

Celosvětový projekt CAWSES-II – Klima a počasí systému Slunce-Země

Jan Laštovička

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i., Boční II, 14131 Praha 4, Česká republika,
jla@ufa.cas.cz

Celosvětový program CAWSES-II (Climate And Weather of the Sun-Earth System) vyhlásil SCOSTEP na období 2009-2013 jako pokračování programu CAWSES, ale s poněkud pozměněnou tématikou, která nicméně pokrývá hlavní současné otázky vlivu Slunce a heliosféry na geosféru. Hlavním cílem programu je podstatně zvýšit úroveň našeho poznání kosmického okolí a jeho dopadu na život a lidskou společnost. Program se skládá ze čtyř pracovních skupin, jejichž názvy jsou formulovány jako otázky: (1) Jaký je vliv Slunce na klima na Zemi? (2) Jaká bude odezva „geospace“ na měnící se klima? (jsem spolupředsedou této pracovní skupiny) (3) Jakým způsobem ovlivňuje sluneční aktivita „geospace environment“? (4) Jaká je odezva „geospace“ na variabilitu vln přicházejících z dolní atmosféry? Další složkou programu CAWSES-II jsou dvě sekce – (a) Capacity building (podpora vědců z rozvojových zemí, vzdělávání, popularizace) a (b) Escience and informatics (Virtual Institute) - něco jako rozšířená verze virtuální laboratoře. Jsou podány podrobnější informace o programu CAWSES-II.

Worldwide project CAWSES-II – Climate And Weather of the Sun-Earth System

The worldwide program CAWSES-II (Climate And Weather of the Sun-Earth System) was established by SCOSTEP for the period 2009-2013 as continuation of program CAWSES but with partly different topics, which nevertheless cover the main current problems of Sun's influence on the heliosphere and geosphere. The main goal of the program is to increase substantially the level of our knowledge of space environment and of its impact on life and human society. The program consists of four Task Groups, which are formulated as questions: (1) What are the solar influences on climate? (2) How will geospace respond to an altered climate? (3) How does short-term solar variability affect the geospace environment? (4) What is the geospace response to variable waves from the lower atmosphere? It has also two technical task groups: (5) Capacity building (support of scientists from developing countries, education and outreach). (6) Escience and informatics (Virtual Institute) – it is something like a broadened version of virtual laboratory. More detailed information is presented below.

1. Úvod

Celosvětový program CAWSES-II (Climate And Weather of the Sun-Earth System – Klima a počasí v systému Slunce-Země) vyhlásil SCOSTEP (Scientific Committee for Solar-Terrestrial Physics – Vědecký výbor pro fyziku vztahů Slunce-Země) na období 2009-2013 jako pokračování programu CAWSES, ale s poněkud pozměněnou tématikou, která nicméně pokrývá hlavní současné otázky vlivu Slunce a heliosféry na geosféru.

Obrázek 1 ukazuje jeden z hlavních procesů vlivu sluneční aktivity na Zemi. V aktivní oblasti vznikne CME (výron sluneční hmoty), které při šíření meziplanetárním prostředím vyvolá jeho silné porušení spojené s magnetickým oblakem rázovou vlnou před CME. Po dopadu na Zemi pak dojde ke stlačení magnetosféry, průniku energie, hmoty a energetických částic do magnetosféry a následně ke vzniku geomagnetické bouře, která m.j. vyvolá v aurorální zóně polární záři různých forem. Příklad polární záře je uveden na obr. 2.



Obr. 1. Ilustrační obrázek vlivu sluneční aktivity na naši planetu.



Obr. 2. Difúzní polární záře.

2. Struktura a cíle CAWSES-II

Hlavním cílem programu CAWSES-II je podstatně zvýšit úroveň našeho poznání kosmického okolí Země a jeho dopadu na život a lidskou společnost, a to v interakci s probíhajícími klimatickými změnami, které mohou skrze změnu základního stavu systému ovlivnit odezvu na projevy sluneční aktivity..

Program CAWSES-II se skládá ze čtyř tématických (pracovních) skupin, jejichž názvy jsou formulovány jako otázky:

TG1: Jaký je vliv Slunce na klima na Zemi?

TG2: Jaká bude odezva „geospace“ na měnící se klima?

TG3: Jakým způsobem ovlivňuje krátkodobá sluneční aktivity „geospace environment“?

TG4: Jaká je odezva „geospace“ na variabilitu vln přicházejících z dolní atmosféry?

Nově zavedený termín „geospace“ znamená prostor od povrchu Země po magnetopauzu – troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra, ionosféra, plazmasféra a magnetosféra.

Další složkou programu CAWSES-II jsou dvě technické skupiny:

TG5: Capacity building (podpora vědců z rozvojových zemí, vzdělávání, popularizace).

TG6: Escience a informatika (Virtual Institute) - něco jako rozšířená verze virtuální laboratoře.

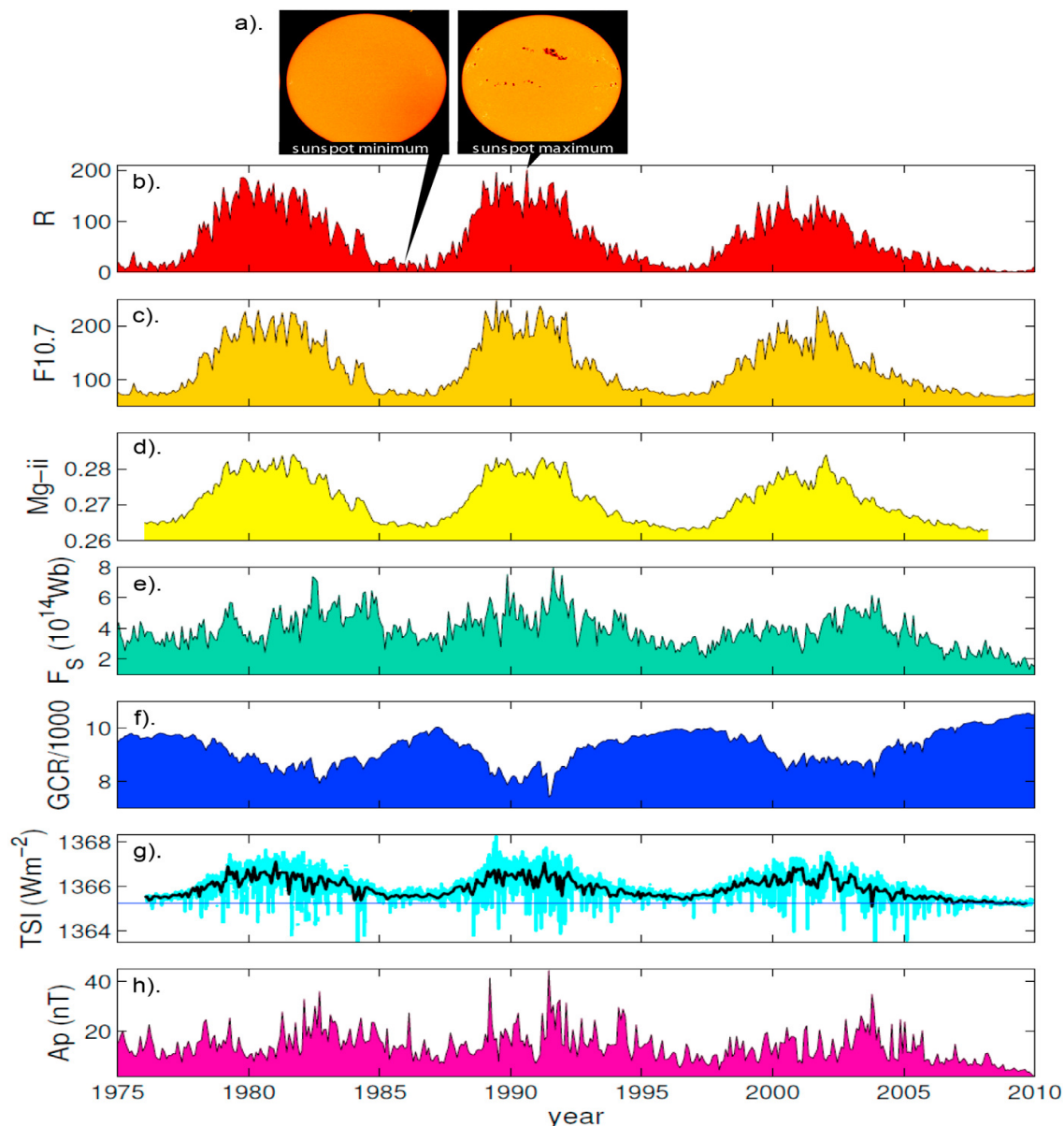
Programu CAWSES-II předsedají Susan Avery (USA – savery@whoi.edu) a Alan Rodger (UK – a.rodger@bas.ac.uk).

Více informací o programu CAWSES-II lze nalézt na Web stránce programu:

http://www.cawses.org/wiki/Index.php/Main_Page.

3. TG1: Jaký je vliv Slunce na klima na Zemi?

TG1 vedou Joanna Haigh, j.haigh@ic.ac.uk a Ilya Usoskin, Ilya.Usoskin@oulu.fi. Obrázek 3 ukazuje dlouhodobou variabilitu různých indexů a veličin spojených se sluneční aktivitou.



Obr. 3. Dlouhodobá variabilita slunečních indexů (b), (c), (d), slunečního magnetického toku (e), intenzity galaktického kosmického záření (f), celkové sluneční iradiace (g) a geomagnetické aktivity (h) podle Graz et al. (2010).

TG1 se skládá ze tří projektů:

1. Jaký je vliv „solar events“ na střední a dolní atmosféru?

Míní se tím „solar events“ s velkým zvýšením průniku a vysypávání energetických částic (hlavně v polárních a subpolárních oblastech) s trváním hodin až dní. Bude studován hlavně event z ledna 2005, mohou být zahrnuty i další jako prosinec 2006 nebo říjen-listopad 2003. Projekt bude zaměřen na studium vysypávání energetických elektronů na atmosféru a dopad SPE na koncentraci vodních par a aerosolů.

2. Jaké jsou nejistoty v určování dlouhodobého přímého slunečního vlivu na klima?

Hlavní nejistoty v modelování jsou spojeny s rekonstrukcemi sluneční iradiance v minulosti, které se podstatně liší – ty zde chtějí ocenit. Další otázkou je separace efektů sluneční iradiance a energetických částic. Pozornost bude věnována paleoklimatologii a spektrální iradianci.

3. Jak kvantifikovat a numericky testovat nepřímé sluneční vlivy na klima?

K nepřímým vlivům patří chemické efekty slunečního UV záření nebo energetických částic, ionizace způsobovaná kosmickým zářením, vazby mezi vrstvami atmosféry, formování aerosolů, formování oblaků z aerosolů, vazba atmosféra-oceán a módy variability atmosféry. Plánují vyvinout vhodné parametrizace těchto vlivů pro klimatické modely a numerickým modelováním odhadnout jejich účinek na klima.

4. TG2: Jaká bude odezva „geospace“ na měnící se klima?

TG2 vedou Jan Laštovička jla@ufa.cas.cz a Dan Marsh, marsh@ucar.edu. TG2 je tvořena třemi klíčovými otázkami a pěti projekty:

1. Jak ovlivní změny v generaci troposférických vln a jejich šíření skrz měnící se atmosféru dynamiku mezoféry a dolní termosféry?

1a. Zdroje vln (fronty, atmosférická konvekce, změny v ohřevu stratosféry).

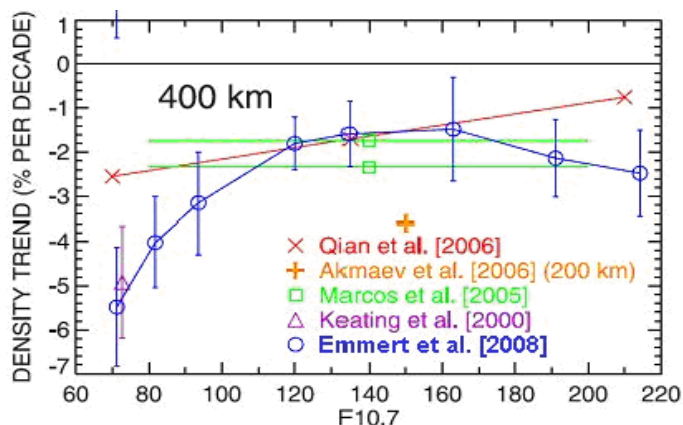
1b. Filtrace (změny převládajících větrů – trend CO₂, ozónová díra).

1c. Jsou s tím spojené trendy pozorovány v mezoféře, dolní termosféře a ionosféře?

Otázka jak ovlivní atmosférické vlny z dolní atmosféry (gravitační, přílivové a planetární vlny) dlouhodobé trendy v mezoféře, termosféře a ionosféře, a to zvláště v dolní části této oblasti, je v současné době klíčovým problémem studia dlouhodobých trendů v horní atmosféře (Laštovička, 2009). V současné době máme o tomto problému málo informací a ještě navíc tyto jsou zčásti v rozporu. Proto jsou problému dlouhodobých změn aktivity atmosférických vln věnovány tři projekty posuzující jeho jednotlivé aspekty.

2. Jak moc je zesílen antropogenní vliv/trend v ionosféře a termosféře v období minimální sluneční aktivity?

Obrázek ukazuje, že trendy v hustotě termosféry jsou podstatně silnější ve slunečním minimu oproti vyšší sluneční aktivitě, a to díky menší relativní roli NO v procesu radiačního ochlazování. Když trendy v termosféře závisí na slunečním cyklu, měly by trendy v ionosféře taky záviset na slunečním cyklu, a první modelové výsledky ukazují, že tomu tak je (Qian et al., 2008, 2009), i když asi méně než v termosféře. Úkolem projektu 2 je zjistit, jak se



Obr. 4. Souhrn pozorovaných a simulovaných trendů hustoty termosféry na výšce 400 km jako funkce F10.7 (Emmert et al., 2008).

liší odezva termosféry a ionosféry na antropogenní vlivy v různých fázích slunečního cyklu.

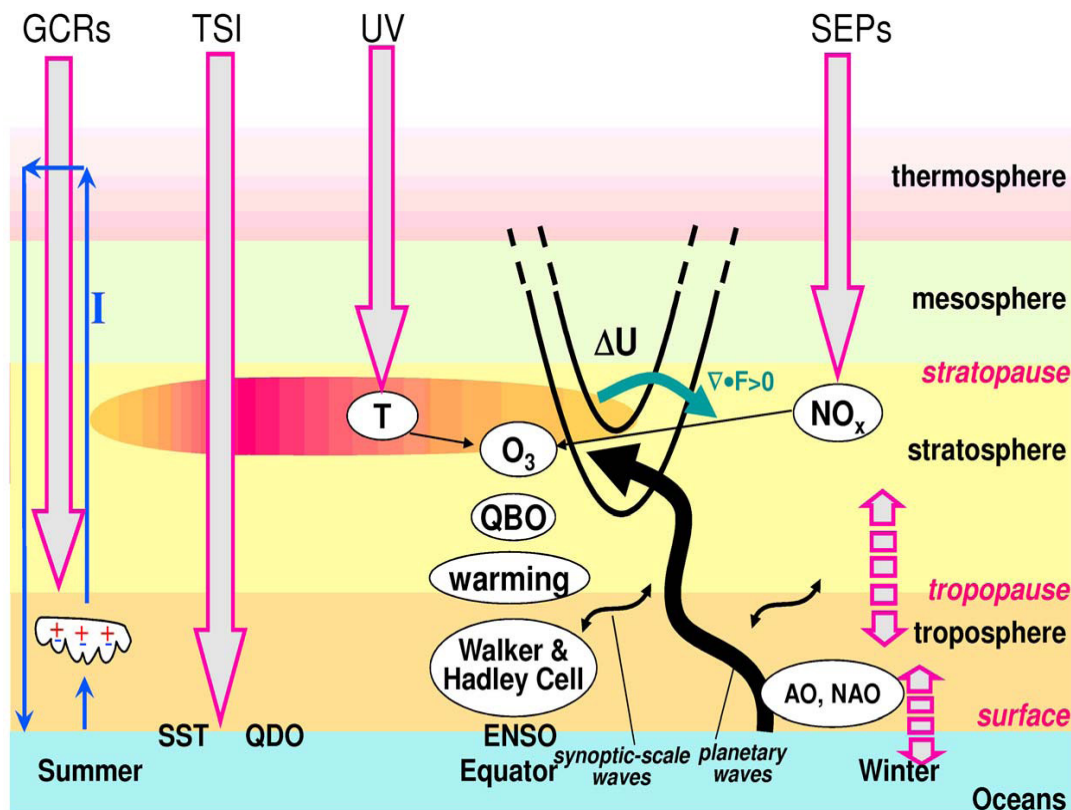
3. Mají změny četnosti a jasnosti polárních mezoférických oblaků trend díky změnám teploty a koncentrace vodní páry? Liší se trendy mezi polokoulemi?

V sezónních četnostech výskytu polárních stratosférických oblaků je podle měření SBUV na družicích dobře vidět silný inverzní efekt slunečního cyklu a také dlouhodobý trend. Obojí je výrazně silnější s růstem geografické šířky. Příčina trendu je neznámá a pro efekt slunečního cyklu bylo navrženo několik odlišných vysvětlení. Tato pracovní skupina využívá sofistikovanou družicovou i pozemní měření jako družici Aeronomy of Ice in the Mesosphere (AIM) – start duben 2007 nebo Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research (ALOMAR – 69°N), ale i vizuální pozorování polárních mezoférických oblaků nebo-li stříbřitých oblaků (obr. 5):



Obr. 5. Stříbřitá oblaka pozorovaná ze severního Německa.

5. TG3: Jakým způsobem ovlivňuje krátkodobá sluneční aktivita „geospace environment“?



Obr. 6. Schéma vlivu Slunce na počasí a klima na Zemi dle Gray et al. (2010).

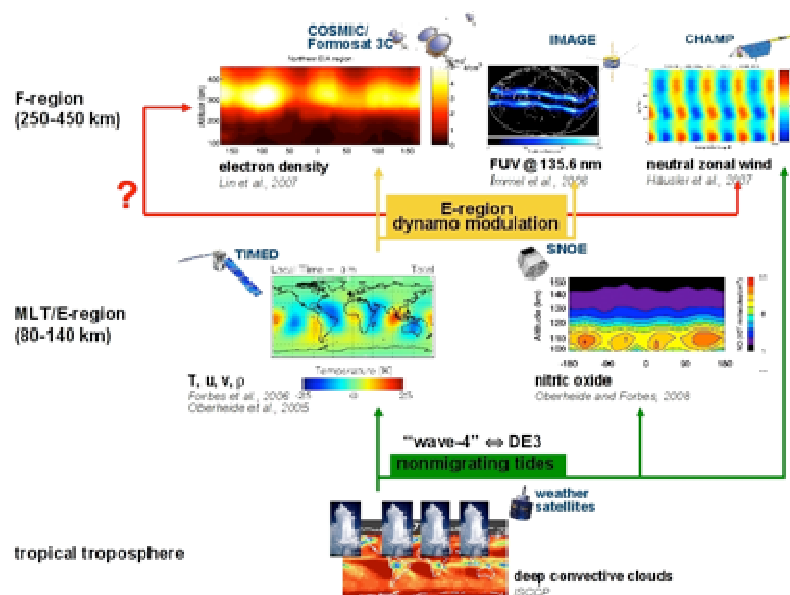
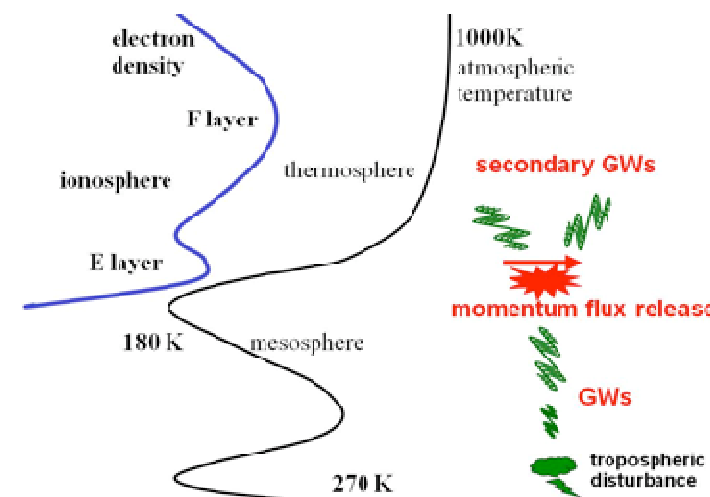
TG3 vedou Kazuo Shibata, shibata@kwasan.kyoto-u.ac.jp a Joe Borovsky. Obrázek 6 ukazuje schéma vlivu Slunce na klima na Zemi, a to jak formou slunečního záření, tak i přes vysokoenergetické částice. TG3 sestává z celkem 7 projektů:

1. Původ a „vynořování se“ slunečního magnetismu.
2. Formování rázové vlny ve sluneční atmosféře.
3. Vztah CME-ICME.
4. Koronální dry a vysokorychlostní proudy ve slunečním větru.
5. 3-D struktury ICME a slunečního větru.
6. Rozhraní sluneční vítr – magnetosféra.
7. Variabilita subbouří a radiační pásy

6. TG4: Jaká je odezva „geospace“ na variabilitu vln přicházejících z dolní atmosféry?

TG4 vedou Jens Oberheide, joberh@uni-wuppertal.de a Kazuo Shiokawa, shiokawa@stelab.nagoya-u.ac.jp. Je to nejaktivnější pracovní skupina, vydává m.j. elektronický Newsletter. TG4 sestává ze čtyř projektů.

Obr. 7. Vliv gravitačních vln na ionosféru a horní atmosféru.



Obr. 8. Vliv atmosférických přílivů na ionosféru a horní atmosféru.

1. Jak spojují atmosférické vlny troposférické počasí s variabilitou mezoféry, termosféry a ionosféry?)

Projekt bude zahrnovat m.j. další observační kampaně zaměřené na studium přílivových variací ve středních šířkách a dále na vazbu gravitačních vln na vývoj rovníkových nestabilit.

2. Jaký je vztah mezi atmosférickými vlnami a ionosférickými nestabilitami?

Projekt je m.j. zaměřen na studium vazeb mezi střední atmosférou a nestabilitami v ionosférických vrstvách E a F.

3. Jaká je interakce různých typů vln při jejich šíření stratosférou do ionosféry?

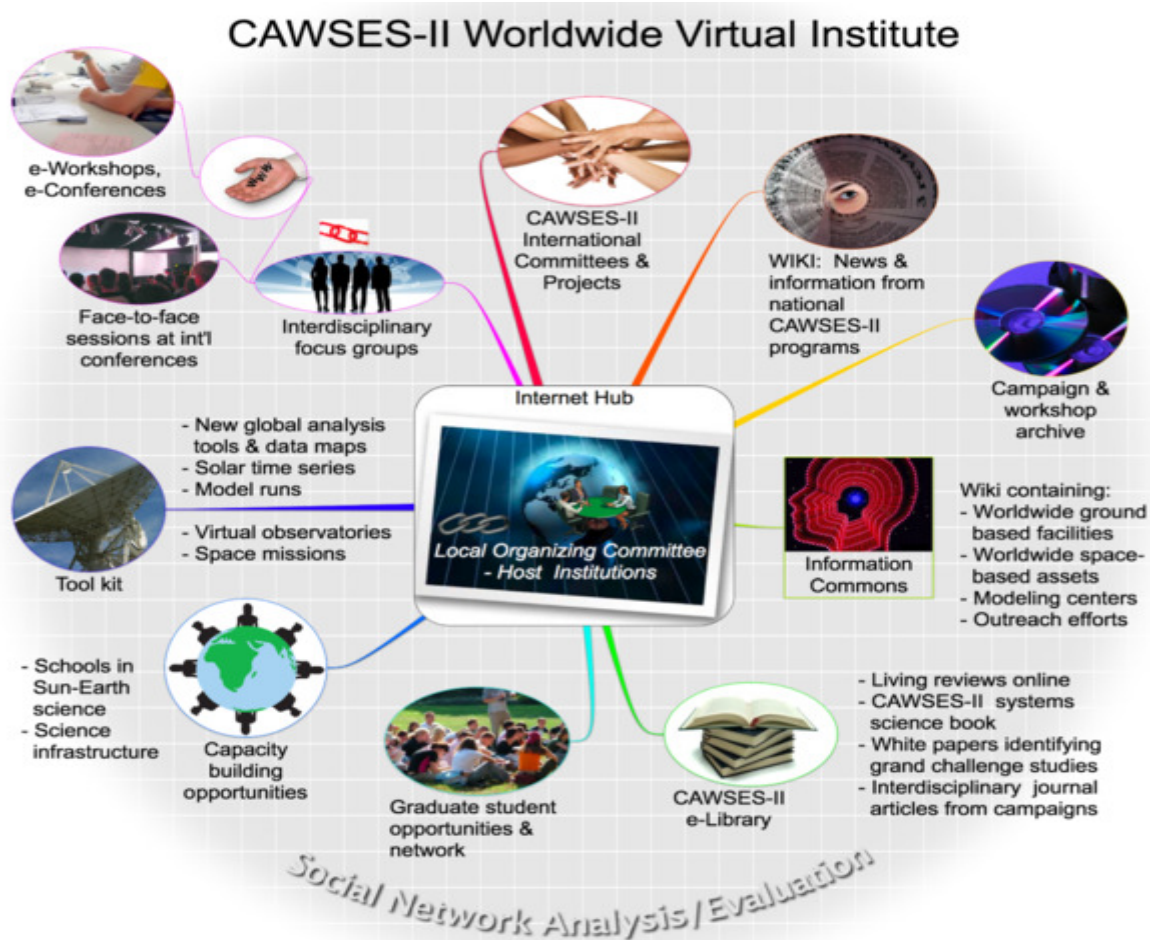
4. Jaká je interakce termosférických poruch generovaných aurorálními procesy s neutrální a ionizovanou atmosférou?

Cílem je vyvinout model dopadu vstupu aurorální energie (energetické částice, elektrická pole a proudy, Jouleho ohřev) do termosféry vysokých šířek na celou termosféru.

7. TG5: Capacity building

TG5 vedou Robert Vincent, robert.vincent@adelaide.edu.au, Brigitte Schmieder, Brigitte.Schmieder@obspm.fr a Gang Lu, ganglu@ucar.edu. Tato sekce je zaměřena dvěma směry. Za prvé na pořádání workshopů/škol pro mladé vědecké pracovníky z rozvojových zemí, za druhé na popularizační aktivity. Proběhla letní škola v Peru za účasti 105 studentů z Latinské Ameriky a letní škola v Etiopii. V rámci této TG Japonci vytváří komiks o kosmickém počasí.

8. TG6: Esceience a informatika (Virtual Institute)



Obr. 9. Schéma spolupráce v celosvětovém virtuálním institutu.

TG6 vedou Peter Fox, pfox@cs.rpi.edu a Janet Kozyra, jukozyra@engin.umich.edu. Jde o propojení různých moderních metod práce jako elektronické workshopy a konference, virtuální laboratoře, elektronické knihovny, informace založené na Wiki technologii, elektronické/vedeo školy, nástroje globální analýzy, data a mapy a celá řada dalších technik založená na práci v cyber-prostoru. Obrázek 9 ukazuje organizaci celosvětového virtuálního institutu. Ukazuje velice komplexní a mnohostrannou strukturu budoucí spolupráce v cyberprostoru, která by měla vést k výraznému zefektivnění vědecké práce. Již proběhla virtuální konference Extreme Geospace Events.

9. Konference

Významnou součástí projektu CAWSES-II je pořádání a spolupřádání mezinárodních konferencí. K nejdůležitějším patří:

SCOSTEP symposium STP-12, Berlín, červenec 2010, 290 účastníků, <http://www.iap-kborn.de/SCOSTEP2010/>.
6. workshop "Long-Term Changes and Trends in the Atmosphere", HAO-NCAR, Boulder (USA), červen 2010, <http://www.hao.ucar.edu/TREND2010/index.php>, předseda programového výboru Jan Laštovička.

4. IAGA/ICMA/CAWSES-II TG4 workshop "Vertical Coupling in the Atmosphere-Ionosphere System", Praha, únor 2011, http://www.ufa.cas.cz/html/conferences/workshop_2011/, organizováno ÚFA AV ČR, hlavní organizátor Petra Koucká Knížová.

10. Závěr

Hlavním cílem programu CAWSES-II je podstatně zvýšit úroveň našeho poznání kosmického okolí Země a jeho dopadu na život a lidskou společnost odpověďmi na otázky:

TG1: Jaký je vliv Slunce na klima na Zemi?

TG2: Jaká bude odezva „geospace“ na měnící se klima?

TG3: Jakým způsobem ovlivňuje sluneční aktivita „geospace environment“?

TG4: Jaká je odezva „geospace“ na variabilitu vln přicházejících z dolní atmosféry?

Poděkování

Autor děkuje GA ČR za podporu skrze grant P209/10/1792.

Literatura:

- Emmert, J.T., J.M. Picone, R.R. Meier, 2008. Thermospheric global average density trends 1967-2007, derived from orbits of 5000 near-Earth objects. *Geophysical Research Letters* 35, L05101, doi: 10.1029/2007GL032809.
- Gray, L.J., J. Beer, M. Geller, J.D. Haigh, M. Lockwood, K. Matthes, U. Cubasch, D. Fleitmann, G. Harrison, L. Hood, J. Luterbacher, G A. Meehl, D. Shindell, B. van Geel, and W. White, 2010. Solar Influences on Climate, *Reviews of Geophysics* 48, RG4001, doi:10.1029/2009RG000282.
- Laštovička J., 2009. Global pattern of change in the upper atmosphere and ionosphere: Recent progress, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 71 (14/15), 1514-1528.
- Qian, L., S.C. Solomon, R.G. Roble, T.J. Kane, 2008. Model simulations of global change in the ionosphere. *Geophysical Research Letters* 35, L07811, doi: 10.1029/2007GL033156.
- Qian, L., A.G. Burns, S.C. Solomon, R.G. Roble, 2009. The effect of carbon dioxide cooling on trends in the F2-layer ionosphere. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 71, 1592-1601, doi: 10.1016/j.jastp.2009.03.006.