

Metsa kiirguslevi mudeli detailne kontroll

Andres Kuusk

Tartu Observatoorium

andres@aai.ee <http://www.aai.ee/bgf/>

Eesti 2. kaugseire seminar
Tõravere, 11. oktoober 2005

- Metsa kiirguslevi mudel FRT
- CCD-radiomeeter
- Välimõõtmised
- Radiomeetriline korrektsioon
- Tulemused

Metsa kiirguslevi mudel FRT

Kuusk & Nilson (2000), Remot Sens. Environ., 72: 244-252.

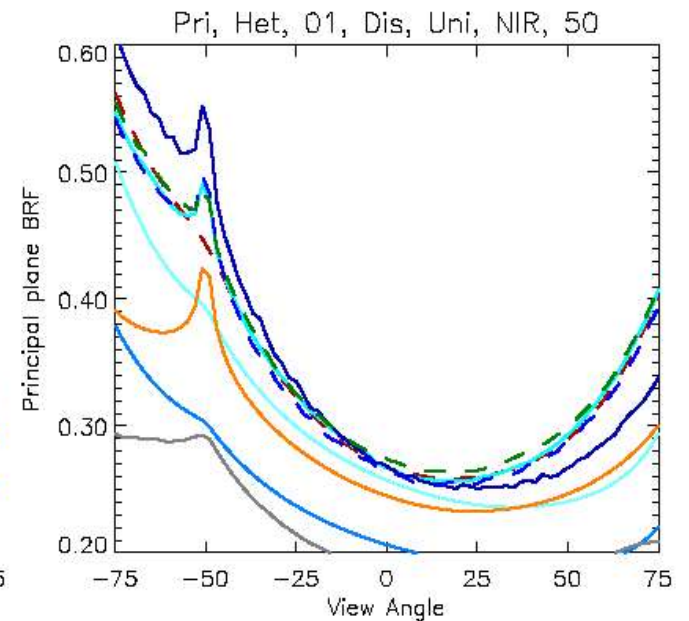
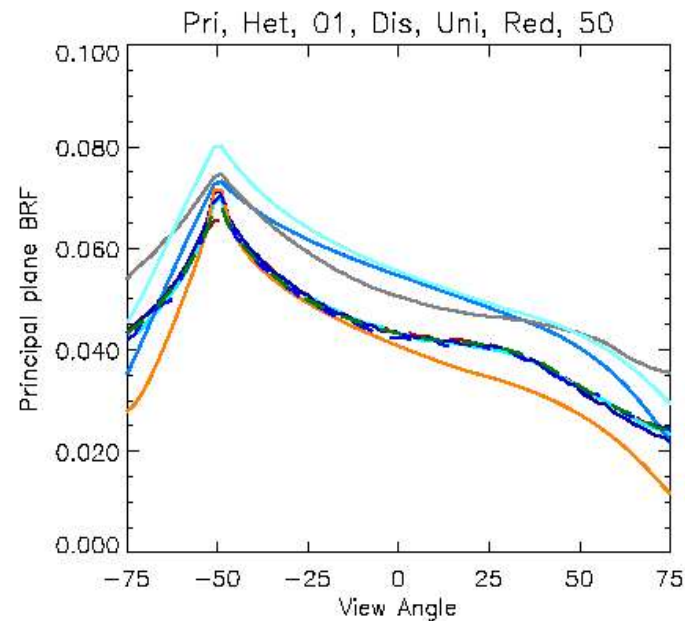
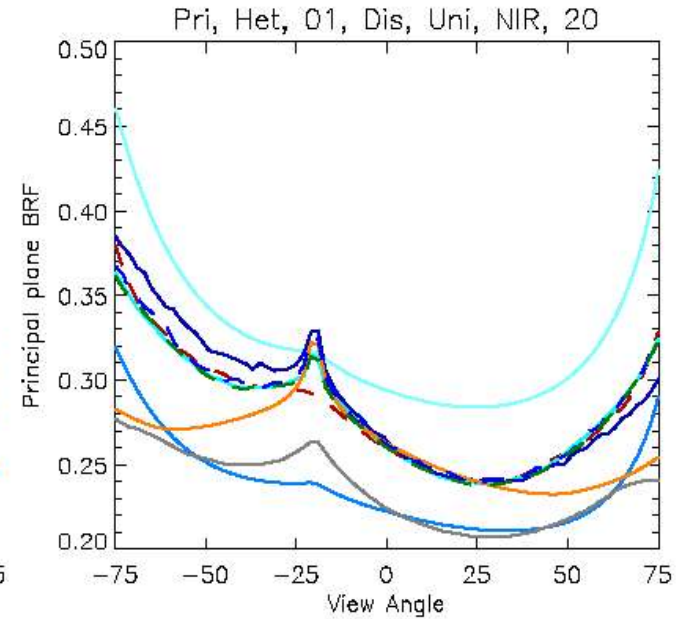
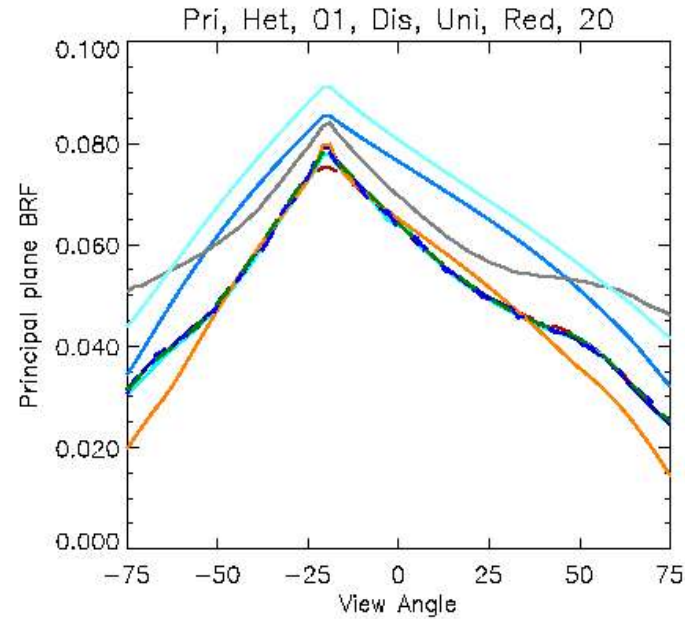
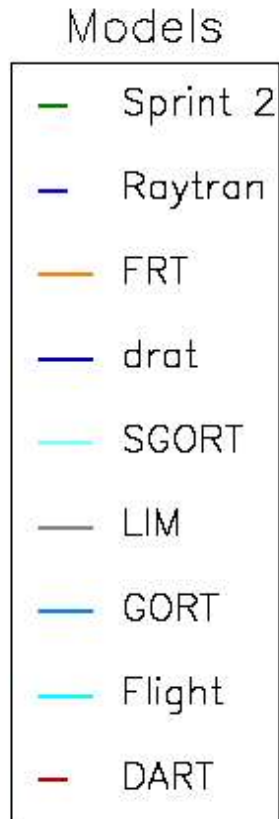
- esitatud IWMMM-2-1, 1999, Ispra

- osales RAMI-2-s, Pinty et al. (2004), J. Geophys. Res., 109(D6):
D06210 10.1029/ 2003JD004252

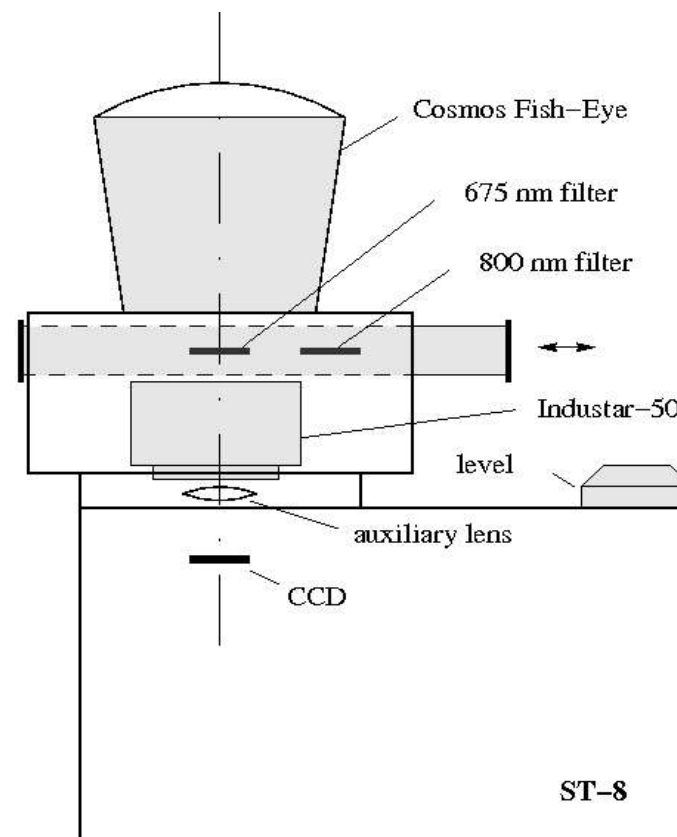
Kiirguslevi ja geomeetrilise optika hübriidmudel

- võimaldab arvutada puistu spektraalseid heledusi kõigis suundades
(nii alla kui üles)

**Mudelite võrdlus RAMI,
Pinty et al. 2004,
faas 2, heleduskoefitsiendid
põhitasandis**



CCD-radiomeeter

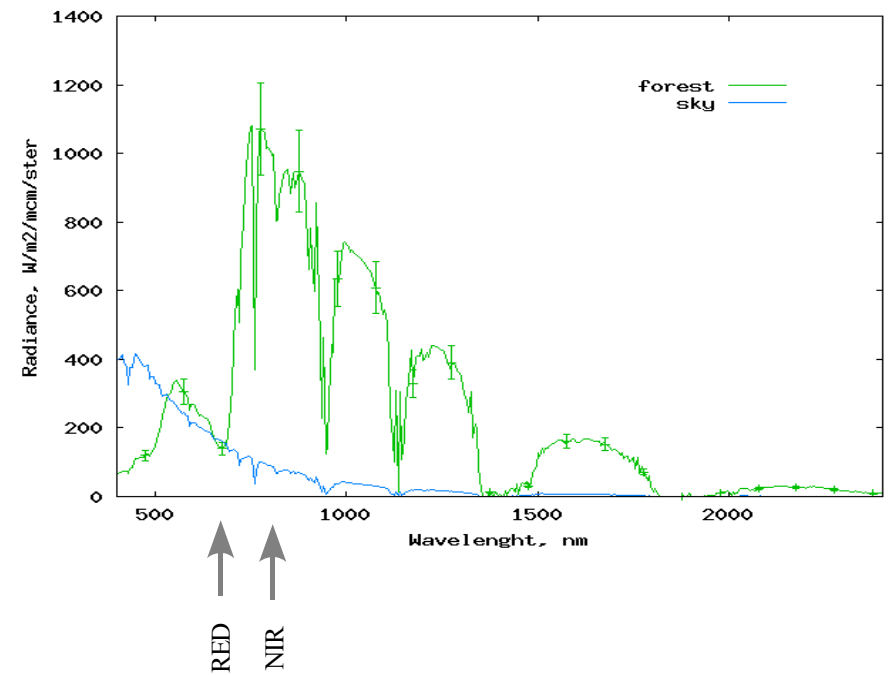
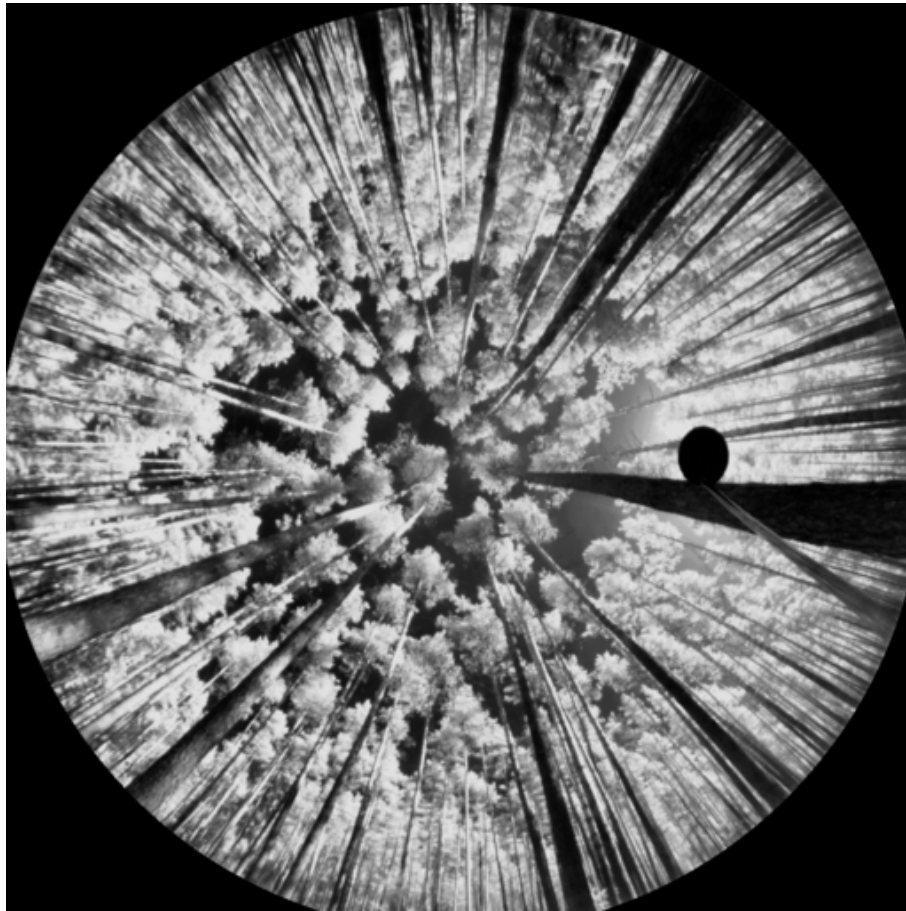


FOV: $\theta \in [0, 85^\circ]$

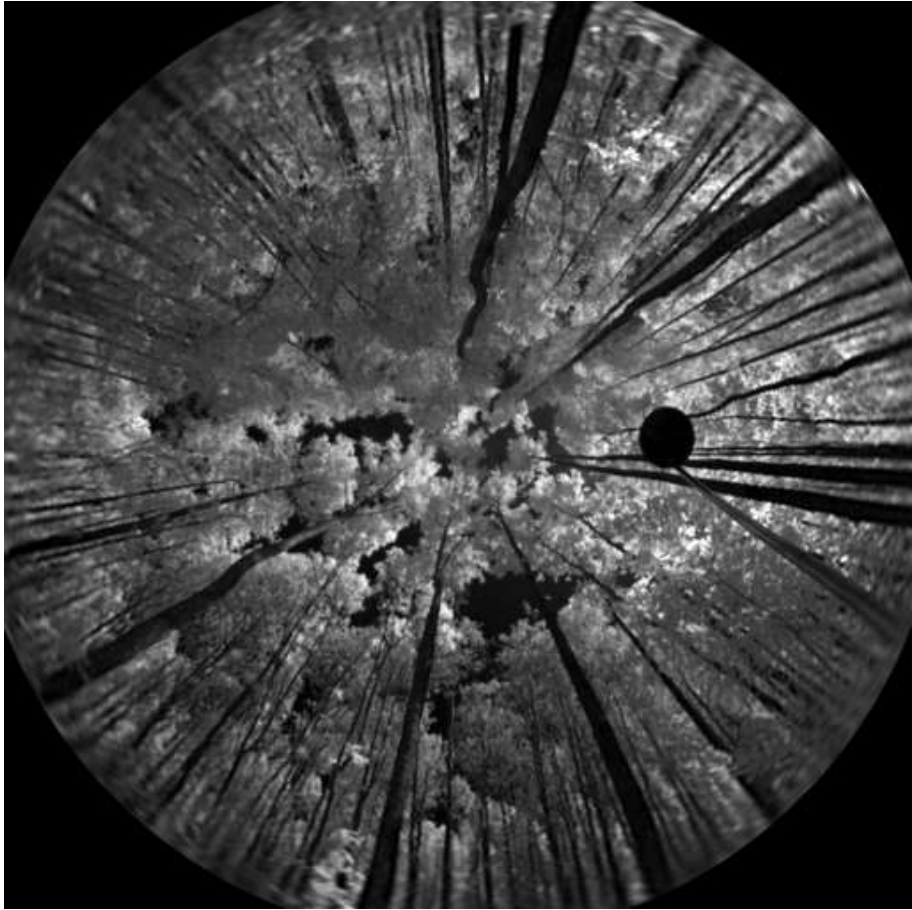
CCD: 1530 x 1020 pixels

16-bit ADC (readings 0..65535)

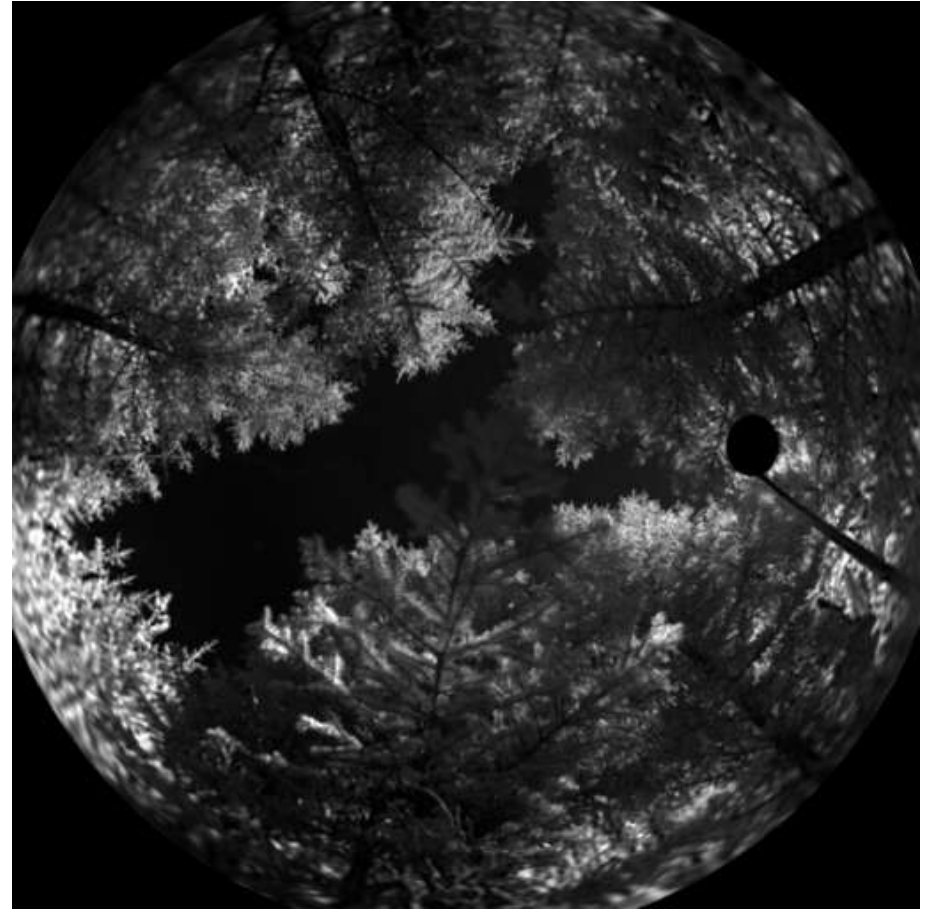
Järvselja männik 60/5, 21.05.1999, NIR



Järvselja 112/17, 11.07.1999, NIR



Flakalideni kuusik, 9.06.2000, NIR



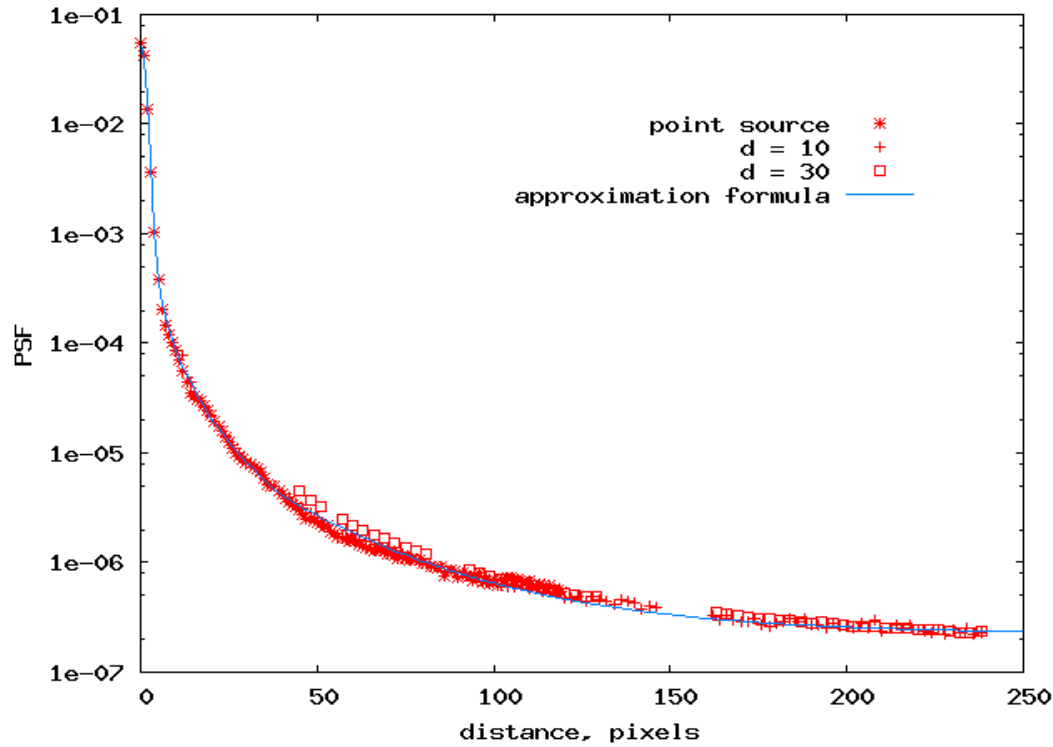
Radiomeetrised probleemid

- pimevool – muutub pikslilt pikslile
- vinjeteerimine
- CCD elementide tundlikkused varieeruvad
- sisendoptika läbipaistvus võib oleneda vaatesuunast
- impulsskoste (point spread function)

– tasaväli

– PSF

laboratooriumis mõõdetud PSF



$$\begin{aligned}
 PSF(r) &= a_1 + a_2(\exp(-a_4 r^{a_5}) + a_3 \exp(-a_6 r^{a_7})) & r \leq 10 \\
 &= a_1 + b_1 \exp(-b_2 r^{b_3}) r^{b_4} & 10 < r \leq 40 \\
 &= a_1 + c_1 \exp(-c_2 r^{c_3}) r^{c_4} & r > 40
 \end{aligned}$$

$$a_1 = a_1(\gamma) = a_1 \cos^2(\gamma)$$

PSF ja kujutise filtreerimine

$$g(x, y) = h(x, y) \circ f(x, y) \quad - \text{2D sidum (konvolutsioon)}$$

$g(x, y)$ – registreeritud kujutis

$f(x, y)$ – originaal-kujutis

$h(x, y)$ – mõõteriista PSF

Fourier' ruumis

$$G = H \cdot F$$

G, H, F – $g(x, y), h(x, y)$ ja $f(x, y)$ Fourier' kujutised

Kujutise taastamine

$$F = G \cdot H^{-1} \quad F \Rightarrow f \quad \text{ideaalne juht, müra puudub}$$

$$\hat{F} = G \cdot W \quad \hat{F} \Rightarrow \hat{f} \quad \text{Wieneri filtreerimine}$$

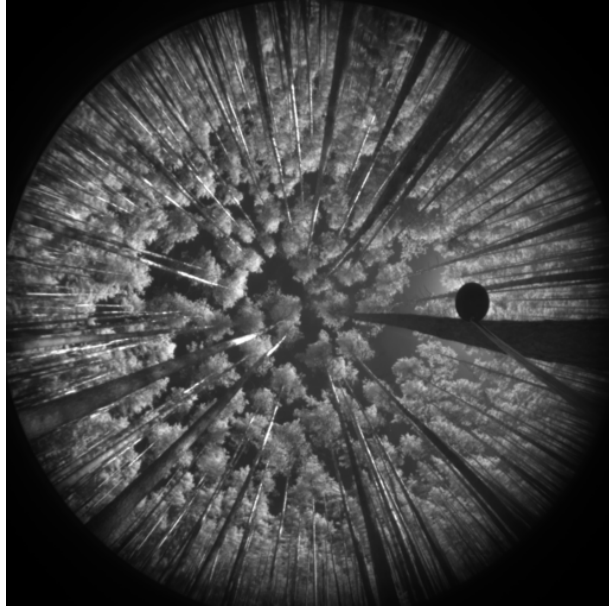
Wieneri filter

$$W = \frac{\hat{H} F}{|H|^2 F + S_n}$$

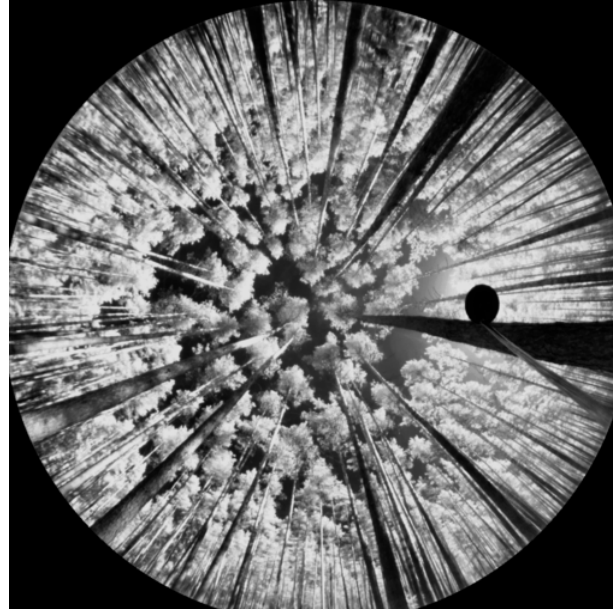
\hat{H} - H kaaskompleks

S_n - müra spekter

PSF-korreksioon



Registreeritud kujutis (1024x1020)



Tasavälja korrektsioon

Poolsfääripildid on x - y -ruumis mittestatsionaarsed

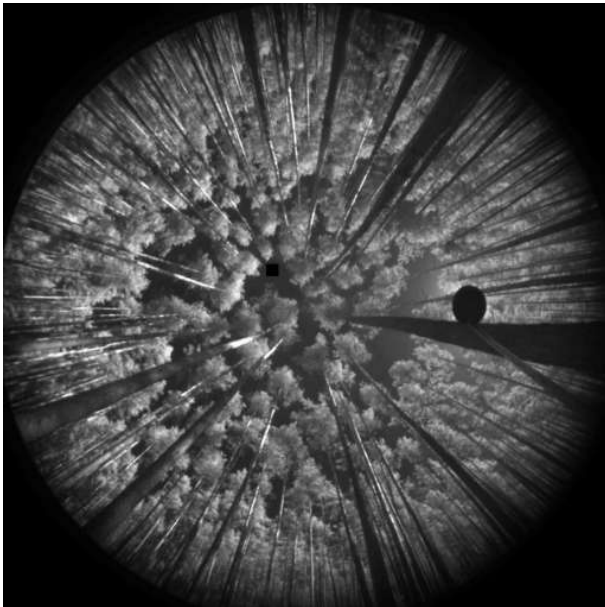
$$(x, y)_{1024 \times 1020} \Rightarrow (x, y)_{1024 \times 1024} \Rightarrow (\theta, \phi)_{2048 \times 2048} \quad \theta \in [0, \pi], \quad \phi \in [0, 2\pi] \quad (S^2)$$

Wiener filtreerimine S^2 -ruumis (sfääril) (S2kit, Kostelec et al., 2004).

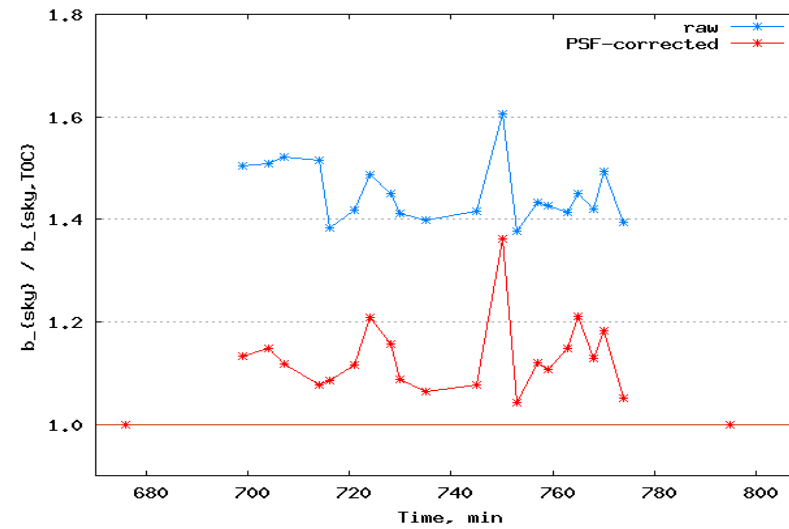
$$W = H \sin(\omega) / (H^2 + S_n)$$
$$S_n = S_{n0} \exp(-q_1 \log(q_2 \omega))$$

PSF-korreksioon (2)

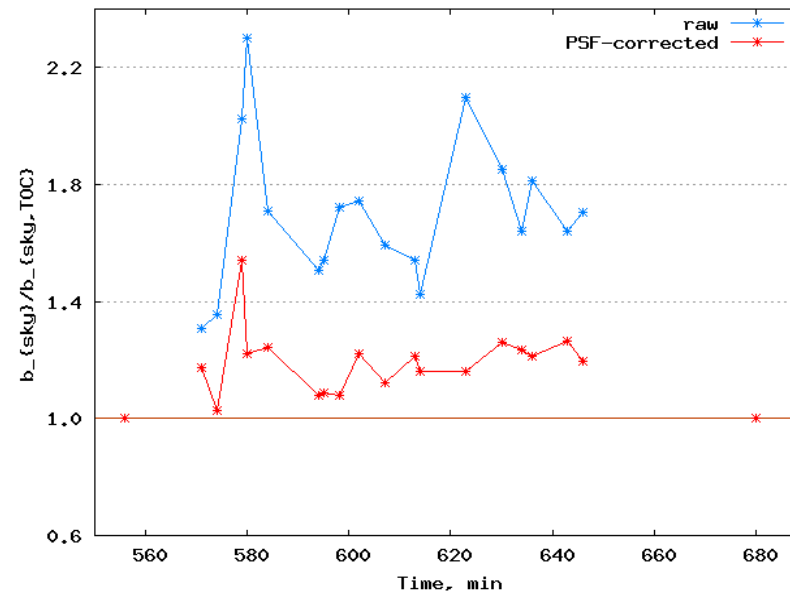
Taeva heledus võrade vahel
 $\theta < 20^\circ$, 20x20-pikslised ruudud



Männik

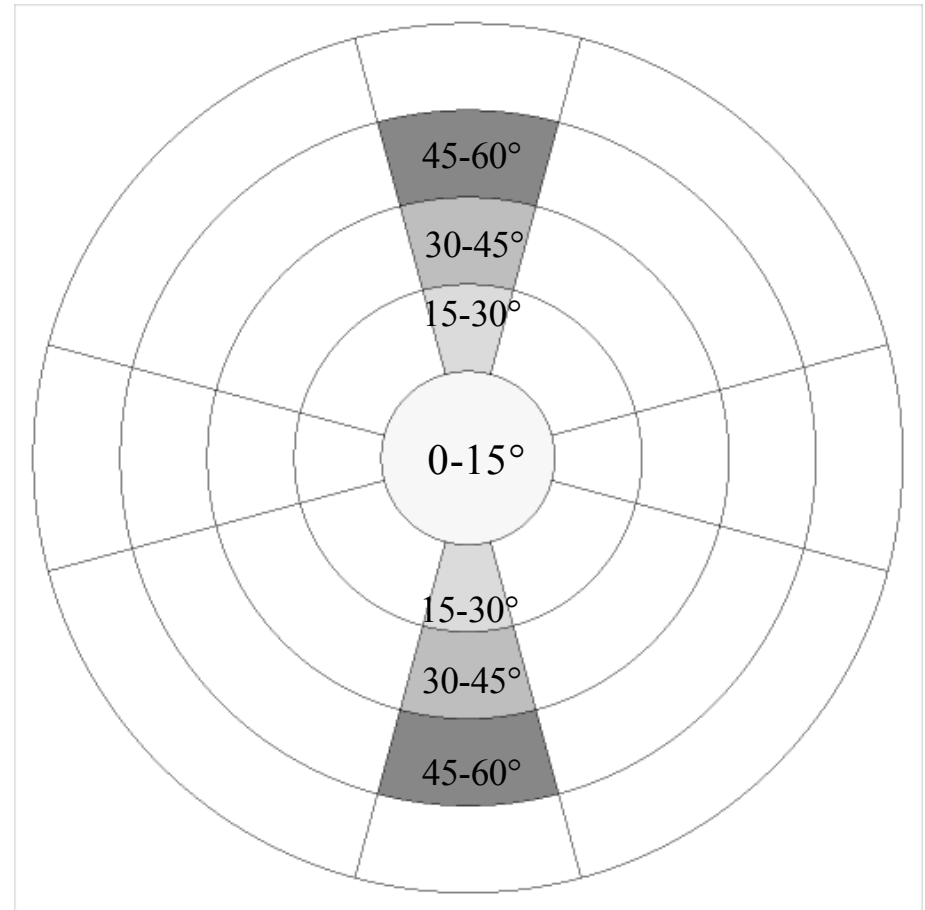
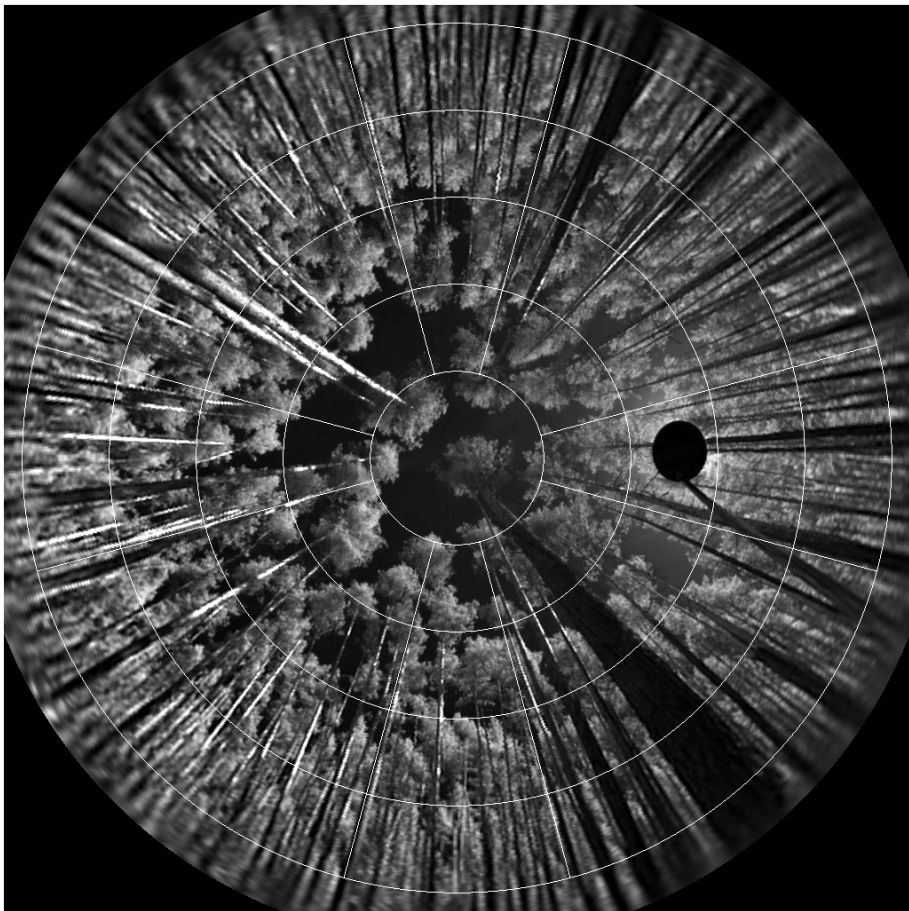


Kuusik



Mõõtmised:

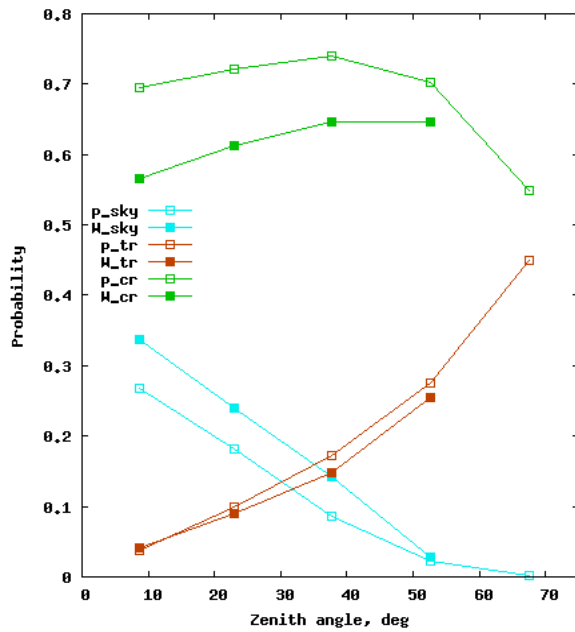
- võrade
- tüvede
- taeva
- nägemise tõenäosus
- NIR heledus



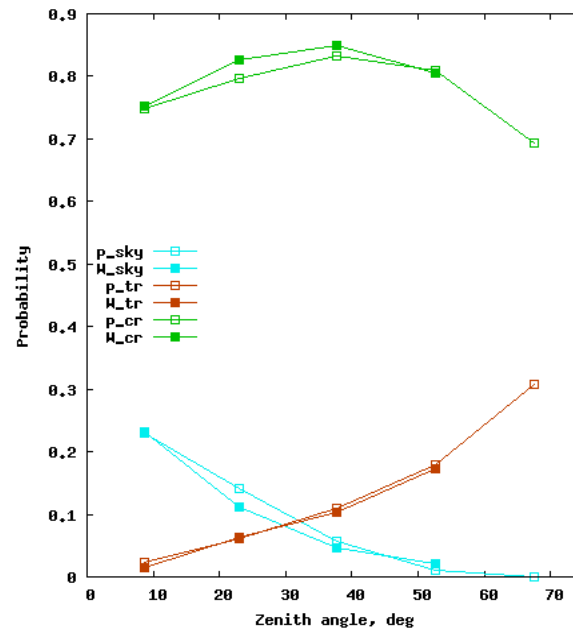
Tõenäosused, $\phi = \pm 90^\circ$

P – mudel
W -mõõdetud

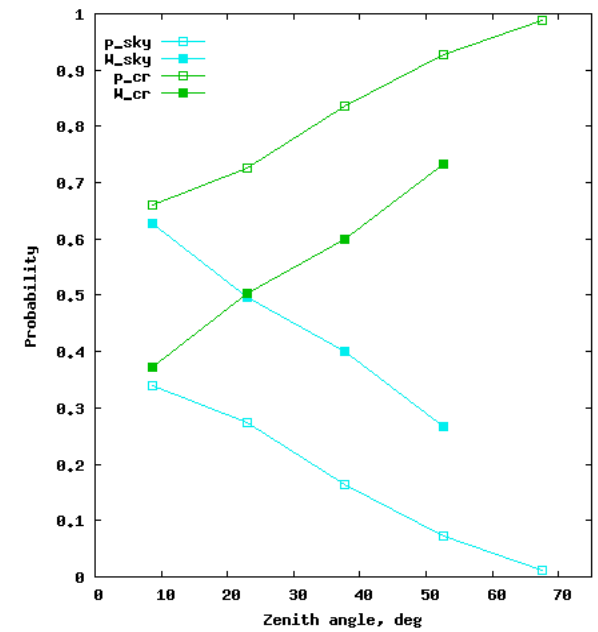
Männik



Lehtmets



Kuusik



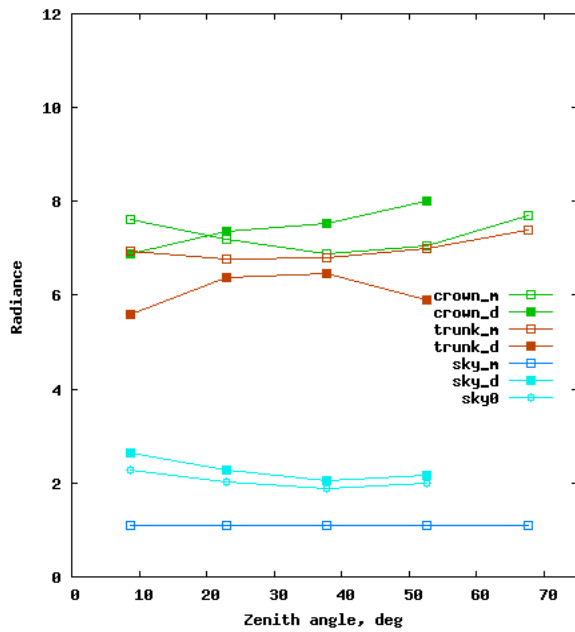
Korrigeerisime tüve kuju (2005).

NIR heledus, $\phi = \pm 90^\circ$

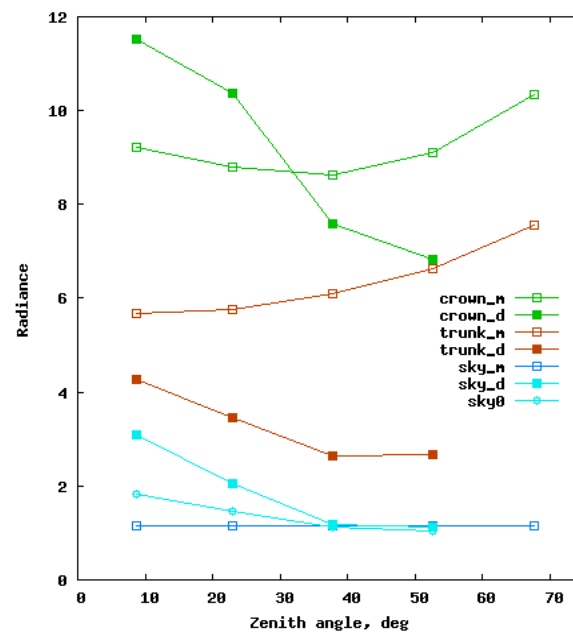
m – mudel

d – mõõdetud heledus

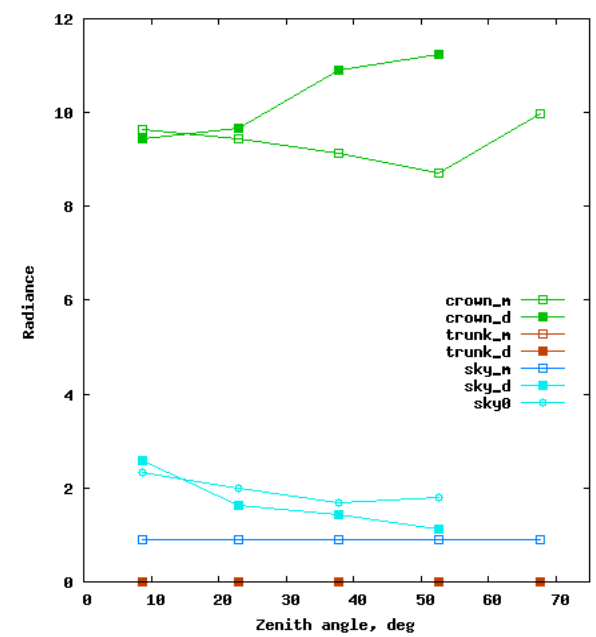
Männik



Lehtmets



Kuusik



Kokkuvõte

- metsa komponentide omavahelised heledused on üsna heas tasakaalus
- komponentide heleduste nurkolenevuses ei ole suuri lahknevusi
- taeva heledus on määratud atmosfääri parameetritega, need ei pruugi olla õiged
- komponentide nägemise tõenäosused võivad olla mudelis üsna suure veaga