

Powtórka z podstaw: dBm, bilans łącza, propagacja

...

Olgierd SQ3SWF
Zjazd Techniczny Krótkofalowców
Burzenin, 12.09.2026

Spis treści

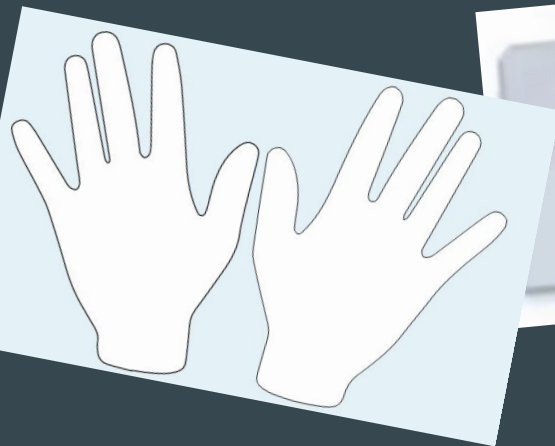
- Co mierzą krótkofalowcy?
- Skala liniowa, a logarytmiczna, a intuicja.
- Problem mocy.
- dBm i operacje podstawowe.
- Bilans łącza.
- Tłumienność wolnej przestrzeni.
- Dlaczego niższe częstotliwości lecą dalej?
- Czy QRPiarze mają rację?
- Teoria, a praktyka

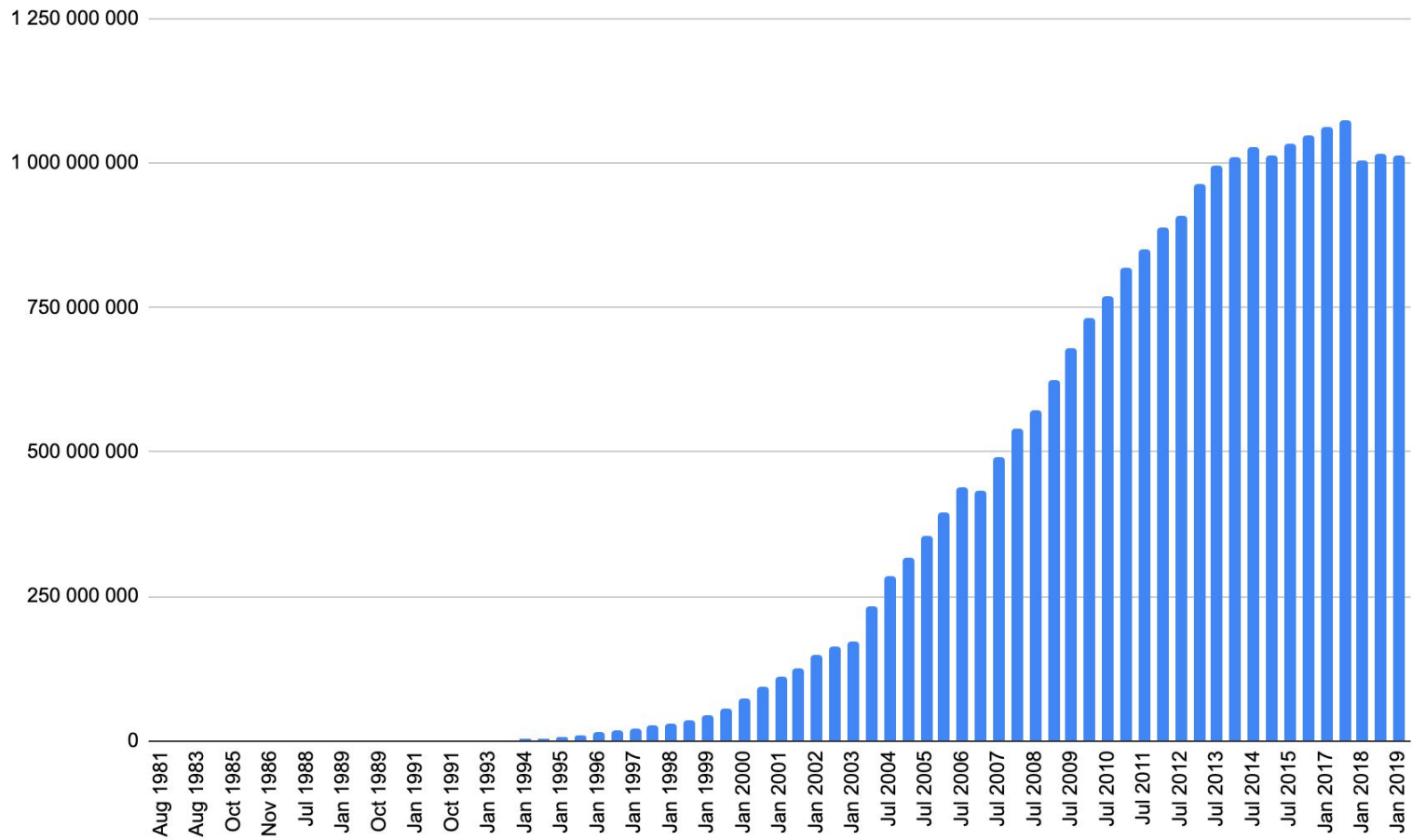
Co mierzą krótkofalowcy

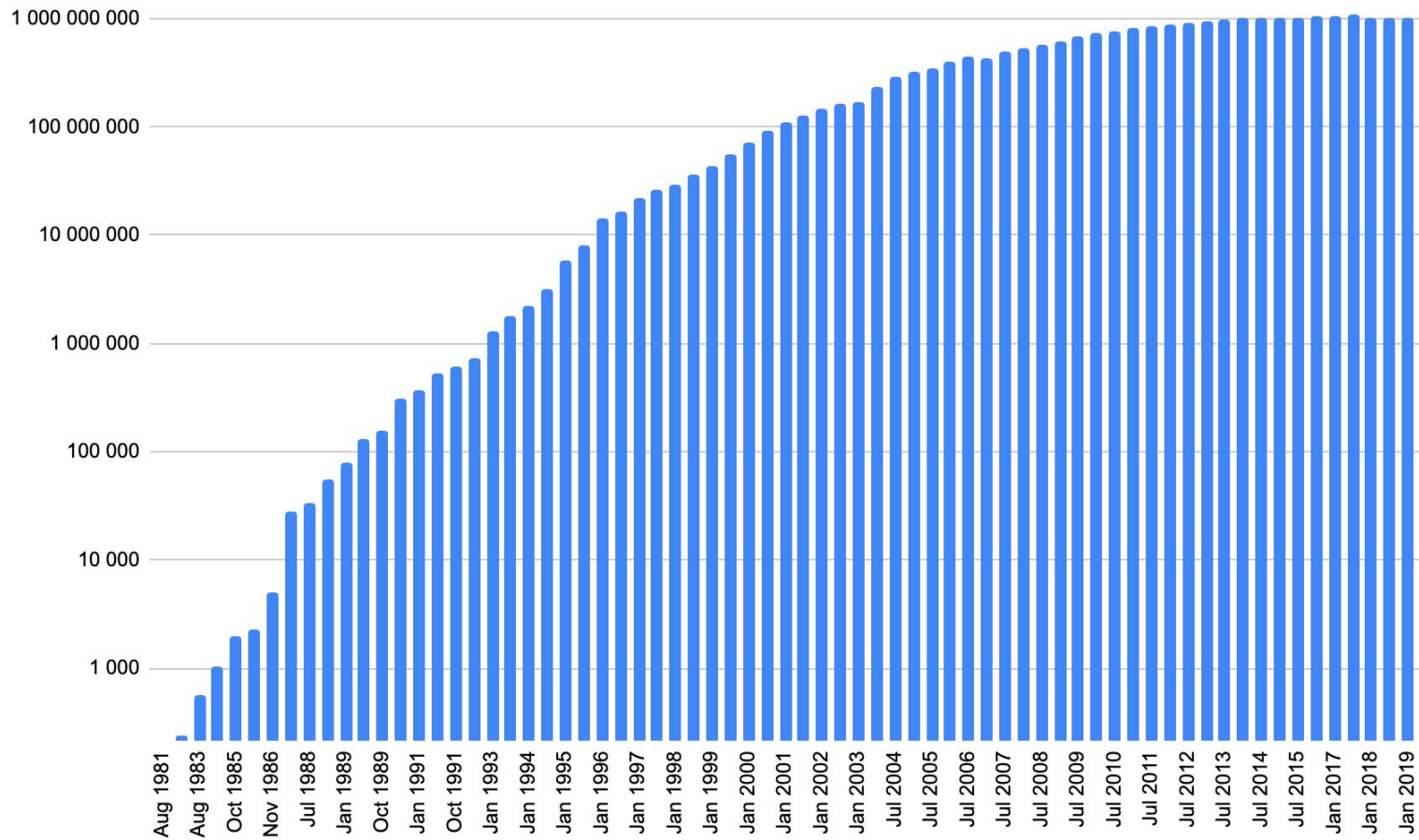
- długość anten (X cm ... XXX m ~ 5 rzędów wielkości)
- ilość transceiverów (X ... XXX ~ 2 r.w.)
- częstotliwość (XX Hz ... XXX GHz ~ 10 r.w.)
- moc (XX mW ... X kW ~ 5 r.w.)
- napięcie (0.X V ... X kV ~ 4 r.w.)
- prąd (X mA ... XX A ~ 5 r.w.)
- oporność (0.X Ω ... XXX M Ω ~ 9 r.w.)
- pojemność (1 pF ... 1 mF ~ 9 r.w.)

Skale liniowe

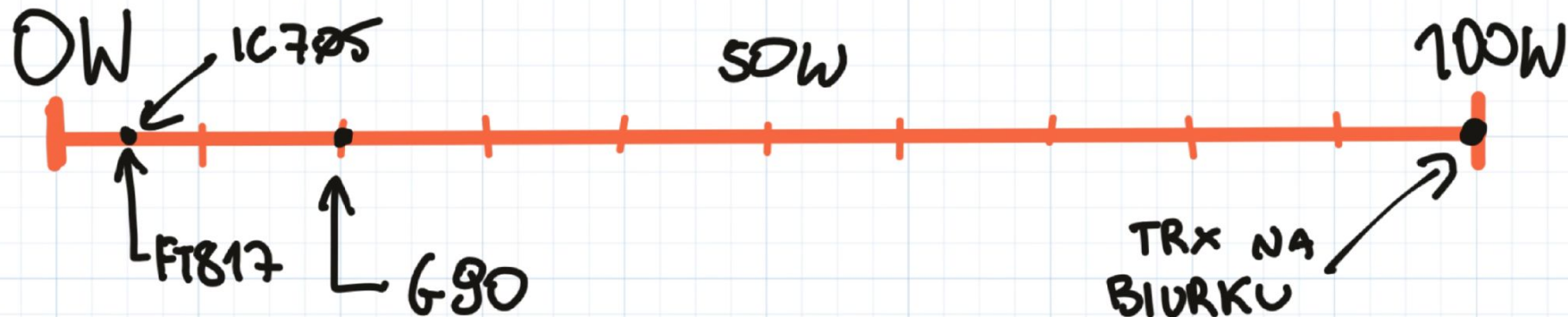
- Łatwe, praktyczne i proste do wyobrażenia
- Można przedstawiać wartości ujemne, dodatnie, a także zero







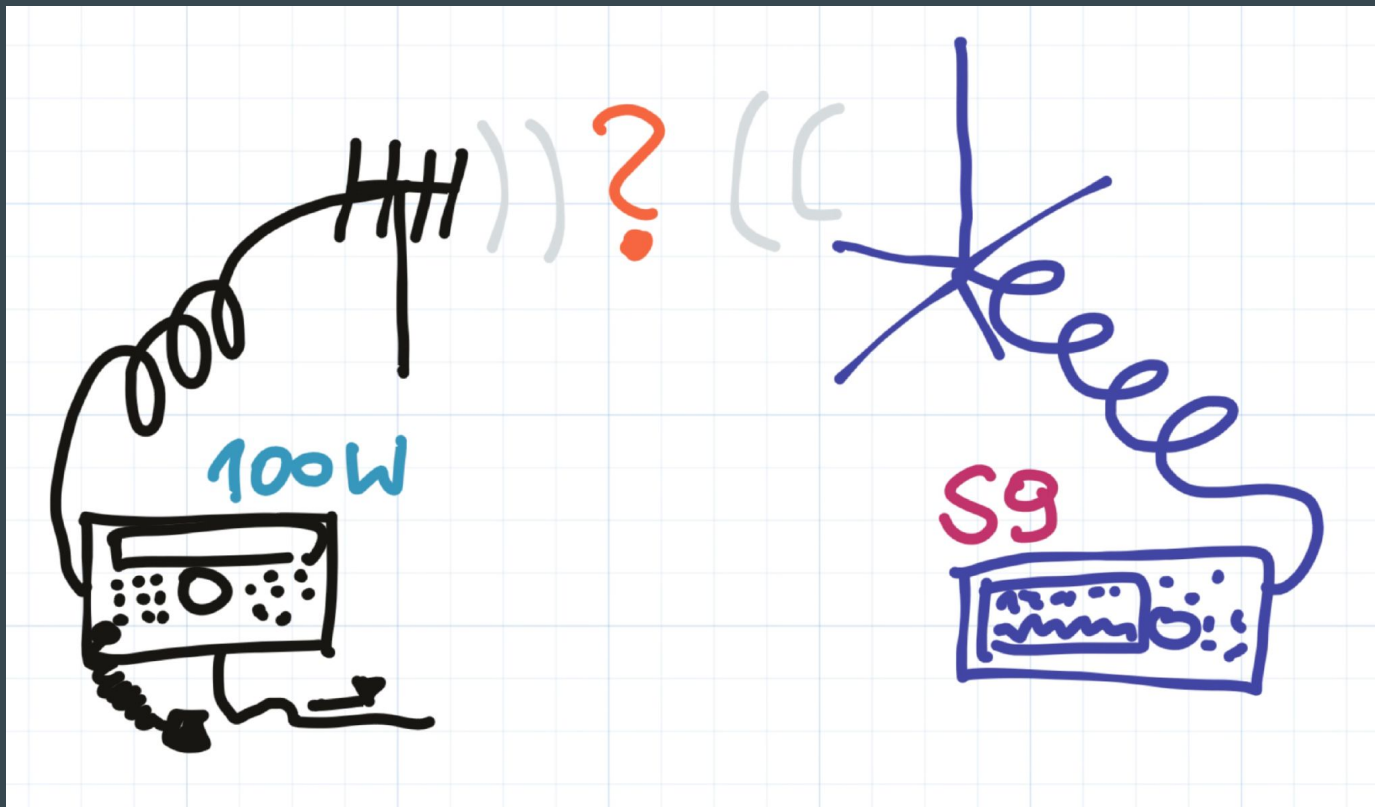
Problem mocy.



Problem mocy.



Problem mocy.



Problem mocy.

- Wychodzi: 100 W
- Wchodzi: “S9”,
 - czyli jakieś 2 000 000 000 000 razy mniej (~2 biliony) (12 r.w.)
- $S9 = 50 \text{ pW} = 0,000000000005 \text{ W}$

QSB do S3?

- S3 to ok. 4000 mniejsza moc niż S9
- $0.000000000005 \text{ W} / 4000 = 0.000000000000125 \text{ W} = 0,0125 \text{ pW} = 12,5 \text{ fW}$
- Obrzydliwe.
- Rozwiązanie?
 - Skala logarytmiczna: dBm

Zróbmy sobie fajną (logarytmiczną) skalę do pomiaru mocy!

- Wybieramy jakąś przyjemną wartość na początek: 1 mW
- Umieszczamy ją w centrum: to nasze zero.

$$1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$$

- dBmy, to “decybele w stosunku do miliwata”

Wzór (dla chętnych): $\text{dBm} = 10 * \log_{10}(P / 1 \text{ mW})$

- 0 W to brak mocy, a 0 dBm to 1 mW?
 - ...gdzie tu logika?
- dB to “**zmiana** w stosunku do”
 - a 0 dB oznacza brak zmiany, czyli wartość wyjściową: 1 miliwat

Jak się odnaleźć w logarytmicznej mocy?

- Najważniejsze wartości:
 - 10 dB -> 10x więcej
 - 3 dB ~> 2x więcej
 - 20 dB -> 100x (a 30dB - 1000x = zmiana jednostki)
 - ~7 dB -> ?
 - 5x więcej
 - bo -3dB, to 2x mniej
- Gdzie zero?
 - problem!
 - skala logarytmiczna nie ma zera
 - to jednak nie problem, bo w praktyce zero nie występuje.

**Mnożenie i dzielenie watów,
to dodawanie i odejmowanie dBm.**

Mnożenie i dzielenie watów, to dodawanie i odejmowanie dBm.

- Obliczanie EIRP:
 - moc nadajnika
 - - strata na kablu
 - + zysk anteny
- 100W +50 dBm
- 15 metrów RG-213 @ 435 MHz: -2.2 dB
- Yagi 10 el. DK7ZB: +15.25 dB(i)
- 50dBm - 2.2 dB + 15.25 dB = +63.05 dBm
- 63 dBm = 60 dBm + 3 dB
- “kilowat razy dwa”

A można bez dBm?

Oczywiście, że można

- 100W
- 15 metrów RG-213 @ 435 MHz: ~40% straty (0.6)
- Yagi 10 el. DK7ZB - 15.25 dBi: 33,5 raza
- $100W * 0.6 * 33.5 = 2010 W$

<https://olgierd.github.io/coaxcalculator/>

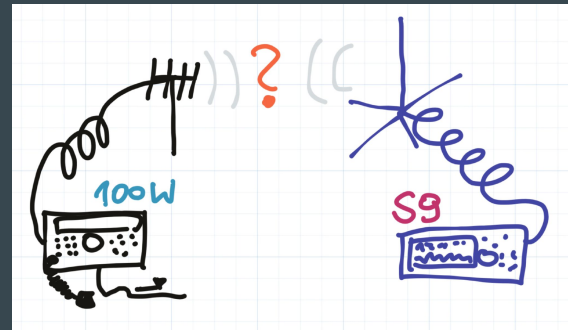
145	MHz
10	m
100	W (Power in)

Calculating for 145 MHz & 10 meter(s) & 100 Watts input:

Cable	Loss	Power out
AVA5-50FX (Andrew)	0.13 dB 3.0%	96.95 W
RFA 7/8" (Draka)	0.13 dB 3.1%	96.94 W
RFA 1/2" (Draka)	0.26 dB 5.8%	94.22 W
LDF4-50A (Andrew)	0.26 dB 5.9%	94.14 W
CNT-600 (Andrew)	0.31 dB 7.0%	93.03 W
Ecoflex 15 (SSB)	0.34 dB 7.6%	92.45 W
HyperFlex 13 (M&P)	0.36 dB 8.0%	92.02 W

Bilans mocy

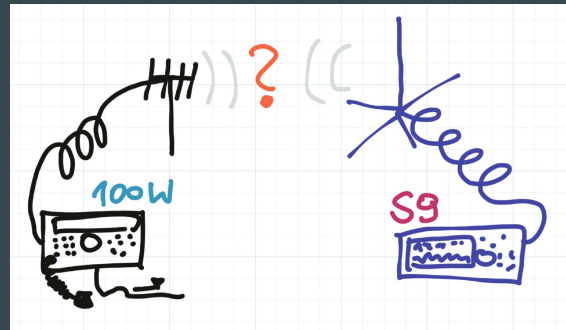
$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - G_{RX} - L_{RX}$$



Bilans łącza

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - G_{RX} - L_{RX}$$

- moc nadajnika
- straty (złącza, przewody)
- zysk anteny

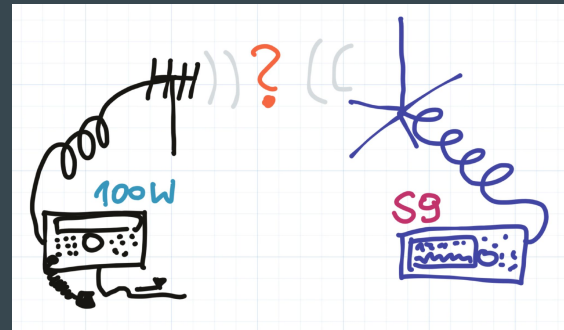


Bilans łącza

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - G_{RX} - L_{RX}$$

- moc nadajnika
- straty (złącza, przewody)
- zysk anteny

- tłumienie ścieżki
- pozostałe straty (polaryzacja, wielotorowość)



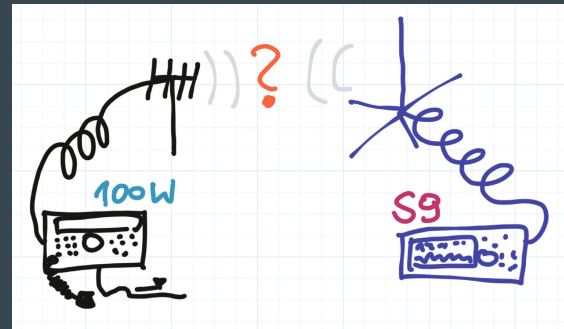
Bilans łącza

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - G_{RX} - L_{RX}$$

- moc nadajnika
- straty (złącza, przewody)
- zysk anteny

- tłumienie ścieżki
- pozostałe straty (polaryzacja, wielotorowość)

- zysk anteny
- straty (złącza, przewody)



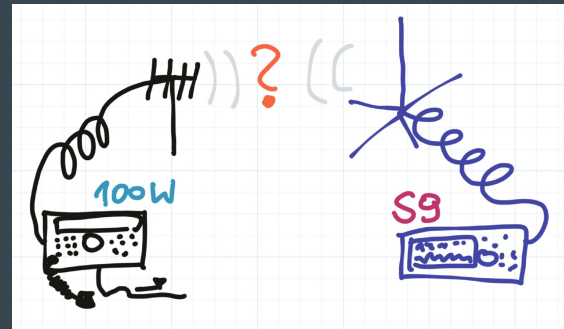
Bilans łącza

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - G_{RX} - L_{RX}$$

- moc nadajnika
- straty (złącza, przewody)
- zysk anteny

- tłumienie ścieżki
- pozostałe straty (polaryzacja, wielotorowość)

- zysk anteny
- straty (złącza, przewody)



$-L_{FS}$: Od czego zależy tłumienie trasy

- dystans (wiadomo)
- częstotliwość

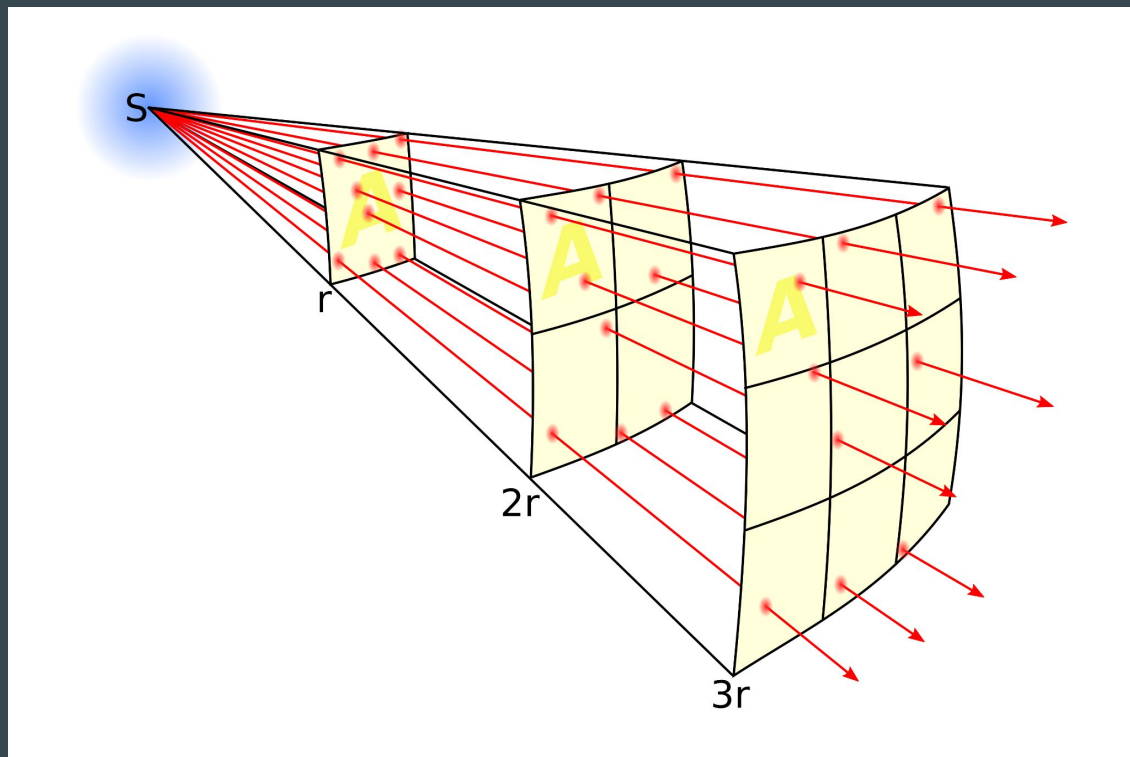
$$FSPL(dB) = 92.45 + 20\log_{10}(dkm) + 20\log_{10}(fGHz)$$

$-L_{FS}$: Od czego zależy tłumienie trasy

- dystans (wiadomo)
- częstotliwość

$$FSPL(dB) = 92.45 + 20\log_{10}(dkm) + 20\log_{10}(fGHz)$$

Dystans



Częstotliwość?

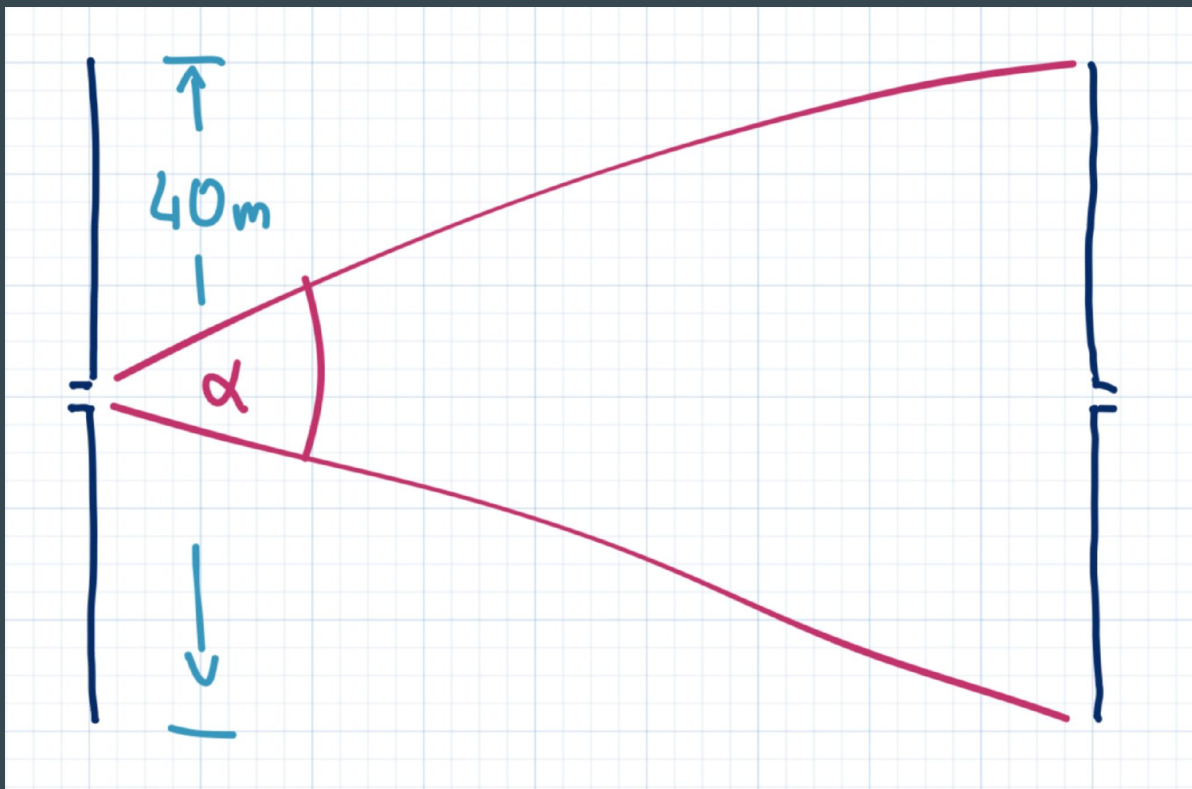
Tłumienie ścieżki dla QSO EME:

- 252dBi @ 144 MHz
- 261dBi @ 432 MHz
- 271dBi @ 1296 MHz

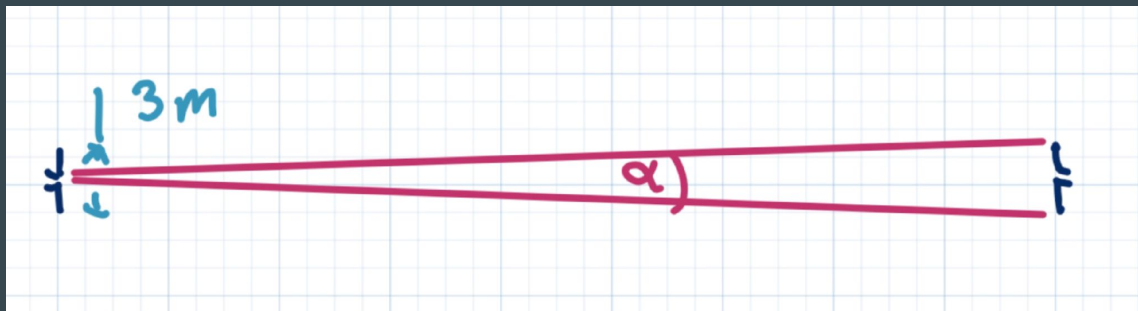
Częstotliwość?

- Co sprawia że wyższe częstotliwości są mocniej tłumione?
- ...eter?
- Otóż nie!
- Im wyższa częstotliwość, tym mniejsza powierzchnia odbierająca anteny o danym zysku (0 dBi / 0 dBm).
- 2x wyższa częstotliwość
 - 2x mniejsza antena
 - czyli 4x mniejsza powierzchnia
 - bo żyjemy w przestrzeni 3D, a nie 2D

Niska częstotliwość - duże anteny



Wysoka częstotliwość - małe anteny



Tłumienie ścieżki w praktyce

$$\text{FSPL(dB)} = 92.45 + 20\log_{10}(\text{dkm}) + 20\log_{10}(\text{fGHz})$$

$$\text{dkm} = 10 ; \text{fGHz} = 0.432$$

$$20\log_{10}(10) = 20 ; 20\log_{10}(0.432) = -7.3$$

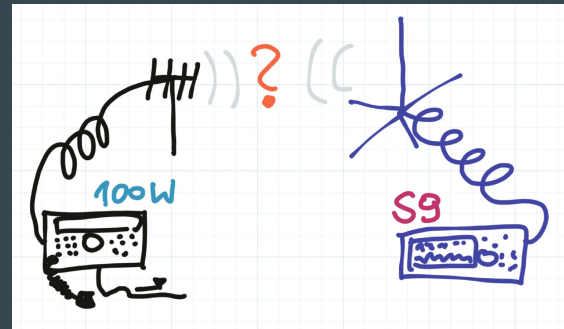
$$\text{FSPL(dB)} = 92.45 + 20 - 7.3 = 105.15$$

Przykład realistyczny

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - G_{RX} - L_{RX}$$

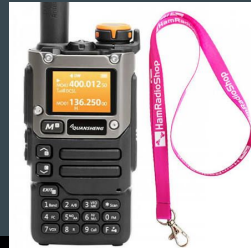
$$P_{RX} = 50 - 3 + 4 - 105.15 - 0 + 4 - 3 = -53.15$$

- moc nadajnika
- straty (złącza, przewody)
- zysk anteny
- tłumienie ścieżki
- pozostałe straty (polaryzacja, wielotorowość)
- zysk anteny
- straty (złącza, przewody)



Przykład mniej realistyczny

- 1 W (NASA oszczędza), 600km, 143 MHz ?
- da radę?
- ~ -113 dBm - ~ 10 dB zapasu
- wiemy że 2x dystans to 4x (czyli 6 dB) mniejsza moc
- 1200 km $\rightarrow -119$ dBm
- 2400 km $\rightarrow -125$ dBm
- 5W?
- + 7dB! 2400 km $\rightarrow -118$ dBm
- 4800 km $\rightarrow -123$ dBm



Przykład KFowy (odbierałem Włocha na 9+30)

- 100W, 1200 kilometrów, 14 MHz (SP <-> I)
- ~ -63 dBm (S9+10)
- .. może nie ma 100W, tylko 20dB więcej (10 kW)
- .. może ma 100W i 5el?
- .. może jonosfera się uśmiechnęła?
 - QSB to nie tylko zaniki, ale także lokalne wzmocnienia
 - skupianie
 - ducting

Orędownicy QRP

- “różnica między 5W a 100W to tylko 2 ‘esy’”
- $5W + 3dB = 10 W$
- $10 W + 10 dB = 100 W$
- $5W + 13 dB = 100W$, $1S = 6 dB$ - **PRAWDA**
- S9 a S9+12 - żadna różnica
- 3dB pod szumem, a 10dB ponad?

“Tylko” 13 dB różnicy



Orędownicy QRP

- “Z 20W w Xiegu G90 słyszeć mnie tak samo jak ze 100W TRX”
- $20\text{W} = 43\text{ dBm}$
- $100\text{W} = 50\text{ dBm}$
- $7\text{ dB} - 1\text{ i } \frac{1}{6} \text{ “S”}$

“Tylko” 7 dB



Toyota
Pewne Auto

Dobrygowski



“Tylko” 7 dB

- Przeciętna 4 el. yagi ma ~ 7 dBd zysku



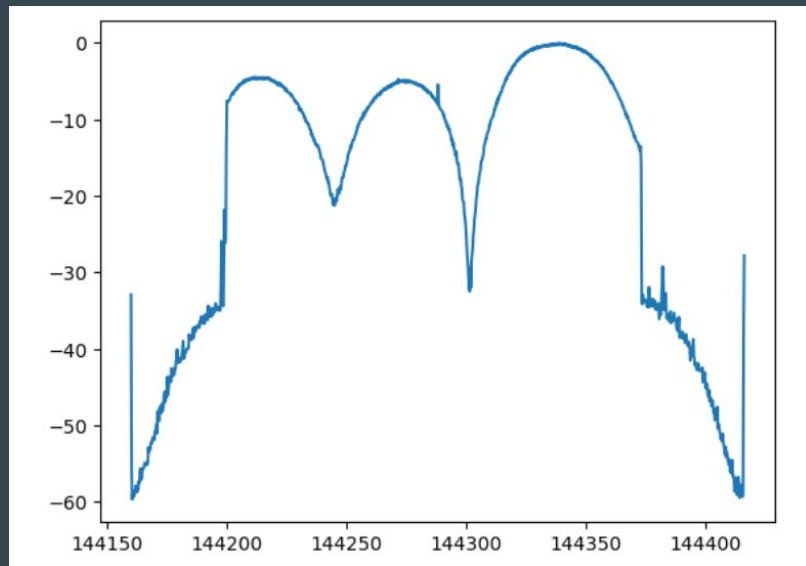
QRP jest super

- .. ale trzeba mieć świadomość ograniczeń!
- Siła sygnału u korespondenta jest proporcjonalna do EIRP.
- Jono/tropo-sfera jest liniowa (w interesującym nas zakresie)



Uwagi przedkońcowe

- Powyższe rozważania to głównie teoria, w praktyce musimy uwzględnić:
 - KF - propagacja dominuje
 - UKF - krzywizna ziemi, wielotorowość, przeszkody terenowe, tropo
- Intuicja w teorii pomaga w praktyce.



Reklama

- SN7L dziękuje za liczny udział stacji z SP w zawodach IARU VHF
 - 314 QSO
- Total: 1182 QSO, 462k punktów



Slajd do zapamiętania

- 0 dBm to jeden miliwat, +30 dBm to 1W, 10 dB to 10 razy, a 3 dB - to 2 razy.
- Współczesne odbiorniki bez problemu odbierają sygnały -130 dBm.
- Łączność radiowa:
 - to co wychodzi ze stacji nadawczej (nadajnik, -złącza/kable, +antena)
 - minus tłumienie ścieżki (.. to sobie trzeba policzyć na boku, bo logarytmy)
 - to co wchodzi do stacji odbiorczej (+antena [+LNA], -złącza/kable, odbiornik [i jego czułość])
 - sygnał odbierany > czułość => QSO
- “Tylko 1S” to absolutny mit - czterokrotna różnica w mocy to jest dużo. (2x też)
- Moc spada 4x (6 dB) z podwojeniem dystansu lub częstotliwości
- dBm to ekwiwalent Watów
 - wygoda obliczeń (+ i -, zamiast * i /)
 - ograniczenie wartości w których się poruszamy jest korzystne dla ludzkiej psychiki

Można ręcznie, ale po co

<https://www.pasternack.com/t-calculator-link-budget.aspx>

 ALL PRODUCTS THE CABLE CREATOR™ NEW PRODUCTS RESOURCE TOOLS SUPPORT

Transmitter Power Output:

Watts

Transmitter Antenna Gain (dBi):

Transmitter Loss (dB):

Frequency
▼

MHz

Distance:

Kilometers

Miscellaneous Loss (dB):

Receiver Antenna Gain (dBi):

Receiver Loss (dB):

CALCULATE

Result:
Received Power: -41.62 dBm

Q & A

Qytania & Adpowiedzi

Pytania & (może) Odpowiedzi

Dziękuję & 73