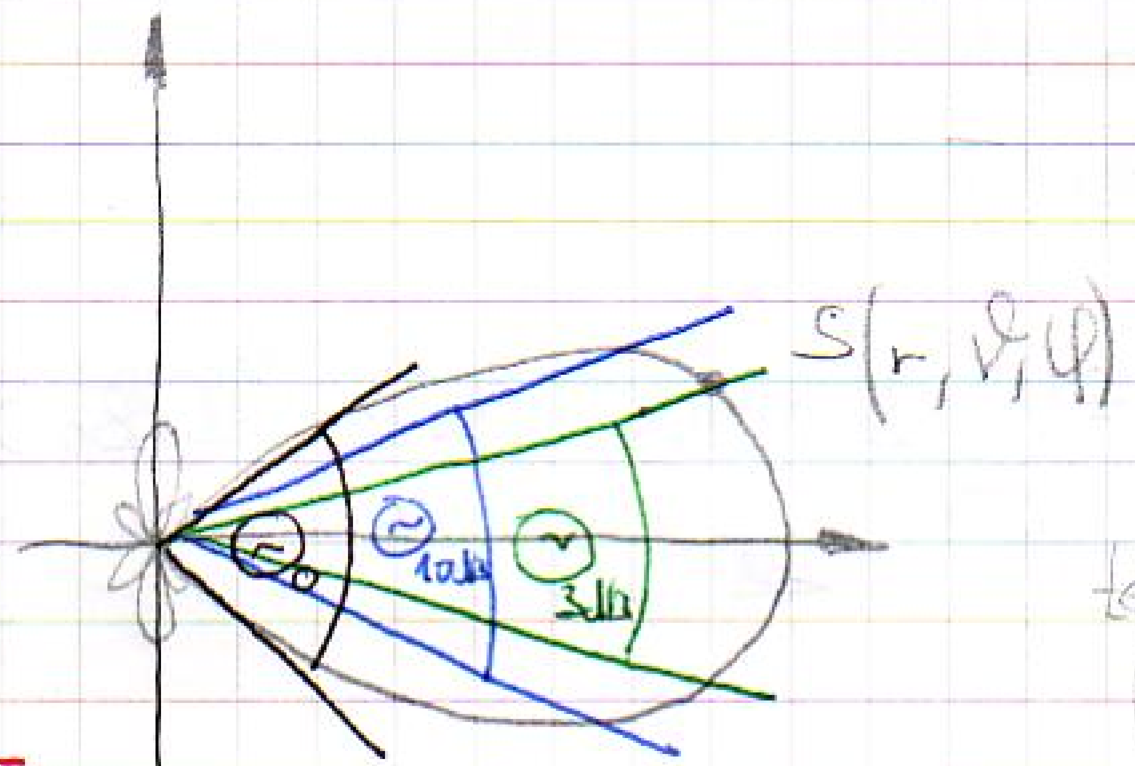
2007.10.15 hétfő

V. Gyakorlat (6.hét)

Rádiós összeköttetések

(antenna iránykarakterisztika / szabadtéri terjedés / felületi terjedés)

iránykarakter.. súlyozó fv.



teljesítés iránykarakterisztika
(normalizált, max értéke 1.)

$$\left[S(r,\vartheta,\varphi) = \frac{U_0^2(\vartheta,\varphi)}{240\pi r^2} = S_{max}(r) \cdot P(\vartheta,\varphi) \right]$$

főirányban kisugárzott
max telj. sűrűség

$$\left[F(\vartheta,\varphi) = \sqrt{P(\vartheta,\varphi)} \right]$$

normalizált
feszültség iránykarakt.

További jellemzők

$\sim_{10dB}$: S_{max} 10dB-es csillapításának ~-ja

$\sim_{3dB}$: –"– 3dB-es –"–

$\sim_0$: S_{max} ∞ csillapítás

antennanyereség $\left[G = \frac{S_{max}}{S_0} \quad \text{, ahol } S_0 = \frac{P_{be}}{4\pi r^2} \right]$ → bemenő [f függő is lehet ⊗]

ahol S_0 azonosan telj.-ű izotróp antenna által létrehozott telj. sűrűség

izotróp antenna : minden irányban azonosan sugároz t: transmitted   R: received

iránhatás $\boxed{D = \frac{S_{max}}{S_0}}$, ahol $S_0 = \frac{P_t}{4\pi r^2}$ → kisugárzott

antenna hatásfoka $\boxed{\eta = \frac{G}{D}} \left(= \frac{P_t}{P_{be}}\right)$

Z_{be} bemeneti impedanciájú vevőantennától P_R hatásos teljesítményt vehetünk ki

hatásos felület $\boxed{A_h = \frac{P_R}{S}}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\frac{G}{A_h} = \frac{4\pi}{\lambda^2}}$

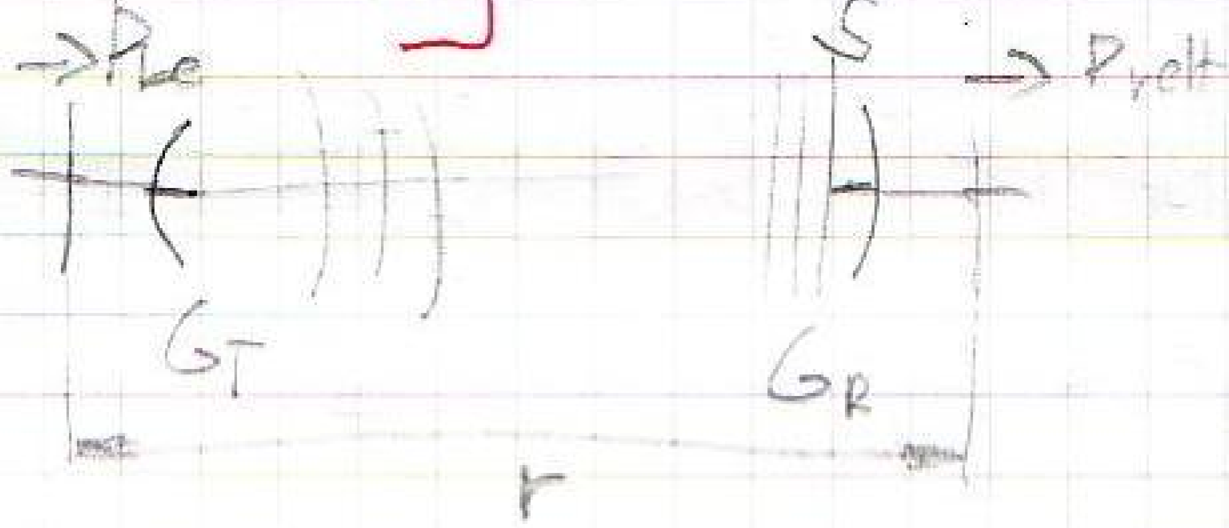
Szabadtéri terjedés:

szakaszcsillapítás $a_{sz} = \frac{P_{be}}{P_{vett}}$

$$a_{sz}^{[dB]} = 10\lg\frac{P_{be}}{P_{vett}}$$

$$\boxed{S = G_T \cdot \frac{P_{be}}{4\pi \cdot r^2}}$$

vevőantenna helyén a telj. sűrűség



$P_{vett} = S \cdot A_h$, $A_h = G_R \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$

$a_{sz} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \frac{1}{G_T G_R}$ $a_{sz}^{[dB]} = 20\lg\frac{4\pi r}{\lambda} - G_T^{[dB]} - G_R^{[dB]}$

$E_0 = \frac{\sqrt{Z_{lev} \cdot P_{be} \cdot G_T}}{r}$ szabadtéri [illegible] térerősség

$Z_{lev} = 60\Omega$

$\left[Z_0 = 120\pi\,\Omega \text{ (vákuum)}\right]$

$\left[Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\right]$

kétutas terjedés

$a_{sz} = \frac{P_{be}}{P_{vett}}$ $\qquad a_{sz}^{[dB]} = 10\lg\frac{P_{be}}{P_{vett}}$

$h_R \approx$ (csillapítás) + fázisforgatás
$\Downarrow$
≈ 0

$$E_R = E_0 + E_v$$

$$E_R = E_0 + \Gamma_f \cdot E_0 \cdot e^{-j2\pi\frac{\Delta}{\lambda}}$$

talaj / föld reflexiós tényező

$$\Delta = \sqrt{(h_T + h_R)^2 + r^2} - \sqrt{(h_T - h_R)^2 + r^2}$$

$$\Delta = \frac{2h_T \cdot h_R}{r}$$ úthosszkülönbség

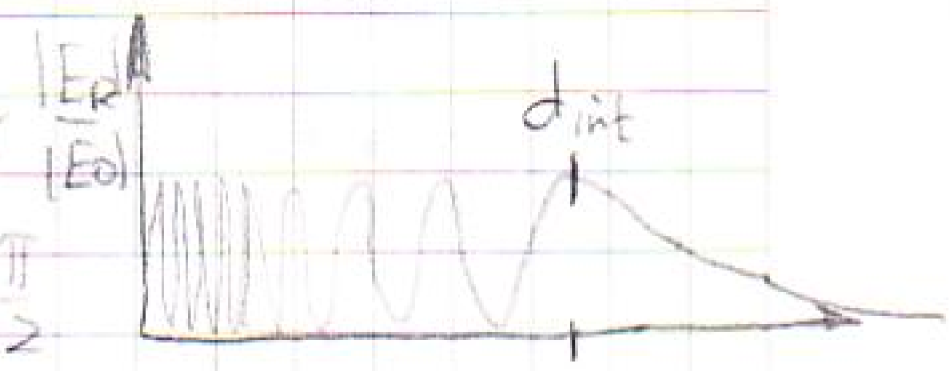
$$\Gamma_f = -1$$

$$E_R = E_0\left(1 - e^{-j2\pi\frac{\Delta}{\lambda}}\right) = E_0\left(1 - e^{j\left(\frac{4\pi h_T h_R}{r\lambda}\right)}\right)$$

$$|E_R| = 2j\,|E_0| \cdot \left|e^{-j\left(\pi\frac{\Delta}{\lambda}\right)}\right| \cdot \left|\frac{e^{j\pi\frac{\Delta}{\lambda}} - e^{-j\pi\frac{\Delta}{\lambda}}}{2j}\right|$$

$$|E_R| = 2 \cdot |E_0| \left|\sin\left(\pi \frac{2h_T h_R}{r\lambda}\right)\right| \Rightarrow$$ kioltás: $k\pi$

teljes erősítés: $k\pi + \frac{\pi}{2}$



$$\frac{2\pi h_T h_R}{r\lambda} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow d_{int} = r = \frac{4h_T h_R}{\lambda}$$

interferencia távolság

$$a_{sz\ kétutas} = a_{sz\ egyutas} \cdot \frac{|E_0|^2}{|E_R|^2}$$

ha $d_{int} << r \Rightarrow \sin x = x \Rightarrow$

$$a_{kétutas} = \left(\frac{r^2}{h_T \cdot h_R}\right)^2 \frac{1}{G_T G_R}$$ (távol a T-től) [r nagy]

példa (1)

$r = 10\,km$ $\quad h_T = 20\,m$ $\quad$ akkor növeljük, akkor csökkentjük a h_R-t

$f =$ $\quad h_R = 10\,m$ $\quad$ a teljesítményünk csökken

$G_T = G_R = 10\,dB$ $\quad$ [=> teljes erősítés]

a) üzemi hullámhossz? $\lambda = ?$

b) $a_{sz} = ?$

a) teljes erősítés: $E_R = 2 \cdot |E_0| \cdot \left| \sin\left(\pi \frac{2 h_T h_R}{r \cdot \lambda}\right) \right|$ $\quad$ ha $\frac{2\pi h_T h_R}{\lambda r} = \frac{\pi}{2} + k\pi$

$$k = 0 \Rightarrow \underline{\underline{\lambda}} = \frac{4 h_T h_R}{r} = \frac{4 \cdot 20\,m \cdot 10\,m}{10000\,m} = \underline{\underline{8\,cm}}$$

b) teljes erősítés $\Rightarrow E_R = 2E_0$

$$a_{sz\,kétutas} = a_{sz\,egyutas} \cdot \frac{|E_0|^2}{|E_R|^2} \quad = \frac{1}{4}$$

$\left[\cancel{a_{kétutas} = \left(\frac{r^2}{h_T \cdot h_R}\right)^2 \cdot \frac{1}{G_T G_R}} \right.$ nem használható mert $d_{int} \neq r$ $\left.\right]$

$$a_{sz\,kétutas} = a_{sz\,egyutas} \underbrace{-6\,dB}_{10\lg\frac{1}{4}}$$

$$a_{sz\,egyutas} = 20\lg\frac{4\pi r}{\lambda} - G_T - G_R \cong 104\,dB$$

$\Rightarrow \underline{\underline{a_{sz\,kétutas}}} = 104\,dB - 6\,dB = \underline{\underline{98\,dB}}$ (=> tehát csökkentette a teljes erősítés) példa(2)

$f = 450\,MHz$, $G_R = 3\,dB$

$r = 3\,km$-re az adótól

a vett jel telj-e 10 és 90 nW határok között mozog

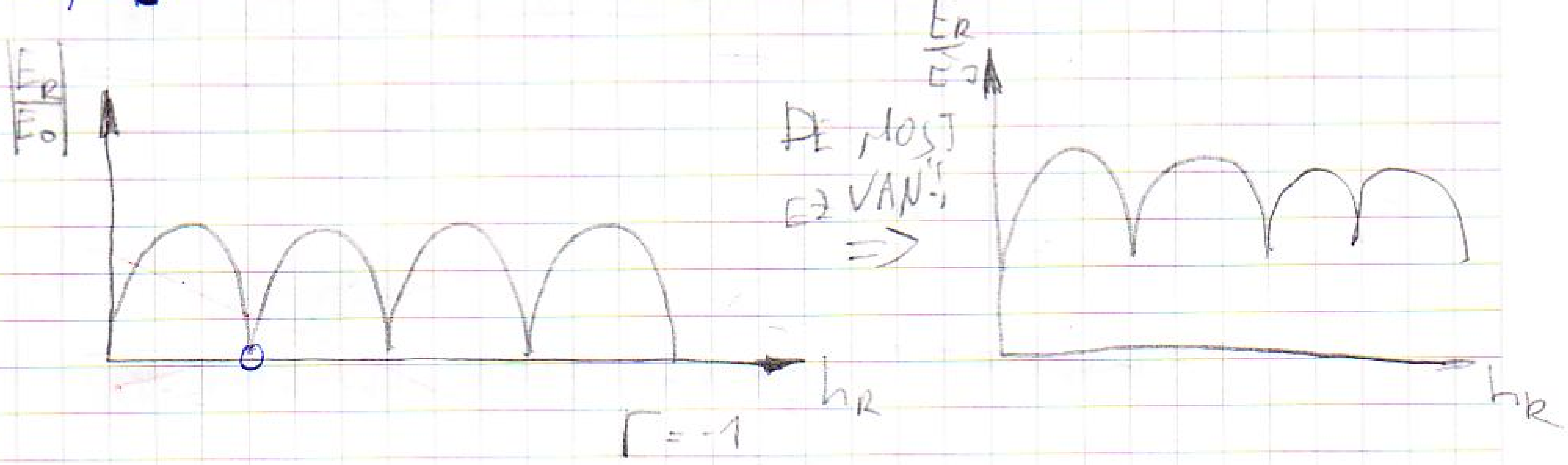
a vevő antenna magasságát változtatva 5 m-es periódusokban

a) Mi a jelessés magyarázata?

b) $h_T = ?$

c) $\Gamma_f = ?$

d) $E_0 = ?$



a) interferencia zónában vagyunk, h_R befolyásolja $\left|\frac{E_R}{E_0}\right|$-t, de Γ_f nem lehet -1, mert nincs teljes kioltás

b) $$\Delta = \frac{2 h_T \cdot h_R}{r}$$

$$\Delta + \lambda = 2 h_T (h_R + 5m) / r$$

$$\Rightarrow \lambda = (2 h_T \cdot 5m) / r \Rightarrow \underline{\underline{h_T}} = \frac{\lambda \cdot r}{10m} = \frac{c \cdot r}{f \cdot 10} = \underline{\underline{200m}}$$

c) $(1-\Gamma)^2 / (1+\Gamma)^2 = \dfrac{90\,nW}{10\,nW} = 9$ $\Rightarrow$ 2. fokú egyenlet

$\Rightarrow \underline{\Gamma} = \ldots = \underline{\underline{-0{,}5}}$ $\quad (|\Gamma| \leq 1)$

d) $E_0 = \dfrac{\sqrt{60 \cdot P_{be} \cdot G_T}}{r}$

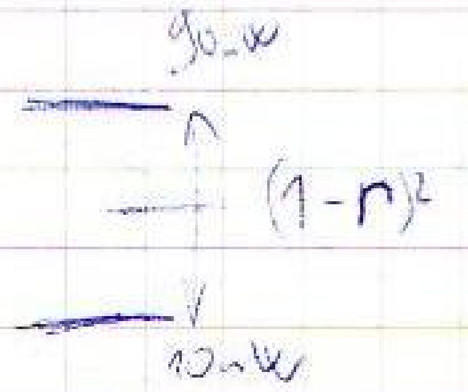
szabadtéri

$P_{be} = a_{sz} \cdot P_{vett} = \left(\dfrac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \dfrac{1}{G_T \cdot G_R} P_{vett}$

$E_0 = \dfrac{\sqrt{60 \left(\dfrac{4\pi \cancel{r}}{\lambda}\right)^2 \cdot \dfrac{1}{G_R} \cdot P_{vett}}}{\cancel{r}}$

$E_0 = \dfrac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\dfrac{60}{G_R} \cdot P_{vett}}$

$P_{vett} = \dfrac{\overset{sz.t.}{90\,nW}}{2{,}25}$



$(1-(-0{,}5))^2$

$\underline{\underline{E_0 = 20{,}65 \dfrac{mV}{m}}}$

$E_{max} = 30{,}97 \dfrac{mV}{m}$

$E_{min} = 10{,}32 \dfrac{mV}{m}$

példa (3)

$f = 12\,GHz \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot 10^8}{12\cdot 10^9} = 2{,}5\cdot 10^{-2}\,m$

$d_{antenna} = 1{,}1\,m$

a) mekkora a G?

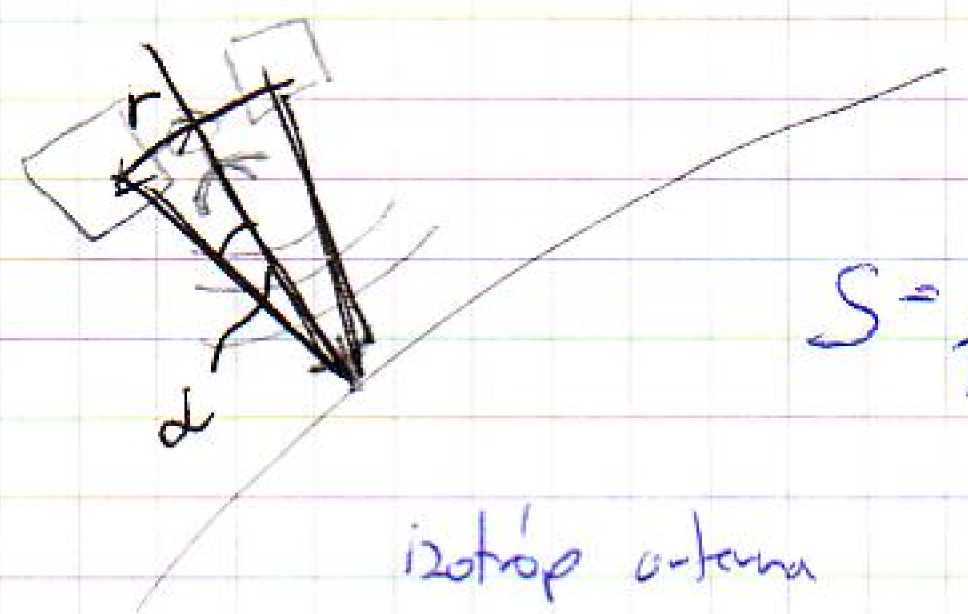
b) milyen pontosság kell egy műhold kapcsolathoz?

a) $G = A_h \frac{4\pi}{\lambda^2}$

ha $d_{ant} \gg \lambda \Rightarrow A_h \cong A_{geom} = \pi \frac{d_{ant}^2}{4} \cong 1\,m^2$

$\underline{\underline{G_{ant}}} = 2\cdot 10^4 = \underline{\underline{43\,dB}}$

b)



$S = \frac{P_{adó}}{\pi r^2 \sin^2\alpha} \overset{\alpha\ kicsi}{=} \frac{P_{adó}}{\pi r^2 \alpha^2}$

izotróp antenna

$S_0 = \frac{P_{adó}}{4\pi r^2}$

$G = \frac{S}{S_0} = \frac{4}{\alpha^2} \Rightarrow \alpha = 0{,}81°$

$\underline{\underline{2\alpha = 1{,}6°}}$-os pontosság

c) Mekkora a G_{ant}, ha 2000 km átmérőjű körben fogjuk az adást

$\Rightarrow$ visszafele számolunk, de $\boxed{r\text{-t tudni kell! } r = 35786\,km}$

$\boxed{\alpha \text{ nem kicsi!!!}}$

$\sin\alpha = \frac{1000}{35786} \Rightarrow \underline{\underline{G_{ant} = 5122}}$ (37,1 dB)