



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών: Τμήμα Φυσικής,
Τομέας: Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής

Ηλιακά Ενεργητικά Σωματίδια:

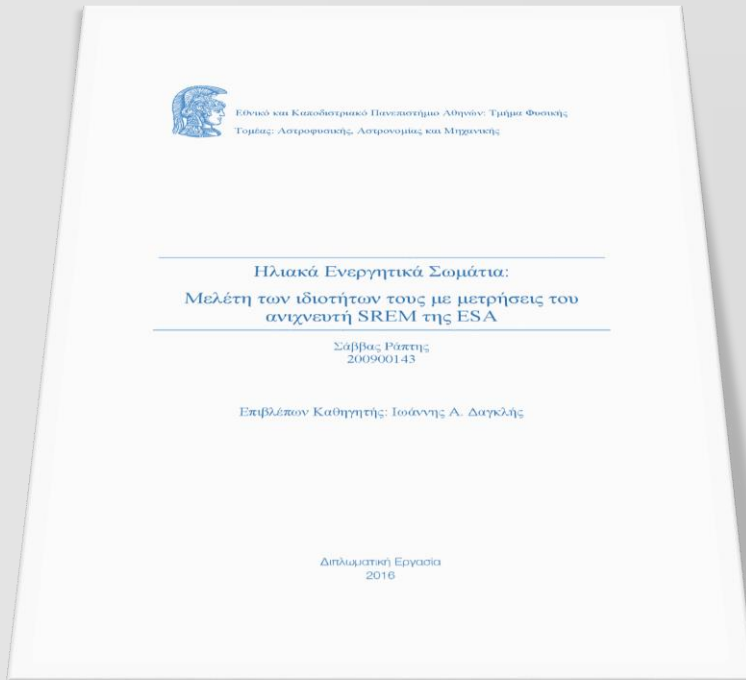
Μελέτη των ιδιοτήτων τους με μετρήσεις του
ανιχνευτή SREM της ESA

Σάββας Ράπτης

Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Α. Δαγκλής

Η Εργασία



Βασικά χαρακτηριστικά εργασίας

4 κεφάλαια

6 παραρτήματα

156 σελίδες

>1000 γραφήματα

- 1) Ο Ήλιος ως πηγή σωματιδίων
- 2) Ηλιακά ενεργητικά σωματίδια
- 3) Διαστημικός καιρός και Διαστημικές αποστολές
- 4) Υπολογιστικό μέρος

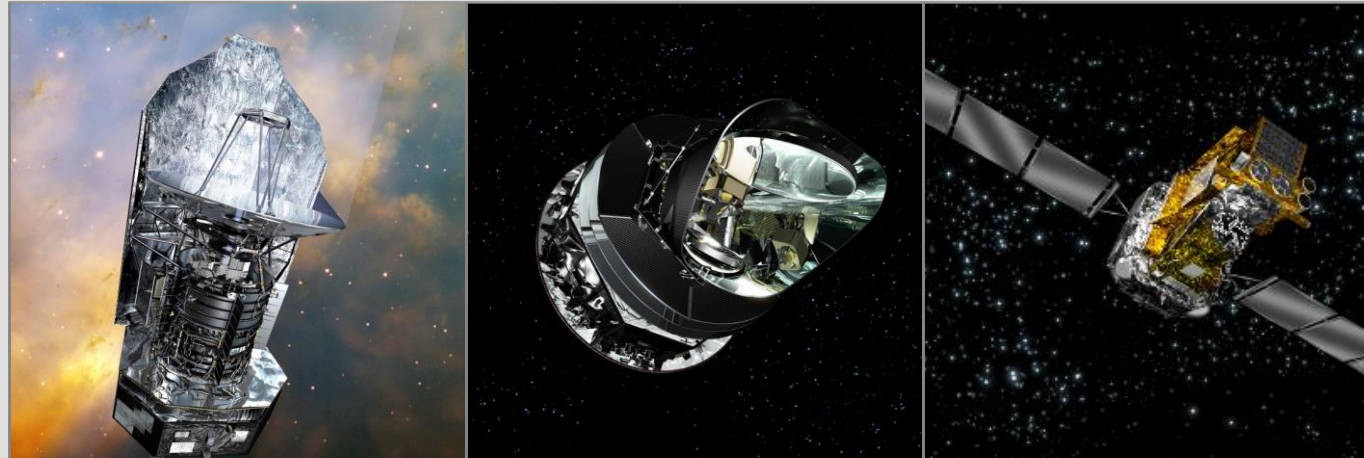
- A. Μαγνητικό πεδίο Ήλιου & Κίνηση σωματιδίων
- B. Πλανήτες και Μαγνητόσφαιρες
- C. Στοιχεία Πυρηνικής φυσικής
- D. Κοσμική Ακτινοβολία
- E. Μηχανισμοί επιτάχυνσης
- F. Εξτρά γραφήματα

Διάταξη Παρουσίασης

Εισαγωγή	Θεωρητικό μέρος	Υπολογιστικό μέρος
• Θεματολογία εργασίας • Κίνητρο	• Ήλιος και SEPs • Διαστημικός καιρός & Τεχνολογία	• Ανάλυση δεδομένων • Συμπεράσματα

Εκτιμώμενη διάρκεια: 40 ± 5 λεπτά

Τι κοινό έχουν ;



Herschel (L_2)
2009 - 2013

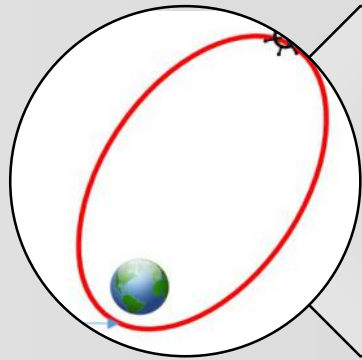
Planck (L_2)
2009 - 2013

INTEGRAL
2002 -

Ανιχνευτής SREM: Solar Radiation Environment

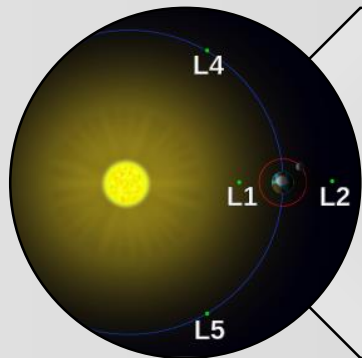
Κίνητρο

Ίδιο όργανο + Διαφορετικές θέσεις = Εύκολη συσχέτιση & σύγκριση



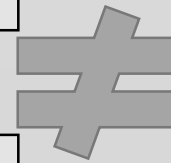
Highly Elliptical Orbit

INTEGRAL:
Ζώνες ακτινοβολίας
Μικρή απόσταση



Σημείο L_2

Herschel & Planck:
Σταθερές συνθήκες
Μεγάλη απόσταση



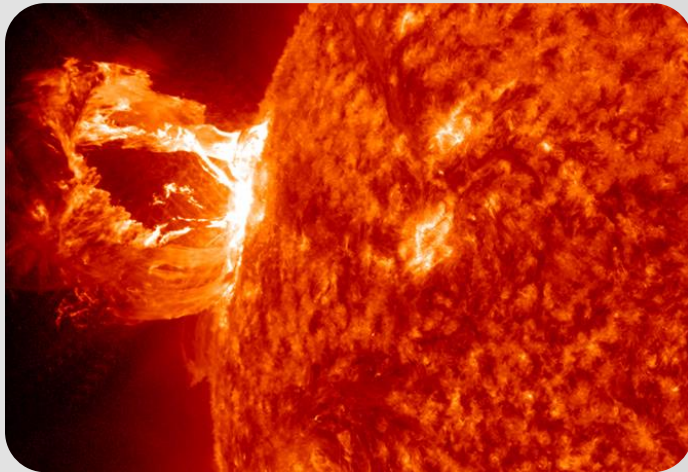
Διαφορετικές
συνθήκες →
Ενδιαφέρον!

Ενεργητικός Ήλιος

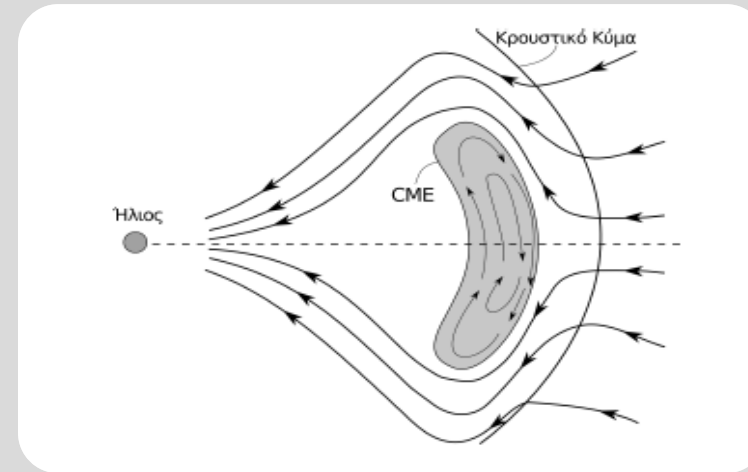
Ηλιός = Πηγή πολλών φυσικών φαινομένων.

Τα πιο ενεργητικά:

Εκλάμψεις (Flares)



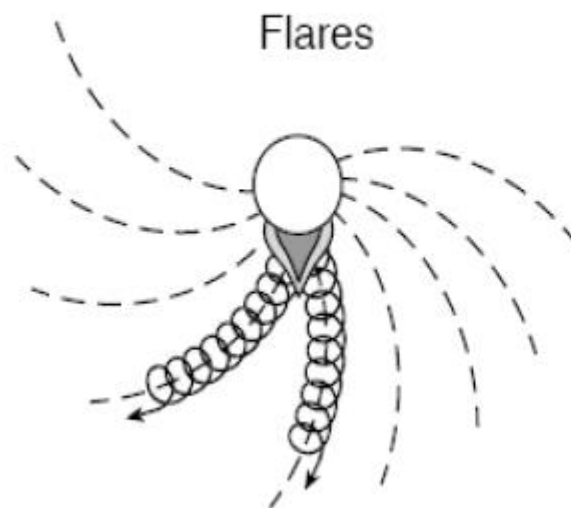
CMEs – Κρουστικά κύματα



SEPs – Ηλιακά Ενεργητικά Σωματίδια

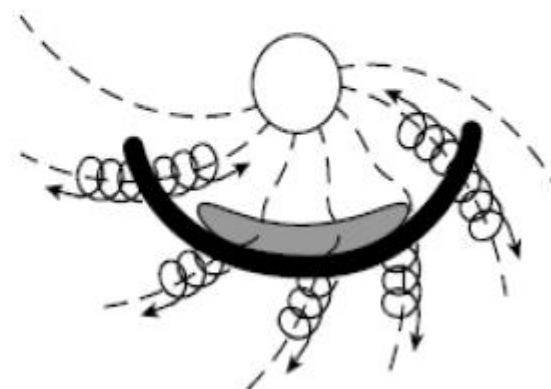
Απότομα

- Κυρίως Ηλ
- Flare Drive
- Επανασύνδ
- Διάρκεια: 10
- He – Rich Events
- Radio bursts: III, V (II)



Flares

CME Shocks



Gradual)

όνια
κρουστικό
ρες

- Radio bursts: II, IV
- Μεγαλύτερες ενέργειες

Εναλλακτικές θεωρίες των SEPs

Πρόβλημα:

Αδυναμία θεωρητικής μοντελοποίησης σε υψηλές ενέργειες και σε αλληλεπιδράσεις σωματιδιακών πληθυσμών

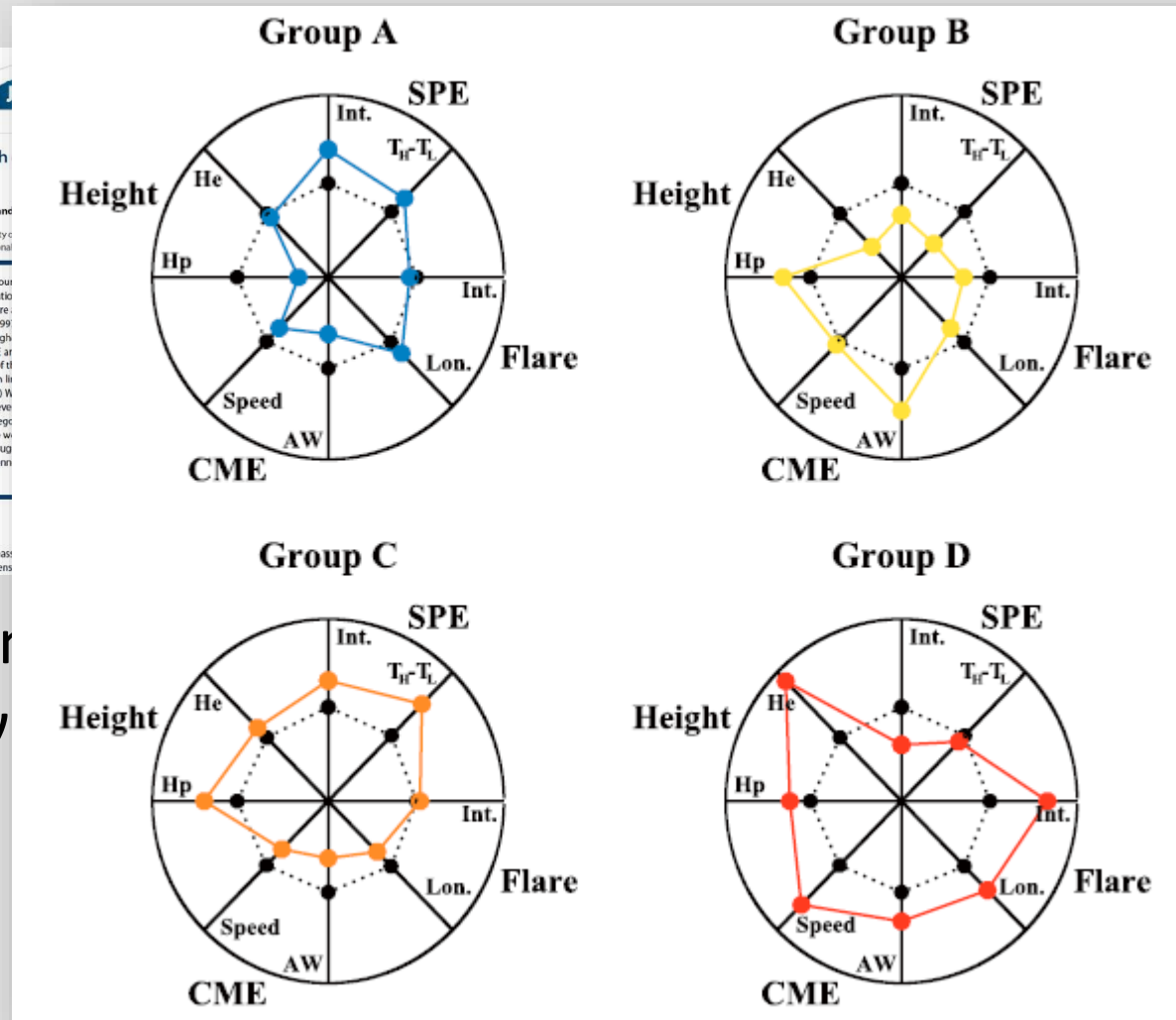
Εναλλακτικά μοντέλα κατηγοριοποίησης:

- Kallenode et al (2003) : Αλληλεπίδραση σωματιδίων και μηχανισμών
- Cliver et al. (2008) : 3 Κατηγορίες σωματιδίων
- Kim et al. (2015): Κατηγοριοποίηση πρωτονικών γεγονότων σε 4 κατηγορίες

Η πιο σύγχρονη προσπάθεια



Στατιστική μελέτη
Μεταξύ φυσικών



Physical Research:

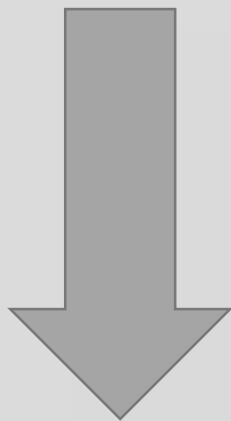
1997 – 2012.

στη ακτίνων X,
κλπ.

νές συσχετίσεις

Διαστημικός καιρός & Διαστημικές αποστολές

Διαστημικός καιρός: Η παρακολούθηση και η πρόγνωση πιθανών επιδράσεων που μπορεί να έχουν οι ροές σωματιδίων στο κόσμο (Συσκευές, Διαστημικές αποστολές, Υγεία, Διαμόρφωση κλίματος κλπ.)



Λύση: Στατιστική μελέτη και μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των σωματιδίων στον διαστημικό χώρο.

Επιπτώσεις ακτινοβολίας: Διαστημικά συστήματα

3 βασικοί πληθυσμοί: 1) Υψηλής ενέργειας σωμάτια από ζώνες ακτινοβολίας 2) SEPs 3) Κοσμική ακτινοβολία

Single Event Upsets (SEUs)

- Αιτία: Ιονισμένο σωμάτιο
- Δεν υπάρχουν μόνιμες καταστροφές στον εξοπλισμό
- Περιοδική εμφάνιση σε κυκλώματα υποστήριξης ή ως Bit flips στη μνήμη ($0 \leftrightarrow 1$).
- Τα αποτελέσματα ονομάζονται “Soft Error”

Single Events Latchup (SEL)

- Αποτέλεσμα των SEUs
- Μπορούν να έχουν μόνιμες καταστροφές
- Πρακτικά είναι βραχυκυκλώματα
- Απαραίτητη η επανεκκίνηση της συσκευής
- Ονομάζονται “Hard Errors”

Παράδειγμα υπολογισμού ακτινοβολίας

Δεδομένα:

Τροχιά: LEO

Ηλιακή στα

30% ακτινο
ανακλώμεν

Υπεριώδη α

$237 \pm 21 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Material	Measurement Temperature (K)	Surface Condition	Solar Absorption α	Infrared Emissivity ϵ	Absorptivity/ Emissivity ratio	Equilibrium Temperature (°C)
Aluminium (6061-T6)	294	As Received	0.379	0.0346	10.95	450
Aluminium (6061-T6)	422	As Received	0.379	0.0393	9.64	428
Aluminium (6061-T6)	294	Polished	0.2	0.031	6.45	361
Aluminium (6061-T6)	422	Polished	0.2	0.034	5.88	346
Gold	294	As Rolled	0.299	0.023	13.00	482
Steel (AM 350)	294	As Received	0.567	0.267	2.12	207
Steel (AM 350)	422	As Received	0.567	0.317	1.79	187
Steel (AM 350)	611	As Received	0.567	0.353	1.61	175
Steel (AM 350)	811	As Received	0.567	0.375	1.51	168
Steel (AM 350)	294	Polished	0.357	0.095	3.76	281
Steel (AM 350)	422	Polished	0.357	0.111	3.22	259
Steel (AM 350)	611	Polished	0.357	0.135	2.64	234
Steel (AM 350)	811	Polished	0.357	0.155	2.30	217
Titanium (6AL-4V)	294	As Received	0.766	0.472	1.62	176
Titanium (6AL-4V)	422	As Received	0.766	0.513	1.49	166
Titanium (6AL-4V)	294	Polished	0.448	0.129	3.47	270
Titanium (6AL-4V)	422	Polished	0.448	0.148	3.03	251
White Enamel	294	Al. Substrate	0.252	0.853	0.30	20
White Epoxy	294	Al. Substrate	0.248	0.924	0.27	13
White Epoxy	422	Al. Substrate	0.248	0.888	0.28	16

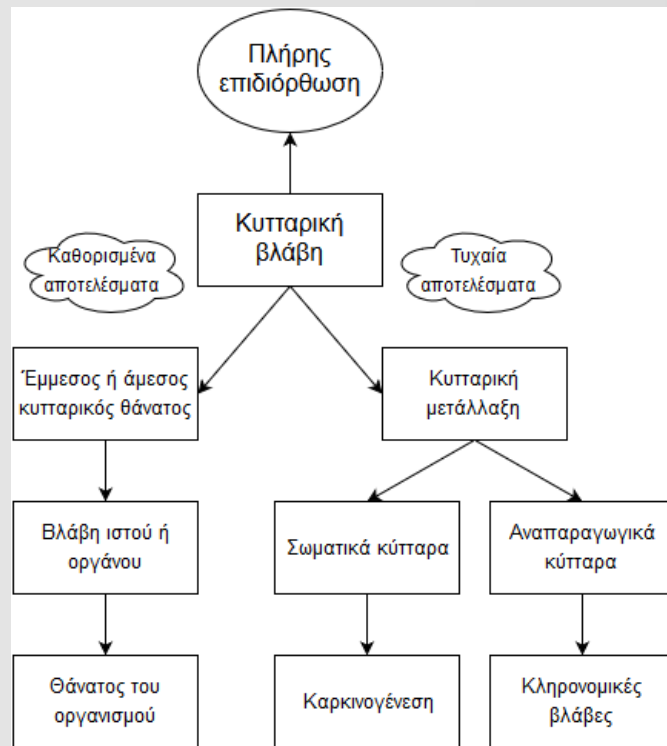
$$\left. \begin{aligned} &\alpha \cdot S \cdot A_n \\ &\sigma T^4 \cdot A_{tot} \end{aligned} \right\}$$

$$1/4$$

$$= \left(\frac{\alpha}{\epsilon} \right)^{1/4} \left(\frac{S \cdot A_n}{\sigma \cdot A_{tot}} \right)^{1/4}$$

Επιπτώσεις ακτινοβολίας: Άνθρωπος

Κυτταρική βλάβη



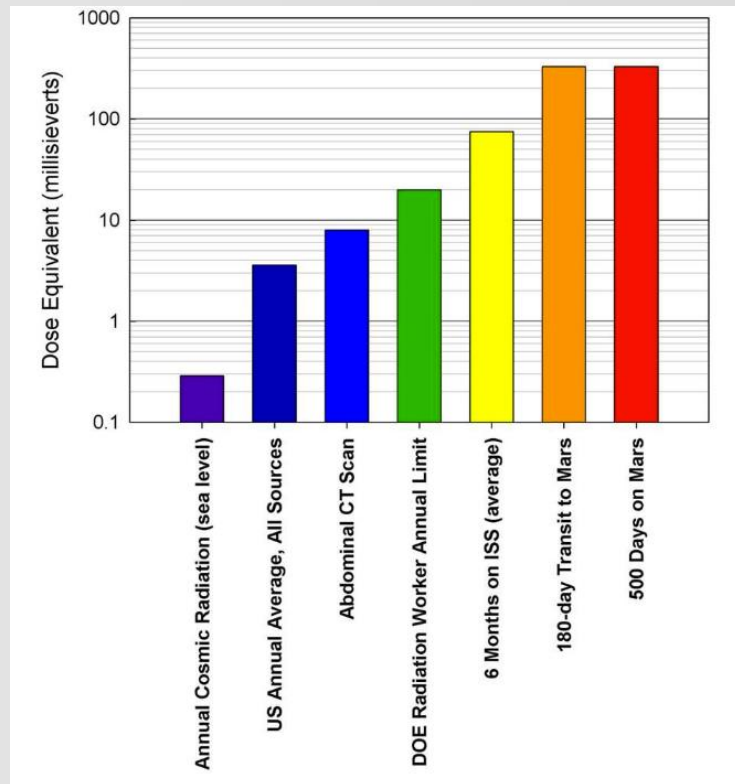
Αποτελέσματα ακτινοβολίας στον άνθρωπο

Δόση(Sv)	Πιθανά συμπτώματα
0 - 0.5	Δεν υπάρχουν παρατηρήσιμα συμπτώματα.
0.5 - 1	Ελαφρές αλλαγές στο αίμα.
1 - 2	Εμετός μέσα σε λίγες ώρες, κόπωση, απώλεια όρεξης. Η ανάρρωση από τα συμπτώματα επέρχεται σε μερικές εβδομάδες.
2 - 6	Σοβαρές μεταβολές στο αίμα, αιμορραγία και απώλεια μαλλιών. Η ανάρρωση από τα συμπτώματα έρχεται μέχρι και διάστημα ενός χρόνου. Στις περιπτώσεις κοντά στο όριο (6 Sv) επιβιώνει περίπου το 20%.
6 - 10	Εμετός, αιμορραγίες, μολύνσεις, απώλεια μαλλιών. Θάνατος επέρχεται στο 80-100% των περιπτώσεων μέσα σε 2 μήνες. Στις σπάνιες περιπτώσεις ανάρρωσης αυτή έρχεται μετά από αρκετά χρόνια.

Ακτινοπροστασία Αστροναύτη

Πρόβλημα: Ακτινοπροστασία επανδρωμένων αποστολών

Μέρες ασφαλούς παραμονής στο διάστημα



Age, yrs.	Females		Males	
	Estimated in 2001	Estimated in 2016	Estimated in 2001	Estimated in 2016
30	54	112	91	142
35	62	132	104	166
40	73	150	122	186
45	89	182	148	224
50	15	224	191	273

6 μήνες σε LEO ~ 100 mSv.

Θεωρίες για την ανάπτυξη της ακτινοπροστασίας των αποστολών είναι ακόμα προβληματικές τόσο λόγω της δύσκολης υλοποίησης, όσο δυστυχώς και της χρηματοδότηση

SREM

(Standard Radiation Environment Monitor)

Τι είναι;

Μικρός ανιχνευτής της ESA που μετράει σωματίδια.

Γιατί το χρησιμοποιούμε ;

Φτηνός, αποτελεσματικός, «συναγερμός» για τα υπόλοιπα όργανα, εργαλείο παρατήρησης ανωμαλιών ακτινοβολικής φύσης.

Που βρίσκεται;

PROBA – I (2001) , INTEGRAL (2002), Rosetta(2004), GIOVE – B (2008),
Herschel (2009), Planck(2009)

SREM - Βασικά χαρακτηριστικά

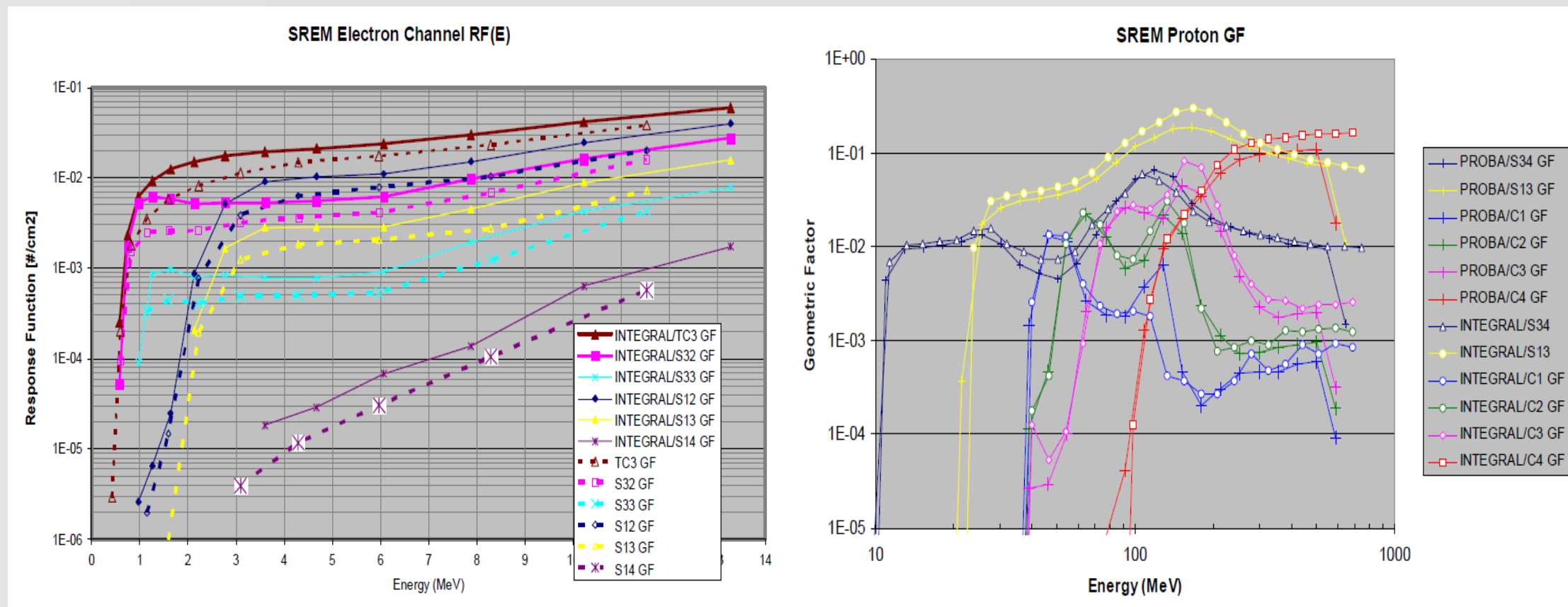


Μάζα	2.5 <i>kg</i>
Διαστάσεις	96 × 122 × 227 <i>mm</i>
Ισχύς	Κατανάλωση < 2 <i>W</i> , Τάση Διαύλου: [20 – 50] <i>V</i>
TM/TC10F	Συμβατό με τις περισσότερες διαστημικές αποστολές
Αισθητήρες	Σφάλμα μέτρησης <1 %, Μέτρηση θερμοκρασίας
Λειτουργία(1)	Μικροεπεξεργαστής, Μνήμη, Αποθηκευτικός χώρος
Λειτουργία(2)	Monitoring / Downloading μέσω Host Spacecraft
Περιβάλλον	[−20° , 50°]C (Operational) & [−55° , 80°]C
Χρόνος ζωής	10 χρόνια σε τροχιά και 3 χρόνια στο έδαφος
Reliability	0.85
Σχεδιασμός	Ευελιξία επιλογών για τη κάθε αποστολή

SREM – Κανάλια

	Όνομα	LOGIC	Proton Energy [MeV]	Electron Energy [MeV]
1	TC1	D1	27 – ∞	2.00 – ∞
2	S12	D1	26 – ∞	2.08 – ∞
3	S13	D1	27 – ∞	2.23 – ∞
4	S14	D1	24 – 542	3.20 – ∞
5	S15	D1	23 – 434	8.18 – ∞
6	TC2	D2	49 – ∞	2.80 – ∞
7	S25	D2	48 – 270	-
8	C1	D1 $\times$ D2	43 – 86	-
9	C2	D1 $\times$ D2	52 – 278	-
10	C3	D1 $\times$ D2	76 – 450	-
11	C4	D1 $\times$ D2	164 – ∞	8.10 – ∞
12	TC3	D3	12 – ∞	0.80 – ∞
13	S32	D3	12 – ∞	0.75 – ∞
14	S33	D3	12 – ∞	1.05 – ∞
15	S34	D3	12 – ∞	2.08 – ∞

Χαρακτηριστική συνάρτηση/ Γεωμετρικός παράγοντας



Υπολογισμός των RF - GF

Στη γενικότερη περίπτωση έχουμε:

$$G_n(u) = \iiint T_n(u, \theta, \varphi) dA, \sin\theta \, d\theta d\varphi$$

Με T_n την ευαισθησία του οργάνου. Συνεπώς,

$$\widetilde{G}_n(u) = \iiint dA, \sin\theta \, d\theta d\varphi$$

Για το SREM συγκεκριμένα για κάθε κανάλι i έχουμε:

$$G_i(E) = 2\pi \int A_i(\theta, E) \sin(\theta) \, d\theta = 2\pi R_i(E) \int H_i(\theta) \sin(\theta) \, d\theta$$

Και μπορούμε να φτιάξουμε και έναν ολικό γεωμετρικό παράγοντα:

$$G_{tot} = \sum_{i=1}^N G_i(E), \quad N = 15$$

Αποσυνέλιξη των μετρήσεων

Αν θέλουμε να έχουμε ροή αντί για countrates (πρωτογενείς μετρήσεις)

$$c_i = \sum_{q=p,e} \int_{E_{min}}^{E_{max}} f_q(E) \cdot RF_{i,q}(E) dE , \quad [#/sec]$$

Ενώ συγκεκριμένα για το SREM έχουμε:

$$\begin{aligned} c_i &= \sum_{q=p,e} \int_{E_{min}}^{E_{max}} f_q(E) \cdot RF_{i,q}(E) dE \\ &= \int_{E_{min}}^{E_{max}} f_p(E) \cdot RF_{i,p}(E) dE + \int_{E_{min}}^{E_{max}} f_e(E) \cdot RF_{i,e}(E) dE \end{aligned}$$

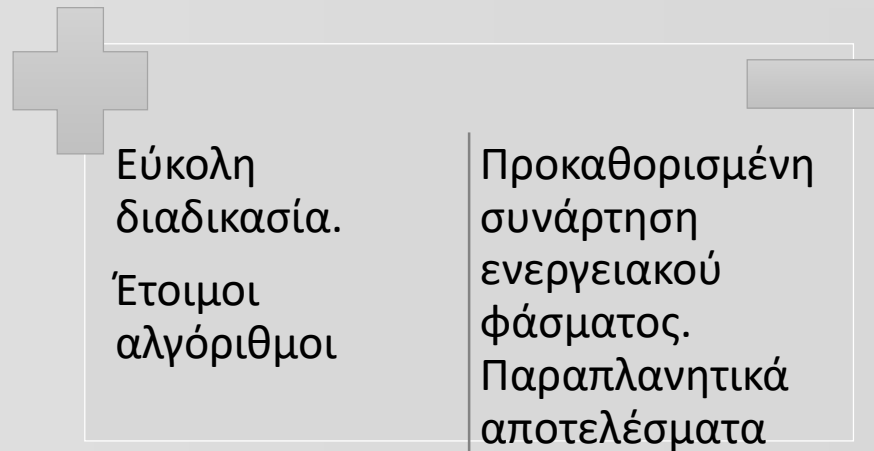
Μέθοδοι αποσυνέλιξης

Η παραμετρική μέθοδος

Βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει παραμετρική μορφή στις συναρτήσεις. Συνήθως έχουμε μια επιλογή της μορφής:

$$f_p(E; f_{p,0}, E_0, \gamma_p) = f_{p,0} \left(\frac{E}{E_0} \right)^{\gamma_p} \text{ Νόμος δύναμης } (p^+)$$

$$f_e(E; f_{e,0}, E_0, \gamma_e) = f_{e,0} \exp[\gamma_e(E - E_0)] \text{ Εκθετική συνάρτηση } (e^-)$$



Εύκολη διαδικασία. Έτοιμοι αλγόριθμοι	Προκαθορισμένη συνάρτηση ενεργειακού φάσματος. Παραπλανητικά αποτελέσματα
--	--

Μέθοδοι αποσυνέλιξης

Η απλή μέθοδος μετατροπής

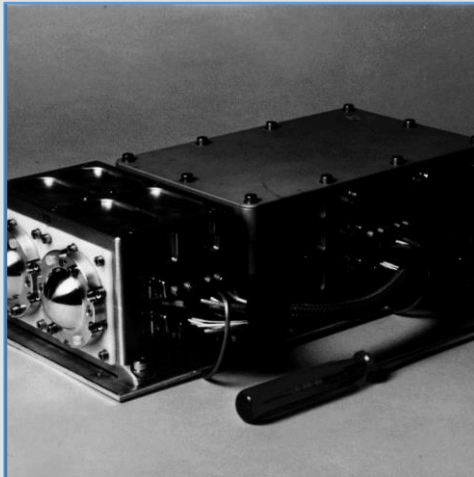
Βασίζεται στον υπολογισμό της μέσης τιμής του ολοκληρώματος της RF. Χρειάζεται η γνώση της «επιμόλυνσης» του κάθε καναλιού.

$$SCF_{i,q} = \int_{E_{min,i,q}}^{E_{max,i,q}} f(E) dE \left(\int_0^{+\infty} f(E) \cdot RF_{i,q}(E) dE \right)^{-1}$$

Προβλήματα: 1) Μεγάλη πιθανότητα σφάλματος σε σταθερά ενεργειακά φάσματα.

2) Η ανάλυση του φάσματος εξαρτάται από τη διακρατική ικανότητα και το εύρος του κάθε καναλιού.

Το παρελθόν και το Μέλλον



REM

2 αποστολές
1994 - 1998



SREM

6 αποστολές
2001 - 2009



NGRM

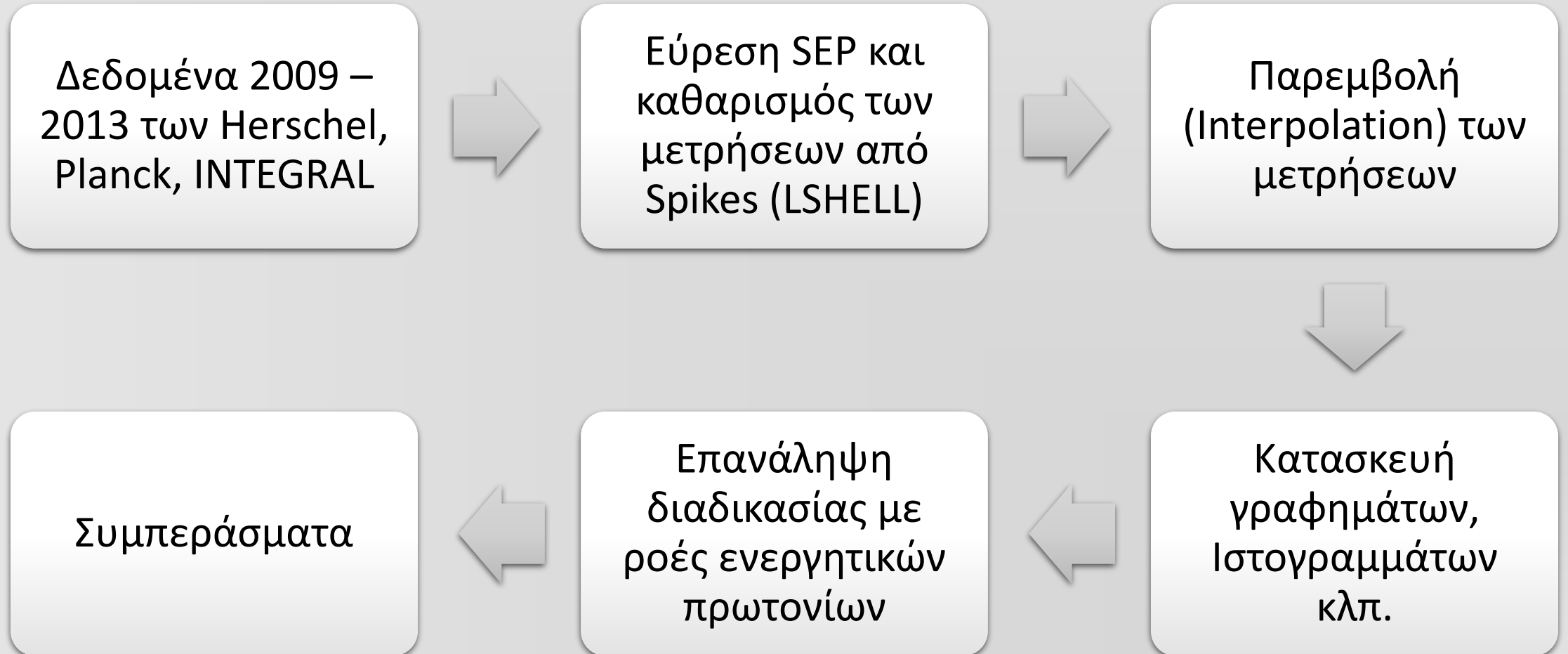
1 *kg*, 1 *Watt*
2014 -



HMIRM

52 *gr*, 15 *cm*²
2015 -

Υπολογιστικό μέρος Διάγραμμα



IDL

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε την IDL (Interactive Data Language)

Χρησιμοποιείται: Αστρονομία, Αστροφυσική, Φυσική ατμόσφαιρας, απεικόνιση ιατρικών εικόνων.

Μοιάζει με ένα ευρύτερο σύνολο γλωσσών: Matlab, Fortran, R, κλπ. οι οποίες είναι εύχρηστες στην επεξεργασία δεδομένων και εικόνων

Δεν είναι Case Sensitive.

Χρήσιμες βιβλιοθήκες και προγράμματα

1. IDLCoyote: βιβλιοθήκη συναρτήσεων για τη παραγωγή υψηλής ανάλυσης γραφημάτων από τον David W. Fanning.
2. idlastro.gsfc.nasa: Βιβλιοθήκη βοηθητικών συναρτήσεων της NASA για αστρονομική μελέτη
3. ImageMagick & Ghostscript: Freeware για τη δημιουργία αρχείων υψηλής ανάλυσης και την αποθήκευση γραφημάτων

Τι ονομάζουμε γεγονός – επεισόδιο;

Ορισμός του

Ροή **7.23** –

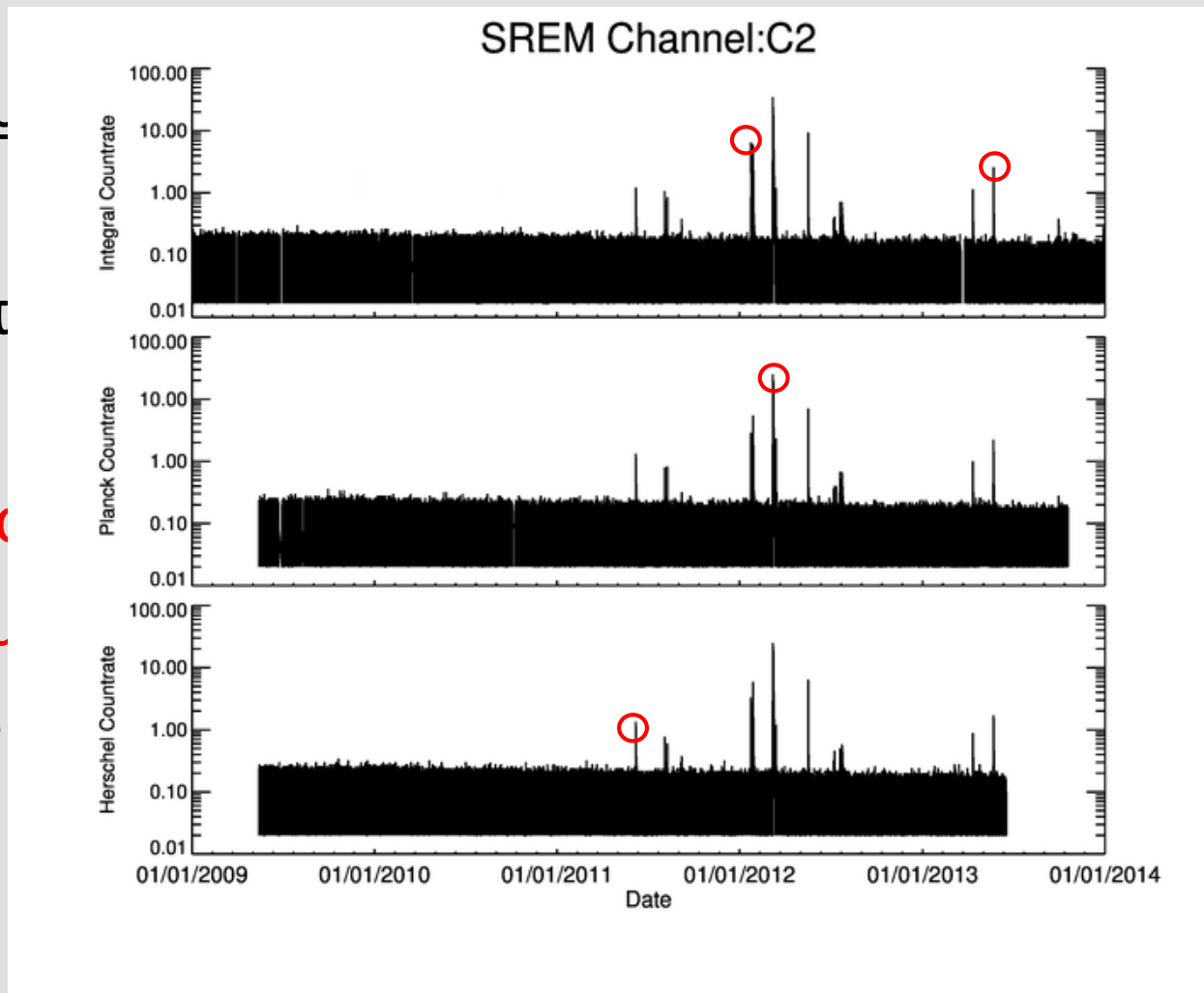
Λήξη του επ

Επιπλέον:

Ελάχιστη δια

Ελάχιστη τιμ

SEPEM Refe



$sr^{-1} \cdot MeV^{-1}]$

απάνω κατώφλι.

Ποια είναι τα γεγονότα που έχουμε;

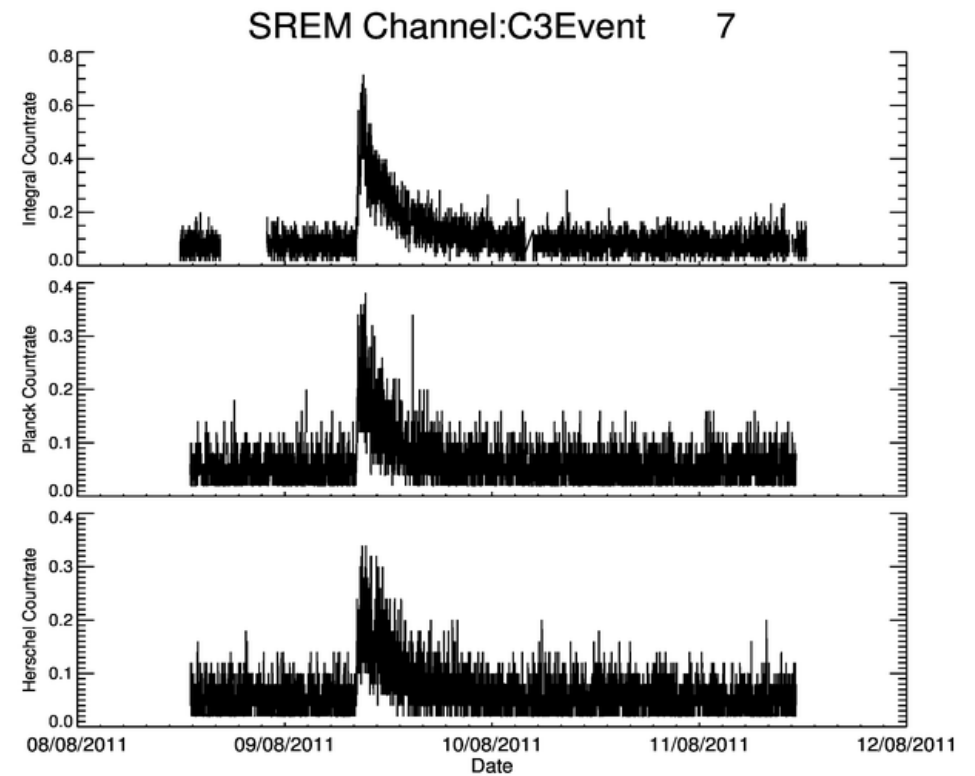
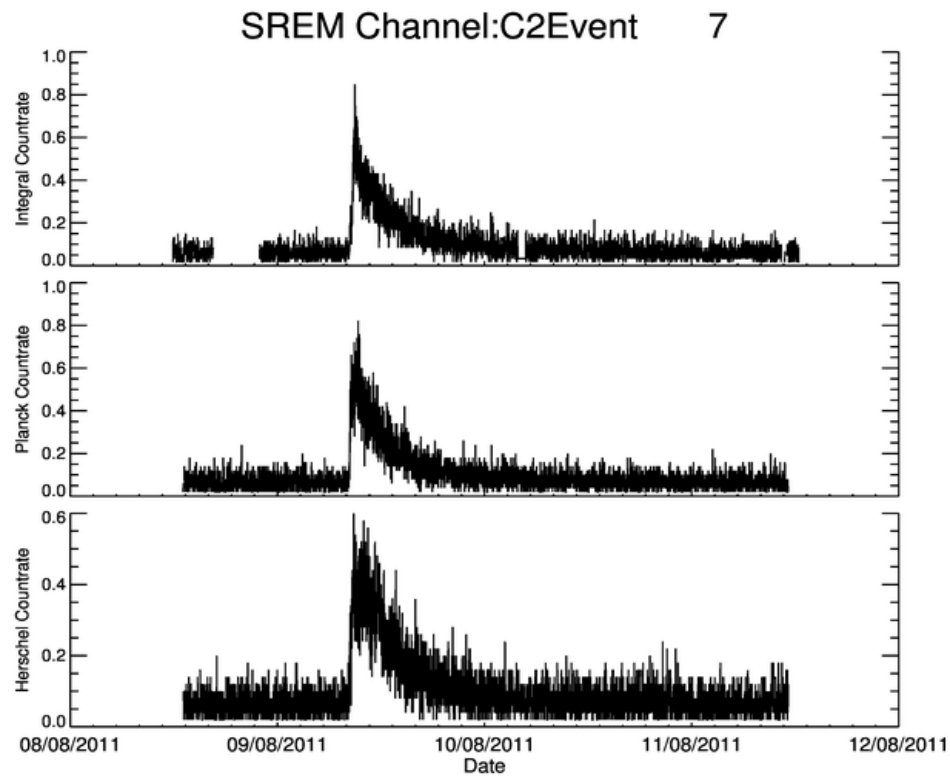
#	Start time	End time	Duration	Event Fluence	Peak Flux						
1	2010-08-14 11:35:00	2010-08-15 11:50:00	1.010	5.66237e+4	2.7295e+0	14	2012-02-25 02:20:00	2012-02-27 21:25:00	2.795	5.61843e+5	7.2967e+0
2	2010-08-18 08:50:00	2010-08-19 11:55:00	1.128	3.34340e+4	1.2867e+0	15	2012-03-05 00:30:00	2012-03-17 02:25:00	12.080	6.26949e+7	1.9843e+3
3	2011-03-07 23:15:00	2011-03-12 07:20:00	4.337	1.73738e+6	1.3146e+1	16	2012-05-17 02:05:00	2012-05-20 15:15:00	3.549	1.67961e+6	4.6146e+1
4	2011-03-21 05:55:00	2011-03-22 16:30:00	1.441	1.13156e+5	3.0314e+0	17	2012-05-26 23:55:00	2012-05-29 04:55:00	2.208	2.75000e+5	6.4849e+0
5	2011-06-05 20:05:00	2011-06-18 15:10:00	12.795	1.07654e+6	1.1285e+1	18	2012-06-16 09:45:00	2012-06-17 18:20:00	1.358	2.18827e+5	1.1105e+1
6	2011-08-04 04:35:00	2011-08-07 11:30:00	3.288	2.39742e+6	5.1347e+1	19	2012-07-07 00:40:00	2012-07-10 22:05:00	3.892	4.83742e+5	4.2694e+0
7	2011-08-09 08:00:00	2011-08-10 16:20:00	1.347	1.19568e+5	3.9489e+0	20	2012-07-12 18:05:00	2012-07-15 20:40:00	3.108	2.75239e+6	6.2101e+1
8	2011-09-06 23:45:00	2011-09-08 13:35:00	1.576	4.91641e+4	9.4600e-1	21	2012-07-17 15:50:00	2012-07-26 18:00:00	9.090	3.53160e+6	3.6735e+1
9	2011-09-23 03:30:00	2011-09-30 06:05:00	7.108	2.09413e+6	1.7399e+1	22	2012-09-01 04:25:00	2012-09-05 07:40:00	4.135	3.57951e+6	4.2803e+1
10	2011-10-22 16:20:00	2011-10-25 18:45:00	3.101	7.54910e+5	1.2586e+1	23	2012-09-28 01:20:00	2012-10-01 03:35:00	3.094	1.98198e+5	4.5055e+0
11	2011-11-04 06:20:00	2011-11-05 07:05:00	1.031	1.55609e+4	5.0587e-1	24	2012-12-14 16:00:00	2012-12-16 03:45:00	1.490	3.46923e+5	1.4463e+1
12	2011-11-26 09:00:00	2011-11-30 00:20:00	3.639	2.87240e+6	3.5451e+1	25	2013-03-15 19:45:00	2013-03-18 12:55:00	2.715	6.65688e+5	1.5569e+1
13	2012-01-20 11:25:00	2012-02-03 03:55:00	13.688	8.10725e+7	1.6389e+3						

	Όνομα	LOGIC	Proton Energy [MeV]	Electron Energy [MeV]
1	TC1	D1	27 – ∞	2.00 – ∞
2	S12	D1	26 – ∞	2.08 – ∞
3	S13	D1	27 – ∞	2.23 – ∞
4	S14	D1	24 – 542	3.20 – ∞
5	S15	D1	23 – 434	8.18 – ∞
6	TC2	D2	49 – ∞	2.80 – ∞
7	S25	D2	48 – 270	-
8	C1	D1 × D2	43 – 86	-
9	C2	D1 × D2	52 – 278	-
10	C3	D1 × D2	76 – 450	-
11	C4	D1 × D2	164 – ∞	8.10 – ∞
12	TC3	D3	12 – ∞	0.80 – ∞
13	S32	D3	12 – ∞	0.75 – ∞
14	S33	D3	12 – ∞	1.05 – ∞
15	S34	D3	12 – ∞	2.08 – ∞

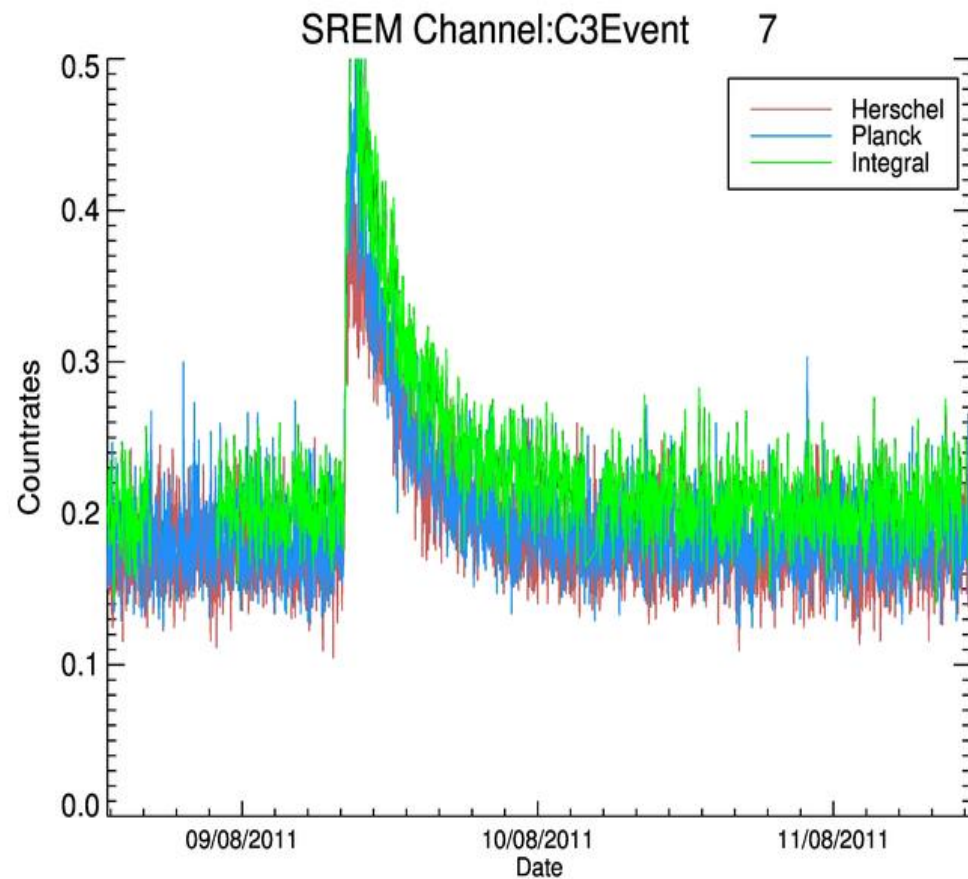
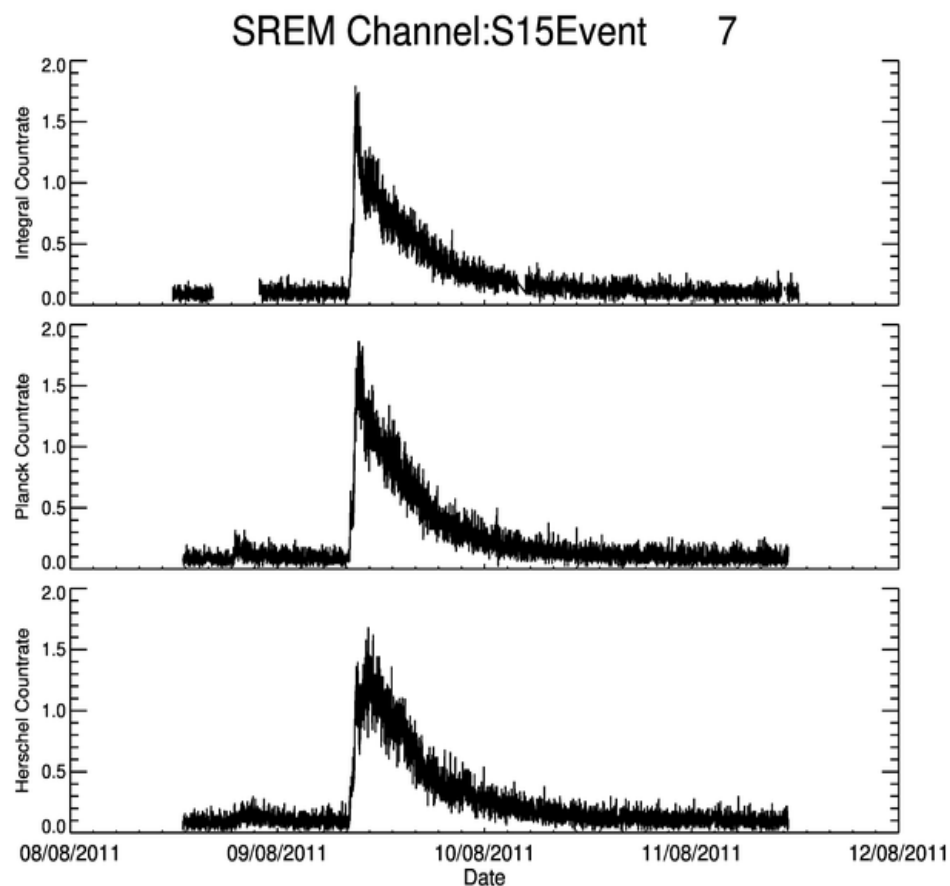


Επεισόδιο #7

Μικρής έντασης και διάρκειας

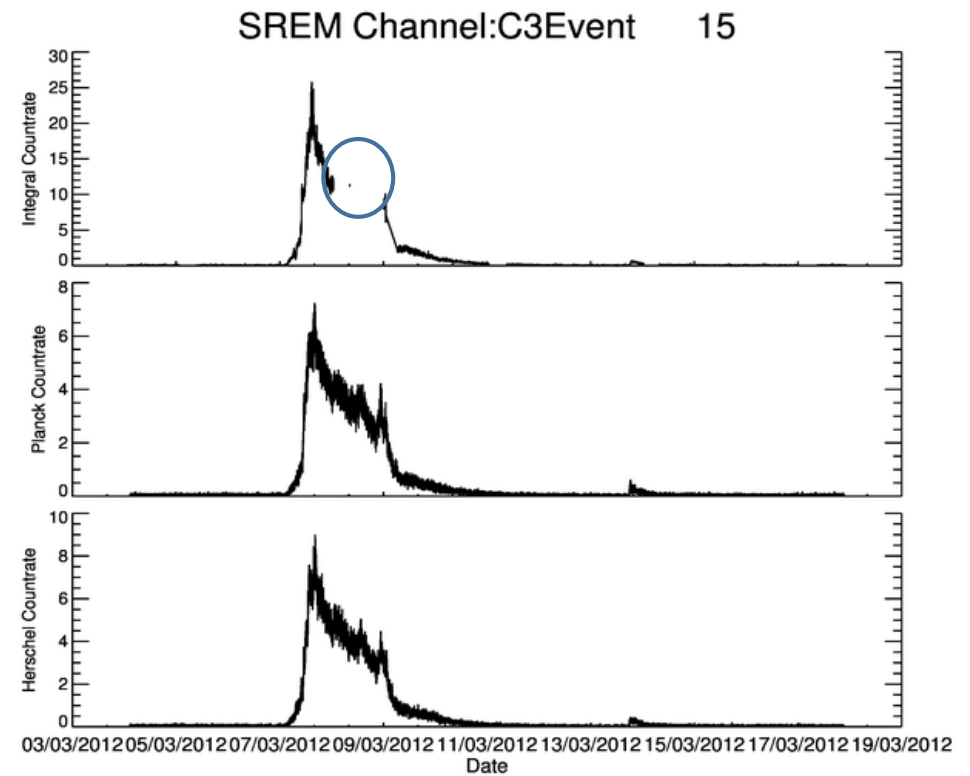
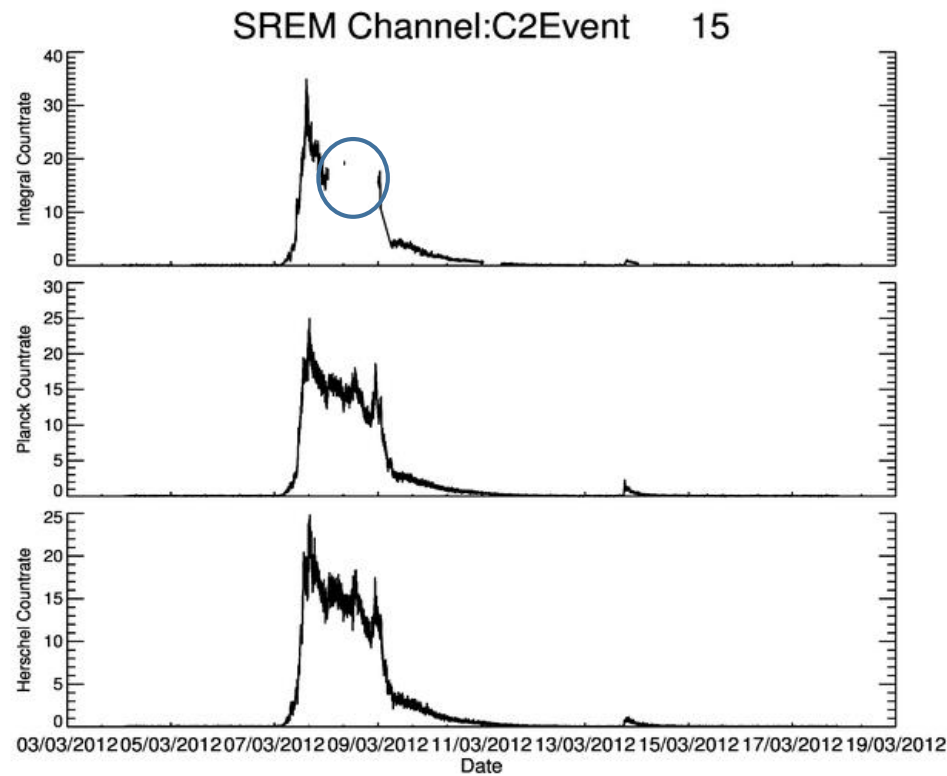


Επεισόδιο #7

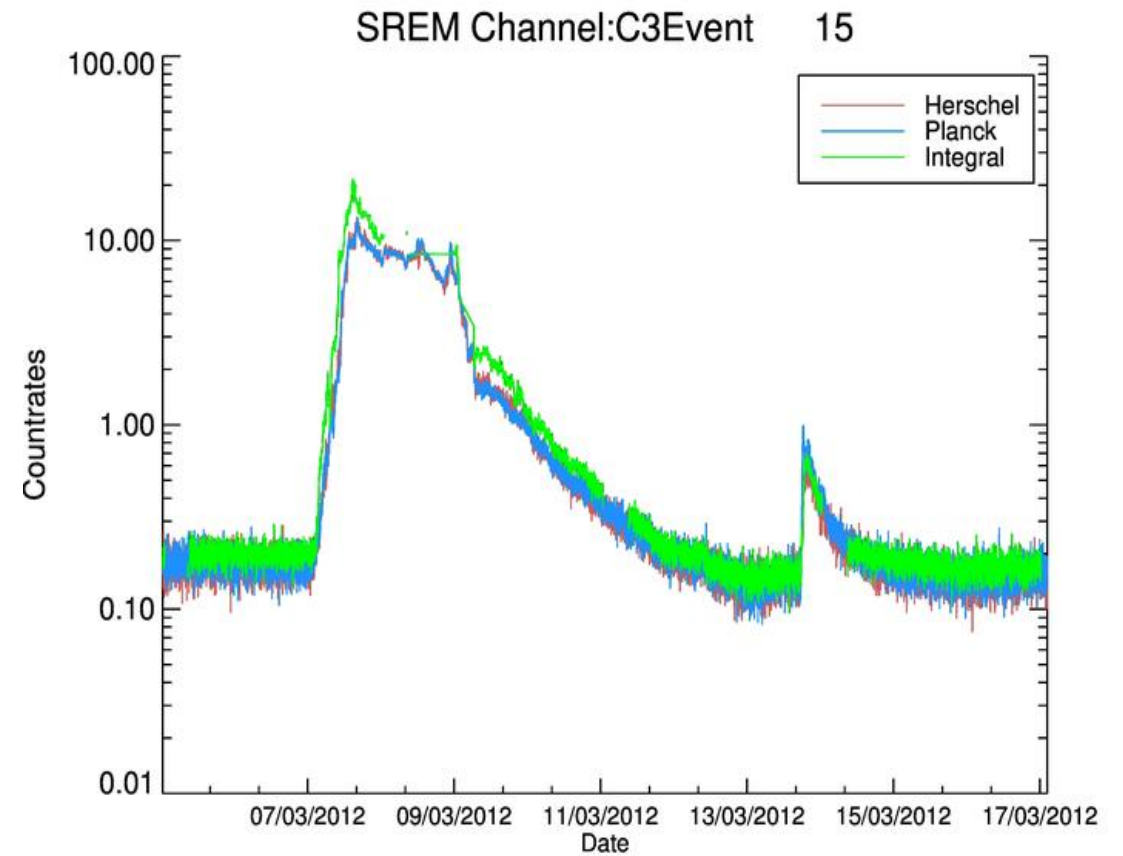
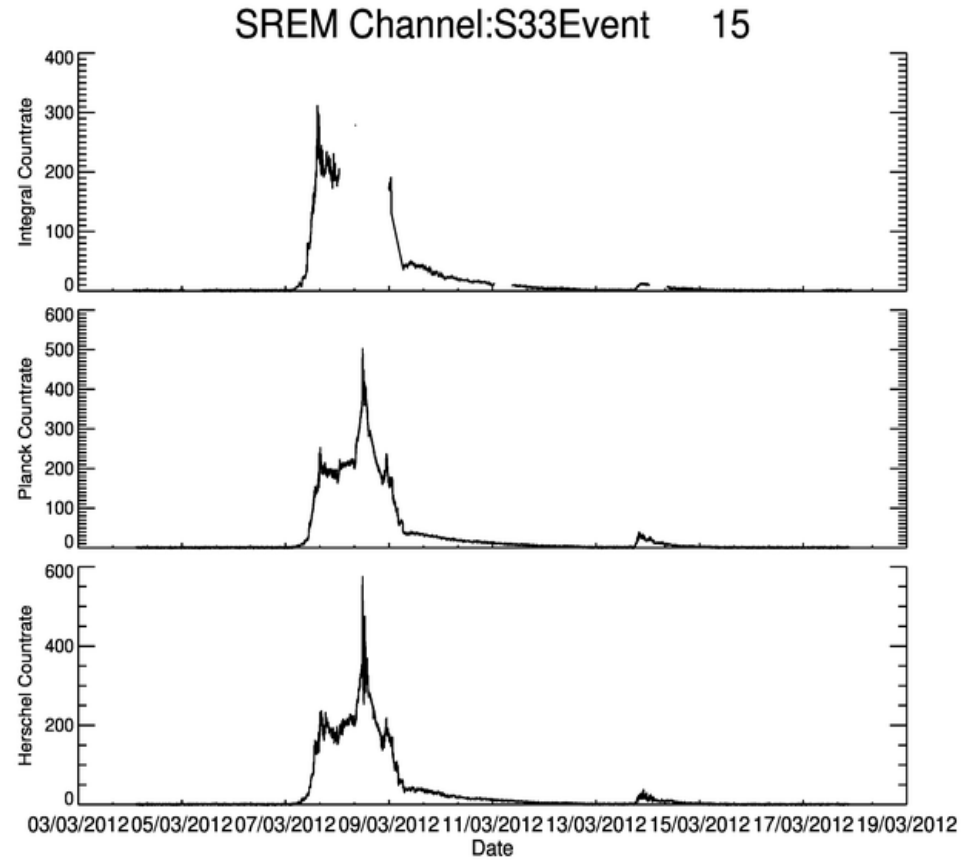


Επεισόδιο #15

Πολύ μεγάλης έντασης και διάρκειας

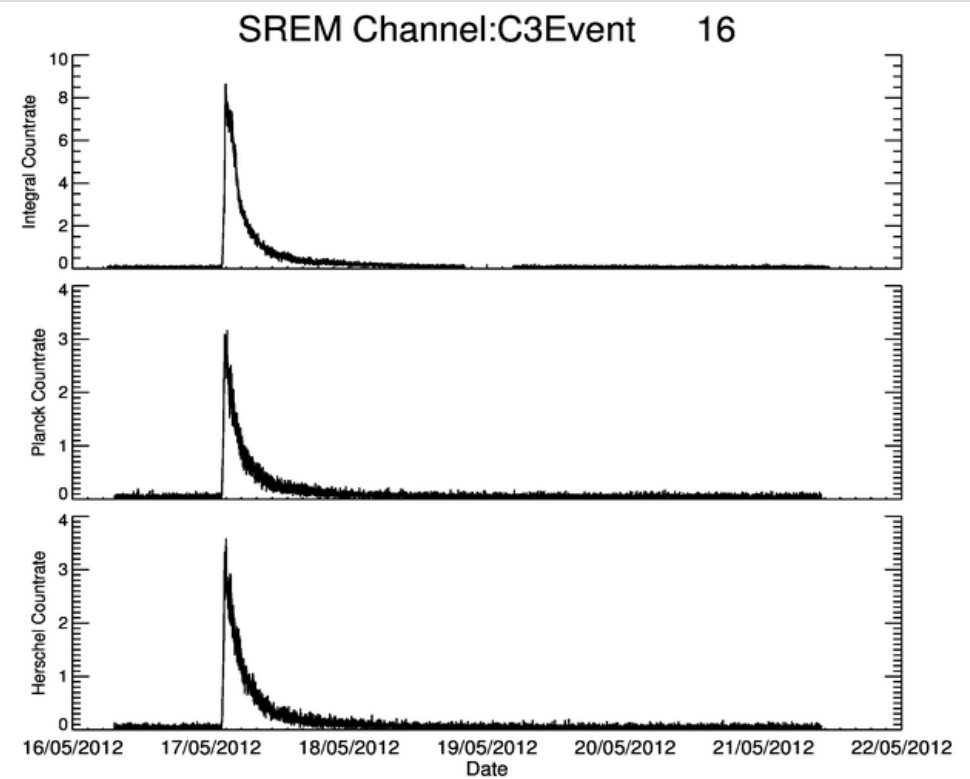
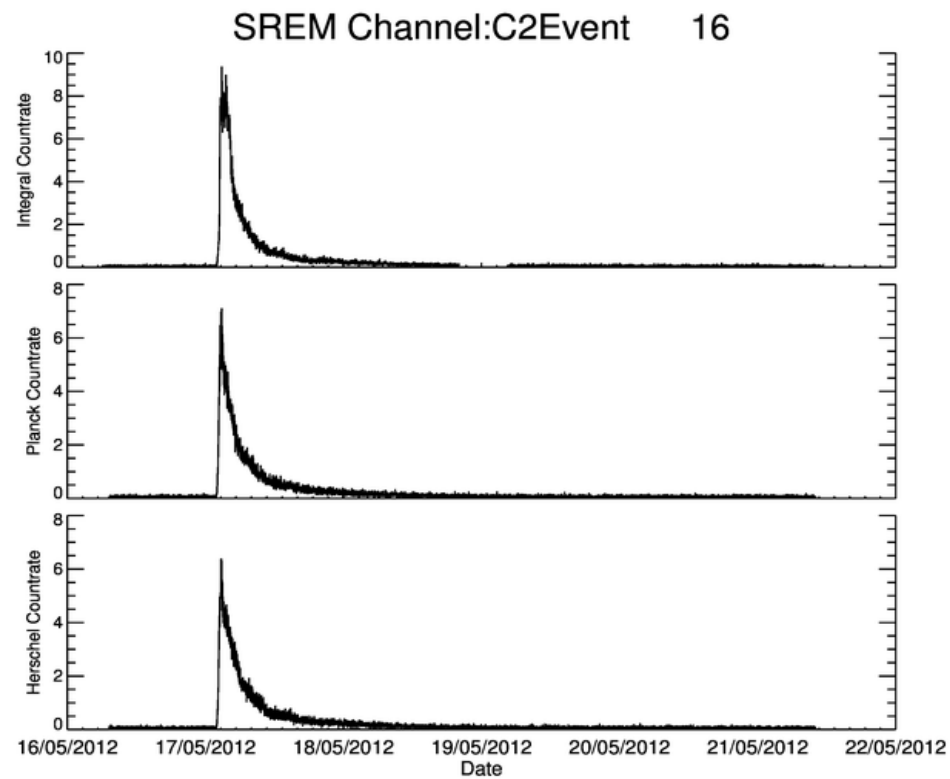


Επεισόδιο #15

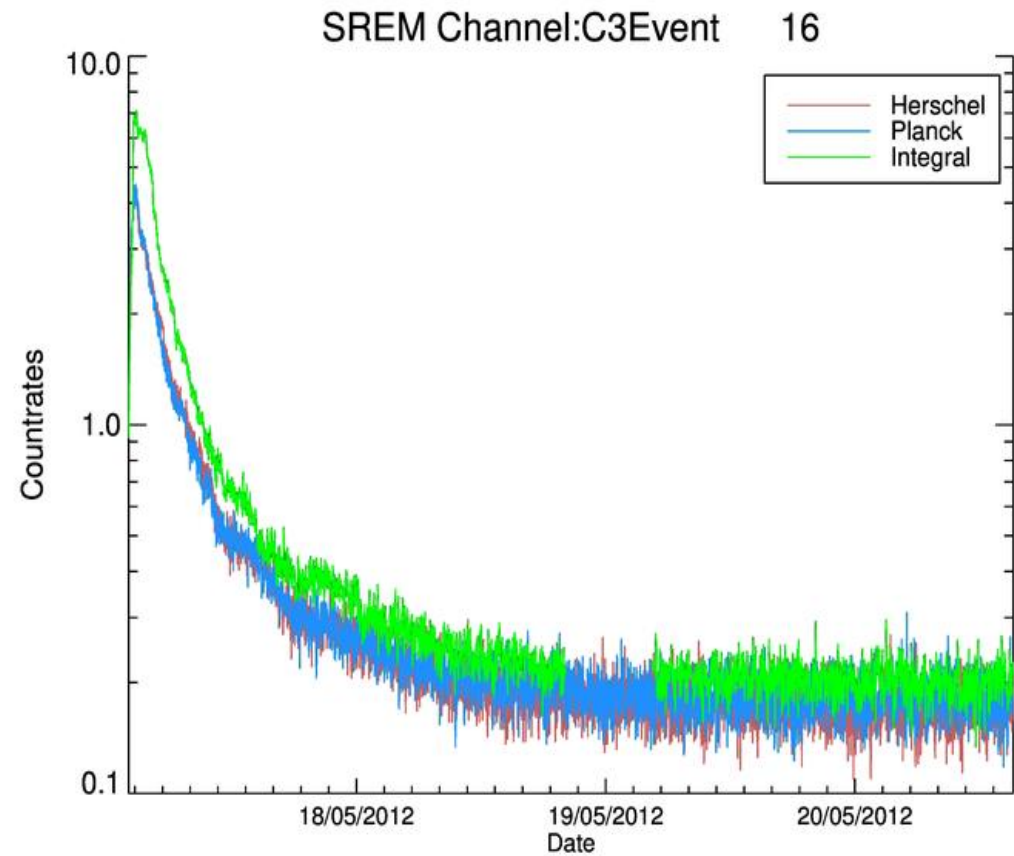
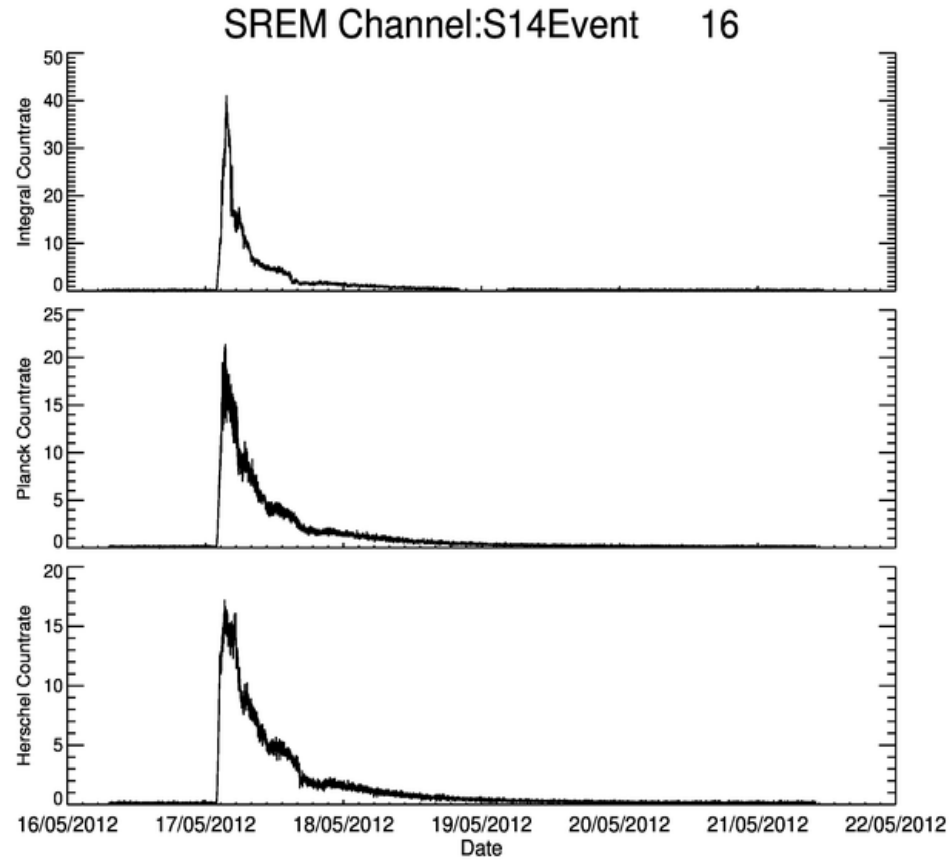


Επεισόδιο #16

Επεισόδιο μέσης έντασης και διάρκειας



Επεισόδιο #16



Interpolation μετρήσεων

Παρεμβολή των μετρήσεων

Επιλογή των χρονικών περιόδων που έγιναν τα SEP



Παρεμβολή των δεδομένων Herschel/Planck στους χρόνους του INTEGRAL



Δημιουργία πινάκων με μετρήσεις μόνο όταν έχουμε επεισόδια (SEPs)



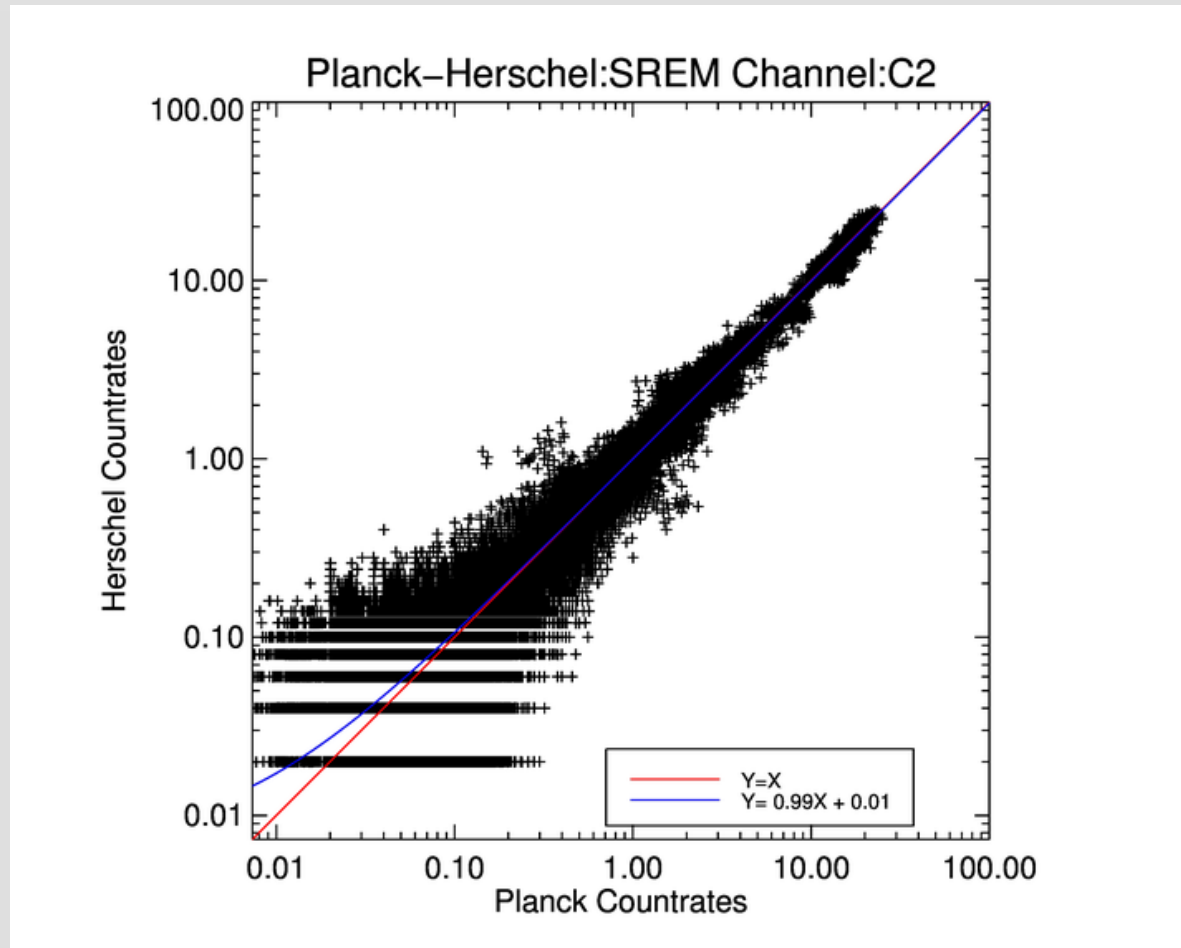
Δημιουργία όμοιων πινάκων με τα Interpolated δεδομένα



Κατασκευή των Plots

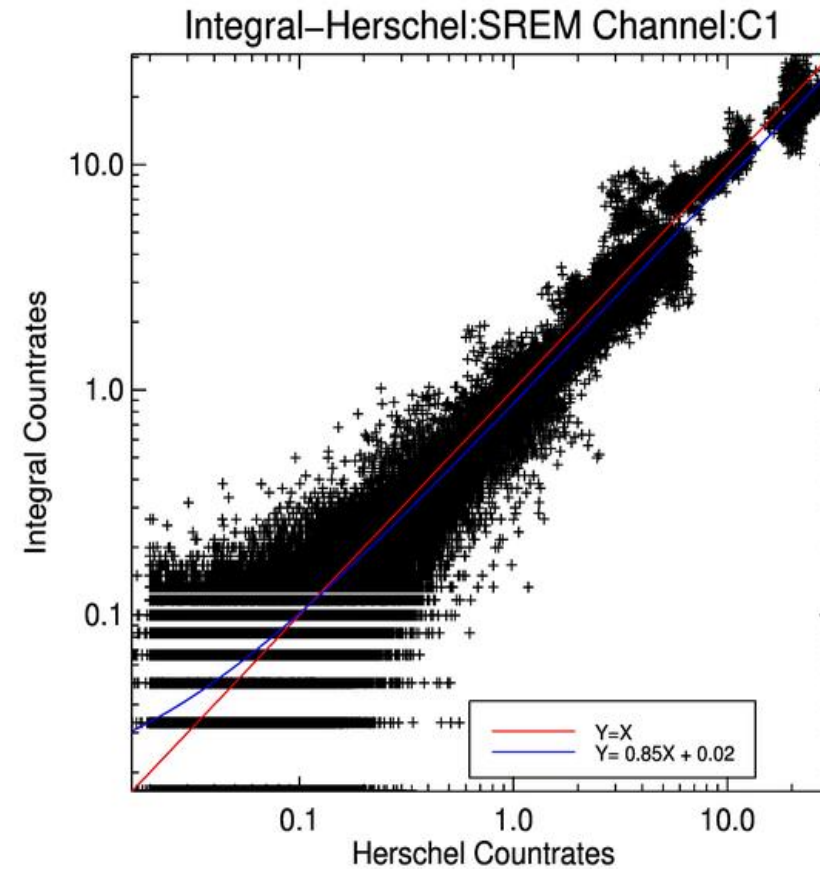
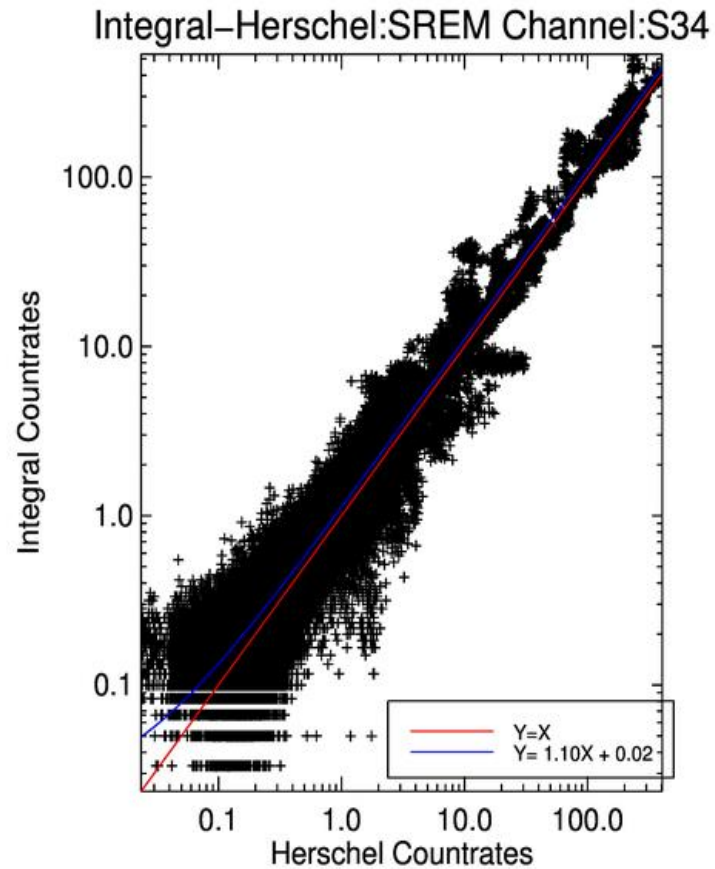
Γραφήματα – Crossplots

Planck - Herschel



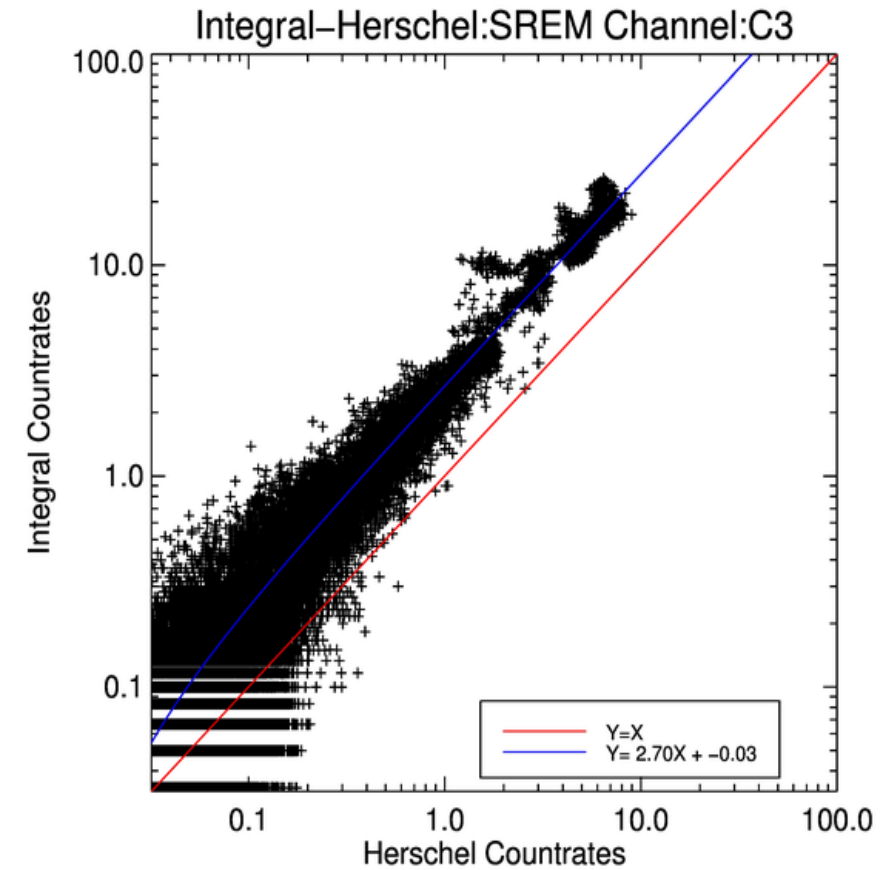
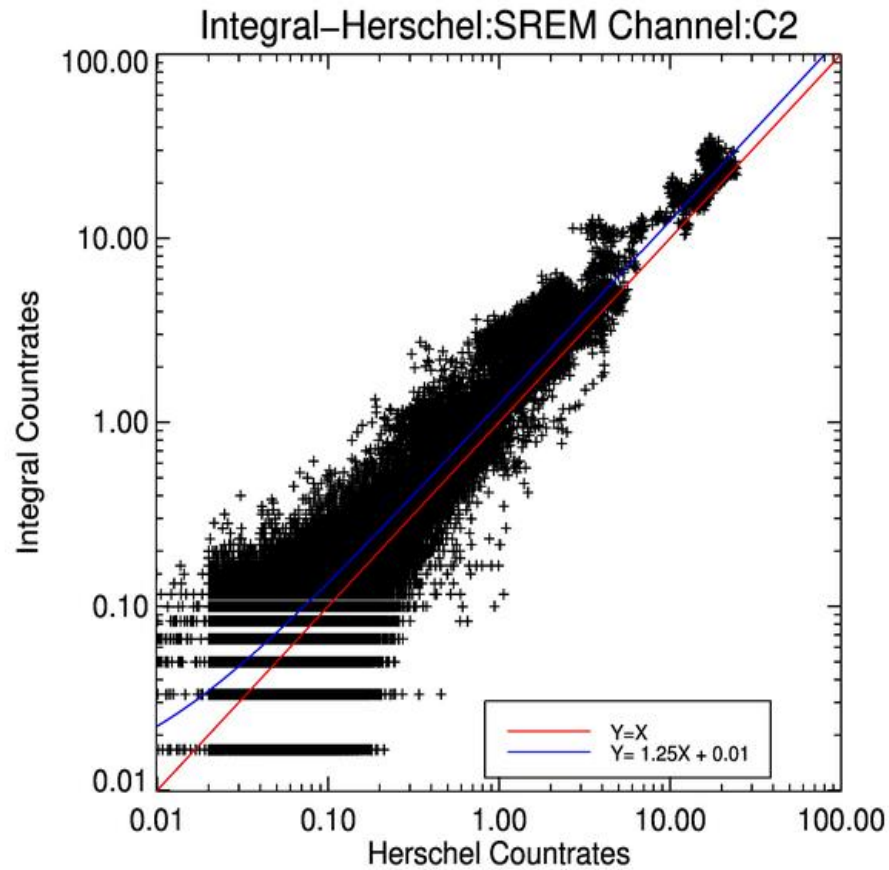
Γραφήματα – Crossplots

INTEGRAL - Herschel



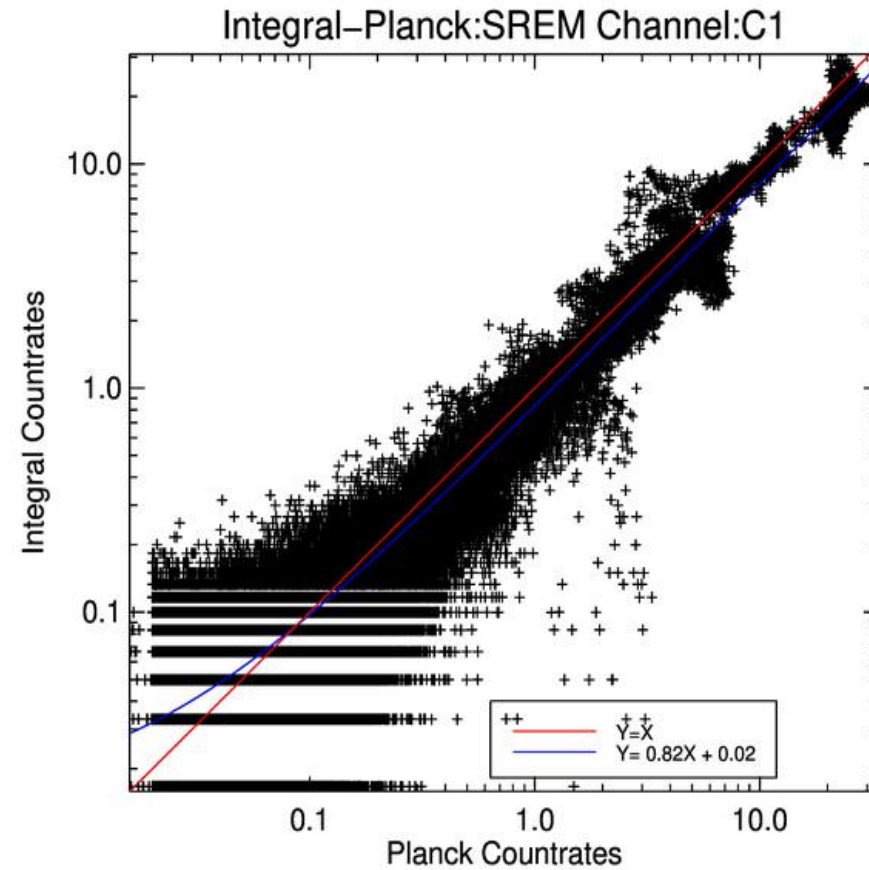
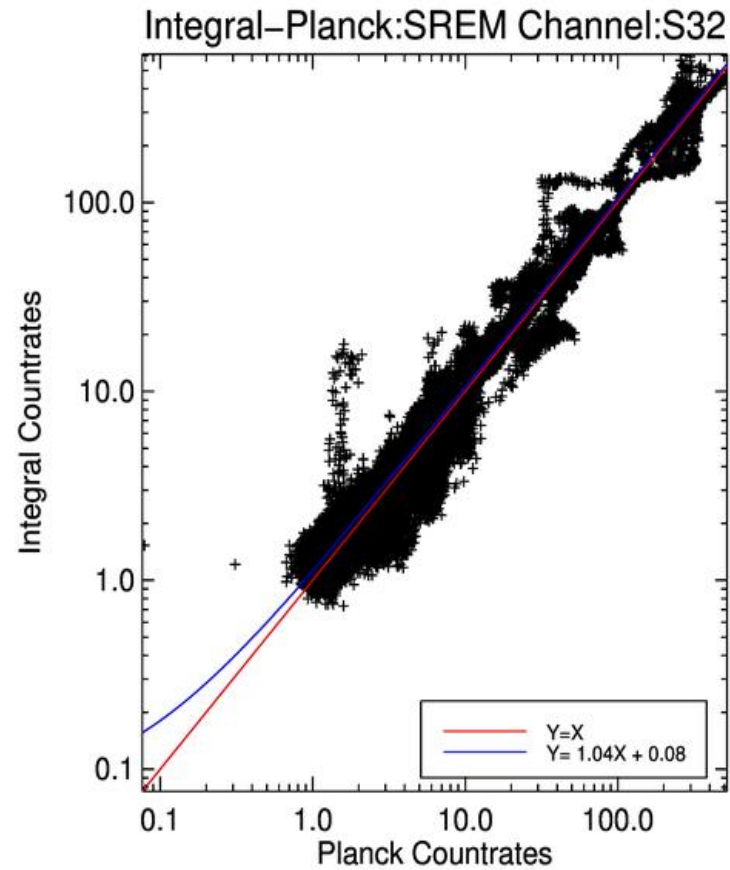
Γραφήματα – Crossplots

INTEGRAL - Herschel



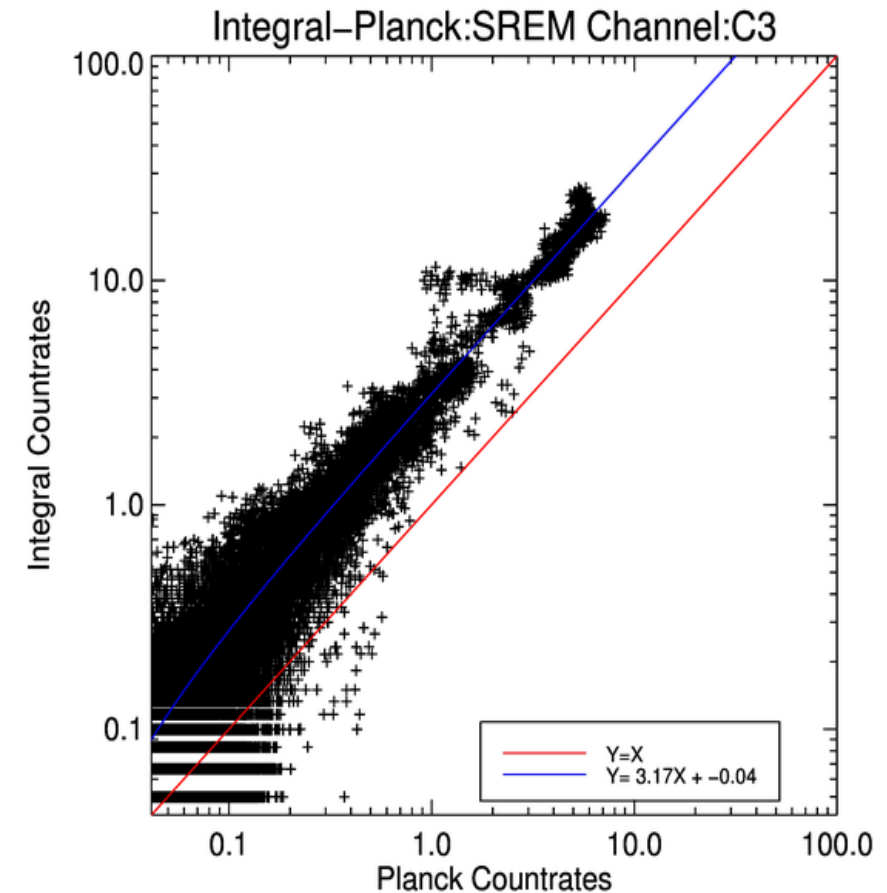
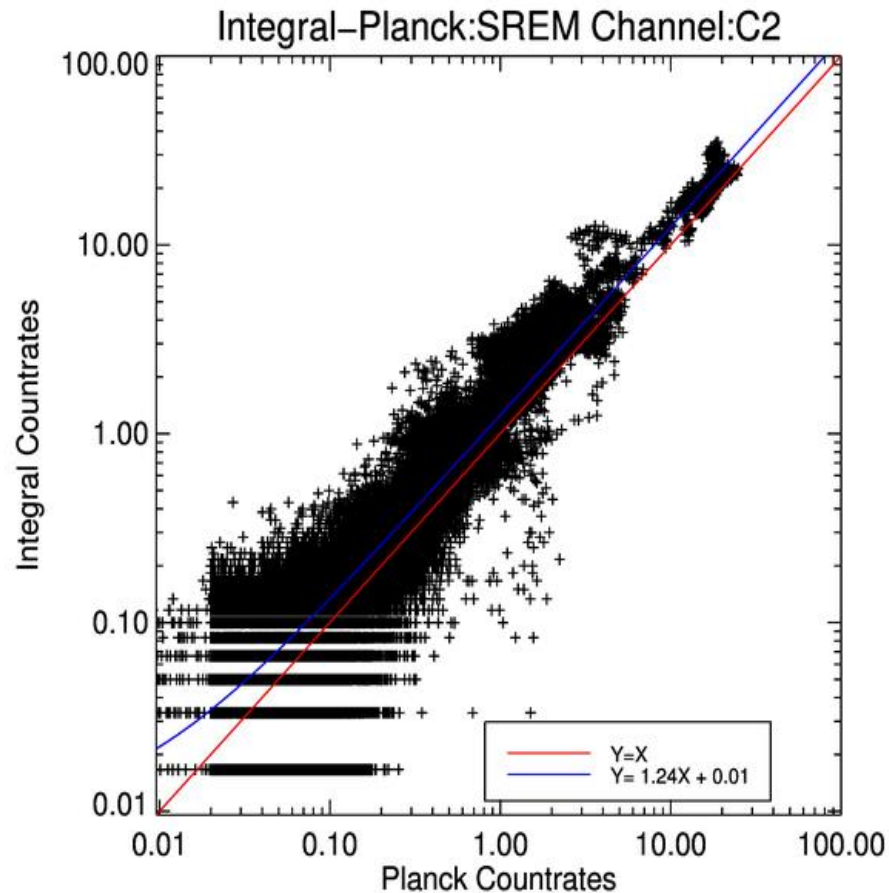
Γραφήματα – Crossplots

INTEGRAL - Planck

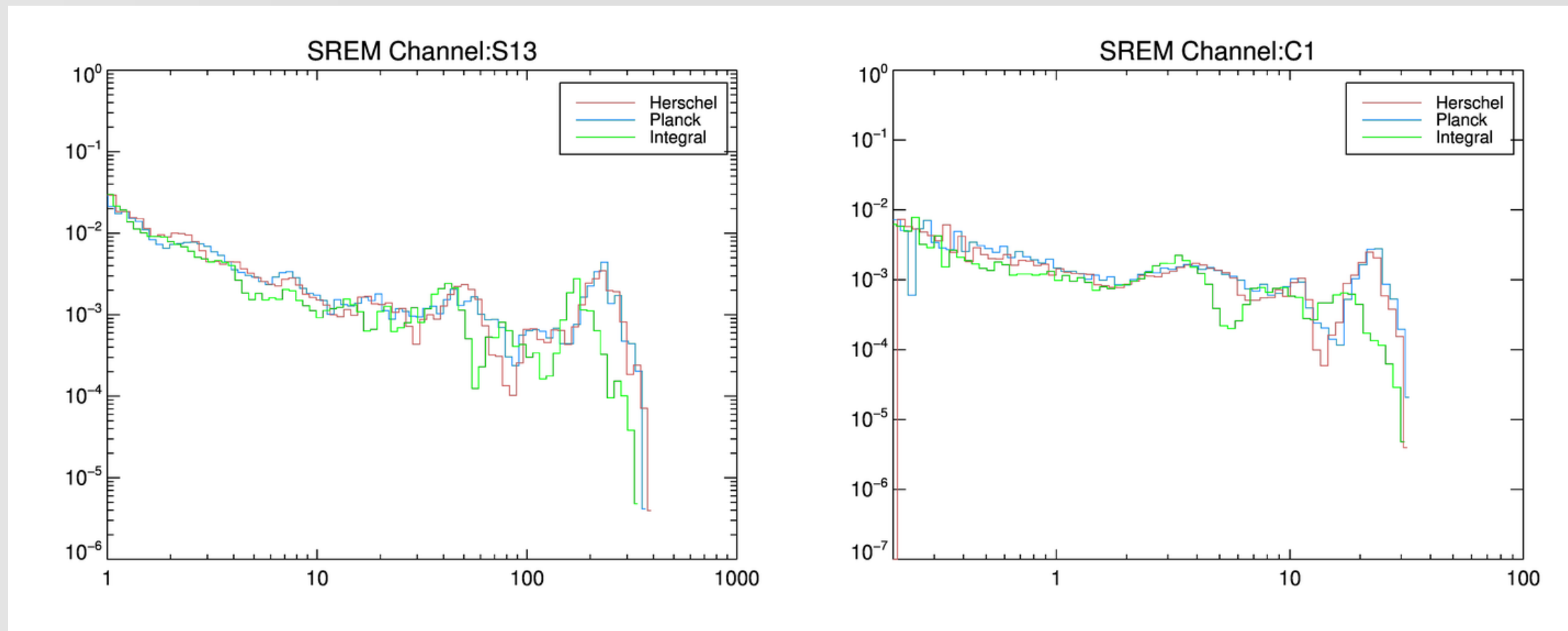


Γραφήματα – Crossplots

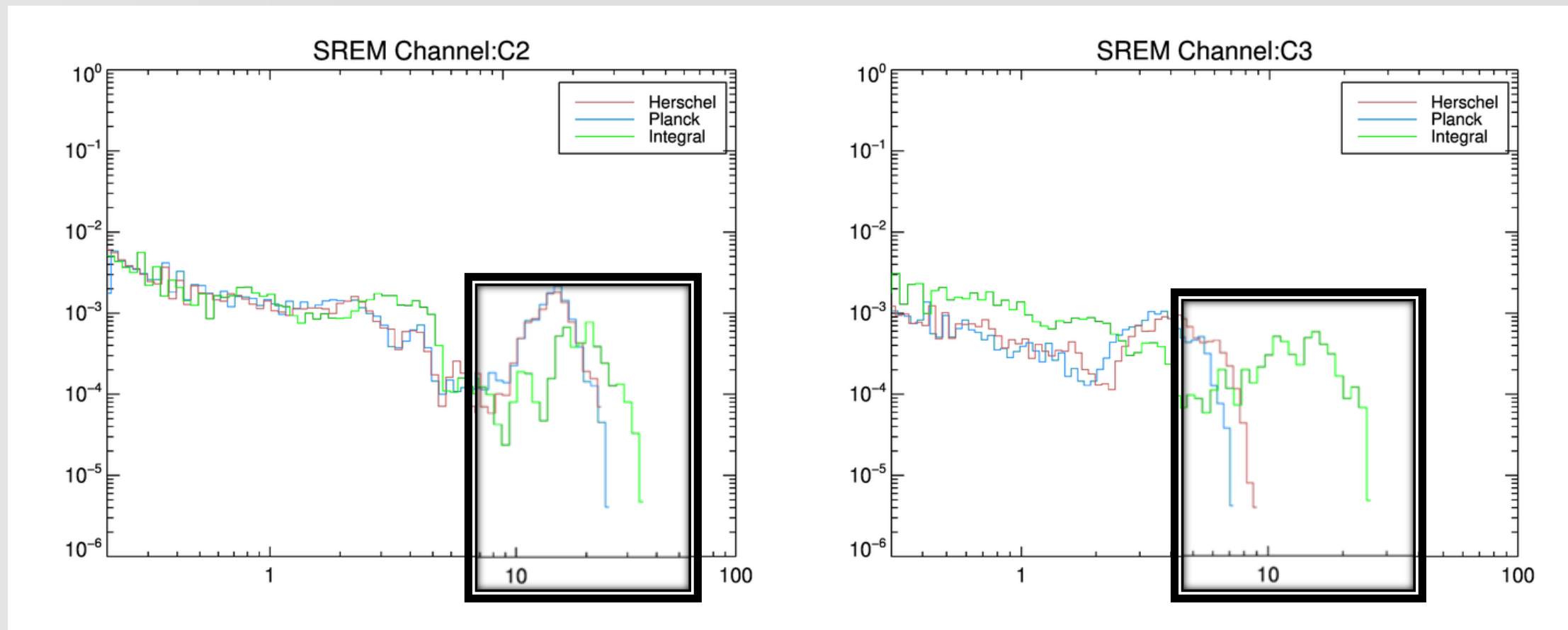
INTEGRAL - Planck



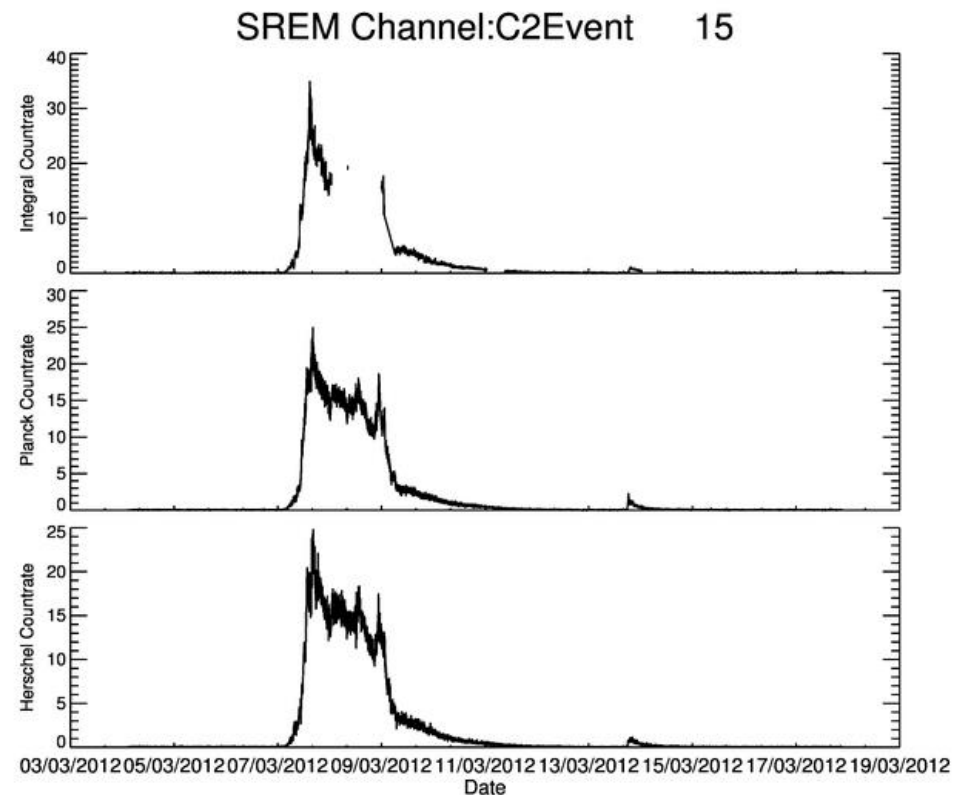
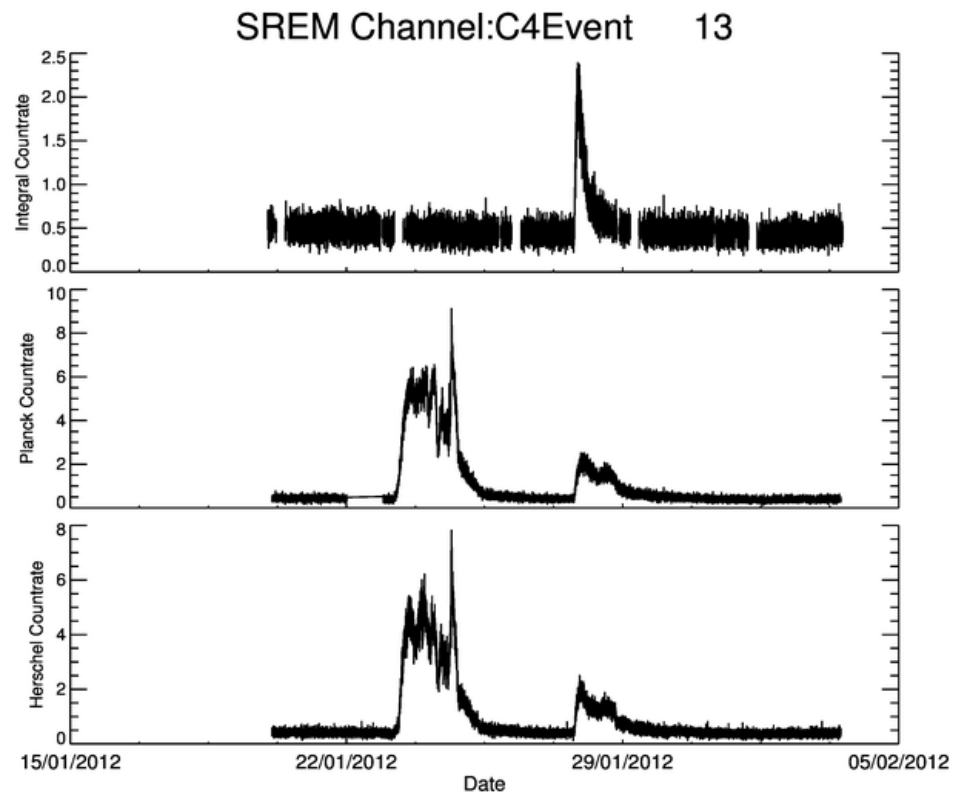
Ιστογράμματα – Μεγάλο πλήθος κελιών



Ιστογράμματα – Μεγάλο πλήθος κελιών



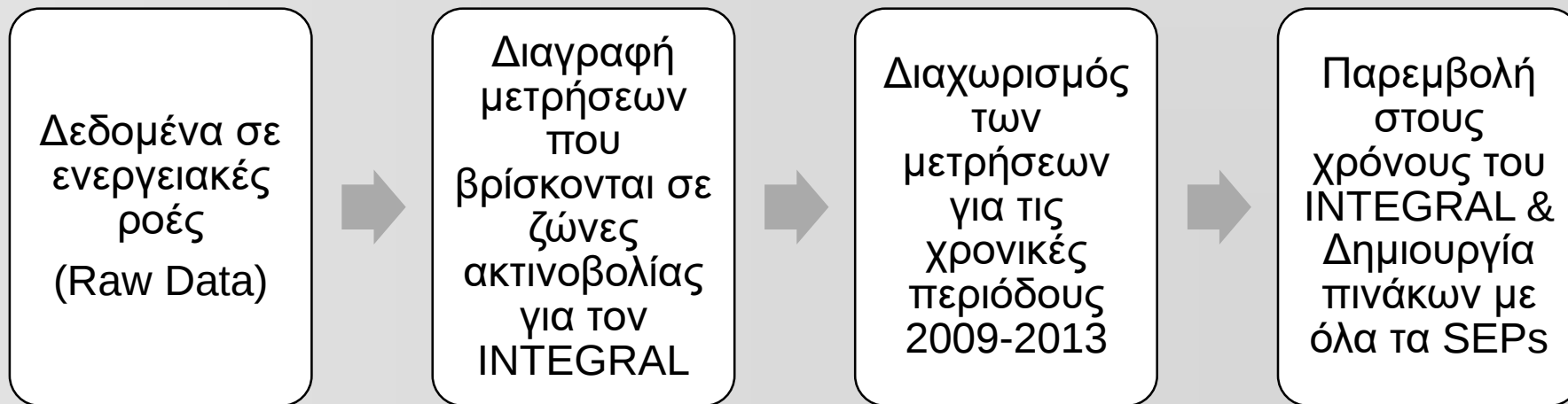
Το κανάλι C4



Ροές ενεργητικών πρωτονίων

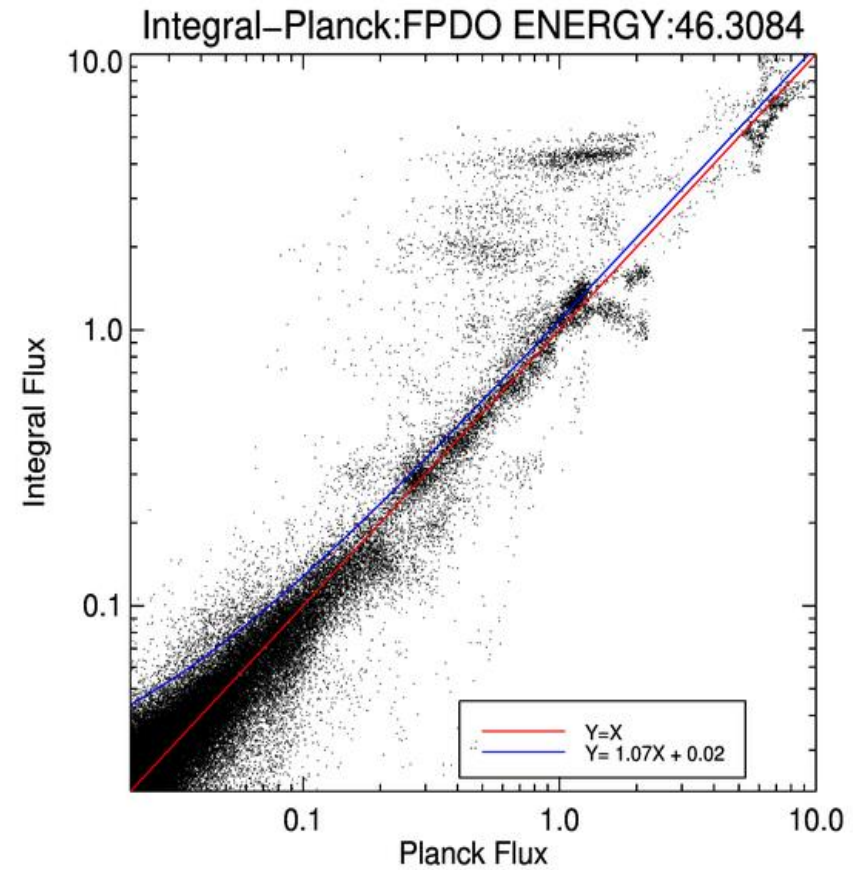
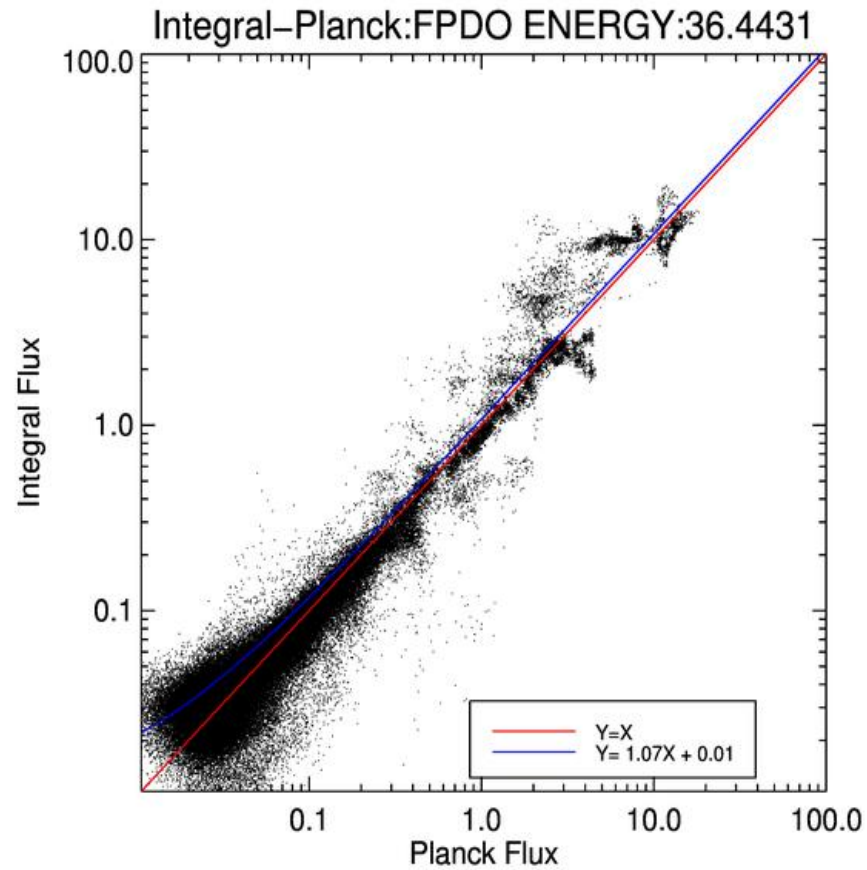
Για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για παραγόμενες ροές ενεργητικών πρωτονίων.

11 – 14 – 18 – 23 – 29 – 36 – 46 – 59 – 75 – 95 – 120 – 153 – 195 –
248 – 315 [MeV]



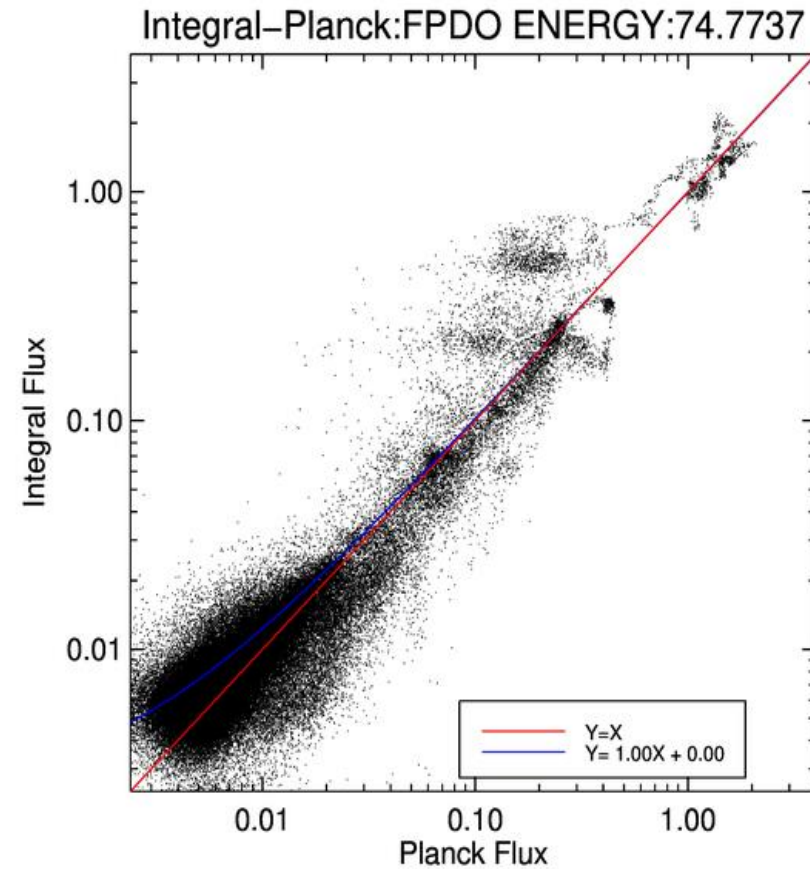
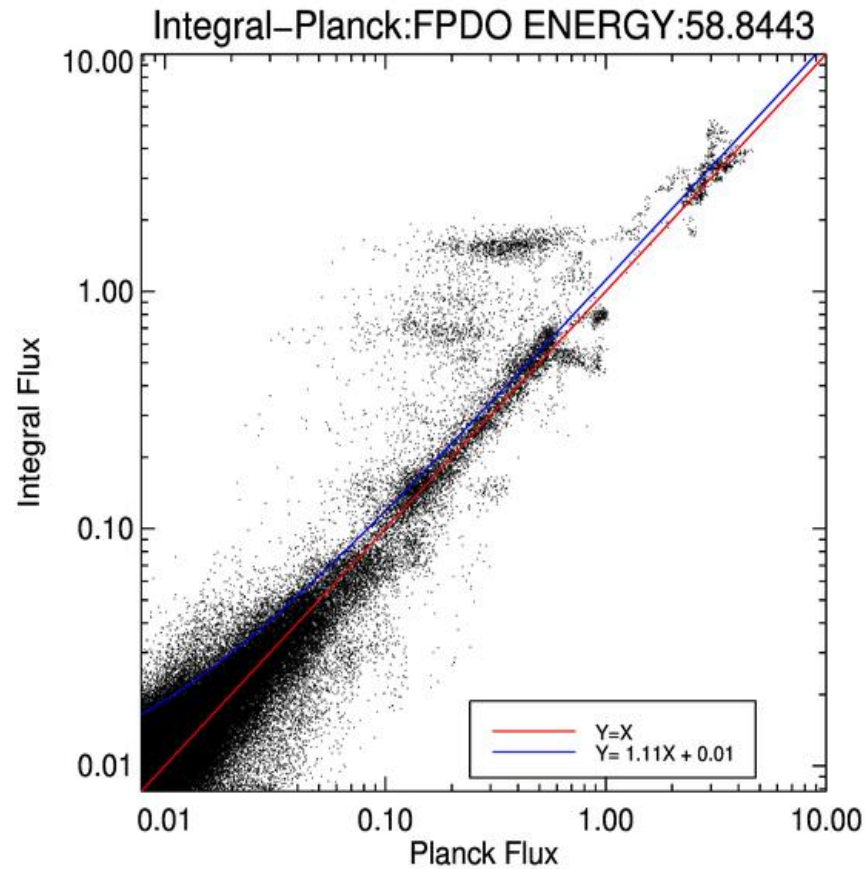
Γραφήματα – Crossplots

INTEGRAL - Planck



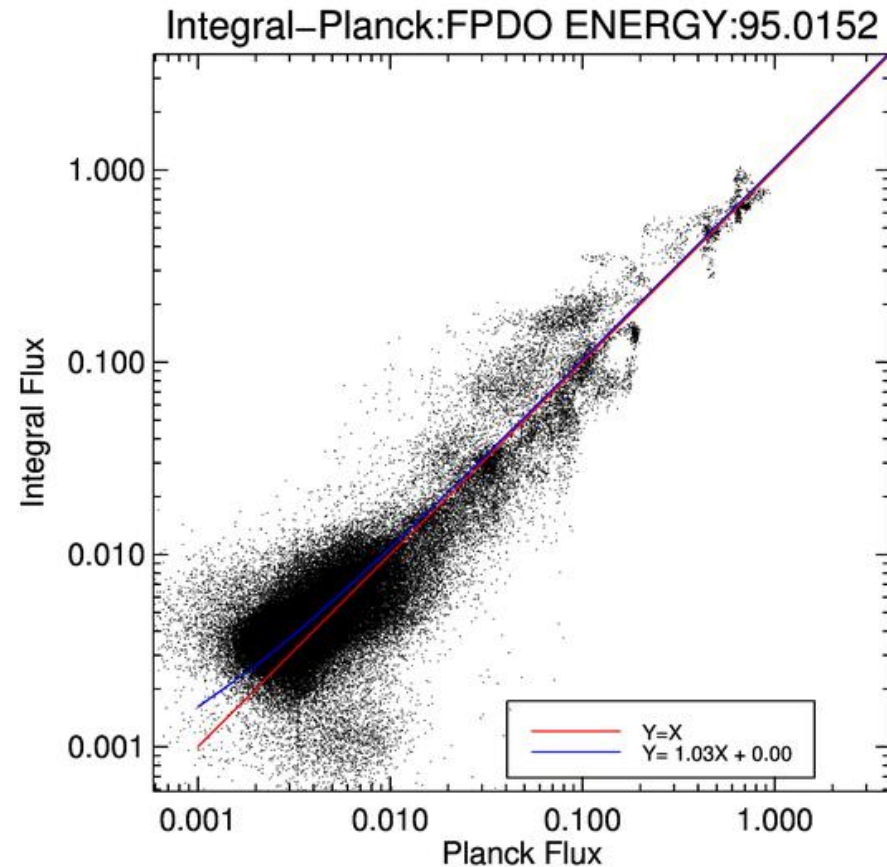
Γραφήματα – Crossplots

INTEGRAL - Planck



Γραφήματα – Crossplots

INTEGRAL - Planck



Θα μπορούσαμε ίσως να παρατηρήσουμε ακόμα μεγαλύτερες χαρακτηριστικές ενέργειες όμως η μέθοδος του unfolding των δεδομένων του SREM δεν μας δίνει τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε κάποια διαφορά, αφού έχει μεγάλο σφάλμα κατά τη δημιουργία των ροών.

Συμπεράσματα από την ανάλυση (1)

- Οι μετρήσεις του ανιχνευτή SREM και για τις τρεις αποστολές στα κανάλια, που έχουν χαμηλό ενεργειακό κατώφλι έχουν αξιοσημείωτη ομοιότητα.
- Σε επίπεδο πρωτογενών μετρήσεων (Count rates) έχουμε χαρακτηριστικά αυξημένες τιμές για τη μονάδα SREM του INTEGRAL στα κανάλια *C1* – *C3*.
- Η σχετική προσαύξηση δείχνει να μεγαλώνει με το ενεργειακό κατώφλι των καναλιών.

Συμπεράσματα από την ανάλυση (2)

- Χαρακτηριστικά στα επεισόδια #13, #15, #16 τα οποία εμφανίζουν μεγάλο πληθυσμό υψηλό-ενεργειακών σωματιδίων, παρατηρούμε έντονο το παραπάνω φαινόμενο. Γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι ο INTEGRAL μετράει μεγαλύτερο πλήθος υψηλό-ενεργειακών σωματιδίων από τους Herschel/Planck, καθώς βρίσκεται σε απόσταση εγγύτερη στον Ήλιο.
- Από τα Interpolated δεδομένα και από τα ιστογράμματα ενισχύονται τα παραπάνω. Συγκεκριμένα, η κατανομή των μετρήσεων στα $C1 - C3$ για το INTEGRAL είναι μετατοπισμένη σε σχέση με τους άλλους δύο στα κανάλια με υψηλότερα κατώφλια ενέργειας.
- Το κανάλι $C4$ κρίνεται ακατάλληλο για τέτοιας μορφής ανάλυση διότι εμφανίζει ασυσχέτιστες μετρήσεις μεταξύ των τριών δορυφόρων καθώς έχει ιδιαίτερα υψηλό-ενεργειακό κατώφλι και πολύ χαμηλή χαρακτηριστική συνάρτηση απόκρισης.

Συμπεράσματα από την ανάλυση (3)

- Σε επίπεδο ροών τα αποτελέσματα είναι συνεπή με τα παραπάνω συμπεράσματα. Η σχετική αύξηση των μετρήσεων δεν είναι τόσο εμφανής όσο σε επίπεδο πρωτογενών μετρήσεων, γεγονός που αποδίδεται στην διαδικασία παραγωγής των ροών.
- Το σφάλμα που υπεισέρχεται στη διαδικασία μετατροπής των Countrates σε ροές δεν μας επιτρέπει να εξετάσουμε ενέργειες μεγαλύτερες από ~ 120 MeV.

Πιθανή εξήγηση

Τα συμπεράσματα που αναφέραμε βασίζονται στην υπόθεση ότι και οι 3 μονάδες SREM έχουν σχεδόν όμοια χαρακτηριστική συνάρτηση απόκρισης (Response Function).

Με βάση αυτή την υπόθεση το λογικό ήταν να υποθέσουμε ότι:

Ο INTEGRAL μετράει μεγαλύτερο πλήθος υψηλό-ενεργειακών σωματιδίων από τους Herschel/Planck, καθώς βρίσκεται σε απόσταση εγγύτερη στον Ήλιο.

Recent update!

Οι μονάδες SREM για τις αποστολές είχαν διαφορετική απόκριση κατά τη πειραματική βαθμονόμηση που έγινε, με βάση τα Technical Report της ESA.

Συγκεκριμένα τα κανάλια C1 - C3 πράγματι είχαν διαφορετική συμπεριφορά λόγω του οργάνου. Κάτι τέτοιο δεν ήταν δυνατό να φανεί ούτε μέσω της ανάλυσής μας ούτε μέσω αριθμητικής βαθμονόμησης με Simulation.

Με βάση τη διαφορά στη Response function μπορούμε να βγάλουμε τα εξής συνολικά συμπεράσματα

Τελικά συμπεράσματα

- Υπάρχει μια διακριτή μετατόπιση της υψηλό-ενεργειακής κατανομής πρωτονίων προς χαμηλότερες ενέργειες στο σημείο L_2 .
- Η γραμμική εξάρτηση των C2, C3 μετρήσεων μεταξύ των μονάδων Herschel, Planck και INTEGRAL μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διορθωθούν οι SREM μετρήσεις στα Herschel, Planck ώστε να ανταποκρίνονται στον αρχικό τους σχεδιασμό.

Τελικά συμπεράσματα

- Η δημιουργία ενός μοντέλου για τους σωματιδιακούς πληθυσμούς του σημείου L_2 δείχνει εφικτή καθώς οι αβεβαιότητες των ροών στα πρωτονικά κανάλια $C1, C2, C3$ του INTEGRAL δεν υπερβαίνουν διαφορές μεγαλύτερες της τάξης του 3.
- Οι πολυπληθείς μετρήσεις του INTEGRAL μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τη μοντελοποίηση αυτών των πληθυσμών δεδομένων των ομοιοτήτων και συσχετισμών που παρατηρήθηκαν. Επιπλέον, τα παραπάνω ευρήματα επιδεικνύουν ότι τα υπάρχοντα μοντέλα για τα SEP (π.χ. Xapsos, SEP-EM) τα οποία βασίζονται σε μετρήσεις δορυφόρων που βρίσκονται κοντά στη Γη (GOES, IMP8, κλπ.) αποτελούν κατάλληλα εργαλεία για τον χαρακτηρισμό του υψηλό ενεργειακού πληθυσμού σωματιδίων στον διαπλανητικό χώρο.

Ευχαριστίες και Ερωτήσεις