



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΗΣ (BIOSIM)

4η Εργαστηριακή Αναφορά στο μάθημα
**“ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ”** του 9ου Εξαμήνου

του Εμμανουήλ Αναστάσιου Σερλή, Α.Μ. 03118125

4 Πρακτική Εξάσκηση

Αρχικά, εφόσον ο Α.Μ. τελειώνει σε 5, το set προσομοιώσεων που καλούμαστε να τρέξουμε στο matlab φαίνεται στον κάτωθι πίνακα

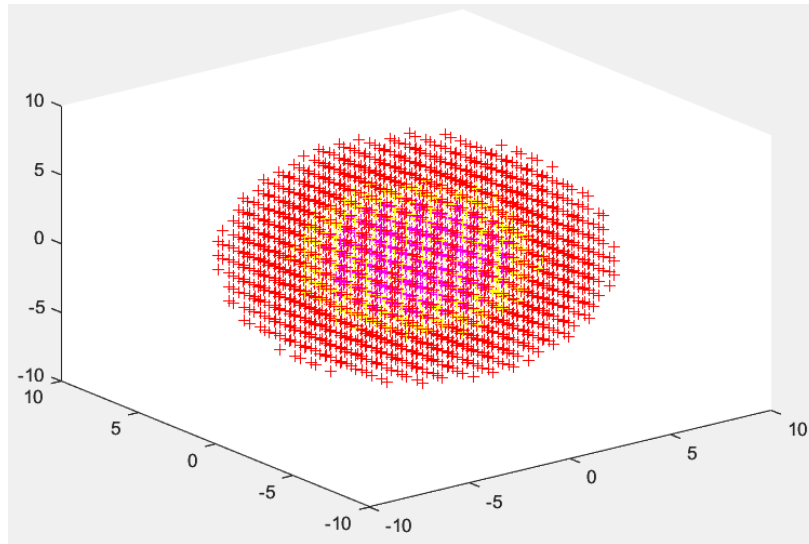
Είδος όγκου	Ακτινοθεραπεία	Διάρκεια (σε βδομάδες)	Είδος κερματισμού	Παράμετροι
Ακτινοευαίσθητος	Όχι	1	-	a=[0.6,0.5,0.4] b=[0.06,0.05,0.04]
Ακτινοευαίσθητος	Ναι	2	Συνήθης	a=[0.6,0.5,0.4] b=[0.06,0.05,0.04]
Ακτινοευαίσθητος	Ναι	2	Υπερκερματισμός	a=[0.6,0.5,0.4] b=[0.06,0.05,0.04]

Για καθεμία από τις 3 άνωθι προσομοιώσεις ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

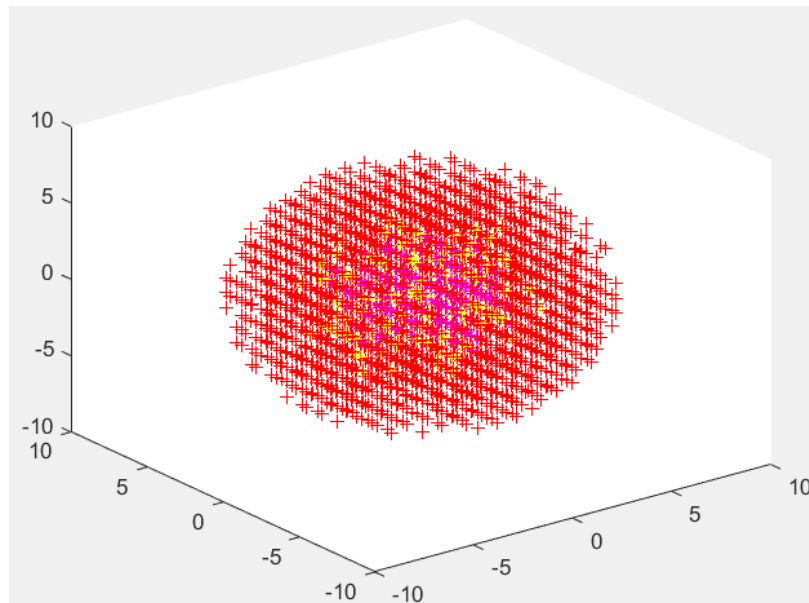
- Φόρτωση των παραμέτρων a και b σε 1x3 πίνακες
- Φόρτωση του κατάλληλου σχήματος ακτινοθεραπείας (π.χ. για την 1^η περίπτωση τρέξαμε την εντολή `load radiotherapy_scheme_standard_2_weeks.mat`)
- Εύρεση της διάρκειας (duration) της ακτινοθεραπείας σε time steps, μέσω της εντολής “[dimrow, duration] = size(radiotherapy_scheme)”
- Αρχικοποίηση του όγκου με κέντρο το (0,0,0) μέσω της εντολής `tumour_in_GC = initialize_tumour_lab(8,5,4);`
- Εκκίνηση της προσομοίωσης μέσω της εντολής `simulate_lab.mat`
- Οπτική απεικόνιση των κυττάρων του καρκινικού όγκου σε διάφορες φάσεις μέσω του κατάλληλα τροποποιημένου αρχείου `plot_tumour_lab(tumour_in_GC,time)`, με $time \in [1, duration]$
- Εξαγωγή γραφικής παράστασης πλήθους κυτταρικών πληθυσμών για τα διάφορα time steps, μέσω του κατάλληλα τροποποιημένου αρχείου `plot_cell_numbers_lab`

Παρακάτω ακολουθούν αποτελέσματα και σχολιασμοί για καθεμία από τις 3 ζητούμενες προσομοιώσεις. Σημειώνεται ότι στις προσομοιώσεις προγραμμάτων της 1 εβδομάδας αναπαρίστανται οι όγκοι στα time_steps {1,4,8,12,16,20,24,29} ενώ σε αυτές των 2 βδομάδων τα time_steps {1,8,16,24,32,40,48,57}.

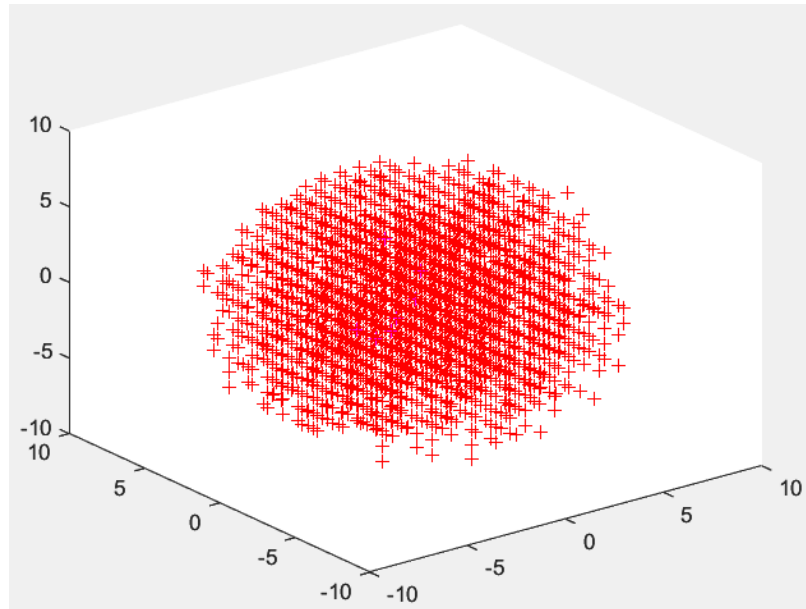
Εξέλιξη ενός ακτινοευαίσθητου όγκου χωρίς ακτινοθεραπεία για μία εβδομάδα



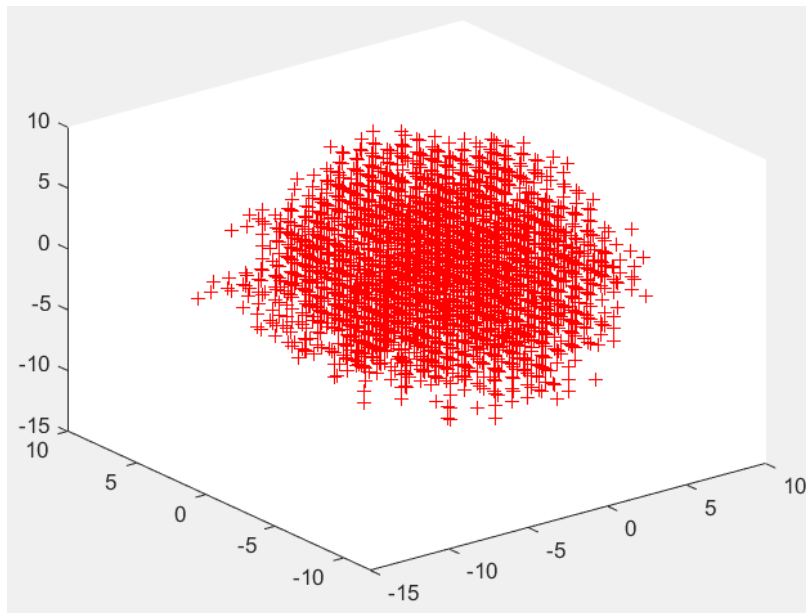
Ο όγκος για time step = 1



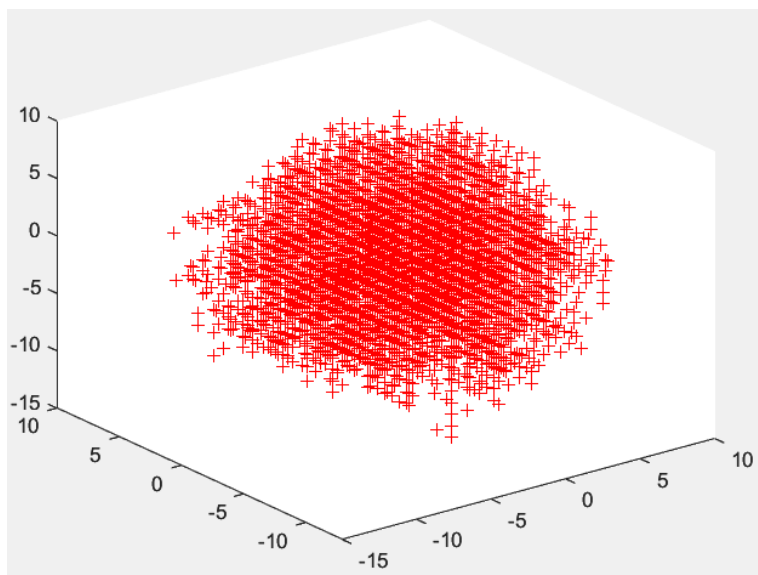
Ο όγκος για time step = 4



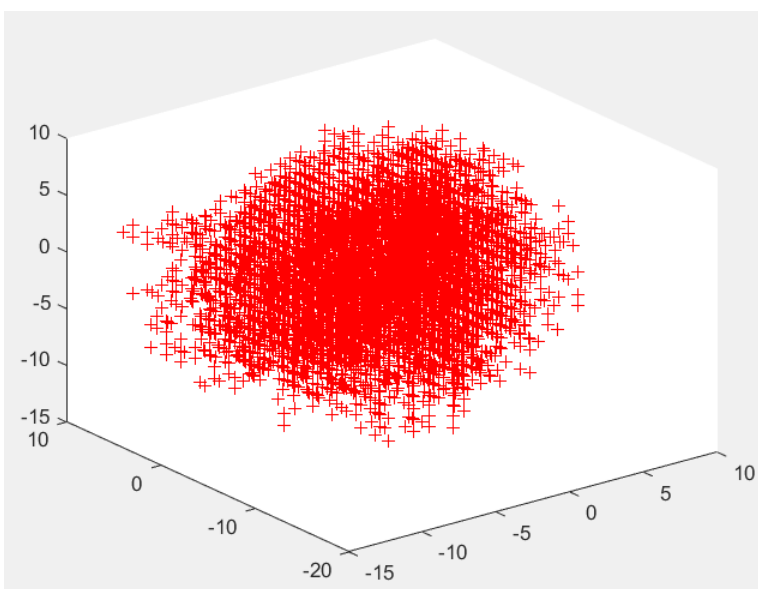
Ο όγκος για time step = 8



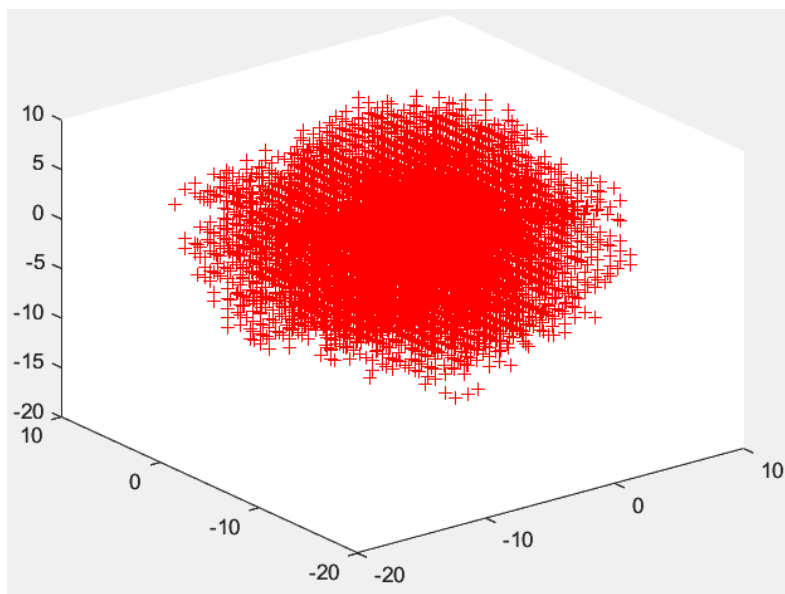
Ο όγκος για time step = 12



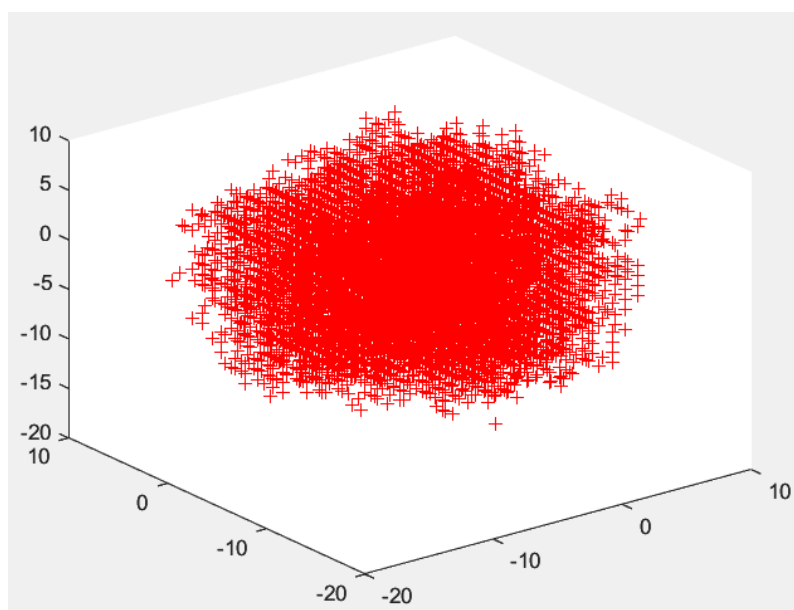
Ο όγκος για time step = 16



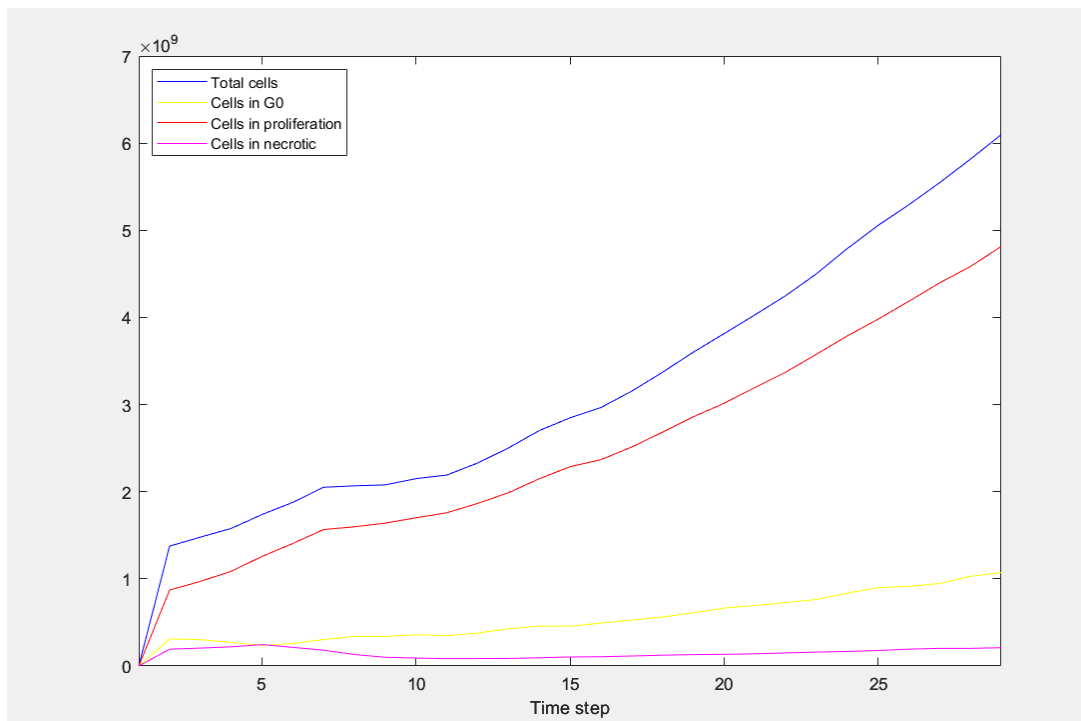
Ο όγκος για time step = 20



Ο όγκος για time step = 24



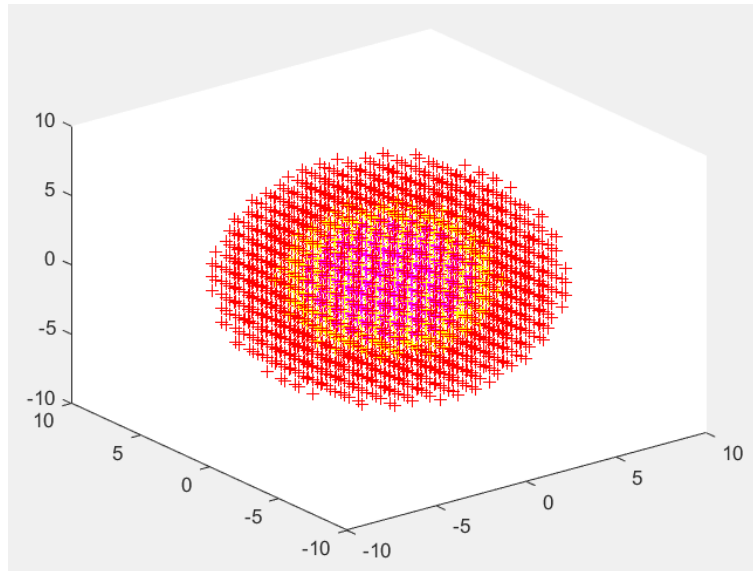
Ο όγκος για time step = 29



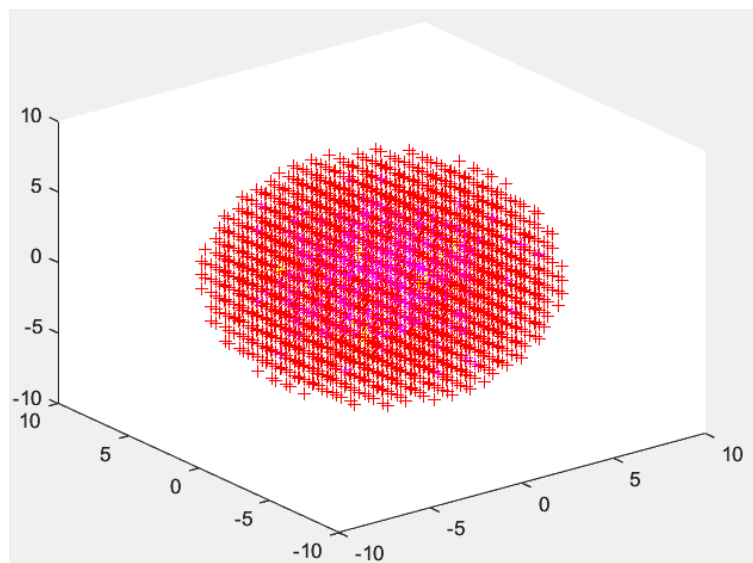
Η μεταβολή των κυτταρικών πληθυσμών του όγκου για τα διάφορα time steps

Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση απουσίας ακτινοθεραπείας για 1 εβδομάδα, τα καρκινικά κύτταρα στην φάση του πολλαπλασιασμού αυξάνονται σταθερά, ενώ ταυτόχρονα οι υπόλοιποι τύποι καρκινικών κυττάρων (σε απόπτωση και σε νέκρωση) πρακτικά εξαφανίζονται στο τελευταίο time step. Μάλιστα, εξαιτίας της ύπαρξης όλο και αυξανόμενων κυττάρων πολλαπλασιασμού, ο συνολικός αριθμός κυττάρων εντός του όγκου αυξάνεται. Συνεπώς, η έλλειψη ακτινοθεραπείας για 1 εβδομάδα συνεπάγεται την άμεση επιδείνωση του καρκινικού όγκου.

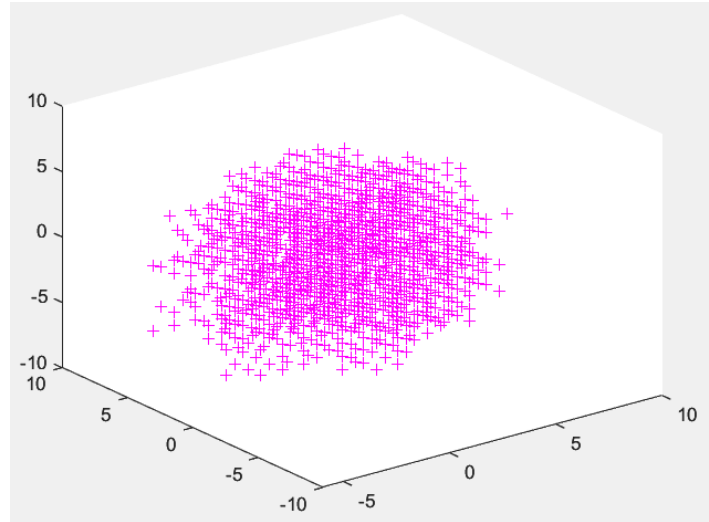
Εξέλιξη ενός ακτινοευαίσθητου όγκου με συνήθη κερματισμό για δύο εβδομάδες



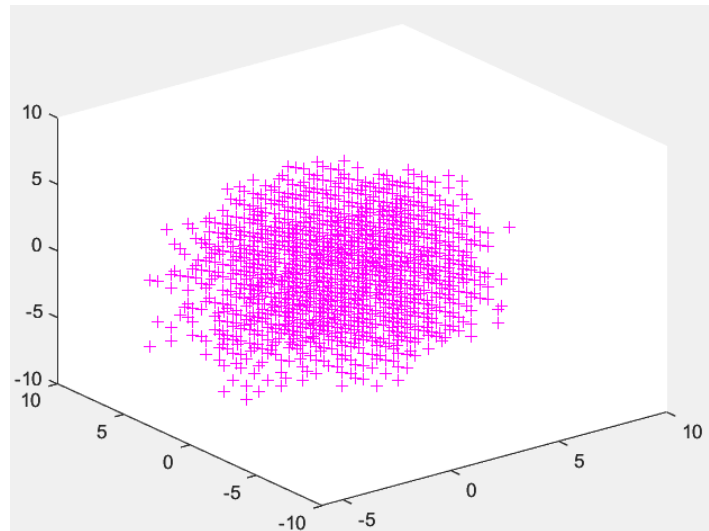
Ο όγκος για time step = 1



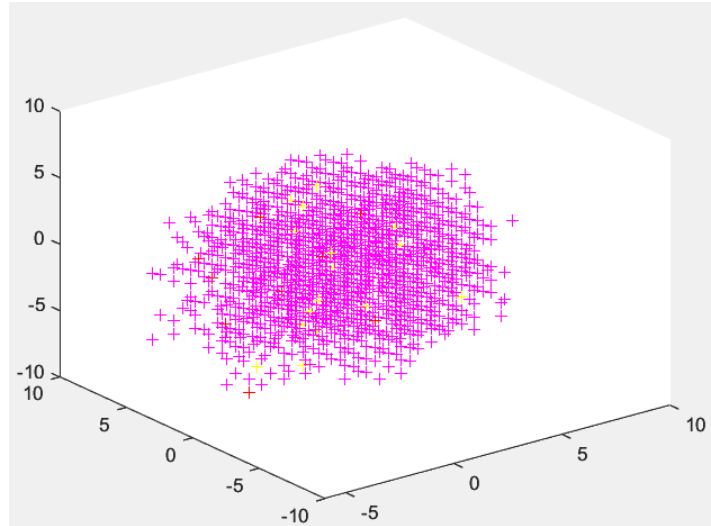
Ο όγκος για time step = 8



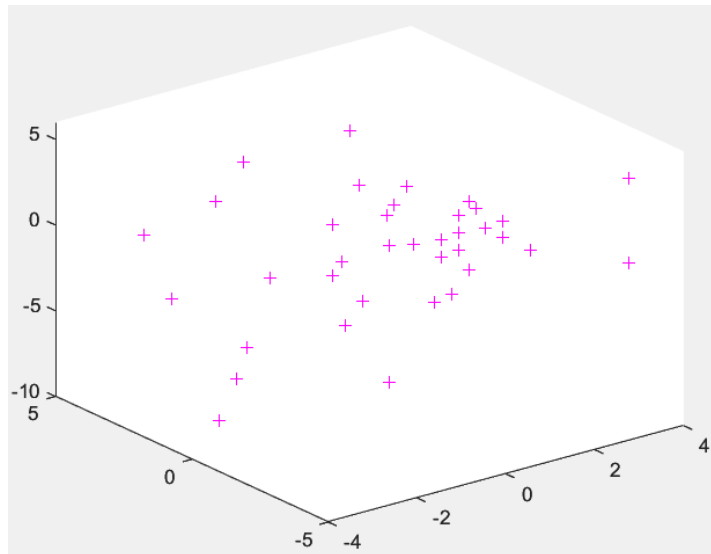
Ο όγκος για time step = 16



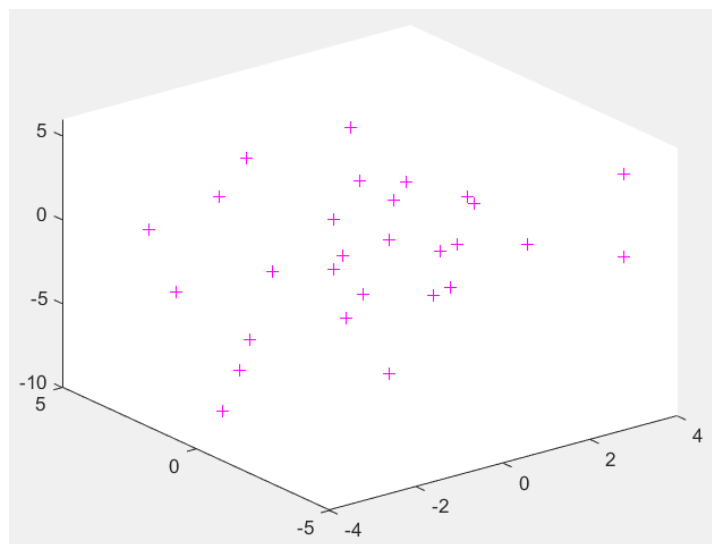
Ο όγκος για time step = 24



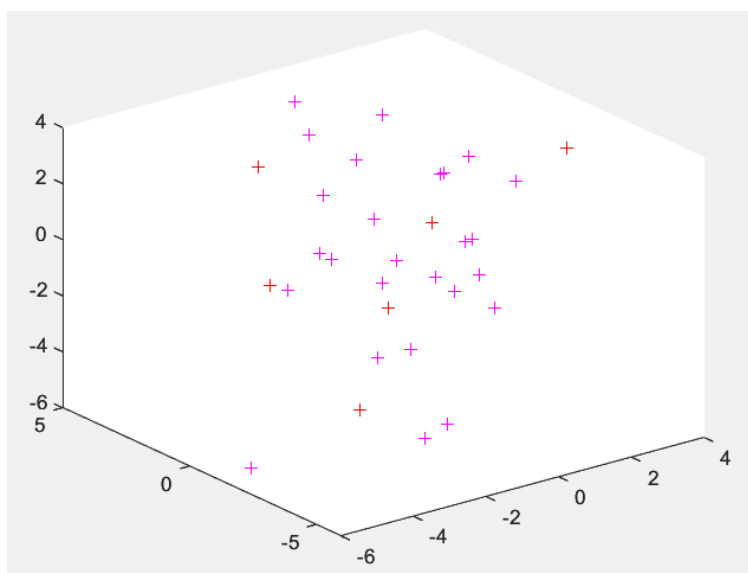
Ο όγκος για time step = 32



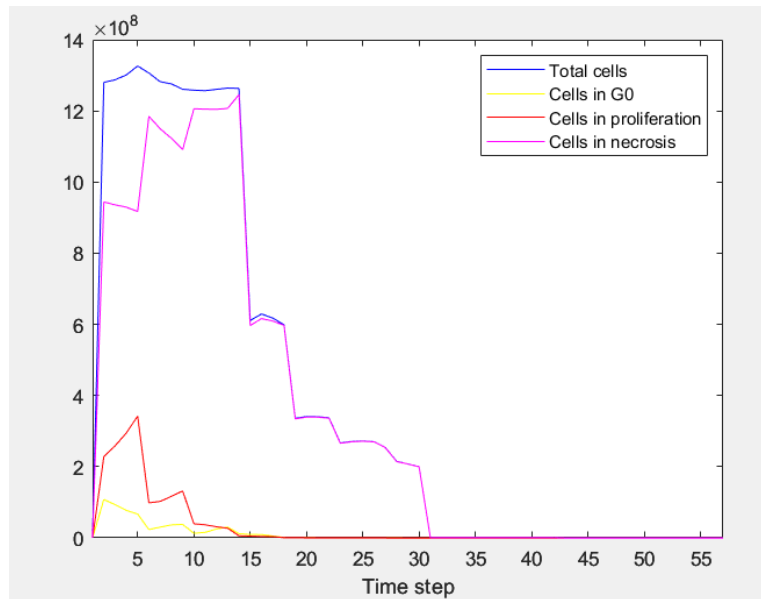
Ο όγκος για time step = 40



Ο όγκος για time step = 48



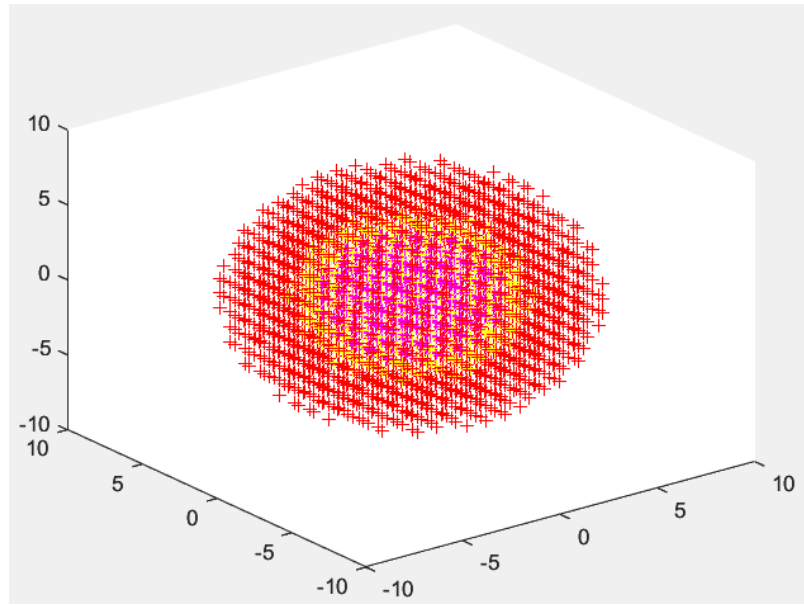
Ο όγκος για time step = 57



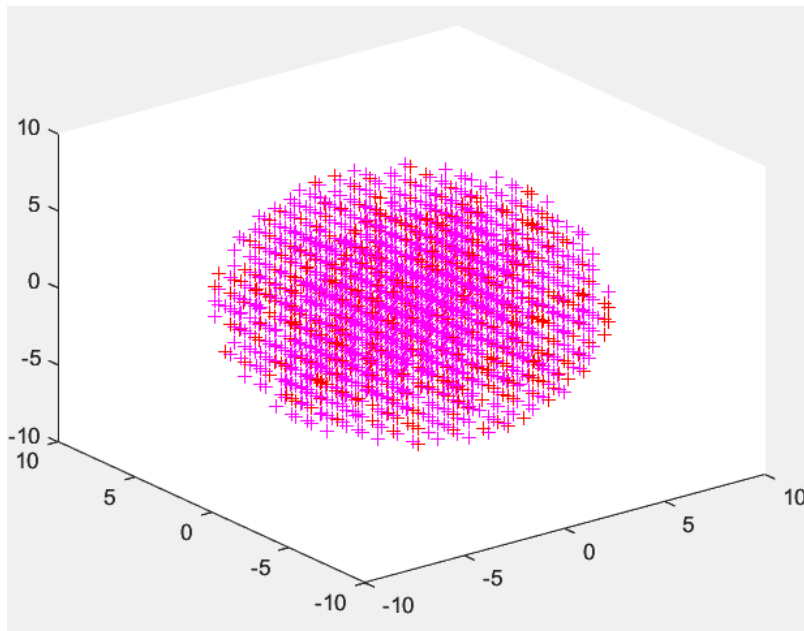
Η μεταβολή των κυτταρικών πληθυσμών του όγκου για τα διάφορα time steps

Στην περίπτωση εφαρμογής ακτινοθεραπείας με κερματισμό για 2 εβδομάδες, η βελτίωση των αποτελεσμάτων είναι εμφανής: από την μία πλευρά, το πλήθος των κυττάρων σε φάση πολλαπλασιασμού μένει σταθερά χαμηλό. Μάλιστα, μετά το 16^ο time step (δηλαδή στο τέλος της 4^η μέρας και μετά), ο αριθμός των συνολικών κυττάρων μειώνεται δραματικά, μιας και τότε τα κύτταρα που βρίσκονταν σε φάση νέκρωσης περνάνε στην φάση λύσης. Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι στα διαστήματα μείωσης των καρκινικών κυττάρων παρεμβάλλονται διαστήματα σποραδικής σταθεροποίησης του πληθυσμού τους, τα οποία αντιστοιχούν στα time steps μεταξύ διαδοχικών ακτινοθεραπειών (από την μέρα i στην μέρα $i+1$). Παρά την εμφανή βελτίωση σε σύγκριση με την πλήρη απουσία ακτινοθεραπείας για 1 εβδομάδα, παρατηρούμε ότι στο 32^ο και στο 57^ο και τελευταίο time step, εμφανίζονται εκ νέου κύτταρα πολλαπλασιασμού. Αυτό συμβαίνει αφού και τα 2 steps αντιστοιχούν στο τέλος του πρώτου και του δεύτερου ΣΚ αντίστοιχα όταν και η ακτινοθεραπεία έχει διακοπεί.

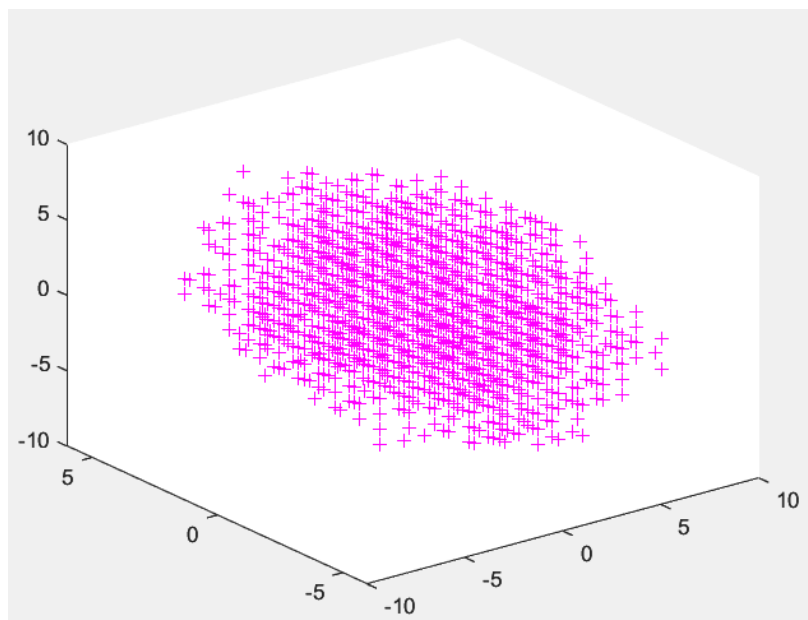
Εξέλιξη ενός ακτινοευαίσθητου όγκου με υπερκερματισμό για δύο εβδομάδες



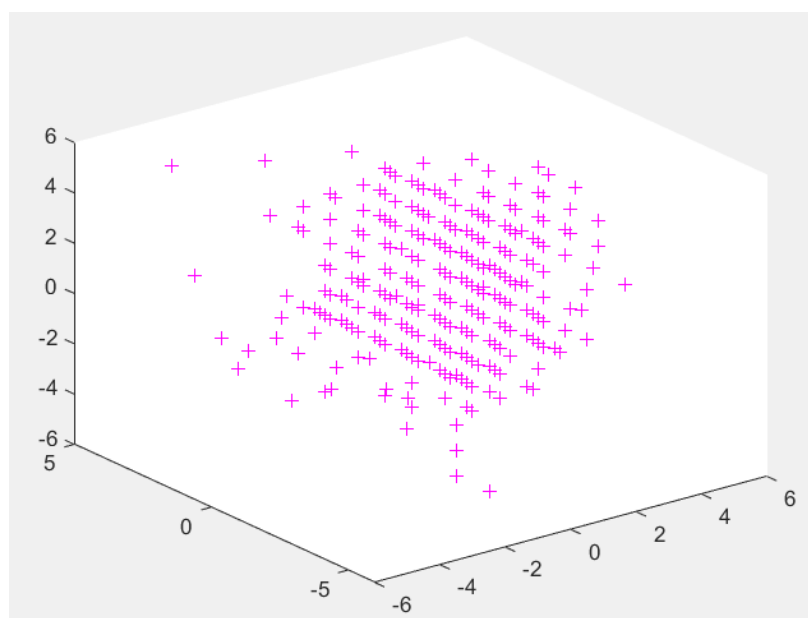
Ο όγκος για time step = 1



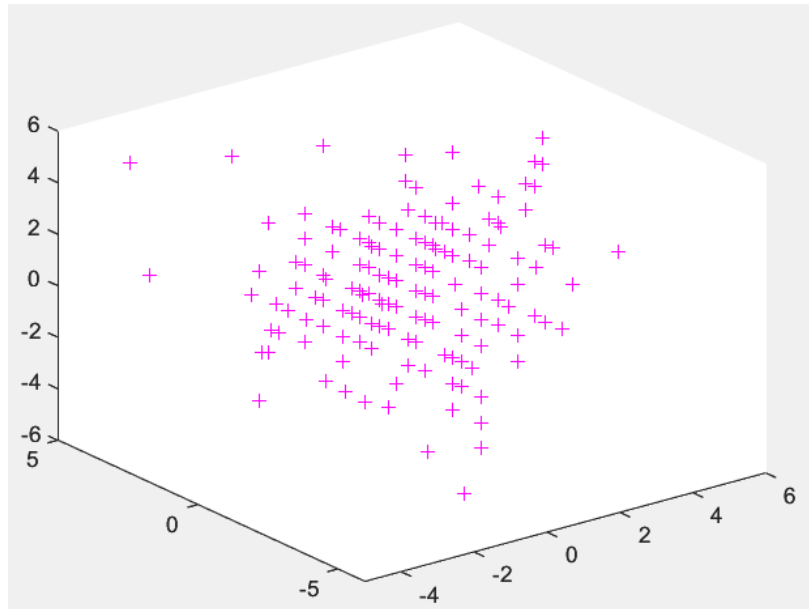
Ο όγκος για time step = 8



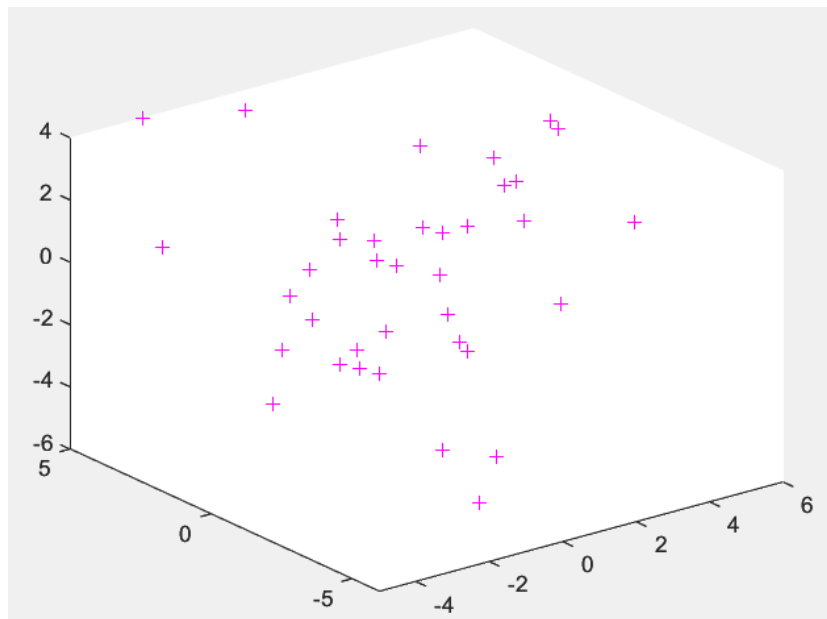
Ο όγκος για time step = 16



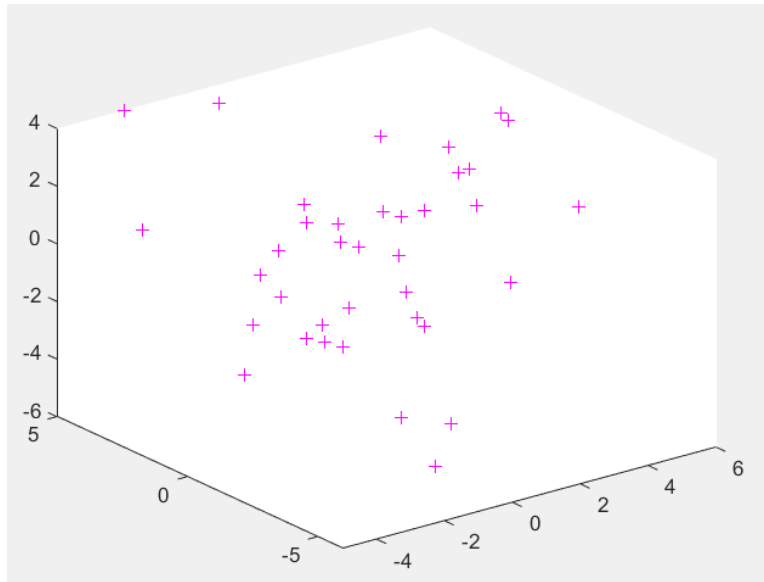
Ο όγκος για time step = 24



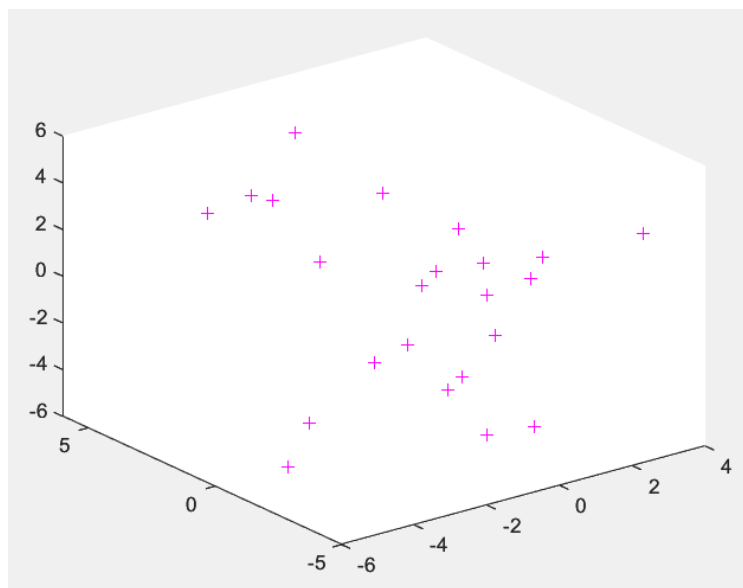
Ο όγκος για time step = 32



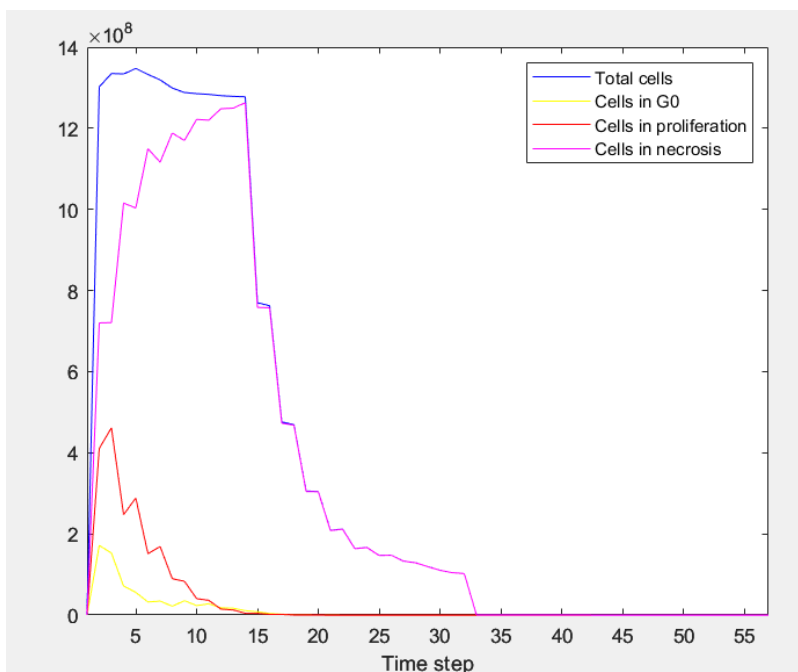
Ο όγκος για time step = 40



Ο όγκος για time step = 48



Ο όγκος για time step = 57



Η μεταβολή των κυτταρικών πληθυσμών του όγκου για τα διάφορα time steps

Παρατηρούμε ότι-ομοίως με την χρήση συμβατικού κερματισμού-λαμβάνουμε θετικά αποτελέσματα για την αντιμετώπιση του καρκινικού όγκου: εκ νέου το πλήθος των κυττάρων σε φάση πολλαπλασιασμού μειώνεται, και με μεγαλύτερο ρυθμό σε σχέση με την χρήση απλού κερματισμού. Πάλι η μείωση του συνολικού όγκου παρατηρείται από την 4^η μέρα και έπειτα όταν έχουμε την λύση των κυττάρων νέκρωσης, ενώ η ραγδαία μείωση του κυτταρικού πληθυσμού και στις 2 μεθόδους θεραπείας έγκειται στο γεγονός ότι ο καρκινικός όγκος προς περιορισμό είναι ακτινοευαίσθητος, με αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται αισθητά καλύτερα στις ακτινοθεραπείες που υπάγεται σε σχέση με έναν μερικώς ή καθόλου ακτινοευαίσθητο όγκο. Τέλος, η χρήση υπερκερματισμού οδηγεί σε ταχύτερη εξάλειψη των κυττάρων πολλαπλασιασμού, με την πλήρη εξάλειψή τους να παρατηρείται από την 4^η κιόλας μέρα ακτινοθεραπείας και-σε αντίθεση με την περίπτωση απλού κερματισμού-δεν παρατηρείται κάποια επανεμφάνισή τους μέχρι και το τελευταίο time step της προσομοίωσης. Επιπλέον, τα time steps σταθεροποίησης του καρκινικού όγκου είναι μικρότερα σε σχέση με την 2^η προσομοίωση, λόγω της διπλής ακτινοθεραπείας που γίνεται μέσα στην ίδια μέρα. Έτσι, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η ακτινοθεραπεία με υπερκερματισμό για 2 εβδομάδες αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέθοδο μιας και προσφέρει ταχύ και συστηματικό περιορισμό του καρκινικού όγκου.