

Одређивање спектралних индекса радио-петљи између 1420, 820 и 408 MHz

Весна Борка Јовановић

Лабораторија за физику (010),
Институт за нуклеарне науке "Винча",
П.П. 522, 11001 Београд, Србија

Радио-петље и лукови

Остаци супернових звезда представљају приближно сферне љуске које се шире, и које у зависности од густине међузвездане материје кроз које љуска пролази мењају свој облик. Ми видимо само делове тих сферних контура које представљају радио-лукове, тј. области интензивнијег зрачења на небу, лучног облика и огромних димензија.

Радио-лукови: одступања од расподеле густине међузвездане материје која опада приближно експоненцијално са повећањем растојања од галактичке равни. Главни гребен лука је најинтензивнији део лука.

Радио-петље се састоје од више лукова који приближно леже на истом малом кругу небеске сфере.

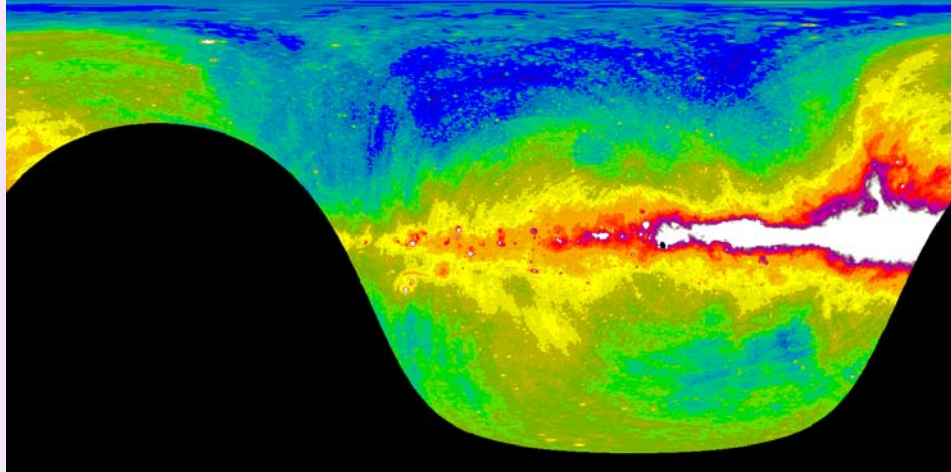
SNR: *Cygnus Loop (Veil Nebula)*



(<http://www.spacetelescope.org/videos>)

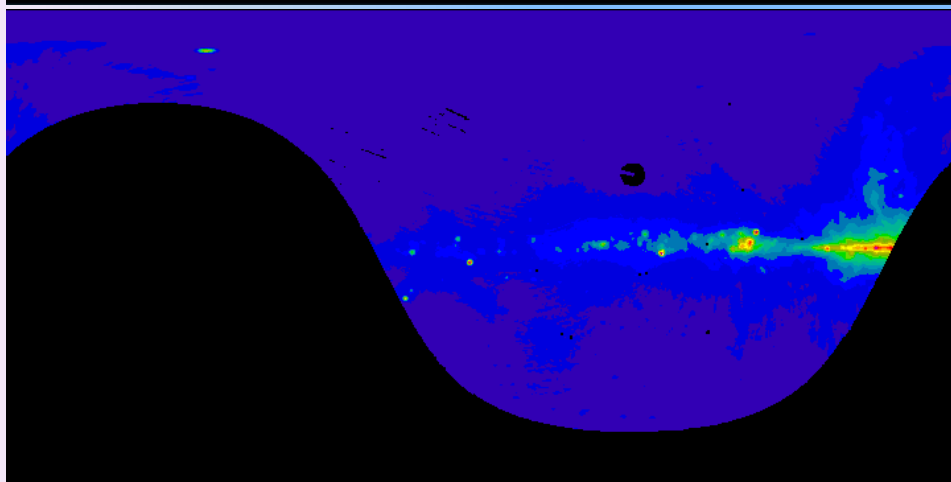
Предмет проучавања: Петље I-VI, Mon, Cyg

- прегледи неба дати су на основу радио емисије у континууму на: 1420 MHz (Reich & Reich 1986, A&AS, 63, 205), 820 MHz (Berkhuijsen 1972, A&AS, 5, 263) и 408 MHz (Haslam et al. 1982, A&AS, 47, 1)
- <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/survey.html> (*MPIfR's Survey Sampler*)
- програми помоћу којих се од података у електронском облику (*Flexible Image Transport System* формат) добија датотека података
- израчунавање **средње температуре** по сјају, **површинског сјаја**, **спектралног индекса** и **удаљености**

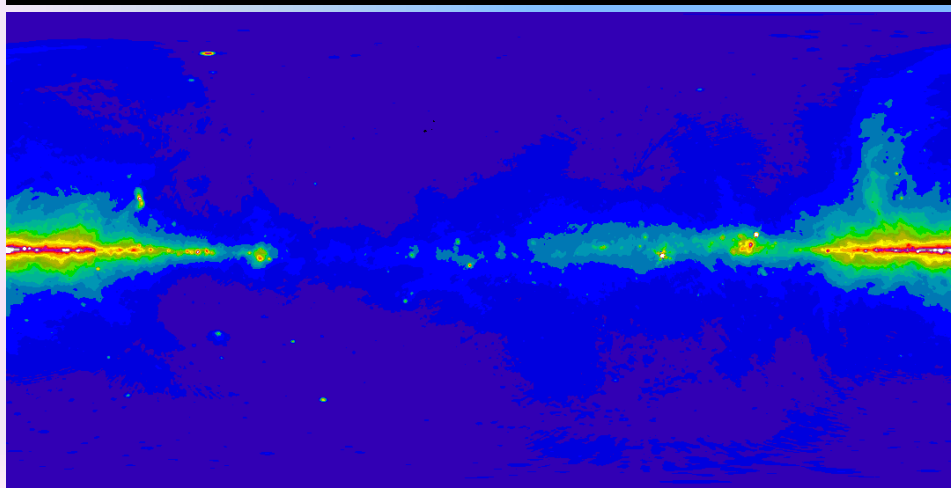


Подаци у FITS формату
приступачни на адреси:
[http://www.mpifr-
bonn.mpg.de/survey.html](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/survey.html)

1420 MHz



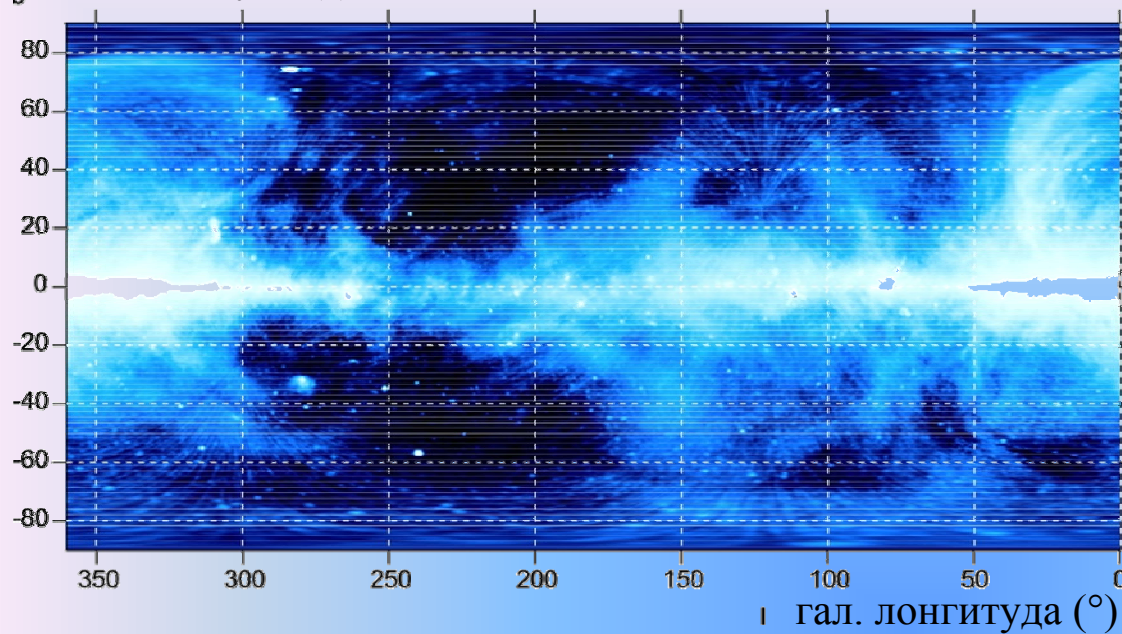
820 MHz



408 MHz

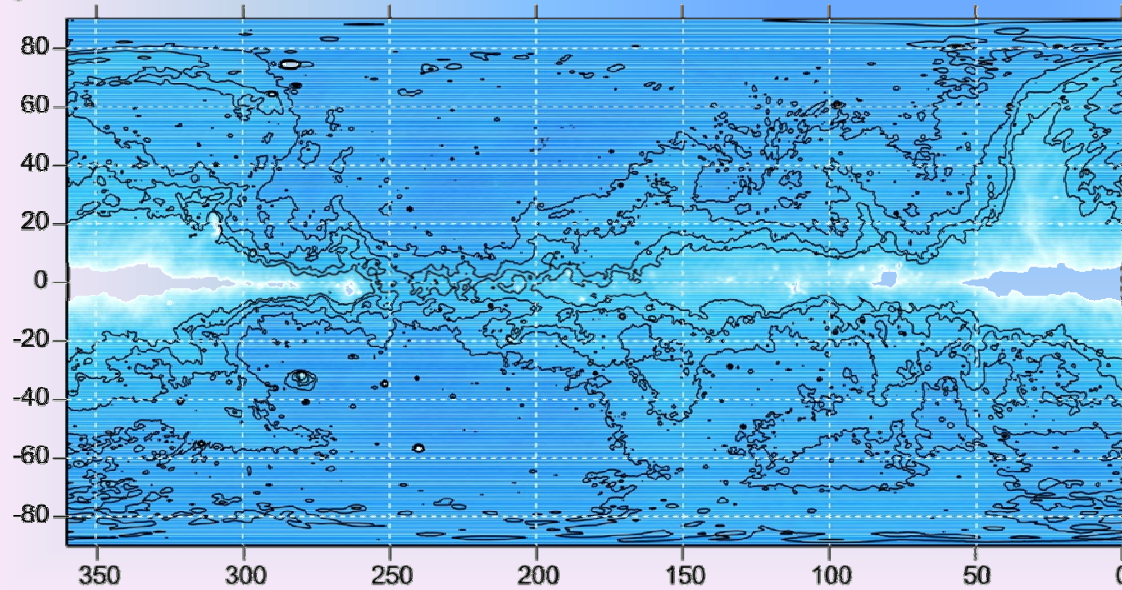
408 MHz

b гал. латитуда ($^{\circ}$)

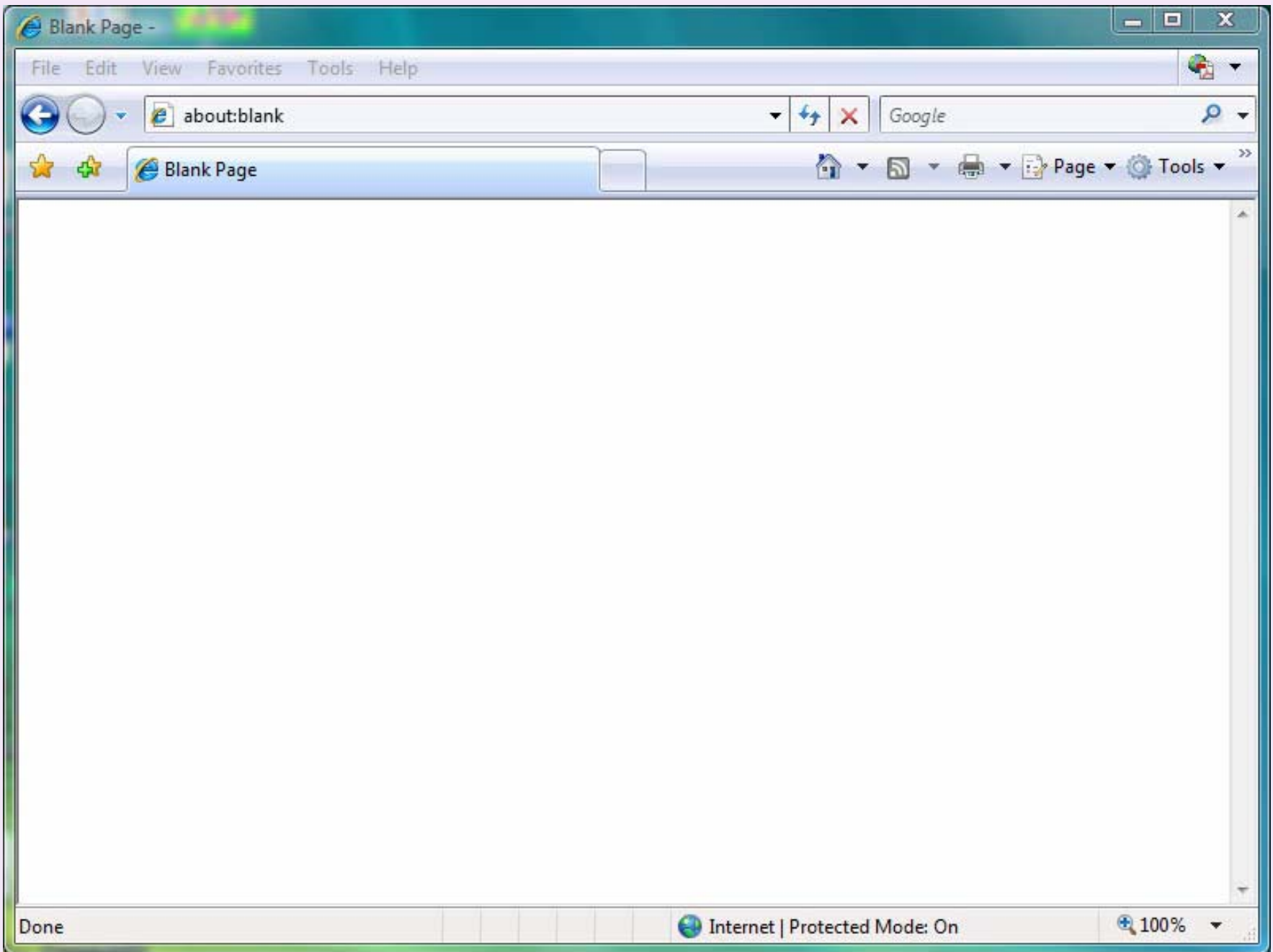


408 MHz

b



изолиније за
температуре
по сјају
од 21 К до 40 К



Средња температура по сјају (T_b)

Температура по сјају на некој фреквенцији је по дефиницији температура коју би имало тело када би зрачило као црно тело и једнака је производу неке константе и фреквенције која се степенује температурским спектралним индексом:

$$T_b \sim \nu^{-\beta}$$

-границе:

$\beta > 2$ нетермални механизам

$\beta < 2$ термални механизам (специјалан случај $\beta = 0$ одговара термалном механизму Планковског типа, тј. закону зрачења црног тела)

Ми смо у раду још појачали услов за нетермални механизам тако што смо уместо границе $\beta > 2$ користили границу $\beta > 2.2$ како би били сигурни да се ради о нетермалном механизму зрачења

Површински сјај ($B_\nu \equiv \Sigma_\nu$)

У циљу одређивања средње температуре по сјају за петљу, одузели смо зрачење позадине, као и суперпонирано зрачење (од других извора).

Затим су добијени површински сјајеви помоћу релације:

$$\Sigma_\nu = (2k\nu^2 / c^2) T_\nu$$

где је k Болцманова константа, а c је брзина светлости.

Температуре и сјајеви на 1 GHz израчунати су коришћењем спектралних индекса β :

$$T_{1000 \text{ MHz}} / T_{\nu \text{ MHz}} = (1000 / \nu)^{-\beta}$$

$$\Sigma_{1000 \text{ MHz}} = (2k(1000 \text{ MHz})^2 / c^2) T_{1000 \text{ MHz}}$$

Метод

Ø Користили смо податке из посматрања, тј. дигиталне прегледе неба који су објављени на сајту MPlfR.

Ø Средње температуре и површински сјајеви радио-петљи рачунати су из прегледа неба у радио-континууму на 1420, 820 и 408 MHz.

Ø Да би одредили средњу температуру по сјају неке петље, одузели смо позадинско зрачење, као и суперпонирано зрачење које није петља.

Ø Два начина рачунања спектралног индекса: спектар $\log\text{-}\log T$ и $T\text{-}T$ график.

Computer Microsoft Visual Stud... Microsoft Office Wo... Media Player Classic fv

Recycle Bin Programm... Notepad Microsoft Office Po... Winamp

Internet Explor... Wolfram Mathemati... WinEdt Camtasia Studio 6

Mozilla Firefox MATLAB R2008a Morton Benson ... ACDSee 10 Photo M...

Skype OriginPro 8 GSview 4.9 Nero Express

PuTTY CorelDRAW X4 Adobe Acrobat 8 ... Total Commander

WinSCP Corel PHOTO-P... Adobe Photosh... Fortran Build Environme...

May 09

| S | M | T | W | T | F | S |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |



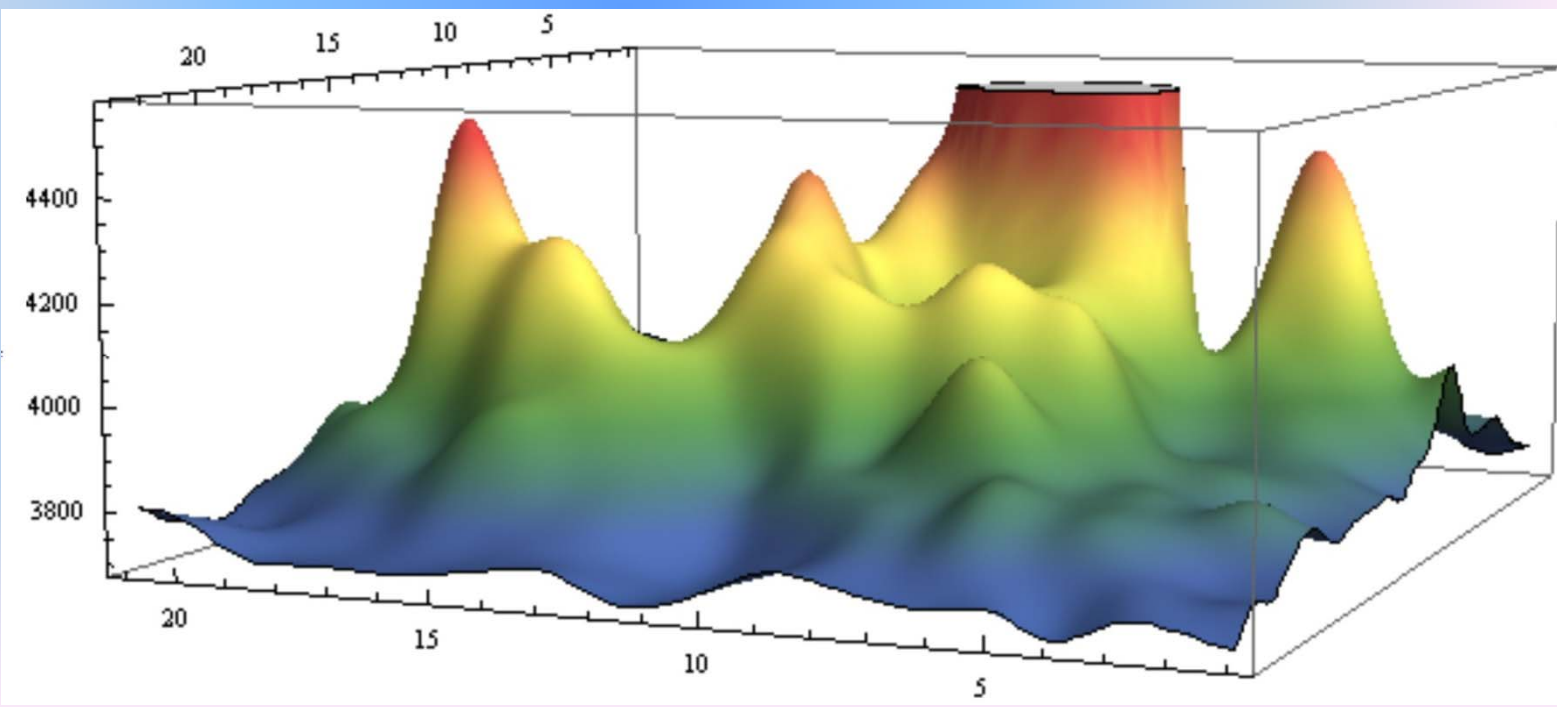
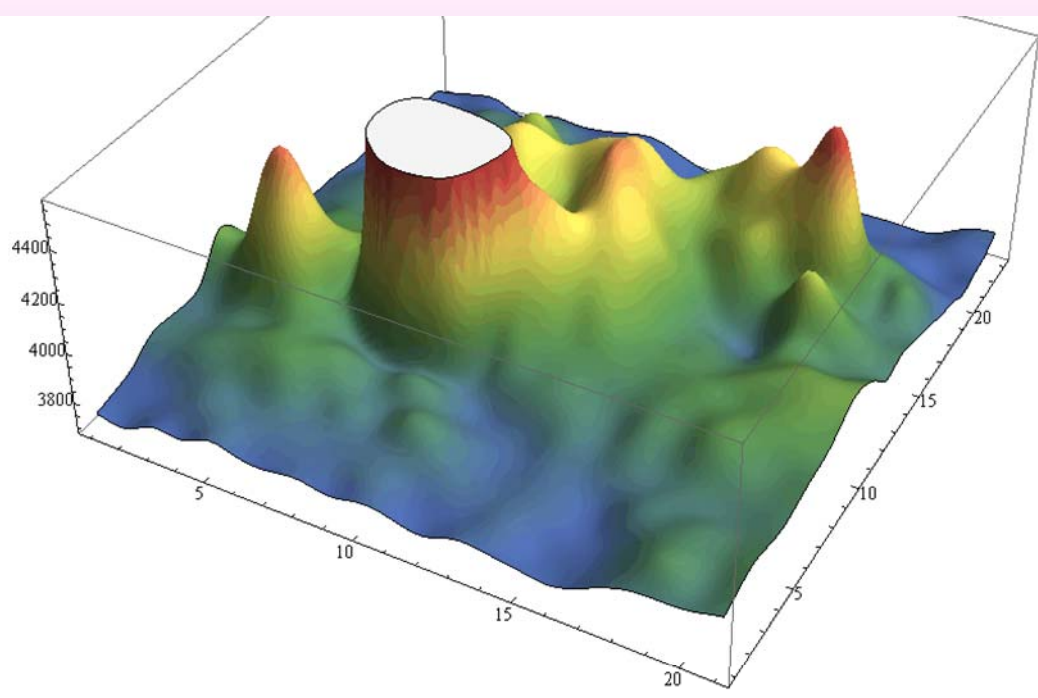
18°
Belgrade, Serbia



10% 47%

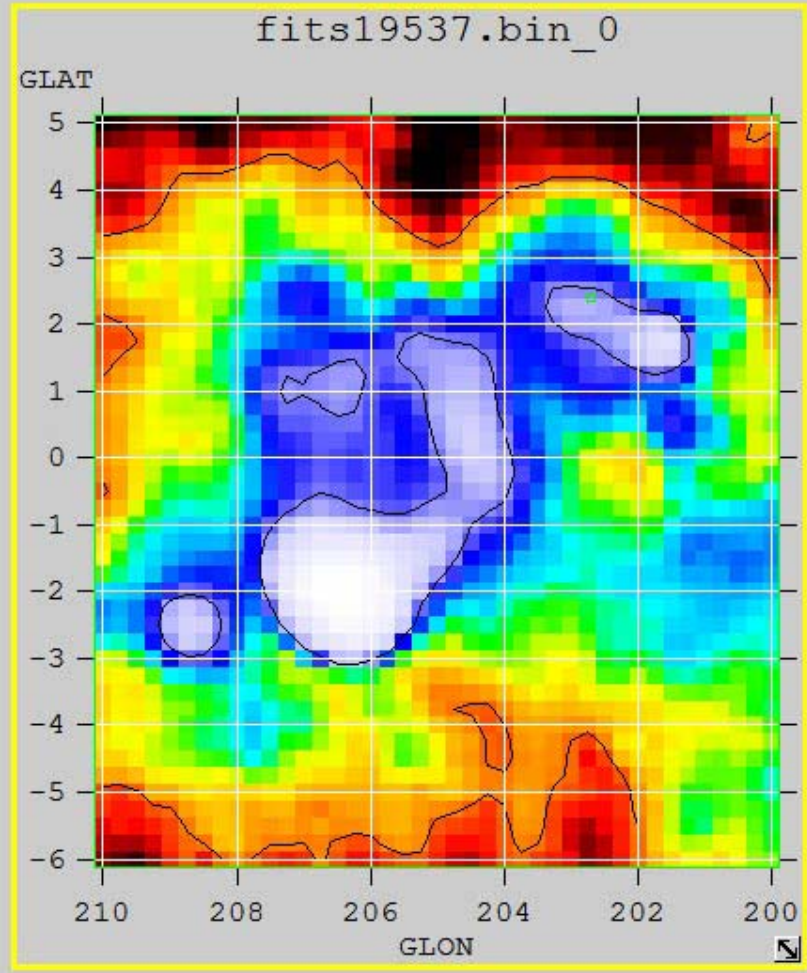
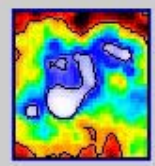
Windows Start Button Taskbar Icons: Total Commander 7... Camtasia Studio - U...

EN System Tray: Network, Volume, Safely Remove Hardware, Taskbar, System Clock: 5:53 PM



Graph coordinates: +
(X, X)
Image pixel:
(X, X)
Pixel value:
X()

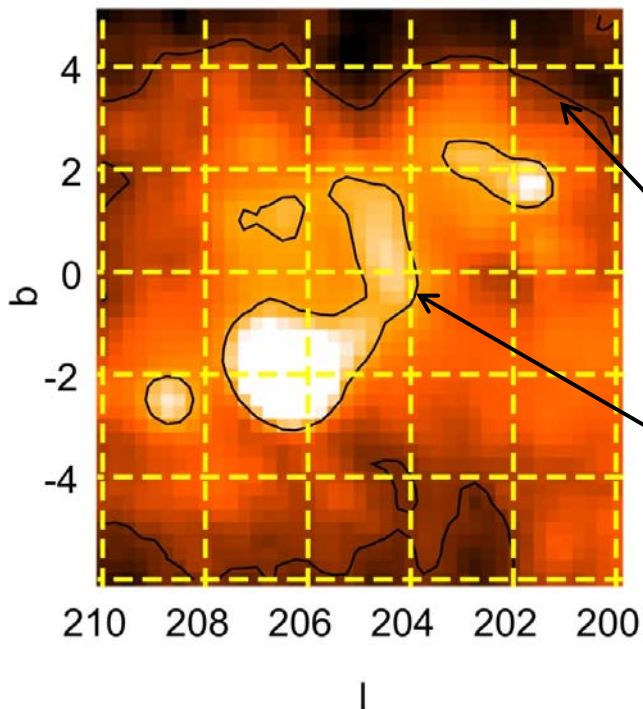
fits19537.bin_0_0



Контури (изолиније T_b)

Ова слика са контурама (за *Mon*) је добијена из података, помоћу програмског пакета, и служи само као визуелна илустрација како Моноцерос петља изгледа на овој

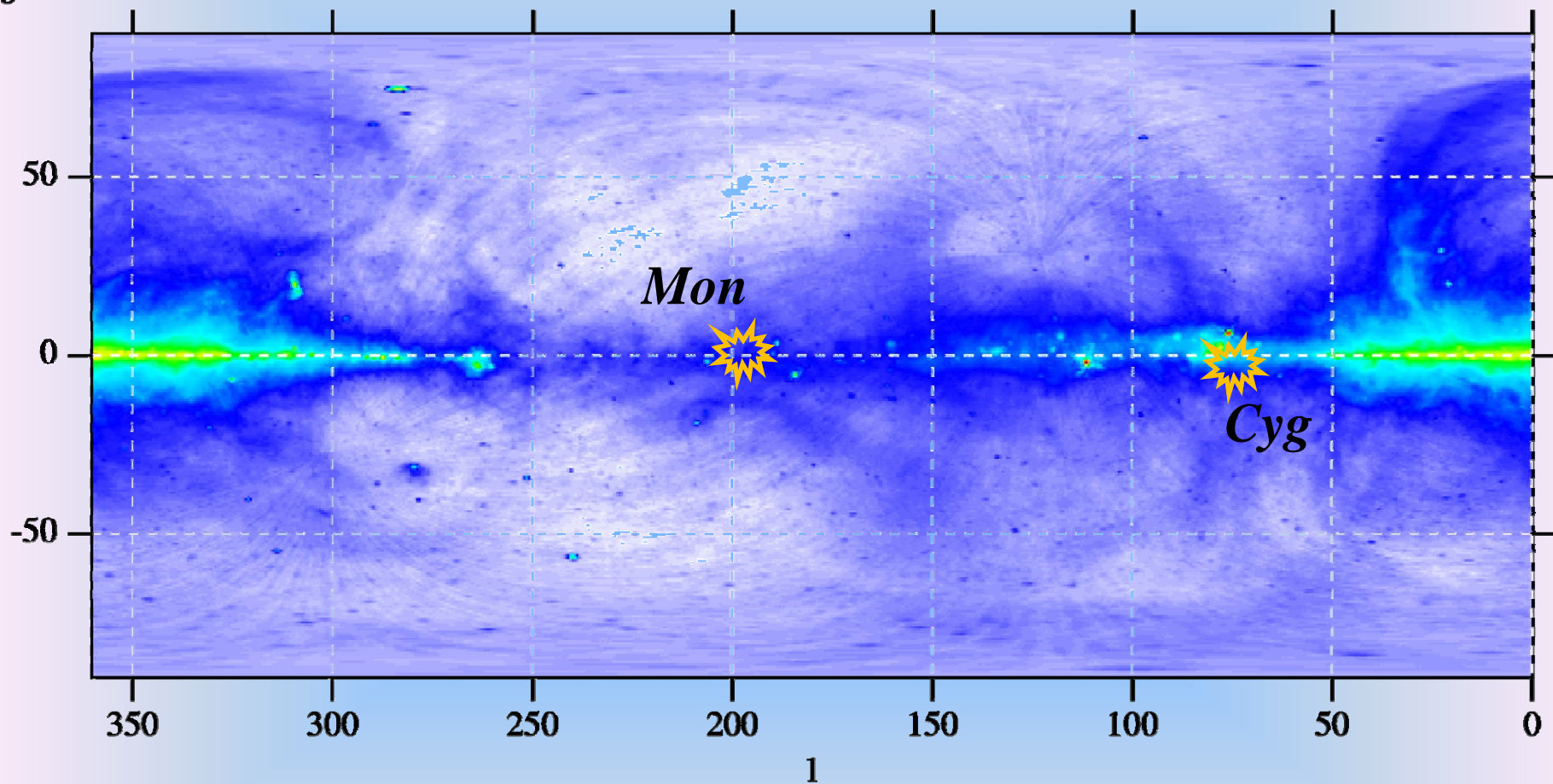
1420 MHz



Од свих контура најважније су спољашња и унутрашња које су процењене границе петље. Спољашња контура (која одговара T_{\min}) раздваја петљу од позадине, а унутрашња (која одговара T_{\max}) разграничава је од неког суперпонираног извора.

Преглед целог неба на 408 MHz (Haslam et al. 1982)

b



Mon (SNR G205.5+0.5)



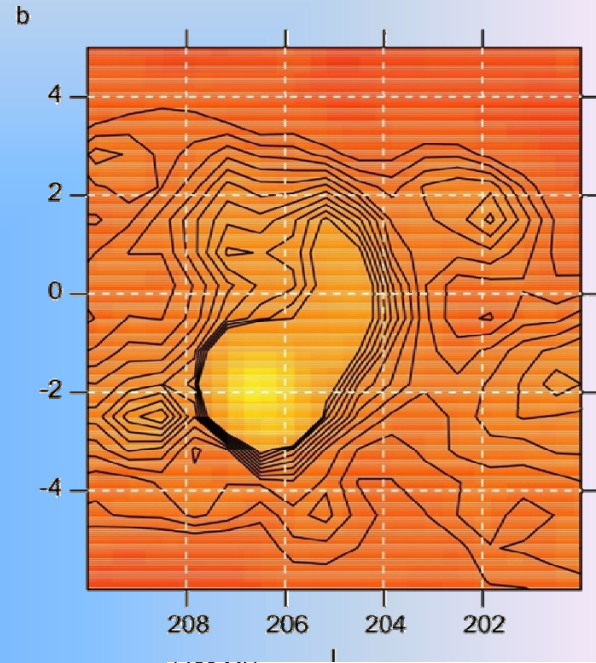
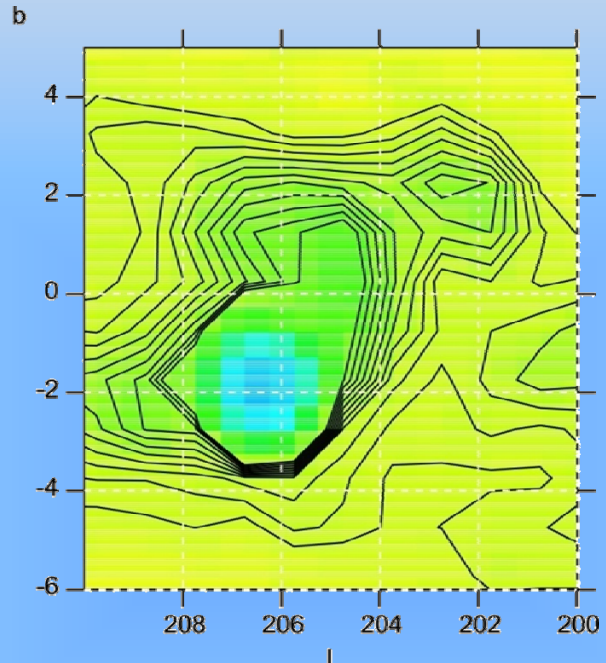
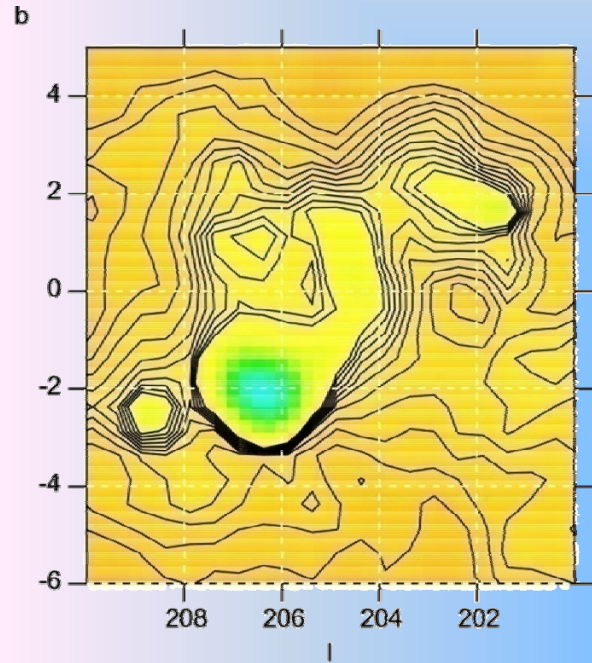
(Green 2006, *A Catalogue of Galactic Supernova Remnants*, Cavendish Laboratory, Cambridge, UK.)

Контуре за Моноцерос петљу

1420 MHz

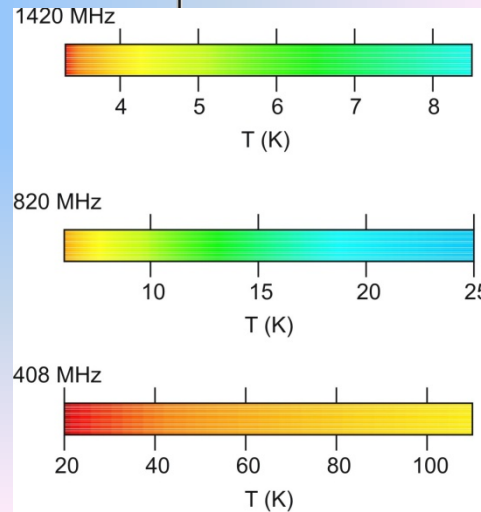
820 MHz

408 MHz

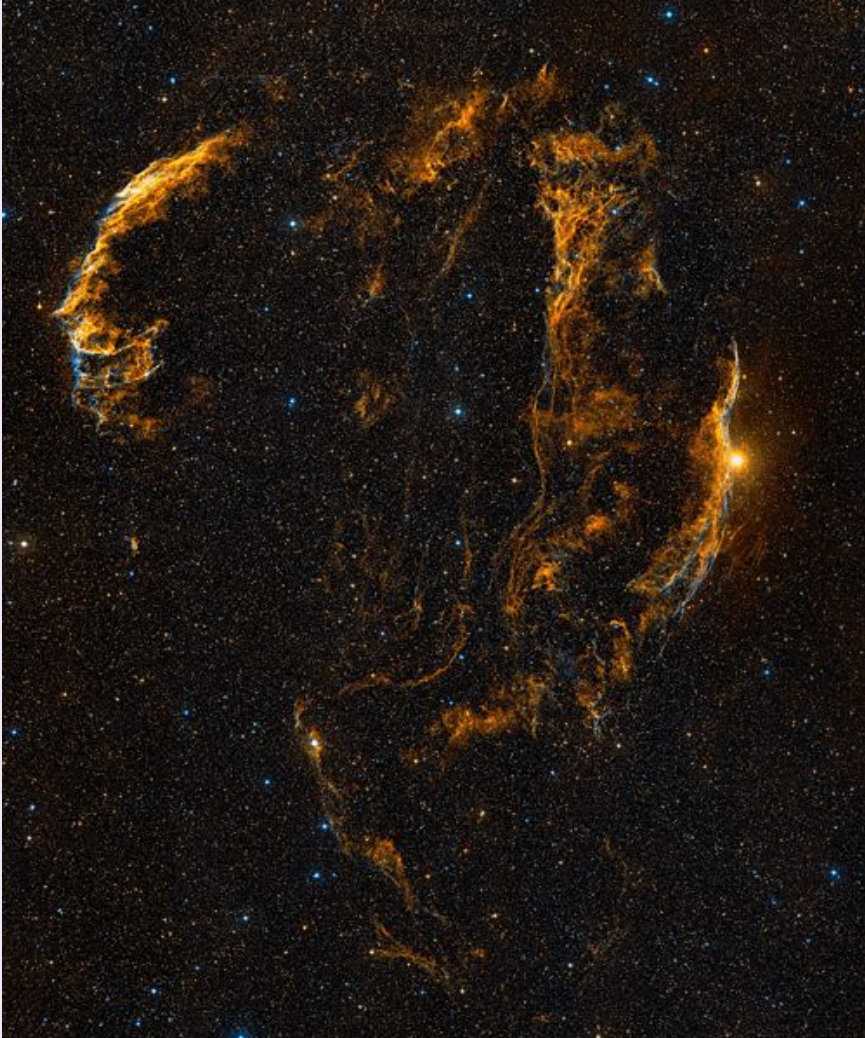


$$l = [210^\circ, 200^\circ]$$

$$b = [-6^\circ, 5^\circ]$$

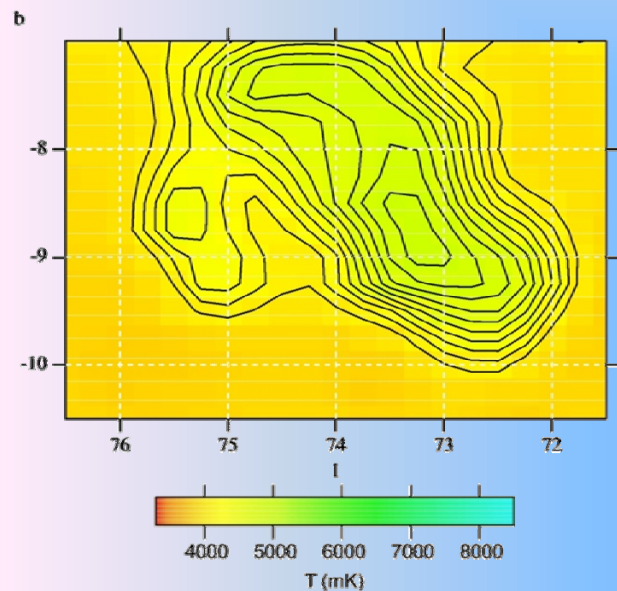


Cyg (SNR G74.0-8.5)

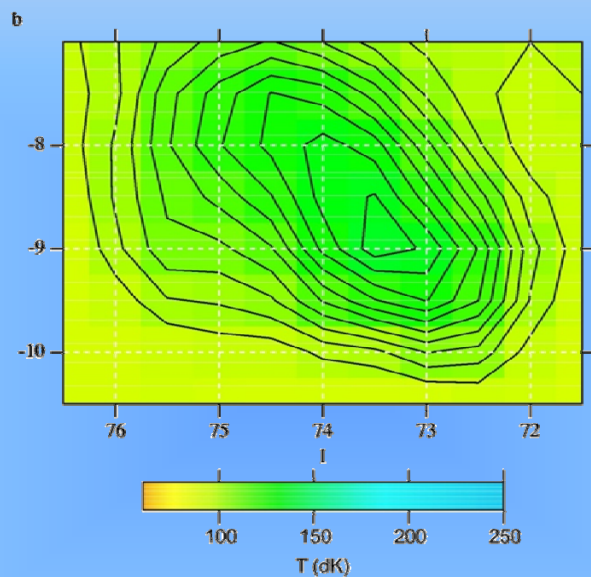


Контуре за Цигнус петљу

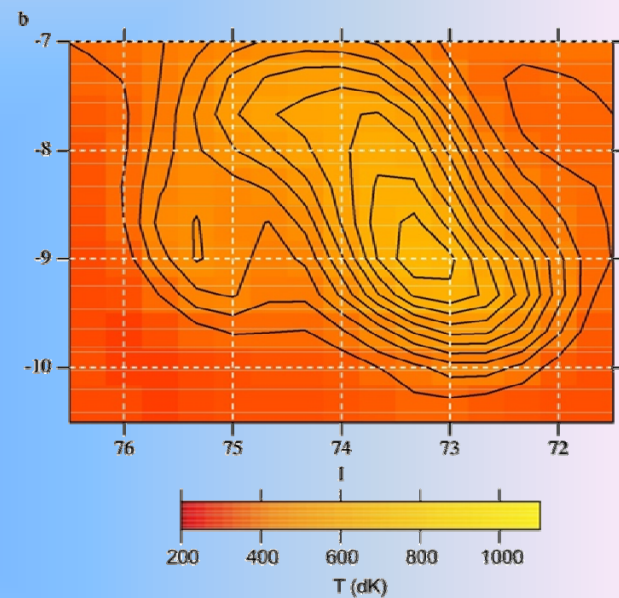
1420 MHz



820 MHz



408 MHz

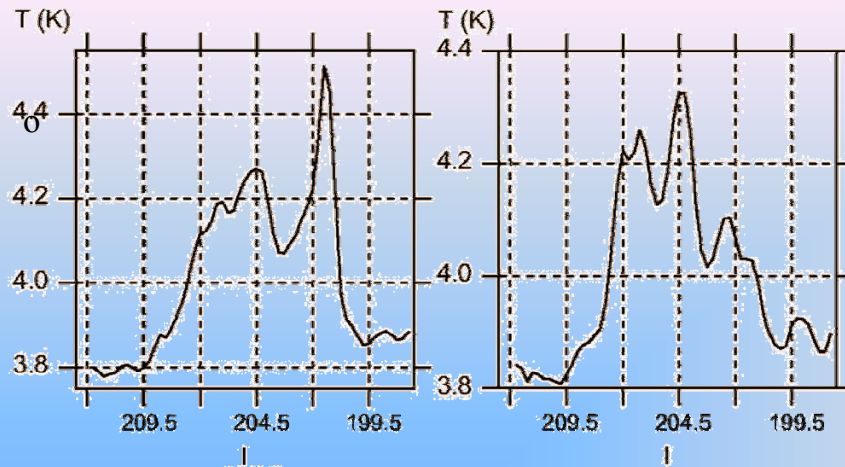


$$l = [77^\circ, 71^\circ]$$

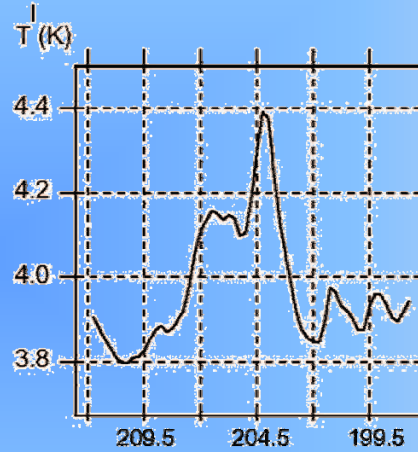
$$b = [-11^\circ, -6^\circ]$$

Температурски
профили за
 Моноцерос петљу
 на 1420 ,
 за $l = [212^\circ, 198^\circ]$

$b = 1^\circ.5$

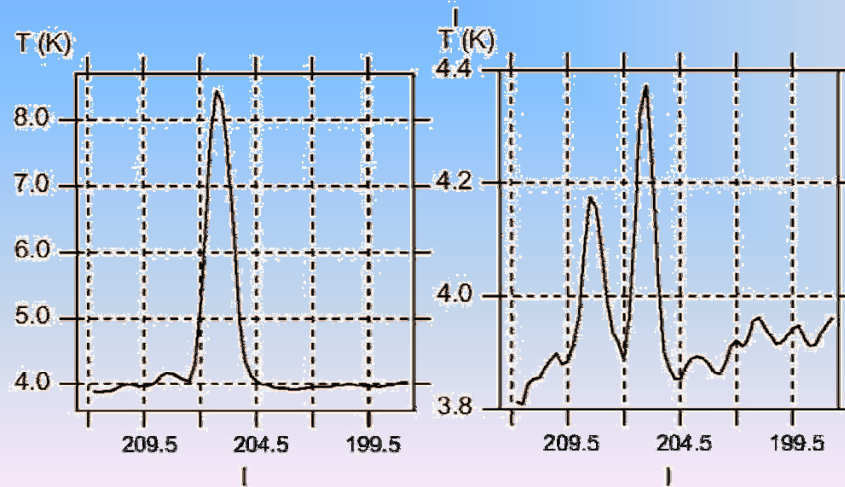


$b = 1^\circ$



$b = 0^\circ$

$b = -2^\circ$



$b = -3^\circ$

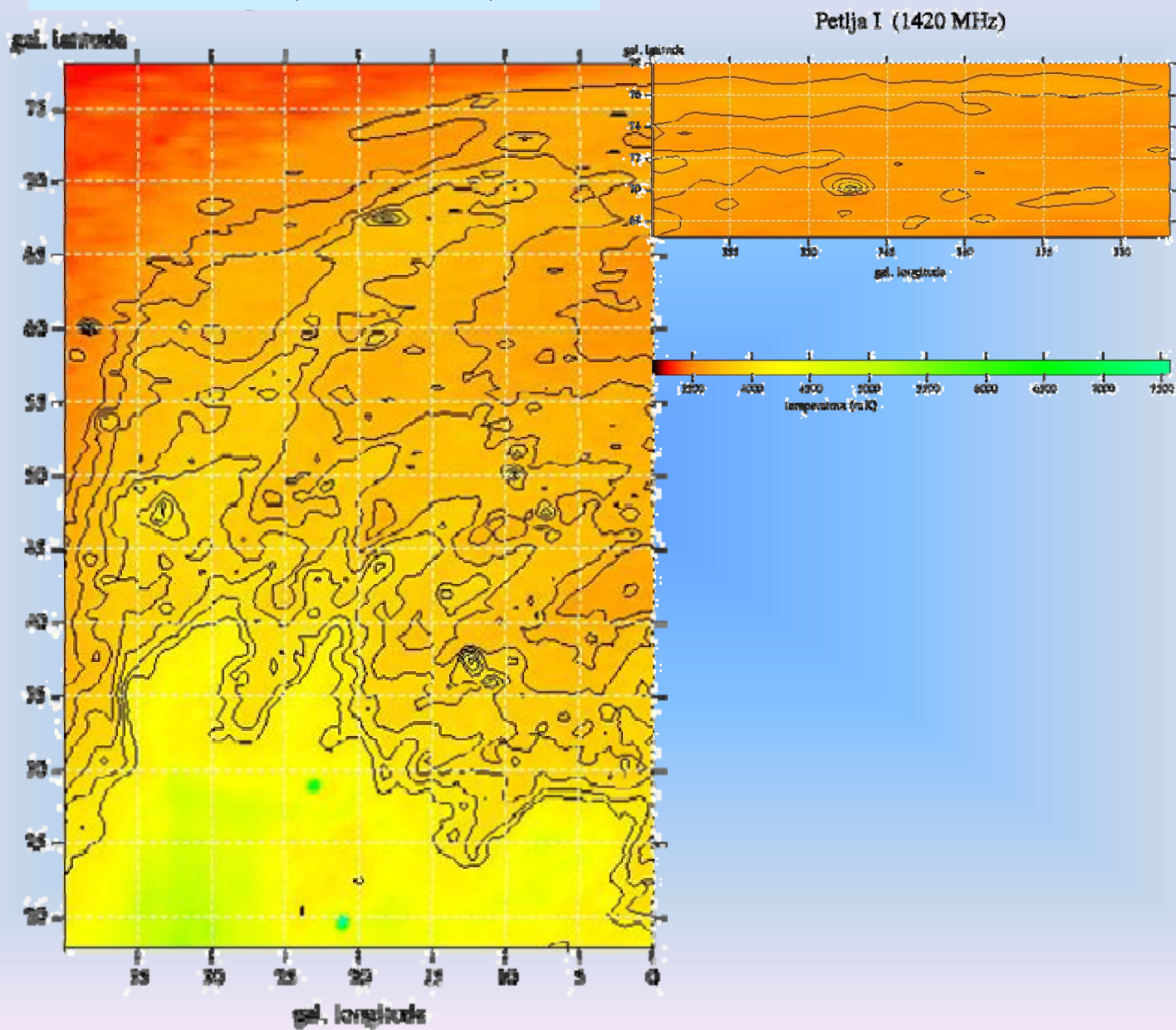
Цигнус

| фреквенција (MHz) | границе T_{\min}, T_{\max} (K) | температура (K) | сјај ($10^{-22} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ Hz Sr})$) |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| 1420 | 4.1, 4.9 | 0.45 ± 0.05 | 2.80 ± 0.30 |
| 820 | 9.6, 14.0 | 2.10 ± 0.20 | 4.33 ± 0.40 |
| 408 | 39, 72 | 14.4 ± 1.0 | 7.37 ± 0.50 |

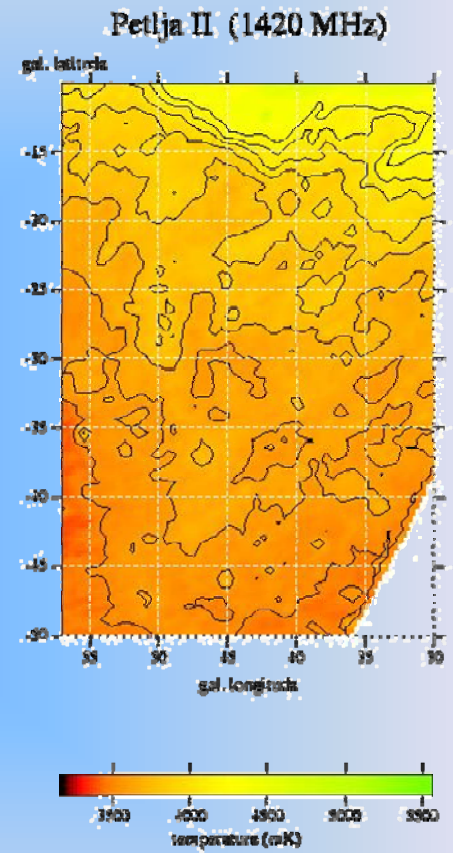
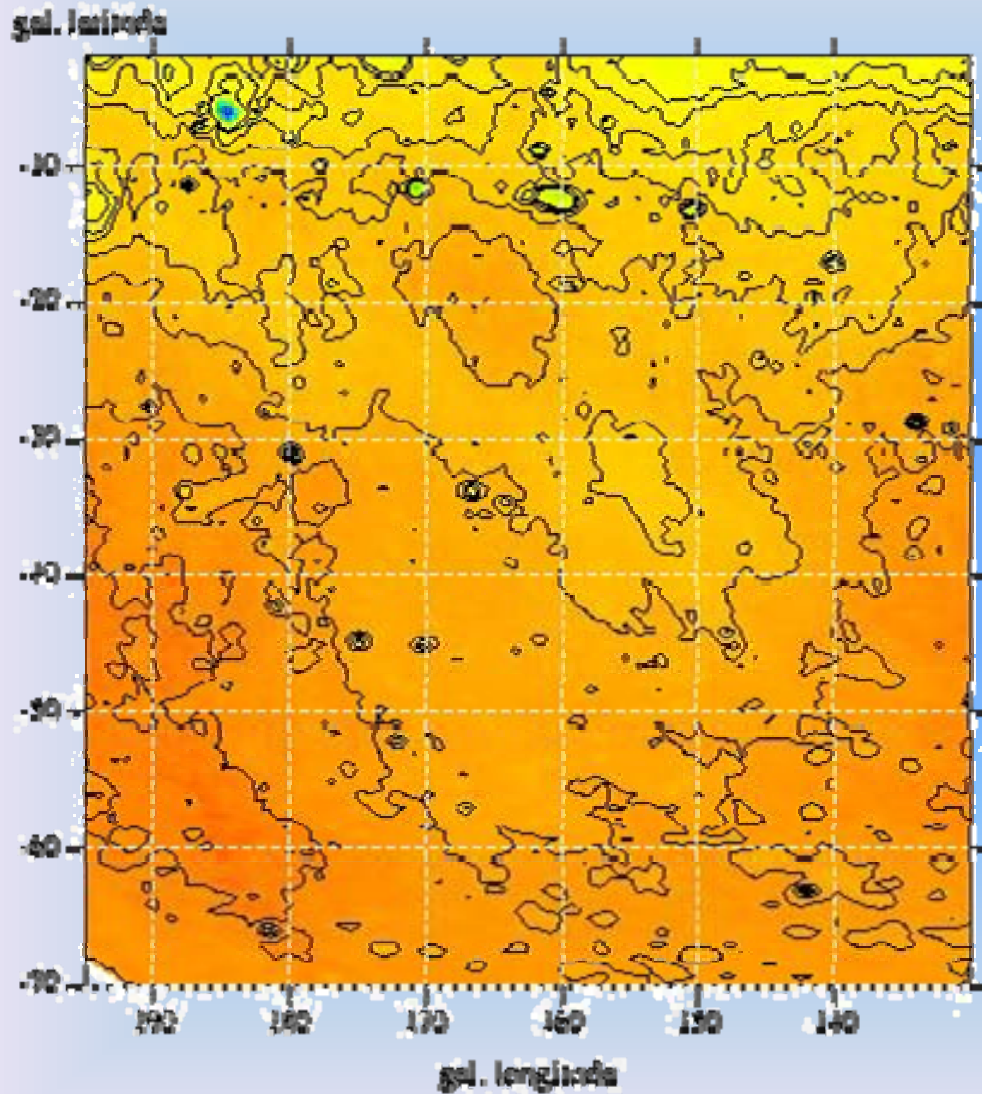
Моноцерос

| фреквенција (MHz) | границе T_{\min}, T_{\max} (K) | температура (K) | сјај ($10^{-22} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ Hz Sr})$) |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| 1420 | 3.8, 4.2 | 0.18 ± 0.05 | 1.09 ± 0.30 |
| 820 | 8.8, 10.7 | 0.90 ± 0.20 | 1.85 ± 0.40 |
| 408 | 36, 47 | 5.2 ± 1.0 | 2.63 ± 0.50 |

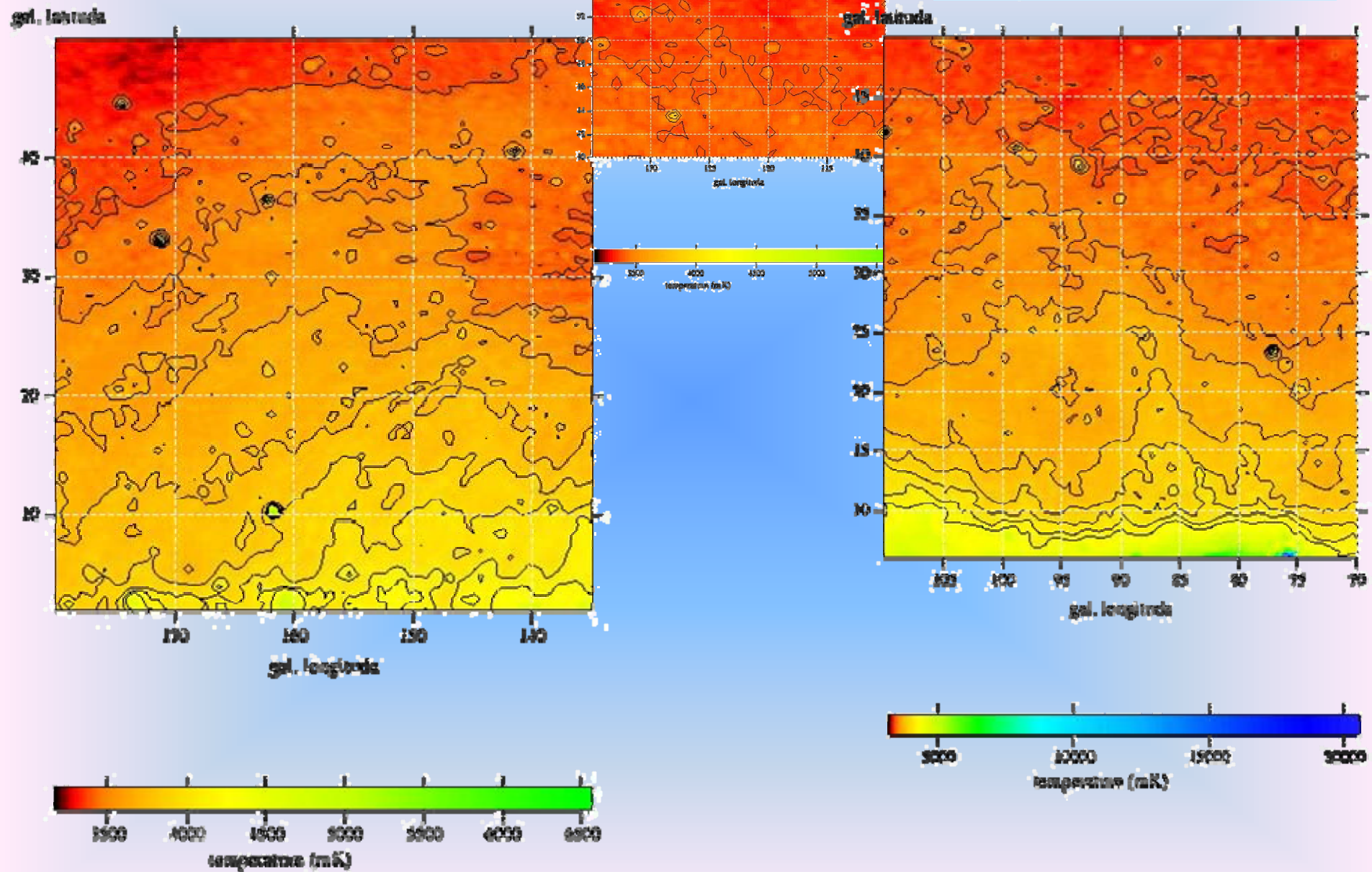
Петља I (1420 MHz)



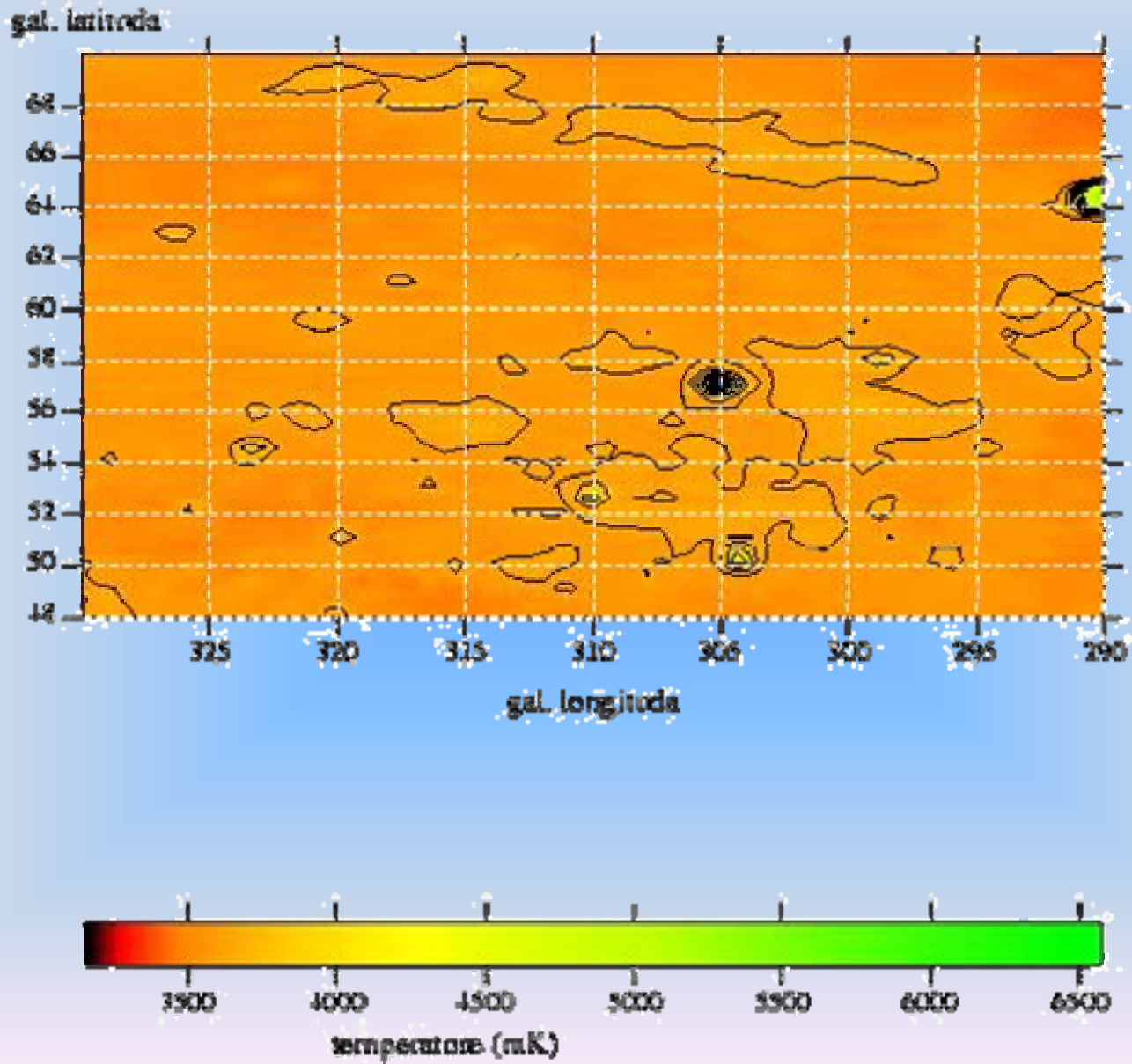
Петља II (1420 MHz)



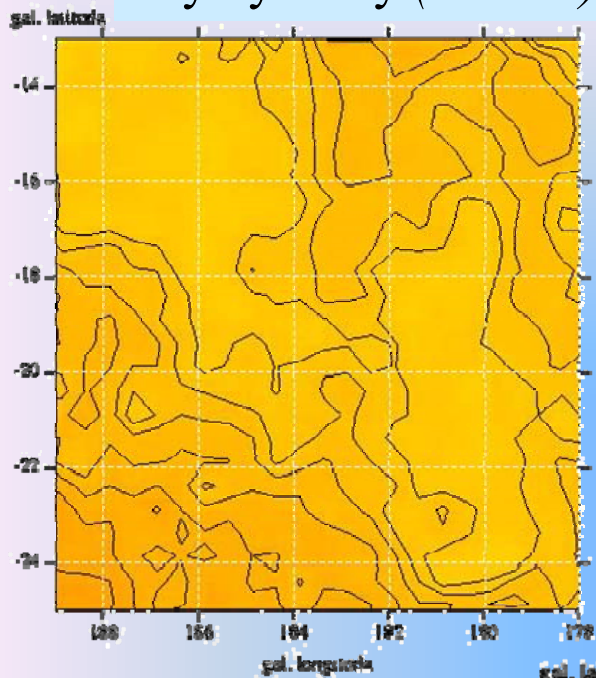
Петља III (1420 MHz)



Петља IV (1420 MHz)

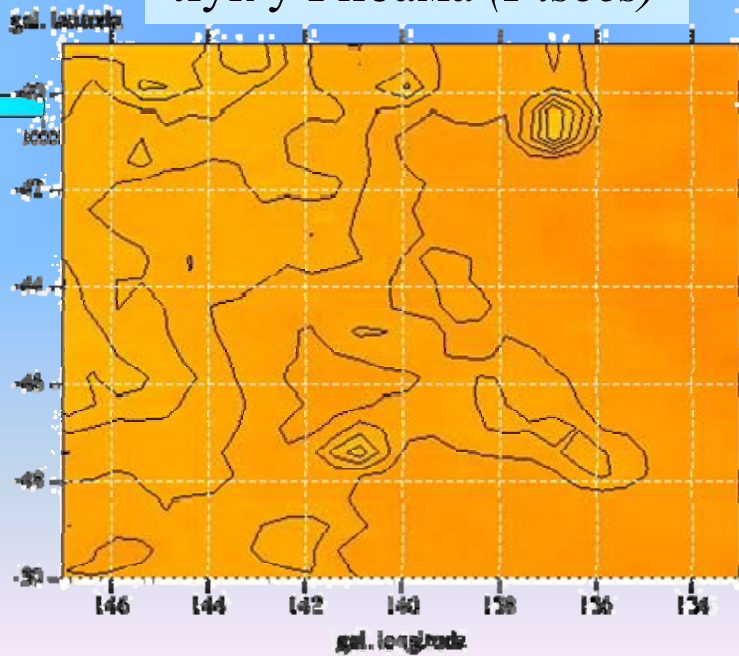


лук у Бику (*Taurus*)

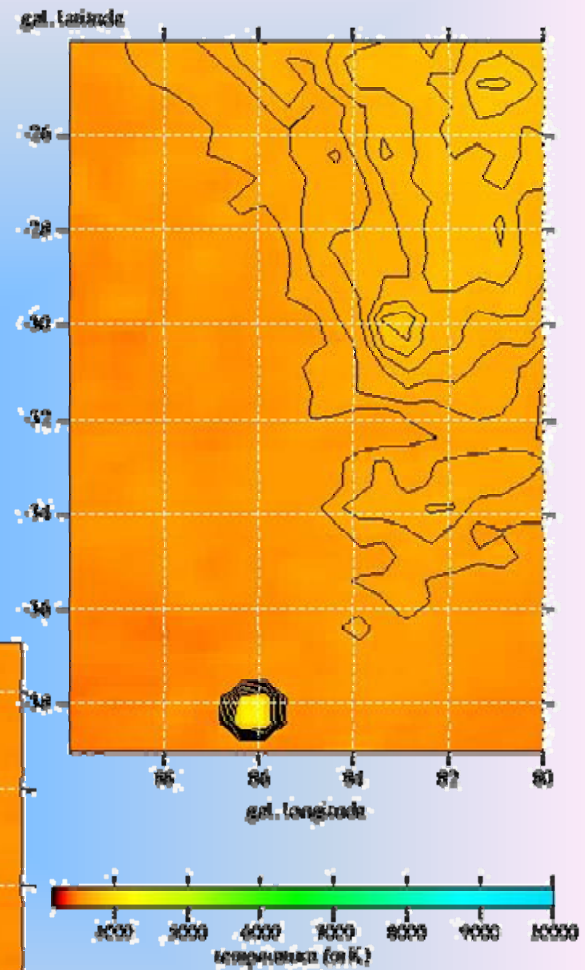


Петља V (1420 MHz)

лук у Рибама (*Pisces*)

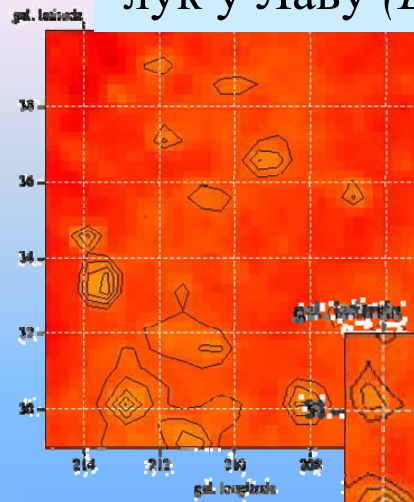


лук у Пегазу (*Pegasus*)

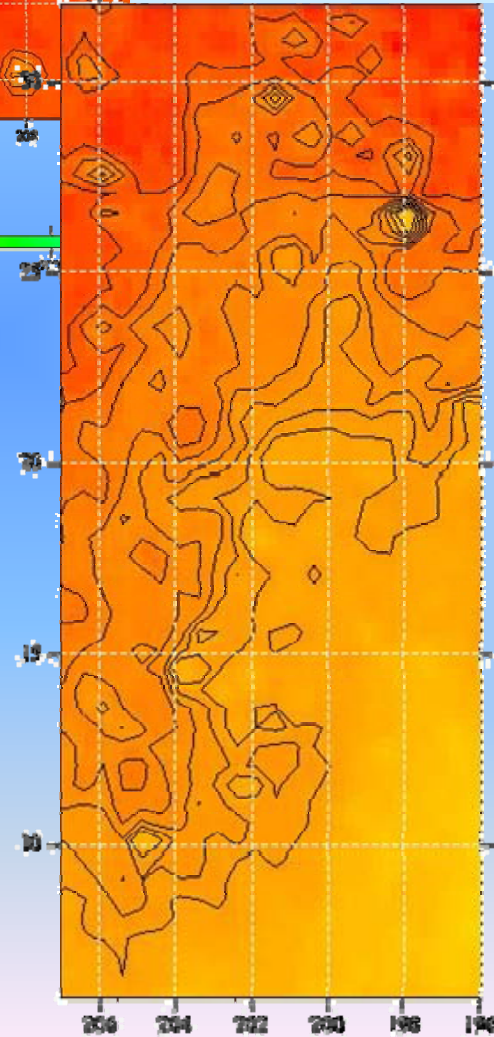
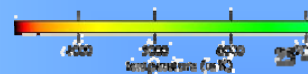


лук у Лаву (*Leo*)

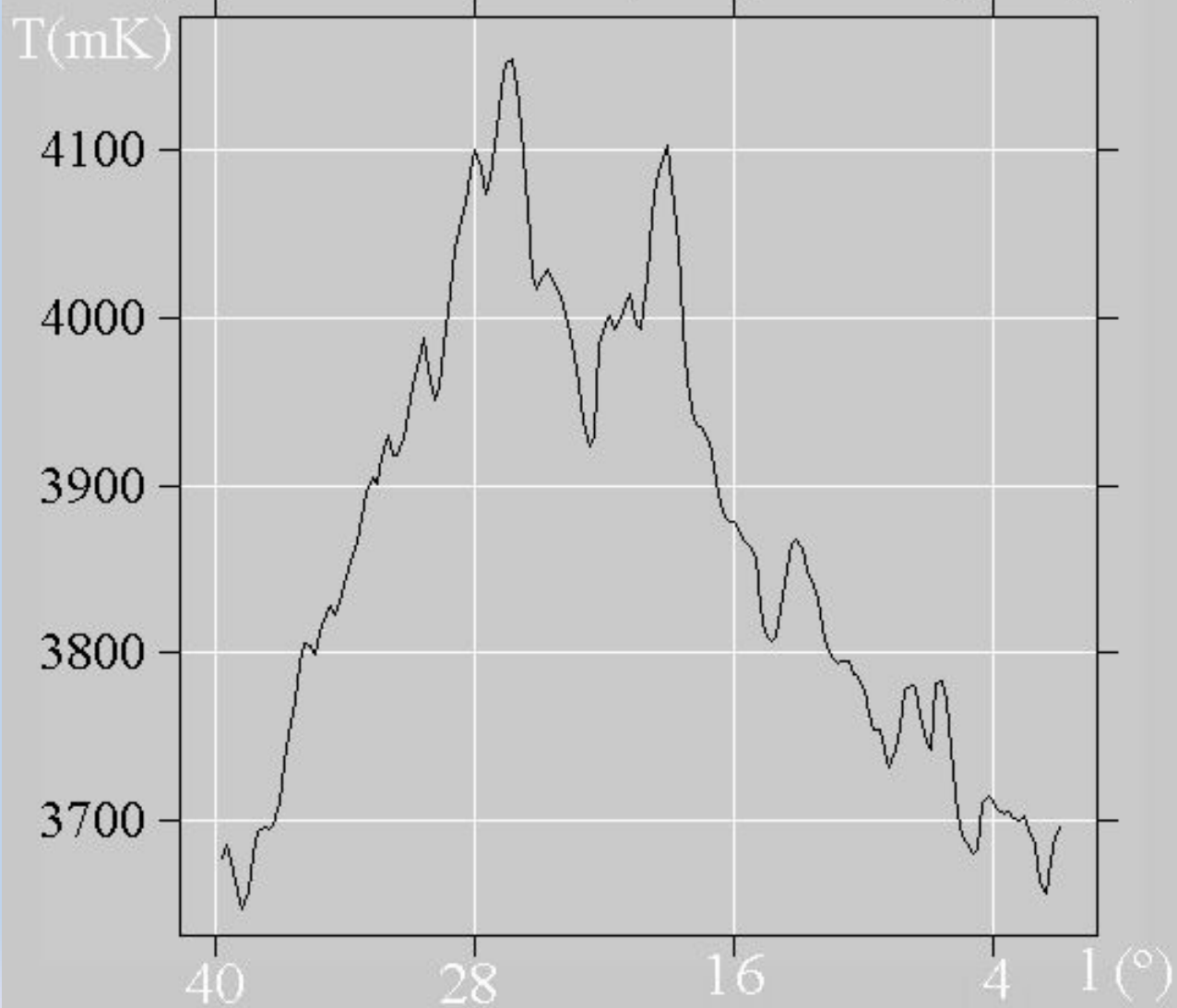
Петља VI (1420 MHz)



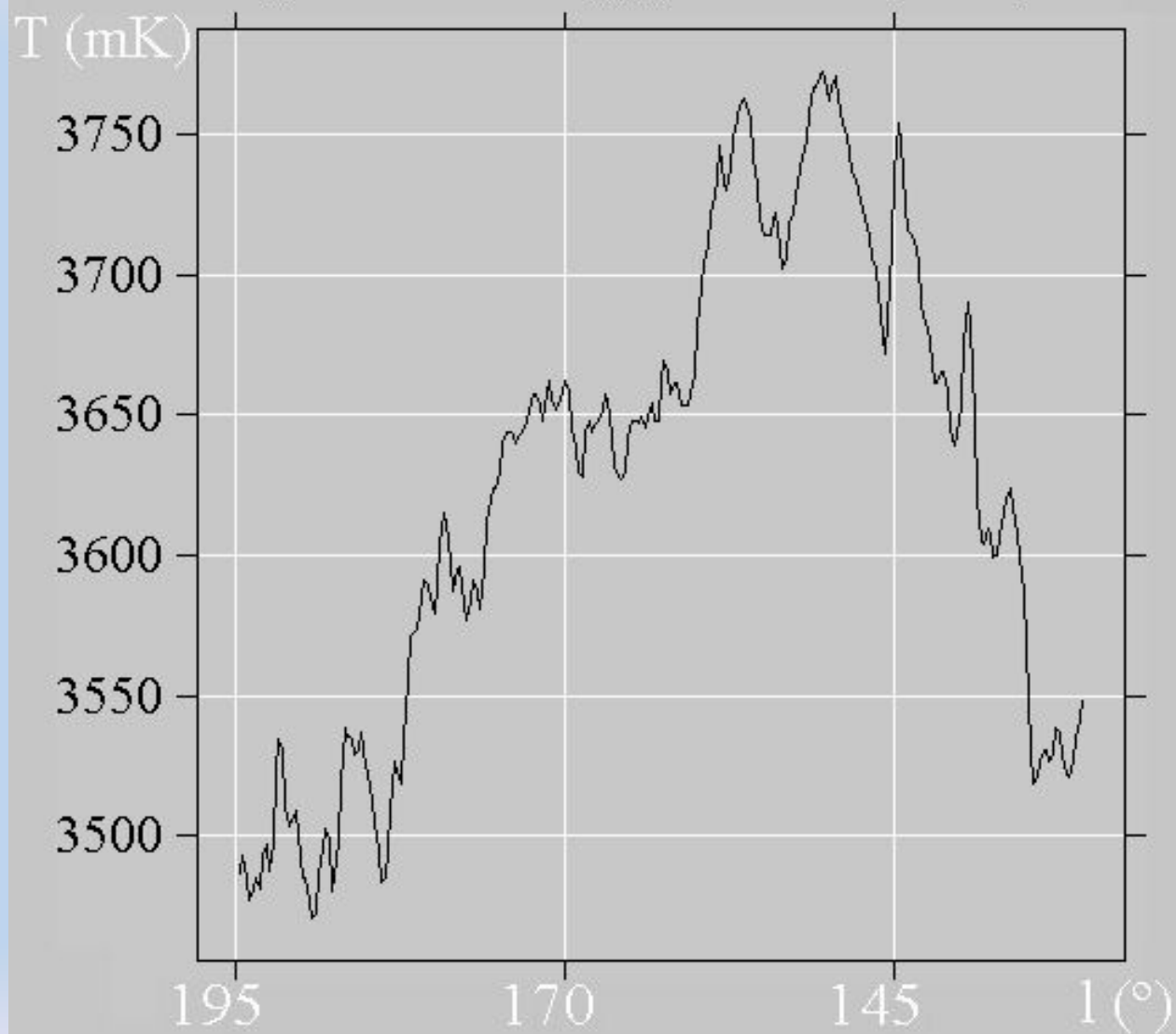
лук у Раку (*Cancer*)



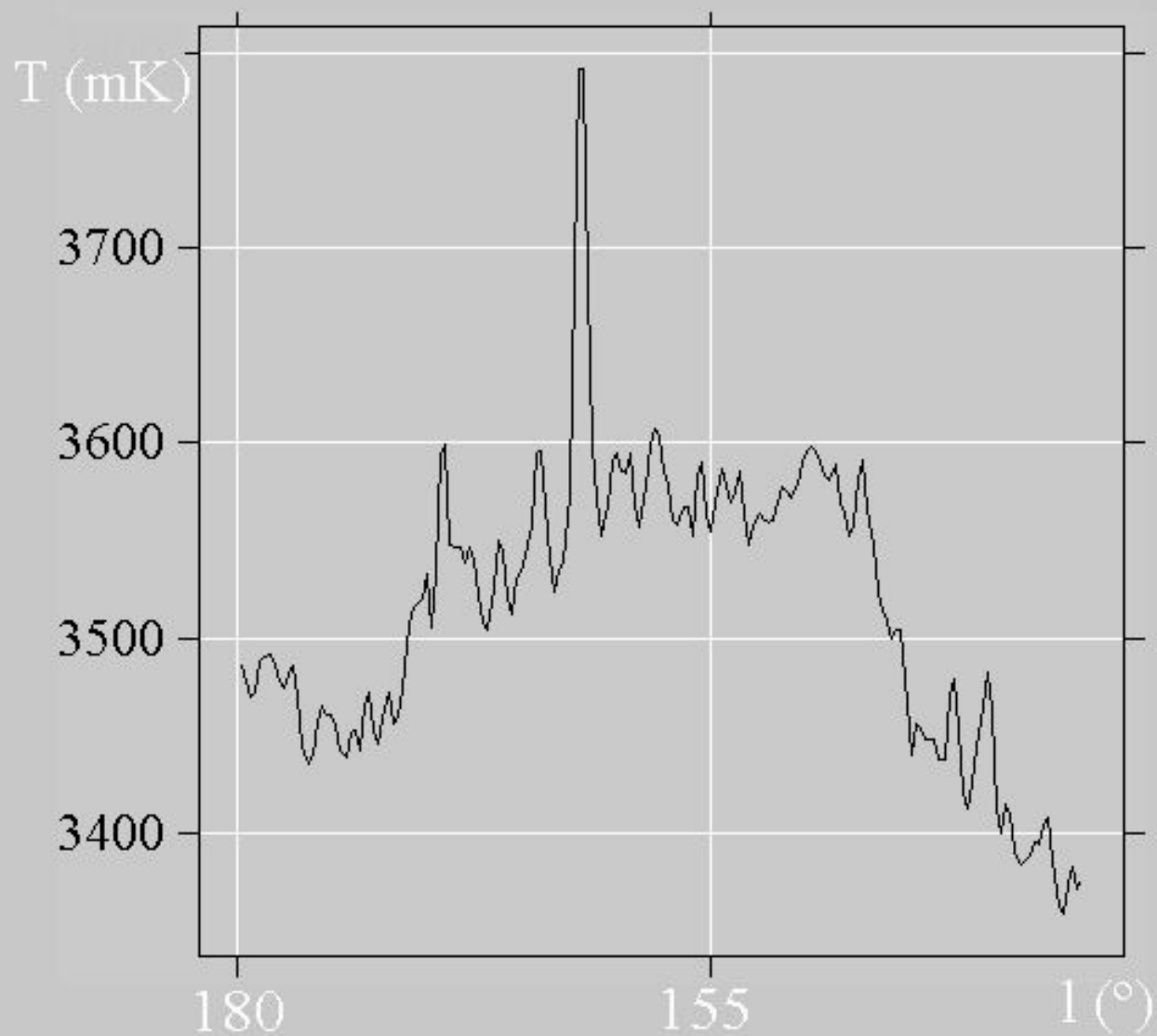
пресек за лат. $b = 40$ (Северни поларни лук)



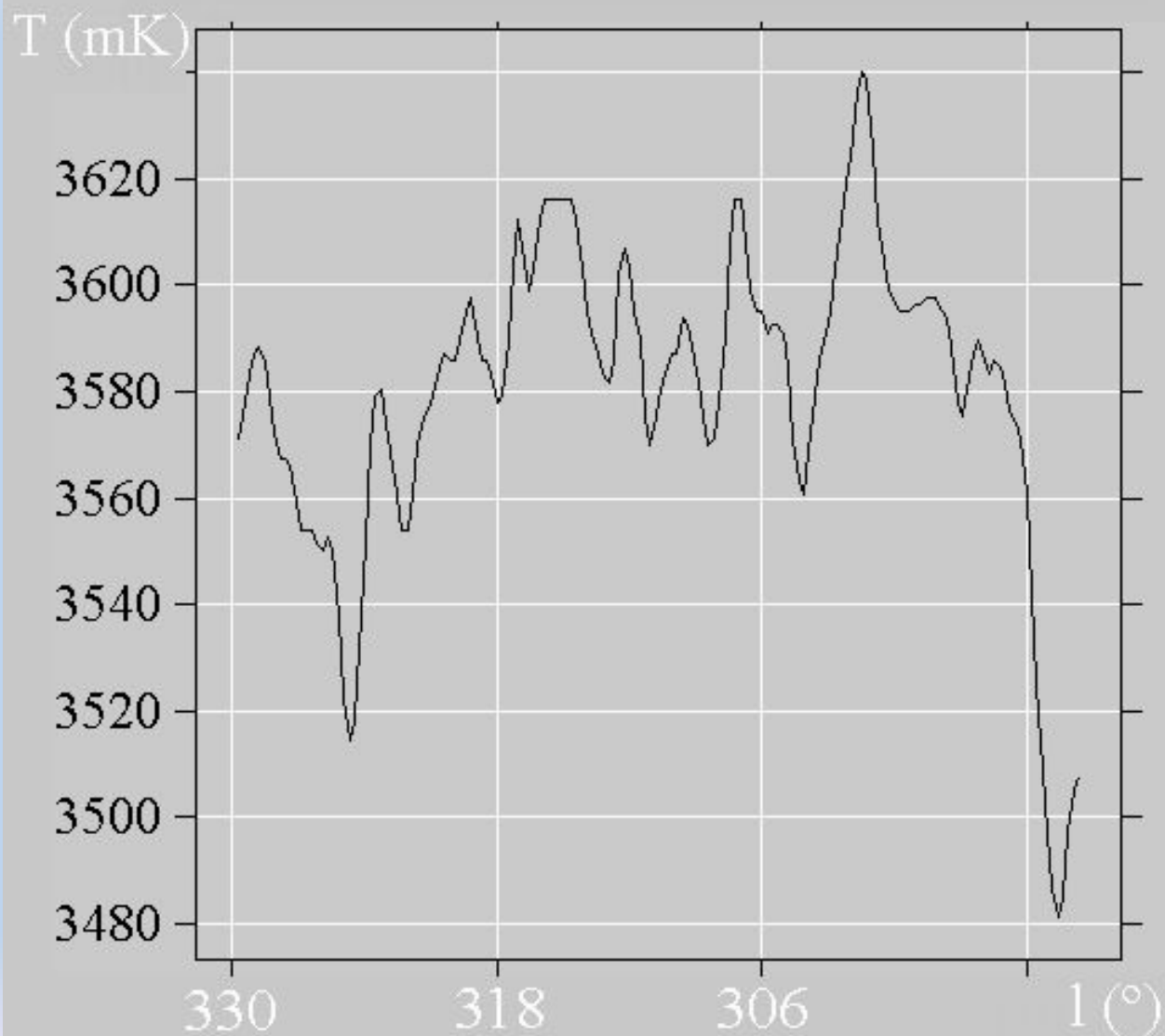
пресек за латитуду $b = -40$ (Ован)



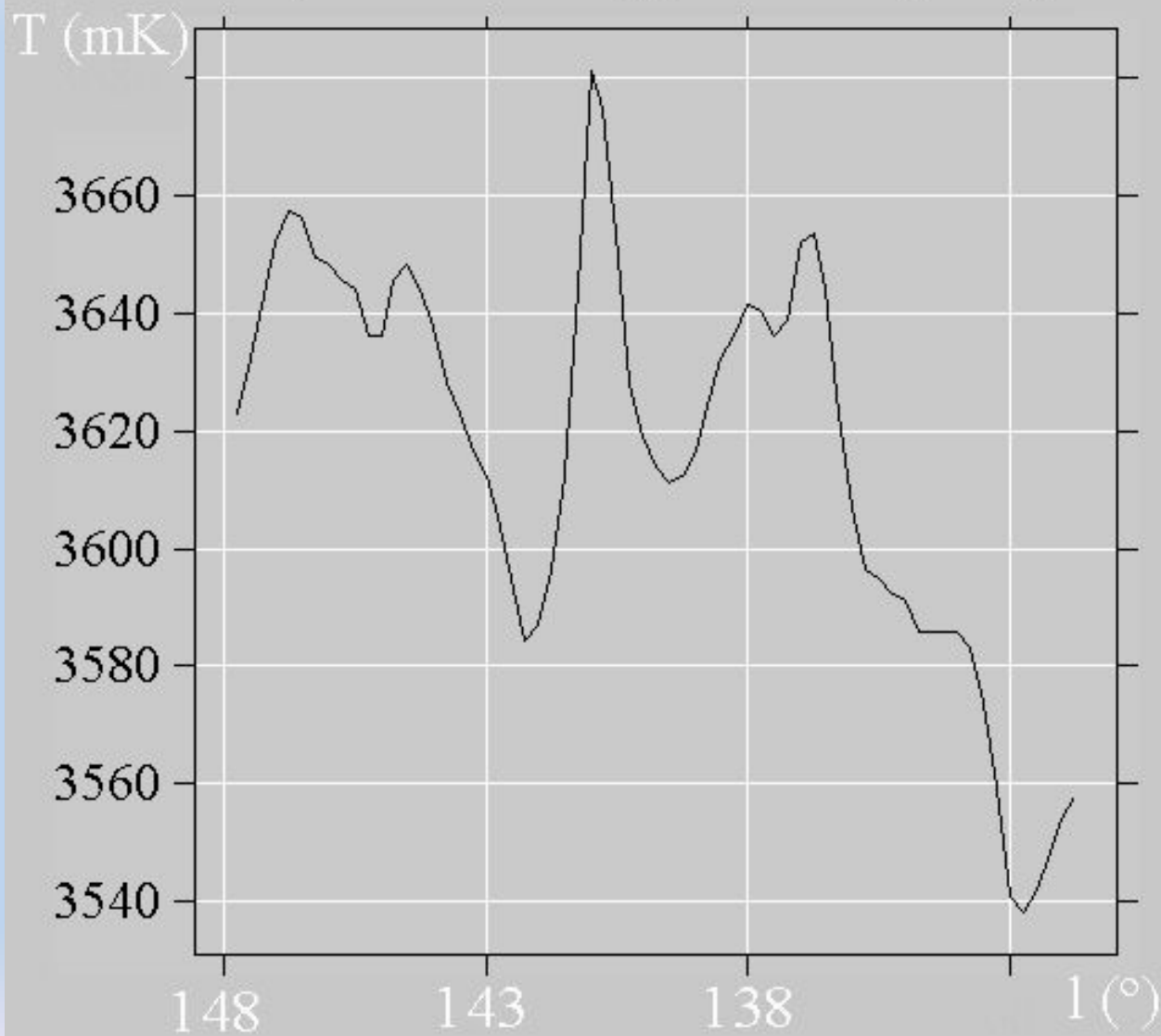
пресек за латитуду $b = 30$ (лук I петље III)



пресек за лат. $b = 55$ (северни део петље IV)



пресек за латитуду $b = -47$ (Рибе)



пресек за латитуду $b = 31$ (Лав)

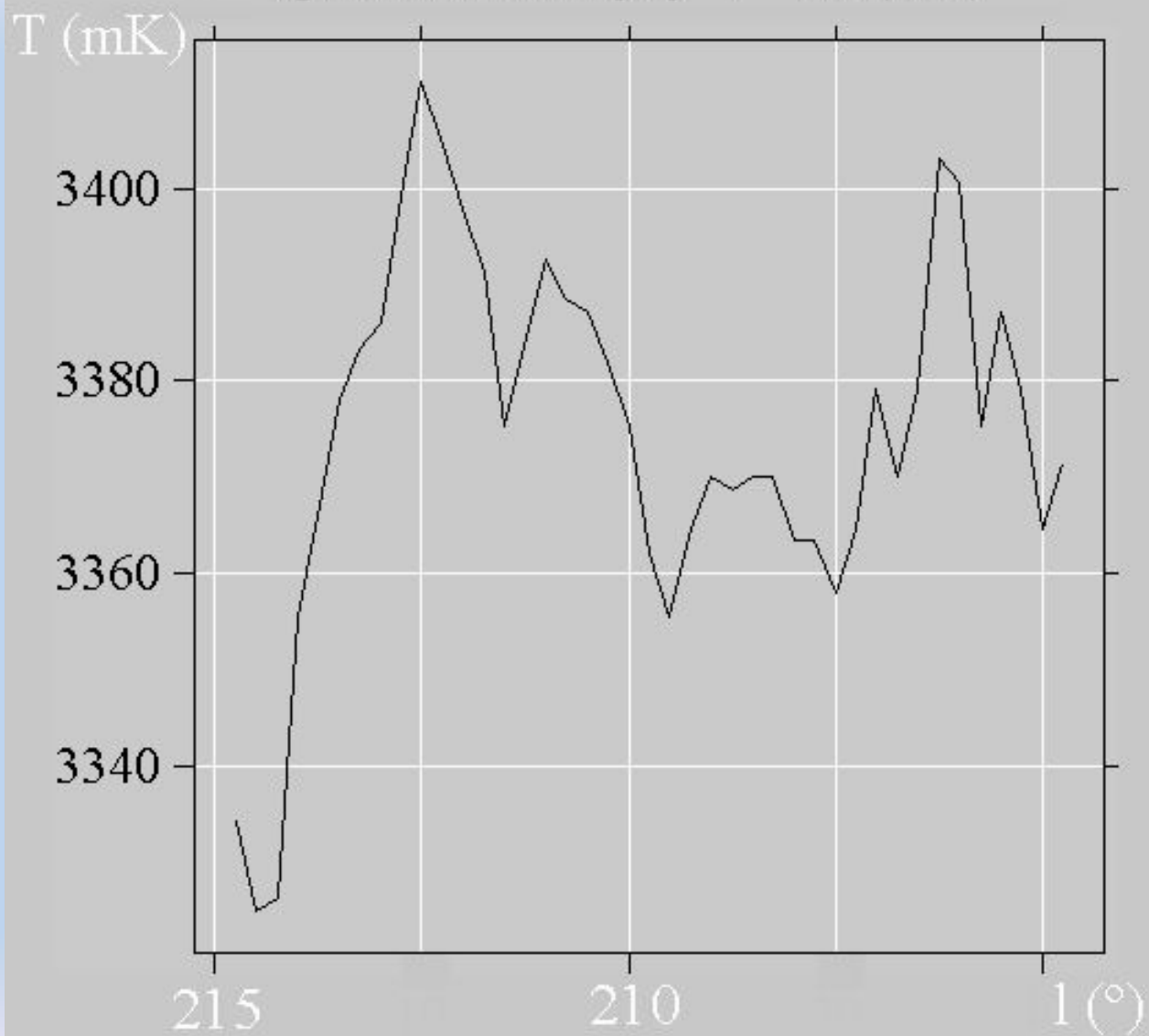


Table 1. The Galactic longitude and latitude for spurs belonging to Loops I–VI and the lower and upper temperature limits for these loops.

| Label of the loop | l, b intervals for spurs ($^{\circ}$) | | 1420 MHz | | 820 MHz | | 408 MHz | |
|-------------------|---|------------------|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|
| | | | Temperature limits (K) | | Temperature limits (K) | | Temperature limits (K) | |
| | | | T_{\min} | T_{\max} | T_{\min} | T_{\max} | T_{\min} | T_{\max} |
| Loop I | $l = [40, 0]$ | $b = [18, 78]$ | 3.6 | 4.1 | 7.8 | 9.5 | 30.0 | 40.0 |
| | $l = [360, 327]$ | $b = [67, 78]$ | | | | | | |
| Loop II | $l = [57, 30]$ | $b = [-50, -10]$ | 3.6 | 4.2 | 7.2 | 9.9 | 24.0 | 36.0 |
| | $l = [195, 130]$ | $b = [-70, -2]$ | | | | | | |
| Loop III | $l = [180, 135]$ | $b = [2, 50]$ | 3.4 | 4.2 | 6.4 | 10.0 | 21.0 | 38.0 |
| | $l = [135, 110]$ | $b = [40, 55]$ | | | | | | |
| | $l = [110, 70]$ | $b = [6, 50]$ | | | | | | |
| Loop IV | $l = [325, 285]$ | $b = [55, 72]$ | 3.58 | 4.0 | 7.45 | 7.95 | 27.5 | 30.0 |
| Loop V | $l = [189, 178]$ | $b = [-25, -13]$ | 3.6 | 3.8 | 7.1 | 7.8 | 24.0 | 33.5 |
| | $l = [147, 133]$ | $b = [-50, -39]$ | | | | | | |
| | $l = [90, 80]$ | $b = [-39, -24]$ | | | | | | |
| Loop VI | $l = [215, 205]$ | $b = [29, 40]$ | 3.38 | 3.58 | 5.8 | 6.9 | 15.0 | 23.5 |
| | $l = [207, 196]$ | $b = [6, 32]$ | | | | | | |

Table 2. Temperatures (K) and brightnesses ($10^{-22} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \text{ Sr}^{-1}$) of the radio loops at 1420, 820 and 408 MHz, respectively.

| Label of the loop | 1420 MHz | | 820 MHz | | 408 MHz | |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | Temperature | Brightness | Temperature | Brightness | Temperature | Brightness |
| Loop I | 0.27 ± 0.05 | 1.69 ± 0.30 | 1.35 ± 0.20 | 2.78 ± 0.40 | 8.4 ± 1.0 | 4.31 ± 0.50 |
| Loop II | 0.22 ± 0.05 | 1.36 ± 0.30 | 1.10 ± 0.20 | 2.26 ± 0.40 | 8.0 ± 1.0 | 4.07 ± 0.50 |
| Loop III | 0.30 ± 0.05 | 1.84 ± 0.30 | 1.39 ± 0.20 | 2.87 ± 0.40 | 8.5 ± 1.0 | 4.34 ± 0.50 |
| Loop IV | 0.08 ± 0.05 | 0.48 ± 0.30 | 0.53 ± 0.20 | 1.09 ± 0.40 | 3.0 ± 1.0 | 1.52 ± 0.50 |
| Loop V | 0.13 ± 0.05 | 0.80 ± 0.30 | 0.58 ± 0.20 | 1.19 ± 0.40 | 5.6 ± 1.0 | 2.86 ± 0.50 |
| Loop VI | 0.12 ± 0.05 | 0.71 ± 0.30 | 0.62 ± 0.20 | 1.29 ± 0.40 | 4.3 ± 1.0 | 2.20 ± 0.50 |

Спектри и Т-Т графици за Петље I-VI

спектар: $T = Kv^{-\beta}$ ($K = const$)

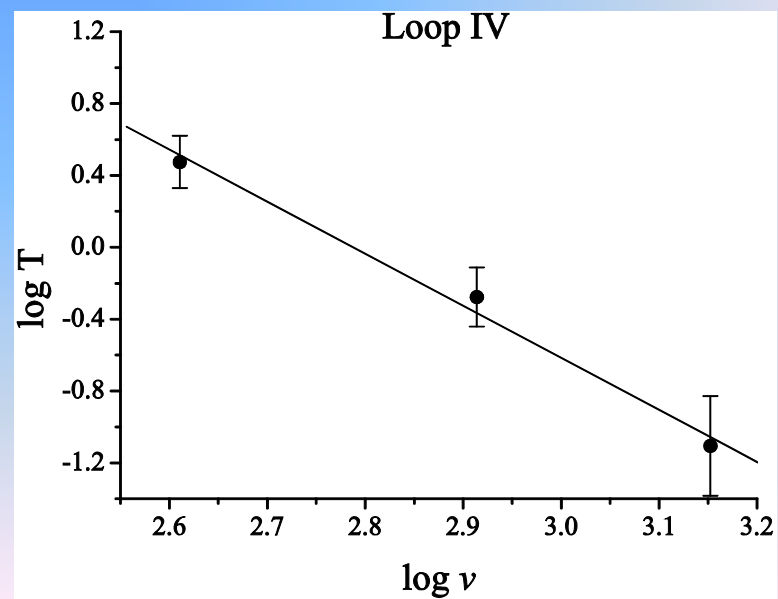
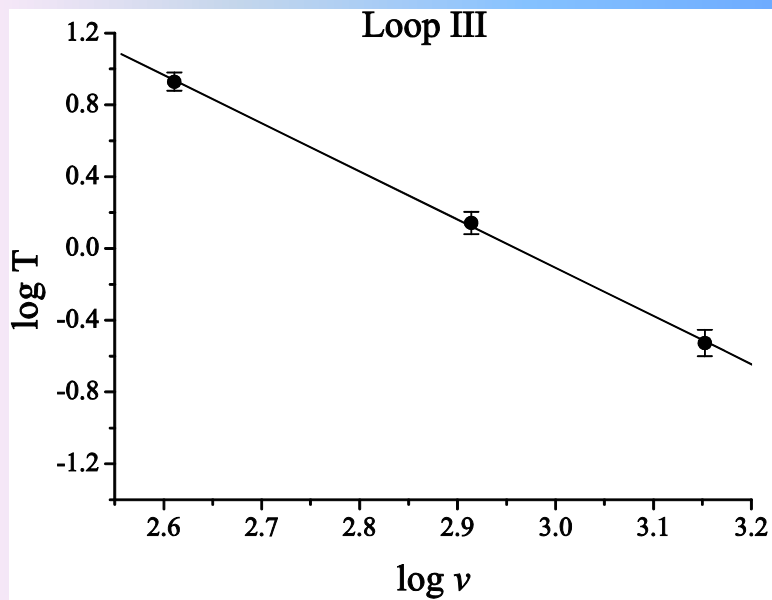
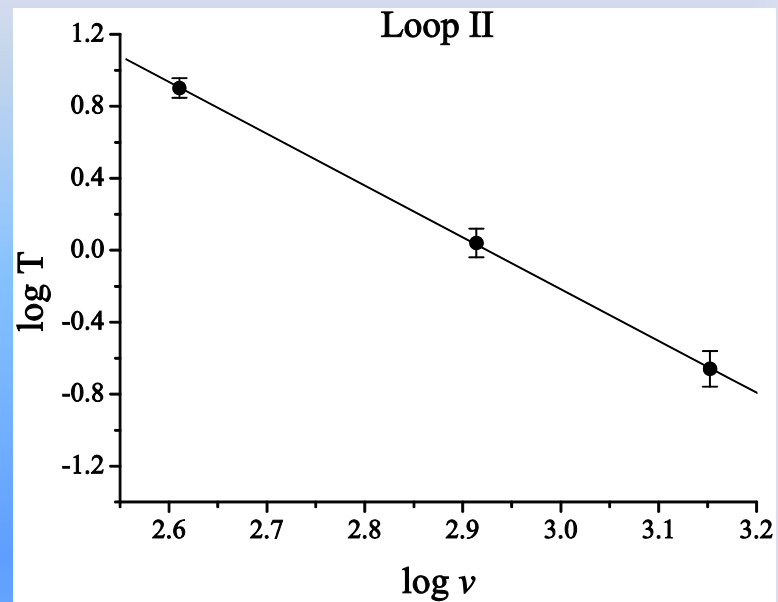
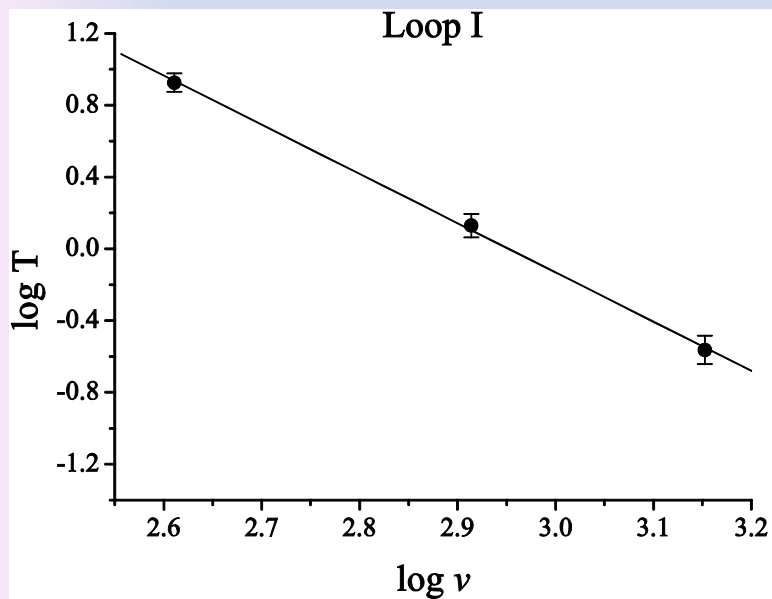
$$\log T = \log K - \beta \log v$$

Т-Т графици: $T(v_1) / T(v_2) = (v_1 / v_2)^{-\beta}$

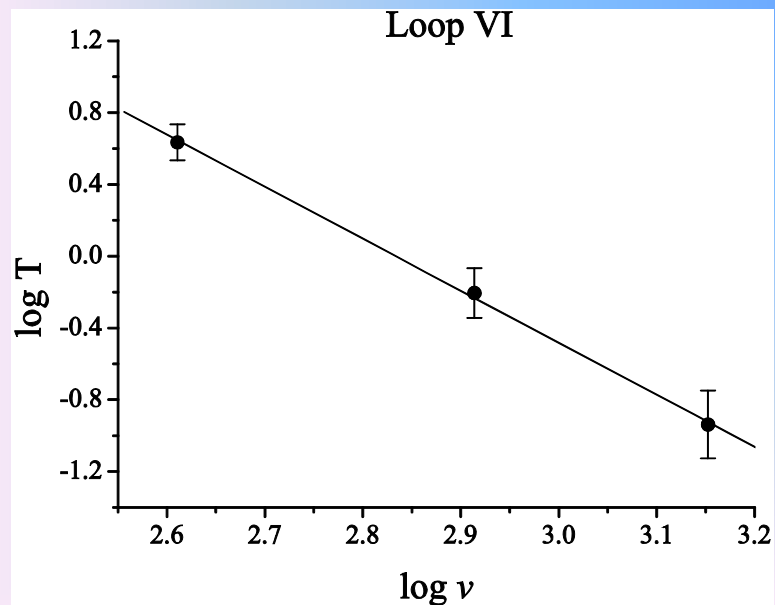
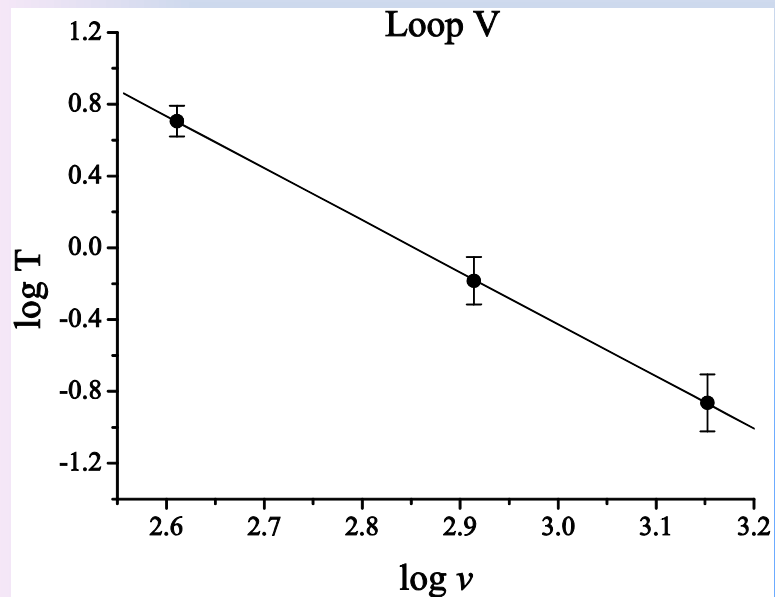
$$\beta = \log a_{12} / (\log (v_1 / v_2))$$

$a_{12} = T(v_2) / T(v_1)$ коеф. правца

Спектар Петљи I-IV



Спектар Петљи V и VI



Спектрални индекси из спектра

| петља | β |
|-------|-----------------|
| I | 2.74 ± 0.08 |
| II | 2.88 ± 0.03 |
| III | 2.68 ± 0.06 |
| IV | 2.90 ± 0.28 |
| V | 3.03 ± 0.15 |
| VI | 2.90 ± 0.09 |

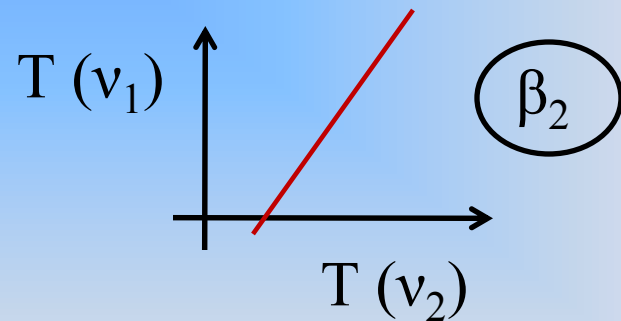
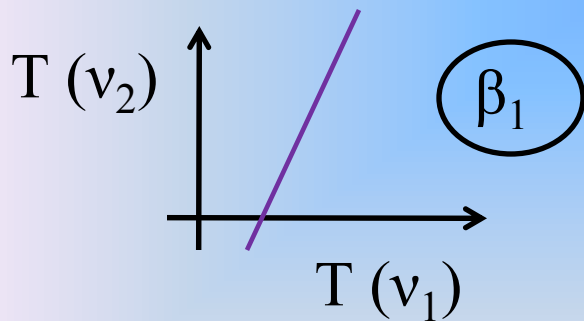
T-T метод

x-оса: температура на једној фреквенцији

y-оса: температура на другој фреквенцији

За израду T-T графика користе се само заједничке тачке за обе фреквенције, тј. само оне тачке са истим (l, b) .

Један T-T график се црта за једну гал. латитуду, у одређеном интервалу гал. лонгитуда.



$$\beta = (\beta_1 + \beta_2) / 2$$

Изравнање података

(*smoothing, retabulating*)

Различита резолуција мерења:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1420 MHz \rightarrow 35' | $\Delta l = \Delta b = (1/4)^\circ$ |
| 820 MHz \rightarrow 1°.2 | $\Delta l = \Delta b = (1/2)^\circ$ |
| 408 MHz \rightarrow 0°.85 | $\Delta l = \Delta b = (1/3)^\circ$ |

Мерени подаци имају различите резолуције за различите фреквенције. Да би подаци били самерљиви, вршимо конволуцију карата неба на најлошију резолуцију. Тако податке на 1420 и 408 MHz изравнавамо на резолуцију 0.5x0.5, што је резолуција прегледа на 820 MHz.

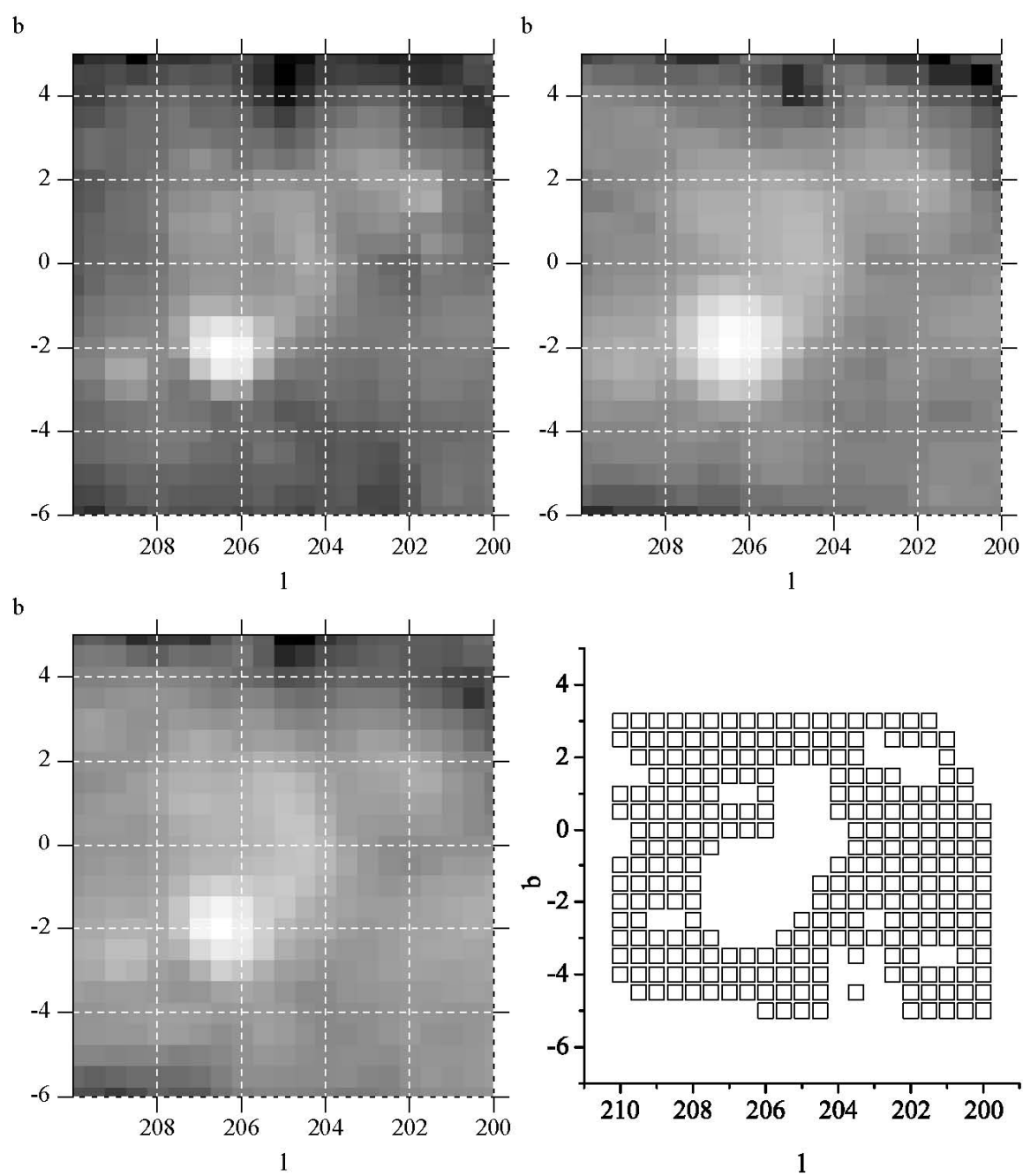
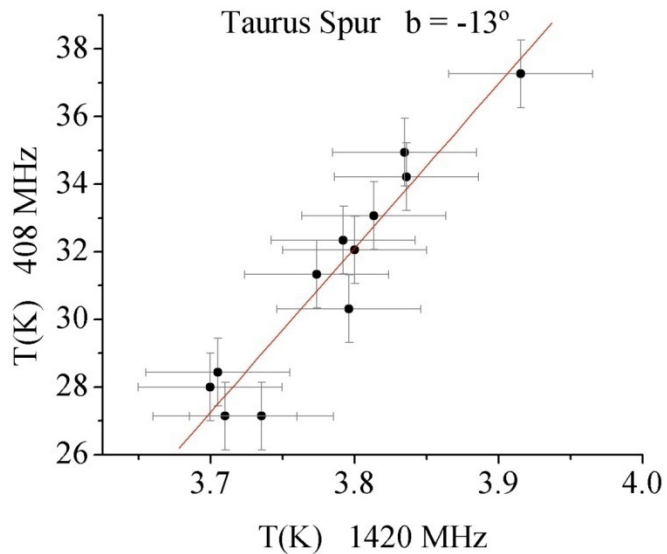
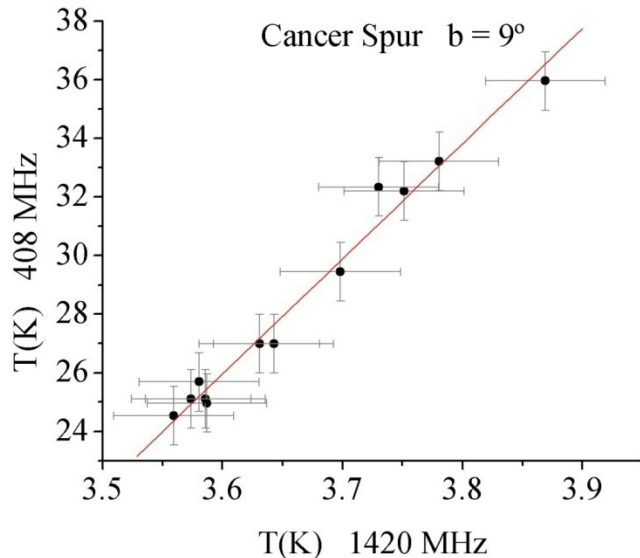


Fig. 4 The data retabulated to $0^\circ.5 \times 0^\circ.5$ resolution, for the following frequencies: 1420 MHz (top left), 820 MHz (top right) and 408 MHz (bottom left). **Bottom right:** the common pixels which belong to the loop area at all frequencies.

примери Т-Т графика



Петља V, лук у Бику,
на латитуди $b = -13^\circ$,
у интервалу лонгитуда
 $l = 178^\circ, 189^\circ$



Петља VI, лук у Раку,
на латитуди $b = 9^\circ$,
у интервалу лонгитуда
 $l = 196^\circ, 207^\circ$

Спектрални индекси Петље V између 1420 MHz и 408 MHz

| лук у Биксу | |
|---|-------------------------|
| b(°) | $\beta \pm \Delta\beta$ |
| -13 | $3,11 \pm 0,08$ |
| -14 | $2,92 \pm 0,08$ |
| -15 | $2,87 \pm 0,09$ |
| -16 | $2,82 \pm 0,20$ |
| -17 | $2,75 \pm 0,12$ |
| -18 | $2,85 \pm 0,12$ |
| -19 | $2,96 \pm 0,06$ |
| -20 | $2,87 \pm 0,12$ |
| -21 | $2,88 \pm 0,18$ |
| -22 | $2,90 \pm 0,10$ |
| -23 | $2,92 \pm 0,06$ |
| -24 | $2,87 \pm 0,08$ |
| -25 | $2,83 \pm 0,11$ |
| $\langle \beta \rangle = 2,89 \pm 0,10$ | |

| лук у Рибама | |
|---|-------------------------|
| b(°) | $\beta \pm \Delta\beta$ |
| -39 | $2,62 \pm 0,07$ |
| -40 | $2,58 \pm 0,19$ |
| -41 | $2,83 \pm 0,10$ |
| -42 | $2,63 \pm 0,10$ |
| -43 | $2,42 \pm 0,17$ |
| -44 | $2,69 \pm 0,13$ |
| -45 | $2,38 \pm 0,09$ |
| -46 | $2,56 \pm 0,11$ |
| -47 | $2,73 \pm 0,14$ |
| -48 | $2,81 \pm 0,16$ |
| -50 | $2,65 \pm 0,13$ |
| $\langle \beta \rangle = 2,63 \pm 0,12$ | |

| лук у Пергазу | |
|---|-------------------------|
| b(°) | $\beta \pm \Delta\beta$ |
| -24 | $2,84 \pm 0,08$ |
| -25 | $2,86 \pm 0,06$ |
| -26 | $2,94 \pm 0,06$ |
| -27 | $2,92 \pm 0,05$ |
| -28 | $3,03 \pm 0,05$ |
| -29 | $2,96 \pm 0,06$ |
| -30 | $3,02 \pm 0,09$ |
| -31 | $3,19 \pm 0,10$ |
| -32 | $3,52 \pm 0,06$ |
| -33 | $3,28 \pm 0,09$ |
| -34 | $3,32 \pm 0,12$ |
| -35 | $3,53 \pm 0,08$ |
| -36 | $3,40 \pm 0,11$ |
| -37 | $3,44 \pm 0,13$ |
| -39 | $2,58 \pm 0,32$ |
| $\langle \beta \rangle = 3,12 \pm 0,09$ | |

$$\beta_5 = 2,90 \pm 0,10$$

Спектрални индекси Петље VI између 1420 MHz и 408 MHz

| лук у Лаву | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| b(°) | $\beta \pm \Delta\beta$ |
| 30 | $2,85 \pm 0,13$ |
| 31 | $3,01 \pm 0,07$ |
| 32 | $2,89 \pm 0,10$ |
| 33 | $2,93 \pm 0,17$ |
| 34 | $2,99 \pm 0,13$ |
| 35 | $3,00 \pm 0,07$ |
| 36 | $2,86 \pm 0,15$ |
| 37 | $2,95 \pm 0,12$ |
| 38 | $2,97 \pm 0,15$ |
| 39 | $2,73 \pm 0,20$ |
| 40 | $2,79 \pm 0,16$ |
| $\langle\beta\rangle = 2,91 \pm 0,13$ | |

| лук у Раку | |
|------------|-------------------------|
| b(°) | $\beta \pm \Delta\beta$ |
| 6 | $2,86 \pm 0,08$ |
| 7 | $3,04 \pm 0,06$ |
| 8 | $2,99 \pm 0,06$ |
| 9 | $2,95 \pm 0,04$ |
| 10 | $2,88 \pm 0,06$ |
| 11 | $2,73 \pm 0,07$ |
| 12 | $2,81 \pm 0,09$ |
| 13 | $2,79 \pm 0,07$ |
| 14 | $2,85 \pm 0,10$ |
| 15 | $3,01 \pm 0,12$ |
| 16 | $2,94 \pm 0,08$ |
| 17 | $2,69 \pm 0,10$ |
| 18 | $2,60 \pm 0,15$ |
| 19 | $2,60 \pm 0,18$ |

| лук у Раку | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| b(°) | $\beta \pm \Delta\beta$ |
| 20 | $2,42 \pm 0,16$ |
| 21 | $2,37 \pm 0,23$ |
| 22 | $2,48 \pm 0,34$ |
| 23 | $2,72 \pm 0,13$ |
| 24 | $2,62 \pm 0,13$ |
| 25 | $2,51 \pm 0,11$ |
| 26 | $2,47 \pm 0,19$ |
| 27 | $2,63 \pm 0,12$ |
| 28 | $2,38 \pm 0,18$ |
| 29 | $2,56 \pm 0,21$ |
| 30 | $2,70 \pm 0,20$ |
| 31 | $2,73 \pm 0,13$ |
| 32 | $2,90 \pm 0,07$ |
| $\langle\beta\rangle = 2,71 \pm 0,12$ | |

$$\beta_6 = 2,77 \pm 0,11$$

$\Sigma - D$ релација

Теоријска релација дијаметар – површински сјај:

$$\Sigma = A D^{-\beta}$$

D – пречник неког објекта

A – коефицијент који не зависи од D ; A зависи од почетне енергије коју је супернова предала остатку и од густине непо ремећене средине кроз коју се остатак шири

Удаљеност до неког објекта:

$$r = D / (2 \sin \theta)$$

D – линијски дијаметар

θ – угаони радијус

r – даљина (до центра петље)

(парсек: $1 \text{ pc} = 3.26 \text{ sv.god} = 3.09 \times 10^{16} \text{ m}$)

Пречници и удаљености радио-петљи I-VI

$$\Sigma_{1\text{GHz}} = 8,43 \times 10^{-18} D^{-2,06} \quad (1)$$

| назив петље | пречник D (pc) | удаљеност r (pc) |
|---------------------|----------------|------------------|
| Петља I | 169 ± 24 | 99 ± 17 |
| Петља II | 187 ± 27 | 129 ± 23 |
| Петља III | 167 ± 24 | 150 ± 30 |
| Петља IV | 310 ± 44 | 462 ± 66 |
| Петља V | 229 ± 32 | 121 ± 17 |
| Петља VI | 238 ± 34 | 125 ± 18 |
| Петља V + VI | 269 ± 38 | 142 ± 20 |

$$\Sigma_{1\text{GHz}} = 2,5 \times 10^{-15} D^{-3,4} \quad (2)$$

| назив петље | пречник D (pc) | удаљеност r (pc) |
|------------------|----------------|------------------|
| Петља I | 119 ± 17 | 70 ± 12 |
| Петља II | 127 ± 18 | 88 ± 16 |
| Петља III | 118 ± 17 | 106 ± 21 |
| Петља IV | 172 ± 24 | 257 ± 50 |

релација (1): Urošević 2002, SAJ, **165**, 27

("master" $\Sigma - D$ релација за галактичке са вангалактичким остацима)

релација (2): Arbutina et al. 2004, MNRAS **350**, 346

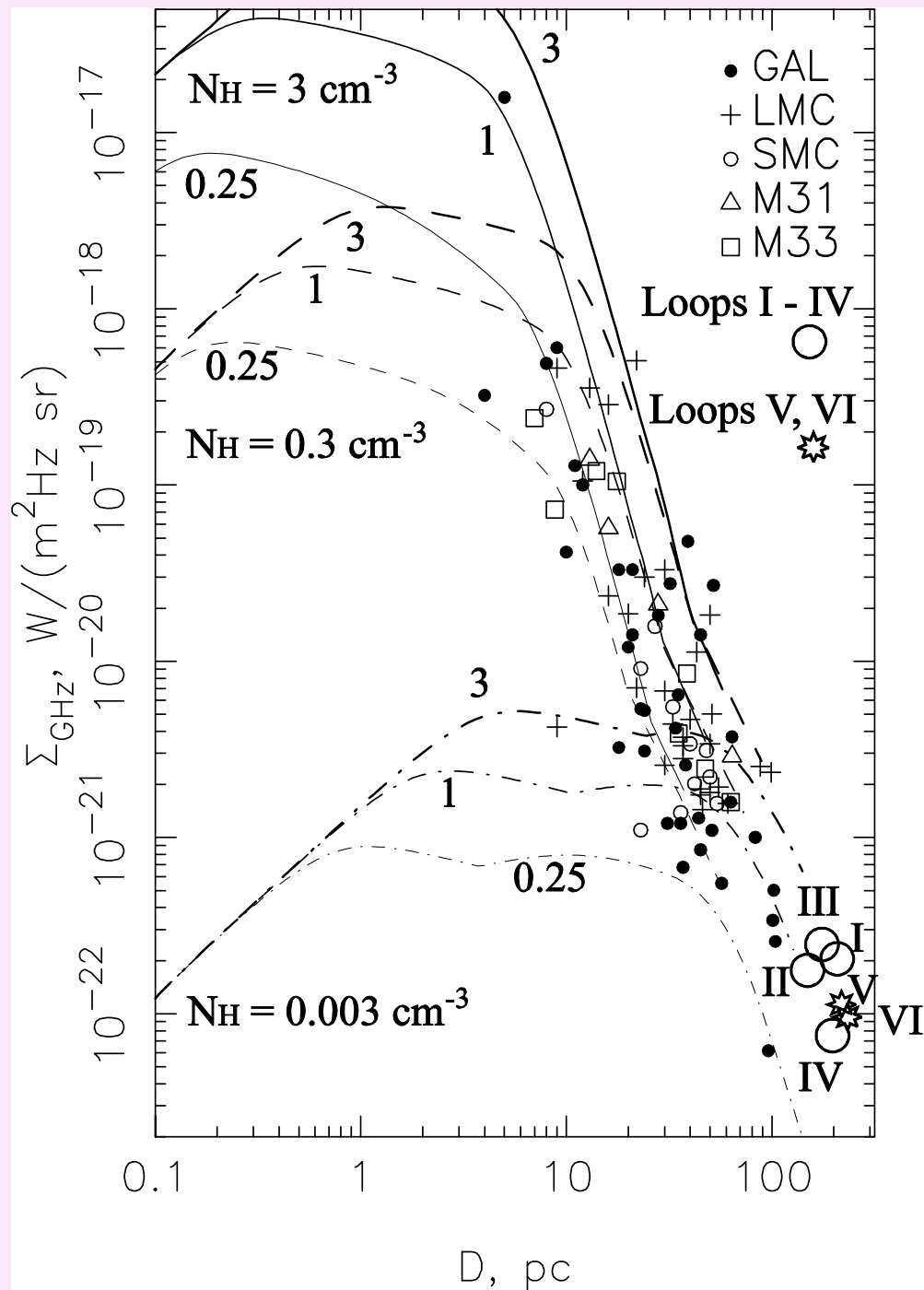
($\Sigma - D$ релација за компактне остатке у галаксији M82)

Table 4. Brightnesses ($10^{-22} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \text{ Sr}^{-1}$) reduced to 1000 MHz.

| Label of the loop | 1420 MHz reduced to 1000 MHz | 820 MHz reduced to 1000 MHz | 408 MHz reduced to 1000 MHz |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Loop I | 2.19 ± 0.72 | 2.40 ± 0.47 | 2.22 ± 0.42 |
| Loop II | 1.85 ± 0.45 | 1.90 ± 0.34 | 1.85 ± 0.26 |
| Loop III | 2.32 ± 0.62 | 2.50 ± 0.38 | 2.36 ± 0.40 |
| Loop IV | 0.66 ± 0.74 | 0.91 ± 0.39 | 0.68 ± 0.42 |
| Loop V | 1.15 ± 0.46 | 0.97 ± 0.34 | 1.14 ± 0.24 |
| Loop VI | 0.98 ± 0.41 | 1.08 ± 0.34 | 0.98 ± 0.26 |

Table 5. Diameters (pc) and distances (pc) of the radio loops derived from the Σ - D relation given by Case & Bhattacharya (1998). Diameters and distances are calculated from brightnesses at 1420, 820 and 408 MHz, respectively, when reduced to 1 GHz. In the last, two columns there are average values of the diameters and distances of the radio loops.

| Label of the loop | 1420 MHz | | 820 MHz | | 408 MHz | | average | |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Diameter | Distance | Diameter | Distance | Diameter | Distance | Diameter | Distance |
| Loop I | 132 ± 20 | 77 ± 14 | 127 ± 19 | 74 ± 13 | 131 ± 20 | 77 ± 14 | 130 ± 20 | 76 ± 14 |
| Loop II | 141 ± 22 | 97 ± 18 | 140 ± 21 | 97 ± 18 | 141 ± 22 | 98 ± 18 | 141 ± 22 | 97 ± 18 |
| Loop III | 129 ± 20 | 115 ± 24 | 125 ± 19 | 112 ± 23 | 128 ± 20 | 115 ± 23 | 127 ± 22 | 114 ± 24 |
| Loop IV | 218 ± 33 | 325 ± 67 | 190 ± 29 | 283 ± 58 | 214 ± 32 | 319 ± 65 | 207 ± 32 | 309 ± 64 |
| Loop V | 172 ± 26 | 91 ± 16 | 185 ± 28 | 98 ± 17 | 173 ± 26 | 91 ± 16 | 177 ± 27 | 93 ± 17 |
| Loop VI | 184 ± 28 | 97 ± 17 | 177 ± 27 | 93 ± 16 | 184 ± 28 | 97 ± 17 | 182 ± 28 | 96 ± 17 |



Дијаграм површински сјај – дијаметар (Berezhko & Völk 2004, A&A 427, 525), са додатим вредностима за Петље I-VI.

Приказане су три различите вредности за густину МЗМ: $N_{\text{H}} = 3, 0.3$ и 0.003 cm^{-3} , а за сваку од њих дате су по три вредности за енергију експлозије: $E_{\text{SN}} = 0.25, 1$ и $3 \times 10^{51} \text{ erg}$.

Закључци

Њ посматрања емисије неба у радио-континууму на 1420, 820 и 408 MHz омогућила су одређивање средњих температура, површинских сјајева и удаљености главних Галактичких петљи I-IV, Петљи V и VI, као и мањих *SNR*-ова као што су *Cyg* и *Mon*

потврђено је њихово нетермално порекло из температурских спектралних индекса који су рачунати на два начина (помоћу спектара и T-T графика)

растојања за све петље су израчуната на основу површинских сјајева и угаоног пречника радио-петљи помоћу $\Sigma - D$ релација

процењене су почетне енергије експлозије и густине МЗМ које одговарају овим петљама

резултати иду у прилог већ дуже време познатој чињеници да петље вероватно еволуирају у ређој средини

Референце:

1. Borka Jovanović V., Urošević D., 2009, *Astron. Nachr* (у штампи)
2. Borka Jovanović V., Urošević D., 2009, *Publ. Astron. Obs. Belgrade* (у штампи)
3. Borka Jovanović V., Urošević D., 2008, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 84, 459.
4. Borka V., Milogradov-Turin J., Urošević D., 2008, *Astron. Nachr.*, 329, 397.
5. Borka V., 2007, *MNRAS*, 376, 634.
6. Borka V., 2006, *Book of contributed papers of the 23rd SPIG*, 599.
7. Borka V., Milogradov-Turin J., Urošević D., 2006, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 80, 61.