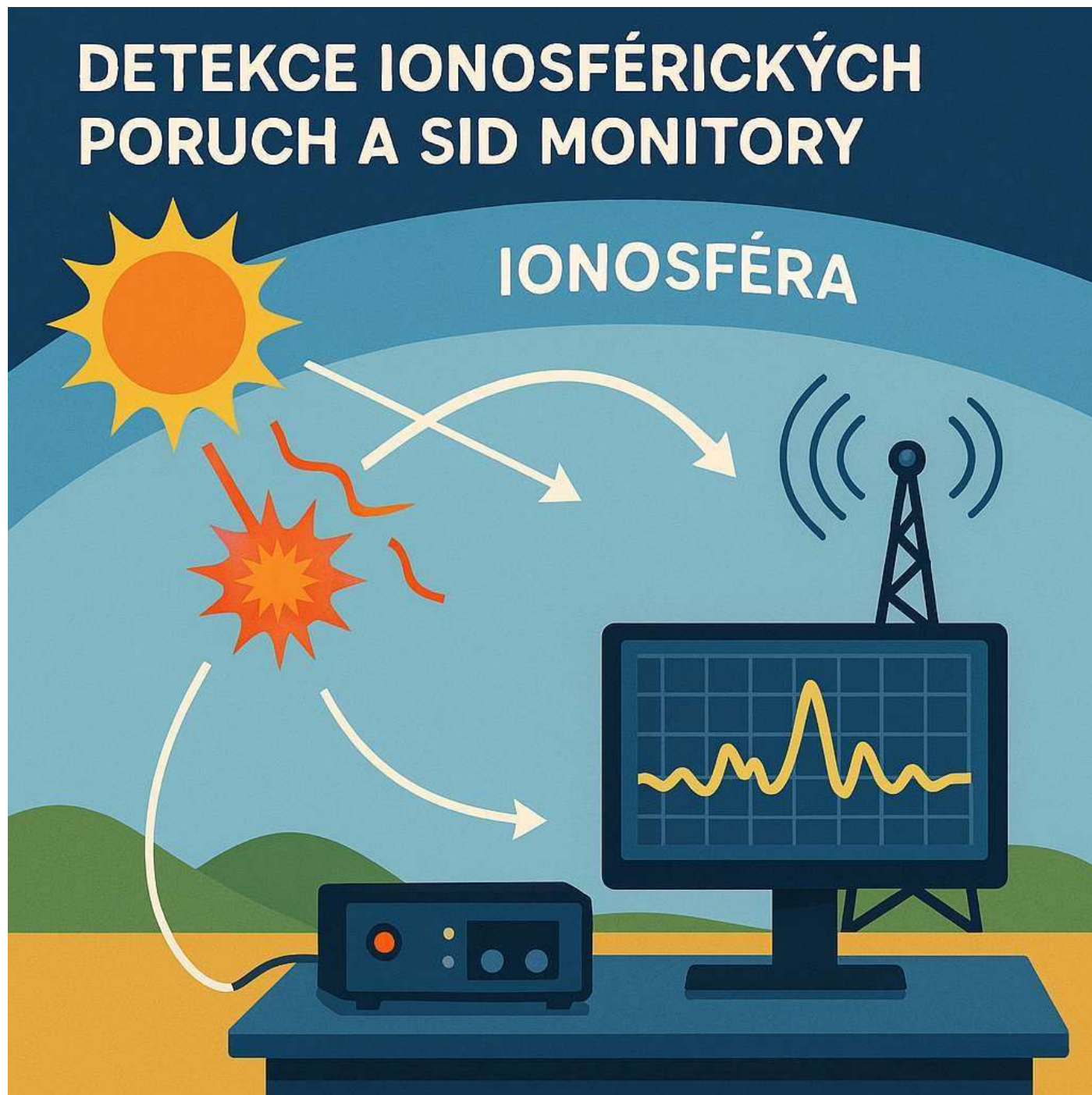


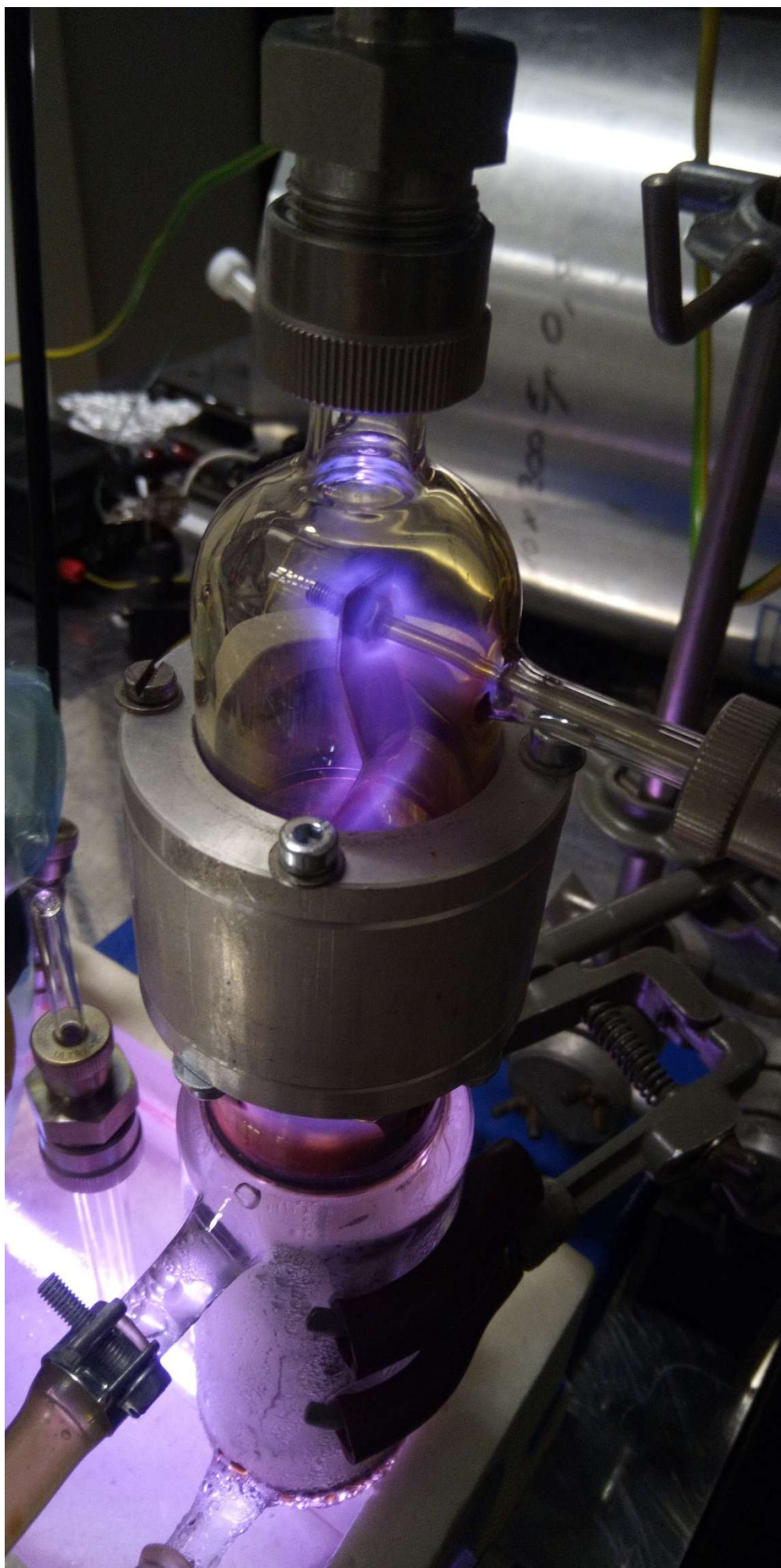


VESMÍRNÉ POČASÍ U VÁS DOMA

aneb jak sledovat bouře na Slunci z pohodlí domova

Mgr. Kubelík Petr Ph.D., Praha

Jaroslav Maxa, Karlovy Vary



Ukázka laboratorního plazmatu v doutnavém elektrickém výboji. Autor: P. Kubelík

ÚVODEM

Plazma je ve vesmíru nejběžnější skupenství hmoty (jsou jím tvořeny například hvězdy). Na rozdíl od plynu je tvořeno elektricky nabitými ionty a volnými elektrony, které se pohybují v prostoru a vzájemně na sebe působí elektromagnetickými silami. Na Zemi není plazma tak běžné, ale stejně se s ním setkáváme skoro na každém kroku. Vzniká například v blesku, elektrickém oblouku svářečky nebo v zářivce.

U nás v laboratoři (odd. Spektroskopie Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského, AV ČR, v. v. i.) studujeme různé typy plazmatu. Nejčastěji se jedná o plazma generované laserem nebo elektrickým výbojem. Toto plazma využíváme při spektroskopickém studiu atomární a molekulární struktury, ale také při vývoji analytických metod použitelných ve vesmíru.

Relativně řídké a studené plazma se však nachází i nad našimi hlavami. Je jím totiž tvořena ionosféra - vrstva atmosféry ve velkých výškách ionizovaná dopadajícím slunečním a kosmickým zářením. Ve spolupráci s Hvězdárnou Františka Krejčího provádíme měření, která využívají rádiových vln s velmi nízkou frekvencí, které se dobře odrážejí právě od nejnižší vrstvy ionosféry. Tyto rádiové vlny jsou vysílány pozemními vysílači, jejichž primárním účelem je námořní navigace, komunikace s ponorkami nebo šíření přesného časového signálu. My však s jejich pomocí můžeme studovat změny ionosféry, tzv. „náhlé ionosférické poruchy“ vyvolané sluneční aktivitou. Na Hvězdárně Františka Krejčího konstruujeme a provozujeme tzv. SID monitory (SID je zkratka pro Sudden Ionospheric Disturbance – tedy náhlou ionosférickou poruchu), což jsou speciální rádiové přijímače, které takovéto ionosférické poruchy dokážou zaznamenat.

Ionosférické poruchy však můžete měřit i Vy. Stačí na to doma vyrobená cívková anténa, počítač se zvukovou kartou a trocha toho instalování a nastavování. Pak už můžete, třeba i z pohodlí domova pozorovat, jak nabité částice slunečního větru, vyvržené při sluneční erupci, dopadají na Zemskou ionosféru a na chvíli změni její hustotu a výšku.

Pokud Vás toto téma zajímá a rádi byste si zkusili třeba i vlastní měření, pracovníci hvězdárny Vám jistě rádi poradí, jak začít.

Mgr. Kubelík Petr Ph.D.

https://www.jh-inst.cas.cz/cs/jh_employee/kubelik

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v. v. i.

Oddělení spektroskopie

1 CO JE TO SID MONITOR?

SID monitor (z anglického Sudden Ionospheric Disturbances Monitor, tj. monitor náhlých ionosférických poruch) je zařízení sloužící k detekci a zkoumání náhlých změn v ionosféře, nejčastěji v D ionosférické vrstvě.

Skládá se z antény obvykle kruhovitého tvaru, která může být vybavena předzesilovačem, počítačem s nainstalovaným softwarem pro vyhodnocování dat a z vysílače s velmi velkým výkonem.

Proč monitorovat „D“ vrstvu ionosféry?

Zkoumání změn v D vrstvě ionosféry je důležité z několika důvodů:

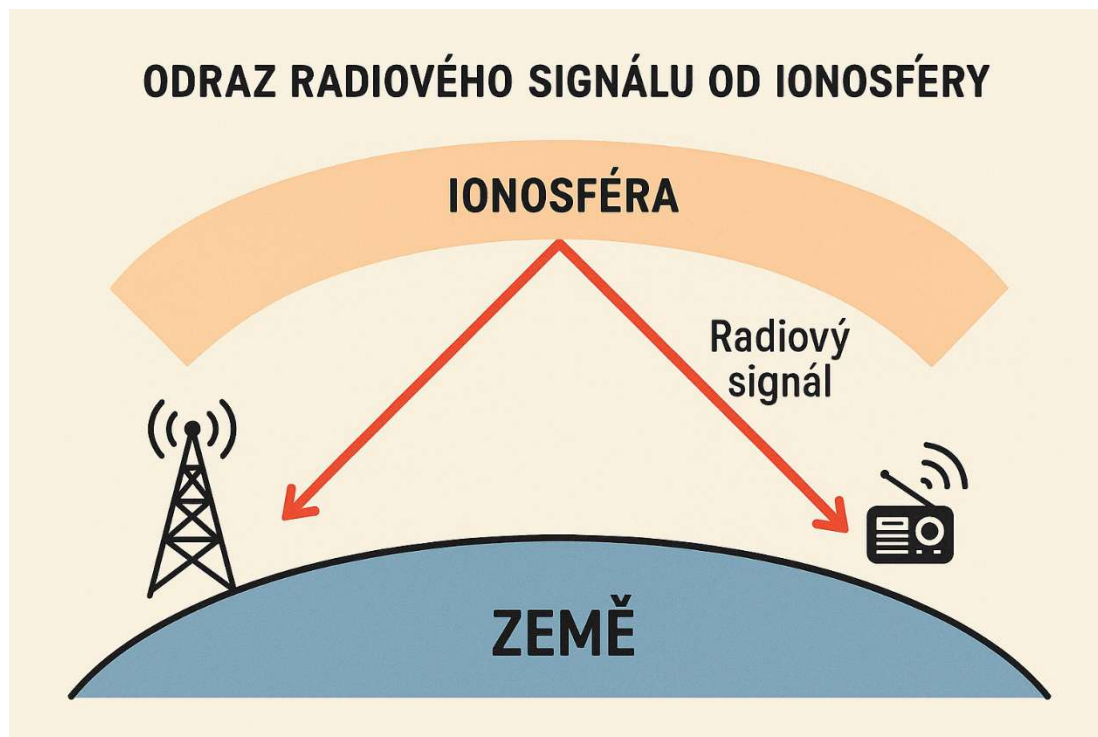
1. **Komunikace:** D vrstva ionosféry ovlivňuje šíření rádiových vln, zejména v pásmu dlouhých vln (LF) a velmi dlouhých vln (VLF). Změny v této vrstvě mohou ovlivnit kvalitu a dosah rádiové komunikace, což je klíčové pro navigaci a komunikaci na dlouhé vzdálenosti.
2. **Kosmické počasí:** D vrstva je citlivá na změny v kosmickém počasí, jako jsou sluneční erupce a geomagnetické bouře. Studium těchto změn nám pomáhá lépe porozumět vlivu kosmického počasí na naši planetu a připravit se na jeho potenciální dopady.
3. **Atmosférické procesy:** Změny v D vrstvě mohou poskytovat informace o procesech probíhajících v nižších vrstvách atmosféry, jako jsou chemické reakce a dynamika atmosféry. To může přispět k lepšímu porozumění klimatickým změnám a atmosférickým jevům.
4. **Bezpečnost:** Pro vojenské a civilní aplikace je důležité monitorovat změny v D vrstvě ionosféry, aby bylo možné předvídat a minimalizovat rušení rádiové komunikace a navigačních systémů.

Zkoumání D vrstvy ionosféry nám tedy poskytuje cenné informace pro zlepšení komunikace, porozumění kosmickému počasí, studium atmosférických procesů a zajištění bezpečnosti.

Velkou výhodou je, že tyto změny může monitorovat i laik s poměrně jednoduchým vybavením.

2 CO JE TO IONOSFÉRA?

Ionosféra je ionizovaná část atmosféry významně ovlivňující šíření elektromagnetických signálů. Je složena z neutrálního plynu, elektronů. Má velký význam pro šíření dlouhých radiových vln, které se od ní odrážejí, a tím se šíří daleko od vysílače. Ovlivňuje však i šíření dalších signálů, moderuje například průchod signálů z globálních navigačních systémů GPS či Galileo. Nachází se v oblastech mezoféry a termosféry. Spodní okraj ionosféry je ve výšce asi 60 kilometrů ve dne a 95 kilometrů v noci, v horní části pak ionosféra ve výšce odhadované na 700 až 1000 kilometrů postupně přechází do plazmasféry.



Obr. Č.1 Schéma odrazu radiového signálu

Autor: Hvězdárna Františka Krejčího, Karlovy Vary (vytvořeno s pomocí AI)

3 CO JE TO D IONOSFÉRICKÁ VRSTVA?

Vrstva D je nejnižší položená ionosférická vrstva, nachází se ve výškách zhruba 80 až 100 kilometrů. Vzhledem k vyššímu tlaku neutrálního plynu, a tedy i vyššímu počtu kolidujících částic oproti vyšším vrstvám je třeba neustálého toku ionizujícího záření, aby ionizace převládla nad rekombinací. Z tohoto důvodu je tato vrstva poměrně málo ionizovaná a po západu Slunce rychle mizí.

4 VYSÍLAČ

K monitorování je nutný zdroj signálu o frekvenci od 3 do 80 kilohertzů s velmi velkým výkonem. K tomuto účelu nám slouží vysílače pro komunikaci s ponorkovým loďstvem, které jsou rozesety po celém světě. Naše karlovarská hvězdárna využívá německý vysílač DHO 38. V tabulce je uvedený seznam některých dalších vysílačů v Evropě.

Příklady nízkofrekvenčních
vysílačů použitelných pro SID
detekci

Země	Stanice	Kmitočet [kHz]	Výkon [kw]	Kód
Británie	Anthorn	19.6	500	GBZ
Island	Keflavik	37.5	100	NRK
Itálie	Tavolara	20.27	43	ICV
Francie	Rosnay	15.1	400	HWU
Francie	St. Assise	16.8	23	FTA
Francie	LeBlanc	18.3	-	HWU
Německo	Rhauderfehn	23.4	500	DHO38
Norsko	Noviken	16.4	45	JXN
Turecko	Bafa	26.7	-	TBB



Vysílač pro pásmo dlouhých vln.

5 ANTÉNA

Pro detekci ionosférických poruch se používá obvykle anténa kruhovitého tvaru, ale jsou možné i jiné tvary. Ve své podstatě se jedná o smyčkovou anténu navinutou na nosné konstrukci. V amatérských podmínkách se používá například dřevěný rám čtvercového tvaru, profesionální antény jsou kovové.

Doporučený průměr antény je minimálně 70 centimetrů, se zvětšujícím se průměrem pochopitelně stoupá citlivost takové antény.



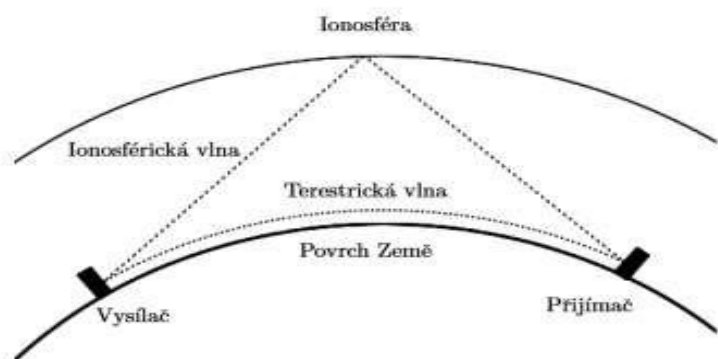
Profesionální antény SID monitorů na karlovarské hvězdárně

6 PRINCIP MONITORINGU

Princip detekce SID je velmi prostý. Za normálního stavu je vrstva D poměrně málo ionizovaná a signál na velmi dlouhých vlnách jí částečně prochází se současným zeslabením a částečně se odráží. Jak roste výška slunce nad obzorem, dochází ke zvýšení ionizace vrstvy D a nad daným poledníkem dosahuje maxima v poledne slunečního času. To se na křivce projeví jako nárůst v dopoledních hodinách. Jak výška Slunce odpoledne klesá, snižuje se i ionizace, projevující se poklesem signálu na záznamu. Po západu slunce postupně vrstva D mizí a v nočních hodinách se signál odráží výhradně od vrstvy E, což se projeví opět nárůstem intenzity signálu. Jiná situace nastane, dojde-li k dopadu velkého množství ionizujícího záření (například při slunečních erupcích, meteorických vstupech, gama záblescích a tak podobně) do ionosféry, a i v nejnižší položené vrstvě D se zvýší ionizace. Nyní už je tato vrstva dostatečně ionizovaná, aby odrazila signál na velmi dlouhých vlnách, což se při příjmu vzdálené stanici projeví nárůstem jeho intenzity.

7 FUNGOVÁNÍ SESTAVY SID MONITORU

Za normálního stavu se signál z vysílače odrazí od D ionosférické vrstvy. Tento signál je zachycen anténou SID monitoru a přiveden na vstup zvukové karty počítače. Zde je pomocí nainstalovaného softwaru analyzován a data jsou uložena na cloudové úložiště



Intenzita signálu se mění podle denní doby. To souvisí s tím, jak Slunce ionizuje ionosféru, a ta tak podle toho mění svojí schopnost odrážet dlouhé vlny. K nejmarkantnějším změnám v odrazu vln dochází během svítání a západu Slunce.

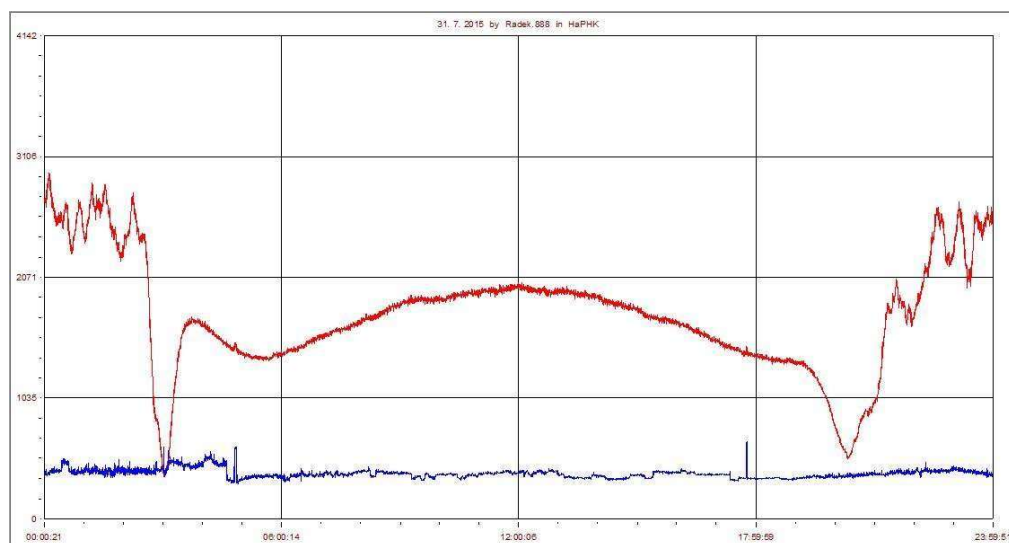


Schéma propagace radiové vlny zachycené grafickým výstupem SID monitoru

Pokud se podíváme na grafický výstup, vidíme na červeném grafu typický průběh stavu ionosféry. Dvě nejnižší oblasti, kam graf zabíhá, náleží svítání a západu Slunce. Pokud mezi těmito oblastmi najdeme na grafu náhlý ostrý „peak“ (výběžek), pravděpodobně došlo k nějaké události, která se promítla do stavu ionosféry.

Takovou událostí může být

- **magnetická bouře na Slunci,**
- **sluneční erupce,**
- **záblesk gama záření (provázející například zánik nějaké hvězdy).**
- **průlet meteoroidu,**
- **některé zemětřesení.**

8 POČÍTAČ

Velmi důležitou částí SID monitoru je počítač, pracující pod operačním systémem Linux UBUNTU s nainstalovaným programovým rozhraním Radio Observer. Signál z antény je veden do vstupní zdířky na zvukové kartě počítače, kde dojde k digitalizaci vstupního analogového signálu. Nainstalovaný program poté provede analýzu signálu a výsledky uloží na cloudové úložiště.

9 NÁVOD NA STAVBU SID MONITORU

A nyní si popíšeme krátký návod se sestavení SID monitoru.

Celé zařízení se skládá ze tří částí:

- 1. Anténa**
- 2. Počítač**
- 3. Software**



Postupně si pojďme projít konstrukci jednotlivých částí a jejich nastavení.

1. Anténa

Anténa je rámová sestavená ze čtyř hlavních latí a jedné nebo dvou pomocných. Délka hlavních latí by se měla pohybovat minimálně od 70 cm do 200 cm. Konstrukce je dosti jednoduchá, fantazii se meze nekladou

Na takovouto dřevěnou konstrukci navineme alespoň 100 metrů smaltovaného drátu cca s průměrem 0,1 mm.

Na oba konce naletujeme jack na sluchátka a zasuneme na mikrofonového vstupu počítače.



2. Počítač:

Pro SID monitor nám postačí jakýkoli počítač, který dokáže pracovat minimálně se systémem WINDOWS XP a vyššími verzemi. Podmínkou je, aby byla plně funkční zvuková karta a počítač měl samostatný vstup na mikrofon.

3. Software:

Na počítač nainstalujeme program Spectrum Lab, který je ke stažení na

<http://www.qsl.net/dl4yhf/spectral1.html>.

K programu stáhneme nastavení, která Vám můžeme na požádání poslat e-mailem.

Souhrn přibližné cenové kalkulace sestavy

Latě antény:	1 ks	cca 15 Kč
Drát antény:	100 m drátu s průměrem 0,1 mm	cca 350 Kč
Konektor jack:	1 ks	cca 25 Kč (možno použít z poškozených sluchátek)

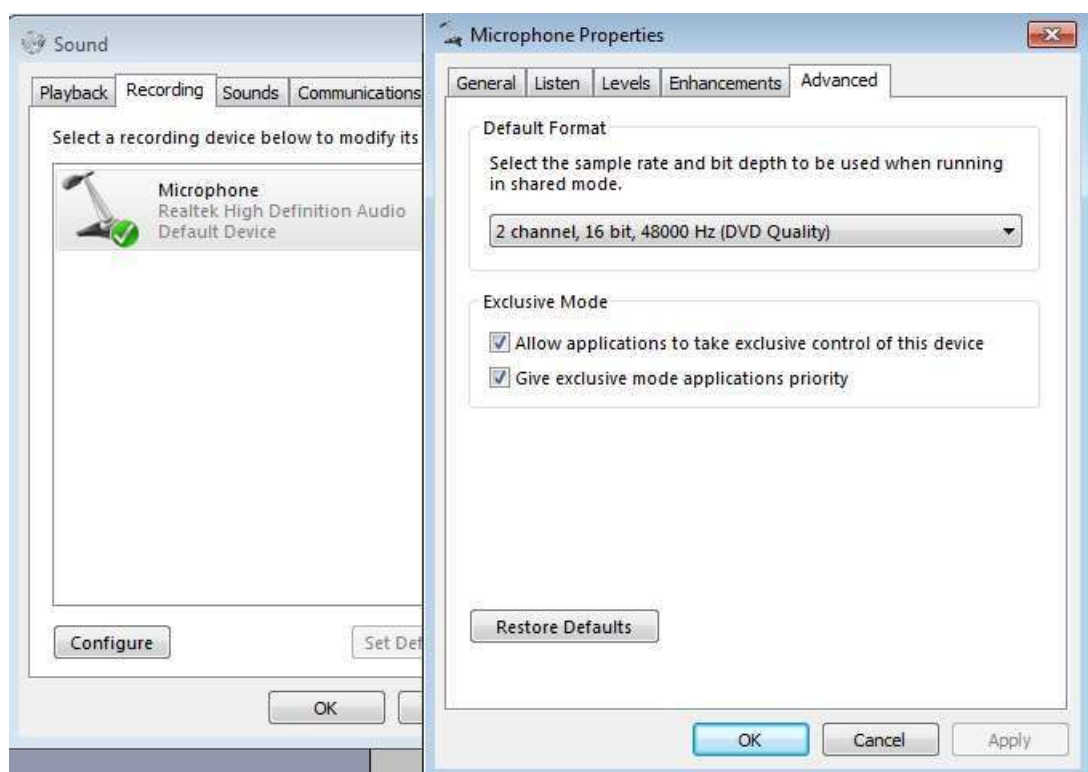
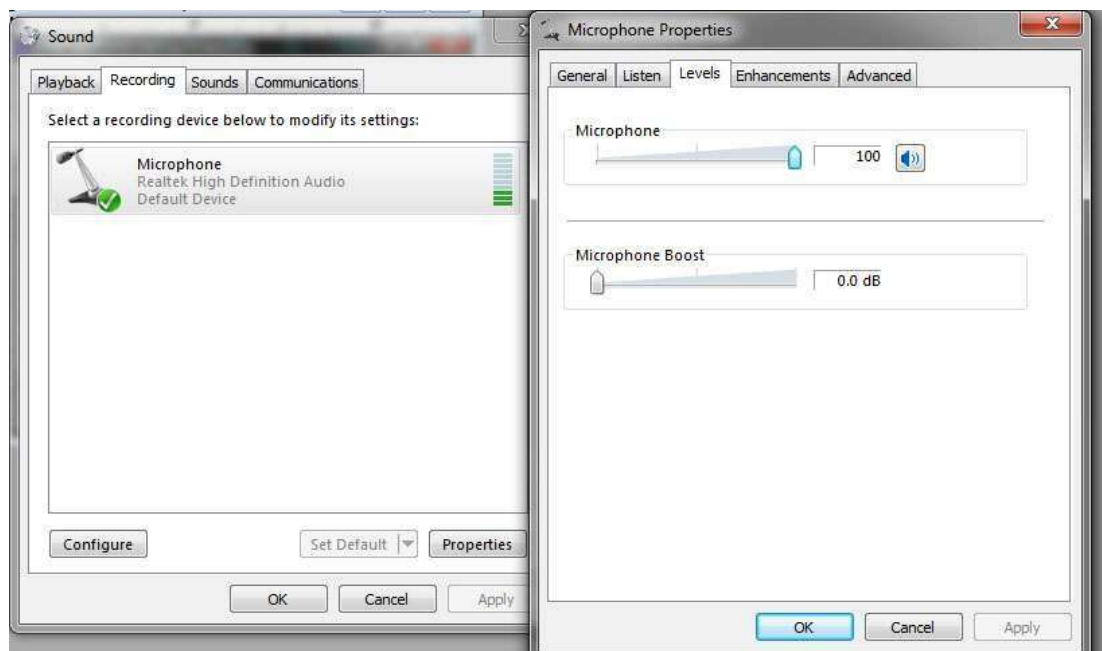
Hardware a software

Počítač:	i starší typ provozovaný dříve s operačním systémem MS Windows XP <i>ideálně notebook, který případě výpadku el. proudu pokračuje v měření</i>	
Software:	Spectrum Lab	obojí možno získat zdarma

10 NÁVOD NA NASTAVENÍ SOFTWARE

Nejprve si stáhněte software ze stránek DL4YHF's Audio Spectrum Analyser, odkaz ke stažení je <https://www.qsl.net/dl4yhf/spectral1.html>

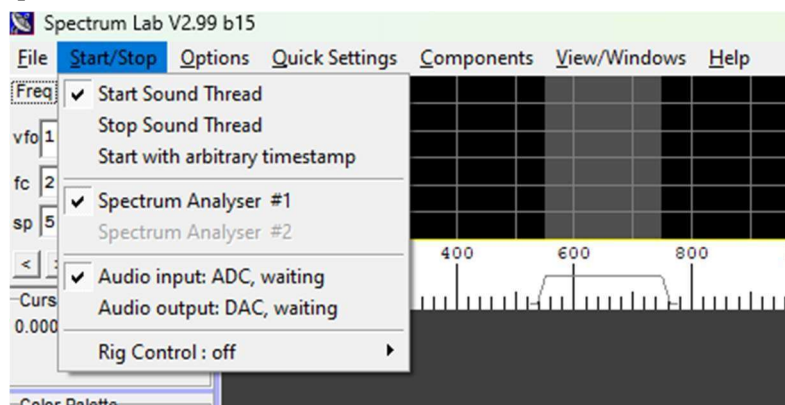
Než spustíte instalaci je dobré si nastavit zvuk (podle vašeho operačního systému a typu počítače). Zde je ukázka nastavení zvuku.



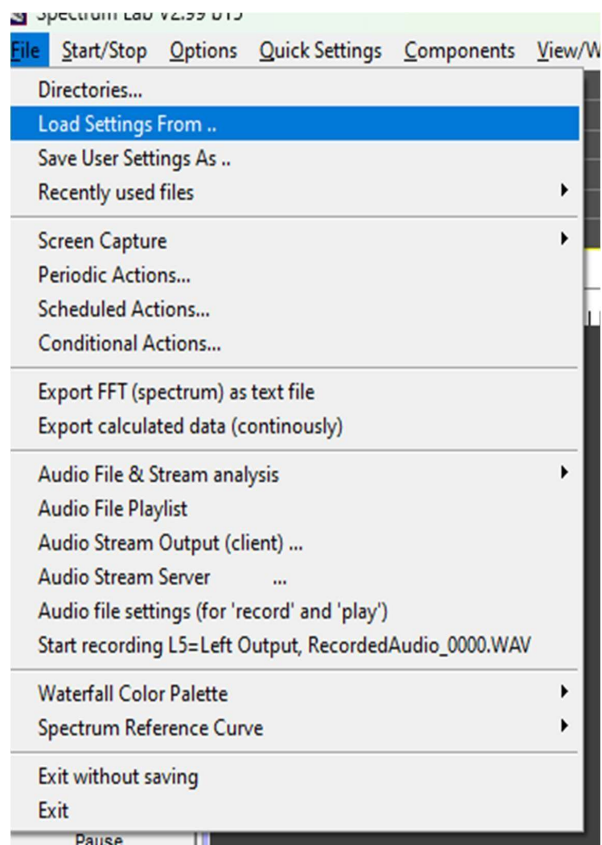
Nainstalujte stažený program Spectrum Lab

https://www.qsl.net/dl4yhf/spec/instlab/install_spec/instlab.zip

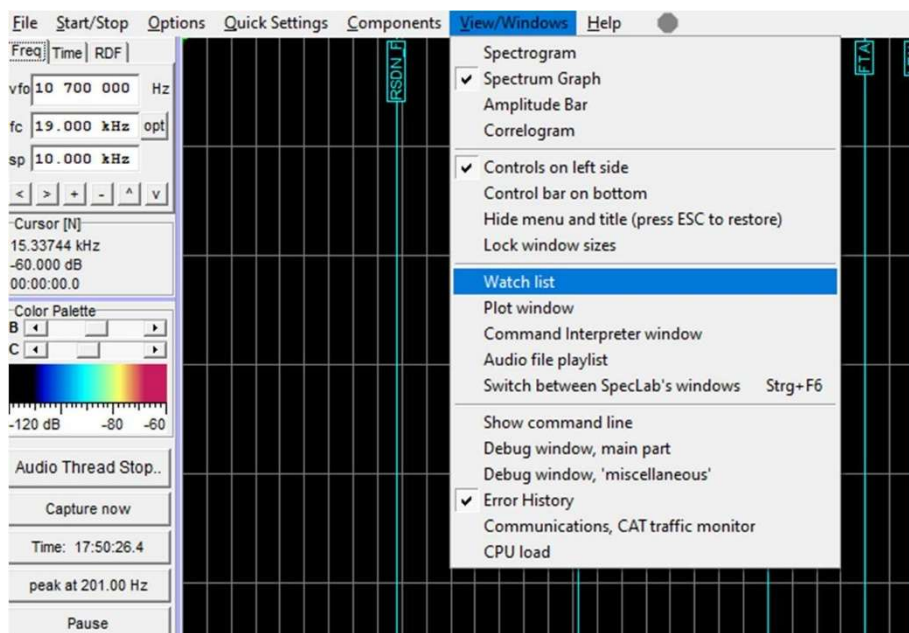
Podle obrázku otevřete roletové menu a nastavte Stop Sound Thread



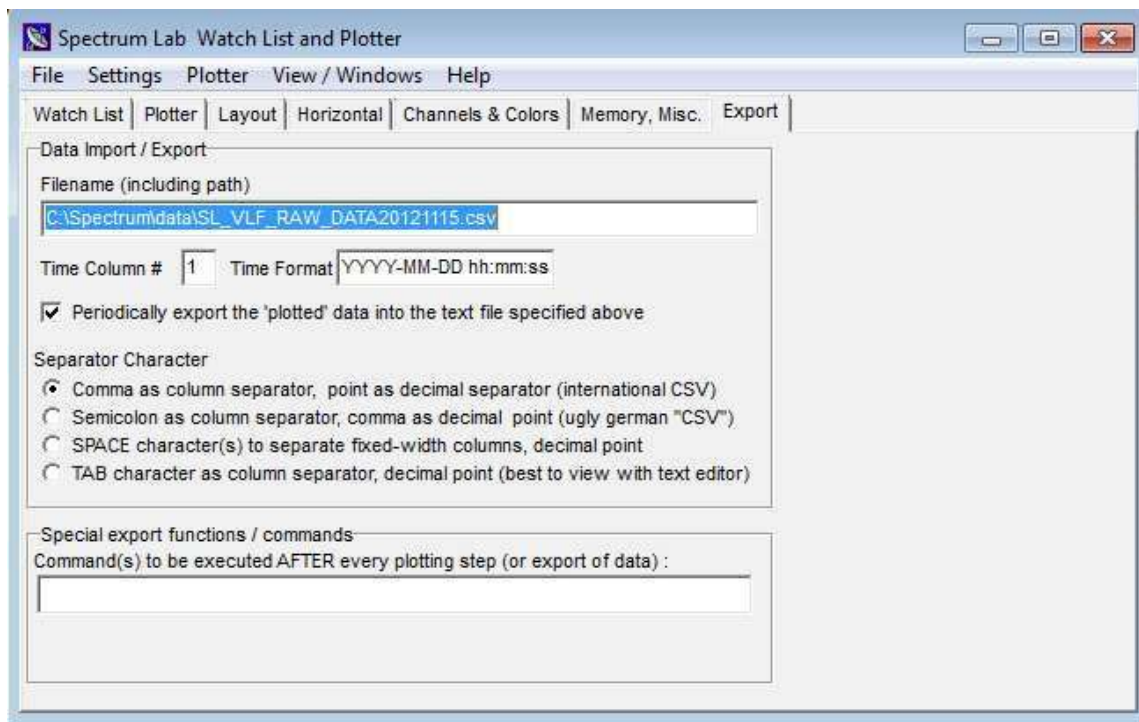
Následně postupujte podle obrázku



Nyní kliknout na View/Windows a položku Watch list



A následně na poslední záložku okna „Export“



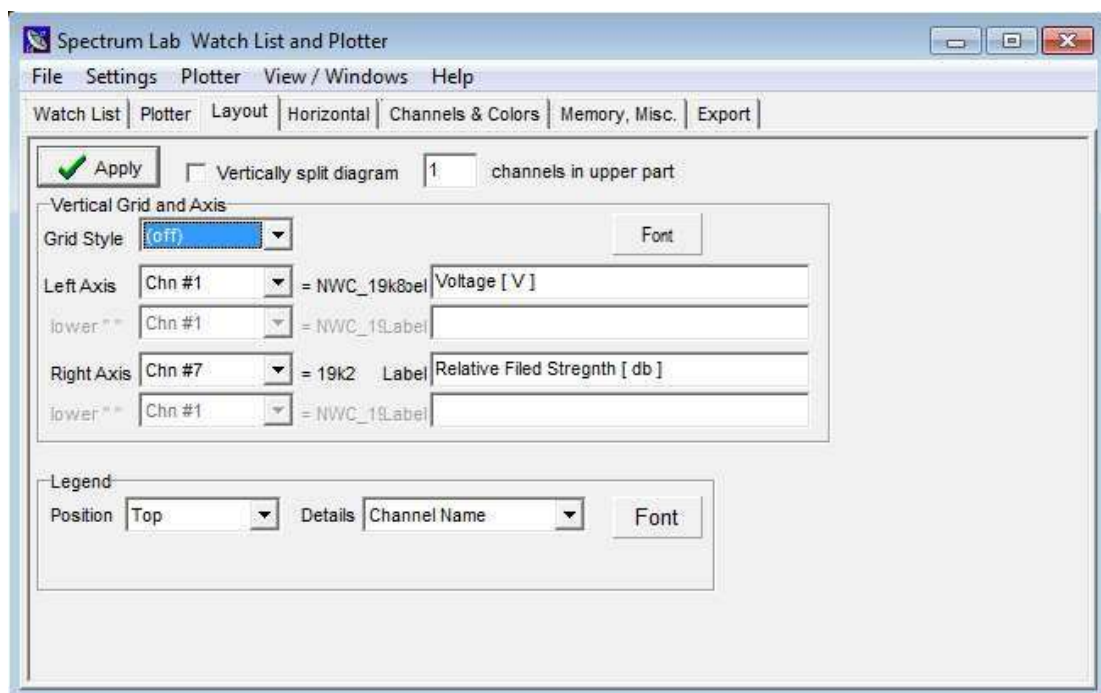
Klikneme na „File“ (vlevo nahoře) – zvolíme možnost „Load Settings from..“, otevřeme složku „configurations“, a nahrajeme soubor „VLF_station.usr“.

Ponechte zaškrtnuto podle obrázku a v horním řádku změňte text na C:/SID_DATA/sup_SID/sid100715.txt (můžete zkopírovat), do řádku Special export functions / commands vložte tento řetězec znaků:

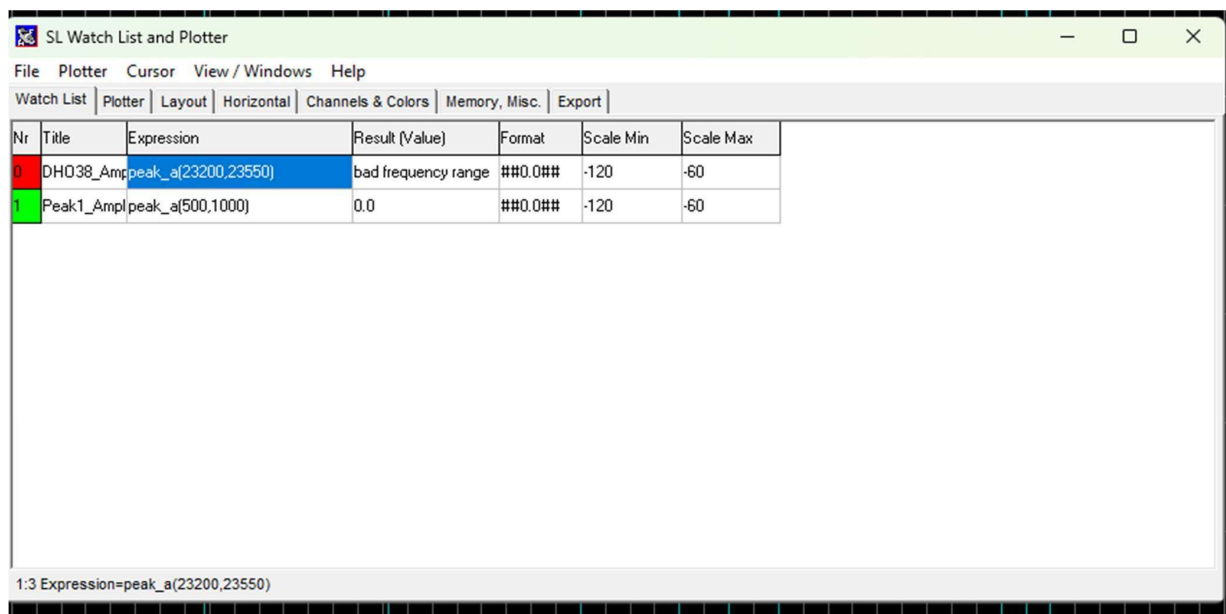
plot.export_file="C:/SID_DATA/sup_SID/sid"+str("DDMMYY",now)+".txt"

Další nastavení se týká počtu přijímaných vysílačů (maximálně šest). Pro začátek doporučuji zaměřit se na vysílač DHO38, který je v našich končinách dominantní.

Počet kanálů nastavíte dle obrázku. Číslice jedna v řádku channels in upper part udává nastavený jeden vysílač. V tomto nastavení si zvolíte označení vysílače a jeho kmitočet.



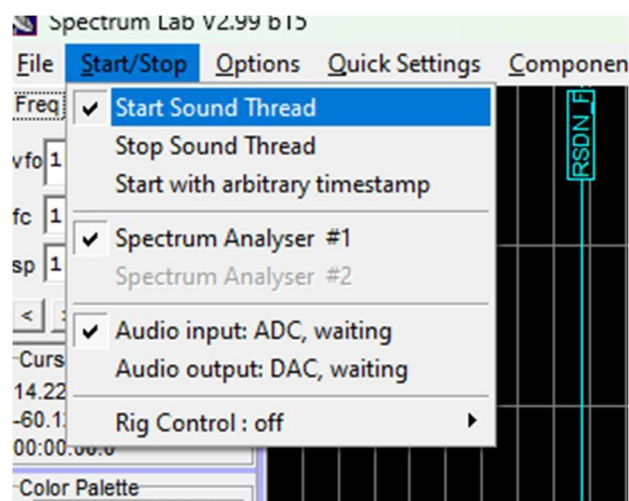
Na tomto obrázku je vidět nastavení pro vysílač DHO38 – zadané hodnoty musí splňovat pravidlo, že první číslo v označeném řádku je o 200 nižší než kmitočet vysílače a druhé číslo je o 200 vyšší než kmitočet vysílače. (vysílač DHO38 vysílá na kmitočtu 24,3 kHz)



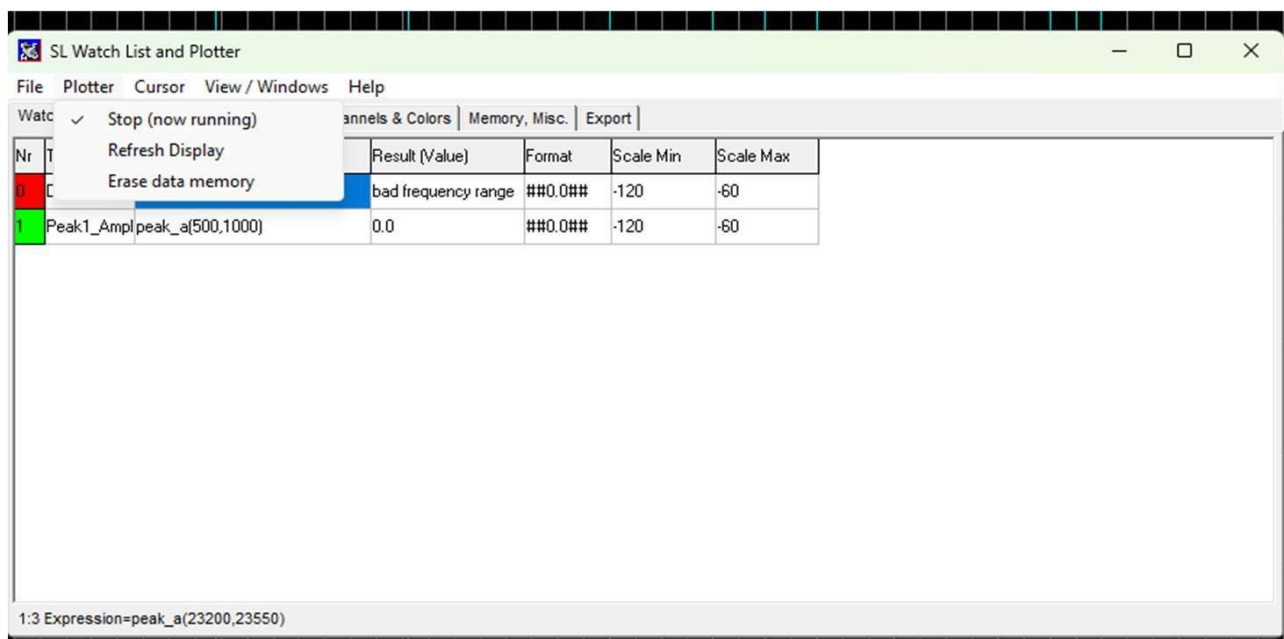
Nr	Title	Expression	Result (Value)	Format	Scale Min	Scale Max
0	DHO38_Ampl	peak_a(23200,23550)	bad frequency range	##0.0##	-120	-60
1	Peak1_Ampl	peak_a(500,1000)	0.0	##0.0##	-120	-60

1:3 Expression=peak_a(23200,23550)

Nyní program spustíme následujícím způsobem



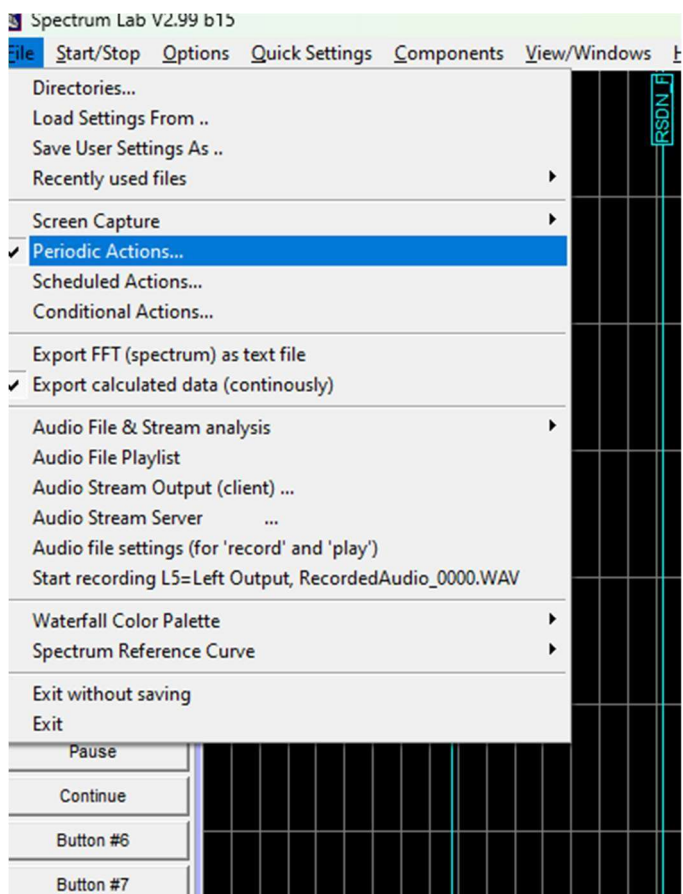
Následně si zkontrolujeme, že je aktivní zápis a ukládání dat



Nr	Title	Expression	Result (Value)	Format	Scale Min	Scale Max
0	DHO38_Ampl	peak_a(23200,23550)	bad frequency range	##0.0##	-120	-60
1	Peak1_Ampl	peak_a(500,1000)	0.0	##0.0##	-120	-60

1:3 Expression=peak_a(23200,23550)

Následně je možná provádět složitější nastavení,
což je doporučeno pro zkušené uživatele





Záběry ze stavby a zprovoznění třímetrového SID monitoru autora brožury se členy Astronomického kroužku Hvězdárny v Karlových Varech o letních prázdninách 2021. Autor: Miroslav Spurný

VESMÍRNÉ POČASÍ U VÁS DOMA

aneb jak sledovat bouře na Slunci z pohodlí domova

Mgr. Kubelík Petr Ph.D. a Jaroslav Maxa

Tato publikace vznikla v rámci spolupráce Hvězdárny a radioklubu lázeňského města Karlovy Vary, o. p. s. a Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v. v. i.

S finanční podporou projektu číslo R200402301 - "Studium ionosféry: výzkum, vzdělávání a popularizace vědy" v rámci programu Regionální spolupráce AV ČR v roce 2025.

Jako výukový materiál vydala vlastním nákladem a v elektronické podobě Hvězdárna a radioklub lázeňského města Karlovy Vary, o. p. s. v roce 2025. Grafické zpracování Miroslav Spurný.