

Budování EME pracoviště



aneb

Co je třeba zvážit při návrhu a instalaci parabolické antény?

ARP 11
Ústí nad Labem
1.12 2018

Matěj Petržílka OK1TEH

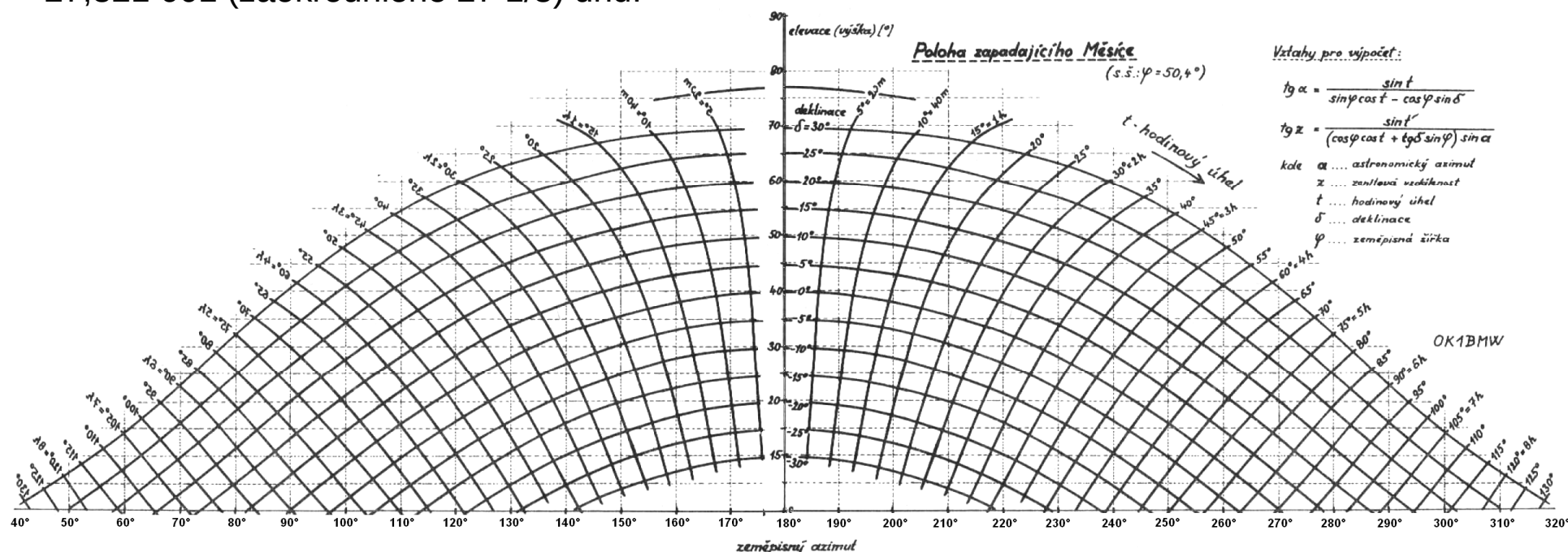
www.ok2kkw.com

Umístění antény vůči pohybu Měsíce

Zvážení umístění paraboly v budovaném EME QTH (eliminace přírodních překážek např. stromů, keřů?) pro možnost využít východů a západů Měsíce v době vysoké deklinace pro možnost QSO >10 000 km (např. KH6, ZL, VK, FK8, ...). Na 6/2m existuje možnost využít jev Ground Gain.

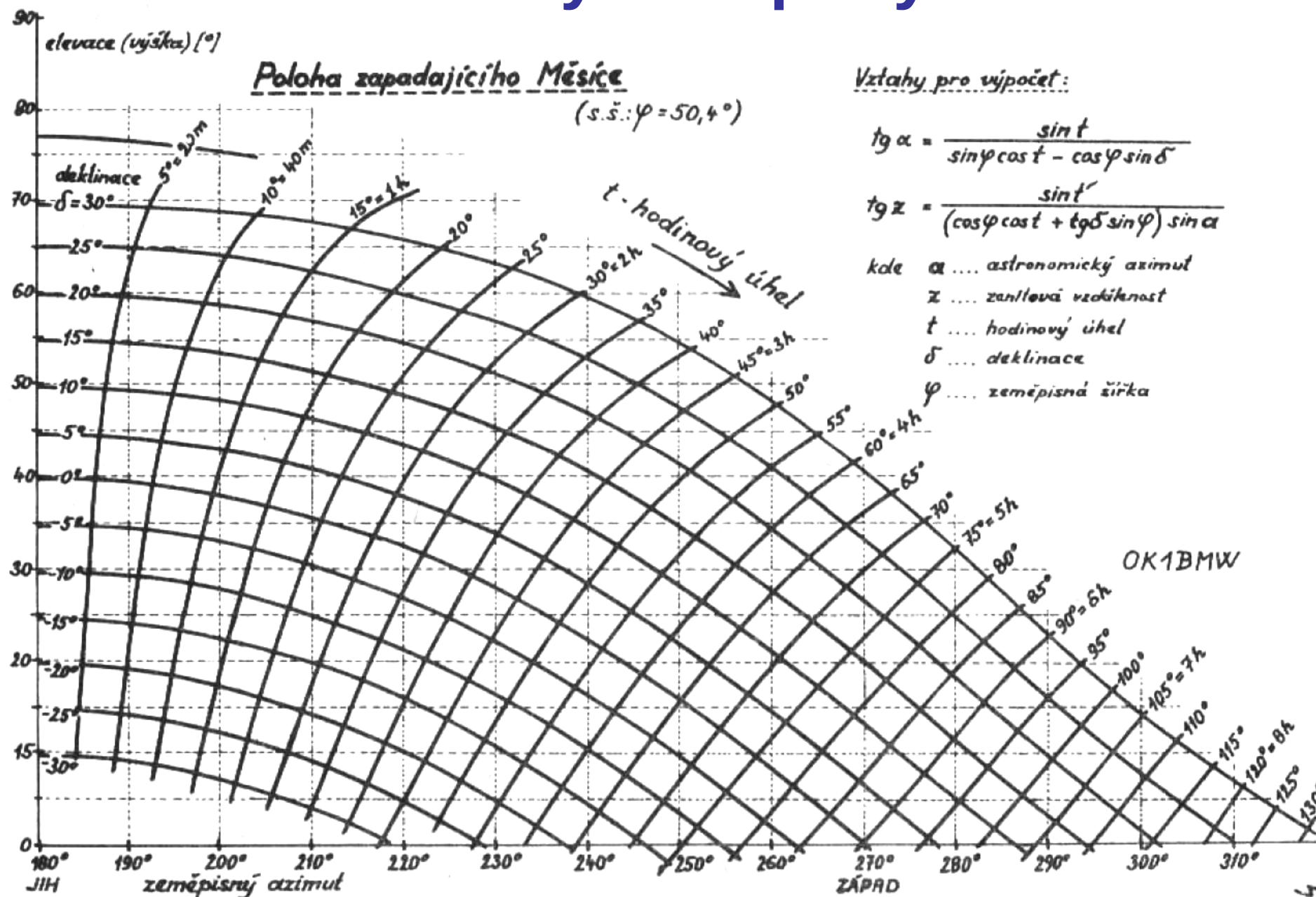
-**Deklinace** (bývá značena řeckým písmenem δ) je v systému rovníkových souřadnic souřadnice, která udává úhlovou vzdálenost od světového rovníku. Na severní polokouli je kladná, zatímco na jižní je záporná.

-**Siderický měsíc** je doba, za kterou se Měsíc při svém oběhu kolem Země vrátí na stejnou polohu na obloze z hlediska nebeské klenby, mezi stálicemi. Siderický měsíc zemský je roven 27,321 661 (zaokrouhleně 27 1/3) dnů.



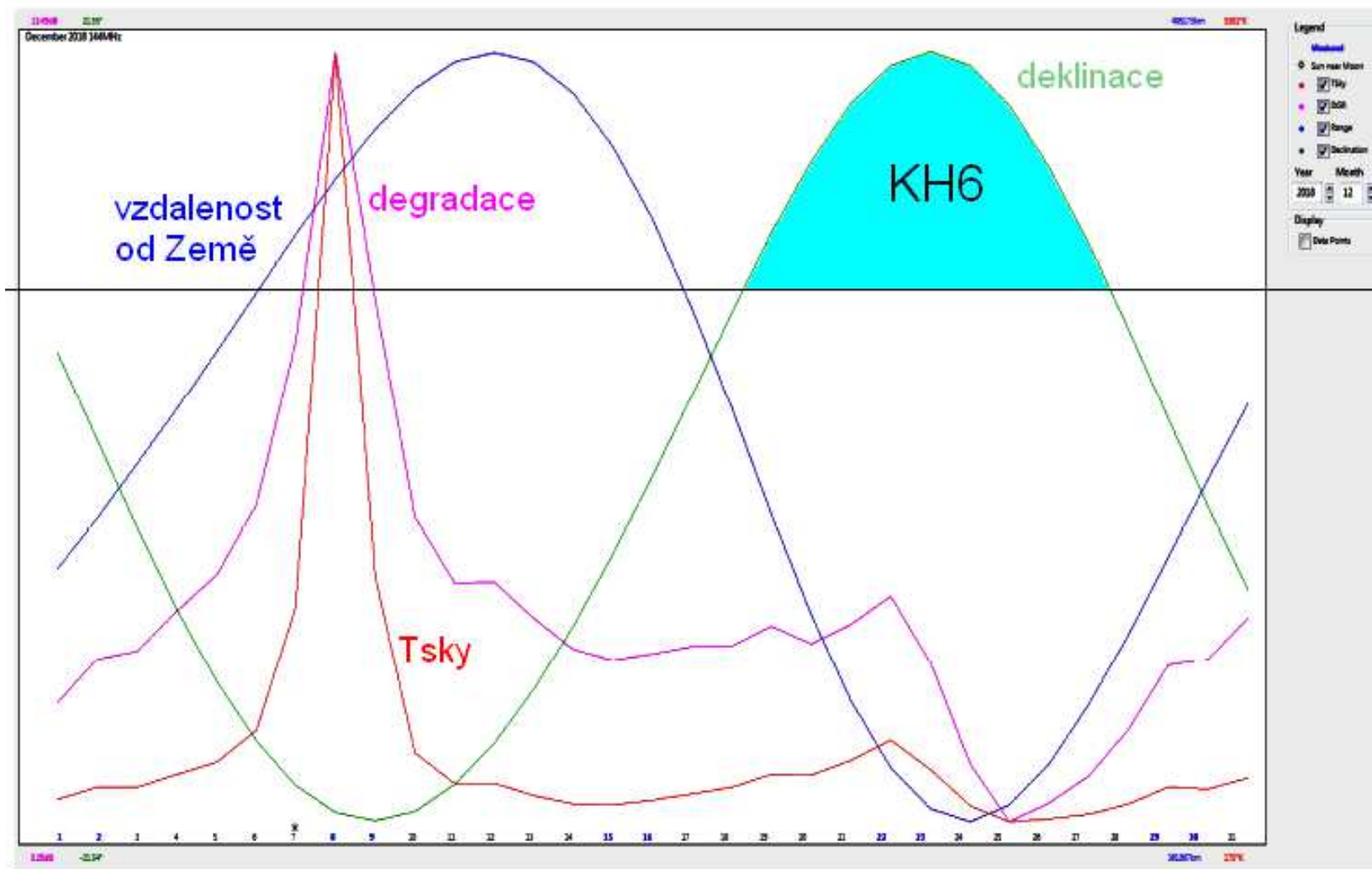
v OK může být maximální elevace cca 67°, východ Měsíce min cca 40°, západ max cca 320°

Umístění antény vůči pohybu Měsíce



Umístění antény vůči pohybu Měsíce

Příklad vlivu deklinace na délku okna do KH6.



Moon Graph December 2018

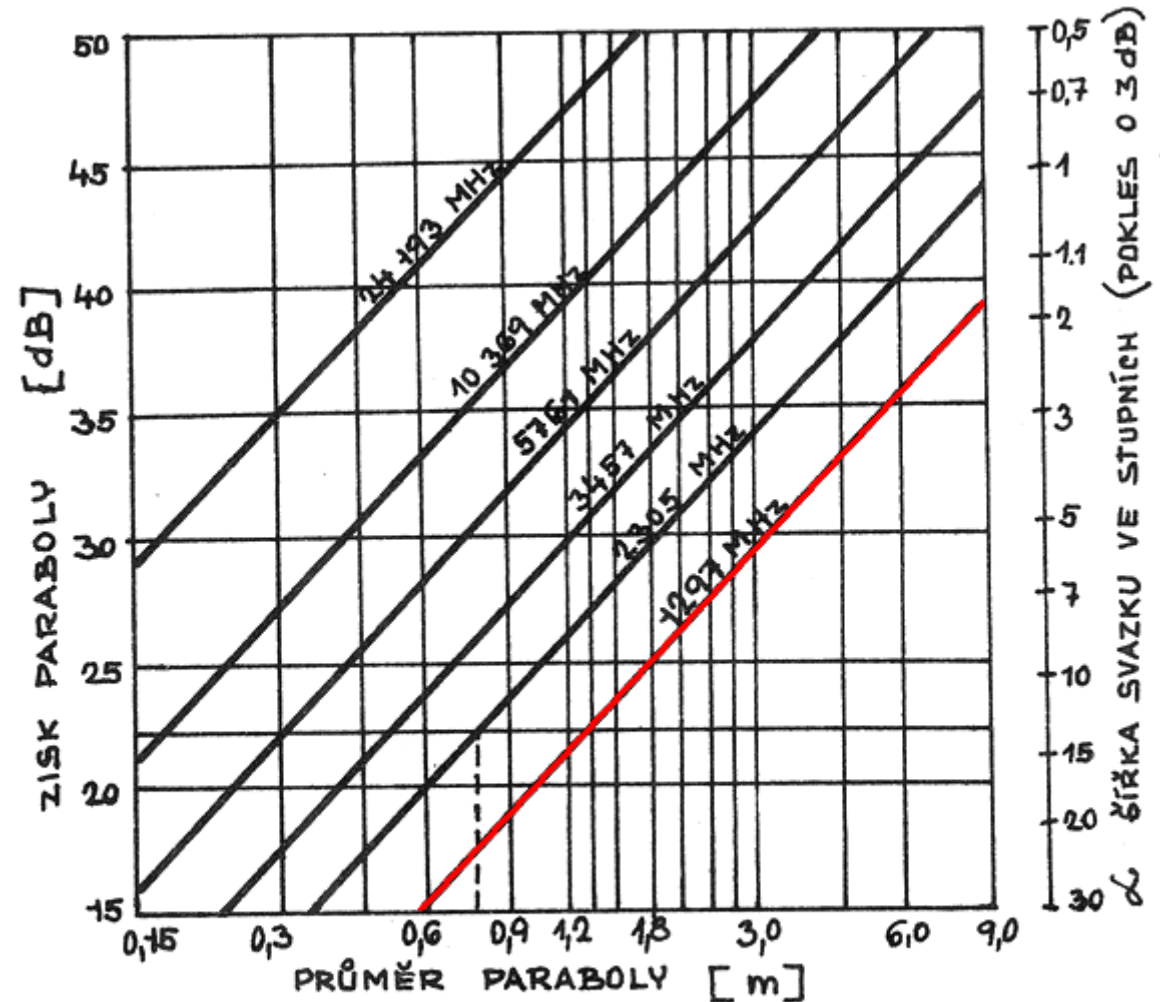
(Courtesy of David GM4JJJ (www.gm4jjj.co.uk/MoonSked/moonsked.htm))

Proč vůbec použít pro EME parabolickou anténu?

Útlum trasy :

$$b = 207 + 20,5 \log f \text{ [dB, MHz]}$$

- 50 MHz -242 dB
- 144 MHz -251 dB
- 432 MHz -261 dB
- 1296 MHz -271 dB
- 2320 MHz -276 dB
- 3400 MHz -279 dB
- 5760 MHz -284 dB
- 10 GHz -289 dB
- 24 GHz -297 dB
- 47 GHz -303 dB



ŽÁRKOVANĚ VYZNAČEN PŘÍKLAD
PRO PARABOLU o ϕ 0,75 m na 13 cm

Jaké jsou možné typy EME antén?

horny – trychtýřové antény

- Výhody: širokopásmovost, nízký šum
- Nevýhody: větší rozměry nejsou praktické, (přílišná délka, problém s montáží)

parabolické reflektory

- Výhody: velký zisk, možnost použití více ozařovačů na více pásmech, zvládnutelná montáž

antény typu yagi

- Výhody: malý odpor ve větru, dostatečný zisk
- Nevýhody: nepraktické použití pro pásma nad 70cm kvůli ztrátám na kabelech, problematické přepínání polarizace, možnost pracovat pouze v jednom pásmu

Zdroj obrázků:

http://ok2kkw.com/next/horn_23cm.pdf

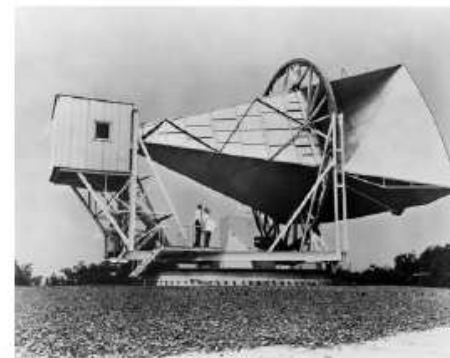
https://science.nrao.edu/science/meetings/2014/14th-synthesis-imaging-workshop/archive/copy_of_AntennasReceivers.pdf

http://ok1teh.nagano.cz/eme_gal432.htm



Purcell horn: HI (1951)

Crawford Hill horn reflector: CMB (1965)



VLA



GBT feeds



YAGI

Typy parabolických reflektorů

GMRT



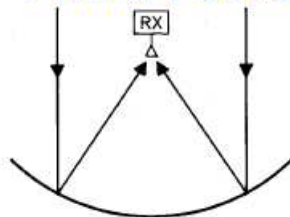
VLA,
ALMA



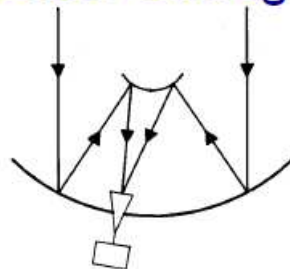
SMA



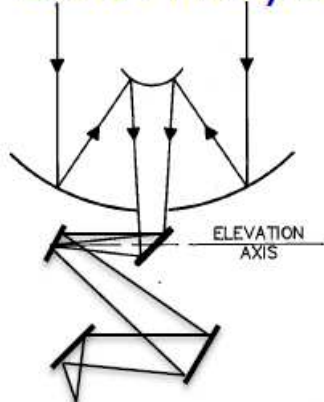
Prime Focus



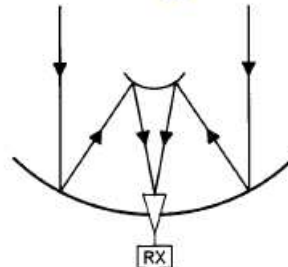
Offset Cassegrain



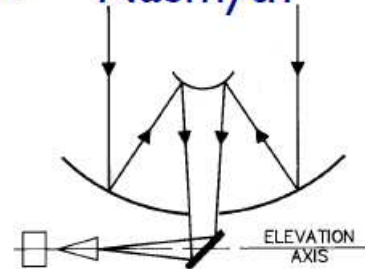
Bent Nasmyth



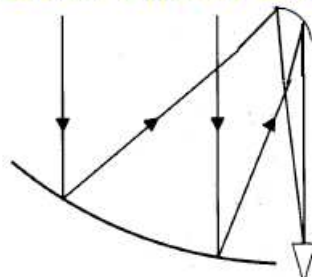
On-axis
Cassegrain (best for array receivers)



Nasmyth



Dual offset Gregorian



ATCA,
Mopra



CARMA,
CSO



GBT

Typ offset - nejméně šumu z bočních laloků
- problém s výrobou (různá žebra)

Zdroj obrázků:

https://science.nrao.edu/science/meetings/2014/14th-synthesis-imaging-workshop/archive/copy_of_AntennasReceivers.pdf

offset dish – projekt SKA



Zdroj obrázku:

<https://www.icrar.org/west-australian-innovation-could-save-ska-millions>

offset dish – projekt SKA



Zdroj obrázku:

<https://newsletter.skatelescope.org/enews-august2018-dish-report>

offset dish – projekt SETI - ATA



Zdroj obrázku:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Allen_Telescope_Array_-_Flickr_-_brewbooks_\(5\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Allen_Telescope_Array_-_Flickr_-_brewbooks_(5).jpg)

offset dish – projekt SETI - ATA



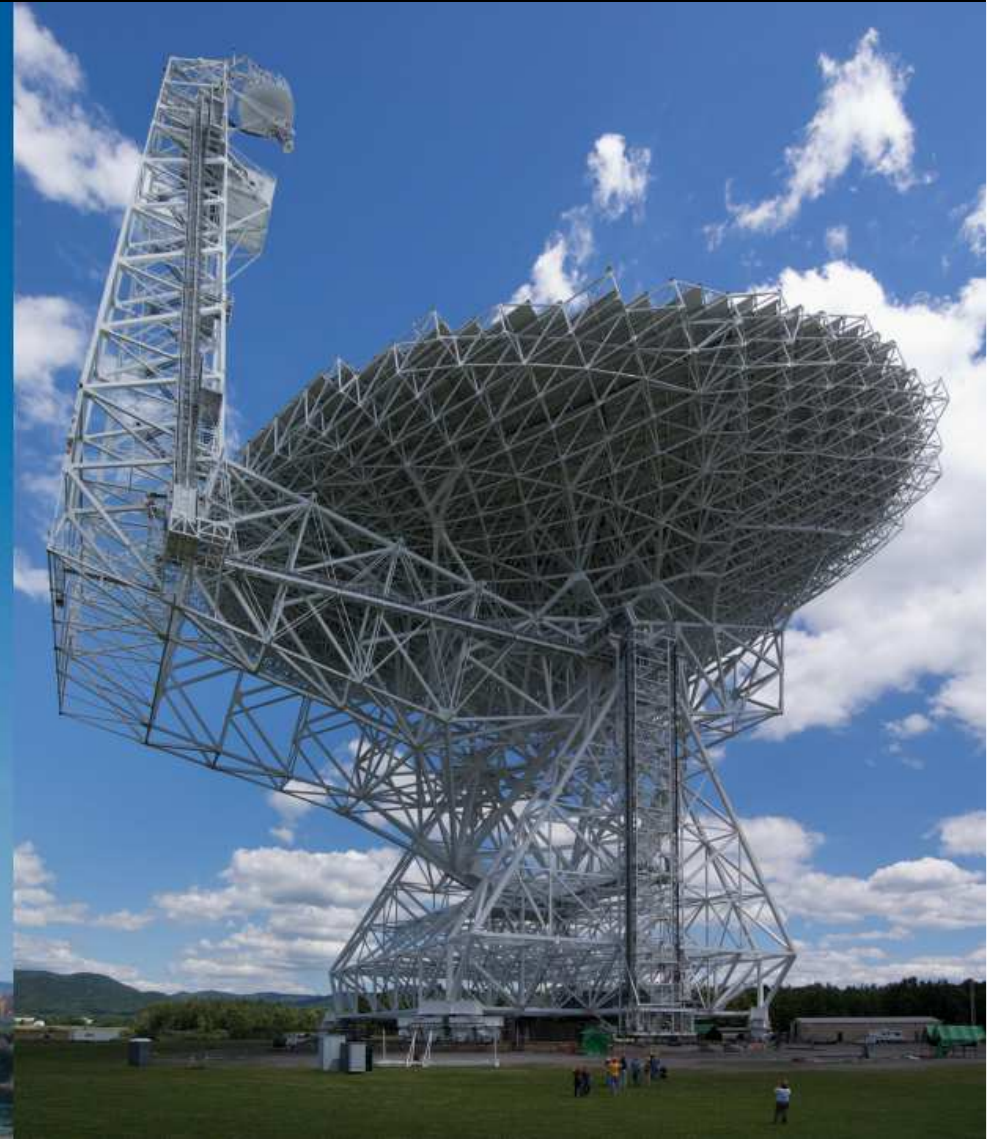
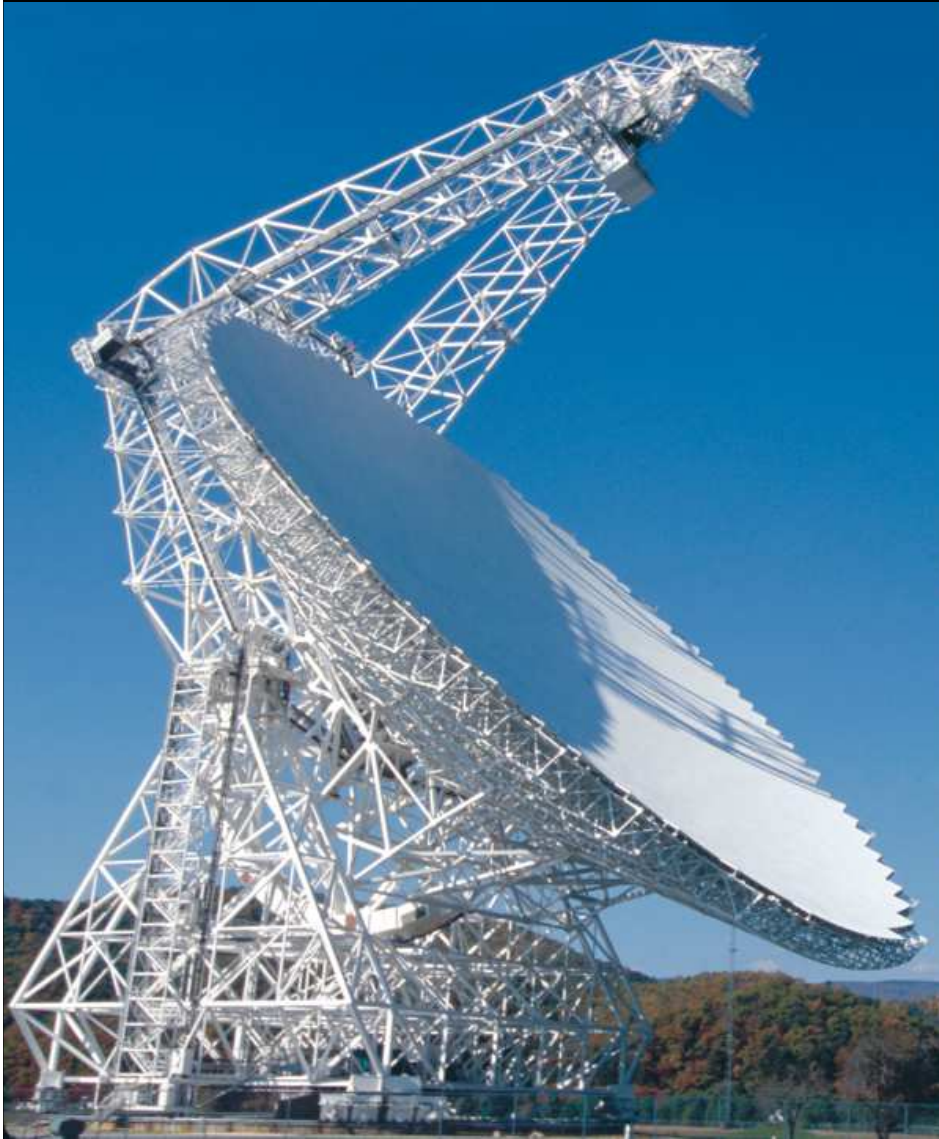
Zdroj obrazku:
<http://inspirehep.net/record/879598/plots>

offset dish – 7,3m OE5JFL

https://www.gsl.net/oe5jfl/hb_offset_jfl.pdf

[illegible]

offset dish – Green Bank (100m)



2004 aktivních panelů – maximální odchylka $50 \mu\text{m}$, provozní frekvence 0,1 – 110 GHz

Zdroj obrázků:

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Green_Bank_Telescope

Duální ozařovače u EME stanic

Statické



VK3UM, PI9CAM (70/23cm)

Posuvné



G4HUP (23/13cm)

Rotační



HB0/DF1SR
(23/13cm)

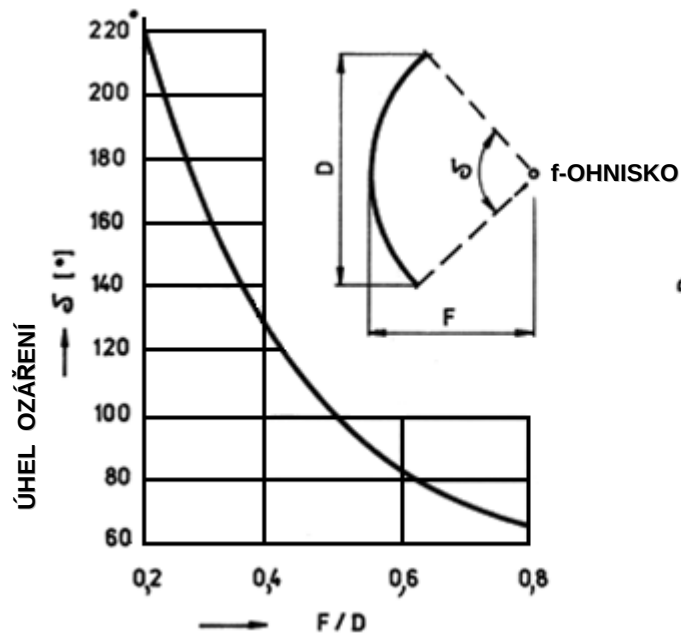
Zdroje obrázků:

<http://www.vk3um.com/VK3UM%20Dual%20Feed.html>

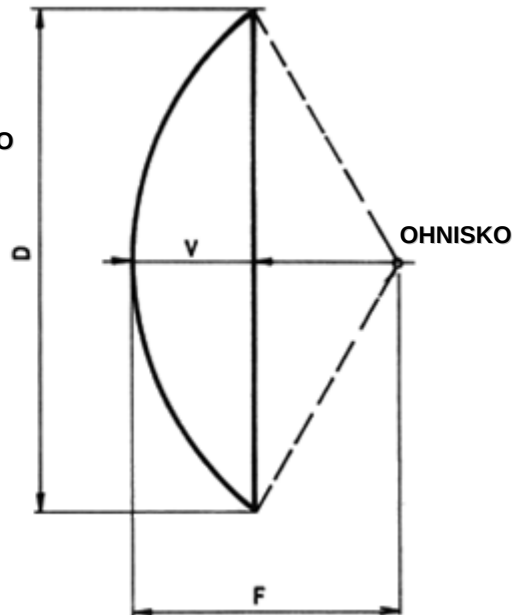
<https://www.qsl.net/dl4mup/eme/emehistory.html>

<http://moonbouncers.org/Orebro2017/DL6SH%20EME-activity%20Liechtenstein.pdf>

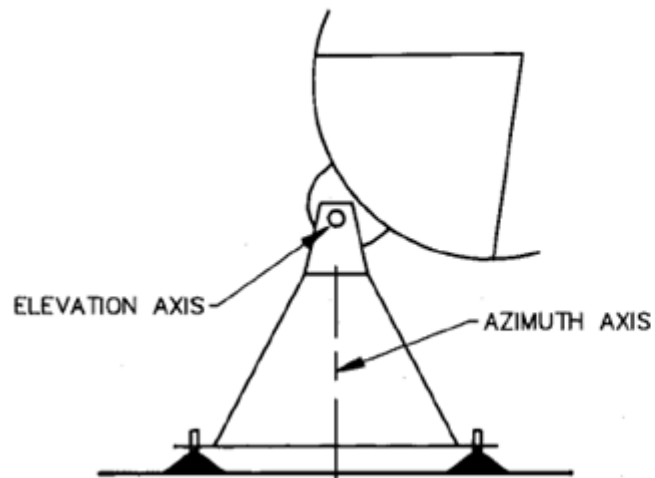
Výpočty pro středovou parabolu



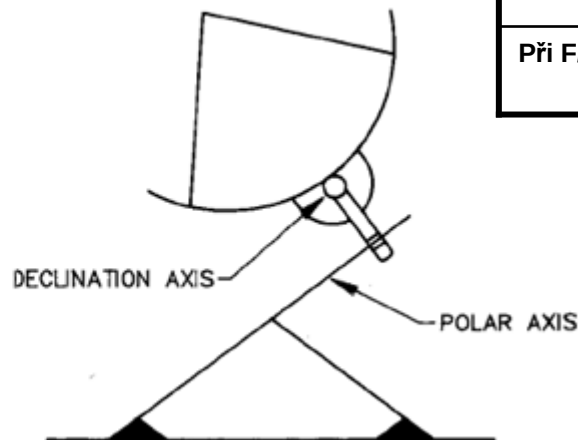
Závislost úhlu ozáření parabolického reflektoru na F/D



azimutální montáž



polární montáž

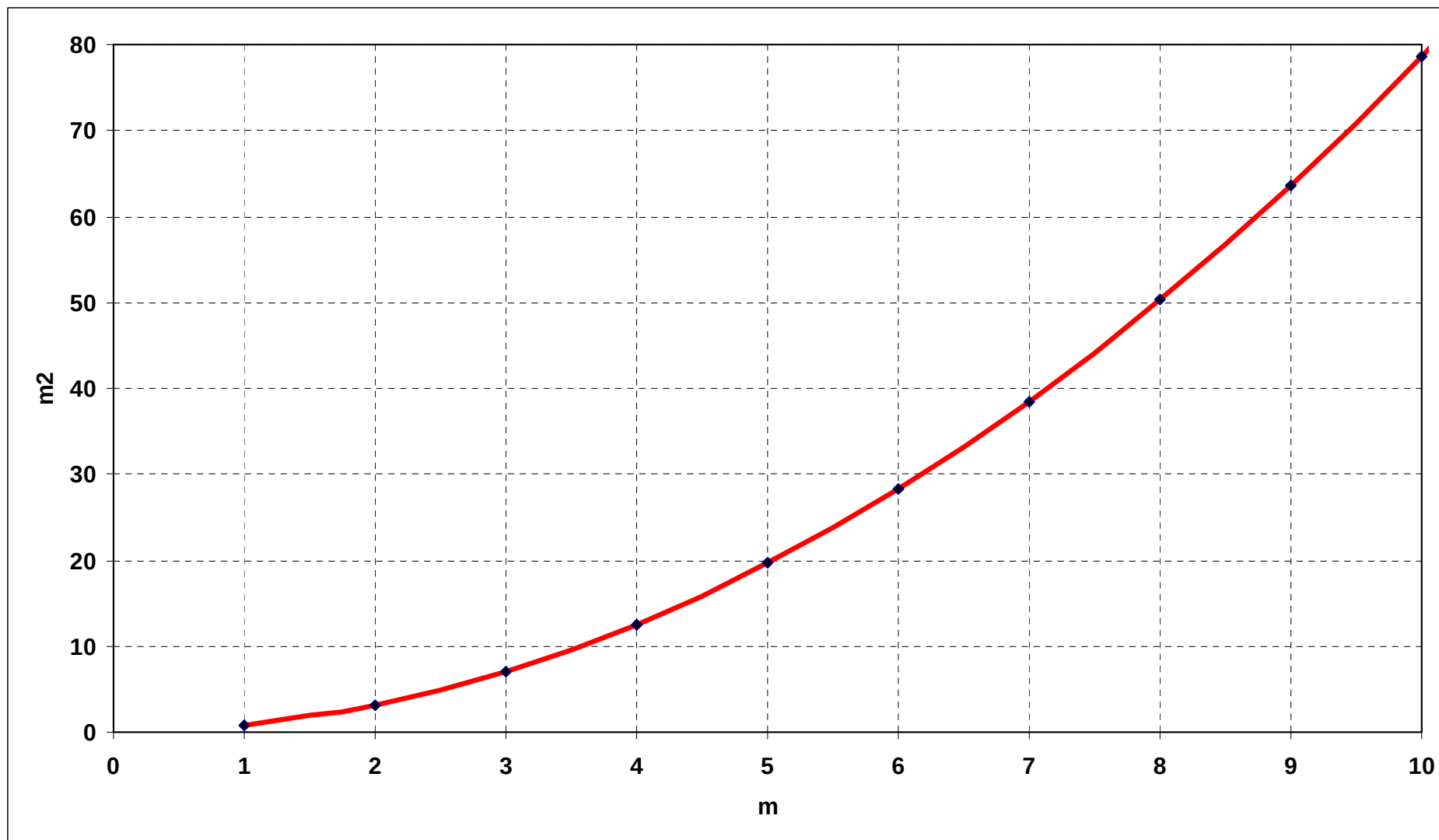


Vzdálenost ohniska	$F = D^2 / 16 v$
Šířka hlavního laloku (-3dB)	$\alpha = 70 (\lambda / D)$
Úhel ozáření paraboly	$\varphi = 2 \arctg (1 / (4F/D))$
Zisk [dB] $G_{dBd} = G_i - 2,15$	$G_i = 10 \log [0,59 (\pi D / \lambda)^2]$ nebo $G_i = 17,82 + 20 \log D + 20 \log f$
Plocha parabolické antény	$S = \int_0^{2\pi} \int_0^v dS =$ $S = \frac{\pi r}{6v^2} [(r^2 + 4v^2)^{3/2} - r^3]$
Plocha kruhu	$S_o = \pi D^2 / 4$
Při $F/D = 0,5$	$S_o \approx \pm S_{\text{paraboloidu}}$

More at:

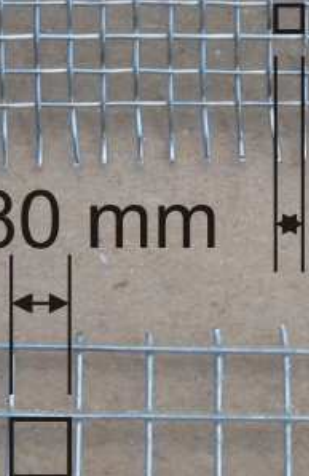
<http://www.w1ghz.org/antbook/contents.htm>

Plocha paraboly a odpor větru



Plocha paraboly a odpor větru

2,80 mm
6,10 mm



otvory v pletivu by neměly
být větší než $0,1 \lambda$

Plocha paraboly a odpor větru



SM4IVE 13m parabola
<http://www.sm4ive.com/dish.htm>

Výpočet síly odporu větru

Síla větru = povrch paraboly x konstanta x stagnační tlak

3m SOLD DISH

Průměr povrchu	3 m
Plocha povrchu	7 m ²
Odpor povrchu proti větru 2/3	4,71238898
Rychlost větru	150 km/h
Rychlost větru v m/s	41,67 m/s
Hustota vzduchu -25C at 101,325kPa	1,2922 kg/m ³
The stagnation pressure	1121,70 N/m ²
konstanta	2
Windload for solid surface	10,6 kN

$$P_{\text{stagnation}} = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Stagnační tlak = 0,5 * 1,2992 * (41,67)² = **1121,7**

Celkový odpor paraboly ve větru:

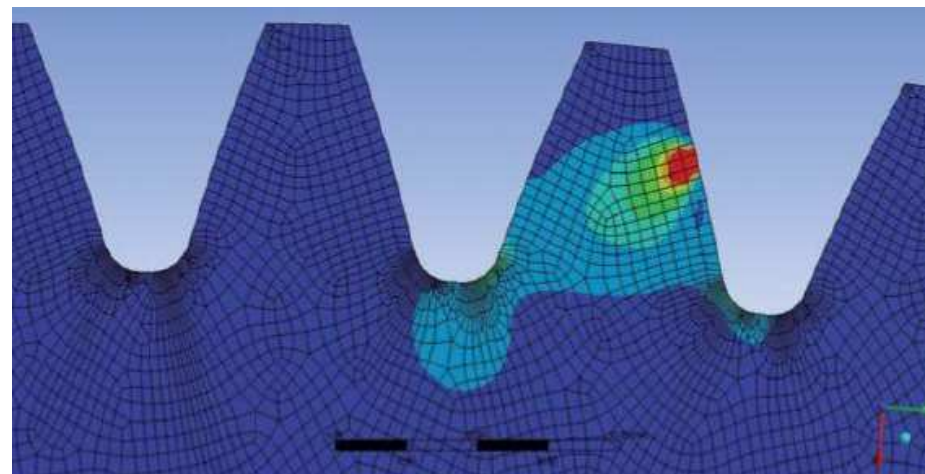
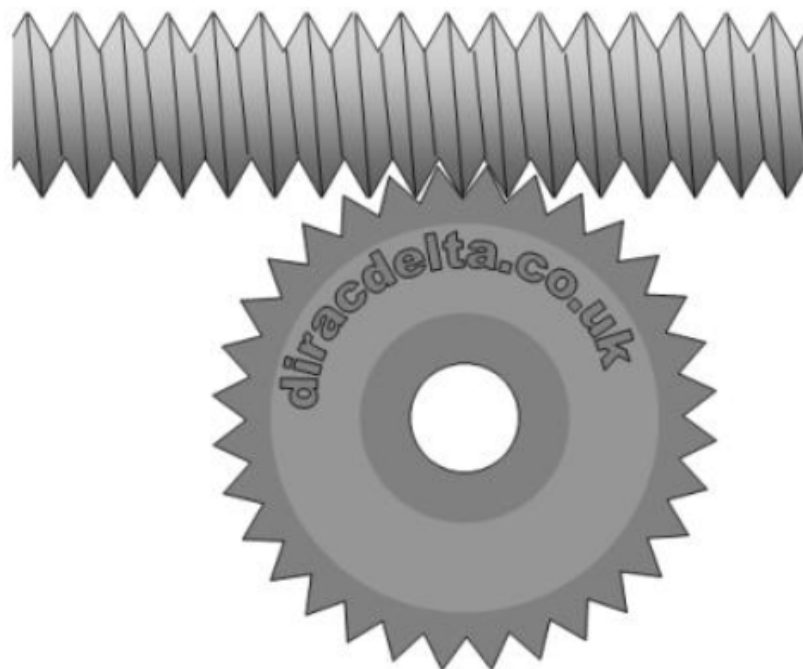
(4,71238898 * 2 * 1121,7) / 1000 = **10,57 kN**

Temperature T (°C)	Density of air ρ (kg/m ³)
35	1.1455
30	1.1644
25	1.1839
20	1.2041
15	1.2250
10	1.2466
5	1.2690
0	1.2922
-5	1.3163
-10	1.3413
-15	1.3673
-20	1.3943
-25	1.4224

Zdroj:
<https://en.wikipedia.org>

150 km/h [D]	s m ²	force [kN]
1	1	1,2
2	3	4,7
3	7	10,6
4	13	18,8
5	20	29,3
6	28	28,1
7	38	57,4
8	50	75,0
9	64	95,0
10	79	117,2
11	95	141,9
12	113	168,8
13	133	198,1
14	154	229,8
15	177	263,8
16	201	300,1
17	227	299,0
18	254	379,9
19	284	423,2
20	314	469,0
21	346	517,0
22	380	567,5
23	415	620,2
24	452	675,3
25	491	732,8
100	7853,98	11724,3

Volba převodovky – běžné řešení



Zdroj obrázků - prezentace DL1YMK:

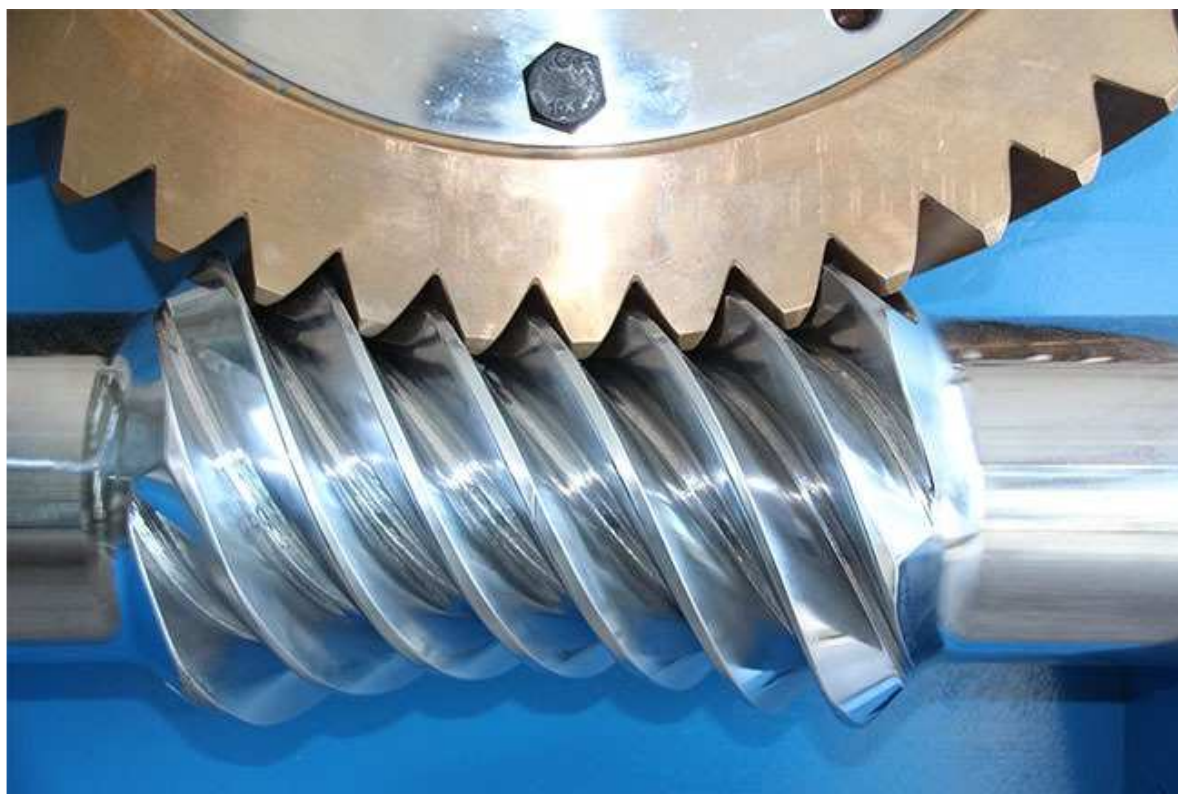
<http://moonbouncers.org/A%20semi%20professional.pdf>

Vliv příliš velké vůle montáže paraboly vs. hlavní lalok antény

$$\alpha (^{\circ}) = 70 (\lambda / D)$$

dish main lobe for -3dB	432	1296	2320	3400	8400	10368	24048	47048	76000	MHz
10	4,86	1,62	0,91	0,62	0,25	0,20	0,09	0,04	0,03	deg
3	16,20	5,40	3,02	2,06	0,83	0,68	0,29	0,15	0,09	
2,4	20,25	6,75	3,77	2,57	1,04	0,84	0,36	0,19	0,12	
1,8	27,01	9,00	5,03	3,43	1,39	1,13	0,49	0,25	0,15	

Volba převodovky – Hourglass



Výrobci (např.):

Sunslew <https://www.sunslew.com>

H-fang <https://en.h-fang.com.cn>

Zdroje obrázků:

<http://ntc8191.co.kr/products/plana-worm-reducer/>

<http://moonbouncers.org/onewebmedia/DL1YMK%20EME2017.ppt>



**DL1YMK 3m parabola
12" pro AZ, 9" pro EL**

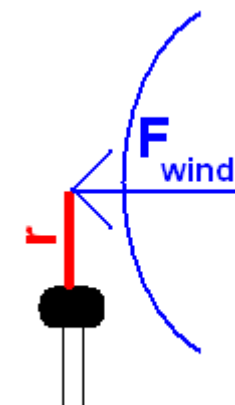
Volba převodovky – volba konkrétního typu převodovky Hourglass

FOR AZ	ZE12"	DL1YMK	ON7UN			
	TYPE	ZE12	WEA12-79-25H-R	PE12A	PE14A	PE17A
	WEB/COMPANY	US	DRE Engineering	HFANG	HFANG	HFANG
silá zateze	Axial load - Static:	475 kN	725 kN	475 kN	555 kN	970 kN
	Axial load - Dynamic:			114 kN	133 kN	235 kN
bocní síla	Radial load - Static:	222 kN	270 kN	190 kN	222 kN	390 kN
	Radial load - Dynamic:			100 kN	117 kN	205 kN
(moment=rameno x F)	Tilting moment torque:	55 kNm	54,3 kNm	54,3 kNm	67,8 kNm	135,6 kNm
	Holding torque	43 kNm	43 kNm	43 kNm	48 kNm	72,3 kNm
	Output torque:	6240 Nm	9500 Nm	7500 Nm	8000 Nm	10 000 Nm
	Ration of Worm gear		79/1	78/1	85/1	102/1
	Weight:	61 kg		61	64	105
	Claimed backlash deg		0,15	0,05 - 0,07	0,05 - 0,09	0,05 - 0,09
	Real backlash					
	Motor	24VDC/150				
	Motor /	422/1				

odporu větru pro
3m parabolu
= ~**10,6 kN**

odporu větru pro
10m parabolu
= ~ **117,2 kN**

FOR EL	ZVE9"	ZE9/ZVE9	ZE9"	PE9	PE12
	TYPE		SDLC9C-61B	PE9A	PE12A
	WEB		sunslew.com	h-fang.com.cn	h-fang.com.cn
silá zateze	Axial load - Static:		338kN	338 kN	475 kN
	Axial load - Dynamic:			81 kN	114 kN
bocní síla	Radial load - Static:		135kN	135 kN	190 kN
	Radial load - Dynamic:			71 kN	100 kN
(moment=rameno x F)	Tilting moment torque:		33,9 kNm	33,9 kNm	54,3 kNm
	Holding torque		38,7 kNm	38,7 kNm	43,0 kNm
	Output torque:	4880 Nm	6500 Nm	6500 Nm	7500 Nm
	Ration of Worm gear	78/1	61/1	61/1	78/1
	Weight:		48,7	48	61
	Claimed backlash		0,09deg	0,07 - 0,09	0,05 - 0,07
	Real backlash		0,3deg		
	Motor		24H500200		
	WEB		sunslew.com		
	Motor /				



Moment síly = $r \times F$

73

děkuji za pozornost