

---

# Veðursjár og eldgos: Um nákvæmni mælinga

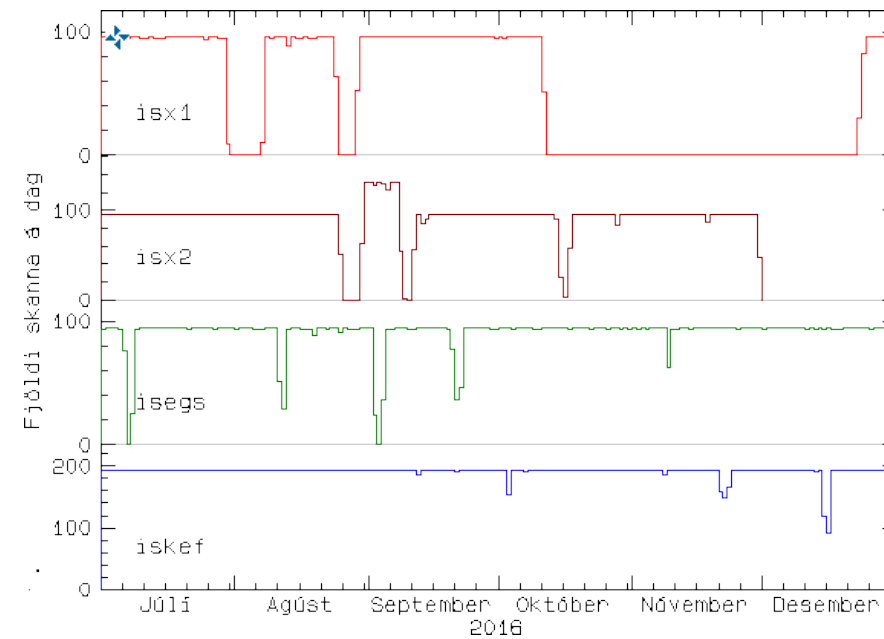
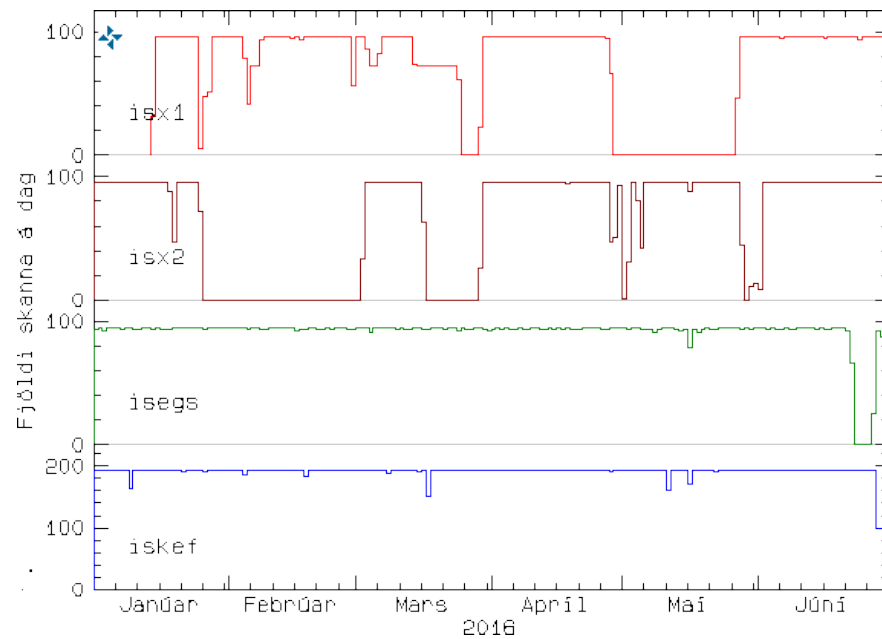
---

Þórður Arason

Veðurstofu Íslands

# Gagnaskil

## Fjöldi skanna á dag árið 2016

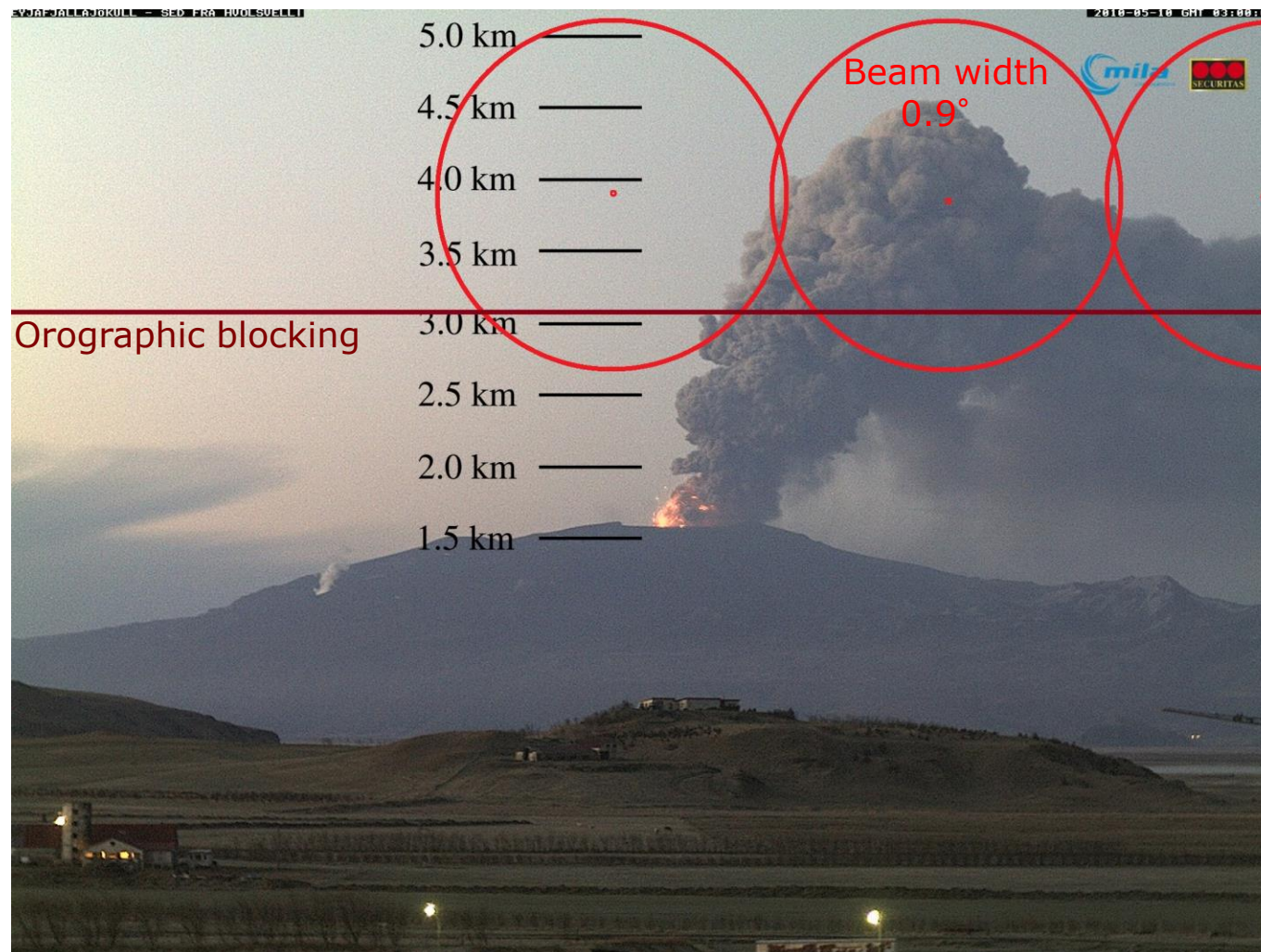


## Gagnaskil 2016

|       |       |
|-------|-------|
| isx1  | 61%   |
| isx2  | 73%   |
| isegs | 95.1% |
| iskef | 99.1% |

# Breiður veðursjárgeisli

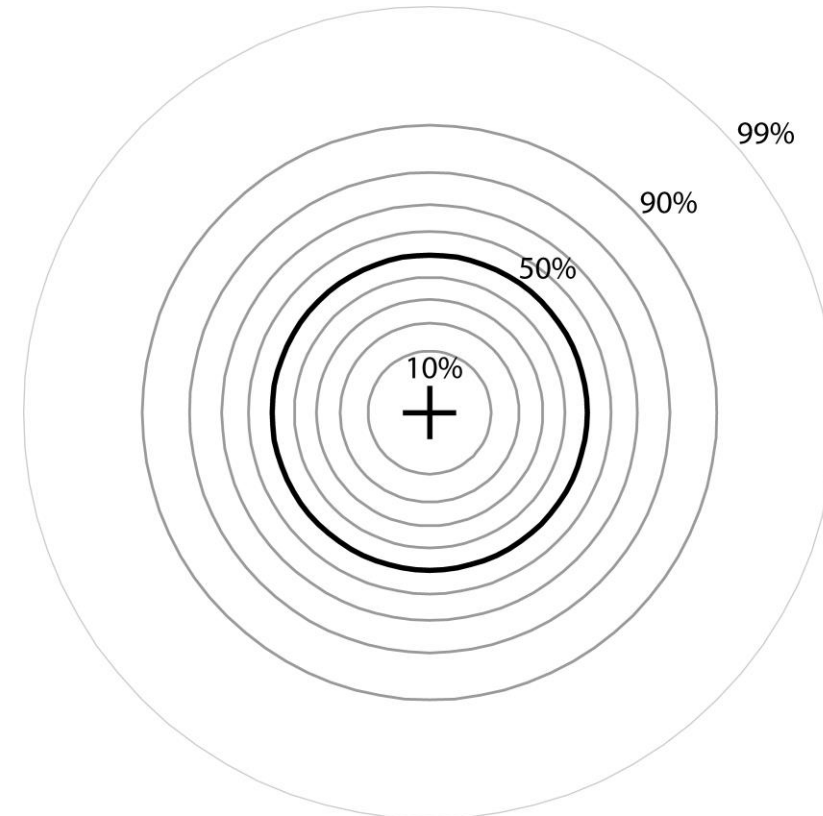
Veðursjárgeisli frá Keflavík við Eyjafjallajökul 2010 (155 km)



Mynd úr vefmyndavél á Hvolsvelli, 10. maí 2010 kl. 03:00.

# Mjúkur veðursjárgeisli

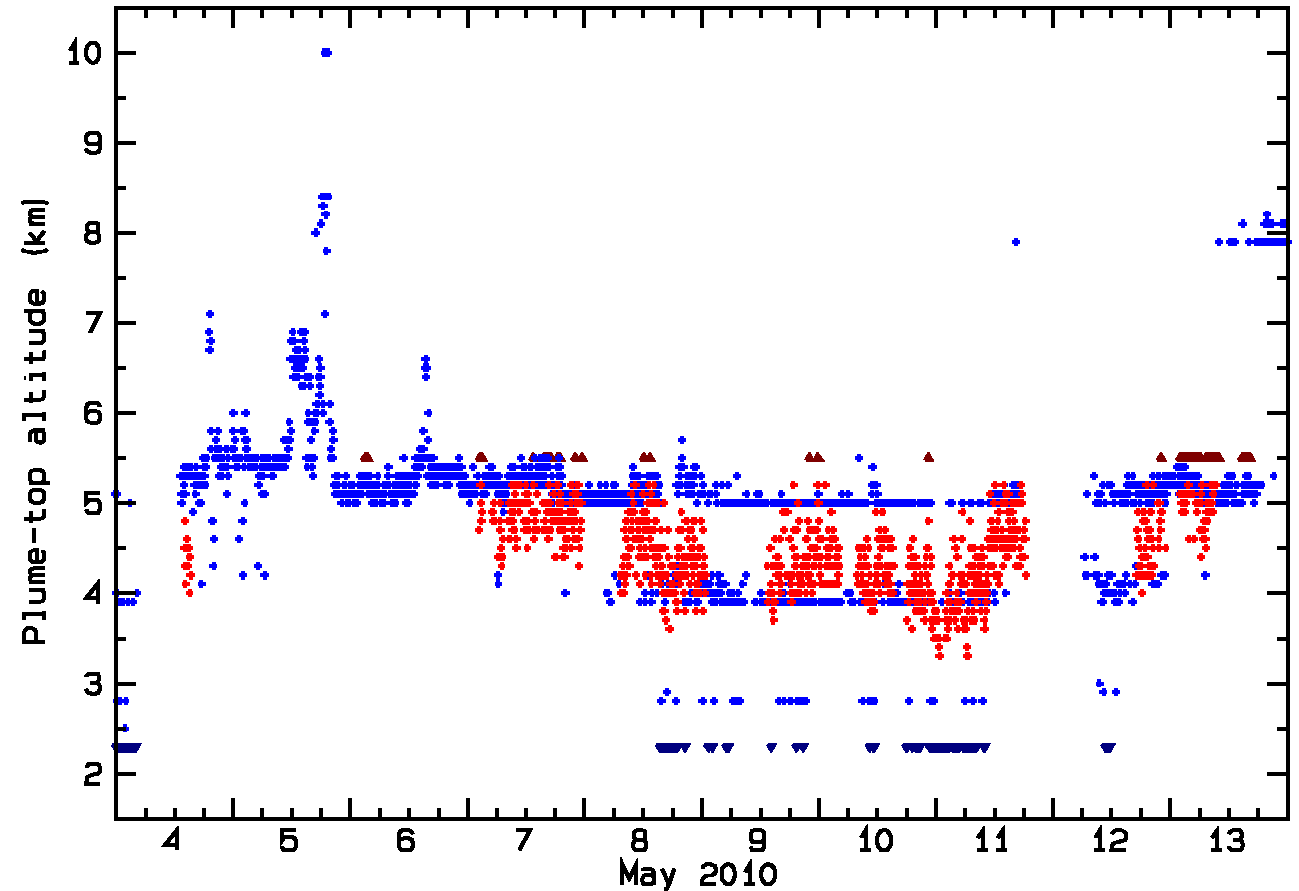
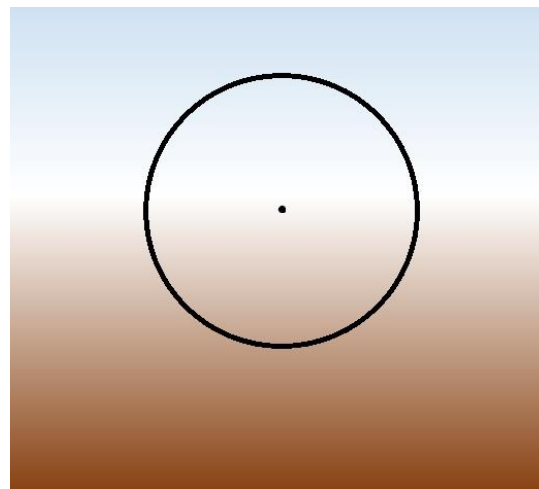
- Breidd veðursjárgeisla fer eftir stærð spegils og senditíðni
- Breiddin er mæld þar sem sendiaflið hefur lækkað um helming
- Það vill þannig til að 50% af aflinu er innan hrings með „breidd“ geislans
- Veðursjár Veðurstofunnar:
  - C-band  $w \approx 0.9^\circ$
  - X-band  $w \approx 1.2^\circ$



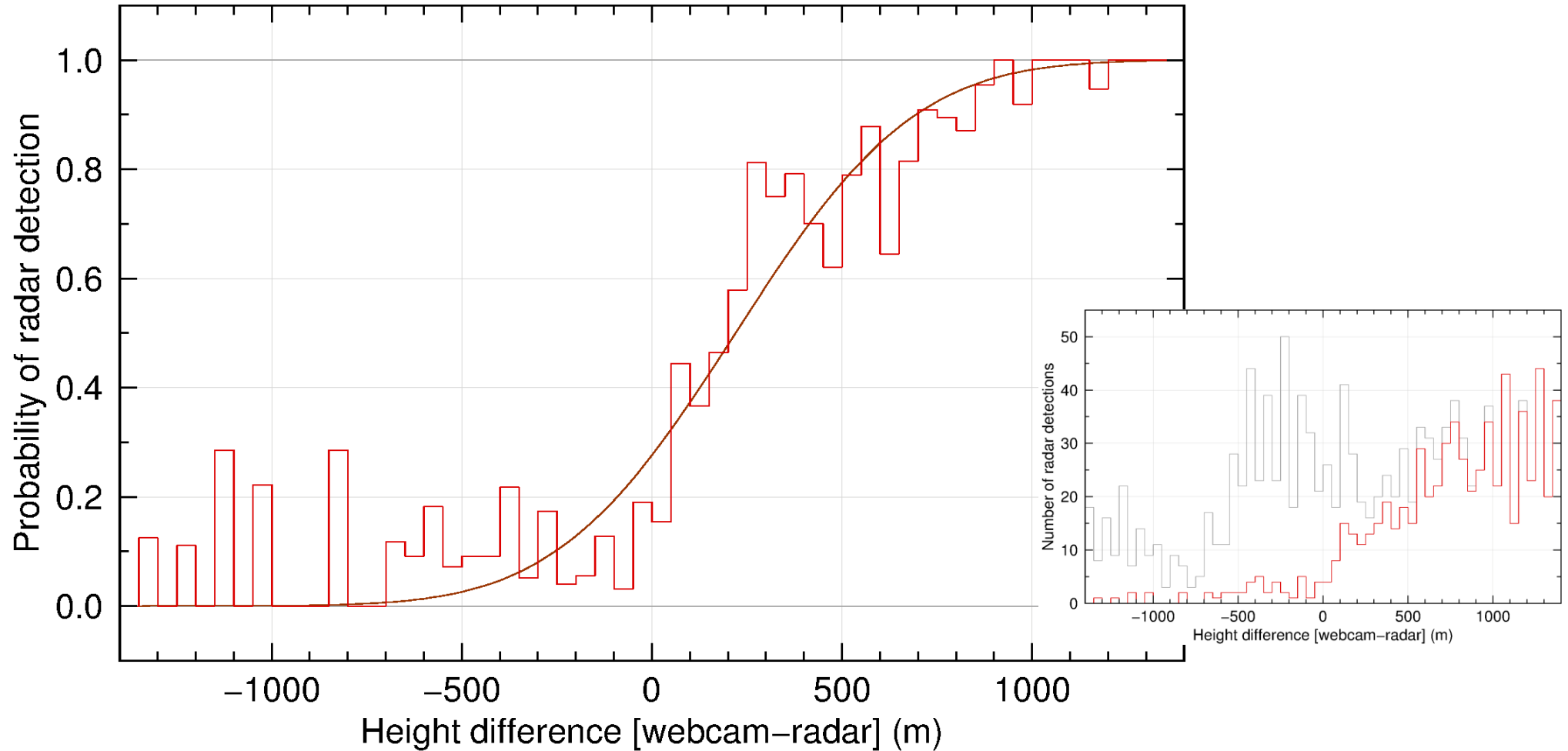
Afl veðursjárgeisla er 10, ..., 50, ..., 90, 99% innan sammiðja hringja. Breidd geisla miðast við þvermál 50% hringsins

# Hæð á miðjum veðursjárgeisla og toppur á gosmekki

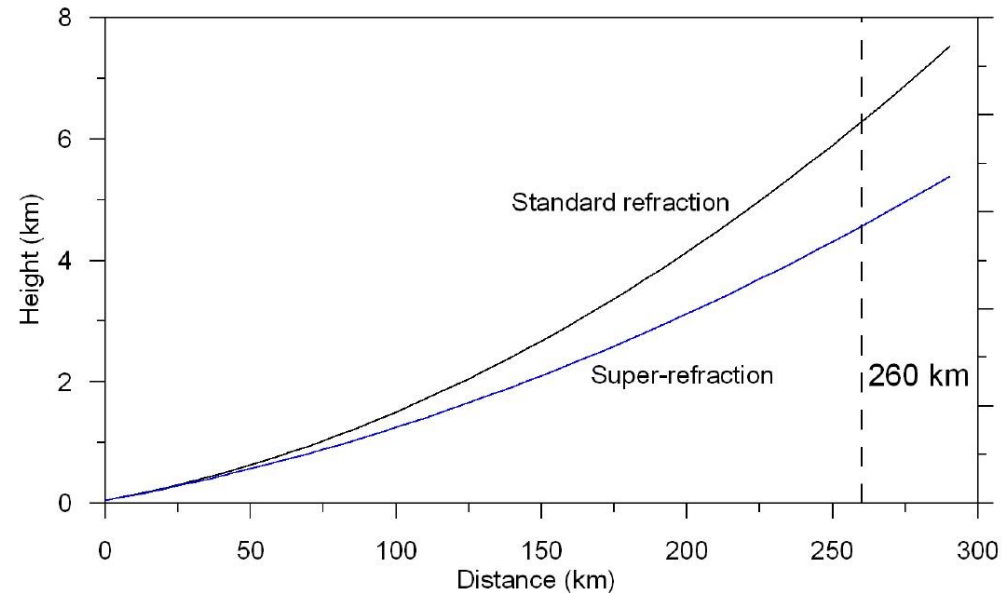
- Gögn úr gosinu í Eyjafjallajökli 2010
- Hæð gosmakkar metin frá vefmyndavél, leiðrétt fyrir vindhraða og vindátt
- Hæð á miðjum veðursjárgeisla
- Sér veðursjá gosmökk (0/1)?



# Mat á nákvæmni hæðar gosmakkar með veðursjá



# Er breytileiki í ljósbroti til vandræða?



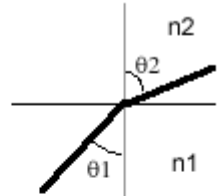
„Radar records from the weather radar in Keflavík should be used with caution when estimating volcanic plume heights over long distances ... Atmospheric super-refraction can cause bending of the radar beam towards the Earth, lowering the recorded height by a few km.”  
(Björn Oddsson, MS-ritgerð, 2007)

„Radiosonde data from Keflavík ... do not support the idea of super-refraction, while some inversions occur in the lowermost 2 km.”  
(Björn Oddsson o.fl., Bull. Volcanol., 2012)

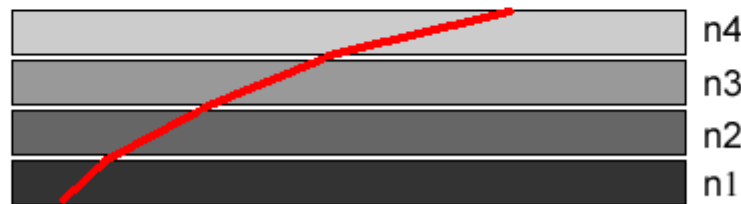
Brotstuðul efnis,  $n$ , má skilgreina út frá hraða ljóss í efninu,  $v$ , og ljóshraða í lofttæmi,  $c$

$$n = c/v$$

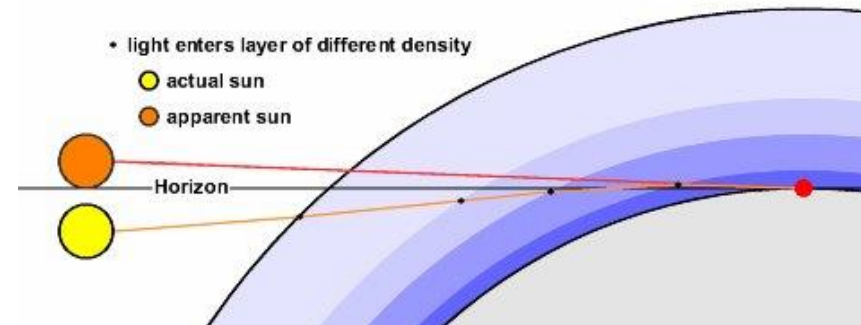
Snell's Law



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



$$n_1 > n_2 > n_3 > n_4$$





Hæð geisla eftir fjarlægð þar sem tekið er tillit til sveigju jarðaryfirborðs og staðlaðs ljósbrots í andrúmslofti er

$$H = H_0 - kR + \sqrt{r^2 + (kR)^2 + 2rkR \sin \theta}$$

þar sem

$H$  = hæð geisla (gosmakkar) (km y.s.)

$H_0$  = upphafshæð við veðursjá (km y.s.)

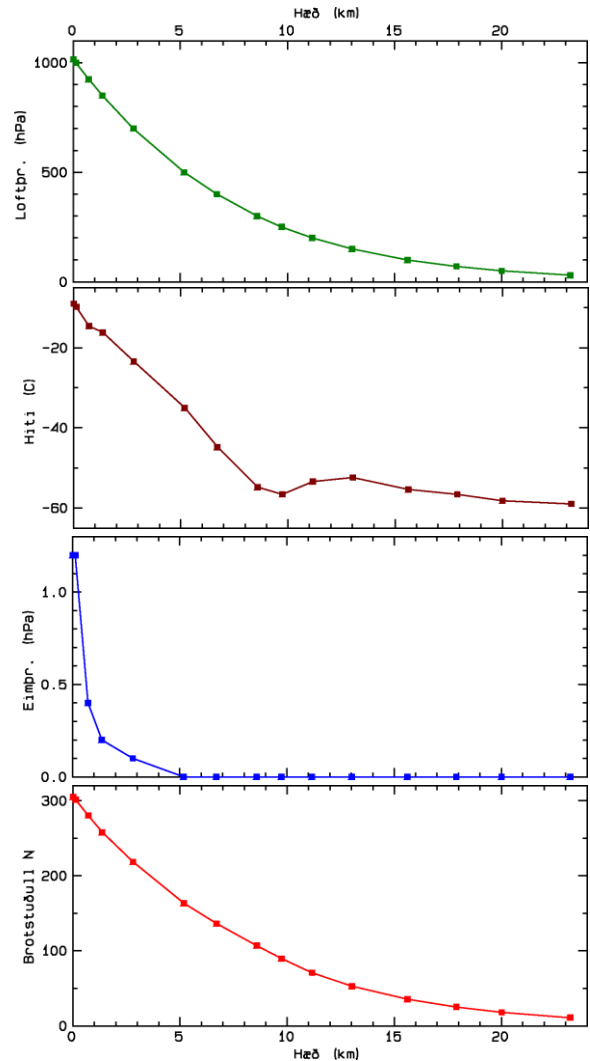
$r$  = fjarlægð frá veðursjá (km)

$\theta$  = sjónarhorn geisla frá láréttu við veðursjá

$R$  = geisli jarðar (6371 km)

$k$  tengist ljósbroti ( $k = 4/3 = 1.333$ )

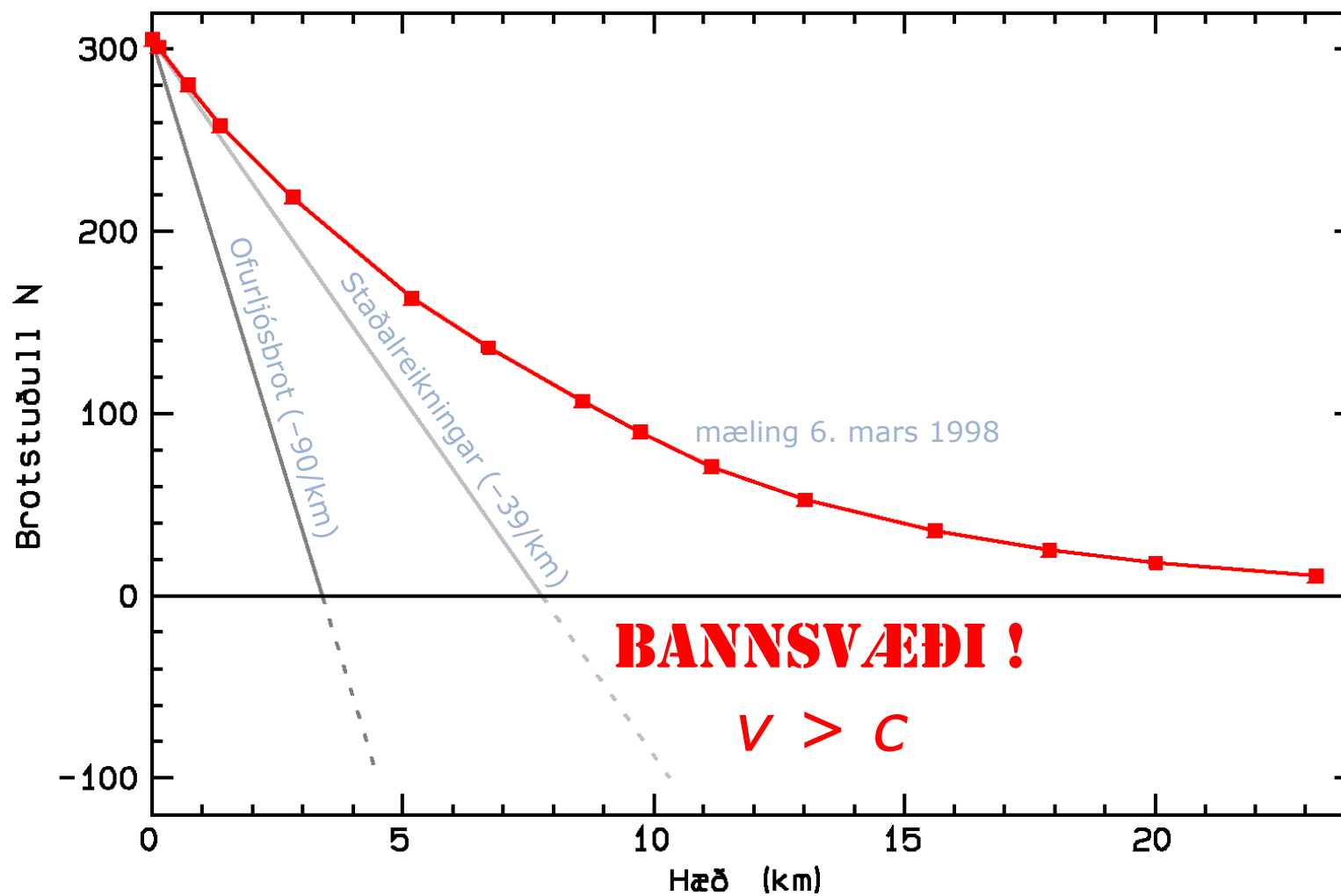
# Háloftaathuganir Veðurstofunnar á Keflavíkurflugvelli



Bogi Þór Jónsson háloftaathugunarmaður sleppir belg til himins við háloftastöð Veðurstofunnar á Keflavíkurflugvelli 6. mars 1998. Ljósmynd af myndasafni Veðurstofunnar.

Háloftaathugun á Keflavíkurflugvelli  
6. mars 1998 kl. 12:00 og  
útreiknaður brotstuðull með hæð.

# Brot á lögum um hámarkshraða !



Reiknum með kúlusamhverfum lofthjúpi og breytilegum brotstuðli með hæð. Geislabraut uppfyllir diffurjöfnu [Hartree o.fl., 1946]:

$$\frac{d^2 h}{ds^2} - \left( \frac{2}{R+h} + \frac{1}{n} \frac{dn}{dh} \right) \left( \frac{dh}{ds} \right)^2 - \left( \frac{R+h}{R} \right)^2 \left( \frac{1}{R+h} + \frac{1}{n} \frac{dn}{dh} \right) = 0$$

Með lausnina (miðað er við að veðursjá sé í  $h=0$ ):

$$s(h) = \int_0^h \frac{R^2 n(0) \cos \theta_e dh}{(R+h) \sqrt{(R+h)^2 n^2(h) - R^2 n^2(0) \cos^2 \theta_e}}$$

$s$  er fjarlægð eftir stórbaug á yfirborði

$R$  er geisli jarðar 6371 km

$h$  er hæð yfir yfirborði

$n(h)$  er breytilegur brotstuðull með hæð

$\theta_e$  er sjónarhorn frá láréttu við veðursjá

---

# Breytileiki í ljósbroti andrúmslofts

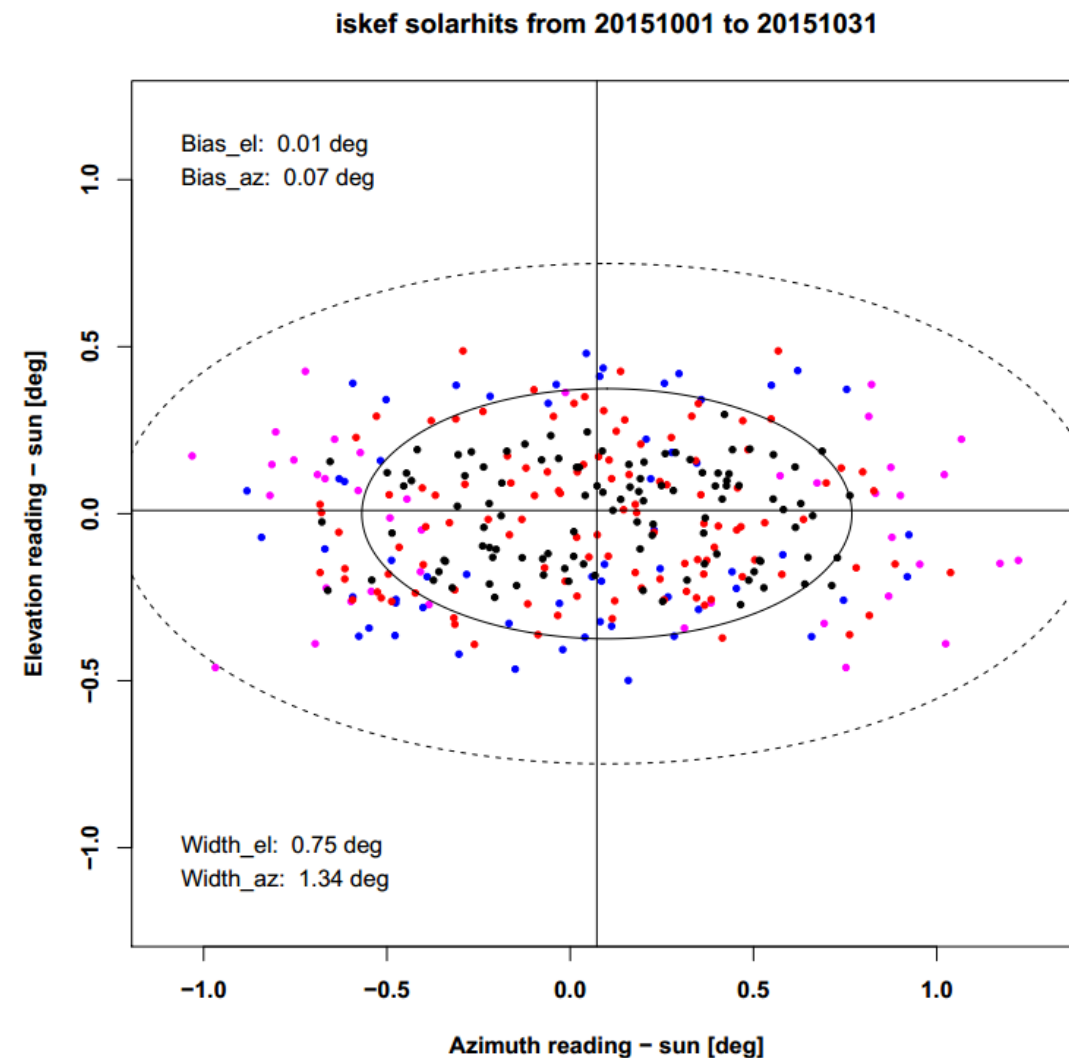
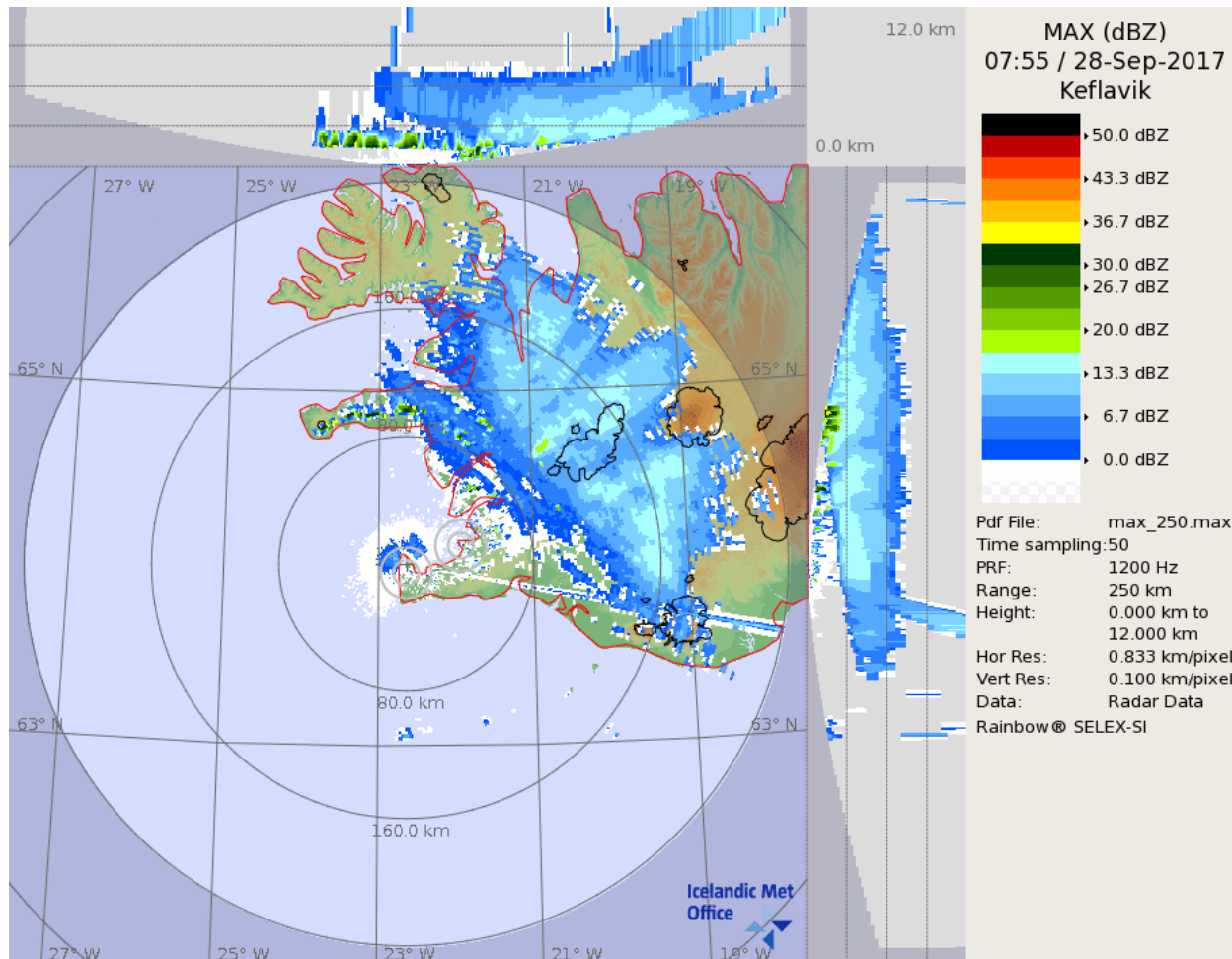
---

Mat á hæð gosmakkar með veðursjám:

- Engar líkur eru á að *ofurljósbrot* hafi áhrif á matið
- Breytileiki í ljósbroti er ekki til vandræða á Íslandi

# Veðursjá sér sólina

## Sólin sendir m.a. frá sér örbylgjur



# Mat á massa í gosmekki

## á einnig við um úrkomumagn úr skýjum

- **Ef** agnir (dropar) eru kúlulaga og af þekktri tegund (vatn, ís, aska)
- **Og ef** við þekkjum stærðardreifingu agna
- **Þá** má reikna út massa agna á rúmmálseiningu ( $m^3$ ) út frá veðursjármælingu

Vandinn er að örlítill skekkja í stærðardreifingu agna hefur mikil áhrif á massareikninga

$$m_i = \rho_i \frac{4}{3} \pi \left( \frac{d_i^3}{2} \right)$$

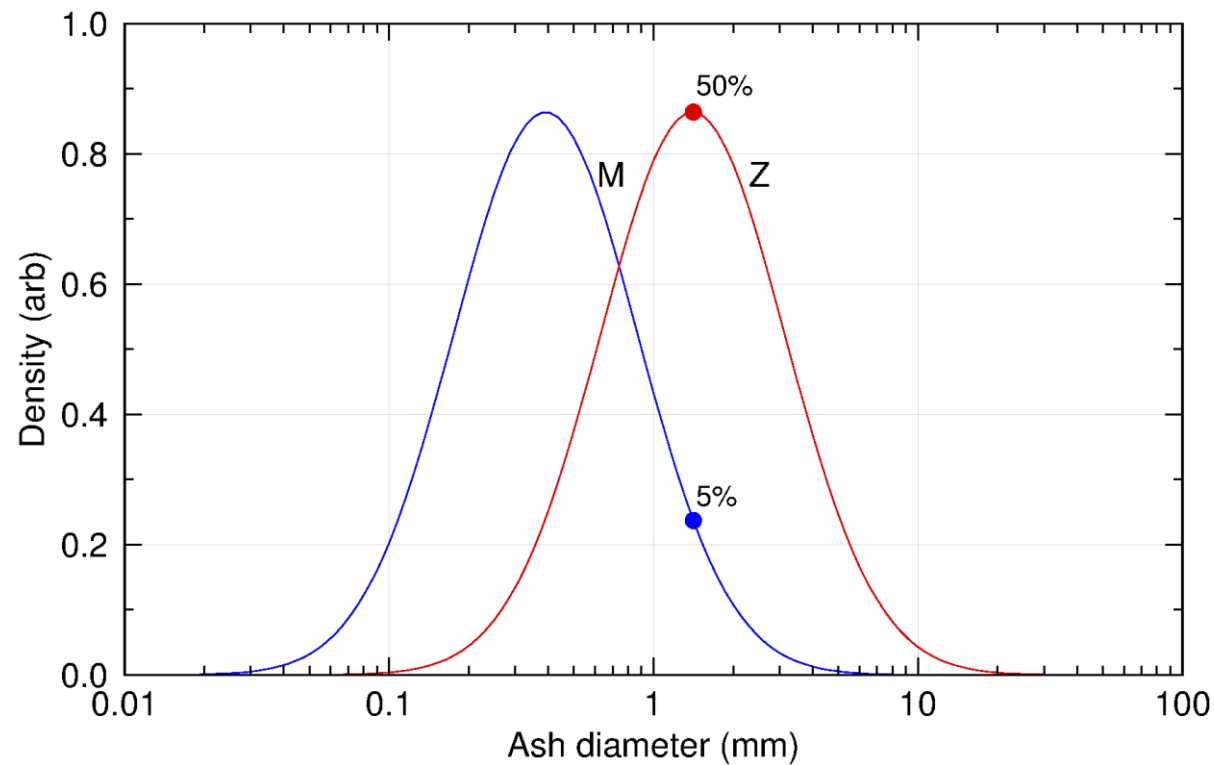
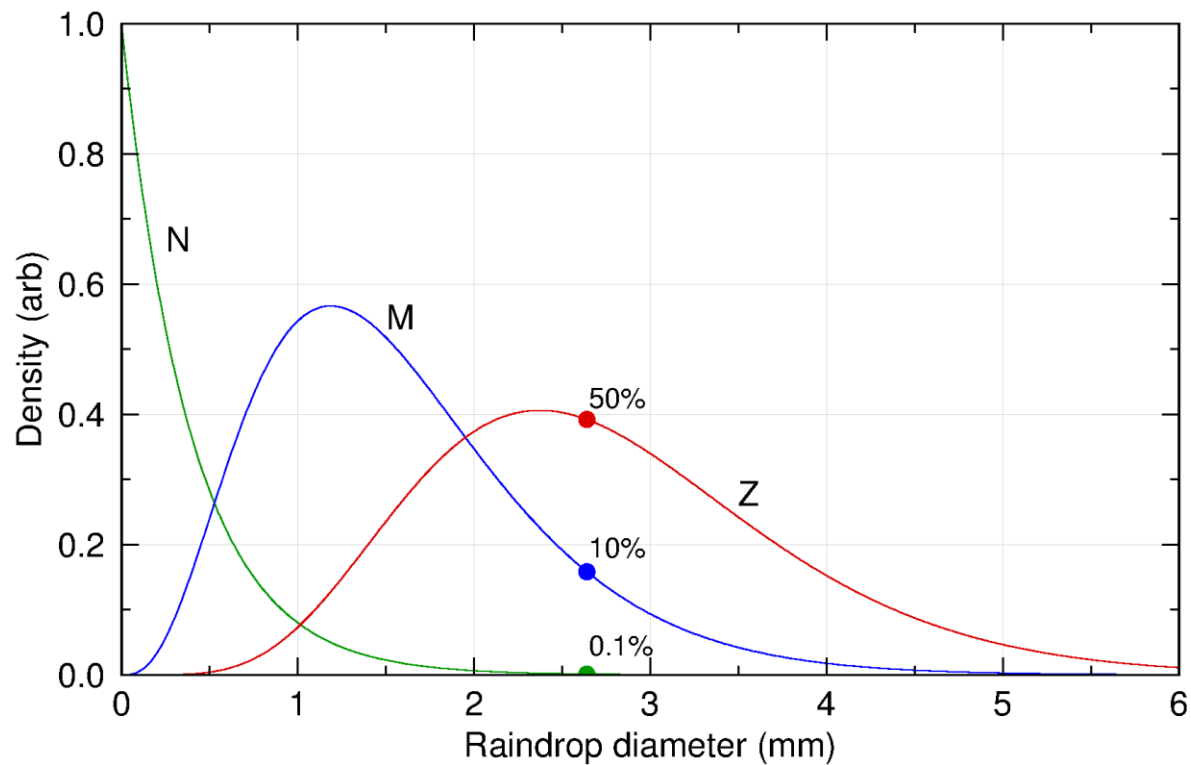
$$M \sim d^3$$

$$Z_w = \frac{1}{V} \sum d_i^6$$

$$dBZ = 10 \log_{10}(Z)$$

$$Z \sim M^2$$

# Stórar agnir/dropar gefa mest af endurkastinu







Kría í Flatey. Ljós. Þórður Arason, ágúst 2016.