Università
Ca'Foscari
Venezia

Corso di laurea Magistrale
In Lingue, Economie e Istituzioni dell'Asia e dell'Africa Mediterranea

Tesi di Laurea

Guida Interdisciplinare agli studi compiuti sul disastro nucleare di Fukushima

Relatrice/Relatore
Prof. Andrea Revelant

Correlatrice/Correlatore
Prof. Marco Zappa

Laureanda
Matilde
Angelone
Matricola
874511

Anno Accademico
2024 / 2025

Ringraziamenti

Ringrazio il BBP, il Professor Revelant per il tempo concessomi, i miei genitori per il loro supporto, tutte le persone che hanno reso indimenticabili questi due anni e me stessa per aver sempre dato il massimo.

Abstract

L’incidente nucleare avvenuto l’11 marzo 2011 nell’impianto di Fukushima Daiichi viene considerato uno degli eventi più significativi di questo secolo. Questo disastro ha sollevato vari interrogativi riguardo l’effettiva sicurezza dell’energia nucleare e a proposito dell’efficacia dei protocolli di sicurezza. Questa tesi si propone di fornire una guida interdisciplinare agli studi compiuti sul disastro di Fukushima, includendo ricerche appartenenti diversi ambiti accademici e creare un quadro generale e concreto delle lezioni apprese dalla gestione dell’incidente. Questa tesi fornisce una guida interdisciplinare alla letteratura relativa al disastro, analizzando studi provenienti da diversi ambiti accademici e proponendo un quadro completo delle lezioni apprese. La ricerca si articola in cinque capitoli. Il primo offre un'analisi del contesto storico e tecnico dell'incidente, descrivendone le cause, le decisioni operative della TEPCO e il quadro politico ed energetico del Giappone pre-2011, proponendo anche un confronto con il disastro di Chernobyl. La guida si compone di cinque capitoli. Il primo offre un'analisi del contesto storico e tecnico dell'incidente, descrivendone le cause, le decisioni operative della TEPCO e il quadro politico ed energetico del Giappone pre-2011, proponendo infine un confronto con il disastro di Chernobyl. Il secondo passa in esame tre fra gli studi più meritevoli relativi all’impatto sanitario dell’incidente, approfondendo gli effetti della radioattività sulla salute umana. Nel terzo capitolo si offre un’analisi dei testi dedicati agli effetti ambientali della dispersione dei radionuclidi, includendo lo sversamento di acque triziate nell’Oceano Pacifico. Il quarto capitolo si concentra su questioni etiche responsabilità mediatiche e gestione della decontaminazione. Analizzando una selezione di tre studi per ogni ambito di ricerca preso in considerazione questa tesi si propone di fornire un valido strumento per chi voglia approfondire le implicazioni che un disastro della portata di Fukushima Daiichi può avere. La sintesi finale evidenzia le lezioni apprese dal disastro di Fukushima, proponendo raccomandazioni per affrontare sfide simili in un contesto globale.

Indice

Introduzione 16
1) Obiettivi della guida agli studi 16
A) Scopo e domande principali di ricerca 16
B) Importanza di una guida agli studi 16
C) Metodologia e criteri di selezione degli studi 17
D) Struttura della tesi 19
Capitolo 1: Contesto storico e tecnico del disastro 20
1) L'incidente: descrizione tecnica e le cause 20
I) Breve storia della centrale 20
II) Struttura e funzionamento dei reattori 23
III) Aspetti tecnici rilevanti per comprendere il disastro 25
1.2) Cronologia degli eventi 25
I) Terremoto e Tsunami 26
II) Eventi critici 27
III) Conseguenze immediate sull'impianto 27
IV) Reazioni internazionali 29
2) Contesto politico ed energetico del Giappone pre-2011 33
2.1) L'importanza dell'energia nucleare in Giappone 33
I) Breve storia dello sviluppo nucleare giapponese 33
2.2 Politiche di regolamentazione e controllo 35
I) Quadro normativo giapponese 35
II) Conflitti di interesse e il ruolo delle Lobby 37
III) Riforme al sistema dopo l'incidente di Fukushima 37
2.3 Percezione del rischio nucleare nella cultura giapponese 38
I) Radici: Hiroshima e Nagasaki 38
II) Il Lucky Dragon N.5 40
III) L'incidente di Tokaimura 41
VI) L'impatto di Chernobyl 43
V) Conclusioni del paragrafo 44
3) TEPCO e la gestione della criticità 44
3.1) Profilo aziendale e criticità 44
I) Breve storia della società e il suo ruolo nel mercato energetico giapponese 45

II) Problemi interni: carenze nella sicurezza e priorità dei profitti 46
3.2) Gestione della crisi del 2011 48
I) Comunicazione ed errori nella gestione del rischio 48
II) Iniziative post-disastro 49
3.3) Conseguenze per la TEPCO 50
I) Indagini governative e responsabilità aziendale 50
II) Riforme aziendali e impatti economici 50
4) I due incidenti di livello sette: confronto con Chernobyl 52
I) Contesto e cause 52
II) Rilascio di materiali radioattivi 52
III) impatti ambientali e sociali 53
IV) Reazioni della politica e delle istituzioni 53
V) Cosa abbiamo imparato e conclusioni del paragrafo 54
5) Conclusioni 55
Capitolo 2: Impatto sanitario 57
1)Breve introduzione 57
I) Conseguenze rilevate 58
II)Analisi sanitaria 60
III) Effetti psicologici 60
2)Metodologia dell'analisi 62
I)Analisi dei testi 63
2.1) Testo 1: "Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation" 64
I) Breve sunto dei contenuti 64
II) Autori e redazione 64
III) Contestualizzazione 67
IV) Obiettivi della ricerca 68
V) Organizzazione del testo 69
VI) Contenuto e temi affrontati 70
VII) Metodologia e fonti 71
VIII) Critica al testo 72
IX) Concludendo 72

2.2) Testo 2: “Radioactive contamination and health risk evaluation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident” 74
I) Breve sunto dei contenuti 74
II) Autori e redazione 74
III) Scopo del report 75
IV) Organizzazione del testo 75
V) Argomentazioni e tesi 76
VI) Analisi delle fonti 77
VII) Analisi critica dell’utilizzo delle fonti 77
VIII) Critica al testo 78
IX) Contributi al tema 78
X) Concludendo 79
5.3) Testo 3: “Health effects of radiation after nuclear accident: Chernobyl and Fukushima.” 79
I) Breve sunto dei contenuti 80
II) Autore e contributi 80
III) Scopo del report 81
IV) Organizzazione del testo 81
V) Argomentazioni e tesi 82
VI) Analisi delle fonti e critica 83
VII) Critica al testo 84
VIII) Contributi al tema 84
IX) Concludendo 85
3)Conclusione: Analisi comparativa dei testi 85
Capitolo 3: impatto ambientale 89
2) Monitoring Posts 90
3) Special Decontamination Area 91
4) Condizioni Meteo 93
4.1) Analisi generale del meteo: 93
5) Critiche mosse da enti non governativi 95
6) Conclusione 97
7) Analisi dei testi 98
7.1) Testo 1: “Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Vol. II Scientific Annex B” 98

I) Breve sunto dei contenuti 98
II) Autori, contributi e redazione 99
III) Struttura del documento 100
IV) Tesi e argomentazioni 102
V) Analisi delle fonti e critica 102
VI) Analisi critica del testo 103
VII) Contributo al campo di studi 104
VIII) Conclusione 104
7.2.) Testo 2: "Assessment of environmental impacts from authorized discharges of tritiated water from the Fukushima site to coastal and offshore regions" 105
I) Breve introduzione 105
II) Obiettivo della ricerca 106
III) Autori e contributi 106
IV) Struttura del Documento 107
V) Tesi e argomentazioni 108
VI) Analisi e analisi critica delle fonti 108
VII) Analisi critica del testo 109
VIII) Contributo al campo di studi 109
IX) Conclusione 110
7.3) Testo 3: "Radioactive Environmental Pollution from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident and Measures towards Recovery - Advances in Environmental Research-" 111
I) Breve sunto dei contenuti e contesto della ricerca 111
II) Obiettivo della ricerca 111
III) Redazione, autori e contributi 111
IV) Struttura del Documento 114
V) Tesi e argomentazioni 115
VI) Analisi e critica delle fonti 116
VII) Analisi Critica del testo 117
VIII) Contributo al campo di studi 118
IX) Conclusioni 118
8) Conclusione: analisi comparativa dei testi 119
Capitolo 4: Etica, comunicazione e gestione della decontaminazione 123
1) Breve introduzione ai temi trattati 123

I) Etica ed emergenza nucleare 123
II) L'influenza della comunicazione nella percezione del rischio 124
III)Gestire il rischio in modo efficace 125
2)Conclusioni e obiettivi della ricerca 125
3)Analisi dei testi 127
3.1) Testo 1: "Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: From Plan- A to Plan-B, Now, from Plan-B to Plan-C" 127
I) Breve sunto dei contenuti 127
II) Autore e commissione 127
III) Scopo del report 128
IV) Organizzazione del testo 128
V) Argomentazioni e tesi: 129
VI) Analisi e analisi critica delle fonti 130
VII) Critica al testo 131
VIII) Contributi al tema 131
IX) Concludendo 132
3.2) Testo 2: "The role of the media in critical disasters: After the Fukushima Daiichi TEPCO nuclear power plant accident" 133
I) Introduzione alla ricerca 133
II) Autore 134
III) Struttura del documento 134
IV) Tesi e argomentazioni 135
V) Approccio alla ricerca e fonti 136
VI) Analisi critica del testo e contributo al campo di studi 137
VII) Conclusione 138
3.3) Testo 3: "Post-Fukushima and Applied Ethics - Reproductive Rights of Men and Women Exposed to Radiation in Fukushima- " 139
I) Breve introduzione al testo 139
II) Obiettivi della Ricerca 140
III) Autore 140
IV) Struttura del documento 141
V) Tesi e argomentazioni 142
VI) Analisi e critica delle fonti 143
VII) Analisi critica del testo 143

VIII) Concludendo 144
4) Conclusione: analisi comparativa dei testi 144
Bibliografia 149
Bibliografia immagini 12
Acronimi 12

Indice delle immagini

Figura 1: L'Imperatore Showa visita gli impianti di Jōban Coalfield nel 1947 21
Figura 2: Mappa della centrale di Fukushima Daiichi. 23
Figura 3: struttura interna dei reattori di Fukushima 24
Figura 4: Distanza dell'epicentro dalle prefetture più colpite. 26
Figura 5: Livello di radiazioni per area.....28
Figura 6: tabella temporale degli eventi dell'11 marzo 2011 29
Figura 7: I dodici siti proposti per ospitare la costruzione di centrali nucleari in Italia 32
Figura 8: Impianti nucleari in funzione in Giappone dal 1970 al 2024 35
Figura 9: Deserto Nucleare, il municipio di Hiroshima all'indomani del bombardamento 40
Figura 10: Significativi livelli di radiazioni continuano ad essere rilevati nell'impianto di Tokaimura per altre 20 ore dopo l'incidente rendendo necessaria l'evacuazione dei civili. ...43
Figura 11: Evoluzione della quantità di energia elettrica generata da TEPCO (1981-2002) ..46
Figura 12: Una centrale Idroelettrica TEPCO 48
Figura 13: Il presidente della Tokyo Electric Power Co. Ltd., il presidente Tsunehisa Katsumata (al centro) e altri si inchinano prima di una conferenza stampa presso la sede della società a Tokyo, giorni dopo il disastro nucleare. 51
Figura 14: il pannello di controllo nella centrale di ChernobylDusi, Elena. 55
Figura 15: Rilevamenti radiologici nella centrale di Fukushima a tre anni dall'incidente 59
Figura 16: Percezione del rischio e salute mentale fra la popolazione di Fukushima 62
Figura 17: Grafico dei casi di tumori alla tiroide nei bambini di Fukushima dopo l'incidente 63
Figura 18: Dei tecnici controllano i livelli di contaminazione su una bimba di Fukushima ...73
Figura 19: all'indomani dello Tsunami.....79
Figura 20: i reattori di Chernobyl (sinistra) e Fukushima.....85
Figura 21: Mappa della DSA 92
Figura 22: mappa della diffusione dei radionuclidi con punti cardinali 95
Figura 23: alla ricerca di piante contaminate dal Cesio 97
Figura 24: tonnellate di rifiuti tossici stoccati in attesa di smaltimento 105
Figura 25: confonto fra le quantità Trizio rilasciato dai test atomici, da Chernobyl e da Fukushima.....110
Figura 26: la vegetazione cresce sulle auto abbandonate dopo l'incidente a Fukushima.....119

Figura 27: tecnici IAEA in visita nell'impianto di Fukushima Daiichi IAEA Imagebank via Flickr | CC BY 2.0 126
Figura 28: città fantasma nella Prefettura di Fukushima 133
Figura 29: Sondaggio pubblico riguardante il grado di decontaminazione di Fukishima 139
Figura 30: le donne di Fukushima chiedono più protezione per il loro figli 144

Acronimi

1. AIEA: Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica
2. IAEA: International Atomic Energy Agency
3. IARC: Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro
4. ICRP: Comitato Internazionale per la Protezione Radiologica
5. ILO: International Labour Organization
6. JAEA: Japan Atomic Energy Agency
7. MOE: Ministry of the Environment, Japan
8. NIES: National Institute for Environmental Studies
9. NIRS: National Institute of Radiological Sciences
10. QST: National Institutes for Quantum Science and Technology
11. TEPCO: Tokyo Electric Power Company
12. UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

要旨

2011 年 3 月 11 日に発生した福島第一原子力発電所事故は、歴史上最も重要な原子力災害のひとつと考えられている。この事故は、公衆衛生、環境汚染、制度に対する国民の信頼に影響を及ぼした。本論文の目的は、福島第一原発事故に関する主要な研究を学際的な視点から整理し、包括的なガイドを提供することである。テキストは、選択したトピックを扱う上で、その完全性とわかりやすさを基準に選ばれた。動機や学問的背景の如何にかかわらず、このガイドを参照することで、的を絞った方向付けができ、福島を調査するための確かな基礎を得ることができるだろう。 各章の終わりには、研究の全体像を把握するために、それぞれのテキストを比較している。第 1 章では、放射線被曝が健康に及ぼす影響に関する 3 つのテキストを分析し、健康というトピックを探求する。 第 2 章では環境への影響、特に汚染水の太平洋への流出について。 最後に、倫理、除染管理、リスク認識におけるメディアの影響に関する文章を分析する。

Introduzione

1) Obiettivi della guida agli studi

A) Scopo e domande principali di ricerca

Questa tesi si propone di individuare e analizzare dei testi per una comprensione generale del disastro nucleare di Fukushima e sulla conseguente gestione del nucleare, offrendo un'analisi delle differenze e della loro articolazione. Analizzando i maggiori studi compiuti sull'incidente, comprendendo un lasso temporale che va dall'emergenza immediata ai giorni nostri, esaminando le metodologie e prospettive di tali testi ci poniamo l'obiettivo di fornire una guida completa e dettagliata a chi vuole creare familiarità con gli eventi del marzo 2011, analizzando tre testi per capitolo, ognuno focalizzato su un diverso aspetto del disastro. Verranno analizzati quindi l'impatto sanitario, ambientale e sociale, seguendo l'evolversi dell'opinione pubblica del rischio in Giappone e nel mondo e le lezioni tratte dall'accaduto che hanno influenzato l'etica e le politiche energetiche. Questa tesi vuole fornire a chi è interessato ad approfondire uno o più aspetti dell'incidente, una chiave di lettura unica per un approccio mirato alla ricerca. Pur dividendo l'analisi in compartimenti separati, per migliorare la logistica di consultazione, si tiene a precisare che i vari aspetti analizzati non sono indipendenti gli uni dagli altri ma anzi si influenzano tra loro. Si vuole infatti fornire a chi lo desidera una comprensione globale e coordinata dell'argomento. Questa guida vuole anche svolgere la funzione di una base per la riflessione e analisi critica dei fatti.

B) Importanza di una guida agli studi

La vasta quantità di ricerche che si sono susseguite sul disastro di Fukushima esamina in profondità i molteplici aspetti dell'accaduto; possedere degli strumenti per orientarsi fra esse è di essenziale importanza; dunque, si offre una panoramica dei lavori più rilevanti per completezza e chiarezza nel loro ambito. Indipendentemente dal motivo o dalla preparazione accademica, chi consulta questa guida potrà orientarsi in modo mirato, acquisendo una base solida per la propria indagine su Fukushima. Queta analisi integrata potrà contribuire allo

sviluppo di nuove strategie di gestione del rischio. Si cercherà di superare questi ostacoli e valorizzare una visione complessiva e coordinata dei fatti, pur fornendo gli strumenti per un'analisi uni disciplinare per chi lo desideri.

C) Metodologia e criteri di selezione degli studi

I lavori selezionati per questa guida includono articoli accademici e ricerche indipendenti, selezionate in base alla loro qualità e rilevanza. I testi inclusi sono quelli che hanno apportato un maggior contributo alla comprensione dell'aspetto a cui è dedicato il capitolo d'appartenenza. L'estensione temporale copre gli studi redatti a poca distanza dall'incidente e ricerche più recenti, in modo da poter fornire un'idea di come si sono evolute le diverse prospettive.

Introduciamo brevemente i testi che verranno analizzati in ogni capitolo:

Capitolo 2: Impatto sanitario

1. **"Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation"** Redatto dalla WHO. Questo report comprende una ricerca incentrata sulle conseguenze per la salute dell'incidente di Fukushima, approfondendo le misure di gestione del rischio sanitario.
2. **"Radioactive contamination and health risk evaluation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident"** di Yukio Hayakawa. Si propone di mappare la diffusione delle radiazioni per poter valutare i danni potenziali alla salute della popolazione.
3. **"Health effects of radiation after nuclear accident: Chernobyl and Fukushima."** Di Kakihara Tai, Imanaka Tetsuji, Yoshida Yuuko, Fujioka Takeshi e Yamauchi Tomoya. Pubblicato su Journal of History of Science. Approfondisce l'impatto sanitario dei due incidenti evidenziando la differenze nelle politiche di gestione del rischio.

Capitolo 3: Impatto ambientale

1. **“Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Vol. II Scientific Annex B”** UNSCEAR 2020/21 Report Vol. II. Costituisce l’aggiornamento dei dati raccolti dall’UNSCEAR nel report del 2013 riguardo la contaminazione ambientale da radionuclidi.
2. **“Assessment of environmental impacts from authorized discharges of tritiated water from the Fukushima site to coastal and offshore regions”** Di Jakub Kaizera, Katsumi Hirose, Pavel P. Povineca. Analizza l’impatto ambientale dello scarico di acque triziate nell’Oceano Pacifico.
3. **“Radioactive Environmental Pollution from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident and Measures towards Recovery - Advances in Environmental Research-” In** *Global Environmental Research Vol.20 No.1&2/2016*. É una raccolta di tredici studi ambientali compiuti da ricercatori e scienziati giapponesi riguardo l’inquinamento radioattivo di Fukushima.

Capitolo 4: Etica, comunicazione e gestione della decontaminazione

1. **"Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: From Plan-A to Plan-B, Now, from Plan-B to Plan-C"** Di Sato Satoshi, commissionato da Greenpeace Japan e Greenpeace East Asia. Analisi delle strategie di decontaminazione e bonifica della centrale di Fukushima. Questo testo propone un approccio alternativo al problema.
2. **"The role of the media in critical disasters: After the Fukushima Daiichi TEPCO nuclear power plant accident” Di** Arai Fumio. Analisi comparative delle narrazioni dell’incidente offerte dalle quattro principali testate giapponesi, Mainichi Shimbun, Asahi Shimbun, Yomiuri Shimbun e Sankei Shimbun.
3. **“Post-Fukushima and Applied Ethics - Reproductive Rights of Men and Women Exposed to Radiation in Fukushima-”** Di Kanai Yoshiko. Una valutazione etica e teorica della pressione esercitata dell’esposizione alle radiazioni sulla popolazione femminile.

D) Struttura della tesi

L'organizzazione dei capitoli segue un flusso logico e temporale: partendo da una contestualizzazione storica del disastro si passa ad analizzare l'impatto sanitario e poi ambientale, si conclude con il capitolo dedicato all'etica, comunicazione e gestione dell'incidente; si è deciso di unire questi tre temi in un solo capitolo data la loro interconnessione. Ogni capitolo si rifà al quadro generale sottolineando come ognuno di essi sia fondamentale alla comprensione complessiva.

Ogni capitolo approfondisce dunque una tematica principale:

Trattandosi di un disastro estremamente nocivo per la salute è d'obbligo avviare la nostra analisi dagli studi sanitari; verranno trattate ricerche sugli effetti del disastro sulla salute umana, con attenzione agli studi epidemiologici su malattie specifiche legate all'esposizione e successivamente studi sull'impatto dell'incidente sugli ecosistemi e sulle risorse naturali, incluse analisi sulla contaminazione e sulle politiche di decontaminazione. Dunque, la tesi si concluderà con un'analisi dell'approccio sociale approfondendo temi etici, comunicativi e la gestione del post incidente.

Capitolo 1: Contesto storico e tecnico del disastro

In questo primo capitolo viene introdotto l'incidente inquadrandolo in un contesto storico e tecnico, essenziale per comprendere al meglio le dinamiche e le conseguenze di uno fra gli eventi più critici della storia dell'energia nucleare. Inizieremo ripercorrendo la storia della centrale, illustrando le scelte progettuali e strutturali che hanno concorso al disastro. Segue un quadro cronologico degli eventi del marzo 2011, ponendo in evidenza le criticità gestionali dell'incidente. Con questo capitolo si gettano le basi per l'analisi interdisciplinare che seguirà nei capitoli successivi.

1) L'incidente: descrizione tecnica e le cause

Se si vogliono comprendere il contesto del disastro è necessario prima analizzare brevemente la storia dell'energia nucleare in Giappone e il ruolo della centrale di Fukushima nel soddisfacimento del fabbisogno energetico della Nazione.

I) Breve storia della centrale

L'impianto nucleare di Fukushima Daiichi venne costruito a seguito di una transazione energetica avvenuta nella Prefettura di Fukushima a seguito della chiusura delle varie miniere di carbone presenti nella regione avvenuta negli ani sessata del secolo scorso

[1]. L'area conosciuta come Jōban Coalfield, situata in Parte nella prefettura di Fukushima era un importante centro minerario sin dal periodo Meiji, vantava ben 130 miniere nelle quali erano impiegati circa 30.000 lavoratori, estraendo fino a 4,3 milioni di tonnellate di carbone in un anno[2] [3]. Tuttavia, con l'insorgere di fonti energetiche meno costose l'industria carbonifera

[1] Nippon. "The History of Nuclear Power in Fukushima." *Nippon.com*, 5 Aug. 2019, www.nippon.com/en/japan-data/h00508/the-history-of-nuclear-power-in-fukushima.html.
[2] Ibid.
[3]Danielle BOCHOVE, TAKADA Aya, Clark AARON "Japan Can't Quit Its Coal Habit, Nine Years after Fukushima." *MINING.COM*, 12 Mar. 2020, www.mining.com/web/japan-cant-quit-its-coal-habit-nine-years-after-fukushima/.

di Fukushima cominciò a declinare fino alla chiusura dell'ultima miniera nel 1976[4]. In quegli anni il nucleare si presentava come la fonte energetica del futuro, e quindi per evitare un drastico calo della produttività nella regione nel 1961 il consiglio comunale della città di Ōkuma, e l'anno successivo anche il consiglio della vicina città di Futaba, decise di invitare la società TEPCO (Tokyo Electric Power Company), che all'epoca era il principale operatore di energia nucleare in Giappone, a costruire un impianto nucleare nella prefettura di Fukushima[5]. Le centrali di Fukushima Daiichi e Daini vennero costruite proprio sul confine settentrionale del Jōban Coalfield, mantenendo attiva l'industria energetica nella regione e continuando ad avere un ruolo chiave nella fornitura di energia in Giappone[6]. Grazie alla vicinanza al mare di quest'area, il governo giapponese e la società TEPCO la ritennero il luogo ideale per la costruzione di un impianto nucleare, in quanto avrebbero potuto sfruttare l'acqua marina nei processi di raffreddamento e la sua relativa distanza dai centri abitati più popolosi costituiva un elemento di ulteriore sicurezza in caso di incidente. La costruzione di questo impianto rappresentava anche un tentativo di ridurre la dipendenza energetica dal petrolio che non essendo presente nel territorio giapponese doveva essere importato[7].

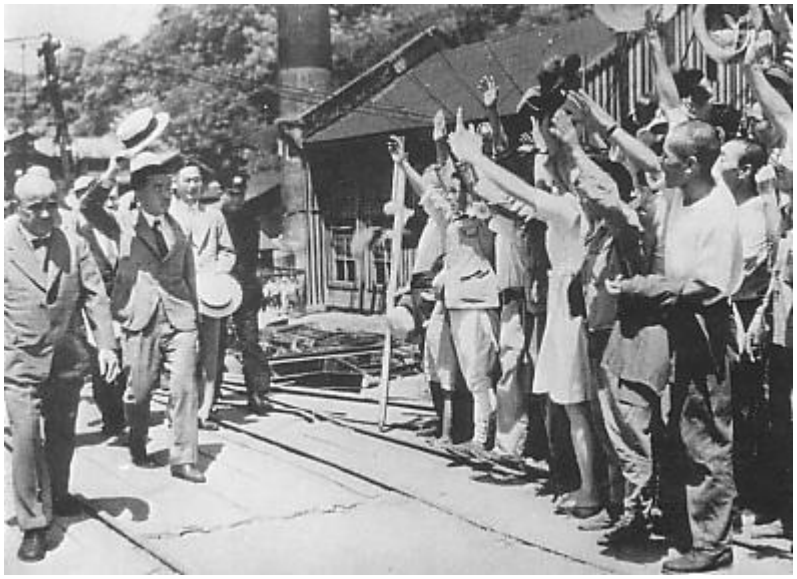

Figura 1: L'Imperatore Showa visita gli impianti di Jōban Coalfield nel 1947
it.wikipedia.org/wiki/File:Emperor_Showa_visit_to_Joban_Coalfield_in_1947

[4] ibid
[5] ibid
[6] Britannica. "Fukushima | Prefecture, Japan." *Encyclopædia Britannica*, 2019, www.britannica.com/place/Fukushima-prefecture-Japan.
[7] Nippon. "The History of Nuclear Power in Fukushima." *Nippon.com*, 5 Aug. 2019, www.nippon.com/en/japan-data/h00508/the-history-of-nuclear-power-in-fukushima.html. come 2

Gli impianti di Fukushima Daiichi vennero infine attivati nel 1971, comprendeva inizialmente sei reattori ad acqua bollente, una tecnologia estremamente avanzata per quel periodo, che erano stati progettati dalla compagnia General Electric[8]. I sei reattori vennero installati dal 1971 al 1979, e ognuno di essi era progettato per generare una quantità di energia tra i 460 e 1.100 MW (mega watt) raggiungendo così una capacità energetica totale di oltre 4.700 MW, rendendo l'impianto di Daiichi uno dei più importanti in Giappone all'epoca[9]. Tuttavia, si decise di costruire la centrale di Daiichi soltanto dieci metri sopra il livello del mare, questa decisione combinata con dei muri di sicurezza dalla insufficiente altezza protettiva porteranno alle drammatiche conseguenze dell'incidente avvenuto nel marzo 2011. Nel 1982 a circa 12km di distanza da Daiichi venne attivato il primo dei quattro reattori dell'impianto Daini, anch'essi ad acqua bollente con una capacità complessiva di circa 4.400 MW[10] [11]. La costruzione di questo secondo impianto fu voluta per permettere alla sola centrale di Fukushima di soddisfare la crescente domanda energetica della popolazione urbana di Tokyo e delle aree circostanti. Gli impianti contribuirono a creare un'immagine dell'energia nucleare come fonte sicura e sostenibile; infatti, nei decenni successivi alla loro costruzione non si verificarono incidenti significativi accrescendo la fiducia dell'opinione pubblica riguardo all'energia nucleare e alla sua gestione da parte delle autorità preposte[12]. Tuttavia, emersero sin da subito alcune critiche riguardo l'ubicazione dell'impianto; infatti, la zona era altamente sismica ed è stata colpita da ben otto tsunami dall'inizio del secolo scorso, i quali hanno raggiunto altezze fino a 31 metri nel loro punto di origine[13]. Nonostante gli impianti di Daiichi e Daini continuarono a ricoprire un ruolo fondamentale nella fornitura energetica del paese, i sistemi di sicurezza non vennero poi aggiornati nei decenni successivi in modo da poter fornire una protezione adeguata in caso di evento naturale estremo[14]. Queste mancanze diverranno evidenti

[8] Vd. 5
[9] Ibid
[10] Ibid.
[11] MINING.COM. "Japan Can't Quit Its Coal Habit, Nine Years after Fukushima." *MINING.COM*, 12 Mar. 2020, www.mining.com/web/japan-cant-quit-its-coal-habit-nine-years-after-fukushima/.
[12] Atomic Archive. "Fukushima." Www.atomicarchive.com, www.atomicarchive.com/science/power/fukushima.html.
[13] World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident
[14] Britannica. "Fukushima | Prefecture, Japan." *Encyclopædia Britannica*, 2019, www.britannica.com/place/Fukushima-prefecture-Japan.

nel marzo del 2011 quando lo tsunami causò il collasso dell'impianto con conseguenze potenzialmente catastrofiche per la regione e per tutto il paese.

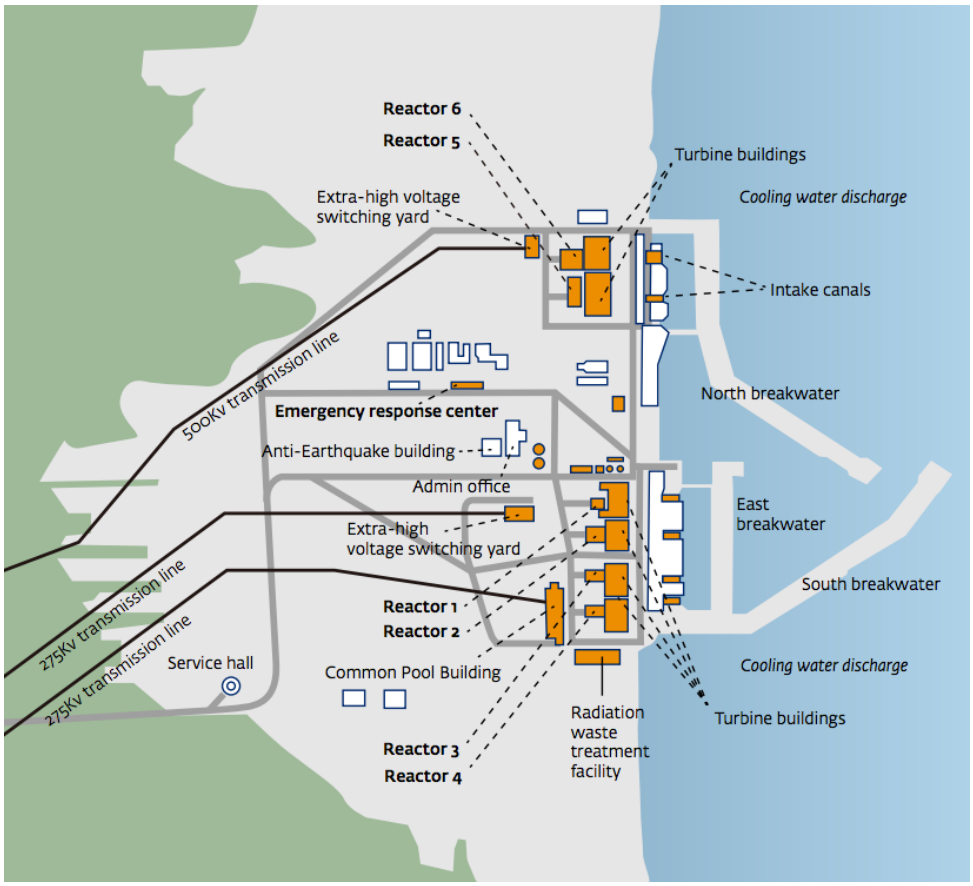

Figura 2: Mappa della centrale di Fukushima Daiichi.

Il post. "Fukushima Fu "Un Disastro Causato Dall'uomo."" Il Post, 5 July 2012, www.ilpost.it/2012/07/05/rapporto-parlamentare-fukushima/.

II) Struttura e funzionamento dei reattori

Come abbiamo accennato gli impianti di Daiichi e Daini utilizzavano reattori "ad acqua bollente" (BWR boiling water reactors), una tecnologia recentemente sviluppata dalla compagnia General Electric. Il funzionamento di questi reattori prevede il ricircolo dell'acqua utilizzata per il raffreddamento viene fatta bollire nel nocciolo, producendo così vapore acqueo che muovendo delle turbine genera energia elettrica[15]. Questo design era molto diffuso negli anni 70' e 80' del secolo scorso a causa della sua relativa semplicità di funzionamento e per i

[15]World Nuclear Association "Fukushima: Background on Reactors - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, https://world-nuclear.org/information-library/appendices/fukushima-reactor-background

costi ridotti rispetto ad altre tipologie di reattore, come i reattori ad acqua pressurizzata (PWR)[16] [17]. Dunque, ogni reattore comprendeva: un nocciolo contenente barre in uranio arricchito che attraverso il processo di fissione generavano calore, un sistema di raffreddamento che facendo circolare acqua all'interno del nocciolo assorbiva il suddetto calore evitando che si surriscaldassero e un sistema di barre di controllo che potevano essere aggiunte o rimosse per regolare il processo di fissione nucleare[18] [19]. In aggiunta i reattori erano provvisti di un sistema di raffreddamento d'emergenza che avrebbe dovuto garantire la sicurezza del nocciolo in caso di guasto al sistema principale[20]. Tuttavia, come ha dimostrato il disastro del 2011, furono proprio questi sistemi di emergenza a non essere adeguatamente protetti in caso di disastro naturale, e inatti la perdita di energia (Station Blackout, SBO) causata dall'inondazione causò il fallimento dei sistemi di emergenza causando la fusione del nocciolo nei reattori 1, 2 e 3 di Fukushima Daiichi[21].

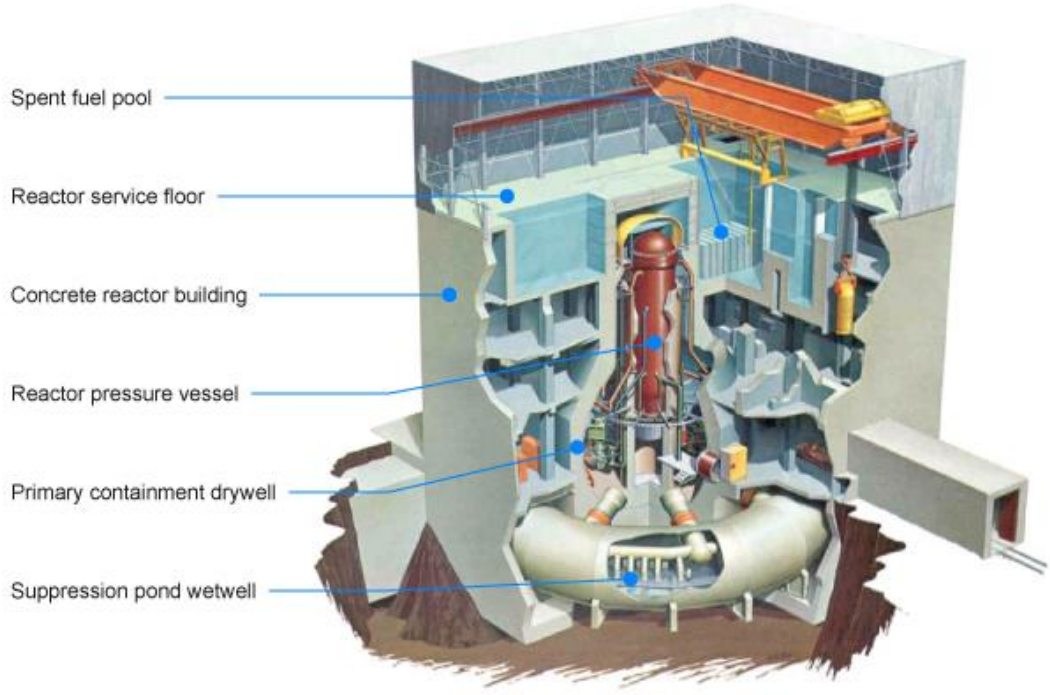

Figura 3: struttura interna dei reattori di Fukushima

Daiichi World Nuclear Association "Fukushima: Background on Reactors - World Nuclear Association." World-Nuclear.org, world nuclear.org/information-library/appendices/fukushima-reactor-background.

[16] Ibid.
[17] World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident
[18] Vd. 14
[19] Vd. 16
[20] Ibid.
[21] Vd. 16

III) Aspetti tecnici rilevanti per comprendere il disastro

La sicurezza di una centrale è strettamente legata alla sua capacità di far fronte ad eventi estremi, quali terremoti e tsunami. Analizziamo le vulnerabilità strutturali nel dettaglio, ponendo particolare attenzione alle carenze progettuali e alla loro incidenza sulla portata dell'incidente.

Nonostante alcune vulnerabilità strutturali risultassero evidenti sin da subito fu soltanto con il disastro del 2011 che vennero a galla. Le centrali di Daiichi e Daini erano situate in un'area altamente sismica dell'Oceano Pacifico noto come "l'Anello di Fuoco". Costruire un impianto nucleare in questa zona richiede elevate misure di sicurezza data la frequenza con cui si verificano terremoti e tsunami in quest'area[22]. Ci sono tre fattori critici da considerare quanto si parla di vulnerabilità a Fukushima: il primo e sicuramente l'insufficiente soprelevamento della centrale rispetto al livello del mare, infatti i 12 metri che li separavano non furono sufficienti a proteggere la centrale dalle onde alte 15 metri; poi il mal posizionamento dei generatori di emergenza, installati in punti facilmente raggiungibili dall'acqua in caso di tsunami, che infatti vennero completamente danneggiati e in parte distrutti immediatamente. Infine, la progettazione obsoleta degli impianti i cui sistemi di sicurezza risalenti agli anni 70' e 80' del secolo scorso non venero mai aggiornati per affrontare scenari più catastrofici di quelli presi in considerazione all'epoca della costruzione[23].

1.2) Cronologia degli eventi

Esplorare la cronologia secondo la quale si sono succeduti gli eventi del marzo 2011 è fondamentale per poter comprendere come le decisioni prese abbiano influito in modo negativo o positivo sulla portata del disastro.

[22]World Nuclear Association "Fukushima: Background on Reactors - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, https://world-nuclear.org/information-library/appendices/fukushima-reactor-background
[23] Ibid.

I) Terremoto e Tsunami

Il terremoto del marzo 2011 fu il più potente mai registrato in Giappone dalla magnitudo 9.0 sulla scala Richter, la sua profondità nell'epicentro, che si trovava a 130km dalla costa nord-orientale di Honshu, nella prefettura di Miyagi, era di soli 24 km sotto il mare[24]. Il terremoto durò per ben sei minuti causando una deformazione del fondale oceanico, spostando la crosta di diversi metri e scatenò il devastante tsunami che colpì il Giappone. Con onte alte 15 metri superò facilmente i muri protettivi, la velocità dell'acqua, combinata con l'impatto sulle infrastrutture, fu devastante[25].

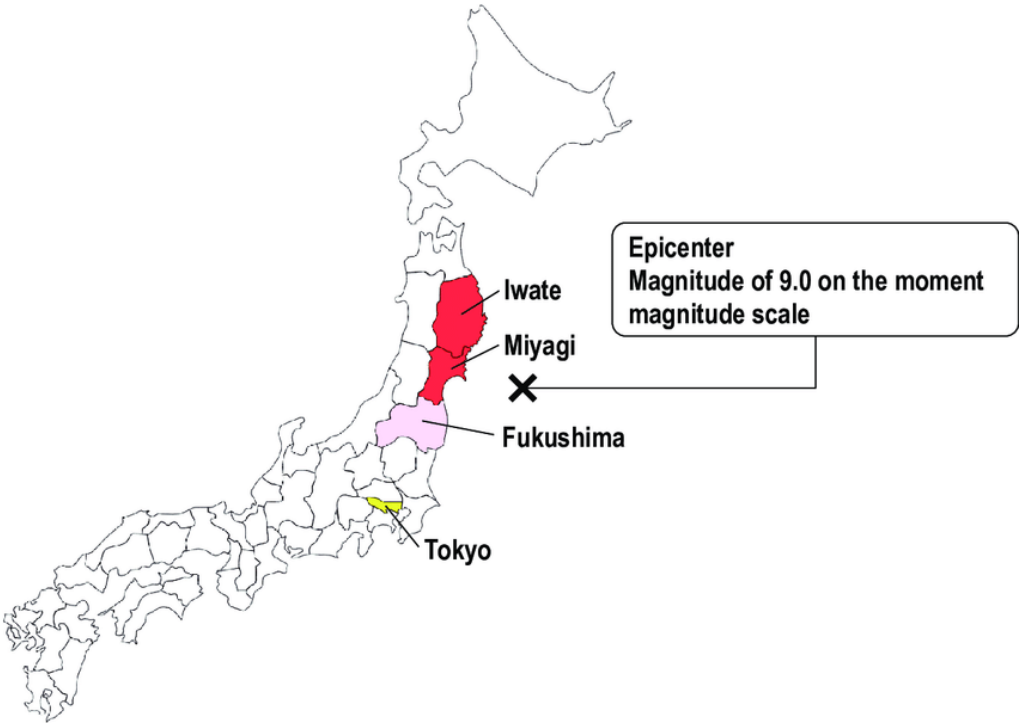

Figura 4: Distanza dell'epicentro dalle prefetture più colpite.

SUGAWARA Junichi. "The Tohoku Medical Megabank Project: Design and Mission". Journal of Epidemiology, Feb. 7, 2010, *www.researchgate.net/figure/Location-of-Iwate-Prefecture-Miyagi-Prefecture-and-Fuk*

[24] Nuclear Energy Agency. "NEA - Timeline for the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident." Www.oecd-Nea.org, 7 Mar. 2012, www.oecd-nea.org/news/2011/NEWS-04.html.
[25] Ibid.

II) Eventi critici

Gli eventi critici da tenere a mente sono tre: il primo è lo spegnimento automatico dei reattori (SCRAM), il quale arrestò con successo il processo fissione nucleare ma non ricevette il supporto necessario per raffreddare il calore residuo richiedeva il continuo raffreddamento per evitare surriscaldamenti[26]. Poi i guasti ai generatori di emergenza a disel, che sommersi dalle onde dello tsunami causarono un blackout totale (Station Blackout), considerato una delle eventualità più critiche per una centrale nucleare[27]. Infine, l'accumulo di idrogeno con le conseguenti esplosioni, infatti a causa dell'aumento della temperatura che venne prodotto vapore acqueo in eccesso, il quale interagì con le guaine di zirconio delle barre di combustibile avviando così una reazione chimica che portò alle esplosioni[28].

III) Conseguenze immediate sull'impianto

Con temperature che speravano i 2800 gradi Celsius[29], I reattori 1, 2 e 3 subirono una fusione parziale del nocciolo, che causò un collasso delle strutture interne ai reattori e il rilascio di materiali altamente radioattivi (cesio-137 e iodio-131) che andarono a contaminare le aree circostanti, incluse le zone agricole, subirono un grave impatto ambientale e sanitario[30]. Per ovviare al mancato raffreddamento dei reattori verrà iniettata nei giorni seguenti acqua marina in grandi quantità; questo intervento danneggiò in modo definitivo i sistemi ma pose un freno alla diffusione dei materiali radioattivi nelle zone circostanti[31]. Da un punto di vista dell'inquinamento ambientale provocato dal disastro, quello di Fukushima è considerato uno dei peggiori nella storia dell'energia nucleare[32].

---

[26] Nuclear Energy Agency. "NEA - Timeline for the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident." Www.oecd-Nea.org, 7 Mar. 2012, www.oecd-nea.org/news/2011/NEWS-04.html.

[27] World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident

[28] Vd. 25

[29] Ibid.

[30] Vd. 26

[31] Vd. 25

[32] FUJIKAWA Ken. " Fukushima genpatsu jiko ni okeru higai kōzō to sono tokuchō." Kankyō shakai-gaku kenkyū 藤川賢. "福島原発事故における被害構造とその特徴." *環境社会学研究* 18 (2012): 45-59.

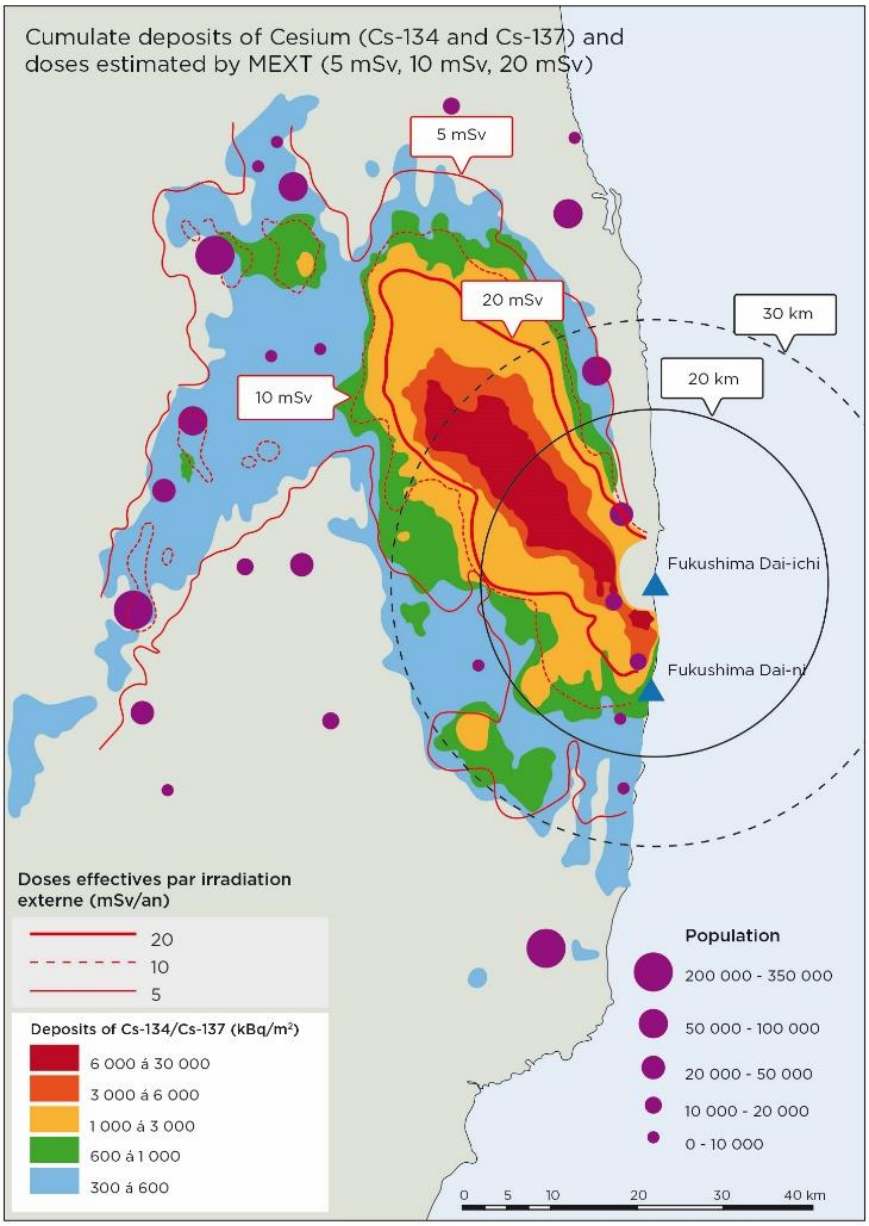

Figura 5: Livello di radiazioni per area.

IFSN -. "Rapporto IFSN su Fukushima IV: Effetti radiologici". Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN, (N.d.), *https://www.ensi.ch/it/dossiers-4/rapporto-ifsn-su-fukushima-iv-effetti-radiologici/*

www.jstage.jst.go.jp/article/jpkankyo/18/0/18_KJ00009391927/_article/-char/ja/, https://doi.org/10.24779/jpkankyo.18.0_45.

Event sequence following earthquake (timing from it: 14:46, 11 March)

	Unit 1	Unit 2	Unit 3
Loss of AC power	+ 51 min	+ 54 min	+ 52 min
Loss of cooling	+ 1 hour	+ 70 hours	+ 36 hours
Water level down to top of fuel*	+ 3 hours	+ 74 hours	+ 42 hours
Core damage starts*	+ 4 hours	+ 77 hours	+ 44 hours
Reactor pressure vessel damage*	+11 hours	uncertain	uncertain
Fire pumps with fresh water	+ 15 hours		+ 43 hours
Hydrogen explosion (not confirmed for unit 2)	+ 25 hours service floor	+ 87 hours suppression chamber	+ 68 hours service floor
Fire pumps with seawater	+ 28 hours	+ 77 hours	+ 46 hours
Offsite electrical supply	+ 11-15 days		
Fresh water cooling	+ 14-15 days		

Figura 6: tabella temporale degli eventi dell'11 marzo 2011

World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." World-Nuclear.org, 29 Apr. 2024, *https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident*

IV) Reazioni internazionali

La reputazione dell'energia nucleare subì un grave colpo in tutto il mondo. Nell'aprile del 2011, a solo un mese dall'avvenuto, l'IAEA (International Atomic Energy Agency) dichiarò che le stime sulla crescita dell'energia nucleare per il 2035 erano state dimezzate a seguito dell'incidente[33]. La stessa Agenzia ridimensionò in seguito la sua affermazione pronosticando un rallentamento dell'8% nello sviluppo dell'energia nucleare entro il 2030

[33] The Economist. "Gauging the Pressure." *The Economist*, 28 Apr. 2011, www.economist.com/business/2011/04/28/gauging-the-pressure.

rispetto ai progressi raggiunti fino al 2010[34]; proprio il direttore generale dell'IAEA Yukiya Amano ha ammesso durante la conferenza di Vienna da lui indetta per discutere i pressanti dubbi sulla sicurezza nucleare, che l'incidente di Fukushima ha avuto effetti disastrosi per quanto riguarda l'energia nucleare "causando una profonda ansia nell'opinione pubblica di tutto il mondo e ha danneggiato la fiducia nell'energia nucleare"[35]. La stessa industria nucleare ebbe forti cambiamenti d'opinione; l'incidente diede il via ad una strutturale riforma delle norme di sicurezza, e il colosso dell'energia tedesco Siemens annunciò il ritiro dal settore dell'energia nucleare per concentrarsi sulle fonti rinnovabili concludendo che dopo l'incidente di Fukushima il nucleare era divenuto "un capitolo chiuso"[36] . Per quanto riguarda le agenzie di regolamentazione la risposta è stata frammentaria e incongrua; mentre l'IAEA accusava il Giappone di aver sottovalutato i rischi, molti sostenevano che fosse stata proprio l'Agenzia a suscitare dubbi sull'efficacia del suo lavoro a causa dei report incongruenti e ritardatari che hanno seguito l'incidente[37].

Molte ONG tra cui Greenpeace e attivisti hanno chiesto l'abbandono totale del nucleare per concentrarsi sulle energie rinnovabili. Queste ONG mossero molte critiche sia al governo giapponese per la sua gestione dell'emergenza nucleare che all'IAEA per la sua incapacità di imporsi su tale governo[38]. Denunciando una supposta manipolazione del governo giapponese sulla reale efficacia della decontaminazione, Greenpeace sostiene che non solo sono stati rimossi gli ordini di evacuazione in posti ancora altamente pericolosi, ma insieme all'ONU sostenne che vennero violati diritti umani durante le operazioni di bonifica, in particolare a carico dei lavoratori della decontaminazione e delle comunità sfollate[39]; inoltre denunciò il silenzio del governo giapponese in relazione alle richieste dell'ONU di rivedere le politiche di decontaminazione[40]. Dunque, ad oggi Greenpeace raccomanda ancora di interrompere le operazioni di rientro nelle aree contaminate offrendo piuttosto sostegno finanziario agli sfollati,

[34] IAEA. "IAEA Sees Slow Nuclear Growth Post Japan - UPI.com." *UPI*, 23 Sept. 2011 www.upi.com/Business_News/Energy-Industry/2011/09/23/IAEA-sees-slow-nuclear-growth-post-Japan/UPI-87041316777856/.
[35] Ibid.
[36] DER SPIEGEL. "Response to Fukushima: Siemens to Exit Nuclear Energy Business." *Spiegel.de*, DER SPIEGEL, 19 Sept. 2011, www.spiegel.de/international/business/response-to-fukushima-siemens-to-exit-nuclear-energy-business-a-787020.html.
[37] Geoff BRUMFIEL. "Nuclear Agency Faces Reform Calls." *Nature*, 26 Apr. 2011, https://doi.org/10.1038/472397a.
[38] Greenpeace Japan. *The Decontamination Myth and a Decade of Human Rights Violations*. Greenpeace Japan, 2021. https://www.greenpeace.org/japan/wp/wp-content/uploads/2021/03/ff71ab0b-finalfukushima2011-2020_web.pdf
[39] Ibid.
[40] Ibid.

rendere più chiare le politiche di decontaminazione a lungo termine e di rispondere alle richieste dell'ONU accettando ulteriori ispezioni e l'aiuto di esperti[41].

Quanto ai governi stranieri, l'effetto dirompente che l'incidente di Fukushima ha avuto a livello internazionale è innegabile; la percezione della sicurezza in ambito nucleare è per sempre stata segnata dall'avvenimento, influenzando le scelte per le politiche energetiche di molti paesi. Infatti, svariati governi hanno rivalutato la strategia adottata, inasprendo i regolamenti per la sicurezza e spesso optando per fonti di energia rinnovabile, la quale aveva visto la sua reputazione di soluzione sana e sostenibile fortemente rinforzata. In questo senso l'incidente fornisce un punto di svolta per chi si occupa dello studio e della gestione del rischio nucleare a livello planetario, evidenziando l'importanza di uno studio multidisciplinare come quello che questa tesi si propone di fare. Senza dubbio uno degli stati più colpiti dalla notizia è stata la Germania; ha infatti annunciato di voler "uscire" dalla dipendenza dall'energia nucleare ("Atomausstieg") chiudendo ben sei delle sue diciassette centrali nucleari, e riducendo la produzione di energia dal 22% al 16% entro il 2012[42]. Ciò ha inevitabilmente significato una maggiore dipendenza energetica dall'estero e dalle fonti rinnovabili. Inoltre, questa rimozione improvvisa della capacità nucleare ha causato un aumento dei prezzi dell'8,7%, in particolare per i periodi notturni, a causa dell'uso di fonti esterne o rinnovabili e quindi più costose per compensare l'assenza di energia nucleare[43]. Nonostante ci sia stato un effettivo aumento dell'energia rinnovabile, la Germania ha registrato un incremento delle emissioni di CO_2 del 3,9% tra il 2010 e il 2012, poiché si è ricorsi all'uso di centrali a carbone, contravvenendo così inoltre agli obiettivi della politica "Energiewende"[44]. Fortemente influenzata dall'incidente è stata anche l'opinione pubblica italiana, chiamata a votare per un referendum nel 2011 sull'energia nucleare. In seguito al disastro di Chernobyl nel 1986, l'Italia aveva già abbandonato l'idea del nucleare, ma proprio nell'anno del disastro il governo aveva riproposto l'utilizzo di tale energia per coprire il 20% del fabbisogno energetico nazionale entro il 2020[45]. La partecipazione è stata del 57%, un livello significativo che ha superato la soglia necessaria per la validità del risultato e quindi a respingere l'iniziativa del governo[46].

---

[41] Ibid.
[42] Luigi GROSSI, et al. "The Impact of the German Response to the Fukushima Earthquake." *Energy Economics*, vol. 66, 1 Aug. 2017, pp. 450–465, https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.07.010.
[43] Ibid.
[44] Ibid.
[45] BBC "Italy Nuclear: Berlusconi Accepts Referendum Blow." *BBC News*, 12 June 2011, www.bbc.com/news/world-europe-13741105.
[46] Ibid.

Figura 7: I dodici siti proposti per ospitare la costruzione di centrali nucleari in Italia

Andrea BERATGLIO. "Vercelli, Pianosa E Sardegna. Ecco Le Aree Papabili per Il Nucleare Italiano." Il Fatto Quotidiano, 15 Mar. 2011, *www.ilfattoquotidiano.it/2011/03/15/v*

In sintesi, l'emergenza nucleare verificatasi a Fukushima ha portato alla luce varie difficoltà e mancanze legate alla gestione della sicurezza nucleare, ha evidenziato come ci sia necessità di una maggiore trasparenza, cognizione di causa del potere decisionale e cooperazione, ma soprattutto comunicazione fra autorità locali e nazionali. Le lacune esposte da questo evento legate alla comunicazione e diffusione delle informazioni, unite alla sottovalutazione dei rischi per la salute e per l'ambiente, hanno contribuito alla crescente sfiducia della popolazione civile nelle autorità acuendo le conseguenze sociali dell'emergenza. Questa crisi ha stimolato una revisione globale delle politiche energetiche, segnando una svolta per l'opinione pubblica che

ha per sempre legato l'idea del nucleare a quella di un pericolo incontrollato; molte nazioni hanno rivalutato il loro atteggiamento verso l'energia nucleare decidendo di investire piuttosto in energie rinnovabili.

2) Contesto politico ed energetico del Giappone pre-2011

Per comprendere a fondo il disastro di Fukushima non si può non considerare lo stato delle politiche energetiche che hanno fatto del Giappone il terzo produttore di energia nucleare al mondo. In questa sezione si esplora la storia energetica del paese, assieme alle influenze provenienti da fattori politici ed economici, per capire come essi abbiamo determinato le scelte del governo giapponese nei riguardi del nucleare.

2.1) L'importanza dell'energia nucleare in Giappone

I) Breve storia dello sviluppo nucleare giapponese

In Giappone nel dopoguerra affrontava una situazione disastrosa sotto molti aspetti, fra i quali quello energetico; infatti, molte delle sue infrastrutture energetiche erano andate distrutte con i bombardamenti, le sue centrali a carbone e impianti industriali erano in pessime se non irrecuperabili condizioni. Con la rapida crescita economica deli anni 50' e 60' il fabbisogno energetico crebbe vertiginosamente e le fonti tradizionali quali, idroelettrico e carbonifero non bastavano a far fronte alla domanda[47]. Va ricordato che il Giappone è prevalentemente privo di risorse energetiche come petrolio o gas naturali, quindi, deve importare la maggior parte del fabbisogno energetico se si escludessero le risorse che ricava dall'energia nucleare. Il rischio di una dipendenza energetica dall'estero risultò ancora più evidente con la crisi petrolifera che colpì il mondo intero negli anni 70', e in confronto l'energia atomica sembrava una fonte

[47] Mario NOCERA. "Giappone: Storia Di Una Crescita Economica." *Ius in Itinere*, 28 Jan. 2019, www.iusinitinere.it/giappone-storia-di-una-crescita-economica-17545.

domestica estremamente stabile e conveniente[48] [49]. inoltre, creare una nuova identità giapponese associandola ad un modello di stato estremamente moderno sembrava essere il metodo migliore per reintegrarsi nella comunità internazionale dopo la guerra[50]; dunque, quale miglior modo di dimostrarsi uno stato all'avanguardia che di quello dello sviluppo dell'energia nucleare per diventare una potenza moderna e rispettata in quanto tale?

Va inoltre tenuto a mente che durante gli anni 50' del secolo scorso con il programma statunitense "Atoms for peace", l'interesse per l'uso dell'energia nucleare in modo costruttivo prese piede in tutto il mondo. Con il discorso dell'allora Presidente degli Stati Uniti Dwight D. Eisenhower da lui tenuto nel 1953 portò alla creazione dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA) nel 1957. Il suo scopo storicamente è quello di promuovere l'uso esclusivamente pacifico dell'energia nucleare nel mondo e l'importanza della sicurezza e prevenzione per evitare che essa possa nuocere all'uomo[51]. La volontà di riscattare l'identità giapponese partecipando a questo progetto unità alla necessità di produrre energia propria portò il Giappone a prendere una decisione favorevole rispetto all'energia nucleare, nonostante l'opinione pubblica giapponese fosse ancora profondamente traumatizzata dagli eventi di Hiroshima e Nagasaki avvenuti pochi anni prima[52]. Il Giappone adottò il nucleare come parte della "Dottrina Yoshida", che prende il nome dal suo creatore il politico Yoshida Shigeru, la quale vedeva[53]. L'energia nucleare corrispondeva perfettamente alle esigenze di questa visione politica, poiché garantiva innovazione e autosufficienza per il paese. Vennero portate avanti anche campagne mediatiche per favorire un'immagine positiva del nucleare ricorrendo anche alla cultura pop, come con il personaggio *Astro Boy*, per garantire la sua associazione al progresso e alla modernità[54].

---

[48] "Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 2024, https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power#reactor-development-1970-onwards

[49] 佐田務. "反原発運動の興隆とその後 原子力をめぐる世論と反対運動の変遷をたどる." *日本原子力学会誌 ATOMOΣ* 51.4 (2009): 244-248. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaesjb/51/4/51_244/_pdf/-char/ja

[50] Nelson CRAIG. ""The Energy of a Bright Tomorrow": The Rise of Nuclear Power in Japan | Origins: Current Events in Historical Perspective." *Origins.osu.edu*, https://origins.osu.edu/article/energy-bright-tomorrow-rise-nuclear-power-japan

[51] The "Atoms for Peace" Agency." Www.iaea.org, 9 July 2014, www.iaea.org/about/about-iaea.

[52] MARUHAMA Akira. " Gendai-shi gakushū no naka no kakumondai: Hiroshima Nagasaki, bikini jiken, genpatsu." Mateshisu uniu~erusarisu 丸浜昭. "現代史学習の中の核問題: 広島・長崎, ビキニ事件, 原発." *マテシス・ウニウェルサリス* 23.2 (2022): 303-333.

[53] Nelson CRAIG. ""The Energy of a Bright Tomorrow.

[54] Ibid.

L'attivazione della prima centrale nucleare in Giappone risale al 1966, la quale venne costruita in collaborazione con il Regno Unito che fornì un importante supporto logistico all'operazione. Nei due decenni successivi il Giappone ampliò le sue infrastrutture nucleare rapidamente; nel il 2011 possedeva 54 reattori funzionanti, i quali provvedevano al 30% del fabbisogno energetico nazionale rendendo il Giappone il terzo paese al mondo per produzione di energia nucleare[55].

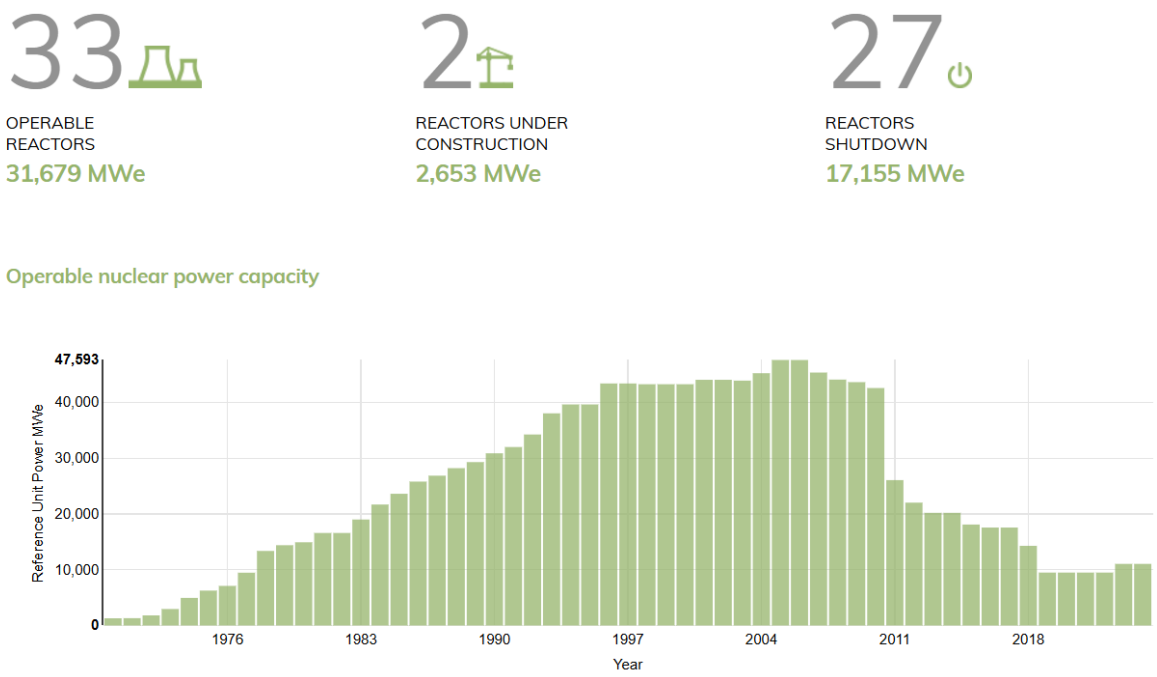

Figura 8: Impianti nucleari in funzione in Giappone dal 1970 al 2024

World Nuclear Association. "Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power

2.2 Politiche di regolamentazione e controllo

I) Quadro normativo giapponese

Nuclear and Industrial Safety Agency (NISA), istituita nel 2001 e posta sotto il controllo del Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria (METI), era in carico

[55]Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 2024, https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power#reactor-development-1970-onwards

della regolamentazione dell'energia nucleare in Giappone. Questa organizzazione e stata soggetta a diverse critiche per la sua scarsa capacità d'indipendenza. Infatti, la forte ingerenza del METI creava un complesso conflitto di interessi; infatti, era anche il responsabile della promozione dell'industria nel paese[56]. Per supervisionare l'attività della NISA, e garantirne una separazione delle sue attività di promozione da quelle di regolamentazione era responsabile un'agenzia chiamata Nuclear Safety Commission (NSC), posto sotto il controllo dell'Ufficio del Gabinetto era un organismo dall'utilità consultiva che doveva occuparsi di formulare le politiche inerenti alla sicurezza nucleare; tuttavia, si rivelò inefficace e dall'autorità inefficace[57]. Inoltre, le loro normative si concentravano sulla garanzia della normale sicurezza dei reattori in condizioni di ordinaria amministrazione con poca attenzione per le norme in caso di scenari naturali estremi, quali terremoti e inondazioni. Questa mancanza venne alla luce con gi eventi del marzo 2011, rendendo evidente l'inadeguatezza dei protocolli di sicurezza in situazioni limite e la poca rigorosità delle ispezioni[58] [59]. Ricordiamo ad esempio che non era obbligatorio effettuare rinnovi strutturali per rimanere aggiornati nelle centrali più vecchie (questo tipo di manutenzione è conosciuto come back-fitting), indipendentemente dal rischio sismico della zona sulla quale essere si trovavano[60]. Ciò implicava che le normative più recenti venissero applicate solo per le centrali di più moderna costruzione mentre le più vecchie continuavano a produrre energia senza adeguamenti significativi. Nonostante NISA e NSC avessero varato norme che prevedevano miglioramenti per la resistenza sismica e protezione dagli tsunami, TEPCO e altre compagnie non avevano portato a termine queste migliorie senza però subire nessun tipo di sanzione[61]. Alcune centrali erano completamente impreparate ad affrontare grandi tsunami, e le normative della NISA imponevano muri difensivi che non prevedevano la possibilità di onde che superassero i 10 metri, nonostante i nuovi modelli geologici, basati su eventi più recenti mostrassero come questa eventualità fosse più che

[56] World Nuclear News. "New Japanese Regulator Takes over - World Nuclear News." Www.world-Nuclear-News.org, 19 Sept. 2012, www.world-nuclear-news.org/Articles/New-Japanese-regulator-takes-over.
[57] Ibid.
[58] *Board of Governors Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety*. 2013. https://www.iaea.org/sites/default/files/govinf2013-2.pdf
[59] Nelson CRAIG. "The Energy of a Bright Tomorrow"
[60] TATENO Jun. "10 Years after Fukushima: Are Japanese Nuclear Power Plants Safe?" *Bulletin of the Atomic Scientists*, 10 Mar. 2021, https://thebulletin.org/2021/03/10-years-after-fukushima-are-japanese-nuclear-power-plants-safe/.
[61] Tōkyōdenryoku kabushikigaisha." Fukushima genshiryoku jiko chōsa hōkoku-sho < gaiyō-ban >"東京電力株式会社." 福島原子力事故調査報告書 ＜概要版＞" (2012)

plausibile[62]. Proprio queste mancanze giocarono un ruolo significativo nel disastro di Fukushima; inoltre, anche dal punto di vista delle normative internazionali il Giappone si trovava piuttosto indietro sulla tabella di marcia[63].

II) Conflitti di interesse e il ruolo delle Lobby

Il sistema regolatorio giapponese è strettamente connesso al fenomeno del "regolatory capture" o "nuclear village"[64]; si tratta di una stretta collaborazione fra il sistema politico, regolatorio e le aziende nucleari, i quali collaboravano per garantire una forte promozione dell'espansione del settore energetico nucleare e mantenere una buona percezione pubblica riguardo la sicurezza delle centrali[65]. Molte aziende, al fine di evitare un inasprimento delle regolamentazioni facevano pressioni sulla NISA per assicurarsi il suo supporto in caso di una loro messa in discussione[66]. Come dichiarato dalla stessa TEPCO in seguito la società era in grado di influenzare le decisioni delle agenzie regolatorie e ritardare i miglioramenti obbligatori[67].

III) Riforme al sistema dopo l'incidente di Fukushima

Sia la NISA che l'NSC vennero abolite a seguito del disastro del 2011, e al loro posto venne fondata un anno dopo la Nuclear Regulation Authority (NRA), questa volta posta sotto l'ala del Ministero dell'Ambiente. Le regole che vennero introdotte da questo nuovo organismo

---

[62] World Nuclear News. "New Japanese Regulator Takes over - World Nuclear News." Www.world-Nuclear-News.org, 19 Sept. 2012, www.world-nuclear-news.org/Articles/New-Japanese-regulator-takes-over.
[63] Vd. 45
[64] Florentine KOPPENBORG. "Nuclear Restart Politics: How the "Nuclear Village" Lost Policy Implementation Power." *Social Science Japan Journal*, vol. 24, no. 1, 28 Dec. 2020, https://doi.org/10.1093/ssjj/jyaa046.
[65] World Nuclear News. "New Japanese Regulator Takes over - World Nuclear News." Www.world-Nuclear-News.org, 19 Sept. 2012, www.world-nuclear-news.org/Articles/New-Japanese-regulator-takes-over.
[66] Vd. 49
[67] Tōkyōdenryoku kabushikigaisha." Fukushima genshiryoku jiko chōsa hōkoku-sho < gaiyō-ban >" **東京電力株式会社**." 福島原子力事故調査報告書 ＜概要版＞" (2012)

erano molto più severe rispetto alle precedenti, introducendo aggiornamenti obbligatori per le vecchie centrali e comunque per quelle già esistenti e nuove norme per la sicurezza in caso di eventi naturali estremi[68]. Questa nuova agenzia decise di adottare una politica della trasparenza, ispirandosi alla statunitense Nuclear Regulatory Commission (NRC), tentando così di migliorare la sua reputazione nell'opinione pubblica riguardo la regolamentazione delle centrali. Un altro obiettivo che venne imposto immediatamente fu quello di rendere più rigorose le ispezioni e soprattutto indipendenti per tutte le centrali operative[69].

2.3 Percezione del rischio nucleare nella cultura giapponese

L'incidente di Fukushima ha avuto una forte influenza sull'opinione pubblica riguardo l'utilizzo dell'energia nucleare. In questa sezione vengono analizzati eventi storici, movimenti di opinione e traumi collettivi che hanno plasmato l'atteggiamento della società giapponese nei riguardi dell'energia nucleare.

I) Radici: Hiroshima e Nagasaki

Il 6 e il 9 agosto 1946 la città di Hiroshima e Nagasaki furono le prime nella storia dell'umanità, e anche le ultime ad essere vittima di un bombardamento atomico. Questo evento provocò un forte trauma che si impresse nella coscienza del popolo di tutta la nazione, dando vita ad un fenomeno conosciuto come "allergia al nucleare"[70]. Con questi due bombardamenti era risultato estremamente evidente il potenziale distruttivo del nucleare, lasciando poco spazio alle prospettive costruttive, come se l'energia atomica potesse essere sfruttata solo a scopo militare; fu estremamente difficile per le autorità operare questa distinzione nell'opinione pubblica[71]. L'immagine del nucleare e quella della bomba e delle sue conseguenze erano

[68] Vd. 50
[69] Ibid.
[70] Nelson CRAIG. ""The Energy of a Bright Tomorrow": The Rise of Nuclear Power in Japan | Origins: Current Events in Historical Perspective." *Origins.osu.edu*, https://origins.osu.edu/article/energy-bright-tomorrow-rise-nuclear-power-japan
[71] MARUHAMA Akira. " Gendai-shi gakushū no naka no kakumondai: Hiroshima Nagasaki, bikini jiken, genpats" 丸浜昭. "現代史学習の中の核問題: 広島・長崎, ビキニ事件, 原発.".

intrinsecamente associate e l'energia atomica suscitava nell'opinione pubblica un forte timore, era una forza incontrollabile e distruttiva. Era difficile accettare l'idea che la stessa potenza distruttiva delle bombe potesse ora garantire indipendenza e crescita economica in Giappone; le radiazioni anche se usate in un contesto civile rappresentavano malattie incurabili e lente ma inesorabili morti. Inoltre, è importante tenere a mente che il promotore principale dell'uso pacifico dell'energia atomica erano proprio gli stati uniti, gli stessi che pochi anni prima avevano scatenato l'inferno nucleare sul Giappone, questo fatto causava ulteriore sospetto nei riguardi dello sviluppo nucleare. Molti movimenti pacifisti sorti all'indomani della guerra e del bombardamento nucleare si opponevano fortemente alluso del nucleare in qualsiasi contesto[72], poiché il continuum tra gli eventi dell'agosto del 46' e i nuovi sviluppi nucleari erano inaccettabili. Era molto importante anche il peso della memoria collettiva: la narrazione degli eventi da parte dei sopravvissuti aveva un impatto estremamente importante sull'opinione pubblica; infatti, gli *Hibakusha* (i sopravvissuti ai bombardamenti) incarnavano una voce costantemente si pronunciava contro un qualsiasi utilizzo del nucleare, e Hiroshima e Nagasaki non erano solo eventi storici ma simboli viventi delle potenzialità distruttive del nucleare.

Dunque, nonostante questi eventi avessero generato una fortissima avversione contro il nucleare come arma, che trovò la sua realizzazione nei "Tre Principi Non Nucleari" del 1967 (nessuna produzione, nessun possesso e nessun ingresso di armi nucleari nel paese)[73], il governo riuscì a promuovere l'energia nucleare come una risorsa pacifica e fondamentale per sostenere il promettente sviluppo post-bellico del paese[74].

[72] Ibid.

[73] World Nuclear Association. "Safeguards to Prevent Nuclear Proliferation - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 6 May 2021, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/non-proliferation/safeguards-to-prevent-nuclear-proliferation

[74]"Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 2024, https://world nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power#reactor-development-1970-onwards

Figura 9: Deserto Nucleare, il municipio di Hiroshima all'indomani del bombardamento

ICAN. "Hiroshima and Nagasaki Bombings." ICAN, ICAN, 2018, www.icanw.org/hiroshima_and_nagasaki_bombings.

II) Il Lucky Dragon N.5

Ulteriori eventi disastrosi abbattutisi su cittadini giapponesi legati all'indomabilità dell'energia nucleare sono quelli avvenuti nel primo marzo del 1954 ai membri dell'equipaggio dell'imbarcazione *Lucky Dragon n.5*. Quell'anno gli stati uniti stavano svolgendo dei test con bombe ad idrogeno nell'atollo di Bikini, trentasei isolette situate nell'oceano Pacifico e poste sotto la municipalità delle isole Marshall; il peschereccio Lucky Dragon, si trovava fuori dalla zona di rischio dichiarata dalle autorità statunitensi durante i test, ma venne comunque investito dal fallout nucleare di una boma all'idrogeno chiamata *Bravo,* che aveva una potenza di circa mille volte maggiore alla bomba di Hiroshima[75]. i membri dell'equipaggio mostravano segni di avvelenamento da radiazioni avanzato quando rientrarono in porto[76]. Questo incidente comportò una nuova ondata di paura nell'opinione pubblica giapponese, rafforzando il legame tra energia atomica e distruzione totale con implicazioni che potevano essere globali. Poco tempo dopo venne anche scoperto che del pesce venduto sul mercato giapponese era stato contaminato durante quei test, infiammando i dubbi sull'effettivo controllo che le autorità

[75]MARUHAMA Akira. " Gendai-shi gakushū no naka no kakumondai: Hiroshima Nagasaki, bikini jiken, genpats" 丸浜昭. "現代史学習の中の核問題: 広島・長崎, ビキニ事件, 原発.".

[76]Nelson CRAIG. "The Energy of a Bright Tomorrow"

potevano operare sul nucleare, generando così sfiducia in esse e alimentando la crescita dei movimenti anti-nucleari[77]; era infatti evidente che le autorità non erano state in grado di prevedere correttamente il raggio di diffusione delle radiazioni che si erano spinte ben oltre il limite previsto. L'incidente costrinse il governo giapponese ad instaurare una negoziazione con quello statunitense, il quale pagò un risarcimento di due milioni di dollari senza però riconoscere completamente le sue responsabilità nell'incidente e alcune delle famiglie delle vittime non vennero mai risarcite[78]. L'incidente, oltre a mantenere vivo il ricordo delle bombe scatenò proteste internazionali alimentando ovunque la diffidenza serbata nei confronti del nucleare[79].

III) L'incidente di Tokaimura

Prima degli eventi di Fukushima in Giappone si verificò un altro importante incidente che ebbe un forte impatto sulla pubblica opinione, in un sito di stoccaggio di combustibile nucleare nella città di Tokaimura della prefettura di Ibaraki il trenta settembre 1999. Questa criticità nucleare, classificata come incidente di livelli quattro nella scala INES e quindi come evento non significativo per la sicurezza di chi si trova fuori dal sito, è il risultato di errori umani e violazioni e modifiche non autorizzate al la procedura di stoccaggio risultati in due morti e in decine di persone esposte alle radiazioni. Quel giorno tre operai stavano inconsapevolmente lavorando alla realizzazione di un nuovo combustibile conosciuto con il nome di *Joyo* (fuoco eterno) per un reattore sperimentale (Fast Breeder Reactor)[80]. Mentre secondo la procedura standard il sistema prevedeva molti passaggi creati per garantire la sicurezza del processo, questi vennero esclusi dalla lavorazione con una modifica del 1999 da parte della JCO (Japan Nuclear Fuel Conversion Company) senza aver ricevuto nessuna autorizzazione dalle autorità preposte[81]. Infatti, La polvere di ossido di uranio doveva passare

[77] Vd. 61
[78] Ibid
[79]"Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 2024, https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power#reactor-development-1970-onwards
[80] Erio PIANA. "Museo Energia." *Museoenergia.it*, 2024, https://museoenergia.it/museo.php?stanza=87&ppost=866
[81]IAEA. *REPORT on the PRELIMINARY FACT FINDING MISSION FOLLOWING the ACCIDENT at the NUCLEAR FUEL PROCESSING FACILITY in TOKAIMURA, JAPAN*. Nov. 1999.

attraverso un contenitore chiamato *Colonna Buffer* il quale aveva una capienza e una geometria specifica per prevenire la criticità e garantire il controllo della massa dell'uranio[82]. Per velocizzare il processo si escluse l'utilizzo della colonna dal processo utilizzando secchi in acciaio inossidabile perversare l'uranio in un contenitore molto più grande ma meno sicuro; una volta raggiunta la massa critica di 16kg si innesco una reazione nucleare a catena autosostenuta[83]. Alle ore 10:35 del mattino del 30 settembre la criticità venne raggiunta e i tre operai vennero esposti ad una massiccia quantità di radiazioni; non si verificò nessuna esplosione ma due dei tre operai morirono a seguito delle radiazioni a cui erano stati esposti. Questo incidente sollevò molti interrogativi nell'opinione pubblica riguardo la gestione dell'attività nucleare da parte delle autorità giapponesi. Rappresentò una svolta significativa della percezione regionale dell'energia nucleare, in quanto la criticità continuò per ben venti ore[84] comportando l'evacuazione dei circa 310.000 abitanti della zona in un raggio di 10km dal centro di stoccaggio[85]. Il pubblico, in particolare gli abitanti delle aree più prossime all'impianto svilupparono una maggiore consapevolezza dei rischi e atteggiamenti più negativi riguardo il nucleare piuttosto che abitanti di altre regioni, quali il Kansai[86]. Aumentò la sfiducia nelle istituzioni che controllavano le organizzazioni nucleari e la necessità di evacuare anche i civili rese evidente come anche la popolazione non coinvolta nei processi in modo diretto poteva subire gli effetti di un incidente. Nonostante questo forte impatto iniziale non ci fu un cambiamento d'opinione a lungo termine riguardo l'energia nucleare, che continuò ad essere ampliamente utilizzata come risorsa energetica domestica[87].

---

[82] Ibid.

[83] Ibid.

[84]World Nuclear Association "Tokaimura Criticality Accident 1999 - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 6 Oct. 2020, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/tokaimura-criticality-accident#:~:text=The%201999%20Tokaimura%20accident%20occurred,the%20electricity%20production%20fuel%20cycle.

[85] KITADA Junko, HAYASHI Chikio. " Tōkaimurarinkaijiko ga kōshū no genshiryoku hatsuden ni taisuru taido ni oyoboshita eikyō." INSS J 7 (2000): 25 - 44. 北田淳子, and 林知己夫. "東海村臨界事故が公衆の原子力発電に対する態度に及ぼした影響." *INSS J* 7 (2000): 25-44.

[86] Ibid.

[87] Vd. 70

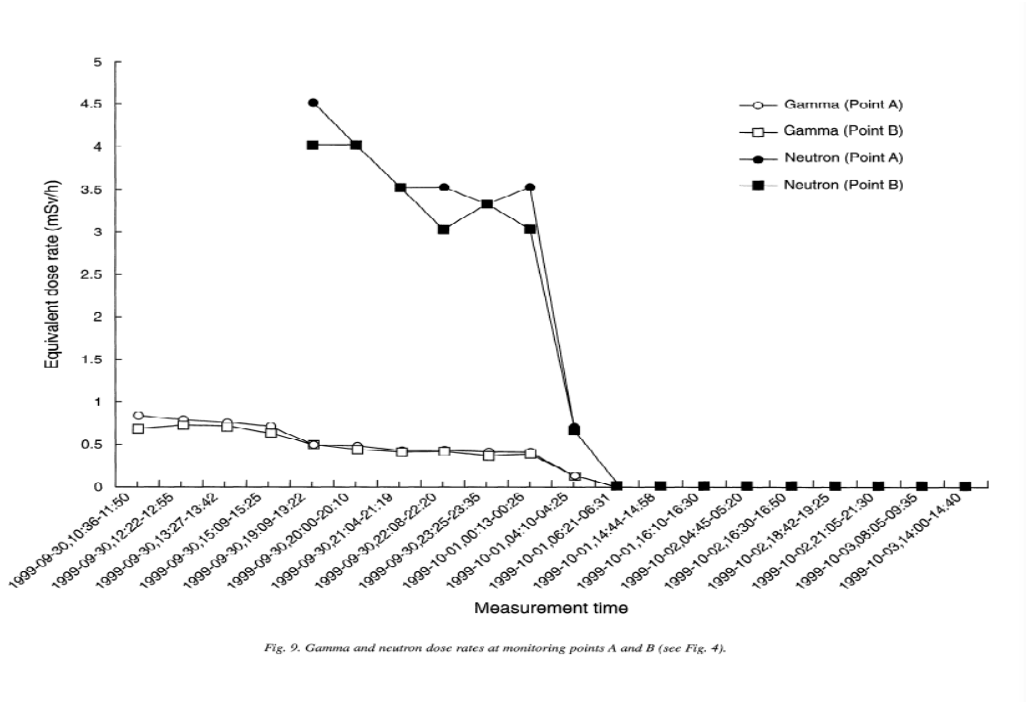

Fig. 9. Gamma and neutron dose rates at monitoring points A and B (see Fig. 4).

Figura 10: Significativi livelli di radiazioni continuano ad essere rilevati nell'impianto di Tokaimura per altre 20 ore dopo l'incidente rendendo necessaria l'evacuazione dei civili.

IAEA. Report on the Preliminary Fact Finding MissionFollowing the Accident at the Nuclear Fuel Processing Facility in Tokaimura Japan, Non-serial Publications, IAEA, Vienna (1999) http://www.iaea.org/publications/5957/report-on-the-preliminary-fact-finding-mission-following-the-accident-at-the-nuclear-fuel-processing-facility-in-tokaimura-japan

VI) L'impatto di Chernobyl

L'incidente nucleare di Chernobyl del 1986 ebbe un forte impatto in tutto il mondo, e in Giappone alimentò fortemente i movimenti antinucleari. Anche i media cominciarono a parlare di come potesse rivelarsi pericolosa l'energia nucleare e furono pubblicati molti libri in materia, contribuendo a infiammare proteste e diffondendo scetticismo riguardo l'energia nucleare[88].

[88] SADA Tsutomu. " Han genpatsu undō no kōryū to sonogo genshiryoku o meguru yoron to hantai undō no hensen o tadoru." Nihon genshiryoku gakkaishi ATOMOS 佐田務. "反原発運動の興隆とその後 原子力をめぐる世論と反対運動の変遷をたどる." *日本原子力学会誌 ATOMOΣ* 51.4 (2009): 244-248.

V) Conclusioni del paragrafo

Nonostante l'influenza di questi eventi il Giappone divenne il terzo produttore al mondo di energia nucleare nel 2011. Così facendo riuscì a ridurre la dipendenza energetica dall'estero e diversificare le sue fonti energetiche essendo naturalmente privo di risorse naturali significative. Le campagne mediatiche portate avanti dal governo giapponese giocarono un ruolo cruciale nel presentare il nucleare come fonte sicura e sostenibile giocando un ruolo cruciale nella mitigazione dell'opinione pubblica[89]

3) TEPCO e la gestione della criticità

TEPCO, responsabile della gestione della centrale di Daiichi, ha certamente svolto un ruolo centrale nel quadro della crisi. In questa sezione vengono analizzate le sue azioni, gli errori, la comunicazione e i cambiamenti avvenuti nella sua struttura dopo il disastro.

3.1) Profilo aziendale e criticità

La TEPCO, fondata nel 1951 è la principale azienda per produzione di energia nucleare in Giappone, con 17 reattori nel suo arsenale divisi in tre centrali principali, e la sua reputazione fra l'opinione pubblica prima del disastro era relativamente stabile[90]. Per comprendere al meglio la dinamica del disastro occorre analizzare la storia manageriale della società.

[89] Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 2024, https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power#reactor-development-1970-onwards

[90] World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident

I) Breve storia della società e il suo ruolo nel mercato energetico giapponese

La storia manageriale della TEPCO si può dividere in tre grandi periodi[91]: il primo comprende la fase iniziale di sviluppo dell'azienda, riguarda quindi gli anni 50' del secolo scorso. In questa fase la TEPCO si è concentrata sull'energia idroelettrica, il che rendeva estremamente instabile la produzione di energia e creava forti squilibri fra la domanda e l'offerta, essendo questo tipo di risorsa vulnerabile in caso di siccità[92]. Il secondo periodo fa riferimento agli anni 60'-90' del Novecento, inglobando la gestione di Kazutaka Kigawada. Egli introdusse un tipo di gestione che valorizzava l'aspetto qualitativo piuttosto che quello quantitativo perseguito in precedenza[93]. Così facendo la società inizio ad utilizzare strategie a lungo termine assumendosi una maggiore responsabilità sociale, Kigawada infatti insistette molto su questo punto poiché credeva che fosse di fondamentale importanza creare un'armonia fra gli interessi societari e quelli sociali, sostenendo allo stesso tempo una gestione indipendente dallo stato e orientata verso principi di indipendenza e sostenibilità. Infine, abbiamo il terzo periodo, ovvero dagli anni 90' in poi; questo periodo vede una forte spinta alla liberalizzazione del mercato energetico giapponese, nel 1995 l'approvazione della nuova legge sui servizi elettrici creò molta concorrenza fra le diverse società creando una vera e propria gara alla riduzione dei costi e prezzi dell'energia[94]. Ne consegue una forte pressione per ridurre i costi di produzione e quindi a un indebolimento delle politiche di sicurezza delle centrali che si rifletteranno nell'incidente di Fukushima.

[91] NAKASE Tetsushi. " Tōkyōdenryoku no keiei-shi to genshiryokuhatsudenshojiko." Keiei kenkyū" (Ōsakaichiritsudaigaku)中瀬哲史. "東京電力の経営史と原子力発電所事故." *経営研究』(大阪市立大学)* 66.4 (2015): 153-184.

[92] Ibid.

[93] Ibid.

[94] Ibid.

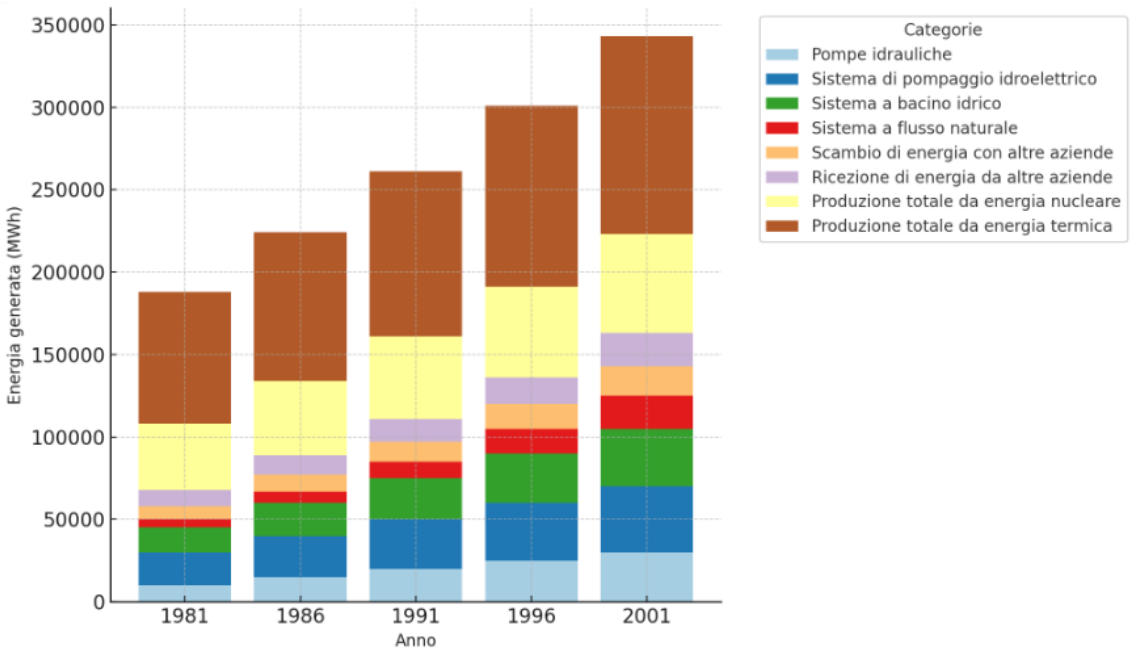

Figura 11: Evoluzione della quantità di energia elettrica generata da TEPCO (1981-2002)

Elaborazione dell'autore basata su NAKASE Tetsushi. " Tōkyōdenryoku no keiei-shi to genshiryokuhatsudenshojiko."中瀬哲史. "東京電力の経営史と原子力発電所事故."

Concludendo la storia di questa società è stata caratterizzata da tensioni fra il raggiungimento di obiettivi economici e garanzia di sicurezza e sostenibilità. L'andamento manageriale adottato nella fase di liberalizzazione ha contribuito indirettamente al disastro del marzo 2011 e questa è la prova che il perseguimento del profitto al di sopra di ogni standard di sicurezza può portare a conseguenze catastrofiche[95].

II) Problemi interni: carenze nella sicurezza e priorità dei profitti

Come è emerso analizzando la storia della TEPCO, i problemi che hanno portato al mancato aggiornamento delle norme di sicurezza sono strettamente legati alla tersa fase di

[95] NAKASE Tetsushi. " Tōkyōdenryoku no keiei-shi to genshiryokuhatsudenshojiko." Keiei kenkyū" (Ōsakaichiritsudaigaku)中瀬哲史. "東京電力の経営史と原子力発電所事故." *経営研究』*

sviluppo della società, quella della liberalizzazione. Andiamo dunque ad approfondire questa sezione.

Nel 1999 venne nominato presidente della TEPCO Hiroshi Araki, in corrispondenza dell'approvazione di una legge che prevedeva una concorrenza parziale per i produttori di energia[96]. La sua gestione è caratterizzata da drastici tagli ai costi di produzione e investimenti di capitale, in modo da poter affrontare i cambiamenti del mercato energetico e superare le limitazioni strutturali di quella che è l'industria elettrica. Al fine di ridurre i suddetti costi egli propose una revisione totale dei metodi di lavoro per entrare completamente in un'ottica costi-benefici per garantire scelte più economicamente sostenibili. Questa sua strategia trovò forma nella *Politica di gestione a medio termine* dell'ottobre 1995, la quale aveva due obiettivi principali: il primo consisteva nel garantire una fornitura energetica stabile senza però sbilanciarsi economicamente, il secondo implementare le risorse aziendali per garantire una crescita futura[97]. Questa focalizzazione sui tagli a lungo andare fece passare in secondo piano gli investimenti sulla sicurezza portando alle drastiche conseguenze di Fukushima.

[96] Vd. 95
[97] Ibid.

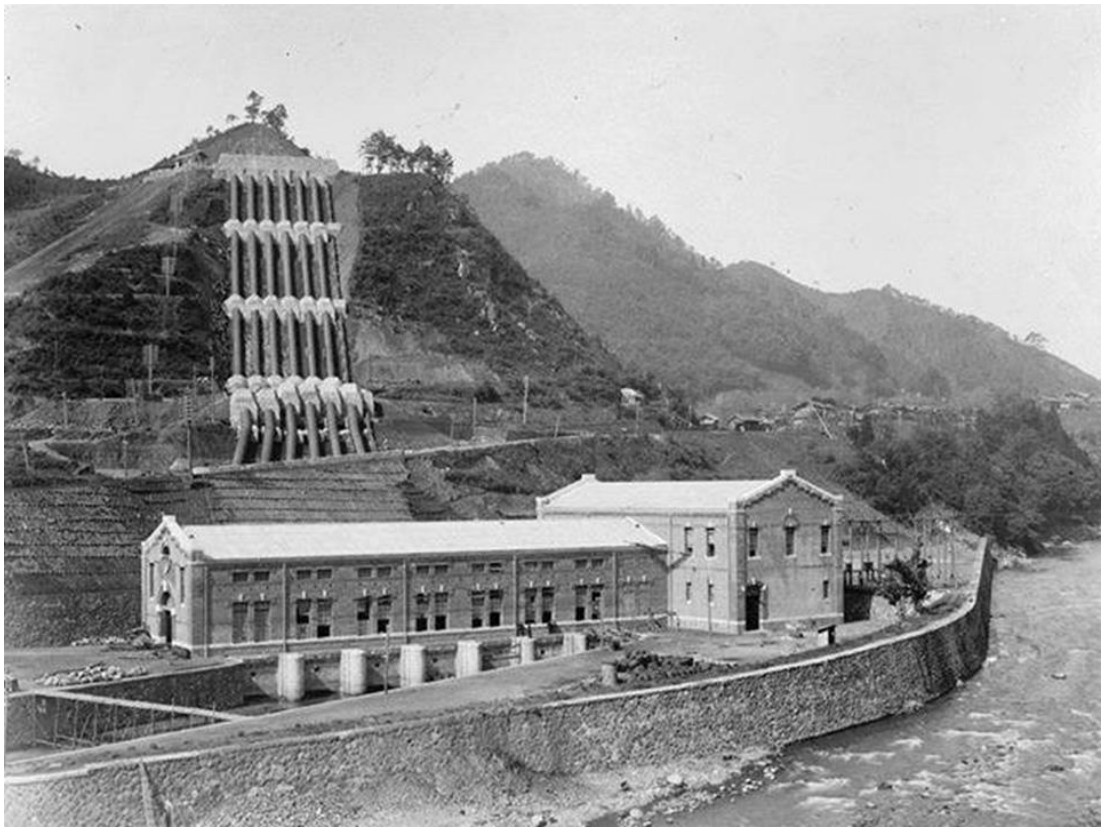

Figura 12: Una centrale Idroelettrica TEPCO

TEPCO. “History | TEPCO.” Www.tepco.co.jp, www.tepco.co.jp/en/hd/about/corporate/history-e.html

3.2) Gestione della crisi del 2011

I) Comunicazione ed errori nella gestione del rischio

Nonostante la gravità della situazione fosse chiara sin da subito si verificarono molti ritardi nella comunicazione di ciò che stava succedendo al pubblico. Analisi svolte dopo il disastro evidenziano come questi ritardi siano strettamente collegati ad una mancanza di comunicazione fra i diversi enti preposti, quali il Governo giapponese, la stessa TEPCO e le autorità regolatorie [98]. Inoltre, la cultura aziendale della TEPCO al tempo tendeva a

[98] Ibid.

minimizzare i rischi ed evitare allarmismi per le questioni già trattate relative al taglio dei costi e per mantenere una buona immagine pubblica dell'azienda. Ricordiamo che la notizia della fusione del nucleo, verificata appena due giorni dopo l'incidente e informazione di vitale importanza, venne rilasciata con un modesto ritardo[99]. A causa di questi ritardi e della sua politica sulle comunicazioni si vennero a creare conflitti e incomprensioni fra TEPCO e Governo; TEPCO è stata ampiamente criticata per non aver collaborato con il governo in modo adeguato[100], infatti le autorità di Tokyo ricevevano informazioni parziali o distorte rendendo difficile attuare misure adeguate rallentando così tutto il processo decisionale[101]. La mancanza di chiarezza e la reticenza a comunicare l'effettivo stato delle cose non solo fece crollare la fiducia del pubblico sia nel governo che nella TEPCO ma espose i cittadini a rischi inutili peggiorando la loro già precaria situazione. La diffusione di informazioni incomplete favorì il proliferare di notizie false; infatti, TEPCO ebbe molto da fare per rassicurare i cittadini sulla contaminazione di cibo e acqua, dopo che informazioni contraddittore e incongruenti avevano generato forti preoccupazioni a riguardo[102].

II) Iniziative post-disastro

A seguito dei problemi derivati dalla mancanza di trasparenza e fiducia fra TEPCO e Governo, questi hanno avviato una collaborazione per stabilire dei nuovi standard relativi alla sicurezza e alla comunicazione, includendo un monitoraggio costante dei livelli di radiazione nell'area di Fukushima che vengono poi pubblicati per essere sempre accessibili al pubblico[103] [104]. Sono state anche attuate riforme interne all'azienda puntando a migliorare la preparazione

[99] TEPCO. "TEPCO: Notification and Reporting Status at the Time of the Accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station." *TEPCO.co.jp*, 2016, www.TEPCO.co.jp/en/press/corp-com/release/2016/1270801_7763.html.
[100] World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident
[101] 中瀬哲史. "東京電力の経営史と原子力発電所事故." *経営研究』(大阪市立大学)* 66.4 (2015): 153-184.
[102] Vd. 87
[103] TEPCO "Our Responsibilities to Fukushima | TEPCO." Www.TEPCO.co.jp, www.TEPCO.co.jp/en/hd/responsibility/index-e.html.
[104] World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident

alle emergenze formando il suo personale sulla gestione delle crisi, anche dal punto di vista comunicativo[105].

3.3) Conseguenze per la TEPCO

I) Indagini governative e responsabilità aziendale

Dopo l'incidente sono state molte le indagini che hanno reso TEPCO oggetto di discussione e revisione. Sono stata identificate grandi e gravi lacune riguardo la preparazione dei dipendenti attribuendo all'azienda la colpa di on aver applicato dei protocolli efficaci[106]. Fra le più importanti ricordiamo l'indagine condotta da National Diet of Japan Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission (NAIIC) e dal Governo giapponese che ha portato all'emergere delle suddette lacune[107]. La stessa TEPCO ha svolto delle indagini interne che sono state poi rese accessibili al pubblico e che hanno portato ad un processo di risanamento delle priorità aziendali[108].

II) Riforme aziendali e impatti economici

Nonostante dopo il disastro TEPCO si sia adoperata per riformare i principi su cui si basa la società, la fiducia pubblica e quindi quella degli investitori era calata ai minimi storici e l'azienda ha subito ingenti perdite finanziare[109]. Le azioni legali avviate contro la società hanno

[105]Vd. 88

[106] Tōkyōdenryoku kabushikigaisha. " Fukushima genshiryoku jiko chōsa hōkoku-sho < gaiyō-ban >" 東京電力株式会社." 福島原子力事故調査報告書 ＜概要版＞"

[107]TEPCO *The 4th Progress Report on the Investigation and Examination of Unconfirmed and Unresolved Issues on the Development Mechanism of the Fukushima Daiichi Nuclear Accident*. 2015. National Diet of Japan Fukush ASIA PACIFIC INITIATIVE ent Independent Investigation Commission (NAIIC). *Chapter 2: TEPCO and Its Governance*.

[108] Vd. 91

[109] Ibid.

peggiorato ulteriormente la situazione facendo crollare l'immagine pubblica di TEPCO[110]. Al fine di migliorare la sicurezza e risollevare l'immagine aziendale TEPCO ha instituito un *Piano di Riforma della Sicurezza Nucleare,* con il compito di selezionare nuove tecnologie da adottare per la prevenzione di incidenti e implementare le procedure per la gestione di eventi estremi[111]. Inoltre, la TEPCO è stata parzialmente nazionalizzata l'anno dopo l'incidente; a seguito di questo cambiamento è stato approvato un *Piano di rinascita aziendale* (CSBP) per gestire le misure adottate per velocizzare la decontaminazione delle aree inquinate, il risarcimento delle vittime, che ammontò ad oltre 5 trilioni di Yen e finanziare la disattivazione dei reattori[112]. Queste spese vennero finanziate anche dal Governo, il quale stabilì un piano di supporto per gestire le spese a lungo termine[113].

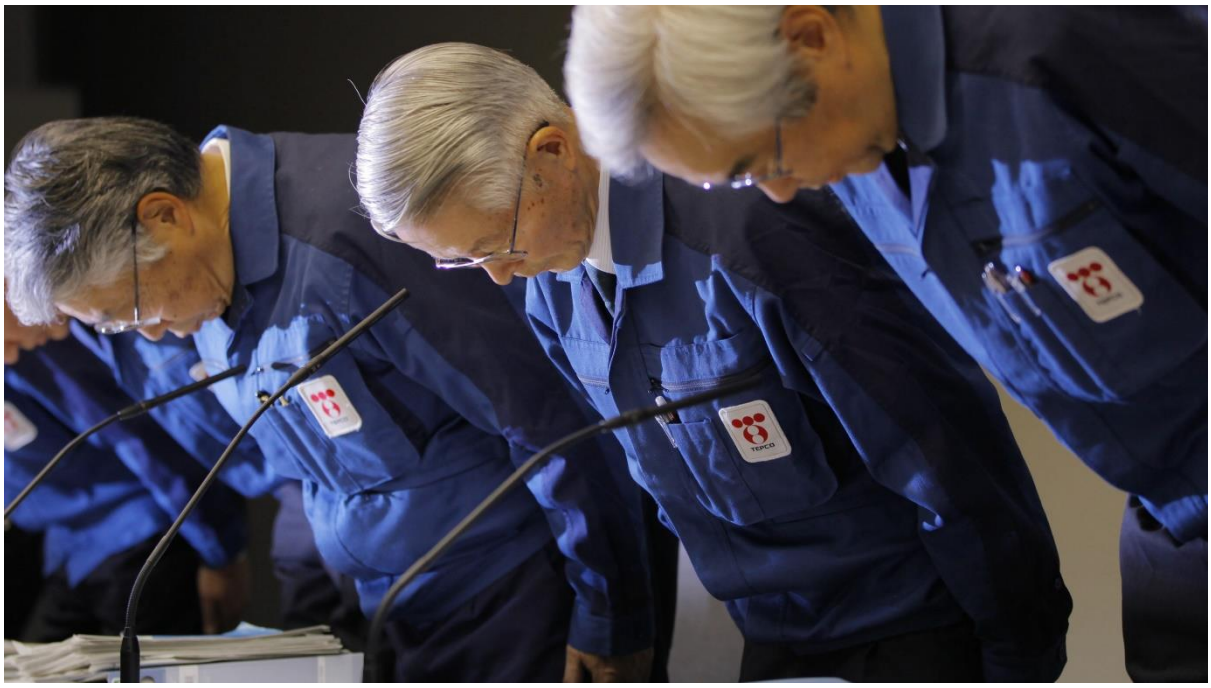

Figura 13: Il presidente della Tokyo Electric Power Co. Ltd., il presidente Tsunehisa Katsumata (al centro) e altri si inchinano prima di una conferenza stampa presso la sede della società a Tokyo, giorni dopo il disastro nucleare.

Scott NEUMAN. "NPR Choice Page." Npr.org, 2019, www.npr.org/2019/09/19/762200650/japanese-court-acquits-former-utility-executives-over-2011-fukushima-disaster.

[110] Ibid.
[111] Ibid
[112] TEPCO. *New Comprehensive Special Business Plan*. 2014.
[113] Ibid.

4) I due incidenti di livello sette: confronto con Chernobyl

Negli ultimi decenni, l'uso pacifico dell'energia nucleare ha infiammato dibattiti alimentato ai due incidenti più gravi nella storia del nucleare: Chernobyl e Fukushima. Tra i due passano 25 anni e le differenze nelle cause e nel contesto sono fondamentali, ma in entrambi i casi questi avvenimenti hanno sollevato interrogativi sull'efficienza delle normative per la sicurezza, sugli impatti ambientali e sanitari degli incidenti nucleari e sulle politiche energetiche in tutto il mondo. L'analisi delle caratteristiche dei due incidenti approfondendo i punti in comune e delle divergenze offre un'occasione per comprendere come gestire i rischi legati all'energia nucleare e come prevenirli in futuro.

I) Contesto e cause

Il 26 aprile dell'anno 1986 nella centrale nucleare di Chernobyl in Ucraina, allora Unione Sovietica, si verificò un incidente nel reattore numero quattro. Causato principalmente da errori umani durante un test tecnico, uniti a difetti nel design strutturale del reattore stesso che soffriva di una forte instabilità quando la potenza era bassa e con carenti sistemi di sicurezza, durante un test operato a bassa potenza vennero violate svariate normative causando un'improvvisa esplosione di vapore e un incendio della grafite utilizzata come moderatore[114].

II) Rilascio di materiali radioattivi

Le conseguenze ambientali del rilascio dei materiali radioattivi dell'incidente di Chernobyl furono di gran lunga maggiore rispetto alle rilevazioni di Fukushima. L'esplosione del nocciolo a Chernobyl, che era composto di grafite, causò la dispersione di isotopi radioattivi

[114] MORISHIMA yashige, et al. " Soren cherunobuirigenshiryokuhatsudensho jiko ni tomonau hōshaseikōkabutsu no kansoku (I)." Kinkidaigaku genshiryoku kenkyūjo nenpō 23 (1986): 7 - 19. 森嶋彌重, et al. "ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故に伴う放射性降下物の観測 (I)." *近畿大学原子力研究所年報* 23 (1986): 7-19.

nell'atmosfera in scala globale[115]. L'incidente di Fukushima comportò il rilascio di materiali radioattivi nell'oceano e nell'atmosfera, ma con quanttà ridotte in modo significativo rispetto a Chernobyl; questo anche grazie a delle misure di contenimento più efficaci e all'asseza di un incendio di grafite[116].

III) impatti ambientali e sociali

L'incidente di Chernobyl devasto in modo catastrofico le aree circostanti, Morirono più di 55.000 lavoratori e più di 2.2 milioni di persone risultarono certificate come disabili radioattivi[117]. Rendendo inabitabile una zona dal raggio di 30km intorno alla centrale, le conseguenze sanitarie e ambientali sono problematiche tutt'ora[118]. Diversa è la situazione a Fukushima dove le misure di contenimento limitarono in modo estremamente più significativo l'esposizione alle radiazioni della popolazione anche se molte aree rimangono ancora inaccessibili[119].

IV) Reazioni della politica e delle istituzioni

L'incidente di Chernobyl causò un arresto dell'espansione dell'energia nucleare in tutto il mondo, molti paesi decisero di rinunciare ai loro piani nucleari o di sospendere le attività già esistenti. In Europa in particolare vennero istituite regole ferree per quanto riguarda gli standard di sicurezza[120]. L'impatto mondiale di Fukushima invece, spinse molte nazioni a

---

[115] NATSUME Takeshi. " Cherunobuirigenpatsujiko no kyōkun." Nihon shinrai-sei gakkaishi shinrai-sei 23. 2 (2001): 210. 夏目武. "チェルノブイリ原発事故の教訓." *日本信頼性学会誌 信頼性* 23.2 (2001): 210.

[116]IMANAKA Tetsuji. " Cherunobuirigenpatsujiko no jissō kaimei e no takaku-teki apurōchi -- 20-nen o kikai to suru jiko higai no matome --." 今中哲二. "チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ--20 年を機会とする事故被害のまとめ--." *KUR REPORT OF KYOTO UNIVERSITY RESEARCH REACTOR INSTITUTE* 12 (2016): 1-236.

[117] Vd. 102

[118] MORISHIMA Yashige, et al. " Soren cherunobuirigenshiryokuhatsudensho jiko ni tomonau hōshaseikōkabutsu no kansoku 森嶋彌重, et al. "ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故に伴う放射性降下物の観測 (I)."

[119] Vd. 101

[120] Vd. 104

rivalutare l'utilizzo delle energie rinnovabili, riducendo la quota nucleare nel fabbisogno energetico nazionale[121].

V) Cosa abbiamo imparato e conclusioni del paragrafo

In entrambi i casi risulta evidente quanto sia importante disporre di sistemi di sicurezza adeguati e di personale qualificato e gestire i protocolli operativi. Mentre con Chernobyl sono emersi i rischi che possono portare i design dei reattori se inadeguati e alla mancanza di trasparenza[122], Fukushima ha reso evidente quanto sia importante preparare le centrali nell'eventualità di situazioni naturali estreme e migliorare in accordo la resistenza strutturale[123]. Le reazioni all'estero dei due incidenti hanno in entrambi i casi contribuito ad un rafforzamento delle normative per la sicurezza e a una maggiore coordinazione fra gli enti regolatori[124]. Confrontare questi due avvenimenti è importante per poter analizzare al meglio le cause e le conseguenze di un incidente nucleare catastrofico, per poter prevedere al meglio come prepararsi ed eventi futuri, stimolando il dibattito a livello mondiale riguardo l'utilizzo pacifico dell'energia nucleare e la gestione del rischio ad esso legato.

[121] NATSUME Takeshi. " Cherunobuirigenpatsujiko no kyōkun."夏目武. "チェルノブイリ原発事故の教訓."
[122] Vd. 104
[123] Vd. 107
[124] Vd. 104

Figura 14: il pannello di controllo nella centrale di Chernobyl

Elena DUSI. ""Chernobyl in Mano Ai Russi". Si Combatte Attorno a 200 Tonnellate Di Scorie Nucleari." La Repubblica, 24 Feb. 2022, https://www.repubblica.it/esteri/2022/02/24/news/chernobyl_in_mano_ai_russi_si_combatte_attorno_a_200_tonnellate_di_scorie_nucleari-339117392/

5) Conclusioni

Dunque, sintetizzando si può affermare che l'incidente di Fukushima è stato il risultato di una combinazione di vulnerabilità strutturali, carenze nella gestione del rischio e mancate implementazioni delle norme di sicurezza. Per poter analizzare come questo disastro abbia ridefinito il dibattito sulla sicurezza dell'energia nucleare in tutto il mondo e sulla gestione delle risorse energetiche è fondamentale comprendere questi fattori. Nei capitoli successivi approfondiremo le conseguenze del disastro in diversi ambiti, a cominciare da quello ambientale, sanitario e sociale, così come le sue influenze per le politiche energetiche e sulla percezione del rischio nucleare.

Le fonti consultate per la stesura di questo capitolo spaziano da analisi puramente tecniche, messe a disposizione del pubblico da associazioni quali la World Nuclear Association, l'IAEA e la stessa TEPCO, passando a riflessioni di carattere narrativo e storico tratte da articoli accademici e rapporti del governo. Mentre le prime contribuiscono a formare una

comprensione dettagliata delle strutture e dinamiche tecniche sulle quali si basa lo studio del disastro, le seconde permettono al lettore di collocare l'evento in un ampio contesto politico e sociale. Con questa combinazione si garantisce un approccio interdisciplinare, il quale risulta coerente agli obiettivi che sono stati posti per questa tesi.

Capitolo 2: Impatto sanitario

In questo capitolo verranno analizzati tre studi di carattere scientifico per comprendere l'impatto dell'incidente nucleare di Fukushima sulla salute umana, analizzando le politiche adottate per gestire questo aspetto del disastro e analizzando le possibili migliorie da adottare in futuro.

1)Breve introduzione

Fra le conseguenze più catastrofiche dell'incidente si annovera certamente la contaminazione dell'ambiente circostante e i conseguenti rischi per la salute di chi, pur non essendo stato esposto alle radiazioni in modo diretto, potrebbe risentirne per via di un effetto domino. L'impatto sanitario dell'incidente è strettamente legato alla contaminazione ambientale, causata dalle esplosioni ad idrogeno e al conseguente rilascio di pericolosi materiali radioattivi. Per questo motivo, nonostante la tematica della contaminazione ambientale sia molto presente in questo capitolo, sarà in quello successivo che verrà analizzata nello specifico.

In questo secondo capitolo verrà analizzata una selezione di studi fondamentali per comprendere la portata del disastro di Fukushima in ambito sanitario, inquadrandolo in una prospettiva interdisciplinare che integra studi e analisi scientifiche e sociali. I testi selezionati coprono una vasta gamma di aspetti, dalla dispersione nell'ambiente delle particelle radioattive agli effetti sulla salute a lungo termine, fino agli effetti psicologici dello stress causato dal disastro. Analizzando i contributi apportati al tema da questi studi, si vuole creare un quadro interconnesso delle problematiche sanitarie legate all'incidente, presentando al lettore una guida preliminare che lo accompagnerà attraverso lo studio delle implicazioni e delle lezioni apprese dal disastro. Inoltre, le connessioni tematiche fra i vari studi passati in analisi verranno messe in evidenza per contribuire a creare un focus sul loro contributo alla comprensione globale dell'evento e alla pianificazione della gestione di eventi futuri.

I) Conseguenze rilevate

A seguito dell'inondazione dell'impianto si sono verificati una serie di malfunzionamenti negli impianti di raffreddamento della centrale che hanno portato a fusioni nucleari, a esplosioni e quindi al rilascio di materiali radioattivi altamente nocivi nell'ambiente circostante

[1]. Tra le particelle radioattive più rilevanti emesse dall'impianto durante l'incidente, vanno sicuramente menzionati lo Iodio, il Tellurio, che con il tempo decade in Iodio radioattivo, e il Cesio; esse sono particolarmente significative per quanto riguarda la contaminazione ambientale e la salute della popolazione. Queste particelle, in particolare il Cesio-134 e il Cesio-137 sono conosciute come *radionuclidi* e, una volta rilasciati nell'ambiente, hanno un'emivita (capacità di resistere sulle superfici dopo la loro dispersione) estremamente lunga rispetto ad altre particelle, pari a circa trent'anni; è dunque inevitabile sottrarsi ad un'esposizione cronica se la contaminazione non si tiene sotto stretto controllo[2]. L'impatto che potrebbe avere sull'ambiente e sulla salute della popolazione è tutt'ora oggetto di studio, come si vedrà nei testi analizzati.

Queste particelle una volta depositatesi restano pericolose per un periodo di tempo estremamente lungo, e inoltre una componente di rischio molto importante è connessa all'ingerimento di tali particelle attraverso verdure contaminate o carne di animali nutriti con materiale contaminato[3].

La contaminazione radioattiva del suolo agricolo è risultata evidente già nell'immediato. Molti alimenti subirono la contaminazione anche attraverso l'assorbimento di tali sostanze nocive attraverso le radici che affondavano nel terreno contaminato. Questa contaminazione ha avuto effetti disastrosi su tutta la catena alimentare[4]. Questo fattore rese determinante una

[11] Ludovico DE ANGELIS. "Il Disastro Di Fukushima - INGVambiente." *INGVambiente*, 5 Feb. 2024, https://ingvambiente.com/il-disastro-di-fukushima/#:~:text=Il%20disastro%20di%20Fukushima%20Dai,nucleare%20di%20Fukushima%20Dai%2Dichi.

[2] Bundesamt für Strahlenschutz. "Environmental Consequences of the Fukushima Accident: Radiological Situation in Japan." *Federal Office for Radiation Protection*, 24 Nov. 2020, www.bfs.de/EN/topics/ion/accident-management/emergency/fukushima/environmental-consequences.html.

[3] Ibid.

[4] World Health Organization. *Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation*. World Health Organization, 2013.

pianificazione delle azioni di monitoraggio e pose enfasi sulla già urgente necessità di interventi sostenibili per evitare danni che si sarebbero potuti ripercuotere non solo a livello sanitario ed ambientale, ma anche economico.

Figura 15: Rilevamenti radiologici nella centrale di Fukushima a tre anni dall'incidente

Stefano LAMORGESE. "A tre anni dall'incidente, a Fukushima ancora problemi" "Rainews, 25 Mar. 2014, https://www.rainews.it/archivio-rainews/articoli/Bloccato-impianto-decontaminazione-Fukushima-401647fb-69d1-491d-8bc2-3ecbafc9d651.html

A seguito dell'incidente ben cinquantacinque nazioni decisero di imporre limiti alle importazioni alimentari provenienti da Fukushima, poiché si temevano contaminazioni[5]. Un blocco delle esportazioni, o anche soltanto una forte riduzione sarebbe stato catastrofico per l'economia della regione, essendo una delle maggiori produttrici agricola della nazione[6], e per questo si decise l'adozione di misure di controllo ferree per garantire la sicurezza dei prodotti esportati; ponendo una soglia estremamente bassa per la tolleranza della presenza di Cesio sugli alimenti, ad oggi sono pochissimi i casi in cui vengono registrate quantità superiori a questo

[5] Damon EMBLING. "Fukushima, 11 Anni Dopo: L'export Alimentare Torna a Volare." *Euronews*, Euronews.com, 23 Mar. 2022, https://it.euronews.com/2022/03/23/fukushima-11-anni-dopo-il-disastro-nucleare-l-export-alimentare-torna-a-volare#:~:text=Il%20settore%20agricolo%20%C3%A8%20stato,%2C%20l'export%20%C3%A8%20ripreso.

[6] Cristina GINER. in collaborazione con Il Ministero degli Affari Esteri del Giappone. "Dal Sake Ai Pomodori: Fukushima Rilancia I Propri Prodotti." https://it.euronews.com/2023/03/24/dal-sake-ai-pomodori-fukushima-rilancia-i-propri-prodotti-con-inizative-innovative

limite su alimenti da esportazione, escludendo alcune categorie quali funghi e pesci[7]. Alcune attività, come la pesca, hanno ancora difficoltà a riprendersi poiché alcune nazioni, come la Cina, hanno mantenuto il divieto alle importazioni a seguito dello sversamento di acque trattate provenienti dalla centrale di Daiichi iniziate nell'agosto del 2023[8].

II)Analisi sanitaria

La necessità di una gestione coordinata dei vari aspetti critici dell'emergenza risultò evidente all'indomani dell'incidente di Fukushima, specialmente per quello che riguardava la comunicazione al pubblico dei rischi sanitari[9]. Per quanto concerne la salute della popolazione, L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha sottolineato che tali rischi si estenderanno per un lasso di tempo estremamente lungo, l'OMS ha redatto un documento estremamente esaustivo a tal proposito, che è stato a pieno merito inserito nella nostra guida, e verrà a breve trattato con il massimo riguardo. Questi effetti a lungo termine sono dovuti ad un'esposizione cronica al materiale contaminato, in opposizione all'esposizione acuta, ovvero di breve durata e di maggiore intensità, che è stata largamente arginata dalle evacuazioni degli abitati all'indomani del disastro, e comporta un rischio significativo dell'aumento dei tumori e di altre malattie da radiazioni dei soggetti esposti[10].

III) Effetti psicologici

Oltre a serie implicazioni sanitarie di tipo fisico, dopo l'incidente di Daiichi vennero riscontrati una serie di effetti psicologici negativi fra le persone che hanno dovuto abbandonare le loro abitazioni, dallo sviluppo della depressione al disturbo da stress post traumatico (PTSD).

---

[7] Bundesamt für Strahlenschutz. "Environmental Consequences of the Fukushima Accident: Radiological Situation in Japan." *Federal Office for Radiation Protection*, 24 Nov. 2020, www.bfs.de/EN/topics/ion/accident-management/emergency/fukushima/environmental-consequences.html

[8]Justin MCCURRY, and Helen DAVIDSON. "China Bans Japanese Seafood after Fukushima Wastewater Release." *The Guardian*, 24 Aug. 2023, www.theguardian.com/environment/2023/aug/24/japan-begins-releasing-fukushima-wastewater-into-pacific-ocean

[9] Ibid.

[10] Il Post "Cosa Successe a Fukushima." *Il Post*, 11 Mar. 2021, www.ilpost.it/2021/03/11/fukushima-centrale-disastro/?utm

Un confronto con i disturbi post traumatici sviluppati a Chernobyl ci suggerisce che questi dati potrebbero persistere per i prossimi venti anni[11].

Molto dello stress causato alla popolazione può essere ricondotto alla confusione nella gestione degli ordini di evacuazioni, arrivati con ritardo e che hanno lasciato la cittadinanza esposta ad un rischio inutile ed evitabile fino alla loro emissione. L'effettiva gravità dell'incidente non è stata comunicata tempestivamente ai cittadini dalle autorità giapponesi; si stima che solo il 20% della popolazione dell'area corrispondente a 3km di raggio intorno alla centrale era già a conoscenza dell'incidente quando l'ordine di evacuazione è stato emanato[12]. Secondo alcuni studi, i soggetti sfollati sono anche state vittime di un tipo di fenomeno di discriminazione sociale conosciuto con il nome di *radiofobia,* la quale ha concorso allo sviluppo di depressione e ansia[13]. Questa ulteriore fonte di stress ha reso ancora più difficile il ritorno ad una vita normale e il reinserimento nella società degli sfollati.

[11] Stefania DEL BIANCO. "Da Chernobyl a Fukushima, l'Impatto Psicologico Dei Disastri Nucleari | Rinnovabili." *Rinnovabili*, 31 July 2015, www.rinnovabili.it/clima-e-ambiente/cernobyl-fukushima-impatto-psicologico-disastri-nucleari-666/
[12] Ibid.
[13] Veronica DE PIERI. "Radiofobia: discriminazione sociale verso gli evacuati di Černobyl' e Fukushima. Una prospettiva comparativa" ,1 Jan 2022, file:///C:/Users/universit%C3%A0/Downloads/DePierimod4Radiofobia.pdf

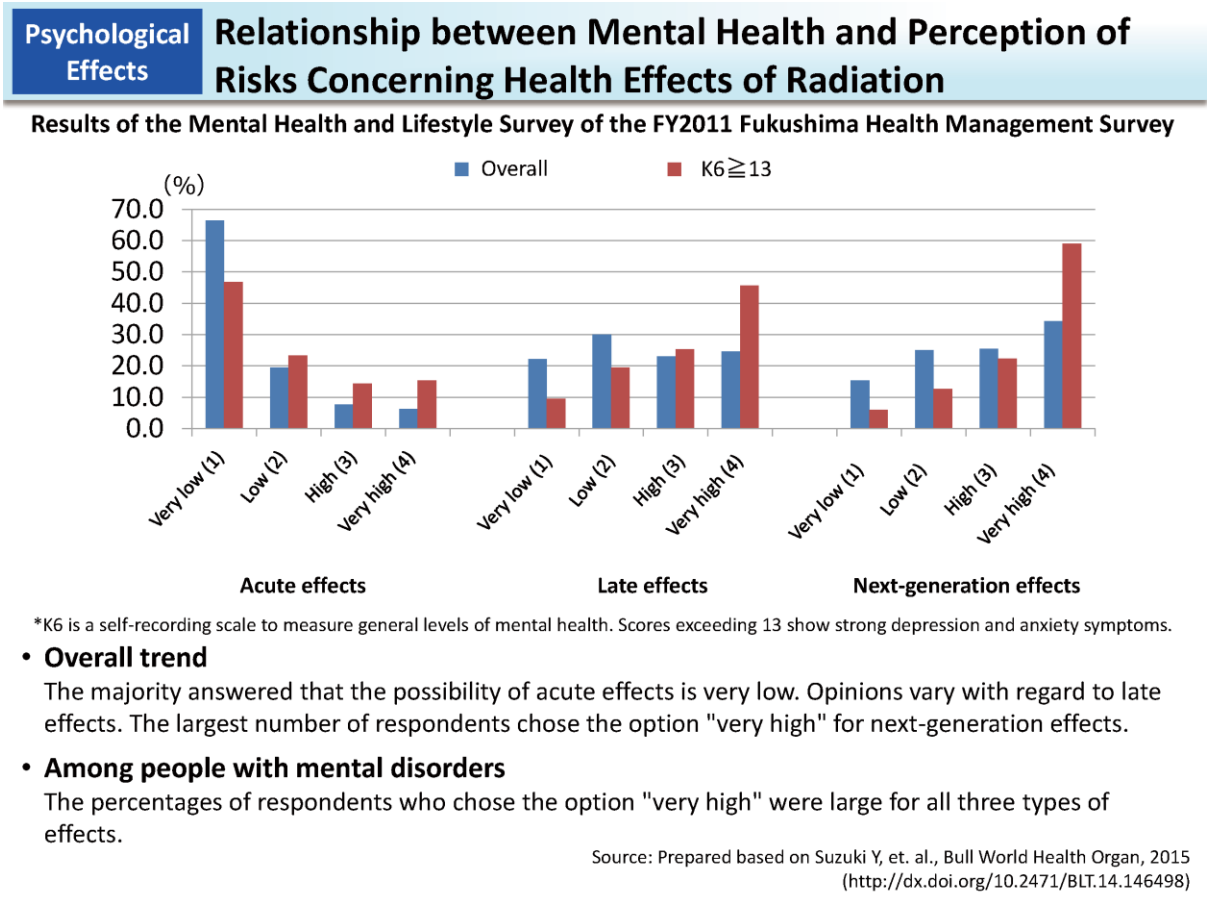

Figura 16: Percezione del rischio e salute mentale fra la popolazione di Fukushima

SUZUKI Y, et. al., Bull World Health Organ, 2015 *http://dx.doi.org/10.2471/BLT.14.146498*

2)Metodologia dell'analisi

La selezione dei testi è stata svolta con massima attenzione per garantire attinenza agli argomenti che si vogliono trattare in questo capitolo. Innanzitutto, viene privilegiata l'autorevolezza degli autori, la quale ha rappresentato un criterio fondamentale in questo processo; sono stati selezionati esclusivamente studi svolti da esperti riconosciuti nei relativi campi, i quali hanno pubblicato su riviste scientifiche da editori accreditati. In ultimo menzioniamo l'importanza riconosciuta all'adozione di prospettive variegate per garantire un'aura di interdisciplinarità, comprendendo quindi studi ambientali epidemiologici e analisi politiche.

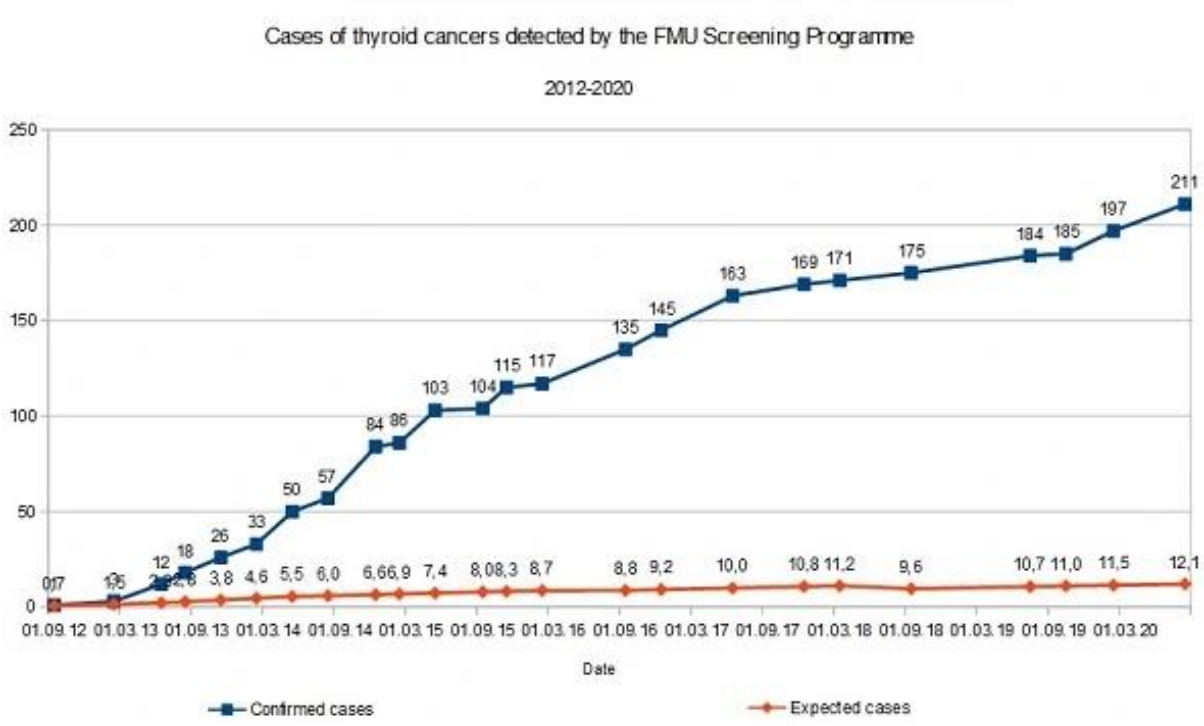

Figura 17: Grafico dei casi di tumori alla tiroide nei bambini di Fukushima dopo l'incidente

Alex ROSEN. "Thyroid Cancer in Fukushima Children Increased 20-Fold." Beyond Nuclear International, 23 May 2021, https://beyondnuclearinternational.org/2021/05/23/thyroid- cancer-in-fukushima-children-increased-20-fold/

I)Analisi dei testi

Ogni contributo verrà posto in analisi singolarmente, seguendo uno schema fisso e coerente che include un breve sunto del contenuto, un'analisi critica e una valutazione del contributo apportato dallo studio alla comprensione generale del tema.

La struttura dell'analisi può differire da testo a testo per adattarsi meglio alla struttura di ogni documento.

2.1) Testo 1: “Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation”

Redatto dalla WHO.

I) Breve sunto dei contenuti

"Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation" è il titolo dato al rapporto pubblicato dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel 2013. Questo studio offre un’analisi dettagliata dei rischi per la salute seguiti all’incidente della centrale nucleare di Fukushima. Il documento è stato redatto da un gruppo internazionale di esperti indipendenti, e approfondisce l’impatto sanitario dell’accaduto, non solo sulla popolazione civile ma anche e soprattutto sugli operatori che hanno gestito l’emergenza nucleare. Il quadro offerto da questo studio sull’argomento è a lungo termine, permettendo al lettore di poter analizzare sia le misure di sicurezza che sono state mal adottate che le loro possibili implementazioni e migliorie future.

II) Autori e redazione

Il gruppo di esperti che ha collaborato alla stesura del rapporto è composto da personalità internazionali selezionate dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). Essi sono stati scelti in base alla loro competenza per quanto riguarda l’utilizzo di modelli utilizzati per valutare il rischio dell’esposizione alle radiazioni, per l’epidemiologia, dosimetria e salute pubblica. Fra gli autori menzioniamo alcuni scienziati dal noto prestigio quali Makoto Akashi, Roy Shore, Lynn Anspaugh e Dominique Laurier, ovvero solo alcuni dei tanti studiosi provenienti da ogni parte del mondo e appartenenti a vari istituti di ricerca che hanno collaborato in questa occasione. Questo gruppo ha collaborato anche con alcuni osservatori

provenienti dallo stesso Governo giapponese e da diverse associazioni, quali UNSCEAR e ILO[14].

Esperti principali e istituzioni di appartenenza

- Dr. Alexander Akleyev – *Urals Research Center for Radiation Medicine, Federazione Russa*
- Dr. Anssi Auvinen – *University of Tampere / Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority, Finlandia*
- Dr. Billy Amzal – *LA SER Europe, Francia*
- Dr. Charles Land – *National Cancer Institute (in pensione), Stati Uniti*
- Dr. Charles Miller – *Centers for Disease Control and Prevention, Stati Uniti*
- Dr. Christoph Reiners – *University of Würzburg, Germania*
- Dr. Dominique Laurier – *Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Francia*
- Dr. Hajo Zeeb – *University of Bremen, Germania*
- Dr. John Parrish-Sprowl – *Indiana University, Stati Uniti*
- Dr. Linda Walsh – *Federal Office of Radiation Protection, Germania*
- Dr. Lynn Anspaugh – *University of Utah, Stati Uniti*
- Dr. Makoto Akashi – *National Institute of Radiological Sciences, Giappone*
- Dr. Michael Boyd – *United States Environmental Protection Agency, Stati Uniti*
- Dr. Nelson Valverde – *Ministero della Salute, Università Statale di Rio de Janeiro (in pensione), Brasile*
- Dr. Nick Gent – *Health Protection Agency, Regno Unito*

[14] World Health Organization. *Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation*. World Health Organization, 2013. Pp. 1-3

- Dr. Ohtsura Niwa – *University of Kyoto (in pensione), Giappone*
- Dr. Peter Jacob – *Helmholtz Zentrum München, Germania*
- Dr. Richard Wakeford – *University of Manchester, Regno Unito*
- Dr. Roy Shore – *Radiation Effects Research Foundation, Giappone*
- Dr. Wei Zhang – *Health Protection Agency, Regno Unito*
- Dr. Werner Zeller – *Federal Office of Public Health, Svizzera*

Contributori dell'OMS/WHO

- Dr. Amy Cawthorne – *WHO Headquarters*
- Dr. Angelika Tritscher – *WHO Headquarters*
- Dr. Asiya Odugleh-Kolev – *WHO Headquarters*
- Dr. Ausrele Kesminiene – *IARC*
- Dr. Charles Ward – *WHO Headquarters*
- Dr. Emilie van Deventer – *WHO Headquarters*
- Dr. Ivan Ivanov – *WHO Headquarters*
- Dr. Joachim Schüz – *IARC*
- Dr. Kazuko Fukushima – *WHO Headquarters*
- Dr. Maria del Rosario Pérez – *WHO Headquarters*
- Dr. Maria Neira – *WHO Headquarters*
- Dr. Mark Van Ommeren – *WHO Headquarters*
- Dr. Mina Kojima – *WHO Headquarters*
- Dr. Philippe Verger – *WHO Headquarters*
- Dr. Yutaro Setoya – *WHO Headquarters*
- Dr. Zhanat Carr – *WHO Headquarters*

- Mr. Tangui Barré – *WHO Headquarters*

Osservatori

- Dr. Ferid Shannoun – *Secretariat of the UNSCEAR*
- Dr. George Etherington – *Health Protection Agency, Regno Unito (liaison con UNSCEAR Fukushima Expert Group on worker doses and risks)*
- Dr. Hidekazu Chayama – *Ministry of Economy, Trade and Industry, Giappone*
- Dr. Hidenori Yamamoto – *Nuclear Emergency Response Headquarters, Cabinet Office, Giappone*
- Dr. John Harrison – *Health Protection Agency, Regno Unito (liaison con UNSCEAR Fukushima Expert Group on worker doses and risks)*
- Dr. Nobuhiko Horioka – *Nuclear Emergency Response Headquarters, Cabinet Office, Giappone*
- Dr. Shengli Niu – *International Labour Organization, Svizzera*
- Mr. Malcolm Crick – *Secretariat of UNSCEAR*
- Mr. Yuji Otake – *Permanent Mission of Japan to the International Organizations in Geneva, Svizzera*

III) Contestualizzazione

La ricerca riguardante le implicazioni sanitarie va collocata in un contesto caratterizzato dalla diffusa preoccupazione per il rilascio di varie sostanze nocive dall'impianto di Fukushima, quali Iodio-131, Cesio-134 e Cesio-137, il cui impatto sull'ambiente e salute umana era incerto, data la difficoltà affrontata nell'ottenere rapporti congruenti dalle fonti ufficiali. Questi radionuclidi spostandosi attraverso gli agenti atmosferici, si sono depositati sul

suolo circostante alla centrale, rappresentando per la popolazione un pericolo imminente, con un relativo rischio elevato di esposizione diretta e indiretta al materiale radioattivo[15].

Le azioni intraprese per arginare il disastro dalle autorità furono molte e varie, per poter comprendere in modo soddisfacente le implicazioni sanitarie di un evento di tale portata, in stretto legame con le azioni della politica, ponendo le basi della ricerca sui dati ottenuti nei mesi immediatamente successivi al disastro basandosi su validi modelli matematici[16].

IV) Obiettivi della ricerca

Questo documento si propone di fornire una valutazione preliminare delle conseguenze da esposizione alle radiazioni, approfondendo tematiche legate ai tumori, quali leucemia cancro alla tiroide e tumori solidi, e delle ulteriori conseguenze sanitarie di tipo non oncologico. Questo per poter fornire alle autorità preposte, un quadro chiaro della situazione sanitaria in modo da poter sviluppare le loro politiche d'emergenza seguendo una linea guida sviluppata su basi scientifiche. I punti che si propone di trattare sono tre: quantificare il livello di rischio per la salute in base alle dosi di esposizione, identificare i soggetti più a rischio fra la popolazione civile, quali gli infanti, anziani o donne in età fertile, e infine proporre strategie al fine di mitigare le conseguenze a lungo termine dell'esposizione. Il rapporto si presenta come un appello e una guida per le personalità politiche responsabili della gestione del disastro, per gli operatori sanitari impiegati e per le organizzazioni internazionali. In un quadro più ampio rappresenta anche un contributo fondamentale alla cultura scientifica, arricchendo la sezione degli studi dedicati agli effetti a lungo termine all'esposizione alle radiazioni. Infine, si può affermare che questo documento funge da base per ulteriori approfondimenti di epidemiologia e gestione degli interventi per la pubblica salute[17].

[15] Pp. 7-10
[16] P. 13
[17] Pp. 12-14

V) Organizzazione del testo

Questo rapporto è stato suddiviso in diverse sezioni, in modo da analizzare singolarmente vari aspetti legati ai rischi sanitari insorti dopo il disastro nucleare. Mentre nell'introduzione vengono esposti la metodologia utilizzata e il contesto, vengono anche messi in evidenza le motivazioni per le quali è stato necessario intraprendere questa indagine, la sua utilità sul piano internazionale, nonché gli obiettivi che il gruppo di esperti si è posto di raggiungere.

1. Nell'introduzione viene esposto il contesto della ricerca e il metodo adottato per portarla a termine[18].
2. La sezione successiva è dedicata all'identificazione dei rischi: partendo da una descrizione dei radionuclidi rilasciati dalle esplosioni e i loro potenziali effetti su ambiente e salute umana, vengono qui esposte tutte le caratteristiche chimiche e fisiche e come si può gestirle una volta compresa le modalità di esposizione[19].
3. Segue un'analisi della risposta all'esposizione: come si può intuire, una diversa esposizione comporta diverse conseguenze, in questo rapporto viene posta particolare attenzione ai meccanismi biologici che regolano tali sviluppi. L'analisi viene perpetrata attraverso l'utilizzo di modelli matematici per creare una stima valida dei rischi; sono inclusi anche dati raccolti dopo disastri precedentemente verificatisi, quali Hiroshima e Chernobyl[20].
4. Dunque, si procede con una valutazione dell'esposizione subita dalla popolazione: vengono qui fornite valutazioni preliminari della dose di radiazioni a cui sono stati esposti sia i civili che gli operai impiegati nella centrale. Fra le variabili delle quali è stato tenuto conto nella stesura di queste stime rientrano fattori fondamentali quali posizione rispetto alla centrale, abitudini alimentari e condizioni meteo del luogo in cui ci si trovava nel periodo successivo al disastro[21].
5. A questo punto viene affrontato il problema della caratterizzazione del rischio da esposizione: una volta esposti i rischi sanitari e le malattie sviluppabili a seguito dell'esposizione si passa ad una discussione dell'affidabilità dei modelli utilizzati per prevedere gli sviluppi sulla salute; tali modelli per quanto utili non sono totalmente sicuri. In questa sezione viene concesso molto spazio alle implicazioni sanitarie per i

[18] Ibid. Pp. 12-16
[19] Ibid. Pp. 17-19
[20] Ibid. Pp. 25-33
[21] Ibid. Pp. 35-48

soggetti più fragili fra la popolazione, ovvero bambini e anziani, e vengono discusse le differenze della soglia di rischio a seconda dell'età del soggetto esposto[22].

6. Nella penultima sezione di questo rapporto vengono passate in rassegna diverse considerazioni avanzate sulla salute pubblica: vengono esplorate le prospettive a lungo termine e vengono proposte per costruire strategie efficaci per la gestione di eventuali rischi futuri. Questa sezione contiene utili raccomandazioni per la gestione del monitoraggio a lungo termine[23].
7. Dunque, si arriva alla conclusione e alla discussione delle prospettive per il futuro: un sunto delle scoperte principali del rapporto e il loro inquadramento in una visione più ampia degli eventuali rischi futuri e raccomandazioni per gestirli chiudono questo report[24].
8. Da pagina 96 in poi il report riporta le fonti, il glossario, le abbreviazioni, e dei piccoli approfondimenti sugli autori dello stesso, per concludere con alcuni paragoni fra l'incidente di Fukushima Daiichi e altri disastri nucleari[25]

VI) Contenuto e temi affrontati

Valutare i rischi connessi all'insorgenza di malattie da esposizione alle radiazioni è senza dubbio il punto centrale del rapporto. Gli scienziati che hanno partecipato a questa ricerca hanno sottolineato come il livello di rischio dello sviluppo di tali malattie varia in base a diversi fattori: età del soggetto al momento della sua esposizione, sesso e ovviamente quantità di dosi ricevute. Per provare questa tesi nel report si evidenzia come l'insorgenza di tumori specifici, quali leucemia e cancro alla tiroide, sia aumentato rispetto ai tassi di base in specifiche categorie. Come è facile immaginare dopo le premesse fatte, i gruppi della popolazione, fra i quali si riscontrano una maggiore sensibilità biologica alle radiazioni sono donne e bambini[26].

Un'altra importante nozione evidenziata nel rapporto riguarda la localizzazione dell'incremento di queste malattie, ovvero l'analisi delle località nelle quali viene riportato un tasso maggiore di insorgenza. Analizzando la mappatura fatta in base a questi dati è possibile implementare la nostra conoscenza sul metodo di diffusione della radioattività, confrontando

[22] Ibid. Pp. 51-67
[23] Ibid. Pp. 70-92
[24] Ibid. Pp. 92-94
[25] Ibid. P. 121
[26] Ibid. Pp. 8-9

le stime di crescita con le medie storiche. Tuttavia, oltre alle malattie di tipo oncologico risulta un legame anche fra esposizione da radiazioni e l'insorgenza di malattie cardiovascolari; nel report viene affermato che in questo caso la connessione è più difficile da quantificare, ma in ogni modo non sono apparsi segnali significativi di rischio per la popolazione[27].

Non vengono trascurati gli effetti sociali e psicologici dell'evento di Fukushima, vengono infatti discussi in dettaglio. Gli esperti affermano c'è stato un legame significativo tra lo sviluppo dell'ansia riportato fra gli sfollati e i ritardi, confusione e incongruenze nella gestione delle operazioni di evacuazione[28].

VII) Metodologia e fonti

In questo rapporto è stata utilizzata una metodologia rigorosa e chiara. Basandosi su dati storici epidemiologici raccolti dopo diversi incidenti nucleari e confrontandoli tra loro, i risultati sono stati applicati al contesto di Fukushima per creare stime e valutare i rischi. In questo report si è teso a mantenere delle stime di tipo conservativo, ciò vuol dire che esse sono state create per ridurre al minimo le possibilità di sottovalutare i potenziali rischi. Naturalmente viene pienamente riconosciuto dai compilatori di questo rapporto che la persistenza di una significante incertezza riguardo l'accuratezza del metodo della creazione stime persiste, e la necessità di raccogliere dati in futuro per poter affinare le previsioni con dati più dettagliati alla mano resta fondamentale. Le fonti utilizzate per la stesura del rapporto sono ricche di dati, sono state incluse stime dell'OMS sulla diffusione preliminare delle radiazioni e rapporti epidemiologici e ambientali, anche in riferimento a disastri nucleari precedentemente avvenuti. Sono predominanti le fonti ufficiali provenienti da enti governativi, o associazioni quali la TEPCO, IARC e ICRP.

[27] Ibid. Pp. 66-67
[28] Ibid. Pp. 25-33

VIII) Critica al testo

È doveroso menzionare in un'analisi critica del testo innanzitutto il punto di vista interdisciplinare utilizzato nell'approcciarsi alla creazione di un report, inoltre il coinvolgimento di un gruppo di esperti di diverse nazionalità funge da garanzia di un'analisi equilibrata e fondata sull'evidenza dei fatti[29]. Certamente questo report può fornire un valido punto di partenza per lo sviluppo di politiche di gestione del rischio radiologico, ma presenta anche alcune limitazioni: i dati utilizzati per lo sviluppo delle stime riguardanti l'insorgenza delle malattie da radiazioni sono stati raccolti nello stesso anno dell'incidente, suscitando dubbi sull'affidabilità per quanto riguarda lo sviluppo nel lungo termine. Inoltre, gli stessi autori dichiarano di non essere completamente certi che i modelli utilizzati abbiano la capacità di catturare la complessità di un'esposizione multipla e prolungata[30]. Tuttavia, non c'è remora da parte degli autori nell'esprimere i loro dubbi a riguardo, infatti il report è permeato dalla massima trasparenza riguardo le incertezze sull'affidabilità dei modelli utilizzati. Un'ulteriore lacuna è rappresentata dalla valutazione del rischio psicologico; nonostante venga riconosciuta la sua importanza fra gli effetti per la salute pubblica non viene effettuata un'analisi quantitativa del fenomeno[31].

IX) Conclusione

In Conclusione, si afferma che l'aumento dell'insorgenza di malattie legate alle radiazioni si riscontra soltanto nelle zone maggiormente esposte, e in particolare fra bambini e donne in età fertile. Fuori dai confini nazionali non sono previsti incrementi dei rischi sanitari. Gli autori incoraggiano fortemente lo svolgimento di ulteriori studi soprattutto mirati alla comprensione delle conseguenze di esposizione a basse dosi di radioattività nel lungo termine[32].

[29] Ibid. Pp. 70-79
[30] Ibid. P. 78
[31] Ibid. P. 79
[32] Ibid. Pp. 92-94

Figura 18: Dei tecnici controllano i livelli di contaminazione su una bimba di Fukushima

Wally SANTANA. “Fukushima Nuclear Disaster Adds Only Small Health Risks, WHO Says.” Los Angeles Times, 28 Feb. 2013, https://www.latimes.com/health/la-xpm-2013-feb-28-la-heb- fukushima-health-risks-20130228-story.html

2.2) Testo 2: “Radioactive contamination and health risk evaluation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident”

di Yukio Hayakawa

I) Breve sunto dei contenuti

Pubblicato nel 2013 da Yukio HAYAKAWA, questo articolo si propone di creare delle mappe della contaminazione ambientale nei tre anni successivi all’incidente nucleare di Fukushima Daiichi; comprendere la diffusione delle radiazioni è fondamentale per poter mappare le zone più a rischio e contaminate dai radionuclidi che sono stati sprigionati dalla centrale, e quindi di tutto il materiale da essi contaminato; lo scopo della mappatura è di poter poi redigere una stima dei danni potenziali alla salute della popolazione di Fukushima conseguenti all’esposizione indiretta. Inoltre, l’autore si propone di confrontare i dati ottenuti con la sua ricerca a quelli relativi all’incidente di Chernobyl. Essendo questo il fine ultimo del documento, e data la sua importanza per la comprensione dello sviluppo delle malattie da radiazioni, è stato deciso di inserirlo in questo capitolo.

II) Autori e redazione

L’autore della ricerca, il Professor Yukio HAYAKAWA, è un’importante figura nel capo dello studio delle scienze ambientali e della terra, con specializzazione in cartografia e vulcanologia, che opera come docente presso l’università di Gunma. Egli ha contribuito allo studio della contaminazione da radioattività in modo alternativo e nuovo pur mantenendo una forte rigorosità nel suo approccio agli studi. A seguito dell’incidente dell’11 marzo si è prodigato nella stesura preliminare di mappe della contaminazione radioattiva con estrema dovizia, il che giustifica completamente la sua centralità fra gli studiosi dediti al monitoraggio dei cambiamenti ambientali nelle zone colpite dalle radiazioni. Notiamo oltre alla spiccata rigorosità dei suoi approcci e alla cura elle mappature da lui redatte, una forte propensione alle capacità di comunicazione, facendo sì che la lettura e comprensione dei suoi studi sia estremamente accessibile al lettore non specializzato, ma che non manchi di dettagli agli occhi degli studiosi già esperti in materia.

III) Scopo del report

Ciò che questo studio si propone di fare è valutare attentamente la quantità di contaminazione ambientale seguita all'incidente, mappare le aree più esposte ai radionuclidi con annessi dati temporali e infine valutare i rischi per la salute umana connessi al grado di contaminazione.

IV) Organizzazione del testo

Individuiamo cinque principali sezioni nel documento:

1. Innanzitutto, l'introduzione: l'autore avvia il suo discorso con una descrizione del quadro generale dell'incidente di Fukushima Daiichi, in modo da permettere anche al lettore più inesperto di approcciarsi al tema. Già da questa sezione viene evidenziata la necessità di approfondire le modalità della diffusione dei radionuclidi nell'ambiente se si vogliono comprendere appieno le implicazioni per la salute della popolazione. Segue una descrizione della contaminazione radioattiva seguita all'incidente[33].

2. Mappaggio della contaminazione ed effettiva disposizione del suolo contaminato: qui vengono descritti le mappe e i processi necessari per crearle, inoltre l'autore espone i dati sui quali si è basato per la compilazione. I dati sono stati forniti da enti pubblici e istituti di ricerca. Qui viene esposto il ruolo degli agenti atmosferici nella diffusione del materiale contaminato e quindi le condizioni metereologiche all'indomani del disastro[34].

3. Materiali radioattivi dispersi nell'ambiente e conseguenti rischi per la salute: compiendo un confronto con la contaminazione radioattiva di Chernobyl, l'autore analizza le quantità di radionuclidi rilasciate nell'ambiente a Fukushima, con particolare attenzione ai rilevamenti di Cesio radioattivo. Una volta spiegata la contaminazione si passa a discutere l'incidenza di malattie da radiazioni nelle zone esposte, in particolare si pone l'attenzione sull'insorgenza di cancri alla tiroide.[35]

---

[33] HAYAKAWA Yukio. *"Hōshasen osen to kenkō risuku hyōka: Fukushima Daiichi Genshiryoku Hatsudensho jiko"* 早川, 由紀夫. "放射線汚染と健康リスク評価: 福島第一原子力発電所事故". *Bulletin of Earth Science, Gunma University*, vol. XX, no. X, 2013, P. 1

[34] Ibid. Pp. 36-39

[35] Ibid. Pp. 40-46

4. Fukushima e Chernobyl: ponendo a confronto i dati dei due incidenti l'autore sottolinea delle differenze significative dovute alla diversa densità di popolazione die due luoghi colpiti.[36]

5. Conclusione: ripercorrendo brevemente i risultati della sua analisi l'autore esprime le difficoltà nel potersi affidare in modo sicuro alle stime disponibili[37].

V) Argomentazioni e tesi

La tesi sostenuta dall'autore riguarda la quantificazione dei rischi per la salute seguiti all'incidente di Fukushima; egli ritiene che nonostante i quantitativi di radionuclidi rilasciati nell'ambiente siano estremamente inferiori a quelli dell'incidente di Chernobyl, i rischi sanitari potrebbero essere simili, a causa della maggiore densità nella popolazione locale esposta alle radiazioni[38]. A sostengo della sua tesi egli porta la mappatura della contaminazione ambientale compilata da Hayakawa stesso, con le quali sottolinea come la condizione meteo nei giorni successivi all'incidente abbia portato ad una distribuzione dei radionuclidi piuttosto disomogenea [39]. Questo comporta la contaminazione le aree per le quali, data la distanza, non ci si preoccuperebbe; secondo quanto riportato dall'autore il momento più critico corrisponderebbe al 15 marzo di quell'anno, quando a causa del vento a passa quota grandi quantità di materiale contaminato sarebbe stata spinta nell'entroterra[40]. L'esposizione a questi materiali implica che fra le persone esposte ai radionuclidi, comprese quelle nelle aree a rischio moderato, si verificheranno 5300 decessi in più del previsto in mezzo secolo a causa del cancro che si può sviluppare dopo il contatto con il Cesio-137, senza bisogno di ingerire tali particelle ma per mera esposizione esterna[41]. Infine, a supportare la tesi di Chernobyl egli ricorda che nelle aree più considerate a rischio risiedono circa 81.000 abitanti mentre in quelle soggette ad un'esposizione più leggera corrispondono a 460.000[42]. Ciò, nonostante le quantità di Cesio-137 dispersasi dopo l'incidente a Fukushima corrisponda solamente ad un dodicesimo della contaminazione di Chernobyl, per due motivi egli ritiene che l'implicazione sanitaria sia allo

[36] Ibid. Pp. 47-48
[37] Ibid. Pp. 49-50
[38] Ibid. P. 48
[39] Ibid. Pp. 37-38
[40] Ibid. P. 42
[41] Ibid. Pp. 45-46
[42] Ibid. P. 45

stesso livello, ovvero la maggiore densità di popolazione di Fukushima[43], e le carenze gestionali e comunicative dimostrate dalle autorità giapponesi, che avrebbero quindi esposto gli abitanti della zona a più rischi di quelli corsi a Chernobyl[44].

VI) Analisi delle fonti

Fra le fonti annoveriamo dati scientifici molto specifici anche in campi di studio i cui l'autore non è direttamente specializzato; il testo è infatti ricco di dati metereologici e radiologici, necessari per giustificare le affermazioni dell'autore riguardo i rischi sanitari e per la creazione delle mappe di diffusione radiologica. La maggior parte dei dati riguardanti i radionuclidi provengono da rapporti dell'IAEA, ma sono presenti anche altre fonti non governative e indagini condotte da cittadini che bilanciano le stime ufficiali.

VII) Analisi critica dell'utilizzo delle fonti

Molte delle critiche che si possono muovere alle fonti sono già state menzionate proprio dall'autore; egli, infatti, è cosciente del fatto che nonostante le mappe da lui compilate si basino su dati estremamente precisi il quadro completo della contaminazione potrebbe essere di gran lunga peggiore, in quanto i radionuclidi potrebbero aver raggiunto zone non sottoposte ad alcun tipo di monitoraggio[45]. Inoltre, evidenziamo che le stime sono limitate ai dati riguardanti il contatto esterno con materiale contaminato, e non tengono conto dei cibi o dell'acqua contaminati ingeriti dai soggetti a rischio[46]. Anche in questo caso ricordiamo poi che l'utilizzo estensivo di fonti ufficiali come l'IAEA, per quanto autoritarie e necessarie, potrebbero deviare le stime in una direzione troppo conservativa, fornendo così un quadro ottimista della situazione. Il loro controbilanciamento con fonti non governative è efficace, ma dona una verta variabilità al risultato essendo i dati più difficilmente verificabili. Lo stesso vale

[43] Ibid. P. 47
[44] Ibid. Pp. 48-49
[45] Ibid. P. 39
[46] Ibid. Pp. 40-41

per i contributi volontari offerti dai cittadini, che, per quanto importanti soffrono di una carenza di standardizzazione nelle modalità di raccolta[47].

VIII) Critica al testo

L'utilizzo di mappe per la spiegazione dei dati raccolti fornisce un importante approccio visivo al tema, rendendo la sua comprensione più accessibile al lettore non esperto, sensibilizzando così un maggior numero di persone e comunicando i rischi legati alle radiazioni in modo molto efficace. Come abbiamo notato l'approccio ai dati governativi dell'autore è piuttosto critico, e lui stesso ne riconosce i limiti, diminuendo le possibilità di fornire risultati falsati nelle sue analisi. Aggiungiamo che il paragone con Chernobyl attinge alla memoria collettiva sottolineando quanto sia alto il livello di rischio a Fukushima, e fornisce una chiave ulteriore per comprendere l'incidente di Daiichi da un punto di vista storico. Per quanto riguarda però la contaminazione interna, ovvero le dosi di radiazioni ricevute dall'ingerimento di materiale contaminato, le stime qui fornite sono estremamente carenti. L'approccio critico dell'autore fornisce uno spunto per migliorare la gestione delle emergenze nucleari, in particolare dal punto di vista della comunicazione; essere sinceri con la popolazione riguardo i rischi che stanno correndo ridurrebbe l'ansia da incertezza, fortificherebbe la fiducia di essi nel governo e ridurrebbe l'esposizione a rischi inutili.

IX) Contributi al tema

Il suo approccio interdisciplinare al tea sanitario, egli infatti parte da un presupposto ambientale, sottolinea quanto sia importante studiare l'evento dell'11 marzo da vari punti di vista per poter comprendere al meglio ogni sua implicazione, e certamente per prevedere e prevenire eventuali casi futuri. La mappatura delle zone contaminate unita ai dati sanitari offre un punto di partenza per ulteriori approfondimenti sullo sviluppo di malattie legate alle radiazioni.

[47] Ibid. P. 38

X) Conclusione

In conclusione, l'autore dimostra come nonostante le differenze sostanziali, il potenziale di rischio sanitario di Fukushima possa essere paragonabile a quello di Chernobyl, a causa di densità della popolazione e gestione tardiva dell'evacuazione. A questo collega un appello ad una maggiore trasparenza nella comunicazione dei fatti per come stanno da parte delle autorità.

Figura 19: all'indomani dello Tsunami

CHIBA Yasuyoshi. "How Has Fukushima's Nuclear Disaster Affected the Environment?" Audubon, 9 Mar. 2012, https://www.audubon.org/news/how-has-fukushimas-nuclear-disaster-affected-environment

5.3) Testo 3: "Health effects of radiation after nuclear accident: Chernobyl and Fukushima."

Di Kakihara Tai, Imanaka Tetsuji, Yoshida Yuuko, Fujioka Takeshi e Yamauchi Tomoya. Pubblicato su Journal of History of Science.

I) Breve sunto dei contenuti

Questo documento è parte di alcuni studi pubblicati per l'anniversario degli incidenti nucleari di Chernobyl e Fukushima, ed è stato pubblicato nel 2017, rispettivamente 40 e 5 anni dopo gli eventi. Nonostante la sua brevità questo studio è denso di contenuto, infatti, curato da autori specializzati in epidemiologia e sicurezza in contesti radioattivi, pone in analisi, e soprattutto adottando un punto di vista comparativo i disastri di Chernobyl e Fukushima, indagando le differenze fra gli effetti che i due hanno avuto sulla salute umana e come gli insegnamenti appresi dal primo sono stati applicati nella gestione secondo caso[48]. Ciò che questo studio si propone di fare è di individuare le differenze e somiglianze fra le conseguenze sanitarie dei due incidenti per poter meglio comprendere il funzionamento delle malattie da radiazioni, e fornire una valutazione critica della gestione del disastro di Fukushima alla luce del precedente di Chernobyl, così da poter offrire una linea guida per la gestione di eventuali incidenti futuri[49].

II) Autore e contributi

L'autore principale di quest'opera è Kaki Hara Yasu studioso ed epidemiologo con grande e duratura esperienza per quanto riguarda lo studio delle malattie da radiazioni. Nel suo curriculum si annoverano partecipazioni a ricerca sugli effetti delle radiazioni sulla salute condotti da istituti internazionali di ricerca e varie pubblicazioni scientifiche riguardanti la gestione di eventi quali Fukushima. Sono presenti anche contributi di autori provenienti dall'ambiente universitario giapponese e da associazioni di radioprotezione. In questo gruppo di esterni sono presenti studiosi di epidemiologia, ingegneri nucleari e studiosi di politica assicurando così un approccio interdisciplinare alla materia; Anche organizzazioni internazionali quali UNSCEAR e WHO (World Health Association) hanno contribuito in modo significativo a questa ricerca corredandola con un'importante base scientifica.

---

[48] KAKIHARA Tai, IMANAKA Tetsuji, YOSHIDA Yuuko, FUJIOKA Takeshi, YAMAUCHI Tomoya, ko tokushū genpatsu jiko-go no hōshasen kenkō eikyō mondai: Cherunobuiri to Fukushima 柿原 泰, 今中 哲二, 吉田 由布子, 藤岡 毅, 山内 知也, 小特集 原発事故後の放射線健康影響問題: チェルノブイリと福島 Journal of History of Science, JAPAN, 2017-2018, Volume 56, Issue 283, Pages 5-, Released on J-STAGE January 10, 2021, Pp. 1-3

[49] Ibid. Pp. 4-5

III) Scopo del report

Analizzando mancanze e successi dei processi di decontaminazione condotti nei casi di Fukushima Daiichi e Chernobyl questo studio spera di stimolare la sensibilità del pubblico riguardo temi che necessitano una più profonda consapevolezza da parte della popolazione, e maggiore onestà nella pubblicazione dei dati scientifici.

IV) Organizzazione del testo

In questo documento si possono individuare cinque sezioni principali:

1. Introduzione corredata di contesto storico: in questa sezione viene spiegato con eloquenza quanto sia importante paragonare gli eventi di Fukushima e Chernobyl per comprendere a fondo il processo di sviluppo delle malattie da radiazioni, per poter poi sviluppare strategie più efficaci per prevenirle e combatterle. Viene qui sottolineato anche il carattere interdisciplinare di questo documento[50].
2. Chernobyl e Fukushima, un paragone: si passa alla messa in esame delle differenze più significative nei due eventi, analizzando le differenze strutturali e la modalità di diffusione delle radiazioni dopo le esplosioni. Qui possiamo trovare tutti i dati riguardanti tale diffusione e soprattutto mappe delle aree più contaminate[51].
3. Radiazioni e salute: dunque, si discutono gli effetti dell'esposizione alle radiazioni sulla salute, approfondendo l'insorgenza di tumori alla tiroide nei bambini di Fukushima e si confrontano i dati con quelli raccolti dopo l'incidente di Chernobyl. Viene qui mossa anche una forte critica all' UNSCEAR in particolare a causa delle sue sottostime nei documenti riguardanti gli effetti delle radiazioni[52].
4. Evacuare la popolazione e gestire l'emergenza: in questo passo si analizzano le conseguenze sociali ed economiche del disastro e si analizzano in modo critico i vari piani di evacuazione e la successiva bonifica delle zone contaminate messe in atto a Fukushima e Chernobyl.[53].
5. Conclusione: in ultimo l'autore si propone di consigliare un maggior interesse allo studio storico dei disastri nucleari per massimizzare l'efficienza nella gestione del

[50]Ibid. Pp. 1-5
[51] Ibid. Pp. 6-15
[52]Ibid. Pp. 16-25
[53]Ibid. Pp. 26-35

rischio in eventi futuri, formulando alcune riflessioni riguardo l'onestà delle istituzioni nella diffusione di informazioni scomode[54].

V) Argomentazioni e tesi

La tesi sostenuta dall'autore di questo testo riguarda le mancanze gestionali e di comprensione degli effetti delle radiazioni dimostrate dalle autorità di Chernobyl e Fukushima durante i rispettivi incidenti. L'autore riconosce sostanziali differenze nella gestione dei due incidenti, dalla gestione dell'emergenza nell'immediato alle strategie di gestione delle conseguenze sociali dello sfollamento; tuttavia, entrambe riportano una certa noncuranza del diritto del cittadino colpito dagli eventi[55]. A sostegno di questa sua tesi l'autore avanza alcune argomentazioni, ad esempio il parere di alcuni esperti governativi che tende a minimizzare il legame tra esposizione alle radiazioni e incremento dei tumori alla tiroide fra gli abitanti delle zone colpite a Fukushima[56], o la carenza di dati a Chernobyl per qualsiasi altro effetto sanitario che non riguardi proprio questi tumori[57]. Questo per quanto riguarda gli effetti sulla salute, ma le sue argomentazioni coprono anche il tema delle politiche rivolte alla gestione degli sfollati, egli infatti sostiene che addirittura il processo di evacuazione di Fukushima è stato molto più caotico di quello di Chernobyl; infatti, in quel caso era stata promulgati la *Legge Chernobyl*, con lo scopo di guidare la popolazione in questi momenti difficili. [58]; è stata infatti un punto di riferimento per molte crisi successive. Inoltre, la soglia massima consentita di esposizione alle radiazioni per il ritorno dei civili nelle zone contaminate è stata molto più bassa in Ucraina e Bielorussia rispetto a quella di Fukushima, con rispettivamente 1-5 mSv anno e 20 mSv anno[59]. L'autore sostiene anche che le autorità giapponesi avrebbero potuto apprendere di più degli errori commessi nella gestione delle comunicazioni dell'incidente di Chernobyl, e che invece hanno perpetrato una politica di vaghezza e contraddizione nella diffusione delle informazioni più sensibili aumentando il livello di ansia nei cittadini[60].

[54]Ibid. Pp. 36-40
[55]Ibid. Pp. 10-11
[56]Ibid. P. 17
[57]Ibid. Pp. 18-19
[58]Ibid. Pp. 27-29
[59] Ibid. P. 30
[60] Ibid. Pp. 33-34

VI) Analisi delle fonti e critica

Le fonti nelle quali il testo pone le sue fondamenta sono appartenenti a diversi ambiti disciplinari:

1. Report ufficiali: report provenienti da agenzie quali IAEA e UNSCEAR vengono ampliamente consultati specialmente per quello che riguarda i dati epidemiologici e la diffusione delle radiazioni nel territorio. Inoltre, sono presenti documenti redatti dagli stessi governi giapponese e ucraino per quello che riguarda la gestione dell'evacuazione e decontaminazione.
2. Ricerche epidemiologiche: il tema dell'epidemiologia è molto caro all'autore di questo report essendo egli stesso un esperto in materia, vengono inclusi infatti svariati articoli che hanno visto la loro pubblicazione su riviste di prim'ordine, in particolare per quello che riguarda i tumori alla tiroide.
3. Fonti contenenti grandi quantità di dati comparativi tra Fukushima e Chernobyl, con particolare attenzione alla diffusione del materiale contaminato e delle radiazioni e all'insorgenza di malattie post esposizione.
4. Valutazione dei processi di evacuazione ed effetti sociali: questo studio non ha trascurato gli effetti economici e sociali dell'accaduto che vengono ampiamente approfonditi.
5. Report di organizzazioni non governative: Greenpeace viene utilizzata per garantire al report un'aura critica alle azioni delle istituzioni.

I dati provenienti dalle fonti ufficiali creano una base solida per le argomentazioni del testo; tuttavia, l'autore stesso tende a sottolineare quanto esse tendano ad avere un approccio estremamente ottimistico al tema e tendano così a minimizzare i fatti per motivi politici e di ordine pubblico, esponendo però i cittadini ad un rischio potenziale. Ciò vale specialmente per i report e i dati provenienti da IAEA e UNSCEAR che sono caratterizzati da stime conservative. Per quanto riguarda le fonti non governative invece si nota un approccio del tutto opposto a quelle ufficiali; infatti, alcuni report qui utilizzati tratti da Greenpeace tendono ad essere allarmisti eccedendo nella stima dei rischi, e soprattutto sono più difficilmente verificabili. Saper bilanciare le informazioni contenuti in questo tipo di fonti è fondamentale per creare uno studio che rispecchi la realtà dei fatti. Si auspica per il futuro una collaborazione tra enti

governativi e non in nome della sicurezza della popolazione e del suo diritto a conoscere la verità.

VII) Critica al testo

Il testo include molti dati specifici che contribuiscono alla sua credibilità, in particolare per quanto riguarda i dati epidemiologici e dell'insorgenza dei tumori alla tiroide, tema molto caro all'autore, è facile così concentrare l'attenzione del lettore sugli effetti che le radiazioni possono avere sulla salute umana, sensibilizzandolo al tema proprio come l'autore si era prefissato di fare. L'approccio verso le istituzioni di questo testo è estremamente critico, viene continuamente lanciato un appello ad una maggiore onesta da parte delle autorità; ciò potrebbe essere positivo se non implicasse una forte dipendenza da fonti di tipo non governativo rischiando di creare in ogni caso un quadro poco oggettivo della situazione. Mentre alcuni argomenti vengono estremamente approfonditi, come la comparazione tra Fukushima e Chernobyl sotto diversi aspetti disciplinari, altri temi non vengono analizzati abbastanza anche se di grande importanza per la struttura del quadro generale, quali l'impatto sociale e psicologico.

VIII) Contributi al tema

Confrontando i dati di Chernobyl e Fukushima sia per quanto riguarda l'esposizione alle radiazioni, sia per l'insorgenza di malattie ad esse legate, questo testo arricchisce significativamente la nostra comprensione del loro funzionamento, in particolare nel lungo termine. Inoltre, la sua spiccata diffidenza delle stime ufficiali stimola il dibattito sull'effettiva efficacia della gestione delle crisi nucleari. È importante imparare dalla storia, e il confronto offerto da questo testo con altri incidenti nucleari è un ottimo punto di partenza per capire quali lezioni sono state ignorate quando avrebbero potuto contribuire a prevenire il disastro di Daiichi.

IX) Conclusione

In conclusione, questo testo prova che nonostante gli eventi di Fukushima e Chernobyl siano distanti trent'anni l'uno dell'altro persistono alcune lacune nella gestione delle crisi. Auspicando maggiore chiarezza e onestà nella diffusione delle notizie, in modo da non creare incertezza nel pubblico, l'autore si augura che la ricerca sugli effetti dell'esposizione alle radiazioni continui sotto un'ala interdisciplinare.

Figura 20: i reattori di Chernobyl (sinistra) e Fukushima

Luca ROMANO. "Chernobyl E Fukushima Dai-Ichi: Due Disastri Nucleari Molto Diversi." Geopop, 7 Feb. 2022, https://www.geopop.it/chernobyl-e-fukushima-confronto-tra-due-disastri-molto-diversi/

3)Conclusione: Analisi comparativa dei testi

Dopo aver analizzato i tre testi selezionati per questo capitolo passiamo a discutere dell'intreccio delle tematiche da loro trattate. Ci si riferirà ad essi da qui in poi come Documento 1, 2 e 3, rispettivamente per "Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation", "Radioactive contamination and health risk evaluation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident" e "Health effects of radiation after nuclear accident: Chernobyl and Fukushima."

Criterio di paragone	Documento 1	Documento 2	Documento 3
Obiettivo della ricerca	Valutazione preliminare dei rischi per la salute dell'esposizione radiologica.	Mappando le aree più soggette alla contaminazione radioattiva si vuole valutare il rischio per la salute in ognuna di esse.	Trarre insegnamenti dal confronto delle conseguenze sanitarie di Chernobyl e Fukushima.
Metodo	Analisi epidemiologica e utilizzo di modelli matematici per calcolare il livello di rischio.	Analisi dei livelli di radioattività sul suolo e nell'atmosfera e cartografia.	Analisi comparativa dei dati epidemiologici.
Argomentazioni	L'insorgenza di malattie da esposizione alle radiazioni è circoscritta alle aree più colpite dall'inquinamento radiologico, aumento dei tumori alla tiroide e leucemia infantile.	Esistono aree a rischio anche in zone lontane dalla centrale a causa della capacità di dispersione del Cesio-137.	Le strategie di gestione del rischio sono state più efficaci nel caso di Chernobyl, ponendo una soglia di esposizione più alte per valutare l'abitabilità delle zone colpite.
Criticità	La valutazione manca di una prospettiva a lungo termine.	Non viene considerata la contaminazione radioattiva interna indiretta causata	Non vengono prese in considerazione le differenze nei protocolli di sicurezza e nelle condizioni meteo.

		dall'ingerimento di cibo contaminato.	
Contributo al campo di studi	Offre un punto di partenza basato su dati sanitari per la gestione del rischio post incidente.	Identificando le aree più a rischio offre la possibilità di attuare interventi mirati per la decontaminazione.	Offre spunti per miglioramenti nella gestione di eventuali future crisi nucleari.

Il fil rouge di questi testi è la critica alle istituzioni a cause dei ritardi nel comunicare alla popolazione l'effettivo stato delle cose e nella poca chiarezza con cui si sono poi adoperati a farlo. In tutti i testi ritroviamo questo rimprovero alle istituzioni per le conseguenze che le loro azioni hanno avuto sui cittadini, da un punto di vista fisico quanto mentale.

Anche il confronto con Chernobyl è ricorrente; il rimando ad un evento storico tanto drammatico funge da termine di paragone per il disastro di Fukushima. Scoprire che la soglia minima di esposizione per il rientro dei cittadini sfollati a Fukushima è molto più alta di quelli utilizzati a Chernobyl, dove sono state sprigionate quantità maggiori di radiazioni, fa riflettere sull'effettiva sicurezza dei cittadini tornati ad abitare nella DSA. Il confronto negativo con Chernobyl serve quindi ad evidenziare le lacune nella gestione dell'emergenza di Fukushima. Questi ritardi non sono hanno provocato stress psicologico ed esposto i cittadini a rischio estremamente inutili, ma hanno anche contribuito a generare un sentimento di sfiducia nelle autorità. Risulta anche evidente la necessità di approfondire la ricerca sull'inquinamento ambientale in concomitanza con gli effetti sanitari, per poter comprendere al meglio l'esposizione interna alle particelle radioattive.

Dunque, si può concludere affermando che da Fukushima si può imparare quanto sia importante gestire un'emergenza con coordinazione, poiché diversi campi si influenzano tra di loro: una mancata comunicazione da parte delle autorità può portare all'esposizione involontaria dei cittadini a pericoli per la salute, il che si potrebbe evitare anche con approfonditi studi ambientali. Scienza, medicina e politica sono quindi tre campi strettamente interconnessi, specialmente in una situazione come quella di Fukushima. Ciò che ogni studio

analizzato si augura per il futuro è proprio una maggiore comunicazione, collaborazione e trasparenza in nome del bene comune.

Capitolo 3: impatto ambientale

A seguito delle esplosioni ad idrogeno verificatesi nell'impianto di Fukushima Daiichi, nei giorni seguenti, delle particelle radioattive conosciute come radionuclidi, sono state rilasciate nell'atmosfera e attraverso gli agenti atmosferici si sono diffusi nelle zone limitrofe. Trasportati dal vento e favoriti dall'assenza di piogge, questi radionuclidi hanno contaminato ecosistemi terrestri e marini, con conseguenze durature e complicando enormemente le operazioni di contenimento e gestione del rischio e danneggiando il settore agricolo e alimentare dove sono state riscontrate presenze di cesio radioattivo[1]. La contaminazione rilevata nei boschi e nei corsi d'acqua situati nelle vicinanze della centrale potrebbe persistere addirittura per alcuni secoli[2].

Dopo l'incidente le autorità giapponesi adottarono varie misure finalizzate ad arginare la contaminazione e a decontaminare le aree già esposte ai materiali radioattivi. La porzione di terreno più superficiale fu rimossa, foglie e rami vennero raccolti e tetti e strade furono trattati con macchine idropulitrici per eliminare depositi di cesio radioattivo[3]. Le operazioni di bonifica sono state necessarie per mitigare l'impatto ambientale e ridurre le probabilità di esposizione involontaria della popolazione alle radiazioni residue; nonostante tutti gli sforzi operati, secondo alcune stime di Greenpeace l'inquinamento del suolo resta elevato[4].

Gestire i materiali contaminati durante le operazioni di bonifica è stato uno degli aspetti più delicati di tutta la logistica. Si stima che circa venti milioni di metri cubi di terriccio e materiali organici, rimossi durante le operazioni di decontaminazione, siano stati stoccati, in misura

[1] Bundesamt für Strahlenschutz. "Environmental Consequences of the Fukushima Accident: Radiological Situation in Japan." *Federal Office for Radiation Protection*, 24 Nov. 2020, www.bfs.de/EN/topics/ion/accident-management/emergency/fukushima/environmental-consequences.html.
[2] Quotidiano Legale. "IL DISASTRO NUCLEARE DI FUKUSHIMA AVRÀ IMPATTI SULL'AMBIENTE per CENTINAIA DI ANNI. – QUOTIDIANO LEGALE." *Quotidianolegale.it*, Mar. 2016, www.quotidianolegale.it/il-disastro-nucleare-di-fukushima-avra-impatti-sullambiente-centinaia-di-anni/?utm_source=chatgpt.com
[3] World Health Organization. *Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation*. World Health Organization, 2013.
[4] Greenpeace Italy. "Fukushima, è Ancora Contaminato l'85% Dell'Area Speciale Di Decontaminazione. Greenpeace: "La Tabella Di Marcia per Lo Smantellamento Della Centrale Di Fukushima Daiichi è Irrealizzabile, Serve Un Nuovo Piano."" *Greenpeace Italia*, 9 Dec. 2024, www.greenpeace.org/italy/comunicato-stampa/13203/fukushima-e-ancora-contaminato-l85-dellarea-speciale-di-decontaminazione-greenpeace-la-tabella-di-marcia-per-lo-smantellamento-della-centrale-di-fukushima-daiichi-e-irrealizzabile/

temporanea, in loco in sacchi di plastica. In un secondo momento, tali rifiuti sono stati trasferiti in un impianto dedito allo stoccaggio, realizzato appositamente vicino i reattori di Daiichi[5].

Le fonti sulle quali il Governo giapponese si è basato per gestire l'emergenza radiologica sono piuttosto varie; TEPCO, e ONG hanno contribuito offrendo dati raccolti sul campo e risultati di analisi da loro condotte. Le strategie adottate per decontaminare le zone colpite si sono basate sulle analisi di questi dati e su valutazioni offerte da esperti con le relative pubblicazioni.

2) Monitoring Posts

Fra gli strumenti di misurazione più utilizzati per rilevare la diffusione delle particelle radioattive si devono menzionare i *Monitoring Posts,* in grado di rilevare e monitorare l'eventuale presenza di radiazioni gamma e radionuclidi (iodio-131, cesio-134 e cesio-137)[6]; questi strumenti erano posizionati sia all'interno che all'esterno della centrale, ma a causa del blackout seguito all'inondazione della centrale, che ne causò il malfunzionamento, fu resa necessaria una misurazione manuale. Una volta ripristinati i generatori, i dati forniti dagli MP furono analizzati con estrema meticolosità, in particolare nei giorni in cui si verificarono le esplosioni di idrogeno[7]. Grazie a queste rilevazioni, fu possibile monitorare gli spostamenti delle cosiddette *Plume,* ovvero nuvole di gas sprigionate dalla centrale contenenti i radionuclidi, stimando la quantità di materiale radioattivo rilasciato, consentendo di prendere contromisure adeguate e di seguire i loro movimenti. Tuttavia, sono numerose le limitazioni dimostrate dagli MP: essi sono in grado di fornire solamente dati "puntuali", ovvero legati alla loro posizione e quindi non in grado di fornire un quadro generale della dispersione radioattiva;

[5] Il Post "Cosa Successe a Fukushima." *Il Post*, 11 Mar. 2021, www.ilpost.it/2021/03/11/fukushima-centrale-disastro/

[6] HIRAYAMA Hideo, HAYASHI Katsumi, KONDO Kenjirō, SUZUKI Seishirō, IWANAGA Kōhei, YOSHIDA Yoshiyuki, SATO Shū Akira, fukushima daiichi genshiryoku hatsudensho no jiko to monitaringuposutodēta genshiryokuhatsudenshojiko shoki de no monitaringuposuto no yakuwari 平山 英夫, 林 克己, 近藤 健次郎, 鈴木 征四郎, 岩永 宏平, 吉田 善行, 佐藤 修彰, 福島第一原子力発電所の事故とモニタリングポストデータ—原子力発電所事故初期でのモニタリングポストの役割—
, RADIOISOTOPES, 2024, Volume 73, Issue 3, Pages 241-254, Released on J-STAGE September 03, 2024:https://www.jstage.jst.go.jp/article/radioisotopes/73/3/73_730302/_pdf/-char/ja

[7] Ibid.

dopo l'incidente i dati forniti sono risultati spesso incoerenti o parziali, complicando ulteriormente un'analisi accurata della situazione. Inoltre, sono stati frequenti i malfunzionamenti legati alla saturazione dei sensori in presenza di livelli di radioattività elevata[8].

3) Special Decontamination Area

A seguito dell'incidente per gestire al meglio le operazioni di decontaminazione, il Governo giapponese istituì la SDA (Special Decontamination Area)[9]; esse consistevano in aree altamente contaminate che necessitavano un intervento repentino del governo. L'accesso è stato vietato alla popolazione civile, e sono stati eseguiti interventi di decontaminazione e riportate a condizioni abitabili. Istituita con la *Legge sulle misure speciali per la gestione dell'inquinamento ambientale da materiali radioattivi* che venne emanata nell'agosto del 2011[10], solo alcuni mesi dopo il disastro nucleare, la DSA si compone di due caratteristiche fondamentali: in primo luogo le operazioni di decontaminazione di queste zone erano gestite direttamente dal governo centrale; in secondo, riguarda 11 municipalità situate nella Prefettura di Fukushima che erano state precedentemente classificate come zone di *evacuazione obbligatoria* o *deliberata*[11].

La decontaminazione delle DSA è stata ufficialmente conclusa nel marzo del 2017, eventuali residui di contaminazione vennero gestiti con singoli interventi mirati in base alla gravità e alle possibilità di completare la suddetta decontaminazione del caso. Successivamente al 2017 sono stati revocati tutte le ordinanze di evacuazione di queste aree, e nel marzo 2020 tutte le ordinanze di evacuazione furono revocate. L'unica SDA rimasta inabitabile successivamente al 2020, quella della città di Tamura, è stata infine rimossa nel marzo 2022[12].

---

[8] Ib.

[9] Ministry of the Environment. "Special Decontamination Areas and Intensive Contamination Survey Areas [MOE]." *Env.go.jp*, 2017, https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/09-01-04.html#:~:text=Special%20Decontamination%20Areas%20are%20areas,government%20directly%20conducts%20decontamination%20work.

[10] Ibid.

[11] Ib.

[12] Ib.

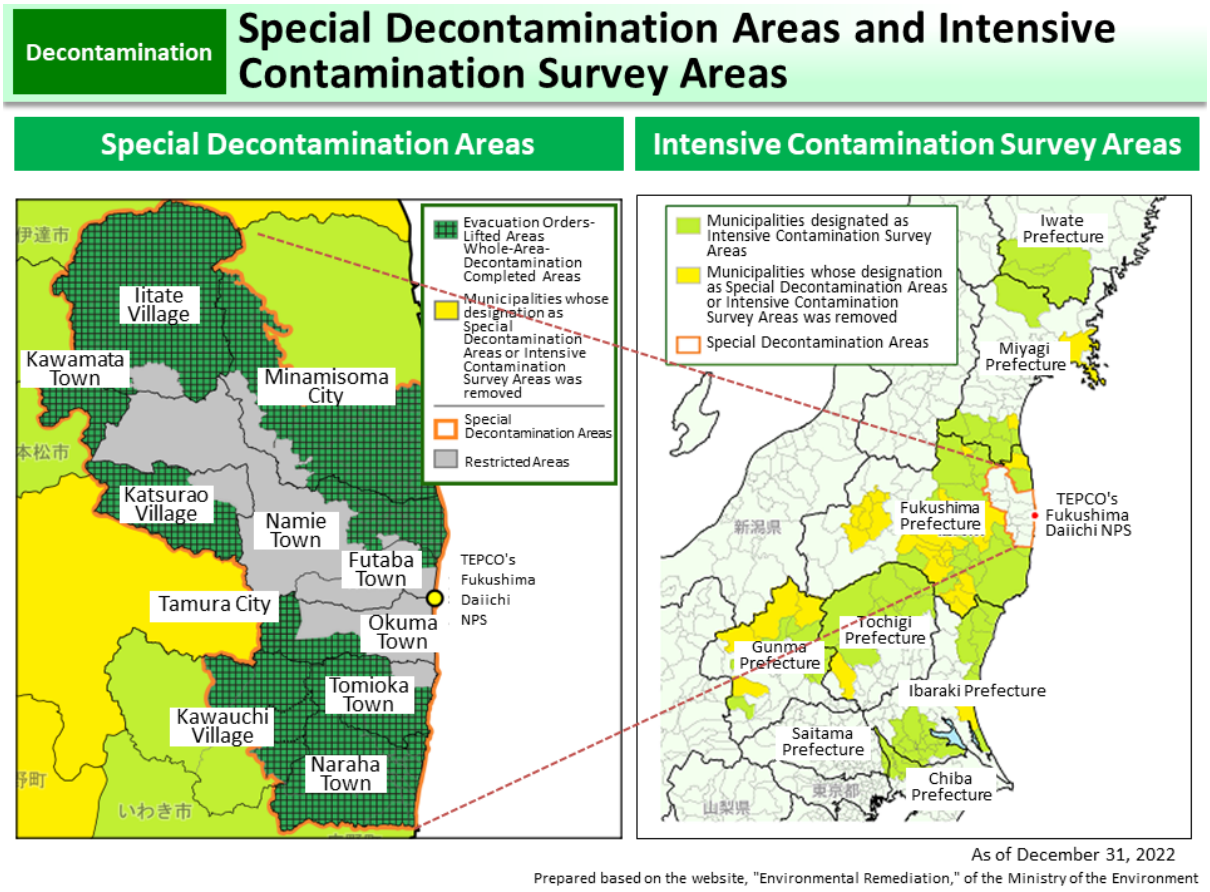

Figura 21: Mappa della DSA

Ministry of the Environment. “Special Decontamination Areas and Intensive Contamination Survey Areas [MOE].” Env.go.jp, 2017, https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/09-01-04.html#:~:text=Special%20Decontamination%20Areas%20are%20areas,government%20directly%20conducts%20decontamination%20work

4) Condizioni Meteo

Avere un Quadro delle condizioni meteo nei giorni immediatamente successivi al disastro può aiutare a comprendere lo spostamento delle particelle radioattive. In Questa sezione viene offerta una panoramica delle condizioni meteo nella settimana successiva all'11 marzo del 2011:

4.1) Analisi generale del meteo:

1. Temperatura: la temperatura minima registrata in quella settimana equivale a -2,7°C e la massima 19,6°C, con temperature sotto lo zero nei giorni 11-13 marzo. Il picco è stato raggiunto il 14 marzo con 19,6°C, seguito da un calo brusco nei giorni seguenti[13].
2. Precipitazioni: assenza totale per tutta la settimana[14]
3. Correnti ventose: nei giorni 11-13 è stata registrata una prevalenza di venti in direzione nord e nord-est, verso l'oceano; Tuttavia, il 14 marzo la direzione è cambiata e i venti hanno iniziato a soffiare verso est[15].

Da questi dati si possono trarre alcune conclusioni:

1. Le condizioni fredde e asciutte hanno permesso alla radioattività di rimanere sospesa nell'aria per più tempo, invece di depositarsi rapidamente al suolo con la pioggia.
2. L'assenza di precipitazioni ha limitato la contaminazione delle zone immediatamente circostanti alla centrale, ma ha permesso ad esse di viaggiare per più tempo nell'aria e quindi di raggiungere zone distanti.
3. I venti in direzione nord e nord-est hanno spinto il materiale contaminato verso l'oceano in un primo momento, ma con il sopraggiungere di correnti est e sud la contaminazione è stata spinta nell'entroterra, almeno fino alla giornata del 17 quando ha ricominciato a soffiare verso il mare.

[13] Time and Date. "Past Weather in Fukushima, Japan — March 2011." *Time and Date*, 2024, www.timeanddate.com/weather/@4692355/climate, https://doi.org/1004254/tadcom_300x600.
[14] Ibid.
[15] Ib.

In conclusione, si può affermare che l'assenza di piogge ha ridotto la contaminazione delle zone limitrofe alla centrale ma ha contribuito ad una contaminazione atmosferica più grande

Data	**Temperatura Massima**	**Temperatura Minima**	**Precipitazioni**	**Direzione del Vento**
11 marzo	6,2°C	-2,5°C	Nessuna	Nord-ovest
12 marzo	8,8°C	-11,2°C	Nessuna	Nord
13 marzo	16,5°C	-0,5°C	Nessuna	Nord-est
14 marzo	19,6°C	2,3°C	Nessuna	Est
15 marzo	10,9°C	3,6°C	Nessuna	Sud-est
16 marzo	5,3°C	-1,3°C	Nessuna	Sud
17 marzo	1,7°C	-2,7°C	Nessuna	Sud-ovest

Tabella 1: tabella condizioni meteo nella settimana dell'incidente.

Tabella elaborata dall'autore basandosi sui dati di: Time and Date. "Past Weather in Fukushima, Japan — March 2011." *Time and Date*, 2024, https://doi.org/1004254/tadcom_300x600.

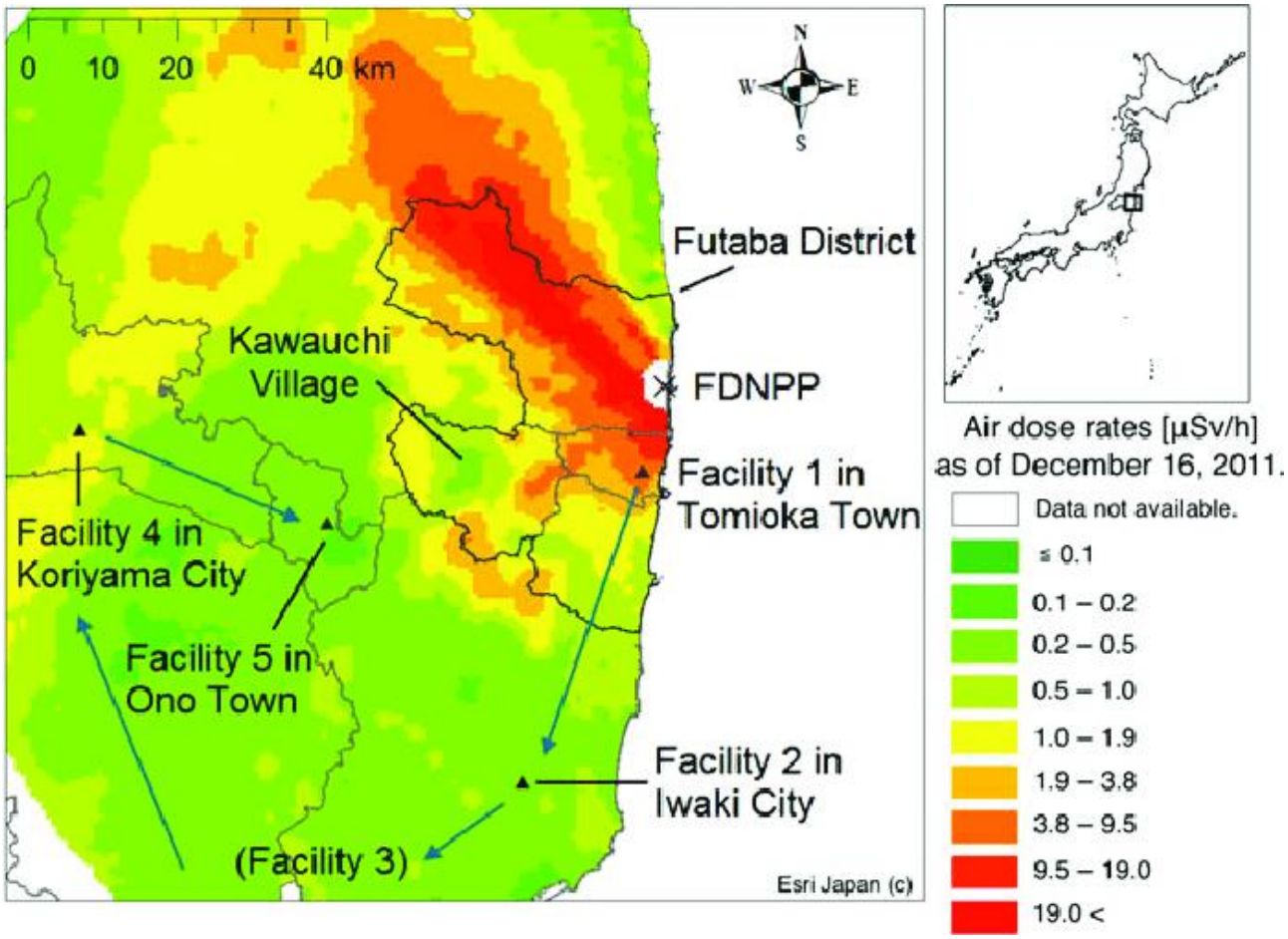

Figura 22: mappa della diffusione dei radionuclidi con punti cardinali

Long-term vulnerability of access to hemodialysis facilities in repopulated areas after the Fukushima Nuclear Disaster: A case report - Scientific Figure on ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Geographical-map-of-Fukushima-Prefecture-The- map-is-colored-according-to-air-dose-rates_fig1_326481358

5) Critiche mosse da enti non governativi

Tuttavia, secondo molti enti non governativi, l'effettiva abitabilità di alcune SDA rimane controversa. In particolare, molti dubbi e interrogativi sono stati sollevati da Greenpeace. Secondo le stime di questa associazione, degli 840 chilometri quadrati che componevano al momento della sua istituzione la SDA, la maggior parte del territorio rimane comunque contaminata da cesio radioattivo; infatti, secondo anche una comparazione con i dati pubblicati dallo stesso governo giapponese, nonostante essi siano accompagnati da eloquenti rassicurazioni sull'effettiva abitabilità di queste aree anche se evidentemente ancora

contaminate, si potrebbe dire che solo il 15% delle DSA può considerarsi completamente sicuro e decontaminato[16].

Inoltre, successivamente alla decontaminazione di Tamura nel 2022, non sono stati posti nuovi obiettivi per la realizzazione di una decontaminazione totale delle zone SDA. In questo modo la popolazione potrebbe continuare ad essere esposta ad un livello di radiazioni superiore alla soglia minima raccomandata (1 millisievert all'anno) per decenni. Ciò risulta particolarmente grave nelle aree delle città di Namie e Iitate, dove, nonostante le ordinanze di evacuazione siano stati sollevati nel 2017, livelli di radiazione restano potrebbero essere ancora dannosi e la popolazione sottoposta ad un rischio maggiore di sviluppare malattie ad essi collegate[17].

Greenpeace ha inoltre denunciato le condizioni lavorative degli operai impiegati nelle attività di decontaminazione governative: molti erano subappaltatori mal pagati, che sono stati esposti a rischi inutili per portare a termine un programma che si è rivelato poco efficace e limitato[18].

Le accuse avanzate da Greenpeace sostengono che gli interventi governativi abbiano lasciato circa 600 chilometri quadrati al di fuori della area di evacuazione sopra il limite consentito di radioattività per i civili; si stima che un soggiorno di un anno in queste località esponga un individuo a circa 20 mSv (milli-Sievert), ovvero venti volete il limite[19].

Infine, il processo di smaltimento delle centinaia di tonnellate di rifiuti e combustibile nucleare che si trovano tutt'ora al di sotto dei contenitori a pressione dei reattori, per i quali al momento non esistono dei veri e propri piani di recupero, rimane un problema irrisolto.

Alla luce di queste mancanze e punti critici sarà più semplice notare quanto le ricerche analizzate sottolineino la necessità di un monitoraggio continuo del rischio e di nuove strategie per la sia gestione.

[16] Greenpeace Italy. "Fukushima, è Ancora Contaminato l'85% Dell'Area Speciale Di Decontaminazione." *Greenpeace Italia*, 9 Dec. 2024
[17] Ibid.
[18] Ib.
[19] Ib.

6) Conclusione

I testi analizzati in questo capitolo forniscono un punto di partenza per chi voglia approfondire i temi dell'inquinamento radioattivo sulla flora e fauna di Fukushima. Includendo riferimenti alle conseguenze per la salute umana dell'esposizione indiretta alle radiazioni e agli effetti sull'economia locale, i testi selezionati si approcciano a queste tematiche da diverse prospettive e con metodologie complementari.

Questa varietà di approcci consente al lettore di poter comprendere l'accaduto con un quadro generale e interdisciplinare, in modo da consentire una comprensione di ogni aspetto costituente del disastro di Fukushima.

Figura 23: alla ricerca di piante contaminate dal Cesio

Benoit DECOUT. "Tecnici Dell'Agenzia Giapponese per l'Energia Atomica Alla Ricerca Di Piante Contaminate Da Cesio Attorno Alla Centrale Di Fukushima Daiichi." Focus.it, 6 Mar. 2016 https://www.focus.it/ambiente/ecologia/fukushima-foreste-contaminate-greenpeace

7) Analisi dei testi

I tre documenti che verranno analizzati in questo capitolo trattano il tema dell'inquinamento ambientale da diverse prospettive. Sono stati selezionati in modo da esplorare in modo generale ma esaustivo diversi aspetti del problema dall'inquinamento terrestre all'impatto sulla biodiversità marina, fino ad includere dinamiche sociali e politiche della gestione della decontaminazione.

Pur approfondendo argomenti diversi fra loro attraverso l'integrazione dei testi scelti si offre un quadro degli approcci metodologici risultati scientifici e implicazioni pratiche. L'analisi si conclude con un confronto fra le tesi e argomentazioni sostenute in ogni testo.

7.1) Testo 1: "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Vol. II Scientific Annex B"

UNSCEAR 2020/21 Report Vol. II

I) Breve sunto dei contenuti

Questo report, pubblicato dell'UNSCEAR nel 2021, integra con nuovi dati le ricerche svolte nell'ultimo report dedicato a questo evento edito nel 2013; approfondisce l'impatto sanitario e ambientale dell'esposizione alle radiazioni e ai materiali radioattivi. Fra gli aspetti presi in considerazione figurano l'esposizione ambientale, quella dei lavoratori impiegati nella centrale e della popolazione civile, nonché le implicazioni a lungo termine di essa.

Mettendo a confronto i risultati delle analisi precedenti con quelle appena svolte il report vuole valutare l'evoluzione e l'andamento della contaminazione radioattiva dell'ambiente e la sua incidenza sulla salute della popolazione.

Dedicandosi all'approfondimento dell'impatto ambientale da diversi punti di vista, questo report è estremamente significativo per chi voglia approcciarsi alla materia in modo non specialistico; oltre a raccogliere dati aggiornati sull'inquinamento ambientale da radiazioni di Fukushima; vengono presi in considerazione anche gli effetti di queste su specie non umane,

studiando l'impatto dell'incidente sulla fauna e sull'ecosistema locale[20]. Inoltre, il confronto dei nuovi dati con i precedenti fornisce un approfondimento delle tendenze della radioattività ambientale nel lungo periodo[21]. Il report comprende anche una sezione dedicata allo sviluppo di politiche di protezione ambientale[22].

II) Autori, contributi e redazione

Il comitato scientifico dell'UNSCEAR opera sotto le Nazioni Unite ed è composto da esperti provenienti da diversi paesi membri. Fra i partecipanti figurano specialisti in radiobiologia, fisica nucleare e salute pubblica. Il comitato si è inoltre avvalso del contributo di gruppi di lavoro scientifici, i quali hanno raccolto e analizzato dati per la ricerca. Il rapporto finale è stato sottoposto ad un processo di revisione tra pari, in modo da garantire la massima affidabilità dei risultati presentati.

Fra i paesi partecipanti figurano Australia, Francia, Germania, Giappone, Norvegia e Regno Unito, fornendo supporto tecnico alla ricerca. Inoltre, menzioniamo la partecipazione di JAEA, MOE, NIRS e TEPCO per quanto riguarda la fornitura di dati ambientali e misurazioni.

Il comitato si divide in:

- **Gruppo di esperti per il coordinamento:** Responsabile del progetto: N. Kelly (Regno Unito); consulenti tecnici senior: W. Weiss (Germania) e M. Akashi (Giappone).
- **Gruppo di esperti:** Autore principale coordinatore: N. Kelly (Regno Unito); Membri e autori principali: S. Solomon (Australia), C. Estournel (Francia), F. Gering (Germania), P. Strand (Norvegia), M. Balonov (Federazione Russa), G. Etherington (Regno Unito), B. Howard (Regno Unito) e R. Shore (Stati Uniti).

[20] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).
Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2020/2021 Report, Volume II. United Nations, 20 Sept. 2023, Pp. 92-97

[21] Ibid. Pp. 28-33
[22] Ibid. Pp. 76-90

- **Esposizione al pubblico del gruppo di lavoro:** Responsabile: M. Balonov (Federazione Russa); Membri: D. Broggio (Francia), L. Chipiga (Federazione Russa), V. Berkovskyy (Ucraina) e V. Drozdovitch (Stati Uniti); Osservatori: S. Kinase * (Giappone) e A. Ulanowski (AIEA) fino al maggio 2019.

- **Gruppo di lavoro dispersione atmosferica:** Responsabile: F. Gering (Germania); Membri: A. Mathieu (Francia), D. Quelo (Francia), T. Aono (Giappone), M. Chino (Giappone), Y. Moriguchi (Giappone), H. Nagai (Giappone), P. Bedwell (Regno Unito) e S. Leadbetter (Regno Unito).
- **Gruppo di lavoro giapponese:** Membri: K. Akahane (Giappone), M. Akashi (Giappone), T. Aono (Giappone), M. Chino (Giappone) e K. Ozasa (Giappone).
- **Revisori critici:** G. Hirth (Australia), H. Vandenhove (Belgio), J. Chen (Canada), S. Charmasson (Francia), J-R. Jourdain (Francia), R. Michel (Germania), S. Shinkarev (Federazione Russa), A. Wojcik (Svezia), J. Brown (Regno Unito) dal 2019 osservatore IAEA, R. Wakeford (Regno Unito), N. Harley (Stati Uniti), B. Napier (Stati Uniti) e D. Pawel (Stati Uniti)
- **Altri contributori:** M. Cook (Australia), B. Orr (Australia), T. Hamburger (Germania), J. Brown (Norvegia), C. Robinson (Norvegia) e G. Ratia (Ucraina).

III) Struttura del documento

Si individuano sette sezioni principali nella struttura del testo:

1. Introduzione e metodologia adottata: viene esposto l'approccio metodologico adottato per la raccolta e l'analisi dei dati; in questa sezione si può trovare anche una panoramica delle fonti utilizzate e delle tecniche di misurazione per la diffusione della radioattività nell'ambiente[23].

2. Impatto ambientale e conseguente esposizione generale della popolazione: in questa seconda sezione sono presenti sia un'analisi dei livelli di radioattività ai quali è stata esposta la popolazione nelle aree più colpite che una valutazione della contaminazione dell'ambiente con la sua evoluzione nel lungo periodo. Si effettua anche un confronto

[23] Ibid. Pp. 1-10

tra i dati e stime contenuti nel report UNSCEAR del 2013 con i nuovi risultati del rapporto 2021; da questo confronto risulta un calo dei livelli di contaminazione[24].

3. Valutazione dell'esposizione degli operai della centrale: il report procede aggiornando i dati relativi alle dosi di radioattività ricevute dagli operai impiegati durante le operazioni di emergenza e di decontaminazione. A seguire si propone un approfondimento riguardante le possibili tecniche di contenimento della contaminazione all'interno alla centrale di Daiichi[25].

4. Valutazione degli effetti nel lungo termine per ambiente e sanità: si affrontano temi quali l'aumento potenziale del rischio di malattie da radiazioni, incluse malattie cardiovascolari e l'impatto psico-sociale sulla popolazione civile. Infine, si offre una valutazione dell'efficacia delle operazioni di decontaminazione ambientale e la loro incidenza sul rischio sanitario[26].

5. Approfondimento sugli effetti delle radiazioni su flora e fauna locali: viene analizzato l'impatto dei radionuclidi su animali e piante, in modo da poter approfondire le potenziali conseguenze sulla biodiversità locale e le differenze nei processi di contaminazione in diverse specie. Dopo questi approfondimenti il report propone alcuni metodi per effettuare un recupero dell'ambiente contaminato e ripopolare le zone evacuate[27].

6. Conclusioni e gestione del rischio ambientale: passando in rassegna i risultati ottenuti, si prospettano alcune raccomandazioni da seguire in caso di futura emergenza, in particolare per mitigare le conseguenze che essa potrebbe avere sull'ambiente[28].

7. Appendice, glossario e bibliografia[29].

[24] Ibid. Pp. 11-35
[25] Ibid. Pp. 36-50
[26] Ibid. Pp. 51-75
[27] Ibid. Pp. 92-97
[28] Ibid. Pp. 76-90
[29] Ibid. Pp. 103-185

IV) Tesi e argomentazioni

La tesi sostenuta dal report implica che non siano verificati aumenti significativi nella radioattività ambientale e un conseguente decremento del rischio di sviluppare malattie da radiazioni. Incoraggia invece il monitoraggio degli sviluppi psicologici del disastro[30].

Le argomentazioni con le quali si sostiene questa tesi sono tre:

1. Le dosi riscontrate sono inferiori alla soglia di rischio: secondo i nuovi dati e risultati ottenuti dalla comparazione con i precedenti, le dosi di radioattività alle quali sono attualmente esposti i civili restano sotto ai 10 mSv, quantità considerata accettabile dal punto di vista sanitario[31]. I limiti rimangono sotto gli standard internazionali anche per quanto riguarda le dosi ricevute dagli operai della centrale di Daiichi[32].
2. Il decremento è evidente nel confronto con le stime del 2013: questo confronto evidenzia quanto il rischio di esposizione si sia ridotto nel lungo periodo[33]; inoltre i dati raccolti per questo nuovo report sono molto più precisi dei precedenti essendo composti da misurazioni sul campo per anni[34].
3. Monitoraggio sanitario: confrontando i dati con le vecchie stime, non è stato riscontrato alcun incremento nello sviluppo di malattie da radiazioni[35]. Si raccomanda in ogni caso di tenere sotto controllo lo sviluppo di disturbi psicologici[36].

V) Analisi delle fonti e critica

Si distinguono tre principali tipi di fonti; innanzitutto, dati relativi alle misurazioni ambientali, di cui il report è ricco. Queste rilevazioni sul campo sono state compiute in diverse località del Giappone, per ottenere dati coerenti sui livelli di radiazioni nel suolo medi. Seguono studi epidemiologici e sanitari, sono stati infatti analizzati i registri sanitari della popolazione delle aree più contaminate, con particolare attenzione ai dati relativi all'insorgenza di tumori

[30] Ibid. P. 78
[31] Ibid. P. 25
[32] Ibid. P. 40
[33] Ibid. P. 28
[34] Ibid. P. 33
[35] Ibid. P. 66
[36] Ibid. P. 70

alla tiroide. Infine, figurano report TEPCO contenenti misurazioni dell'esposizione degli operai della centrale.

Sono numerose le pubblicazioni accademiche citate nel documento, in particolare menzioniamo ricerche condotte da enti internazionali quali WHO e NIES, ora parte del OCT. Tali fonti rendono il report più autorevole da un punto di vista scientifico.

VI) Analisi critica del testo

I dati ambientali utilizzati per supportare la stesura di questo report sono estremamente dettagliati, raccolti nel corso di dieci anni, e quindi in grado di provare le tendenze della contaminazione radioattiva nel tempo con sicurezza; il metodo utilizzato per raccogliere dati e stendere stime viene spiegato in modo molto chiaro, così da facilitare la comprensione dei processi adottati[37].Va tuttavia tenuto in considerazione che tali dati possono essere influenzati da variabili difficili da controllare, quali meteo, composizione del terreno o addirittura fattori determinati dall'intervento umano, come la costruzione di nuovi edifici.

Inoltre, i limiti delle stime ufficiali, che tendono ad esagerare in ottimismo, minano l'affidabilità delle stime, almeno da un punto di vista critico. Enti non governativi quali Greenpeace hanno mosso critiche ai rapporti dell'UNSCEAR, sostenendo che essi stavano sottovalutando le dosi ricevute dalla popolazione locale e che non stessero tenendo conto delle radiazioni ricevute attraverso l'ingerimento di materiale contaminato[38]. Le stime del report potrebbero anche star sottovalutando gli effetti dell'esposizione a dosi molto basse ma somministrate per un periodo superiore ai dieci anni, sottovalutando un fattore rischio che potrebbe rilevarsi piuttosto importante.

[37] Ibid. Pp. 1-10
[38] Greenpeace Italy. "Fukushima, è Ancora Contaminato l'85% Dell'Area Speciale Di Decontaminazione", 2024

VII) Contributo al campo di studi

Un merito notevole va riconosciuto al report per l'attenzione che esso dedica alle malattie mentali derivanti dallo stress del disastro; ingiustamente sottovalutate e poste in secondo piano rispetto alle malattie fisiche, con gli appelli lanciati dagli autori del report potrebbero ricevere in futuro l'attenzione che meritano.

Fornendo una ricerca specialistica sugli effetti ambientali del disastro il report inserisce il tema in un quadro generale dell'evento del marzo 2011, fungendo da base di partenza per altri ricercatori suggerendo spunti per altri approfondimenti.

La necessità di un approccio olistico a questo tipo di ricerca è fondamentale, tenendo conto del maggior numero di variabili e punti di vista possibile per garantire un'analisi del quadro generale nel quale poi inserire ricerche specialistiche.

VIII) Conclusione

Il rapporto conclude affermando che la contaminazione ambientale è inferiore alla soglia di rischio, ma raccomanda di continuare ad effettuare monitoraggi specialmente per quanto riguarda lo stato di salute della popolazione, insieme a controlli psicologici per gli sfollati. Raccomanda per il futuro di continuare a studiare i potenziali effetti tardivi dell'esposizione alle radiazioni.

Figura 24: tonnellate di rifiuti tossici stoccati in attesa di smaltimento

The daily Mainichi "Over 9 Million Bags of Nuclear Cleanup Waste Piled up across Fukushima Pref." Mainichi Daily News, 10 Dec. 2015, mainichi.jp/english/articles/20151210/p2a/00m/0na/020000c.

7.2.) Testo 2: "Assessment of environmental impacts from authorized discharges of tritiated water from the Fukushima site to coastal and offshore regions"

Di Jakub Kaizera, Katsumi Hirose, Pavel P. Povineca

I) Breve introduzione

Pubblicato online nel luglio 2024 e ufficialmente nel settembre successivo sulla rivista *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 278, questo articolo tratta delle implicazioni ambientali dello scarico di acque contaminate dalla centrale di Daiichi nell'Oceano Pacifico. Questa decisione, presa dal governo giapponese in collaborazione con l'IAEA, ebbe una vasta eco internazionale, stimolando dibattiti e suscitando preoccupazioni

in tutto il mondo. Basandosi su modelli matematici di dispersione e sulle normative internazionali, il report cerca di valutare le condizioni dell'operato in una prospettiva di sicurezza ambientale e sanitaria nel lungo termine.

II) Obiettivo della ricerca

Questo documento si propone di analizzare la contaminazione dell'acqua a seguito dello sversamento, con particolare attenzione ai livelli di Trizio, un isotopo radioattivo dall'emivita di dodici anni[39], contemplando le eventuali conseguenze della sua dispersione nell'ambiente e

Analizzare e valutare gli sviluppi sugli ecosistemi marini e sull'economia ittica della regione dopo la dispersione dei materiali radioattivi è l'obiettivo principale di questa analisi.

III) Autori e contributi

Il gruppo di scienziati che ha collaborato alla stesura di questo articolo vanta provenienze da istituzioni e nazioni varie. Ogni membro vanta esperienza nel settore della ricerca per il monitoraggio dell'inquinamento degli ambienti marini e nell'applicazione di modelli matematici in questo ambito per il monitoraggio dello spostamen

to di particelle radioattive. Menzioniamo il contributo di Jakub Kaizer della facoltà di Matematica, Fisica ed Informatica dell'Università Comeius di Bratislava, il quale ha svolto un ruolo fondamentale nella cura dei dati utilizzati, investigazione e redazione della bozza originale, e Katsumi Hirose del Laboratorio di Ricerca Ecologica del Monte Fuji di Tokyo, revisore e validatore del testo. La loro analisi è stata svolta dualmente, sia su un piano pratico con la raccolta dati sperimentali sul campo, sia sul piano teorico per quanto riguarda la validazione dei dati e risultati con modelli idrodinamici di simulazioni numeriche della diffusione delle particelle. La ricerca è stata poi sottoposta ad una revisione paritaria in modo da garantire ulteriormente la validità e qualità scientifica delle conclusioni tratte dalla stessa.

[39] Enciclopedia Treccani. "Trizio." *Treccani*, 2023, https://www.treccani.it/enciclopedia/trizio/

IV) Struttura del Documento

Il testo è diviso in sei sezioni principali:

1. Introduzione: il problema affrontato da questa ricerca viene contestualizzato. Vengono esposte le ragioni per lo sversamento di acque trattate in mare, i dubbi riguardo la salvaguardia degli ecosistemi marini e gli altri principali interrogativi scientifici[40].
2. Cos'è il Trizio e come interagisce con l'ambiente: vengono esposte le principali nozioni riguardanti l'elemento in questione. Si analizza il suo comportamento in relazione all'ambiente marino e le modalità di interazione con esso[41].
3. Modelli: le caratteristiche del Trizio in contatto con l'ecosistema marino vengono approfondite tramite l'utilizzo di alcuni modelli idrodinamici, utilizzati per prevedere la diffusione del trizio nelle acque dopo il suo rilascio. I risultati ottenuti dai dati analizzato sono poi sottoposti al confronto con altri modelli sperimentali, che contengono misurazioni svolte nell'Oceano Pacifico[42].
4. Impatto sugli ecosistemi marini: la ricerca approfondisce l'impatto del trizio sulla catena alimentare marina. Vengono analizzate le possibili conseguenze nel lungo termine per le specie ittiche da commercio e per la biodiversità marina[43].
5. Sicurezza e normative internazionali: si discutono gli standard internazionali stabiliti dall'IAEA e OMS per lo scarico di radionuclidi in acque marine. Si confrontano i livelli di Trizio previste dai modelli con il limite accettabile per mantenere un buon standard di sicurezza[44].
6. Conclusione e previsioni per il lungo termine: si riassumono i risultati della ricerca e vengono fornite raccomandazioni per continuare a monitorare i livelli di inquinamento nel lungo termine[45].

[40] Jakub KAIZERA, et al. "Assessment of Environmental Impacts from Authorized Discharges of Tritiated Water from the Fukushima Site to Coastal and Offshore Regions." *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 278, 2024, https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2024.107507. Pp. 1-4

[41] Ibid. Pp. 4-8
[42] Ibid. Pp. 9-15
[43] Ibid. Pp. 16-22
[44] Ibid. Pp. 23-27
[45] Ibid. Pp. 28-30

V) Tesi e argomentazioni

Secondo questa ricerca, la dispersione di acqua trattata contenente Trizio non dovrebbe rappresentare un rischio per gli ecosistemi marini e per la salute della popolazione, in base ai dati disponibili e secondo le simulazioni; gli autori sottolineano però che questa condizione rimarrà vera finché verranno rispettati gli standard di sicurezza internazionali[46].

Questa tesi si basa su tre argomentazioni principali:

1. Modalità di dispersione del Trizio: secondo i modelli idrodinamici una volta sversato in mare il Trizio si diluirà in tempi brevi, garantendo una concentrazione al di sotto della soglia di sicurezza[47]; anche le misurazioni sperimentali condotte nel Pacifico hanno dimostrato che il Trizio si disperde distanziandosi dal punto di rilascio[48].
2. Conseguenze ecologiche: le caratteristiche chimiche del Trizio implicano basse capacità di bioaccumulo nella la fauna marina, essendo un isotopo all'idrogeno capace di integrarsi fra le molecole d'acqua[49]. Le previsioni offerte dai modelli suggeriscono che l'impatto sarà di tipo trascurabile, salvo anomalie locali[50].
3. Regolamentazione: la concentrazione prevista di Trizio è inferiore ai limiti stabiliti da IAEA e OMS per acqua potabile e salvaguardia degli ambienti marini[51], si sottolinea in ogni caso di mantenere un'attività di monitoraggio continua per valutare meglio gli effetti nel lungo termine[52].

VI) Analisi e analisi critica delle fonti

La fonte principale di dati consiste in misurazioni svolte in modo diretto nei pressi della centrale di Daiichi e nel pacifico nord-occidentale, si fonda quindi su dati sperimentali. Tali misurazioni potrebbero non aver preso in conto alcune specie marine nelle quali l'influenza del trizio potrebbe variare a causa di caratteristiche uniche, ulteriori indagini specifiche potrebbero chiarire questo punto.

[46] Ibid. P. 27
[47] Ibid. P. 12
[48] Ibid. P. 15
[49] Ibid. P. 18
[50] Ibid. P. 21
[51] Ibid. P. 25
[52] Ibid. P. 29

Ci sono poi i modelli di dispersione oceanografica, i quali si basano su simulazioni numeriche che vengono confrontate e validate con dati osservabili. Questi modelli di dispersione, tuttavia, non hanno le capacità di prevedere possibili eventi naturali estremi o anomalie oceanografiche.

Infine, menzioniamo i riferimenti agli standard internazionali per la sicurezza provenienti da IAEA e OMS per quanto riguarda la salvaguardia degli ambienti marini e dell'acqua potabile. A questo riguardo ricordato l'eccessivo ottimismo caratteristico delle fonti ufficiali, per il quale viene messo in dubbio l'effettivo limite consentito per la presenza di radionuclidi in mare.

VII) Analisi critica del testo

Questa analisi tende a concentrarsi sul breve termine, trascurando così le possibili conseguenze per la biodiversità marina in caso di esposizione cumulativa ai radionuclidi. Il continuo raffronto dei dati ottenuti dalle misurazioni con le normative internazionali per la sicurezza dimostra un forte interesse per la sicurezza dello sversamento in mare delle acque trattate e contribuisce a contestualizzare i risultati delle analisi. Inoltre, l'approccio interdisciplinare che caratterizza questa ricerca permette al lettore di inquadrare il tema in una visione generale dell'accaduto; il focus viene posto non solo sulle implicazioni chimico-fisiche della contaminazione ambientale, ma anche su quelle ecologiche. Si sarebbe potuto condurre un approfondimento socioeconomico per offrire un quadro dell'analisi più completo; Anche per quanto riguarda l'industria ittica, una maggiore attenzione al tema sarebbe potuta risultare proficua.

VIII) Contributo al campo di studi

L'articolo analizzato rappresenta un importante contributo per la ricerca sul l'impatto ambientale del disastro di Fukushima Daiichi e nello specifico per la comprensione del comportamento del Trizio rilasciato dagli impianti nucleari. I dati forniti dalla ricerca sono chiari e stimolanti per il dibattito riguardante la sicurezza ambientale in caso di emergenza nucleare e per il miglioramento delle politiche di sicurezza e strategie di monitoraggio ambientale.

IX) Conclusione

Secondo i risultati della ricerca lo scarico di acqua triziata effettuato dalla centrale di Fukushima Daiichi non rappresenta un pericolo per la biodiversità marina e per la salute pubblica; tuttavia, viene raccomandato di continuare ad effettuare operazioni di monitoraggio in futuro per controllare lo sviluppo dell'impatto nel lungo termine.

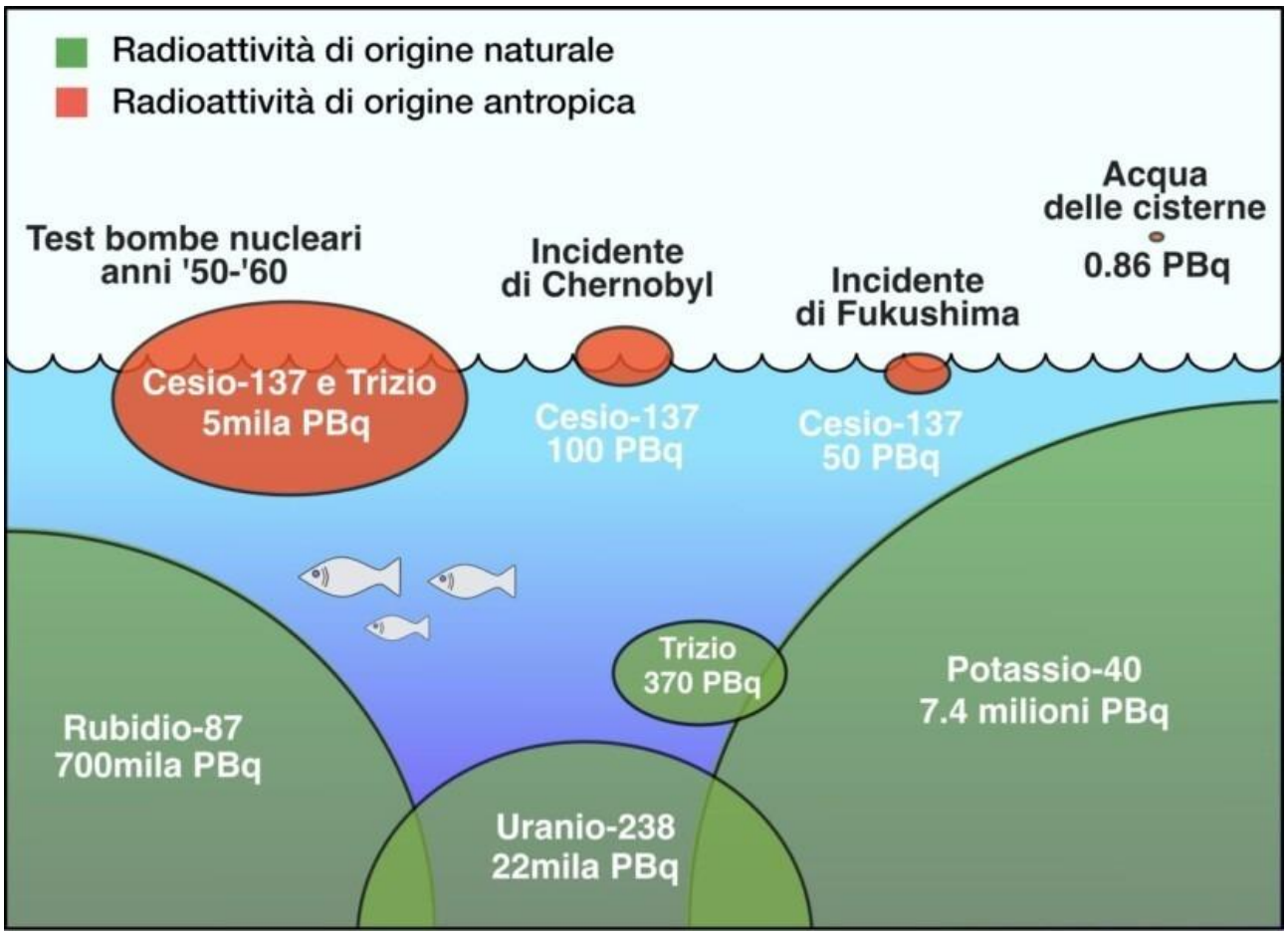

Figura 25: confonto fra le quantità Trizio rilasciato dai test atomici, da Chernobyl e da Fukushima https://associazioneitalianananucleare.it/fukushima-inizia-il-rilascio-dellacqua-trattata/

7.3) Testo 3: “Radioactive Environmental Pollution from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident and Measures towards Recovery - Advances in Environmental Research-”

In *Global Environmental Research Vol.20 No.1&2/2016*

I) Breve sunto dei contenuti e contesto della ricerca

Questo documento raccoglie in un’unica pubblicazione accademica diversi studi e ricerche condotti in Giappone sull’impatto ambientale dell’incidente di Fukushima Daiichi e sulle misure di recupero ambientale. La ricerca è inquadrata in un approccio interdisciplinare comprendente tematiche ambientali, sociali e gestionali.

II) Obiettivo della ricerca

Questa pubblicazione fa parte di un contesto di ricerca che mira a valutare da un punto di vista ambientale e sociale del disastro di Fukushima Daiichi nel lungo termine, approfondendo diversi aspetti legati alla contaminazione ambientale dei radionuclidi, della seguente decontaminazione e delle strategie impiegate per gestire l’incidente.

III) Redazione, autori e contributi

Questo documento vanta una vasta gamma di autori e contributori, provenienti da varie istituzioni autorevoli e prestigiose, come il *National Institute for Environmental Studies (NIES)* e la *Japan Atomic Energy Agency (JAEA)*. La pubblicazione accademica dalla quale è stata edita questa ricerca è di tipo *peer-reviewed* e raccoglie studi di istituzioni giappponesi di alto livello.

La rivista:

Global Environmental Research si pone come obiettivo la diffusione degli studi effettuati sulle problematiche ambientali non solo in Giappone, ma in tutto il resto del mondo. Per i ricercatori e scienziati giapponesi la lingua rappresenta una barriera estremamente alta, e i risultati delle loro ricerche vengono pubblicati solo in giapponese riducendo in modo drastico la possibilità che i loro studi vengano letti in tutto il resto del mondo. Questa rivista, come affermato del direttore Teiji Watanabe nel suo editoriale al report, si propone di rendere accessibili a tutti queste ricerche traducendole e pubblicandole in inglese.

Principali editori ospiti:

- Ohara Toshimasa, Osako Masahiro e Hayashi Seiji – National Institute for Environmental Studies (NIES)
- Miyahara Kaname, Saito Kimiaki e Takeishi Minoru – Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

Comitato Editoriale:

- Watanabe Teiji (Chairperson) – Hokkaido University
- Fukuoka Yoshitaka – Hiroshima University (Professore Emerito)
- Fukuyama Kenji – Japan Wildlife Research Center
- Inoue Yuzo – Ex Program Officer per il Global Environment Research Fund
- Kachi Naoki– Tokyo Metropolitan University
- Tokuda Hiroyasu – Association of International Research Initiatives for Environment Studies

Segreteria Editoriale:

- Morimoto Ryoko – Technical Editor
- Patricia Ormsby – English Editor

Le ricerche contenute nel documento sono tredici e propongono approcci originali suggerendo nuove strategie di monitoraggio ambientale, di modellizzazione e di decontaminazione.

1. “An Overview of Progress in Environmental Research on Radioactive Materials Derived from the Fukushima Nuclear Accident" di Ohara Toshimasa, Miyahara Kaname. Una rassegna di ricerche sulla dispersion delle particelle radioattive dopo Fukushima e di strategie di mitigazione ambientale[53].
2. "Radiological Conditions in the Environment around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Site" di Kimiaki Saito et al. Ricerca attraverso rilevamenti aerei e terrestri della distribuzione dei radionuclidi[54].
3. "Atmospheric Modeling of Radioactive Materials from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident" di Morino Yu e Ohara Toshimasa. Tratta della modellizzazione della dispersione atmosferica dei radionuclidi[55].
4. "Investigation of Cesium Sorption Mechanisms into Clay Minerals" di Yaita Tsuyoshi et al. Analisi del metodo di assorbimento del Cesio nei materiali argillosi[56].
5. "Migration and Accumulation of Radioactive Cesium in the Upstream Region of River Watersheds Affected by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: A Review" di Seiji Hayashi, National Institute for Environmental Studies (Fukushima Branch) Analisi dell’accumulo e movimento del Cesio nei fiumi[57].
6. "Modeling Transport Behavior of Radiocesium through River Systems" di Iijima Kazuki, Japan Atomic Energy Agency. Effettua una modellizzazione del Cesio nei fiumi[58].
7. "Analysis of Temporal Changes in Terrestrial Cesium-137 Using Publicly Available Monitoring Data in Japan" di Imaizumi Yoshitaka et al. Analisi temporale del Cesio-137 nel suolo contaminato[59].

[53] OHARA Toshimasa, et al. “Radioactive Environmental Pollution from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident and Measures Towards Recovery – Advances in Environmental Research –.” *Global Environmental Research*, vol. 20, no. 1&2, 2016, pp. 3–14.
[54] Ibid. Pp. 15-22
[55] Ibid. Pp. 23–32
[56] Ibid. Pp. 33-44
[57] Ibid. Pp. 45-52
[58] Ibid. Pp. 53–58
[59] Ibid. Pp. 59–66

8. "Features of Exposure Doses to the Public due to the Fukushima Accident" di Saito Kimiaki. Analisi dell'esposizione pubblica ai radionuclidi[60].
9. "Studies on Radiation Effects from the Fukushima Nuclear Accident on Wild Organisms and Ecosystems" di Tamaoki Masanori. Un'analisi dell'effetto dei radionuclidi su flora e fauna di Fukushima[61].
10. "Implementation of Decontamination Technologies Appropriate to Japanese Boundary Conditions" di Kawase Keiichi. Un'analisi critica delle strategie di decontaminazione[62].
11. "Behavior of Radioactive Cesium during Thermal Treatment of Radioactively Contaminated Wastes in the Aftermath of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident" di Kuramochi Hidetoshi, Fujiwara Hiroshi e Yui Kazuko. Analisi del Cesio nei rifiuti radioattivi e il suo compartamento durante il trattamento[63].
12. "Engineering Aspects for Landfilling Radioactively Contaminated Wastes Derived from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident" di Endo Kazuto. Approfondimento ingegneristico dello smaltimento dei rifiuti radioattivi[64].
13. "Potential of Crowdsourcing Approach on Monitoring Radioactivity in Fukushima Prefecture" di Wim Ikbal Nursal, Okuda Toshinori e Yamada Toshihiro. Analisi dei contribute spontanei per la raccolta dati[65].

IV) Struttura del Documento

1. Introduzione al tema: in questa prima sezione vengono espletati gli obiettivi della ricerca e il contesto della pubblicazione scientifica, inoltre viene introdotto l'incidente di Fukushima Daiichi e spiegata la necessità di condurre approfondimenti sul suo impatto ambientale, in particolare nel lungo termine[66].
2. Come funziona la contaminazione radioattiva: si passa ad esporre la diffusione ambientale di alcuni radionuclidi principali, fra cui il cesio-137; viene fornito un

[60] Ibid. Pp. 67–72
[61] Ibid. Pp. 73-82
[62] Ibid. Pp. 83-90
[63] Ibid. Pp. 91–100
[64] Ibid. Pp. 101–110
[65] Ibid. Pp. 111-122
[66] Ibid. Pp. 1-5

quadro generale riguardo l'inquinamento atmosferico, acquifero e del suolo nelle zone più colpite dalla diffusione delle particelle radioattive. Si conclude con un confronto fra Fukushima Daiichi e altri importanti incidenti nucleari, primo fra tutti quello di Chernobyl[67].

3. Impatto ambientale del disastro: qui vengono approfonditi l'impatto sugli ecosistemi terrestri e su quelli marini, discutendo il bioaccumulo di materiale radioattivo nella catena alimentare, gli effetti sulla biodiversità, sulle specie animali, sulle coltivazioni agricole e quindi sulla sicurezza alimentare[68].
4. Gestione del territorio contaminato e strategie di decontaminazione: vengono qui esposte e discusse varie tecniche per rimuovere la contaminazione radioattiva da acqua e terreno e si valutano le strategie adottate dal governo giapponese. Inoltre, vengono discussi i conseguenti impatti economici e sociali di tali strategie[69].
5. Politiche per la comunicazione del rischio e percezione pubblica: Si passa in analisi la razione del pubblico alla gestione nell'immediato dell'incidente, in particolare confrontando l'opinione pubblica giapponese con quella di altre nazioni. Qui si trova anche un approfondimento sul ruolo ricoperto dai media nelle prime fasi dell'incidente[70].
6. Conclusioni e appelli per il futuro: riassumendo i risultati principali della ricerca, gli autori sottolineano la necessità di continuare a svolgere ricerche per fornire dati aggiornati sui quali potranno basarsi le strategie per la gestione delle emergenze e per la sicurezza nucleare[71].

V) Tesi e argomentazioni

Questa ricerca sostiene che nonostante i numerosi sforzi effettuati per decontaminare le aree colpite dal disastro di Fukushima Daiichi, l'effetto negativo sull'ambiente continua ad essere significativo e che necessiti di un monitoraggio più esteso e costante. La tesi si basa su quattro argomentazioni principali:

[67] Ibid. Pp. 6-20
[68] Ibid. Pp. 21-35
[69] Ibid. Pp. 36-50
[70] Ibid. Pp. 51-65
[71] Ibid. Pp. 66-75

1. I livelli di contaminazione restano alti ed estesi geograficamente: fra i radionuclidi rilasciati dalle esplosioni ad idrogeno era presente il Cesio-137 che con un'emivita di circa 30 anni continua a rappresentare una delle maggiori fonti di radioattività nell'ambiente[72]. Alcune aree adibite a coltivazione agricola sono state ristrette a causa degli alti livelli di contaminazione[73].
2. Anomalie negli ecosistemi naturali: si sono verificate delle anomalie genetiche in animali esposti a queste radiazioni[74]. Nonostante alcuni studi evidenzino quanto la biodiversità marina non sia stata alterata, persistono dubbi negli effetti a lungo termine[75].
3. La decontaminazione non è stata portata a termine: nonostante le misure di sicurezza adottate abbiano ridotto con successo i livelli di radioattività in alcune aree, gestire il trattamento dei rifiuti radioattivi resta un problema irrisolto[76].
4. La malagestione dell'emergenza ha ridotto la fiducia del pubblico: l'opinione pubblica rispetto la gestione della crisi nucleare è spiccatamente negativa[77], ed un ruolo principale è stato giocato dalla poca chiarezza e incoerenza delle comunicazioni istituzionali[78].

VI) Analisi e critica delle fonti

I dati utilizzati per questa ricerca sono stati raccolti attraverso monitoraggi a lungo temine e poi raffrontati con quelli relativi a incidenti precedenti. Sono stati compiuti studi di tipo qualitativo sulla percezione del rischio fra la popolazione giapponese alla luce dell'incidente.

Le principali fonti citate provengono da enti autorevoli quali JAEA, IAEA, UNSCEAR, il Ministero dell'Ambiente e SAFECAST, nonché da studi indipendenti pubblicati su riviste scientifiche per quanto riguarda in particolare la diffusione del Cesio-137.

[72] Ibid. P. 12
[73] Ibid. P. 28
[74] Ibid. P. 32
[75] Ibid. P. 32
[76] Ibid. P. 42
[77] Ibid. P. 60
[78] Ibid. P. 63

Avvalersi di fonti interdisciplinari permette ai ricercatori di osservare l'impatto del disastro nucleare da prospettive diverse; tuttavia, la maggior parte di esse proviene da enti istituzionali nazionali, il che potrebbe portare ad una visione pregiudicata della valutazione dell'impatto sull'ambiente. La presenza di riferimenti a SAFECAST mitiga questa tendenza, tuttavia è stata messa in dubbio la validità dei dati forniti da questa associazione indipendente e internazionale essendo la loro raccolta fondata sul volontariato. Inoltre, appaiono riferimenti agli standard internazionali UNSCEAR e IAEA per offrire al lettore un confronto con i dati nazionali.

VII) Analisi Critica del testo

Attraverso la combinazione di dati scientifici, studi ambientali e studi socioeconomici, questo report fornisce una visione interdisciplinare dell'argomento affrontato; le conclusioni sono supportate dai dati empirici raccolti con lunghi monitoraggi, fornendo credibilità alla ricerca. La valutazione delle strategie di decontaminazione è estremamente approfondita, e lo stesso vale per l'analisi della reazione del pubblico alla gestione della comunicazione del governo giapponese, evidenziando punti di forza e mancanze. Tuttavia, manca una prospettiva più ampia e si potrebbe approfondire il tema analizzando dati raccolti da enti esteri. L'analisi della contaminazione e decontaminazione potrebbe venire approfondita maggiormente per quello che riguarda gli effetti nel lungo termine, in particolare per specie animali ed ecosistemi marini.

Inoltre, si deve tenere in considerazione l'affidabilità del metodo di campionamento utilizzato; infatti, alcuni studi evidenziano come i risultati delle misurazioni possano variare in base a variabili quali condizioni meteo[79], metodo di campionamento, il che renderebbe necessario una verifica indipendente dei dati raccolti per assicurarsi delle loro validità.

L'analisi della percezione del rischio nel pubblico e del ruolo dei media potrebbe essere ulteriormente approfondita includendo i fattori disinformazione e sensazionalismo nell'influenzare l'opinione pubblica riguardo le misure di sicurezza adottate. Anche una

[79] Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. "GUIDA TECNICA SULLE MISURE DI RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE". *ANPA*, 2002
https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/AGFTGTE0002_v2.pdf

discussione più approfondita delle politiche post-Fukushima potrebbe contribuire ad arricchire il testo.

VIII) Contributo al campo di studi

Questa ricerca fornisce un'analisi approfondita delle politiche di decontaminazione adottate dal governo giapponese e delle loro implicazioni, fornendo un importante spunto per la gestione di situazioni d'emergenza future. Inoltre, i dati ottenuti potranno essere ulteriormente paragonati con gli aggiornamenti futuri per poter creare stime sull'andamento nel tempo della contaminazione.

È doveroso menzionare la promozione della chiarezza e onestà nella comunicazione scientifica promosse dagli autori di questa ricerca, in particolare perché si migliori la comunicazione fra enti istituzionali e popolazione.

IX) Conclusioni

La ricerca è estremamente utile per comprendere da una prospettiva interdisciplinare l'impatto sull'ambiente del disastro di Fukushima Daiichi e delle migliorie apportabili per quanto riguarda la gestione della crisi nucleare. Viene fornito un solido punto di partenza per lo sviluppo di ulteriori ricerche e creazione di politiche ambientali efficaci.

Figura 26: la vegetazione cresce sulle auto abbandonate dopo l'incidente a Fukushima

Arkadiusz PODNIESINSKI. "Nature Reclaims Fukushima: Photos Show Disaster Zone Now a Wilderness." Metro, 8 Oct. 2015, metro.co.uk/2015/10/08/nature-reclaims-fukashima-photos-show-how-japanese-nuclear-disaster-zone-became-an-abandoned-wilderness-5428424/

8) Conclusione: analisi comparativa dei testi

Il capitolo si conclude con un'analisi comparativa dei testi presi in considerazione. In questa sezione ci si riferisce ai testi come Documento 1, 2 e 3, rispettivamente "SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION" UNSCEAR 2020/21 Report Vol. II, "Assessment of environmental impacts from authorized discharges of tritiated water from the Fukushima site to coastal and offshore regions" e "Radioactive Environmental Pollution from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident and Measures towards Recovery - Advances in Environmental Research -".

Aspetto	Documento 1	Documento 2	Documento 3
Argomento principale	Esposizione alle radiazioni e impatto sulla popolazione civile	Sversamento di acqua triziata e conseguenze per l'ecosistema marino	Contaminazione ambientale e gestione post Fukushima
Struttura del documento	7 sezioni: introduzione, impatto ambientale, esposizione umana, effetti sanitari, flora e fauna, gestione del rischio, conclusioni	6 sezioni: introduzione, caratteristiche del Trizio, modelli di dispersione, impatto sugli ecosistemi, normative, previsioni a lungo termine	6 sezioni: introduzione, contaminazione radioattiva, impatto ambientale, decontaminazione, percezione pubblica, conclusioni
Tesi principale	L'impatto della radioattività ambientale sulla salute umana è nullo e anche il rischio sanitario è in calo	L'acqua trattata contenente Trizio non rappresenta un pericolo se si rispettano gli standard internazionali	La contaminazione ambientale da Cesio-137 resta elevata ed un monitoraggio continuo resta necessario
Argomentazione 1	La dose di radioattività non supera la soglia di rischio (10 mSv)	La velocità con cui il Trizio si diluisce in acqua marina lo rende innocuo in breve tempo	La lunga emivita del Cesio-137 (30 anni) lo rende pericoloso per l'ambiente e per la salute anche nel lungo periodo
Argomentazione 2	Il confronto dei nuovi dati con quelli del 2013 mostra un	La capacità di bioaccumulo del trizio è bassa e non rappresenta un	In alcune specie animali sono state osservate anomalie genetiche

	decremento della radioattività	rischio per la biodiversità marina	
Argomentazione 3	Non sono stati riscontrati aumenti nelle malattie da esposizione alle radiazioni ma si raccomanda di tenere d'occhio l'impatto psicologico	La concentrazione di Trizio in acqua marina resta inferiore agli standard di sicurezza stabiliti da OMS e IAEA	Il processo di decontaminazione non è stato portato a termine e la gestione del materiale radioattivo rimosso resta un problema irrisolto
Argomentazione 4	Non presente	Non presente	Le comunicazioni poco chiare e incoerenti degli enti istituzionali hanno causato un calo nella fiducia del pubblico
Prospettive future	Continuare a monitorare lo stato di salute mentale della popolazione	Continuare a monitorare i livelli di Trizio per prevenire problemi nel lungo termine	Estendere le attività di monitoraggio e migliorare la comunicazione istituzionale

Temi:

Mentre il Documento 1 si concentra sull'inquinamento dei sistemi terrestri, il 2 approfondisce l'impatto sugli ecosistemi marini, concentrandosi sugli effetti del Trizio. Il Documento 3 analizza l'impatto generale dei radionuclidi, e include un approfondimento sulla gestione della decontaminazione ambientale.

Posizione sulla pericolosità della radioattività:

Il Documento 1 minimizza il rischio ambientale e sanitario, sostenendo che le dosi di radioattività non superino la soglia di rischio e il Documento 2 conferma questa tesi aggiungendo che però è di fondamentale importanza continuare a rispettare gli standard di

sicurezza. Di opinione contraria è il Documento 3, il quale afferma che i livelli di contaminazione sono tutt'ora significativi.

Presenza di elementi sociali e politici:

Il Documento 3 include un'analisi delle strategie politiche post-Fukushima e della reazione del pubblico.

Posizione riguardo gli sviluppi nel lungo termine:

Secondo il Documento 1 le operazioni di decontaminazione hanno eliminato in modo efficace ogni rischio per il futuro. Il Documento 2 si dimostra più cauto affermando che per quanto l'impatto nel lungo termine sarà trascurabile è necessario monitorare la sua evoluzione. Totalmente negativa invece è la previsione offerta dal Documento 3, secondo il quale le misure adottate sono inefficaci e persistono danni importanti.

Pur differendo nei metodi utilizzati e nelle conclusioni, questi tre report concordano sulla necessità di mantenere costante l'attività di monitoraggio delle zone contaminate. L'accento viene posto anche sull'adozione di strategie per la gestione a lungo termine. In conclusione, questi report offrono un quadro completo delle sfide ancora aperte dopo l'incidente di Fukushima

Capitolo 4: Etica, comunicazione e gestione della decontaminazione

1) Breve introduzione ai temi trattati

Gli eventi del'11 marzo 2011 hanno rappresentato una delle peggiori crisi sanitarie e ambientali della storia, ma ci sono altri aspetti del disastro estremamente importanti che hanno lasciato traccia nella memoria collettiva e che hanno cambiato per sempre la gestione di questo tipo di criticità.

La gestione di un disastro quale Fukushima Daiichi necessita interventi integrati, che non si concentrino solo sugli aspetti tecnici o scientifici dell'evento, ma anche etici, gestionali e comunicativi. Eventi di tale portata sollevano problemi fondamentali per quanto riguarda la diffusione delle informazioni, la responsabilità delle istituzioni nei confronti dei cittadini e la percezione del rischio. Questi diversi aspetti del disastro meritano anch'essi un'analisi approfondita. In questo capitolo si approfondiranno tali questioni con un approccio interdisciplinare, così da evidenziare i diversi approcci e le lezioni apprese da essi.

I) Etica ed emergenza nucleare

L'impiego del nucleare, anche in ambito pacifico, solleva da sempre grandi interrogativi etici, specialmente per quanto riguarda bilanciare la sicurezza della popolazione e il grado di sviluppo del paese. È sul governo che ricade la responsabilità di proteggere la popolazione dai pericoli che il nucleare rappresenta, così che il processo decisionale venga affrontato con lucidità. L'UNSCEAR stesso promuove una maggiore consapevolezza del rischio fra la popolazione ma anche una sua gestione più responsabile da parte dei governi[1]. In particolare, dopo Fukushima sono sorti molti interrogativi fra l'opinione pubblica riguardo

[1]United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).
Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2020/2021 Report, Volume I. United Nations, 20 Sept. 2023.

l'effettiva protezione di categorie a rischio quali bambini o lavoratori delle centrali. Si può ricondurre questo fenomeno alla perdita di fiducia nelle autorità riscontrata dopo la gestione del post incidente, l'impatto psicologico specialmente sulle comunità evacuate è stato importante così come la quantità di interrogativi sull'effettiva salvaguardia dei diritti umani[2].

II) L'influenza della comunicazione nella percezione del rischio

Come dimostrato dall'incidente di Fukushima la comunicazione è la chiave per gestire un'emergenza nucleare in modo efficace. Offrire informazioni chiare alla popolazione aiuta a ridurre il panico, mantenere alto il livello di fiducia nelle istituzioni e combattere la disinformazione. Le difficoltà comunicative affrontate dopo il disastro di Daiichi hanno sortito l'effetto contrario ed i risultati erano evidenti già un anno dopo l'incidente; infatti, l'OMS ha lanciato un appello nel suo Report riguardante l'incidente di Fukushima del 2013 affinché vengano migliorate le strategie comunicative così da gestire la percezione del rischio fra la popolazione civile[3].

Il ruolo dei media in questo contesto è centrale, in quanto può formare l'opinione pubblica per quanto riguarda la sua percezione del rischio. Nei mesi successivi all'incidente alcuni media hanno enfatizzato scenari catastrofici diffondendo panico[4], altri hanno minimizzato i rischi seguendo la linea del governo[5]. La necessità di una comunicazione mediatica equilibrata è evidente ed è supportata da evidenze scientifiche per garantire una lucida percezione del rischio[6].

---

[2] WHO. "Global Report on Fukushima Nuclear Accident Details Health Risks." *Www.who.int*, 28 Feb. 2013, https://www.who.int/news/item/28-02-2013-global-report-on-fukushima-nuclear-accident-details-health-risks

[3] Ibid.

[4] Carey FINN. "Insights into the Coverage of the Fukushima Nuclear Crisis in Japan's English- Language Newspapers." *The Asian Conference on Media & Mass Communication 2015 Official Conference Proceedings*, 2015, https://papers.iafor.org/wp-content/uploads/papers/mediasia2015/MediAsia2015_18970.pdf

[5] ScienceDaily. "News Coverage of Fukushima Disaster Minimized Health Risks to General Population." *ScienceDaily*, 2015, www.sciencedaily.com/releases/2015/03/150311124202.htm

[6] AMANO Yukiya. *The Fukushima Daiichi Accident*. International Atomic Energy Agency, 2015. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf

III)Gestire il rischio in modo efficace

Gestire il rischio è un altro aspetto fondamentale di un'emergenza nucleare. Integrare l'uso di tecnologia avanzata, protocolli di sicurezza e collaborazione fra diversi enti è necessario per assicurare una gestione efficace della situazione. Dall'esperienza di Fukushima Daiichi si possono apprendere tre lezioni fondamentali: prima di tutto è necessaria estrema chiarezza nella comunicazione dei dati radiologici, rendendoli accessibili e comprensibili alla popolazione[7]. Segue poi il coinvolgimento delle comunità locali nel processo decisionale; in tal modo le necessità delle popolazioni possono essere integrate nelle strategie per la gestione dell'emergenza[8]. Infine, si raccomanda il continuo aggiornamento dei protocolli di sicurezza, basandosi su dati scientifici in modo da non causare ulteriore stress alle persone coinvolte nell'emergenza[9].

Implementare la comunicazione, gestione dell'emergenza e delle sue conseguenze seguendo queste linee guida migliorerà la gestione generale del rischio.

2)Conclusioni e obiettivi della ricerca

L'incidente di Fukushima Daiichi ha evidenziato la necessità di coordinare le strategie d'emergenza in modo interdisciplinare, armonizzando l'etica alla comunicazione e alla gestione del rischio. Le autorità devono garantire i diritti dei cittadini comunicando in modo chiaro lo stato del rischio, solo in questo modo la popolazione potrà riporre la propria fiducia nella gestione dell'energia nucleare e nella prevenzione di incidenti futuri[10].

In questo capitolo ci si propone di analizzare questioni etiche e comunicative sorte nel contesto della gestione dell'incidente di Daiichi, nonché della gestione etica dello smaltimento del materiale radioattivo. Approfondendo lacune e proponendo miglioramenti per il futuro si vuole costruire una base di partenza per comprendere quanto sia complesso gestire un'emergenza nucleare della potata di Fukushima Daiichi.

---

[7] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2020/2021 Report, Volume II.* United Nations, 20 Sept. 2023.

[8] NEA, 2018 NEA Annual Report, OECD Publishing, Paris, 2019.

[9] ICRP. *2021 Annual Report*. Aug. 2022. https://www.icrp.org/admin/AnnualReport2021_v2.0.pdf

[10] PARKINS, and Sheila JASANOFF. *Technologies of Humility*. Nov. 2007. https://doi.org/10.1038/450033a

Sono stati selezionati volutamente testi risalenti ai primi anni dopo l'incidente in modo da analizzare la gestione della comunicazione immediatamente prossima all'emergenza.

Figura 27: tecnici IAEA in visita nell'impianto di Fukushima Daiichi

IAEA Imagebank via Flickr | CC BY 2.0

3)Analisi dei testi

Sono stati selezionati volutamente testi risalenti ai primi anni dopo l'incidente in modo da analizzare la gestione della comunicazione immediatamente prossima all'emergenza.

3.1) Testo 1: "Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: From Plan- A to Plan-B, Now, from Plan-B to Plan-C"

Di Satoshi Sato, commissionato da Greenpeace Japan e Greenpeace East Asia.

I) Breve sunto dei contenuti

Questo documento mira ad analizzare lo sviluppo e le limitazioni dei piani messi in atto per la decontaminazione dell'impianto nucleare di Fukushima Daiichi, prendendo in considerazione anche tutte le sfide affrontate nell'arco dei dieci anni trascorsi dall'incidente alla stesura di questo testo. Tema principale è un'analisi critica del piano sviluppato dalla TEPCO conosciuto come *Mid-to-Long-Term Roadmap*, la quale si propone di affrontare il problema in modo alternativo rispetto ai precedenti approcci adottati quali il Plan-A e Plan-B.

Questo documento sostiene che le attuali misure, ovvero il Plan-B, atte alla decontaminazione della centrale non presentino prospettive realistiche a causa di grossi impedimenti tecnici, i costi onerosi e soprattutto per i rischi ad esso associati. Dunque, si propone un'alternativa, un Plan-c che proporrebbe di confinare per un lungo periodo, dai 100 ai 150 anni, l'intero impianto durante i quali ci si concentrerebbe sullo sviluppo di nuove tecnologie per la gestione dei rifiuti contaminati.

II) Autore e commissione

Il report è stato scritto da Satoshi Sato, egli aveva ricoperto, presso la compagnia TEPCO, per la quale aveva svolto il ruolo di supervisore, quale ingegnere nucleare, per più di un centinaio di ispezioni riguardanti dei reattori ad acqua bollente (BWR, boiling water reactor),

tra i quali quelli di Fukushima. Egli si è mostrato scettico nei riguardi della fattibilità del processo di decontaminazione avanzato da TEPCO a seguito dell'incidente di Fukushima sostenendo quanto fosse necessario innovare i piani di smaltimento ed applicarli in modo più sostenibile. Il componimento di questo documento è stato voluto e commissionato da Greenpeace Japan e Greenpeace East Asia Seoul Office, entrambe, in quanto organizzazioni internazionali, dedite alla difesa dell'ambiente.

III) Scopo del report

Le due organizzazioni appena menzionate volevano stimolare il dibattito riguardante soluzioni migliori per lo smantellamento e smaltimento dell'impianto danneggiato, e per portare alla luce i limiti del piano corrente. Ciò che il report si propone di fare è effettuare una valutazione del piano della TEPCO, analizzando e portando alla luce ogni limite e difficoltà nel suo compimento, e si propone anche si suggerire piani alternativi e più praticabili per smaltire tutti i rifiuti nel lungo termine, e dello stesso impianto. Così facendo il documento spera di stimolare la sensibilità dei civili e dei governi per ciò che concerne la realizzabilità dei processi di smaltimento.

IV) Organizzazione del testo

In questo report possiamo individuare quattro sezioni principali completate da tre diverse argomentazioni a sostegno della sua tesi. Iniziamo dall'elencare e spiegare le quattro sezioni:

1. In primo luogo, il testo fornisce una panoramica dell'incidente di Fukusima Daiichi e delle successive strategie di smaltimento: qui si parla del progetto *Green Field Restoration*, che prevede la bonifica totale del sito al punto poterlo riutilizzare in un futuro relativamente prossimo; infatti, questo piano voleva essere portato a compimento in 40 anni. Inoltre, si passano in analisi le fasi preliminari del Plan-A e la sua transizione al Plan-B[11].

[11] SATO Satoshi. *Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: From Plan-A to Plan-B, Now, from Plan-B to Plan-C*. Greenpeace Japan & Greenpeace East Asia. Marzo. 2021. Ibid. Pp. 1-11

2. Dunque, si procede con un'analisi critica del Plan-B: scandagliando tutti i limiti e problemi che caratterizzano lo svolgimento di questo piano, ci si sofferma sul problema dello smaltimento delle acque contaminate e dello smaltimento del combustibile esausto. Inoltre, vengono trattati i ritardi che si sono verificati durante il processo di rimozione dei detriti radioattivi provenienti dal suddetto combustibile[12].
3. Quindi l'autore passa a proporre il così detto Plan-C: Fra le proposte avanzate menzioniamo la *Dry Island,* un progetto che prevede l'isolamento totale dell'impianto di Daiichi mediante la costruzione muri per evitare la contaminazione delle acque sotterranee e non. Si propone anche l'utilizzo di robot per smantellare i rifiuti presenti nel sito[13].
4. Il testo si conclude riassumendo e facendo delle raccomandazioni per il futuro: secondo l'autore l'idea di una decontaminazione totale e sbrigativa dell'impianto è irrealizzabile, e si dovrebbe dunque procedere ad approcciare una strategia più realistica e sostenibile, accettando il fatto che sarà un processo a lungo termine[14].

V) Argomentazioni e tesi:

Procediamo ora con le tre argomentazioni della tesi:

1. Sia il Plan-A che il B sono stati un insuccesso: il Plan-A, che era basato sul processo di smaltimento nel caso *Three Mile Island* negli Stati Uniti, dove nel 1979 si verificò una fusione parziale del reattore[15], è stato abortito nel 2018 quando si è resa evidente l'infattibilità dell'inondazione dei reattori. Il Plan-B, è stato allo stesso modo un insuccesso poiché la strategia *Dry Lateral Access,* ovvero la rimozione del materiale radioattivo senza l'utilizzo dell'acqua, si è rivelata inefficace a causa degli alti livelli di radiazioni ancora presenti in tutto il reattore e alla complessità della struttura[16].

[12] Ibid. Pp. 12-44
[13] Ibid. Pp. 45-51
[14] Ibid. Pp. 52-55
[15] Commissine delle Cominità Europee. "RAIBID. PPORTO SULL' INCIDENTE DELLA CENTRALE ELETTRONUCLEARE DI " THREE MILE - ISLAND"" 7 maggio. 1979. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:51979DC0238
[16] Sato, S. "*Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*". 2021. Ibid. Pp. 1-12

2. Il Plan-B è caratterizzato da continui problemi: nonostante sia stato eretto il così detto *Ice Wall,* un muro sotterraneo composto di terriccio ghiacciato mediante l'utilizzo di tubi contenenti materiale refrigerante e con lo scopo di arginare la contaminazione delle falde acquifere, si è rivelato inefficace; inoltre, si sono verificati numerosi ritardi nello smaltimento del combustibile esausto contenuto nelle vasche di stoccaggio, il quale dovrebbe essere completato entro il 2028[17].

3. In ultimo l'autore sostiene la necessità di un Plan-C[18], del quale si è già discusso nella sezione 3 del punto 5.2.4) Organizzazione del testo.

VI) Analisi e analisi critica delle fonti

Le fonti utilizzate in questo report sono di tipo tecnico e scientifico, vengono analizzate in modo rigoroso e dettagliato fornendo un buon punto di parenza per provare la tesi dell'autore. Evidenziamo quattro principali tipologie di fonti qui utilizzate:

1. Fonti ufficiali e studi tecnici: il *Technical Strategic Plan,* redatto dalla Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation (NDF), fornisce nozioni essenziali riguardo l'estensione temporale dei piani di bonifica. I report della stessa TEPCO riguardanti il Plan-A e B sono ampliamente menzionati e non mancano aggiornamenti pubblicati dalla società riguardanti difficoltà tecniche incontrate nel processo e revisione delle tempistiche.
2. Fonti indipendenti: i documenti pubblicati da Greenpeace evidenziano quanto sia rischioso gestire i rifiuti radioattivi da un punto di vista sanitario e ambientale.
3. Dati radiologici e ambientali che hanno completato il quadro da un punto di vista sanitario e dell'inquinamento, e fornire una valutazione della effettiva fattibilità dei piani A e B.
4. Fonti storiche e confronti con altri casi: confrontando l'incidente di Fukushima Daiichi ad eventi precedenti quali il disastro di Chernobyl e di Three Mile Island contribuisce alla comprensione delle difficoltà incontrate in passato con l'utilizzo degli approcci più classici e convince il lettore della necessità di un Plan-C.

[17] Ibid. Pp. 12-38
[18] Ibid. Pp. 45-51

Nonostante l'utilizzo delle fonti provenienti da enti quali TEPCO e NDF sia ampliamente utilizzato in questo report, esso ci ricorda sempre come esse siano caratterizzate da un approccio un po' troppo ottimistico alla faccenda rischiando di condurre l'analisi critica fuori strada. Per sopperire a queste mancanze delle fonti ufficiali il report fa affidamento a rapporti compiuti da associazioni non governative quali Greenpeace, anche se non si può negare l'interesse di tale organizzazione a spostare il dibattito sulle tematiche che le sono più care. Ad ogni modo fare affidamento su diversi tipi di fonte garantisce la presa in considerazione di visioni alternative contribuendo ad arricchire il più possibile il dibattito che segue questo tema.

VII) Critica al testo

Iniziamo ora ad analizzare criticamente questo report; l'utilizzo di molti dati sia tecnici che storici estremamente accurati, i quali ci permettono di inquadrare l'incidente in modo estremamente efficace, conferisce a questo documento una spiccata accuratezza analitica. Le critiche avanzate al Plan-B sono convincenti e strutturate, accompagnate da valutazioni delle difficoltà incontrate e da esempi pratici. La proposta di un piano alternativo è sostenuta dalla molto interessante strategia contenuta nel progetto *Dry Island*, e sembra essere una valida alternativa pratica e concreta nel lungo termine. Tuttavia, questo piano comporterebbe elevati costi, specialmente per sostenere le spese riguardanti l'utilizzo di automi per la decontaminazione, che non vengono ben preventivati in questo documento. Un altro punto a sfavore potrebbe essere rappresentato dai lunghi tempi di realizzazione del progetto, che potrebbe suscitare malcontento e creare l'impressione che questo processo di riqualifica e/o smaltimento venga lasciato in sospeso.

VIII) Contributi al tema

Le proposte avanzate dal report riguardo approcci alternativi alle strategie tradizionali potrebbero stimolare non solo l'interesse di chi normalmente si occupa della gestione di queste crisi, ma anche di chi, nel pubblico, vuole sensibilizzarsi a questo tipo di tematiche. Risultano evidenti i limiti tecnici e temporali delle attuali strategie proponendo fatti che non potrebbero non portare allo sviluppo di approcci alternativi. Il report non si limita soltanto a criticare le

strategie attualmente utilizzate ma propone delle valide alternative ad esse. Leggendo questo report si percepisce la dimensione critica che esso contiene riguardante il ruolo delle autorità competenti nel processo di decontaminazione, stimolando riflessioni importanti nel lettore. Si rende chiaro in questo report quanto disastri della portata di Fukushima Daiichi si ripercuotano non sono sulla presente generazione ma anche sulle successive; sostenendo che per la totale bonifica del sito ci vorranno dai 100 ai 150 anni è inevitabile incorrere in una riflessione etica sulla responsabilità che in questo momento abbiamo nei confronti dei posteri e del dovere di lasciare a loro un pianeta abitabile. È vero che adottare un piano che si estenda per un periodo di tempo così lungo implica il coinvolgimento di chi verrà dopo di noi, ma se questa strategia garantisse la riuscita del piano forse ne varrebbe la pena. Dobbiamo ricordare che c'è una forte componente generazionale nella gestione dei rifiuti radioattivi, essi infatti per quanto vengano semplicemente sigillati e nascosti alla vista per la maggior parte, si accumulano e prima o poi torneranno al centro dei nostri problemi.

IX) Conclusione

La proposta del Plan-C dovrebbe essere approfondita in quanto valida, ma si dovrebbe porre più attenzione agli aspetti monetari che non vengono trattati adeguatamente in questo report. Creare una Dry Island e utilizzare robot al posto di operai potrebbe portare ad una svolta nella sicurezza del sito, accettando però che questo processo richiederà un lasso di tempo estremamente lungo per essere portato a termine. Ciò che il report si augura di ottenere sia una maggiore partecipazione dell'interesse pubblico nella discussione di un Plan-C e che gli investimenti nella ricerca di tecnologie che sostituiscano l'uomo nelle fasi più rischiose della sua messa in atto aumentino.

Figura 28: città fantasma nella Prefettura di Fukushima

Claire HARBAGE. The Ghost Towns Behind The Gates *https://apps.npr.org/fukushima/*

3.2) Testo 2: "The role of the media in critical disasters: After the Fukushima Daiichi TEPCO nuclear power plant accident"

Di Arai Fumio

I) Introduzione alla ricerca

Questa ricerca approfondisce il ruolo dei media nella diffusione della percezione del rischio fra la popolazione nell'immediato post incidente. Paragonabile al disastro di Chernobyl, L'incidente di Fukushima Daiichi è stato uno dei più gravi eventi nucleari della storia; oltre ai disastrosi effetti sanitari e ambientali, è risultata evidente l'influenza che i media possono esercitare nella formazione dell'opinione pubblica, nel mezzo di una vera e propria crisi

informativa istituzionale. Approfondendo le strategie comunicative adottate da Mainichi Shimbun, Asahi Shimbun, Yomiuri Shimbun e Sankei Shimbun questa ricerca si propone di esaminare le dinamiche della comunicazione mediatica e la loro influenza sulla percezione del rischio. Vengono valutate la qualità e trasparenza delle informazioni, l'eventuale presenza di disinformazione e l'influenza di questi fattori sulle strategie governative di gestione dell'emergenza.

II) Autore

Arai Fumio è un esperto di comunicazione mediatica ed è affiliato al Dipartimento di Biologia e Medicina delle Cellule Staminali presso la Scuola di Specializzazione in Scienze Mediche dell'Università di Kyushu[19]. Il suo approccio alla ricerca è stato di tipo critico, in modo da analizzare lo sviluppo del discorso durante la catastrofe.

III) Struttura del documento

Si individuano sei distinte sezioni all'interno del documento

1. Introduzione: l'incidente viene contestualizzato e si passa in rassegna l'evoluzione del ruolo dei media nei passati disastri nucleari, infine vengono esposti gli obiettivi della ricerca[20].
2. Metodo d'analisi: in questa sezione si discute delle fonti e dei materiali sui quali si è sviluppata la ricerca, insieme all'approccio metodologico agli studi comparativi tra le diverse testate[21].
3. I media dopo l'incidente di Fukushima: viene analizzata la rielaborazione mediatica prime notizie trapelate sull'incidente; segue una comparazione fra le testate

[19] IRCMS. "Visitors." *IRCMS - Kumamoto University*, 2022, https://ircms.kumamoto-u.ac.jp/research/visitors/2019/05/dr-fumio-arai.html

[20] ARAI Fumio. Jūdai saigai-ji ni okeru media no yakuwari ― Tōkyōdenryoku fukushimadaiichigenshiryokuhatsudensho jiko-go ni okeru hōshasen kenkō higai risuku hōdō no kenshō 荒井文雄. *重大災害時におけるメディアの役割: 東京電力福島第一原子力発電所事故後における放射線健康被害リスク報道の検証*. Diss. KYOTO SANGYO UNIVERSITY, 2012. p. 1-3

[21] Ibid. Pp. 4-6

giornalistiche giapponesi e quelle internazionali e l'evoluzione delle narrazioni della catastrofe nel periodo successivo all'incidente[22].

4. Influenza sull'opinione pubblica e strategie di comunicazione: come si trasmettono le informazioni nel canale dei media in Giappone. Si approfondisce la tendenza al sensazionalismo e minimizzazione fra le diverse testate e il loro effetto sulla popolazione giapponese, in particolare sugli abitanti delle zone a rischio[23].
5. Conseguenze per la fiducia nelle istituzioni e ruolo della disinformazione: la diffusione di notizie poco veritiere ha portato alla nascita di varie teorie del complotto, influenzando sensibilmente la percezione del pubblico della sicurezza dell'energia nucleare. È presente un approfondimento sul ruolo del governo nella gestione di questa crisi comunicativa[24].
6. Analisi critica e dissertazione sulla crisi: qui vengono confrontati gli approcci giapponesi a quelli esteri, in particolare analizzando le scelte linguistiche effettuate dai giornali per affrontare il discorso col pubblico[25].
7. Conclusione e prospettive future: si effettua un riassunto di tutte le lezioni apprese in questa crisi mediatica e vengono offerti suggerimenti per mantenere un livello di trasparenza alto nella comunicazione di eventuali disastri nucleari[26].

IV) Tesi e argomentazioni

L'autore sostiene che la crisi comunicativa seguita all'incidente di Fukushima abbia influenzato fortemente l'opinione pubblica e le politiche di gestione del rischio. Le notizie diffusesi riguardo il rischio radiologico differiscono fortemente da testata a testata, alcune descrivevano la situazione in modo estremamente allarmistico, altre affiliate al governo minimizzavano l'entità del problema. Con l'uso di diverse strategie comunicative esse hanno contribuito a creare opinioni polarizzate riguardo l'effettiva pericolosità delle radiazioni. Caratterizzata da messaggi contraddittori, informazioni poco chiare e notizie imprecise, la

[22] Ibid. Pp. 7-15
[23] Ibid. Pp. 16-25
[24] Ibid. Pp. 26-32
[25] Ibid. Pp. 33-38
[26] Ibid. Pp. 39-43

mancata efficacia nella comunicazione del rischio alla popolazione ha creato un senso ulteriore di ansia e incertezza nella popolazione fomentando diffidenza e sfiducia nelle istituzioni[27].

La tesi si basa su quattro argomentazioni principali:

1. Rassegna e analisi dell'atteggiamento adottato dei principali quotidiani giapponesi (Mainichi Shimbun, Asahi Shimbun, Yomiuri Shimbun e Sankei Shimbun): l'analisi si concentra nei mesi immediatamente successivi all'incidente, tra il marzo e l'agosto del 2011; questi giornali, che trattavano un tema estremamente caldo, hanno cominciato a discutere del rischio radiologico in modo contraddittorio[28].
2. Pragmatica linguistica e analisi del discorso: avvalendosi di tali strumenti l'autore ha esposto la capacità dei media di costruire diversi significati pur basandosi sugli stessi dati, avvalendosi del linguaggio giornalistico. Per esempio, l'uso di termini quali "insicurezza", "incertezza" o "pericolo" può influenzare fortemente in modo negativo la percezione del tema trattato nel lettore[29].
3. Influenza della comunicazione mediatica: la narrazione del rischio radiologico non ha influenzato soltanto l'opinione pubblica ma addirittura le decisioni politiche riguardanti la gestione del post incidente[30]
4. Citazioni e fonti utilizzate dalle testate giornalistiche: ogni giornale ha utilizzato citazioni di esperti e istituzioni in modo selettivo, rendendole adatte a sostenere la tesi del giornale a scapito di un quadro generale e oggettivo dell'emergenza[31].

L'autore lancia un appello ad una maggiore chiarezza e coerenza comunicativa, ricordando che la responsabilità dei giornalisti è quella di fornire notizie oggettive evitando di creare il panico con affermazioni false e tendenziose.

V) Approccio alla ricerca e fonti

Le fonti sono riconducibili alle quattro principali testate giapponesi, ovvero Mainichi Shimbun, Asahi Shimbun, Yomiuri Shimbun e Sankei Shimbun, vengono analizzati articoli

[27] Ibid. Pp. 3-5
[28] Ibid. Pp. 7-15
[29] Ibid. Pp. 16-21
[30]Ibid. Pp. 22-26
[31] Ibid. Pp. 27-32

risalenti al periodo 11 marzo - 11 agosto 2011, attingendo ai siti dei giornali e attraverso un database creato in modo autonomo.

La valutazione della coerenza nella narrazione mediatica viene fornita utilizzando diversi metodi d'analisi del testo; vengono analizzati contenuti di diversi articoli appartenenti alla stessa testata. L'autore si propone di comprendere e spiegare l'evoluzione del discorso mediatico nei mesi immediatamente successivi all'incidente; inoltre offre un confronto tra gli approcci dei diversi giornali nella rappresentazione del rischio radiologico, evidenziando differenze e similitudini. Inoltre, effettua un confronto tra le informazioni riportate nei giornali giapponesi e quelle rilasciate dal governo nazionale e dalle organizzazioni internazionali.

L'autore presta particolare attenzione alle scelte lessicali dei giornali, specialmente nei titoli e sottotitoli, e alla manipolazione delle affermazioni di esperti per avvalorare o smentire diverse tesi. È presente una classificazione dei contenuti degli articoli analizzati, dividendoli in tre categorie diverse: articoli che avvalendosi di parole estreme, come "crisi" enfatizzano la percezione del rischio radiologico, altri che usano termini rassicuranti, come "sicurezza garantita", per minimizzarlo, e infine articoli neutrali o ambigui che senza aver preso una posizione riportano a volte dati chiari e altre affermazioni allarmistiche.

Riassumendo:

1. Il discorso mediatico viene analizzato da un punto di vista linguistico
2. Viene analizzata l'evoluzione del discorso dal marzo all'agosto 2011
3. Per individuare le differenze nei discorsi vengono confrontati diversi giornali
4. Sono valutate le implicazioni pragmatiche

VI) Analisi critica del testo e contributo al campo di studi

Il tipo di approccio al metodo di questo report è prettamente qualitativo, approfondendo parole chiave e analisi del discorso. Manca un'analisi di tipo quantitativo, ad esempio non si specifica nel testo quante volte determinate parole allarmistiche vengano utilizzate dai giornali né quelle rassicuranti. Inoltre, sarebbe stato utile porre in relazione questi articoli con le condivisioni e visualizzazioni ricevute online, per comprendere meglio la reazione del lettore a determinate scelte lessicali, in particolare nell'analisi dei titoli e sottotitoli.

Il campione analizzato copre in modo approfondito le prime reazioni all'incidente ma un confronto con testate giornalistiche successive ad altri incidenti nucleari, come Chernobyl o Three Mile Island, avrebbe allargato il quadro della gestione mediatica.

L'analisi della responsabilità dei media relativa alla diffusione di informazioni viene affrontata con un approccio etico estremamente rigoroso. Viene sottolineata la tendenza di questi giornali abbiano selezionato e modificato informazioni per influenzare l'impressione complessiva del lettore in direzione catastrofica, mentre altri hanno seguito fonti governative minimizzando l'impatto radiologico. Includere un'analisi delle reazioni dei lettori avrebbe permesso alla ricerca di valutare l'effettivo impatto delle scelte narrative. Aggiungere una sezione sulla regolamentazione legislativa dell'informazione in Giappone potrebbe arricchire ulteriormente la ricerca.

Questo testo è un'ottima base di partenza per un miglioramento alle strategie di gestione della comunicazione, rendendo estremamente accessibile la comprensione del legame fra media e opinione pubblica.

VII) Conclusione

Emergono da questa analisi differenze fondamentali nella gestione della narrazione mediatica fra le principali testate prese in considerazione evidenziando la tendenza del Mainichi e Asahi Shimbun a alimentare la paura del rischio radiologico mentre Yomiuri e Sankei Shimbun si sono affidati alle fonti governative. Risulta evidente quanto queste posizioni abbiano influenzato la percezione di tale rischio fra l'opinione pubblica e fomentato l'ansia e sfiducia nel governo.

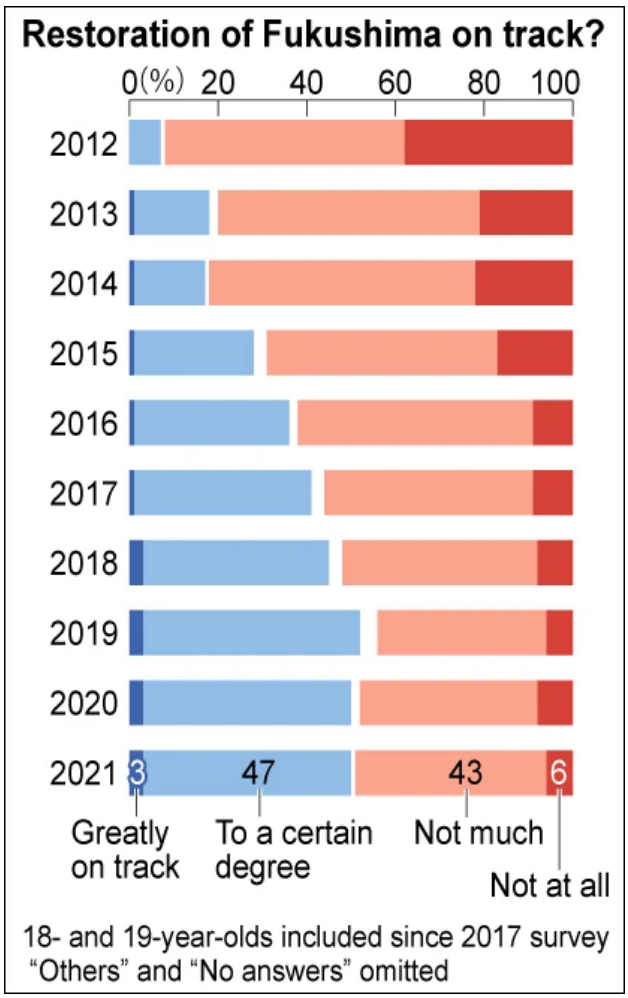

Figura 29: Sondaggio pubblico riguardante il grado di decontaminazione di Fukishima

OSHITSUKI Noriyoshi. "Fukushima Poll: 74% Say Nuclear Disaster Work Not Promising | the Asahi Shimbun: Breaking News, Japan News and Analysis." The Asahi Shimbun, 2021, https://www.asahi.com/ajw/articles/14216668

3.3) Testo 3: "Post-Fukushima and Applied Ethics - Reproductive Rights of Men and Women Exposed to Radiation in Fukushima- "

Di Kanai Yoshiko

I) Breve introduzione al testo

A seguito del disastro di Fukushima sono sorte varie implicazioni etiche riguardo la gestione del rischio e riguardo gli effetti radiologici sulle persone esposte ai radionuclidi diffusisi nell'ambiente dopo le esplosioni. In questo testo si discutono le implicazioni

biologiche del disastro da un punto di vista etico, valutando l'accaduto secondo diversi parametri per poter poi formulare un giudizio etico complessivo. L'autrice si concentra su problematiche riguardanti la maternità delle donne provenienti da aree contaminate, includendo riflessioni sui movimenti femministi, controllo del proprio corpo e gestione della crisi radiologica da parte delle istituzioni governative. Affrontando il discorso dell'utilizzo pacifico dell'energia nucleare l'autrice solleva interrogativi morali e politici riflettendo sul diritto alla riproduzione delle donne esposte al pericolo radioattivo.

II) Obiettivi della Ricerca

Indagando tali interrogativi etici l'autrice vuole definire la nuova percezione della maternità e della salute riproduttiva nei territori contaminati, indagando se e quanto il rischio radiologico abbia influenzato le scelte riproduttive dei soggetti femminili esposti. La ricerca mette in discussione anche temi quali aborto selettivo e selezione prenatale[32] da un punto di vista bioetico; si cerca infatti di inquadrare il nucleare in una prospettiva bioetica e politica, in cui la gestione del corpo femminile viene influenzata da decisioni politiche prese su più larga scala. Ridefinendo il concetto di responsabilità etica il report mira a consolidare il legame fra scienza, politica e autodeterminazione aprendo un dibattito sulla biopolitica e diritti umani.

III) Autore

Kanai Yoshiko è un'esperta in etica e filosofia, si deve a lei la coniazione del termine "femminismo delle casalinghe", il quale indica un tipo di femminismo volto a risolvere esclusivamente i problemi superficiali senza affrontare le radici delle disuguaglianze. Da sempre denuncia la mancanza di un vero e proprio movimento femminista in Giappone[33].

[32] Tavolo Tecnico istituito nell'ambito del GdL SIGU di Citogenetica-Citogenomica. *Diagnosi Genetica Preimpianto -PGT Raccomandazioni SIGU 2017 per La Pratica Clinica.* 9 Aug. 2017.

[33] Smith BARDWELL LEITH. *Narratives of Sorrow and Dignity: Japanese Women, Pregnancy Loss, and Modern Rituals of Grieving*. 2013, Oxford, England.

IV) Struttura del documento

Il documento si compone di sette sezioni principali:

1. Introduzione: partendo da una contestualizzazione della sua ricerca l'autrice introduce le problematiche etiche, in particolare per quanto riguarda il diritto alla riproduzione delle donne esposte alle radiazioni, nel periodo successivo al disastro di Daiichi. Segue un'introduzione al metodo di ricerca, che prevede l'intreccio di etica, filosofia e scienze sociali[34].
2. Diritto alla riproduzione e influenza dell'esposizione alle radiazioni: molte giovani donne mettono in dubbio la possibilità di sposarsi e avere dei figli a causa della paura di aver subito danni permanenti al sistema riproduttivo dopo l'esposizione ai radionuclidi; la domanda che l'autrice analizza è: *Posso avere figli? Posso sposarmi.* Vengono esaminati anche l'impatto sulla percezione sociale della contaminazione radioattiva riguardo la maternità e il tema della selezione prenatale[35].
3. Approfondimento sulla selezione prenatale e conflitti con movimenti sociali: viene analizzata l'evoluzione del discorso legato all'aborto selettivo e diagnosi prenatale a seguito dell'incidente nucleare. Questa sezione contiene un approfondimento sul conflitto tra movimenti femministi, che sostengono il diritto della donna ad abortire in caso di diagnosi prenatale negativa, e movimenti per i diritti delle persone con disabilità, i quali prospettano una deriva eugenetica; queste associazioni, infatti, si appellano al *principio della non selezione* secondo il quale decisioni sulla gravidanza non devono derivare dalle caratteristiche genetiche del feto[36].
4. Eco-femminismo e controllo del proprio corpo: viene introdotto il concetto di eco-femminismo per spiegare come la capacità di poter gestire il proprio corpo è strettamente legata alle politiche di sicurezza nucleare. Vengono inclusi paralleli con altri disastri nucleari, fra cui Chernobyl[37].
5. Maternità e pressioni sociali: secondo l'autrice i media hanno influenzato fortemente la percezione della maternità nel post incidente. Si analizza la pressione sociale esercitata

[34]KANAI Yoshiko. Posuto Fukushima to ōyō rinri-gaku- Fukushima de hibaku shita danjo no ripurodakutibu/ raitsu o megutte- **金井淑子**. ポスト・フクシマと応用倫理学 - 福島で被曝した男女のリプロダクティブ／ライツをめぐって- 2014, Pp. 1-3

[35] Ibid. Pp. 4-6

[36] Ibid. Pp. 7-12

[37] Ibid. Pp. 13-18

sulle donne esposte alle radiazioni del ruolo materno "protettrice" della famiglia, che spesso le scoraggia ad intraprendere il percorso familiare[38].

6. Bioetica e gestione del rischio: l'autrice propone una gestione dei compensi alle vittime basata su solidarietà sociale e diritto riproduttivo, rendendo le categorie burocratiche più flessibili[39].
7. Conclusione e prospettive future: si lancia un appello alla creazione di strategie di gestione del rischio basate sull'etica e giustizia intergenerazionale[40].

V) Tesi e argomentazioni

Il testo sostiene che l'incidente di Fukushima ha influenzato il diritto alla riproduzione femminile al punto di ridefinire l'intero dibattito su di esso incentrato. La domanda che viene posta all'inizio della ricerca è "le donne esposte alle radiazioni hanno il diritto di interrompere la gravidanza in base alla selezione prenatale?".

A supporto di tale tesi vengono portate tre argomentazioni:

1. L'utilizzo della selezione prenatale può incoraggiare le donne ad intraprendere la gravidanza nonostante la paura di essere state esposte alle radiazioni. Il "diritto all'aborto come diritto di emergenza", in quanto l'esposizione radiologica sostenuta dalle donne di Fukushima, sarebbe una condizione eccezionale in grado di giustificare le scelte riproduttive esulando dall'eugenetica[41].
2. Le donne non hanno realisticamente controllo del proprio corpo: il legame fra autodeterminazione femminile e politica è più stretto di quanto si possa pensare; è risultato evidente dopo l'incidente di Daiichi quanto il corpo femminile sia soggetto alla narrazione mediatica e a decisioni politiche. L'autrice afferma che la narrazione mediatica successiva all'incidente abbia enfatizzato il ruolo prettamente materno della donna all'interno del matrimonio costringendole a scegliere fra maternità e sicurezza sanitaria. Viene chiamata in causa anche la simile esperienza delle donne di Chernobyl[42].

[38] Ibid. Pp. 19-24
[39] Ibid. Pp. 25-30
[40] Ibid. Pp. 31-32
[41] Ibid. Pp. 6-12
[42] Ibid. Pp. 13-18

3. Decontaminazione e diritto alla riproduzione: durante la gestione della decontaminazione non si è avuto riguardo per le persone in età fertile, in particolare donne, creando incertezza e ansia; si ricorre alla sociologia della paura, secondo cui la paura influenza fortemente le dinamiche sociali[43], per spiegare quanto decisioni politiche abbiano influito su decisioni individuali[44].

VI) Analisi e critica delle fonti

Le fonti a cui ricorre il testo sono di tipo variegato, per garantire un approccio interdisciplinare; sono presenti testi di filosofia e bioetica, studi sulla disabilità, studi sociologici e molti confronti con Chernobyl e altri disastri nucleari. Queste fonti hanno una provenienza accademica affidabile e il loro uso collettivo è ben giustificato.

Si nota tuttavia, una mancanza riferimenti a dati scientifici sugli effetti delle radiazioni sulle donne in età fertile e sono presenti pochi studi quantitativi della percezione di questo rischio riproduttivo.

VII) Analisi critica del testo

Il filo logico del discorso è estremamente chiaro e facile da seguire, l'analisi è interdisciplinare e offre molti spunti per collegare il caso di Fukushima a temi più ampi riguardanti il diritto alla riproduzione e alla gestione del proprio corpo. La mancanza di dati quantitativi rende il documento estremamente teorico, un'analisi dei tassi di natalità delle aree più colpite potrebbe conferire più credibilità alla ricerca e manca un approfondimento delle normative sanitarie in Giappone per inserire in modo corretto l'affermazione "aborto come diritto d'emergenza" nel quadro legislativo. Il paragone con Chernobyl offre un'importante chiave di lettura comparativa del problema ma non è presente nel testo un approfondimento della gestione post incidente di questo aspetto sanitario nel caso ucraino. Si potrebbe suggerire la creazione di un piano legislativo internazionale per questo tipo di emergenze.

[43] Redazione. "Zygmunt Bauman E Il Significato Di Paura Nella Società Liquida." *Cultora*, 17 Jan. 2022, https://www.cultora.it/zygmunt-bauman-e-il-significato-di-paura-nella-societa-liquida/

[44] KANAI Yoshiko. Posuto Fukushima to ōyō rinri-gaku. Pp. 19-24

VIII) Conclusione

In conclusione, l'argomento esposto è valido sul piano etico ma manca di dati scientifici e manca una concreta proposta di riforma del sistema per risolvere il problema. Gli spunti di discussione sono estremamente stimolanti da un punto di vista bioetico e si prospetta una riforma della gestione del rischio in caso di emergenza nucleare che tenga un occhio di riguardo per i diritti riproduttivi delle donne in età fertile[45].

Figura 30: le donne di Fukushima chiedono più protezione per il loro figli

SASAHARA Koji. Fukushima Women Demand Better Protection for Children Exposed to Radiation. https://world.time.com/2011/11/03/fukushima-women-demand-better-protection-for-children-exposed-t o-radiation/

4) Conclusione: analisi comparativa dei testi

Si conclude il capitolo con un confronto fra i tre testi analizzati, ci si riferirà ad essi come Documento 1, 2 e 3, rispettivamente per "Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: From Plan-A to Plan-B, Now, from Plan-B to Plan-C", "The role of

[45] Ibid. Pp. 25-30

the media in critical disasters: After the Fukushima Daiichi TEPCO nuclear power plant accident" e "Post-Fukushima and Applied Ethics - Reproductive Rights of Men and Women Exposed to Radiation in Fukushima-". Nella seguente tabella vengono esposte le principali differenze negli argomenti trattati, nel metodo di studio e contributo generale della ricerca.

Criterio di confronto	**Documento 1**	**Documento 2**	**Documento 3**
Obiettivo della ricerca	Fornire una valutazione degli attuali piani di decontaminazione e proporre un'alternativa più efficiente.	Individuare il ruolo e peso dei media nella narrazione del rischio post catastrofe.	Esaminare con un approccio etico il diritto alla riproduzione nei soggetti esposti al rischio radiologico.
Metodo	Confronto tra i diversi piani e analisi tecnica e ambientale delle loro implicazioni.	Analisi pragmatica e linguistica degli articoli riguardanti il rischio derivato dal disastro nucleare.	Analisi bioetica del diritto alla riproduzione.
Argomentazioni	Le strategie applicate fino ad adesso, Plan-A e Plan-B non soddisfano i requisiti necessari per una decontaminazione efficace.	Le informazioni diffuse dai media erano contraddittorie e faziose; hanno generato insicurezza e ansia nella popolazione.	Le pressioni sociali esercitate sulle donne esposte alle radiazioni ledono il loro diritto alla riproduzione.
Criticità	La proposta per l'avvio di un Plan-C non include una stima precisa dei prezzi di attuazione.	Mancanza di un'analisi quantitativa della reazione del pubblico alla narrazione distorta.	L'approccio è puramente teorico e manca di analisi politiche e legislative precise.
Contributo al campo di studi	La prospettiva nella gestione a lungo termine della decontaminazione è realistica.	Il legame tra influenza dei media, fiducia popolare nelle istituzioni e gestione del rischio risulta chiara.	Spinge ad una riflessione sulla giustizia riproduttiva,

Dall’analisi e comparazione di questi documenti risulta evidente quanto l’aspetto etico della gestione dell’incidente di Fukushima si multidimensionale. Le politiche di decontaminazione, la narrazione dei media e le scelte individuali in un contesto di rischio radiologico sono strettamente collegate e connesse alla stessa dinamica di controllo del rischio. Questi temi non vanno analizzati singolarmente ma vanno considerate diverse sfaccettature di un problema più ampio. Per creare strategie efficaci si deve tener conto della loro influenza in ciascuno di questi ambiti poiché l’uno può influenzare l’altro.

Capitolo 5: Conclusione

Il disastro nucleare di Fukushima Daiichi rappresenta una svolta nella storia della sicurezza nucleare, mettendo in evidenza le falle nei protocolli di sicurezza esistenti e l'importanza delle conseguenze per ambiente, salute e società di un incidente di tale portata. Questa tesi si è proposta di fornire una guida interdisciplinare al disastro, analizzandolo su diversi livelli ed evidenziando lo stretto legame che esiste fra le diverse tematiche. Scienza politica e medicina si ritrovano a lavorare in stretta sinergia in questa occasione.

Da un punto di vista sanitario, si evince dal confronto delle conseguenze per la salute di Chernobyl e Fukushima quanto sia importante adottare misure tempestive per proteggere la salute dei cittadini. In entrambi i casi i ritardi che si sono verificati nel comunicare lo stato del rischio radiologico alla popolazione hanno esposto i cittadini ad un pericolo facilmente evitabile e li ha sottoposti ad un forte stress, suscitando vari interrogativi riguardo l'effettiva sicurezza della gestione del rischio nucleare.

Per quanto riguarda l'impatto ambiente i testi confermano la contaminazione radioattiva continuerà a persistere, con effetti duraturi su fauna e flora anche al di fuori del territorio nazionale. Dai dati ottenuti dalla lettura dei testi si evince la necessità di più chiarezza riguardo gli scarichi di acqua triziata e un monitoraggio più serrato nelle aree contaminate dal disastro per mantenere il livello di rischio sotto controllo.

Sul piano etico e sociale sono stati numerosi i problemi riguardanti la gestione della decontaminazione, la comunicazione del rischio e l'impatto di queste variabili sulla vita del singolo individuo. I testi analizzati hanno portato alla luce i legami fra questi temi sottolineando l'importanza di un approccio integrato ad ognuno di essi. Infatti, approcciandosi ad una sola di queste tematiche senza tenere conto dell'implicazioni negli altri ambiti vuol dire non comprendere la complessità del problema.

I media hanno giocato un ruolo fondamentale durante la fase d'emergenza; attraverso la narrazione che ognuno di essi ha costruito sull'incidente, spesso incoerente e contrastante con le altre, ha modellato l'opinione pubblica sull'argomento. L'analisi della narrazione delle principali testate giapponesi ha evidenziato come non sia stata solo l'opinione pubblica ad essere influenzata, ma anche la gestione istituzionale.

La gestione del rischio radiologico rappresenta una questione da affrontare in modo interdisciplinare, tenendo conto della intrinseca multidimensionalità che la caratterizza. Ogni

aspetto che la riguarda non può essere separato dagli altri, poiché ogni variabile influenza tutte le altre. Se si vuole sviluppare strategie efficaci per la gestione e la prevenzione di futuri incidenti nucleari è necessaria una stretta collaborazione fra scienziati, politici, media e rappresentanti della società civile.

Questa tesi ha messo in evidenza il modo in cui il disastro di Fukushima Daiichi abbia ridefinito l'opinione pubblica sul nucleare, le strategie di gestione del rischio radiologico e la percezione dell'effettiva sicurezza dell'impiego dell'energia nucleare a scopo pacifico. Comprendere appieno l'eredità di Fukushima Daiichi vuol dire non solo studiare l'impatto diretto che essa ha avuto su questi fattori, ma soprattutto riflettere sugli insegnamenti che possono assicurare in futuro una politica energetica più solida che permetta di sfruttare appieno il potenziale dell'energia nucleare senza rischi.

Bibliografia

1. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. "GUIDA TECNICA SULLE MISURE DI RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE". *ANPA*, 2002 https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/AGFTGTE0002_v2.pdf
2. AMANO Yukiya. *The Fukushima Daiichi Accident*. International Atomic Energy Agency, 2015.https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf
3. ARAI Fumio. Jūdai saigai-ji ni okeru media no yakuwari ― Tōkyōdenryoku fukushimadaiichigenshiryokuhatsudensho jiko-go ni okeru hōshasen kenkō higai risuku hōdō no kenshō 荒井文雄. *重大災害時におけるメディアの役割: 東京電力福島第一原子力発電所事故後における放射線健康被害リスク報道の検証*. Diss. KYOTO SANGYO UNIVERSITY, 2012.
4. Associazione Italiana Nucleare. https://associazi oneitalianan ucleare.it/fukushima-inizia-il-rilascio-dellacqua-trattata/
5. Atomic Archive. "Fukushima."Www.atomicarchive.com, www.atomicarchive.com/science/power/fukushima.html.
6. BBC. "Italy Nuclear: Berlusconi Accepts Referendum Blow." *BBC News*, 12 June 2011, www.bbc.com/news/world-europe-13741105
7. BELOLI, Alessandro. "Cos'è La Cintura Di Fuoco Del Pacifico, La Fascia Con Più Vulcani E Terremoti al Mondo." *Geopop*, 3 Jan. 2024, www.geopop.it/cose-la-cintura-di-fuoco-del-pacifico-la-fascia-con-piu-vulcani-e-terremoti-al-mondo/. Accessed 26 Nov. 2024.
8. BENOIT, Decout . "Tecnici Dell'Agenzia Giapponese per l'Energia Atomica Alla Ricerca Di Piante Contaminate Da Cesio Attorno Alla Centrale Di Fukushima Daiichi." Focus.it, 6 Mar. 2016 https://www.focus.it/ambiente/ecologia/fukushima-foreste-contaminate-greenpeace

9. BERTAGLIO, Andrea. “Vercelli, Pianosa E Sardegna. Ecco Le Aree Papabili per Il Nucleare Italiano.” Il Fatto Quotidiano, 15 Mar. 2011, www.ilfattoquotidiano.it/2011/03/15/v
10. *Board of Governors Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety*. 2013.
11. BOCHOVE Danielle, TAKADA Aya, CLARK Aaron “Japan Can’t Quit Its Coal Habit, Nine Years after Fukushima.” *MINING.COM*, 12 Mar. 2020, www.mining.com/web/japan-cant-quit-its-coal-habit-nine-years-after-fukushima/
12. Britannica. “Fukushima | Prefecture, Japan.” *Encyclopædia Britannica*, 2019, www.britannica.com/place/Fukushima-prefecture-Japan.
13. Brumfiel, Geoff. “Nuclear Agency Faces Reform Calls.” *Nature*, 26 Apr. 2011, https://doi.org/10.1038/472397a.
14. Bundesamt für Strahlenschutz. “Environmental Consequences of the Fukushima Accident: Radiological Situation in Japan.” *Federal Office for Radiation Protection*, 24 Nov. 2020, www.bfs.de/EN/topics/ion/accident-management/emergency/fukushima/environmental-consequences.html.
15. CARRA, Luca. “Gli Errori Umani Di Fukushima.” *Scienza in Rete*, 20 July 2012, www.scienzainrete.it/articolo/gli-errori-umani-di-fukushima/luca-carra/2012-07-20
16. Commissine delle Cominità Europee. “RAPPORTO SULL' INCIDENTE DELLA CENTRALE ELETTRONUCLEARE DI " THREE MILE - ISLAND"” 7 maggio. 1979. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:51979DC0238
17. CRAIG Nelson ““The Energy of a Bright Tomorrow”: The Rise of Nuclear Power in Japan | Origins: Current Events in Historical Perspective.” *Origins.osu.edu*, https://origins.osu.edu/article/energy-bright-tomorrow-rise-nuclear-power-japan
18. Daiichi World Nuclear Association “Fukushima: Background on Reactors - World Nuclear Association.” World-Nuclear.org, world nuclear.org/information-library/appendices/fukushima-reactor-background.
19. DAMON Embling. “Fukushima, 11 Anni Dopo: L’export Alimentare Torna a Volare.” *Euronews*, Euronews.com, 23 Mar. 2022, https://it.euronews.com/2022/03/23/fukushima-11-anni-dopo-il-disastro-nucleare-l-export-alimentare-torna-a-volare#:~:text=Il%20settore%20agricolo%20%C3%A8%20stato,%2C%20l'export%20%C3%A8%20ripreso.

20. DE ANGELIS, Ludovico. “Il Disastro Di Fukushima - INGVambiente.” *INGVambiente*, 5 Feb. 2024, https://ingvambiente.com/il-disastro-di-fukushima/#:~:text=Il%20disastro%20di%20Fukushima%20Dai,nucleare%20di%20Fukushima%20Dai%2Dichi.

21. DER SPIEGEL. “Response to Fukushima: Siemens to Exit Nuclear Energy Business.” *Spiegel.de*, DER SPIEGEL, 19 Sept. 2011, www.spiegel.de/international/business/response-to-fukushima-siemens-to-exit-nuclear-energy-business-a-787020.html.

22. DUSI, Elena. ““Chernobyl in Mano Ai Russi”. Si Combatte Attorno a 200 Tonnellate Di Scorie Nucleari.” La Repubblica, 24 Feb. 2022, https://www.repubblica.it/esteri/2022/02/24/news/chernobyl_in_mano_ai_russi_si_combatte_attorno_a_200_tonnellate_di_scorie_nucleari-339117392/

23. Enciclopedia Treccani. “Trizio.” *Treccani*, 2023, https://www.treccani.it/enciclopedia/trizio/

24. FINN, Carey. “Insights into the Coverage of the Fukushima Nuclear Crisis in Japan’s English- Language Newspapers.” *The Asian Conference on Media & Mass Communication 2015 Official Conference Proceedings*, 2015, https://papers.iafor.org/wp-content/uploads/papers/mediasia2015/MediAsia2015_18970.pdf

25. FUJIKAWA Ken. “Fukushima genpatsu jiko ni okeru higai kōzō to sono tokuchō. ” Kankyō shakai-gaku kenkyū, 藤川 賢. “福島原発事故における被害構造とその特徴 .” *環境社会学研究*, vol. 18, 20 Nov. 2012, pp. 45–59, www.jstage.jst.go.jp/article/jpkankyo/18/0/18_KJ00009391927/_article/-char/ja/, https://doi.org/10.24779/jpkankyo.18.0_45.

26. GINER, Cristina. in collaborazione con Il Ministero degli Affari Esteri del Giappone. “Dal Sake Ai Pomodori: Fukushima Rilancia I Propri Prodotti.” https://it.euronews.com/2023/03/24/dal-sake-ai-pomodori-fukushima-rilancia-i-propri-prodotti-con-inizative-innovative

27. Greenpeace Italy. “Fukushima, è Ancora Contaminato l’85% Dell’Area Speciale Di Decontaminazione. Greenpeace: “La Tabella Di Marcia per Lo Smantellamento Della Centrale Di Fukushima Daiichi è Irrealizzabile, Serve Un Nuovo Piano.”” *Greenpeace Italia*, 9 Dec. 2024, www.greenpeace.org/italy/comunicato-stampa/13203/fukushima-e-ancora-contaminato-l85-dellarea-speciale-di-

decontaminazione-greenpeace-la-tabella-di-marcia-per-lo-smantellamento-della-centrale-di-fukushima-daiichi-e-irrealizzabile/

28. *Greenpeace Japan. The Decontamination Myth and a Decade of Human Rights Violations*. Greenpeace Japan, 2021. https://www.greenpeace.org/japan/wp/wp-content/uploads/2021/03/ff71ab0b-finalfukushima2011-2020_web.pdf
29. GROSSI, Luigi, et al. "The Impact of the German Response to the Fukushima Earthquake." *Energy Economics*, vol. 66, 1 Aug. 2017, pp. 450–465, https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.07.010.
30. HAYAKAWA Yukio. *"Hōshasen osen to kenkō risuku hyōka: Fukushima Daiichi Genshiryoku Hatsudensho jiko"* 早川, 由紀夫. "放射線汚染と健康リスク評価: 福島第一原子力発電所事故". *Bulletin of Earth Science, Gunma University*, vol. XX, no. X, 2013
31. HIRAYAMA Ideo et al., fukushimadaiichigenshiryokuhatsudensho no jiko to monitaringuposutodēta genshiryokuhatsudenshojiko shoki de no monitaringuposuto no yakuwari 平山 英夫, 林 克己, 近藤 健次郎, 鈴木 征四郎, 岩永 宏平, 吉田 善行, 佐藤 修彰, 福島第一原子力発電所の事故とモニタリングポストデータ—原子力発電所事故初期でのモニタリングポストの役割—, RADIOISOTOPES, 2024, Volume 73, Issue 3, Pages 241-254, Released on J-STAGE September 03, 2024:https://www.jstage.jst.go.jp/article/radioisotopes/73/3/73_730302/_pdf/-char/ja
32. IAEA "The "Atoms for Peace" Agency." Www.iaea.org, 9 July 2014, www.iaea.org/about/about-iaea.
33. IAEA. "IAEA Sees Slow Nuclear Growth Post Japan - UPI.com." *UPI*, 23 Sept. 2011, www.upi.com/Business_News/Energy-Industry/2011/09/23/IAEA-sees-slow-nuclear-growth-post-Japan/UPI-87041316777856/
34. IAEA. Report on the Preliminary Fact Finding MissionFollowing the Accident at the Nuclear Fuel Processing Facility in Tokaimura Japan, Non-serial Publications, IAEA, Vienna (1999) http://www.iaea.org/publications/5957/report-on-the-preliminary-fact-finding-mission-following-the-accident-at-the-nuclear-fuel-processing-facility-in-tokaimura-japan

35. ICAN. “Hiroshima and Nagasaki Bombings.” *ICAN*, ICAN, 2018, www.icanw.org/hiroshima_and_nagasaki_bombings
36. ICRP. *2021 Annual Report*. Aug. 2022. https://www.icrp.org/admin/AnnualReport2021_v2.0.pdf
37. IFSN -. “Rapporto IFSN su Fukushima IV: Effetti radiologici”. Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN, (N.d.), https://www.ensi.ch/it/dossiers-4/rapporto-ifsn-su-fukushima-iv-effetti-radiologici/
38. Il Post “Cosa Successe a Fukushima.” *Il Post*, 11 Mar. 2021, www.ilpost.it/2021/03/11/fukushima-centrale-disastro/?utm
39. Il post. “Fukushima Fu “Un Disastro Causato Dall’uomo.”” Il Post, 5 July 2012, www.ilpost.it/2012/07/05/rapporto-parlamentare-fukushima/.
40. IMANAKA Tetsuji. " Cherunobuirigenpatsujiko no jissō kaimei e no takaku-teki apurōchi -- 20-nen o kikai to suru jiko higai no matome --." 今中哲二. "チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ--20 年を機会とする事故被害のまとめ--." *KUR REPORT OF KYOTO UNIVERSITY RESEARCH REACTOR INSTITUTE* 12 (2016): 1-236.
41. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Report on the Preliminary Fact Finding Mission Following the Accident at the Nuclear Fuel Processing Facility in Tokaimura, Japan, Non-serial Publications , IAEA, Vienna (1999) https://www.iaea.org/publications/5957/report-on-the-preliminary-fact-finding-mission-following-the-accident-at-the-nuclear-fuel-processing-facility-in-tokaimura-japan
42. IRCMS. “Visitors.” *IRCMS - Kumamoto University*, 2022, https://ircms.kumamoto-u.ac.jp/research/visitors/2019/05/dr-fumio-arai.html
43. JUN Tateno “10 Years after Fukushima: Are Japanese Nuclear Power Plants Safe?” *Bulletin of the Atomic Scientists*, 10 Mar. 2021, https://thebulletin.org/2021/03/10-years-after-fukushima-are-japanese-nuclear-power-plants-safe/
44. KAIZERA, Jakub, et al. “Assessment of Environmental Impacts from Authorized Discharges of Tritiated Water from the Fukushima Site to Coastal and Offshore Regions.” *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 278, 2024, Pp. 1-4 https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2024.107507.
45. KAKIHARA Tai, IMANAKA Tetsuji, YOSHIDA Yuuko, FUJIOKA Takeshi, YAMAUCHI Tomoya, ko tokushū genpatsu jiko-go no hōshasen kenkō eikyō

mondai: Cherunobuiri to Fukushima 柿原 泰, 今中 哲二, 吉田 由布子, 藤岡 毅, 山内 知也, 小特集 原発事故後の放射線健康影響問題: チェルノブイリと福島 Journal of History of Science, JAPAN, 2017-2018, Volume 56, Issue 283, Pages 5-, Released on J-STAGE January 10, 2021

46. KANAI Yoshiko. Posuto Fukushima to ōyō rinri-gaku- Fukushima de hibaku shita danjo no ripurodakutibu/ raitsu o megutte- **金井淑子**. ポスト・フクシマと応用倫理学 - 福島で被曝した男女のリプロダクティブ／ライツをめぐって- 2014,

47. KITADA Junko, ando HAYASHI Chikio. " Tōkaimurarinkaijiko ga kōshū no genshiryoku hatsuden ni taisuru taido ni oyoboshita eikyō." INSS J 7 (2000): 25 - 44 **北田淳子**, and **林知己夫**. "**東海村臨界事故が公衆の原子力発電に対する態度に及ぼした影響**." *INSS J* 7 (2000): 25-44. https://www.inss.co.jp/wp-content/uploads/2017/03/2000_7J025_044.pdf

48. KOPPENBORG, Florentine. “Nuclear Restart Politics: How the “Nuclear Village” Lost Policy Implementation Power.” *Social Science Japan Journal*, vol. 24, no. 1, 28 Dec. 2020, https://doi.org/10.1093/ssjj/jyaa046.

49. LAMORGESE, Stefano. “A tre anni dall'incidente, a Fukushima ancora problemi” “Rainews, 25 Mar. 2014, https://www.rainews.it/archivio-rainews/articoli/Bloccato-impianto-decontaminazione-Fukushima-401647fb-69d1-491d-8bc2-3ecbafc9d651.html

50. MARUHAMA Akira. " Gendai-shi gakushū no naka no kakumondai: Hiroshima Nagasaki, bikini jiken, genpatsu." Mateshisu uniu~erusarisu **丸浜昭**. "**現代史学習の中の核問題: 広島・長崎, ビキニ事件, 原発**." ***マテシス・ウニウェルサリス*** 23.2 (2022): 303-333. file:///C:/Users/universit%C3%A0/Downloads/P-095-Ma72-23(2)-11.pdf

51. MCCURRY, Justin. Davidson, Helen. “China Bans Japanese Seafood after Fukushima Wastewater Release.” *The Guardian*, 24 Aug. 2023, www.theguardian.com/environment/2023/aug/24/japan-begins-releasing-fukushima-wastewater-into-pacific-ocean

52. Ministry of the Environment. “Special Decontamination Areas and Intensive Contamination Survey Areas [MOE].” *Env.go.jp*, 2017, https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/09-01-

04.html#:~:text=Special%20Decontamination%20Areas%20are%20areas,government%20directly%20conducts%20decontamination%20work.

53. MORISHIMA yashige, et al. " Soren cherunobuirigenshiryokuhatsudensho jiko ni tomonau hōshaseikōkabutsu no kansoku (I)." Kinkidaigaku genshiryoku kenkyūjo nenpō 23 (1986): 7 - 19. 森嶋彌重, et al. "ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故に伴う放射性降下物の観測 (I)." *近畿大学原子力研究所年報* 23 (1986): 7-19.
54. NAKASE Tetsushi. " Tōkyōdenryoku no keiei-shi to genshiryokuhatsudenshojiko." Keiei kenkyū" (Ōsakaichiritsudaigaku) 66. 4 (2015): 153 - 184. 中瀬哲史. "東京電力の経営史と原子力発電所事故." *経営研究』(大阪市立大学)* 66.4 (2015): 153-184. https://dlisv03.media.osaka-cu.ac.jp/contents/osakacu/kiyo/DBa0660408.pdf
55. National Diet of Japan Fukush ASIA PACIFIC INITIATIVE ent Independent Investigation Commission (NAIIC). *Chapter 2: TEPCO and Its Governance*. https://apinitiative.org/GaIeyudaTuFo/wp-content/uploads/2022/04/Chapter2_en.pdf
56. NATSUME Takeshi. " Cherunobuirigenpatsujiko no kyōkun." Nihon shinrai-sei gakkaishi shinrai-sei 23. 2 (2001): 210. 夏目武. "チェルノブイリ原発事故の教訓." *日本信頼性学会誌 信頼性* 23.2 (2001): 210.
57. NEA, 2018 NEA Annual Report, OECD Publishing, Paris, 2019.
58. NEUMAN, Scott. "NPR Choice Page." *Npr.org*, 2019, www.npr.org/2019/09/19/762200650/japanese-court-acquits-former-utility-executives-over-2011-fukushima-disaster.
59. NIPPON. "The History of Nuclear Power in Fukushima." *Nippon.com*, 5 Aug. 2019, www.nippon.com/en/japan-data/h00508/the-history-of-nuclear-power-in-fukushima.html.
60. NOCERA, Mario. "Giappone: Storia Di Una Crescita Economica." *Ius in Itinere*, 28 Jan. 2019, www.iusinitinere.it/giappone-storia-di-una-crescita-economica-17545.
61. Nuclear Energy Agency. "NEA - Timeline for the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident." Www.oecd-Nea.org, 7 Mar. 2012, www.oecd-nea.org/news/2011/NEWS-04.html.
62. OHARA Toshimasa, et al. "Radioactive Environmental Pollution from the Fukushima Daiichi Nuclear Accident and Measures Towards Recovery – Advances in Environmental Research –." *Global Environmental Research*, vol. 20, no. 1&2, 2016

63. OSHITSUKI Noriyoshi. “Fukushima Poll: 74% Say Nuclear Disaster Work Not Promising | the Asahi Shimbun: Breaking News, Japan News and Analysis.” The Asahi Shimbun, 2021, https://www.asahi.com/ajw/articles/14216668
64. PARKINS, and JASANOFF, Sheila. *Technologies of Humility*. Nov. 2007. https://doi.org/10.1038/450033a
65. PIANA, Erio. “Museo Energia.” *Museoenergia.it*, 2024, https://museoenergia.it/museo.php?stanza=87&ppost=866
66. PODNIEDINSKI, Arkadiusz. “Nature Reclaims Fukushima: Photos Show Disaster Zone Now a Wilderness.” Metro, 8 Oct. 2015, metro.co.uk/2015/10/08/nature-reclaims-fukashima-photos-show-how-japanese-nuclear-disaster-zone-became- an-abandoned-wilderness-5428424/
67. Power Technology “Fukushima Nuclear Power Station, Japan.” *Power Technology*, 29 Jan. 2021, www.power-technology.com/projects/fukushima-daiichi/?cf-view.
68. Quotidiano Legale. “IL DISASTRO NUCLEARE DI FUKUSHIMA AVRÀ IMPATTI SULL’AMBIENTE per CENTINAIA DI ANNI. – QUOTIDIANO LEGALE.” *Quotidianolegale.it*, Mar. 2016, www.quotidianolegale.it/il-disastro-nucleare-di-fukushima-avra-impatti-sullambiente-centinaia-di-anni/?utm_source=chatgpt.com
69. Redazione Cultora. “Zygmunt Bauman E Il Significato Di Paura Nella Società Liquida.” *Cultora*, 17 Jan. 2022, https://www.cultora.it/zygmunt-bauman-e-il-significato-di-paura-nella-societa-liquida/
70. ResearchGate. “Long-term vulnerability of access to hemodialysis facilities in repopulated areas after the Fukushima Nuclear Disaster: A case report” - Scientific Figure on ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Geographical-map-of-Fukushima-Prefecture-The- map-is-colored-according-to-air-dose-rates_fig1_326481358
71. ROSEN, Alex. “Thyroid Cancer in Fukushima Children Increased 20-Fold.” Beyond Nuclear International, 23 May 2021, https://beyondnuclearinternational.org/2021/05/23/thyroid- cancer-in-fukushima-children-increased-20-fold/
72. SADA Tsutomu. " Han genpatsu undō no kōryū to sonogo genshiryoku o meguru yoron to hantai undō no hensen o tadoru." Nihon genshiryoku gakkaishi ATOMO S 51. 4 (2009): 244 - 248 佐田務. "反原発運動の興隆とその後 原子力をめぐる世論と反

対運動の変遷をたどる." *日本原子力学会誌 ATOMOΣ* 51.4 (2009): 244-248. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaesjb/51/4/51_244/_pdf/-char/ja

73. SANTANA, Wally . “Fukushima Nuclear Disaster Adds Only Small Health Risks, WHO Says.” Los Angeles Times, 28 Feb. 2013, https://www.latimes.com/health/la-xpm-2013-feb-28-la-heb- fukushima-health-risks-20130228-story.html
74. SASAHARA Koji. Fukushima Women Demand Better Protection for Children Exposed to Radiation. https://world.time.com/2011/11/03/fukushima-women-demand-better-protection-for-children-exposed-t o-radiation/
75. SATO Satoshi. *Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: From Plan-A to Plan-B, Now, from Plan-B to Plan-C*. Greenpeace Japan & Greenpeace East Asia. Marzo. 2021.
76. ScienceDaily. “News Coverage of Fukushima Disaster Minimized Health Risks to General Population.” *ScienceDaily*, 2015, www.sciencedaily.com/releases/2015/03/150311124202.htm
77. Smith, Bardwell L. *Narratives of Sorrow and Dignity: Japanese Women, Pregnancy Loss, and Modern Rituals of Grieving*. 2013, Oxford, England.
78. SUGAWARA Junichi. “The Tohoku Medical Megabank Project: Design and Mission”. Journal of Epidemiology, Feb. 7, 2010, www.researchgate.net/figure/Location-of-Iwate-Prefecture-Miyagi-Prefecture-and-Fuk
79. SUZUKI Y, et. al., *Bull World Health Organ, 2015* http://dx.doi.org/10.2471/BLT.14.146498
80. Tavolo Tecnico istituito nell'ambito del GdL SIGU di Citogenetica-Citogenomica . *Diagnosi Genetica Preimpianto -PGT Raccomandazioni SIGU 2017 per La Pratica Clinica.* 9 Aug. 2017.
81. TEPCO “Our Responsibilities to Fukushima | TEPCO.” Www.tepco.co.jp, www.tepco.co.jp/en/hd/responsibility/index-e.html.
82. TEPCO “TEPCO : Notification and Reporting Status at the Time of the Accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station.” *Tepco.co.jp*, 2016, www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2016/1270801_7763.html.
83. TEPCO *The 4th Progress Report on the Investigation and Examination of Unconfirmed and Unresolved Issues on the Development Mechanism of the Fukushima Daiichi Nuclear Accident*. 2015. https://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu15_e/images/151217e0101.pdf

84. TEPCO. “History | TEPCO.” Www.tepco.co.jp, www.tepco.co.jp/en/hd/about/corporate/history-e.htmlNEUMAN, Scott . “NPR Choice Page.” Npr.org, 2019, www.npr.org/2019/09/19/762200650/japanese-court-acquits-former-utility-executives-over-2011-fukushima-disaster
85. TEPCO. *New Comprehensive Special Business Plan*. 2014. https://www.tepco.co.jp/en/corpinfo/ir/tool/presen/pdf/140115_1-e.pdf
86. The Economist. “Gauging the Pressure.” *The Economist*, 28 Apr. 2011, www.economist.com/business/2011/04/28/gauging-the-pressure
87. Time and Date. “Past Weather in Fukushima, Japan — March 2011.” *Time and Date*, 2024, www.timeanddate.com/weather/@4692355/climate, https://doi.org/1004254/tadcom_300x600
88. Tōkyōdenryoku kabushikigaisha. ” Fukushima genshiryoku jiko chōsa hōkoku-sho < gaiyō-ban >” 東京電力株式会社.” 福島原子力事故調査報告書 ＜概要版＞” (2012) https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident_investigation/pdf/120620j0301.pdf
89. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2020/2021 Report, Volume I.* United Nations, 20 Sept. 2023.
90. WHO. “Global Report on Fukushima Nuclear Accident Details Health Risks.” *Www.who.int*, 28 Feb. 2013, https://www.who.int/news/item/28-02-2013-global-report-on-fukushima-nuclear-accident-details-health-risks
91. Wikipedia it.wikipedia.org/wiki/File:Emperor_Showa_visit_to_Joban_Coalfield_in_1947
92. World Health Organization. *Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation*. World Health Organization, 2013.
93. World Nuclear Association “Fukushima: Background on Reactors - World Nuclear Association.” *World-Nuclear.org*, https://world-nuclear.org/information-library/appendices/fukushima-reactor-background
94. World Nuclear Association “Tokaimura Criticality Accident 1999 - World Nuclear Association.” *World-Nuclear.org*, 6 Oct. 2020, https://world-nuclear.org/information-

library/safety-and-security/safety-of-plants/tokaimura-criticality-accident#:~:text=The%201999%20Tokaimura%20accident%20occurred,the%20electricity%20production%20fuel%20cycle.

95. World Nuclear Association. "Fukushima Daiichi Accident." *World-Nuclear.org, 29* Apr. 2024, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident
96. World Nuclear Association. "Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 2024, https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power#reactor-development-1970-onwards
97. World Nuclear Association. "Nuclear Power in Japan - World Nuclear Association." https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power
98. World Nuclear Association. "Safeguards to Prevent Nuclear Proliferation - World Nuclear Association." *World-Nuclear.org*, 6 May 2021, https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/non-proliferation/safeguards-to-prevent-nuclear-proliferation
99. World Nuclear News. "New Japanese Regulator Takes over - World Nuclear News." Www.world-Nuclear-News.org, 19 Sept. 2012, www.world-nuclear-news.org/Articles/New-Japanese-regulator-takes-over.

Bibliografia delle tabelle elaborate dall’autore

1. Tabella tratta da Time and Date. “Past Weather in Fukushima, Japan — March 2011.” *Time and Date*, 2024, https://doi.org/1004254/tadcom_300x600.
2. Elaborazione dell'autore basata su NAKASE Tetsushi. " Tōkyōdenryoku no keiei-shi to genshiryokuhatsudenshojiko."中瀬哲史. "東京電力の経営史と原子力発電所事故."