

# Homogenizace dat dlouhodobých měření rychlostních polí přístroje MDI / SoHO

*Miroslav Klvaňa, Astronomický ústav Akademie věd České republiky, observatoř Ondřejov, Česká republika, mklvana@asu.cas.cz*

*Michal Švanda, Astronomický ústav Akademie věd České republiky, observatoř Ondřejov, Astronomický ústav University Karlovy v Praze, Česká republika, svanda@asu.cas.cz*

*Václav Bumba, Astronomický ústav Akademie věd České republiky, observatoř Ondřejov, Česká republika, bumba@asu.cas.cz*

## Abstrakt:

Při zpracování rychlostních polí přístroje MDI družicové observatoře SoHO jsme v dlouhodobé sekvenci dopplergramů zjistili a odstranili řadu defektů, spojených jak s přístrojovými efekty, tak i se zpracováním a archivováním naměřených dopplergramů. V této práci popisujeme zjištěné defekty a způsoby jejich odstranění za účelem homogenizace 783 dopplergramů, měřených s šestihodinovou kadencí v časovém intervalu od 01. 05. 1996 do 24. 06. 1998.

## 1. ÚVOD

Snaha o ověření dynamické teorie slapových sil ve sluneční fotosféře (Krivtsov a kol., 2002) nás vedla ke zpracování značného množství dopplergramů, získaných přístrojem MDI družicové observatoře SoHO (Scherrer a kol., 1995). Na základě této teorie existuje předpoklad, že dopplerovské rychlostní pole Slunce by mohlo vykazovat charakteristické změny s periodou přibližně 120 dnů (Klvaňa a kol., 2005).

Ověření efektu je možné na dlouhodobé homogenní řadě dopplergramů. Při použití primárních dat z archivu MDI/SoHO jsme však zjistili nesrovnalosti, které se promítaly do získaných výsledků takovou měrou, že tyto výsledky nebyly k ověření teorie použitelné. Bylo nutno přistoupit k prověření vlastností dat, která nám byla k tomuto účelu poskytnuta.

## 2. POUŽITÁ DATA

Michelsonův interferometr (přístroj MDI) poskytuje filtrogramy slunečního disku v pěti vlnových délkách, pokrývajících rovnoměrně spektrální čáru Ni I s vlnovou délkou 676,88 nm. Z těchto filtrogramů se pak na základě modelu spektrální čáry počítá konfigurace rychlostního pole dopplergramu. Dopplergram celého slunečního disku je uložen dvoubajtově v matici 1024x1024 bodů.

Dopplergramy jsou snímány v závislosti na pracovním programu s různou kadencí. Pro naše účely používáme standardní pracovní režim, měření dopplergramů po 6 hodinách.

## 3. DRUHY DEFEKTŮ V DOPPLERGRAMECH

Pro naše účely jsme z dat SoHO vybrali interval 783 dnů měření přístroje MDI od 01.05.1996 do 24.06.1998. V tomto časovém intervalu se přístroj nacházel v režimu pravidelné registrace jednoho dopplergramu každých šest hodin. Dále diskutované problémy se týkají právě dat pravidelných šestihodinových měření.

### 3.1. Chyby v pořadí dopplergramů podle času

První a možná nejzákladnější chybou byla záměna pořadí dopplergramů v datové řadě. Při bližším rozboru jsme zjistili, že údaje o čase pozorování v hlavičce dopplergramu jsou správně, ale vlastní pořadí snímků, označovaných a seřazených podle dne a pořadového čísla pozorování v tomto dni, může být chybné.

Odstranění chyby: Pro sestavení časové sekvence po sobě jdoucích snímků nepoužívat jejich pořadí tak, jak byla data stažena z archivu SoHO, ale řadit snímky podle časů, uvedených v jejich hlavičkách.

### 3.2. Nedodržení časové pravidelnosti dopplergramů

I když bychom očekávali, že v šestihodinovém režimu měření budou data registrována pravidelně po šesti hodinách, není tomu tak. Jsou běžné segmenty dat, kdy časy registrace jsou zcela chaotické a navázat je na pravidelný šestihodinový režim je prakticky nemožné. Tento efekt je často kombinován s vynechanými dopplergramy a zřejmě souvisí s poruchami měření.

Odstranění chyby: Pokud pro naši práci potřebujeme pravidelnou časovou řadu spektroheliogramů, je jediným východiskem interpolace mezi sousedními snímky, vztažená k vynechaným časům v datové řadě.

### 3.3. Vynechané dopplergramy

Vynechaných dopplergramů v jejich časové řadě je bohužel značné množství. Pokud při výpočtu započteme také zlomky dne, měli bychom mít v časové řadě použitého intervalu celkem 3133 dopplergramů. Reálný počet dopplergramů je však jen 2236, tzn. téměř jedna třetina dopplergramů chybí. Někdy vypadne celá řada po sobě následujících dopplergramů a proto tento efekt vede ke značným potížím v homogenizaci časové řady.

**Odstranění chyby:** V určitých případech můžeme použít interpolaci podle bodu 3.2. Při interpolaci časové řady, v níž chybí několik dopplergramů za sebou může však taková interpolace vnést do interpolované řady rušivý efekt. V našem případě jsme tuto interpolaci prováděli, protože krátkodobé efekty by se v naší aplikaci neměly rušivě projevit.

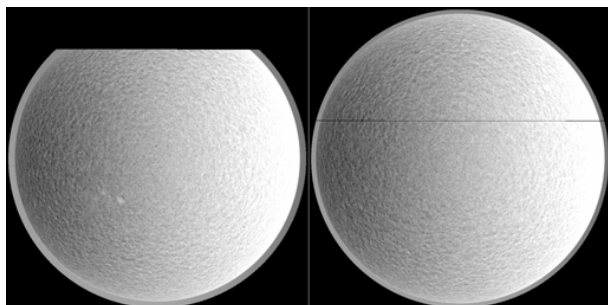
### 3.4. Opakování stejných dopplergramů

Při seřazení dopplergramů podle časů uvedených v jejich hlavičkách jsme zjistili, že některé dopplergramy v původní datové řadě se opakují (měly stejný čas pořízení).

**Odstranění chyby:** Stejně dopplergramy není možno využít a proto je třeba je odstranit. V našem případě to bylo 48 dopplergramů.

### 3.5 Chybějící část dopplergramu

Dopplergramy mohou být narušeny tak, že chybí horní část disku. Velikost chybějící oblasti je proměnná a tvoří ji jeden segment s chybějícími řádky (obr.1).



*Obr. 1.: Defekty v obraze dopplergramu. Vlevo chybějící část obrazu, vpravo tři defektní řádky (na začátku a na konci dva řádky, uprostřed jen ten průběžný).*

**Odstranění chyby:** Eliminace chyby je problém. Především záleží na podmínkách konkrétní aplikace (viz bod 3.3). Pro naše účely jsme z těchto důvodů odstranili celkem 69 dopplergramů.

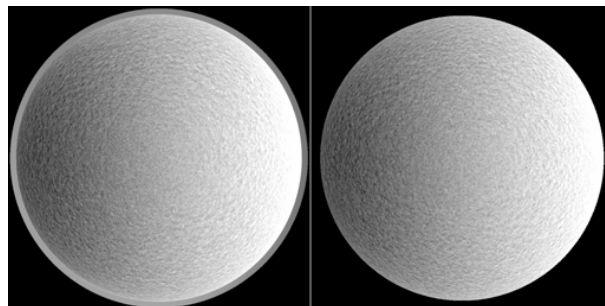
### 3.6. Defektní řádky

Některé z dopplergramů mohou být narušeny chybnými řádky. Někdy chybí jen částí řádku. Na nezmenšeném obraze při prohlížení dopplergramů je defekt většinou zřetelně viditelný (obr.1).

**Odstranění chyby:** Pokud by tento defekt rušil, postačí většinou nahradit chybějící data interpolací okolních bodů. Pro naše účely jsme tyto defekty neodstraňovali.

### 3.7. Chybějící okraj disku

Pokud je kolem dopplergramu vykresleno tenké světlé mezikruží je všechno v pořádku. Dopplergramy bez tohoto mezikruží však zobrazují pouze část slunečního disku (obr.2). Průměr dopplergramu, uvedený v jeho hlavičce neodpovídá vykreslenému průměru. Měřítka zobrazení v testovaných případech však zůstalo zachováno.



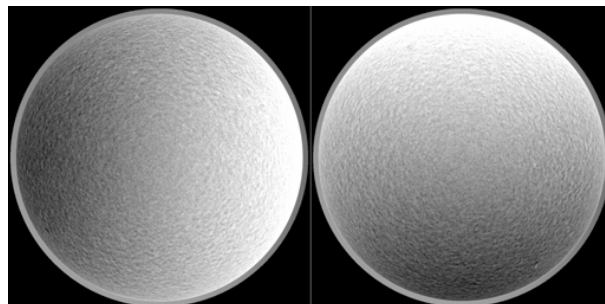
*Obr. 2.: Celý obraz slunečního disku s mezikružím a defektní obraz oříznutého disku, který poznáme podle toho, že mezikruží zde vždy chybí.*

**Odstranění chyby:** Tuto chybu v šestihodinových datech nelze odstranit a pokud by mohla celkový výsledek ovlivnit, je nutno všechny dopplergramy oříznout a zpracovávat jen jejich společnou část bez okrajů. My jsme se při zpracování omezili na společnou část dopplergramů.

### 3.8. Otočení obrazu disku

V datové řadě jsme se setkali pouze s jedním dopplergramem, otočeným o devadesát stupňů (obr.3). Toto otočení nebylo v hlavičce dopplergramu zaznamenáno a proto tuto chybu není možno pomocí hlavičky identifikovat. Při práci s jinými daty SoHO jsme narazili na otočení magnetogramu o 180°.

Informaci o tomto otočení bylo možno z hlavičky zjistit.

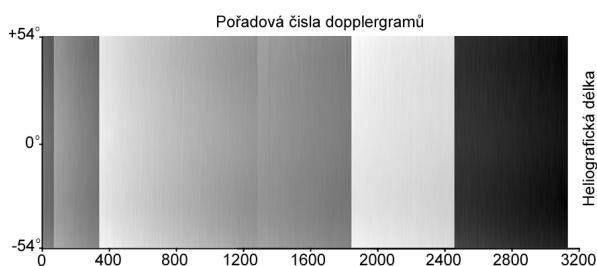


*Obr. 3.: Správná poloha slunečního disku (vlevo) a chybná poloha s diskem, otočeným o 90° (vpravo).*

**Odstranění chyby:** Obraz je možno otočit zpět, ovšem pouze za předpokladu, že střed otáčení obrazu a střed disku jsou totožné. My jsme tento dopplergram odstranili.

#### 4. TEST HOMOGENITY DAT

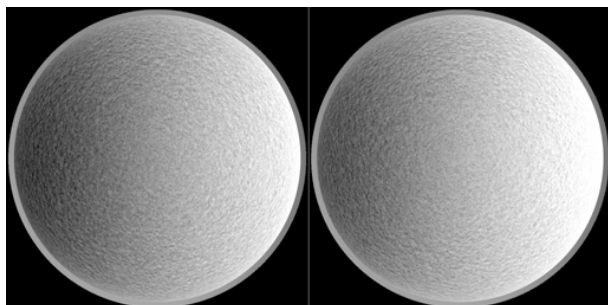
Z hlediska našeho výzkumu se zajímáme o fluktuace dopplerovských rychlostních polí na slunečním disku během dlouhodobých pozorování. Tyto fluktuace zobrazujeme v mapách dopplerovských rychlostních polí, v nichž vertikálně vykreslujeme závislost intenzity těchto rychlostí na heliografické délce pro zadanou heliografickou šířku, horizontálně řadíme za sebou tyto informace, odečtené z jednotlivých dopplergramů celé časové řady. Mapu, sestrojenou z dopplergramů naší časové řady, vidíme na obr.4. V použité řadě byly odstraněny výše popsané defekty. Škála šedí znázorňuje dopplerovské rychlosti od -622 (černá) do 859 m/s.



Obr.4.: Časový vývoj dopplerovských rychlostí na slunečním rovníku, vykreslený z původních dat. Škála šedí v rozsahu od -622 (černá) do 859 m/s poskytuje informaci prakticky pouze o korekčních posuvech. Žádné fluktuace zde nevidíme.

Místo očekávané homogenní struktury jsme však obdrželi mapu, vertikálně rozdělenou na segmenty. Tak jsme zjistili, že v datech je přítomen další defekt, který na rozdíl od dříve popsaných defektů není snadno vizuálně identifikovatelný. Jedná se o nekomplikovanější defekt, který se uplatňuje hlavně při zpracování dlouhých časových řad dopplergramů.

Během provozu MDI dochází k pomalému posuvu výstupu Michelsonova interferometru k okraji jeho pracovního rozsahu. Důvody posuvu nejsou zcela jasné. Tento posuv, mající charakter dlouhodobého trendu, je čas od času korigován nastavením výstupu interferometru zpět do původního pracovního rozsahu.



Obr.5.: Vzhled dopplergramů před a za korekčním posuvem. Rozdíl v jasech obou disků, odpovídající změně rychlosti. 1159 m/sec, je téměř nepozorovatelný.

Korekční posuvy mají charakter náhlé skokové změny dopplerovského rychlostního pole mezi dvěma

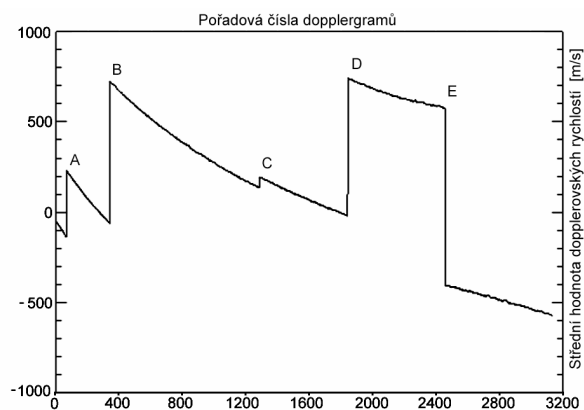
po sobě následujícími dopplergramy. Jak jsme zjistili později, způsobují tyto korekční posuvy nejen celkový posuv rychlostního pole, ale i jeho deformaci.

Korekční posuvy hluboce narušují homogenitu časových řad dopplergramů. Z tohoto důvodu na obr.4 vidíme pouze korekční posuvy, ale žádnou další informaci o dopplerovských rychlostních polích a jejich fluktuacích. Při homogenizaci dlouhodobých časových řad je proto nezbytné tento defekt odstranit.

#### 5. HOMOGENIZACE DOPPLERGRAMŮ

##### 5.1. Identifikování korekčních posuvů

Velké korekční posuvy se projeví náhlou změnou odstínu sousedních dopplergramů. Jak je vidět z obr.5, i pro značné korekční posuvy je jejich vizuální zjištění v dopplergramech je velmi obtížné.



Obr.6.: Střední hodnota dopplerovského rychlostního pole centrální části slunečního disku v závislosti na pořadovém čísle dopplergramu. Písmena A-E označují skokové změny jejich rychlostního pole, způsobené korekčními posuvy při nastavování interferometru.

K nalezení dvou sousedních dopplergramů časové řady mezi nimiž ke korekčnímu posuvu došlo jsme použili křivku, vykreslenou na obr.6. Střední hodnotu dopplerovského rychlostního pole jsme získali integrací tohoto pole v oblasti 1200x1200 obl. sec, nacházející se v centrální části slunečního disku. Taková integrace dopplerovského rychlostního pole do značné míry potlačuje vlivy pětiminutových oscilací, supergranulace a diferenciální rotace.

Výsledek integrace mohou ovlivnit osově a středově symetrická rychlostní pole jako např. modrý posuv a gravitační posuv, které však, jak předpokládáme, jsou dlouhodobě stabilní. Fyzikálně by tedy taková střední dopplerovská rychlost měla být konstantou, nezávislou na čase. Korekční posuvy a další přístrojové vlivy se pak projeví změnami této konstanty.

Korekční posuvy, provedené během registrace časové řady dopplergramů, jsou na křivce korekčních posuvů na obr.6 velmi zřetelné. Proto z křivky snadno odečteme jak velikost korekčního posuvu rychlostního pole celého dopplergramu, tak i pořadová čísla

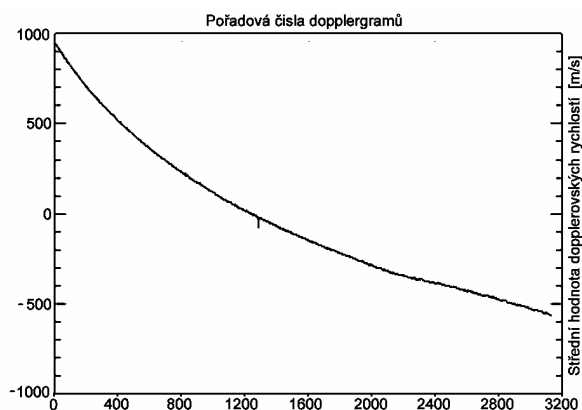
dopplergramů, mezi nimiž byla korekce provedena. Tyto údaje jsou spolu s označením korekčních posuvů podle obr.6. uvedeny v tabulce 1.

TAB.1: Informace o provedených korekčních posuvech

Označ. posuvu	A	B	C	D	E
Pořadová čísla dopplergramů	64	336	1280	1840	2456
	65	337	1281	1841	2457
Korekční posuv rychlosti [m/s]	369	787	59	760	-984

## 5.2. Odstranění korekčních posuvů

Křivka korekčních posuvů na obr.6 nám dovoluje určit konkrétní dopplergramy, u nichž ke korekci došlo a velikost korekčních posuvů. Pokud tyto informace použijeme, můžeme skokové změny na křivce korekčních posuvů odstranit. Získáme tak monotónní homogenizační křivku pro zpracovávanou časovou řadu dopplergramů, vykreslenou na obr.7.



Obr. 7.: Homogenizační křivka, získaná pro danou časovou řadu dopplergramů odstraněním skokových změn křivky na obr.5 posuvem jejich segmentů o konstanty korekčních posuvů

Homogenizační křivka vykazuje dlouhodobý trend změny střední hodnoty dopplerovského rychlostního pole dopplergramů v oblasti středu disku, způsobený přístrojovými efekty. V místech skokových korekcí se charakter křivky nemění. Na základě tohoto faktu jsme předpokládali, že při korekčních posuvech se jedná pouze o posuv celého rychlostního pole dopplergramu o korekční konstantu a z toho jsme při dalším postupu vycházeli. Pro homogenizaci časové řady dopplergramů jsme použili tyto dvě následující metody:

**5.2.1. Metoda A:** Rychlostní pole jednotlivých dopplergramů posuneme tak, aby střední hodnota dopplerovského rychlostního pole středu disku byla rovna hodnotě, odečtené pro daný dopplergram z homogenizační křivky na obr.7. Tímto způsobem odstraníme skoky v rychlostních polích, ale trend křivky na obr.7 zůstane zachován. Výsledné dopplergramy, homogenizované touto metodou, budou v závislosti na

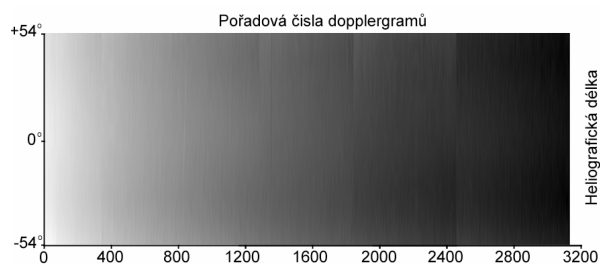
čase registrace postupně tmavnout. Metoda může být vhodná pro zjištění vlivu trendů na změny rychlostního pole v různých místech disku.

**5.2.2. Metoda B:** Předpokládáme, že střední hodnota dopplerovské rychlosti každého z dopplergramů by měla být konstantou, nezávislou na čase (odstavec 5.1). Skokové změny dopplerovských rychlostí dopplergramů se projeví ve změně této konstanty.

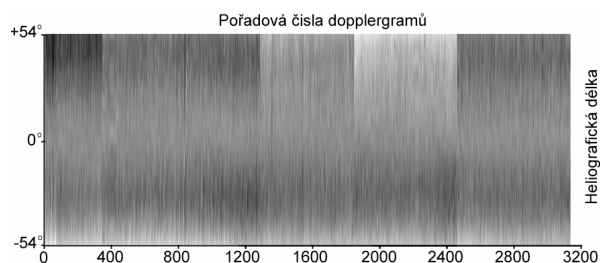
Vzhledem k tomu, že nám nejde o absolutní měření, ale o dlouhodobé změny v rychlostním poli, můžeme tuto konstantu položit rovnu nule.

Jestliže rychlostní pole jednotlivých dopplergramů posuneme tak, aby střední hodnota jejich dopplerovské rychlosti byla rovna nule, odstraníme jak skokové změny, tak i trend v celé časové řadě a získáme tak na pohled zcela homogenní dopplergramy.

**5.2.3. Výsledky aplikace obou metod:** Mapa rozložení dopplerovských rychlostí na slunečním rovníku, zpracovaná pro celou časovou sérii dopplergramů metodou A je na obr.8A, výsledek aplikace metody B vidíme na obr.8B. Po odstranění skoků se v obr.8B začínají objevovat nové struktury rychlostního pole. Tato mapa zachovává trend, přítomný v časové řadě. V mapě na obr.8B je trend odstraněn. Přítomnost trendu v obr.8A zhoršuje vizualizaci rychlostních struktur. Kontrast obrazu klesá tím, že tutéž škálu šedí používáme pro větší rozsah zobrazovaných hodnot.



Obr. 8A.: Časový vývoj doppler. rychlostí na slunečním rovníku po zpracování dat mapy na obr.4. metodou A. Rychlostní pole je v rozsahu od -1613 (černá) do 77 m/s.



Obr. 8B.: Časový vývoj doppler. rychlostí na slunečním rovníku po zpracování dat mapy na obr.4. metodou B. Rychlostní pole je v rozsahu od -137 (černá) do 146 m/s.

Podle předpokladu v oblasti středu disku dostáváme v obou mapách hodnoty blízké nule. Celá struktura pásu je však vertikálně výrazně rozdělena na segmenty,

jejichž hranice korespondují s místy korekčních posuvů. Segmenty vznikají tím, že dopplerovské rychlosti pro tutéž heliografickou délku na sebe v místech korekčních posuvů většinou nenavazují. Z toho vyplývá, že během korekčního posuvu nedochází jen k posuvu rychlostního pole disku o korekční konstantu, ale současně se mění amplitudy dopplerovských rychlostí na celém disku.

Důležitý závěr: Homogenizaci časové řady dopplergramů nelze provést pouze posuvem jejich rychlostního pole o korekční konstantu (tak, jak jsme původně předpokládali), ale je třeba vzít do úvahy i změnu převodní křivky dopplerovských rychlostí na hranicích jednotlivých segmentů jako funkci polohy korigovaného bodu na slunečním disku.

### 5.3. Převodní křivky pro rovník

Po odstranění korekčních posuvů podle bodu 5.2. jsou v místech původních korekčních posuvů jak na obr.8A, tak i na obr.8B přítomna vertikální rozhraní, dělící obraz na segmenty. Hranice těchto segmentů je třeba odstranit, protože jinak budou tato rozhraní znemožňovat další zpracování.

Vzhledem k dostatečné rychlosti korekčního posuvu se z hlediska dlouhodobých efektů fyzikální podmínky na disku před a po korekci prakticky nezmění. Můžeme proto předpokládat, že po odfiltrování krátkodobých změn budou rychlostní pole obou dopplergramů, pořízených před a po korekci, popisovat prakticky totéž rychlostní pole.

Naší úlohou je nalézt takovou převodní křivku, která upraví rychlostní pole dopplergramu za hranicí segmentu tak, aby bylo totožné s polem předcházejícího dopplergramu. Hranice segmentů pak v obr.8A,B zmizí. Fyzikální podstatu změn rychlostních polí během korekčního posuvu neznáme a proto jsme použili experimentální přístup. Pro stanovení převodní křivky jsme vyzkoušeli dvě následující možnosti:

**5.3.1. Diferenční převodní křivka:** Křivku pro danou hranici segmentu získáme tak, že pro dvojici dopplergramů, přiléhající k hranici segmentu sestrojíme diferenční křivku jako rozdíl obou dopplerovských rychlostních polí na rovníku v bodech, které mají stejnou heliografickou délku, v rozmezí heliografických délek od  $-54^\circ$  do  $+54^\circ$ . Vliv krátkodobých lokálních rychlostí na výslednou křivku odstraníme předcházející filtrací obou dopplergramů gaussovským filtračním oknem  $80 \times 80$  obl.sec.

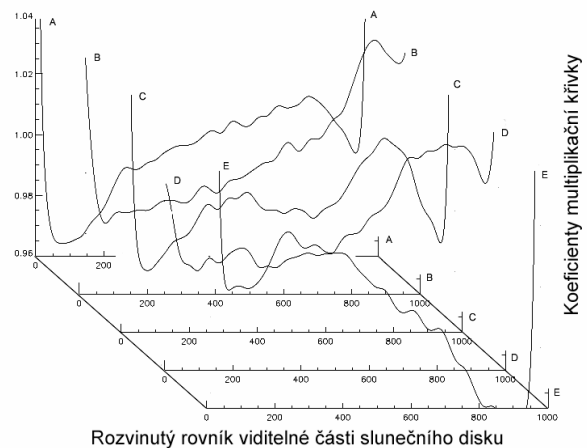
Při aplikaci diferenční křivky se k rychlostnímu poli korigovaného bodu přičítá hodnota, odečtená pro danou heliografickou délku korigovaného bodu z diferenční převodní křivky.

**5.3.2. Multiplikační převodní křivka:** Křivku pro danou hranici segmentu získáme podobným způsobem, jako diferenční převodní křivku. Postup se odlišuje tím, že místo rozdílu dopplerovských rychlostí použijeme jejich podíl. Dělení nulou se vyhneme konstantním posuvem rychlostního pole všech dopplergramů ve zpracovávané časové řadě do kladných hodnot.

Při aplikaci multiplikační křivky se rychlostní pole korigovaných bodů (v posunutém rychlostním škále!!!) násobí hodnotou, odečtenou z křivky pro danou heliografickou délku korigovaného bodu. Konečné rychlostní pole korigovaného dopplergramu dostaneme zpětným odečtením hodnoty posuvu.

Korekce dopplerovské rychlosti je v tomto případě úměrná velikosti korigované dopplerovské rychlosti, tzn. zdůrazňuje struktury v rychlostním poli.

**5.3.3. Aplikace převodních křivek:** Převodní křivky slouží k odstranění hranic mezi jednotlivými segmenty v mapách časového vývoje dopplerovských rychlostí na slunečním rovníku. Jejich počet je dán počtem hranic mezi segmenty, které chceme odstranit. Vidíme, že křivky na obr.9 se navzájem značně liší, protože částečně zachycují i lokální stav rychlostního pole.



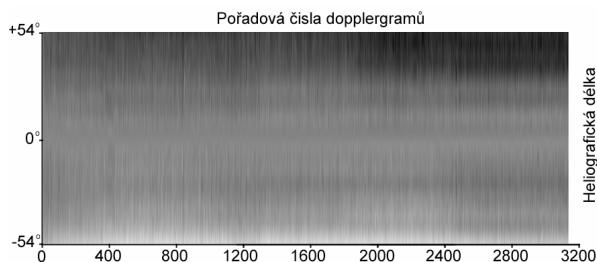
Obr. 9.: Převodní křivky pro hranice jednotlivých segmentů, zobrazené v posunutých rovinách. Hranice segmentů v mapách na obr.8A,B jsou podle obr.6 pojmenovány zleva doprava písmeny A-E.

Kalibrační křivky je možno použít dvěma způsoby: V prvním případě odstraníme pouze defekty na hranicích segmentů (viz odstavec 5.4.) se zachováním starého trendu, případně se vznikem dalšího nového trendu, ve druhém případě (viz odstavec 5.5) odstraníme současně i trend v celé časové řadě dopplergramů.

### 5.4. Odstranění hranic segmentů pro celý rovník

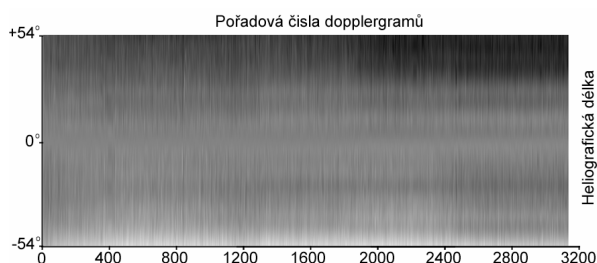
Hranice segmentů, patrně na obou obr.8 odstraníme aplikací diferenční nebo multiplikační převodní křivky postupně na všechny hranice segmentů. Převodní křivku vypočtenou pro první hranici segmentů, aplikujeme na rovníky všech dopplergramů segmentu, následujícího za touto hranicí. Dále vypočteme za použití již upravených dat převodní křivku pro následující hranici segmentů a celý postup opakujeme, dokud nezkorigujeme všechny dopplergramy.

Pokud použijeme data obr.8A, bude v těchto strukturách zahrnut i trend. Vzhledem k tomu, že pro nás trend není důležitý, použili jsme k dalšímu zpracování data z obr.8B.



**Obr.10.: Odstranění hranic segmentů aplikací diferenční převodní křivky na data Obr.8. Horizontální pruhy vznikly jako průvodní jev této metody.**

Porovnáním struktur, získaných zpracováním dat z obr.8B diferenční metodou (obr.10) a multiplikační (obr.11) metodou vidíme, že obě struktury se v tomto případě od sebe vizuálně prakticky neliší.



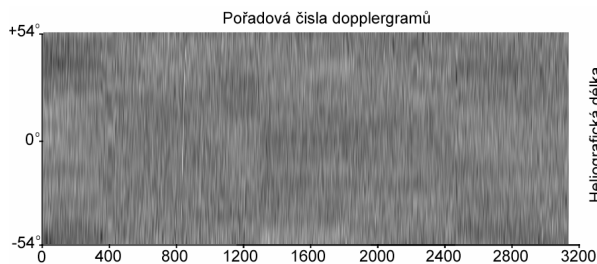
**Obr.11.: Odstranění hranic segmentů aplikací multiplikační převodní křivky na data Obr.8. Horizontální pruhy vznikly jako průvodní jev této metody.**

Průvodním jevem této korekce jsou v obou případech rušivé horizontální struktury, viditelné na obr.10 a obr.11, reprodukcující profily jednotlivých převodních křivek,

Tyto horizontální struktury odstraňujeme tak, že v každém řádku mapy nalezneme střední hodnotu dopplerovské rychlosti a tu odečteme od hodnoty rychlosti v každém bodě tohoto řádku.

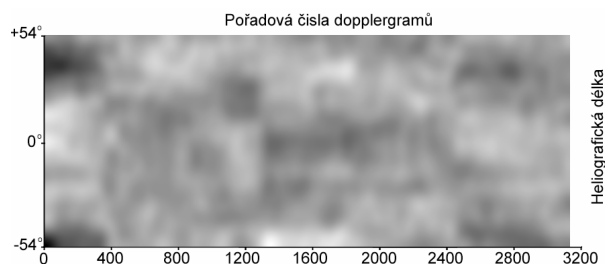
### 5.5. Odstranění trendů

Doposud jsme předpokládali, že tvar převodních křivek se podél jednoho segmentu nemění. Ve skutečnosti však převodní křivka na konci segmentu se liší od křivky na jejím začátku (viz obr.9), tzn. že podél segmentu dochází k její modifikaci.



**Obr.12.: Odstranění horizontálních pruhů z dat na obr.10 metodou posuvu rychlostního pole na středu disku.**

Odstranění trendů provedeme na základě úvahy o nulovém rychlostním poli na středu disku, popisované v odstavci 5.2.2. jako metoda B. Rychlostní pole každého z vertikálních rovníkových řezů, upravené podle odstavce 4.4., posuneme odečtením jeho rychlosti na středu disku. Tímto způsobem odstraníme trend, projevující se posuvem rychlostního pole na středu disku. Výsledek postupu vidíme na obr.12.



**Obr.13.: Zdůraznění konečných rychlostních struktur dat z obr.10 gaussovskou filtrací oknem  $fwhm = 80$  obl.sec..**

Konečné struktury, zdůrazněné filtrací obr.12, jsou vykresleny na obr.13. Rozdíl mezi původními daty na obr.4 a výsledkem na obr. 13 je zcela zásadní. Podařilo se nám zobrazit struktury dopplerovského rychlostního pole, které byly v původních datech skryty.

## 6. ZÁVĚR

Dopplergramy, získané s šestihodinovou kadencí přístrojem MDI/SoHO v časovém intervalu od 01. 05. 1996 do 24. 06. 1998 obsahovaly celkem devět defektů různého charakteru.

Po odstranění uvedených defektů námi popisovanou metodou se podařilo homogenizovat časovou sérii dopplergramů do té míry, že jsme ji mohli použít ke studiu vývoje dopplerovského rychlostního pole na slunečním rovníku.

### Poděkování

Tato práce byla realizována díky účinné podpoře grantového projektu GAČR 205/04/2129 a výzkumného záměru AVOZ 1003 0501. SoHO data byla použita s laskavým svolením konsorcia SoHO/MDI. SoHO je projektem mezinárodní spolupráce ESA a NASA.

### LITERATURA:

- Klvaňa M., Švanda M., Krivtsov A.M., Bumba V., 2005: Hvar Observatory Bulletin **29** (2005) 1, 89-98
- Krivtsov A. M., Klvaňa M., Bumba V., 2002: Zborník referátov z 16. celoštátneho slnečného seminára, 69-72
- Scherrer, P. H.; Bogart, R. S.; Bush, R. I.; Hoeksema, J. T.; Kosovichev, A. G.; Schou, J.; Rosenberg, W.; Springer, L.; Tarbell, T. D.; Title, A.; Wolfson, C. J.; Zayer, I.; MDI Engineering Team: 1995, Solar Physics, v. 162, p. 129-188.