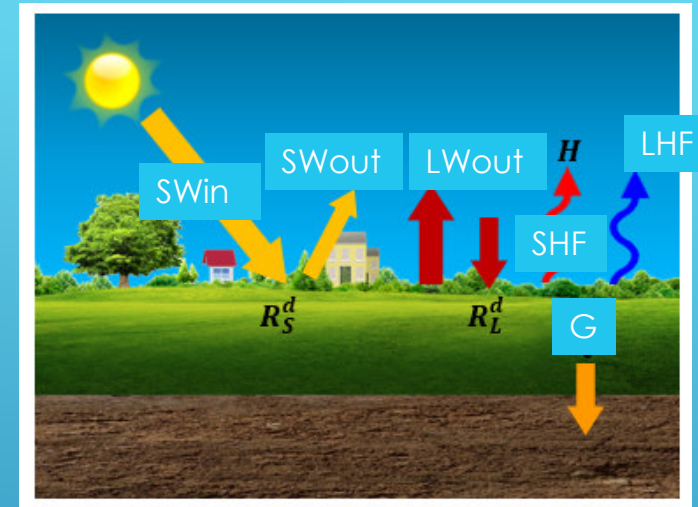
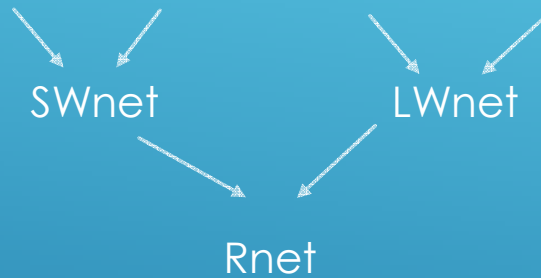


# MĚŘENÍ RADIČNÍ BILANCE

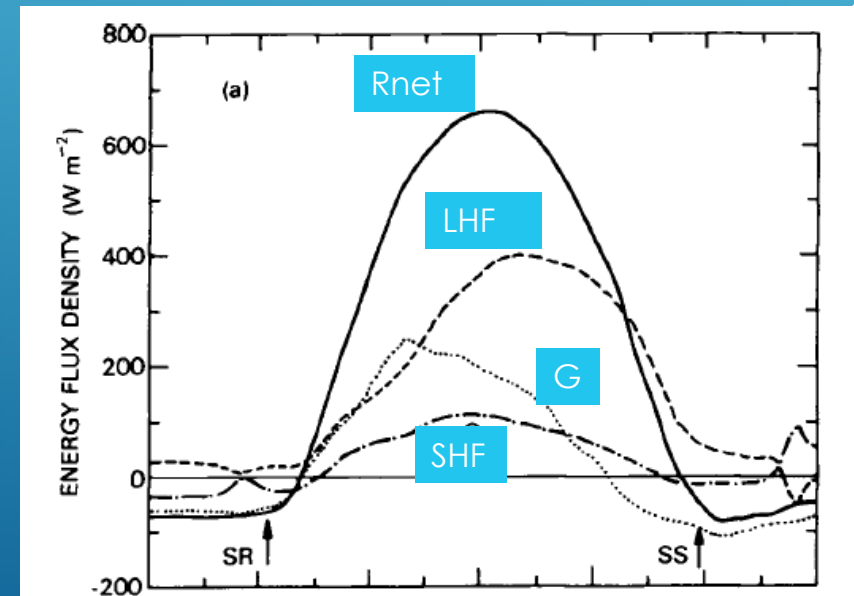
Michael Matějka

# ENERGETICKÁ BILANCE POVRCHU

- ▶  $SW_{in} + SW_{out} + LW_{in} + LW_{out} + SHF + LHF + G = 0$



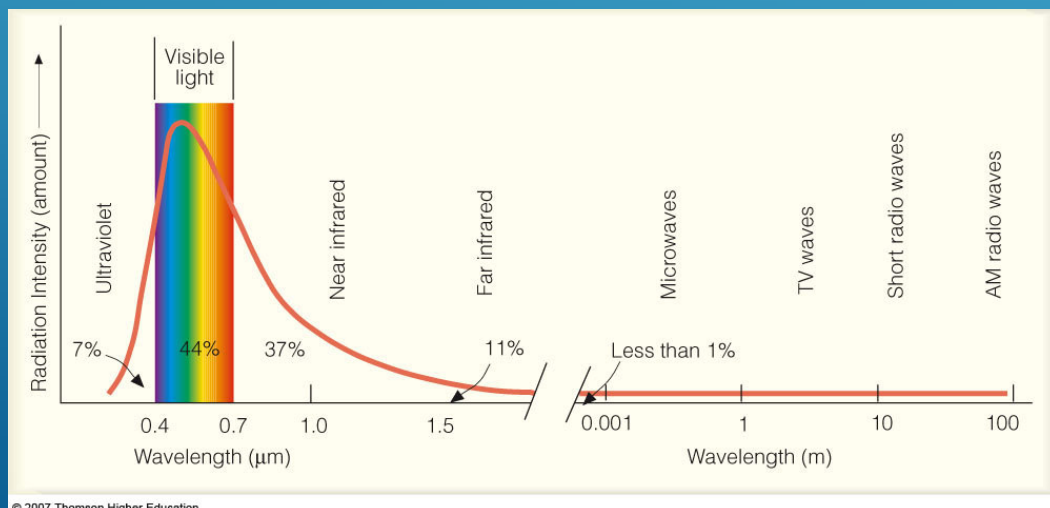
- ▶ denní a roční chod
- ▶ za určitých okolností i další složky (tání sněhu, fotosyntéza)
- ▶ všechny složky mohou být měřeny i modelovány



# KRÁTKOVLNNÉ ZÁŘENÍ

- ▶ podle Planckova zákona vyzařuje Slunce převážně na krátkých vlnových délkách – viditelné a blízké IR záření
- ▶ solární konstanta ( $1\,367\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ )
- ▶ rozptyl a odraz v atmosféře, rozptýlené záření
- ▶ vliv zenitového úhlu Slunce
- ▶ část odražena od povrchu (albedo)

$$SW_{\text{out}} = SW_{\text{in}} \cdot \alpha$$



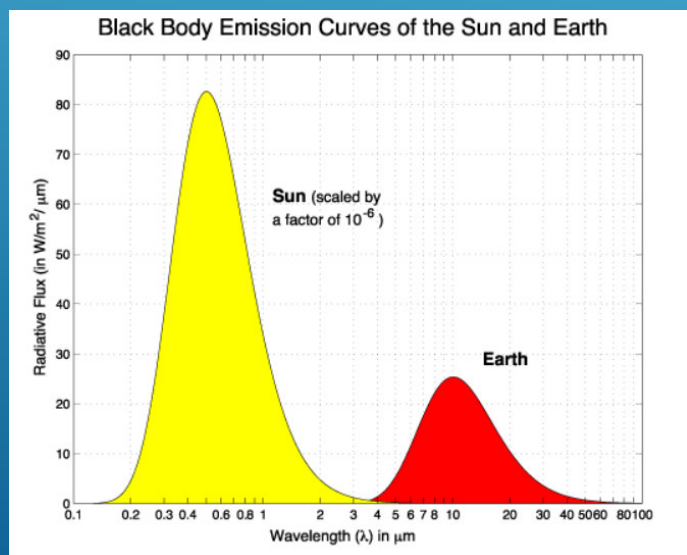
© 2007 Thomson Higher Education

Surface	Remarks	Albedo $\alpha$	Emissivity $\epsilon$
Soils	Dark, wet	0.05–	0.98–
	Light, dry	0.40	0.90
Desert		0.20–0.45	0.84–0.91
Grass	Long (1.0 m)	0.16–	0.90–
	Short (0.02 m)	0.26	0.95
Agricultural crops, tundra		0.18–0.25	0.90–0.99
Orchards		0.15–0.20	
Forests	Bare	0.15–	0.97–
	Leaved	0.20	0.98
Coniferous		0.05–0.15	0.97–0.99
Water	Small zenith angle	0.03–0.10	0.92–0.97
	Large zenith angle	0.10–1.00	0.92–0.97
Snow	Old	0.40–	0.82–
	Fresh	0.95	0.99
Ice	Sea	0.30–0.45	0.92–0.97
	Glacier	0.20–0.40	

Sources: Sellers (1965), List (1966), Paterson (1969) and Monteith (1973).

# DLOUHOVLNNÉ ZÁŘENÍ

- ▶ emitované zemským povrchem a atmosférou
- ▶ delší vlnové délky (nižší teplota)
- ▶  $LW_{out} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$  ( $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ )
- ▶  $LW_{in}$  – vliv teploty, vlhkosti vzduchu a **oblačnosti**
- ▶  $LW_{net}$  – většinou záporné



Surface	Remarks	Albedo $\alpha$	Emissivity $\varepsilon$
Soils	Dark, wet	0.05–	0.98–
	Light, dry	0.40	0.90
Desert		0.20–0.45	0.84–0.91
Grass	Long (1.0 m)	0.16–	0.90–
	Short (0.02 m)	0.26	0.95
Agricultural crops, tundra		0.18–0.25	0.90–0.99
Orchards		0.15–0.20	
Forests	Bare	0.15–	0.97–
	Leaved	0.20	0.98
Coniferous		0.05–0.15	0.97–0.99
Water	Small zenith angle	0.03–0.10	0.92–0.97
	Large zenith angle	0.10–1.00	0.92–0.97
Snow	Old	0.40–	0.82–
	Fresh	0.95	0.99
Ice	Sea	0.30–0.45	0.92–0.97
	Glacier	0.20–0.40	

Sources: Sellers (1965), List (1966), Paterson (1969) and Monteith (1973).

# MĚŘENÍ TOKŮ ZÁŘENÍ

- ▶ pyranometr (SW)
- ▶ pyrhelimetr (přímé SW)
- ▶ pyrgeometr (LW)
- ▶ net radiometr (kombinace SW a LW)
  - ▶ odlišení na základě vlnové délky
- ▶ net radiometr (celkové záření) – NR Lite2



# KIPP & ZONEN CNR 4

- ▶ měří odděleně všechny radiační toky
- ▶ 2 pyranometry, 2 pyrgeometry
- ▶ termočlánkový princip -> výstupem je napětí
  - ▶ nutná kalibrace
- ▶ měření vnitřní teploty (Pt100, termistor)
  - ▶ korekce pyrgeometru na teplotu přístroje
- ▶ provozní teplota  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 0-100% RH

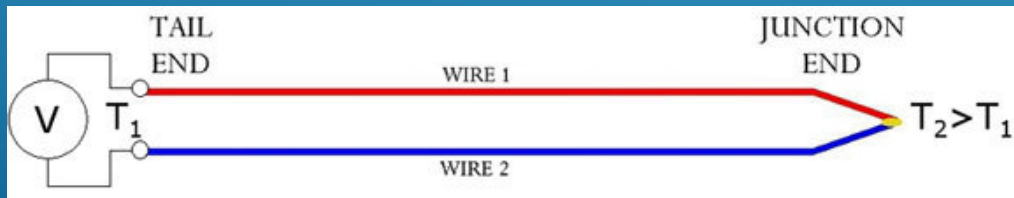


Figure 2.1 The dimensions of the CNR 4 with CNF 4 ventilation unit, side view

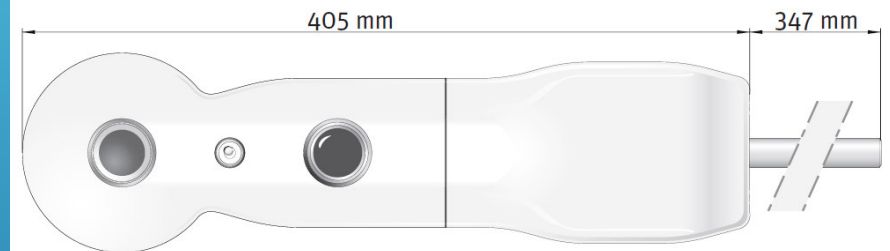


Figure 2.2 The dimensions of the CNR 4 with CNF 4 ventilation unit, top view

# KIPP & ZONEN CNR 4 - PYRANOMETRY

- ▶ měření  $S_{Win}$  a  $S_{Wout}$
- ▶ spektrální rozsah 300 - 2800 nm
- ▶ měřicí rozsah 0 – 2000  $W \cdot m^{-2}$
- ▶ časová odezva < 18 s (95 %)
- ▶ chyba denní sumy záření < 5 % (95 % pravd.)
- ▶ cosinová chyba

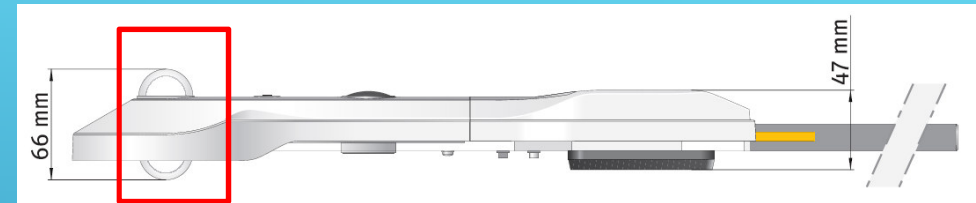


Figure 2.1 The dimensions of the CNR 4 with CNF 4 ventilation unit, side view

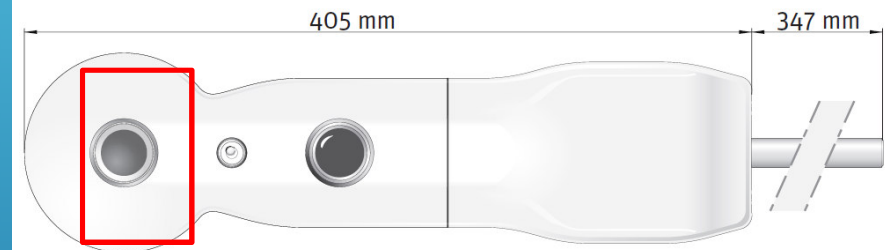


Figure 2.2 The dimensions of the CNR 4 with CNF 4 ventilation unit, top view

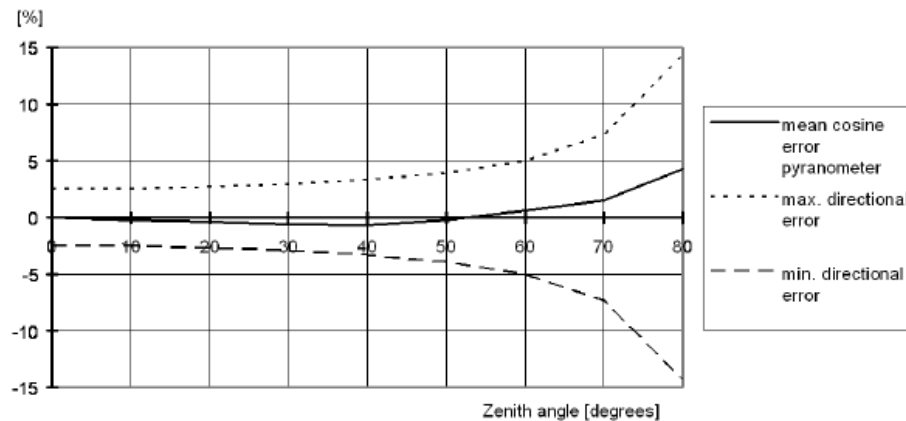


Figure 2.4 The directional response, or cosine response, of the pyranometer:  
On the horizontal axis, the zenith angle is shown (0E zenith angle equals 90E angle of incidence).  
The vertical axis shows the deviation from the ideal cosine behaviour expressed in percents.

# KIPP & ZONEN CNR 4 - PYRGEOMETRY

- ▶ měření  $L_{Win}$  a  $L_{Wout}$
- ▶ spektrální rozsah 4,5 - 42  $\mu m$  (filtr SW)
- ▶ měřicí rozsah -250 až 250  $W \cdot m^{-2}$  (rozdílová hodnota)
- ▶ časová odezva < 18 s (95 %)
- ▶ chyba denní sumy záření < 10 % (95 % pravd.)

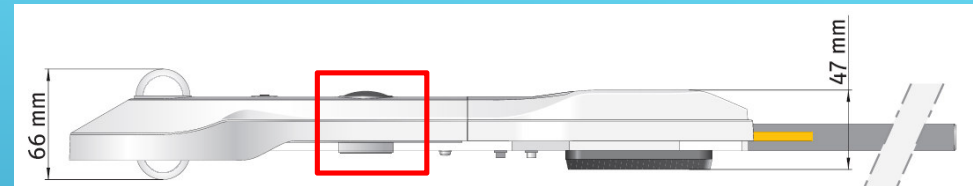


Figure 2.1 The dimensions of the CNR 4 with CNF 4 ventilation unit, side view



Figure 2.2 The dimensions of the CNR 4 with CNF 4 ventilation unit, top view



# KIPP & ZONEN CNF4 – VENTILAČNÍ JEDNOTKA K CNR 4

- ▶ přítomnost vody na pyrgeometrech hrubě zkresluje měření
- ▶ CNF4 provádí ohřev a ventilaci přístroje -> brání kondenzaci vody
- ▶ spotřeba: 5 W ventilace + 10 W (20 W) ohřev
- ▶ vyžaduje občasné čištění filtru

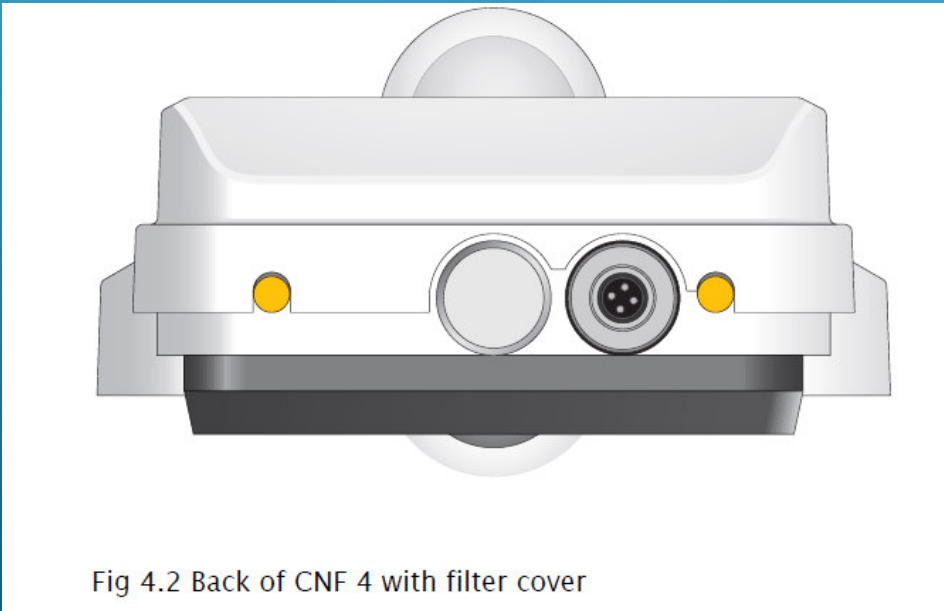


Fig 4.2 Back of CNF 4 with filter cover

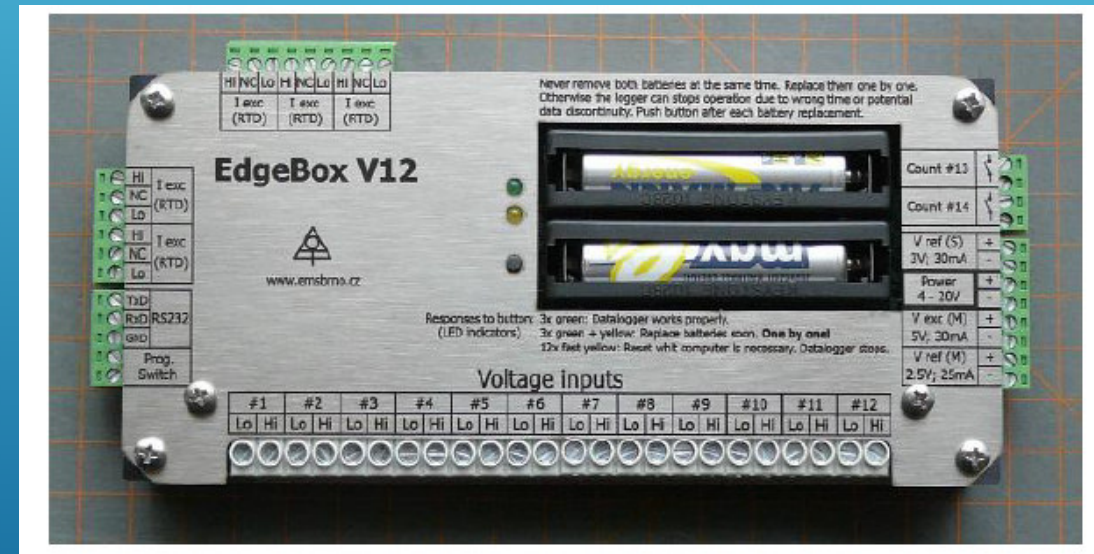
# ANEMOMETR ATMOS 22

- ▶ Ultrazvukový anemometr
  - ▶ Měří rychlost ultrazvukových signálů
    - ▶ Rychlost větru (2D/3D) – velmi přesná
    - ▶ Virtuální teplota
- ▶ Typ ATMOS 22
  - ▶ Měřicí rozsah 0-30 m/s
  - ▶ Rozlišení 0,01 m/s
  - ▶ Přesnost 0.3 m/s nebo 3 %
  - ▶ Směr větru s přesností 5°
  - ▶ Pracovní teplota -50°C až 60°C

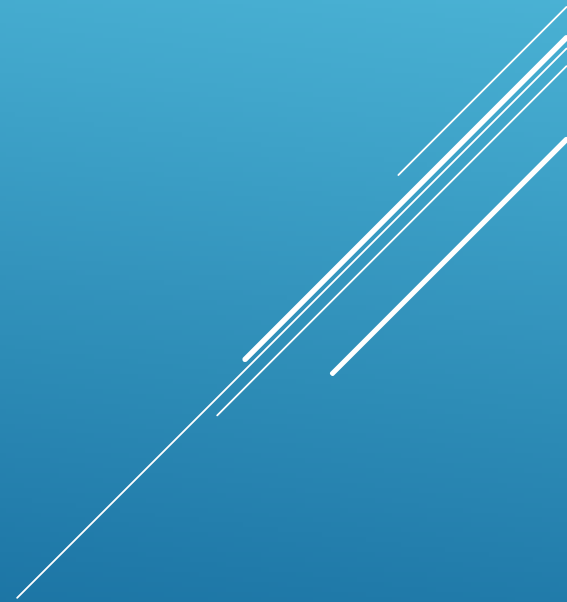


# DATALOGGER EMS EDGEBOX V8/V12

- ▶ multikanálový záznamník
- ▶ napěťové vstupy (8/12 kanálů), např. termočlánky
- ▶ zdroje proudu pro odporové teplotní snímače
- ▶ čítače pulsů (srážkoměr, anemometr)
- ▶ bateriové nebo externí napájení
- ▶ možnost průměrování záznamů
- ▶ paměť 220 000 hodnot



DĚKUJI ZA POZORNOST



# ZDROJE

- ▶ Columbia University in the City of New York (2020): The Black Body Radiation Spectrum., [http://xtide.ideo.columbia.edu/mpa/Clim-Wat/Climate/lectures/energy/bb\\_spectrum.html](http://xtide.ideo.columbia.edu/mpa/Clim-Wat/Climate/lectures/energy/bb_spectrum.html)
- ▶ Environmental Measuring Systems (2011): Datalogger EdgeBox V12/12c, User's Manual
- ▶ Georgia Institute of Technology (2020): Surface Heat Flux Parameterization and Surface Energy Balance, <https://deng.eas.gatech.edu/node/26>
- ▶ Kipp & Zonen (2014): CNR4 Net Radiometer Instruction Manual
- ▶ METER Group (2021): ULTRASONIC ANEMOMETER, <https://www.metergroup.com/environment/products/atmos-22-sonic-anemometer/>
- ▶ Oke, T. R. (1987): Boundary layer climates, 435 s.
- ▶ University of Cambridge (2009): THERMOELECTRIC MATERIALS FOR THERMOCOUPLES, <https://www.msm.cam.ac.uk/utc/thermocouple/pages/ThermocouplesOperatingPrinciples.html>
- ▶ University of Washington (2020): Solar radiation spectrum , <https://atmos.washington.edu/~hakim/101/radiation/>