



Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας
Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών
ΜΠΣ Βιοϊατρικές μέθοδοι και τεχνολογία στη διάγνωση



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
**Το πυρηνικό ατύχημα στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας και οι
επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία**

POST GRADUATE THESIS
The Fukushima nuclear accident in Japan and the human health effects



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ/NAME OF STUDENT
Κωνσταντίνα Κρεμμύδα/ Konstantina Kremmyda

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ /NAMES OF THE SUPERVISORS
Πέτρος Καρκαλούσος/Petros Karkalousos

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2022



Faculty of Health and Caring Professions
Department of Biomedical Sciences
Postgraduate program:
Biomedical methods and technology in diagnosis



POST GRADUATE THESIS

The Fukushima nuclear accident in Japan and the human health effects

NAME OF STUDENT

Konstantina Kremmyda

FIRST SUPERVISOR

Petros Karkalousos

SECOND SUPERVISOR

Maria Trapali

THIRD SUPERVISOR

Anastasios Kriebardis

AIGALEO 2022

Επιτροπή εξέτασης

Ημερομηνία εξέτασης: 10/02/2023

Ονόματα εξεταστών

Υπογραφή

1^{ος} Εξεταστής Πέτρος Καρκαλούσος

2^{ος} Εξεταστής Μαρία Τράπαλη

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κρεμμύδα Κωνσταντίνα του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου dml20010 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Βοϊατρικές μέθοδοι και Τεχνολογία στη Διάγνωση του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Κρεμμύδα Κωνσταντίνα

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από μεγάλη προσπάθεια, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο.

Νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Πέτρο Καρκαλούσο και την οικογένειά μου που με στήριξαν στην προσπάθειά μου αυτή.

Περίληψη

Το πυρηνικό ατύχημα που σημειώθηκε σε μονάδα παραγωγής ενέργειας στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας τον Μάρτιο του 2011, αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές οικολογικές επιβαρύνσεις που έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα. Οι εκρήξεις ήταν αποτέλεσμα του μεγάλου σεισμού της 11ης Μαρτίου στο Σεντάι και του τσουνάμι που τον ακολούθησε (Elliott, 2013). Μετά τις καταστροφές καταγράφηκε διαρροή μεγάλης ποσότητας ραδιενέργειας στο περιβάλλον, η οποία αποδεικνύεται επικίνδυνη για την ισορροπία της λειτουργίας των ζωντανών οργανισμών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μελετηθούν οι επιπτώσεις του πυρηνικού αυτού ατυχήματος στην ανθρώπινη υγεία, λαμβάνοντας υπόψιν την επιρροή της ραδιενέργειας σε ολόκληρο το οικοσύστημα (έδαφος, ατμόσφαιρα, θάλασσα). Θα γίνει η μελέτη και η ανάλυση των δεδομένων που έχουν καταγραφεί σε έρευνες μέχρι και σήμερα, προκειμένου να οριστεί ο τρόπος και ο βαθμός που έχει επηρεαστεί, αλλά επηρεάζεται ακόμη και σήμερα, η υγεία ενός ανθρώπινου οργανισμού.

Μετά την καταστροφή του πυρηνικού εργοστασίου στη Φουκουσίμα και την εκπομπή ραδιενεργών στοιχείων στην ατμόσφαιρα, ολόκληρος ο ερευνητικός κόσμος βρέθηκε μπροστά από ένα πρωτοφανές γεγονός, το οποίο δημιούργησε την απαίτηση για μελέτη κι αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων για την υγεία. Πολλές έρευνες επικεντρώθηκαν στην επίδραση της ακτινοβολίας στην αύξηση του καρκίνου. Ένα σημαντικό συμπέρασμα των ερευνητών είναι ότι, αναλύοντας δεδομένα με βάση την ηλικία, το φύλο και την εγγύτητα με τον πυρηνικό σταθμό, εντοπίστηκε υψηλότερος κίνδυνος εκδήλωσης καρκίνου σε όσους βρίσκονταν στα πιο μολυσμένα μέρη. Επίσης, εκτιμάται ότι στη δεύτερη πιο μολυσμένη τοποθεσία της επαρχίας Φουκουσίμα, ο κίνδυνος εκδήλωσης καρκίνου ανέρχεται περίπου στο 50% απ' ότι στην τοποθεσία με τις υψηλότερες δόσεις. Σύμφωνα με έκθεση του ΠΟΥ «Αξιολόγηση Κινδύνου Υγείας από το πυρηνικό ατύχημα μετά τον Σεισμό και το Τσουνάμι της Ανατολικής Ιαπωνίας του 2011 με βάση την προκαταρκτική εκτίμηση της δόσης», ο εκτιμώμενος κίνδυνος εκδήλωσης συγκεκριμένων καρκίνων σε ορισμένα υποσύνολα του πληθυσμού στην επαρχία Φουκουσίμα, έχει αυξηθεί κι απαιτείται μακροπρόθεσμη, συνεχή παρακολούθηση κι έλεγχος της υγείας για αυτά τα άτομα (Osseiran, 2013).

Οι μελέτες αυτές, δεν περιορίστηκαν μόνο στην περιοχή γύρω από το σημείο του ατυχήματος αλλά και σε ολόκληρη την υφήλιο. Στην Ελλάδα, δεν ανιχνεύθηκαν βλαβερές συγκεντρώσεις ραδιενέργειας, οι οποίες να είναι επικίνδυνες για την υγεία

ή/και το περιβάλλον. Βάσει των μετρήσεων που διενεργήθηκαν στα εργαστήρια της χώρας, δεν ανιχνεύτηκε ραδιολογικός αντίκτυπος και γι' αυτό το λόγο δεν συνεστήθηκαν μέτρα προστασίας του πληθυσμού (ΕΕΑΕ, 2021).

Τα παραπάνω αποτελούν κάποια στοιχεία που αποδεικνύουν το εύρος της επιρροής των εκπεμπόμενων, από το ατύχημα, ισοτόπων. Η μελέτη και η αξιολόγηση των επιπτώσεων του ατυχήματος αποτελούν πεδία, που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής κι συνεχούς έρευνας.

Λέξεις κλειδιά: Φουκουσίμα, ραδιενέργεια, επιπτώσεις, επίπεδα, μόλυνση, ατύχημα

Abstract

The nuclear accident that occurred at a power plant in Fukushima, Japan in March 2011 is one of the most significant ecological burdens recorded to date. The eruptions were a result of the March 11 Great Sendai earthquake and tsunami that followed (Elliott, 2013). After the disasters, a large amount of radioactivity was leaked into the environment, which proved to be dangerous for the balance of the functioning of living organisms.

In this thesis, the effects of this nuclear accident on human health will be studied, taking into account the influence of radioactivity on the entire ecosystem (soil, atmosphere, sea). The data recorded in research to date will be studied and analyzed in order to define how and to what extent the health of a human organism has been affected, and is still being affected today.

After the destruction of the nuclear plant in Fukushima and the emission of radioactive elements into the atmosphere, the entire research world was faced with an unprecedented event, which created the requirement to study and evaluate the possible health risks. Much research has focused on the effect of radiation on cancer growth. An important conclusion of the researchers is that, by analyzing data based on age, gender and proximity to the nuclear power plant, a higher risk of cancer was found in those who were in the most contaminated places. It is also estimated that at the second most contaminated site in Fukushima prefecture, the risk of cancer is about 50% of that at the site with the highest doses. According to a W.H.O. report "Health Risk Assessment from the Nuclear Accident Following the 2011 East Japan Earthquake and Tsunami Based on Preliminary Dose Assessment," the estimated risk of certain cancers in certain subsets of the population in Fukushima prefecture has increased and long-term, continuous health monitoring and control is required for these individuals (Osseiran, 2013).

These studies were not limited only to the area around the accident site but also to the entire globe. In Greece, no harmful concentrations of radioactivity, which would be dangerous for health and/or the environment, were detected. Based on the measurements carried out in the country's laboratories, no radiological impact was detected and for this reason no measures were taken to protect the population (EEAE, 2021).

The above are some elements that demonstrate the scope of the influence of the isotopes emitted by the accident. The study and evaluation of the effects of the accident are fields that need special attention and continuous research

Keywords: Fukushima radiation, level, level, pollution accident

Περιεχόμενα

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας	IV
Ευχαριστίες	V
Περίληψη.....	VI
Abstract	VIII
Κατάλογος εικόνων	XII
Κατάλογος πινάκων.....	XIII
Πρόλογος	14
Κεφάλαιο 1: Πυρηνική ενέργεια και ραδιενέργεια.....	16
1.1. Η πυρηνική ενέργεια	16
1.2. Η ραδιενέργεια.....	17
1.2.1. Η ιονίζουσα και η μη ιονίζουσα ακτινοβολία	17
1.2.2. Ο χρόνος ημιζωής	18
1.2.3. Πηγές ραδιενέργειας.....	19
1.3. Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ραδιενεργό ρύπανση.....	20
1.4. Τα ανώτατα επιτρεπόμενα επίπεδα ραδιενέργειας λόγω πυρηνικού ατυχήματος σύμφωνα με την αρμόδια επιτροπή της ΕΕ	23
1.5. Οι βιολογικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό	27
Κεφάλαιο 2: Πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima.....	35
2.1. Η πόλη Fukushima	35
2.2. Το πυρηνικό ατύχημα.....	35
2.3. Οι άμεσες επιπτώσεις του τσουνάμι στους πυρηνικούς σταθμούς.....	39
2.4. Οι επόμενες ημέρες.....	41
2.5. Ο βαθμός της ραδιενεργού μόλυνσης μετά το ατύχημα	43
Κεφάλαιο 3: Συνέπειες στο οικοσύστημα.....	48
3.1. Οι επακόλουθες συνέπειες του ατυχήματος.....	48
3.2. Συνέπειες στην αλιεία.....	49
3.2. Συνέπειες στην ναυτιλία και τα λιμάνια	51
3.3. Συνέπειες στην βιοποικιλότητα της περιοχής	53
Κεφάλαιο 4: Πολιτικές προεκτάσεις.....	56
4.1. Ζητήματα που αφορούν την ανασυγκρότηση σε τοπικό επίπεδο	56
4.1.1. Θεσμικές προβλέψεις για την ανασυγκρότηση σε τοπικό επίπεδο	56
4.1.2. Εργαλεία και πρακτικές ανασυγκρότησης σε τοπικό επίπεδο.....	58
Κεφάλαιο 5: Επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων.....	63
5.1. Η ψυχική υγεία των πληγέντων.....	63
5.2. Η διαχείριση της υγείας των ευάλωτων ομάδων	65

5.3. Οι θάνατοι μετά από το πυρηνικό ατύχημα	67
5.4. Συνέπειες στον θυρεοειδή μετά από το πυρηνικό ατύχημα	70
5.5. Συνέπειες στις γεννήσεις παιδιών μετά από το πυρηνικό ατύχημα.....	73
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	76
Αναφορές	79

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Μέγιστα επίπεδα ραδιενεργού μόλυνσης στα τρόφιμα	24
Εικόνα 2: Το πυρηνικό εργοστάσιο σε σχέση με τις περιοχές που επηρεάστηκαν.....	36
Εικόνα 3: Το εσωτερικό του πυρηνικού αντιδραστήρα στη Fukushima	37
Εικόνα 4: Κατάταξη των περιοχών μετά το ατύχημα	38
Εικόνα 5: αριστερό πλαίσιο: Τα αποτελέσματα της αερομεταφερόμενης παρακολούθησης από MEXT και DOE εκφρασμένα ως Microsievert/Ωρα σε απόσταση 1 μ. από το έδαφος στις 29 Απριλίου. Δεξί πλαίσιο: Τα αποτελέσματα από τα σημεία παρακολούθησης εκφρασμένα ως Microsievert/Ωρα στην επαρχία Φουκουσίμα τον Απρίλιο	41
Εικόνα 6: Συνολική εναπόθεση Καισίου-134 και Καισίου-137 στην επιφάνεια του εδάφους σε όλη την Ανατολική Ιαπωνία	44
Εικόνα 7: Παραμόρφωση ψαριού που αλιεύτηκε στη Fukushima	50
Εικόνα 8: Χάρτης επίπτωσης της ραδιενέργειας στη θάλασσα.....	51
Εικόνα 9: Χάρτης επίπτωσης της ραδιενέργειας στη θάλασσα.....	57
Εικόνα 10: Κοινωνικοδημογραφικά χαρακτηριστικά, χαρακτηριστικά που σχετίζονται με καταστροφές και κοινωνικά δίκτυα, και αντιλήψεις κινδύνου ακτινοβολίας, ψυχολογική δυσφορία και συμπτώματα μετατραυματικού στρες.....	63
Εικόνα 11: Μόλυνση τον Απρίλιο 2011 και Απρίλιο 2016	66
Εικόνα 12: Κάτοικοι που εκκένωσαν τις περιοχές τους.....	67
Εικόνα 13: Σύνολο θανάτων ανά περίοδο στις περιοχές Fukushima, Iwate, Miyagi	68
Εικόνα 14: Σύνολο πιστοποιημένων θανάτων ανά χρονική περίοδο για τις περιοχές Futaba, Minamisona, Tamura, Kawamata, Iitate	69
Εικόνα 15: Ποσοστιαίο σύνολο θανάτων ανά περιοχή	70
Εικόνα 16: Επίπεδα μέτρησης δόσης θυροειδή	71
Εικόνα 17: Ανάλυση στα σημεία παρακολούθησης στη νομαρχία Φουκουσίμα από 11 Μαρτίου ως 26 Μαρτίου 2011 σε 9 σημεία παρακολούθησης	72
Εικόνα 18: Αναλογίες χαμηλού βάρους γέννησης στην περιοχή της Fukushima 1995-2018 και αποτελέσματα οπισθοδρόμησης που επιτρέπουν μια μετατόπιση επιπέδου το 2012 (άνω πίνακα) και για μια αύξηση το 2012-2013 (κάτω πλαίσιο).....	74
Εικόνα 19: ρυθμός αποβολών εμβρυών ανά 100 εγκύους	75

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 : Οι παθήσεις των ατόμων που εκτέθηκαν σε ραδιενεργό ακτινοβολία 33

Πρόλογος

Εισαγωγή: Το πυρηνικό ατύχημα που σημειώθηκε σε μονάδα παραγωγής ενέργειας στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας τον Μάρτιο του 2011, αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές οικολογικές επιβαρύνσεις που έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα. Οι εκρήξεις ήταν αποτέλεσμα του μεγάλου σεισμού της 11ης Μαρτίου στο Σεντάι και του τσουνάμι που τον ακολούθησε (Elliott, 2013). Μετά τις καταστροφές καταγράφηκε διαρροή μεγάλης ποσότητας ραδιενέργειας στο περιβάλλον, η οποία αποδεικνύεται επικίνδυνη για την ισορροπία της λειτουργίας των ζωντανών οργανισμών.

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθούν οι επιπτώσεις του πυρηνικού αυτού ατυχήματος στην ανθρώπινη υγεία, λαμβάνοντας υπόψιν την επιρροή της ραδιενέργειας σε ολόκληρο το οικοσύστημα (έδαφος, ατμόσφαιρα, θάλασσα). Σκοπός είναι να γίνει μελέτη και ανάλυση των δεδομένων που έχουν καταγραφεί σε έρευνες μέχρι και σήμερα, προκειμένου να οριστεί ο τρόπος και ο βαθμός που έχει επηρεαστεί, αλλά επηρεάζεται ακόμη και σήμερα, η υγεία ενός ανθρώπινου οργανισμού.

Μέθοδος: Η έρευνα έγινε μέσω της διερεύνησης ελληνικών καθώς και ξενόγλωσσων μελετών και άρθρων που αφορούν τις συνέπειες που έχει η καταστροφή του πυρηνικού σταθμού παραγωγής ενέργειας της Φουκουσίμα.

Αποτελέσματα: Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ανθρώπινη υγεία των κατοίκων της περιοχής Φουκουσίμα αλλά και των γύρω περιοχών επηρεάστηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό. Αρχικά εμφανίστηκαν διάφορα θέματα με το θυροειδή αδένα των κατοίκων. Ακόμα παρατηρήθηκε αύξηση στους θανάτους, είτε εκείνη τη χρονική στιγμή είτε λίγο αργότερα ως συνέπεια των επιπτώσεων του πυρηνικού ατυχήματος. Έτσι παρατηρήθηκαν άμεσοι και έμμεσοι θάνατοι. Η ψυχική τους υγεία επηρεάστηκε εξίσου καθώς ήταν πολύ μεγάλες οι συνέπειες του μετατραυματικού στρες και της ψυχολογικής δυσφορίας που βίωναν. Όσα παιδιά γεννήθηκαν ήταν είτε πρόωρα είτε είχαν ελλιπές βάρος. Επομένως φάνηκε ότι επηρεάστηκαν οι γεννήσεις των παιδιών. Όσοι κάτοικοι είχαν χαμηλό κοινωνικοοικονομικό στάτους χρειάστηκε να ενισχυθούν περισσότερο καθώς έπρεπε να αντιμετωπίσουν πολύ περισσότερα προβλήματα σε σύγκριση με όσους είχαν υψηλότερο στάτους.

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά η ανθρώπινη υγεία των κατοίκων της περιοχής Φουκουσίμα επηρεάστηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό έπειτα από το πυρηνικό ατύχημα στις 11 Μαρτίου 2011. Για αυτό το λόγο και λόγω των βλαβερών συνεπειών του

χρειάζεται να ληφθεί η κατάλληλη μέριμνα ώστε σε επόμενα ατυχήματα οι συνέπειες στους ανθρώπους να είναι όσο το δυνατόν πιο περιορισμένες.

Κεφάλαιο 1: Πυρηνική ενέργεια και ραδιενέργεια

1.1. Η πυρηνική ενέργεια

Η πυρηνική ενέργεια μπορεί να προκύψει κατά τη διάρκεια των πυρηνικών αντιδράσεων. Πρόκειται για την ενέργεια που εκκρίνεται σε πολύ μεγάλες ποσότητες κατά τη διαδικασία της πυρηνικής σχάσης. Η πυρηνική σχάση είναι η διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας διασπώνται οι ατομικοί πυρήνες προς άλλους που είναι πιο ελαφριοί και κατά τη διάρκεια της πυρηνικής σύντηξης δηλαδή κατά την ένωση των πυρήνων προς το σχηματισμό των βαρύτερων (Armstrong et al., 2016).

Η βασική αρχή λειτουργίας ενός πυρηνικού αντιδραστήρα είναι η τοποθέτηση των ραδιενεργών υλικών του σωστού τύπου κι έπειτα η αλυσιδωτή αντίδραση κατά τη διάρκεια της οποίας ένα άτομο μπορεί να χωριστεί σε δύο μικρότερα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας απελευθερώνεται ένα ποσό θερμότητας και ορισμένα νετρόνια, δηλαδή σωματίδια που βρίσκονται στο κέντρο των ατόμων. Τα νετρόνια έχουν την ιδιότητα να χτυπάνε στα κοντινά τους άτομα, στο ουράνιο και να τους προκαλούν σχάση, κι έτσι να οδηγούν σε μια αλυσιδωτή αντίδραση που με τη σειρά της συνεχίζει να απελευθερώνει θερμότητα που βρίσκεται μαζί με τα νετρόνια (Cooke, 2009).

Η σχάση μπορεί να συμβεί με φυσικό τρόπο και σε πολύ χαμηλό ρυθμό στο ουράνιο. Έτσι αν τοποθετηθεί αρκετό υλικό, στις κατάλληλες συνθήκες, η διαδικασία είναι εφικτό να ξεκινήσει μόνη της. Στην πραγματικότητα η σχάση μπορεί να συμβεί με αυθόρμητο τρόπο στη φύση. Σε ορισμένες σπάνιες περιπτώσεις η σωστή συνύπαρξη του ουράνιου και του νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υπόγειους αντιδραστήρες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι στο Oklo της Gabon, όπου ο υπόγειος αντιδραστήρας λειτούργησε για πάνω από 1000 χρόνια και παρήγαγε 100 κιλοβάτ θερμότητας (Elliot, 2007).

Οι πυρηνικές αντιδράσεις μπορούν να διακριθούν στη μη ελεγχόμενες και στις ελεγχόμενες. Οι μη ελεγχόμενες μπορούν να πραγματοποιηθούν όταν η ατομική βόμβα εκρήγνυται. Οι ελεγχόμενες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια ενεργειακή πηγή για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια καθώς επίσης και μέσω των ειδικών κινητήρων ώστε να παραχθεί η μηχανική ενέργεια. Η σημασία που έχει η χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως πρωτογενούς ενεργειακής πηγής μέσω των πυρηνικών αντιδραστήρων είναι σπουδαία για την οικονομία σε ολόκληρο τον κόσμο (Elliot, 2007).

1.2. Η ραδιενέργεια

Η ραδιενέργεια είναι εκείνο το φαινόμενο κατά τη διάρκεια του οποίου εκπέμπονται σωματίδια ή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τους πυρήνες ορισμένων χημικών στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά ονομάζονται ραδιενεργά. Σήμερα είναι γνωστά περίπου 2.500 νουκλεΐδια εκ των οποίων τα 300 περίπου είναι ραδιενεργά (L' Annunziata, 2007).

Τα άτομα των στοιχείων που φέρουν ραδιενέργεια έχουν ασταθείς πυρήνες. Αυτό σημαίνει ότι έχουν την ιδιότητα της αυθόρμητης διάσπασης. Όταν πράττουν με αυτό τον τρόπο μπορούν να απελευθερώσουν πυρηνική ακτινοβολία που είναι γνωστή ως ακτινοβολία. Η ακτινοβολία μπορεί να αποτελείται από ακτίνες ή σωματίδια άλφα, ακτίνες ή σωματίδια β και ακτίνες ή ακτινοβολία γάμμα. Την περισσότερη ενέργεια φέρει η ακτινοβολία γάμα σε σύγκριση με τα προϊόντα των άλλων διασπάσεων. Σε γενικές γραμμές τα προϊόντα της διάσπασης είναι δυνατόν να αποδειχθούν επικίνδυνα προκειμένου να ισορροπήσει η ανθρώπινη λειτουργία (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Ο πυρήνας του ατόμου του στοιχείου που φέρει ραδιενέργεια μπορεί να εκπέμψει ακτίνες α ή β και στη συνέχεια να μεταστοιχειώνεται. Με άλλα λόγια μπορεί να προκληθεί αλλαγή στον ατομικό του αριθμό κι έτσι να εκπέμψει σωματίδιο άλφα ή βήτα και να μετατραπεί στη συνέχεια σε πυρήνα ενός άλλου στοιχείου (Παπαστεφάνου, 2010).

1.2.1. Η ιονίζουσα και η μη ιονίζουσα ακτινοβολία

Η ακτινοβολία μπορεί να διακριθεί σε ιονίζουσα και μη ιονίζουσα. Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι εκείνες που μπορούν να μεταφέρουν ενέργεια που είναι ικανή να εισχωρήσει στην ύλη και να προκαλέσει ιοντισμό των ατόμων. Μπορεί ακόμα να προκαλέσει βίαιη διάσπαση των χημικών δεσμών ή βιολογικές βλάβες στους ζωντανούς οργανισμούς. Ο ιοντισμός του ατόμου αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο που μπορεί να αλληλεπιδράσει με την υψηλή ενέργεια της ακτινοβολίας και την ύλη. Ο ιοντισμός είναι η εκδίωξη του ηλεκτρονίου που βρίσκεται στον πυρήνα του ατόμου, με βίαιο τρόπο. Αυτό έχει ως συνέπεια να δημιουργείται ένα ζευγάρι από αντίθετα φορτισμένα ιόντα. Οι πιο γνωστές ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτίνες X που χρησιμοποιούνται από τα ακτινολογικά μηχανήματα. Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες έχουν την ιδιότητα της διείσδυσης (L' Annunziata, 2007).

Το πόσο διεισδυτικές θα είναι εξαρτάται από το είδος αλλά και την ενέργεια που φέρουν. Για παράδειγμα τα σωμάτια άλφα μπορούν να κόψουν ένα κομμάτι χαρτί, το σωμάτια βήτα μπορούν να κόψουν μερικά χιλιοστά από ένα plexiglass ενώ η ενέργεια γάμα μπορεί να κόψει υλικά που έχουν μεγαλύτερο πάχος, όπως για παράδειγμα ένα μολύβι, το σκυρόδεμα κλπ. Η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να μεταφερθεί μέσω της ακτινοβολίας στην ύλη ανά χιλιόγραμμο μάζας αποκαλείται δόση ακτινοβολίας. Η βλάβη στην υγεία ενός ζωντανού οργανισμού εξαρτάται από το μέτρο της δόσης της ακτινοβολίας (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Η μη ιονίζουσα ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία που είναι μικρότερη από 2 eV. Παραδείγματα είναι το υπέρυθρο φως, το ορατό φως, τα μικροκύματα, η θερμική ακτινοβολία, το VLF (Very Low Frequency waves) και το ELF (Extremely Low Frequency waves). Ο Μπεκερέλ ανακάλυψε τη ραδιενέργεια το 1896 με τυχαίο τρόπο καθώς έκανε έρευνα για τον φθορισμό στα άλατα ουρανίου. Για αυτό το λόγο πήρε το βραβείο Νόμπελ το 1903 (Παπαστεφάνου, 2010).

Όταν μια ιονίζουσα ακτινοβολία προσπίπτει στον άνθρωπο τότε δίνει την ενέργεια που φέρει στους ιστούς και στα όργανα. Το ποσό που μπορεί να απορροφηθεί ανά μονάδα βάρους του ιστού ή του οργάνου μπορεί να εκφραστεί σε μονάδες. Οι μονάδες αυτές είναι γνωστές ως gray (Gy). Η δόση ενός gray μπορεί να είναι ίση με την ενέργεια της ακτινοβολίας 1 Joule (L' Annunziata, 2007).

Η ακτινοβολία άλφα τείνει να είναι πιο βλαβερή σε σύγκριση με την ακτινοβολία γάμμα. Για αυτό το λόγο υπάρχει μία μονάδα που αποκαλείται ισοδύναμη δόση. Με άλλα λόγια σε κάθε ακτινοβολία αντιστοιχεί ένας συντελεστής. Αυτό το συντελεστή μπορεί να τον πολλαπλασιάσει κανείς με τη δόση σε μονάδες Gy. Έτσι η μονάδα ισοδύναμης δόσης είναι δυνατόν να ονομαστεί Sievert (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

1.2.2. Ο χρόνος ημιζωής

Κάθε μεμονωμένη ουσία που φέρει ραδιενέργεια έχει μια συγκεκριμένη περίοδο διάσπασης ή αλλιώς χρόνο ημιζωής. Ο χρόνος ημιζωής είναι ο χρόνος κατά τη διάρκεια του οποίου η αρχική ποσότητα του στοιχείου μειώνεται στο μισό. Ο χρόνος ημιζωής ενός στοιχείου αποτελεί ένα από τα δομικά του χαρακτηριστικά και δεν είναι δυνατόν

να μεταβληθεί από τη θερμοκρασία, τις χημικές αντιδράσεις, την πίεση ή από οποιονδήποτε άλλο παράγοντα. Για αυτό το λόγο η ραδιενεργός χρονολόγηση μπορεί να αποτελέσει μία αξιόπιστη μέθοδο μέσω της οποίας προσδιορίζεται η ηλικία των πετρωμάτων, των απολιθωμάτων και των οστών (Παπαστεφάνου, 2010).

Η διάρκεια ημιζωής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να εκτιμηθεί ο χρόνος που μπορεί να αποθηκευτεί το δείγμα του ραδιοϊσότοπου σε ένα ασφαλές μέρος πριν απορροφηθεί από το περιβάλλον. Όταν συμβεί αυτό θα διαθέτει ραδιενέργεια που θα γίνει ανεκτή από τον αποδέκτη. Χρειάζονται περίπου 10 ημιπερίοδοι ζωής προκειμένου να σταματήσει το ραδιενεργό στοιχείο να απειλεί το περιβάλλον (L' Annunziata, 2007).

1.2.3. Πηγές ραδιενέργειας

Οι πηγές ραδιενέργειας διακρίνονται στις πηγές εξωτερικής ακτινοβολίας, στις πηγές εσωτερικής ακτινοβολίας και στις τεχνητές πηγές ακτινοβολίας.

Όσον αφορά τις πηγές εξωτερικής ακτινοβολίας διακρίνονται στην ακτινοβολία του εδάφους και στην κοσμική ακτινοβολία. Η ακτινοβολία του εδάφους μπορεί να εξαρτηθεί από τη σύσταση που έχουν τα πετρώματα της γης. Τα πιο ραδιενεργά πετρώματα είναι αυτά του γρανίτη και αυτό γιατί περιέχουν σε πολύ μεγάλη ποσότητα ουράνιο και ράδιο. Η κοσμική ακτινοβολία πηγάζει από τον ήλιο και από άλλες αστρικές πηγές. Αυξάνεται στις περιόδους όπου υπάρχει έξαρση της ηλιακής δραστηριότητας. Όταν εισέρχεται στην ατμόσφαιρα μπορεί να αλληλεπιδράσει με πυρήνες ατόμων και να δημιουργηθούν ταχεία κινούμενα υποατομικά σωματίδια που μαζί με την υψηλή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εισέρχονται στην επιφάνεια της γης. Εκτός από αυτές τις αλληλεπιδράσεις υπάρχουν και οι πυρηνικές αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή των ραδιενεργών πυρήνων. Η κοσμική ακτινοβολία μπορεί να διαπεράσει μέσα από τα στρώματα της γης και να απορροφηθεί σε μικρό βαθμό. Η ένταση της μπορεί να μειωθεί σταδιακά μέχρι που να φτάσει εντελώς εξασθενημένη στο επίπεδο της θάλασσας (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Όσον αφορά τις πηγές εσωτερικής ακτινοβολίας υπάρχουν τα ραδιοϊσότοπα από την τροφική αλυσίδα και από την εισπνοή. Όσον αφορά τα ραδιοϊσότοπα από την τροφική αλυσίδα αξίζει να σημειωθεί ότι μπορούν να εισχωρήσουν στον οργανισμό, να μεταβολιστούν, να αποθηκευτούν στους ιστούς και να μετατραπούν σε εσωτερικές πηγές ακτινοβολίας. Κάποια άλλα ραδιοϊσότοπα μπορούν να αποβληθούν από τον οργανισμό. Πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτή την ενέργεια διαδραματίζει το ραδιενεργό

κάλιο που συναντάται κυρίως στα πετρώματα του εδάφους. Ο οργανισμός χρειάζεται μία συγκεκριμένη ποσότητα καλίου προκειμένου να λειτουργήσει ορθά. Αν αυτή η ποσότητα αυξηθεί ή μειωθεί τότε προκαλούνται παθολογικές καταστάσεις. Το κάλιο τόσο στη φύση όσο και στον άνθρωπο βρίσκεται σε μια σταθερή αναλογία με το ισότοπο του καλίου -40. Ραδιενεργά στοιχεία αυτού του είδους μπορεί να είναι το ουράνιο που συναντάται στα θαλασσινά καθώς επίσης και ο άνθρακας 14 που προέρχεται από την κοσμική ακτινοβολία που απορροφάται από τα φυτά. Όσον αφορά τα ραδιοϊσότοπα που εισπνέονται από τον άνθρωπο αυτά είναι το ραδόνιο που βρίσκεται σε πολύ μεγάλη ποσότητα στα διάφορα πετρώματα και άλλα ραδιοϊσότοπα που πηγάζουν από την κοσμική ακτινοβολία που υπάρχει στην ατμόσφαιρα (L' Annunziata, 2007).

Οι τεχνητές πηγές ακτινοβολίας προέρχονται έπειτα από παρέμβαση του ανθρώπου και οι κυριότερες αφορούν τα εργοστάσια, τα απόβλητα των πυρηνικών αντιδραστήρων που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, τα προϊόντα των πυρηνικών δοκιμών, τους ρύπους από τα νοσοκομεία και τα πυρηνικά ατυχήματα (Παπαστεφάνου, 2010).

1.3. Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ραδιενεργό ρύπανση

Σε αυτή την υποενότητα θα αναφερθεί το νομοθετικό ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου που ψηφίστηκε στις 9 Ιουλίου 2015 και σχετίζεται με τον κανονισμό του Συμβουλίου για τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα ραδιενέργειας στα τρόφιμα αλλά και τις ζωοτροφές εξαιτίας ενός πυρηνικού ατυχήματος ή στις περιπτώσεις όπου υπάρχει έκτακτος κίνδυνος από ακτινοβολίες.

Η οδηγία 2013/59/Ευρατόμ του συμβούλιο ορίζει ποια είναι τα βασικά πρότυπα ασφάλειας για να προστατευθούν οι κάτοικοι από τους κινδύνους που υπάρχουν από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες. Στο άρθρο 168 της Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζεται το υψηλό επίπεδο προστασίας για την υγεία του ανθρώπου καθώς επίσης και οι πολιτικές και οι δράσεις της Ένωσης σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Μετά από το ατύχημα του Τσέρνομπιλ το 1986, μεγάλες ποσότητες από ραδιενεργά υλικά ελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα και μόλυναν τόσο τα τρόφιμα όσο και τις ζωοτροφές. Έτσι προκλήθηκαν θανατηφόρες ασθένειες και παθήσεις. Ακόμα και στη σημερινή εποχή μπορεί να παρατηρήσει κανείς υψηλά επίπεδα ραδιενεργού

μόλυνσης. Το ραδιενεργό υλικό μόλυνε τον αέρα, τα ύδατα, το έδαφος και τη βλάστηση και για αυτό το λόγο θεσπίστηκαν μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί πως τα γεωργικά προϊόντα που εισήχθησαν στην Ένωση προστατεύουν την υγεία των κατοίκων (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα κράτη μέλη είναι υπεύθυνα ώστε να ελέγχουν και να τηρούν τα επίπεδα που ορίζονται από τον κανονισμό και ιδιαίτερα για να επιτηρούν τα πρότυπα ασφάλειας των τροφίμων και των ζωοτροφών. Έχει αποδειχθεί πως οι πολύ υψηλές δόσεις ραδιενέργειας έχουν καταστροφικά αποτελέσματα στα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού ή γενικά προκαλούν πολλές βλάβες. Μπορεί ακόμα να προκαλέσουν και καρκίνο. Είναι σημαντικό να οριστεί ποια είναι τα χαμηλά ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ραδιενεργού μόλυνσης των τροφίμων ώστε να ληφθεί υπόψη η πιο μεγάλη σωρευτική δόση που μπορεί να προκύψει από μολυσμένα τρόφιμα που καταναλώνονται στη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Μετά από το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima το Μάρτιο του 2011 η Επιτροπή χρειάστηκε να ενημερωθεί ότι σε ορισμένα τρόφιμα της Ιαπωνίας εντοπίστηκαν πολύ μεγάλα επίπεδα ραδιονουκλεοτιδίων. Η μόλυνση αυτή μπορούσε να αποτελέσει κίνδυνο για τη δημόσια υγεία αλλά και για την υγεία των ζώων. Έτσι θεσπίστηκαν τα κατάλληλα μέτρα ώστε να επιβληθούν ειδικοί όροι που αφορούν τις εισαγωγές ζωοτροφών και τροφίμων που προέρχονται από την Ιαπωνία. Χρειάστηκε να θεσπιστούν μέτρα ώστε να παρακολουθείται και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος κατανάλωσης τροφίμων από άλλες χώρες, που έχουν επηρεαστεί με αρνητικό τρόπο από τις συνέπειες του πυρηνικού ατυχήματος (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Χρειάστηκε να θεσπιστεί ένα σύστημα, με βάση το οποίο, έπειτα από ένα πυρηνικό ατύχημα ή σε κάποιον άλλο έκτακτο κίνδυνο από ακτινοβολίες, μπορούσε να προκληθεί θέμα με τη ραδιενεργό μόλυνση των τροφίμων και των ζωοτροφών. Η Ένωση επομένως χρειάστηκε να καθορίσει ποια ήταν τα μέγιστα επιτρεπτά όρια ραδιενέργειας ώστε να εξασφαλιστεί υψηλού επιπέδου προστασία στη δημόσια υγεία (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα για τη ραδιενεργό μόλυνση που χρειάζεται να ισχύουν στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές που κατάγονται από κάποια χώρα της Ένωσης ή εισάγονται από τις τρίτες χώρες, χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη τις συνέπειες τόσο της φυσικής όσο και της σωρευτικής ακτινοβολίας, καθώς αυτή εντάσσεται στο

πλαίσιο της τροφικής αλυσίδας. Έτσι χρειάζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα να αναθεωρούνται τα επίπεδα αυτά (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Όσον αφορά τα βρέφη ως έξι μηνών και την αβεβαιότητα που υπάρχει για τον μεταβολισμό τους μετά τους έξι μήνες, συνολικά δηλαδή για ένα χρόνο, τις θηλάζουσες γυναίκες και τις εγκύους, χρειάζεται να αξιολογηθούν τα χαμηλότερα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια για τα τρόφιμα. Προκειμένου να διευκολυνθεί η προσαρμογή στα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα, η τεχνική πρόοδος σε παγκόσμιο επίπεδο, η Επιτροπή χρειάζεται να υποβάλει στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αλλά και στο Συμβούλιο μία πρόταση που να σχετίζεται με την προσαρμογή των επιτρεπόμενων επιπέδων (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Προκειμένου να διευκολυνθεί η προσαρμογή στα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα, χρειάζεται να καθιερωθούν οι κατάλληλες διαδικασίες ώστε να εξασφαλιστούν οι τακτικές γνωμοδοτήσεις από ειδικούς εμπειρογνώμονες. Η Επιτροπή χρειάζεται να συγκροτήσει μία ομάδα από ειδικούς επιστήμονες που να αξιολογούν αυτά τα επίπεδα με βάση επιστημονικά και δεοντολογικά κριτήρια. Η Επιτροπή χρειάζεται να κοινοποιεί τη σύνθεση της ομάδας και τα συμφέροντα των μελών της. Η Επιτροπή χρειάζεται να ζητήσει να διατυπωθούν οι γνώμες των εμπειρογνώμωνων των διεθνών οργανισμών που σχετίζονται με τον τομέα της ραδιοπροστασίας. Η ομάδα των εμπειρογνώμωνων χρειάζεται να αξιολογήσει ποιες είναι οι σωρευτικές συνέπειες από τη ραδιενεργό μόλυνση (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα μέγιστα επίπεδα ραδιενέργειας χρειάζεται να αναθεωρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να λαμβάνουν υπόψη την πρόοδο που έχει κάνει η επιστήμη και την εμπειρογνωμοσύνη που είναι διαθέσιμη σε διεθνές επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο αντικατοπτρίζεται η ανάγκη να καθησυχαστεί το κοινό και να πραγματοποιηθεί η εξασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου προστασίας του γενικού πληθυσμού. Παράλληλα πραγματοποιείται η αποφυγή των αποκλίσεων από τη διεθνή κανονιστική πρακτική (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα κράτη μέλη της Ένωσης χρειάζεται να κάνουν συχνούς ελέγχους ώστε να εντοπίζουν τα τρόφιμα που υπερβαίνουν τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει συμμόρφωση τότε χρειάζεται να υπάρχουν κυρώσεις και κατάλληλη ενημέρωση των πολιτών. Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 882/2004 καθορίζει τα μέτρα για την πρόληψη, την εξάλειψη και τη μείωση των κινδύνων μόλυνσης στους ανθρώπους ή στα ζώα (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Προκειμένου να εκδοθούν οι πράξεις που ρυθμίζουν τα εφαρμοστέα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα ραδιενεργού μόλυνσης των τροφίμων αλλά και των ζωοτροφών χρειάζεται να ακολουθηθεί μία διαδικασία εξέτασης. Απαραίτητο είναι έπειτα από κάθε πυρηνικό ατύχημα ή κάθε άλλη έκτακτη κατάσταση που προκαλείται από ραδιενέργεια να λαμβάνονται μέτρα ώστε να αντιμετωπίζεται η κάθε κατάσταση. Η διαδικασία μέσω της οποίας μπορούν να μειωθούν τα προκαθορισμένα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα, ο ορισμός για τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα άλλων ραδιονουκλεϊδίων που μπορεί να συμμετείχαν στο ατύχημα ώστε να εξασφαλιστεί ένα πιο υψηλό επίπεδο προστασίας στο γενικό πληθυσμό (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Σε περίπτωση που αναθεωρηθούν οι εκτελεστικές πράξεις η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χρειάζεται να αξιολογήσει τον τόπο, τη φύση και την έκταση μέσω της οποίας διοχετεύονται οι ουσίες από τις ακτινοβολίες στον αέρα και το έδαφος και στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Ακόμα χρειάζεται να αξιολογήσει τον κίνδυνο από την μόλυνση των τροφίμων και των ζωοτροφών από τις ακτινοβολίες και τις δόσεις της ακτινοβολίας που προκύπτουν (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

1.4. Τα ανώτατα επιτρεπόμενα επίπεδα ραδιενέργειας λόγω πυρηνικού ατυχήματος σύμφωνα με την αρμόδια επιτροπή της ΕΕ

Η οδηγία 2013/59/Ευρατόμ του συμβουλίου ορίζει ποια είναι τα βασικά πρότυπα ασφάλειας για να προστατευθούν οι κάτοικοι από τους κινδύνους που υπάρχουν από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

ΜΕΓΙΣΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟΥ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα που πρέπει να εφαρμόζονται στα τρόφιμα είναι τα ακόλουθα:

	Τρόφιμα (Bq/kg) ⁽¹⁾			
	Βρεφικές τροφές ⁽²⁾	Γαλακτοκομικά προϊόντα ⁽³⁾	Άλλα τρόφιμα εκτός από τρόφιμα ήσσονος σημασίας ⁽⁴⁾	Υγρά τρόφιμα ⁽⁵⁾
Ισότοπα του στροντίου, ιδίως Sr-90	75	125	750	125
Ισότοπα του ιωδίου, ιδίως I-131	150	500	2 000	500
Ισότοπα του πλουτωνίου και στοιχείων με μεγαλύτερο ατομικό αριθμό που εκπέμπουν σωματίδια α, ιδίως Pu-239, Am-241	1	20	80	20
Όλα τα άλλα νουκλεΐδια με χρόνο υποδιπλασιασμού μεγαλύτερο από 10 ημέρες, ιδίως Cs-134, Cs-137 ⁽⁶⁾	400	1 000	1 250	1 000

- ⁽¹⁾ Το επίπεδο που ισχύει για τα συμπυκνωμένα ή αποξηραμένα προϊόντα υπολογίζεται με βάση το έτοιμο για κατανάλωση ανασυσταθέν προϊόν. Τα κράτη μέλη μπορούν να διατυπώσουν συστάσεις ως προς τις συνθήκες αραίωσης, ώστε να τηρούνται τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα που καθορίζονται στον παρόντα κανονισμό.
- ⁽²⁾ Ως βρεφικές τροφές ορίζονται τα τρόφιμα που προορίζονται ειδικά για τη διατροφή βρεφών κατά τους πρώτους δώδεκα μήνες της ζωής τους, ανταποκρίνονται κάθετα στις ανάγκες διατροφής αυτής της κατηγορίας ανθρώπων και κυκλοφορούν στο λιανικό εμπόριο σε συσκευασίες με σαφή και ευδιάκριτη ένδειξη σε ετικέτα με μια από τις ακόλουθες ονομασίες: «παρασκευάσματα για βρέφη», «παρασκευάσματα δεύτερης βρεφικής ηλικίας», «γάλα για βρέφη» και «γάλα δεύτερης βρεφικής ηλικίας», σύμφωνα με τα άρθρα 11 και 12 της οδηγίας 2006/141/ΕΚ.
- ⁽³⁾ Ως γαλακτοκομικά προϊόντα ορίζονται τα προϊόντα που υπάγονται στους ακόλουθους κωδικούς ΣΟ, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και οι ενδεχόμενες μελλοντικές αναπροσαρμογές: 0401, 0402 (εκτός του 0402 29 11).
- ⁽⁴⁾ Τα τρόφιμα ήσσονος σημασίας και τα αντίστοιχα επίπεδα που ισχύουν γι' αυτά καθορίζονται στο παράρτημα II.
- ⁽⁵⁾ Υγρά τρόφιμα όπως ορίζονται στην κλάση 2009 και στο κεφάλαιο 22 της συνδυασμένης ονοματολογίας. Οι τιμές υπολογίζονται με βάση την κατανάλωση τρεχούμενου νερού και οι ίδιες τιμές πρέπει να εφαρμόζονται στην παροχή πόσιμου νερού.
- ⁽⁶⁾ Ο άνθρακας 14, το τρίτιο και το κάλιο 40 δεν περιλαμβάνονται σε αυτή την ομάδα.

Εικόνα 1. Μέγιστα επίπεδα ραδιενεργού μόλυνσης στα τρόφιμα

Στο άρθρο 168 τής Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζεται το υψηλό επίπεδο προστασίας για την υγεία του ανθρώπου καθώς επίσης και οι πολιτικές και οι δράσεις της Ένωσης σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Μετά από το ατύχημα του Τσέρνομπιλ το 1986, μεγάλες ποσότητες από ραδιενεργά υλικά ελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα και μόλυναν τόσο τα τρόφιμα όσο και τις ζωοτροφές. Έτσι προκλήθηκαν θανατηφόρες ασθένειες και παθήσεις. Ακόμα και στη σημερινή εποχή μπορεί να παρατηρήσει κανείς υψηλά επίπεδα ραδιενεργού μόλυνσης. Το ραδιενεργό υλικό μόλυνε τον αέρα, τα ύδατα, το έδαφος και τη βλάστηση και για αυτό το λόγο θεσπίστηκαν μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί πως τα γεωργικά προϊόντα που εισήχθησαν στην Ένωση προστατεύουν την υγεία των κατοίκων (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα κράτη μέλη είναι υπεύθυνα ώστε να ελέγχουν και να τηρούν τα επίπεδα που ορίζονται από τον κανονισμό και ιδιαίτερα για να επιτηρούν τα πρότυπα ασφάλειας των τροφίμων και των ζωοτροφών. Έχει αποδειχθεί πως οι πολύ υψηλές δόσεις ραδιενέργειας έχουν καταστροφικά αποτελέσματα στα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού ή γενικά προκαλούν πολλές βλάβες. Μπορεί ακόμα να προκαλέσουν και καρκίνο. Είναι σημαντικό να οριστεί ποια είναι τα χαμηλά ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ραδιενεργού μόλυνσης των τροφίμων ώστε να ληφθεί υπόψη η πιο μεγάλη σωρευτική δόση που μπορεί να προκύψει από μολυσμένα τρόφιμα που καταναλώνονται στη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Μετά από το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima το Μάρτιο του 2011 η Επιτροπή ενημερώθηκε ότι σε ορισμένα τρόφιμα της Ιαπωνίας εντοπίστηκαν πολύ μεγάλα επίπεδα ραδιονουκλεοτιδίων. Η μόλυνση αυτή μπορούσε να αποτελέσει κίνδυνο για τη δημόσια υγεία αλλά και για την υγεία των ζώων. Έτσι θεσπίστηκαν τα κατάλληλα μέτρα ώστε να επιβληθούν ειδικοί όροι που αφορούν τις εισαγωγές ζωοτροφών και τροφίμων που προέρχονται από την Ιαπωνία. Χρειάστηκε να θεσπιστούν μέτρα ώστε να παρακολουθείται και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος κατανάλωσης τροφίμων από άλλες χώρες, που έχουν επηρεαστεί με αρνητικό τρόπο από τις συνέπειες του πυρηνικού ατυχήματος (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Χρειάστηκε να θεσπιστεί ένα σύστημα, με βάση το οποίο, έπειτα από ένα πυρηνικό ατύχημα ή σε κάποιον άλλο έκτακτο κίνδυνο από ακτινοβολίες, μπορούσε να προκληθεί θέμα με τη ραδιενεργό μόλυνση των τροφίμων και των ζωοτροφών. Η Ένωση επομένως χρειάστηκε να καθορίσει ποια ήταν τα μέγιστα επιτρεπτά όρια ραδιενέργειας ώστε να εξασφαλιστεί υψηλού επιπέδου προστασία στη δημόσια υγεία (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα για τη ραδιενεργό μόλυνση που χρειάζεται να ισχύουν στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές που κατάγονται από κάποια χώρα της Ένωσης ή εισάγονται από τις τρίτες χώρες, χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη τις συνέπειες τόσο της φυσικής όσο και της σωρευτικής ακτινοβολίας, καθώς αυτή εντάσσεται στο πλαίσιο της τροφικής αλυσίδας. Έτσι χρειάζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα να αναθεωρούνται τα επίπεδα αυτά (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Όσον αφορά τα βρέφη ως έξι μηνών και την αβεβαιότητα που υπάρχει για τον μεταβολισμό τους μετά τους έξι μήνες, συνολικά δηλαδή για ένα χρόνο, τις θηλάζουσες

γυναίκες και τις εγκύους, χρειάζεται να αξιολογηθούν τα χαμηλότερα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια για τα τρόφιμα. Προκειμένου να διευκολυνθεί η προσαρμογή στα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα, η τεχνική πρόοδος σε παγκόσμιο επίπεδο, η Επιτροπή χρειάζεται να υποβάλει στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αλλά και στο Συμβούλιο μία πρόταση που να σχετίζεται με την προσαρμογή των επιτρεπόμενων επιπέδων (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Προκειμένου να διευκολυνθεί η προσαρμογή στα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα, χρειάζεται να καθιερωθούν οι κατάλληλες διαδικασίες ώστε να εξασφαλιστούν οι τακτικές γνωμοδοτήσεις από ειδικούς εμπειρογνώμονες. Η Επιτροπή χρειάζεται να συγκροτήσει μία ομάδα από ειδικούς επιστήμονες που να αξιολογούν αυτά τα επίπεδα με βάση επιστημονικά και δεοντολογικά κριτήρια. Η Επιτροπή χρειάζεται να κοινοποιεί τη σύνθεση της ομάδας και τα συμφέροντα των μελών της. Η Επιτροπή χρειάζεται να ζητήσει να διατυπωθούν οι γνώμες των εμπειρογνομόνων των διεθνών οργανισμών που σχετίζονται με τον τομέα της ραδιοπροστασίας. Η ομάδα των εμπειρογνομόνων χρειάζεται να αξιολογήσει ποιες είναι οι σωρευτικές συνέπειες από τη ραδιενεργό μόλυνση (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα μέγιστα επίπεδα ραδιενέργειας χρειάζεται να αναθεωρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να λαμβάνουν υπόψη την πρόοδο που έχει κάνει η επιστήμη και την εμπειρογνομοσύνη που είναι διαθέσιμη σε διεθνές επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο αντικατοπτρίζεται η ανάγκη να καθησυχαστεί το κοινό και να πραγματοποιηθεί η εξασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου προστασίας του γενικού πληθυσμού. Παράλληλα πραγματοποιείται η αποφυγή των αποκλίσεων από τη διεθνή κανονιστική πρακτική (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Τα κράτη μέλη της Ένωσης χρειάζεται να κάνουν συχνούς ελέγχους ώστε να εντοπίζουν τα τρόφιμα που υπερβαίνουν τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει συμμόρφωση τότε χρειάζεται να υπάρχουν κυρώσεις και κατάλληλη ενημέρωση των πολιτών. Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 882/2004 καθορίζει τα μέτρα για την πρόληψη, την εξάλειψη και τη μείωση των κινδύνων μόλυνσης στους ανθρώπους ή στα ζώα (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Προκειμένου να εκδοθούν οι πράξεις που ρυθμίζουν τα εφαρμοστέα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα ραδιενεργού μόλυνσης των τροφίμων αλλά και των ζωοτροφών χρειάζεται να ακολουθηθεί μία διαδικασία εξέτασης. Απαραίτητο είναι έπειτα από κάθε πυρηνικό ατύχημα ή κάθε άλλη έκτακτη κατάσταση που προκαλείται από ραδιενέργεια να λαμβάνονται μέτρα ώστε να αντιμετωπίζεται η κάθε κατάσταση. Η

διαδικασία μέσω της οποίας μπορούν να μειωθούν τα προκαθορισμένα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα, ο ορισμός για τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα άλλων ραδιονουκλεϊδίων που μπορεί να συμμετείχαν στο ατύχημα ώστε να εξασφαλιστεί ένα πιο υψηλό επίπεδο προστασίας στο γενικό πληθυσμό (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

Σε περίπτωση που αναθεωρηθούν οι εκτελεστικές πράξεις η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χρειάζεται να αξιολογήσει τον τόπο, τη φύση και την έκταση μέσω της οποίας διοχετεύονται οι ουσίες από τις ακτινοβολίες στον αέρα και το έδαφος και στα τρόφιμα και τις ζωτροφές. Ακόμα χρειάζεται να αξιολογήσει τον κίνδυνο από την μόλυνση των τροφίμων και των ζωοτροφών από τις ακτινοβολίες και τις δόσεις της ακτινοβολίας που προκύπτουν (COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD), 2017).

1.5. Οι βιολογικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό

Η έκθεση του ατόμου σε ιονίζουσα ακτινοβολία, ανεξάρτητα από το είδος του στοιχείου, μπορεί να έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα αποτελέσματα στην υγεία του ανθρώπου, τη φυσιολογία του και γενικά σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.

Ο άνθρωπος εκτίθεται στη ραδιενεργό ρύπανση από το έδαφος κι εισπνέει τεχνητά ραδιενεργά ισότοπα. Ακόμα καταναλώνει τα προϊόντα που έχουν μολυνθεί και κυρίως τα φυτικά και τα παράγωγα τους ενώ παράλληλα η διακίνηση των ραδιενεργών ρύπων μπορεί να υλοποιηθεί μέσα από πολλές περιβαλλοντικές οδούς και τροφικές αλυσίδες. Με άλλα λόγια οι άνθρωποι μπορεί να εισπνεύσουν τα σωματίδια που είναι ραδιενεργά, να τα καταπιούν ή εκείνα να εισχωρήσουν στο δέρμα τους. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι τόσο η κατανάλωση των μολυσμένων προϊόντων όσο και η εισπνοή ή η επαφή με τη ραδιενέργεια έχει πολύ σημαντικές επιπτώσεις στη ζωή των ανθρώπων (L' Annunziata, 2007).

Οι άνθρωποι που εκτίθενται στη ραδιενέργεια για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως για παράδειγμα οι άνθρωποι που έχουν καταναλώσει ορισμένα μολυσμένα προϊόντα, έχουν εκατομμύρια φορές πιο βλαβερές συνέπειες από ότι όσοι είχαν εκτεθεί εξωτερικά σε πολύ υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας. Οι πρώτοι μπορεί να εμφανίσουν ορισμένες ασθένειες, όπως για παράδειγμα καρκίνο ή άλλες πολύ σοβαρές ασθένειες. Μόνο οι ανθρακωρύχοι είχαν εκτεθεί σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις προϊόντων που παράγονταν από τη διάσπαση του ραδονίου κι έτσι χρειάστηκε να

χρησιμοποιηθούν πειράματα σε ζώα για να περιγραφούν οι συνέπειες της ραδιενέργειας στην υγεία. Τα ραδιονουκλεϊδια της αναπνευστικής οδού μπορεί να ήταν αδιάλυτα κι έτσι να μην εντοπίζονταν με εύκολο τρόπο από τους ιστούς ή να ήταν διαλυτά που εντοπίζονταν πιο εύκολα. Με άλλα λόγια θεωρείται αυτονόητο ότι η ισχυρή έκθεση σε ακτινοβολία μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στις μετέπειτα συνέπειες στην υγεία των ατόμων. Ακόμα όμως και η ασθενής ακτινοβολία μπορεί να έχει ολέθριες συνέπειες. Ορισμένα ραδιενεργά σωματίδια μπορεί να είναι πιο επικίνδυνα ή πιο ανθεκτικά σε σύγκριση με άλλα. Έτσι υπάρχουν διαφορετικών ειδών συνέπειες στους οργανισμούς (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Η Επιστημονική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών που είναι αρμόδια να ελέγχει τις Επιπτώσεις της Ατομικής Ακτινοβολίας εξήγησε ότι η ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να διασπάσει τους χημικούς δεσμούς σε μόρια και έτσι ο οργανισμός να ανταποκριθεί στην πρόκληση που τίθεται και να επιδιορθώσει τη λειτουργία των μηχανισμών που έχει (Σουφλέρη, 2011α). Στις περιπτώσεις όπου η επίθεση είναι πολύ ισχυρή, δηλαδή υπάρχει μεγάλη δόση ακτινοβολίας, τότε αυτή μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρο το σώμα. Σε αυτή την περίπτωση το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι αντίθετο από τη θεραπευτική ακτινοβολία και οι μηχανισμοί επιδιόρθωσης του ατόμου μπορεί να μην μπορούν να ανταπεξέλθουν. Οι ιστοί αλλά και οι κυτταρικοί τύποι είναι δυνατόν να πολλαπλασιαστούν με έντονο ρυθμό κι έτσι να πληγούν περισσότερο. Ανάμεσα τους υπάρχουν και τα αιμοποιητικά κύτταρα του μυελού των οστών αλλά και τα επιθηλιακά κύτταρα που βρίσκονται στο γαστρεντερικό σύστημα. Τα πρώτα συμπτώματα έκθεσης σε ραδιενέργεια είναι η ναυτία και οι εμετοί κι έπειτα οι διάρροιες, ο πυρετός και οι πονοκέφαλοι (Παπαστεφάνου, 2010).

Η έκθεση σε πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας μπορεί να καταστρέψει τα κύτταρα, τα όργανα και τα συστήματα και να σκοτώσει τον άνθρωπο. Τέτοιες δόσεις που έχουν άμεσα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στις περιπτώσεις πυρηνικών ατυχημάτων, όπως για παράδειγμα στη Fukushima ή στο Τσέρνομπιλ (Σουφλέρη, 2011β). Το συγκεκριμένο φαινόμενο έχει «ντετερμινιστικά αποτελέσματα». Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι αναπτύσσεται καταρράκτης ανάμεσα στα άτομα που έχουν δεχθεί πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας.

Άλλες επιπτώσεις μπορεί να είναι οι αλλαγές στο DNA είτε στα ίδια τα άτομα είτε στα παιδιά τους. Το DNA είναι ένα υλικό που μπορεί να κληροδοτηθεί από τη μία γενιά στην επόμενη κι έτσι η ακτινοβολία μπορεί να μεταλλαχθεί. Ο κίνδυνος για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της ακτινοβολίας μπορεί να εξαρτηθεί από την

ποσότητα της ραδιενέργειας με την οποία έρχεται σε επαφή ο άνθρωπος, το είδος της ακτινοβολίας και το είδος του ιστού που έχει δεχθεί την ακτινοβολία. Κυρίως στις πολύ μεγάλες δόσεις εμφανίζεται καρκίνος (Παπαστεφάνου, 2010).

Στις περιπτώσεις εκείνες όπου το άτομο έχει δεχθεί πολύ χαμηλή δόση ακτινοβολίας, μπορεί μελλοντικά να εμφανίσει καρκίνο ή να διευκολύνει την πρόοδο των καρκίνων ή να μειώσει την ικανότητα που έχουν τα κύτταρα να αντιστέκονται στη γένεση του καρκίνου που είναι πολύ πιθανό να συμβεί όσο πιο μεγάλη είναι η δόση της ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία σε μικρά κύματα μπορεί να απορροφηθεί από το δέρμα ενώ τα ραδιοκύματα μπορούν να εισχωρήσουν πιο βαθιά στο σώμα και μπορούν να απορροφηθούν από τα όργανα που βρίσκονται στο εσωτερικό του. Οι Κρητίδης και συν. (1987) υποστήριξαν ότι η ιδιαιτερότητα των θερμών σωματιδίων ως συστατικά των ραδιενεργών ρύπων έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν β-ακτινοβολία και να εγκλωβιστούν στο αναπνευστικό σύστημα. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούν περιοχές που έχουν υψηλή ακτινοβολία αλλά και ορισμένες άλλες που έχουν υπο-νεκρωτικές δόσεις. Έτσι μπορεί να αυξηθεί η πιθανότητα επιβίωσης των μεταλλαγμένων κυττάρων. Πολύ σημαντικές είναι και οι βλάβες που προκαλούνται στο γενετικό υλικό του κυττάρου καθώς αυτές μεταβιβάζονται στους απογόνους. Ο θυρεοειδής και ο μυελός των οστών είναι πιο ευαίσθητοι στη ραδιενέργεια (L' Annunziata, 2007).

Ο ανθρώπινος οργανισμός για να λειτουργήσει ομαλά χρειάζεται αρκετά ηλεκτρικά ρεύματα. Σε ολόκληρο το νευρικό σύστημα υπάρχουν δομές που μεταδίδουν παλμικά ηλεκτρικά σήματα. Ηλεκτρικές διεργασίες περιλαμβάνονται σε όλες τις βιοχημικές αντιδράσεις, όπως για παράδειγμα στην πέψη ή την εγκεφαλική λειτουργία. Οι ιστοί αποτελούνται από το 70% με νερό και τα μόρια του λειτουργούν ως ηλεκτρικά δίπολα. Η διείδυση ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον ανθρώπινο οργανισμό και η αλληλεπίδραση του με αυτά ή με τα φυσικά πεδία που έχει ο οργανισμός μπορεί να προκαλέσει πολλές επιπλοκές (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει την ιδιότητα των θερμικών επιπτώσεων στον ανθρώπινο οργανισμό. Απορροφάται λίγο από το σώμα και μπορεί να προκαλέσει την κίνηση των μορίων. Στη συνέχεια τα μόρια με τις τριβές που δημιουργούνται και με τις κρούσεις προκαλούν αύξηση στη θερμοκρασία των ιστών. Οι όρχεις και τα μάτια είναι τα πιο ευπαθή σημεία καθώς απάγουν σε πολύ μικρότερο βαθμό τη θερμότητα που έχουν συσσωρεύσει. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μικρότερης κυκλοφορίας του αίματος. Οι θερμικές επιπτώσεις μπορούν να αφορούν τις συχνότητες πάνω από 100 KHz. Οι βλάβες μπορούν να προκληθούν αν ο μηχανισμός του σώματος που ρυθμίζει

τη θερμοκρασία δεν καταφέρει να την επαναφέρει σε κανονικά επίπεδα. Προκειμένου να παρατηρηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας χρειάζεται η πυκνότητα της ισχύος να είναι πολύ μεγάλη ή αυτή που θα απορροφηθεί από το σώμα να είναι πάνω από 5 W/kg. Στις περιπτώσεις όπου τα ποσά της θερμότητας που παράγονται είναι πολύ μικρά τότε οι μηχανισμοί που ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματος μπορούν να απάγουν τη θερμότητα και να διατηρήσουν σταθερή τη θερμοκρασία του οργανισμού. Σε αντίθετη περίπτωση όταν τα ποσά της θερμότητας είναι υψηλά τότε οι μηχανισμοί αυτοί δεν είναι δυνατό να λειτουργήσουν με σωστό τρόπο κι έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία στους ιστούς ή στα όργανα του σώματος (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Επιπλέον υπάρχουν και μη θερμικές επιπτώσεις που μπορούν να αναφερθούν στη δράση που έχει η ακτινοβολία στον τρόπο λειτουργίας των συστατικών των κυττάρων αν και δεν είναι γνωστός ο μηχανισμός με τον οποίο η ακτινοβολία μπορεί να δράσει στα κύτταρα. Η ακτινοβολία ίσως μπορεί να επηρεαστεί από τη ροή του ασβεστίου μέσα στα τοιχώματα των κυττάρων. Οι μη θερμικές επιπτώσεις θεωρείται ότι είναι πιο σημαντικές από ιατρική άποψη και δεν μπορούν να καλυφθούν από τα όρια της ασφάλειας που θεσπίζονται. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν είναι άμεσα μετρήσιμες από κάποιο όργανο (Παπαστεφάνου, 2010).

Η μείωση της διάρκειας της ζωής έπειτα από την εισπνοή των ραδιονουκλεϊδίων μπορεί να συνοδευτεί ή να προκληθεί από κάποιες παθολογικές αλλαγές. Ορισμένες από αυτές τις αλλαγές μπορούν να περιλαμβάνουν κλινικά σημάδια και συμπτώματα. Κάποιες από αυτές τις επιδράσεις μπορεί να είναι μη στοχαστικές. Με αυτή την έννοια ο βαθμός στον οποίο επιδρούν βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τη δόση της ακτινοβολίας. Για παράδειγμα τέτοιες επιδράσεις μπορεί να είναι η λεμφοπενία, η κυτταρική μεταπλασία, η αναπνευστική ανεπάρκεια, η πνευμονική και λεμφαδένα ίνωση. Τα φαινόμενα, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη του καρκίνου ή η εμφάνιση των ανωμαλιών που κληρονομούνται, η πνευμονική και η οστικά νεοπλασία μπορούν να χαρακτηριστούν ως στοχαστικά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι πιθανότητες για να εμφανιστούν μπορούν να συσχετιστούν με τη δόση της έκθεσης της ακτινοβολίας. Η δόση μπορεί να κυμανθεί ως 100mGy. Ένα πλήρες φάσμα δόσεων δεν έχει διερευνηθεί ακόμα για τα τυχόν εισπνεόμενα ραδιονουκλίδια στα ζώα, όπου γίνονται τα πειράματα, κι έτσι δεν είναι δυνατόν να γνωρίσει κάποιος τις πιο χαμηλές δόσεις που θα μπορούσε να συμβεί μια βιολογική αλλαγή αλλά ούτε καν την πιο υψηλή δόση. Παρόλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν διαθέσιμα στοιχεία προκειμένου να στηριχθούν οι αποφάσεις σχετικά με την πιο χαμηλή σειρά από δόσεις στην οποία

υπάρχει πιθανότητα να κάνουν την εμφάνιση τους οι μη στοχαστικές επιπτώσεις. Όσον αφορά τις στοχαστικές συνέπειες, όπως για παράδειγμα η θανατηφόρα νεοπλασία, έχουν πραγματοποιηθεί εκτιμήσεις για το πόσο συχνά μπορεί να εμφανιστεί (L' Annunziata, 2007).

Έπειτα από την εισπνοή των ραδιονουκλεϊδίων, οι αιματολογικές επιδράσεις υλοποιούνται. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ακτινοβολίας του αιμοποιητικού ιστού στον οποίο εντοπίζονται τα ραδιονουκλεϊδια, είτε αυτά που έχουν μετατοπιστεί είτε αυτά που έχουν κατακαθίσει, κι εξαιτίας της άμεσης ακτινοβολίας μέσω του αίματος που κυκλοφορεί στα πνευμόνια, το ήπαρ κι ενδεχομένως στους λεμφαδένες. Τα ζώα που εισέπνευσαν τις διαλυτές μορφές των εκπομπών άλφα, βήτα ή γάμα εμφάνισαν λεμφοκυτοπενία. Η έκταση και ο χρόνος εμφάνισης της συγκεκριμένης ασθένειας εξαρτώνται από τη δόση της ακτινοβολίας στην οποία έρχεται σε επαφή ο οργανισμός (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Η αναπνευστική ανεπάρκεια που χαρακτηρίζεται από μειωμένο οξυγόνο και αυξημένο διοξείδιο του άνθρακα προκαλείται από τη διάχυτη ίνωση στα πνευμόνια. Το κυψελιδικό οίδημα μπορεί να προκαλέσει θάνατο μέσα στη διάρκεια ενός μήνα έπειτα από την εισπνοή μεγάλων ποσοτήτων άλφα ή βήτα ραδιονουκλεϊδίων που εκπέμπονται από τις ακτίνες γάμμα. Ο θάνατος από την αναπνευστική ανεπάρκεια και την ίνωση μπορεί να προκληθεί έπειτα από την έκθεση του οργανισμού σε πολύ πιο χαμηλές δόσεις και μπορεί να συμβεί σε τρωκτικά έπειτα από πολλούς μήνες που ήρθαν σε επαφή με την ακτινοβολία ή ακόμα και σε σκυλιά έπειτα από πολλά χρόνια. Η αναπνευστική ανεπάρκεια είναι η κύρια αιτία θανάτου στα ζώα και παρουσίασε σημαντικά μειωμένη διάρκεια ζωής στους οργανισμούς. Τα δεδομένα που υπάρχουν από διάφορα είδη ζώων έχουν δείξει ότι η αναπνευστική ανεπάρκεια πιθανότατα μπορεί να οφείλεται στην εκτεταμένη ίνωση στα πνευμόνια που προκαλείται από την ακτινοβολία. Οι λεμφαδένες που περιλαμβάνουν ραδιονουκλεϊδια μπορεί να υποστούν πολύ μεγάλη ζημιά. Οι πρωτογενείς βλάβες μπορούν να χαρακτηριστούν από λεμφαδενίτιδα και ίνωση και τα βλαστικά κέντρα να εξαντληθούν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Η πρωτογενής νεοπλασία δεν φαίνεται ότι επηρεάζει τους λεμφαδένες των ζώων που συμμετείχαν σε πειράματα και εισέπνευσαν ακτινοβολία. Η σχέση ανάμεσα στη δόση και το αποτέλεσμα των μη νεοπλαστικών βλαβών στους τραχειοβρογχικούς λεμφαδένες είναι ελάχιστα γνωστές μέχρι σήμερα (Παπαστεφάνου, 2010).

Η **πνευμονική νεοπλασία** είναι μία ακόμα βιολογική επίπτωση της ραδιενέργειας που ταυτοποιήθηκε στους ανθρακωρύχους. Εμφανίζεται ως συνέπεια στην εισπνοή των θυγατρικών του ραδονίου που εκπέμπουν άλφα ακτινοβολία. Η πνευμονική νεοπλασία δεν έχει εμφανιστεί σε ανθρώπους έχει όμως παρατηρηθεί σε ζώα ως μια πιθανή συνέπεια της εισπνοής των ραδιονουκλεϊδίων. Όσον αφορά τις άλφα εκπομπές τα στοιχεία δείχνουν ότι οι αδιάλυτες άλφα ήταν ελαφρώς πιο αποτελεσματικές από ότι οι διαλυτές στο να προκαλέσουν καρκίνο του πνεύμονα στα ζώα. Ο **καρκίνος στα πνευμόνια** είναι η πιο σοβαρή επίδραση των χαμηλών δόσεων ακτινοβολίας στα ζώα. Τα κύτταρα που κινδυνεύουν περισσότερο είναι τα πρόδρομα και τα βασικά κυτταρικά στρώματα του επιθηλίου που βρίσκονται στην αναπνευστική οδό (Παπαστεφάνου, 2010).

Ο Αντωνόπουλος – Ντόμης (2004) έδειξε ότι τα ραδιονουκλεΐδια που εκπέμπουν άλφα ακτινοβολία, όπως για παράδειγμα το ράδιο, εναποτίθενται στον οστικό ιστό και μπορεί να προκαλέσουν **οστεοσαρκώματα** στους ανθρώπους. Με αυτό τον τρόπο η νεοπλασία των οστών εμφανίζεται ως μια πιθανή συνέπεια των εισπνεόμενων ραδιονουκλεϊδίων που εκπέμπουν άλφα ακτινοβολία. Αυτό συμβαίνει όταν επαρκείς ποσότητες μετατοπίζονται προς τα οστά.

Μετά το ατύχημα στο Τσέρνομπιλ η Σουφλέρη (2011β) διαπίστωσε ότι τα αποτελέσματα που είχε η έκθεση των ανθρώπων στην ακτινοβολία. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι η ακτινοβολία είναι περισσότερο επικίνδυνη για παιδιά ως 14 ετών και μπορεί να έχει αρκετές αρνητικές συνέπειες. Οι έγκυες γυναίκες εμφάνισαν περισσότερα ψυχιατρικά θέματα ενώ τα έμβρυα εμφάνισαν πολύ υψηλά ποσοστά νευρολογικών διαταραχών ή ακόμα και καθυστέρηση στη νοητική τους ανάπτυξη. Ακόμα παρατηρήθηκε αύξηση στον αριθμό των ακόλουθων ασθενειών: **λευχαιμίες, συμπαγείς όγκοι, καρδιαγγειακά προβλήματα και δυσλειτουργίες του θυρεοειδούς** και των αναπαραγωγικών οργάνων στις γυναίκες που ήταν παιδιά ή έφηβες, όταν συνέβη το ατύχημα. Ο πληθυσμός εκτός από τα θέματα υγείας που ανέπτυξε είχε και διάφορα ψυχολογικά θέματα καθώς χρειάστηκε να εκκενώσει την περιοχή όπου έμενε, να αντιμετωπίσει την ανεργία και τα οικονομικά θέματα.

Πίνακας 1 : Οι παθήσεις των ατόμων που εκτέθηκαν σε ραδιενεργό ακτινοβολία

Πνευμονική νεοπλασία
Καρκίνος στα πνευμόνια
Οστεοσαρκώματα
Λευχαιμίες
Συμπαγείς όγκοι
Καρδιαγγειακά προβλήματα
Δυσλειτουργίες του θυροειδούς

Τις περισσότερες φορές οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες διαχωρίζονται σε ιονίζουσες και μη κι αυτό δημιουργεί την λανθασμένη εντύπωση πως η μόνη βιολογική συνέπεια είναι ο ιονισμός. Ακόμα υπάρχει η λανθασμένη άποψη ότι οι μη ιονίζουσες ακτινοβολίες που προέρχονται από το ηλεκτρικό δίκτυο, τα ασύρματα τηλέφωνα, τις κεραιές δεν είναι βλαβερές. Ωστόσο σε αντίθεση με τις ραδιενεργές ακτινοβολίες που υπήρχαν πάντα κατά τη διάρκεια εξέλιξης του ανθρώπου, οι μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι τις περισσότερες φορές τεχνητές και έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια. Τα πολύ χαμηλά επίπεδα έκθεσης στις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες μπορούν σε μακροπρόθεσμο στάδιο να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων μέσω των πολλών βιολογικών μηχανισμών που δεν έχουν καμία σχέση με τον ιονισμό (L' Annunziata, 2007).

Οι άνθρωποι που εκτίθενται στην ακτινοβολία μπορούν να έχουν πολλές επιπτώσεις στην υγεία τους. Οι επιπτώσεις μπορεί να εξαρτηθούν από το είδος της ραδιενέργειας με την οποία έρχονται σε επαφή, με την ενεργό δόση της, με το ρυθμό της ενεργούς δόσης, με το χρόνο έκθεσης σε αυτήν, με το αν η έκθεση θεωρείται ότι είναι εξωτερική ή εσωτερική αλλά και από το χρόνο της εξασθένισης του κάθε στοιχείου. Ο άνθρωπος ήταν πάντα εκτεθειμένος στη ραδιενέργεια που προερχόταν από τη φύση και συνεχώς αντίστοιχες ενέργειες υλοποιούνται στο ανθρώπινο σώμα. Ο ανθρώπινος οργανισμός ανέπτυξε πολλούς μηχανισμούς προσαρμογής στην ακτινοβολία. Ορισμένοι επιστήμονες θεωρούν ότι η βλάβη που προκαλεί στα κύτταρα η ιονίζουσα ακτινοβολία όταν ελέγχεται μπορεί να ενισχύσει τον οργανισμό με τον ίδιο τρόπο που παράγει ελεύθερες ρίζες ή/και περιορίζει τη φλεγμονή κατά τη διάρκεια της γυμναστικής. Εξάλλου δεν φαίνεται να είναι τυχαίο που η έκθεση σε συγκεκριμένα είδη ραδιενέργειας χρησιμοποιείται στην ιατρική για θεραπευτικούς σκοπούς.

Ενδεικτικά αναφέρεται η χρήση του ραδιενεργού ράδιου στις θεραπείες (L' Annunziata, 2007).

Υπάρχει μία θεωρία που υποστηρίζει ότι η ραδιενέργεια μπορεί να ενισχύσει την επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό ώστε να ανταπεξέλθει καλύτερα στις τοξικές ουσίες. Συγκεκριμένες δόσεις της ακτινοβολίας σε μικρές ή μεσαίες δόσεις μπορεί να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμες καθώς μπορούν να διεγείρουν τα συστήματα του οργανισμού και να επιδιορθώσουν τις προσωρινές βλάβες στο ανοσοποιητικό σύστημα και στους μηχανισμούς που επιδιορθώνουν το γενετικό υλικό (Παπαστεφάνου, 2010).

Η ακτινοβολία μπορεί να αναζωογονήσει τα κύτταρα, να ενεργοποιήσει σε σημαντικό βαθμό τα ένζυμα που βοηθούν στο να ρυθμιστεί το στρες και να μειωθεί ο καρκίνος, η υπέρταση και ο διαβήτης και μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα ποσοστά επιβίωσης των ζώων που συμμετέχουν σε πειράματα και έχουν έρθει σε επαφή με πολύ υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας. Οι κάτοικοι των περιοχών με υψηλή ραδιενέργεια μπορεί να εμφανίσουν χρωμοσωματικές ανωμαλίες σε σύγκριση με τους υπόλοιπους όταν δεχτούν πολύ υψηλή δόση ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία μπορεί να εφαρμοστεί σε ολόκληρο το σώμα ως μια θεραπεία για τον καρκίνο. Έχει παρατηρηθεί πως έχει θετική επίδραση στον οργανισμό σε αντίθεση με την υψηλής έντασης ιονίζουσα ακτινοβολία που χρησιμοποιείται στις ακτινοθεραπείες και έχει πολλές παρενέργειες. Τις περισσότερες φορές μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να θεραπευθεί η αρθρίτιδα, το άσθμα και άλλες ασθένειες, όπως για παράδειγμα τα ιαματικά λουτρά με ραδιενεργό ραδόνιο που υπάρχουν σε ολόκληρο τον κόσμο. Στην Ελλάδα αντίστοιχα ιαματικά λουτρά υπάρχουν στην Ικαρία και τα Καμένα Βούρλα (Αντωνόπουλος – Ντόμης, 2004).

Κεφάλαιο 2: Πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima

2.1. Η πόλη Fukushima

Η Fukushima βρίσκεται στην Ιαπωνία και πιο συγκεκριμένα στο βορειοανατολικό της τμήμα. Πρόκειται για την τρίτη μεγαλύτερη πόλη της Ιαπωνίας καθώς έχει έκταση 13,783.74km². Τον Ιανουάριο του 2016 είχε 1.911.500 κατοίκους. Βρίσκεται περίπου 200 χλμ. πιο βόρεια από το Τόκιο (Μπογιατζάρας, 2017).

Είναι γνωστό πως η Ιαπωνία έχει μια ιδιαίτερα παραγωγική οικονομία που βασίζεται στην αλιευτική της δραστηριότητα. Στη Fukushima το κλίμα είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό και για αυτό το λόγο υπάρχει μεγάλη έκταση στη γεωργική δραστηριότητα. Πάνω από το 20% της τοπικής οικονομίας στηρίζεται στην αγροτική δραστηριότητα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει στην περιοχή και η βιομηχανική δραστηριότητα. Υπάρχουν επιπλέον μεγάλα εργοστάσια που παράγουν ηλεκτρική και πυρηνική ενέργεια στην ευρύτερη περιοχή και παράγουν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας, που τα εκμεταλλεύεται όλος ο πληθυσμός της Ιαπωνίας (Μπογιατζάρας, 2017).

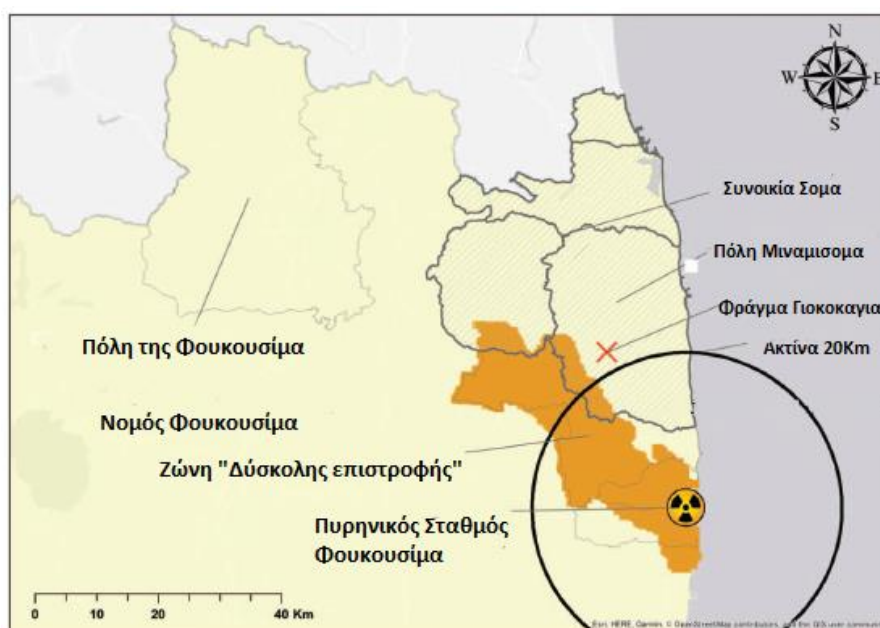
Το πρώτο πρόγραμμα για την ατομική ενέργεια στην Ιαπωνία ξεκίνησε το 1954 και αποσκοπούσε στο να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Το 1966 έγινε η πρώτη εισαγωγή αντιδραστήρα πυρηνικής ενέργειας από το Ηνωμένο Βασίλειο. Ο συγκεκριμένος αντιδραστήρας λειτουργούσε μέχρι το 1998. Ο τύπος του αντιδραστήρα ήταν BWR (Boiling water reactor) και ο συγκεκριμένος τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα. Η βιομηχανία της ατομικής ενέργειας έχει αποφέρει πολύ μεγάλα έσοδα στην Ιαπωνία η οποία εξειδικεύεται σε αυτόν τον τομέα για πάνω από 60 χρόνια. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα ωστόσο έχει και πάρα πολλούς κινδύνους καθώς δεν είχαν ληφθεί μέτρα για τα πιο σοβαρά πυρηνικά ατυχήματα που μπορούσαν να συμβούν, όπως για παράδειγμα αυτό που συνέβη στη Fukushima (Μπογιατζάρας, 2017).

Σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχουν 447 πυρηνικοί αντιδραστήρες. Οι 48 από αυτούς βρίσκονται στην Ιαπωνία και οι μεγαλύτεροι από αυτούς βρίσκονται 4 χλμ. από τις ακτές της. Δέκα από αυτούς βρίσκονται στη Fukushima, 4 στις πόλεις Naraha και Tomioka και 6 στις πόλεις Okuma και Futaba (Μπογιατζάρας, 2017).

2.2. Το πυρηνικό ατύχημα

Στις 11 Μαρτίου 2011 και τοπική ώρα 14:46, πραγματοποιήθηκε σεισμός μεγέθους 9 ρίχτερ στην υποθαλάσσια περιοχή του Ειρηνικού ωκεανού, βορειοανατολικά του

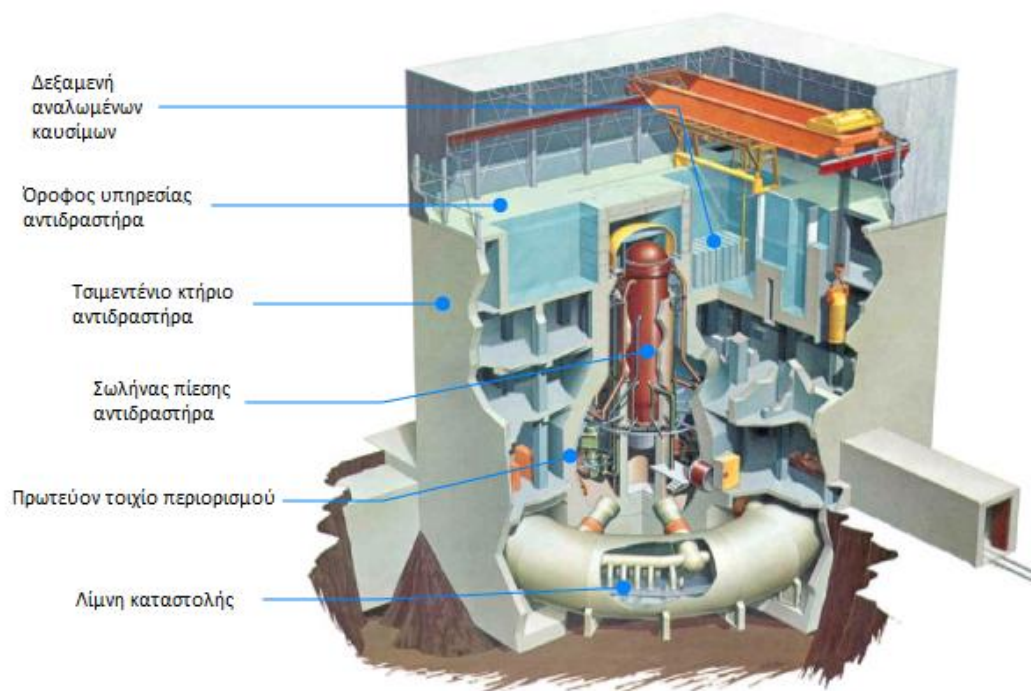
νησιού Honshu στην Ιαπωνία (Koshimura et al., 2014). Το επίκεντρο του σεισμού βρισκόταν 130 χλμ. από τις ακτές της πόλης Sendai, που βρίσκεται στο νησί Honshu της Ιαπωνίας. Το εστιακό βάθος του σεισμού ήταν 13χλμ. Το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι εξαιρετικά σπάνιο καθώς συνέβησαν δύο σεισμοί που διήρκησαν περίπου 3 λεπτά. Όπως ήταν αναμενόμενο η Ιαπωνία μετακινήθηκε μετά από αυτούς τους σεισμούς μερικά μέτρα και το νερό της θάλασσας υποχώρησε περίπου μισό μέτρο (Mori et al., 2011). Είναι ο τέταρτος πιο μεγάλος σεισμός σε παγκόσμιο επίπεδο, που έχει καταγραφεί από το 1900 και ο μεγαλύτερος της Ιαπωνίας. Μετά το σεισμό έγινε τσουνάμι με ύψος 9,3 μέτρα στην θάλασσα και που έφτασε στα 35 μέτρα από την ακτή. Περίπου 560 τετραγωνικά χιλιόμετρα παράκτια ζώνης πλημμύρισαν (Koshimura et al., 2014).



Εικόνα 2: Το πυρηνικό εργοστάσιο σε σχέση με τις περιοχές που επηρεάστηκαν

Το τσουνάμι δημιούργησε ποικίλες βλάβες στους αντιδραστήρες του πυρηνικού εργοστασίου της Fukushima Daiichi κι ένα μεγάλο πυρηνικό ατύχημα, που χαρακτηρίστηκε 7 βαθμών από την αξιολόγηση με την κλίμακα INES (International Nuclear and Radiological Event Scale) (WNA, 2015). Ο βαθμός αυτός ήταν ίσος με την καταστροφή του Τσέρνομπιλ το 1986. Αυτό είχε ως συνέπεια οι κάτοικοι των γύρω περιοχών να χρειαστεί να εγκαταλείψουν τις οικίες τους. Ο συνολικός αριθμός των ανθρώπων που απομακρύνθηκαν ήταν 154.000. Εξαιτίας της ραδιολογικής ρύπανσης

δημιουργήθηκαν πολύ σημαντικά προβλήματα σε διάφορους τομείς της οικονομίας, όπως για παράδειγμα στον τουριστικό και τον αγροτικό. Ως ένα προληπτικό μέτρο, όλα τα πυρηνικά εργοστάσια στην Ιαπωνία διέκοψαν τη λειτουργία τους και αυτό είχε πολύ σημαντικές επιπτώσεις στην ενεργειακή ασφάλεια της χώρας αφού το 30% της παραγόμενης ενέργειας στην Ιαπωνία ήταν πυρηνική (Okada, 2015).

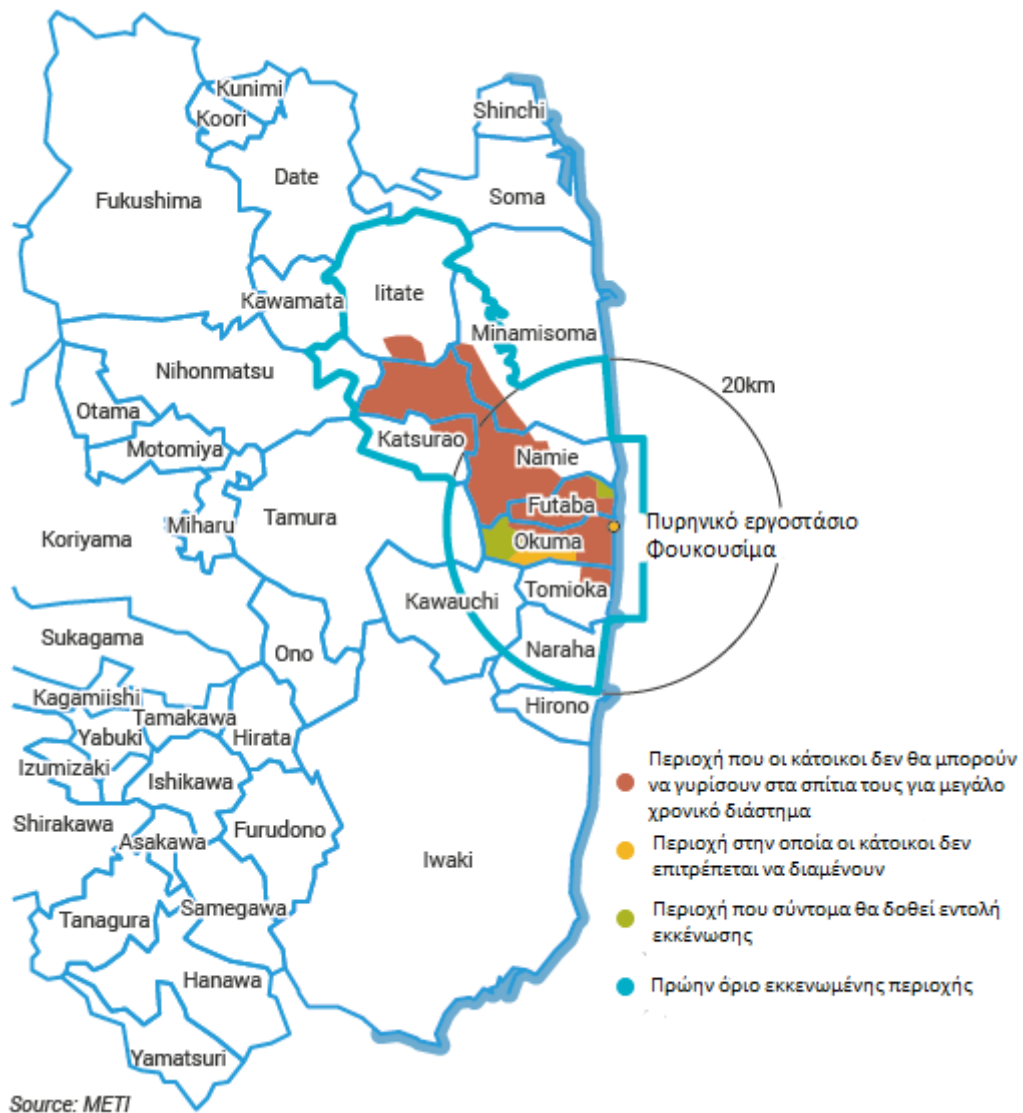


Εικόνα 3: Το εσωτερικό του πυρηνικού αντιδραστήρα στη Fukushima

Με βάση τα επίσημα στοιχεία ο αριθμός των θανάτων ανήλθε στους 15.893, 2.565 ήταν οι αγνοούμενοι και 6.000 οι τραυματίες. Εξαιτίας της καταστροφής περίπου 470.000 άνθρωποι αναγκάστηκαν να φύγουν από τις εστίες τους (Reconstruction Agency, 3/02/2016).

Η κυβέρνηση της Ιαπωνίας εκτίμησε τον Ιούνιο της ίδιας χρονιάς ότι η συνολική ζημιά από την καταστροφή ανήλθε στα 16,9 τρισεκατομμύρια γεν (Government of Japan, 2011a) και η Διεθνής Τράπεζα εκτίμησε ότι οι οικονομική ζημιά ήταν 235 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ. Η άμεση ζημιά ανήλθε στο 4% στο συνολικό πάγιο κεφάλαιο της Ιαπωνίας το 2009 (The Cabinet Office, 16/5/2011). Παρόλο που υπήρξαν οικονομικές απώλειες σε απόλυτες τιμές, οι οικονομικές επιπτώσεις για την Ιαπωνία ήταν περιορισμένες γιατί η πληγείσα περιοχή συμμετείχε μόλις με 2,5% στο σύνολο της βιομηχανικής παραγωγής της (MEXT, 2013). Η οικονομική καταστροφή

ήταν μικρότερη από το σεισμό που έγινε στο Kobe το 1995 (Government of Japan, 2011b).



Εικόνα 4: Κατάταξη των περιοχών μετά το ατύχημα

Η καταστροφή από το σεισμό στην ανατολική περιοχή της Ιαπωνίας το 2011 έπληξε μια χώρα που ήταν ηγετική θέση όσον αφορά το σύστημα διαχείρισης καταστροφών. Ο σεισμός, το τσουνάμι και το τεχνολογικό ατύχημα ήταν τρία στοιχεία που η μεταξύ τους αλληλεπίδραση δημιούργησε μια σύνθετη και δύσκολη κατάσταση για τη διαχείριση της. Η κατάσταση αυτή είχε και διεθνείς επιπτώσεις και επηρέασε τις διεθνείς εφοδιαστικές αλυσίδες. Χρειάστηκαν ιδιαίτερες προσπάθειες ώστε η χώρα να μπορέσει να διαχειριστεί το πυρηνικό ατύχημα τόσο σε επίπεδο εξέλιξης του ατυχήματος όσο και ως προς το εύρος του ατυχήματος και την έκταση που είχαν οι επιπτώσεις του (WNA, 2015). Το συγκεκριμένο ατύχημα είναι η πρώτη σύγχρονη καταστροφή στην Ιαπωνία σε μια εποχή που εμφάνιζε οικονομική και δημογραφική συρρίκνωση. Οι περιοχές που επλήγησαν ήταν κυρίως αγροτικές και αντιμετώπιζαν διάφορες δυσκολίες όσον αφορά την ανάπτυξη τους, τη δημογραφική τους κατάσταση και την πολεοδομική τους συγκρότηση.

Η Ιαπωνία είχε κάνει επενδύσεις 10 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ για να κατασκευάσει προστατευτικά έργα έναντι πιθανά τσουνάμι. Χαρακτηριστικά αναφέρονται τοίχοι και αναχώματα κατά μήκος των ακτών, οι κυματοθραύστες στα λιμάνια κλπ. (Ranghieri & Ishiwatari, 2014). Η καταστροφή που δημιουργήθηκε κλόνησε το αίσθημα της ασφάλειας που είχαν δημιουργήσει τα συγκεκριμένα έργα και την εμπιστοσύνη των κατοίκων σχετικά με τη σύγχρονη τεχνολογία.

2.3. Οι άμεσες επιπτώσεις του τσουνάμι στους πυρηνικούς σταθμούς

Στην ευρύτερη περιοχή της Fukushima υπήρχαν τέσσερα συγκροτήματα πυρηνικών εγκαταστάσεων και συνολικά δεκατέσσερις πυρηνικοί αντιδραστήρες. Από αυτούς οι έντεκα βρίσκονταν σε λειτουργία κατά τη διάρκεια του σεισμού. Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες που παρήγαγαν ηλεκτρική ενέργεια, άντεξαν στο μεγάλο σεισμό και η λειτουργία τους σταμάτησε. Έπειτα από διερεύνηση εντοπίστηκε ότι δεν υπήρχε σοβαρή βλάβη από το σεισμό ούτε σε όσους αντιδραστήρες δεν ήταν σε λειτουργία εκείνη τη στιγμή του σεισμού (Holt et al., 2012).

Στις 15:27 το τσουνάμι χτύπησε τις εγκαταστάσεις και το αποτέλεσμα από αυτή τη σύγκρουση ήταν να αποδειχθεί ότι οι εγκαταστάσεις ήταν ιδιαίτερα ευάλωτες. Το ρεύμα που έδιναν οι εφεδρικές γεννήτριες ήταν αρκετό ώστε να λειτουργήσουν τα συστήματα ψύξης. Στις 16:36 σταμάτησε η παροχή ύδατος μέσω ECCS (Emergency Core Cooling System) στους πρώτους δύο αντιδραστήρες του συγκροτήματος

Fukushima Dai-ichi. Στις 15:36 πραγματοποιήθηκε έκρηξη υδρογόνου στον πρώτο αντιδραστήρα στο σταθμό. Στα 19:03 πραγματοποιήθηκε το πυρηνικό ατύχημα. Μία ώρα μετά εκδόθηκε το έκτακτο δελτίο για να εκκενωθεί η περιοχή σε απόσταση 2 χλμ. Η συγκεκριμένη απόσταση θεωρήθηκε ότι ήταν υποχρεωτική ώστε να τηρηθούν οι κανόνες ασφαλείας (Holt et al., 2012).

Μέσα στη διάρκεια τεσσάρων ημερών έπειτα από το χτύπημα οι αρμόδιοι φορείς κατάφεραν να κλείσουν με ασφάλεια τις 8 από τις 11 μονάδες. Οι τρεις αντιδραστήρες όμως στο συγκρότημα Fukushima Dai-ichi έμειναν χωρίς ισχύ για τουλάχιστον μία ώρα έπειτα από το σεισμό. Αυτό το συμβάν ήταν ικανό ώστε πραγματοποιήθηκε απενεργοποίηση 12 από τις 13 εφεδρικές γεννήτριες που βρίσκονταν στις υπόγειες εγκαταστάσεις. Αυτό είχε ως συνέπεια να μην μπορεί να κυκλοφορήσει το νερό που απέτρεπε την ψύξη του αντιδραστήρα (Holt et al., 2012).

Στις 14 Μαρτίου και ώρα 11:01 έγινε έκρηξη υδρογόνου στον τρίτο αντιδραστήρα του συγκροτήματος. Την επόμενη ημέρα έγινε έκρηξη στο δεύτερο αντιδραστήρα και λίγο αργότερα ξέσπασε φωτιά στον τέταρτο αντιδραστήρα (Holt et al., 2012).

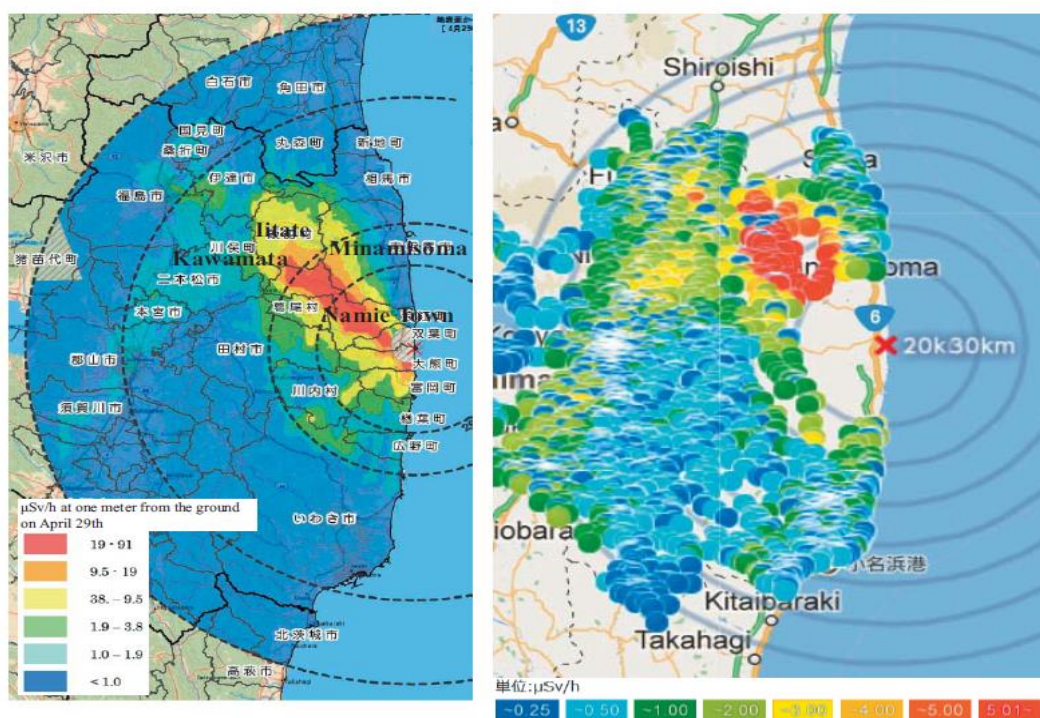
Τις επόμενες δύο ημέρες από τη διαρροή των αποβλήτων η ακτίνα της εκκένωσης επεκτάθηκε στα 20 χλμ. Στη διάρκεια αυτών των ημερών οι τρεις μονάδες έλιωσαν σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό. Πέντε ημέρες μετά το ατύχημα παρουσιάστηκε πρόβλημα και στην τέταρτη μονάδα του συγκροτήματος. Για τη διάρκεια ενός μήνα δεν υπήρξε σταθεροποίηση στο βαθμό που μπορούσε να απορροφηθεί η θερμότητα και τα καύσιμα. Σημαντική ήταν η πτώση της θερμοκρασίας που υλοποιήθηκε ως τον Ιούλιο, 4 μήνες δηλαδή μετά την καταστροφή, και σταθεροποιήθηκε στη συνέχεια περίπου το Δεκέμβριο, δηλαδή μετά από 9 μήνες (Cravero & Sanchez, 2013).

Ο μήνας που ακολούθησε του ατυχήματος ήταν ιδιαίτερα δραστήριος με την έννοια ότι η βλάβη αποκαταστάθηκε αλλά και οι άνθρωποι προστατεύθηκαν στις γύρω περιοχές. Η παγκόσμια ομοσπονδία που ήταν αρμόδια για την πυρηνική δραστηριότητα ανακοίνωνε σε καθημερινή βάση τα επίπεδα της ραδιενέργειας στον αέρα, το έδαφος και στις θάλασσες. Αντίστοιχα διατάγματα από το υπουργείο επέβαλλαν την εκκένωση αρκετών περιοχών (Fukushima Accident, 2017).

2.4. Οι επόμενες ημέρες

Σε αυτή την υποενότητα θα παρουσιαστούν οι επόμενες ημέρες του πυρηνικού ατυχήματος της Fukushima όπως περιγράφονται στο Fukushima Accident (2017).

Στις 11 Μαρτίου οι αρχές της Ιαπωνίας ανακοίνωσαν ότι δεν υπήρξε απελευθέρωση ακτινοβολίας από κάποιο εργοστάσιο που παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια. Την αμέσως επόμενη ημέρα μετρήθηκαν τα επίπεδα του Ιωδίου 131 και του καυσίου 137 κοντά στον πρώτο αντιδραστήρα. Στις 13 Μαρτίου ξεκίνησε να παρατηρείται το φαινόμενο να απελευθερώνεται αέρας πίεσης στους διάφορους αντιδραστήρες. Αυτό το φαινόμενο προκάλεσε την απελευθέρωση των ραδιενεργών στοιχείων. Από τις 12 Μαρτίου ως τις 15 Μαρτίου οι κάτοικοι της περιοχής Namie, έπειτα από σχετική εντολή που εξέδωσαν οι τοπικές αρχές χρειάστηκε να μετακινηθούν σε μια περιοχή που βρισκόταν πιο βόρεια της πόλης τους. Αυτό συνέβη γιατί η περιοχή τους φάνηκε ότι έχει επηρεαστεί με άμεσο τρόπο από το νέφος που είχαν δημιουργήσει τα ραδιενεργά στοιχεία που προέρχονταν από το πυρηνικό ατύχημα (Fukushima Accident, 2017).



Εικόνα 5: αριστερό πλαίσιο: Τα αποτελέσματα της αερομεταφερόμενης παρακολούθησης από MEXT και DOE εκφρασμένα ως Microsievert/Ωρα σε απόσταση 1 μ. από το έδαφος στις 29 Απριλίου. Δεξί πλαίσιο: Τα αποτελέσματα από τα σημεία παρακολούθησης εκφρασμένα ως Microsievert/Ωρα στην επαρχία Φουκουσίμα τον Απρίλιο

Στις 15 Μαρτίου ο γραμματέας του υπουργείου Yukio Edano ανακοίνωσε πως τα επίπεδα της ακτινοβολίας είναι τέτοια που έχουν άμεση επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Την επόμενη ημέρα όσοι εργάζονταν στο εργοστάσιο εκκένωσαν το χώρο έπειτα από την εμφάνιση ενός ροζ καπνού. Τα επίπεδα της ραδιενέργειας ήταν ακόμα πιο υψηλά στην πύλη του εργοστασίου. Η ιαπωνική επιτροπή για την πυρηνική ασφάλεια έδωσε οδηγίες ώστε οι κάτοικοι να εγκαταλείψουν την περιοχή σε ακτίνα 20 χλμ. Επίσης συμβούλεψε τους κατοίκους να καταναλώσουν ταμπλέτες μη ραδιενεργού ιωδίου ώστε να προστατευθούν. Στις 17 Μαρτίου η ΙΑΕΑ μέτρησε τη ραδιενέργεια σε 47 πόλεις συνολικά ώστε να εντοπίσει σε ποιες πόλεις είχαν αυξηθεί τα επίπεδα της. Όπως προέκυψε από τις μετρήσεις στο Τόκιο τα επίπεδα ραδιενέργειας δεν είχαν αυξηθεί. Περίπου στα 30 χλμ. από το εργοστάσιο της Fukushima οι αναλογίες στις δόσεις αυξήθηκαν τις επόμενες 24 ώρες. Τα επίπεδα επομένως της ραδιενέργειας ήταν ανάλογα και τη θέση που βρισκόταν η κάθε περιοχή σε σχέση πάντα με το εργοστάσιο. Η καλλιέργεια του σπανακιού, στα 75 χλμ. από το εργοστάσιο έδειξε ότι υπήρχαν στο σπανάκι υψηλά επίπεδα ιωδίου και κασίου (Fukushima Accident, 2017).

Στις 18 Μαρτίου η ΙΑΕΑ δήλωσε πως σε αντίθεση με διάφορες αναφορές που κυκλοφορούσαν δεν είχε λάβει επίσημη ειδοποίηση από την Ιαπωνία για τη ραδιενεργό ρύπανση. Την επόμενη ημέρα το Ιαπωνικό Υπουργείο Επιστημών έβγαλε ανακοίνωση μέσω της οποίας έκανε γνωστό ότι ανιχνεύθηκαν ίχνη ποσότητας ραδιενεργών στοιχείων στο νερό που υδρεύθηκε στο Τόκιο αλλά και σε άλλες περιοχές. Τα υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας ανιχνεύθηκαν και στο γάλα των γύρω περιοχών αλλά και σε ορισμένα από τα λαχανικά που καλλιεργούνταν. Στο έδαφος υπήρχαν αυξημένα επίπεδα ιωδίου 131 και κασίου 137 (Fukushima Accident, 2017).

Στις 23 Μαρτίου το Ιαπωνικό Υπουργείο Επιστημών εξέδωσε ανακοίνωση μέσω της οποίας ενημέρωνε για τα περιβαλλοντικά δεδομένα. Η ραδιενέργεια στο έδαφος αλλά και στις λίμνες ήταν πολύ υψηλή ακόμα και σε τοποθεσίες που απείχαν 40 χλμ. από τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας. Την επόμενη ημέρα τρεις εργάτες εκτέθηκαν σε υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας και οι δύο από αυτούς χρειάστηκε να νοσηλευτούν στο νοσοκομείο λόγω του ότι υπήρξε διαρροή νερού μέσα από τα προστατευτικά τους ρούχα την ώρα της εργασίας τους. Από τις 21 Μαρτίου ως τις 24 Μαρτίου στο Τόκιο έβρεχε και το νερό είχε ραδιενέργεια που κατακάθισε εκεί (Fukushima Accident, 2017).

Στις 25 Μαρτίου το υπουργείο περιβάλλοντος της Γερμανίας ανακοίνωσε πως μικρές ποσότητες ιωδίου 131 παρατηρήθηκαν σε τρεις ξεχωριστές περιοχές της χώρας.

Την επόμενη ημέρα το γραφείο για την πυρηνική ασφάλεια της Ιαπωνίας ανακοίνωσε πως η ακτινοβολία του ιωδίου 131 στο θαλάσσιο νερό αυξήθηκε κατά 1.850 φορές πάνω από το επιτρεπτό όριο. Στις 30 Μαρτίου οι συγκεντρώσεις αυτού του ραδιονουκλεϊδίου είχαν φτάσει τα 180Bq/ml σε απόσταση 330 μιλίων νότια από εκεί που έγινε η διαρροή. Το ποσό αυτό ήταν 4.385 φορές μεγαλύτερο από το επιτρεπτό όριο. Οι μετρήσεις που έκανε η ΙΑΕΑ για το καίσιο 137 έδειξαν ότι έπρεπε να εκκενωθεί το χωριό Litate και όλες οι περιοχές που βρίσκονταν 30 χλμ. από αυτό (Fukushima Accident, 2017).

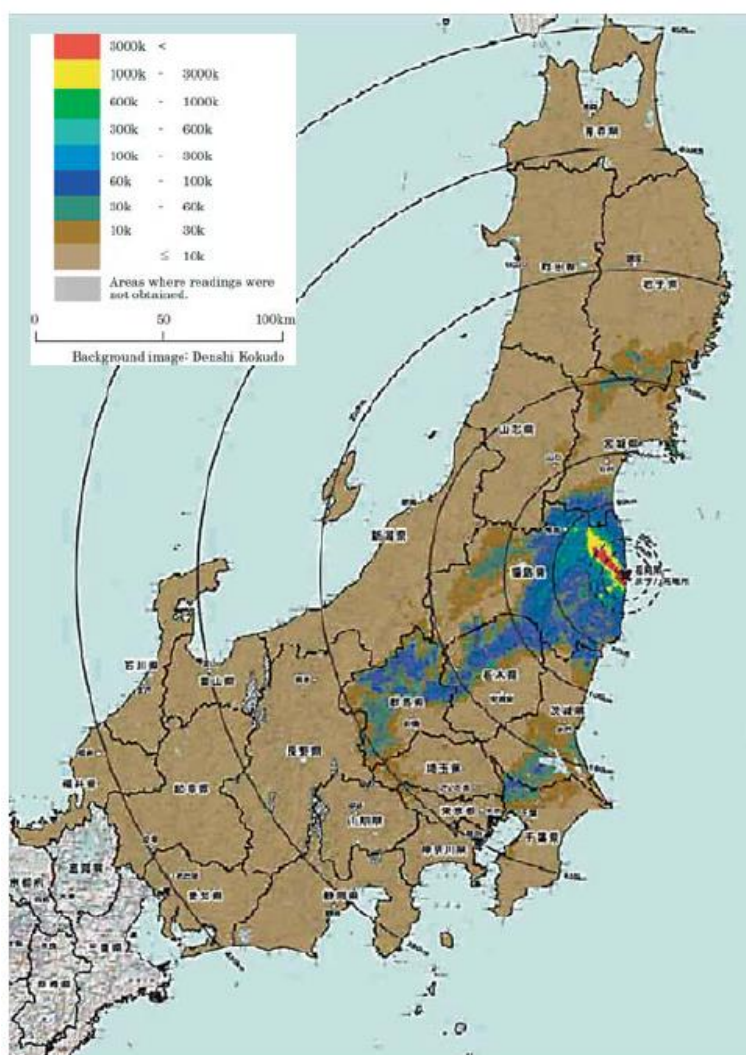
Στις 1 Απριλίου εντοπίστηκε ιώδιο 131, καίσιο 134 και καίσιο 137 στα λαχανικά, όπως για παράδειγμα στα σέλινα και τους μαϊντανούς αλλά και στο μοσχαρίσιο κρέας. Στις 3 Απριλίου οι αρμόδιοι φορείς για την υγεία ανέφεραν πως υπήρχαν ραδιενεργές ουσίες στα μανιτάρια (Fukushima Accident, 2017).

Στις 5 Απριλίου αλιεύτηκαν ορισμένα ψάρια στις ακτές της Ιαπωνίας και μάλιστα σε απόσταση 50 μιλίων από τα πυρηνικά εργοστάσια. Αυτά τα ψάρια είχαν υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας, περισσότερα από τα επιτρεπτά. Στις 15 Απριλίου το ιώδιο 131 ήταν πάνω από 6.500 σε σύγκριση με τα επιτρεπτά όρια και τα αντίστοιχα ποσοστά του καϊσίου 134 και του καϊσίου 137 ήταν τέσσερις φορές περισσότερα. Αυτό συνέβη εξαιτίας της εγκατάστασης πλακών από ατσάλι. Το ατσάλι θεωρείται ότι είναι ένα μέσο που μπορεί να μειώσει την πιθανότητα να υπάρχει διαρροή του νερού στον ωκεανό. Στις 18 Απριλίου εντοπίστηκαν πολύ υψηλά επίπεδα στρόντιου 90 στο χώμα γύρω από τα πυρηνικά εργοστάσια. Στις 22 Απριλίου η κυβέρνηση της Ιαπωνίας ζήτησε από όσους ζούσαν στο Litate και σε άλλα τέσσερα χωριά να τα εκκενώσουν εξαιτίας των υψηλών επιπέδων ακτινοβολίας (Fukushima Accident, 2017).

2.5. Ο βαθμός της ραδιενεργού μόλυνσης μετά το ατύχημα

Οι εκπομπές των ραδιονουκλεϊδίων έπειτα από το ατύχημα ανήλθαν στα 800 τρισεκατομμύρια Bq ανά ώρα. Έπειτα μέχρι το Νοέμβριο – Δεκέμβριο κατέβηκαν στα 60 εκατομμύρια Bq και λίγο αργότερα λόγω της αυξημένης ανθρώπινης δραστηριότητας ανήλθαν στα 70 εκατομμύρια Bq. Οι εκπομπές αναφέρονται σε 5 ραδιενεργά ισότοπα που επιβάρυναν το περιβάλλον έπειτα από την απελευθέρωση τους. Τα ισότοπα αυτά είναι το ιώδιο 131, το τελλούριο 129, το καίσιο 137, το στρόντιο 90 και τα ισότοπα πλουτωνίου (Kernkraftwerksunfalls, 2012).

Σε μια μετεωρολογική υπηρεσία στην Αυστρία μετρήθηκε η ποσότητα του ιωδίου 131 που ελευθερώθηκε από το πυρηνικό ατύχημα και κυμαινόταν από 10 PBq σε 700 PBq. Ελήφθησαν 2.200 δείγματα εδάφους από διάφορες περιοχές της Ιαπωνίας, τον Ιούνιο και τον Ιούλιο του 2011 και μόνο στις 400 εντοπίστηκαν αυξημένα επίπεδα ιωδίου 131. Αυτό το φαινόμενο ήταν αναμενόμενο καθώς το συγκεκριμένο ισότοπο έχει χρόνο ημιζωής που αντιστοιχεί στις 8 ημέρες (Kernkraftwerksunfalls, 2012).



Εικόνα 6: Συνολική εναπόθεση Καισίου-134 και Καισίου-137 στην επιφάνεια του εδάφους σε όλη την Ανατολική Ιαπωνία

Ακόμα παρατηρήθηκαν υψηλά επίπεδα τελλούριου 129 στο βορειοδυτικό τμήμα του εργοστασίου και σε απόσταση 28 χλμ. δίπλα στην ακτή και στις πόλεις Iwaki, Fukushima και Kitaibaraki. Το τελλούριο σε συνδυασμό με το ιώδιο κατακάθισε στο έδαφος και για αυτό το λόγο εντοπίστηκε στις ίδιες περιοχές. Η πιο υψηλή

συγκέντρωση του συγκεκριμένου ισότοπου παρατηρήθηκε στην πόλη Okuma, που βρίσκεται 2 χλμ. από το εργοστάσιο που έγινε το ατύχημα. Η συγκέντρωση ήταν 22,66 εκατομμύρια Bq/m². Ο χρόνος ημιζωής του τελλούριου είναι οι 6 ημέρες και για αυτό το λόγο όταν οι μήνες περνούν τα επίπεδα μπορούν να μηδενιστούν. Το τελλούριο δεν συμμετείχε σε βιολογικές διεργασίες κι έτσι όταν κάποιος πίνει ή τρώει κάτι που είναι μολυσμένο δεν μπορεί να συσσωρευτεί στον οργανισμό του. Σε αντίθεση με το τελλούριο 129, το ιώδιο 131 αν καταναλωθεί από μολυσμένα τρόφιμα ή ζωοτροφές μπορεί να προκαλέσει καρκίνο στο θυρεοειδή αδένα (Kernkraftwerksunfalls, 2012).

Η ποσότητα του καισίου 137 που υπολογίστηκε από τη μετεωρολογική υπηρεσία της Αυστρίας ήταν 5.000 TBq ανά ημέρα. Αργότερα τα ποσοστά αυτά ήταν 6.100 TBq με 12.000 TBq. Ο χρόνος ημιζωής του καισίου 137 είναι τα 30 χρόνια. Το συγκεκριμένο ισότοπο κατακάθεται στο έδαφος, μολύνει τα τρόφιμα, τα ψάρια κλπ. και έτσι εισάγεται στη διατροφική αλυσίδα (Kernkraftwerksunfalls, 2012).

Όσον αφορά το στρόντιο 90 εντοπίστηκε σε ποσότητα 195 Bq ανά χιλιόγραμμα σε μία πολυκατοικία της Yokohama. Η συγκεκριμένη περιοχή βρίσκεται 210 χλμ. μακριά από την τοποθεσία που έγινε το ατύχημα (Kernkraftwerksunfalls, 2012).

Το πλουτώνιο εντοπίστηκε σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο έδαφος και σε απόσταση 80 χλμ. μακριά από το εργοστάσιο. Το πλουτώνιο έχει δύο μορφές την 239 και την 240. Η συγκέντρωση στην περιοχή της Fukushima ήταν 15 Bq και στην τοποθεσία Ibaraki 9,4 Bq. Τα ασταθή ενεργά ισότοπα του πλουτωνίου 241 δεν εντοπίστηκαν. Ο χρόνος ημιζωής για το πλουτώνιο 239 είναι τα 24.200 χρόνια και για το πλουτώνιο 240 τα 6.560. Σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις το συγκεκριμένο ισότοπο προκαλεί καρκίνο στα οστά (Kernkraftwerksunfalls, 2012).

Η απελευθέρωση της ραδιενέργειας που προκλήθηκε από το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima δεν περιορίστηκε μόνο στο έδαφος. Πολύ σοβαρές ήταν και οι επιπτώσεις στη θάλασσα. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα νερά κοντά στον πυρηνικό σταθμό έδειξαν ότι υπάρχει σοβαρή ρύπανση στο θαλάσσιο περιβάλλον από διάφορα ραδιονουκλεϊδία. Η ρύπανση της θάλασσας πραγματοποιήθηκε μέσω της απελευθέρωσης του μολυσμένου νερού από το πυρηνικό εργοστάσιο, μέσω της μεταβίβασης στα ποτάμια των ραδιενεργών στοιχείων που εντοπίστηκαν στο έδαφος όταν κάθισε στο έδαφος η ραδιενεργός τέφρα, μέσω της βροχής και μέσω της ραδιενεργούς τέφρας που βρισκόταν πάνω από τον ωκεανό και έπεφτε στο νερό. Τα στοιχεία της ήταν ευδιάλυτα και διασκορπίζονταν από τα θαλάσσια ρεύματα. Αν ήταν δυσδιάλυτα τότε κατακάθονταν στο βυθό. Το ιώδιο 131 και άλλα ραδιενεργά στοιχεία

που έχουν μικρό χρόνο ημιζωής, μπορούν να ανιχνευθούν στο νερό για μερικούς μήνες. Άλλα στοιχεία, όπως για παράδειγμα το Ρουθένιο 106 και το καίσιο 134 θα παραμείνουν στη θάλασσα για πολλά χρόνια. Ο χρόνος ημιζωής για το καίσιο 137 είναι τα 30 χρόνια. Για αυτό το λόγο χρειάζεται οι ακτές της Ιαπωνίας να παρακολουθούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα τη συγκέντρωση ραδιονοκλεϊδίων στο βυθό της. Παρόμοια είναι και τα στοιχεία για το πλουτόνιο (Impact on the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις ραδιενέργειας που εντοπίστηκαν στη θάλασσα κοντά στο πυρηνικό εργοστάσιο της Fukushima έδειξαν ότι υπάρχουν μία ή ακόμα και περισσότερες εισροές υγρού που έχει ραδιενέργεια που διέρρευσε από το σταθμό. Αυτές μπορεί να αποτελούνται από το νερό που υπήρχε μέσα στους αντιδραστήρες που υπέστησαν ζημιά και χρησίμευε ώστε να τους κρυώσει. Ένα τμήμα επομένως αυτού του νερού ξέπλυνε τις μολυσμένες επιφάνειες από ραδιενεργό τέφρα που υπήρχε στις εγκαταστάσεις. Στο δεύτερο αντιδραστήρα, όπου υπήρξε ρήξη τοιχώματος είναι δυνατόν να διαρρεύσει το νερό από το κτίριο με κατεύθυνση προς τη θάλασσα. Δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί η συνολική ποσότητα του ραδιενεργού νερού που κατέληξε στη θάλασσα. Αρχικά στις 21 Μαρτίου οι μετρήσεις ήταν 1.484 Bq/lit του καϊσίου 137 και 5066 Bq/lit του ιωδίου 131. Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν στη θάλασσα αντίστοιχα για αυτά τα δύο στοιχεία από τις 25 ως τις 28 Μαρτίου ήταν 12.000 Bq/lit και 74.000 Bq/lit. Στις 29 και 30 Μαρτίου η αύξηση ανήλθε αντίστοιχα σε 47.000 Bq/lit και 180.000 Bq/lit. Πριν γίνει το πυρηνικό ατύχημα στη θάλασσα της Ιαπωνίας δεν υπήρχε καθόλου ιώδιο 131 και οι συγκεντρώσεις του καϊσίου 137 ήταν πολύ χαμηλές. Η αύξηση των συγκεντρώσεων αυτών των δύο στοιχείων και ιδιαίτερα η αύξηση που σημειώθηκε περίπου 20 χλμ. νότια του σταθμού που έγινε το ατύχημα οφείλεται στο φαινόμενο της παλίρροιας που προκαλεί την εναλλαγή των θαλάσσιων ρευμάτων. Η ρύπανση αυτή διαδόθηκε και στα βόρεια του σταθμού (Impact on the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προκλήθηκαν λόγω των εκρήξεων και των αποσυμπιέσεων των κτιρίων στον πυρηνικό σταθμό της Fukushima στις 12 Μαρτίου και εξής εξαπλώθηκαν πολύ γρήγορα πάνω από τη θάλασσα και γρήγορα δημιούργησαν ραδιενεργό ρύπανση στο νερό που βρισκόταν πολλά χιλιόμετρα από την πηγή. Τους επόμενους μήνες συνεχίστηκε η ίδια κατάσταση σε μικρότερη έκταση από εκείνη των πρώτων ημερών. Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν 30 χλμ. από την ακτή

μπορεί να οφείλονται στον τρόπο με τον οποίο εισήχθησαν τα ραδιονουκλεΐδια στη θάλασσα. Στις 25 Μαρτίου παρατηρήθηκε μια μείωση στη συγκέντρωσή τους και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθεί το φαινόμενο της διάλυσης ή αλλιώς της ανανέωσης του νερού στην επιφάνεια μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων. Το πιο πιθανό είναι να ισχύει το φαινόμενο της διάλυσης (Impact on the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Η ραδιενεργός τέφρα κατακάθισε στο έδαφος και έπειτα μέσω της βροχής μεταφέρθηκε στη θάλασσα. Στη θάλασσα μπορεί να κατέληξε κι έπειτα από άλλους υδάτινους οδούς. Η στεριά ήταν μολυσμένη για πολλά χιλιόμετρα. Οι μετρήσεις όμως που πραγματοποιήθηκαν δεν είναι δυνατόν να διαχωρίσουν την ποσότητα των στοιχείων που εντοπίστηκαν σε αυτή την πηγή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες (Impact on the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Κεφάλαιο 3: Συνέπειες στο οικοσύστημα

Η μόλυνση που προκλήθηκε από το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima ήταν πολύ μεγάλη για πάρα πολλούς τομείς. Η οικολογική καταστροφή επομένως ήταν αναπόφευκτη. Οι όγκοι των ραδιονουκλεϊδίων διασκορπίστηκαν σε ένα πολύ μεγάλο εύρος του οικοσυστήματος και ουσιαστικά δεν υπήρχε έλεγχος σε αυτό. Επομένως επηρεάστηκε η αλιεία και γενικότερα η θαλάσσια ζωή, η ναυτιλία τόσο τα λιμάνια όσο και τα πλοία και οι βιοποικιλότητα της ευρύτερης περιοχής. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά και στις επακόλουθες συνέπειες που είχε το συγκεκριμένο ατύχημα. Κυρίως θα αναφερθούν οι βραχυπρόθεσμες συνέπειες του.

3.1. Οι επακόλουθες συνέπειες του ατυχήματος

Η τοπογραφία που έχει η Ιαπωνία αλλά και τα ρεύματα του Ειρηνικού ωκεανού, όπως ήταν αναμενόμενο διέσπειραν τη μόλυνση αντί να την περιορίσουν. Ο σταθμός που παρήγαγε ηλεκτρικό ρεύμα στη Fukushima βρισκόταν στην ανατολική ακτή του νησιού Honshu και 200 χλμ. βορειοανατολικό του Τόκιο. Το βάθος αυξανόταν σταθερά στην παράκτια περιοχή και άγγιζε τα 200μ. σε 50 χλμ. από την ακτή κι έπειτα αυξανόταν στα 5.000μ. στα 100χλμ. Στη ζώνη που επηρεαζόταν από τη ρύπανση της ραδιενέργειας, παρήχθησαν ρεύματα από την παλίρροια, τον άνεμο αλλά και τα θαλάσσια ρεύματα που υπήρχαν στον Ειρηνικό ωκεανό. Βραχυπρόθεσμα η παλίρροια ήταν κυρίαρχη και μπορούσε να κινήσει τις μάζες του νερού με μια εναλλασσόμενη κίνηση από το βορρά προς το νότο και παράλληλα προς τις ακτές σε ταχύτητες ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο. Αυτό το φαινόμενο διήρκησε 12 ώρες (Buesseler, 2011).

Ο άνεμος επηρέασε την κυκλοφορία στην επιφάνεια του νερού. Η κυκλοφορία σε μεγαλύτερη κλίμακα ήταν ένα αποτέλεσμα ανάμεσα στην αλληλεπίδραση του των θαλάσσιων ρευμάτων του ωκεανού. Το ένα ρεύμα ήταν το Kuroshio που προερχόταν από το νότο και έτρεχε κατά μήκος της ιαπωνικής ακτής και το άλλο ρεύμα ήταν το Oyashio που δεν ήταν τόσο δυνατό ώστε να ρέει από το βορρά. Η δύναμη αλλά και η έκταση του ρεύματος ήταν ανάλογη του Gulf Stream. Τα νερά που βρίσκονταν στην παράκτια γειτονική περιοχή της Fukushima Dai-ichi ήταν στη ζώνη αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε αυτά τα δύο ρεύματα κι έτσι δημιουργούσαν μια ήπια δύναμη που τα μετέβαλλε περιστροφικά. Αυτά τα ρεύματα ήταν ικανά να καθορίσουν και τη διασπορά στη ρύπανση της ραδιενέργειας (Buesseler, 2011).

Η διασπορά των ραδιονουκλεϊδίων φαίνεται και σε μακροπρόθεσμη κλίμακα να είναι πολύ μεγάλης εμβέλειας και να έχει ένα συγκεκριμένο χρόνο διαμονής στην επιφάνεια των υδάτων. Τα ραδιονουκλεϊδια έχουν μικρό χρόνο ημιζωής, λιγότερο από μερικές δεκάδες ημερών, και παύουν με αυτό τον τρόπο να γίνονται ανιχνεύσιμα έπειτα από μερικούς μήνες. Για αυτό το λόγο δεν έχουν μακροπρόθεσμες επιδράσεις. Το ρουθένιο 106 και το καίσιο 134 μπορούν να παραμείνουν στο θαλάσσιο περιβάλλον για πάρα πολλά χρόνια και να εξαφανισθούν με την αποσύνθεση που γίνεται στη ραδιενέργεια. Οι χρόνοι που παραμένει το καίσιο 137 μπορούν να εμφανίσουν ποικιλία από 11 ως και 30 χρόνια ανάλογα με την περιοχή. 10 χρόνια περίπου στα γεωγραφικά πλάτη και περίπου 30 χρόνια στην ισημερινή ζώνη. Όσον αφορά το πλουτώνιο ο χρόνος στον οποίο μπορεί να ανιχνευθεί είναι από 5 ως και 17 χρόνια. Ο μικρότερος χρόνος παρατηρείται στα γεωγραφικά πλάτη. Οι συγκεκριμένοι χρόνοι μπορούν να εξαρτηθούν από τις σχέσεις των ραδιονουκλεϊδίων με τα μόρια του νερού (Buzyn et al., 2011).

Ακόμα 10 ως 15 χρόνια χρειάζεται για να περάσουν τα ραδιονουκλεϊδια από το βορειοδυτικό ειρηνικό ωκεανό στην ισημερινή ζώνη. Ένα τμήμα των νερών που βρίσκεται στο Βόρειο Ειρηνικό και στην ισημερινή ζώνη του Ινδικού ωκεανού περνά στις ινδονησιακές θάλασσες και κατευθύνεται προς το νότιο Ατλαντικό ωκεανό. Για να πραγματοποιηθεί όλη αυτή η διαδικασία απαιτούνται περίπου 30 με 40 χρόνια. Μέχρι πρόσφατα οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι τα νερά του βόρειου Ειρηνικού ωκεανού δεν μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα νερά του νότιου Ειρηνικού ωκεανού και αυτό γιατί υπάρχουν ισχυρά ρεύματα στον ισημερινό. Όμως οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για να ανιχνευθεί το καίσιο 137 στην Τασμανική θάλασσα έδειξαν ότι αυτό το εμπόδιο, που οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι υπάρχει, στην πραγματικότητα είναι υδατοστεγές και οι εναλλαγές των υδάτων μπορούν να πραγματοποιηθούν (Buzyn et al., 2011).

3.2. Συνέπειες στην αλιεία

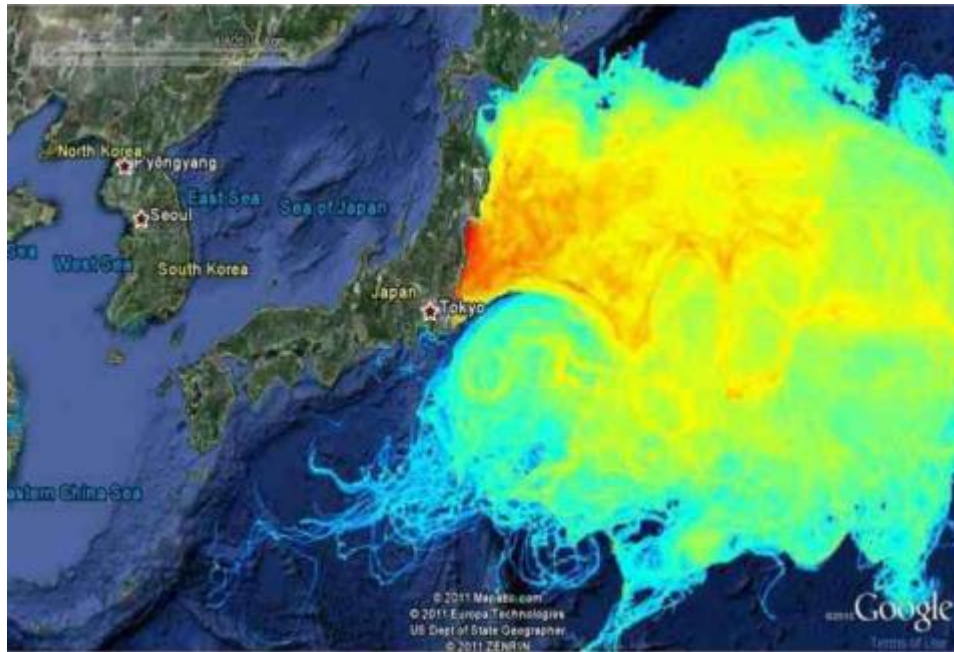
Μετά το πυρηνικό ατύχημα και πιο συγκεκριμένα μετά από 16 μήνες οι κυβερνήσεις αλλά και ορισμένοι επιστήμονες που δραστηριοποιούνταν στην ευρύτερη περιοχή υποστήριξαν ότι ήταν ασφαλές να καταναλωθούν τα ψάρια. Όμως τα στοιχεία που σχετίζονταν με τα ποσοστά της ραδιενέργειας στη θάλασσα έδειξαν το αντίθετο. Τον Ιούνιο του 2012, όταν εξετάστηκε η αλιεία της Ιαπωνίας τα ποσοστά των μολύνσεων

που εντοπίστηκαν ήταν Cs 134 και Cs 137. Το 9,3% βρέθηκε πάνω από αυτό το όριο που είναι 100Bq/Kgr. Τα επίπεδα της ακτινοβολίας ήταν ιδιαίτερα υψηλά σε πάρα πολλά είδη που εξήγαγε η Ιαπωνία. Ενδεικτικά αναφέρονται ο βακαλάος, το χέλι, η πέστροφα, ο κυπρίνος, η γλώσσα καθώς επίσης και ορισμένα από τα είδη του σολωμού (Impact on seafood safety of the nuclear accident in Japan, 2011).



Εικόνα 7: Παραμόρφωση ψαριού που αλιεύτηκε στη Fukushima

Η καταστροφή του πυρηνικού αντιδραστήρα είχε ως αποτέλεσμα τη διοχέτευση στη θάλασσα καΐσιου 45 εκατομμύρια φορές περισσότερο σε σύγκριση με την ποσότητα που υπήρχε στην περιοχή πριν το ατύχημα. Η θάλασσα έχει διαλυτική ικανότητα. Παρόλα αυτά οι συγκεκριμένοι αριθμοί δείχνουν ότι τα επίπεδα της ραδιενέργειας ήταν πολύ υψηλά στα ψάρια σε αντίθεση με ό,τι είχε προβλέψει η ιαπωνική κυβέρνηση και ορισμένοι επιστήμονες (Impact on seafood safety of the nuclear accident in Japan, 2011).



Εικόνα 8: Χάρτης επίπτωσης της ραδιενέργειας στη θάλασσα

Η Ιαπωνία εξήγαγε το πρώτο τετράμηνο του 2012 στον Καναδά περίπου 6.9 εκατομμύρια δολάρια ψάρια και άλλα καρκινοειδή. Το ποσό αυτό ανέρχεται σε 20,7 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο. Το 2011 το ποσό αυτό ήταν 16,3 εκατομμύρια δολάρια και το 2010 ήταν 15,4. Τον Ιούνιο του 2012 η Νότια Κορέα απαγόρευσε την εισαγωγή θαλασσινών από την Ιαπωνία εξαιτίας της ραδιενέργειας που είχαν (Impact on seafood safety of the nuclear accident in Japan, 2011).

3.2. Συνέπειες στην ναυτιλία και τα λιμάνια

Οι λιμενικές αρχές χρειάστηκε να εξετάσουν τις ενέργειες που χρειαζόταν να υλοποιηθούν από τους ιδιοκτήτες αλλά και τους διαχειριστές των πλοίων προκειμένου να δηλώσουν το ραδιενεργό φορτίο ή να εξασφαλίσουν ότι τα σκάφη είχαν υποστεί τον κατάλληλο καθαρισμό. Το Ρόντερνταμ είναι ο πιο μεγάλος λιμένας εμπορευματοκιβωτίων της Ευρώπης και στις 3-4 Απριλίου 2011 επιβεβαίωσε ότι πραγματοποίησε ελέγχους ακτινοβολίας σε όλα τα πλοία που προέρχονταν από την Ιαπωνία. Άλλοι λιμένες μπορεί να προβούν σε αντίστοιχες ενέργειες. Αυτό εξαρτάται από τη νομοθεσία που υπάρχει σε κάθε χώρα, στην οποία ανήκει το εκάστοτε λιμάνι. Στη Γερμανία και πιο συγκεκριμένα στο λιμάνι του Αμβούργου εξετάστηκαν σχέδια για έκτακτη ανάγκη ώστε να μπορεί να ελεγχθεί αν ένα πλοίο είναι μολυσμένο ή όχι. Σε περίπτωση που εντοπίζονταν ένα πλοίο που ήταν μολυσμένο θα έπρεπε να του απαγορευθεί η είσοδος στο λιμάνι γιατί αποτελούσε κίνδυνο για τη δημόσια υγεία της

χώρας. Τα σχέδια για έκτακτες περιπτώσεις χρειάζεται να περιλαμβάνουν το κατώτατο όριο των συστατικών που χρειάζεται να υπάρχουν ώστε να είναι προστατευμένοι οι κάτοικοι της χώρας. Οι κυβερνήσεις της κάθε χώρας είναι σε θέση να λαμβάνουν αντίστοιχες αποφάσεις στις περιπτώσεις έκτακτων αναγκών (The Sasakawa Peace Foundation, 2012).

Το 1995 στο Ηνωμένο Βασίλειο παρασχέθηκε στον Υπουργό Εξωτερικών να δώσει ορισμένες κατευθύνσεις για την ασφάλεια των πλοίων. Ενδεικτικά αναφέρονται οι ενέργειες του πλοιοκτήτη, του καπετάνιου και της λιμενικής αρχής στις περιπτώσεις όπου εντοπίζεται ένας κίνδυνος ή εντοπίζεται μία επικίνδυνη ουσία λόγω ρύπανσης. Οι ενέργειες που μπορεί να υλοποιηθούν σχετίζονται με το αν το φορτίο του πλοίου μπορεί να φορτωθεί ή όχι, να ξεφορτωθεί ή όχι ή ακόμα και να πεταχτεί στην περίπτωση που είναι μολυσμένο. Όλες αυτές οι ενέργειες έχουν επιπτώσεις στο σκάφος και στο φορτίο που μολύνεται από την ακτινοβολία. Αν τα επίπεδα είναι ιδιαίτερα υψηλά τότε παρουσιάζεται κίνδυνος στη δημόσια υγεία και την ασφάλεια (The Sasakawa Peace Foundation, 2012).

Τα λιμάνια μπορούν να επηρεαστούν με άμεσο τρόπο από έναν σεισμό, από ένα τσουνάμι και τη ραδιενέργεια που μπορεί να εκριθεί μετά από ένα πυρηνικό ατύχημα. Οι πλοιοκτήτες εκφράζουν την ανησυχία τους όταν υπάρχει ο κίνδυνος να εκτεθεί η ακτινοβολία στο τμήμα όπου υλοποιείται η φορτοεκφόρτωση. Με αυτό τον τρόπο χρειάζεται να επαναπροσδιοριστεί η θαλάσσια πορεία καθώς επίσης και τα λιμάνια που θα πρέπει να προσεγγίσει το καράβι ώστε να μην αγγίξουν τα ιαπωνικά νερά. Το πρόγραμμα των πλοίων μπορεί να αναθεωρηθεί και να πραγματοποιηθεί συνεννόηση με τους υπεργολάβους αλλά και τους διαχειριστές των πλοίων που τροφοδοτούν την ιαπωνική αγορά. Οι πλειοκτήτες σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να λάβουν σοβαρά υπόψη τους αν μπορούν με νόμιμο τρόπο να αρνηθούν να προσελκύσουν τα ιαπωνικά λιμάνια με βάσει τους όρους για τα επισφαλή λιμάνια (The Sasakawa Peace Foundation, 2012).

Ωστόσο οι πλοιοκτήτες χρειάζεται να προσέξουν ώστε πριν αρνηθούν τις διαταγές των ναυλωτών να μουν στα λιμάνια που εντοπίζονται έξω από τη ζώνη του αποκλεισμού. Σε αυτή την περίπτωση οι ναυλωτές μπορούν να επικαλεσθούν το αδικαιολόγητο της άρνησης που έχουν οι πλοιοκτήτες και να σταματήσουν να συνεργάζονται ή να ξαναμπούν στην αγορά με πιο ευνοϊκούς όρους. Με αυτό τον τρόπο κεφαλαιοποιούν την άρνηση που έχουν οι πλοιοκτήτες. Στην περίπτωση που οι ναυλωτές έχουν προσεγγίσει σε ένα λιμάνι τότε υπάρχει κίνδυνος να εκτεθούν σε

ακτινοβολία και τότε θα μπορούσαν να είναι υπόλογοι λόγω του όρου που έχουν να προσεγγίσουν ασφαλή λιμάνια. Αν ένα λιμάνι είναι ή δεν είναι ασφαλές μπορεί να εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως για παράδειγμα από το χρόνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μετά το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima κάποιοι λιμένες ήταν ακόμα αποκλεισμένοι στις 10 Απριλίου 2011. Κάποιοι άλλοι δεν ήταν και έτσι χρειάζεται να ενημερώνονται συνεχώς οι πλοιοκτήτες προκειμένου να τροποποιούν τις διαδρομές των πλοίων. Οι διαφωνίες ανάμεσα στους ναυλωτές και τους πλοιοκτήτες είναι αρκετές για αυτό το θέμα καθώς επίσης και για το ποιος είναι υπεύθυνος ώστε να πληρώσει τις όποιες καθυστερήσεις, τις αποζημιώσεις και τα έξοδα που προκύπτουν από το ότι ένα πλοίο παραμένει σε ένα λιμάνι (The Sasakawa Peace Foundation, 2012).

3.3. Συνέπειες στην βιοποικιλότητα της περιοχής

Τα είδη στις θαλάσσιες τροφικές αλυσίδες στις θαλάσσιες περιοχές κοντά στο σταθμό όπου παραγόταν ηλεκτρικό ρεύμα στη Fukushima Dai-ichi χτυπήθηκαν από τη ρύπανση της θάλασσας με ραδιενέργεια. Είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπολογισθεί το μέγεθος που είχε ο αντίκτυπος στη συνεχόμενη απελευθέρωση νερού με ραδιενέργεια που προερχόταν από τις πυρηνικές εγκαταστάσεις. Πολύ μεγάλη προσοχή χρειάζεται να δοθεί στις υδρόβιες εγκαταστάσεις, όπως για παράδειγμα στα αγροκτήματα με τα φύκια, στα μαλάκια και στην αλιεία, που είχαν τοποθετηθεί κοντά στην ακτή στις πυρηνικές εγκαταστάσεις. Το ιώδιο μπορεί να συσχετιστεί με το καφέ φύκι που αποτελεί μια σπουδαία συγκομιδή για την Ιαπωνία. Έτσι υπάρχει ένα πολύ μεγάλο ρίσκο ώστε να μολυνθεί αυτό το φύκι από τα ραδιενεργά ιώδια και κυρίως από 131I. Ωστόσο ο χρόνος ημιζωής του συγκεκριμένου ιωδίου είναι πολύ μικρός και για αυτό το λόγο οι εγκαταστάσεις χρειάζεται να μελετηθούν ξανά μετά από μερικούς μήνες (Impact of the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Σε μακροπρόθεσμο επίπεδο η παράκτια ζώνη μπορεί να υποβληθεί στη ρύπανση εξαιτίας των ομβρίων υδάτων που έρχονται από περιοχές που έχουν μολυνθεί. Τα ραδιονουκλεϊτίδια μπορούν να αναμειχθούν με το βυθό της θάλασσας κι έτσι να εντοπιστούν σημαντικά επίπεδα συγκέντρωσης ορισμένων ουσιών σε συγκεκριμένα είδη ζωής. Τα φαινόμενα συσσώρευσης σε θαλάσσια είδη μπορεί να είναι ακόμα πιο υψηλά από όσα μετριοούνται στο νερό. Έτσι μπορεί να αγγίξουν τα 10 μέχρι και αρκετές

χιλιάδες ανάλογα με την κάθε ουσία και τον κάθε οργανισμό. Η ικανότητα συσσώρευσης μπορεί να εξαρτηθεί από το μεταβολισμό του κάθε θαλάσσιου είδους. Για παράδειγμα στην περίπτωση του καισίου οι παράγοντες συγκέντρωσης μπορεί να ποικίλουν. Τα μαλάκια συγκεντρώνουν 50 ενώ τα ψάρια 400. Η συγκέντρωση του ιωδίου στα ψάρια είναι 15 και στα φύκια 10.000. Από τη στιγμή που η ραδιενέργεια εισβάλλει στο νερό τότε μπορεί να βλάψει τη θαλάσσια ζωή με πάρα πολλούς τρόπους. Ενδεικτικά αναφέρονται ο θάνατος τους, η δημιουργία των μεταλλάξεων τους ή τα ραδιενεργά στοιχεία της τροφικής αλυσίδας (Impact of the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Το πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima είχε ως συνέπεια να μειωθούν τα ψάρια στη γύρω περιοχή. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί, τα αυγά και οι προνύμφες είναι πολύ ευαίσθητοι οργανισμοί στη ραδιενέργεια και μπορεί να μεταβληθεί το DNA τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν, αλλά όσοι το κάνουν περνούν τις ανωμαλίες τους στις επόμενες γενιές τους. Με αυτό τον τρόπο επηρεάζεται ο πληθυσμός των θαλάσσιων οργανισμών. Πιο ευαίσθητα φαίνεται ότι είναι τα μαλάκια, οι ανεμώνες, οι μέδουσες και ιδιαίτερα οι οργανισμοί που έχουν μαλακά σώματα και τα ψάρια σε σύγκριση πάντα με τα οστρακοειδή. Η ποσότητα της ραδιενέργειας μπορεί να κάψει τα ψάρια στην περίπτωση όπου περάσουν από ζεματιστό νερό. Για αυτό το λόγο ορισμένα είδη του Ειρηνικού ωκεανού, όπως για παράδειγμα ο τόνος και οι ξιφίες, που είναι ήδη θύματα υπεραλίευσης, κινδυνεύουν ακόμα περισσότερο εξαιτίας της ραδιενέργειας (Impact of the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Η ραδιενέργεια μπορεί να περάσει στον άνθρωπο στις περιπτώσεις όπου εκείνος καταναλώνει μολυσμένους οργανισμούς. Οι αρχές στην Ιαπωνία επέβαλλαν όρια στους κανονισμούς που σχετίζονταν με τα ραδιονουκλεΐδια και άλλους περιορισμούς για τα υπόλοιπα τρόφιμα, στα οποία συμπεριλαμβάνονταν και τα θαλασσινά και τα ψάρια που αλιεύονταν στις τριγύρω περιοχές. Ο πρώτος θαλάσσιος οργανισμός που προσβλήθηκε ήταν το χέλι της άμμου, αλλά το συγκεκριμένο είδος δεν εξάγεται. Τα ψάρια που ήταν μολυσμένα, όπως ήταν αναμενόμενο, δεν μπήκαν στην αγορά της χώρας. Ορισμένα ψάρια που μεταναστεύουν, όπως για παράδειγμα ο τόνος βορείου Ειρηνικού ή ο σολομός της Αλάσκας, δαπανούν ένα πολύ μεγάλο μέρος της μετανάστευσης τους έξω από τα νερά της Ιαπωνίας. Εξαιτίας του χρόνου που χρειάζεται για να αλιευθούν τα ψάρια και να μεταφερθούν ή και να πουληθούν είναι επαρκής ώστε το επίπεδο των βραχύβιων ραδιονουκλεϊδίων να μειωθεί σε πολύ

σημαντικό βαθμό. Αυτό υλοποιείται μέσω της φυσικής ραδιενεργού αποσύνθεσης. Το καίσιο που είναι ραδιενεργό μειώνεται στις περιπτώσεις όπου το ψάρι φύγει από τα μολυσμένα νερά και αυτό γιατί δεν συγκεντρώνεται στον οργανισμό του. Η ημιζωή του καισίου στα ψάρια είναι 5 ως και 100 ημέρες (Impact of the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi, 2011).

Κεφάλαιο 4: Πολιτικές προεκτάσεις

4.1. Ζητήματα που αφορούν την ανασυγκρότηση σε τοπικό επίπεδο

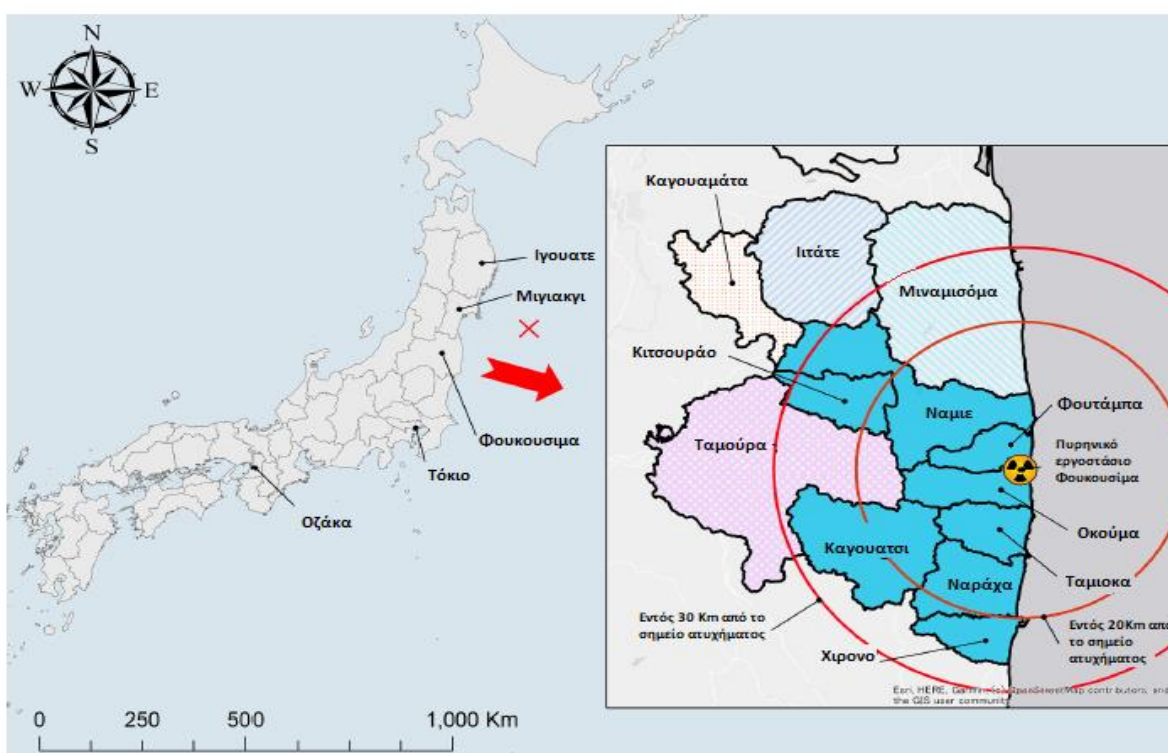
Έπειτα από την καταστροφή χρειάστηκε να θεσπιστούν συγκεκριμένα μέτρα για να ενισχυθούν οι υποστηρικτικές δραστηριότητες των τοπικών κυβερνήσεων, όπως για παράδειγμα τα μέτρα που αφορούσαν την εκκένωση του πληθυσμού αλλά και την προστασία όσων είχαν πληγεί. Ακόμα τα μέτρα μπορούσαν να αφορούν τα εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα σε περιπτώσεις όπου υπήρχε έκτακτη ανάγκη (The Cabinet Office, 2015).

4.1.1. Θεσμικές προβλέψεις για την ανασυγκρότηση σε τοπικό επίπεδο

Μετά την καταστροφή του 2011 εκδόθηκαν πολλές νομικές ρυθμίσεις που σχετίζονταν με την αποκατάσταση αλλά και την ανασυγκρότηση. Εφτά νόμοι αφορούσαν την υποστήριξη των θυμάτων, πέντε αφορούσαν την αποκατάσταση και τρεις αφορούσαν την ανασυγκρότηση των επιχειρήσεων. Έξι αφορούσαν την υποστήριξη των δημοτικών αρχών, εννιά την αντιμετώπιση του πυρηνικού ατυχήματος και δώδεκα την χρηματοδότηση και τη ρύθμιση άλλων θεμάτων. Επιπλέον η κυβέρνηση μπορούσε να εφαρμόσει τη Βασική Πράξη του 1961 και έτσι προχώρησε σε νομικές ρυθμίσεις για τη σύσταση φορέα αποκατάστασης, τη δημιουργία ειδικών ζωνών αποκατάσταση και την έκδοση ομολόγων αποκατάστασης (Mochizuki, 2014).

Η επιτάχυνση της ανασυγκρότησης θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε 227 δήμους μέσω της εφαρμογής ειδικών μέτρων που θα περιλάμβαναν τις διευκολύνσεις και τις απλοποιήσεις των διαδικασιών, τις φορολογικές ελαφρύνσεις και την οικονομική και χρηματοδοτική υποστήριξη. Ακόμα χρειαζόταν να αναδιαρθρωθούν οι χρήσεις γης. Χρειαζόταν με άλλα λόγια να παρασχεθούν οι απαραίτητες διευκολύνσεις και απλοποιήσεις που αφορούσαν τη μετατροπή της αγροτικής γης σε άλλες χρήσεις, σε φοροαπαλλαγές για τους εργαζόμενους και σε νέες επιχειρήσεις, στη χρηματοδότηση και στην επιδότηση του επιτοκίου για την αποκατάσταση καθώς επίσης και για τις ρυθμίσεις που αφορούσαν την πολεοδομία ώστε να ληφθούν οι αποφάσεις για την ανασυγκρότηση. Άλλα θέματα που χρειαζόνταν να διευθετηθούν ήταν η αύξηση στο συντελεστή δόμησης για τα κτίρια που εκκενώνονταν κατακόρυφα (Reconstruction Agency, 2013).

Οι δήμοι χρειάζονταν είτε μόνοι τους είτε σε συνεργασία με τη νομαρχία να εκπονούν τα σχέδια που ήταν απαραίτητα ώστε μία ζώνη να χαρακτηριστεί ως ειδική ζώνη. Οι απαιτούμενες αλλαγές χρειάζονταν να ανακοινωθούν και να παρουσιαστούν στους κατοίκους και να προβλεφθούν οι σχετικές ακροάσεις και οι διαβουλεύσεις προκειμένου να οριστικοποιηθούν. Στις ειδικές ζώνες διευκολύνονταν σε σημαντικό βαθμό η αλλαγή της χρήσης γης, όπως για παράδειγμα από αγροτική γη σε κατοικία και προβλεπόταν ότι η ανάπτυξη των οικισμών θα πραγματοποιηθεί σε τοποθεσίες που πιο πριν θεωρούνταν ότι είναι ακατάλληλες. Οι χρονοβόρες διαδικασίες ώστε να σχεδιαστεί οτιδήποτε αφορούσε την πολεοδομία και στις οποίες συμμετείχαν πολλοί φορείς, πλέον απλοποιήθηκαν και οι σχετικές άδειες μπορούσαν να εκδοθούν από μία και μοναδική αρχή. Οι αναθεωρήσεις για τα σχέδια πόλης, τα σχέδια αξιοποίησης της γεωργικής γης καθώς επίσης και τα αναπτυξιακά σχέδια εκδόθηκαν από μία και μοναδική υπηρεσία (Δανδουλάκη, 2016).



Εικόνα 9: Χάρτης επίπτωσης της ραδιενέργειας στη θάλασσα

Οι δήμοι μπορούσαν πλέον να υλοποιήσουν τα πολεοδομικά σχέδια που ήταν απαραίτητα ώστε στις μπλε ζώνες να μεταφερθούν οι κατοικίες, στις κόκκινες ζώνες να επιτραπεί η εμπορική και βιομηχανική χρήση τους και στις πράσινες ζώνες να επιτραπεί η εγκατάσταση των απαραίτητων ενεργειών που σχετίζονταν με την αλιεία.

Οι δήμοι είχαν πλέον την αρμοδιότητα ώστε να υλοποιήσουν την εφαρμογή των τοπικών κανονισμών αντί να εφαρμόσουν τους εθνικούς, όπως προβλεπόταν «από την Πράξη για την Κατασκευή Βιομηχανιών και την Πράξη για την Προώθηση της Κατασκευής Επιχειρήσεων» (Δανδουλάκη, 2016: 113). Με αυτό τον τρόπο μπορούσαν να καθορίσουν τις πιο μικρές περιβαλλοντικές απαιτήσεις καθώς επίσης και τις απαιτήσεις για το πράσινο. Υπήρχε επίσης η δυνατότητα ώστε να υπάρξει μείωση των περιορισμών για το που θα αναπτύσσονταν η βιομηχανία. Για παράδειγμα σε μια εμπορική ζώνη που επλήγη δινόταν άδεια για να κατασκευαστεί μία βιομηχανία που να επεξεργάζεται τα αλιεύματα. Η βιομηχανία μπορούσε να βρίσκεται δίπλα από τα εστιατόρια ή τα άλλα καταστήματα που εμπορεύονταν ψάρια και αυτό για να μπορέσει να προωθήσει στη ζώνη τις σχετικές επιχειρήσεις. Άλλο ένα παράδειγμα είναι η κατασκευή των καταστημάτων και των αντίστοιχων κτιρίων που είχαν μέτριο ύψος έπειτα από την κατασκευή αναχώματος σε περιοχές που ήταν αποκλειστικά βιομηχανικές. Έτσι μπορούσαν να ενισχυθούν οι εμπορικές δραστηριότητες (Reconstruction Agency, 2013).

4.1.2. Εργαλεία και πρακτικές ανασυγκρότησης σε τοπικό επίπεδο

Τα σχέδια και τα προγράμματα ανασυγκρότησης μπορούσαν να διαφέρουν σε πολύ σημαντικό βαθμό όσον αφορά το αν αναφέρονταν σε δήμους ή συνοικίες. Τα σχέδια για την ανασυγκρότηση σε επίπεδο δήμου υιοθετήθηκαν από τις προσεγγίσεις: «Μετακίνηση σε υψηλότερο έδαφος», «Προστασία πολλών επιπέδων» και «Κανόνας 2-2» (Hirano, 2013).

Η περιφέρεια Tohoku επλήγη πολλές φορές από το τσουνάμι. Μετά την καταστροφή από το τσουνάμι οι οικισμοί ανακατασκευάστηκαν σε πιο υψηλό έδαφος. Ορισμένοι οικισμοί αύξησαν τον πληθυσμό τους και επεκτάθηκαν ξανά σε πιο χαμηλό έδαφος και έτσι καταστράφηκαν. Πριν ακόμα ανακοινωθούν τα μέτρα προστασίας για έκτακτες ανάγκες, οι αρχές χρειάζεται να λαμβάνουν υπόψη τους τις προηγούμενες καταστροφές ώστε να παίρνουν τις κατάλληλες αποφάσεις. Χρειάζοταν οι οικισμοί να μετακινηθούν σε πιο υψηλό έδαφος. Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε κυρίως στην ακτή ρια που βρισκόταν στο βόρειο μέρος του Tohoku (Hirano, 2013).

Σύμφωνα με τον κανόνα 2-2 χρειαζόταν να κατασκευαστεί ένας τοίχος που να προστατεύει την εκάστοτε περιοχή από τσουνάμι επιπέδου 1 ενώ ένα τσουνάμι επιπέδου 2 μπορούσε να πλήξει την πλημμύρα. Προκειμένου να μειωθούν οι βλάβες

ήταν πολύ σημαντικό να πραγματοποιηθεί εξέταση των επιπέδων βλάβης. Οι μελέτες έδειξαν ότι χρειάζονταν εμπειρικά δεδομένα ώστε να δημιουργηθεί τοίχος με ύψος πάνω από 2 μέτρα. Για αυτό το λόγο πολλές κοινότητες πλέον άρχισαν να χρησιμοποιούν αυτή τη νέα γνώση ώστε να σχεδιάζουν έργα ανασυγκρότησης. Σε αυτές τις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως κόκκινες ζώνες, απαγορευόταν η ανοικοδόμηση των κατοικιών και μπορούσαν να υλοποιηθούν μόνο εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Στις κίτρινες ζώνες μπορούσε να επιτραπεί η χωροθέτηση των κατοικιών εφόσον λαμβάνονταν τα απαραίτητα κατασκευαστικά μέτρα, όπως για παράδειγμα η υπερύψωση των κτιρίων. Προκειμένου να επιτραπεί η εγκατάσταση των κατοικιών χρειάζονταν έργα επιχωμάτωσης για να ανυψωθεί το έδαφος (Hirano, 2013).

Ο αυτοκινητόδρομος East Sendai Expressway σταμάτησε το τσουνάμι, όπως θα έκανε κι ένα προστατευτικό τοίχος. Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε η ιδέα ώστε να προστατευθούν από άλλα τσουνάμι στο μέλλον. Με άλλα λόγια χρειαζόταν να κατασκευαστεί ένα τοίχος για να προστατεύσει την περιοχή από τσουνάμι Επιπέδου 1 και να ανακόψει ένα τσουνάμι Επιπέδου 2 και στη συνέχεια ενός αυτοκινητόδρομου που θα λειτουργήσει ως ένας κυματοθραύστης επί του εδάφους ώστε να ανακόψει το τσουνάμι επιπέδου 2. Αυτή η λύση θα μπορούσε να αναπροσαρμόσει τη γεωμορφολογία της περιφέρειας Tohoku, όπου δεν υπάρχουν βουνά ή λόφοι και έτσι χρειάζεται να ανοικοδομηθούν οι οικισμοί σε ένα πιο υψηλό έδαφος. Ακόμα χρειάζεται να αξιοποιηθούν τα φυσικά εμπόδια καθώς επίσης και τα ελεγχόμενα δάση όπου ενισχύεται η ρίζωση τους προκειμένου να ανθίστανται στην ορμή του νερού (Muchizuki, 2014).

Η βασική κατεύθυνση της Κυβέρνησης ήταν να μην επιτρέπεται να εγκατασταθεί μία κατοικία στην επικίνδυνη ζώνη από τσουνάμι επιπέδου 2 και η χωροθέτηση της επιτρεπόταν μόνο όπου το βάθος του νερού ήταν μικρότερο από 2 μέτρα. Ο νέος κανονισμός για τη δόμηση επέτρεπε να οικοδομηθούν κτίρια το πολύ πέντε ορόφων με πάρκινγκ ή ένα κατάστημα στο ισόγειο.

Ο σχεδιασμός για την ανασυγκρότηση σε επίπεδο δήμου απαιτούσε να ρυθμιστούν αρκετά ζητήματα, όπως για παράδειγμα η αβεβαιότητα που σχετιζόταν με την εκτίμηση και τη μείωση του κινδύνου της καταστροφής, τις δυσκολίες που υπήρχαν για τη χρηματοδότηση, τις περιπλοκές στο καθεστώς της ιδιοκτησίας των ακινήτων και των χρήσεων γης, των θεμάτων υποδομών, των πολύπλοκων και χρονοβόρων συμμετοχικών διαδικασιών και των δυσκολιών που υπήρχαν προκειμένου οι

εμπλεκόμενοι να συμφωνήσουν τις κατάλληλες ενέργειες. Σε τοπικό επίπεδο λοιπόν η όλη σχεδίαση για την ανασυγκρότηση χρειαζόταν την αξιοποίηση των επιτροπών των κατοικιών, των εμπειρογνομόνων, των εκπροσώπων των τοπικών φορέων κλπ. και περιλάμβανε τις έρευνες, τις συναντήσεις, τη διάχυση πληροφορίας και τις διαβουλεύσεις. Η κυβέρνηση της Ιαπωνίας έθεσε εμπειρογνώμονες στους Δήμους προκειμένου να ενισχύσει τα τεχνικά θέματα και τα προβλήματα σε περίπτωση που εντοπίζονταν κάποιος κίνδυνος. Οι διαδικασίες αυτές ορισμένες φορές χαρακτηρίστηκαν από επιτυχία ενώ άλλες από αποτυχία. Στο Sendai υλοποιήθηκαν πάνω από 80 συναντήσεις και εργαστήρια και υποβλήθηκαν πάνω από 2.000 σχόλια κι αντίστοιχες προτάσεις. Σε ορισμένους δήμους η συμμετοχή των κατοίκων διαδραμάτισε σπουδαίο ρόλο, ενώ σε άλλους, όπως για παράδειγμα στο Ishinomaki, οι διαβουλεύσεις ήταν περισσότερο προσηματικές (Murakami et al., 2014).

Ο πληθυσμός που μετεγκαταστάθηκε ακολούθησε διαφορετικές στρατηγικές. Η περιοχή της κατοικίας που βρισκόταν μέσα σε μια επικίνδυνη περιοχή μπορούσε να μετακινηθεί σε μια άλλη που θεωρούνταν ότι είναι πιο ασφαλή. Οι διαφορετικές περιοχές της κατοικίας μπορούσαν να μεταφερθούν σε μια πιο ασφαλή περιοχή ή σε συνδυασμό των ανωτέρω. Η συνενωμένη μετεγκατάσταση κατοικίας αναφερόταν στα οργανωμένα προγράμματα στα οποία το κόστος της αγοράς της γης το αναλάμβανε η κεντρική κυβέρνηση και το κόστος της κατασκευής των κτιρίων αναλαμβάνονταν από το νοικοκυριό κι ίσως η πολιτεία τους ενίσχυε οικονομικά. Η όλη διαδικασία διέφερε από μέρος σε μέρος (Muchizuki, 2014).

Ο Pushpalal (2013) περιέγραψε το τι συνέβη στην Tamaura. Με βάση την πολιτική που ίσχυε, η κυβέρνηση θα αγόραζε από όσους είχαν στην ιδιοκτησία τους γη στην επικίνδυνη ζώνη σε τιμές που είχαν πριν από τις καταστροφές. Οι τιμές της γης καθ' όλο το μήκος της ακτής ήταν πάρα πολύ χαμηλές ενώ οι τιμές στις περιοχές όπου πραγματοποιήθηκε η μετεγκατάσταση είχαν πολλαπλασιαστεί. Οι ιδιοκτήτες πλέον δεν μπορούσαν να αγοράσουν γη στις νέες τοποθεσίες εξαιτίας των τιμών και έτσι μπορούσαν να νοικιάσουν κατοικίες σε πιο οργανωμένα δημόσια συγκροτήματα.

Η διαδικασία της ανασυγκρότησης μπορούσε να περιγραφεί ως μια διαδικασία που είχε κατεύθυνση από τα επάνω προς τα κάτω και στην οποία η κεντρική και περιφερειακή διοίκηση προσδιόριζαν το ύψος από τα προστατευτικά τοίχοι και οι τοπικές κυβερνήσεις μπορούσαν να προσαρμόσουν το σχεδιασμό του χώρου. Η κεντρική κυβέρνηση προσέφερε ένα κατάλογο από πιθανά προγράμματα στις τοπικές κυβερνήσεις καθώς επίσης και στήριξη όσον αφορά τον οικονομικό τομέα. Η

χρηματική στήριξη είχε ως προϋπόθεση ότι θα τηρούνταν όλες οι απαιτούμενες προδιαγραφές που τίθονταν (Muchizuki, 2014). Στην πράξη η ανασυγκρότηση που πραγματοποιούνταν σε τοπικό επίπεδο χρειαζόνταν τον κατάλληλο συντονισμό κινήσεων και τις κατάλληλες διαβουλεύσεις. Οι τοπικές κυβερνήσεις μπορούσαν να υποβάλλουν αιτήματα για να χρηματοδοτηθούν τα κατάλληλα προγράμματα μέσα από την επίσημη οδό, με άλλα λόγια μέσω του Φορέα Ανασυγκρότησης, αλλά αξιοποιούνταν την ίδια στιγμή και οι άτυπες οδοί.

Όσον αφορά το τοπικό επίπεδο και την ανασυγκρότηση υπήρχαν ορισμένα διλήμματα που χρειαζόνταν να αντιμετωπιστούν. Αρχικά η κατοικία που χρειαζόνταν να μεταφερθεί σε ένα πιο υψηλό έδαφος για να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα της, αύξανε τις δυσκολίες πρόσβασης στις εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες που παρέμεναν κοντά στη θάλασσα, την αλιεία αλλά και τη γεωργία που ήταν τρόποι επιβίωσης των κατοίκων αυτών των περιοχών. Οι αυτοκινητόδρομοι που ήταν υπερυψωμένοι εμπόδιζαν την επαφή των ατόμων με τη θάλασσα και οι υψηλοί κυματοθραύστες είχαν ως συνέπεια τη δημιουργία ποικίλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, εμπόδιζαν τη θέα προς τη θάλασσα και μείωναν την ποιότητα του τοπίου. Έτσι η τάση να εγκαταλειφθούν πολλές περιοχές πριν από την καταστροφή και οι δυσκολίες αυτές ενίσχυαν περαιτέρω τη μείωση του πληθυσμού (Reconstruction Agency, 2016).

Οι παράκτιες ζώνες εγκαταλείφθηκαν και δημιουργήθηκε το ερώτημα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο μπορούσαν να αξιοποιηθούν στο μέλλον. Πολλές πόλεις προγραμμάτιζαν την κατασκευή των λεγόμενων Πάρκων Μνήμης, που είχαν πολύ μεγάλο κόστος στο να συντηρηθούν. Το κόστος αυτό δεν μπορούσαν να το επωμιστούν οι παρακμάζουσες οικονομικά περιοχές. Ορισμένοι δήμοι σχεδίασαν την επαναφορά της γεωργίας στις συγκεκριμένες ζώνες αλλά απαιτούνταν έργα προκειμένου να μετατραπεί η γεωργική γη σε γη όπου μπορούσε να κατοικηθεί. Ο διαχωρισμός που γίνονταν στις χρήσεις ανάλογα με το πόσο επικίνδυνη ήταν κάθε ζώνη οδηγούσε σε ολοένα και μεγαλύτερη αστική διάχυση παρόλο που η ιαπωνική πολεοδομία κυριαρχούσε ότι έκανε βήματα για μια συμπαγής πόλη (Reconstruction Agency, 2016).

Άλλες δυσκολίες ήταν τα προβλήματα στις ιδιότυπες ιδιοκτησίες των περιοχών που είχαν πληγεί και προκαλούσαν αναπόφευκτα διάφορες τριβές ανάμεσα στους κατοίκους (Yonekura, 2013). Εκτός από τα τεχνικά ζητήματα το να προωθηθεί η ανάπτυξη των διαδικασιών και να προαχθεί η διακυβέρνηση, προσέκρουε στην έλλειψη της κουλτούρας συμμετοχής αλλά και σε διάφορες ανεπάρκειες στις

διαδικασίες διαλόγου που καθιστούσαν προβληματικές τις ανάλογες διαδικασίες, που προσπαθούσαν να υλοποιήσουν αρκετοί δήμοι (Aoki, 2016; Cho, 2014; Mochizuki, 2014; Platt, 2013; Murakami et al., 2014).

Κατά συνέπεια η θεαματική πρόοδος που έγινε από την αποκατάσταση ενός μέρους που επλήγη αφορούσε τις ενέργειες που υλοποίησε η εθνική κυβέρνηση και οι περιφέρειες. Όσον αφορά το τοπικό επίπεδο γίνονταν διάφορες ενέργειες ώστε να αναστραφούν οι προκαταστροφικές αρνητικές δυναμικές (Reconstruction Agency, 2016).

Κεφάλαιο 5: Επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων

5.1. Η ψυχική υγεία των πληγέντων

Μια καταστροφή έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ψυχική υγεία των πληγέντων. Τα προβλήματα ψυχικής υγείας, συμπεριλαμβανομένων των συμπτωμάτων του μετατραυματικού στρες καθώς και η μη ειδική ψυχολογική δυσφορία, όπως για παράδειγμα η κατάθλιψη και το άγχος, αυξάνονται στις πληγείσες περιοχές (Goldman & Galea, 2014). Ο υψηλός επιπολασμός του μετατραυματικού στρες, τα συμπτώματα και η ψυχολογική δυσφορία αναφέρθηκαν από τους κατοίκους της Fukushima (Harada et al., 2015; Niitsu et al., 2014; Oe et al., 2016; Yabe et al., 2014).

	Σύνολο		K6 score [T2]			PCL-S6 score [T2]		
	n/ Μέσος Όρος	% /SD	Υψηλό (5 ή μεγαλύτερο)		p	Υψηλό (17 ή μεγαλύτερο)		p
			n/ Μέσος Όρος	% /SD		n/ Μέσος Όρος	% /SD	
Κατοικημένη Περιοχή								
Ανατολική παράκτια περιοχή (Hama-dori)	88	7.7	33	10.8	***	6	10.9	**
Κεντρική περιοχή (Naka-dori)	631	55.0	189	61.8		41	74.6	
Δυτική περιοχή (Aizu)	429	37.4	84	27.5		8	14.6	
Ηλικία, χρόνια								
20-39	465	40.5	157	51.3	***	26	47.3	
40-64	411	35.8	102	33.3		20	36.4	
65+	272	23.7	47	15.4		9	16.4	
Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	48.2	16.9	44.2	15.8	***	44.8	15.8	
Φύλο								
Ανδρας	510	44.4	130	42.5		25	45.5	
Γυναίκα	638	55.6	176	57.5		30	54.6	
Μορφωτικό επίπεδο								
Γυμνάσιο	130	11.3	31	10.1		8	14.6	
Λύκειο	582	50.7	160	52.3		29	52.7	
Τεχνική Σχολή	250	21.8	60	19.6		12	21.8	
Πανεπιστήμιο	186	16.2	55	18.0		6	10.9	
Επίπεδο εισοδήματος των νοικοκυριών								
Χαμηλό	443	38.6	116	37.9		25	45.5	
Μεσαίο	554	48.3	154	50.3		27	49.1	
Υψηλό	151	13.2	36	11.8		3	5.5	
Οικογενιακή κατάσταση								
Εγγαμοί	754	65.7	183	59.8	*	34	61.8	
Σε διάσταση, χωρισμένοι, άγαμος ή άγνωστο	394	34.3	123	40.2		21	38.2	
Αριθμός μελών οικογένειας στο νοικοκυριό								
1	120	10.5	31	10.1		6	10.9	
2	261	22.7	75	24.5		12	21.8	
3+	767	66.8	200	65.4		37	67.3	
Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	3.4	1.6	3.3	1.5		3.5	1.7	
Διαβίωση								
Ιδιόκτητα σπίτια	978	85.2	245	80.1	**	44	80.0	
Άλλο ^{a)}	170	14.8	61	19.9		11	20.0	
Σωματική ασθένεια υπό θεραπεία	288	25.1	71	23.2		14	25.5	
Επιπτώσεις από τον μεγάλο σεισμό στην ανατολική Ιαπωνία								
Άμεση ζημιά ^{b)}								
0	774	67.4	196	64.1	*	30	54.6	*
1	293	25.5	77	25.2		16	29.1	
2+	81	7.1	33	10.8		9	16.4	
Οικογενειακά προβλήματα που σχετίζονται με την καταστροφή ^{c)}								
0	1058	92.2	264	86.3	***	41	74.6	***
1+	90	7.8	42	13.7		14	25.5	
Κοινωνικά δίκτυα								
Οικογένεια και φίλοι (LSNS-6 ^{d)}) (εύρος βαθμολογίας: 0-30)	14.7	6.0	12.2	5.9	***	12.7	6.3	*
Ανήκουν σε ομάδες	854	74.4	199	65.0	***	36	65.5	
Σωματική ασθένεια υπό θεραπεία (εύρος βαθμολογίας: 7-28) [T1]	15.0	4.3	16.1	4.5	***	19.5	4.2	***
Ψυχολογική καταπόνηση (εύρος βαθμολογίας: 0-24) [T1]	3.4	4.5	7.4	5.3	***			
Συμπτώματα μετατραυματικού στρες (εύρος βαθμολογίας: 6-30) [T1]	8.4	3.6				14.1	6.5	***

Εικόνα 10: Κοινωνικοδημογραφικά χαρακτηριστικά, χαρακτηριστικά που σχετίζονται με καταστροφές και κοινωνικά δίκτυα, και αντιλήψεις κινδύνου ακτινοβολίας, ψυχολογική δυσφορία και συμπτώματα μετατραυματικού στρες

Αυτά τα προβλήματα ψυχικής υγείας μπορεί να παραμείνουν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως αναφέρθηκε στο πυρηνικό ατύχημα του Τσέρνομπιλ (Bromet et al., 2011; Bromet, 2014). Μετά το ατύχημα στη Fukushima η εμπιστοσύνη του κοινού στην εθνική κυβέρνηση κλονίστηκε, όπως επίσης και η εμπιστοσύνη στους εμπειρογνώμονες (Ando, 2018). Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν επτά μήνες ως ένα έτος μετά το ατύχημα έδειξαν ότι υπήρχε έλλειψη εμπιστοσύνης των πολιτών στους φορείς διαχείρισης των εργοστασίων πυρηνικής ενέργειας (Tsujikawa, 2016), στους οργανισμούς που ήταν υπεύθυνοι για τη διαχείριση των κινδύνων των ατυχημάτων στα πυρηνικά εργοστάσια (Nakayachi, 2012), όπως αναφέρεται στους Fukasawa et al., 2020) και στην επιστήμη (Arimoto & Sato, 2012).

Προκλήθηκε σύγχυση στον απόηχο του ατυχήματος και των μέτρων που έλαβε η κυβέρνηση, όπως για παράδειγμα η εκκένωση των περιοχών και ο καθορισμός συγκεκριμένων προτύπων για την απομάκρυνση της ρύπανσης και την ασφάλεια των τροφίμων που φαίνεται να είχε βλάψει την εμπιστοσύνη του κοινού στην εθνική κυβέρνηση και στους εμπειρογνώμονες (Ando, 2018). Η απώλεια της εμπιστοσύνης στις αρχές παρατηρήθηκε και σε άλλα ατυχήματα σε πυρηνικούς σταθμούς (Dohrenwend et al., 1981; Goldsteen & Schorr, 1982; Prince – Embury & Rooney, 1987; Koscheyev et al., 1997, όπως αναφέρεται στους Fukasawa et al., 2020).

Η δυσπιστία στην κυβέρνηση μετά το πυρηνικό ατύχημα μπορεί να είχε αρνητικές επιπτώσεις στην ψυχική υγεία. Ορισμένες μελέτες ανέφεραν συσχετίσεις ανάμεσα στη δυσπιστία στην κυβέρνηση και στην ψυχική υγεία ή στο άγχος των ατόμων. Ο Homerich (2012, όπως αναφέρεται στους Fukasawa et al., 2020) ανέφερε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση ανάμεσα στην εμπιστοσύνη στους κυβερνητικούς θεσμούς και στην ευεξία. Οι Murakami et al. (2016, όπως αναφέρεται στους Fukasawa et al., 2020) έδειξαν ότι η εμπιστοσύνη στην κεντρική κυβέρνηση συσχετίστηκε με το χαμηλότερο κίνδυνο για τις επιπτώσεις της ραδιενέργειας στην υγεία των κατοίκων. Οι Nakayama et al. (2019, όπως αναφέρεται στους Fukasawa et al., 2020) υποστήριξαν ότι η εμπιστοσύνη στα κυβερνητικά υπουργεία και την τοπική αυτοδιοίκηση συσχετίστηκαν με χαμηλότερο άγχος κι έτσι η υγεία των κατοίκων ήταν καλύτερη 5.5 χρόνια μετά το πυρηνικό ατύχημα.

Ακόμα παρατηρήθηκε μια αιτιώδης σχέση ανάμεσα στη δυσπιστία προς την κυβέρνηση και την ψυχική υγεία των κατοίκων. Ενώ οι προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι υπήρχαν συσχετίσεις δυσπιστίας στην κυβέρνηση, η πιθανή έκθεση σε ακτινοβολία συσχετίστηκε με τα συμπτώματα του μετατραυματικού στρες (Fukasawa et al., 2020).

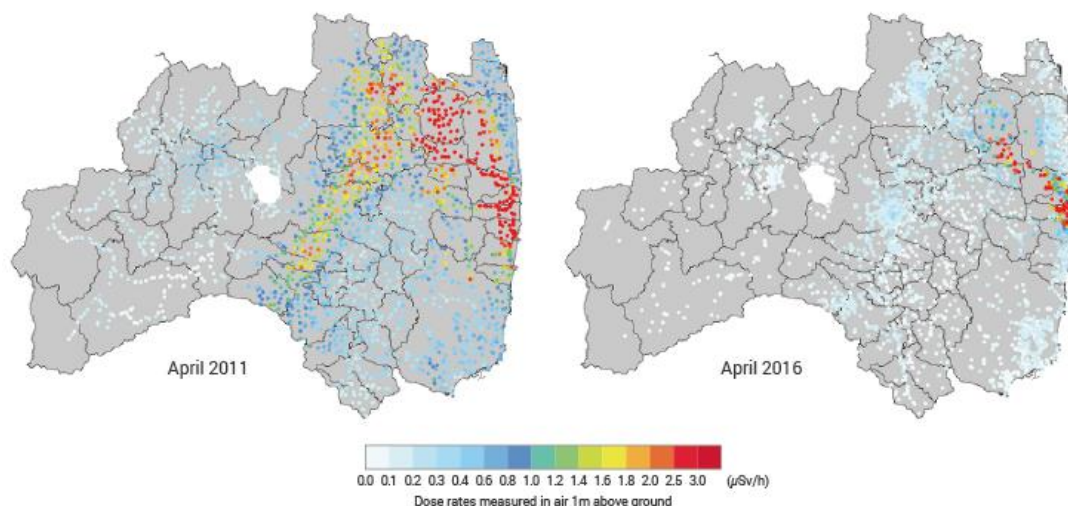
Τα προβλήματα ψυχικής υγείας μετά από το πυρηνικό ατύχημα παρέμεναν για πολλά χρόνια (Bromet et al., 2011; Bromet, 2014).

5.2. Η διαχείριση της υγείας των ευάλωτων ομάδων

Η διαχείριση της υγείας των ευάλωτων ομάδων είναι σημαντική στο πλαίσιο της πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη (Marmot, 2005; Waisel, 2013; Bethel et al., 2011). Μελέτες έδειξαν ότι οι κοινωνικοί παράγοντες της υγείας είχαν μεγάλο αντίκτυπο στην υγεία και σε όσα άτομα είχαν χαμηλό κοινωνικοοικονομικό στάτους κι ήταν ιδιαίτερα ευάλωτοι σε επικίνδυνα γεγονότα, όπως για παράδειγμα οι φυσικές καταστροφές (Marmot, 2005; Sawano et al., 2016).

Τα μέλη των ευάλωτων ομάδων συχνά δυσκολεύονται να απεγκλωβιστούν από τις δυσμενείς συνθήκες που ζουν (Bethel et al., 2011; Sawano et al., 2016; Anikeeva et al., 2016). Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν είναι η βελτίωση της πρόσβασης στις υπηρεσίες κοινωνικής υποστήριξης, ως ένα τμήμα της διαχείρισης της υγείας μετά από το πυρηνικό ατύχημα.

Η ραδιενέργεια μπορεί να υπάρξει στις περιοχές όπου συνέβη το ατύχημα πολλά χρόνια αργότερα και αυτό να έχει αρνητικές συνέπειες τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τα ζώα που ζουν σε αυτές τις περιοχές. Για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη διαχείριση της υγείας των ευάλωτων ομάδων. Οι ευάλωτες ομάδες χρειάζεται να έχουν πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη (Sawano et al., 2019).



Εικόνα 11: Μόλυνση τον Απρίλιο 2011 και Απρίλιο 2016

Προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι η εκκένωση των περιοχών μετά από καταστροφές είχαν μεγαλύτερο αντίκτυπο στις ευάλωτες ομάδες, όπως για παράδειγμα στους ηλικιωμένους και στα άτομα με ειδικές ανάγκες, παρά στο γενικό πληθυσμό (Morita et al., 2017). Η εφαρμογή της εκκένωσης για την πρόληψη των άμεσων επιπτώσεων της ακτινοβολίας στην υγεία αμέσως μετά την καταστροφή και η μακροπρόθεσμη διαχείριση της χρόνιας νόσου κατά την περίοδο μετά την καταστροφή είναι επιτακτική ανάγκη ώστε να διαχειριστεί η κυβέρνηση την υγεία των ευάλωτων ομάδων (Nomura et al., 2016).

Ωστόσο υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη διαχείριση των επιπτώσεων της υγείας μετά από την έκθεση σε ακτινοβολία των ευάλωτων ομάδων μετά από πυρηνικές καταστροφές. Το Μάρτιο του 2011 η κυβέρνηση της Ιαπωνίας εξέδωσε υποχρεωτική εντολή εκκένωσης μετά το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima. Η κυβέρνηση πρόσφερε δωμάτια στους ανθρώπους που χρειάστηκε να εκκενώσουν τα σπίτια τους. Το Μάρτιο του 2017 η κυβέρνηση αποφάσισε να τερματίσει τη δωρεάν στέγαση σε όσους είχαν πληγεί. Το Δεκέμβριο της επόμενης χρονιάς 43.000 κάτοικοι, που είχαν εκκενώσει τα σπίτια τους, εξακολουθούσαν να μετακινούνται και να ζουν σε άλλες περιοχές μέσα και γύρω από την επαρχία της Fukushima. Μεταξύ των κατοίκων που εκκένωσαν την περιοχή τους ήταν και ευάλωτα άτομα (Fukushima Revitalization Station, 2019).

City of origin	“Restricted” area	“Deliberate evacuation” area	“Evacuation-prepared in case of an emergency” area	No. of evacuees
Okuma	~ 11 500			~ 11 500
Futaba	~ 6900			~ 6900
Tomiooka	~ 16 000			~ 16 000
Namie	~ 19 600	~ 1300		~ 20 900
Iitate		~ 6200		~ 6200
Katsurao	~ 300	~ 1300		~ 1600
Kawauchi	~ 1100		~ 1700	~ 2800
Kawamata		~ 1200		~ 1200
Tamura	~ 600		~ 4000	~ 600
Naraha	~ 7700		~ 10	~ 7710
Minamisoma	~ 14 300	~ 510	~ 47 400	~ 61 710*
Hirono			~ 5400	~ 5400
Total	~ 78 000	~ 10 010	~ 58 510	~ 146 520

Εικόνα 12: Κάτοικοι που εκκένωσαν τις περιοχές τους

Αν και οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από την έκθεση στην ακτινοβολία φαίνεται ότι ήταν αμελητέες, η εφαρμογή των μέτρων για την ελαχιστοποίηση της μακροπρόθεσμης έκθεσης σε ακτινοβολία εξακολουθούσε να είναι επιτακτική για τη δημόσια υγεία. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάστηκε να καταβληθεί στη διαχείριση της εσωτερικής έκθεσης στην ακτινοβολία (Sawano et al., 2019). Στα υψηλά επίπεδα εσωτερικής ακτινοβολίας παρατηρήθηκε μόλυνση σε μια μερίδα του πληθυσμού μετά το πυρηνικό ατύχημα (Tsubokura et al., 2012, 2014) ενώ οι διαθέσιμες πληροφορίες ήταν περιορισμένες σχετικά με τους παράγοντες κινδύνου για εσωτερική μόλυνση από ακτινοβολία σε ατομικό επίπεδο (Tsubokura et al., 2016).

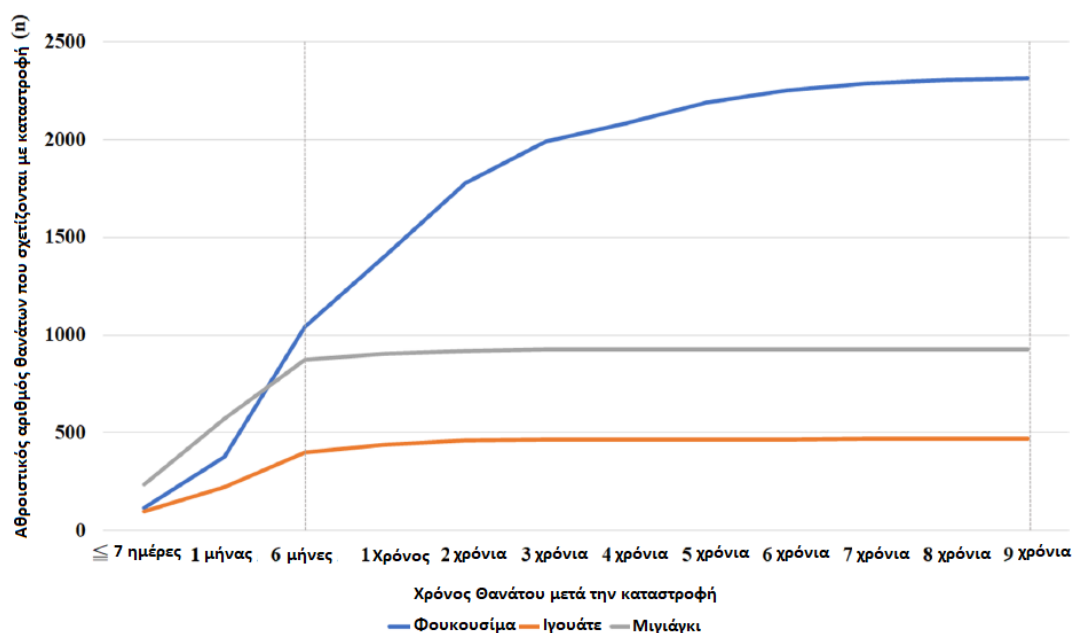
5.3. Οι θάνατοι μετά από το πυρηνικό ατύχημα

Στις καταστροφές, εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις υπάρχουν και οι έμμεσες στην υγεία λόγω της ασθένειας που προκαλείται από τη σωματική και ψυχική καταπόνηση (Blanchard & Dosa, 2009; Gautam et al., 2009).

Διεξήχθη μια μελέτη παρατήρησης από τον Μάρτιο του 2011 έως τον Ιούλιο 2021 χρησιμοποιώντας δεδομένα που είναι διαθέσιμα από την κεντρική κυβέρνηση, νομαρχίες, και δήμους της Φουκουσίμα.

Υπάρχουν έξι νομοί στην περιοχή Τοχόκου της Ιαπωνίας, και συγκεκριμένα, οι νομοί Aomori, Iwate, Miyagi, Akita, Yamagata και Fukushima. Οι νομοί Φουκουσίμα, Ιβάτε και Μιγιάγκι, που βρίσκονται στις ακτές του Ειρηνικού της περιοχής Τοχόκου, επλήγησαν ιδιαίτερα σοβαρά. Την εποχή του πυρηνικού ατυχήματος της Fukushima ο πληθυσμός των νομών Φουκουσίμα, Ιβάτε και Μιγιάγκι ήταν 2.024.401, 1.312.756 και

2.346.853, αντίστοιχα. Το πυρηνικό εργοστάσιο βρίσκεται στην επαρχία Φουκουσίμα, στις πόλεις Οκούμα και Φουτάμπα στην περιοχή Futaba. Μετά το πυρηνικό ατύχημα, 12 δήμοι τριγύρω εκκενώθηκαν. Σύμφωνα με μια έκθεση σχετικά με τον αριθμό των θανάτων που σχετίζονται με το σεισμό στην Ανατολική Ιαπωνία από την Υπηρεσία Ανασυγκρότησης (Reconstruction Agency, 2021), ο αριθμός θανάτων που σχετίζονται με τις καταστροφές στις νομαρχίες Fukushima, Iwate και Miyagi επηρεάστηκε από το σεισμό και από το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima. Ο συνολικός αριθμός θανάτων, ο αριθμός των άμεσων θανάτων, ο αριθμός των θανάτων που σχετίζονται με καταστροφές, (20 ετών ή νεότεροι, 20 έως 65 ετών και 65 ετών και άνω) και ο αριθμός ανδρών και γυναικών εξήχθη από τις αναφορές ζημιών του σεισμού στην Ανατολική Ιαπωνία σε κάθε νομό από τον Μάρτιο του 2011 έως τον Ιούλιο του 2021 (Fukushima Prefecture, 2021; Disaster Prevention Division, Disaster Prevention Department, 2021; Miyagi Prefecture, 2021).

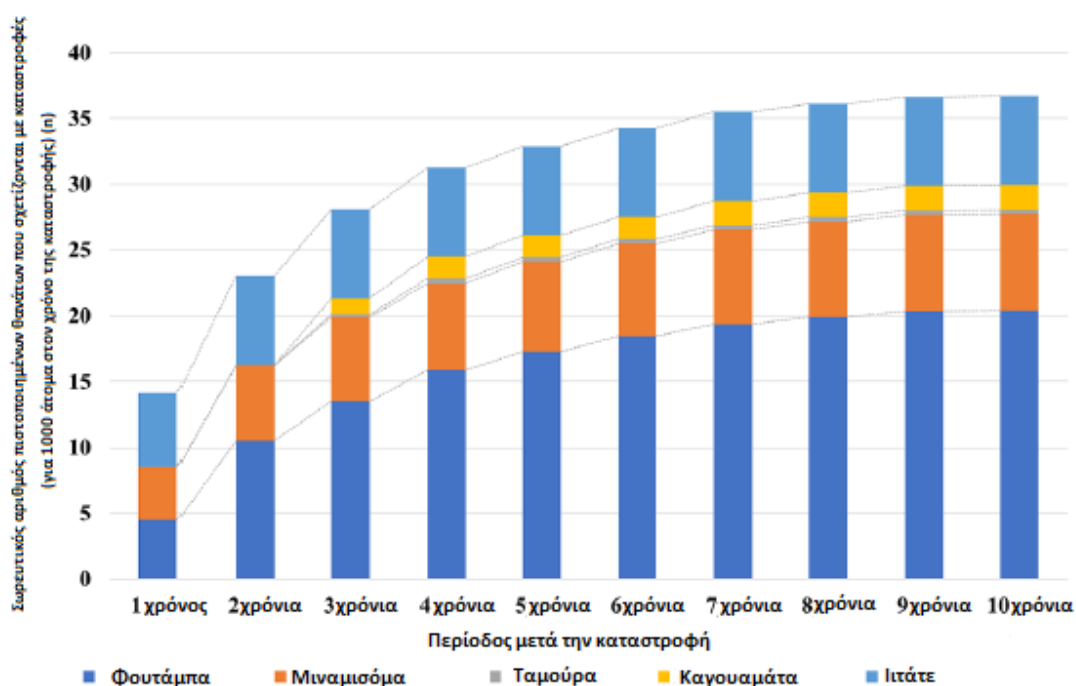


Εικόνα 13: Σύνολο θανάτων ανά περίοδο στις περιοχές Fukushima, Iwate, Miyagi

Στοιχεία για τον αριθμό των αιτούντων και των πιστοποιημένων θανάτων από καταστροφές σε κάθε νομό κατά την ίδια περίοδο ελήφθησαν από έρευνες σε κάθε δήμο. Όσον αφορά τον πληθυσμό, ο συνολικός πληθυσμός των δώδεκα δήμων που εκκενώθηκαν στην επαρχία Φουκουσίμα εξήχθη από την εθνική απογραφή του 2010.

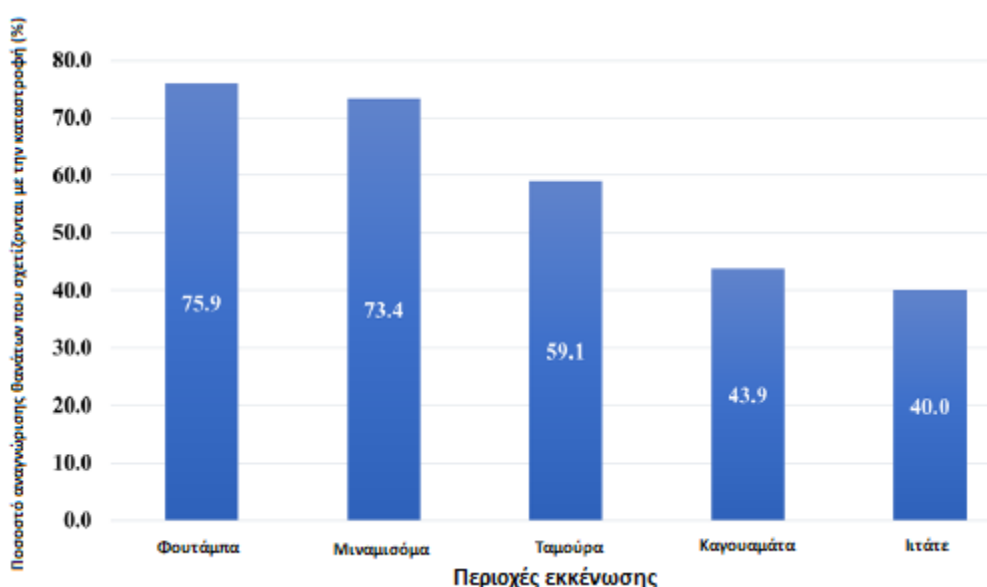
Υπάρχουν δύο τύποι θανάτων μετά από καταστροφές: οι άμεσοι και οι έμμεσοι. Οι άμεσοι θάνατοι προκαλούνται από τις άμεσες φυσικές επιπτώσεις των καταστροφών, όπως για παράδειγμα οι σεισμοί, το τσουνάμι και η έκθεση σε ακτινοβολία. Οι έμμεσοι θάνατοι προκαλούνται από δευτερογενείς επιπτώσεις στην υγεία, όπως για παράδειγμα εκκένωση έκτακτης ανάγκης, μετεγκατάσταση, σύστημα παροχής ιατρικής περίθαλψης και ψυχοκοινωνικές επιπτώσεις. Στην Ιαπωνία, οι θάνατοι λόγω έμμεσων επιπτώσεων στην υγεία είναι γνωστοί ως θάνατοι που σχετίζονται με καταστροφές (Ichiseki, 2013; Tanida, 1996).

Προκειμένου να παρασχεθεί ανακούφιση στις οικογένειες των ατόμων που πέθαναν από καταστροφές, χρειαζόταν να ιδρυθεί ένα σύστημα που να μπορεί να τους ενισχύσει χρηματικά. Οι θάνατοι που σχετίζονται με καταστροφές έγιναν μεγάλο ζήτημα στο σεισμό στην Ανατολική Ιαπωνία στις 11 Μαρτίου 2011. Η μείωση όχι μόνο των άμεσων θανάτων αλλά και των έμμεσων λόγω καταστροφών είναι σημαντική ως μέτρο αντιμετώπισης των καταστροφών και της εφαρμογής των κατάλληλων μέτρων. Με αυτό τον τρόπο θα κατανοήσει κανείς τα χαρακτηριστικά των έμμεσων θανάτων (Jessica & Richard, 2008).



Εικόνα 14: Σύνολο πιστοποιημένων θανάτων ανά χρονική περίοδο για τις περιοχές Futaba, Minamisoma, Tamura, Kawamata, Iitate

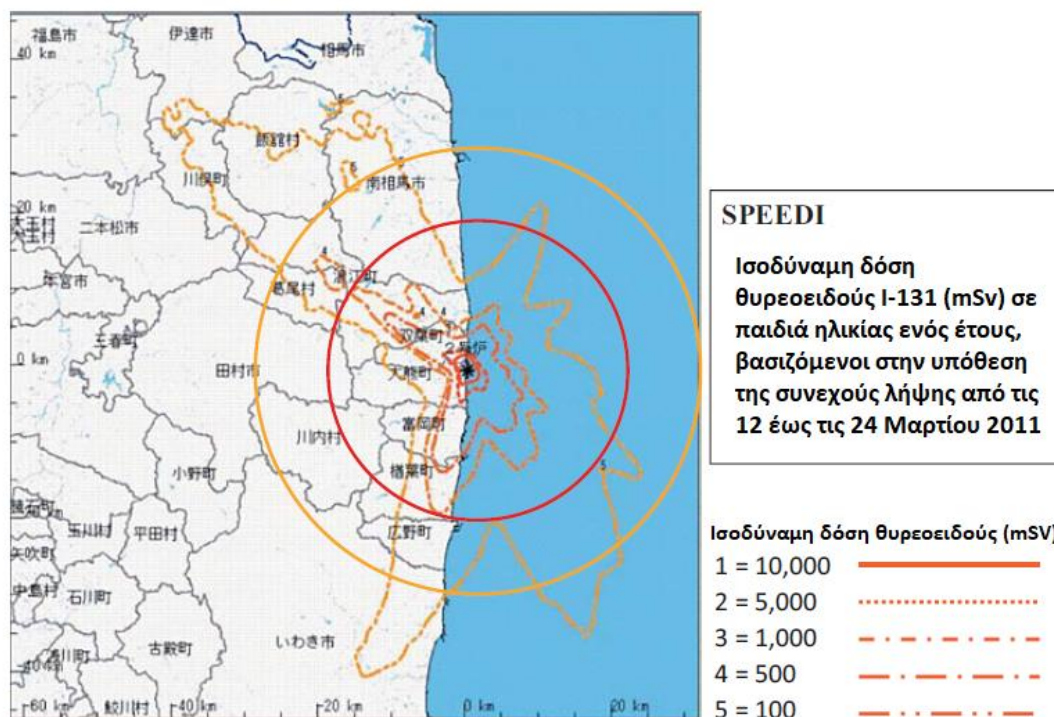
Οι Morita et al. (2017) ανέφεραν ότι στις περιοχές που εκκενώθηκαν μετά από την καταστροφή με ακτινοβολία, οι υπερβολικοί θάνατοι ήταν συνηθισμένοι αμέσως μετά την καταστροφή. Οι Nomura et al. (2013) υποστήριξαν ότι το ποσοστό της θνησιμότητας ήταν υψηλότερο εντός 90 ημερών από την καταστροφή. Από τον Απρίλιο του 2011 πέθαναν πάνω από 50 άτομα σε νοσοκομεία ή/και γηροκομεία (Tanigawa et al., 2012). Επιπλέον παρατηρήθηκε αύξηση της θνησιμότητας ανάμεσα στους ηλικιωμένους που μετεγκαταστάθηκαν κατά τους πρώτους τρεις μήνες μετά το



Εικόνα 15: Ποσοστιαίο σύνολο θανάτων ανά περιοχή

5.4. Συνέπειες στον θυρεοειδή μετά από το πυρηνικό ατύχημα

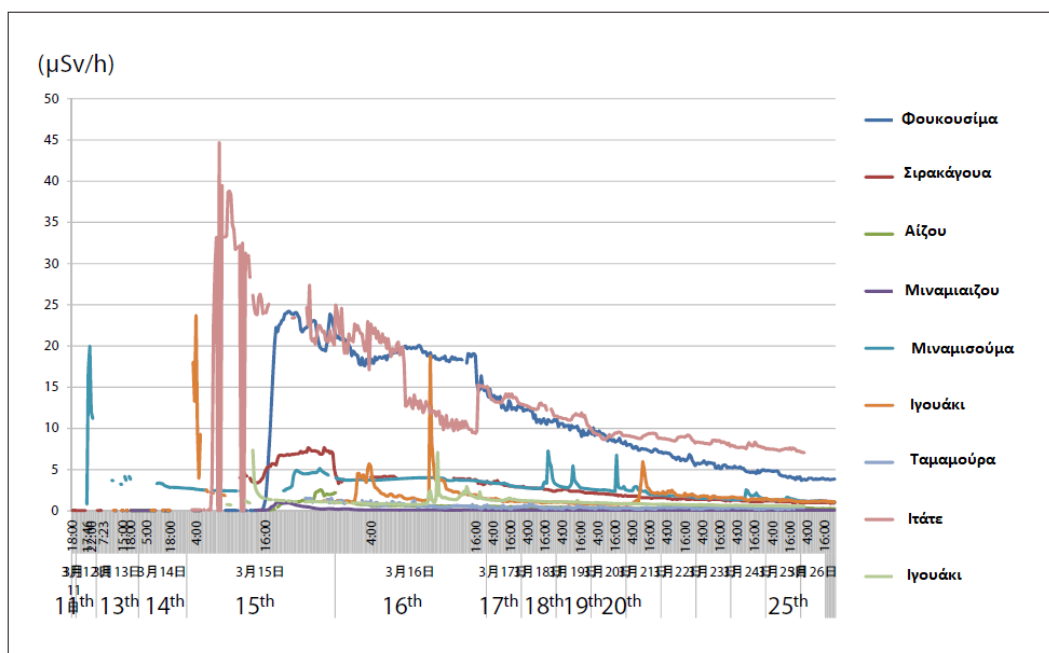
Η μέγιστη έκθεση μεταξύ των κατοίκων δεν έχει υπερβεί τα 20 mSv/έτος και οι μεμονωμένες δόσεις ακτινοβολίας που προσδιορίστηκαν από την έρευνα συμπεριφοράς που έγινε ήταν μικρότερες από 10 mSv ακόμη και σε κατοίκους των περιοχών εκκένωσης και σκόπιμης εκκένωσης. Τα αποτελέσματα της μεμονωμένης εσωτερικής ακτινοβολίας από τον μετρητή ολόκληρου του σώματος ήταν λιγότερο από 1 mSv οπουδήποτε στον Νομό Φουκουσίμα.



Εικόνα 16: Επίπεδα μέτρησης δόσης θυροειδή

Η πιθανότητα καθυστερημένων επιπτώσεων όπως ο καρκίνος είναι εξαιρετικά χαμηλή σύμφωνα με τις τρέχουσες γνώσεις για την ακτινοβολία. Ωστόσο, η Έρευνα Διαχείρισης Υγείας της Φουκουσίμα βρίσκεται σε εξέλιξη και τα ακόλουθα είναι λεπτομέρειες της έρευνας για τη νόσο του θυροειδούς

Πραγματοποιήθηκε υπερηχογράφημα θυροειδούς σε κατοίκους από το Πρωτόκολλο Έρευνας Διαχείρισης Υγείας της Φουκουσίμα. Τα άτομα που πήραν μέρος στο πρόγραμμα εξέτασης του θυροειδούς με υπερήχους είναι κάτοικοι της Νομαρχίας Φουκουσίμα ηλικίας 0 έως 18 ετών στις 11 Μαρτίου 2011 (περίπου 360.000 άτομα) (Examination of thyroids, 2011). Η πρώτη φάση της έρευνας από τον Οκτώβριο του 2011 έως τον Μάρτιο του 2014 θα ονομάζεται «προηγούμενη έρευνα» όταν δεν εμφανίζονται παθήσεις του θυροειδούς που προκαλούνται από την ακτινοβολία και τα αποτελέσματα θα χρησιμεύσουν ως έλεγχος. Μετά τον Απρίλιο του 2014, η έρευνα θα πραγματοποιείται μία φορά κάθε 2 χρόνια για κατοίκους ηλικίας κάτω των 20 ετών και μία φορά κάθε 5 χρόνια στη συνέχεια για όλη τους τη ζωή.



Εικόνα 17: Ανάλυση στα σημεία παρακολούθησης στη νομαρχία Φουκουσίμα από 11 Μαρτίου ως 26 Μαρτίου 2011 σε 9 σημεία παρακολούθησης

Στην αρχική περίοδο της πρώτης φάσης της έρευνας, τα άτομα προέρχονταν κυρίως από περιοχές εκκένωσης και τα αποτελέσματα της έρευνας, που διεξήχθη το 2011 αναφέρθηκαν στον ιστότοπο της Νομαρχίας Φουκουσίμα. Αποτελέσματα που ελήφθησαν τον Ιούνιο του 2012 . Αν και η επίσημη έκθεση στα αγγλικά θα δημοσιευθεί στο εγγύς μέλλον, τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν το 2011 αναφέρθηκαν στα ιαπωνικά στον ιστότοπο της Νομαρχίας Φουκουσίμα. Σύμφωνα με τον ιστότοπο τον Ιούνιο (The 7th Meeting of Health Management in Fukushima Prefecture, 2012) , η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 38.114 παιδιά το 2011 και τα αποτελέσματα της υπερηχογραφικής εξέτασης χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες:

	Total	0-5 years	6-10 years	11-15 years	≥16 years
A1	24,468 (64.2%)	8,526	6,391	6,100	3,415
A2	13,460 (35.3%)	1,367	4,254	5,300	2,539
B	186 (0.5%)	9	17	66	94
C	0 (0%)	0	0	0	0

A1 = Χωρίς οζίδια ή κύστες

A2 = με οζίδια (λιγότερο από 5,0 mm) ή/και κύστες (λιγότερο από 20,0 mm)

B = με οζίδια (μεγαλύτερα από 5,1 mm) ή/και κύστες (μεγαλύτερες από 20,1 mm)

C = στο επόμενο βήμα της εξέτασης

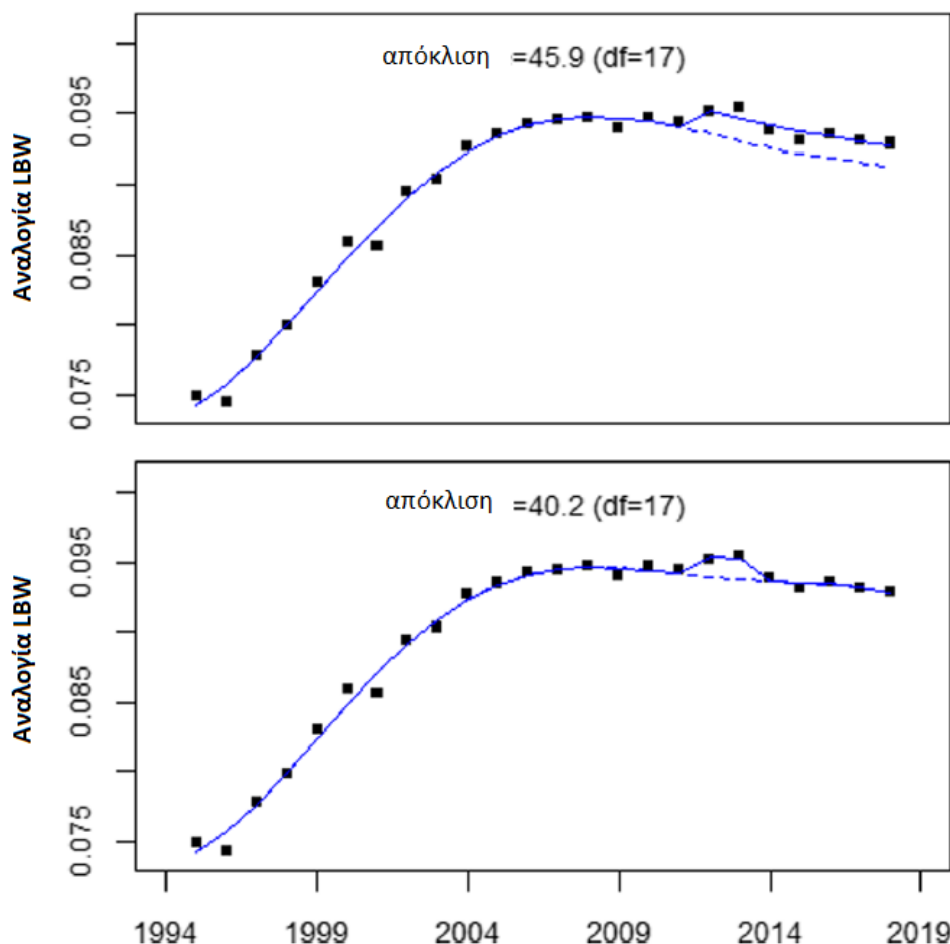
Ο αριθμός των θεμάτων σε κάθε κατηγορία φαίνεται επίσης στον πίνακα 1. Το ενενήντα εννέα τοις εκατό των παιδιών ανήκουν στην A1 και την A2, αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι το 35% των ατόμων ανήκει στην A2 με οζίδια (λιγότερο από 5,0 mm) ή/και κύστες (κάτω από 20,0 mm) και το 14% των παιδιών από 0 έως 5 ετών είναι A2. Όταν οι συχνότητες των όζων και των κυστών εκφράζονται ως ποσοστό των ατόμων, το 1% είχε οζίδια και το 0,5% είχε οζίδια μεγαλύτερα από 5,1 mm. Όσον αφορά τις κύστες, το 35% είχε κύστες και όλες ήταν μικρότερες από 20 mm. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, πολλά παιδιά βρέθηκαν ήδη να έχουν μικρές κύστες και/ή οζίδια στην υπερηχογραφική εξέταση θυρεοειδούς από την Έρευνα Διαχείρισης Υγείας της Φουκουσίμα. Πραγματοποιήθηκαν εξετάσεις σχεδόν 40.000 παιδιών κατά τη διερεύνηση του ατυχήματος του Τσέρνομπιλ, αλλά είναι αδύνατο να πούμε εάν τα τρέχοντα αποτελέσματα αυτής της αρχικής φάσης είναι φυσιολογικά ή μη φυσιολογικά αυτή τη στιγμή της εξέτασης. Ωστόσο, η υψηλή συχνότητα εμφάνισης κυστών ή μικρών όζων σε αυτή την εξέταση οφείλεται στα πολύ πιο βελτιωμένα όργανα από αυτά που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του θυρεοειδούς του ατυχήματος του Τσέρνομπιλ (Ashizawa et al., 1999).

5.5. Συνέπειες στις γεννήσεις παιδιών μετά από το πυρηνικό ατύχημα

Αλλαγές στα αποτελέσματα των γεννήσεων του πληθυσμού, συμπεριλαμβανομένων των αυξήσεων σε γεννήσεις χαμηλού βάρους ή πρόωρων γεννήσεων, έχουν τεκμηριωθεί μετά από φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές. Ωστόσο, οι πληροφορίες είναι περιορισμένες μετά την καταστροφή του πυρηνικού σταθμού Φουκουσίμα το 2011.

Η μεγαλύτερη ανησυχία των ανθρώπων αφορά τη συνεχή έκθεση στην ακτινοβολία, ανεξάρτητα από το ότι τα επίπεδα δόσης είναι σημαντικά χαμηλά. Στον τομέα της μαιευτικής, έχει αναφερθεί μείωση του τοκετού περίπου 20% στο νομό Φουκουσίμα συνολικά. Ωστόσο, η κατάσταση διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με την έκταση της ραδιενεργής μόλυνσης. Για παράδειγμα, στην περιοχή Aizu όπου τα επίπεδα ακτινοβολίας περιβάλλοντος είναι σημαντικά χαμηλά, οι τοκετοί δεν μειώθηκαν ακόμη και μετά το ατύχημα, ενώ στην περιοχή Nakadori, μια σχετικά πολύ

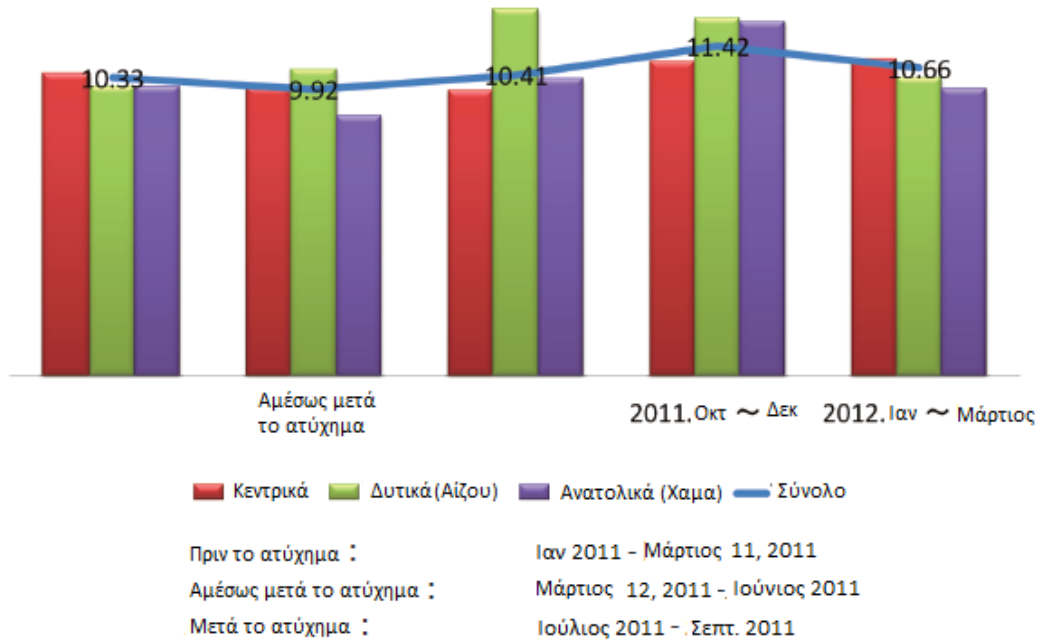
μολυσμένη περιοχή, μειώθηκαν σε ανησυχητικό επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, μια γενική έρευνα υγείας στη Φουκουσίμα αποκάλυψε ότι η συχνότητα συγγενών δυσπλασιών στη μεμονωμένη εγκυμοσύνη ήταν 2,73% το 2011 και 2,32% το 2012. Αυτές οι δύο τιμές μπορούν να κριθούν ως φυσιολογικές, επειδή το μέσο ποσοστό που παρατηρείται στην Ιαπωνία είναι 3 έως 4% (Keiya et al., 2013).



Εικόνα 18: Αναλογίες χαμηλού βάρους γέννησης στην περιοχή της Fukushima 1995-2018 και αποτελέσματα οπισθοδρόμησης που επιτρέπουν μια μετατόπιση επιπέδου το 2012 (άνω πίνακα) και για μια αύξηση το 2012-2013 (κάτω πλαίσιο)

Το μέσο ποσοστό γεννήσεων πριν από τον μεγάλο σεισμό της Ανατολικής Ιαπωνίας και την καταστροφή του πυρηνικού σταθμού της Φουκουσίμα ήταν 69,8 ανά 100.000 άτομα το μήνα. Μετά την καταστροφή, το μέσο ποσοστό γεννήσεων ήταν 61,9 ανά 100.000 άτομα το μήνα. Σε σύγκριση με τα ποσοστά γεννήσεων πριν από τον μεγάλο σεισμό της Ανατολικής Ιαπωνίας και την καταστροφή του πυρηνικού σταθμού της Φουκουσίμα, υπολογίστηκε μείωση 10% στα μηνιαία ποσοστά γεννήσεων στην

πόλη της Φουκουσίμα (αναλογία, 0,90, 95% CI, 0,86-0,93) στην πρώτη 2 χρόνια μετά την καταστροφή. Μετά από αυτό, η τάση του ποσοστού γεννήσεων ήταν παρόμοια με την τάση που υπήρχε πριν την καταστροφή (Kurita Noriaki,2019).



Εικόνα 19: Ρυθμός αποβολών εμβρύων ανά 100 εγκύους

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Το 2011 η ανατολική Ιαπωνία δέχθηκε μία μεγάλη καταστροφή. Η Ιαπωνία, παρόλο που κατέχει ηγετική θέση ανάμεσα σε πολλές χώρες για τη διαχείριση των καταστροφών, λόγω του σεισμού, του τσουναμιού και του πυρηνικού ατυχήματος χρειάστηκε να διαχειριστεί την πολύπλοκη αυτή κατάσταση που είχε τοπικές, περιφερειακές, εθνικές και διεθνείς διαστάσεις.

Η Ιαπωνία επένδυσε αρκετά χρήματα τόσο για να αποκτήσεις γνώσεις και τη σχετική τεχνογνωσία, για να κατασκευαστούν οι κατάλληλες υποδομές και για να μπορέσει εν τέλει να διαχειριστεί τις καταστροφές. Έτσι είχε αναπτυχθεί ένα αίσθημα ασφάλειας στους κατοίκους της και η παράκτια ζώνη αναπτύχθηκε αρκετά και αυξήθηκε ο πληθυσμός της. Η καταστροφή όμως δεν άργησε να συμβεί και μάλιστα σε μία περίοδο κατά την οποία η χώρα αντιμετώπιζε θέματα στην οικονομία και το δημογραφικό της. Οι περιοχές που επλήγησαν ήταν ως επί το πλείστον αγροτικές και ήδη έπρεπε να διαχειριστούν θέματα όπως η τοπική οικονομία, το δημογραφικό και διάφορα άλλα πολεοδομικά προβλήματα.

Η συγκεκριμένη καταστροφή ήταν ένα φαινόμενο που θα μπορούσε να συμβεί πολύ σπάνια κι έτσι οι πολιτικές που εφαρμόζονταν ως τότε δεν μπόρεσαν να μειώσουν τον κίνδυνο της καταστροφής. Η πρόοδος που είχε κάνει μέχρι εκείνο το σημείο η Ιαπωνία για τη διαχείριση των καταστροφών και τη μείωση του κινδύνου τους βοήθησε ώστε να μετριαστεί ως ένα βαθμό η καταστροφή. Οι κάτοικοι των γύρω περιοχών κλονίστηκαν κι έχασαν την εμπιστοσύνη τους στην όποια πολιτική παρέμβαση και στα όποια μέτρα προστασίας υπήρχαν. Λόγω της καταστροφής δημιουργήθηκαν διάφορα ερωτήματα, όπως για παράδειγμα πόσο αξιόπιστα μπορεί κάποιος να προβλέψει μια καταστροφή και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να τη διαχειριστεί. Άλλη μια ερώτηση ήταν ποιος, πόσο και για ποιο λόγο χρειάζεται να επενδύσει στην ασφάλεια αυτών των σπάνιων καταστροφών.

Η συγκεκριμένη καταστροφή ανασυγκρότησε τις πληγείσες περιοχές και ξεκίνησε μία συζήτηση σχετικά με τον τρόπο που χρειάζεται κάποιος να διαχειριστεί αυτές τις καταστροφές. Το τσουνάμι, είναι ένα φαινόμενο που θεωρείται συνηθισμένο στην Ιαπωνία. Αυτό το φαινόμενο χρειάζεται να αντιμετωπιστεί με μέτρα που έχουν κατασκευαστικό χαρακτήρα. Πολύ πιο σπάνια, το τσουνάμι μπορεί να το διαχειριστεί κανείς με κατασκευαστικά και μη μέτρα. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να αποτελέσει

έναν οδηγό για την Ιαπωνία και κατ' επέκταση οι πληγείσες περιοχές να καθορίσουν τα χωρικά σχέδια του τοπικού επιπέδου.

Η ιαπωνική κυβέρνηση είναι αρμόδια ώστε να αποκαταστήσει τις υποδομές και να προωθήσει κατά προτεραιότητα τα θέματα που σχετίζονται με την αποκατάσταση της βιομηχανίας και των επιχειρήσεων. Από την άλλη μεριά η κυβέρνηση είναι αρμόδια και για την ανασυγκρότηση των κατοικιών και για την τήρηση της κοινωνικής συνοχής. Όλη αυτή η προσέγγιση άλλαξε μετά την καταστροφή του Kobe το 1995. Η καταστροφή του 2011 βοήθησε ώστε να ενισχυθεί ο ρόλος του τοπικού επιπέδου στην ανασυγκρότηση. Στις περιοχές που επλήγησαν από το τσουνάμι χρειάστηκε να ανοικοδομηθούν οι οικισμοί ή να μεταφερθούν σε άλλη θέση έπειτα από σχετική απόφαση του τοπικού επιπέδου. Η κεντρική καθώς επίσης και η περιφερειακή κυβέρνηση αναλάμβανε τα έργα προστασίας που σχετίζονταν με το τσουνάμι. Για παράδειγμα τα προστατευτικά τείχη χρειαζόταν να έχουν προδιαγραφές που να παρείχαν τη μέγιστη ασφάλεια. Στις περιπτώσεις όπου το τσουνάμι θεωρείται ένα σπάνιο φαινόμενο, πχ. στις περιπτώσεις όπου είναι μικρής πιθανότητας, χρειάζεται να ληφθούν μέτρα που δεν έχουν κατασκευαστικό χαρακτήρα. Τέτοια μέτρα μπορεί να είναι να περιοριστούν οι χρήσεις της γη, να βελτιωθεί ο σχεδιασμός και οι προϋποθέσεις για να εκκενωθεί ο πληθυσμός κλπ.

Η πολιτική που συσχετίζεται με την ανασυγκρότηση των περιοχών έπειτα από μια καταστροφή εξακολουθεί να δίνει μεγάλη βαρύτητα στις κατασκευές αλλά και στα κατασκευαστικά μέτρα. Το 2016 ξεκίνησε σχετική προσπάθεια ώστε να γίνει καλύτερη διαχείριση των ερειπίων και των αποθέσεων, να κατασκευαστούν προστατευτικά τείχη, να δημιουργηθούν φράγματα και ανυψωμένοι οδικοί και σιδηροδρομικοί άξονες, να ανυψωθεί το έδαφος, να ανακατασκευαστούν οι λιμένες και τα αλιευτικά καταφύγια κλπ. (Raby et al., 2015). Η ανασυγκρότηση είναι πιο σύνθετη και με περισσότερα θέματα στις περιπτώσεις όπου την ευθύνη έχουν οι τοπικές αρχές ή οι δήμοι.

Μετά το 2011 ξεκίνησε μία περίοδος όπου δόθηκε έμφαση στην οικοδόμηση διαφόρων έργων ώστε να διαχειριστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η Ιαπωνία την καταστροφή που υπέστη. Το Παγκόσμιο Συνέδριο για τη Μείωση του Κινδύνου Καταστροφής έθεσε τις κατάλληλες κατευθύνσεις πάνω σε αυτό τον τομέα για τα επόμενα 15 χρόνια. Οι 5.500 συμμετέχοντες από τις κυβερνήσεις, τους κοινωνικούς φορείς, την ακαδημαϊκή κοινότητα και τον ιδιωτικό τομέα χρειάστηκε να ενημερωθούν για τα επιτεύγματα που σχετίζονταν με την ανασυγκρότηση. Στο πλαίσιο του Sendai

για τη μείωση του κινδύνου της καταστροφής 2015-2030 η βασική ατάκα ήταν «να χτίσουμε πάλι καλύτερα».

Η ανασυγκρότηση των πληγεισών περιοχών μπορεί να έχει χρονικό ορίζοντα μίας δεκαετίας (Reconstruction Agency, 2016). Για αυτό το λόγο η αξιολόγηση είναι πρώιμη όσον αφορά την προσέγγιση αλλά και τους στόχους που υιοθετήθηκαν ή και ως προς τις αστοχίες, τις ανισότητες και τις ανισορροπίες που προκλήθηκαν. Οι ανισορροπίες ήταν οικονομικές, περιφερειακές, κοινωνικές και δημογραφικές. Η Ιαπωνία σχεδιάζει διάφορα σενάρια καταστροφών και τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να τηρηθούν οι κανόνες ώστε να αντιμετωπιστούν οι καταστροφές και να ανακάμψουν οι πληγείσες περιοχές (National Resilience Promotion Office, 2015).

Προκύπτει επομένως το ερώτημα αν αυτή η δράση της είναι ικανή ώστε να αποτραπούν μελλοντικές καταστροφές. Υπάρχουν άραγε οι κατάλληλες προϋποθέσεις ώστε να ενισχυθεί η ικανότητα στο χειρισμό των μελλοντικών κρίσεων ή σύμφωνα με τον Lagatec (2005) οι καταστάσεις θα υλοποιηθούν με τρόπο που κανείς δεν είχε φανταστεί μέσα σε πλαίσια που κανείς δεν μπορούσε να διανοηθεί.

Όσον αφορά την υγεία των κατοίκων της Φουκουσίμα πολλά παιδιά γεννήθηκαν πρόωρα ή με ελλιπές βάρος. Οι κάτοικοι ανέπτυξαν προβλήματα στο θυρεοειδή αδένα τους και υπήρξαν αρκετοί άμεσοι και έμμεσοι θάνατοι. Θάνατοι δηλαδή εκείνη τη στιγμή του ατυχήματος αλλά και λόγω των συνεπειών του. Όσοι είχαν χαμηλό κοινωνικοοικονομικό στάτους χρειάστηκε να ενισχυθούν περαιτέρω από την κρατική πολιτική. Η ψυχική υγεία των κατοίκων επηρεάστηκε επίσης καθώς πολλές ήταν οι συνέπειες του μετατραυματικού στρες και της γενικότερης ψυχολογικής δυσφορίας που ένιωθαν οι κάτοικοι.

Ένας από τους περιορισμούς της έρευνας είναι ότι δεν έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες για το πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima κι έτσι σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν άρθρα από εφημερίδες ή υλικό από το διαδίκτυο. Ένας ακόμα περιορισμός είναι ότι δεν υπήρξε αρκετό υλικό στα ελληνικά επομένως ήταν μια απαιτητική διαδικασία η μετάφραση των πηγών.

Επόμενες έρευνες χρειάζεται να λάβουν σοβαρά υπόψη τους αυτούς τους περιορισμούς και να προσπαθήσουν να βρουν λύσεις. Ακόμα μπορούν να εστιάσουν σε άλλα πυρηνικά ατυχήματα και να τα συγκρίνουν μεταξύ τους για να βρουν ομοιότητες ή διαφορές.

Αναφορές

- Akimoto, F. (2012). *Irony of plan-making: reconstruction plans from the Great Kanto earthquake to the Great East Japan earthquake*. 15th International planning History Conference. Retrieved from: <http://www.fau.usp.br/iphs/abstractsAndPapersFiles/Sessions/13/AKIMOTO.pdf>.
- Ando, R. (2018). Trust – what connects science to daily life. *Health Physicians*, 115: 581-589.
- Anikeeva, O., Cornell, V., Steenkamp, M. & Arbon, P. (2016). Opportunities for general practitioners to enhance disaster preparedness among vulnerable patients. *Australian Journal of Primary Health*, 22: 283-287.
- Αντωνόπουλος – Ντόμης, Μ. (2004). *Ραδιενέργεια σε απλά ελληνικά*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Aoki, N. (2016). Adaptive governance for resilience in the wake of the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami. *Habitat International*, 52: 20-25.
- Arimoto, T. & Sato, Y. (2012). Rebuilding public trust in science for policy-making. *Science*, 337: 1176-1177.
- Armstrong, R.C., Wolfram, C., Gross, R., Lewis, N.S. & Ramana, M.V. (2016). The frontiers of energy. *Nature Energy*, 1: 11.
- Bachev, H. & Ito, F. (2016). Agri-food sector impact of March 2011 earthquake and tsunami in Northeastern Japan. *Trends Journal of Sciences Research*, 2(1): 21-38.
- Baeza, A. (2012). Influence of the Fukushima Dai-ichi nuclear accident on Spanish environmental. *Journal of Environmental Radioactivity*, 8.
- Baude, S., Heriard-Dubreuil, G., Eikelmann, I.M., Boilley, D. & Schneider, T. (2016). Local populations facing long-term consequences of nuclear accidents: lessons learnt from Chernobyl and Fukushima. *Radioprotection*, 51: S155-S158.
- Bethel, J.W., Foreman, A.N. & Burke, S.C. (2011). Disaster preparedness among medically vulnerable populations. *American Journal Prevent Medicine*, 40: 139-143.

- BIBLIOGRAPHY \l 1033 Amano, H. (2011). Radiation measurements in the Chiba Metropolitan Area and radiological aspects. *Journal of Environmental Radioactivity*, 43-51.
- Blanchard, G. & Dosa, D. (2009). A comparison of the nursing home evacuation experience between hurricanes Katrina (2005) and Gustavo (2008). *Journal American Medical Dir Association*, 10: 639-643.
- Bosman, C. (2007). *Building community places – Machizukuri – neoliberalism, suburbanization and “Americanisation”*. Retrieved from: http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/17270/47768_1.pdf;jsessionid=3B BDE505A9565C9110E1DA00B4795630?sequence=1.
- Bromet, E.J., Havenaar, J.M. & Guey, L.T. (2011). A 25 year retrospective review of the psychological consequences of the Chernobyl accident. *Clinical Oncology*, 23: 297-305.
- Bromet, E.J. (2014). Emotional consequences of nuclear power disasters. *Health Physicians*, 106: 206-210.
- Buesseler, K. (2011). *Radionuclides in the ocean*. Japan.
- Buzyn, A., Repussard, J. & Brere, M. (2011). *IRSN Annual Report*.
- Cho, A. (2014). Post-tsunami recovery and reconstruction: governance issues and implications of the Great East Japan earthquake. *Disasters*, 38(2): 157-178.
- COM(2013)0943-C7-0045/2014-2013/0451(COD) (2017). Ανώτατα επιτρεπόμενα επίπεδα ραδιενέργειας λόγω πυρηνικού ατυχήματος. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 11/8/2017, C265/272.
- Cooke, S. (2009). *In mortal hands: a cautionary history of the nuclear age*. London: Black Inc.
- Cravero, R.C. & Sanchez, N. (2013). The Fukushima disaster: a cold analysis. In *Current Research in Nuclear Reactor Technology in Brazil and Worldwide*. In Tech. <https://doi.org/10.5772/54262>.
- Δανδουλάκη, Μ. (2008). *Σχεδιασμός του χώρου και αντισεισμική προστασία στην Ελλάδα*. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα: Ελληνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων.
- Δανδουλάκη, Μ. (2016). *Ανασυγκρότηση μετά το σεισμό 9.0R στην Ανατολική Ιαπωνία το 2011, εστιάζοντας στο σχεδιασμό του χώρου*. ResearchGate.

- Dohrenwend, B.P., Dohrenwend, B.S., Warheit, G.J., Bartlett, G.S., Goldstein, R.L., Golsteen, K. & Martin, J.L. (1981). Stress in the community: a report to the president's commission on the accident at three mile island. *Annual New York Academy*, 365: 159-174.
- EEAE. (2021, March 11). *10 χρόνια από το πυρηνικό ατύχημα στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας*. Retrieved from eeae: <https://eeae.gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/10-%CF%87%CF%81%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF-%CF%80%CF%85%CF%81%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE>
- Elliott, D. (2007). *Nuclear or not? Does nuclear power have a place in a sustainable energy future?* London: Palgrave.
- Elliott, D. (2013). *Fukushima: Impacts and Implications*. Palgrave Pivot, London.
- Fukasawa, M., Kawakami, N., Umeda, M., Akiyama, T., Horikoshi, N., Yasumura, S., Yabe, H., Suzuki, Y. & Bromet, E.J. (2020). Long-lasting effects of distrust in government and science on mental health eight years after the Fukushima nuclear power plant disaster. *Social Science & Medicine*, 258: 113108.
- Fukushima Accident. (2017). Retrieved from <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-accident.aspx> (Επίσκεψη Ιούλιος 2022)
- Fukushima Revitalization Station (2019). *Transition of evacuation designated zone*. Available at: <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-english/en03-08.html>.
- Gautam, S., Menachem, J., Srivastav, S.K., Delafontaine, P. & Irimpen, A. (2009). Effect of hurricane Katrina on the incidence of acute coronary syndrome at a primary angioplasty center in New Orleans. *Disaster Medical Public Health Preparation*, 3: 144-150.
- Georg Steinhauser. (2013, November 2). *Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: A review of the environmental impacts*. Retrieved from sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971301173X>

- Goldman, E. & Galea, S. (2014). Mental health consequences of disasters. *Annual Review Public Health*, 35: 169-183.
- Goldstein, R. & Schorr, J.K. (1982). The long-term impact of a man-made disaster: an examination of a small town in the aftermath of the Three Mile Island nuclear reactor accident. *Disasters*, 6: 50-59.
- Goudarzi, S. (2015). Viewing the Future of Nuclear Power Plants Following the 2011 Disaster in Fukushima Nuclear Power Plant. *Scientific Research Publishing*, 6.
- Government of Japan (2011). Economic impact of the Great East Japan earthquake and current status of recovery. Retrieved from: http://www.meti.go.jp/english/earthquake/recovery/pdf/20110811_impact.pdf.
- Harada, N., Shigemura, J., Tanichi, M., Kawaida, K., Takashashi, S. & Yasukata, F. (2015). Mental health and psychological impacts from the 2011 Great East Japan Earthquake disaster: a systematic literature review. *Disaster Mil Med*, 1: 17.
- Hirano, K. (2013). Difficulties in post-tsunami reconstruction plan following Japan's 3.11 mega disaster: Dilemma between protection and sustainability. *Journal of JSCE*, 1: 1-11.
- Holt, M., Campbell, R.J. & Nikitin, M.B. (2012). Fukushima Nuclear Disaster. *UNT Digital Library*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416727-8.00009-6>.
- iaea. (2012, December 15-17). *The Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety*. Retrieved from iaea: <https://www-pub.iaea.org/iaeameetings/20120216/-The-Fukushima-Ministerial-Conference-on-Nuclear-Safety>
- Ichiseki, H. (2013). Features of disaster-related deaths after the Great East Japan Earthquake. *Lancet*, 381: 205.
- Imamura, F. & Anawat, S. (2012). *The 2011 earthquake and tsunami*. Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan.
- IRSN. (2011, May 13). *Impact on the marine environment of radioactive releases*. IRSN, p. 16.

- Impact on seafood safety of the nuclear accident in Japan.* (2011). Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/impact_seafood_safety_nuclear_accident_japan_090511.pdf (Επίσκεψη Ιούλιος 2022)
- Impact on the marine environment of radioactive releases following the nuclear accident at Fukushima Daiichi.* (2011). IRSN.
- Jessica, H.B. & Richard, D.D. (2008). Providing healthcare to evacuees in the wake of a natural disaster: opportunities to improve disaster planning. *American Journal of Medical Science*, 336; 124-127.
- Koshimura, S., Hayashi, S. & Gokon, H. (2014). The impact of the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster and implications to the reconstruction. *Soils and Foundations*, 54(4): 560-572.
- L' Annunziata, M.F. (2007). *Radioactivity: introduction and history*. London: Elsevier Science.
- Legatec, P. (2005). *Crisis management in the 21st century: "Unthinkable events in "inconceivable" contexts*. ECOLE POLYTECHNIQUE, Centre National de la Recherche Scientifique, Cahier no 2005-003.
- Leng, R. (2015). Japan's civil society from Kobe to Tohoku : impact of policy changes on government NGO relationship and effectiveness of post disaster relief. *Electronic Journal of Contemporary Japanese Studies*, 15(1).
- Marmot, M. (2005). Social determinants of health inequalities. *Lancet*, 365: 1099-1104.
- MEXT – Ministry of Exterior and Trade (2013). *Impact on Japanese economy*. Retrieved from: http://www.mext.go.jp/component/english/_icsFiles/afieldfile/2013/01/15/1329766_04.pdf.
- MLIT – Ministry of Land, infrastructure and Transport (2013). *White paper on tourism in Japan – The tourism situation in FY2013*. Retrieved from: <http://www.mlit.go.jp/common/001064757.pdf>.
- MLIT (2012). *Guide to determining the potential tsunami inundation*. Retrieved from: <http://www.nilim.go.jp/english/earthquake/tsunami.pdf>.
- Mochizuki, J. (2014). Decision – making, policy choices and community rebuilding after the Tohoku disaster. *IDRIM*, 4(2).
- Morita, T., Nomura, S., Tsubokura, M., Leppold, C., Gilmour, S., Ochi, S., Ozaki, A., Shimada, Y., Yamamoto, K., Inoue, M., Kato, S., Shibuya, K. & Kami, M. (2017). Excess mortality due to indirect health effects of the 2011 triple disaster

- in Fukushima, Japan: a retrospective observational study. *Journal Epidemiology Community Health*, 71: 974-980.
- Μπογιατζάρας, Β. (2017). *Διαχείριση και αποκατάσταση των βιομηχανικών και τεχνολογικών ατυχημάτων (ΒΙ.Τ.Α.)*. Διπλωματική εργασία. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Τμήμα Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.
- Murakami, K., Murakami, W.D., Tomita, H., Miyake, S., Shiraki, R., Murakami, K., Itonaga, K. & Dimmer, C. (2014). Planning innovation and post-disaster reconstruction: The case of Tohoku, Japan/Reconstruction of tsunami devastated fishing villages in the Tohoku region of Japan and the challenges for planning/ Postdisaster reconstruction in Iwate and new planning challenges for Japan/ Towards a “network community” for the displaced town of Namie, Fukushima Resilience design and community support in Litate Village in the aftermath of the Fukushima Daiichi nuclear disaster/ Evolving place governance innovations and pluralizing reconstruction practices in post-disaster Japan. *Planning Theory & Practice*, 15(2): 237-242.
- National Resilience Promotion Office, Cabinet Secretariat (2015). *Building national resilience: creating a strong and flexible country*.
- Niitsu, T., Takaoka, K., Uemura, S., Kono, A., Saito, A., Kawakami, N., Nakazato, M. & Shimizu, E. (2014). The psychological impact of a dual-disaster caused by earthquakes and radioactive contamination in Ichinoseki after the Great East Japan Earthquake. *BMC Res Note*, 7: 307.
- Nomura, S., Blangiardo, M., Tsubokura, M., Ozaki, A., Morita, T. & Hodgson, S. (2016). Postnuclear disaster evacuation and chronic health in adults in Fukushima, Japan: a long-term retrospective analysis. *British Journal Medicine Open*, 6: e010080.
- Oe, M., Fujii, S., Maeda, M., Nagai, M., Harigane, M., Miura, I., Yabe, H., Ohira, T., Takahashi, H., Suzuki, Y. & Yasumura, A.M. (2016). Three-year trend survey of psychological distress, post-traumatic stress, and problem drinking among residents in the evacuation zone after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Psychiatry Clinical Neuroscience*, 70: 245-252.
- Okada, T. (2015). *Policy change in Japan and the Asian energy trends*. Παρουσίαση στο workshop “Energy trends in Japan”, October 5, 2015. Retrieved from:

https://www.iea.org/media/workshops/2015/egrdoct/1Okada_ANRE_EnPolJp_n.pdf.

Osseiran, N. (2013, February 28). *Global report on Fukushima nuclear accident details health risks*. Retrieved from who:

<https://www.who.int/westernpacific/news/item/28-02-2013-global-report-on-fukushima-nuclear-accident-details-health-risks>

Παπαστεφάνου, Κ. (2010). *Ραδιενέργεια περιβάλλοντος*. Αθήνα: Ζήτης.

Platt, S. (2013). Urban planning and recovery. In *Recovery two years after the 2011 Tohoku earthquake and tsunami: a return mission report by EEFIT*. London: EEFIT.

Prince – Embury, S. & Rooney, J.F. (1987). Perception of control and faith in experts among residents in the vicinity of Three Mile Island. *Journal Applied Social Psychology*, 17: 953-968.

Pushpalal, D. (2013). A journey through the lands of the Great East Japan earthquake. In Pushpalal, D., Rhyner, J. & Hossini, V. (Eds.), *Proceeding of conferene “The Great Eastern Japan earthquake: Lessons learnt and research questions”*, UNU, March 11, 14-26.

Ranghieri, F. & Ishiwatari, M. (2014). *Learning from megadisasters: lessons from the Great East Japan earthquake*. Washington: The World Bank.

Reconstruction Agency (2016). *Current status of reconstruction and challenges (March, 2016)*. Retrieved from: http://www.reconstruction.go.jp/english/topics/Progress_to_date/image/20160307_Current_Status_of_Reconstruction_and_Challenges_rev1.pdf.

Sawano, T., Tsubokura, M., Ozaki, A., Leppold, C., Nomura, S., Shimada, Y., Ochi, S., Tsukada, M., Nemoto, T., Kato, S., Kanazawa, Y. & Ohira, H. (2016). Non-communicable diseases in decontamination workers in areas affected by the Fukushima nuclear disaster: a retrospective observational study. *British Medical Journal Open*, 6: e013885.

Sawano, T., Kambe, T., Seno, Y., Konoe, R., Nishikawa, Y., Ozaki, A., Shimada, Y., Morita, T., Saito, H. & Tsubokura, M. (2019). High internal radiation exposure associated with low socio-economic status six years after the Fukushima nuclear disaster. *Medicine*, 98: 47.

- Shaw, R. & Goda, K. (2004). From disaster to sustainable society: The Kobe experience. *Disasters*, 28(1): 16-40.
- Sorensen, A. (2002). *The making of urban Japan: Cities and planning from Edo to the twenty-first century*. London: Routledge.
- Tanida, N. (1996). What happened to elderly people in the great Hanshin earthquake. *British Medical Journal*, 313: 1133-1135.
- Tanigawa, W., Hosoi, Y., Hirohashi, N., Iwaski, Y. & Kamiya, K. (2012). Loss of life after evacuation: lessons learned from the Fukushima accident. *Lancet*, 379: 889-891.
- The Cabinet Office, Government of Japan (2015). *Disaster management in Japan*. Retrieved from: http://www.bousai.go.jp/1info/pdf/saigaipanf_e.pdf.
- The Sasakawa Peace Foundation. (2012). *The Fukushima Nuclear Accident and Crisis Management-Lessons for Japan-U.S. Alliance Cooperation-*, 135.
- Tsubokura, M., Gilmour, S., Takahashi, K., Oikawa, T. & Kanazawa, Y. (2012). Internal radiation exposure after the Fukushima nuclear power plant disaster. *Journal of American Medical Association*, 308: 669-670.
- Tsubokura, M., Kato, S., Nomura, S., Gilmour, S., Nihei, M., Sakuma, Y., Oikawa, T., Kanazawa, Y., Kami, M. & Hayano, R. (2014). Reduction of high levels of internal radio-contamination by dietary intervention in residents of areas affected by the Fukushima Daiichi nuclear plant disaster: a case series. *PLoS One*, 9: e100302.
- Tsubokura, M., Nomura, S., Sakaiharu, K., Kato, S., Leppold, C., Furutani, T., Morita, T., Oikawa, T. & Kanazawa, Y. (2016). Estimated association between dwelling soil contamination and internal radiation contamination levels after the 2011 Fukushima Daiichi nuclear accident in Japan. *British Medical Association Open*, 6: e010970.
- Tsujikawa, N., Tsuchida, S. & Shiotani, T. (2016). Changes in the factors influencing public acceptance of nuclear power generation in Japan since the 2011 Fukushima Daiichi nuclear disaster. *Risk Anal*, 36: 98-113.
- Uzuhashi, T. (2003). *Japanese model of welfare state: how it was changed throughout "the lost decade" of the 1990's?* Paper for East Asia-Europe-USA progressive scholars' forum 2003, 11-15 October, 2003. Hokkaido University Working Paper Series. Retrieved from: <http://lex.juris.hokudai.ac.jp/global-g/paper/1-19.pdf>.

- Waisel, D.B. (2013). Vulnerable populations in healthcare. *Current Opinion Anaesthesiology*, 26: 186-192.
- WHO (2018). *Environmental health in emergencies, vulnerable groups*. Available at: http://www.who.int/environmental_health_emergencies/vulnerable_groups/en/
- WNA – World Nuclear Association (2015). *Fukushima accident*. Retrieved from: <http://www.world-nuclear.org/info/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-accident/>.
- Woodend, L. (2013). *A study into the practice of machizukuri (community building) in Japan*. Report submitted to the George Pepler International Award.
- World Nuclear Association. (2021, April). *Fukushima Daiichi Accident*. Retrieved from world-nuclear: <https://world-nuclear.org/focus/fukushima-daiichi-accident/fukushima-daiichi-accident.aspx>
- Yabe, H., Suzuki, Y., Mashiko, H., Nakayama, Y., Hisata, M., Niwa, S.I., Yasamura, S., Yamashita, S., Kamiya, K. & Abe, M. (2014). Psychological distress after the Great East Japan earthquake and Fukushima daiichi nuclear power plant accident: results of a mental health and lifestyle survey through the Fukushima health management survey in FY2011 and FY2012. *Fukushima Journal Medical Science*, 60: 57-67.
- Yamashita, S. (2015). Comprehensive Health Risk Management after the Fukushima Nuclear. *Clinical Oncology*, 8.
- Yasumura, S., Goto, A., Yamazaki, S. & Reich, M.R. (2013). Excess mortality among relocated institutionalized elderly after the Fukushima nuclear disaster. *Public Health*, 127(2): 186-188.
- Yonekura, H. (2013). Resettlement after the Great East Japan earthquake and tsunami in Tohoku. In Pushpalal, D., Rhyner, J. & Hossini, V. (Eds.), *Proceeding of conferene “The Great Eastern Japan earthquake: Lessons learnt and research questions”*, UNU, March 11, 35-45.
- Fukushima Prefecture, 2021. Immediate Report on the Damage Caused by the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake. https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/life/56921_2_1553267_misc.pdf/ . accessed 31 August, 2021.

- Disaster Prevention Division, Disaster Prevention Department, Iwate Prefecture, 2021. List of Damage Caused by the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake. Iwate Disaster Prevention Information. http://www2.pref.iwate.jp/~bousai/shiryō/kako_saigai/h23shinsai/jintekihigai/jinteki20220131.pdf (accessed 23 May, 2022).
- Miyagi Prefecture, 2021. Status of Damage Caused by the Great East Japan Earthquake. <https://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/846372.pdf/> (accessed 31 August, 2021).
- Examination of thyroids, Fukushima Prefecture (in Japanese). <http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/koujyou.pdf>.
- The 7th Meeting of Health Management in Fukushima Prefecture: estimation of external radiation exposure doses (in Japanese). <http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/240612shiryō.pdf>.
- Ashizawa K, Shibata Y, Yamashita S, Namba H, Hoshi M, Yokoyama N, Izumi M, Nagataki S: Prevalence of goiter and urinary iodine excretion levels in children around Chernobyl. *J Clin Endocrinol Metab* 1997; 82: 3430–3433.
- Kurita Noriaki, 2019: Association of the Great East Japan Earthquake and the Daiichi Nuclear Disaster in Fukushima City, Japan, With Birth Rates.
- Keiya Fujimori, Yasuhisa Nomura, Kenichi Hata (2013). PREGNANT AND BIRTH SURVEY AFTER THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE AND FUKUSHIMA DAIICHI NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENT IN FUKUSHIMA PREFECTURE