

Mikrovlnná spojení pomocí odrazu od letadel

Wolf-Henning Rech

DF9IC JN48iw

<http://www.df9ic.de>

Se svolením autora přeložil:

Matěj Petržílka, OK1TEH

<http://www.ok2kkw.com>



Obsah

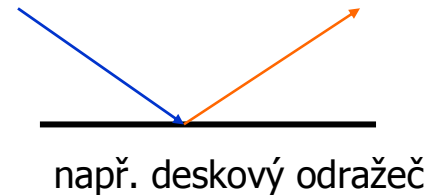


- ⌘ Něco teorie
- ⌘ Pozorování pomocí majáků
- ⌘ Zkušenosti z navázaných QSO
- ⌘ Sledování (tracking) letadel pomocí ADS-B
- ⌘ Zkoušky šíření
- ⌘ Shrnutí

Odraz nebo rozptyl?

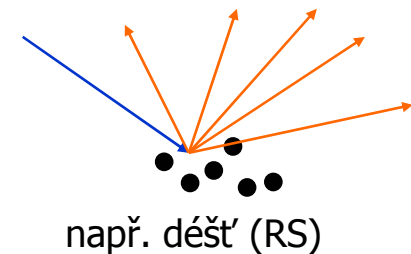
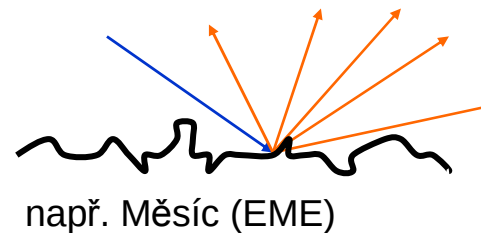
⌘ Odraz:

- ☒ jako zrcadlo: úhel dopadu = úhel odrazu
- ☒ oblast odrazu musí být:
velká - hladká - plochá

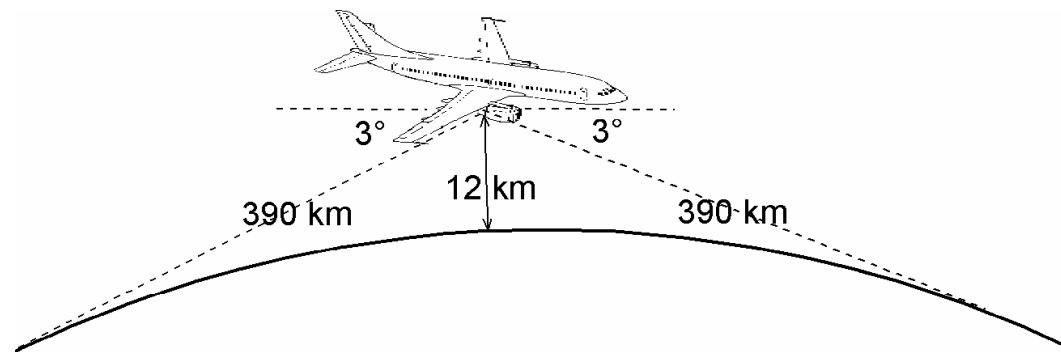


⌘ Rozptyl:

- ☒ většinou všesměrový (s různou výkonovou hustotou)
- ☒ na hrbolatého povrchu
nebo od většího počtu
malých částíček

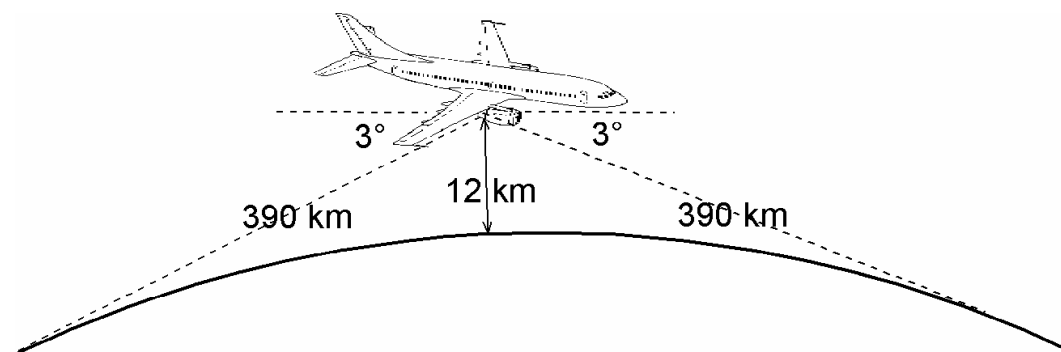


Geometrie DX spojení od letadla



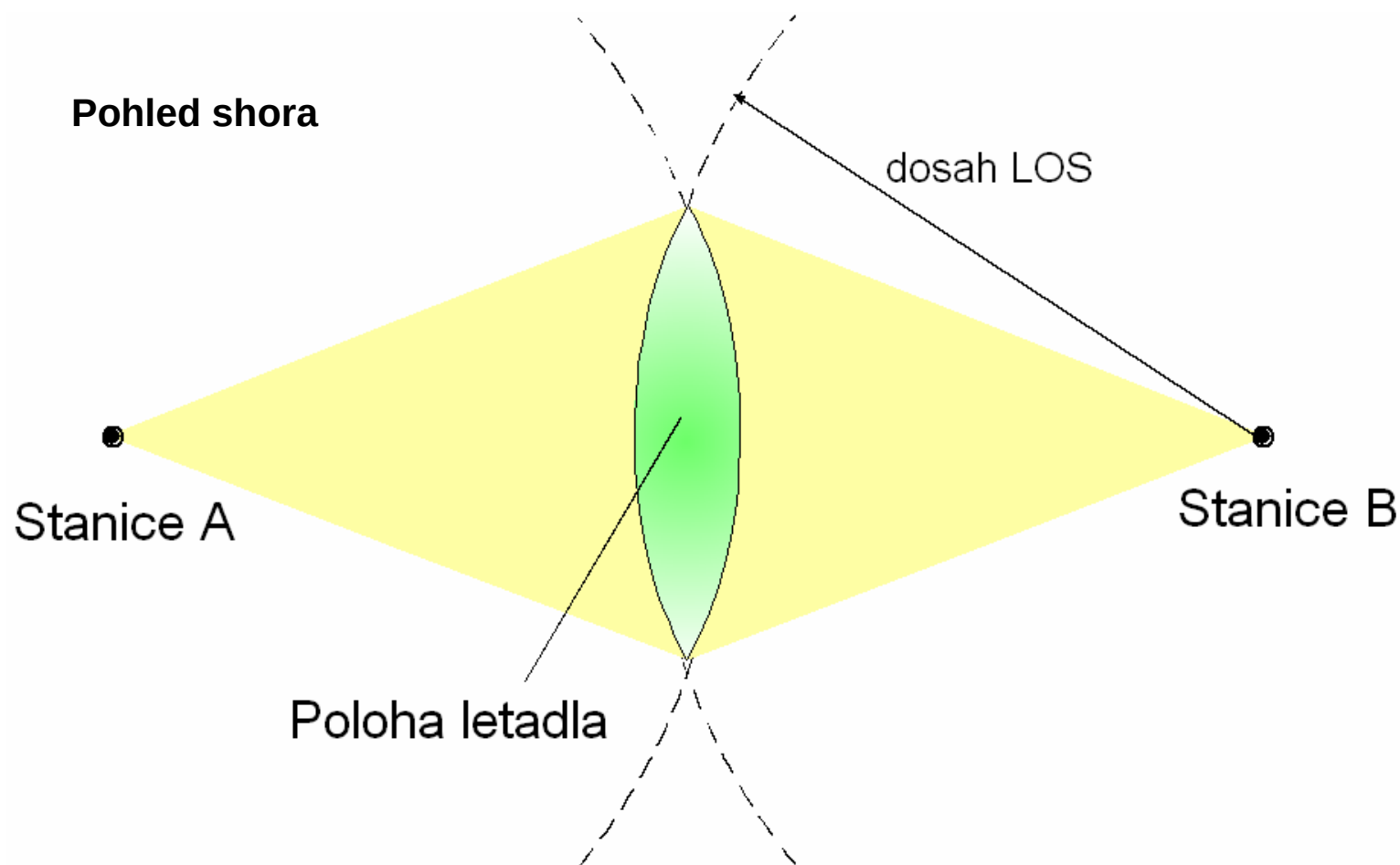
- ⌘ Větší osobní a dopravní letadla létají ve výškách kolem FL300 - FL400 (30.000 - 40.000 stop)
- ⌘ pro maximální dosah musí být letadlo blízko horizontu (velmi malá elevace 0...1°)
- ⌘ potom bude úhel dopadu vlny na letadlo kolem 3°

Maximální dosah spojení



- ⌘ Maximální dosah odrazem letadla letícího ve výšce FL400 ve správné pozici vůči radiové LOS (= optická viditelnost) je včetně běžného ohybu v atmosféře okolo 1040 km
- ⌘ Experimentální limit s dobrou vyhlídkou na úspěch je na 23 a 13 cm kolem 800km (SK7MW 777km jde od DF9IC snadno, SM7ECM 809 km již hůře)

Geometrie DX spojení od letadla



Útlum trasy

⌘ Odraz:

$$\frac{a}{\text{dB}} = 10 \cdot \lg \frac{(4\pi)^2 \cdot d_1^2 \cdot d_2^2}{A^2} - \frac{g_{TX}}{\text{dB}} - \frac{g_{RX}}{\text{dB}}$$

⌘ Rozptyl:

$$\frac{a}{\text{dB}} = 10 \cdot \lg \frac{(4\pi)^3 \cdot d_1^2 \cdot d_2^2}{\lambda^2 \cdot \sigma} - \frac{g_{TX}}{\text{dB}} - \frac{g_{RX}}{\text{dB}}$$

kde A : efektivní plocha odrazu
 σ : průřez odrazné oblasti (radar cross section)

⌘ Příklad:

$$d_1 = d_2 = 390 \text{ km}, f = 1296 \text{ MHz}, g_{TX} = 32 \text{ dBi}, \\ P_{TX} = 51 \text{ dBm}, g_{RX} = 24 \text{ dBi}, P_{RX} = -130 \text{ dBm}$$

$$\text{výsledek pro } A = 2.7 \text{ m}^2 \quad \sigma = 5000 \text{ m}^2$$

Trvání a Dopplerův posun

- ⌘ Rychlost letadla = 900 km/h = 15 km/min
- ⌘ typická doba jednoho odrazu se pohybuje v rozmezí od několik vteřin po několik minut
- ⌘ Dopplerův posun se projevuje v důsledku rozdílné rychlosti letadla vzhledem k pozici obou stanic
- ⌘ Rozdílný Dopplerův posun od různých letadel dovoluje jejich rozpoznání (pouze při CW)

Jaká je nejlepší frekvence?

⌘ Útlum na trase nezávisí na frekvenci

⌘ Výhoda nižších frekvencí:

- ☒ široká vyzařovací charakteristika antén
- ☒ zakřivení odrazu od letadla je méně škodlivé
- ☒ podmínka na ostrost úhlu není tak veliká
- ☒ používáme vyšší TX výkony (ale QRO se bude v budoucnosti používat i na mikrovlnách)

⌘ Výhoda vyšších frekvencí:

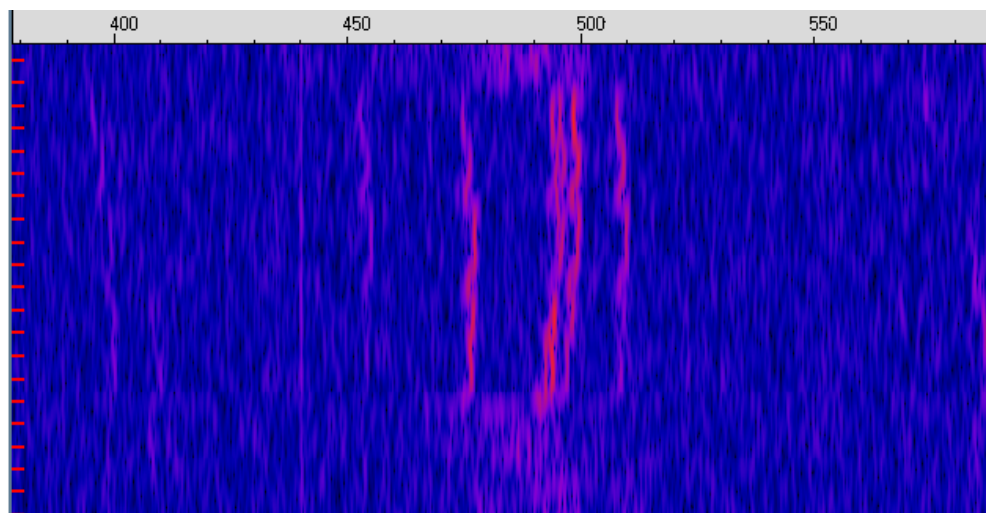
- ☒ větší anténní zisk

⌘ Závěr: měli bychom jezdit na SHF častěji!

Pozorování na majících

- ⌘ Použití SPECTRANu nebo podobného programu pro audio analýzu (spektrogram, funkce "waterfall")
- ⌘ Odraz od letadel je „Dopplerovský“ posunut; frekvence závisí na relativních rychlostech letadla mezi stanicemi

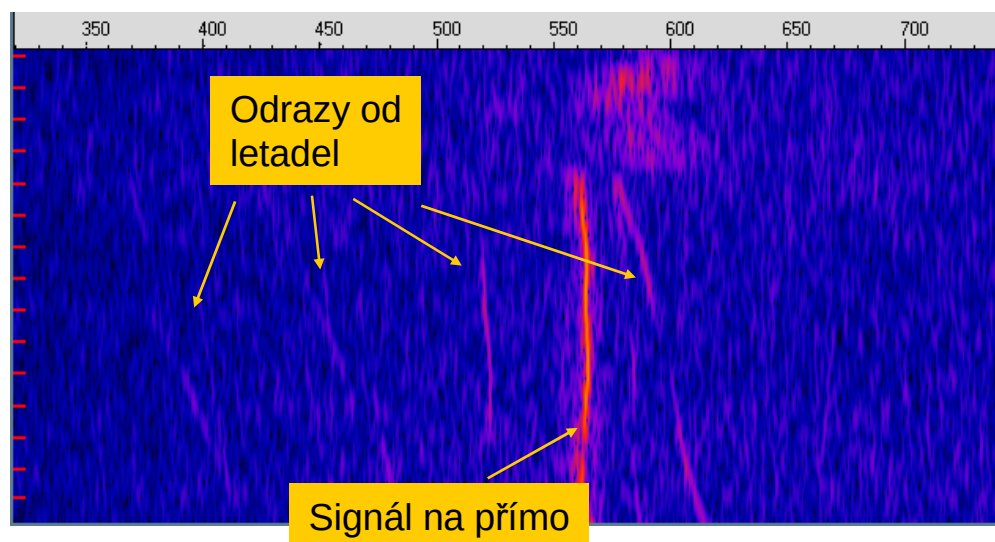
⌘ Příklad:
GB3MHL
1296.830
u DF9IC
d = 630 km



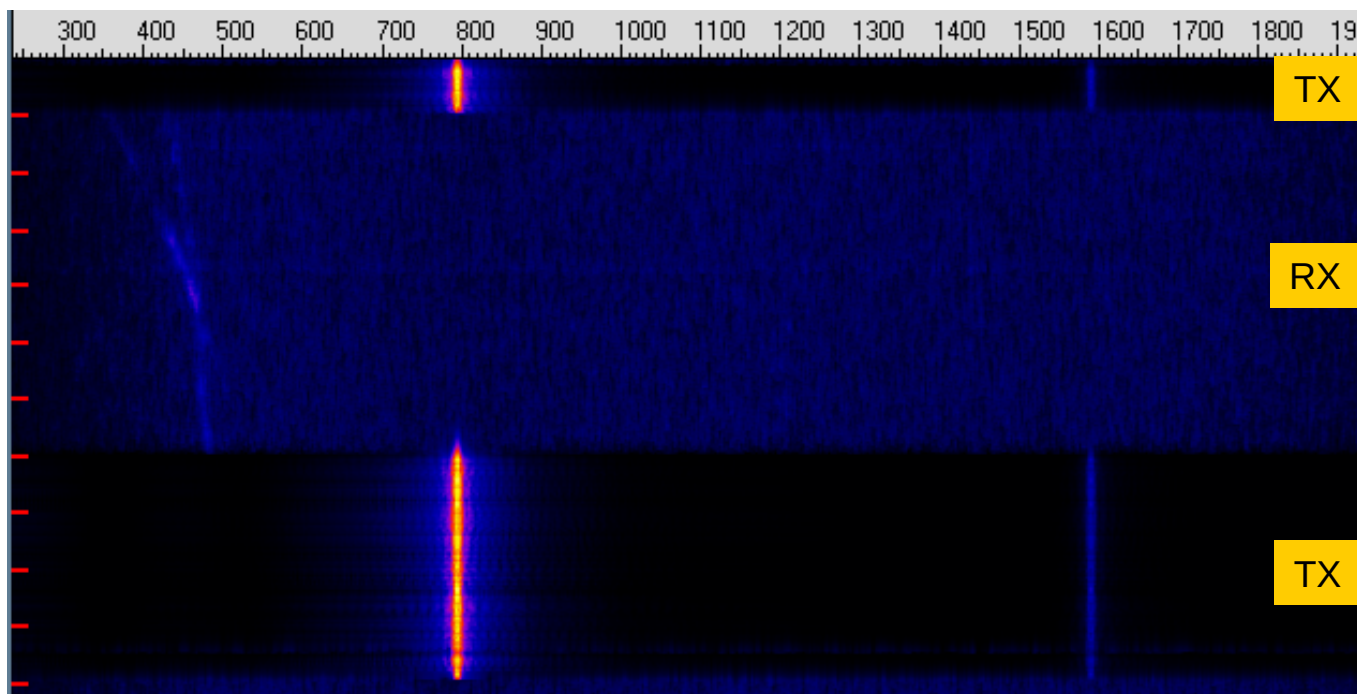
Pozorování na majících

- ⌘ Odrazy od letadel můžete dokonce pozorovat i u lokálních signálů
- ⌘ Dopplerův posun se mění rychleji, když je letadlo blízko jedné ze stanic

⌘ Příklad:
DB0KI
1296.840
u DF9IC
d = 263 km

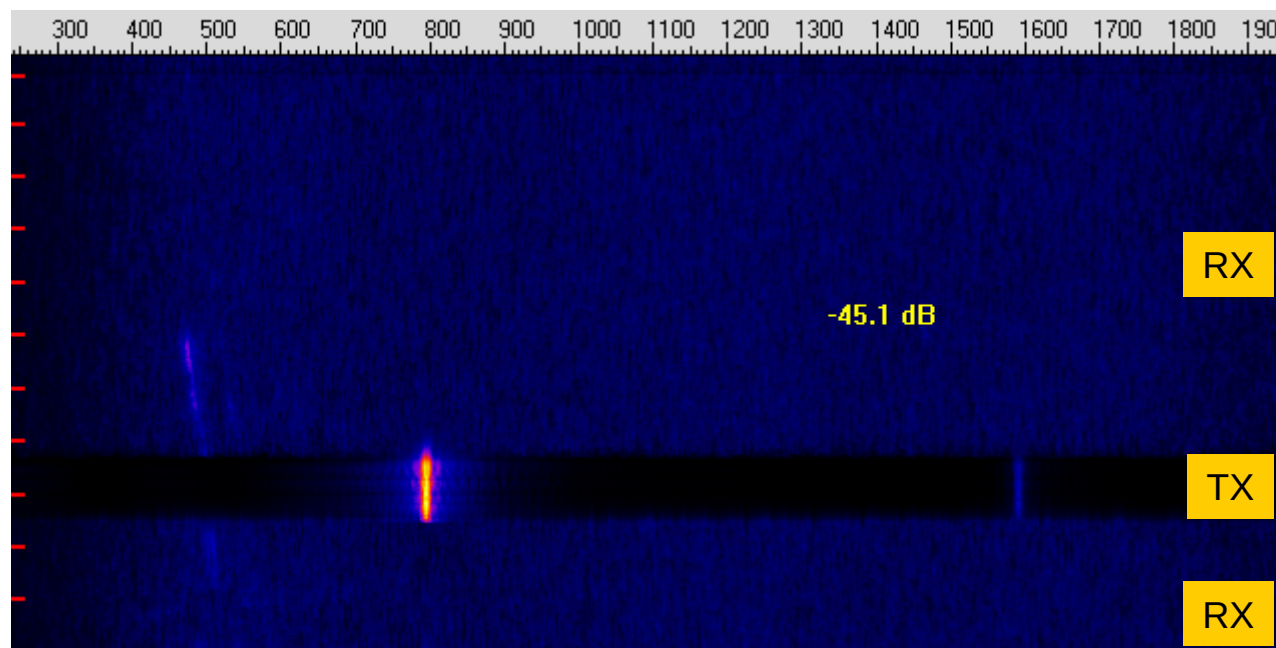


Zkušenosti z navázaných QSO



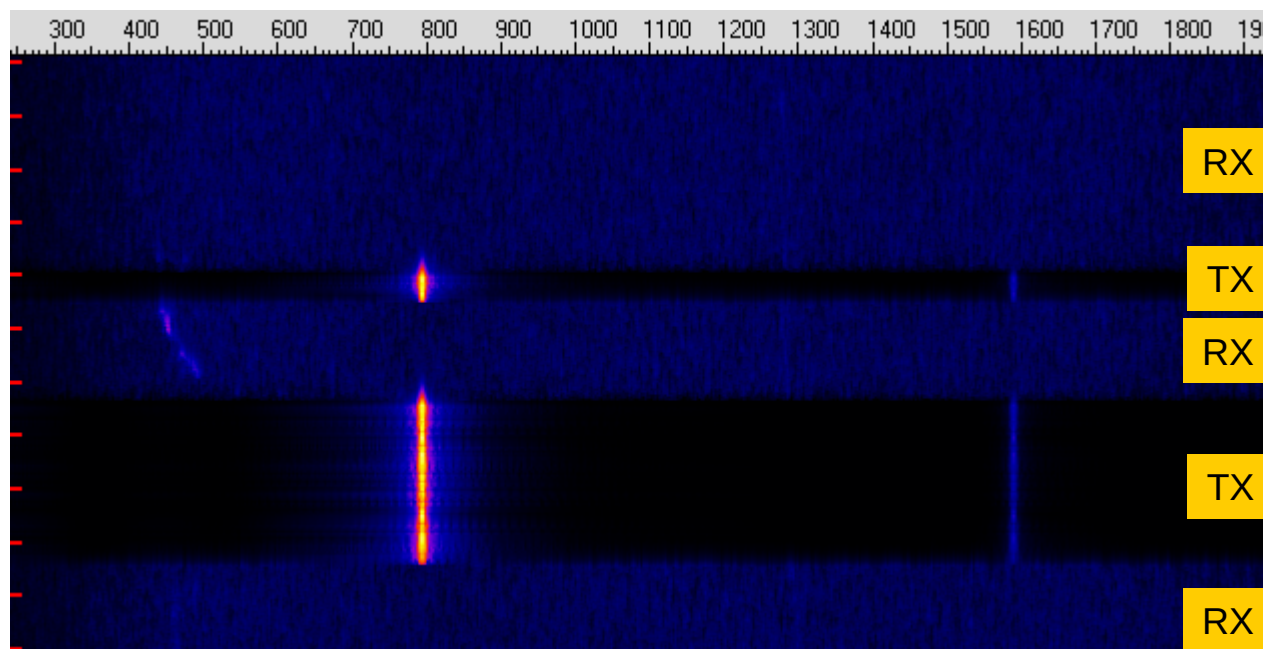
Signál ON4IY 1296 MHz 750 mW 360 km nahraný během květnového NAC 2006 (každá červená čára trvá 10 sekund): CW signál byl ve špičce právě slyšitelný

Zkušnosti z navázaných QSO



Signál OZ2LD 1296 MHz 688 km nahraný během květnového NAC 2006 (každá červená čára trvá 10 sekund): konec QSO

Zkušnosti z navázaných QSO



Signál DL7VTX 1296 MHz 528 km nahraný během květnového NAC 2006: konec QSO

Zkušenosti z navázaných QSO

⌘ Příklad: 23 cm NAC květen 2006 DF9IC v JN48iw

17:41	DL1SUZ	559	579	JO53UN	555 km	Letadlo
17:51	PA5DD	55	56	JO22IC	452 km	
17:54	PA3CEG	53	54	JO33FB	485 km	
18:00	OZ1FF	529	519	JO45BO	743 km	Letadlo
18:05	SK7MW	53	55	JO65MJ	777 km	Letadlo (?)
18:15	OZ9KY	519	519	JO45VX	787 km	Letadlo
18:20	OZ2LD	529	559	JO54TU	688 km	Letadlo
18:29	SM7ECM	519	519	JO65NQ	809 km	Letadlo
18:32	DJ8MS	52	52	JO64AD	624 km	Letadlo
18:39	DK3WG	549	569	JO72GI	560 km	Letadlo
18:45	DK9TF	56	57	JO31NF	279 km	
18:46	DJ6JJ/p	549	539	JO31LG	288 km	
18:48	DL3YEE	54	57	JO42GE	362 km	
18:49	DL5YEE	54	57	JO42GF	366 km	
18:56	DB6NT	59	59	JO50TI	263 km	
19:07	G4EAT	529	529	JO01HR	653 km	Letadlo
19:16	ON4IY	519	559	JO20IV	360 km	Letadlo
20:18	G4HUP	55	55	JP02PC	632 km	Letadlo
20:19	DG1KJG	57	57	JO30NT	237 km	
20:23	DB5KN	54	59	JO31NB	262 km	
20:30	G4BEL	54	54	JO02BI	715 km	Letadlo (?)
20:59	DL7VTX	519	539	JO62TM	528 km	Letadlo

Sledování letadel pomocí ADS-B

⌘ Otázky:

- ☒ kde se letadla právě teď nacházejí? (zajímavé)
- ☒ kdy bude letadlo právě tam kde ho potřebuji? (ještě zajímavější :-))))

⌘ Řešení:

- ☒ zkušenosti z dřívějších pokusů o spojení
- ☒ letové plány, odletový list je na internetu
- ☒ real-time sledování pozice letadel

Sledování letadel pomocí ADS-B

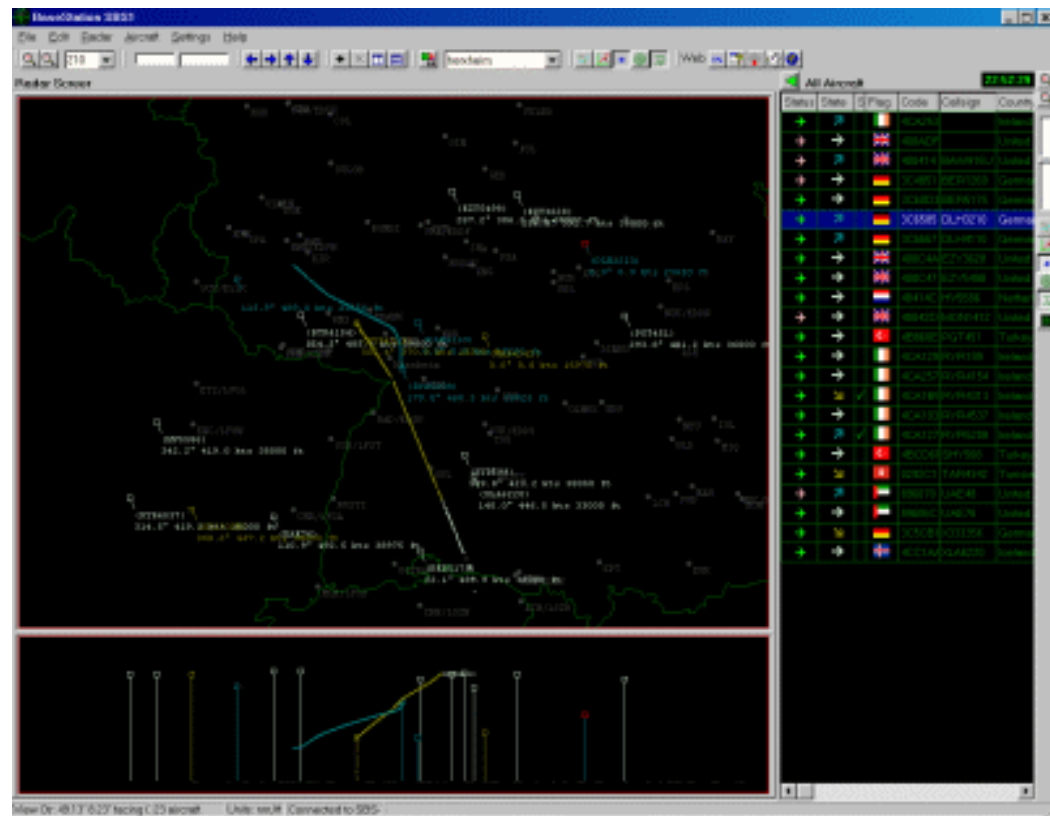
- ⌘ ADS-B (automatic dependence surveillance - broadcast mode) je datový protokol pro vysílání informací o statusu letadla
- ⌘ datagramy ADS-B jsou vysílány rostoucím počtem letadel na výstupní frekvenci transpondéru 1090 MHz rychlostí 1 Mbit/s v ASK
- ⌘ Informace není šifrována(!!), struktura je známa

Sledování letadel pomocí ADS-B

- ⌘ Od roku 2005 je dostupná neprofesionální verze ADS-B-RX od Kinetic Avionics (UK)



28. Nordic VHF Meeting 2006
Sletten



Wolf-Henning Rech DF9IC

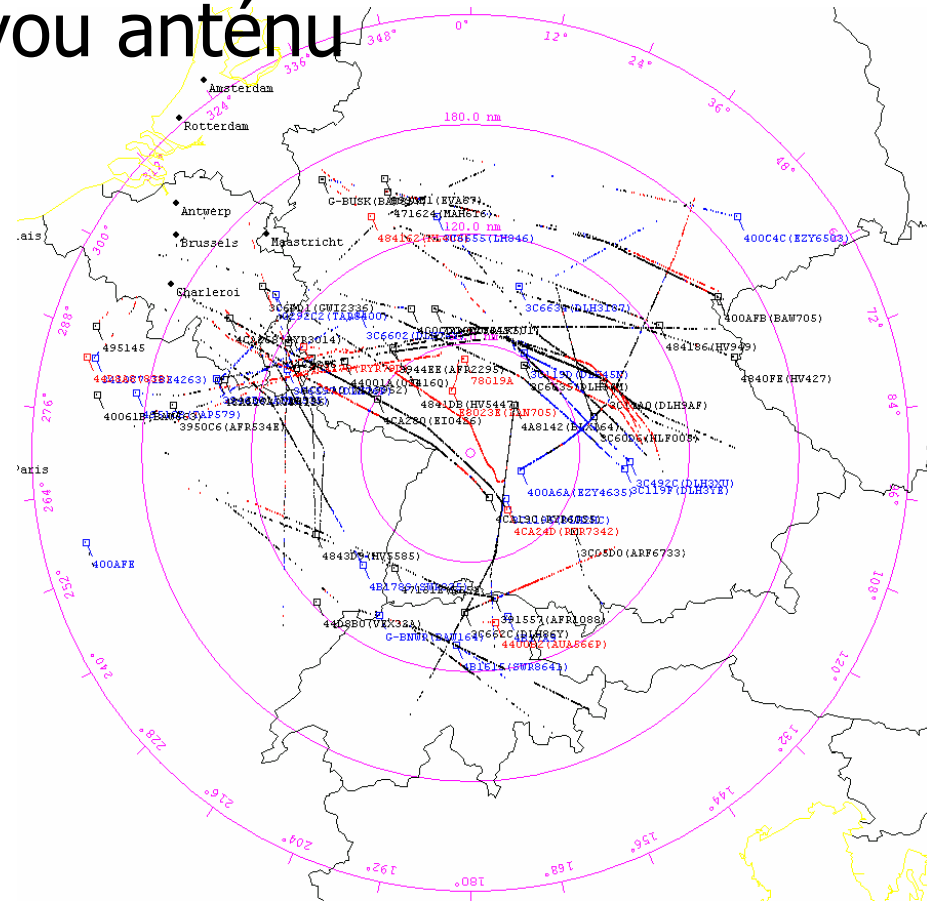
18

Sledování letadel pomocí ADS-B

- ⌘ Software SBS-1 dostupný k zmíněnému přijímači dovoluje real-time sledovat letadla s ADS-B na palubě (pozice GPS, rychlost, směr, atd.)
- ⌘ V roce 2006 bylo tímto zařízením vybaveno kolem 50% letadel
- ⌘ Data jsou vyobrazena na mapě
- ⌘ Příjem je limitován optickou viditelností (LOS) letadla
- ⌘ Kanál 1090 je ale přetížen, takže data vzdálených letadel jsou přijímána pouze občas

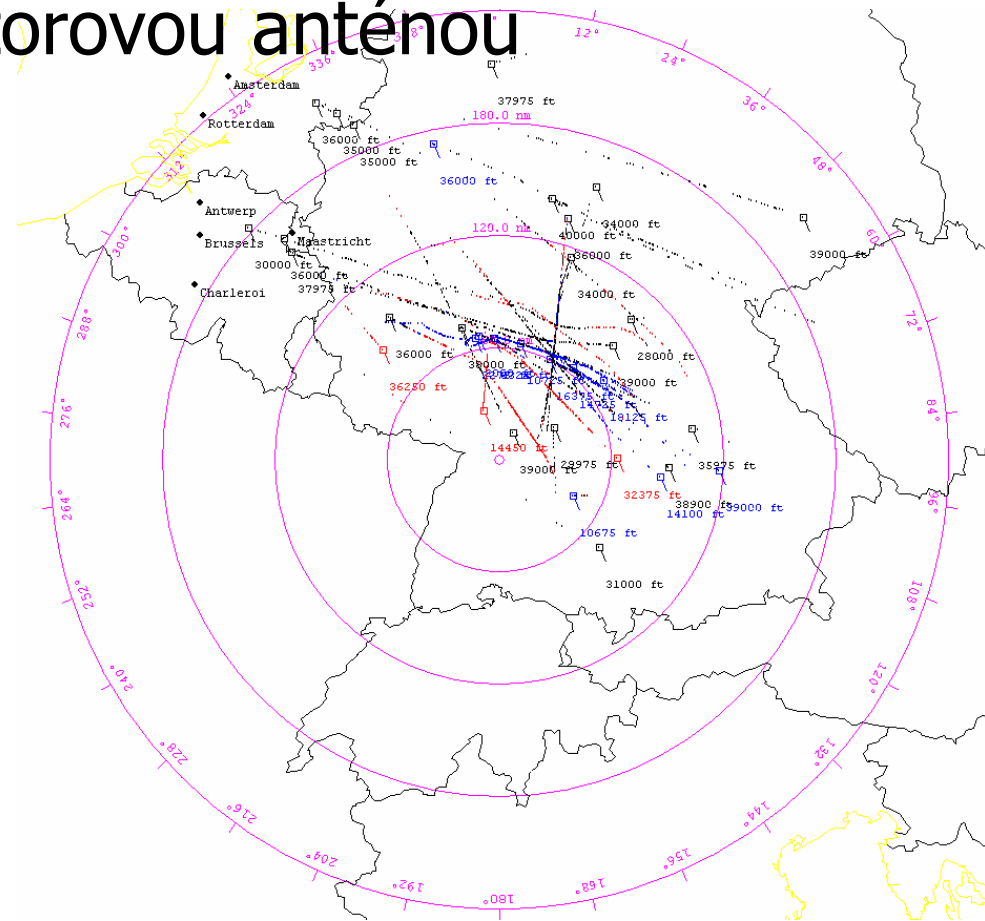
Sledování letadel pomocí ADS-B

⌘ Příjem na všesměrovou anténu



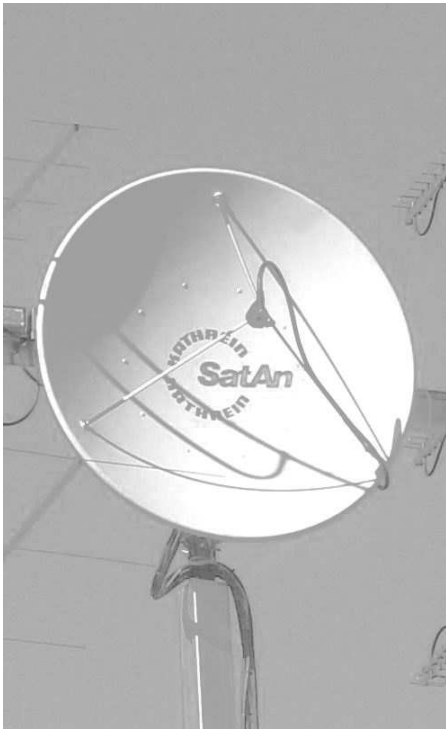
Sledování letadel pomocí ADS-B

⌘ Příjem se 120° sektorovou anténou



Sledování letadel pomocí ADS-B

⌘ Příjem s 1.2 m parabolou a ozařovačem pro pásmo 1090 MHz



Zkoušky šíření na 1296 MHz

⌘ 23.října 2005
jsme testovali >1h QSO
mezi SK7MW a
DF9IC na 1296 MHz
(777 km)

⌘ SK7MW vysílal
tečky s 2x2C39
a 4.5 m parabolou



4.5 m parabola
SK7MW

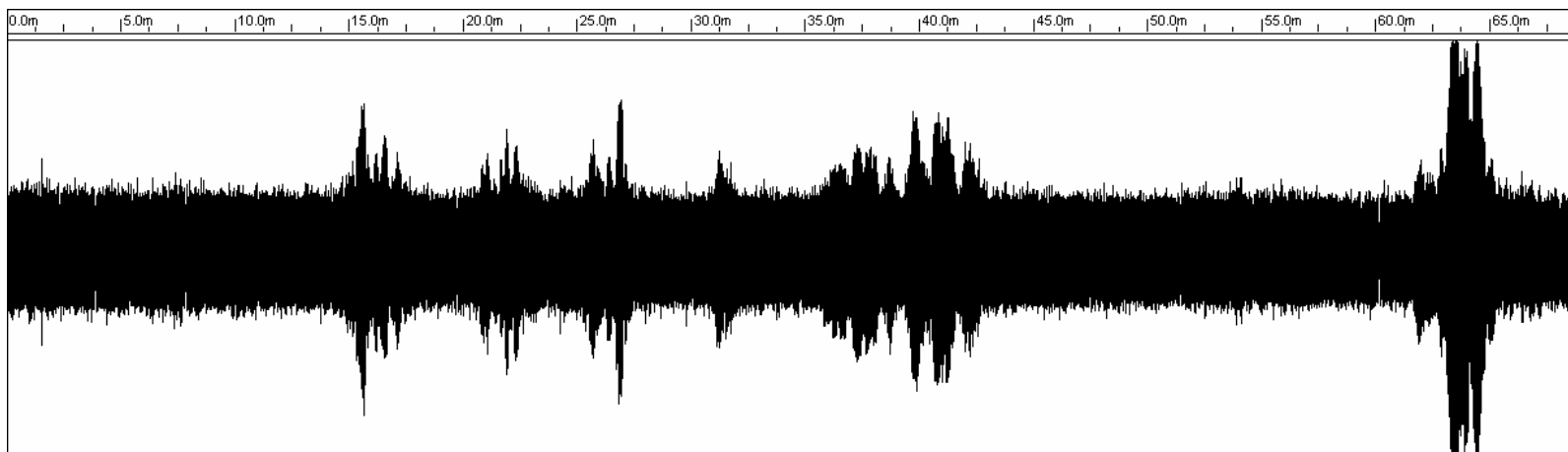
Zkoušky šíření 1296 MHz

- ⌘ DF9IC přijímal s anténou 4x35 el. Yagi a vypnutým AGC
- ⌘ Letadla byla sledována DF9IC na 1090 MHz s ADS-B RX na parabolu o průměru 1,2m



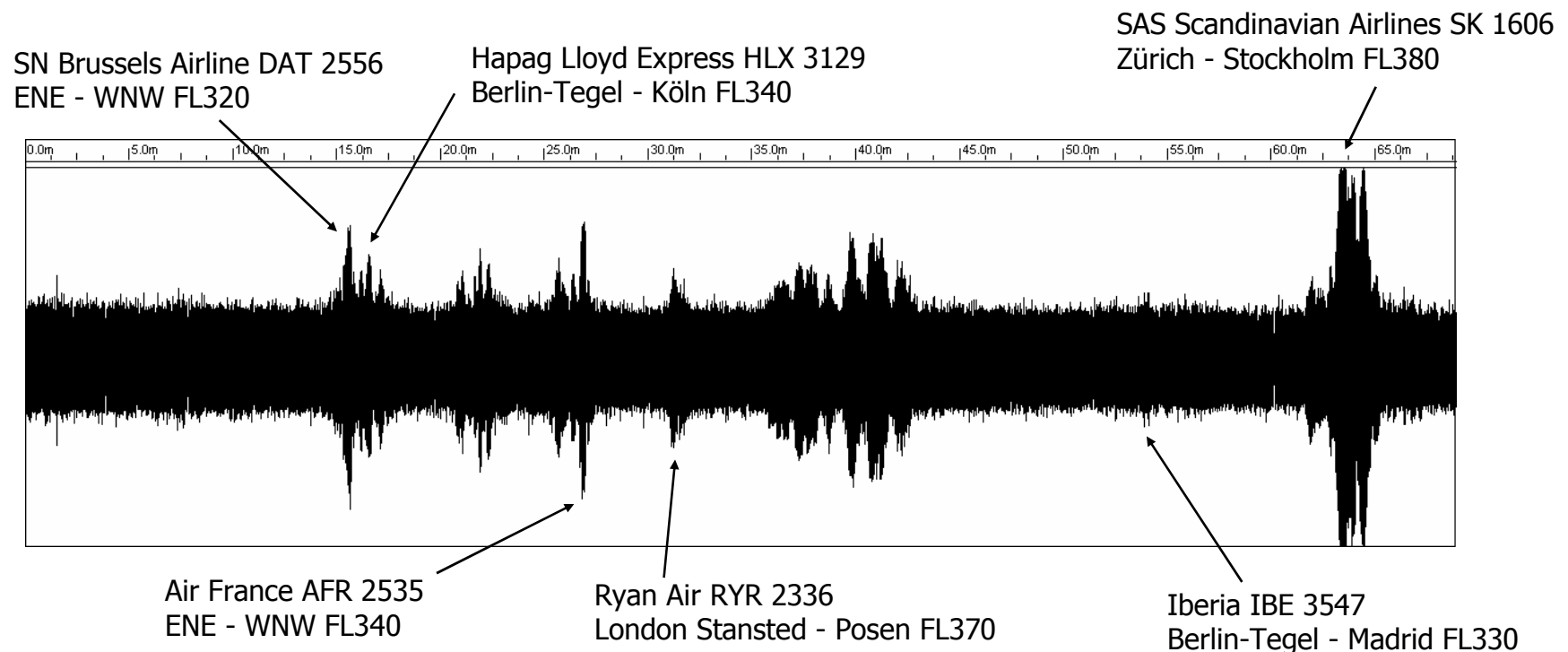
Zkoušky šíření 1296 MHz

- ⌘ Během toho testu bylo pozorováno kolem 7 velkých odrazů od letadel
- ⌘ NF signál z přijímače s vypnutým AGC:

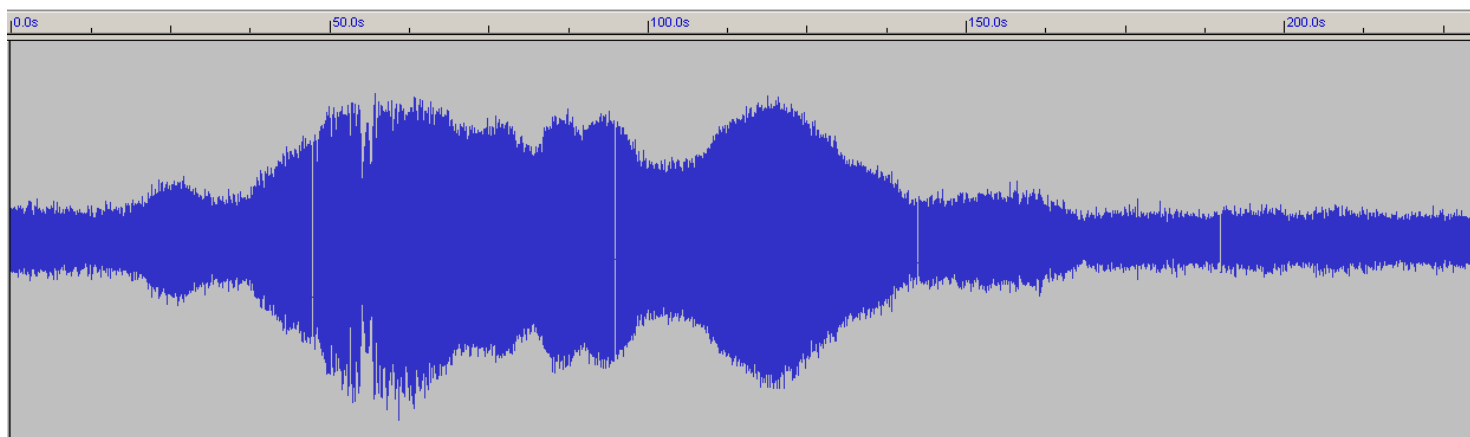


Zkoušky šíření 1296 MHz

- ⌘ Některé odrazy mohly být korelovány s civilními letadly, která míjela oblast, ležící přibližně mezi oběma stanicemi

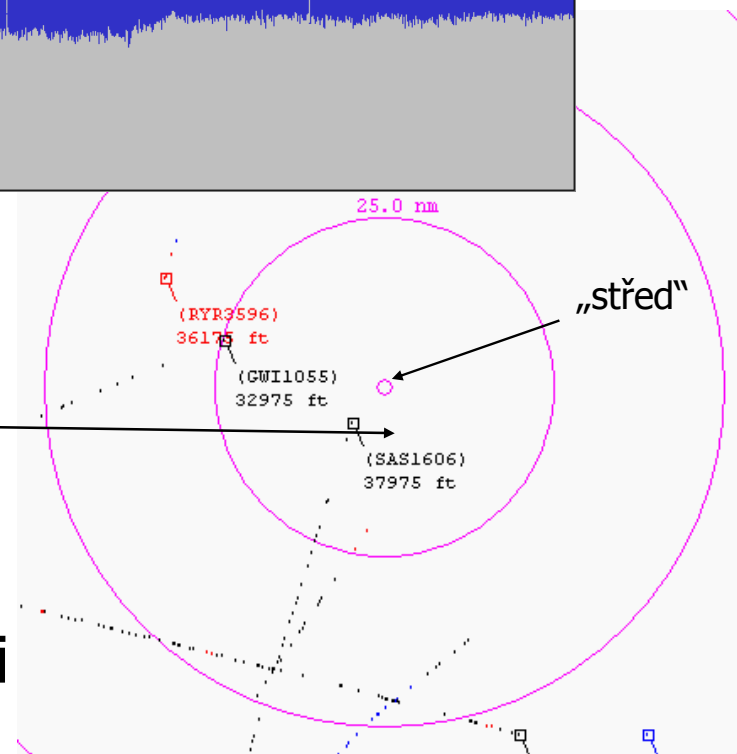


Zkoušky šíření 1296 MHz



⌘ Nejlepší odrazy byly od letu SAS SK 1606

⌘ trasa tohoto letu odpovídala spojnici mezi oběma stanicemi



2320 a 3400 MHz



⌘ 2320 MHz:

- ☒ Na této sledované trase se povedlo množství pěkných QSO
- ☒ DF9IC: 1.2 m parabola, ztráta na kabelu -4 dB, pwr 250 W
- ☒ SK7MW: 1.8 m parabola, ztráta na kabelu -1 dB, pwr 250 W

⌘ 3400 MHz:

- ☒ Byl proveden pouze jeden test 3.května 2006
- ☒ DF9IC: 1.2 m parabola a výkon 35 W
- ☒ SK7MW: 1.8 m parabola a výkon 50 W
- ☒ Byly pozorovány 2 dobré odrazy trvající 1minutu během 40minut testu, signál byl dostatečně silný pro spojení SSB

Závěr



- ⌘ pro QSO odrazem od letadel je potřeba přímého odrazu, ne rozptylu
- ⌘ na 1296 MHz, 2320 MHz a 3400 MHz je možné s dobrým zařízením udělat spojení do vzdálenosti kolem 800 km
- ⌘ měli byste volat jen krátkou výzvu a snažit se udělat QSO co nejrychleji
- ⌘ letadla letící podél rádiové trasy jsou nejlepší
- ⌘ Přijímač ADS-B umožňuje předpověď, ale k tomu potřebujeme celou síť radioamatérských stanic, vybavených tímto zařízením a připojených na internet
- ⌘ A co to zkusit na 5.7 a 10 GHz s vyšším výkonem?