



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Bakalářská práce

Tomáš Bayer

**Využití geomagnetických dat a poznatků fyziky  
Slunce ve výuce přírodních věd na středních  
školách**

Vedoucí práce

PhDr. Iva Žlábková, Ph.D.

Externí konzultant

RNDr. Petr Jelínek, Ph.D.

Studijní obor:

**Učitelství odborných předmětů**

České Budějovice 2015



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 7.1. 2015,

Tomáš Bayer

## Poděkování

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat vedoucí práce PhDr. Ivě Žlábkové, Ph.D. za vstřícnost umožňující funkčně propojit kombinované studium učitelství odborných předmětů s mou dosavadní odbornou praxí. Děkuji zejména za tipy k sestavení logické struktury dokumentu tak, aby byl pro učitele dostatečně inspirativní a zároveň otevřený stále novým poznatkům přírodních věd.

Dále patří dík odbornému konzultantovi RNDr. Petru Jelínkovi, Ph.D. za postřehy a připomínky k odborné části práce nutné k zajištění kvalitní kompetence k výuce na středních školách vyžadující výuku podle nejnovějších poznatků moderní vědy. Jsem vděčen zejména za to, že svou praxí na Pedagogické fakultě JU a v rámci současného působení na PŘF JU mi dodal cenné impulsy pro uplatnění syntetického přístupu v didaktice biologie, geografie a fyziky tváří v tvář stále aktuálnějšímu mezioborovému přístupu.

Můj dík taktéž patří stávajícímu kolegovi Ing. Josefu Bochníčkoví, CSc. za poskytnutí základních znalostí pro předpovědi geomagnetické aktivity, proškolení pro tuto službu a supervizi bakalářské práce. Dále děkuji současnému kolegovi Ing. Michalu Vlkovi za precizní konstrukci školního fluxgate magnetometru a vytvoření grafického rozhraní pro webové zobrazení variačních observatorních dat, bez něhož by jejich využití ve středoškolské výuce nebylo možné.

Velice děkuji vedení Gymnázia Prachatice, Zlatá stezka 137, za umožnění pedagogické praxe v jeho prostorách i za maximální vstřícnost i inspiraci ve volbě formy výuky.

Poslední dík, bohužel in memoriam, míří opět na Pedagogickou fakultu JU. Musím zde poděkovat PaedDr. Václavu Pavlíčkovi, který mě na samém začátku vysokoškolských studií nasměroval ke geovědním oborům a poskytl cenné informace ohledně didaktiky přírodovědných oborů. Současné kombinované studium na Pedagogické fakultě JU je tak z velké části jeho zásluhou a nebýt předčasného úmrtí, nepochybně by spolupráce pokračovala do dnešních dní.

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Obsah</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1 Úvod</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2 Metodická východiska</b>  | <b>11</b> |
| 2.1 Rámcový vzdělávací plán . . . . .                                      | 11        |
| 2.1.1 Vymezení Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia . . . . .      | 11        |
| 2.1.2 Principy Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia                | 12        |
| 2.1.3 Pojetí a cíle vzdělávání . . . . .                                   | 12        |
| 2.1.3.1 Pojetí vzdělávání . . . . .  | 12        |
| 2.1.3.2 Cíle vzdělávání . . . . .  | 13        |
| 2.1.4 Environmentální výchova . . . . .                                    | 14        |
| 2.1.4.1 Charakteristika průřezového tématu . . . . .                       | 14        |
| 2.1.4.2 Přínos průřezového tématu k rozvoji osobnosti žáka . . . . .       | 15        |
| 2.1.5 Obecné cíle předmětu fyzika na gymnáziu a na odborné škole . . . . . | 16        |
| <b>3 Odborná východiska</b>  | <b>18</b> |
| 3.1 Fyzika Slunce . . . . .  | 18        |
| 3.1.1 Základní údaje o Slunci . . . . .                                    | 18        |
| 3.2 Přímý vliv Slunce na geomagnetickou aktivitu . . . . .                 | 20        |
| 3.2.1 Geoefektivní složky . . . . .  | 21        |
| 3.3 Geomagnetika . . . . .   | 23        |
| 3.4 Historie a význam geomagnetických měření . . . . .                     | 25        |
| 3.4.1 Geomagnetická měření v českých zemích . . . . .                      | 25        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>4</b> | <b>Návrhy pro výuku</b>                                       | <b>26</b> |
| 4.1      | Výukové měření prostorových složek geomagnetického pole . . . | 26        |
| 4.2      | Další návrhy pro výuku . . . . .                              | 28        |
| 4.2.1    | Ukázky a komentáře . . . . .                                  | 29        |
| 4.2.1.1  | Průběh a aktivita slunečního větru . . . . .                  | 29        |
| 4.2.1.2  | Komentář . . . . .  | 29        |
| 4.2.1.3  | Vliv kladně nabitých částic ve slunečním větru                | 30        |
| 4.2.1.4  | Komentář . . . . .  | 30        |
| 4.2.1.5  | Podrobnější náhled na nízkoenergetické protony                | 31        |
| 4.2.1.6  | Další příklad interpretace dat zdroje [31] . . . .            | 31        |
| 4.2.1.7  | Komentář . . . . .  | 32        |
| 4.2.1.8  | Dynamika elektronů a protonů ve slunečním<br>větru . . . . .  | 32        |
| 4.2.1.9  | Komentář . . . . .  | 33        |
| 4.2.1.10 | Demonstrace náhlých začátků . . . . .                         | 34        |
| 4.2.1.11 | Komentář . . . . .  | 34        |
| 4.2.1.12 | Srovnání s lokálním geomagnetickým polem . .                  | 34        |
| 4.2.1.13 | Další srovnání s observatorními daty . . . . .                | 35        |
| 4.2.1.14 | Souhrn . . . . .  | 35        |
| <b>5</b> | <b>Výsledky a diskuse</b>                                     | <b>42</b> |
| <b>6</b> | <b>Závěr</b>  | <b>44</b> |
|          | <b>Literatura</b>   | <b>44</b> |

# Seznam obrázků

|      |   |    |
|------|---|----|
| 3.1  | Satelitní snímek slunečního disku - granulace a skvrny . . . . .  | 19 |
| 3.2  | Satelitní snímek slunečního disku - aktivní oblasti . . . . .     | 20 |
| 3.3  | Satelitní snímek slunečního disku s patrnou koronální dírou . . . | 22 |
| 4.1  | Ukázka magnetometru - kondenzátor . . . . .                       | 27 |
| 4.2  | Ukázka magnetometru - senzor . . . . .                            | 27 |
| 4.3  | Ukázka magnetometru - zdroj . . . . .                             | 28 |
| 4.4  | Složky slunečního větru, 6.12. 2012 . . . . .                     | 29 |
| 4.5  | Protonový tok 3.10. 2013 . . . . .                                | 30 |
| 4.6  | Vývoj meziplanetárních geomagnetických složek . . . . .           | 31 |
| 4.7  | Protonový tok, 15. 10. 2013 . . . . .                             | 32 |
| 4.8  | Vývoj slunečního větru 4. – 15. 10. 2013 . . . . .                | 33 |
| 4.9  | Průběh slunečního větru, říjen 2013 . . . . .                     | 34 |
| 4.10 | Dynamika elektronů . . . . .                                      | 35 |
| 4.11 | Dynamika protonů . . . . .  | 36 |
| 4.12 | Vývoj slunečního větru, 20.2. 2014 . . . . .                      | 37 |
| 4.13 | Dynamika protonů, 20.2. 2014 . . . . .                            | 38 |
| 4.14 | Vývoj externí $H$ 20. 2. 2014 . . . . .                           | 38 |
| 4.15 | Složky slunečního větru, 3.- 10. 6. 2014. . . . .                 | 39 |
| 4.16 | Variace HDZ, observatoř Budkov . . . . .                          | 40 |
| 4.17 | Variace HDZ, observatoř Budkov . . . . .                          | 41 |
| 6.1  | Průběh slunečního větru a rentgenové záření, počátek roku 2014    | 48 |
| 6.2  | Průběh externí $H$ , 9.1. 2014 . . . . .                          | 49 |
| 6.3  | Vývoj planetárního K-indexu . . . . .                             | 50 |
| 6.4  | Vývoj slunečního větru . . . . .                                  | 51 |
| 6.5  | Variace HDZ observatoř Budkov . . . . .                           | 52 |
| 6.6  | Vývoj slunečního větru . . . . .                                  | 53 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 6.7  | Vývoj slunečního větru - detail . . . . .                | 54 |
| 6.8  | Detail rychlosti větru . . . . .                         | 55 |
| 6.9  | Vývoj slunečního větru - pokračování . . . . .           | 56 |
| 6.10 | Vývoj slunečního větru - pokračování . . . . .           | 57 |
| 6.11 | Vývoj externí $H$ . . . . .                              | 58 |
| 6.12 | Průběh elektronového a protonového toku . . . . .        | 59 |
| 6.13 | Rychlost slunečního větru a průběh externí $H$ . . . . . | 60 |



# Kapitola 1

## Úvod

Předložená práce je završením kombinovaného studia oboru Učitelství odborných předmětů na Pedagogické fakultě JU. Jejím cílem je maximálně zhodnotit poznatky současné geofyziky i astrofyziky pro výuku přírodovědných oborů na středních školách, zejména gymnáziích.

Středoškolské vzdělávání je v současné době nemyslitelné bez vazby na poznatky moderní vědy. Poznatky přírodních věd, ať už se jedná o biologické vědy či vědy o neživé přírodě, se kombinovaně odrážejí v environmentální výchově, která, na základě negativních zkušeností s omezeným přírodovědným rozhledem, kvantifikuje negativní působení člověka na biosféru a ukazuje nutnost recipovat poznatky přírodních věd v co největší šíři.

Předložená práce shrnuje poznatky současné geofyziky a navrhuje jejich přiblížení středoškolskému studentovi. Ozřejmuje význam magnetického pole Země pro evoluci života na planetě Zemi, jejím cílem je přispívat k hlubšímu chápání souvislostí sluneční aktivity s procesy měřitelnými geofyzikálními metodami. Vychází tak z níže uvedených metodik popsanych v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia.

Astronomie jeden z nejkrásnějších koníčků. Každý se jí může zabývat, aniž by měl enormně velké množství financí na velké a drahé přístroje nebo musel investovat do jiného složitějšího vybavení. Významný je zde přínos amatérských pozorovatelů, kteří mohou vykonávat velice užitečnou práci, často na téměř profesionální úrovni. Jde o obor, kde dnes můžete být začátečníkem, avšak již zítra výzkumníkem. [20]

Obvyklá představa o astronomech bývá zkreslená. Mnoho lidí si představuje potřeštence zírajícího do okuláru dalekohledu v naději, že objeví další divy

vesmíru. Realita je naprosto odlišná. Dnešní astrofyzik objevy nečiní pomocí dalekohledů, namísto toho převážně hledí do obrazovek počítačů. Astronomové jsou - ve srovnání s jinými specialisty - omezeni nutností vzdáleného pozorování, bez možnosti laboratorních experimentů. Až do roku 1932 byl hlavním zdrojem dat optický dalekohled sledující viditelnou část spektra, dnes v principu existuje tolik teleskopů, kolik je známo druhů záření.

Jedním z fundamentálních poznatků, které nám astronomie přinesla, je, že Země je neustále kontaktována zářením všech vlnových délek elektromagnetického spektra pocházejícího ze všech zdrojů v celém vesmíru, a to včetně reliktního záření vypovídajícího o rané fázi existence vesmíru. Každé záření nese informaci jak o zdroji, který je uvolnil, tak o prostředí, kterým se šířilo.

# Kapitola 2

## Metodická východiska

### 2.1 Rámcový vzdělávací plán

#### 2.1.1 Vymezení Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia

V souladu s novými principy kurikulární politiky, zformulovanými v Národním programu rozvoje vzdělávání v ČR (tzv. Bílé knize) a zakotvenými v zákoně č. 561/2004 Sb., zákon o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (dále jen „školský zákon“), se do vzdělávací soustavy zavádí nový systém kurikulárních dokumentů pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Kurikulární dokumenty jsou vytvářeny na dvou úrovních – státní a školní. Státní úroveň v systému kurikulárních dokumentů představují Národní program vzdělávání (NPV) a rámcové vzdělávací programy (RVP). Zatímco NPV formuluje požadavky na vzdělávání, které jsou platné v počátečním vzdělávání jako celku, RVP vymezují závazné rámce vzdělávání pro jeho jednotlivé etapy (pro předškolní, základní a střední vzdělávání). Školní úroveň představují školní vzdělávací programy (ŠVP), podle nichž se uskutečňuje vzdělávání na jednotlivých školách. Školní vzdělávací program si vytváří každá škola podle zásad stanovených v příslušném RVP 1 .

Rámcové i školní vzdělávací programy jsou veřejné dokumenty přístupné pro pedagogickou i nepedagogickou veřejnost. Rámcové vzdělávací programy:

- vycházejí z nové strategie vzdělávání, která zdůrazňuje klíčové kompetence, jejich provázanost se vzdělávacím obsahem a uplatnění získaných vědomostí a dovedností v praktickém životě;

- vycházejí z koncepce celoživotního učení;
- formulují očekávanou úroveň vzdělání stanovenou pro všechny absolventy jednotlivých etap vzdělávání;
- podporují pedagogickou autonomii škol a profesní odpovědnost učitelů za výsledky vzdělávání.

## 2.1.2 Principy Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia

- je určen pro tvorbu ŠVP na čtyřletých gymnáziích a vyšším stupni víceletých gymnázií;
- stanovuje základní vzdělávací úroveň pro všechny absolventy gymnázií, kterou musí škola respektovat ve svém školním vzdělávacím programu;
- specifikuje úroveň klíčových kompetencí, jíž by měli žáci na konci vzdělávání na gymnáziu dosáhnout;
- vymezuje závazný vzdělávací obsah – očekávané výstupy a učivo;
- zařazuje jako závaznou součást vzdělávání průřezová témata s výrazně formativními funkcemi;
- podporuje komplexní přístup k realizaci vzdělávacího obsahu, včetně možnosti jeho vhodného propojování, a předpokládá volbu různých vzdělávacích postupů, různých metod a forem výuky ve shodě s individuálními potřebami žáků;
- umožňuje modifikaci vzdělávacího obsahu pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a žáků mimořádně nadaných.

## 2.1.3 Pojetí a cíle vzdělávání

### 2.1.3.1 Pojetí vzdělávání

Vzdělávání ve čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií má žáky vybavit klíčovými kompetencemi a všeobecným rozhledem na úrovni středoškolsky vzdělaného člověka a tím je připravit především pro vysokoškolské vzdělávání a další typy terciárního vzdělávání, profesní specializaci i pro

občanský život. Gymnázium má vytvářet náročné a motivující studijní prostředí, v němž žáci musí mít dostatek příležitostí osvojit si stanovenou úroveň klíčových kompetencí, tzn. osvojit si některé důležité vědomosti, dovednosti, postoje a hodnoty a dokázat je využívat v osobním, občanském i profesním životě. Smyslem vzdělávání na gymnáziu není předat žákům co největší objem dílčích poznatků, fakt a dat, ale vybavit je systematickou a vyváženou strukturou vědění, naučit je zařazovat informace do smysluplného kontextu životní praxe a motivovat je k tomu, aby chtěli své vědomosti a dovednosti po celý život dále rozvíjet. To předpokládá uplatňovat ve vzdělávání postupy a metody podporující tvořivé myšlení, pohotovost a samostatnost žáků, využívat způsoby diferencované výuky, nové organizační formy, zařazovat integrované předměty apod. Absolvent gymnázia by měl v průběhu vzdělávání na gymnáziu získat široký vzdělanostní základ a dosáhnout takové úrovně klíčových kompetencí, kterou RVP G předpokládá a která mu umožní dále rozvíjet schopnosti a dovednosti v procesu celoživotního vzdělávání a získávání životních zkušeností. Takový profil absolventa dává žákům předpoklady pro vysokoškolské a další studium, pro jejich adaptabilitu v různých oborech a oblastech lidské činnosti, pro přizpůsobení se nově vznikajícím požadavkům na trhu práce i pro případné uplatnění v zahraničí. RVP G stanovuje pouze obecný rámec vzdělávání na gymnáziu. Ve svých školních vzdělávacích programech mohou školy tento rámec obohacovat podle vlastních vzdělávacích záměrů, podle potřeb a zájmů žáků i podle regionálních podmínek. V souladu se svým ŠVP, se svou profilací či zaměřením si školy dotvářejí profil absolventa svého gymnázia.

### **2.1.3.2 Cíle vzdělávání**

Vzděláváním na čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií se usiluje o naplnění těchto cílů:

- vybavit žáky klíčovými kompetencemi na úrovni, kterou předpokládá RVP G;
- vybavit žáky širokým vzdělanostním základem na úrovni, kterou popisuje RVP G;
- připravit žáky k celoživotnímu učení, profesnímu, občanskému i osobnímu uplatnění.

Klíčové kompetence představují soubor vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě. Jejich výběr a pojetí vychází z toho, jaké kompetence jsou považovány za podstatné pro vzdělávání na gymnáziu.

## **2.1.4 Environmentální výchova**

### **2.1.4.1 Charakteristika průřezového tématu**

V době, kdy jsme svědky rychlého zhoršování stavu globálních životodárných systémů z hlediska podmínek udržitelného rozvoje, stala se environmentální výchova důležitým tématem. Problémy, jež z větší části způsobil člověk (úbytek stratosférického ozónu, znečištění životního prostředí, nastupující změna klimatu, vyčerpání přírodních zdrojů, destrukce přírodních ekosystémů, rychle rostoucí lidská populace, vznik nových epidemií a onemocnění), vyžadují k řešení a prevenci „environmentálně“ vzdělaného občana.

Environmentální výchova představuje nezastupitelný významný předpoklad udržitelného rozvoje, jenž patří i mezi prvořadě zájmy Evropské unie. Základním předpokladem nastoupení cesty k udržitelnému rozvoji je zvýšení environmentálního vědomí lidí a jejich odborná připravenost na kvalitativně nové přístupy v celé technicko-ekonomické a sociální oblasti. Z těchto důvodů se stává environmentální výchova průřezovým tématem vzdělávání na gymnáziu a jedním ze základních pilířů vzdělávání pro udržitelný rozvoj. Environmentální problémy, jež se v reálném světě vyskytují, se jen málokdy dají vysvětlit pouze v kontextu poznatků jedné disciplíny. Základ pro toto průřezové téma je tedy v celé řadě vzdělávacích oborů, a to jak přírodovědných – biologie, chemie, fyzika, geografie a geologie, tak v oborech společenských – Občanský a společenskovědní základ, Dějepis, Člověk a svět práce, Výchova ke zdraví. V pojetí environmentální výuky je tedy nutný posun od tradiční oborové výuky k výuce oborově integrované. Dochází k propojování poznatků a zkušeností z různých oborů a tyto zkušenosti a poznatky jsou potom využívány pro konkrétní řešení environmentálních problémů v praxi (Proč mám třídit odpad? Jak budu vytápět svůj dům a proč? apod.). Také proto není obsah průřezového tématu zpracován tradičně – pouhým výčtem učiva, ale v podobě problémových otázek, přičemž každá otázka v sobě zahrnuje řadu dílčích problémů. Důležitým

aspektem je nejen vlastní obsah výuky, ale i používané prostředky a působení prostředí. Významnou součástí realizace průřezového tématu může proto být např. ekologizace provozu a prostředí školy, zaměření na řešení problémů v obci a okolí a na spolupráci s různými partnery mimo školu.

#### **2.1.4.2 Přínos průřezového tématu k rozvoji osobnosti žáka**

V oblasti postojů a hodnot má průřezové téma žákovi pomoci:

- uvědomovat si specifické postavení člověka v přírodním systému a jeho odpovědnost za další vývoj na planetě;
- projevovat pokoru, úctu k hodnotám, které neumí vytvořit člověk, oceňovat hodnotu přírody, vnímat a být schopen hodnotit různé postoje k postavení člověka v přírodě a k chování člověka vůči přírodě;
- pochopit, že člověk z hlediska své existence potřebuje využívat přírodní zdroje ve svůj prospěch, ale vždy tak, aby nedošlo k nevratnému poškození životního prostředí;
- uvědomit si, že k ochraně přírody může napomoci každý jedinec svým ekologicky zodpovědným přístupem k běžným denním činnostem;
- vnímat místo, ve kterém žije a změny, které v něm probíhají, a cítit zodpovědnost za jeho další vývoj, a to nejen z hlediska životního prostředí.

Dále by mělo ke vzdělanostní výbavě patřit:

- poznat složitou propojenost přírodních systémů a pochopit, že narušení jedné složky systému může vést ke zhroucení celého systému;
- znát z vlastní zkušenosti přírodní a kulturní hodnoty ve svém okolí, uvažovat o nich v souvislostech a chápat příčiny a následky jejich poškozování;
- hledat příčiny neuspokojivého stavu životního prostředí v minulosti i současnosti a hledat možnosti dalšího vývoje;
- pochopit velkou provázanost faktorů ekologických s faktory ekonomickými a sociálními a být schopen vybrat optimální řešení v reálných situacích;

- nahlížet různé aspekty ekologických problémů, vytvářet si vlastní názor a postoj k nim a uvědomit si vliv znečištěného prostředí na lidské zdraví;
- dozvídat se, jaké možnosti mám jako občan při ochraně životního prostředí, a umět je využívat;
- získat praktické dovednosti a návyky pro běžné denní činnosti napomáhající ke zlepšení životního prostředí;
- propojit poznatky a dovednosti z jednotlivých vzdělávacích oblastí a využívat je při řešení environmentální problematiky.

### 2.1.5 Obecné cíle předmětu fyzika na gymnáziu a na odborné škole

Na obecné cíle studia na střední škole navazují obecné cíle jednotlivých předmětů a specifické cíle příslušných tematických celků, témat a konkrétní cíle vyučovacích hodin a jiných forem výuky a cíle částí vyučovacích hodin a jiných forem výuky. Vzdělávání ve fyzice svou obsahovou náplní, organizací, výukovými metodami a organizačními formami musí směřovat k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí. Tento požadavek se proto musí nutně promítnout do stanovení obecných a specifických cílů fyzikálního vzdělávání. V této části se zaměříme na formulace obecných cílů fyzikálního vzdělávání na gymnáziu.

Fyzikální vzdělávání na gymnáziu má usilovat o to, aby si žáci:

- vytvořili základ systému racionálně uspořádaných fyzikálních poznatků, spočívajících na aktivním osvojení pojmů (zvláště pak veličin a jejich jednotek), zákonů, fyzikálních modelů a teorií, jejichž rozsah a obsah je naznačen v očekávaných výstupech RVP;
- prováděli soustavná a objektivní pozorování, měření a experimenty (především laboratorního rázu) podle vlastního či týmového plánu, ovládli potřebné experimentální dovednosti a návyky při práci s měřidly používanými v praxi;
- řešili přiměřeně obtížné problémy, především praktického charakteru;
- zpracovali a vyhodnotili získaná data empirických postupů, vyvozovali souvislosti mezi nově získanými poznatky a doposud osvojenými;



- používali adekvátní matematické a grafické prostředky, symboliku a terminologii k vyjadřování funkčních závislostí mezi zkoumanými veličinami;
- předvídali průběh studovaných fyzikálních procesů na základě znalosti fyzikálních zákonů a specifických podmínek;
- zdokonalili a využívali základní myšlenkové operace (indukce, dedukce, zobecňování, analýza, syntéza, srovnávání, modelování) při různých činnostech výuky fyziky, zvláště pak při řešení úloh (především úloh s praktickými aplikacemi), při řešení problémových situací, při vlastních pozorováních, měřeních a experimentech;
- formulovali srozumitelně a správně své myšlenky ústní i písemnou formou;
- získávali a tvořivě využívali potřebné informace z různých zdrojů, hodnotili a diskutovali o nich;
- spolupracovali se svými spolužáky při společném řešení nejrůznějších problémů, byli otevření, tolerantní, ale i kritičtí k názorům druhých;
- používali fyzikální vědomosti a dovednosti i v ostatních, zvláště přírodovědných, předmětech a naopak využívali poznatky z jiných předmětů ve fyzice;
- předvídali možné dopady praktických aktivit lidí na přírodní prostředí a dovedli chránit v rámci svých možností toto prostředí;
- využívali fyzikálních poznatků pro plnohodnotné naplňování svého života;
- dodržovali pravidla bezpečnosti práce;
- orientovali se v současném fyzikálním obrazu světa.

# Kapitola 3

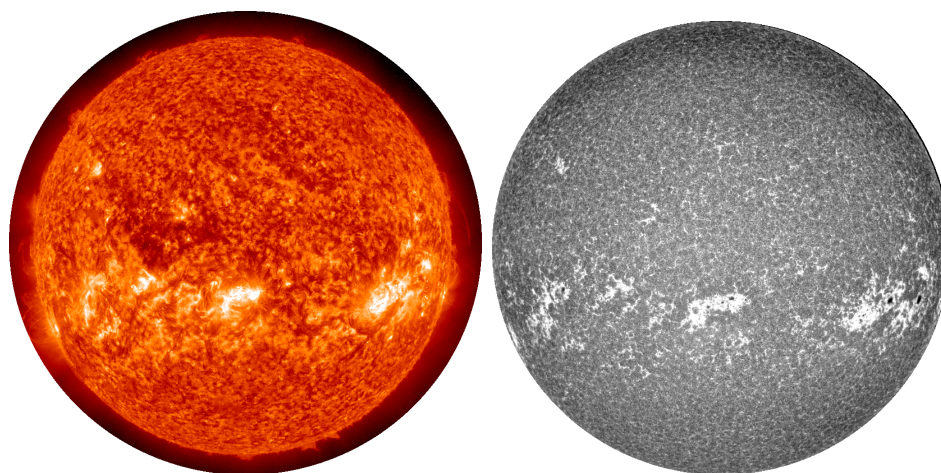
## Odborná východiska

### 3.1 Fyzika Slunce

Fyzika Slunce přináší podstatné informace pro přírodovědné obory i environmentální výchovu díky souvislostem s existencí života na planetě Zemi. Jako součást astrofyziky poskytuje pro středoškolskou výuku inspirativní impuls díky mediální popularitě (srv. kap. 2.1.4 a 2.1.4.2).

#### 3.1.1 Základní údaje o Slunci

Ve Slunci je soustředěno 99,8 % hmotnosti sluneční soustavy. Vzhledem k tomu, že Slunce není pevné těleso jako vnitřní planety sluneční soustavy, ale je obrovskou koulí žhavých plynů, dochází v jeho případě k tzv. diferenciální rotaci. Na rovníku se otáčí rychleji (asi 25 pozemských dnů), zatímco v polární oblasti trvá oběh postatně déle – asi 35 dnů. Slunce má hmotnost odpovídající 330 000 násobku hmotnosti Země. Celková energie vyzařená z jeho povrchu za jednu sekundu činí  $4 \cdot 10^{26}$  W, přičemž sluneční těleso opouští nejen zářivá energie, nýbrž i velké množství sluneční hmoty pohybující se meziplanetárním prostorem ve formě ionizovaného plazmatu, tzv. slunečního větru. Hmotu Slunce je tvořena vodíkem (asi 74 %), dále heliem (25 %) a malým množstvím dalších prvků. Jeho vnitřní strukturu můžeme rozdělit na jádro, nad ním ležící vrstvu v zářivé rovnováze a konvektivní vrstvu. Jádro Slunce je hlavním reaktorem, kde probíhá produkce energie. Díky vysoké teplotě v jádře ( $15 \cdot 10^6$  K) zde dochází k termojaderné fúzi, jejímž důsledkem je obrovské množství uvolněné energie. Ta je dále přenášena vrstvou v zářivé rovnováze a konvektivní vrstvou k povrchu fotosféry a do vyšších vrstev slunečního tělesa.

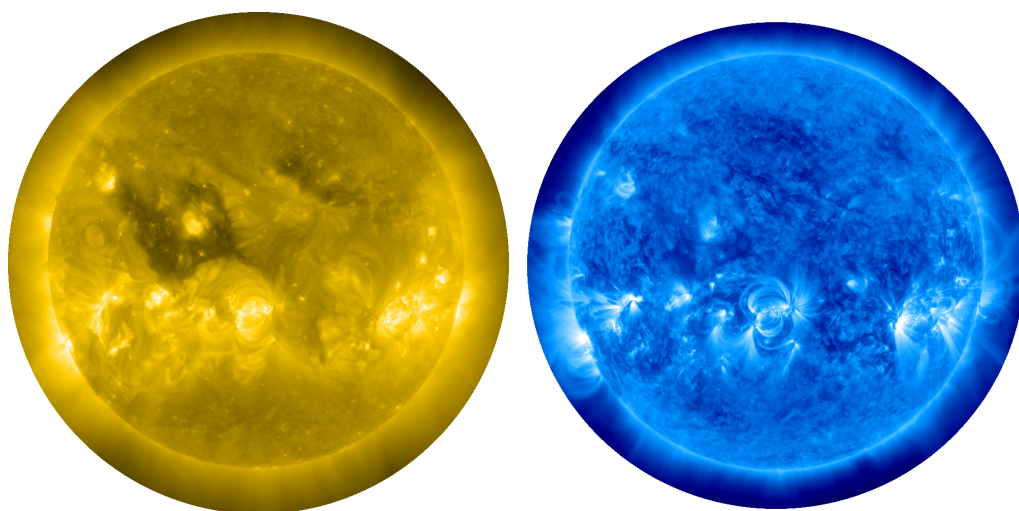


**Obrázek 3.1: Satelitní snímek slunečního disku s patrnou granulací a skvrnami.**

Vrstva v zářivé rovnováze sahá do vzdálenosti tří čtvrtin od jádra. Energie vytvářená v jádře je zde neustále pohlcována a znovu vyzařována. Na rozhraní s konvektivní vrstvou vytváří tato energie obrovské proudy vystupující k povrchu fotosféry, kde energie v podobě elektromagnetického záření vstupuje do kosmického prostoru. Tento proces se znám jako granulace. Na povrchu fotosféry se tyto konvektivní procesy projevují proudovými vrcholy, kde za použití speciálních filtrů můžeme pozorovat „zrníčka“, která jsou výstupem konvektivních proudů, kde cirkulující plazma po uvolnění zářivé energie opět klesá do hlubin konvektivní zóny (srv. obr. 3.1).

Zářivá energie ovšem není jediným energetickým výstupem sluneční aktivity. Vedle elektromagnetického záření uvolňuje Slunce velké množství ionizovaných částic unášených do kosmického prostoru. Proud těchto částic, který nazýváme slunečním větrem, má významný vliv na geomagnetické pole Země.

Evoluce života na planetě Zemi je tak možná díky zemskému magnetickému poli, které svou strukturou většinu slunečního větru odstíní. V souladu se zákonitostmi pohybu nabitých částic v magnetickém poli Země jsou částice unášené slunečním větrem stahovány k vysoko situovaným pólům zemské magnetosféry a pohyb slunečního větru podél magnetopauzy tak můžeme přirovnat k obtékání tuhého tělesa kapalinou, přičemž samotnou Zemi ležící ve středu magnetosféry proud plazmatu míjí. Tato souvislost s evolucí bioty odpovídá zaměření kap. 2.1.4.



**Obrázek 3.2:** Satelitní snímek slunečního disku ve filtru ukazujícím strukturu aktivních oblastí.

### **3.2 Přímý vliv Slunce na geomagnetickou aktivitu**

Slunce má silné magnetické pole, které dosahuje daleko za oběžnou dráhu Pluta. Pole sice s rostoucí vzdáleností postupně slábne, avšak řídký plyn, blíží se v pozemských podmínkách vakua, pole udržuje na vyšších hodnotách, než jakých by dosahovalo bez jeho přítomnosti.

Díky tomu, že je Slunce tvořeno plazmatem, dochází při jeho rotaci ke generování magnetického pole. Jeho rotace současně způsobuje, že toto pole se neustále stáčí a překrucuje. Ve spojení s cirkulací plazmatu v konvektivní zóně vytváří tento proces viditelné objekty, jakými jsou sluneční skvrny a protuberance. Sluneční skvrny jsou malé oblasti s nižší teplotou pohybující se kolem  $4000 - 5000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což způsobuje, že se v porovnání s okolním plazmatem jeví tmavé, což je opticky pozorovatelné i bez použití nákladné pozorovací techniky. Sluneční skvrny jsou svázány se složitým magnetickým polem a při použití speciálních filtrů můžeme v koróně nad skvrnami pozorovat teplejší aktivní oblasti, kde je pohyb plazmatu vyvážen v ohraničeném prostoru. Díky uzavřeným magnetickým siločarám vychází z těchto aktivních oblastí sluneční vítr s podstatně nižší rychlostí. Změna ovšem může přijít, jakmile se změní rovnováha a oblast s vyšší teplotou se dostane do nestabilního stavu. Pak může být masa sluneční hmoty vyvržena do meziplanetárního prostoru. Tako-

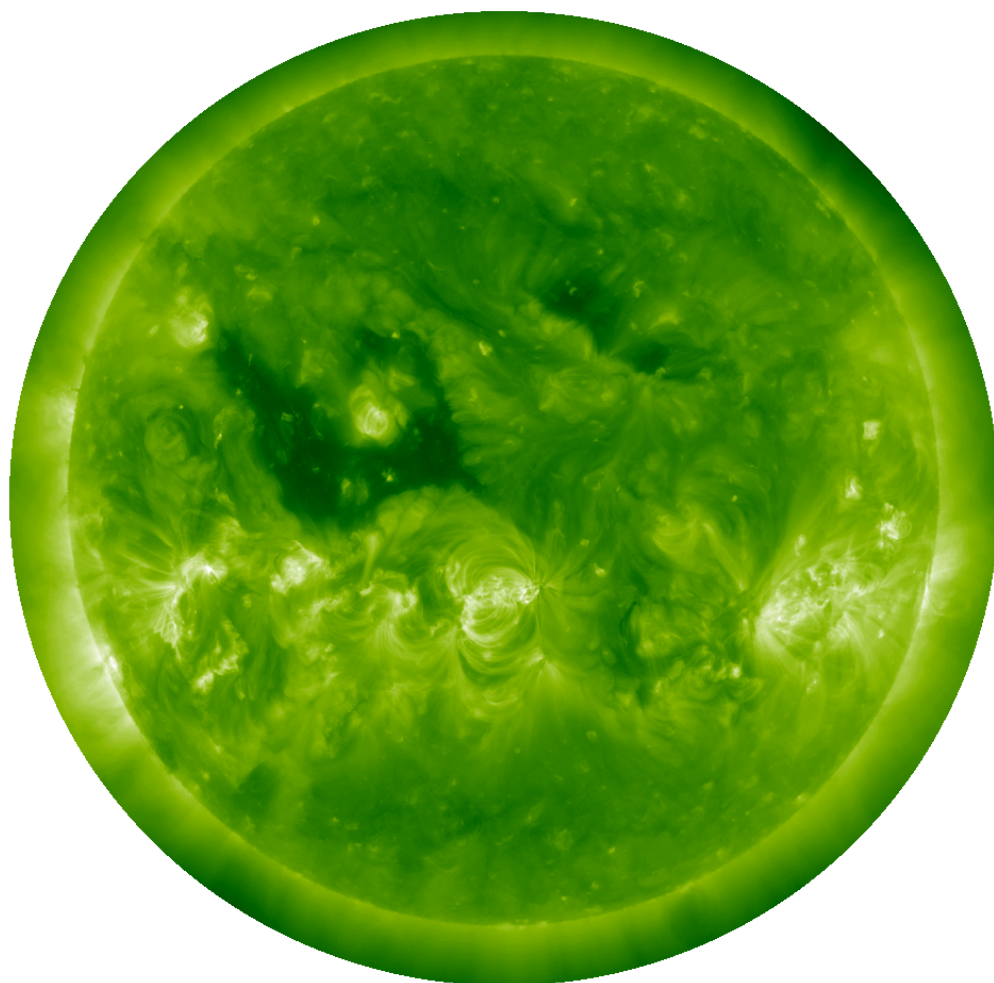
výto typ erupce nazýváme výronem koronální hmoty (anglicky CME – Coronal Mass Ejection), který, je-li orientován směrem k Zemi, má významný vliv na magnetické pole Země. Struktura aktivních oblastí je nejlépe viditelná na obr. 3.2. Vidíme zde pohyb nabitých částic podél zakřivených siločar, ukazující na uzavřené magnetické pole v těchto částech slunečního disku.

Fotosféra je opticky nejjasnější sluneční sféra jeví se jako ohraničená - to je viditelný sluneční disk. Nad fotosférou se nachází sluneční atmosféra, kterou při značném zjednodušení můžeme rozdělit do dvou částí. Nižší vrstvou sluneční atmosféry je chromosféra. Dosahuje mocnosti přibližně dvou tisíc kilometrů a teplota zde dosahuje 10 000 – 20 000 K. Chromosféra přechází přes tzv. přechodovou oblast dále do koróny, v níž teplota dosahuje postupně až  $10^6$  K. Vnitřní část koróny, tzv. K koróna, má spojité spektrum, zatímco vnější, zvaná F koróna, vykazuje absorpční spektrum. Tato část je typická světlem rozptylovaným prachem. Koróna je na Zemi opticky pozorovatelná při úplném zatmění, kdy se jedná o jediný okamžik možnosti pozorování pouhým okem v případě, že je sluneční disk plně zakryt; mimo tyto příležitosti dnes pozorujeme sluneční korónu pomocí tzv. koronografů, kde je sluneční disk zakryt speciálním kotoučkem a nadbytečné záření odstíněno; [27][15] díky této technologii používáme ve výuce speciální snímky dostupné např. ze zdroje [33].

### 3.2.1 Geoefektivní složky

Právě v koróně můžeme pozorovat při použití speciálních filtrů jak teplejší aktivní oblasti, které při změně rovnováhy mohou být zdrojem CME, tak tmavé rozsáhlé chladnější oblasti, nazývané koronálními dírami. Právě koronální díry jsou významným zdrojem velmi rychlého slunečního větru. Na rozdíl od teplejších aktivních oblastí, kde jsou siločáry magnetického pole uzavřeny v silně zakřivených smyčkách, v koronálních dírách jsou magnetické siločáry otevřeny do meziplanetárního prostoru a pohyb částice v magnetickém poli tak není brzděn. Nejvyšší rychlosti dosahuje sluneční vítr v polárních oblastech Slunce, kde je díky otevřeným siločarám uvolňováno největší množství sluneční hmoty. Je-li koronální díra omezena na polární oblast, nemá na magnetické pole Země větší vliv, neboť sluneční vítr v takovémto případě s magnetickým polem Země neinteraguje.

Jiný případ ovšem nastává, pokud koronální díra dosahuje nižších heliografických šířek. V takovém případě může být sluneční vítr v různé míře ori-



Obrázek 3.3: Satelitní snímek slunečního disku zobrazený spektrálním filtrem s patrnou koronální dírou.

entován k Zemi a proud elektricky nabitých částic interaguje s magnetickým polem Země.

### 3.3 Geomagnetika

Intenzita magnetického pole je definována

$$\mathbf{B} = -grad\psi \quad (3.1)$$

kde

$$\psi = \frac{ar}{r^3} = \frac{a\sin\lambda}{r^2} \quad (3.2)$$

kde  $a$  je magnetický moment Země a  $r$  radiusvektor.

Dále platí

$$\mathbf{B}_r = \mathbf{B}_p \sin\lambda \quad (3.3)$$

$$\mathbf{B}_\lambda = -\frac{1}{2}\mathbf{B}_p \cos\lambda \quad (3.4)$$

$$\mathbf{B}_\phi = \mathbf{0} \quad (3.5)$$

kde  $\phi$ ,  $\lambda$  jsou geomagnetické souřadnice.  $\phi = 0^\circ$  značí orientaci ke středu Slunce ([3]) a  $\lambda$  je zde sklon od horizontální roviny. Jelikož je intenzita geomagnetického pole vektorovou veličinou, v geofyzice rozlišujeme její prostorové složky dané průmětem vektoru magnetického pole do trojrozměrných souřadnic. Můžeme použít dva základní typy:

**XYZ** soustavu, kde  $X$  je intenzita magnetického pole ve směru geografického poledníku (severojižní složka),  $Y$  vyjadřuje intenzitu v linii geografické rovnoběžky (východozápadní složka) a  $Z$  je vertikální složka, vektor mířící ke středu Země.

**HDZ**: magnetické pole Země nesleduje geografické souřadnice, nýbrž je od geografického severu odchýleno o úhel nazvaný deklinace. Platí úzus, dle něhož má západní deklinace zápornou hodnotu a východní kladnou. Siločáry geomagnetického pole protínají zemský povrch pod různým sklonem, v našich zeměpisných šířkách se pohybuje okolo  $65^\circ$ . Tento úhel se nazývá inklinace ( $I$ ) a

je definovaný jako sklon celkového vektoru magnetického pole Země k horizontální rovině. Složka  $H$  je průmět totálního vektoru do horizontální roviny, je tedy kolmá k vertikální složce  $Z$  a posunutá o úhel deklinace  $D$ . Totální intenzita geomagnetického pole definovaná jako skalární hodnota totálního vektoru se obvykle značí  $F$ . Platí:

$$\operatorname{tg}D = \frac{Y}{X} \quad (3.6)$$

$$\sin D = \frac{Y}{H} \quad (3.7)$$

$$H = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (3.8)$$

$$\operatorname{tg}I = \frac{Z}{H} \quad (3.9)$$

$$\sin I = \frac{Z}{F} \quad (3.10)$$

$$F^2 = H^2 + Z^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 \quad (3.11)$$

Vztah uvedených veličin ke slunečnímu větru popisuje rovnice

$$2Nmv^2 = \frac{B}{2} \cdot H \quad (3.12)$$

kde  $m$  je klidová hmotnost protonu,  $N$  hustota částic a  $v$  je rychlost slunečního větru.

Horizontální složka intenzity geomagnetického pole  $H$  je zde pro nás klíčová z důvodu, že se jedná o veličinu měřenou nejen na geomagnetických observatořích na Zemi, nýbrž je i měřena geostacionárními družicemi. Pro výukové účely je praktické a ilustrativní srovnání meziplanetární  $H$  s  $H$  lokální, měřenou na geomagnetických observatořích. Vzhledem k tomu, že observatorní variační data jsou rovněž dostupná online, lze meziplanetární a lokální  $H$  porovnat v reálném čase, srv. obr. 4.16.



## 3.4 Historie a význam geomagnetických měření

### 3.4.1 Geomagnetická měření v českých zemích

S geomagnetickými měřeními začal v českých zemích Karl Kreil, nar. 1798. V roce 1839 navázal na dosavadní astronomická a meteorologická pozorování v pražském Klementinu. Variometry byly umístěny v jeho prostorách, zatímco absolutní měření byla prováděna v zahradách Pražského hradu, kde byla v roce 1846 postavena za tímto účelem dřevěná budka. Měření pokračovala i po Kreilově odchodu, spolehlivost absolutních měření ovšem ohrozila stavba Petřínské rozhledny. V roce 1904 byl z důvodu vysokého zarušení ukončen monitoring  $H$ , v roce 1927 pak měření definitivně skončilo kvůli disturbancím způsobeným tramvajovým provozem.

V roce 1946 začala pravidelná měření na nově vybudované observatoři v Průhonicích, kde její provoz fungoval bez větších problémů do konce padesátých let. S počátkem elektrifikace železnic stejnosměrnou tříkilovoltovou trakcí se kvalita měření zhoršila, a to již po elektrizaci úseku Praha – Kolín. Pozdější zprovoznění stejnosměrného úseku Praha – Benešov zarušilo měření v ještě větší míře.

V šedesátých letech byl proto proveden geofyzikální průzkum pro novou geomagnetickou observatoř. Po jeho vyhodnocení bylo vybráno místo u jihočeského Budkova, kde česká národní observatoř funguje dodnes. [7] Pravidelná měření započala v roce 1967 a roku 1972 byl definitivně ukončen provoz observatoře v Průhonicích.

V roce 1993 byl k dosud fungující analogové měřicí technice přidán digitální variometr, který byl o deset let později doplněn modernějším. V roce 2011 byl zprovozněn přenos dat po optické síti a spuštěno webové rozhraní umožňující využití variačních dat pro výukové účely.

# Kapitola 4

## Návrhy pro výuku

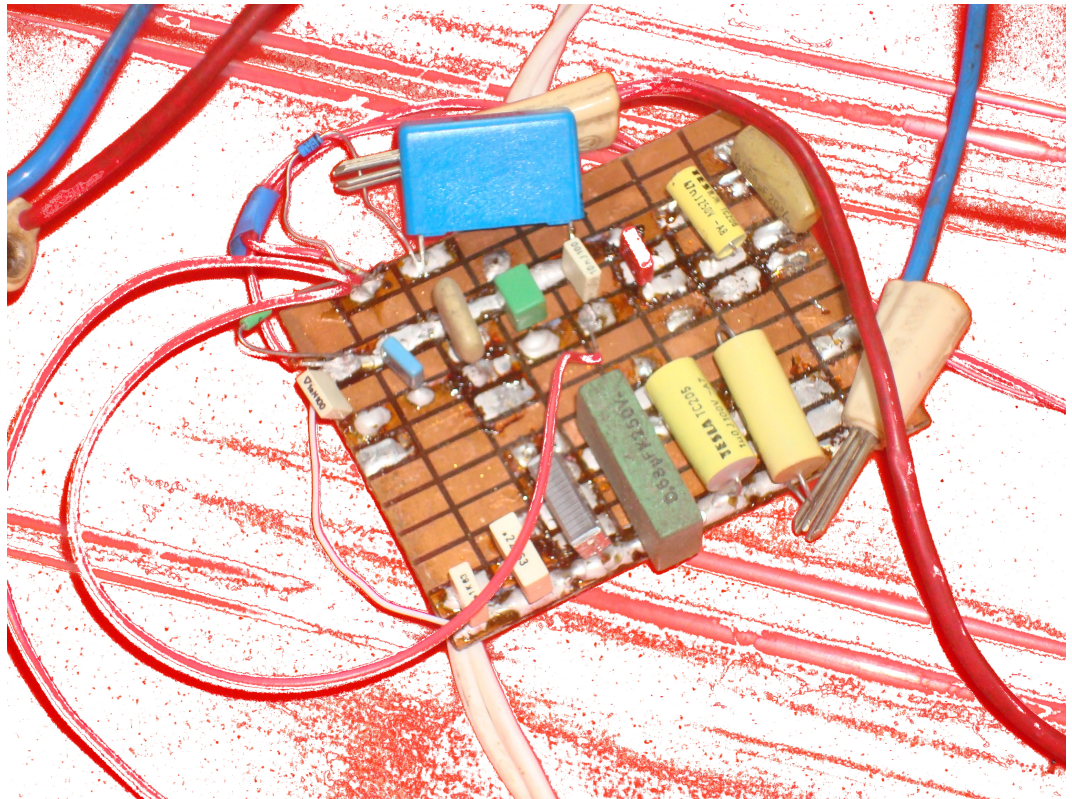
### 4.1 Výukové měření prostorových složek geomagnetického pole

Složky magnetického pole Země popsané v rovnicích 3.6 až 3.10 se obvykle měří magnetometrem postaveným na principu „fluxgate“ složeným z dvou kolmo postavených cívek s permalloyovým jádrem. Podle polohy cívek je v magnetickém poli indukován proud různé hodnoty a při postavení jádra cívky ve směru přesně kolmém k tečně siločáry je proud nulový. Tento princip se používá jak při kontinuálním měření změn ve třech rozměrech (princip variometru), tak při přesných absolutních měřeních, kdy jsou pomocí jednoosého fluxgate senzoru zaměřovány nulové polohy (kolmé k tečně siločáry geomagnetického pole). Pro výukové účely lze použít pro demonstraci vektorových složek geomagnetického pole jednoosý fluxgate magnetometr zobrazený na následujících obrázcích.

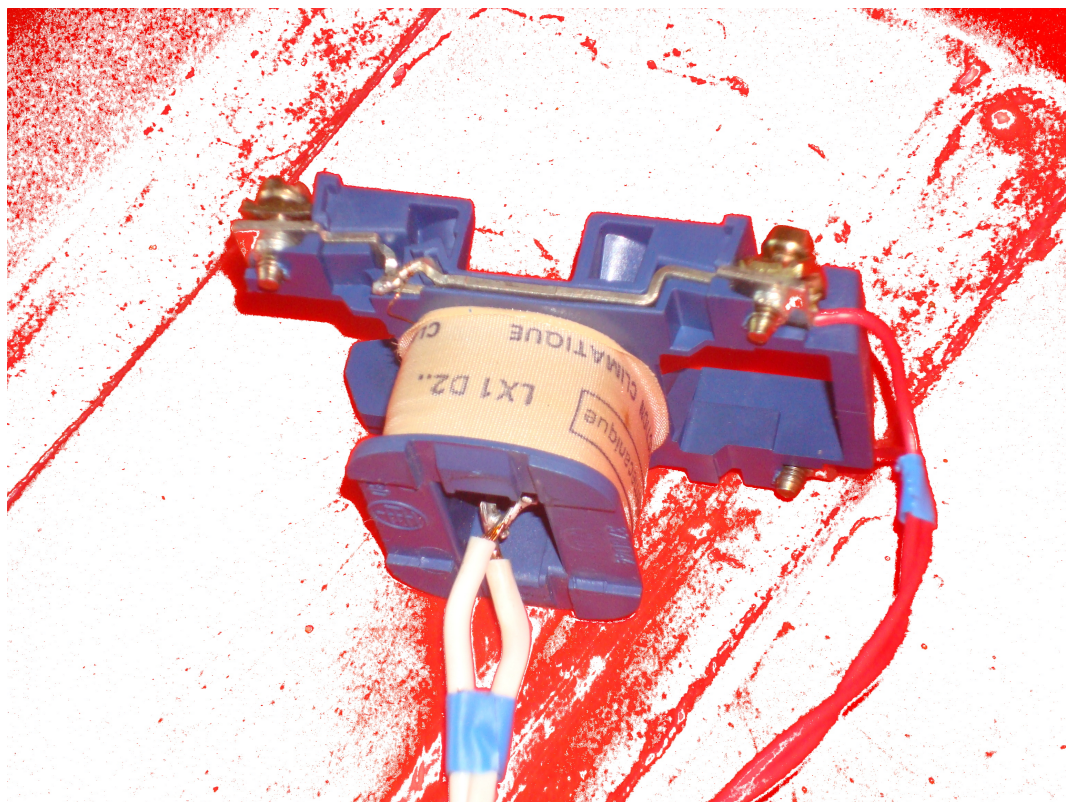
Výuková fluxgate sada zkonstruovaná Ing. Michalem Vlkem sestává ze zdroje, soustavy cívek a kondenzátoru. Magnetometr byl testován v běžných podmínkách a přestože není dostatečně citlivý na zachycení nulových hodnot výstupního proudu, je na něm dobře patrné maximum magnetického pole v horizontální rovině, tedy poloha, kdy je osa cívky orientována ve směru  $H$ , srv. rovnici 3.8.

Magnetometr tak slouží k demonstraci prostorových složek jak magnetického pole Země, tak meziplanetárních složek, jejichž příklady jsou uvedeny v příloze počínaje obr. 6.1.

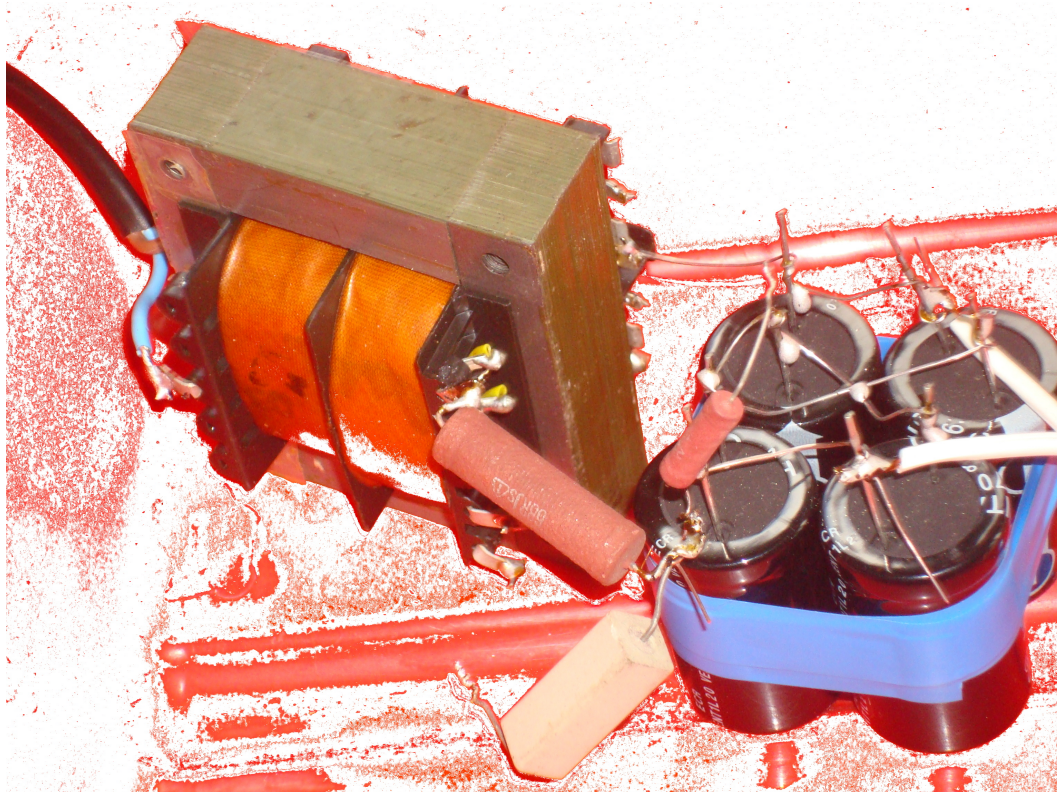
Výukovou fluxgate sadu je možné využít při výuce středoškolské fyziky již na počátku kapitoly o elektřině a magnetismu. Jejím využitím lze navázat



Obrázek 4.1: Ukázka magnetometru - kondenzátor.



Obrázek 4.2: Ukázka magnetometru - senzor.



**Obrázek 4.3: Ukázka magnetometru - zdroj.**

na pokus s pohybem nabitého vodiče v magnetickém poli, který ve školních podmínkách lze demonstrovat známým pokusem s podkovovým magnetem a nabitým vodičem, kterým prochází elektrický proud.

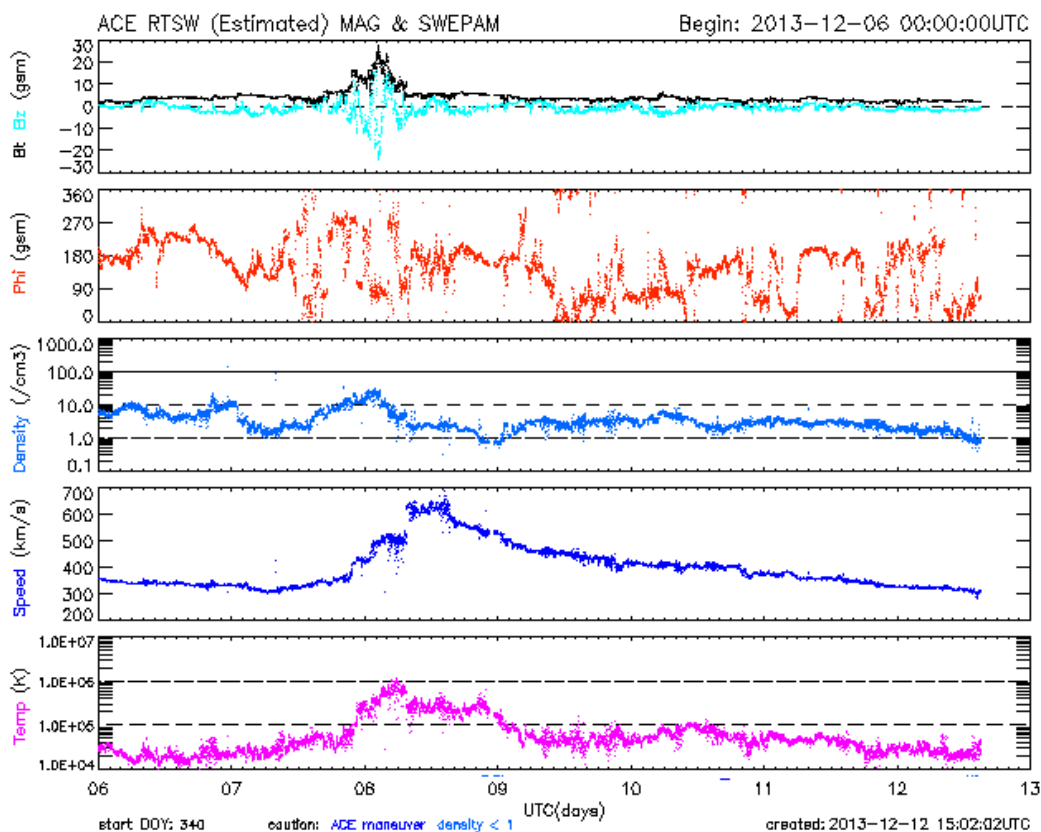
Tyto známé poznatky lze aplikovat i na elektricky nabitě částice unášené v proudu slunečního větru. V tomto kontextu pak lze žákům přiblížit chování jádra cívky v souřadnicích magnetického pole Země a tak dodat výuce fyziky nový podnětný kontext.

## 4.2 Další návrhy pro výuku

Fyzika pro střední školy by měla ze své podstaty základu přírodních věd být předmětem rozvíjícím samostatné myšlení a schopnost klást nové otázky na základě nově získávaných znalostí.

Následující odstavce navazují na popis fyzikálních praktik popsanych ve zdrojích [4] [8] [21]. Na tyto zdroje navazuje ppoužití měřicí techniky popsané v kap. 4.1 a pro hlubší rozvoj znalostí jsou tyto metody doplněny meziplanetárními daty. Konkrétně se v předložené práci jedná o astrofyzikální a geofyzikální

data prezentovaná grafickou formou a k nim následující otázky:



Obrázek 4.4: Složky slunečního větru a planetární geomagnetické aktivity, 6. -13. 12. 2012.

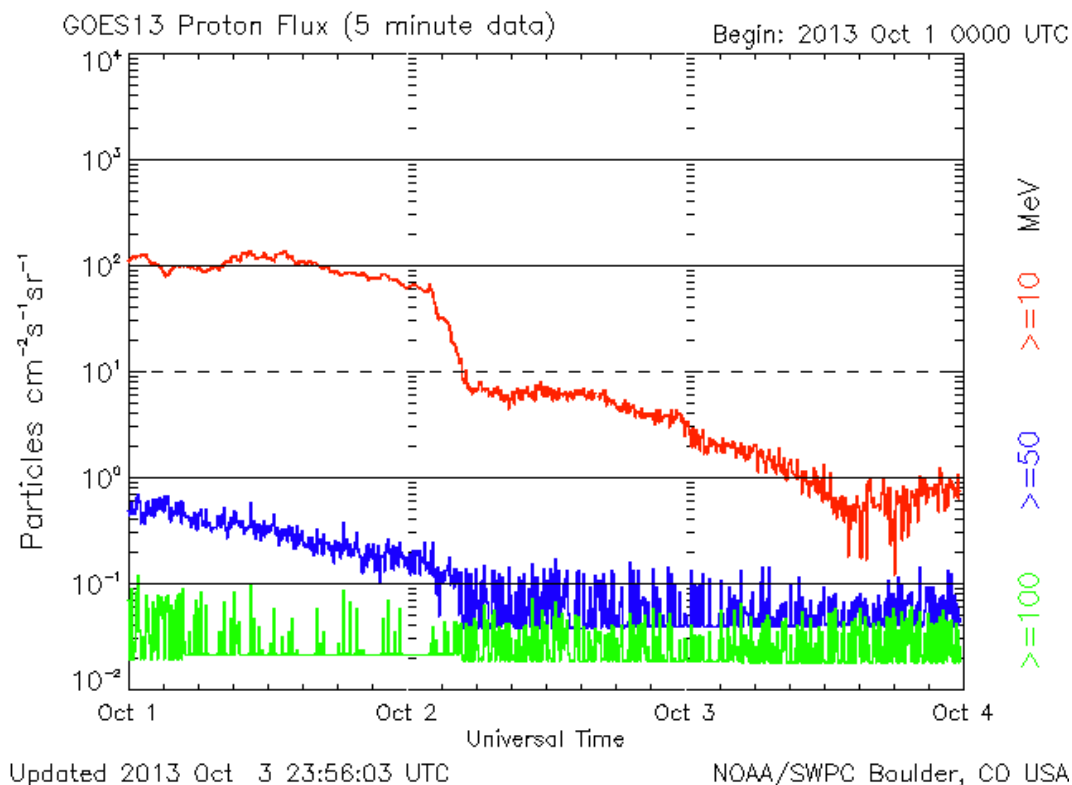
## 4.2.1 Ukázky a komentáře

### 4.2.1.1 Průběh a aktivita slunečního větru

Popište vývoj slunečního větru na obrázku na obr. 4.4. Porovnejte s průběhem meziplanetární geomagnetické aktivity (horizontální složky) zobrazené na následujících obrázcích. Jak se bude aktivita vyvíjet?

### 4.2.1.2 Komentář

Pro zhodnocení vlivu slunečního větru si musíme všimnout zejména jeho vertikální složky  $B_z$ . Dosahuje-li výrazně záporné hodnoty a zároveň trvá v tomto stavu dostatečně dlouhou dobu, podílí se významně na nestabilitě zemského magnetického pole.



**Obrázek 4.5: Protonový tok 3.10. 2013.**

Neméně významným faktorem je ovšem vývoj rychlosti slunečního větru. Kromě nárůstu na hodnotu  $700 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  pozorujeme na obr. 4.4 její skokové zvýšení, což signalizuje příchozí nestabilitu, která se projeví zvýšením geomagnetické aktivity.

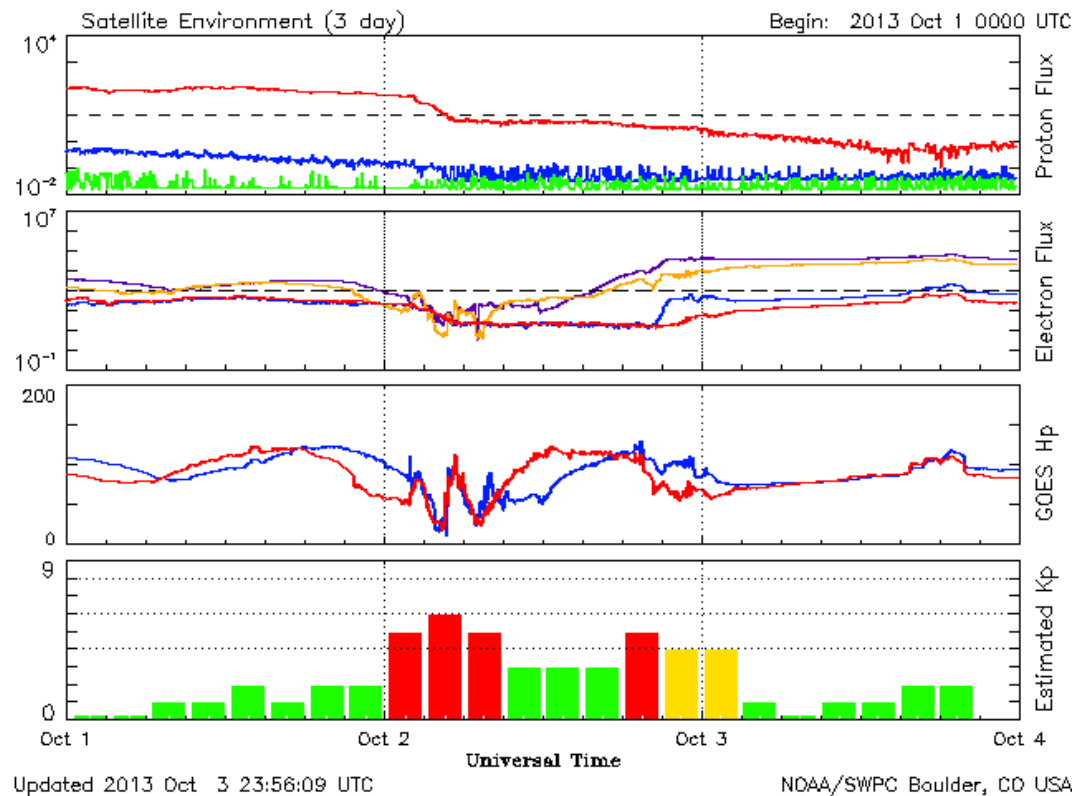
#### 4.2.1.3 Vliv kladně nabitých částic ve slunečním větru

V návaznosti na předchozí poznatky o vývoji slunečního větru zobrazeného na obr. 4.4 si prohlédněte bezprostředně navazující obrázek 4.5. Vidíme na něm zvýšení koncentrace protonů o různých energiích ve slunečním větru, zde konkrétně v rozmezí 10 – 100 MeV. Jak se projeví na geomagnetické aktivitě?

#### 4.2.1.4 Komentář

Na výše popsaném obrázku vidíme, že zvýšení koncentrace kladně nabitých částic nastalo již v posledních zářijových dnech, a bereme-li v úvahu fakt, že při obvyklé rychlosti slunečního větru lze očekávat efekt podobných událostí během 3,5 dne, vidíme aktivitu meziplanetárního magnetického pole na obr.

4.6. Vidíme zde počátek události provázené zvýšením koncentrace kladně nabitých částic ve slunečním větru, pozorovatelný 30. 9. 2014. Přestože se zde jedná o částice s nižší energií, zdroj [31] nám zde názorně ukazuje vliv elektricky nabitých částic v různých energetických hladinách.



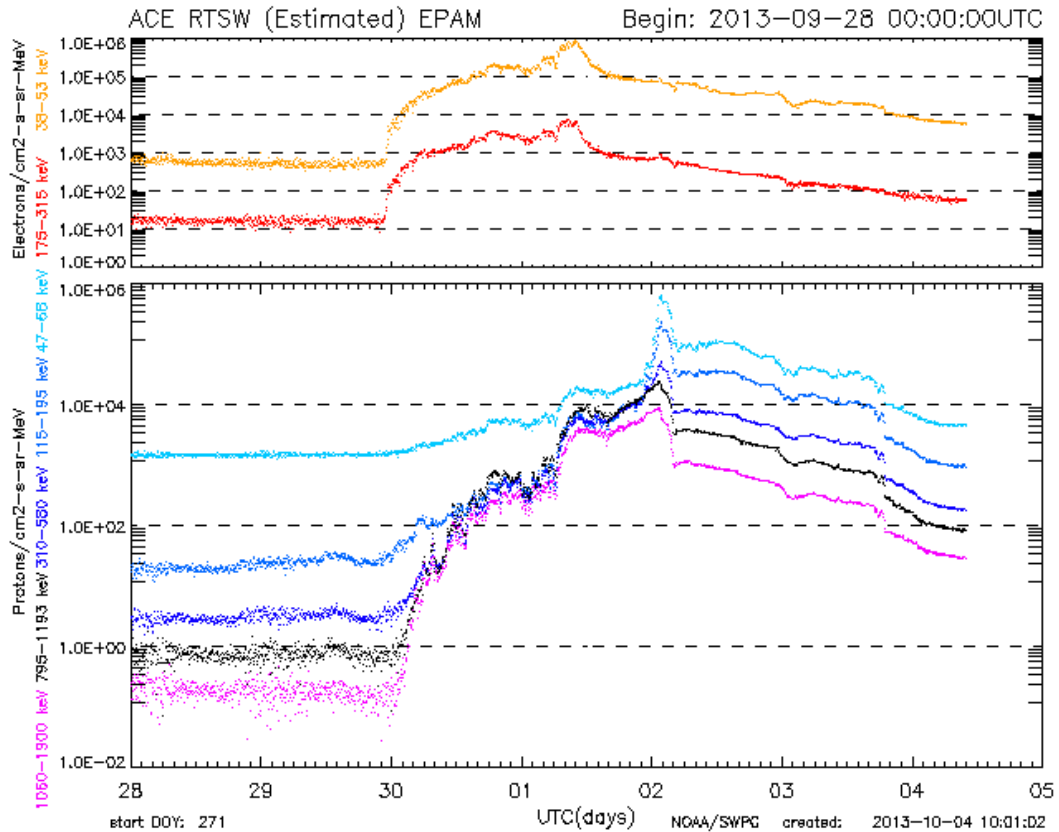
Obrázek 4.6: Vývoj meziplanetárních geomagnetických složek, 3.10. 2013.

#### 4.2.1.5 Podrobnější náhled na nízkoenergetické protony

Na obr. 4.7 vidíte detailnější pohled na aktivitu kladně nabitých částic o nižší rychlosti. Pro případné porovnání s částicemi vyšší energie doporučujeme náhled do přílohy za závěrem textové části.

#### 4.2.1.6 Další příklad interpretace dat zdroje [31]

Popište vývoj slunečního větru na obr. 4.8. Jak se bude vyvíjet geomagnetické pole? Proč? Podpořte svou předpověď pozorováním slunečního disku. Porovnejte s obr. 4.9.



Obrázek 4.7: Protonový tok 40 keV – 2 MeV, 4. - 15. 10. 2013.

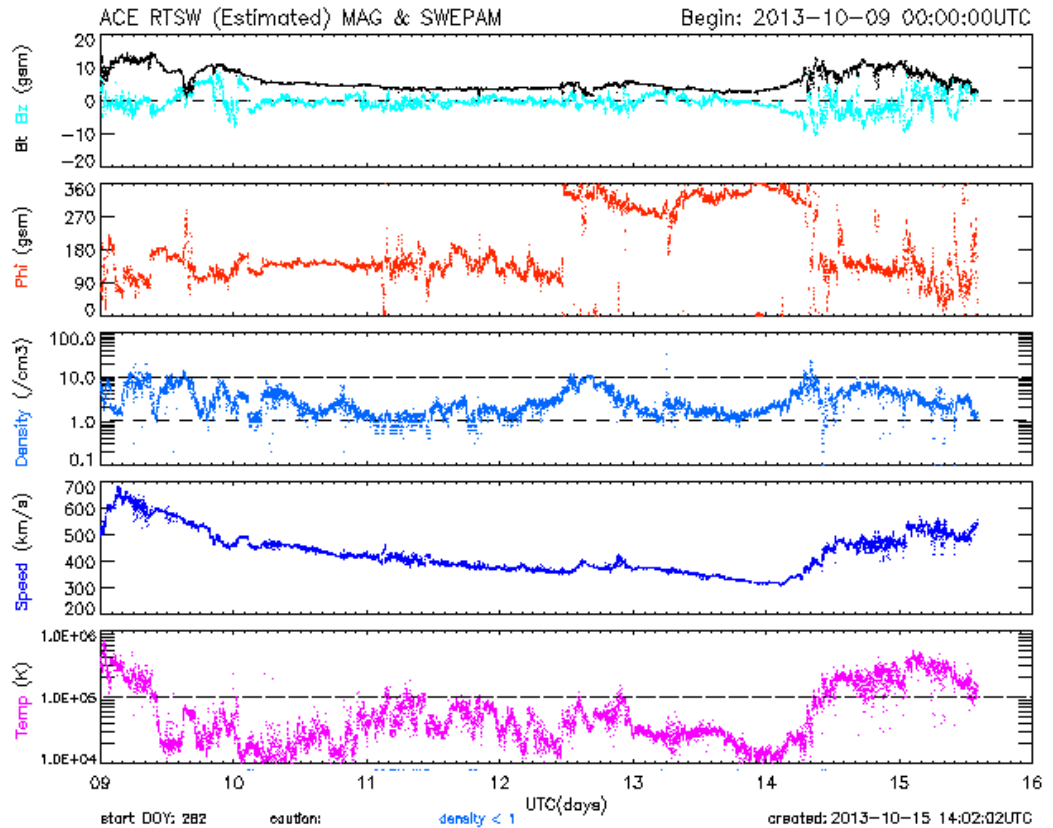
#### 4.2.1.7 Komentář

V případě prvního z dvojice uvedených obrázků pozorujeme náhlý začátek - skokové zvýšení rychlosti slunečního větru 15. 10. 2013. Na obrázku následujícím je patrný následný pokles rychlosti slunečního větru, který provází zklidnění geomagnetického pole po aktivní epizodě. Zde je didakticky vhodné výklad složek slunečního větru doprovodit videodokumentací, žáci mohou využít např. program JHelioviewer [29].

#### 4.2.1.8 Dynamika elektronů a protonů ve slunečním větru

Na obr. 4.10 a 4.11 vidíte dynamiku elektricky nabitých částic ve slunečním větru. Jakým způsobem ovlivní zemskou magnetosféru? Jak se projeví v horních patrech atmosféry?

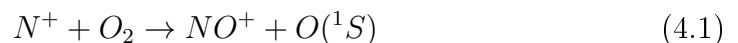




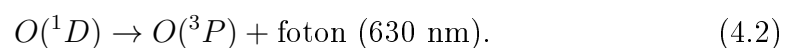
Obrázek 4.8: Vývoj slunečního větru 4. – 15. 10. 2013.

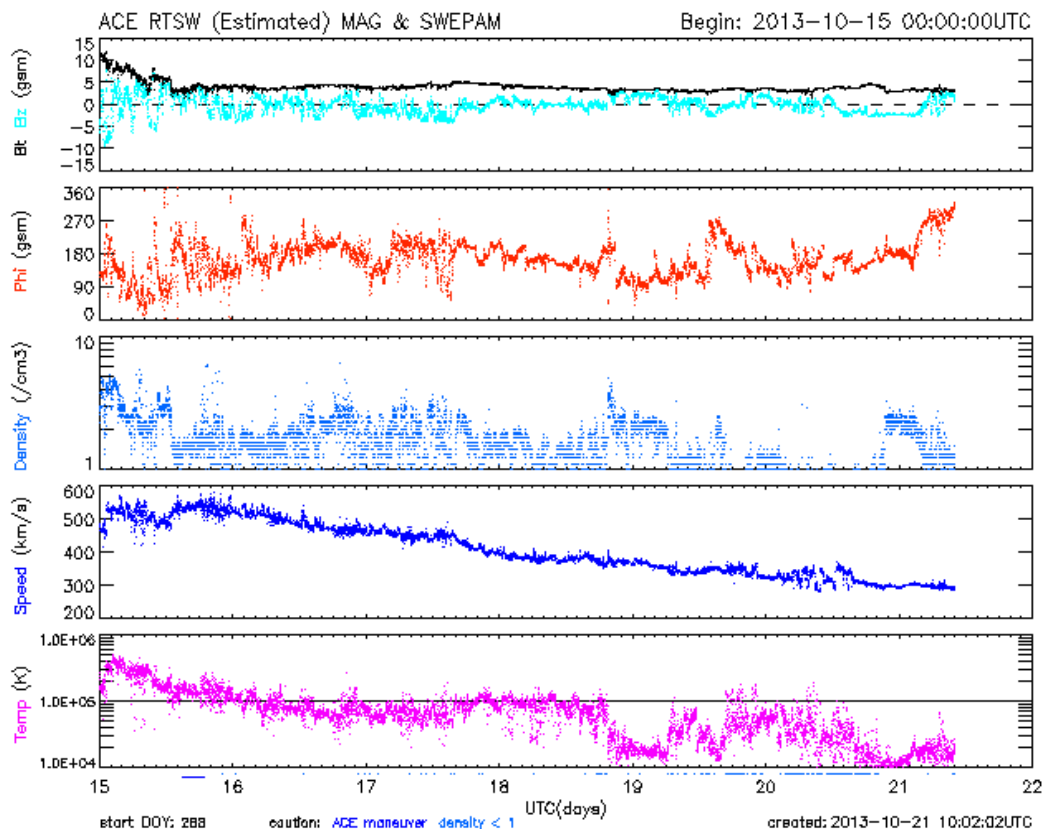
#### 4.2.1.9 Komentář

O kladně nabitých částicích byla již řeč v předchozích odstavcích. Uvedený příklad ukazuje zvýšenou dynamiku elektronů při nestabilních epizodách v horní zemské magnetosféře a zároveň poskytuje možnost didaktického zpestření ukázkou souvislosti s polární září. Na tuto možnost navazuje použití výukového programu získaného na European Space Weather Week v listopadu 2014 [30]. Lze zde ukázat opticky zajímavé interakce nabitých částic v různých patrech ionosféry za použití téhož nástroje. Uvedená vizualizace odpovídá reakcím s  $N_2$  a  $O_2$  v ionosféře. Zelené zbarvení je při polárních zářích způsobeno reakcí



zatímco červené zbarvení je dáno reakcí [3]





Obrázek 4.9: Průběh slunečního větru v polovině října 2013.

#### 4.2.1.10 Demonstrace náhlých začátků

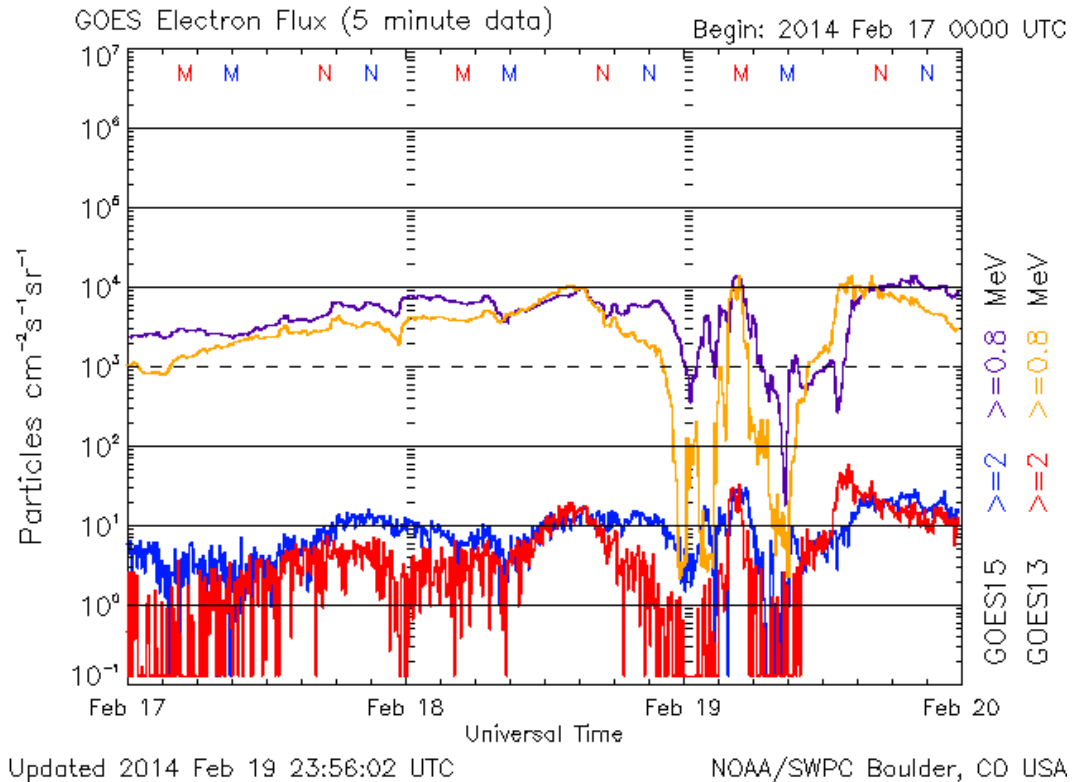
Na obr. 4.12 vidíte vývoj slunečního větru a na následujících obrázcích vývoj aktivity geomagnetického pole. Který moment z obr. 4.12 je pro jeho vývoj klíčový?

#### 4.2.1.11 Komentář

Obr. 4.12 názorně ukazuje jak náhlý pokles  $B_z$ , tak zejména skokovou změnu rychlosti slunečního větru. Obr. 4.13 ukazuje tyto změny v koncentraci částic tvořících korpuskulární charakter slunečního větru. Obr. 4.14 pak ukazuje vývoj horizontální složky meziplanetárního geomagnetického pole.

#### 4.2.1.12 Srovnání s lokálním geomagnetickým polem

Srovnání obr. 4.14 s obrázkem 4.16 ukazuje rozdíl externí  $H$ , měřené satelitně, s její hodnotou na povrchu Země. Jde o srovnání popsané v kap. 3.2, s možností použití dat dostupných prostřednictvím internetu a praktické demonstrace za



**Obrázek 4.10: Dynamika elektronů ve slunečním větru.**

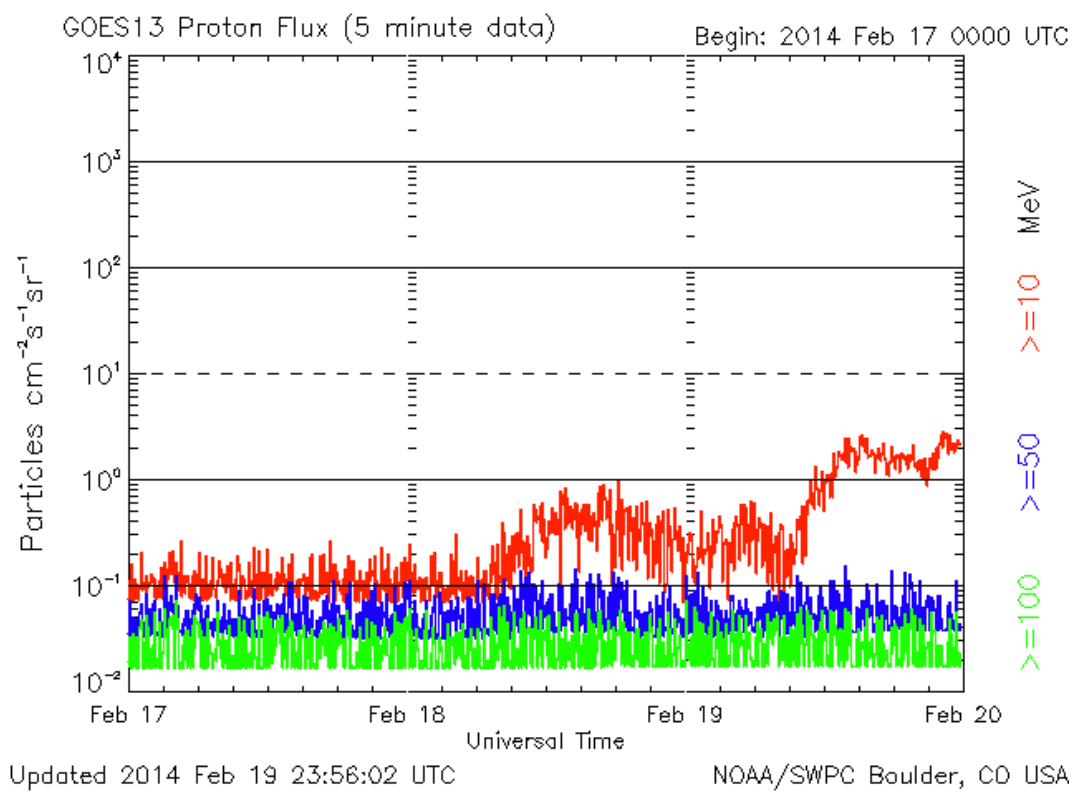
použití školního fluxgate magnetometru popsané v kap. 4.1.

#### 4.2.1.13 Další srovnání s observatorními daty

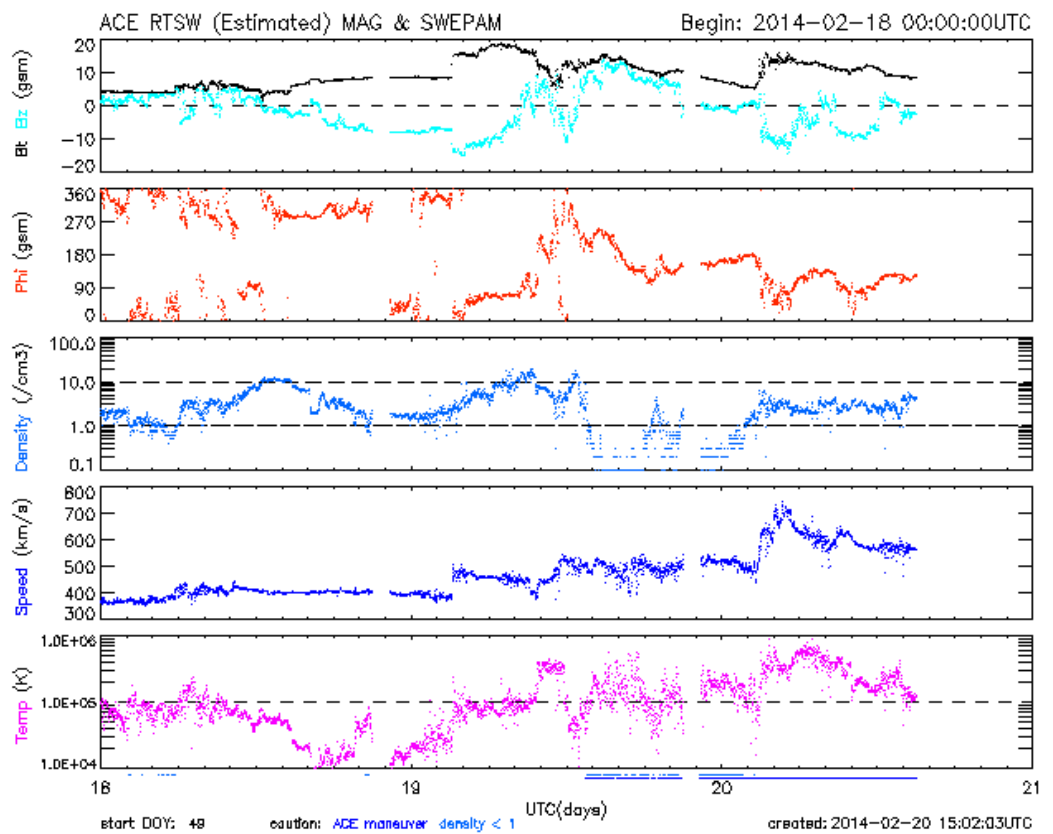
Následující obrázky ukazují období předchozích příkladů, doplněných průběhem složek geomagnetického pole měřených geomagnetickou observatoří (4.17). Je zde ukázán jak průběh indukčních složek slunečního větru, tak i korpuskulární vývoj. Observatorní data jsou zde ukázkou významu geomagnetických měření a výchozím bodem osvětlení jejich významu při používání současných informačních technologií.

#### 4.2.1.14 Souhrn

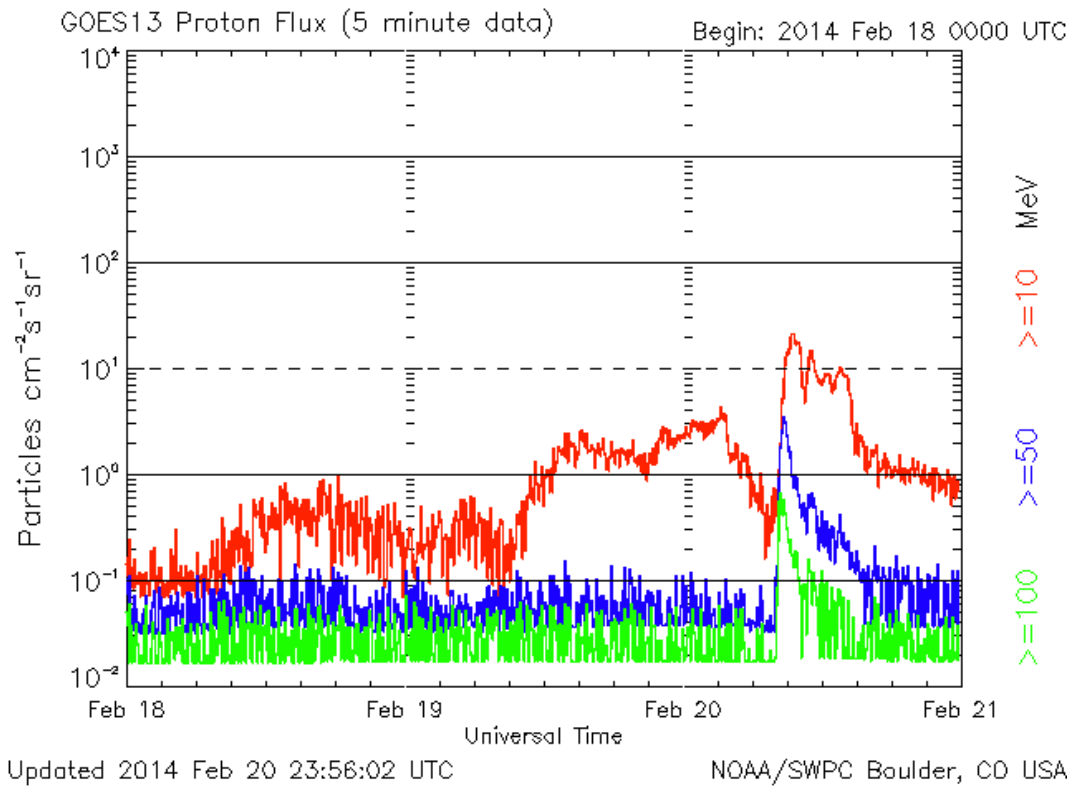
Volené dotazy jsou návrhem, nikoli uzavřenou výukovou metodou. Jejich cílem je přiblížit studentům gymnázií poznatky moderní fyziky a srovnáním dat z různých zdrojů osvětlit souvislosti mezi vysvětlovanými jevy.



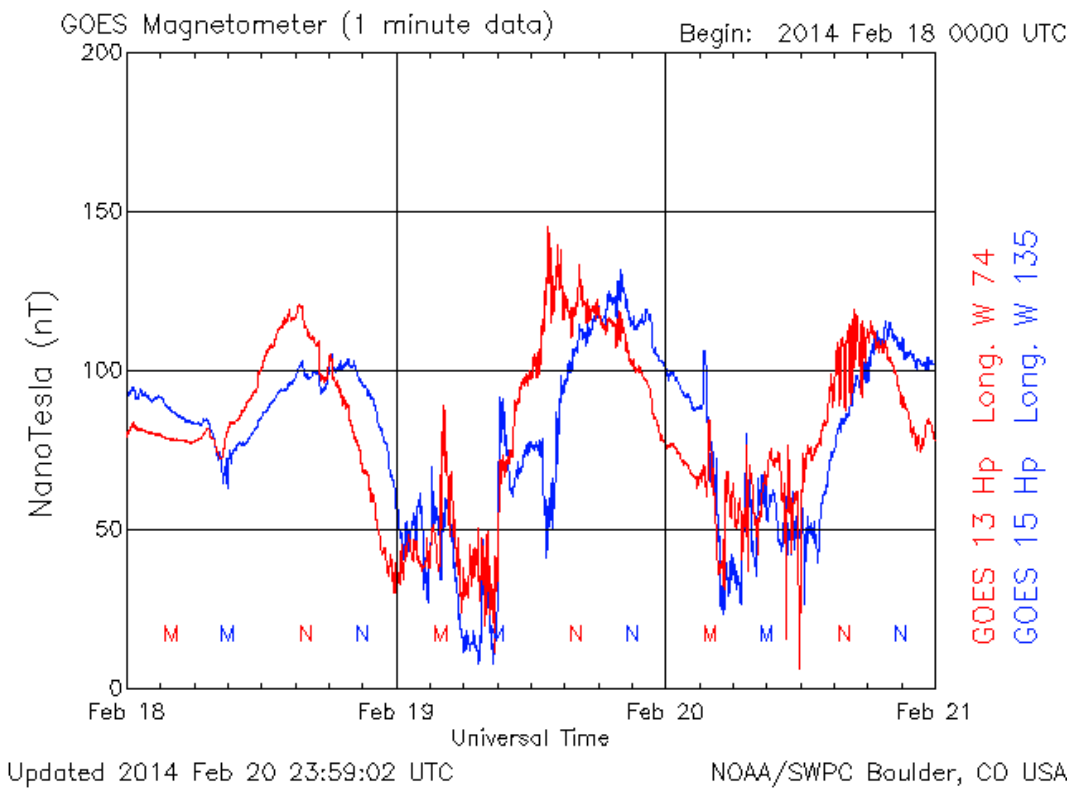
**Obrázek 4.11: Dynamika protonů ve slunečním větru.**



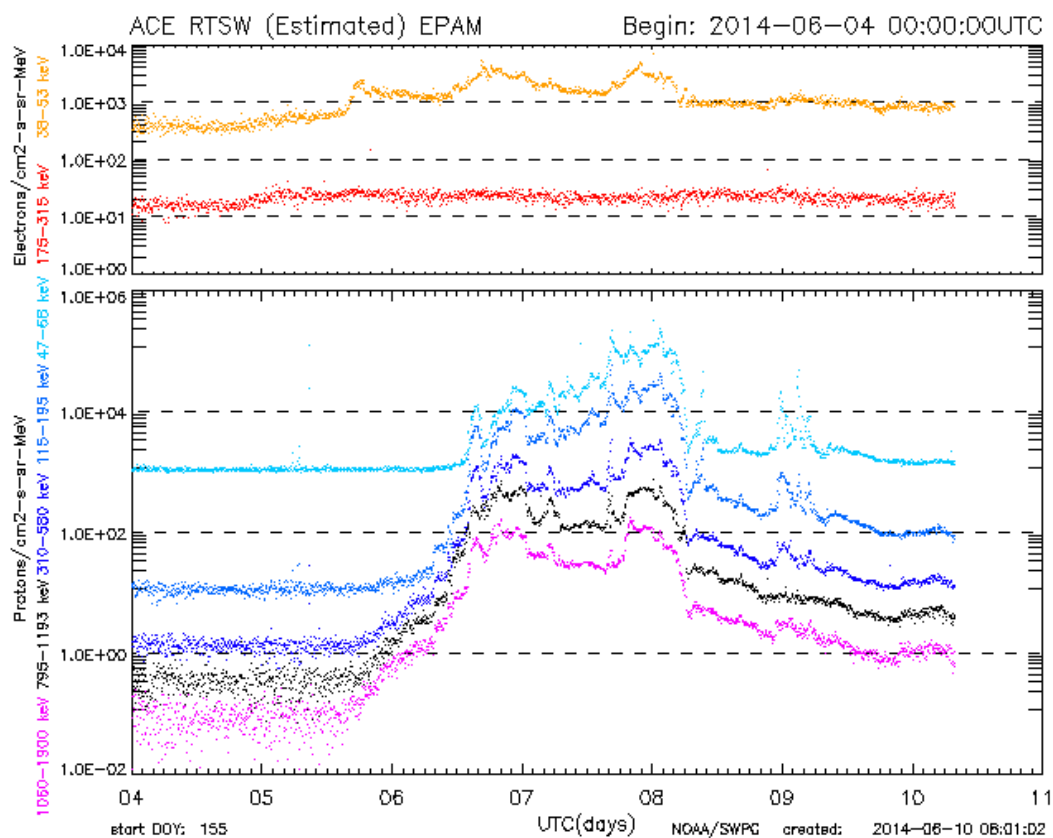
Obrázek 4.12: Vývoj slunečního větru, 20.2. 2014.



**Obrázek 4.13: Dynamika protonů, 20.2. 2014.**



**Obrázek 4.14: Vývoj externí  $H$  20. 2. 2014.**

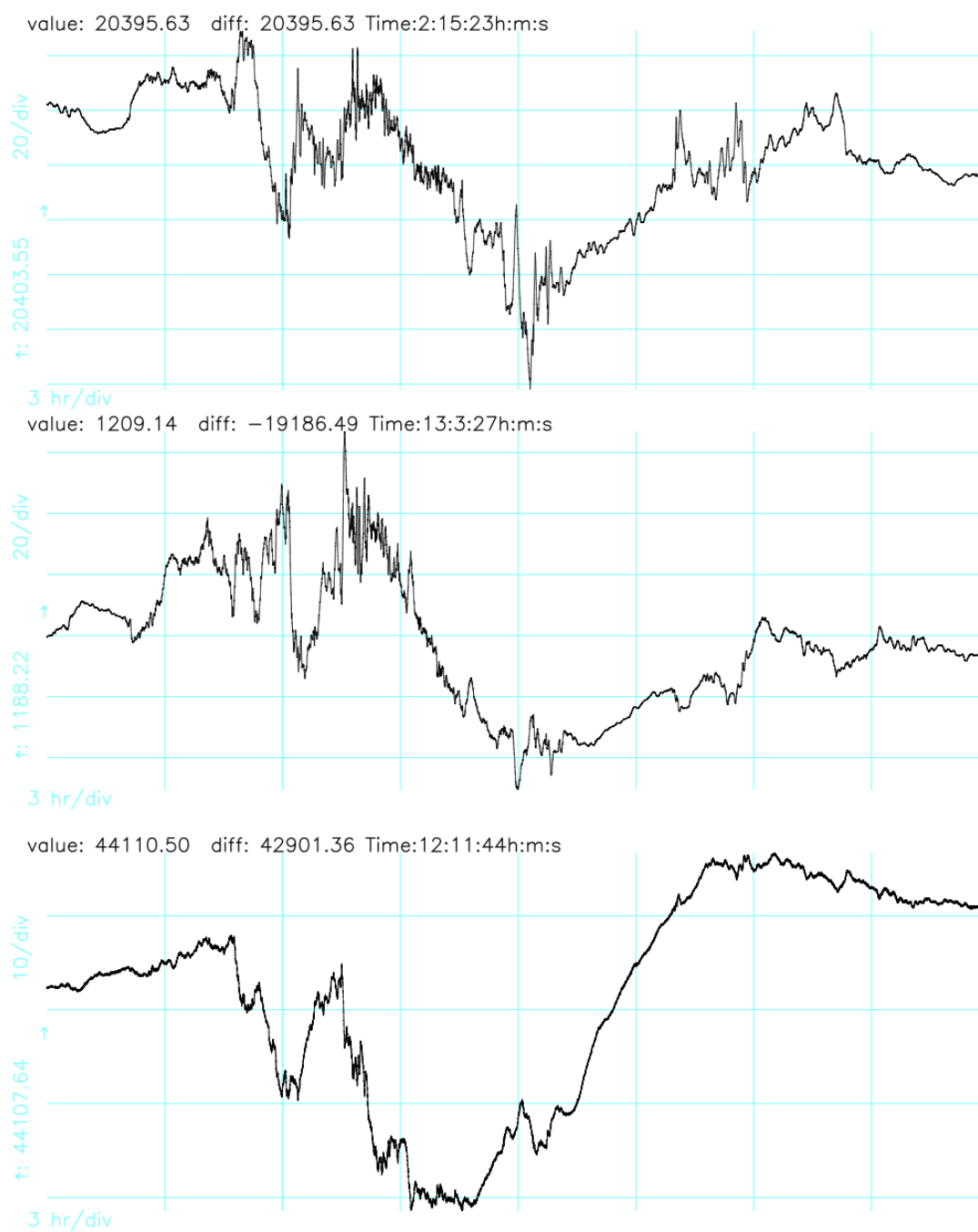


Obrázek 4.15: Korpukulární složky slunečního větru, 3.- 10. 6. 2014.



**Obrázek 4.16: Variace HDZ, observatoř Budkov 19.2. 2014.**





**Obrázek 4.17: Variace HDZ, observatoř Budkov 8.6. 2014.**

# Kapitola 5

## Výsledky a diskuse

Pro výukové cíle byly zvoleny vybrané epizody vývoje slunečního větru ukazující různou míru geoeftivity. Po vysvětlení ochranné funkce zemské magnetosféry tak data o slunečním větru (zdroj [31]) spolu se satelitními snímky slunečního disku (zdroj [33]) a synoptickými mapami (zdroj [32]) poskytnou žákům přehled o vlivech sluneční aktivity na procesy probíhající na Zemi. Satelitní data v reálném čase, jejichž vybrané epizody tvoří přílohu této práce od obr. 6.1 poskytují prostor pro samostatné tvůrčí myšlení, neboť se zde nejedná o pouhé předávání informací, nýbrž žák zde musí umět spojovat nové souvislosti, s nimiž dosud nepřišel do styku.

Středoškolská fyzika je fundamentem pro další studia široké škály oborů, od medicíny po technické obory. Přestože některým užitárněji uvažujícím žákům může unikat smysl věci (a dosavadní výuková praxe to mnohdy potvrzuje), demonstrace nových souvislostí v rámci integrované výuky pomáhá nabourávat někdy hluboce zažitá klišé, což má neocenitelný význam pro budoucí uplatnění absolventů.

Nejde zde však jen o přiblížení fyziky plazmatu, resp. fyziky vysokých energií, středoškolským studentům. Poznatky magnetohydrodynamiky lze funkčně propojit i s výkladem obecné hydrauliky a zpestřit tak výuku středoškolské fyziky od obecné mechaniky.

Otázkou při využití satelitních a observatorních dat ovšem zůstává experimentální neopakovatelnost astronomických pozorování, jak bylo řečeno v úvodní kapitole. I díky tomu, že se jedná o vzdálená a neopakovatelná pozorování, patří k obecným problémům spolehlivost předpovědi, zvláště při náhlých výronech koronální hmoty. Žáci se během výuky sice mohou naučit pracovat

se synoptickou heliografickou mapou [32], případně výukovým softwarem (J-Helioviewer) [29], avšak díky mnoha náhodně probíhajícím procesům je i ze strany vyučujícího ztížen dostatečně názorný výklad popisovaného jevu.

# Kapitola 6

## Závěr

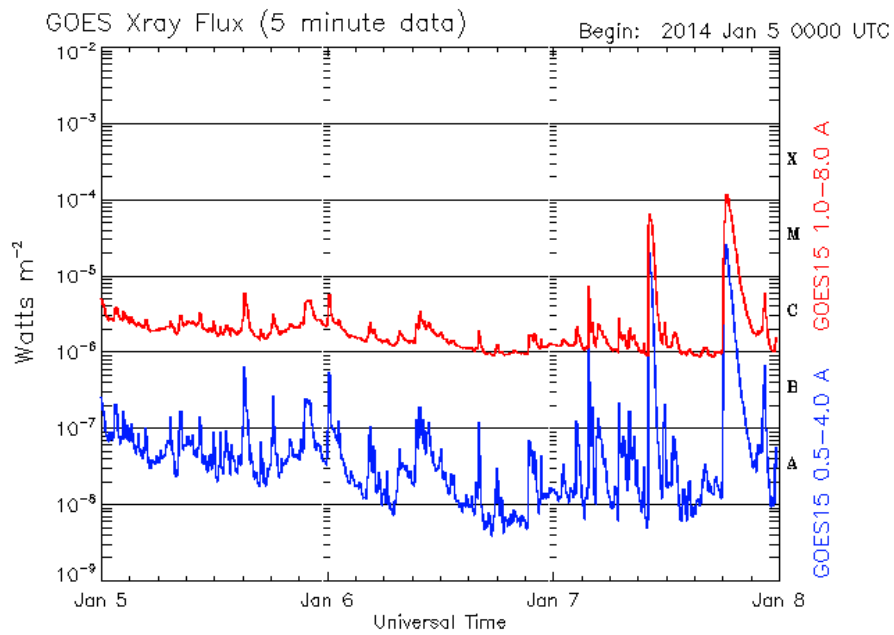
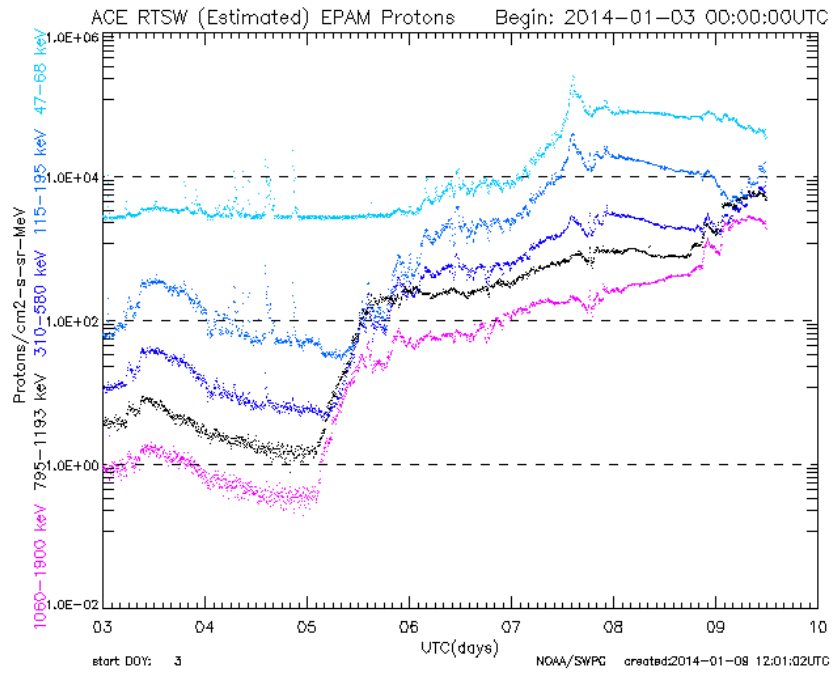
Předložená práce je návrhem interdisciplinárního výukového projektu zaměřeného na syntetické chápání poznatků přírodních věd. Vychází zejména z poznatků fyziky plazmatu a empirických pozorování, ale přesahuje dřívější výukový rámec oddělených předmětů. Díky úzké souvislosti geofyziky s geodézií umožňuje tento přístup funkční propojení fyziky s geografí a díky informačním technologiím lze porovnávat geofyzikální měření prováděná na povrchu Země se širokou paletou dostupných dat z meziplanetárního prostoru. Přitom tento přístup umožňuje rozšířit obzory a tak zkvalitnit výuku i bez nákladných pomůcek, jak už bylo řečeno v úvodu. Předložená práce ozřejmuje využití observatorních i satelitních dat ve srovnatelném čase, přičemž nezapomíná ani na demonstrativní metody v rámci školní výuky, jak je popsáno v kap 4.1. Studenti gymnázií mají ke své samostatné práci k dispozici velké množství satelitních dat dostupných prostřednictvím internetu, která jsou doplnitelná srovnatelnými lokálními daty z geomagnetických observatoří. Kombinace popsaných metod tak výuku prohlubuje a činí atraktivnější. Předložená práce není uzavřenou výukovou metodikou. Jejím cílem je naopak poskytnout učitelům „odrazový můstek“ pro využití stále nových poznatků astrofyziky i geofyziky i nových vzdělávacích technologií. Nebylo tedy cílem vytvořit „kuchařku pro učitele“ jako spíše inspirativní text pro přípravu výuky.

# Literatura

- [1] Bartuška, K.: Sbíрка řešených úloh z fyziky I, II, III, IV. Nakladatelství Prometheus Praha, 1999, 2000, 2001.
- [2] Bednařík, M., Lepil, O.: Netradiční typy fyzikálních úloh. Edice Praxe učitelů matematiky, fyziky, informatiky. Nakladatelství Prometheus Praha, 1995.
- [3] Bothmer, V., Daglis, I.A.: Space Weather. Physics and Effects. ISBN 3-540-23907-3, Springer 2007.
- [4] Brož, J. et al.: Příklady fyzikálních měření. SPN Praha, 1967.
- [5] Fabian, A. et al. Cambridge Enzyklopadie der Astronomie. Trewin Copplestone publishing Ltd. 1977, překlad Urania Verlag Leipzig/Jena/Berlin 1978.
- [6] Goosens, M. An Introduction to Plasma Astrophysics and Magnetohydrodynamics. Springer, 2003.
- [7] Hejda, P.; Horáček, J. History of magnetic measurements on the territory of the Czech Republic. In: XIIth IAGA Workshop, Belsk, June 19 – 24, 2006.
- [8] Horák, Z.: Praktická fyzika. SNTL Praha 1958.
- [9] Holubová, R. Aktuální problémy výuky fyziky na střední škole. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2740-9.
- [10] Janás, J.; Trna, J. Konkrétní didaktika fyziky II. 2. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5474-5.

- [11] Kalhous, Z.; Obst, O. Školní didaktika. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-X.
- [12] Kašpar, E. a kol.: Didaktiky fyziky – obecné otázky. SPN Praha, 1987.
- [13] Kippenhahn, R.: Odhalená tajemství Slunce. Deutschen Taschenbuch Verlag 1993, český překlad Mladá fronta 1999.
- [14] Kleczek, J. Velká encyklopedie vesmíru. Academia 2002.
- [15] KLECZEK, J. Toulky vesmírem. Aldebaran, 2013, připraveno k vydání.
- [16] Kubašta, P. Výpočet geomagnetické aktivity z K-indexů. Manuál GfÚ AVČR, 2011
- [17] Kulhánek, P. Úvod do teorie plazmatu. Aldebaran, 2011. ISBN: 978-80-904582-2-2.
- [18] Levi, David H. Astronomie 1. Cesty za poznáním. český překlad Svojtka & Co., 1994.
- [19] Moldwin, M. An Introduction to Space Weather. ISBN:9780521711128
- [20] Moore, P. Watson, F. et al.: Astronomica. Tandem Verlag GnbH 2008, překlad Slovart 2009.
- [21] Petržílka, V., Šafrata, S.: Elektřina a magnetismus. Praha, nakladatelství ČSAV, 1956.
- [22] Priest, E. R. Solar Magnetohydrodynamics. D. Reidel Publishing Company, London, England, 1982.
- [23] Průcha, J. Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-49-4.
- [24] Skalková, J. Obecná didaktika. 2. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 80-247-1821-7.
- [25] Svoboda, E., Kolářová, R.: Didaktika fyziky základní a střední školy. Vybrané kapitoly. Učební texty UK Praha. Nakladatelství Karolinum Praha, 2006.

- [26] Vališová, A.; Kasíková, H. (eds.) Pedagogika pro učitele. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3357-9.
- [27] Vanýsek, V. Základy astronomie a astrofyziky. Academia Praha 1980.
- [28] Volf, I.: Metodika řešení úloh ve výuce fyziky na základní škole. Nakladatelství MAFY Hradec Králové, 1998.
- [29] JHelioviewer, <http://www.jhelioviewer.org>
- [30] Space Weather DVD 2010. Interaktivní výukový program získaný na <http://www.stce.be/esww11/>
- [31] NOAA Space Weather Prediction Center, <http://www.swpc.noaa.gov>
- [32] Synoptické mapy slunečního disku, <ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub>
- [33] Satelitní snímky slunečního disku, <http://umbra.nascom.nasa.gov/images>
- [34] Variační data geomagnetické observatoře Budkov, <http://bdv.ig.cas.cz>

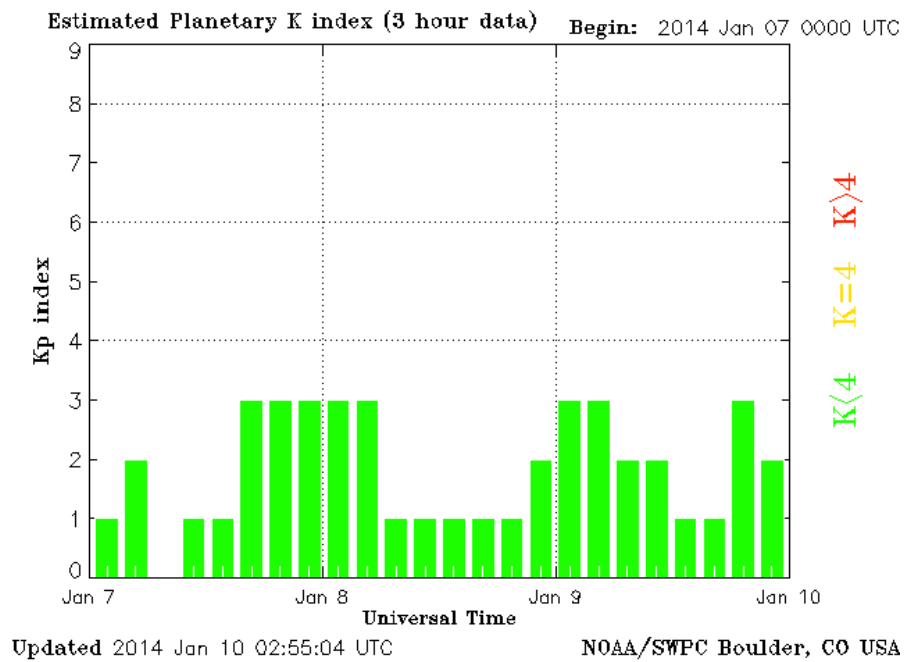
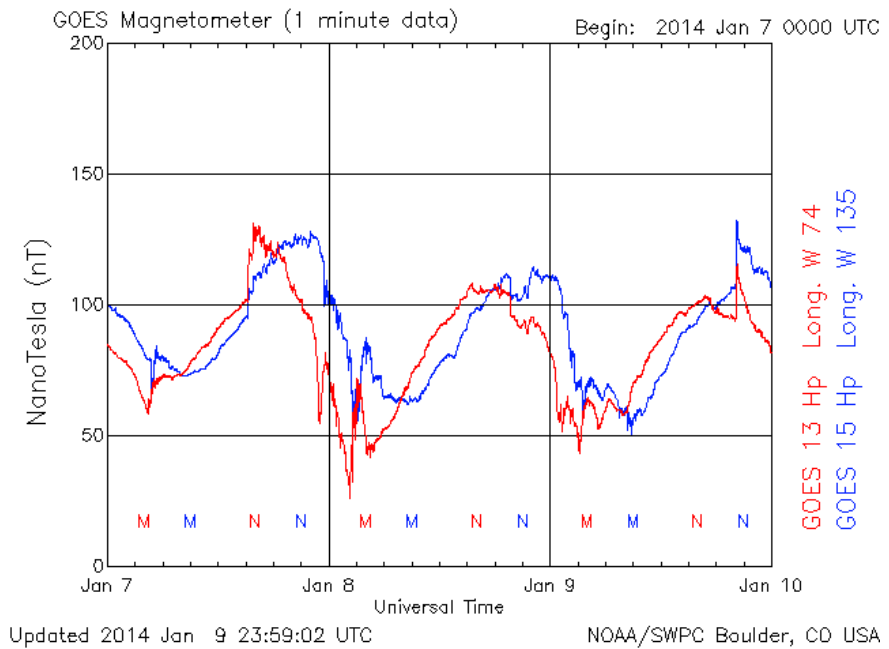


Updated 2014 Jan 7 23:55:11 UTC

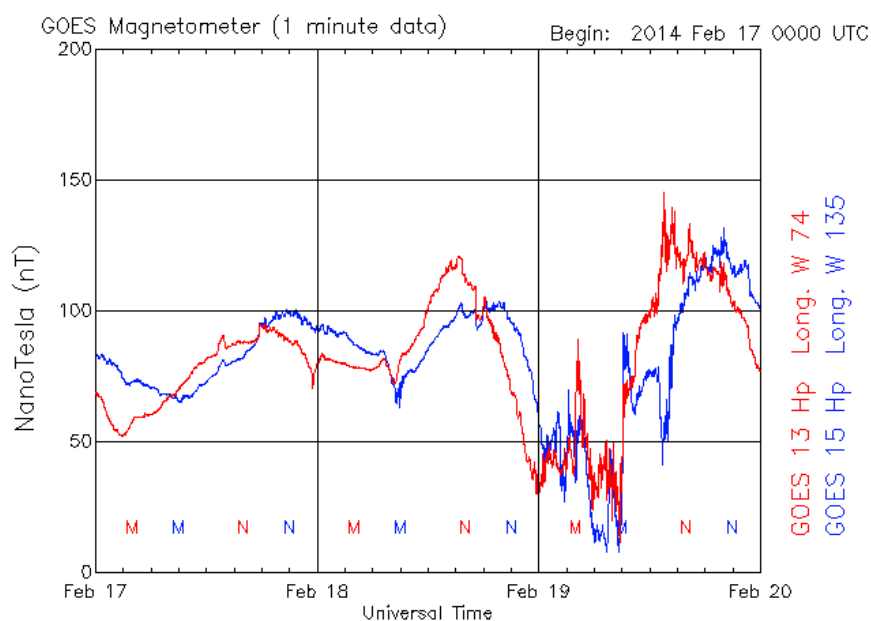
NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Obrázek 6.1: Průběh slunečního větru a rentgenové záření, počátek roku 2014.





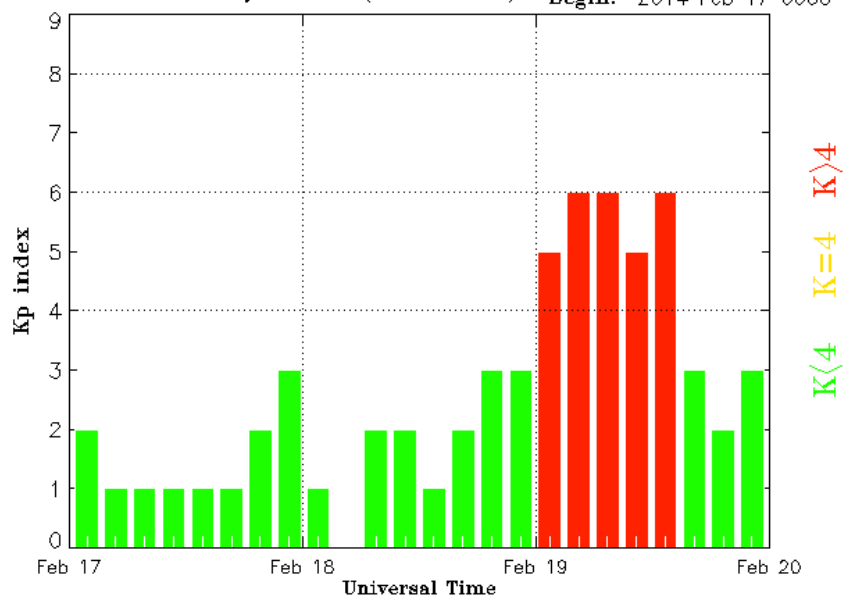
Obrázek 6.2: Průběh externí  $H$ , 9.1. 2014.



Updated 2014 Feb 19 23:59:02 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

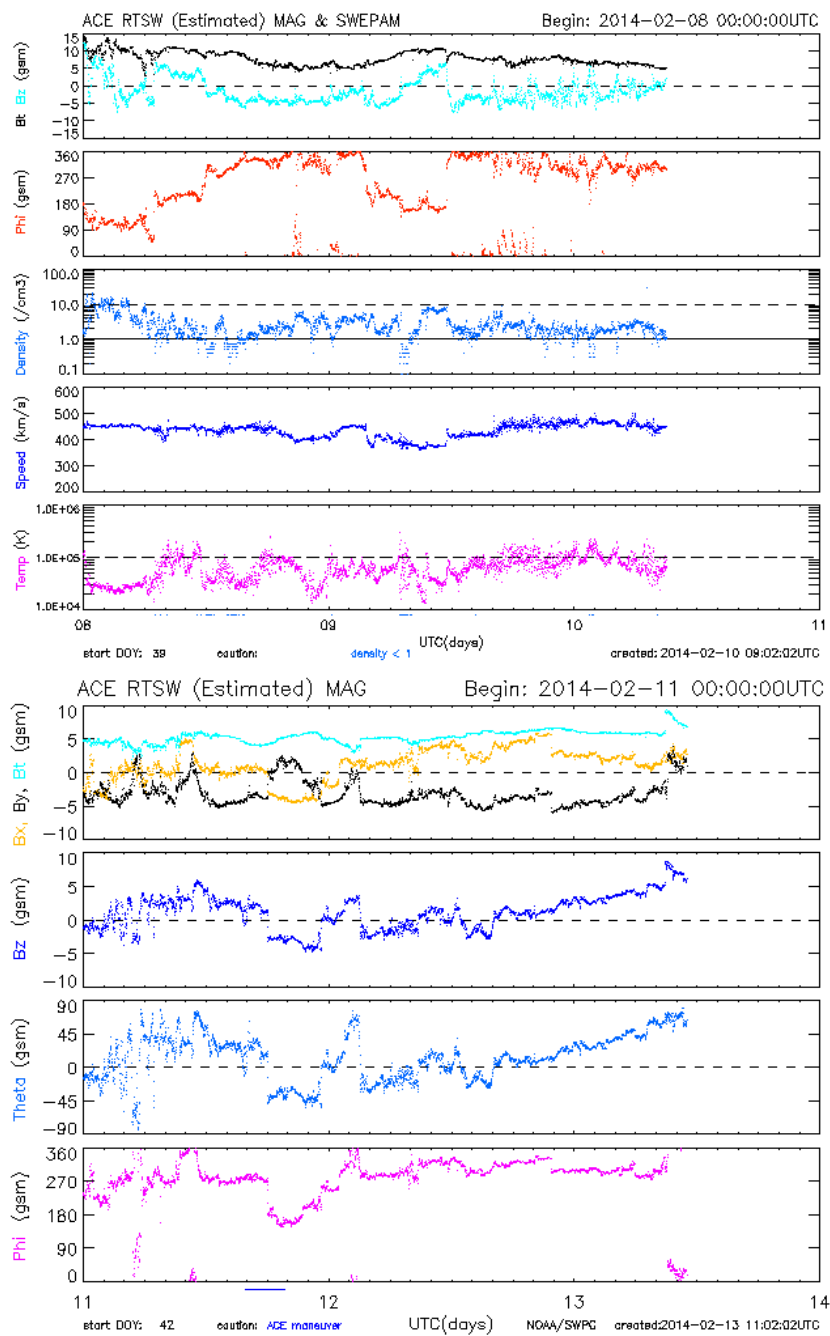
Estimated Planetary K index (3 hour data) Begin: 2014 Feb 17 0000 UTC



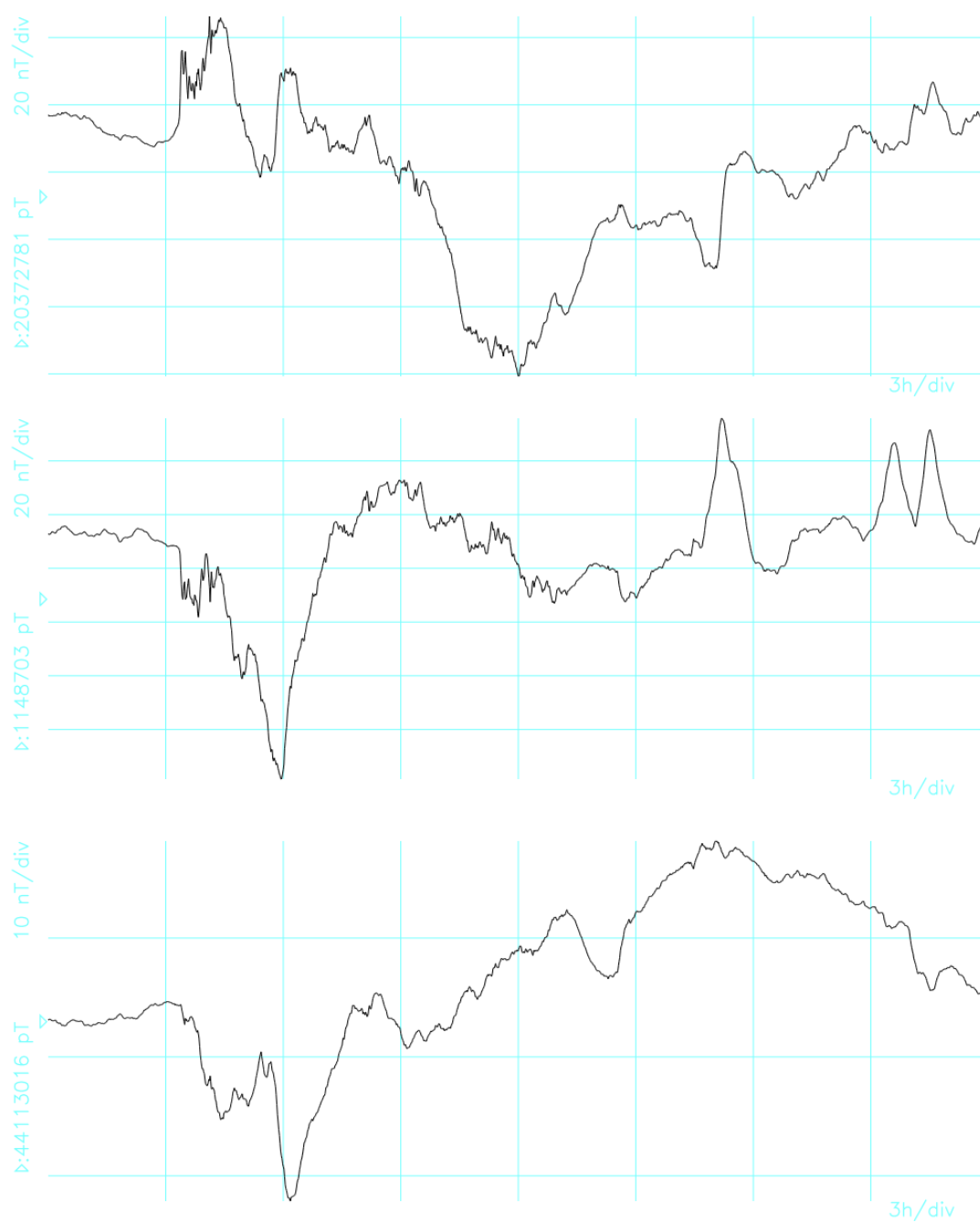
Updated 2014 Feb 20 02:55:06 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

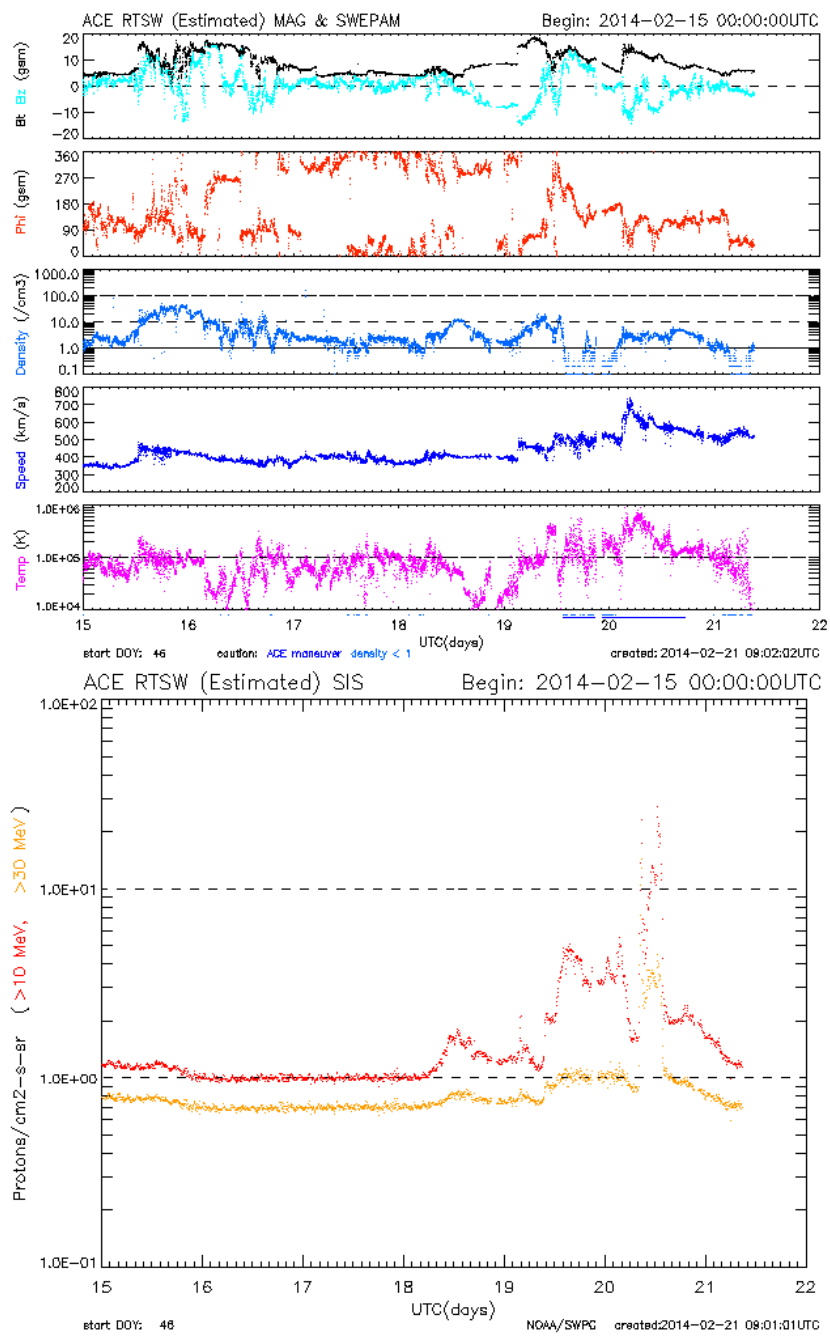
Obrázek 6.3: Vývoj planetárního K-indexu v závislosti na předchozím popisu.



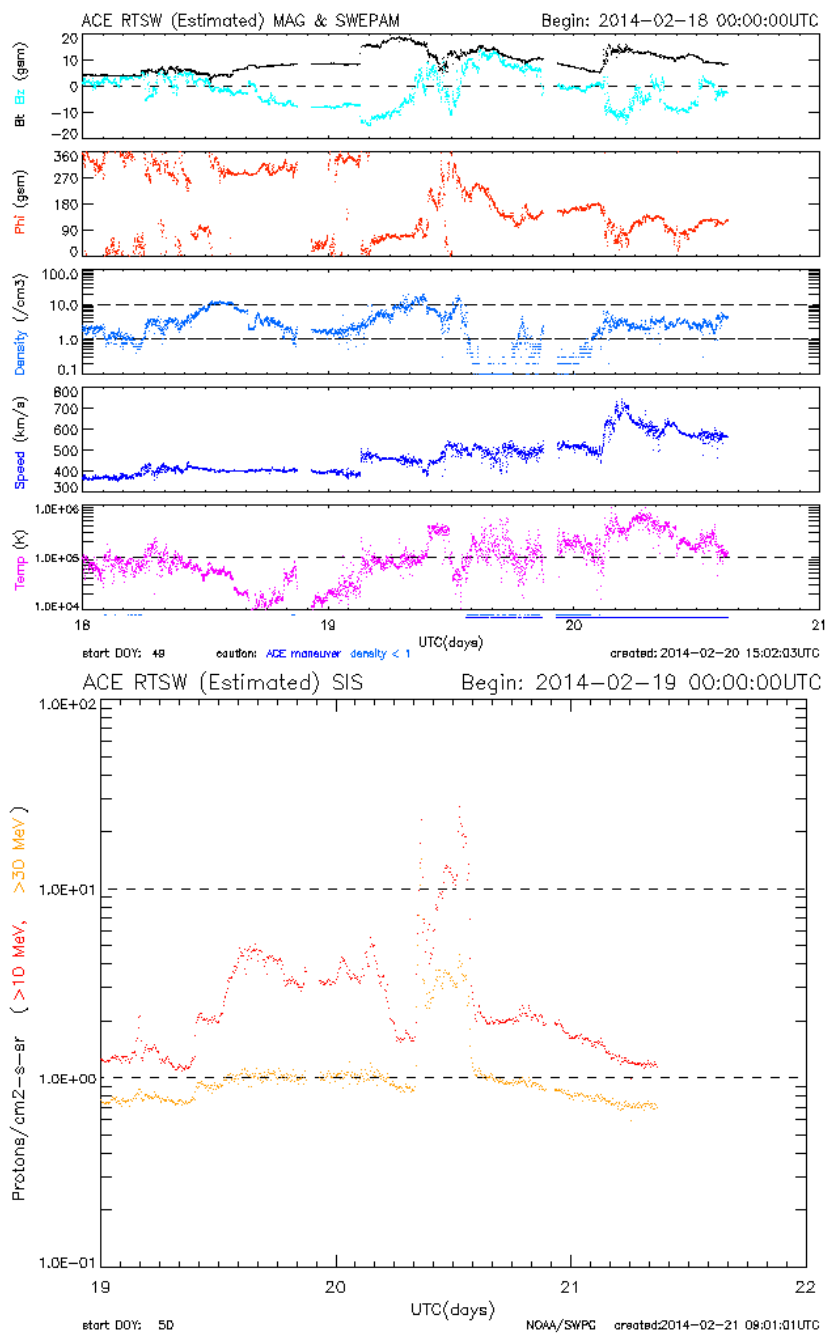
Obrázek 6.4: Vývoj slunečního větru, 13.2. 2014.



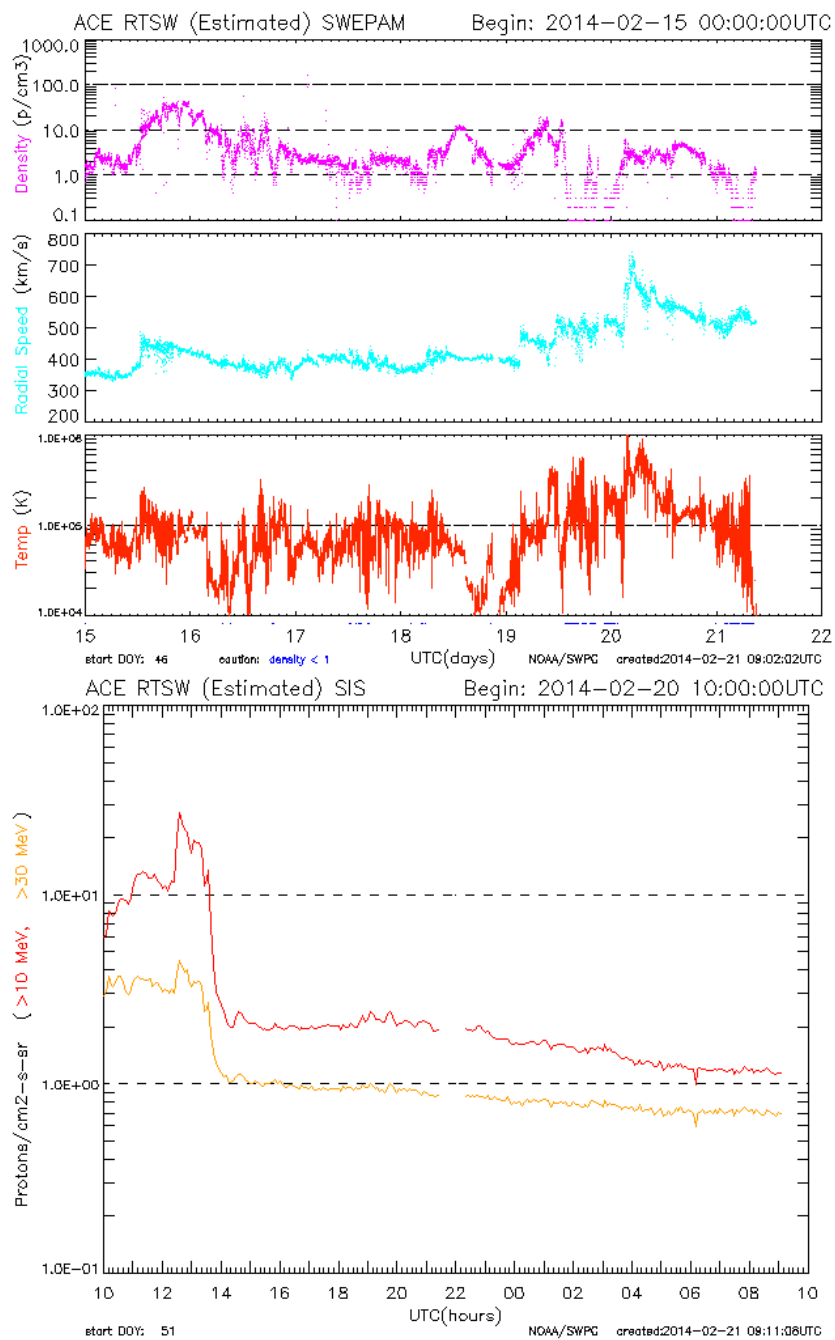
**Obrázek 6.5: Variace H,D,Z, observatoř Budkov 20.2. 2014.**



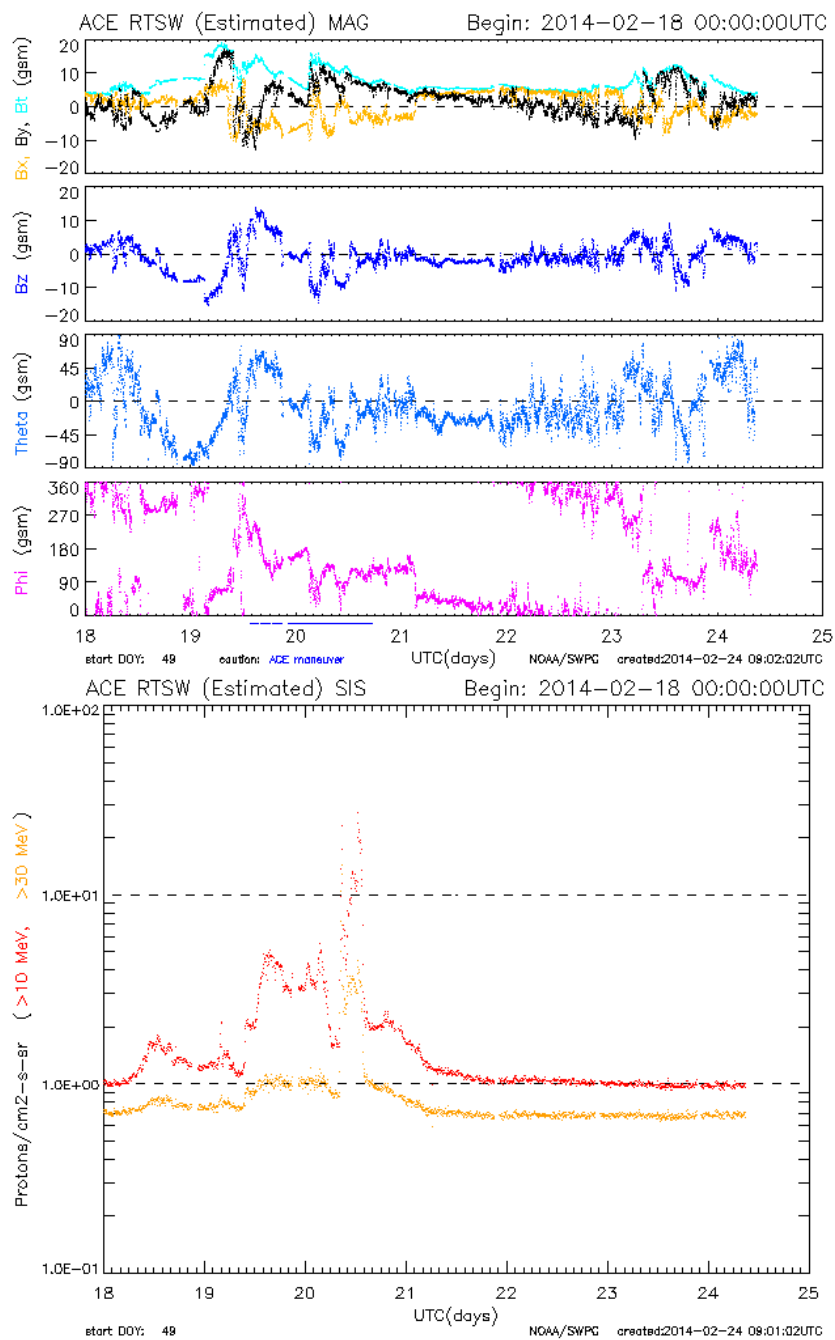
Obrázek 6.6: Vývoj slunečního větru 21.2. 2014.



Obrázek 6.7: Totéž podrobněji.

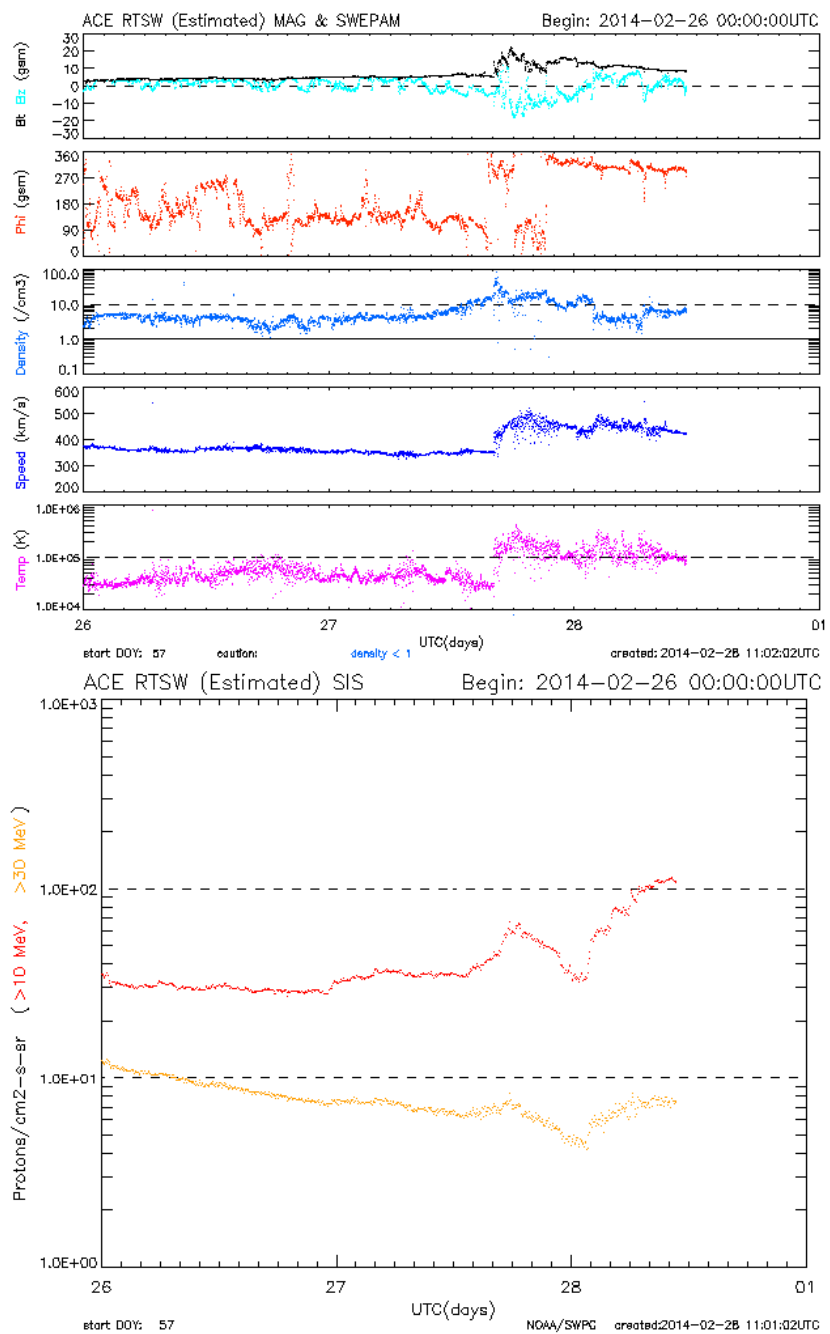


Obrázek 6.8: Detail rychlosti větru a koncentrace částic.

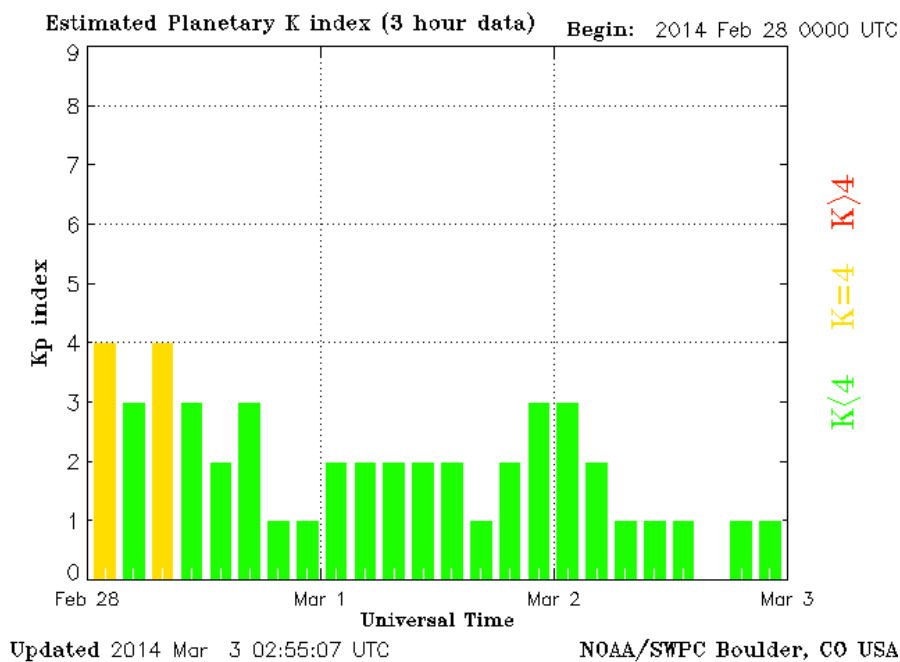
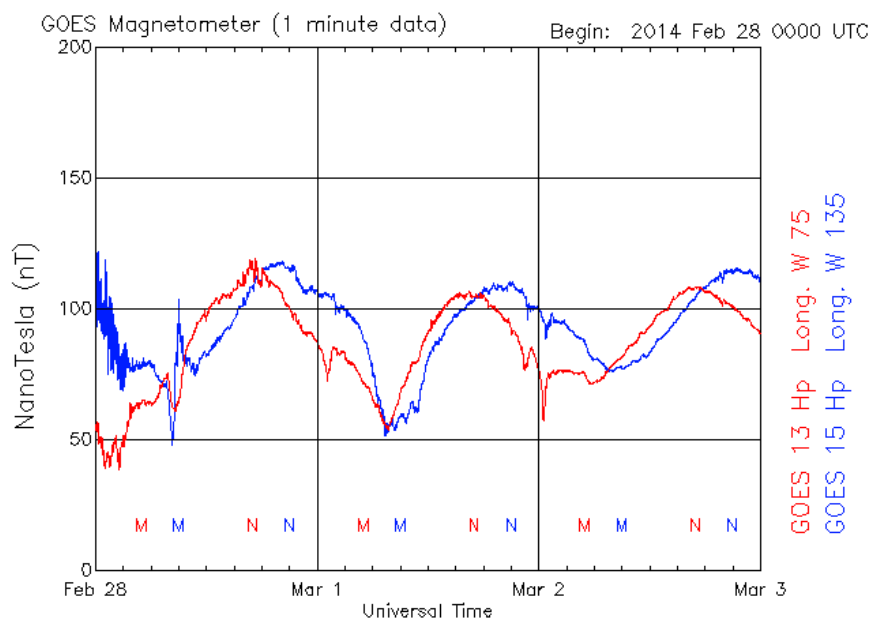


Obrázek 6.9: Pokračování předchozího trendu.

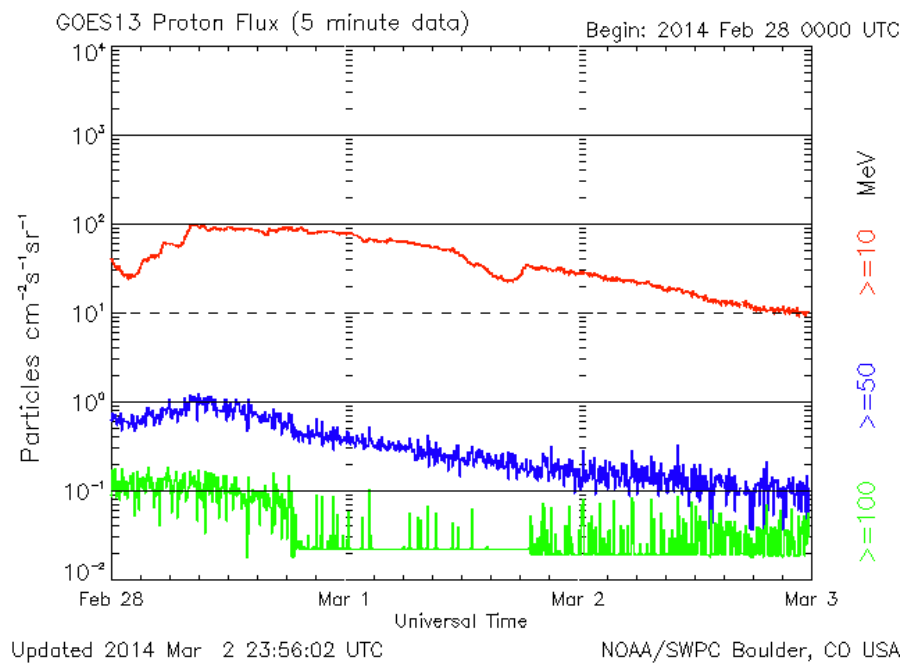
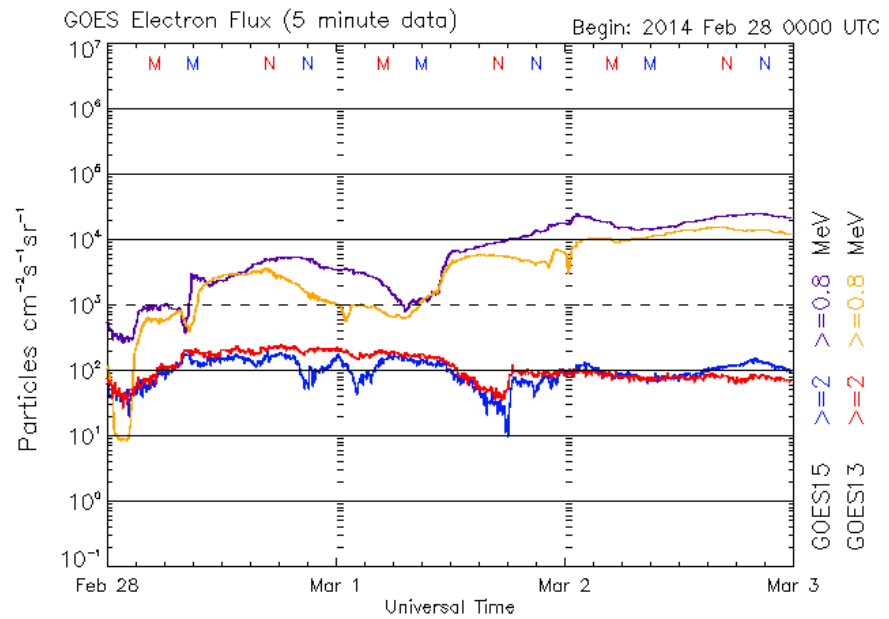




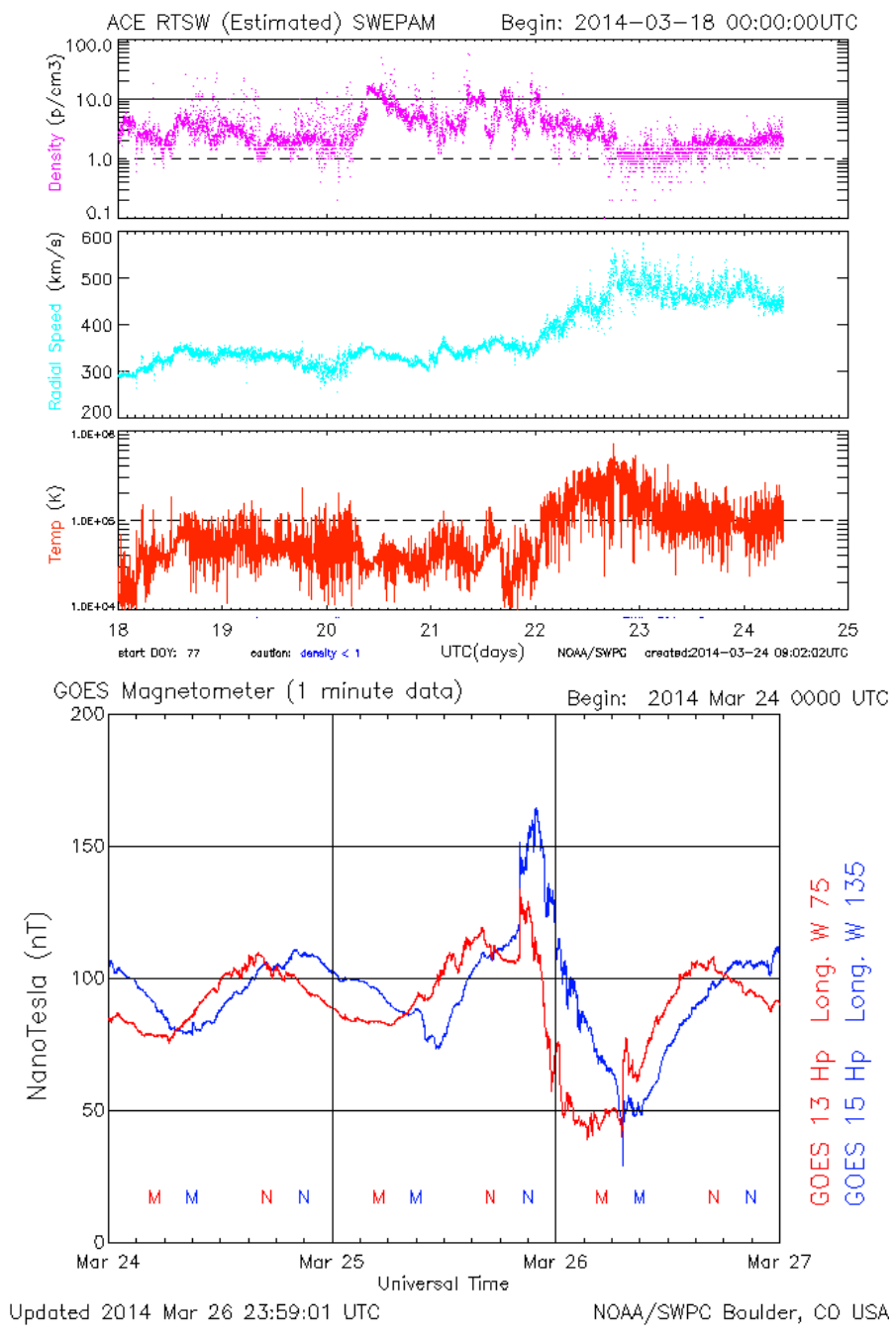
Obrázek 6.10: Pokračování v třídeném kroku.



Obrázek 6.11: Vývoj externí  $H$ , počátek března 2014.



Obrázek 6.12: Průběh elektronového a protonového toku z téže doby.



Obrázek 6.13: Rychlost slunečního větru a průběh externí  $H$ , 26.3. 2014.