

DISASTRI ED EROISMI NELL'ANTROPOCENE

Capitolo 7

Capitolo 7

Fukushima: storia di eroi coraggiosi e autorità sleali

di Cristina Balzarini; Francesco Graziani; Mariarosaria Iannelli; Michele Marrone; Davide Minafra; Giuseppe Rotunno

Di fronte a una disgrazia non è sufficiente rimanere calmi. Quando sopraggiunge la sventura, il samurai deve rallegrarsene e andare avanti con coraggio.

Yamamoto Tsunetomo

1. Introduzione

1.1. L'investimento del governo giapponese sul nucleare

Il programma nucleare giapponese venne lanciato nel 1955 quando il Giappone approvò ufficialmente la legge sull'energia atomica, che stabiliva i criteri per lo sviluppo pacifico della tecnologia nucleare e che portò all'inaugurazione del primo impianto di Tokai nel 1966 (Valentine S.V., Sovacool B.K., 2010). Per facilitarne lo sviluppo, il governo giapponese incaricò, per la parte tecnica e di commercializzazione a lungo termine, le tre maggiori imprese nucleari del paese: Tokyo, Kansai e Chubu. Inoltre, dal 1975 al 2001 impiegò circa 2 miliardi all'anno per la ricerca in ambito nucleare, promuovendo un processo di ricerca mai visto prima, basato sul più grande numero pro capite di ricercatori, scienziati, ingegneri e tecnici.

Perché il nucleare si è diffuso così rapidamente in Giappone malgrado le ferite?

Se si pensa all'effetto del nucleare sul Giappone, non si possono non citare i bombardamenti di Hiroshima e Nagasaki da parte degli Stati Uniti durante la II guerra mondiale, che sancirono l'epilogo del conflitto, nonché la completa distruzione delle due città, con la morte di circa 200 mila civili. A questo punto, sorge spontaneo chiedersi come sia possibile che, dopo la sconfitta, il Giappone abbia detto di sì al nucleare. La risposta è insita nelle radici più profonde della cultura giapponese, all'interno del *Bushido* ossia il codice di condotta morale adottato dai Samurai, la casta guerriera giapponese. Questo comprende, non solo norme di disciplina militare, ma anche norme di comportamento morale, riadattando i principi del Buddismo e del confucianesimo a quelli dei samurai. Tali valori, che devono essere perseguiti fino alla morte, sono: onestà e giustizia (Gi), eroico coraggio (Yu), compassione (Jin), gentile cortesia (Rei), completa sincerità (Makoto), onore (Meiyo), dovere e lealtà (Chugi). Dunque, nonostante i Giapponesi siano stati sconfitti dagli Stati Uniti per mezzo delle armi nucleari, non disprezzarono mai il vincitore bensì lo presero come esempio per migliorarsi.

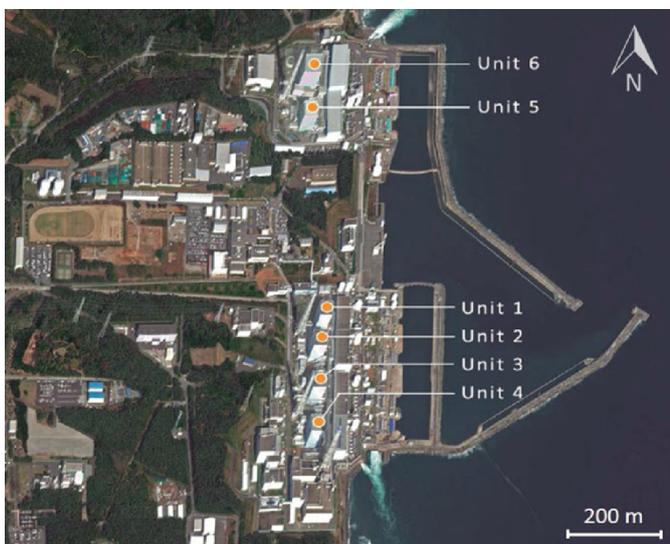
In Giappone la tecnologia nucleare veniva considerata sia un prodotto di esportazione, sia un mezzo per rendere la nazione indipendente energeticamente. Infatti, il 95% delle scorte di energia veniva importato e, oltre all'Italia, nessun altro paese aveva una dipendenza così elevata dal prodotto esterno. Questo, però, avrebbe potuto rendere il Giappone schiavo di un mercato energetico

altamente instabile, motivo per cui il governo garantì il suo pieno sostegno. Quindi, per decenni l'espansione del nucleare venne percepita come una necessità strategica per migliorare la sicurezza energetica nazionale, riducendo i costi. Un altro aspetto che rafforzò lo sviluppo del nucleare fu la firma del "Protocollo di Kyoto", attraverso il quale vennero definiti i principi cardini per rendere effettivo l'impegno contro i cambiamenti climatici, in primis, la riduzione dei GES (gas a effetto serra) tra cui CO₂, N₂O, metano e gli idrofluorocarburi. Una soluzione fu certamente quella di produrre fonti energetiche a basso o nullo contenuto di carbonio e, a tal proposito, l'energia nucleare ebbe un ruolo fondamentale dal momento che, non utilizza come materia prima i combustibili fossili, bensì un combustibile nucleare: l'Uranio. Un altro aspetto importante fu il monitoraggio strategico dei media. Infatti, era presente un controllo serrato da parte del principale partito politico giapponese, il partito liberal democratico (PLD), sulla diffusione di notizie che avrebbero potuto mettere in luce gli aspetti pericolosi del nucleare.

Tuttavia, l'incidente nucleare di Fukushima dell'11 marzo 2011 sollevò nuovamente, ma con una consapevolezza più ampia e più intensa, la preoccupazione che il largo impiego dell'energia nucleare potesse avere più rischi che benefici rispetto all'utilizzo di altre fonti energetiche. Questo portò ad un'intensificazione delle proteste pubbliche contro il nucleare. Anche l'incidente di Windscale del 1957, quello di Three Miles Island del 1979 e il disastro di Chernobyl del 1986 generarono grande preoccupazione, che sfociò in proteste pubbliche finalizzate al convincimento da parte di alcuni paesi europei ad abbandonare l'utilizzo di questo tipo di energia. Fu però il disastro di Fukushima a rappresentare il primo grande incidente nucleare nell'era del mondo televisivo globale e della diffusione di informazioni tramite internet e i social media (Srinivasan T.N., Gopi Rethinaraj T.S., 2013).

1.2. Struttura e funzionamento della centrale di Fukushima Daiichi

La centrale di Fukushima è costituita da sei unità di generazione di potenza localizzate sulla costa orientale del Pacifico giapponese a 225 km a Nord-est di Tokyo (**Figura 1**). I vari reattori sono posizionati a diverse centinaia di metri dalla linea della costa, ad un'altitudine di circa 10 metri. Inoltre, quando vennero costruiti nel 1960, gli ingegneri abbassarono il terreno di 25 metri in modo da ancorare gli edifici dei reattori direttamente al basamento roccioso sottostante. Tale stratagemma permetteva di proteggerli dai terremoti ma, allo stesso momento, li rendeva vulnerabili agli tsunami e, per questo, il sito fu circondato da dighe marittime alte 5,7 metri. Tuttavia, analizzando i fatti della strage risulta evidente che la previsione fatta durante la fase progettuale fu del tutto errata, dal momento che le onde raggiunsero i 14 metri.



are gli edifici dei reattori direttamente al basamento roccioso sottostante. Tale stratagemma permetteva di proteggerli dai terremoti ma, allo stesso momento, li rendeva vulnerabili agli tsunami e, per questo, il sito fu circondato da dighe marittime alte 5,7 metri. Tuttavia, analizzando i fatti della strage risulta evidente che la previsione fatta durante la fase progettuale fu del tutto errata, dal momento che le onde raggiunsero i 14 metri.

Fig. 1: posizionamento dei reattori nella centrale di Fukushima (Martin, George P., 2019).

Al centro di ogni reattore (ad ebollizione di acqua, simili a delle pentole a pressione) è presente un certo numero di gruppi combustibili (UO_2 con punto di fusione a $3000\text{ }^\circ\text{C}$) sotto forma di piccoli cilindri, inseriti in un tubo rivestito da zircaloy (lega di zirconio) che, grazie alla sua duttilità, rigidità e resistenza alla corrosione, conferisce alla lega migliori qualità meccaniche. Questi gruppi combustibili sono sfruttati in un processo di fissione nucleare, durante il quale i nuclei degli atomi di uranio vengono bombardati da un fascio di neutroni ad elevata energia. Quando il neutrone impatta sul nucleo dell'atomo di uranio lo divide in due nuclei più piccoli e, da questa divisione, si ha sia il rilascio di energia sotto forma di calore che lo sviluppo di altri neutroni che, a loro volta, potrebbero dividere altri atomi secondo il processo di "reazione a catena nucleare". Il calore prodotto dalla fissione contribuisce al riscaldamento dell'acqua prelevata dalle pompe che, portata ad ebollizione, sviluppa vapore il quale viene successivamente convogliato in delle turbine da cui si ricava elettricità. Il vapore è poi raffreddato e trasformato nuovamente in acqua attraverso un processo di condensazione e quest'ultima sarà successivamente riportata indietro per essere nuovamente riscaldata dal combustibile nucleare. Il tutto avviene ad una temperatura di circa $250\text{ }^\circ\text{C}$. Quanto appena riportato rappresenta il processo che avveniva all'interno di ogni singolo reattore nucleare della centrale (**Figura 2**). Oltre a generare energia, il processo di fissione nucleare emette anche radiazioni ad elevata intensità che non devono assolutamente entrare a contatto con l'uomo, poiché causano gravi alterazioni del DNA fino a condurre alla morte.

In conclusione, gli aspetti positivi del nucleare si possono riassumere in:

- Produzione di una grande quantità di energia;
- Non produzione di gas serra;
- Indipendenza energetica a basso costo.

A questi si affiancano gli aspetti negativi ossia:

- Rischio di incidenti alle centrali, come quello di Fukushima;
- Emissione di scorie radioattive.

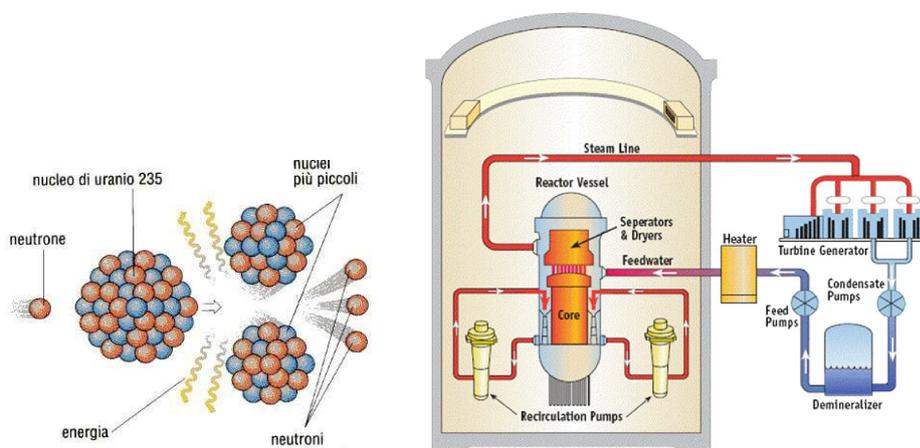


Fig. 2: processo di fissione nucleare e funzionamento del reattore (Martin, George P., 2019).

2. Fatti e cause

2.1. Terremoto

11 marzo 2011

Ore 14:46, al largo delle coste nord-orientali del Giappone, nella regione di Tohoku, a 30 km di profondità, la terra tremò: una scossa di magnitudo 9 con epicentro a soli 178 km dalla centrale nucleare di Fukushima (**Figura 3**).

Appena avvertita la prima scossa l'impianto venne messo in una modalità di emergenza dando il via allo spegnimento controllato. Purtroppo, l'intervento non fu sufficiente ad evitare un danno alla centrale: il terremoto causò l'interruzione delle linee elettriche che la alimentavano con conseguente blocco del funzionamento dei reattori ad acqua bollente (boiling water reactor, ossia che usano acqua leggera come moderatore e come liquido termovettore).

Come meccanismo di sicurezza, infatti, al momento della rilevazione delle scosse, il sistema di emergenza posizionò delle barre di controllo nel nocciolo così da bloccare la reazione di fissione nucleare. Il grosso problema rimaneva lo smaltimento delle enormi quantità di calore residuo prodotto dalla fissione che, generalmente, avviene grazie ad un sistema di raffreddamento ad acqua. A Fukushima, però, questo processo fu impedito da una seconda disgrazia ambientale (www.youtube.com).



Fig. 3: epicentro del terremoto rispetto alla centrale.

2.2. Tsunami e disastro nucleare

11 marzo 2011

Alle 14:55 il governo giapponese diffuse l'allarme di uno Tsunami, pochi minuti dopo un'onda alta 13 metri si abbatté violentemente sulla costa travolgendo la diga dell'impianto di Fukushima e lasciando numeri spaventosi a testimonianza del loro passaggio: almeno 15.700 i morti, oltre 4.600 i dispersi, 130 mila gli sfollati, 332 mila gli edifici abbattuti e migliaia di strade, ponti e ferrovie distrutte dalla forza dell'acqua. Il governo si trovò così costretto a procedere con l'evacuazione dell'intera città, compresi i lavoratori della centrale, ma con l'eccezione di una squadra di emergenza che volontariamente decise di rimanere per fornire il proprio aiuto: "i 50 di Fukushima". Il loro contributo fu fondamentale poiché il maremoto causò l'allagamento dei sotterranei della centrale, dove persero la vita due operai, e un blackout che fece piombare nell'oscurità le sale di controllo. A questo si aggiunse un malfunzionamento del sistema di raffreddamento dei reattori che provocò il surriscaldamento dell'acqua e del combustibile (contenuto all'interno di barre di zirconio), con conseguente produzione di grandi quantità di vapore e di idrogeno. La squadra di tecnici cercò così di mantenere sotto controllo la pressione nei reattori tramite l'utilizzo di generatori portatili, strategia che permise di ridurre la pressione nel reattore 1 che stava crescendo a dismisura.

Alle ore 23:00 nella sala di controllo del reattore 1 si registrò un livello di radioattività mille volte superiore al normale. Mezz'ora dopo, il premier Naoto Kan chiese l'evacuazione entro un'area di 10 km dalla centrale.

12 marzo 2011

Alle 10:16 il direttore della centrale diede ordine di procedere al raffreddamento dei reattori 2 e 3 tramite l'utilizzo di acqua di mare.

Successivamente, alle 15:36 si ebbe una nuova scossa seguita dall'esplosione dell'edificio del reattore 1. A causa del danneggiamento del reattore i livelli di radiazioni aumentarono bruscamente e si iniziò, dunque, a temere che il materiale radioattivo fuoriuscito potesse ricadere a terra con la pioggia.

14 marzo 2011

Il 14 marzo ci fu l'esplosione del reattore 3 e 4. Intanto, continuarono i processi di raffreddamento dei reattori tramite l'utilizzo di mega-idranti ed elicotteri che prelevavano acqua di mare per riversarla sui reattori (**Figura 4**).

18 marzo 2011

Venne dichiarato il passaggio del livello di gravità dell'incidente nucleare da 4 a 5 secondo la scala INES (International Nuclear and Radiological Event Scale).

Gregory Hartl, portavoce OMS afferma: «Un raggio di evacuazione di 30 km è sufficiente. Comprendo le paure di chi abita nella zona, ma oltre 30 km, secondo le prove finora raccolte, così come per le aree metropolitane di Yokohama e Tokyo, i rischi per la salute sono minimi».

19 marzo 2011

I livelli di radiazioni vennero definiti dal governo giapponese "relativamente alti" in tutta la regione. Intanto, il ministero della scienza effettuò dei controlli in 28 zone che si estendevano in un raggio da 30 a 60 km intorno a Fukushima: A Namie, cittadina 30 km a nord, vennero registrati 136 microsievert per ora, un valore assolutamente spropositato. Si tenga, infatti, in considerazione che, secondo la K.C. Nakagawa della Tokyo School of Medicine, se una persona rimane esposta a un livello di radiazioni così alto, anche per un breve periodo di tempo, gli effetti sulla salute potrebbero essere estremamente dannosi (www.lifegate.it).

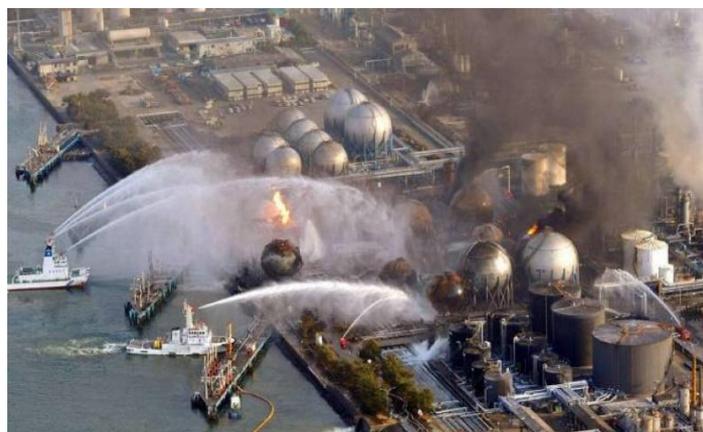


Fig. 4: processo di raffreddamento dei reattori con acqua di mare.

3. Conseguenze

3.1. Conseguenze ambientali

L'incidente nucleare di Fukushima è considerato ad oggi il più grave disastro nucleare del XXI secolo. Allo stato attuale, è ancora quasi impossibile avere dettagli sulle condizioni dei materiali presenti all'interno dei reattori poiché, a causa delle altissime temperature e della quantità di radiazioni emanate, gli esseri umani non possono avvicinarsi agli impianti e, inoltre, anche i robot usati per le ricognizioni si rompono a causa delle condizioni ambientali. Di conseguenza, spesso il lavoro viene svolto con l'ausilio di modelli matematici/statistici basati sui pochi dati raccolti. L'impianto produce attualmente 100 tonnellate di acqua contaminata al giorno, usata per tenere sotto controllo la temperatura dei reattori. Quest'acqua viene lentamente depurata di tutti i contaminanti, ad eccezione di una bassa concentrazione del relativamente innocuo trizio, e rilasciata in seguito nell'oceano.

Insieme all'incidente di Chernobyl del 1986, Fukushima è l'unico disastro nucleare ad essere stato classificato con il livello 7 della Scala INES, il massimo livello possibile corrispondente ad un "incidente catastrofico". Si possono, però, trovare delle differenze nel rilascio di materiale radioattivo tra i due disastri: come si può osservare nella figura sottostante, gli unici materiali radioattivi il cui rilascio avvenne in maniera maggiore o comparabile rispetto al disastro ucraino sono stati i gas nobili, in particolare lo ^{133}Xe e, di particolare importanza, risulta anche la quantità rilasciata del prodotto di fissione nucleare ^{131}I (Figura 5). Per quanto riguarda tutti gli altri prodotti radioattivi, il rilascio fu di svariati ordini di grandezza inferiore rispetto a Chernobyl. Dunque, ciò che spinse le autorità ad attribuire al disastro di Fukushima il livello 7 fu lo sversamento di grandi quantità di radionuclidi nelle acque dell'Oceano Pacifico.

| Atmospheric Radiological Releases (unit in PBq). | | | |
|--|-------------------|---|-----------|
| Radionuclides | | FDNPP | Chernobyl |
| | | Release | Release |
| Noble gas | ^{133}Xe | 6000–12000 | 6500 |
| | ^{85}Kr | 6.4–32.6 | 33 |
| Volatile FPs | ^{137}Cs | 7–20 | ~85 |
| | ^{131}I | 100–400 | ~1760 |
| Low volatile FPs | ^{90}Sr | 3.3×10^{-3} – 0.14 | ~10 |
| | ^{106}Ru | 2.1×10^{-6} | >73 |
| | ^{140}Ba | 1.1–20 | 240 |
| Others | ^{144}Ce | 0.011 | ~50 |
| | ^{238}Pu | 2.4×10^{-6} – 1.9×10^{-5} | 0.015 |
| | ^{241}Pu | 3.3×10^{-7} – 1.2×10^{-3} | ~2.6 |

Fig. 5: confronto tra il rilascio di materiale radioattivo nel disastro di Fukushima (FDNPP) e in quello di Chernobyl (Song J., 2020).

Nonostante la maggior quantità rilasciata rispetto ad altri radionuclidi, ^{133}Xe ha un'emivita di soli 5 giorni e ^{131}I di 8 giorni quindi, ad una settimana dal disastro, le quantità fuoriuscite erano già dimezzate. Al contrario, il prodotto di fissione nucleare ^{137}Cs è un materiale altamente volatile che si distribuì a grande distanza dalla centrale nucleare, anche fino a 200 km dal sito. L'emivita del ^{137}Cs è, purtroppo, di 30 anni. Ad oggi, quindi, a nove anni dal disastro, siamo ancora ben lontani dal

raggiungimento del dimezzamento per questo isotopo. Nei giorni successivi alla tragedia le autorità misero in atto lo sfollamento di tutti i residenti entro 20 km dalla centrale nucleare e, negli anni seguenti, vennero avviate procedure di decontaminazione ambientale. Queste procedure, tutt'ora in atto, hanno come obiettivo la riduzione delle quantità di radiocesio presente nelle aree selezionate: è noto, infatti, che il ^{137}Cs si distribuisce, inizialmente sulla superficie dei terreni e, in seguito, si accumula negli strati argillosi poco sotto la superficie, ai quali si lega fortemente. L'obiettivo è, quindi, quello di rimuovere quanto più possibile questi strati superficiali in diverse tipologie di aree: terreni agricoli, foreste, strade e aree urbane. Ad oggi, tali procedure sono riuscite a ridurre la radioattività nelle diverse aree, in un range tra il 30 e l'80% a seconda della tipologia (**Figura 6**). Nonostante questi incoraggianti risultati, alcune criticità sono ancora irrisolte: Cristina Balzarini; Francesco Graziani; Mariarosaria Iannelli; Michele Marrone; Davide Minafra; Giuseppe Rotunno te. Ad esempio, il distretto di Fukushima è composto per il 70% da foreste, ma solo le aree vicino le abitazioni, entro 20 metri, vengono decontaminate. Questo può comportare un rischio di redistribuzione della radioattività associata a piogge, vento o all'azione della fauna selvatica.

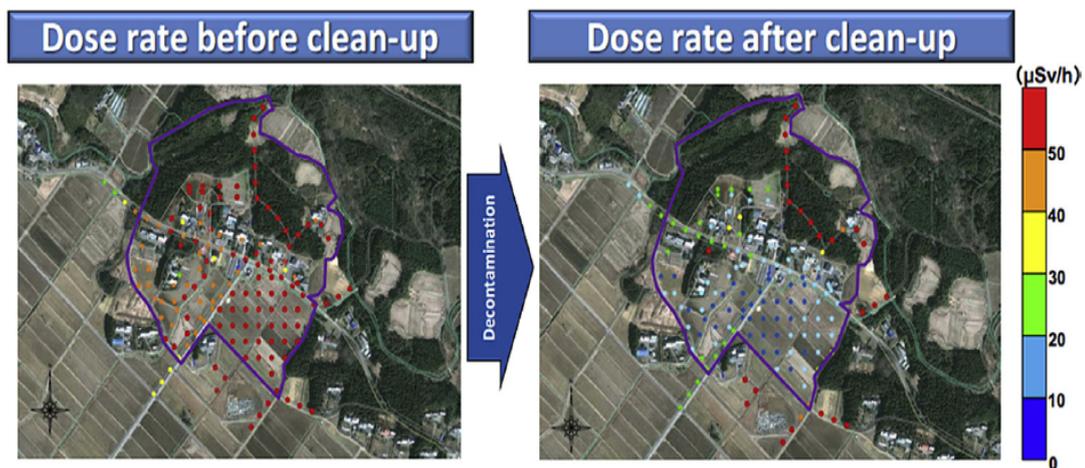


Fig. 6: riduzione della radioattività mediante decontaminazione (Hardie S.M.L., McKinnly I.G., 2014).

Nonostante siano passati relativamente pochi anni, i dati raccolti finora riguardo le implicazioni dell'incidente nucleare sulla salute della popolazione sono incoraggianti. I rapporti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano come non ci furono vittime da esposizione acuta alle radiazioni nei giorni successivi all'11 marzo 2011. Infatti, monitoraggi della popolazione residente nei dintorni di Fukushima non evidenziarono aumenti significativi di aborti spontanei, morte perinatale, malformazioni fetali o disturbi cognitivi nei neonati. Stessi risultati vennero ottenuti anche per due dei tumori più radiogenici: la leucemia e il tumore alla mammella. Tuttavia, fa eccezione l'incidenza al tumore alla tiroide nella fascia d'età sotto i 18 anni, per il quale rimane ancora un certo livello di incertezza nei dati e, dunque, saranno ancora necessari anni di studi e monitoraggi. Non bisogna dimenticare comunque che, per i 172 lavoratori della centrale, per i quali venne accertata l'esposizione a dosi massicce di radiazioni, è probabile aspettarsi un incremento del rischio di sviluppare una qualche forma tumorale. Inoltre, livelli oltre il limite consentito di iodio e cesio radioattivi furono trovati in alcune derrate alimentari nei periodi successivi all'incidente nucleare e, per questo motivo,

vengono costantemente effettuati monitoraggi della contaminazione del cibo da parte delle autorità giapponesi con il supporto dell'OMS e della FAO (Food and Agriculture Organization). Nonostante questi dati facciano ben sperare, bisogna sempre tenere in conto la possibile influenza delle autorità giapponesi nella scelta delle informazioni veicolate all'esterno del Paese. Infatti, l'assenza di chiarezza e oggettività nelle comunicazioni ufficiali del governo giapponese fu un tema ricorrente nella gestione dell'incidente di Fukushima (www.who.int).

Alla luce dei dati sopracitati, le maggiori ripercussioni per la popolazione riguardarono principalmente il piano psicologico e la qualità della vita. La gente residente nel distretto di Fukushima, infatti, dovette subire la rilocalizzazione, la rottura sia del tessuto sociale in cui viveva, a seguito della perdita di casa e lavoro, sia in parte dei legami familiari. A marzo 2020, delle oltre 160 mila persone originariamente evacuate, più di un quarto viveva ancora lontano dalle proprie case in alloggi temporanei, poiché hanno difficoltà ad uscire dal "limbo" in cui da anni si trovano. Ad esempio, nonostante il villaggio di Nahara fosse stato dichiarato abitabile, dopo quattro mesi solo il 6% della popolazione tornò a viverci, un risultato sorprendente considerando lo stereotipo del popolo giapponese che segue alla lettera e con totale fiducia gli ordini impartiti dall'alto. Questo si deve, in parte allo scetticismo della popolazione sulla reale sicurezza delle zone decontaminate e in parte alla mancanza di infrastrutture (scuole, negozi, ospedali).

A seguito del disastro nucleare, si rilevò, inoltre, una elevata mortalità nelle persone anziane a causa della riduzione delle cure mediche e dello stress post-rilocalizzazione. Anche nella fascia d'età adulta si ebbe un aumento di disturbi da stress post-traumatico e depressione post-partum nelle donne. Problematiche simili colpiscono anche i bambini, nei quali vennero riscontrati iperattività e disordini comportamentali ed emotivi (www.theconversation.com).

In conclusione, saranno necessari anni per ritornare ad una situazione di normalità nel distretto di Fukushima e molto lavoro ci sarà da fare sia dal punto di vista ambientale che psico-sociale.

Conseguenze economiche

L'incidente nucleare di Fukushima fu solo una parte di un problema nazionale ben più grave. Non bisogna scordare, infatti, che si trattò dell'ultimo tassello di un processo a catena che coinvolse un terremoto di magnitudo 9, seguito dallo tsunami più grande mai registrato, che si abbatté quasi senza preavviso sull'area più densamente popolata e industrializzata del mondo. Lo tsunami causò la morte di 20 mila persone, oltre 10 milioni di sfollati, 1300 km² di terreni allagati e città distrutte, a cui si aggiunsero 1700 km² di aree contaminate dalla fuoriuscita di materiale radioattivo. I costi derivati dal solo incidente nucleare furono altissimi per il Giappone e non deve sorprendere che la ricrescita economica post-11/3 nel distretto di Fukushima sia, ancora oggi, più bassa che nel resto del Paese (www.forbes.com).

Prima dell'incidente il Giappone otteneva il 30% della sua richiesta energetica dal nucleare e la centrale di Fukushima-Daiichi aveva una posizione strategica di rilievo, essendo il maggior fornitore di energia elettrica per la capitale Tokyo. Proprio per questo, la decisione di chiudere tutte le oltre 50 centrali nucleari del Paese (anche se solo 15 a rischio tsunami) comportò la necessità di sostituire la richiesta energetica con altre fonti. La scelta cadde sui combustibili fossili anziché sulle fonti di energia rinnovabili. Attualmente il Giappone spende 200 miliardi di dollari l'anno in combustibili fossili, di cui è diventato il terzo massimo importatore dopo Cina e India (**Figura 7**). Inoltre, mentre il resto del

mondo sta lentamente rinunciando allo sfruttamento del carbone come fonte energetica (la più inquinante e nociva tra tutte), il governo giapponese ha avviato la creazione di numerose centrali a carbone, contrastando gli impegni ambientali di taglio delle emissioni di gas serra precedentemente presi. Le conseguenze di queste scelte, dunque, non si ripercuoteranno solo sull'ambiente ma anche sulla salute stessa dei cittadini: paradossalmente, le decisioni messe in atto dopo il disastro di Fukushima potrebbero avere un impatto sulla salute delle persone più grave del disastro nucleare in sé (www.nytimes.com).

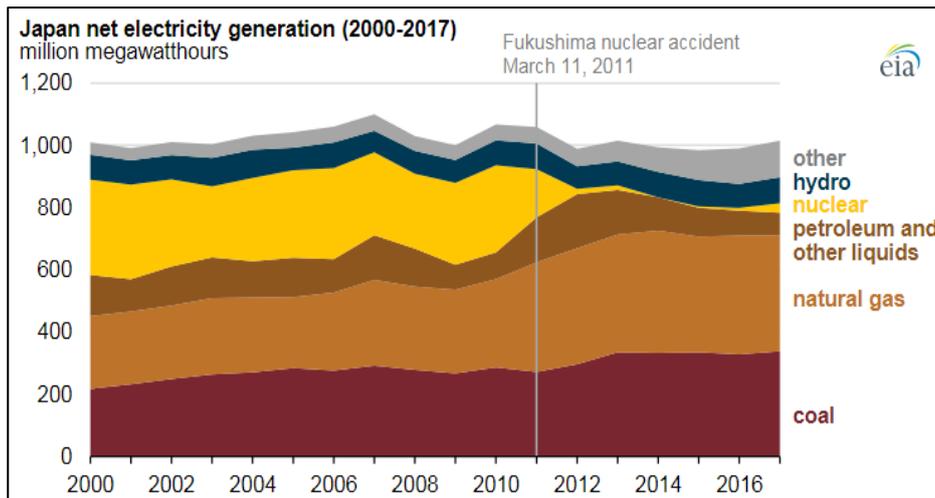


Fig. 7: fonti di energia in Giappone.

Nel 2018 l'apporto energetico delle fonti rinnovabili nel paese era del 17%, ben al di sotto della media europea. In contrasto con le decisioni economiche prese dal governo giapponese, il distretto di Fukushima decise, invece, di puntare totalmente sul rinnovabile come fonte energetica. L'ambizioso piano di costruire 11 impianti fotovoltaici e 10 impianti eolici dovrebbe portare il distretto alla copertura del 100% del proprio fabbisogno elettrico ed energetico entro il 2040. Come si può notare dalla figura sottostante, negli ultimi anni il solare è stata la fonte di energia rinnovabile ad evidenziare il trend di crescita più positivo (**Figura 8**).

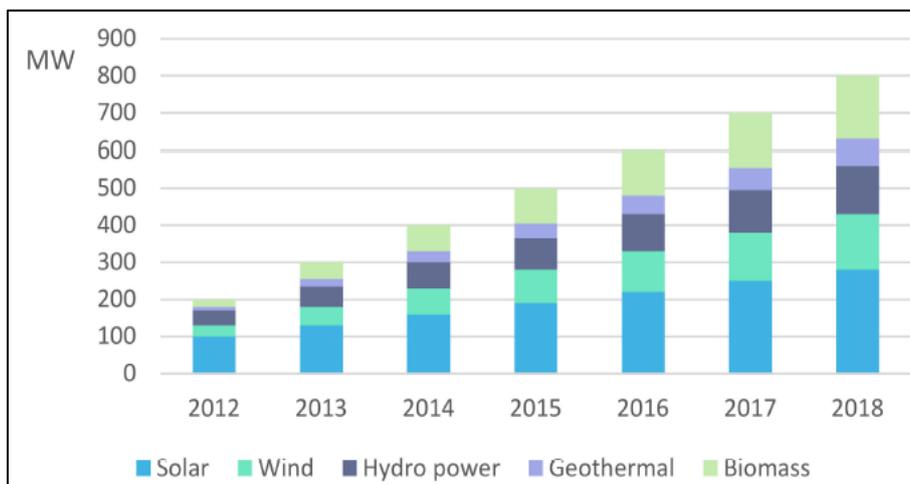


Fig. 8: utilizzo delle fonti di energia rinnovabili nel distretto di Fukushima (Zhang H., 2019).

Un interessante vincolo posto dalle autorità è che tutti i profitti ottenuti dalle fonti di energia rinnovabili debbano essere reinvestiti in attività all'interno del distretto. Questo significa che le energie rinnovabili potranno fungere da trampolino di lancio per la ricrescita economica dell'area e per la creazione di nuovi posti di lavoro.

Intervista a Pio d'Emilia, giornalista di Sky Tg24

D: Quale futuro prevede per il nucleare in Giappone e nel resto del mondo?

R: La tendenza dei paesi industrializzati e quindi anche del Giappone è quella di uscire dal nucleare. Oggi l'energia nucleare a scopi pacifici non conviene più. È vero che quando tutto va bene è un'energia tra le più pulite che esistano e soprattutto è un'energia rinnovabile a costi bassissimi (una volta fatto l'investimento iniziale, è quasi gratis), ma basta un incidente (anche di dimensioni minori rispetto a Fukushima, Three Miles Island o Chernobyl) per cambiare tutta la situazione. Se si considerano i costi di gestione di un'emergenza, o i costi di deposito e messa in sicurezza delle scorie nucleari, anche un popolo poco "emotivo" come quello tedesco ha deciso di uscire dal nucleare, semplicemente facendosi quattro conti. Nonostante il kilowattora prodotto con il nucleare ha costi irrisori rispetto a quello prodotto con carbone o idroelettrico, se una turbina o una diga crollano fanno danni contingentati. Fukushima, Three Miles Island o Chernobyl hanno fatto danni di una rilevanza economica, sanitaria e psicologica enorme. Quindi secondo me il Giappone ha deciso già da anni di uscire dal nucleare. Non lo annunciano perché stanno dando tempo alle loro aziende di prepararsi, riciclarsi e svendere i reattori a paesi come Laos, Turchia, Polonia, esattamente come gli USA hanno svenduto al Giappone negli anni '50 i loro reattori più obsoleti. Paradossalmente il nucleare conviene o è addirittura indispensabile ai paesi poveri o in via di sviluppo, perché sono loro ad avere bisogno di energia "a basso prezzo" assumendosi anche dei rischi.

3.2. Conseguenze internazionali: iniziative e procedure di controllo attuate dai vari stati che sfruttano energia nucleare

Il disastro di Fukushima ha avuto forti ripercussioni non solo in Giappone ma anche a livello internazionale, soprattutto per ciò che riguarda la scelta nei diversi paesi di utilizzare il nucleare come fondamentale risorsa energetica. In seguito al tragico evento alla centrale di Fukushima ci furono, in molte parti del mondo, specialmente in Europa, numerose manifestazioni di protesta contro i pericoli derivanti dall'utilizzo del nucleare come risorsa energetica.

3.2.1. Il nucleare in Europa

In **Francia**, circa 5 mila antinuclearisti si riunirono nei pressi della centrale di Fessenheim, la più vecchia centrale nucleare francese situata in Alsazia a 50 km dal confine con Svizzera e Germania, dove decisero di attuare uno sciopero della fame. Dopo anni di proteste dei movimenti ecologisti francesi, svizzeri e tedeschi, il 22 febbraio del 2020 venne spento il primo reattore e, pochi mesi dopo, ci fu la chiusura totale della centrale con lo spegnimento del secondo ed ultimo reattore. Il vasto fronte antinuclearista era preoccupato non solo per l'alto rischio di incidenti in un impianto ormai obsoleto, ma anche perché l'area in cui venne costruita rientrava in una zona sismica (www.repubblica.it). La

Francia, ad oggi secondo Paese al mondo per numero di reattori in funzione, prevede la chiusura di 14 dei suoi 58 reattori nucleari entro il 2025, con l'intenzione di far scendere la quota attuale di impiego di energia nucleare (pari al 70%) al 50% entro il 2035, puntando su un approvvigionamento maggiormente differenziato tra biogas ed eolico (www.anteritalia.org; www.world-nuclear.org).

Una reazione più decisa è stata quella della **Germania**: il governo di Angela Merkel, sulla scia del disastro di Fukushima, ordinò l'arresto immediato di 8 dei 17 reattori in uso, prevedendone la chiusura graduale entro il 2022. Ad oggi, infatti, sono solo sette le centrali ancora in funzione ma, entro la data stabilita, anche quest'ultime saranno bloccate. Nel marzo 2011 in molte città tedesche, tra cui Amburgo, Monaco e Berlino, decine di migliaia di persone hanno manifestato per chiedere la chiusura delle centrali nucleari. Nella capitale tedesca il corteo vide la partecipazione di più di 100 mila persone. Inoltre, nel 2013, venne approvata una legge per destinare le scorie radioattive, quantificabili in 28 mila metri cubi, delle centrali dismesse in un luogo di deposito. A tal fine, un team di tecnici è tutt'ora al lavoro per trovare un luogo adatto in Germania dove le scorie (attualmente conservate in container) possano essere depositate e contenute per un periodo di tempo estremamente lungo (milioni di anni). Questa soluzione ha generato, però, le resistenze dei cittadini, preoccupati dalla presenza delle scorie potenzialmente letali nel loro territorio. L'obbiettivo è quello di completare la costruzione del deposito entro il 2050 e di riempirlo con le scorie tra il 2090 e il 2100 (www.video.corriere.it). Ad oggi, circa un terzo dell'elettricità prodotta in Germania deriva dal carbone e oltre il 35% dalle energie rinnovabili (eolico, solare e biomasse). Questi dati rappresentano un segno tangibile della transizione energetica che il paese ha avviato verso un sistema a zero emissioni di carbonio. Entro il 2030, infatti, la Germania punta a ottenere il 65% dell'elettricità prodotta dalle fonti energetiche rinnovabili. Nonostante i forti investimenti in altri tipi di energia degli ultimi anni, il paese tedesco resta il maggiore emettitore di gas a effetto serra dell'Unione Europea (www.valigiablu.it). Interessante fu anche la reazione dei cittadini in **Italia**: il 31 marzo 2011, durante il Governo Berlusconi, furono abrogate le disposizioni di legge approvate nel biennio 2008-2010 che deliberavano il ritorno ad edificare impianti atomici sul proprio territorio e per le quali venne fatto un referendum abrogativo. Tale referendum vide la popolazione esprimersi per la cancellazione delle norme che avrebbero consentito la produzione di energia elettrica nucleare sul territorio nazionale. Il quesito venne approvato con un quorum di circa il 54% di votanti e una maggioranza di oltre il 94%, questo sancì la chiusura del nuovo programma nucleare (web.archive.org).

3.2.2. Il nucleare nel mondo

Tra i paesi con il maggior numero di reattori nucleari in funzione troviamo: al primo posto gli USA (99 reattori attivi), al secondo la Francia e al terzo la Cina (**Figura 9**).

Proprio gli **Stati Uniti**, in seguito al disastro di Fukushima, reagirono rafforzando le misure di sicurezza per le proprie centrali nucleari. Anche il presidente Obama, nonostante le pressioni a favore di un progressivo disimpegno nella scelta nucleare provenienti da esponenti del suo stesso partito, smentì che l'incidente giapponese potesse rallentare la ripresa nucleare americana, assicurando che le centrali americane fossero assolutamente sicure. La World Nuclear Association (WNA), in un aggiornamento di agosto 2014, evidenziò come la maggioranza del popolo americano considerasse ancora gli

impianti nucleari sicuri e protetti, sebbene preferisse come fonte di energia una combinazione tra nucleare, carbone, solare ed eolico (www.fukushima.com). Il primo dei Paesi che intervenne in aiuto del Giappone durante il disastro di Fukushima furono proprio gli Stati Uniti: con la “Operazione Tomodachi” (in giapponese “amicizia”) fornirono un piano assistenziale importante in compartecipazione con il governo giapponese. L’intervento americano aiutò a distendere gli animi e fu di grande supporto per il popolo giapponese, ma servì anche a porre le basi per avviare un periodo di tregua nei rapporti tra i militari americani e la popolazione giapponese, che spesso protestò contro le basi americane sul territorio, e determinò una ripresa del dialogo tra i due stati dopo un periodo di tensioni (Brasor F., 2011).

Oltre agli Stati Uniti, anche la **Cina** perseguì le sue politiche energetiche in favore del nucleare nonostante i drammatici eventi di Fukushima. Secondo quanto riportato dall’Agenzia Internazionale per l’Energia Atomica, nel 2011 la Cina disponeva di 13 centrali attive mentre 28 erano in costruzione: dopo l’incidente giapponese, Pechino spese 30 miliardi di yuan (4,7 miliardi di dollari) per migliorare la sua industria nucleare. Il disastro di Fukushima ha determinato, tuttavia, un rallentamento nello sviluppo dell’industria nucleare cinese, principalmente per problemi di natura finanziaria: la costruzione di reattori con caratteristiche di sicurezza potenziate e sistemi di raffreddamento più efficienti, volti a scongiurare un disastro simile a Fukushima, richiede investimenti molto elevati (energiaoltre.it). La GlobalData Plc prevede che, entro il 2022, la Cina sorpasserà la Francia diventando secondo produttore di energia nucleare al mondo e quattro anni dopo conquisterà il primo posto scalzando gli Stati Uniti (energiaoltre.it).

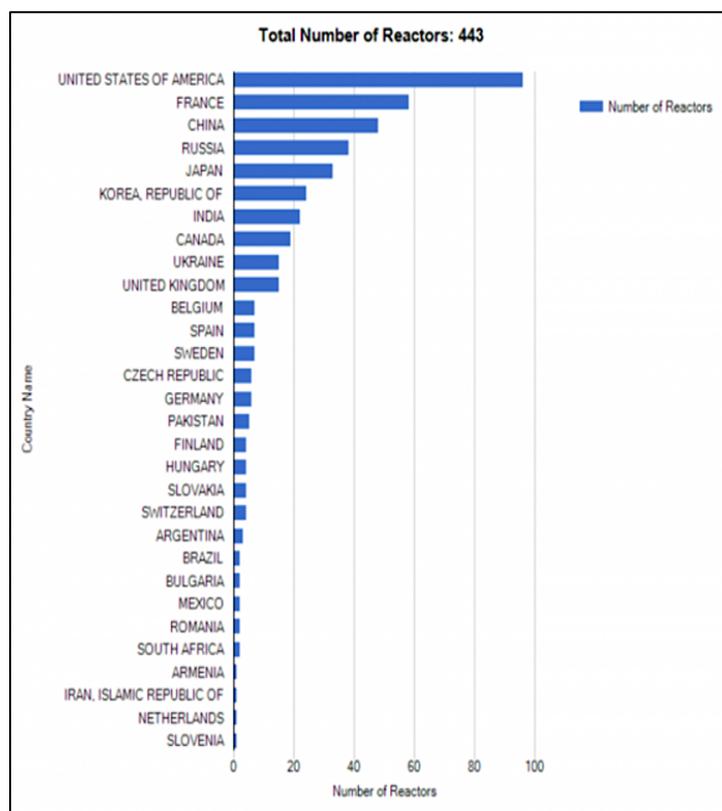


Fig. 9: numero attuale di reattori attivi nei vari paesi del mondo.

Intervista a Pio d'Emilia, giornalista di Sky Tg24

D: Cosa ne pensa dell'operazione Tomodachi ad opera degli USA e ci furono altri atti di collaborazione in favore del Giappone?

R: L'Operazione Tomodachi ha avuto dei lati molto negativi perché gli americani furono i primi a imporre il divieto di transito entro 80 km dal luogo dell'incidente, bloccando anche l'autostrada, creando non pochi problemi alle persone impegnate nell'evacuazione e impedendo di fatto l'aiuto da parte dei soldati nei confronti della popolazione giapponese. All'epoca, abbiamo denunciato la lentezza di intervento del Giappone che, nonostante fosse la seconda/terza potenza mondiale, dimostrò la sua inefficienza decisionale, probabilmente a causa della confusione che si creò a livello della catena di comando. L'aspetto che più colpisce dell'intera vicenda fu la mancanza di solidarietà interna, a parte quella della mafia, la Yakuza. Essa si rilevò decisiva per portare gli aiuti alla popolazione colpita, proprio per lo stretto rapporto che c'era con la parte più povera del popolo giapponese, un rapporto quasi "romantico". Infatti, un po' come la prima Mafia siciliana, la Yakuza si poneva come una specie di "Robin Hood", che rubava allo stato avido e arrogante per dare ai più poveri delle campagne e zone rurali. Adesso, come in Italia e nel resto del mondo, si sta trasformando sempre più in crimine vero e proprio. Anche se, ad oggi, c'è ancora la tradizione, nelle zone più povere e rurali, che se un contadino o allevatore dovesse subire un furto di bestiame o danni dopo un'alluvione, vada a far ricorso all'oyabun (letteralmente padrino), il quale provvederà alla risoluzione del problema, colmando il vuoto istituzionale determinato dallo Stato.

4. Aspetti prevenibili ed evitabili

Analizzando le cause del disastro nucleare di Fukushima, ad una prima analisi, potrebbe sembrare evidente che queste siano attribuibili principalmente alle due calamità naturali, il terremoto e il successivo tsunami, che l'11 marzo 2011 devastarono il Giappone. Tuttavia, soffermandosi su alcuni aspetti di questa tragedia, si può facilmente notare che le cause dell'incidente sono invece strettamente correlate anche ad altri fattori, primo fra tutti l'incompetenza di alcuni uomini.

4.1. Conformazione geografica

Il Giappone è un arcipelago in cui sono presenti vulcani attivi, è, infatti, situato nella cosiddetta "cintura di fuoco" e tale collocazione geografica lo rende particolarmente soggetto a terremoti e tsunami. Per queste ragioni e per la sua elevata densità abitativa è tecnicamente un territorio inadatto ad ospitare centrali nucleari e depositi per le scorie radioattive. Ciononostante, il Giappone, prima del disastro di Fukushima, era al terzo posto mondiale per la produzione di energia derivata dalla fissione nucleare, con i suoi 54 reattori installati in 22 impianti (www.sites.google.com). L'enorme investimento del Giappone sul nucleare va ricondotto al programma americano "Atoms for Peace" e a campagne mediatiche che promossero l'uso pacifico del nucleare scacciando i "demoni" di Hiroshima e Nagasaki (Tanaka Y., Kuznick P.J., 2011; Yamashita K., 2015).

4.2. Comunicazione

A complicare le cose in questa triste vicenda ci fu una scarsa ed inadeguata comunicazione. Infatti, durante gli attimi che seguirono lo tsunami, le notizie che giunsero dai media e dalle fonti governative furono vaghe e contraddittorie, con il chiaro proposito di tranquillizzare la popolazione e la comunità internazionale. Inoltre, la stampa estera non aiutò a fare chiarezza: anche gli USA minimizzarono l'accaduto, in quanto fautori e venditori della tecnologia nucleare. Al contrario la Francia, produttrice di reattori nucleari di nuova generazione e in cerca di nuovi compratori, parlò di apocalisse.

4.3. Il rapporto Kurokawa

Nel 2012 fu pubblicato il *“The national diet of Japan: the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission”*, il cosiddetto *“Rapporto Kurokawa”*, che approfondisce il tema della causalità ed evitabilità dell'incidente nucleare di Fukushima. All'interno del rapporto risulta chiaro l'atto di accusa verso la TEPCO (Tokyo Electric Power Company) e tutti gli enti regolatori giapponesi quali la NSC (Nuclear Safety Commission) e la NISA (Nuclear and Industrial Safety Agency), oltre al governo, in particolare il METI (Ministry of Economy, Trade and Industry).

«L'incidente della centrale nucleare di Fukushima fu il risultato della collusione tra il governo, i regolatori e la TEPCO e la mancanza di governance da parte di questi. Hanno effettivamente tradito il diritto della nazione di essere al sicuro dagli incidenti nucleari. Pertanto, concludiamo che l'incidente è stato chiaramente "causato dall'uomo". Riteniamo che le cause profonde fossero i sistemi organizzativi e normativi che supportavano motivazioni errate per decisioni e azioni, piuttosto che questioni relative alla competenza di qualsiasi individuo specifico» (Kurokawa K. et al., 2012).

4.4. TEPCO ed enti regolatori

Il progetto della centrale, vecchio di 40 anni, si basava su studi e conoscenze non accurate. I dati del tempo, infatti, non avevano catalogato quell'area come zona ad alto rischio sismico, sicuramente perché, fino ad allora, non vi furono eventi sismici di particolare importanza. Tutto ciò permise di ricorrere a misure di sicurezza più tolleranti e ridurre i costi di costruzione. Nel 2006 la TEPCO e i regolatori erano pienamente a conoscenza dei problemi dell'impianto e, soprattutto, della scarsa altezza del muro di contenimento che misurava poco meno di 6 metri. Inoltre, la TEPCO venne avvisata della possibilità di una perdita totale di energia elettrica nel caso in cui l'acqua fosse penetrata negli impianti, in quanto i generatori diesel di emergenza sarebbero stati sommersi. Anche la NISA era al corrente di tutto ciò, ma non fece nulla per mettere in sicurezza la centrale, mentre la TEPCO si limitò a posticipare gli interventi al 2016, quando sarebbero dovuti avvenire nel 2009 (Nagamine I. et al., 1999). Inoltre, la TEPCO non solo non apportò le modifiche necessarie per prevenire un eventuale disastro nucleare, ma non istituì nemmeno protocolli di sicurezza speciali per informare e formare i lavoratori su come si sarebbero dovuti comportare in caso di un evento simile. Tale disinformazione e l'assenza a Fukushima dei due principali vertici della TEPCO il giorno del disastro creò una

grande confusione tra gli operatori, il che rese ancora più difficile il contenimento dei danni alla centrale.

4.5. Governo

All'interno di questo contesto, anche il governo fallì nel dare informazioni adeguate ai cittadini riguardanti i rischi nocivi dell'esposizione alle radiazioni, violando il diritto della popolazione di ricevere notizie chiare e certe così da poter valutare autonomamente il rischio. Inoltre, il giorno del disastro, il governo non dichiarò prontamente l'emergenza nucleare, ma ci vollero diverse ore. Addirittura, solo il 20% dei residenti delle città prossime alla centrale vennero informati tempestivamente dell'incidente, quelli a cui fu dato l'ordine di evacuare poiché si trovavano entro il raggio di 3 km dalla centrale. Contrariamente, gli abitanti delle città che si trovavano ad un raggio di 10 km lo seppero dopo oltre 12 ore. Anche gli ordini di evacuazione furono tardivi e contraddittori: sopra i 20 km di raggio dalla centrale l'evacuazione fu classificata come volontaria ma agli abitanti non venne data nessuna assistenza e nessun consiglio su quale fosse la cosa più opportuna da fare. Un altro fattore che causò grande confusione nella diffusione delle informazioni e degli ordini fu la scelta del governo di non contattare il Nuclear Emergency Response Local Head-Quarters per discutere sulle procedure da mettere in atto, come prevedeva il protocollo, ma direttamente i vertici della TEPCO e il sito della centrale. Inoltre, il presidente Naoto Kan, contro ogni protocollo, si recò al sito della centrale causando disordine e confusione e rallentando la manovra di *venting* (processo di scarico delle valvole finalizzato alla riduzione della pressione nei reattori con conseguente fuoriuscita di vapore) (Kurokawa K. et al., 2012).

4.6. L'evento era sia prevenibile che evitabile

Alla luce di quanto detto sopra, appare chiaro che la principale causa del catastrofico evento di Fukushima fu l'uomo il quale, accecato dal guadagno e dallo sviluppo tecnologico, mise in secondo piano la salute dei cittadini, ignorando le caratteristiche del territorio giapponese e la predisposizione a subire eventi catastrofici. Gli enti giapponesi fallirono totalmente nella prevenzione e nell'attuazione delle misure di emergenza e, inoltre, la mancanza di protocolli di sicurezza crearono confusione e panico tra i lavoratori della centrale. In parallelo, la TEPCO, nonostante la gravità della situazione, non esitò ad anteporre gli interessi economici a quelli della sicurezza dei lavoratori nonché dei cittadini. A dimostrazione di quanto appena riportato vi è un evento lampante in cui la stessa società, preoccupata del danno che l'acqua di mare avrebbe causato ai costosi macchinari, cercò in tutti i modi di impedire il suo utilizzo nel processo di raffreddamento dei reattori.

L'incompetenza e l'imprudenza dell'uomo furono, fortunatamente, compensate dal caso: al momento del terremoto nel reattore 4 si stavano eseguendo delle operazioni di sostituzione del carburante esausto e, quando l'impianto venne bloccato, le barre incandescenti fecero bollire ed evaporare l'acqua necessaria per il loro raffreddamento. Incredibilmente, la valvola che separava le due vasche cedette, permettendo l'ingresso di acqua che raffreddò il carburante e impedì il *melt-down*.

5. Atti di eroismo e attivismo

5.1. I “50 di Fukushima”: samurai moderni

All'interno di questo scenario di profonda tristezza e devastazione non possono passare in secondo piano le azioni eroiche di uomini che hanno dato al Giappone, e più in generale al mondo intero, l'atto più generoso che si possa chiedere ad un essere umano: rischiare la propria vita per salvare quella degli altri. Una scelta che chiunque riconoscerebbe come eroica e di grande coraggio, o forse non tutti... questo è ciò che è accaduto ai “50 di Fukushima”. Il termine indica un gruppo di 50 persone, tra operai, tecnici e ingegneri che, nei giorni più critici del disastro nucleare, esposti ad altissimi livelli di radiazioni, lavorarono ininterrottamente alla centrale per contenere il rischio maggiore: il collasso dei reattori e le fughe di radiazioni (www.lifegate.it). Un'impresa estremamente pericolosa ma ritenuta altrettanto doverosa da questi 50 samurai che fecero dell'onore il loro caposaldo e obiettivo di vita. Guidati in ogni loro azione dalle leggi riportate nel codice *Bushido*, che letteralmente significa “la via del guerriero”, non temerono di andare incontro alla morte poiché l'onore gli imponeva di essere sempre fedeli alla parola data e alle promesse fatte, ossia lottare con tutte le loro forze per evitare l'esplosione dei reattori. Per un samurai, infatti, la resa non è contemplata: una volta scelto di agire non ci si può tirare indietro. Questo grande atto di coraggio si può ricollegare alla pratica “zen” a cui i samurai vengono sottoposti per “liberare” la mente dal corpo, permettendogli così di allontanare definitivamente la paura della morte (**Figura 10**) (www.manuelmarangoni.it).

«Ogni giorno, con il corpo e con la mente rilassati dovrete contemplare mentalmente queste scene: di venire squarciati dalle frecce, dai colpi di fucile, da lance e spade; di venire trascinati dalle onde impetuose o gettati in mezzo a un fuoco divampante; di essere dilaniati dal fulmine e di venire travolti da un tremendo terremoto; di cadere da un precipizio altissimo; di morire di malattia o di fare seppuku (sventramento) in seguito alla morte del signore. Ogni giorno, senza permettervi la minima trascuratezza o negligenza dovrete considerarvi morti. Un detto degli antichi dice: «Appena esci di casa, annoverati tra i morti; appena dietro al portone, avverti la presenza del nemico». In certi casi, non è questione di attenzione o di cautela. È che, piuttosto, dovrete considerarvi morti già prima del tempo» (Tsunetomo Y., 1906).



Fig. 10: porta Rossa-Torii: rappresenta la separazione tra la vita reale e quella spirituale.

Di questa missione eroica, però, si sa ben poco, così come nessuno parla delle condizioni di salute della squadra: «Al giornalista dell'*Economist* che ha avvicinato un manager TEPCO per chiedere di poter loro fare un'intervista è stato risposto che è “impossibile”». Forse, il vivere nell'ombra è una

scelta personale di questi uomini che, sentendosi parte di un'organizzazione che non è stata in grado di prevenire e poi limitare i danni di un disastro nucleare, credono di aver fallito. O forse, è la TEPCO che impone loro di restare nascosti per evitare che la verità su ciò che realmente è accaduto in quei giorni alla centrale di Fukushima venga a galla (www.giornalettismo.com). D'altra parte, sono ancora molti i dubbi sui dati riportati dalla TEPCO relativi alle condizioni di salute, non solo dei "50 di Fukushima", ma anche di tutti gli altri operai che lavorarono nell'impianto nelle settimane successive a quelle del disastro. Nel dicembre 2011, infatti, la TEPCO fornì alle autorità giapponesi dei dati estremamente ottimistici sul rischio per i lavoratori di sviluppare il tumore alla tiroide, associato all'inhalazione di elevate quantità di ¹³¹I. Dopo numerose critiche ed esortazioni a condurre studi più dettagliati, la società fornì all'Organizzazione Mondiale della Sanità i risultati di un controllo effettuato su 20.000 lavoratori, da cui emerse che più del 10% di questi lavorò in un ambiente che presentava livelli di radiazioni superiori ai 100 millisivert, valore percentuale dieci volte superiore a quello precedentemente fornito (Akashi M. et al., 2013).

Tutto quanto riportato rafforza l'idea che, probabilmente, le condizioni di salute e i nobili sacrifici di questi 50 eroi resteranno per sempre un tabù.

5.2. Masao Yoshida: il grande comandante della "battaglia"

Di fronte a una disgrazia non è sufficiente rimanere calmi.

Quando sopraggiunge la sventura, il samurai deve rallegrarsene e andare avanti con coraggio.

Un'attitudine simile differisce radicalmente dalla rassegnazione.

Questo è ciò che afferma il detto: "Quando le acque salgono, la barca fa altrettanto».

Tsunetomo Y., 1906

Masao Yoshida, laureato alla facoltà di Ingegneria di Tokyo, divenne direttore della centrale di Fukushima pochi mesi prima del disastro nucleare e ricoprì, con grande onore, il suddetto ruolo per soli nove mesi. A dicembre 2011, infatti, gli venne diagnosticato un cancro all'esofago che lo costrinse ad abbandonare l'incarico (www.repubblica.it).

Da quel fatidico 11 marzo 2011, Yoshida divenne il simbolo della forza giapponese, infatti, fu lui che, nonostante la consapevolezza dei rischi che avrebbe corso se fosse restato alla centrale anche dopo le prime esplosioni, v: il primo giorno della tragedia, alla centrale nucleare di Fukushima, si ebbe un'interruzione totale della corrente elettrica causata dal violento terremoto e dal successivo tsunami. Di conseguenza ci fu un blocco del raffreddamento dei reattori e, quindi, un aumento spropositato del riscaldamento dei combustibili nucleari che, se non controllato, avrebbe avuto come esito una devastante esplosione. Yoshida prese così una decisione drastica, che si rivelò successivamente cruciale per salvare un'intera nazione: inviare la sua squadra di tecnici negli edifici dei reattori per procedere al raffreddamento degli stessi utilizzando acqua di mare, cosa che non sarebbe stata possibile qualche ora dopo a causa di un incremento repentino dei livelli di radiazioni negli edifici (**Figura 11**). L'atto eroico del direttore è riconosciuto principalmente nell'essere stato in grado di prendere una decisione così delicata in un momento fatidico, opponendosi al volere della TEPCO che,

preoccupata del danno irreparabile che l'acqua di mare avrebbe provocato all'impianto, ordinò di temporeggiare finché non si fosse trovata una soluzione alternativa (Gagliardi M., 2015).



Fig. 11: operazione di prelievo dell'acqua di mare.

Nonostante il grande atto di coraggio che evitò la catastrofe, il direttore della centrale non si definì mai un eroe ma semplicemente una persona che fece il suo dovere: «*La nostra principale preoccupazione era di trovare un modo per stabilizzare l'impianto*», e ancora: «*Non potevamo andare via*». Queste sono le dichiarazioni che Yoshida rilasciò nella prima intervista concessa alla televisione, dopo più di un anno dalla tragedia, a dimostrazione che fu il senso del dovere a spingere quest'uomo d'onore a sacrificare la sua vita (www.repubblica.it).

Pochi mesi dopo il disastro nucleare, per Yoshida iniziò il calvario della malattia, che lo condusse fino alla morte l'11 luglio 2013. Secondo le dichiarazioni rilasciate dalla TEPCO, non dovrebbe esserci alcuna correlazione tra il cancro all'esofago e l'esposizione del direttore alle radiazioni poiché, in genere, sono necessari dai 5 ai 10 anni affinché la malattia si manifesti (st.ilsole24ore.com). Tuttavia, non ci sono evidenze scientifiche che possano confermare tali dichiarazioni poiché, sono molte le variabili che devono essere prese in considerazione quando si parla di correlazione tra cancro e radiazioni ionizzanti: «*Diversi studi hanno ormai confermato che anche bassi livelli di esposizione possono dare origine alle trasformazioni delle cellule che portano allo sviluppo del cancro. La quantificazione di questo rischio, tuttavia, è molto complessa: dipende infatti da diversi fattori, come la dose a cui si è esposti e la durata dell'esposizione, il tipo di radiazione, le aree del corpo irradiate e l'età in cui si è entrati in contatto con le radiazioni*» (www.airc.it).

Le cause della morte dell'ex direttore della centrale resteranno, dunque, un altro dei tanti misteri di questa catastrofica vicenda.

5.3. Lavorare oggi a Fukushima

Parlando della vicenda di Fukushima e di atti eroici risulta spontaneo, come prima cosa, pensare a quegli uomini valorosi che, nei giorni più critici della vicenda, si trovavano in prima linea per dare il loro contributo al contenimento del danno nucleare. Considerando però che ancora oggi si stanno effettuando processi di bonifica della centrale, che andranno avanti ancora per decenni, non può di certo essere trascurato l'operato dei tecnici che, quotidianamente, si espongono alle radiazioni per

portare avanti questo lavoro di smantellamento dei reattori. Si tratta di 6000 operai che ogni giorno vedono i propri diritti umani essere violati, che mettono a rischio la loro salute senza ottenere un equo risarcimento economico, che si recano su un posto di lavoro estremamente pericoloso senza che gli venga fornita una corretta formazione in ambito di radioprotezione. Nessuno vorrebbe quindi lavorare oggi a Fukushima ma qualcuno lo deve pur fare, qualcuno che accetterebbe di tutto pur di guadagnarsi da vivere, ed è proprio su questo che il governo giapponese fa leva (www.ilfattoquotidiano.it).

«Sempre più persone saranno esposte alle radiazioni, sia residenti che lavoratori. A loro non interessa nulla di noi lavoratori. Come testimone che è stato sul luogo, voglio far sapere al mondo cosa sta succedendo. Vorrei invitare il governo giapponese a rispettare la salute dei lavoratori e a smettere di inviare persone a svolgere questi lavori pericolosi e anche a fornire un adeguato risarcimento per i lavoratori» (Testimonianza di Minoru Ikeda, ex lavoratore di decontaminazione a Fukushima) (Burnie et al., 2019).

5.4. Il movimento “Sayonara Genpatsu” contro il nucleare

In un paese colpito da un disastro nucleare, dove le persone vivono nella paura delle conseguenze, dove i processi di decontaminazione della centrale non potranno fermarsi prima di una decina di anni poiché, ancora oggi, a distanza di tanto tempo dalla tragedia, si ha un costante rilascio di radiazioni in aria e in mare, non può che esserci stata una reazione dei cittadini nei confronti dell'utilizzo dell'energia nucleare. Questo diede il via a una serie di manifestazioni tra le quali, risulta particolarmente interessante ricordare il movimento “Sayonara Genpatsu” (addio al nucleare) nato come conseguenza alla volontà del premier conservatore Shinzo Abe di riaprire, a soli due anni dal disastro di Fukushima, gran parte dei reattori presenti sul territorio giapponese che erano stati bloccati dopo lo scoppio della centrale (**Figura 12**). Si tratta di una forte opposizione popolare al ritorno al nucleare che vide coinvolte più di 170 mila persone chiamate a raccolta dal premio Nobel per la letteratura Oe Kenzaburo. *«Presidente ascolta la nostra voce! No alla riattivazione delle centrali», «Più che il denaro conta la vita. Perché dobbiamo mettere in pericolo le nostre vite solo per l'elettricità?»*. Questo è il messaggio che il popolo giapponese voleva far passare al suo premier (www.china-files.com).

La lotta contro il nucleare non fu vana, infatti, come confermato dal Dottor d'Emilia nell'intervista condotta, il Giappone prese la decisione di uscire dal nucleare già diversi anni fa, nonostante siano ancora nove i reattori attivi in tutto la nazione. Questo si deve al fatto che il processo richiede parecchio tempo poiché si vuole permettere alle ultime centrali ancora attive di organizzarsi (svendita delle risorse etc.). Tutto ciò dimostra l'intenzione del popolo giapponese di puntare molto su altre fonti di energia come i combustibili fossili (www.forbes.it).



Fig. 12: il movimento "Sayonara Genpatsu" contro l'utilizzo di energia nucleare in Giappone.

6. Lezioni per il futuro

Arrivati alla fine di questo lavoro, è possibile fare una serie di considerazioni sulla base di diversi spunti che ci sono stati forniti dal giornalista Pio d'Emilia durante l'intervista privata. Innanzitutto, è interessante analizzare un particolare aspetto della vicenda di Fukushima che racchiude in sé una riflessione molto importante: l'avidità della TEPCO e, più in generale, di tutte le autorità strettamente connesse al disastro, provocò, non tanto delle vittime da un punto di vista medico, bensì vittime sociali, psicologiche e mentali. Infatti, nei mesi successivi alla tragedia centinaia di persone nel distretto di Fukushima si suicidarono. Quanto sia diretta la causa-effetto è difficile stabilirlo, ma ci furono casi documentati dai media di persone che, devastati dalle conseguenze del disastro, si tolsero la vita. A tal proposito, basandosi sui principi della cultura giapponese, sorge spontaneo domandarsi come sia possibile che, in un paese dove il senso morale ed etico è estremamente forte, dove, ancora oggi, l'uomo nel suo percorso di vita segue scrupolosamente i sette pilastri cardini contenuti all'interno del codice *Bushido*, il governo abbia negato supporto e giustizia a coloro che a Fukushima persero tutto: i propri cari, la casa, l'onore e la vita. Infatti, fa riflettere che ci vollero più di tre anni dal disastro affinché, la TEPCO, ritenuta colpevole del suicidio di una donna, risarcì di 47 mila \$ la famiglia della stessa. Tuttavia, tale evento diede il via a una serie di azioni giudiziarie che portarono all'ultima sentenza, risalente a quest'anno, in cui vennero dichiarati colpevoli il governo e la TEPCO che, quindi, dovranno risarcire l'equivalente di 8 milioni di euro ai 3550 querelanti. Nonostante la cifra sia certamente irrisoria rispetto a quello che le persone persero in seguito al disastro, sembra che finalmente qualcosa si stia muovendo, anche se ancora troppi aspetti del disastro nucleare rimangono non chiari e irrisolti (www.rainews.it).

Intervista a Pio d'Emilia, reporter di Sky Tg24

D: È verosimile che il numero di vittime associate al disastro di Fukushima sia riducibile a meno di una decina di persone?

R: Nonostante le numerose incertezze che ancora oggi ruotano attorno alla vicenda di Fukushima, è verosimile che non ci siano morti strettamente correlati al disastro, eccetto i due operai della centrale. Bisogna, infatti, considerare che l'elevata esposizione alle radiazioni, a cui furono sottoposte moltissime persone, sia tra i cittadini che tra i lavoratori, provocò soprattutto l'insorgenza di tumori. Queste patologie richiedono, generalmente, diversi anni per manifestarsi, dunque, i veri effetti del disastro si iniziano a vedere solo ora. Il grosso problema della vicenda di Fukushima fu quello di aver provocato non tanto vittime mediche, bensì vittime sociali e psicologiche. Furono, infatti, numerosi i casi di suicidio che si verificarono dopo il disastro. Quanto sia diretta la causa effetto è difficile dirlo ma si tratta di casi accertati e documentati dai media. Ne è un esempio la vicenda di una coppia evacuata da Fukushima che, durante un tour organizzato per permettergli di tornare alla loro abitazione a prendere gli oggetti abbandonati, decisero di fermarsi all'abitazione per la notte, il giorno dopo l'uomo trovò la moglie impiccata ad un albero.

All'interno di questo contesto, risulta interessante riportare un'altra vicenda estremamente significativa: qualche mese fa si è svolta la staffetta olimpionica come apertura dei giochi olimpici di Tokyo 2020. Le tappe della fiamma olimpica sono state la prefettura di Miyagi, Iwate e Fukushima come simbolo di rinascita delle tre prefetture più colpite dal disastro dell'11 marzo 2011. L'ex primo ministro Shinzo Abe mentì spudoratamente sulle condizioni ambientali delle aree dove si sarebbe svolta la staffetta. Definì, infatti, la situazione sotto controllo, nonostante i livelli di radiazioni fossero, in alcuni punti, ancora molto elevati. Per questo motivo, diversi atleti che avrebbero dovuto correre, consapevoli del rischio, si rifiutarono o trovarono delle scuse per non partecipare alla staffetta. Questa è un'ulteriore dimostrazione dell'avidità del governo.

Tuttavia, se qualche cosa di positivo si può trarre dalla triste vicenda di Fukushima, è certamente la maggiore consapevolezza da parte di molti stati mondiali del rischio associato all'utilizzo di energia nucleare. Oggi, infatti, sono poche le nazioni che fanno ancora uso del nucleare poiché si tratta di un'energia non conveniente. D'altra parte, se da un lato si può definire molto vantaggiosa, sia da un punto di vista economico che della sostenibilità ambientale (energia molto pulita), dall'altro è estremamente rischiosa perché anche un incidente di dimensioni ridotte può provocare danni sostanziali. In tal caso, le ripercussioni economiche potrebbero essere devastanti, dal momento che bisognerà considerare i costi di gestione dell'emergenza, i costi di deposito delle scorie e di bonifica nonché i costi sociali.

In conclusione, vorremmo terminare questo lavoro mettendo in luce delle perplessità e delle domande a cui, ancora oggi, è difficile dare una risposta, tra le quali: "Ci fu sufficiente trasparenza tra il governo e la popolazione giapponese?", "Le notizie che furono trasmesse e rese pubbliche coincidevano effettivamente con i fatti reali, oppure alcuni aspetti della vicenda vennero oscurati?" e ancora "Cosa ne fu degli eroi di Fukushima e qual è stato il loro destino in seguito alla tragedia?". Insomma, le incertezze sono molte e, forse, la verità non verrà mai a galla così come il nome dei reali colpevoli del disastro. Ciò che è certo è, invece, chi furono le vittime di questa storia: «*Tutti colpevoli, nessun*

colpevole. Come in guerra». La frase di Pio d'Emilia riassume in modo esemplare il senso della vicenda: proprio come in guerra, anche in questo caso le vittime furono i più deboli.

Intervista a Pio d'Emilia, reporter di Sky Tg24

D: Qual è la sua opinione riguardo all'assegnazione delle Olimpiadi 2020 a Tokyo?

R: Io sono sempre stato contrario alle olimpiadi. Ritengo che l'ex ministro Shinzo Abe abbia mentito spudoratamente quando si è fatto aggiudicare le olimpiadi. Ha dichiarato al mondo che la situazione a Fukushima fosse sotto controllo. Sono state chiamate le olimpiadi della ricostruzione e del rilancio, facendo finta che potessero servire alla rinascita di Fukushima. Solo un paio di eventi si svolgeranno a Sendai, mentre tutto il resto sarà da Tokyo in giù, quindi il ritorno economico e promozionale, per Fukushima, non c'è. Io ero lì quando la famosa fiaccola doveva partire quest'anno, ed era una cosa tra il ridicolo e il bizzarro. C'erano tutti questi atleti che erano stati probabilmente prececati e che trovavano tutti delle scuse per non correre in questa staffetta che passava, e passa, in zone che hanno livelli di radioattività superiori a quelli consentiti per la vita umana.

D: Quindi gli atleti erano al corrente della situazione?

R: Assolutamente, tant'è che hanno trovato scuse e hanno modificato l'itinerario. Noi eravamo lì in quei giorni e abbiamo assistito a delle scene che se non erano tragiche, erano comiche. Già si sapeva che le olimpiadi non ci sarebbero state. Era una cosa forzata per favorire le autorità. Abbiamo seguito gli atleti con i contatori geiger che in certe zone schizzavano a livelli altissimi.

Un grazie particolare al dottor Pio d'Emilia, giornalista di Sky Tg24, che, con la sua preziosa testimonianza, ci ha fornito degli spunti interessanti su cui concentrare l'attenzione e che, condividendo con noi la sua esperienza di vita, ci ha permesso di vedere da un'altra prospettiva gli eventi accaduti a Fukushima. Siamo molto grati di aver potuto condurre questa intervista.

- Srinivasan T.N., Gopi Rethinaraj T.S., 2013, Fukushima and thereafter: Reassessment of risks of nuclear power, Elsevier Ltd.
- *Figure 1 e 2*: Martin, George P., 2019, An Introduction to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and Accident, Springer Thesis.
- *Figura 5*: Song J., An S., Kim T., Ha K., 2020, Post-Fukushima challenges for the mitigation of severe accident consequences - Nuclear Engineering and Technology, Elsevier B.V.
- *Figura 6*: Hardie S.M.L., McKinley I.G., 2014, Fukushima remediation: status and overview of future plans, Journal of Environmental Radioactivity, Elsevier B.V.
- *Figura 8*: Zhang H., Dolan C., Jing S.M., Uyimleshi J., Dodd P., 2019, Bounce Forward: Economic Recovery in Post-Disaster Fukushima, Sustainability, MDPI.
- Brator F., 2011, Nuclear policy was once sold by Japan's media, The Japan Times
- Tanaka Y., Kuznick P.J., 2011, Japan, the Atomic Bomb and the "Peaceful Uses of Nuclear Power", The Asian pacific journal.
- Yamashita K., 2015, History of nuclear technology development in Japan, AIP Conference Proceedings.
- Kurokawa K. et al., 2012, The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, The National Diet of Japan.
- Nagamine I. et al., 1999, Report on the preliminary fact finding mission following the accident at the nuclear fuel processing facility in tokaimura, Japan, IAEA.
- Tsunetomo Y., 1906, Hagakure il libro segreto dei Samurai, Mondadori.
- Akashi M., Amzal B., Anspaugh L., Auvinen A., Gent N., Jacob P., Laurier D., Miller C., Niwa O., Shore R., Wakeford R., Walsh L., Zhang W., 2013, Health risk assessment, World Health Organization.
- Gagliardi M., 2015, Fukushima: A Nuclear Stor (documentario Sky).
- Burnie S., Suzuki K., 2019, On the Frontline of the Fukushima Nuclear Accident: Workers and Children, Greenpeace Japan.
- *Figura 11*: Setsurō Wakamatsu, 2020, Fukushima 50 (film giapponese).
- SITOGRAFIA
- *Figura 3*: https://www.limesonline.com/terremoto-tsunami-fukushima-disastro-giappone-11-marzo-2011/22574?refresh_ce
- https://www.youtube.com/watch?v=fx3kaWWQ6mk&feature=youtu.be&fbclid=IwAR27wIhttps://www.lifegate.it/countdown_nucleare_in_giappone_fukushima
- [https://www.youtube.com/watch?v=fx3kaWWQ6mk&feature=youtu.be&fbclid=IwAR27wIO5PhgLfy1O1vhi-JcV0xi357PUKJdFNbO5fuHFU95AM4YeOa3j9Bfk\(Documentario National Geographic\)](https://www.youtube.com/watch?v=fx3kaWWQ6mk&feature=youtu.be&fbclid=IwAR27wIO5PhgLfy1O1vhi-JcV0xi357PUKJdFNbO5fuHFU95AM4YeOa3j9Bfk(Documentario National Geographic))
- *Figura 4*: <https://www.quotidiano.net/esteri/fukushima-acqua-radioattiva-1.3270985>
- <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/health-consequences-of-fukushima-nuclear-accident>

- <https://theconversation.com/japan-earthquake-social-aftershocks-of-fukushima-disaster-are-still-being-felt-69241>
- *Figura 7:* <http://www.eia.gov>
- <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2016/03/10/after-five-years-what-is-the-cost-of-fukushima/#50080e0622ed>
- <https://www.nytimes.com/2020/02/03/climate/japan-coal-fukushima.html>
- https://www.repubblica.it/esteri/2020/06/30/news/la_francia_stac-cala_spina_dopo_43_anni_alla_centrale_nucleare_piu_vecchia_del_paese-260554604/
- <https://anteritalia.org/la-francia-chiude-14-reattori-nucleari-e-il-dibattito-su-pro-e-contro-continua/>
- <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>
- <https://video.corriere.it/esteri/germania-centrali-nucleari-chiudono-che-fine-faranno-scorie/6891af80-1390-11ea-9c5a-44102a550c1c>
- <https://www.valigiablu.it/germania-stop-carbone-nucleare/>
- <https://web.archive.org/web/20120118011411/http://www.nuclearnews.it/news-2704/il-referendum-dice-no-al-nucleare/>
- <https://fukushima.com/international-response/>
- <https://energiaoltre.it/nucleare-19/>
- <https://energiaoltre.it/nucleare-la-cina-pronta-a-guidare-la-spinta-globale-alle-centrali/>
- *Figura 9:* <https://www.scienzainrete.it/articolo/cosa-può-fare-nucleare-contro-cambiamento-climatico/luca-carra-flavio-parozzi/2015-12-09>
- <https://sites.google.com/site/stembit/>
- https://www.lifegate.it/il_coraggio_degli_eroi
- <https://www.manuelmarangoni.it/onemind/2285/il-bushido-il-codice-di-onore-e-di-comportamento-per-i-samurai-e-per-gli-uomini-di-oggi/>
- <https://www.giornalettismo.com/la-brutta-fine-degli-eroi-di-fukushima/>
- *Figura 10:* <http://www.informasalus.it/it/articoli/fukushima-disastro-50-miliardi.php>
- https://www.repubblica.it/ambiente/2013/07/09/news/morto_ex_direttore_fukushima-62667558/
- <https://xl.repubblica.it/articoli/giappone-il-saluto-a-masao-yoshida/5439/>
- <https://st.ilsole24ore.com/art/finanza-e-mercati/2013-07-09/muore-cancro-eroe-fukushima-134223.shtml?uuid=AbBThgCI>
- <https://www.airc.it/cancro/informazioni-tumori/cose-il-cancro/radiazioni-ionizzanti-cancro>
- <https://www.ilfattoquotidiano.it/2017/03/11/fukushima-sei-anni-dopo-bonifiche-a-rilento-e-lombra-dello-sfruttamento-di-lavoratori-senzatetto-e-stranieri/3444772/>
- <https://www.china-files.com/giappone-il-piu-grande-evento-nucleare-dopo-fukushima/>
- <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2019/10/31/shutting-down-japans-nuclear-plants-after-fukushima-was-a-bad-idea/#6d6e570019a4>

- *Figura 12:* <https://www.globalproject.info/it/mondi/giappone-movimenti-antinuclearisti-nella-crisi/18281>
- <https://www.rainews.it/dl/rainews/media/Fukushima-fu-colpa-di-governo-e-TEPCO-Corte-condanna-a-1-miliardo-di-Yen-di-risarcimento-8d63bb1d-33a8-464d-a98c-5de2fe01a291.html#foto-3>