

Foto: Matjaž Čater



# SPREMLJANJE TOKA OGLJIKA V KRAŠKIH EKOSISTEMIH Z MIKROMETEOROLOŠKIMI METODAMI

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**Marec 2013**

**Mitja FERLAN**



Foto: Matjaž Čater

# VSEBINA

## Uvod

## Pregled objav

- Ponorna aktivnost terestričnih ekosistemov
- Mikrometeorološke metode v ekologiji

## Metode dela

- Raziskovalno območje
- Eddy covariance
- Komore

## Rezultati

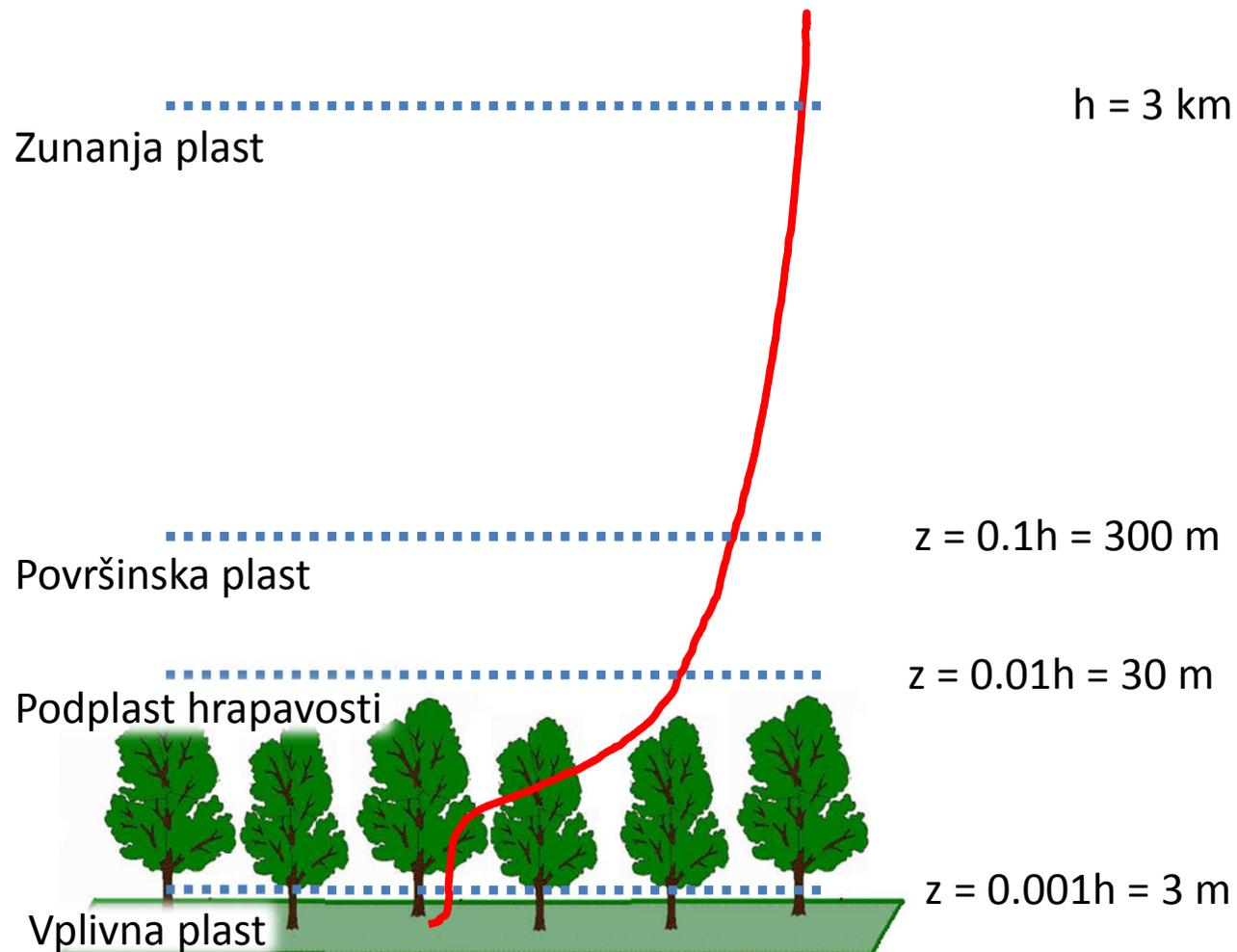
- Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov (H1)
- Kvaliteta podatkov izmerjenih po metodi eddy covariance (H2)
- Samogretje merilnih inštrumentov (H3)
- Dihanje tal (H4)

## Zaključki

# UVOD

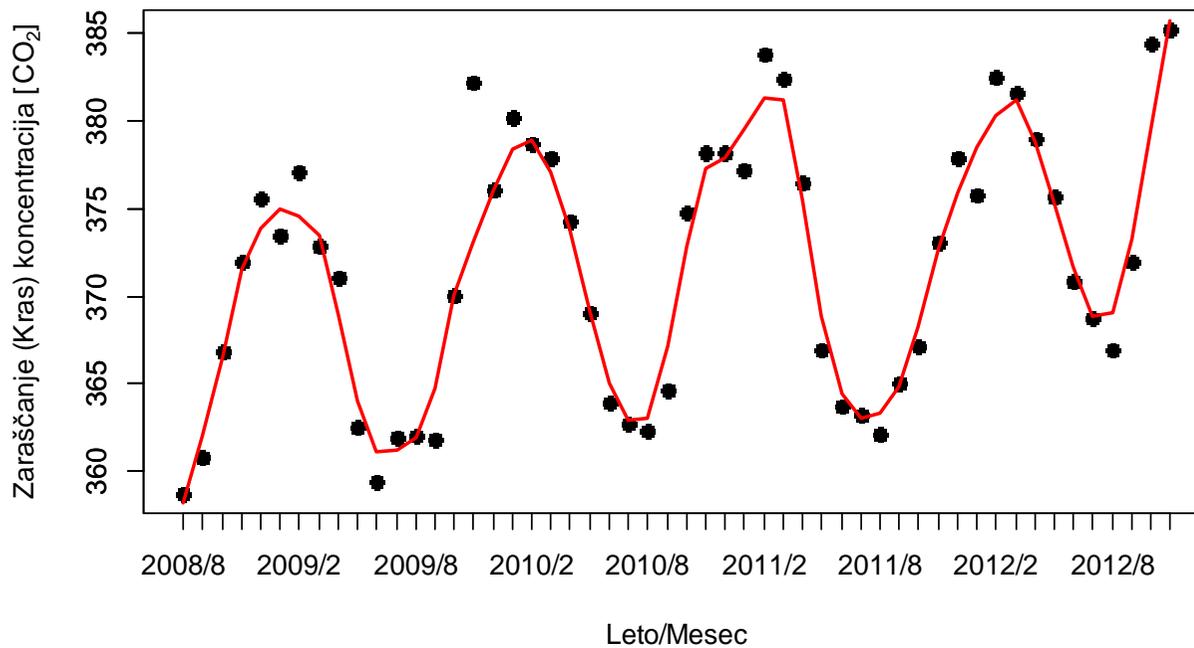
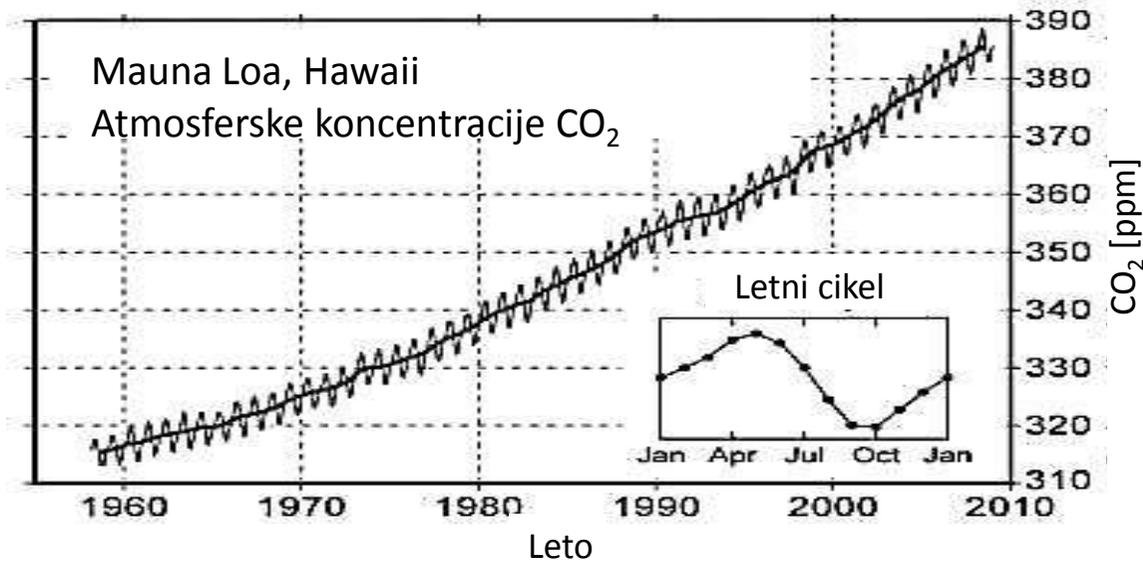
**Mejna plast ozračja:** od 20 m do 5 km  
Ponavadi od 20 m do 500 m

**Mejna plast ozračja**



Prirejeno po Arya, 1988

# UVOD



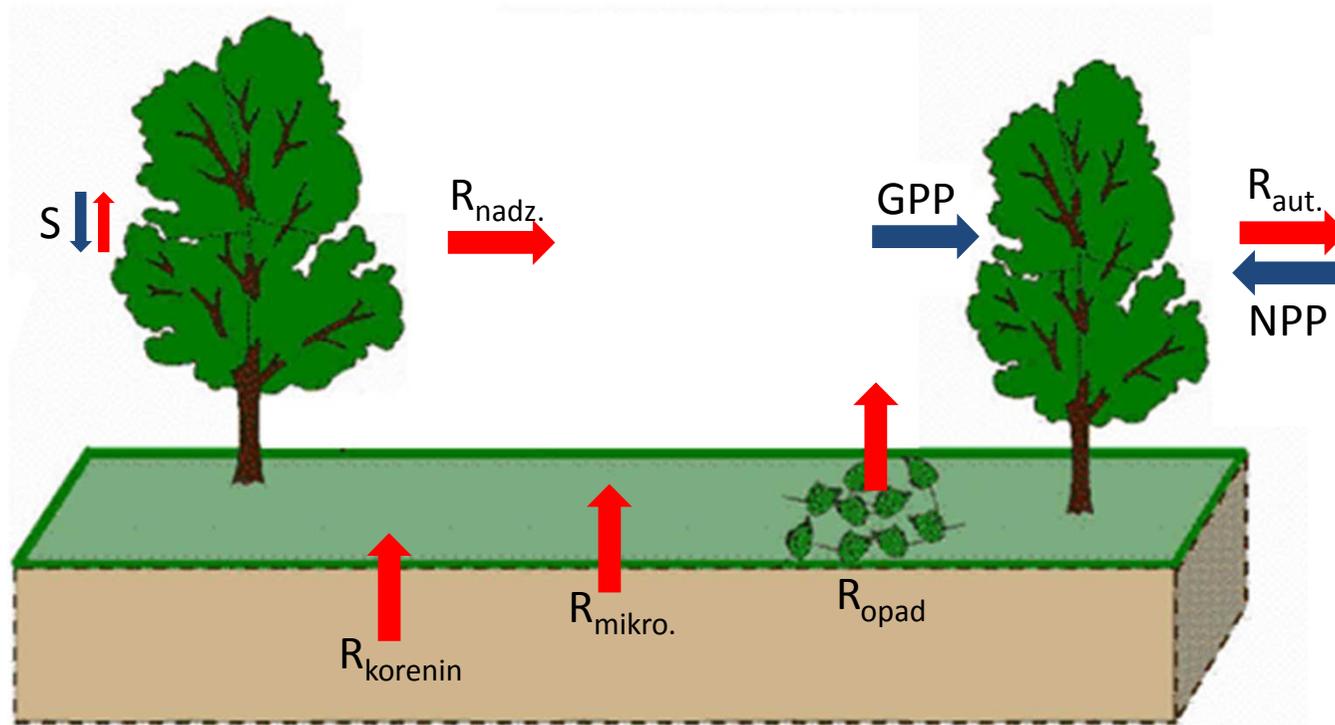
# UVOD



---

$$\downarrow \uparrow \text{NEP} = -\text{NEE}$$

---



$$\text{NEP} = \text{GPP} - (\text{R}_{\text{aut}} + \text{R}_{\text{het}} + \text{T}_{\text{izp.}} + \text{T}_{\text{mot.}} + \text{T}_{\text{dr.}}) \pm \text{T}_{\text{lat}} \pm \text{S}$$



$$\text{NEP} \approx \text{GPP} - \text{Reco} = -\text{NEE}$$

# UVOD



## Cilji

### Hipoteze

**Preučiti ponorno aktivnost preučevanih ekosistemov.**

**Pričakujemo povečanje ponora ogljika ob zaraščanju.**

**Preveriti kvaliteto podatkov izmerjenih po metodi eddy covariance.**

**Ker na uspešnost meritev vpliva tudi vegetacija in heterogenost terena, predvidevamo, da bo kvaliteta izmerjenih podatkov za zaraščajočo površino in pašnik, različna.**

**Preveriti samogretje merilnih inštrumentov.**

**Predvidevamo, da v našem primeru, zaradi temperaturnega režima ekosistema, samogretja odprtega analizatorja ni.**

**Izmeriti komponento dihanja tal.**

**Avtomatski sistem za meritve dihanja tal z večjim številom merilnih komor, znatno prispeva k poznavanju časovne in prostorske variabilnosti dihanja tal.**



**PREGLED  
OBJAV**

## **Ponorna aktivnost terestičnih ekosistemov**

Tropski gozdovi:	od -0.7 do -5.9 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>
Gozdovi zmernega pasu:	od -0.8 do -7.0 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>
Borealni gozdovi:	od -1.8 do -2.5 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>
Kmetijske površine:	od -2.1 do +6.4 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>
Savane:	od -0.42 to -0.24 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>

### **Travišča - 80% ponor ogljika**

Ekstenzivna:	-0.7 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>
Intenzivna:	-1.8 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>
Ekstenzivna + suha:	+0.73 MgCha <sup>-1</sup> leto <sup>-1</sup>

### **Opuščena travišča oz. kmetijske površine**

Evropa: 13% kmetijskih površin opuščenih od 1961 do 2001

Opuščene kmetijske površine (Pianosa): -2.6 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>

### **Kraški ekosistemi - Mediteranske dežele**

12% površja Zemlje karbonatnega – **direktni vpliv na ogljikov cikel?**

Študije: geogeni CO<sub>2</sub> pomemben pri delitvi NEE

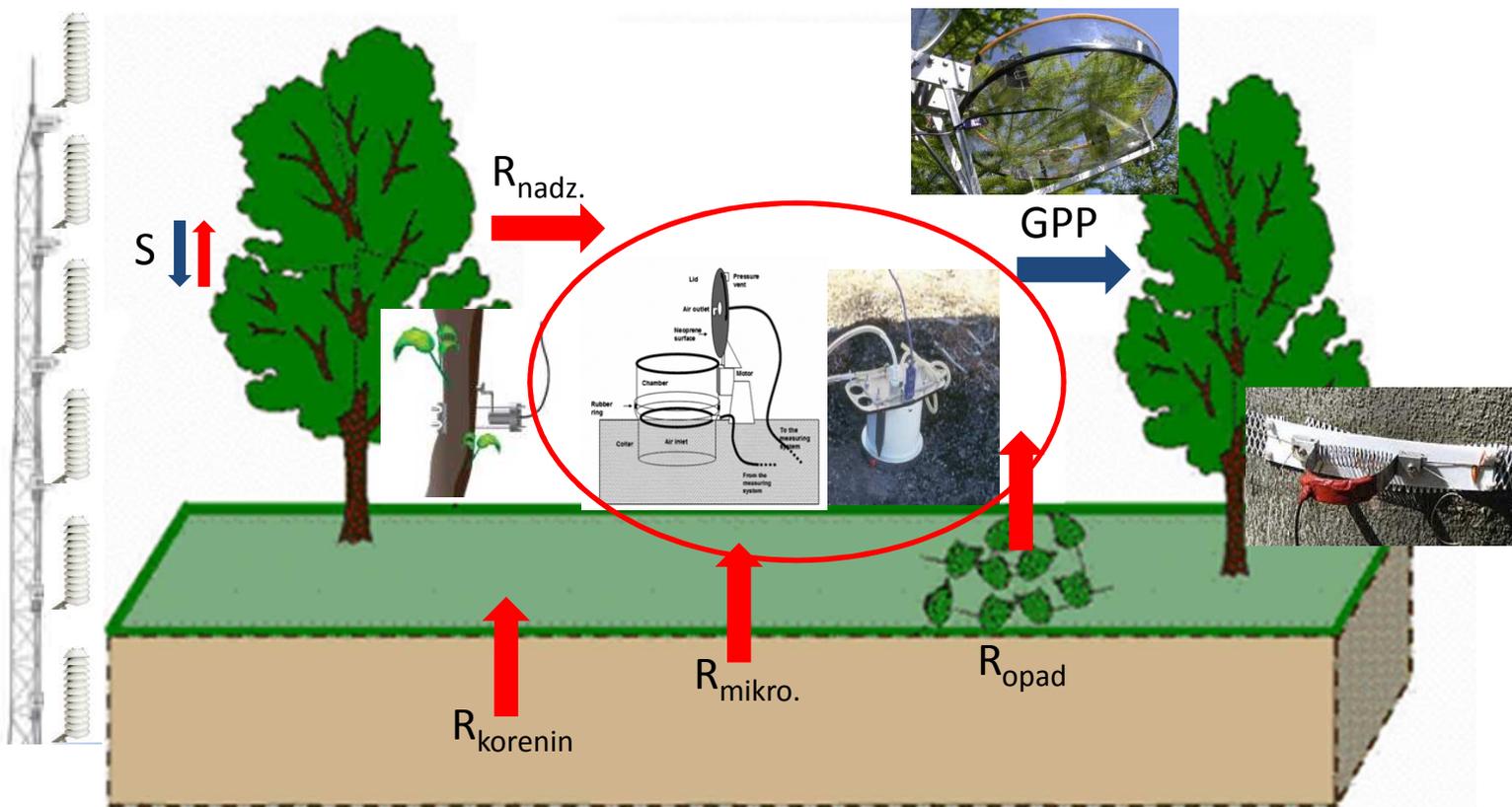
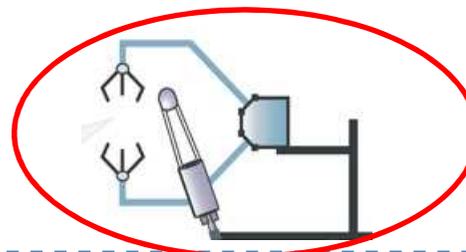
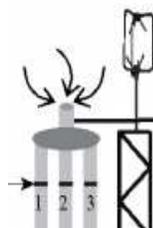
Ekstenzivni pašnik :

Zaraščanje:

**Meritve: Podgorski kras**

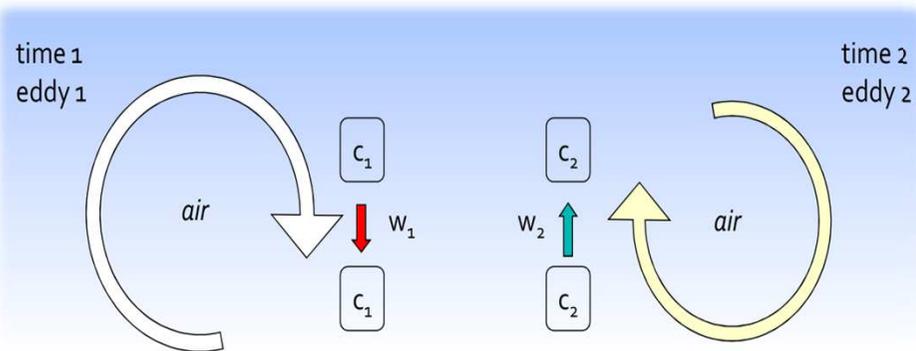
PREGLED  
OBJAV

## Mikrometeorološke metode v ekologiji



# PREGLED OBJAV

## Eddy covariance



Oprema:

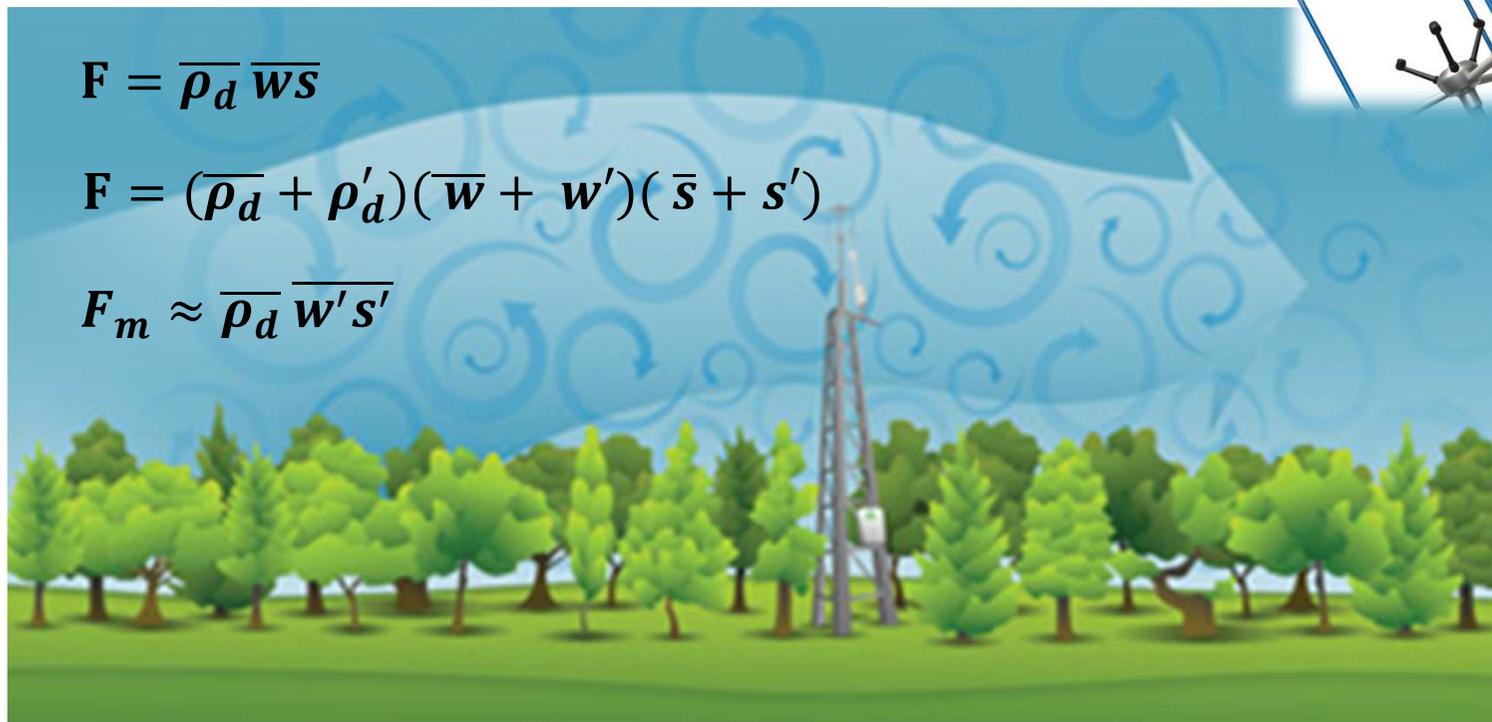
- OP (LI-7500)
- CP (LI-7000)
- EN (LI-7200)



$$F = \overline{\rho_d} \overline{w s}$$

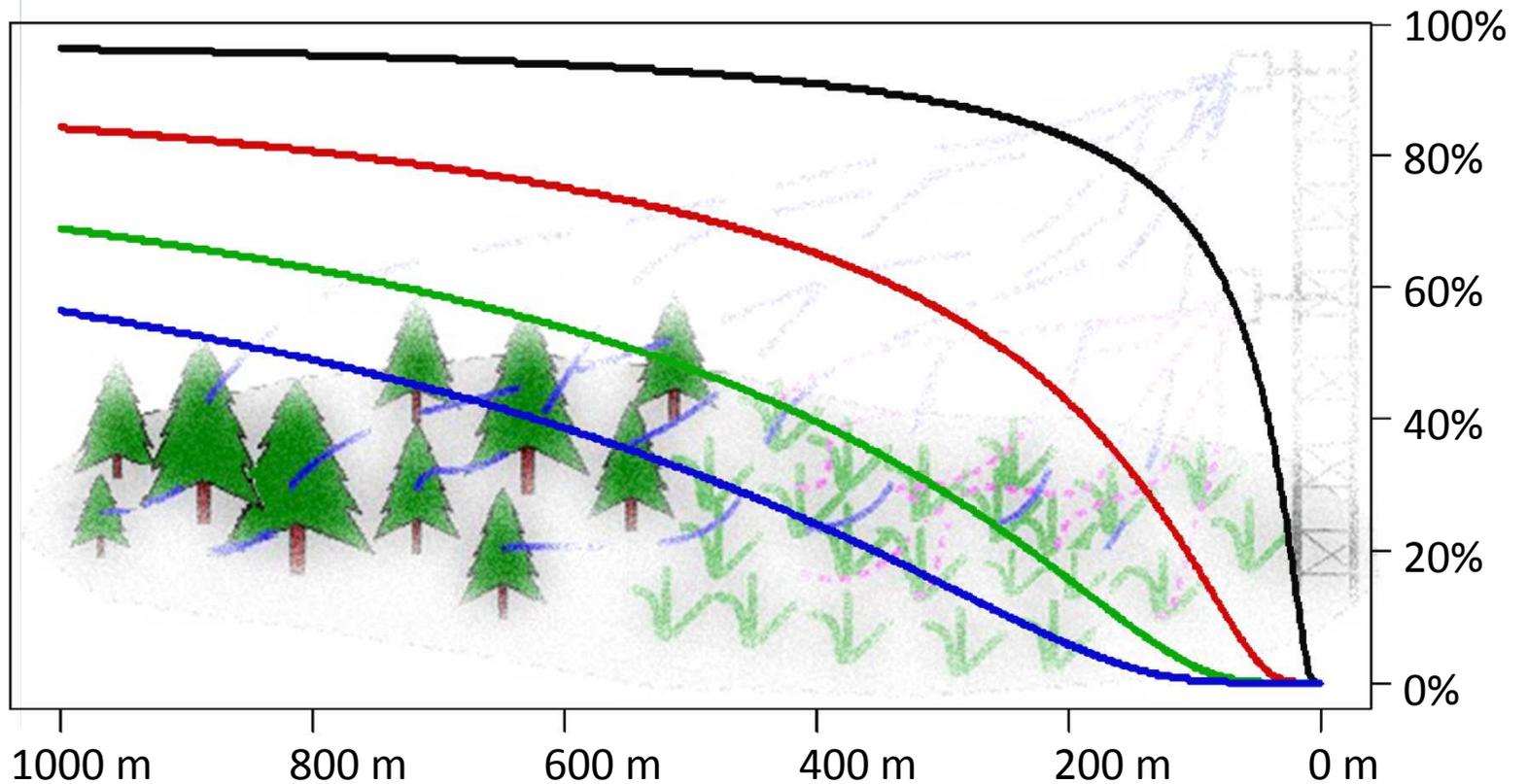
$$F = (\overline{\rho_d} + \rho'_d)(\overline{w} + w')(\overline{s} + s')$$

$$F_m \approx \overline{\rho_d} \overline{w' s'}$$



PREGLED  
OBJAV

## Eddy covariance



Doseg meritev (ang. footprint):

- hitrost vetra
- višina merjenja
- višina vegetacije
- grobost vegetacijskega pokrova

— z = 2m      — z = 12m  
— z = 6m      — z = 18m

Uporabljeni model: Schuepp in sod., 1990



**PREGLED  
OBJAV**

Eddy covariance

*Pretvorba surovih enot v vsebinske*

*Odstranitev osamelcev*

*Rotacija koordinat 3D anemometra*

*Odstranitev zamika med senzorjema*

*Izračun povprečji*

*Različne frekvenčne korekcije* ~ 30%

*Webb-Pearman-Leuning korekcija (WPL)* ~ 40%

*Korekcija zaradi samogretja OP analizatorja* ~ 20%

***Dopolnjevanje podatkov NEE (angl. gap-filling)***

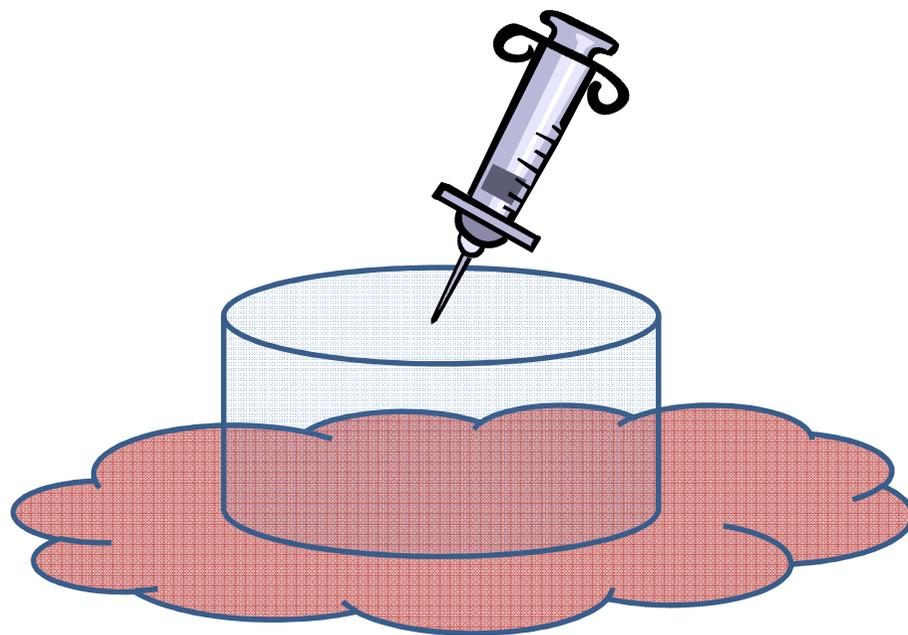
***Delitev NEE na GPP in Reco***

***Analiza negotovosti***

# PREGLED OBJAV

## Komore

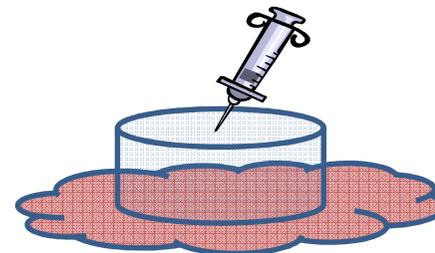
*Zaprta statična komora  
(angl. Closed static chamber)*



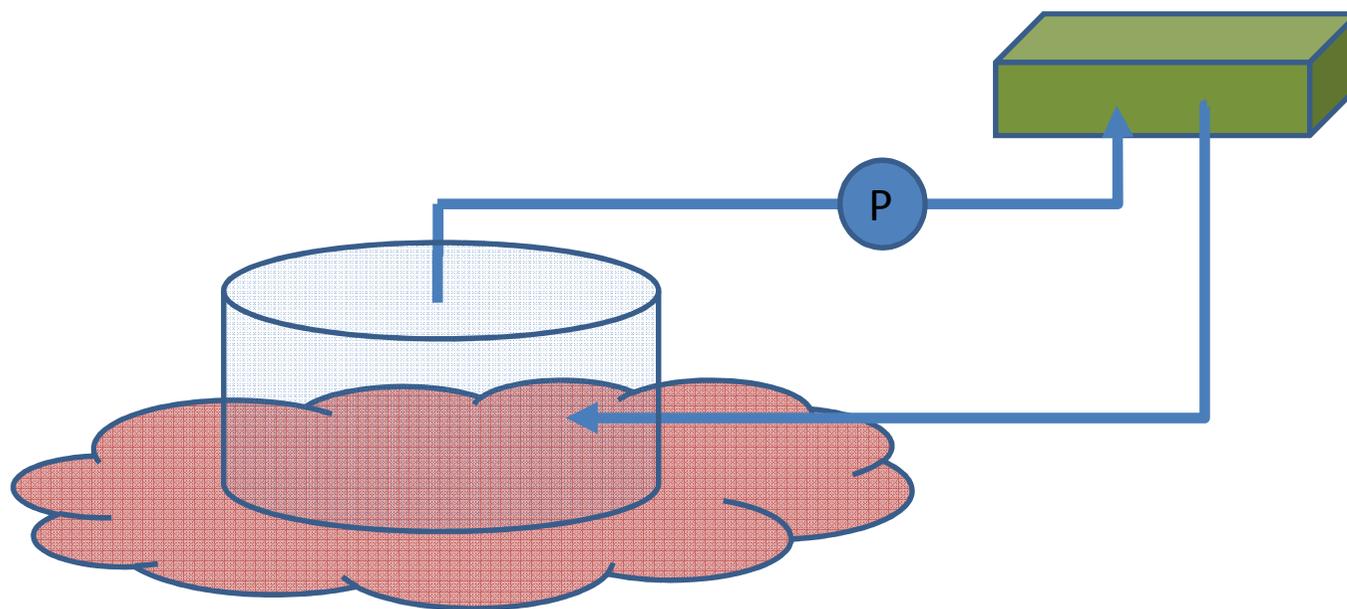
# PREGLED OBJAV

## Komore

*Zaprta statična komora*  
(*angl. Closed static chamber*)



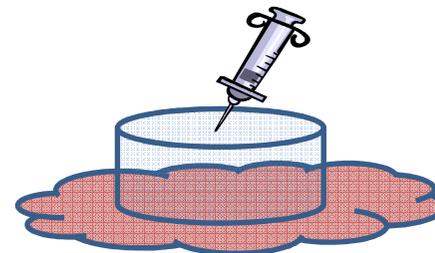
*Zaprta dinamična komora*  
(*angl. Closed dynamic chamber*)



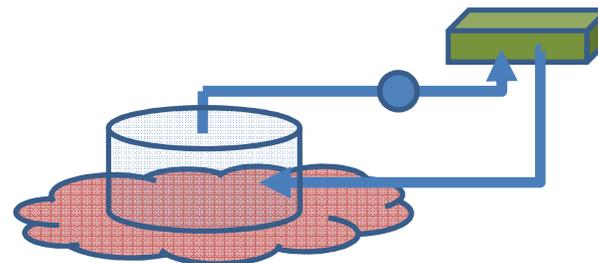
# PREGLED OBJAV

## Komore

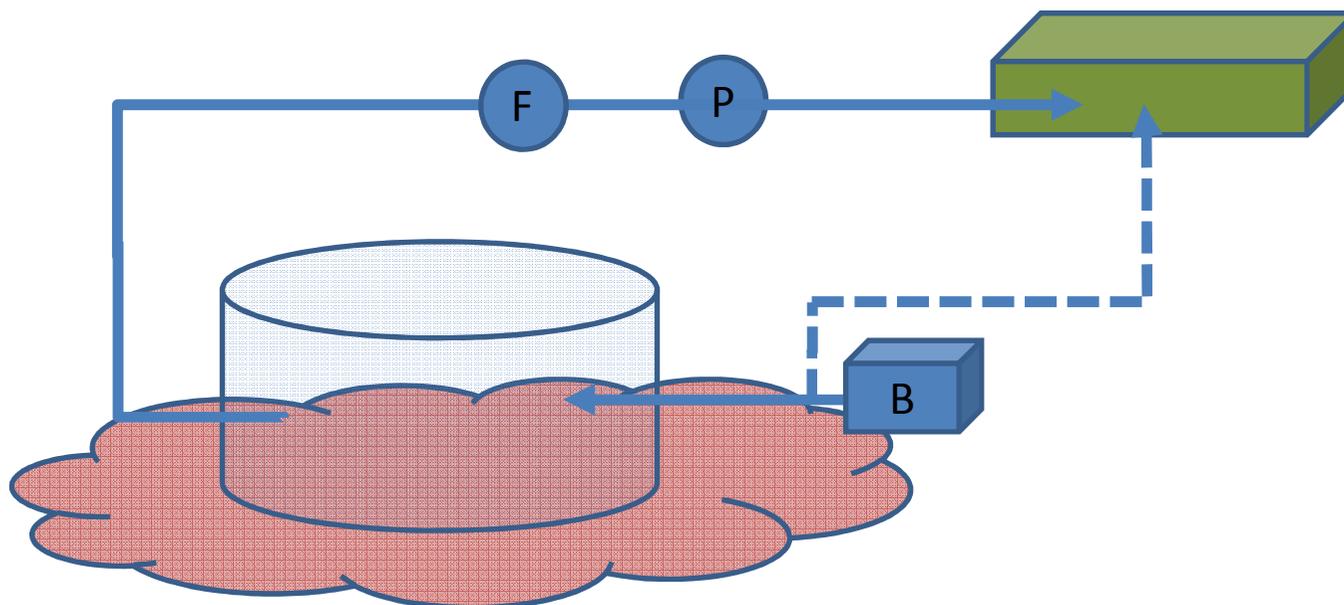
*Zaprta statična komora*  
(*angl. Closed static chamber*)



*Zaprta dinamična komora*  
(*angl. Closed dynamic chamber*)

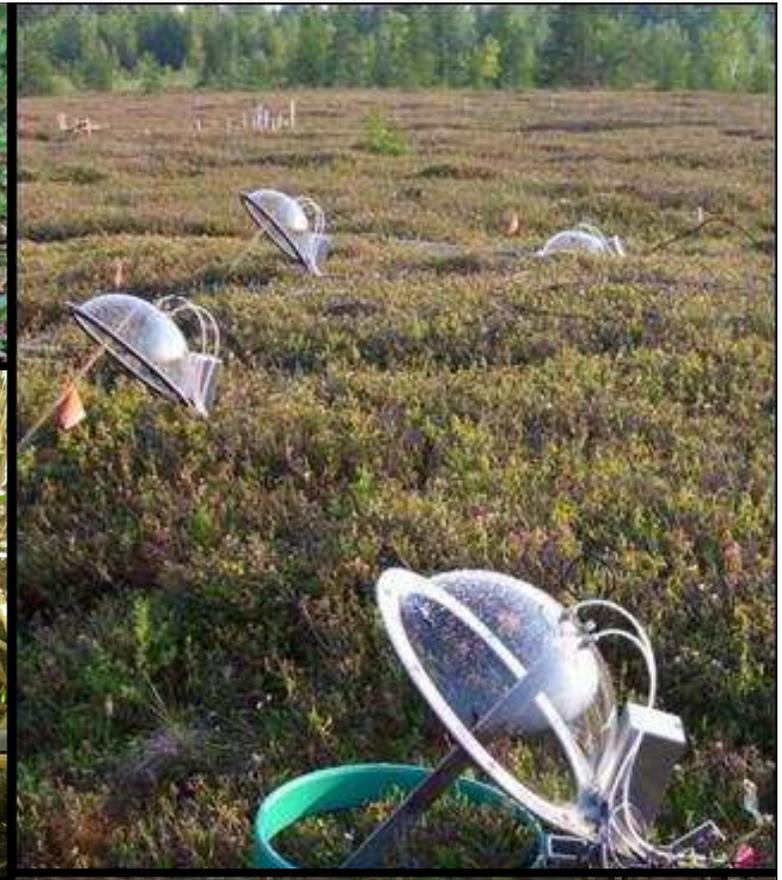


*Odprta dinamična komora*  
(*angl. Open dynamic chamber*)



PREGLED  
OBJAV

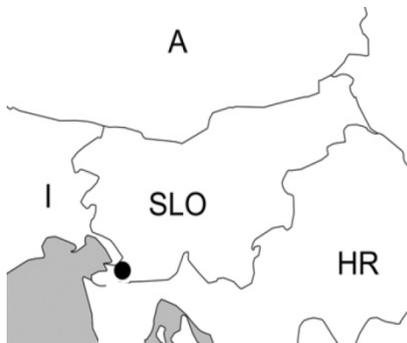
Komore



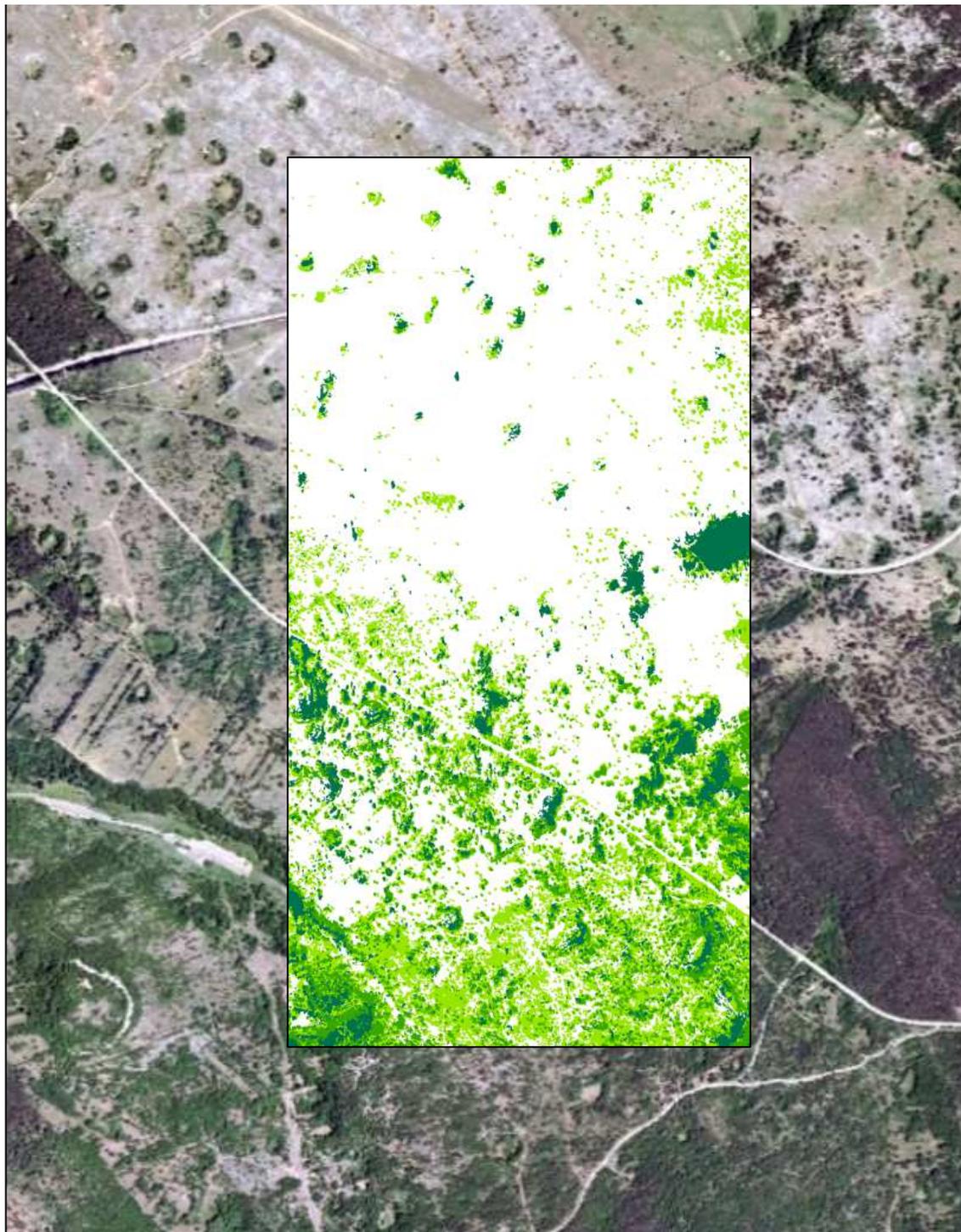
# METODE DELA



## Raziskovalno območje

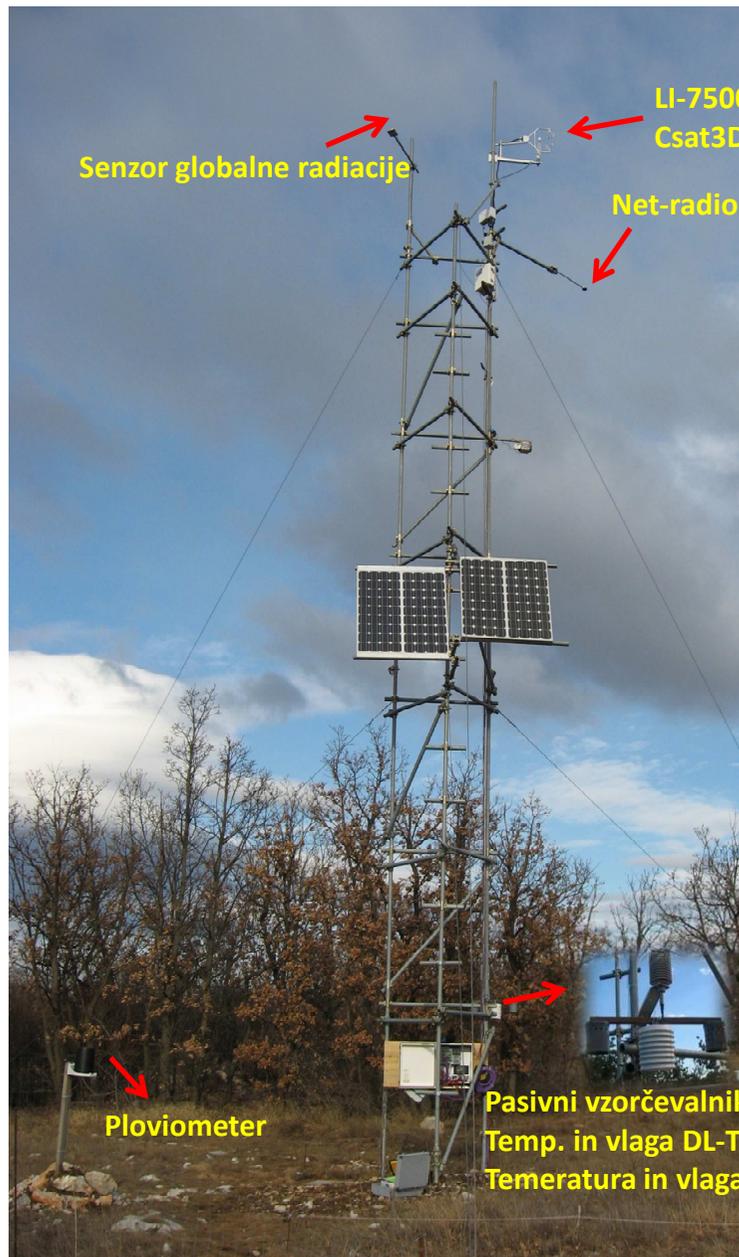


-  Gozd leta 1957
-  Zaraščanje med 1957-1975
-  Zaraščanje med 1975-2009



# METODE DELA

## Eddy covariance – ploskev Zaraščanje



Senzor globalne radiacije

LI-7500  
Csat3D

Net-radiometer

Ploviometer

Pasivni vzorčevalniki ozona  
Temp. in vlaga DL-TH120 USB  
Temeratura in vlaga - Visala

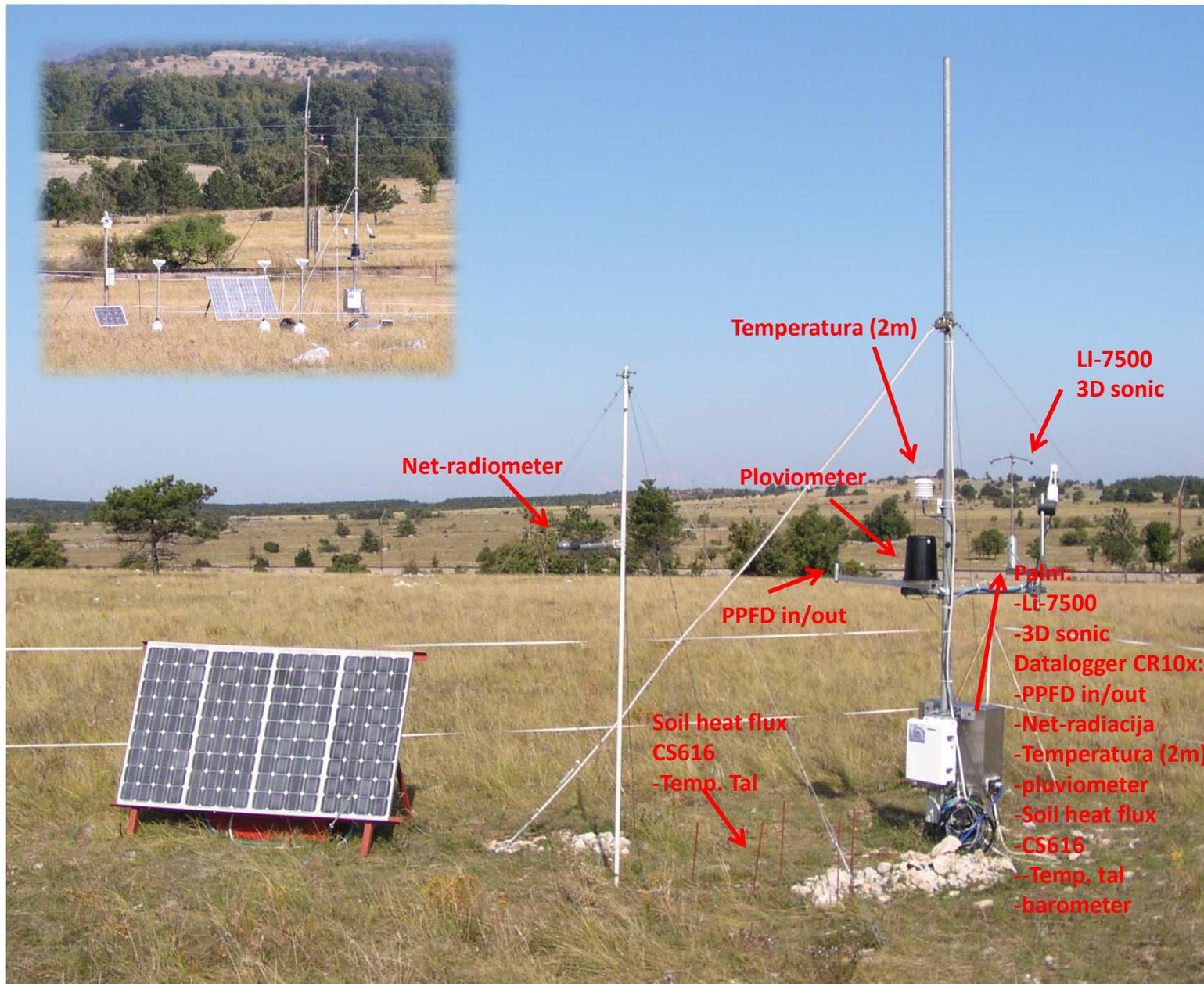
Modem za prenos podatkov.  
-Dveurni intervali.  
-Avtomatska obdelava na PC  
-Objava na internetu:  
<http://petelin.gov.si/si/kras/>

Datalogger CR 3000:  
-LI-7500  
-Csat3D  
-Globalna radiacija  
-Net-radiacija  
-visala (T&RH 2m)  
-pluviometer  
-Soil heat flux  
-CS616  
-Temp. Tal (TCAV)  
-barometer

Datalogger Davis  
(senzorji na 10m)

# METODE DELA

## Eddy covariance – ploskev Pašnik





# Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov

## Obdelava podatkov

- Obdelava surovih podatkov v EdiRe
- Predlagane korekcije
- Dopolnjevanje podatkov NEE  
Na podlagi VPD, Ta in Rg
- Izračun dosega meritev

$$CNF = e^{-\frac{u \cdot (z-d)}{u \cdot k \cdot x}}$$

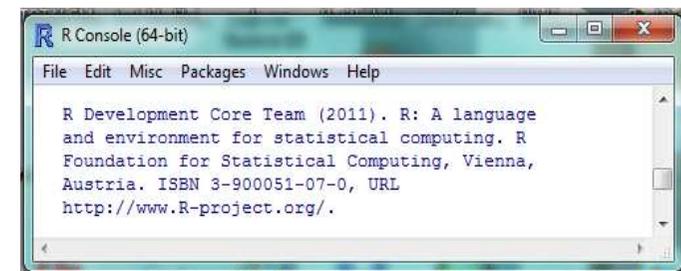
$$\log(d) = 0.98 * \log(h_0) - 0.15$$

- Statistične obdelave in  
grafični prikazi v R 2.13.2

EdiRe  
Data Software

0101110  
1110110  
0011100

Author: Robert Clement  
Version: 1.5.0.28  
Copyright: 1999, University of Edinburgh  
Company: University of Edinburgh  
DSP library: Intel Signal Processing  
Library Version 4.1  
Copyright 1998, Intel Corporation, All Rights Reserved





# Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov

## Obdelava podatkov

- Delitev NEE na GPP in Reco

$$Reco = a \cdot e^{\left(\frac{b}{T_{ref}-T_0} - \frac{b}{T_a-T_0}\right)}$$

$$NEE = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot e^{-k(VPD-VPD_0)} \cdot Rg}{\alpha \cdot Rg + \beta \cdot e^{-k(VPD-VPD_0)}} + a \cdot e^{\left(\frac{b}{T_{ref}-T_0} - \frac{b}{T_s-T_0}\right)}$$

- Ocena negotovosti

$$\delta_{NEE} = \sqrt{\delta_{MEAS}^2 + \delta_{GAP}^2}$$

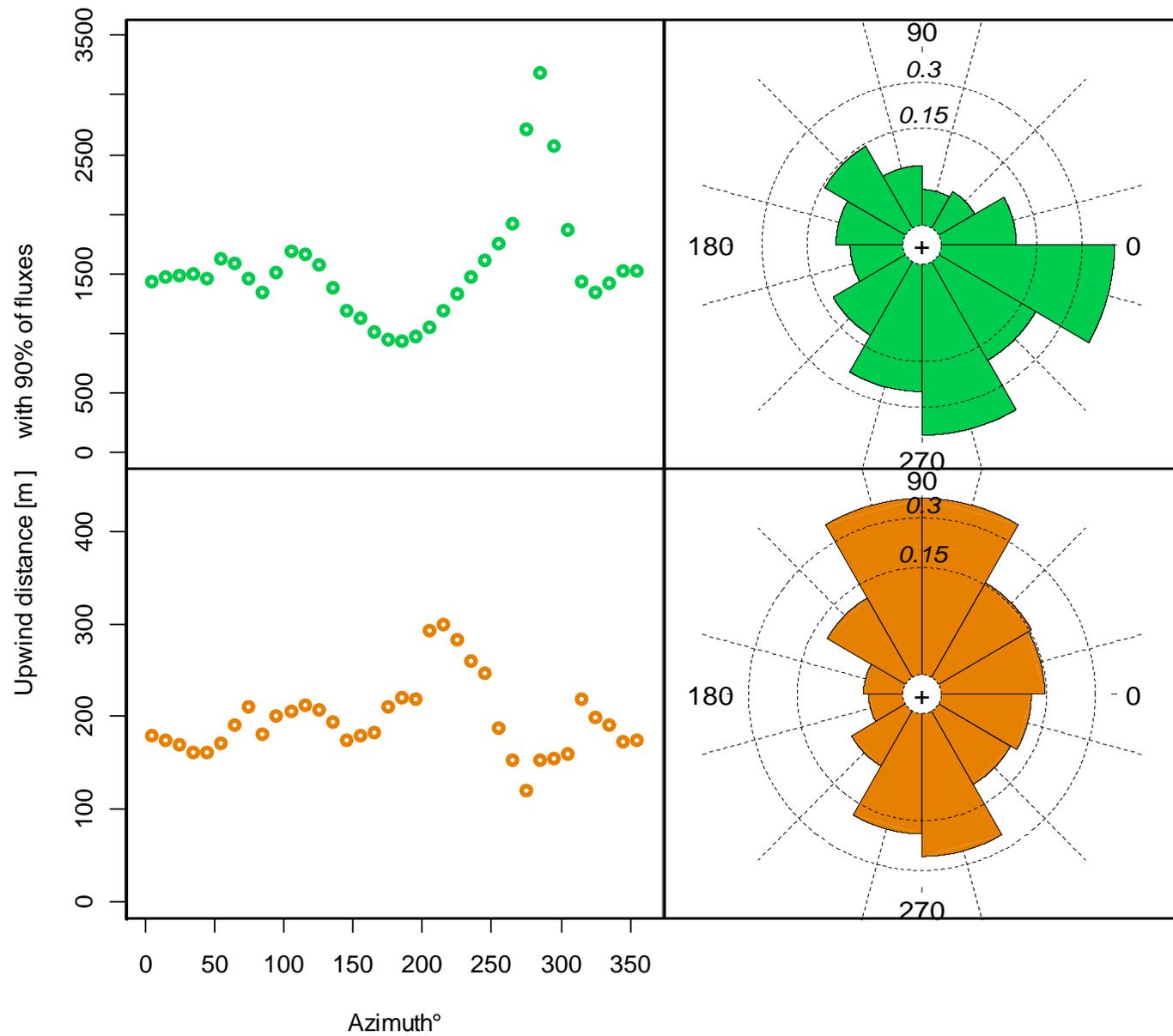
- Različni kazalniki in parametri, npr.:

$$VPD = 610.78 \cdot e^{\frac{Ta \cdot 17.2694}{(Ta+238.3)}} \cdot \left(1 - \frac{Rh}{100}\right)$$

$$RI = \alpha + \log\left(\frac{\sqrt{P}}{VPD \cdot t^2}\right)$$

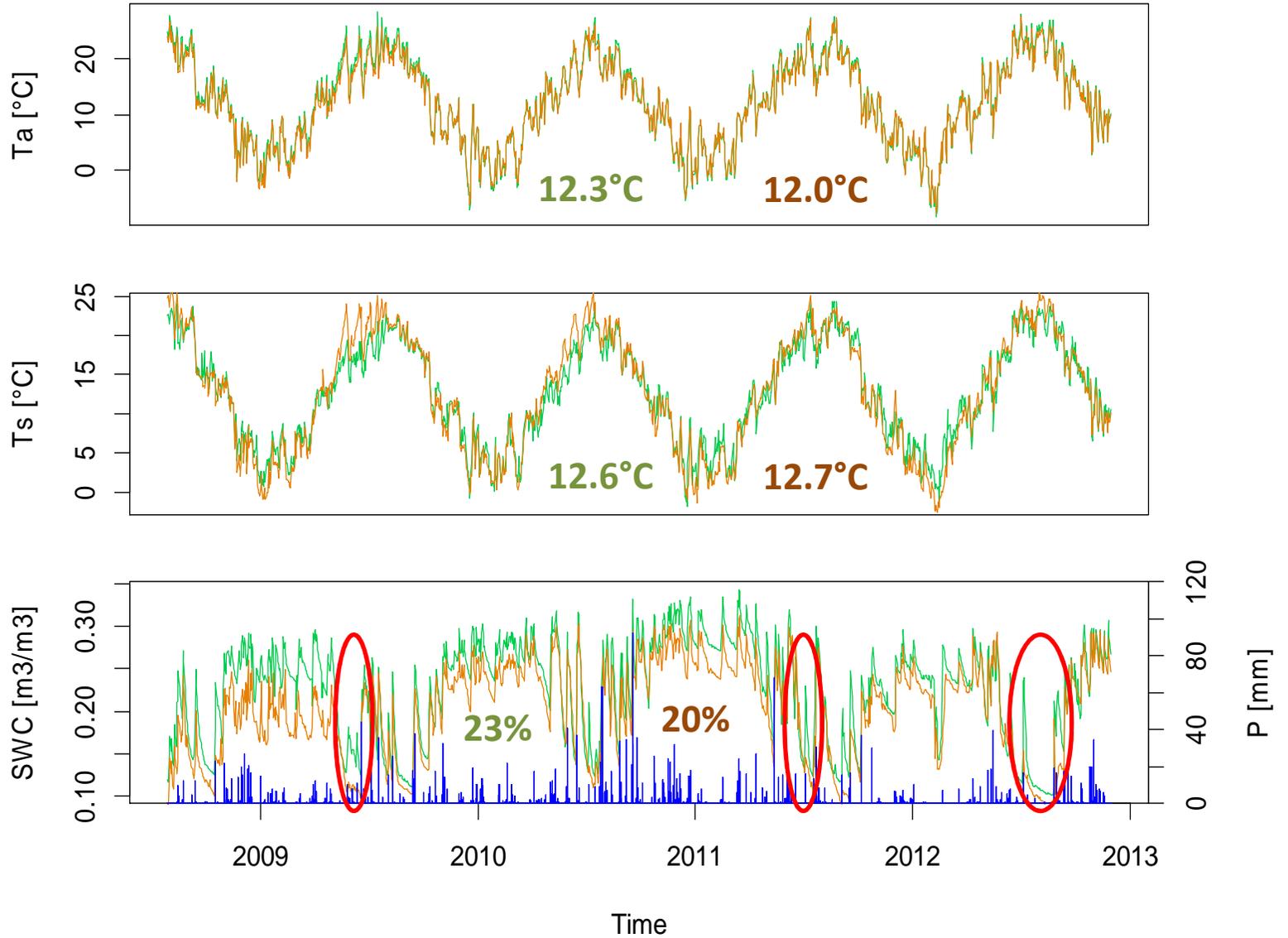


## Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov



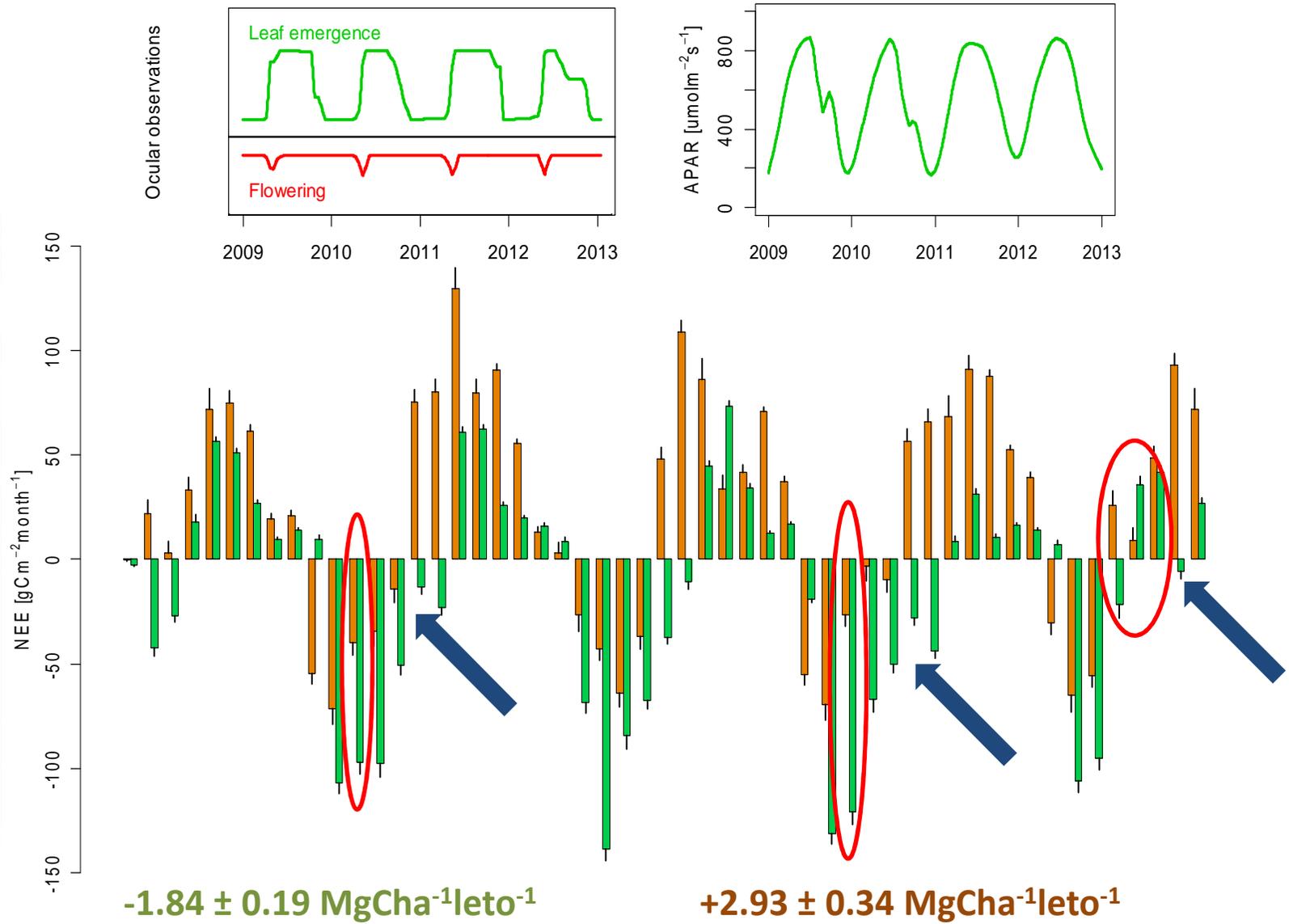


## Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov



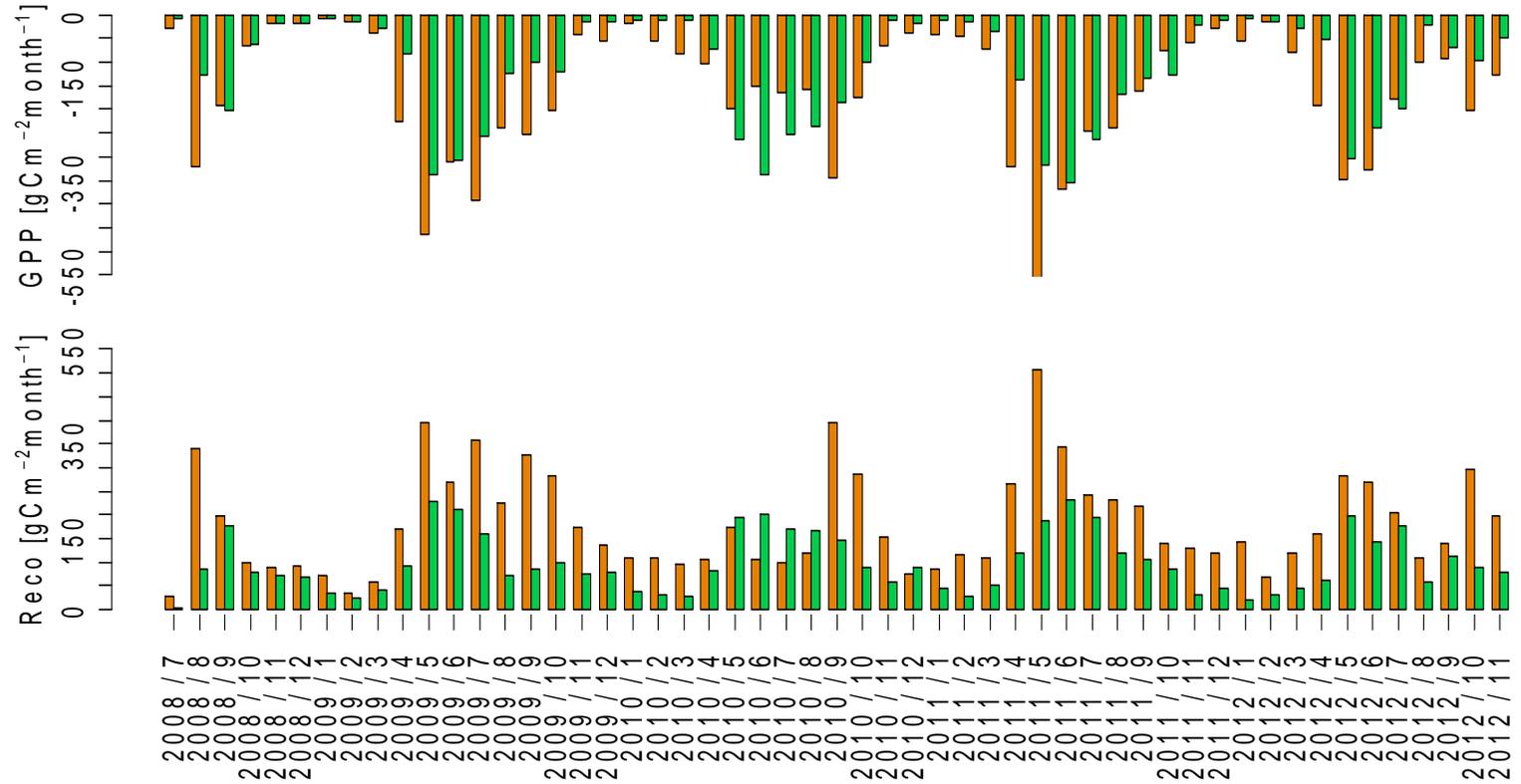


## Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov





# Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov



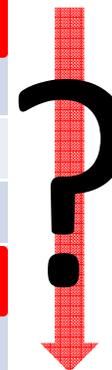
$$NEE = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot e^{-k(VPD-VPDo)} \cdot Rg}{\alpha \cdot Rg + \beta \cdot e^{-k(VPD-VPDo)}} + a \cdot e^{\left(\frac{b}{T_{ref}-T_0} - \frac{b}{T_s-T_0}\right)}$$

REZULTATI

H1

## Ponorna aktivnost preučevanih ekosistemov

Site	Year	Vegetation season	NEE [gCm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> ]	S.d. of NEE [gCm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> ]	P [mm]	Ta [°C]	Ts [°C]	SWC [m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ]	RI
Grassland	2009	No	392.258	14.664	499	8.899	8.417	0.228	2.230
	2009	Yes	-138.525	18.784	230	16.784	20.714	0.169	2.267
	2010	No	388.028	14.838	415	7.742	8.584	0.269	2.150
	2010	Yes	-118.662	18.575	528	14.184	17.949	0.256	2.437
	2011	No	375.624	14.716	324	9.235	9.219	0.250	2.357
	2011	Yes	-106.891	18.356	446	18.220	20.609	0.196	2.399
	2012	No	343.927	11.618	258	9.564	8.706	0.244	2.665
	2012	Yes	-67.652	18.528	344	18.402	19.796	0.178	1.880
Succession	2009	No	150.783	5.865	285	7.622	8.655	0.263	2.381
	2009	Yes	-356.449	12.971	362	16.745	18.017	0.208	2.207
	2010	No	170.032	5.874	434	6.091	7.783	0.302	2.403
	2010	Yes	-387.265	13.040	687	14.721	15.621	0.260	2.194
	2011	No	60.714	5.902	235	8.920	9.162	0.281	2.416
	2011	Yes	-416.094	12.988	382	16.155	17.767	0.231	2.491
	2012	No	62.027	4.742	180	8.825	9.835	0.275	2.463
	2012	Yes	-137.945	13.042	317	15.290	16.361	0.204	2.325



Vegetacijska sezona: od 1.4. do 30.9.

# ZAKLJUČKI

Na podlagi meritev z metodo Eddy covariance lahko zaključimo, da zaraščanje opuščanih kraških pašnikov poveča ponorno akrivnost za ogljik in to pripravlja do spremembe ogljikovega cikla.

**-1.84 ± 0.19 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>**

**+2.93 ± 0.34 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>**

**H1**



Potrdimo lahko tudi, da nekatere značilnosti kraških ekosistemov, kot sta heterogenost terena, vremenske razmere in vegetacija, vplivajo na kvaliteto meritev po metodi eddy covaraince.

**H2**

Uporaba B4 metode za korekcijo NEE, zaradi samogretja merilnega inštrumenta, ni primerna za preučevana ekosistema, saj za nekatere vremenske razmere daje nerealne rezultate. Predlagamo uporabo enakega pristopa, vendar le na podlagi meritev izvedenih na uporabljeni merilni opremi na terenu – SISC korekcija.

**H3**

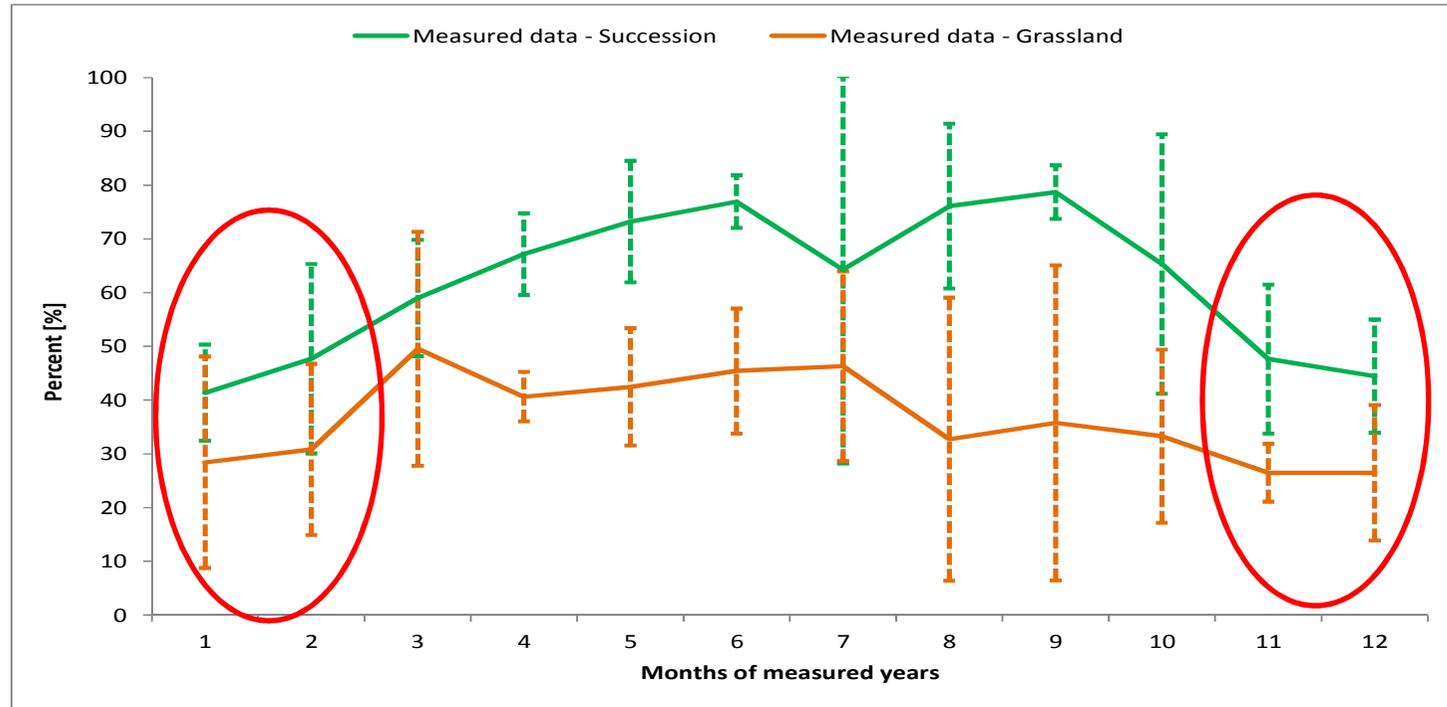
Na podlagi meritev dihanja tal, lahko zaključimo, da avtomatski sistem poveča poznavanje časovne variabilnosti tega parametra. Ročne meritve dihanja tal na večjem področju, nam dajo boljši vpogled v prostorsko variabilnost spremljanega parametra.

**H4**





## Kvaliteta podatkov izmerjenih po metodi EC

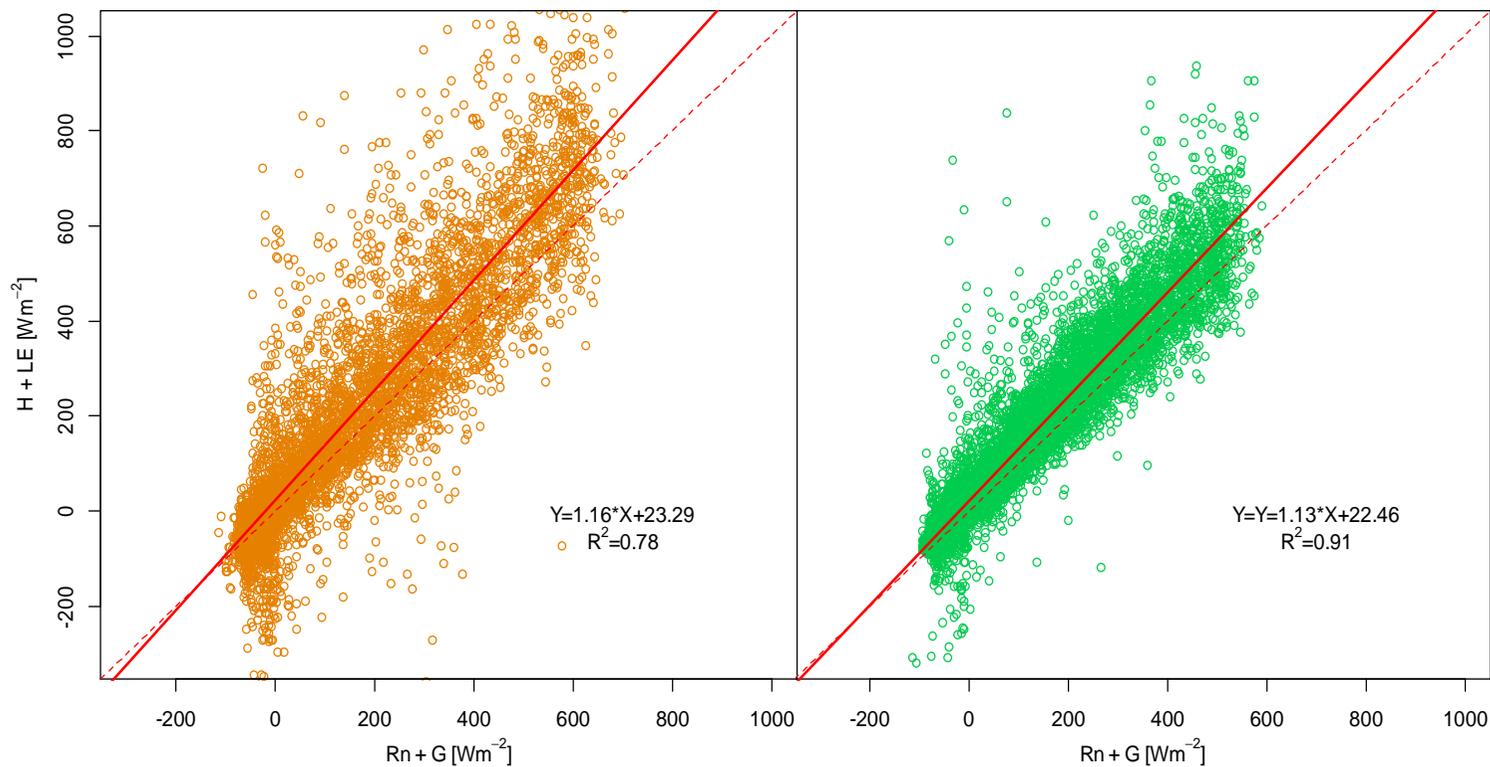
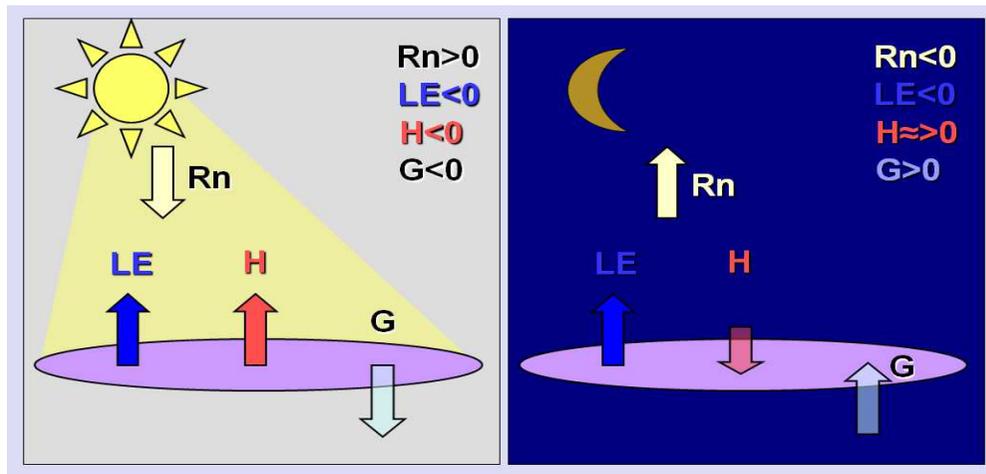


Year	Site	Missing data (1)	Hard flags (2)	Soft flags (3)	Data gaps (1+2+3)	Gap-filled data			Valid data
						A	B	C	
2008	Succession	14.8	9.2	18.2	42.2	99.6	0.3	0.1	57.8
2009		8.1	8.6	18.5	35.2	100.0	0.0	0.0	64.8
2010		8.8	13.0	17.8	39.6	99.9	0.0	0.0	60.4
2011		2.6	21.5	17.6	41.7	100.0	0.0	0.0	58.3
2012		11.6	17.4	13.8	42.8	99.1	0.8	0.1	57.2
2008	Grassland	23.1	26.4	8.9	58.4	99.3	0.6	0.1	41.6
2009		26.9	27.1	12.2	66.2	82.0	15.1	2.9	33.8
2010		31.5	23.3	18.5	73.3	97.8	2.1	0.1	26.7
2011		7.1	38.6	22.3	68.0	99.9	0.1	0.0	32.0
2012		8.7	31.2	25.8	65.7	99.9	0.1	0.1	34.3

REZULTATI

H2

# Kvaliteta podatkov izmerjenih po metodi EC



# ZAKLJUČKI

Na podlagi meritev z metodo Eddy covariance lahko zaključimo, da zaraščanje opuščanih kraških pašnikov poveča ponorno akrivnost za ogljik in to pripravlja do spremembe ogljikovega cikla.

**H1** ✓

Potrdimo lahko tudi, da nekatere značilnosti kraških ekosistemov, kot sta heterogenost terena, vremenske razmere in vegetacija vplivajo na kvaliteto meritev po metodi eddy covariance.

**H2** ✓

Uporaba B4 metode za korekcijo NEE, zaradi samogretja merilnega inštrumenta, ni primerna za preučevana ekosistema, saj za nekatere vremenske razmere daje nerealne rezultate. Predlagamo uporabo enakega pristopa, vendar le na podlagi meritev izvedenih na uporabljeni merilni opremi na terenu – SISC korekcija.

**H3**

Na podlagi meritev dihanja tal, lahko zaključimo, da avtomatski sistem poveča poznavanje časovne variabilnosti tega parametra. Ročne meritve dihanja tal na večjem področju, nam dajo boljši vpogled v prostorsko variabilnost spremljanega parametra.

**H4**

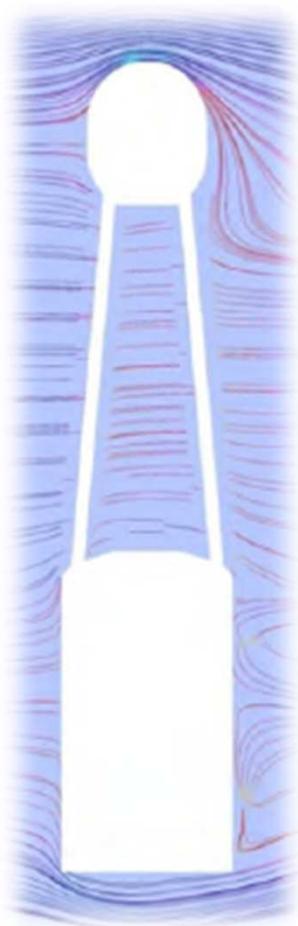


REZULTATI

H3

## Samogretje merilnih inštrumentov

Je korekcija potrebna?



Prva opažanja samogretja in začetek korekcije 2006.

Burba in sod., 2008:

Metoda 2: Uporaba zaprtega sistema

Metoda 3: Natančne meritve občutene toplote v merilni celici

Metoda 4: Ocena za občuteno toploto iz (B4) meritev temperature zraka in uporaba modelov

Metoda 1: Ignoriranje korekcije!?

KVALITETA REŠITVE

**Predlagana rešitev: Meritve na terenu in izračun po metodi 4!**



## Samogretje merilnih instrumentov

### Obdelava podatkov

- WPL korekcija

$$F_d \approx \overline{w'\rho'} + \mu \cdot \frac{E}{\rho_d} \cdot \frac{\bar{\rho}}{\left(1 + \mu \cdot \left(\frac{\bar{\rho}_w}{\rho_d}\right)\right)} + \frac{S \cdot \bar{\rho}}{C_p \cdot \bar{\rho}_a \cdot \bar{T}}$$

$$E = \left(1 + \mu \cdot \left(\frac{\bar{\rho}_w}{\rho_d}\right)\right) \cdot \left(\overline{w'\rho_{w'}} + \frac{S \cdot \bar{\rho}_w}{C_p \cdot \bar{\rho}_a \cdot \bar{T}}\right)$$

$$S = C_p \cdot \bar{\rho}_a \cdot \overline{w'T'}$$

- Uporaba modelov med  $T_a$  in  $T_{\text{površine}}$  → B4 korekcija
- Lastne meritve  $T_{\text{površine}}$  → SISC korekcija

$$S_{bot} = K_{air} \frac{(T_{bot} - T_a)}{\delta_{bot}}$$

$$S_{top} = K_{air} \frac{(r_{top} + \delta^{top}) \cdot (T_{top} - T_a)}{r_{top} \cdot \delta^{top}}$$

$$S_{spar} = K_{air} \frac{(T_{spar} - T_a)}{r_{spar} \cdot \ln\left(\frac{r_{spar} + \delta^{spar}}{r_{spar}}\right)}$$

$$\delta^{bot} = 0.004 \sqrt{\frac{d_{bot}}{W_s}} + 0.004$$

$$\delta^{top} = 0.0028 \sqrt{\frac{d_{top}}{W_s}} + \frac{0.00025}{W_s} + 0.0045$$

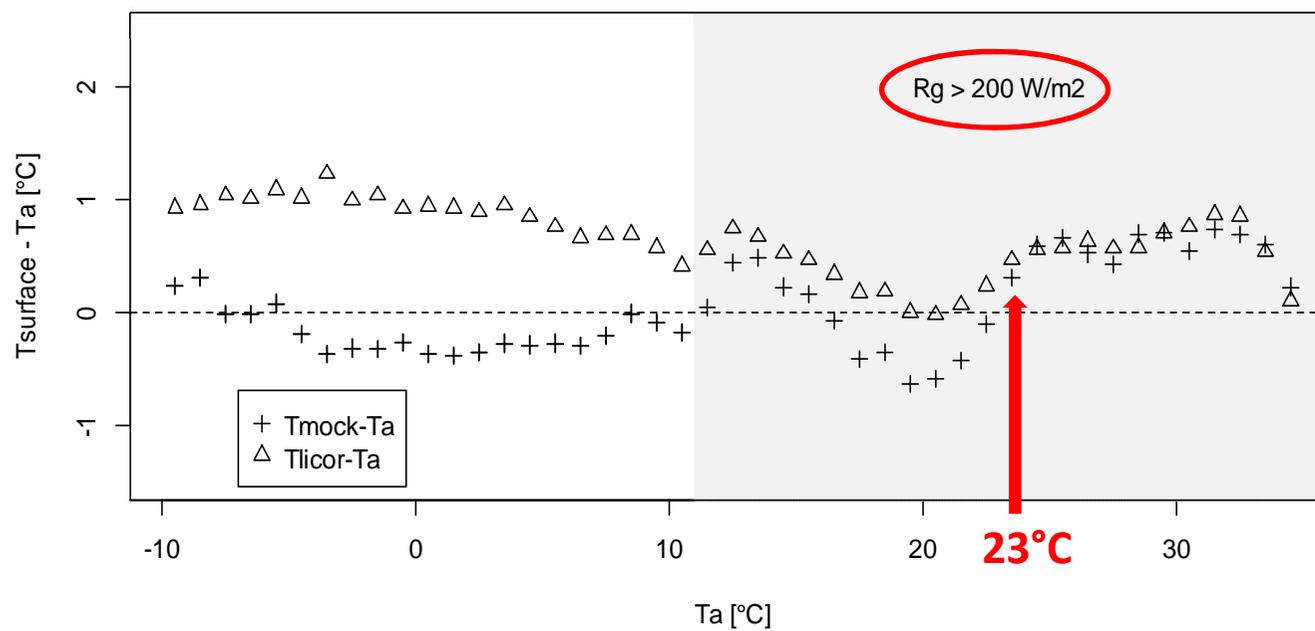
$$\delta^{spar} = 0.0058 \sqrt{\frac{d_{spar}}{W_s}}$$



REZULTATI

H3

## Samogretje merilnih instrumentov

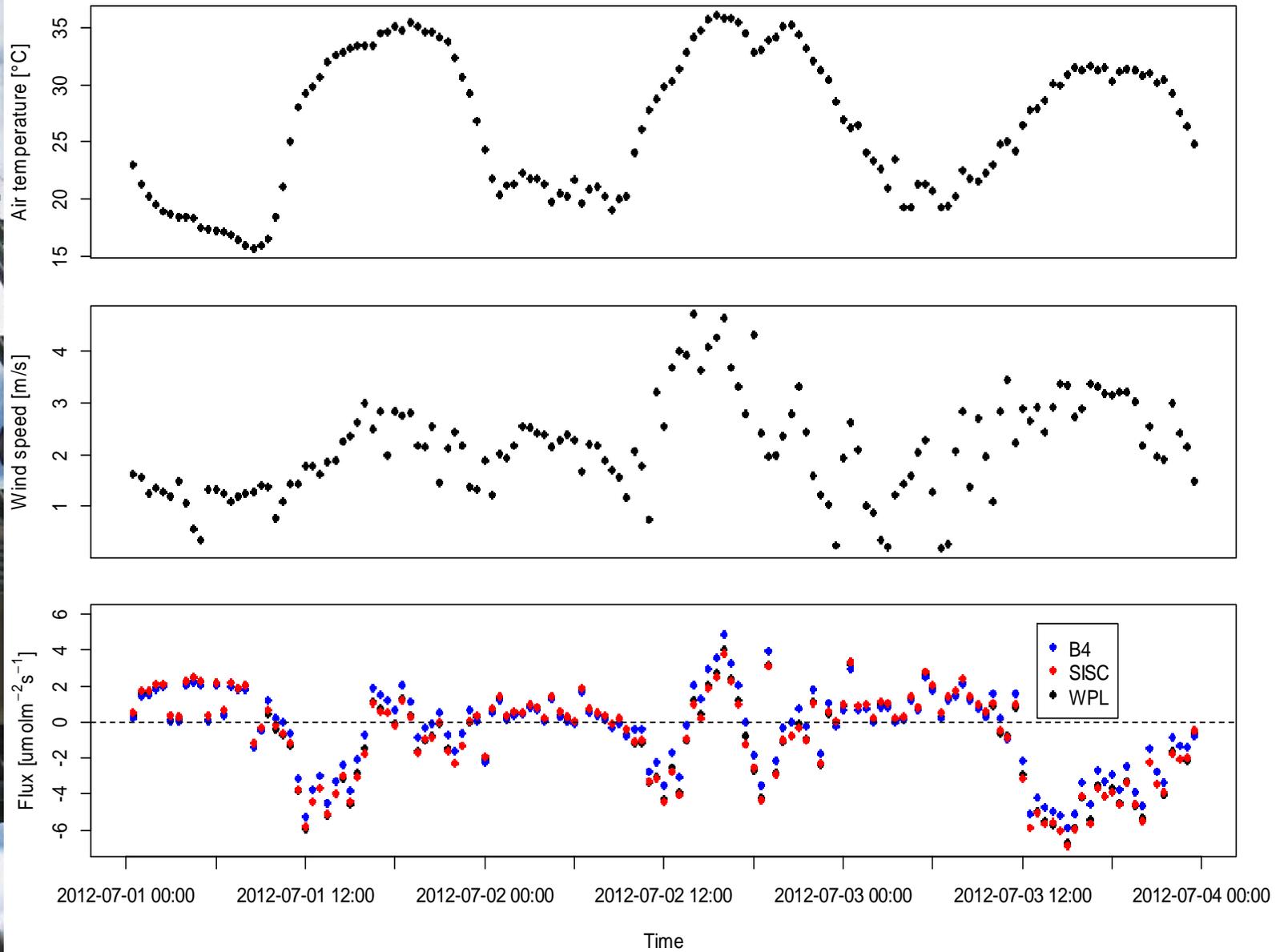




REZULTATI

H3

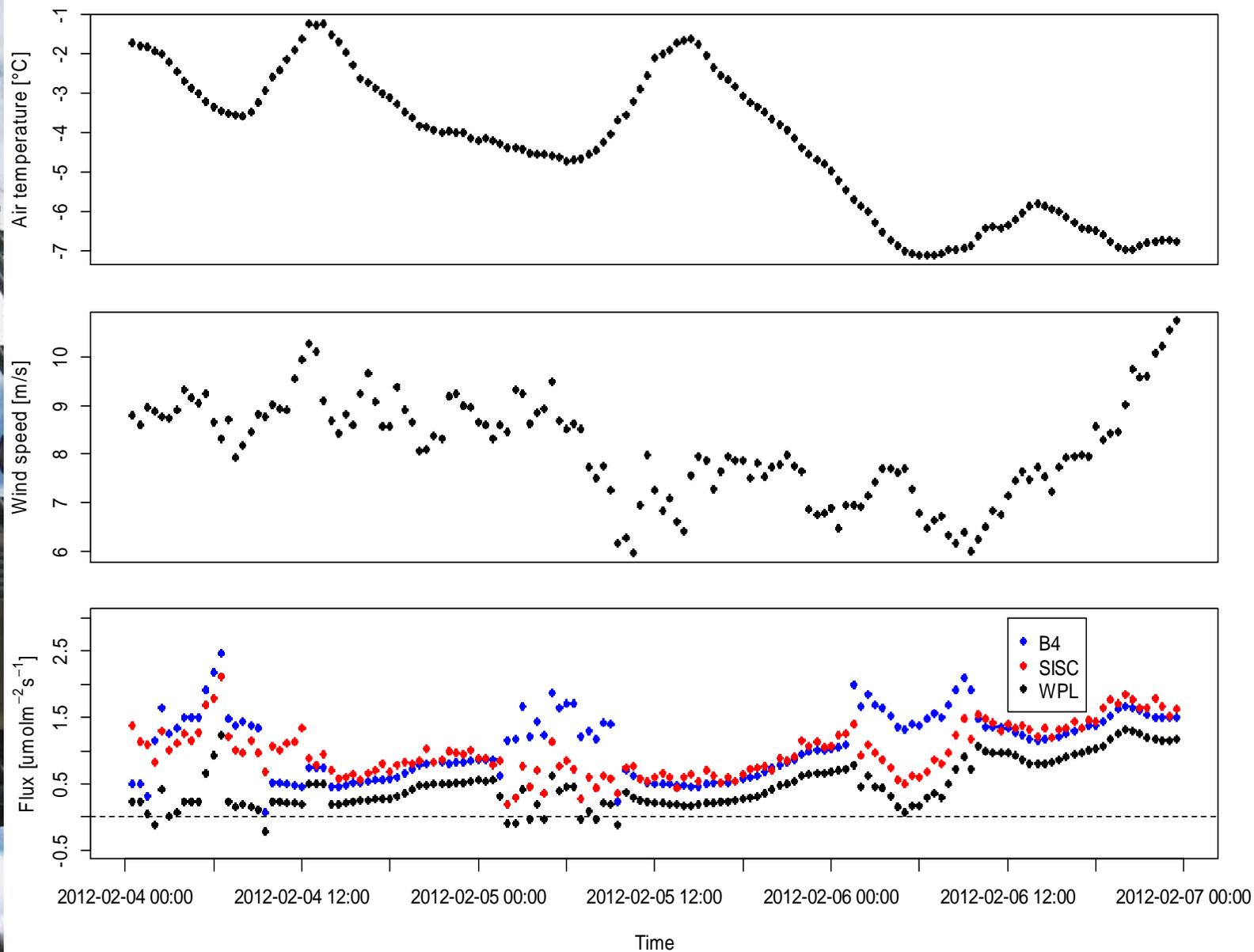
## Samogretje merilnih instrumentov



REZULTATI

H3

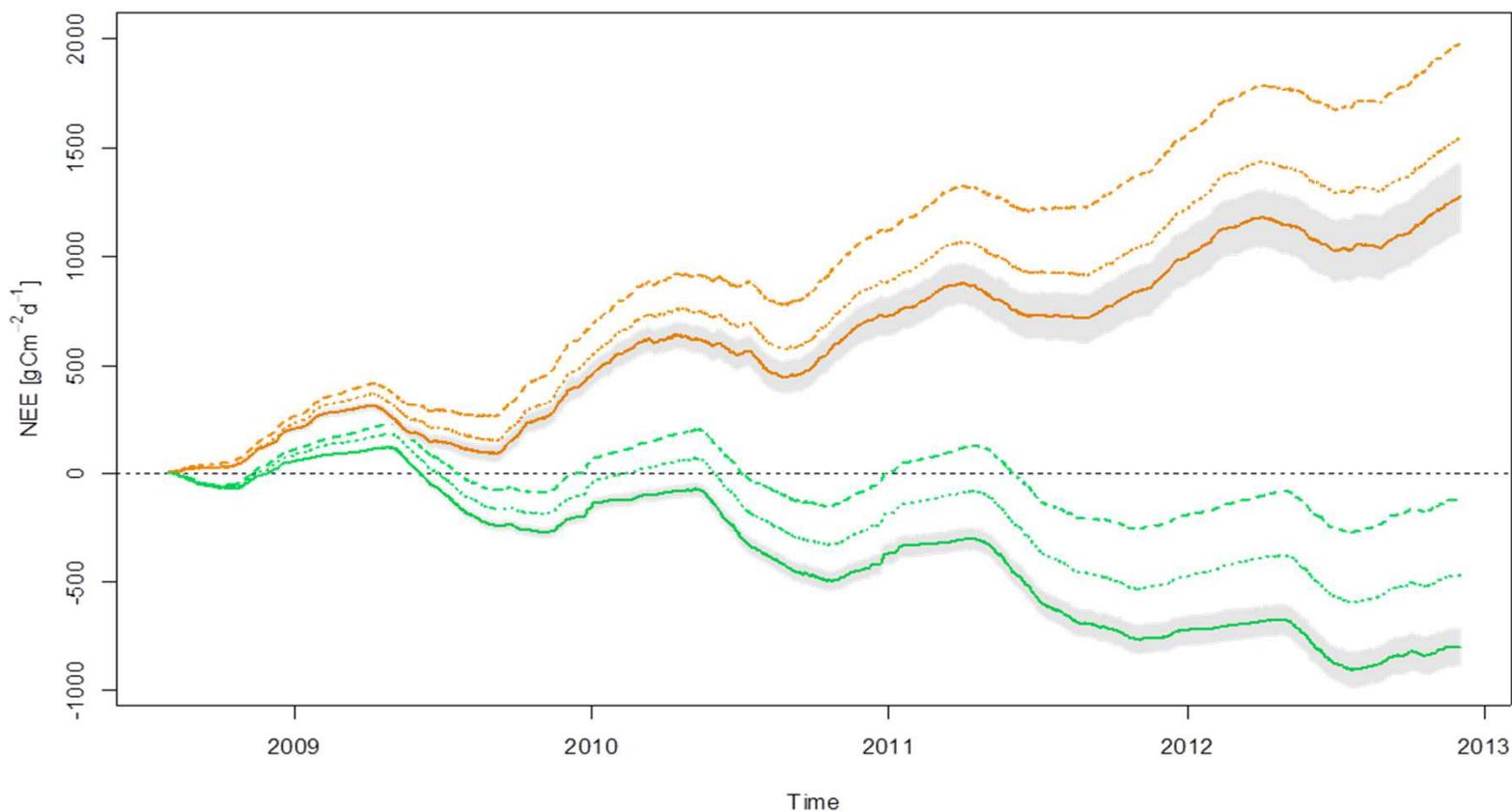
## Samogretje merilnih instrumentov



REZULTATI

H3

## Samogretje merilnih instrumentov



<b>WPL</b>	<b>+2.93 ± 0.34 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup></b>	<b>-1.84 ± 0.19 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup></b>
<b>B4</b>	<b>+4.55 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup></b>	<b>-0.28 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup></b>
<b>SISC</b>	<b>+3.61 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup></b>	<b>-1.20 MgCha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup></b>

# ZAKLJUČKI

Na podlagi meritev z metodo Eddy covariance lahko zaključimo, da zaraščanje opuščanih kraških pašnikov poveča ponorno akrivnost za ogljik in to pripravlja do spremembe ogljikovega cikla.

**H1** ✓

Potrdimo lahko tudi, da nekatere značilnosti kraških ekosistemov, kot sta heterogenost terena in vremenske razmere, vplivajo na kvaliteto meritev po metodi eddy covariance.

**H2** ✓

Uporaba B4 metode za korekcijo NEE, zaradi samogretja merilnega inštrumenta, ni primerna za preučevana ekosistema, saj za nekatere vremenske razmere daje nerealne rezultate. Predlagamo uporabo enakega pristopa, vendar le na podlagi meritev izvedenih na uporabljeni merilni opremi na terenu – SISC korekcija.

**H3** ✗

Na podlagi meritev dihanja tal, lahko zaključimo, da avtomatski sistem poveča poznavanje časovne variabilnosti tega parametra. Ročne meritve dihanja tal na večjem področju, nam dajo boljši vpogled v prostorsko variabilnost spremljanega parametra.

**H4**





## Dihanje tal

### Komore - meritve

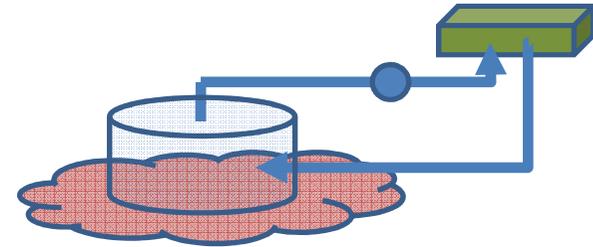
- Uporaba zaprtih dinamičnih komor:
  - Ročne (LI-6400 in LI-6400-09)
  - Avtomatske (Ukulele) – lastna izdelava in LI-840
- Ročne (J4-1009 in V4-0536, objava: Eler et al., 2013, EJSS-in press)
  - 3 x 15 m<sup>2</sup> na Pašniku (21 merilnih mest)
  - 6 x 15 m<sup>2</sup> na Zaraščanju (42 merilnih mest)
  - 14 dnevne meritve od julija 2008 do novembra 2010
  - Modeliranje:

$$R_{soil} = a \cdot e^{\left(\frac{b}{T_{ref}-T_0} - \frac{b}{T_s-T_0}\right)}$$

$$R_{soil} = a \cdot e^{\left(\frac{b}{T_{ref}-T_0} - \frac{b}{T_s-T_0}\right)} \cdot e^{-e^{(c-d \cdot SWC)}}$$

- Avtomatske: 1 x 25 m<sup>2</sup> (15 merilnih mest)
  - Kontinuirano od 1.9.2012 do 18.12.2012

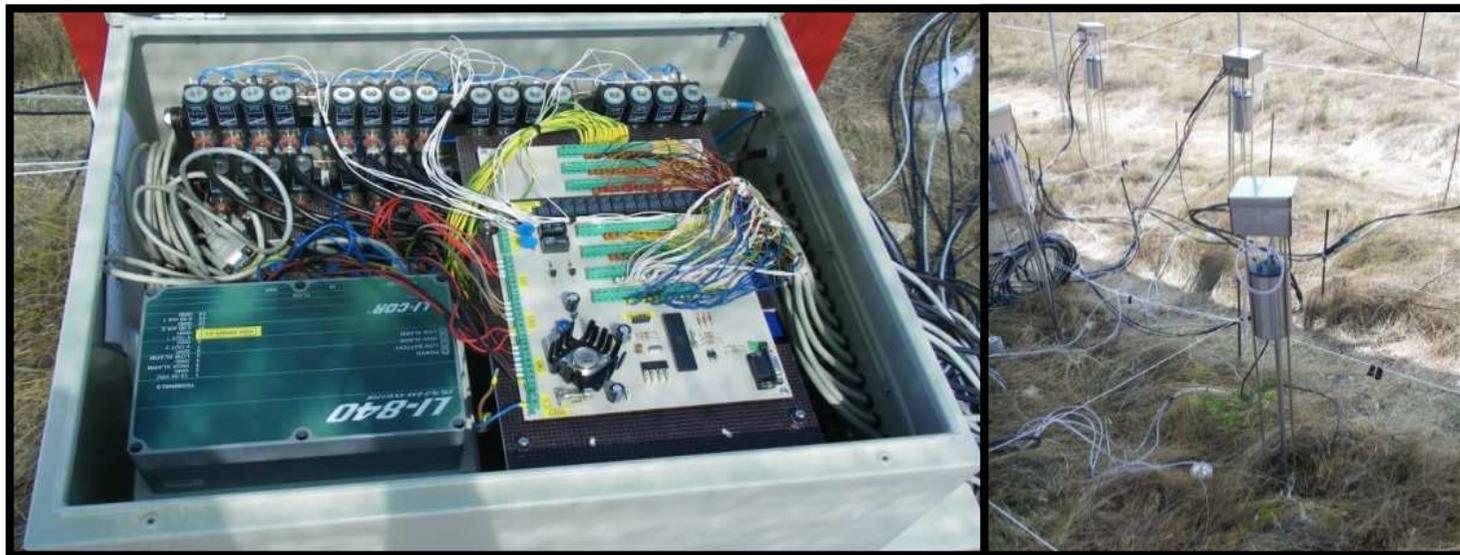
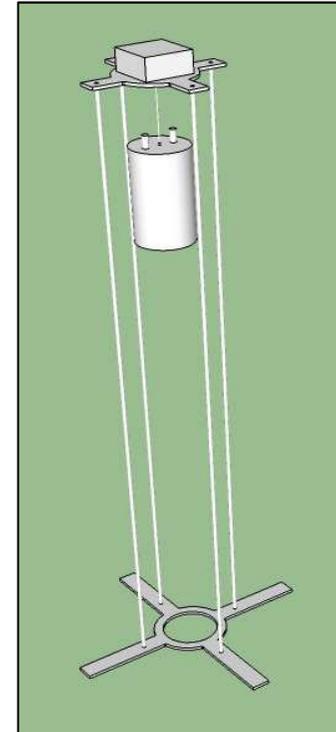
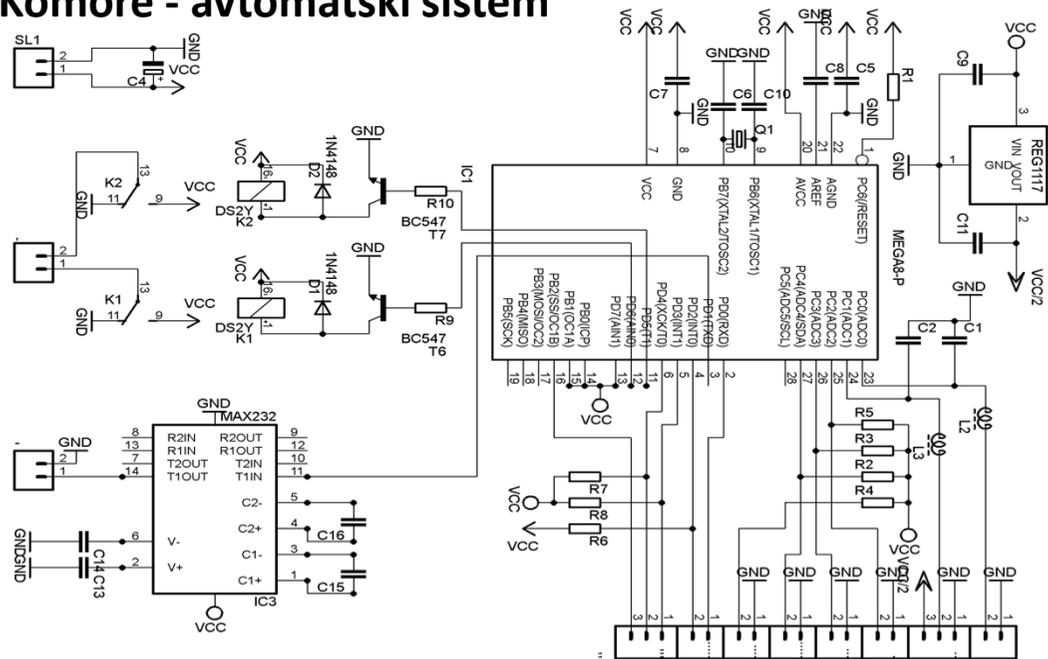
$$R_{soil} = \frac{V}{A} \cdot \frac{d[CO_2]}{dt} \cdot \frac{P_0}{R \cdot (T_0 + 273.14)}$$





# Dihanje tal

## Komore - avtomatski sistem

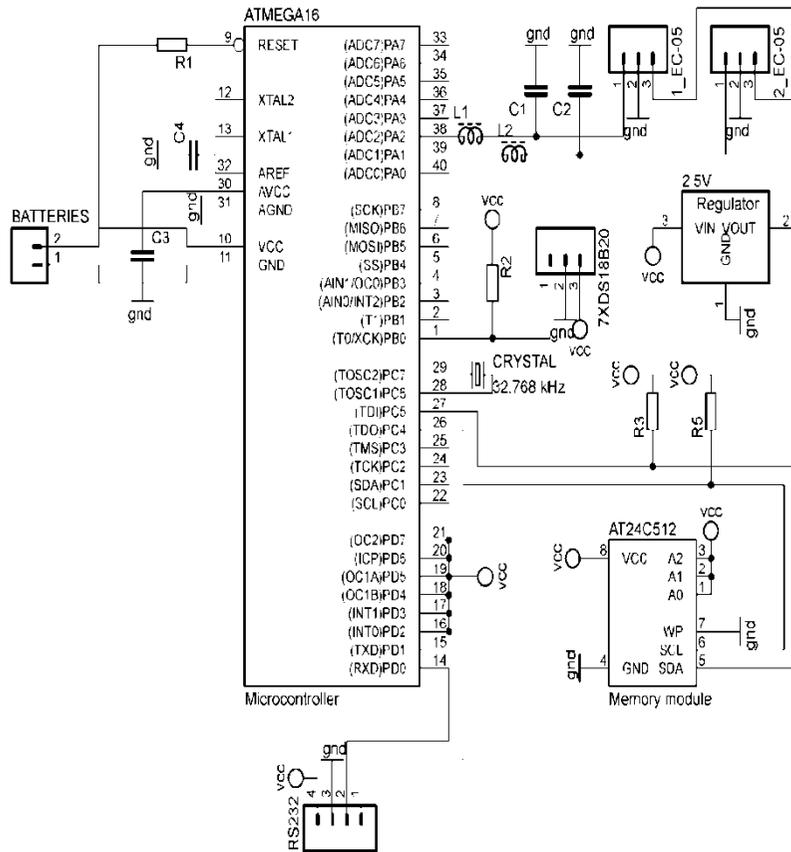




# Dihanje tal

## Pomožne meritve

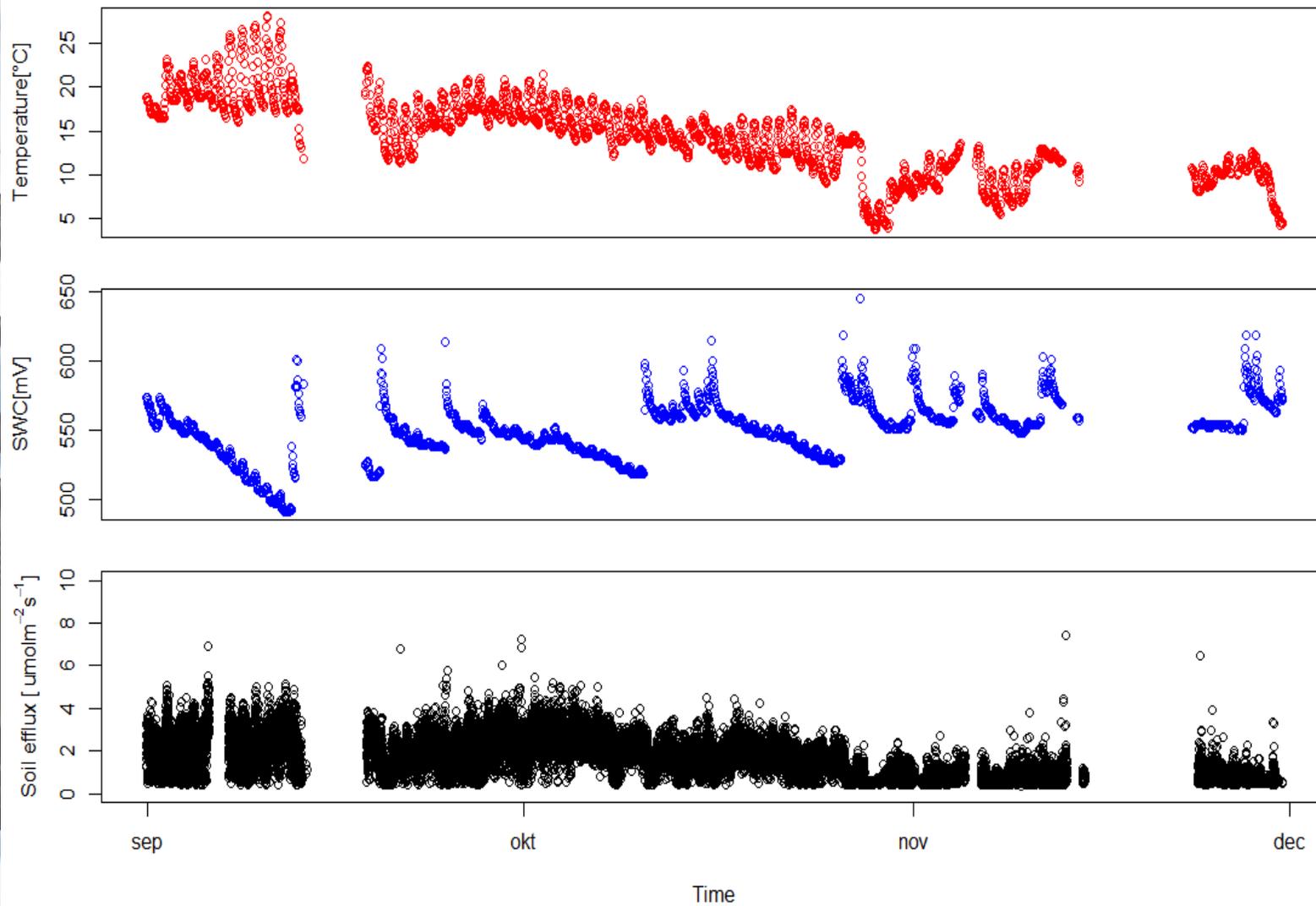
- Pomožne meritve na stolpih
- Sistem za meritve talne vlage (-10 in -30 cm) in talne temperature (-50, -30, -20, -10, -5, -2, 5 cm)
  - 3 x na Pašniku
  - 6 x na Zraščanju



REZULTATI

H4

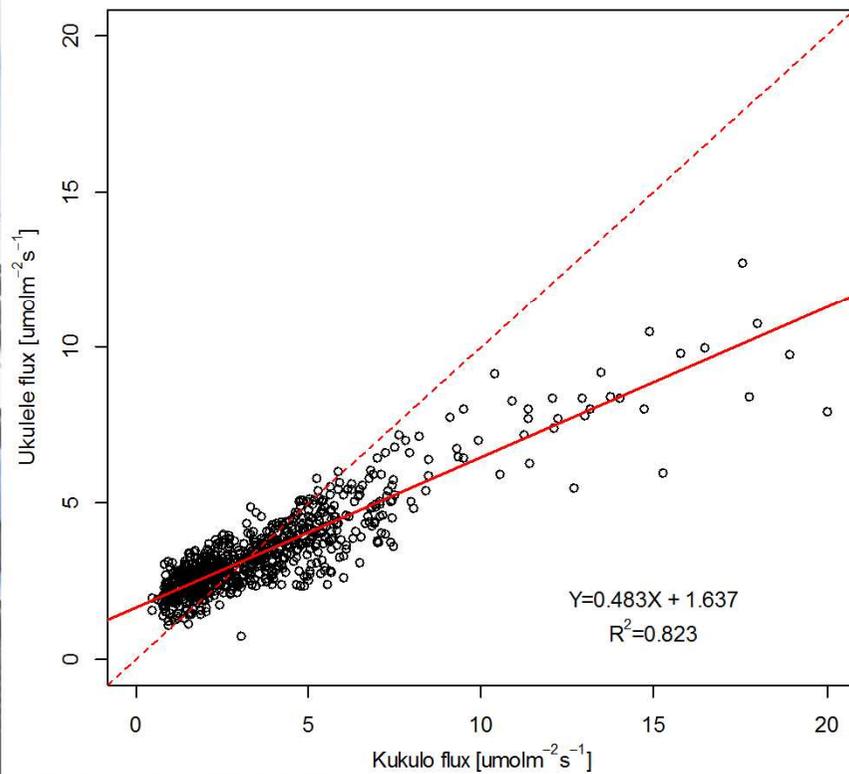
# Dihanje tal



REZULTATI

H4

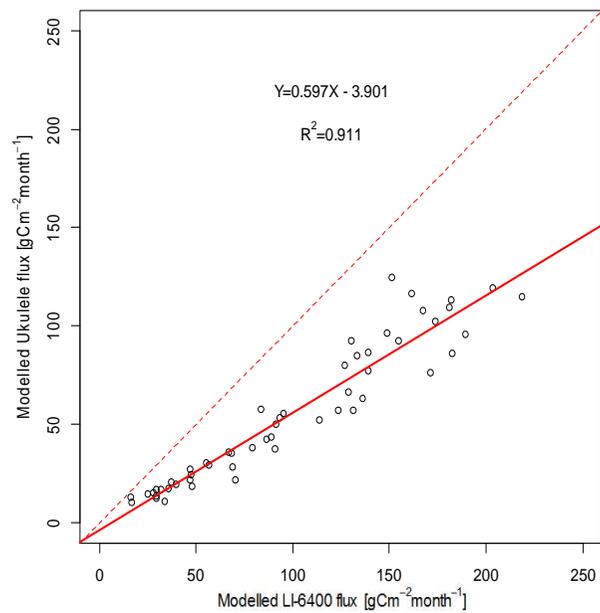
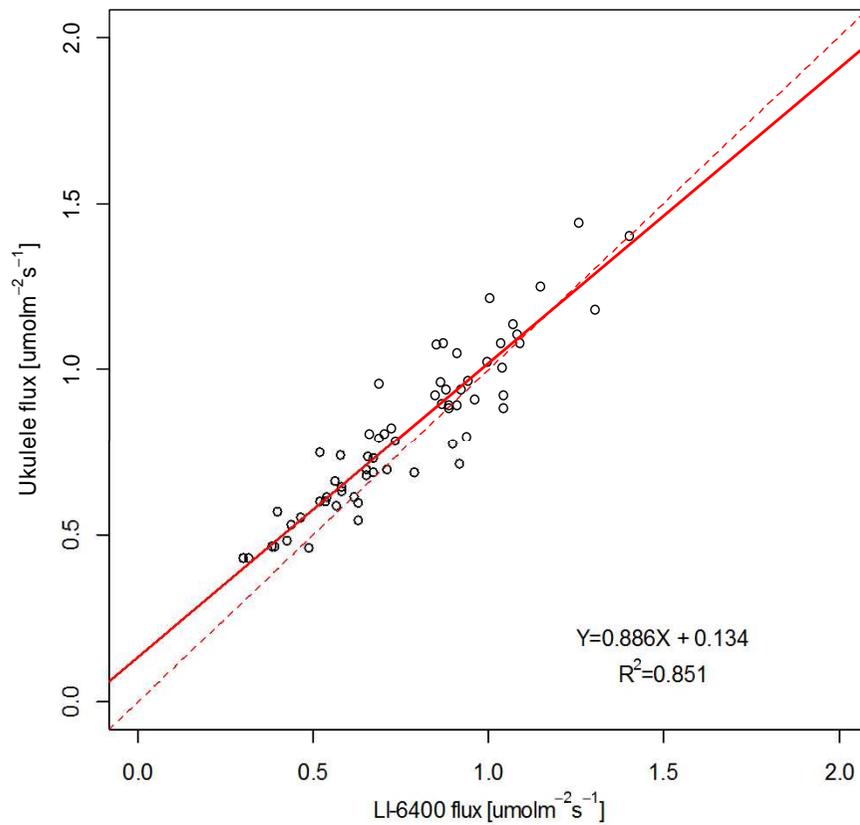
## Dihanje tal



REZULTATI

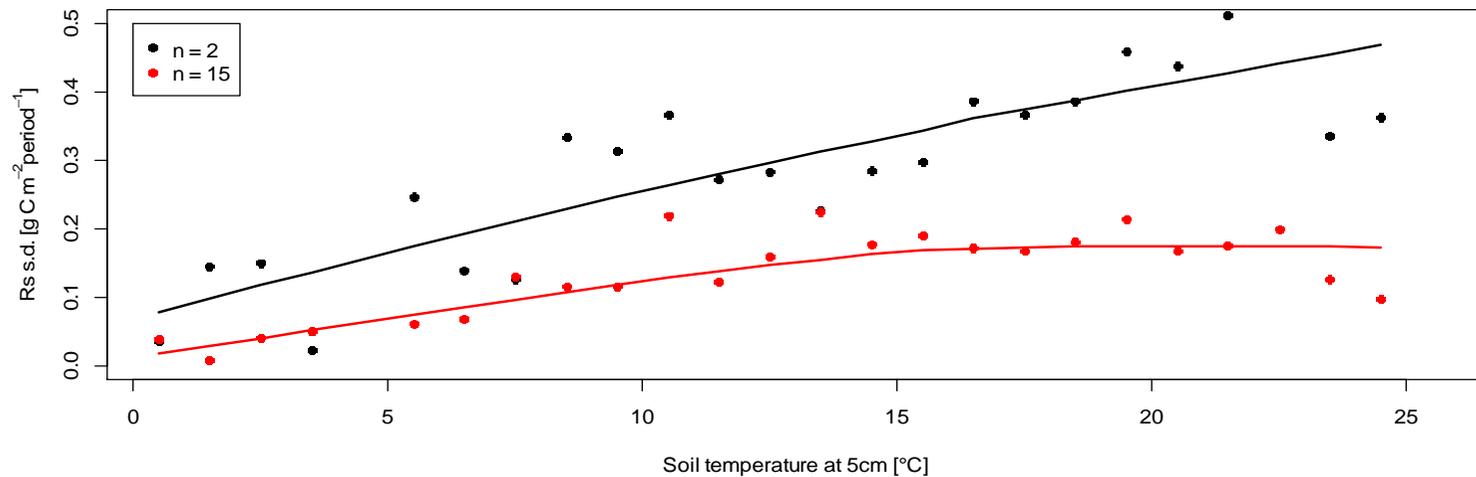
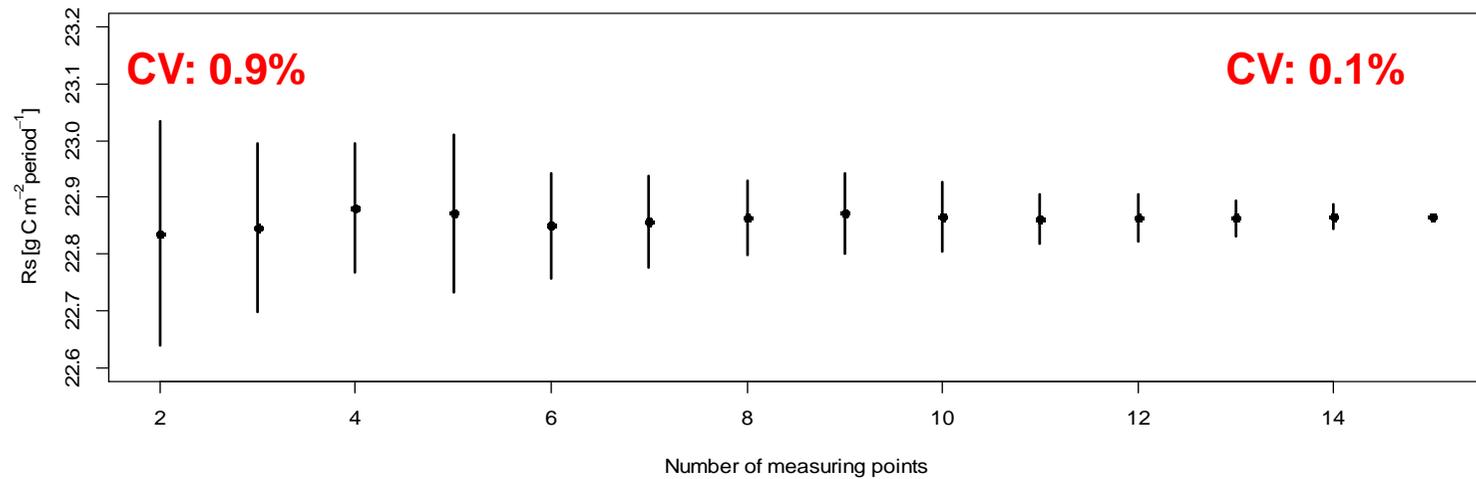
H4

## Dihanje tal





## Dihanje tal



LI-6400:  $2.6 \pm 1.8 \mu\text{molCm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (CV: 69%)

Ukulele:  $1.8 \pm 0.8 \mu\text{molCm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (CV: 44%)

Periode: letna ~ jesen 2012

Čas: 9:00 – 11:00

# ZAKLJUČKI

Na podlagi meritev z metodo Eddy covariance lahko zaključimo, da zaraščanje opuščanih kraških pašnikov poveča ponorno akrivnost za ogljik in to pripravlja do spremembe ogljikovega cikla.

**H1** ✓

Potrdimo lahko tudi, da nekatere značilnosti kraških ekosistemov, kot sta heterogenost terena in vremenske razmere, vplivajo na kvaliteto meritev po metodi eddy covariance.

**H2** ✓

Uporaba B4 metode za korekcijo NEE, zaradi samogretja merilnega inštrumenta, ni primerna za preučevana ekosistema, saj za nekatere vremenske razmere daje nerealne rezultate. Predlagamo uporabo enakega pristopa, vendar le na podlagi meritev izvedenih na uporabljeni merilni opremi na terenu – SISC korekcija.

**H3** ✗

Na podlagi meritev dihanja tal, lahko zaključimo, da avtomatski sistem poveča poznavanje časovne variabilnosti tega parametra. Ročne meritve dihanja tal na večjem področju, nam dajo boljši vpogled v prostorsko variabilnost spremljanega parametra.

**H4** ✓



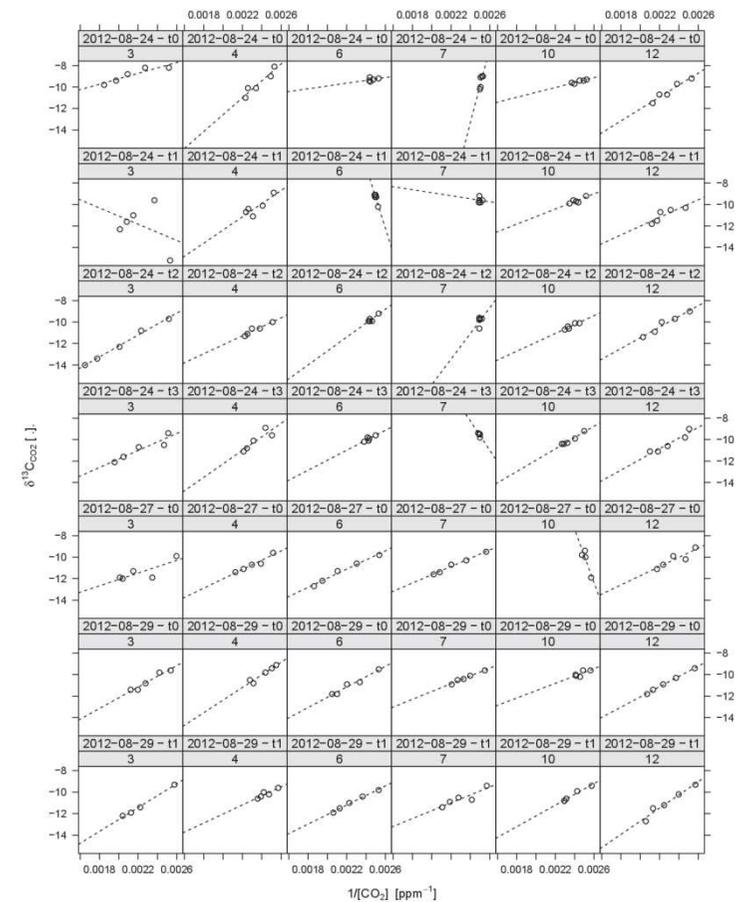
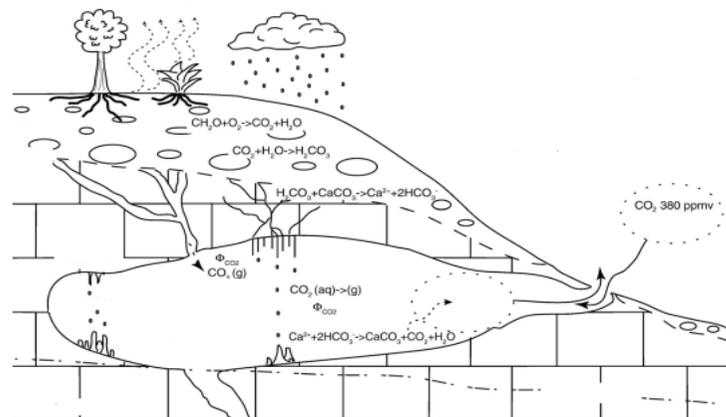
## Nadaljevanje dela – odprta vprašanja...

J Soils Sediments (2012) 12:1327–1338  
DOI 10.1007/s11368-012-0564-3

SOILS, SEC 1 • SOIL ORGANIC MATTER DYNAMICS AND NUTRIENT CYCLING • RESEARCH ARTICLE

### Sources of soil CO<sub>2</sub> in calcareous grassland with woody plant encroachment

Gregor Plestenjak • Klemen Eler • Dominik Vodnik •  
Mitja Ferlan • Matjaž Čater • Tjaša Kanduč •  
Primož Simončič • Nives Ogrinc



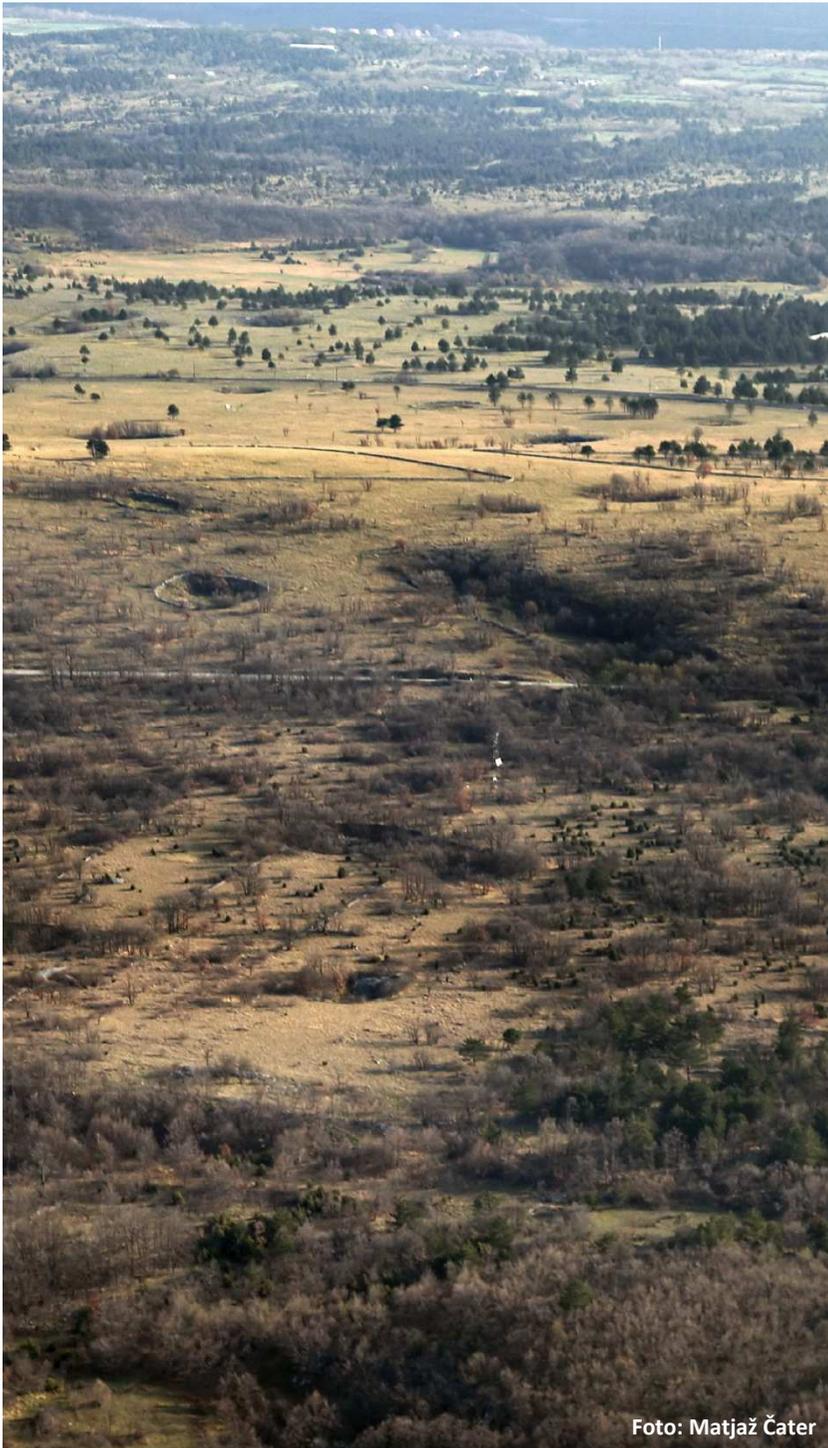


Foto: Matjaž Čater



Javna agencija  
za raziskovalno dejavnost  
Republike Slovenije



Univerza v Ljubljani  
*Biotebniška* fakulteta



**GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE**  
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE





**HVALA ZA POZORNOST**