9	5,43	5,43	6,5	5,4	5,43	5,45	5,441
BD+15 639	HD 28546	7	5,49	5,66	5,49	5,49	5,5	5,5	5,49	5,47	5,482
BD+15 636	HD 28485	7	5,55	5,93	5,7	5,7	6	5,7	5,7	5,58	5,552
BD+13 663	HD 27397	6	5,67	5,72	5,59	5,59	5,7	5,6	5,59	5,58	5,607
BD+24 546	HD 23324	7	–	6,06	5,63	5,63	6,3	5,6	5,63	5,66	5,636
BD+16 586	HD 27749	6	5,61	5,93	5,68	5,68	6	5,7	5,68	5,64	5,658
BD+24 553	HD 23432	7	–	6,14	5,85	5,85	7	5,9	5,85	5,76	5,745
BD+13 668	HD 27628	7	5,77	5,9	5,76	5,76	5,7	5,8	5,76	5,72	5,747
BD+15 661	HD 29375	7	–	6,13	5,8	5,8	6,5	5,8	5,8	5,78	5,81
BD+14 702	HD 28294	7	–	6,19	5,97	5,97	6,5	6	5,97	5,9	5,933
BD+18 633	HD 27901	–	–	6,38	5,96	5,96	6,5	6	5,96	5,97	6,015
BD+15 645	HD 28677	7	–	6,32	6,04	6,04	6,5	6	6,04	6,01	6,035
BD+23 563	HD 23923	–	–	6,36	6,11	6,11	7,2	6,1	6,11	6,17	6,145
BD+13 665	HD 27483	–	–	6,47	6,14	6,14	6,5	6,1	6,14	6,15	6,207
BD+23 536	HD 23629	7	–	–	–	8,1	8	8,1	8,1	–	6,273
BD+15 603	HD 26911	7	6,39	6,61	6,35	6,35	6,3	6,4	6,35	6,31	6,346
BD+24 556	HD 23441	7	–	6,71	6,46	6,46	7	6,5	6,46	6,43	6,418
BD+15 621	HD 27991	7	–	6,74	6,39	6,39	6,8	6,4	6,39	6,44	6,49
BD+23 556	HD 23822	8	–	–	–	6,57	7	6,6	6,57	6,47	6,509
BD+14 711	HD 28595	7	–	–	–	6,64	7,3	6,6	6,64	6,28	6,513
BD+16 579	HD 27383	7	–	–	–	6,86	7,3	6,9	6,86	6,85	6,934
BD+17 750	HD 28867	–	–	6,54	6,24	6,24	6,5	6,2	6,24	6,24	7,013

Tabulka A.2: Tabulka magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích





### A.3 Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfí	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+16 629	HD 29139	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,39
BD+23 541	HD 23630	2,166	2,166	-	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166
BD+15 632	HD 28319	-0,077	-0,407	-0,407	0,593	0,593	-0,407	1,593	0,923	0,593	0,193
BD+23 557	HD 23850	-	1,399	-	1,399	2,399	2,399	2,399	0,399	0,399	0,199
BD+18 640	HD 28305	-0,305	0,365	-0,635	-0,635	-0,635	-0,305	-0,305	0,035	0,035	0,165
BD+23 507	HD 23302	1,326	-	-	1,326	1,326	1,326	1,326	0,326	0,656	0,126
BD+15 612	HD 27371	-0,42	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	0,25	0,25	0,3
BD+23 516	HD 23408	-	1,151	-	1,151	-	-	2,151	1,151	1,151	0,151
BD+17 712	HD 27697	-0,53	-0,86	-0,86	-0,86	-0,86	-0,53	0,14	0,14	0,14	0,29
BD+15 631	HD 28307	-	-	-	-	-	-	1,064	0,394	0,064	-0,236
BD+23 522	HD 23480	-	-	-	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,518	0,248
BD+17 719	HD 27962	-	-	-	-	-	-	1,738	0,738	0,738	0,088
BD+24 547	HD 23338	-	-0,272	-	1,728	-	-	0,728	0,728	0,728	0,028
BD+15 625	HD 28052	-	-	-	-	-	-	2,496	1,496	1,496	0,396
BD+14 720	HD 28910	-	1,33	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	0,66	0,03
BD+15 666	HD 29488	-	-	-	-	-	-	1,314	0,314	0,314	0,414
BD+15 637	HD 28527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 697	HD 28100	-	1,206	-	-	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,156
BD+17 714	HD 27819	-	-	-	-	-	-	-0,81	1,19	0,86	0,09
BD+23 558	HD 23862	-	-	-	-	-	-	2,302	-	1,302	0,282
BD+15 665	HD 29479	-	-	-	-	0,907	0,907	0,907	-	-0,093	0,007
BD+16 605	HD 28292	-	-	-	-	-	-	1,905	-	1,235	0,205
BD+14 682	HD 27459	-	-	-	-	-	-	1,724	-	1,054	-0,126
BD+13 690	HD 28556	-	-	-	-	-	-	1,58	0,58	0,58	0,05
BD+22 563	HD 23753	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 505	HD 23288	-0,441	-	-	-	-	-	1,559	-	0,889	0,009
BD+15 639	HD 28546	-	-	-	-	-	-	1,518	-	0,848	0,018
BD+15 636	HD 28485	-	-	-	-	-	-	1,448	-	0,778	0,068
BD+13 663	HD 27397	-	-	-	-	-	-	0,723	0,393	0,393	-0,157
BD+24 546	HD 23324	-	-	-	-	-	-	1,364	-	0,694	-0,236
BD+16 586	HD 27749	-	-	-	-	-	-	0,342	-	-	-0,158
BD+24 553	HD 23432	-	-	-	-	-	-	0,585	-	-	0,055
BD+13 668	HD 27628	-	-	-	-	-	-	1,253	0,253	0,253	-0,297
BD+15 661	HD 29375	-	-	-	-	-	-	1,19	-	-	-0,41
BD+14 702	HD 28294	-	-	-	-	-	-	1,067	-	0,397	-0,033
BD+18 633	HD 27901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 645	HD 28677	-	-	-	-	-	-	0,965	-	-	0,065
BD+23 563	HD 23923	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+13 665	HD 27483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 536	HD 23629	-	-	-	-	-	-	0,727	-	-	-
BD+15 603	HD 26911	-	-	-	-	-	-	0,654	-0,346	-0,346	0,854
BD+24 556	HD 23441	-	-	-	-	-	-	0,582	-	-	-0,168
BD+15 621	HD 27991	-	-	-	-	-	-	0,51	-	-0,16	-0,09
BD+23 556	HD 23822	-	-	-	-	-	-	0,821	-	-	-
BD+14 711	HD 28595	-	-	-	-	-	-	0,487	-	-	-
BD+16 579	HD 27383	-	-	-	-	-	-	0,066	-	-	-
BD+17 750	HD 28867	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BD značení	HD značení	Bode	HP	Potsdam	HR/Bright Star	GC	BD	SAO	HD	HIP	ref. hodnota
BD+16 629	HD 29139	-0,16	-0,16	-0,01	-0,1	-0,1	-0,06	-0,06	-0,1	-0,29	1,16
BD+23 541	HD 23630	0,166	0,166	0,256	0,126	0,126	0,366	0,166	0,126	0,016	2,834
BD+15 632	HD 28319	1,593	0,213	0,273	0,213	0,213	0,593	0,193	0,213	-0,007	3,407
BD+23 557	HD 23850	2,399	0,169	0,319	0,199	0,199	0,399	0,199	0,199	0,019	3,601
BD+18 640	HD 28305	-0,635	0,035	0,245	-0,005	-0,005	0,065	-0,035	-0,005	-0,105	3,635
BD+23 507	HD 23302	1,326	0,146	0,336	0,136	0,136	1,026	0,126	0,136	0,046	3,674
BD+15 612	HD 27371	-0,75	0,11	0,23	0,11	0,11	0,05	0,15	0,11	-0,1	3,75
BD+23 516	HD 23408	2,151	0,131	0,261	0,171	0,171	0,951	0,151	0,171	0,021	3,849
BD+17 712	HD 27697	0,14	0,12	0,3	0,07	0,07	-0,16	0,04	0,07	-0,09	3,86
BD+15 631	HD 28307	1,064	-0,016	-0,006	0,104	0,104	0,064	0,064	0,104	-0,096	3,936
BD+23 522	HD 23480	0,848	0,068	0,188	0,098	0,098	0,348	0,148	0,098	-0,012	4,152
BD+17 719	HD 27962	0,738	-0,022	0,278	-0,022	-0,022	0,438	-0,062	-0,022	0,038	4,262
BD+24 547	HD 23338	0,728	0,168	0,338	0,098	0,098	0,728	0,128	0,098	0,028	4,272
BD+15 625	HD 28052	2,496	0,106	0,296	0,096	0,096	0,496	0,096	0,096	-0,024	4,504
BD+14 720	HD 28910	0,33	0,18	0,22	0,08	0,08	0,73	0,13	0,08	-0,02	4,67
BD+15 666	HD 29488	1,314	0,154	0,254	0,164	0,164	0,614	0,214	0,164	-0,016	4,686
BD+16 637	HD 28527	-	0,155	0,235	0,055	0,055	0,215	0,015	0,055	-0,005	4,785
BD+14 697	HD 28100	0,206	0,116	0,206	0,146	0,146	0,206	0,106	0,146	-0,104	4,794
BD+17 714	HD 27819	-0,81	-0,07	0,31	0,03	0,03	-0,01	-0,01	0,03	-0,01	4,81
BD+23 558	HD 23862	2,972	-	0,332	0,152	0,152	1,172	0,172	0,152	0,022	5,028
BD+15 665	HD 29479	0,907	0,017	0,247	0,057	0,057	0,207	0,007	0,057	-0,013	5,093
BD+16 605	HD 28292	1,905	0,245	0,145	0,195	0,195	-0,095	0,205	0,195	-0,135	5,095
BD+14 682	HD 27459	1,724	-	0,164	-0,006	-0,006	0,624	0,024	-0,006	-0,016	5,276
BD+13 690	HD 28556	1,58	0,01	0,24	0,07	0,07	0,28	0,08	0,07	-0,02	5,42
BD+22 563	HD 23753	-	-	0,403	0,083	0,083	1,473	0,073	0,083	0,013	5,427
BD+23 505	HD 23288	1,559	-	0,459	-0,011	-0,011	1,059	-0,041	-0,011	0,009	5,441
BD+15 639	HD 28546	1,518	0,008	0,178	0,008	0,008	0,018	0,018	0,008	-0,012	5,482
BD+15 636	HD 28485	1,448	-0,002	0,378	0,148	0,148	0,448	0,148	0,148	0,028	5,552
BD+13 663	HD 27397	0,393	0,063	0,113	-0,017	-0,017	0,093	-0,007	-0,017	-0,027	5,607
BD+24 546	HD 23324	1,364	-	0,424	-0,006	-0,006	0,664	-0,036	-0,006	0,024	5,636
BD+16 586	HD 27749	0,342	-0,048	0,272	0,022	0,022	0,342	0,042	0,022	-0,018	5,658
BD+24 553	HD 23432	1,255	-	0,395	0,105	0,105	1,255	0,155	0,105	0,015	5,745
BD+13 668	HD 27628	1,253	0,023	0,153	0,013	0,013	-0,047	0,053	0,013	-0,027	5,747
BD+15 661	HD 29375	1,19	-	0,32	-0,01	-0,01	0,69	-0,01	-0,01	-0,03	5,81
BD+14 702	HD 28294	1,067	-	0,257	0,037	0,037	0,567	0,067	0,037	-0,033	5,933
BD+18 633	HD 27901	-	-	0,365	-0,055	-0,055	0,485	-0,015	-0,055	-0,045	6,015
BD+15 645	HD 28677	0,965	-	0,285	0,005	0,005	0,465	-0,035	0,005	-0,025	6,035
BD+23 563	HD 23923	-	-	0,215	-0,035	-0,035	1,055	-0,045	-0,035	0,025	6,145
BD+13 665	HD 27483	-	-	0,263	-0,067	-0,067	0,293	-0,107	-0,067	-0,057	6,207
BD+23 536	HD 23629	0,727	-	-	-	1,827	1,727	1,827	1,827	-	6,273
BD+15 603	HD 26911	0,654	0,044	0,264	0,004	0,004	-0,046	0,054	0,004	-0,036	6,346
BD+24 556	HD 23441	0,582	-	0,292	0,042	0,042	0,582	0,082	0,042	0,012	6,418
BD+15 621	HD 27991	0,51	-	0,25	-0,1	-0,1	0,31	-0,09	-0,1	-0,05	6,49
BD+23 556	HD 23822	1,491	-	-	-	0,061	0,491	0,091	0,061	-0,039	6,509
BD+14 711	HD 28595	0,487	-	-	-	0,127	0,787	0,087	0,127	-0,233	6,513
BD+16 579	HD 27383	0,066	-	-	-	-0,074	0,366	-0,034	-0,074	-0,084	6,934
BD+17 750	HD 28867	-	-	-0,473	-0,773	-0,773	-0,513	-0,813	-0,773	-0,773	7,013

Tabulka A.3: Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalogích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2



#### A.4 Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 - Plejády

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfí	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+23 541	HD 23630	2,166	2,166	-	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166
BD+23 557	HD 23850	-	1,399	-	1,399	2,399	2,399	2,399	0,399	0,399	0,199
BD+23 507	HD 23302	1,326	-	-	1,326	1,326	1,326	1,326	0,326	0,656	0,126
BD+23 516	HD 23408	-	1,151	-	1,151	-	-	2,151	1,151	1,151	0,151
BD+23 522	HD 23480	-	-	-	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,518	0,248
BD+24 547	HD 23338	-	-0,272	-	1,728	-	-	0,728	0,728	0,728	0,028
BD+23 558	HD 23862	-	-	-	-	-	-	2,302	-	1,302	0,282
BD+22 563	HD 23753	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 505	HD 23288	-0,441	-	-	-	-	-	1,559	-	0,889	0,009
BD+24 546	HD 23324	-	-	-	-	-	-	1,364	-	0,694	-0,236
BD+24 553	HD 23432	-	-	-	-	-	-	0,585	-	-	0,055
BD+23 563	HD 23923	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+23 536	HD 23629	-	-	-	-	-	-	0,727	-	-	-
BD+24 556	HD 23441	-	-	-	-	-	-	0,582	-	-	-0,168
BD+23 556	HD 23822	-	-	-	-	-	-	0,821	-	-	-

<b>BD značení</b>	<b>HD značení</b>	<b>Bode</b>	<b>HP</b>	<b>Potsdam</b>	<b>HR/Bright Star</b>	<b>GC</b>	<b>BD</b>	<b>SAO</b>	<b>HD</b>	<b>HIP</b>	<i>ref. hodnota</i>
BD+23 541	HD 23630	0,166	0,166	0,256	0,126	0,126	0,366	0,166	0,126	0,016	2,834
BD+23 557	HD 23850	2,399	0,169	0,319	0,199	0,199	0,399	0,199	0,199	0,019	3,601
BD+23 507	HD 23302	1,326	0,146	0,336	0,136	0,136	1,026	0,126	0,136	0,046	3,674
BD+23 516	HD 23408	2,151	0,131	0,261	0,171	0,171	0,951	0,151	0,171	0,021	3,849
BD+23 522	HD 23480	0,848	0,068	0,188	0,098	0,098	0,348	0,148	0,098	-0,012	4,152
BD+24 547	HD 23338	0,728	0,168	0,338	0,098	0,098	0,728	0,128	0,098	0,028	4,272
BD+23 558	HD 23862	2,972	-	0,332	0,152	0,152	1,172	0,172	0,152	0,022	5,028
BD+22 563	HD 23753	-	-	0,403	0,083	0,083	1,473	0,073	0,083	0,013	5,427
BD+23 505	HD 23288	1,559	-	0,459	-0,011	-0,011	1,059	-0,041	-0,011	0,009	5,441
BD+24 546	HD 23324	1,364	-	0,424	-0,006	-0,006	0,664	-0,036	-0,006	0,024	5,636
BD+24 553	HD 23432	1,255	-	0,395	0,105	0,105	1,255	0,155	0,105	0,015	5,745
BD+23 563	HD 23923	-	-	0,215	-0,035	-0,035	1,055	-0,045	-0,035	0,025	6,145
BD+23 536	HD 23629	0,727	-	-	-	1,827	1,727	1,827	1,827	-	6,273
BD+24 556	HD 23441	0,582	-	0,292	0,042	0,042	0,582	0,082	0,042	0,012	6,418
BD+23 556	HD 23822	1,491	-	-	-	0,061	0,491	0,091	0,061	-0,039	6,509

Tabulka A.4: Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 — Plejády





**A.5 Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalozích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 - Hyády**

BD značení	HD značení	Almagest	al-Súfí	Piccolomini	Bayer	Tycho	Hevelius	Flamsteed	Argelander	Heis	Herschel
BD+16 629	HD 29139	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,39
BD+15 632	HD 28319	-0,077	-0,407	-0,407	0,593	0,593	-0,407	1,593	0,923	0,593	0,193
BD+18 640	HD 28305	-0,305	0,365	-0,635	-0,635	-0,635	-0,305	-0,305	0,035	0,035	0,165
BD+15 612	HD 27371	-0,42	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	0,25	0,25	0,3
BD+17 712	HD 27697	-0,53	-0,86	-0,86	-0,86	-0,86	-0,53	0,14	0,14	0,14	0,29
BD+15 631	HD 28307	-	-	-	-	-	-	1,064	0,394	0,064	-0,236
BD+17 719	HD 27962	-	-	-	-	-	-	1,738	0,738	0,738	0,088
BD+15 625	HD 28052	-	-	-	-	-	-	2,496	1,496	1,496	0,396
BD+14 720	HD 28910	-	1,33	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	0,66	0,03
BD+15 666	HD 29488	-	-	-	-	-	-	1,314	0,314	0,314	0,414
BD+15 637	HD 28527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+14 697	HD 28100	-	1,206	-	-	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,156
BD+17 714	HD 27819	-	-	-	-	-	-	-0,81	1,19	0,86	0,09
BD+15 665	HD 29479	-	-	-	-	0,907	0,907	0,907	-	-0,093	0,007
BD+16 605	HD 28292	-	-	-	-	-	-	1,905	-	1,235	0,205
BD+14 682	HD 27459	-	-	-	-	-	-	1,724	-	1,054	-0,126
BD+13 690	HD 28556	-	-	-	-	-	-	1,58	0,58	0,58	0,05
BD+15 639	HD 28546	-	-	-	-	-	-	1,518	-	0,848	0,018
BD+15 636	HD 28485	-	-	-	-	-	-	1,448	-	0,778	0,068
BD+13 663	HD 27397	-	-	-	-	-	-	0,723	0,393	0,393	-0,157
BD+16 586	HD 27749	-	-	-	-	-	-	0,342	-	-	-0,158
BD+13 668	HD 27628	-	-	-	-	-	-	1,253	0,253	0,253	-0,297
BD+15 661	HD 29375	-	-	-	-	-	-	1,19	-	-	-0,41
BD+14 702	HD 28294	-	-	-	-	-	-	1,067	-	0,397	-0,033
BD+18 633	HD 27901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 645	HD 28677	-	-	-	-	-	-	0,965	-	-	0,065
BD+13 665	HD 27483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD+15 603	HD 26911	-	-	-	-	-	-	0,654	-0,346	-0,346	0,854
BD+15 621	HD 27991	-	-	-	-	-	-	0,51	-	-0,16	-0,09
BD+14 711	HD 28595	-	-	-	-	-	-	0,487	-	-	-
BD+16 579	HD 27383	-	-	-	-	-	-	0,066	-	-	-
BD+17 750	HD 28867	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BD značení	HD značení	Bode	HP	Potsdam	HR/Bright Star	GC	BD	SAO	HD	HIP	ref. hodnota
BD+16 629	HD 29139	-0,16	-0,16	-0,01	-0,1	-0,1	-0,06	-0,06	-0,1	-0,29	1,16
BD+15 632	HD 28319	1,593	0,213	0,273	0,213	0,213	0,593	0,193	0,213	-0,007	3,407
BD+18 640	HD 28305	-0,635	0,035	0,245	-0,005	-0,005	0,065	-0,035	-0,005	-0,105	3,635
BD+15 612	HD 27371	-0,75	0,11	0,23	0,11	0,11	0,05	0,15	0,11	-0,1	3,75
BD+17 712	HD 27697	0,14	0,12	0,3	0,07	0,07	-0,16	0,04	0,07	-0,09	3,86
BD+15 631	HD 28307	1,064	-0,016	-0,006	0,104	0,104	0,064	0,064	0,104	-0,096	3,936
BD+17 719	HD 27962	0,738	-0,022	0,278	-0,022	-0,022	0,438	-0,062	-0,022	0,038	4,262
BD+15 625	HD 28052	2,496	0,106	0,296	0,096	0,096	0,496	0,096	0,096	-0,024	4,504
BD+14 720	HD 28910	0,33	0,18	0,22	0,08	0,08	0,73	0,13	0,08	-0,02	4,67
BD+15 666	HD 29488	1,314	0,154	0,254	0,164	0,164	0,614	0,214	0,164	-0,016	4,686
BD+15 637	HD 28527	–	0,155	0,235	0,055	0,055	0,215	0,015	0,055	-0,005	4,785
BD+14 697	HD 28100	0,206	0,116	0,206	0,146	0,146	0,206	0,106	0,146	-0,104	4,794
BD+17 714	HD 27819	-0,81	-0,07	0,31	0,03	0,03	-0,01	-0,01	0,03	-0,01	4,81
BD+15 665	HD 29479	0,907	0,017	0,247	0,057	0,057	0,207	0,007	0,057	-0,013	5,093
BD+16 605	HD 28292	1,905	0,245	0,145	0,195	0,195	-0,095	0,205	0,195	-0,135	5,095
BD+14 682	HD 27459	1,724	–	0,164	-0,006	-0,006	0,624	0,024	-0,006	-0,016	5,276
BD+13 690	HD 28556	1,58	0,01	0,24	0,07	0,07	0,28	0,08	0,07	-0,02	5,42
BD+15 639	HD 28546	1,518	0,008	0,178	0,008	0,008	0,018	0,018	0,008	-0,012	5,482
BD+15 636	HD 28485	1,448	-0,002	0,378	0,148	0,148	0,448	0,148	0,148	0,028	5,552
BD+13 663	HD 27397	0,393	0,063	0,113	-0,017	-0,017	0,093	-0,007	-0,017	-0,027	5,607
BD+16 586	HD 27749	0,342	-0,048	0,272	0,022	0,022	0,342	0,042	0,022	-0,018	5,658
BD+13 668	HD 27628	1,253	0,023	0,153	0,013	0,013	-0,047	0,053	0,013	-0,027	5,747
BD+15 661	HD 29375	1,19	–	0,32	-0,01	-0,01	0,69	-0,01	-0,01	-0,03	5,81
BD+14 702	HD 28294	1,067	–	0,257	0,037	0,037	0,567	0,067	0,037	-0,033	5,933
BD+18 633	HD 27901	–	–	0,365	-0,055	-0,055	0,485	-0,015	-0,055	-0,045	6,015
BD+15 645	HD 28677	0,965	–	0,285	0,005	0,005	0,465	-0,035	0,005	-0,025	6,035
BD+13 665	HD 27483	–	–	0,263	-0,067	-0,067	0,293	-0,107	-0,067	-0,057	6,207
BD+15 603	HD 26911	0,654	0,044	0,264	0,004	0,004	-0,046	0,054	0,004	-0,036	6,346
BD+15 621	HD 27991	0,51	–	0,25	-0,1	-0,1	0,31	-0,09	-0,1	-0,05	6,49
BD+14 711	HD 28595	0,487	–	–	–	–	0,127	0,087	0,127	-0,233	6,513
BD+16 579	HD 27383	0,066	–	–	–	-0,074	0,366	-0,034	-0,074	-0,084	6,934
BD+17 750	HD 28867	–	–	-0,473	-0,773	-0,773	-0,513	-0,813	-0,773	-0,773	7,013

Tabulka A.5: Tabulka odchylek uvedených magnitud jasných hvězd ve studovaných katalogích od hodnot v referenčním katalogu Tycho-2 — Hyády

