



# VHF / UHF

## Bylgjuútbreiðsla og reikniforrit

---

Helstu eiginleikar bylgjuútbreiðslu á VHF- og UHF-sviði, ásamt aðferðafræði og hjálpartækjum við útreikninga.

Guðmundur Löve, TF3GL  
g@loeve.com

# Deyfing merkis og “link budget”



- Bylgjur berast í grunninn aðeins í beina línu, og deyfist með fjarlægð:

$$L_{FS} = -32,45 - 20 \log(F_{MHz}) - 20 \log(D_{km})$$

- En kerfið í heild samanstendur af mörgum hlutum (dæmi):

$P_{RX}$	=	$P_{TX}$	TX power	+47 dBm
		$+G_{TX}$	TX antenna gain	+9
		$-L_{TX}$	TX losses	-1
		$-L_{FS}$	Free space loss	-121
		$-L_{misc}$	Diffraction etc.	-22-11
		$-L_{RX}$	RX losses	-1
		$+G_{RX}$	RX antenna gain	+3
		=		-97 dBm

# Sjónlína – og hvernig hægt er að sjá fyrir horn



- Ef ekkert utanaðkomandi kæmi til, væri ekki hægt að eiga fjarskipti nema í radíó-sjónlínu, og yfir þá fjarlægð sem næmni viðtækisins leyfir

$$D_{km} \approx \sqrt{17h_m} \quad (\text{radio horizon is approx. } 4/3\text{x visual horizon})$$

eða um 41 km úr 100 m hæð og 130 km úr 1000 m hæð yfir umhverfinu (ef bæði sendir og móttakari eru “í hæð”, leggjast  $D_{km}$  tölur beggja saman)

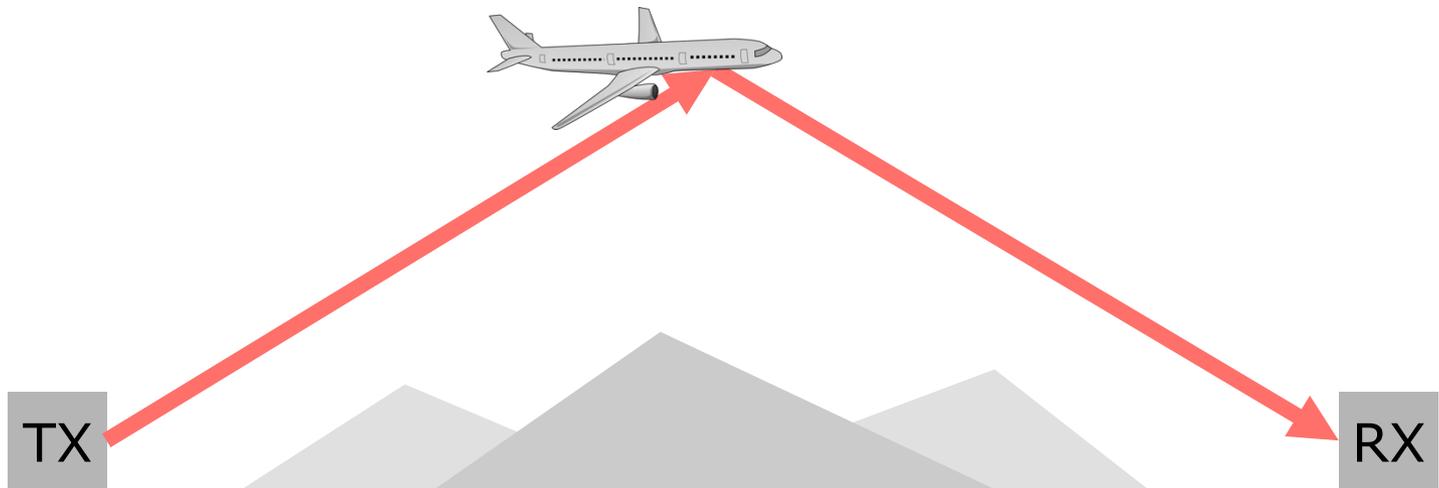
- Ýmis fyrirbæri gera okkur þó kleift að eiga samskipti yfir sjóndeildarhringinn og bak við fjöll, sem og í þéttbýli:
  - Speglun (reflection)
  - Svignun (refraction)
  - Brot (diffraction)
  - Dreifing (scattering)
- Þótt þau eigi það flest sameiginlegt að deyfa merkið, geta þau þó hjálpað til við að koma því á réttan stað – og sum geta jafnvel magnað merkið ef heppnin er með

# Fjarskipti utan sjónlínu



## ■ Speglun (reflection)

- Bylgjur speglast af fleti: *breyta um stefnu* (aðfallshorn = fráfallshorn)
- Flöturinn þarf að vera *stór og sléttur* miðað við bylgjulengd og horn
- Dæmi: Húsveggur, jörð, flugvél



# Fjarskipti utan sjónlínu



- Svignun (refraction)
  - Bylgjur *sveigja* af leið
  - Til þess að þetta gerist þurfa þær að ferðast um *mis-þétt/-þungt efni*
  - Dæmi: Svignun niður á við þegar heitt loft er ofan á köldu (temperature inversion, tropospheric ducting)

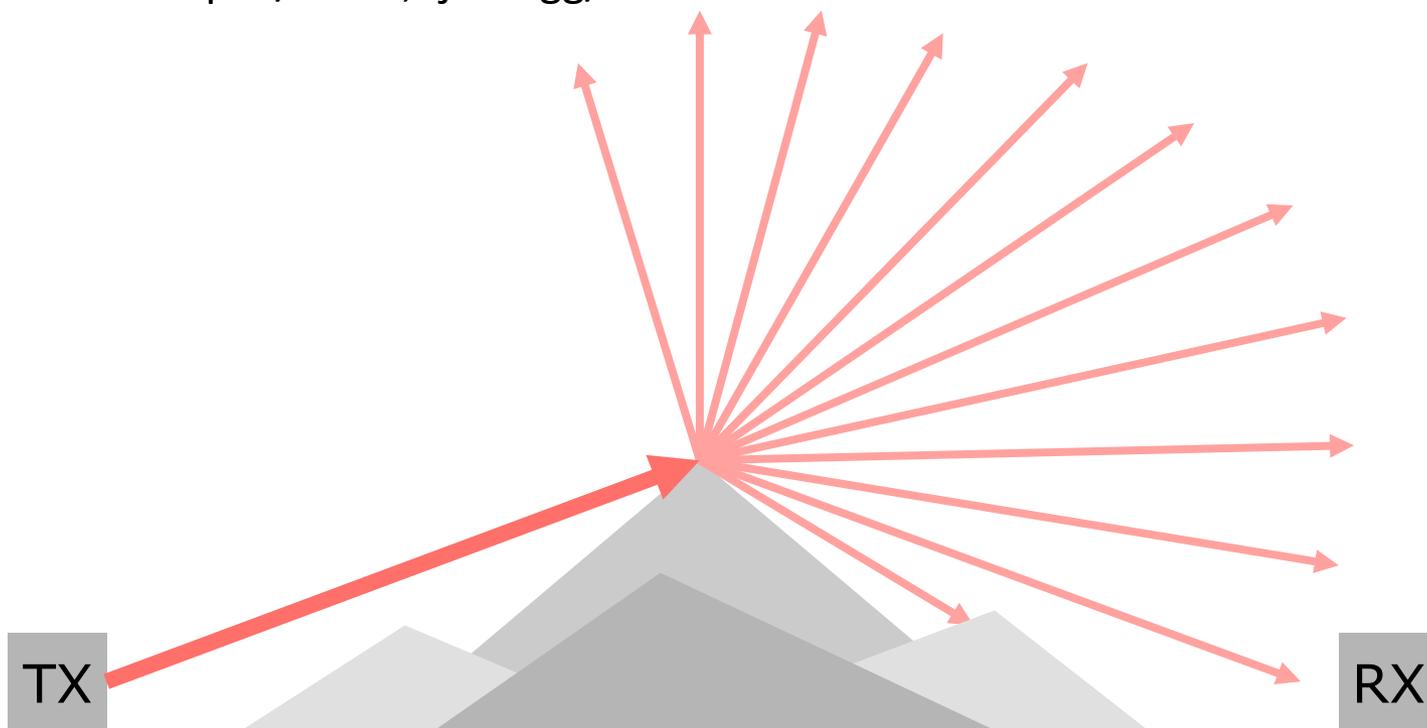


# Fjarskipti utan sjónlínu



## ■ Brot (diffraction)

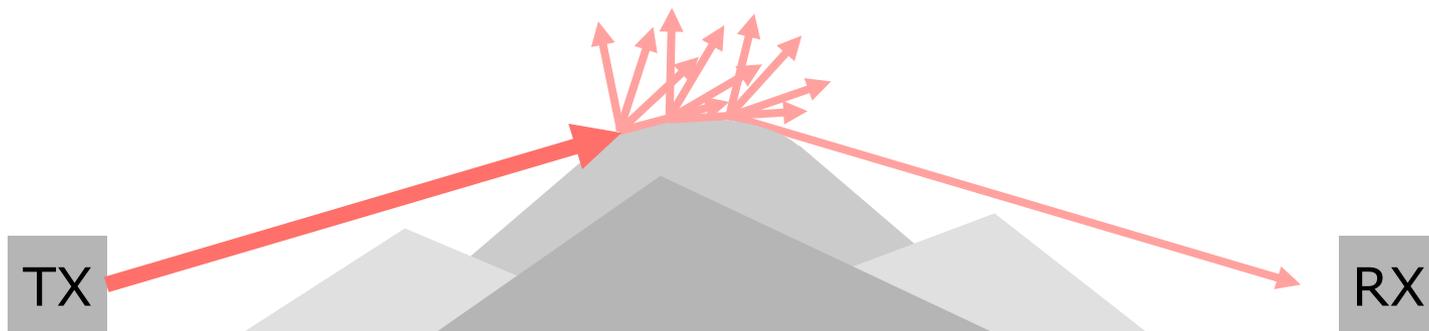
- Bylgjur *dreifast* af egg eða brún, en ferðast þó aðeins í “áfram-áttina”
- Brúnin þarf að vera *smágerð* (hvöss) miðað við bylgjulengd
- Dæmi: Húspak/-horn; fjallsegg/-hlíð



# Fjarskipti utan sjónlínu



- Brot (diffraction), framhald
  - Bylgjur dreifast áfram eftir yfirborði hlutar
  - Drægni fer eftir leiðni hlutarins
  - Dæmi: bunga jarðar, ávöl fjallshlíð, húspak
  - Slæmar fréttir fyrir bylgjubrot um annað en hvassa egg (miðað við bylgjulengd):  
ávöl fjallsegg  $1\lambda$  að breidd þýðir um 4 dB deyfingu;  $10\lambda$  þýðir 12 dB deyfingu;  
 $100\lambda$  þýðir 40 dB deyfingu;  $1000\lambda$  þýðir 130 dB deyfingu og merkið er dautt

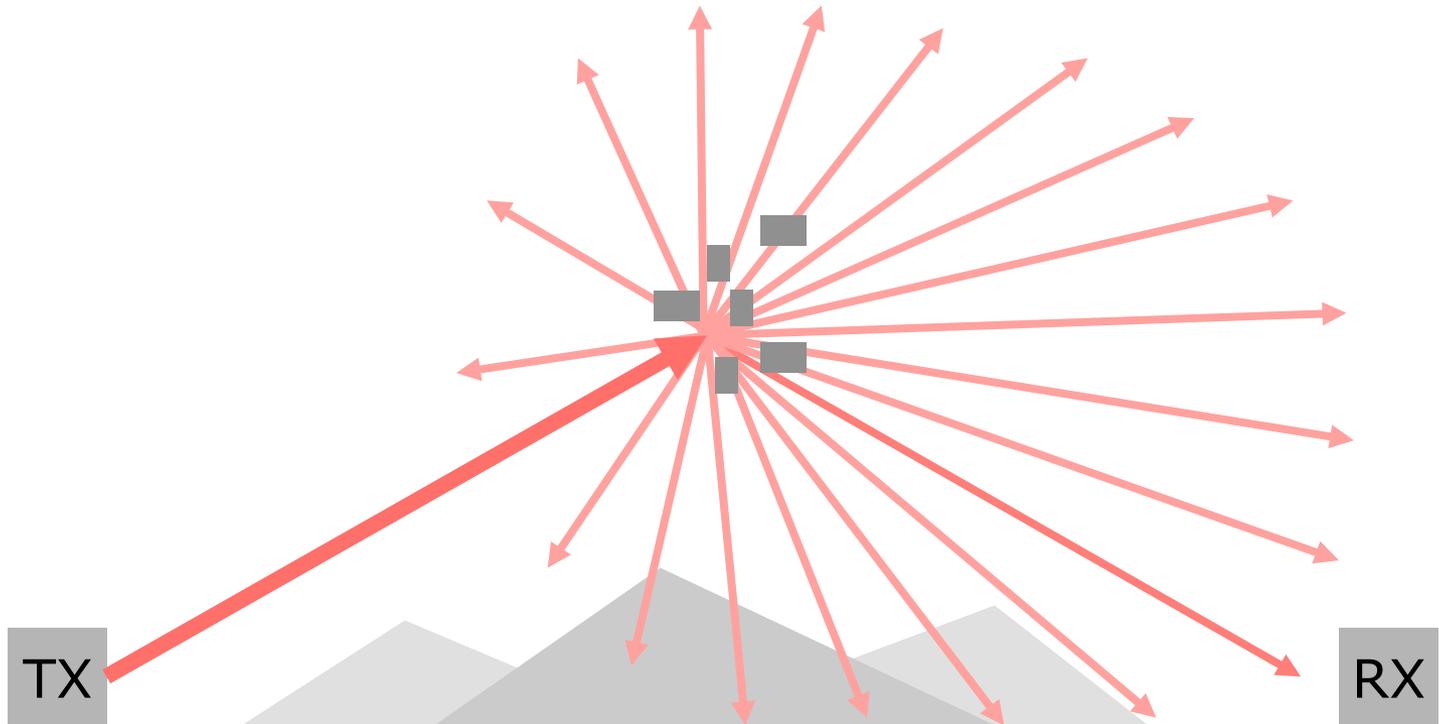


# Fjarskipti utan sjónlínu



## ■ Dreifing (scattering)

- Bylgjur *dreifast og speglast* í senn: ferðast í allar áttir
- Dreifing af ósléttum fleti eða hlutum, *jafnstórum eða minni* en bylgjulengd
- Dæmi: Fjallshlíð, venjulegt borgarlandslag, ryk, loft-iður, regndropar, flugvélar



# Fjarskipti utan sjónlínu

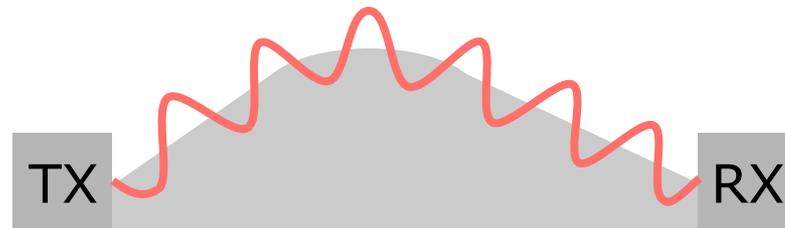


## ■ Jarðbylgja (ground wave)

- Bylgjur ferðast eftir yfirborði hlutar
- Drægni fer eftir leiðni hlutarins
- Dæmi: Sjálf jörðin, mannvirki
- Leiðni í venjulegri jörð er töluvert verri á VHF-UHF en á HF; hægt að meta mjög gróflega drægni með jöfnunni:

$$D_{km} = \frac{80}{\sqrt{f_{MHz}}}$$

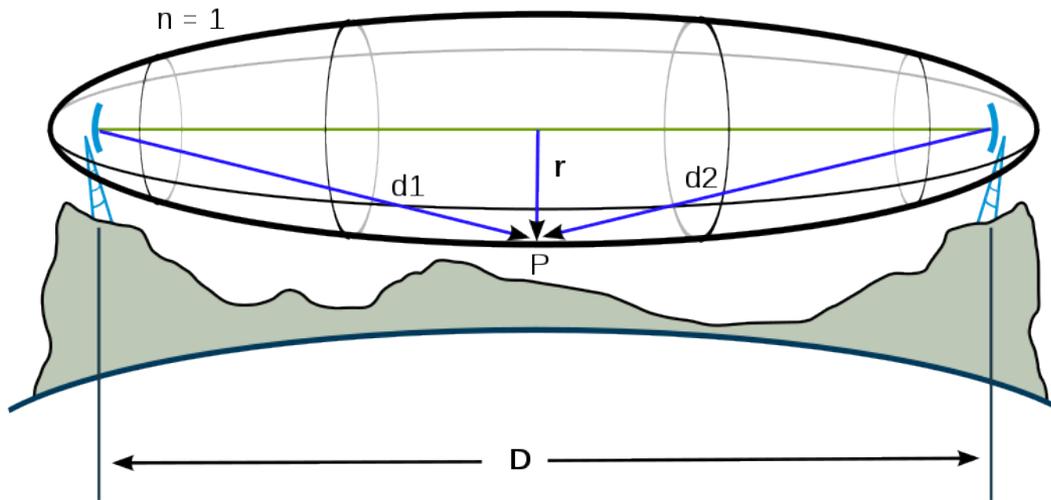
sem gefur um 7 km á VHF og 4 km á UHF (en um 40 km á 3637 kHz!)





# En allt er ekki tóm hamingja – “Fresnel zone”

- Svæði þar sem ferill speglaðrar bylgju er  $\frac{1}{2}\lambda$  lengri en beina leiðin (þ.e. fasamunur er hálfbylgja), sem veldur mis-mikilli deyfingu á merkinu
- Dæmi um Fresnel-fjarlægð á miðri leið:
  - 50 MHz      50 km leið:  $r = 274$  m      150 km leið:  $r = 474$  m
  - 145 MHz      50 km leið:  $r = 203$  m      150 km leið:  $r = 279$  m
  - 435 MHz      50 km leið:  $r = 131$  m      150 km leið:  $r = 161$  m
- Uppsafnaðar speglanir auka einnig truflanir (noise floor), sem minnka SNR

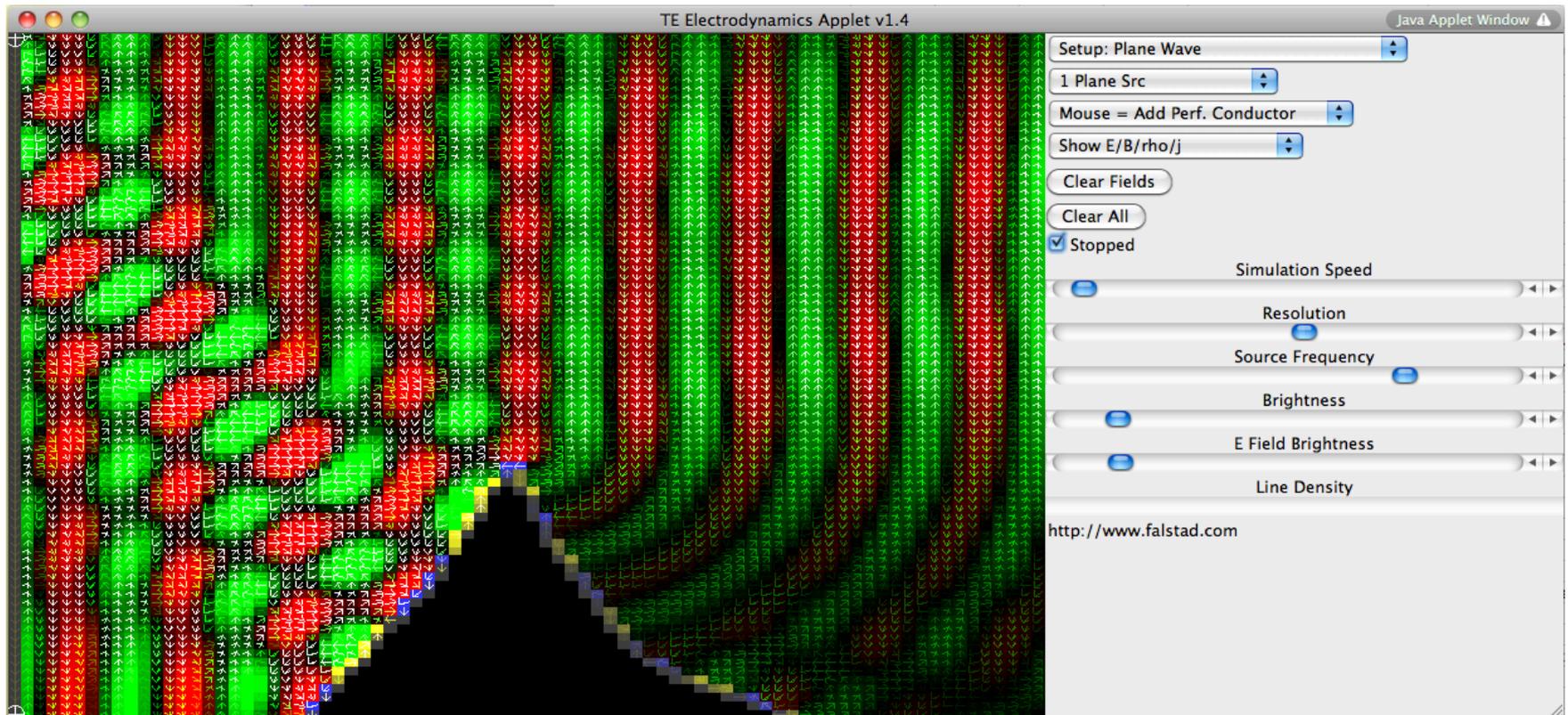


$$r = \frac{1}{2} \times \sqrt{D \times \lambda}$$

# Bylgjuhegðun: falstad.com



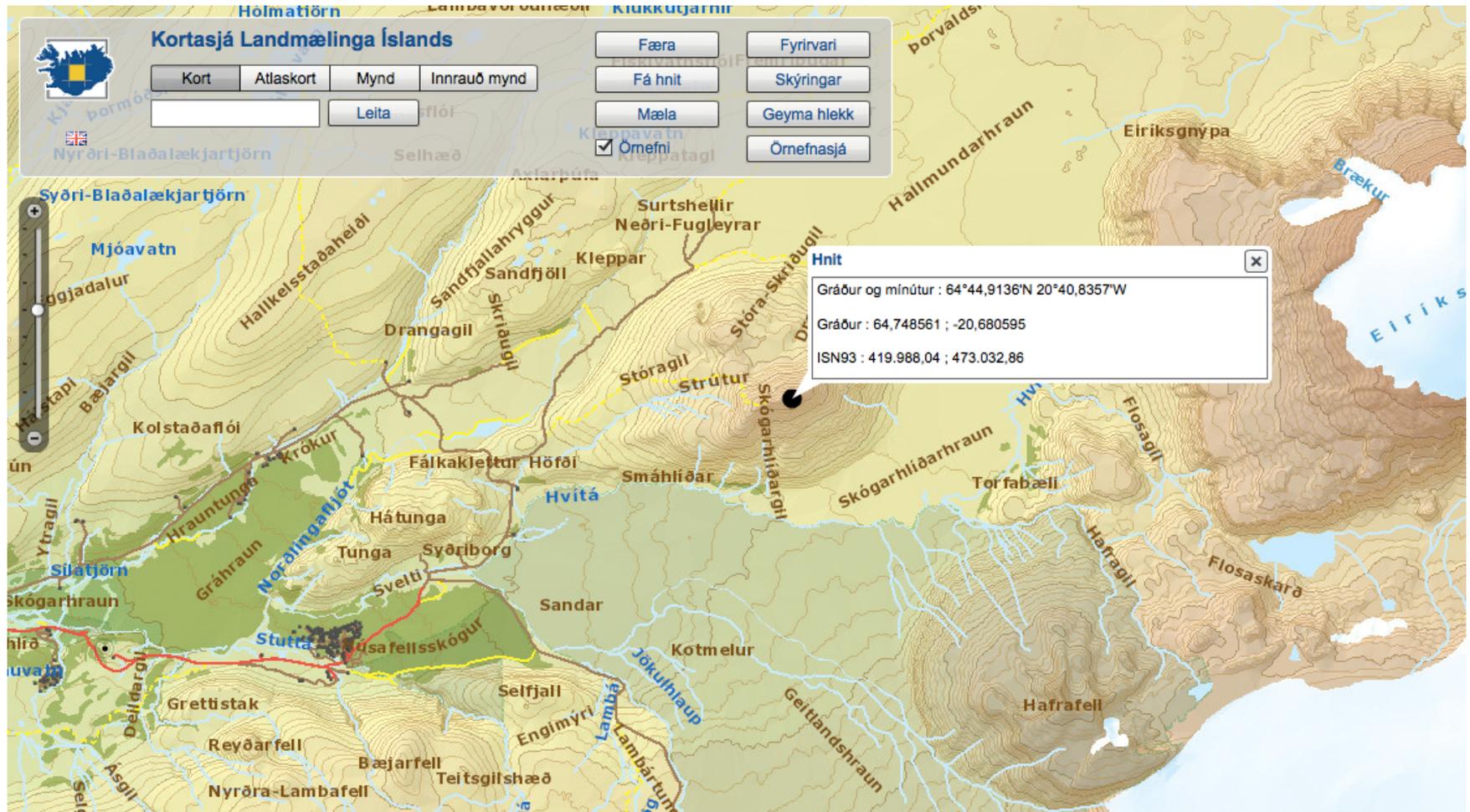
- Hermun á bylgjuútbreiðslu (og margt fleira!)
  - Speglnun (reflection)
  - Brot (diffraction)
  - [Ath. – á myndinni er “fjallið” úr fullkomnum leiðara]



# Kortasjá Landmælinga Íslands



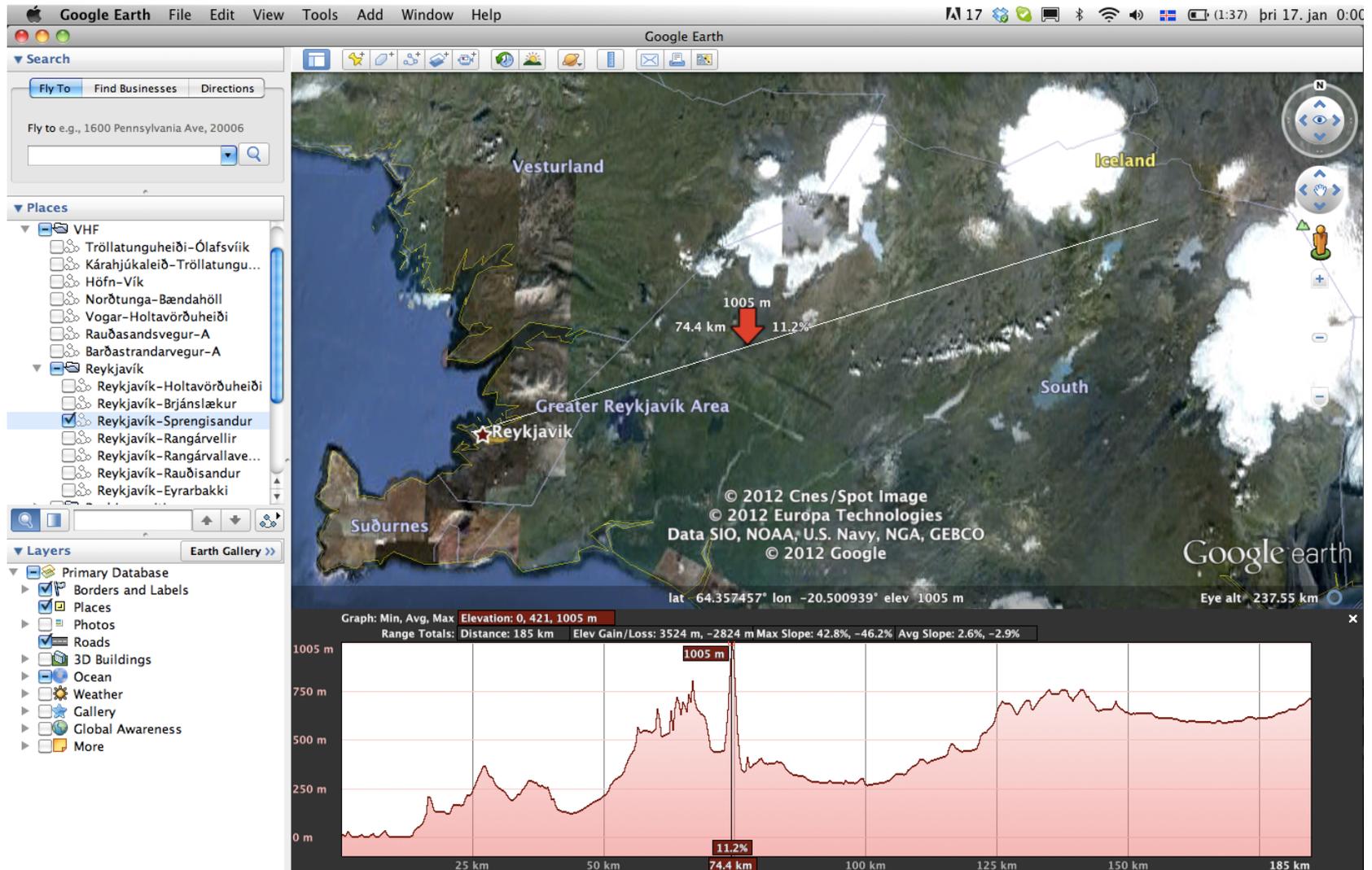
- Byggir á kortagrundi í 1:50.000, ótal stillingar og fíðusar
- Ókeypis á vefnum: [atlas.lmi.is/kortasja](http://atlas.lmi.is/kortasja)



# Google Earth



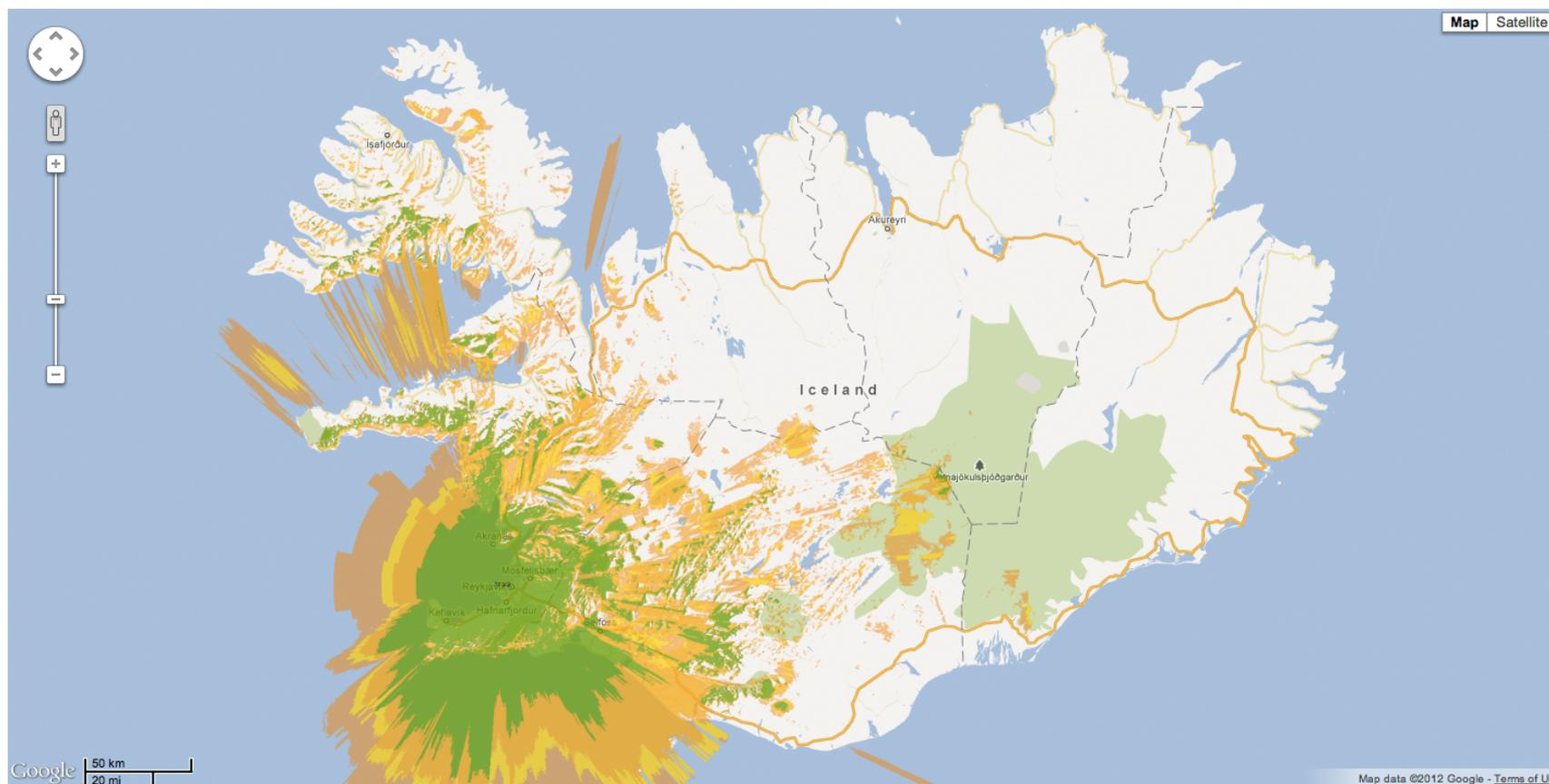
- Getur sýnt hæðarrit og gefið vísbendingar um sjónlínu eða hentug brot



# Radio Mobile-forritið



- Reiknar útbreiðslumyndir og radiólinka út frá kortagrunni með hæðarupplýsingum, vinnur með Google Earth og Google Maps
- Skrifað af radióamatörnum Roger Coudé VE2DBE – hægt að hlaða niður ókeypis, eða keyra beint af vefnum: [cplus.org/rmw](http://cplus.org/rmw)





# VHF / UHF

## Bylgjuútbreiðsla og reikniforrit

---

Takk fyrir!

Guðmundur Löve, TF3GL  
g@loeve.com