



**Rifiuti radioattivi
ieri, oggi e domani:
un problema collettivo**



Indice

Premessa.....	5
I rifiuti radioattivi in Italia	8
I rifiuti radioattivi in Europa	13
FOCUS: Il Quadro normativo Europeo	19
FOCUS: I fenomeni d'illegalità nella gestione dei rifiuti radioattivi	20
I siti temporanei di stoccaggio in Italia: storia e criticità.....	22
1. Centrale di Caorso (PC)	22
2. Centrale del Garigliano (Sessa Aurunca, CE).....	23
3. Centrale di Borgo Sabotino (LT)	24
4. Centrale "Enrico Fermi" (Trino, VC)	27
5. Impianto EUREX (Saluggia, VC).....	27
6. Deposito Avogadro (Saluggia, VC).....	28
7. Impianto installazioni LivaNova (Saluggia, VC)	29
8. Impianto ITREC (Rotondella, MT)	29
9. Impianto OPEC 1 (Casaccia, RM).....	31
10. Impianto Plutonio (Casaccia, RM).....	31
11. Trattamento, condizionamento e smaltimento rifiuti radioattivi (Casaccia, RM).....	31
12. Reattore di ricerca TAPIRO (Casaccia, RM).....	31
13. Reattore di ricerca TRIGA RC1 (Casaccia, RM).....	31
14. Impianto di Bosco Marengo (AL)	32
15. Impianto Cemerad (Statte, TA).....	32
16. CISAM (PISA).....	33
17. DEPOSITI ED ATTIVITÀ IN SICILIA.....	35
Altri siti di stoccaggio.....	36

Dossier di Legambiente a cura di:

Mirko Laurenti, Andrea Minutolo, Elisa Scocchera - Ufficio Scientifico nazionale

Enrico Fontana - Ufficio Ambiente e Legalità

Con il contributo di:

Laura Chiappa (*circolo "Emilio Politi" di Piacenza*) per il sito di Caorso

Giulia Casella (*circolo "A. Petteruti" di Sessa Aurunca*) per il sito di Garigliano

Alessandro Loreti (*circolo "Arcobaleno" di Latina*) per il sito di Borgo Sabotino

Gian Piero Godio e Michela Sericano (*Circoli Legambiente "Vercellese e Valsesia" e "Ovadese Valli Orba e Stura"*) per i siti in Piemonte

Antonio Lanorte (*Presidente Legambiente Basilicata*), Giuseppe Ricciardi, Mariarosaria Manfredonia, (*circolo "Sky&Sea" di Maratea*), Stella Bonavita (*circolo Legambiente Policoro*) per il sito di Rotondella

Stefano Delli Noci (*Comitato Scientifico Legambiente Puglia*) per il sito di Statte

Roberto Sirtori (*Circolo Legambiente Pisa*) per il sito CISAM

Anita Astuto (*Responsabile energia e clima Legambiente Sicilia*) per i siti siciliani

Premessa

“Le vicende giudiziarie connesse al presunto affondamento di navi contenenti rifiuti radioattivi nel Mediterraneo (al largo delle coste italiane e in acque internazionali) confermano, in modo clamoroso, quanto Legambiente va denunciando da anni: l’assoluta inadeguatezza dei sistemi di gestione e di controllo dei rifiuti radioattivi nel nostro Paese.”

Così comincia il dossier intitolato “Rifiuti radioattivi: il caso Italia. Il libro bianco di Legambiente sull’eredità avvelenata del nucleare”, pubblicato il 19 giugno 1995.

Ne sono seguiti altri, di dossier, negli ultimi 26 anni, per denunciare e tenere viva l’attenzione sul tema dell’eredità nucleare nel nostro Paese. È un tema che fa parte del DNA della nostra associazione da sempre. E forse è grazie a questa meticolosa attenzione che Legambiente ha messo su questo argomento, figlia delle prime mobilitazioni antinucleariste degli anni ’70 e ’80, che si è arrivati alla schiacciante vittoria al referendum del 1987. Referendum che, a distanza di 34anni, ci permette non solo di vantarci di essere stati uno tra i primi Paesi industrializzati ad uscire dal nucleare, ma anche di avere oggi un’eredità - in termini di rifiuti radioattivi da dover trattare e gestire - ben più contenuta rispetto ad altre nazioni.

Eppure, di questa eredità radioattiva, in Italia, poco o niente si sapeva.

Fino al 5 gennaio 2021 – giorno in cui è stata pubblicata dalla Sogin la CNAPI (Carta Nazionale delle Aree Potenzialmente Idonee) che ha individuato 67 aree “potenzialmente” idonee ad ospitare un unico deposito nazionale per i rifiuti a bassa e media attività – l’attenzione sulla necessità di trovare una soluzione ad un problema che è sì eredità del passato nucleare del nostro Paese, ma anche frutto delle attività che ancora oggi e in futuro genereranno questa tipologia di rifiuti, non c’era. E mentre è scattato subito l’allarme nei territori per evitare che il futuro Deposito Nazionale capiti proprio lì da loro, in pochi si sono domandati come sono stati gestiti fino ad oggi tali rifiuti e se gli attuali siti deputati “temporaneamente” ad ospitarli siano minimamente idonei per farlo.

Come da DNA associativo, su questo tema ancora una volta è necessario fare chiarezza ed avere uno sguardo al futuro che tenga conto del passato. Per questo, in occasione del decimo anno dall’incidente nucleare di Fukushima, Legambiente presenta un lavoro corale frutto dell’esperienza dei territori che in questi decenni hanno dovuto convivere con la pesante eredità lasciata dalle centrali e dai depositi nucleari. Un viaggio nel mondo dei rifiuti radioattivi in Italia e in Europa, per creare la consapevolezza necessaria affinché questo ultimo chilometro che manca per arrivare ad una soluzione definitiva per la gestione di questa tipologia di rifiuti, attraverso la realizzazione del Deposito Unico Nazionale, sia un momento di unione e responsabilizzazione collettiva invece che un ulteriore elemento di scontro e divisione nel nostro Paese.

A partire dalla consapevolezza che in Italia, ad oggi, secondo gli ultimi dati disponibili (riferiti a dicembre 2019), ci sono 31mila metri cubi di rifiuti radioattivi collocati in 24 impianti distribuiti su 16 siti in 8 Regioni. Impianti e siti di stoccaggio provvisori che sono stati adattati, per necessità, ma che sono assolutamente inadatti a mantenere in sicurezza materiali radioattivi. Siti come l’ex centrale nucleare di Borgo Sabotino, a Latina, posta a meno di un chilometro

dall'attuale linea di costa, o come le ex centrali di Garigliano e di Caorso, rispettivamente in provincia di Caserta e di Piacenza, entrambe poste in aree ad elevato rischio idrogeologico in quanto costruite a ridosso di due importanti fiumi come il Garigliano ed il Po. Analogo discorso per gli impianti presenti nei siti di Saluggia, nel vercellese, dove in un punto a ridosso della Dora Baltea ed a soli tre chilometri dalla confluenza con il Po, sono collocati ben tre impianti diversi (Eurex, LivaNova ed il deposito Avogadro), che hanno spesso corso il rischio di essere alluvionati e dove sono stoccati i rifiuti con "l'attività maggiore" (circa il 70% del totale presente in Italia), ovvero i rifiuti con la carica radioattiva più elevata. Non va meglio nel deposito di Rotondella (MT) in Basilicata o di Statte (TA) in Puglia, dove nel primo caso è stata accertata *una grave ed illecita attività di scarico a mare dell'acqua contaminata, che non veniva in alcun modo trattata*, e nell'altro i rifiuti attualmente gestiti si trovano in una situazione "*seriamente preoccupante*" a causa del rilevamento di un "*diffuso deterioramento della struttura*".

Il problema della gestione dei rifiuti radioattivi non è solo un problema italiano, anzi. In molti Stati membri dell'Unione europea il tema è altrettanto complicato, frammentato e - in termini quantitativi - anche più delicato. Sono infatti **126 gli impianti nucleari distribuiti in 14 Paesi** (Belgio, Bulgaria, Repubblica Ceca, Finlandia, Francia, Germania, Ungheria, Paesi Bassi, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia e Regno Unito) **che detengono, insieme ai due Stati che hanno intrapreso la strada del decommissioning (Italia e Lituania), circa il 99,7% del volume totale dei rifiuti radioattivi stoccati nel continente**¹. Le ultime stime, riferite al 2016, vedono **3,46milioni di metri cubi** di rifiuti radioattivi costituiti prevalentemente da rifiuti a molto basso e basso livello di radioattività (il 90% circa) distribuiti in 30 impianti in 12 Paesi. Le stime prevedono entro il 2030 un raddoppio dei rifiuti a molto bassa attività, mentre per le altre classi l'incremento sarà tra il 20% e il 50% e molti Stati si stanno preparando ad aumentare il numero di depositi idonei. Infatti, se l'eredità del nucleare - per i Paesi che ancora ne fanno uso - comporterà inevitabilmente l'aumento di rifiuti radioattivi nei prossimi secoli, non è da sottovalutare l'apporto di quei settori, come quello della ricerca, medico, industriale, che continueranno a produrre rifiuti da gestire anche nei Paesi, come l'Italia, che dal nucleare ne sono fortunatamente usciti.

Siti e gestioni (in alcuni casi) di ordinaria follia che favoriscono la proliferazione di attività criminali di smaltimento illecito di rifiuti, come emerso nel focus presentato all'interno del dossier. L'ultima inchiesta, in ordine di tempo, è quella che ha visto impegnata la Direzione distrettuale antimafia di Milano che è riuscita a smantellare un'associazione a delinquere, con forti connessioni con la 'ndrangheta, attiva nel traffico illecito di rifiuti, tra cui anche **16 tonnellate di rame trinciato contaminato radioattivamente**. Il "flusso" utilizzato per occultare i rifiuti radioattivi è quello del riciclo dei rottami ferrosi nella produzione di acciaio: oltre 10.000 tonnellate, gestite in tre regioni (Lombardia, Liguria ed Emilia-Romagna). Dal 2015 al 2019, il lavoro svolto dall'Arma dei carabinieri, attraverso i reparti specializzati in tutela ambientale, ha portato alla **denuncia di 29 persone, con 5 ordinanze di custodia cautelare, 38 sanzioni penali comminate e 15 sequestri effettuati a seguito dei 130 controlli effettuati**.

¹ E. Commission, «REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects,» COM(2019) 632 final, Brussels, 2019

Illegalità confermata anche dall'ultimo Rapporto Ecomafia dove si evince che, grazie all'applicazione della Legge sugli ecoreati, dal 2015 sono stati avviati 25 procedimenti penali di cui ben 14 contro ignoti per "traffico e abbandono di materiale ad alta radioattività".

Proposte

Alla luce di quanto sopra esposto appare evidente come siano diverse le attività da mettere in campo per uscire finalmente dalla scomoda eredità del nucleare nel nostro Paese.

A cominciare da un'**operazione di comunicazione e informazione chiara e trasparente** nei confronti dei cittadini da parte delle istituzioni incaricate e, più in generale, da tutti i soggetti pubblici coinvolti. Vale tanto per quanto concerne la scelta del futuro deposito unico nazionale che per quanto riguarda lo smantellamento degli attuali siti utilizzati inopportunamente come depositi temporanei.

Tempistiche certe, scelte, progetti e programmi che non siano calati dall'alto ma che siano inseriti in **veri e propri processi partecipati che tengano conto delle istanze delle popolazioni**. Mai più decreti lampo come quello avvenuto a Scanzano Jonico nel 2003, ma neanche ritardi e incertezze sulle bonifiche e sulla restituzione delle aree dove si collocano i depositi attuali, senza concertare obiettivi e prospettive di rilancio delle stesse.

Bisogna poi **risolvere le lacune presenti nel Programma nazionale**, già di per sé arrivato in forte ritardo e con tanto di procedura di infrazione a nostro carico da parte della Commissione europea; lacune rispetto ai brown field, ovvero i siti attuali, dove – secondo il piano – dovrebbero essere costruite le "strutture provvisorie" per farle diventare depositi temporanei in attesa della destinazione finale presso il Deposito unico nazionale. Che senso ha andare a costruire depositi "temporanei" che andranno smaltiti – aumentando quindi le quantità di materiali contaminati nel frattempo – una volta entrato in esercizio il deposito unico. Un'alternativa va dunque trovata prevedendo programmi (e cronoprogrammi) che prevedano il trattamento dei rifiuti non trasportabili, il trasferimento e lo stoccaggio dei rifiuti e l'effettiva disattivazione dei siti attuali.

Bisogna cominciare da subito a lavorare a livello comunitario per trovare accordi internazionali per gestire e stoccare i rifiuti ad alta attività, quelli più pericolosi. Lo dicono i numeri che in Italia, per fortuna, non abbiamo quantità tali da giustificare un deposito geologico per questa tipologia di prodotti. Lo prevede la Direttiva europea Euratom, che indica questa strada per gli Stati con queste esigue quantità di rifiuti. Lo dicono le linee guida dell'Ispra, quelle con cui si è fatta la selezione delle aree potenzialmente idonee ad ospitare il deposito unico nazionale, che si riferiscono esplicitamente ai criteri di sicurezza da adottare per la gestione di rifiuti a media e bassa attività. Non ci riduciamo all'ultimo a intraprendere questo percorso europeo, per evitare di illudere e tranquillizzare i cittadini sui materiali che andranno ad essere conferiti nel Deposito unico nazionale, mettendoli invece di fronte al fatto compiuto di dover gestire "temporaneamente" (si parla di 50 – 100 anni comunque) rifiuti ad alta attività in una struttura non tarata per questa tipologia di materiali.

I rifiuti radioattivi in Italia

In Italia, secondo gli ultimi dati forniti dall'ISIN² (Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione) sono presenti circa 31mila metri cubi di rifiuti radioattivi collocati in 24 impianti distribuiti su 16 siti in 8 Regioni (dato riferito al 31 dicembre 2019 - tabella 1). Oltre ai rifiuti radioattivi, tali impianti detengono anche il combustibile esaurito, le sorgenti dismesse e materie nucleari.

I rifiuti radioattivi sono materiali solidi, liquidi o gassosi, contaminati da sostanze radioattive contenute nella massa del rifiuto. Questi rifiuti, per un tempo variabile da pochi istanti a milioni di anni, sono in grado di emettere “radiazioni” che possono avere effetti negativi sia sull'ambiente che sull'uomo, hanno una specifica intensità radioattiva decrescente nel tempo (detto tempo di decadimento) e vanno dunque gestiti e smaltiti correttamente fino a che non esauriscono la loro carica radioattiva.

Il combustibile esaurito è, secondo la definizione convenzionale, il *combustibile nucleare irraggiato e successivamente rimosso in modo definitivo dal nocciolo di un reattore*; il combustibile esaurito, a sua volta, può essere ritrattato o riprocessato, per ottenere nuovo combustibile da riutilizzare, oppure essere destinato allo smaltimento definitivo, senza che siano previsti altri utilizzi, ed essere trattato al pari degli altri rifiuti radioattivi.

Le sorgenti dismesse invece sono sorgenti che, benché non più utilizzate, rappresentano ancora un potenziale radiologico, anche se con intensità molto minori rispetto a quelle del combustibile irraggiato.

L'origine dei rifiuti radioattivi, nel senso più ampio del termine, è legata principalmente all'entrata in esercizio di impianti nucleari per la produzione di energia elettrica, siano essi ancora attivi - come avviene in molti Paesi come Francia, Germania o Gran Bretagna - che dismessi da diverse decine di anni, come nel caso dell'Italia.

Oltre all'uso connesso con la produzione di energia nucleare però, l'origine di materiali radioattivi dipende anche da altri settori come quello sanitario, della ricerca, per attività industriali e agricole. Non è dunque un solo problema legato alla pesante eredità del passato nucleare. In tutti i Paesi dell'Unione europea vengono generati rifiuti radioattivi e tutti i Paesi devono essere in grado di gestirli all'interno del proprio territorio, come previsto da normativa vigente.

Per la diversità dovuta alla loro genesi, carica, tempo di decadimento e quindi - in definitiva - della modalità di gestione più appropriata, dal 2015³ i rifiuti radioattivi sono stati classificati in cinque categorie così definite:

- **Rifiuti radioattivi a vita media molto breve** (VSLW, Very Short Lived Waste).
Rientrano in questa categoria quei rifiuti contenenti radionuclidi con tempo di

² ISIN, 3-2020: Inventario Nazionale Rifiuti Radioattivi - aggiornamento al 31 dicembre 2019.

³ DM 7 agosto 2015 a cura del Ministero dell'Ambiente e del Ministero dello Sviluppo Economico

dimezzamento molto breve, inferiore a cento giorni. Questi rifiuti hanno origine prevalentemente da impieghi medici e di ricerca.

- **Rifiuti radioattivi di attività molto bassa** (VLLW, Very Low Level Waste). Sono rifiuti radioattivi che, seppur con livelli di concentrazione di attività, non soddisfano i criteri stabiliti per poter rientrare tra i rifiuti esenti da trattamento. In questa categoria rientrano principalmente quei materiali derivanti dalle attività di mantenimento in sicurezza e di smantellamento delle installazioni nucleari, da terreni o detriti contaminati risultanti da attività di bonifica.
- **Rifiuti radioattivi di bassa attività** (LLW, Low Level Waste). Non soddisfano i criteri stabiliti per i rifiuti esenti da trattamento e che, ai fini dello smaltimento, necessitano di un confinamento e di un isolamento per un periodo di alcune centinaia di anni. In questa categoria rientra gran parte dei rifiuti provenienti dalle installazioni nucleari, quali le parti e i componenti di impianti derivanti dalle operazioni di smantellamento e da alcuni impieghi medici, industriali e di ricerca scientifica.
- **Rifiuti radioattivi di media attività** (ILW, Intermediate Level Waste). Rifiuti radioattivi con concentrazioni di attività superiori ai valori indicati per i rifiuti di bassa attività, tali comunque da non richiedere, durante il deposito e lo smaltimento, l'adozione di misure per la dissipazione del calore generato. Tali rifiuti provengono, oltre che dal decommissioning delle strutture dei reattori nucleari, dagli impianti di fabbricazione degli elementi di combustibile ad ossidi misti, dagli impianti di riprocessamento o dai laboratori di ricerca scientifica, e possono contenere elementi transuranici e quantità rilevanti di prodotti di attivazione o di fissione. In questa categoria sono compresi anche i rifiuti con caratteristiche simili a quelle sopra descritte, derivanti da usi medici o industriali.
- **Rifiuti radioattivi di alta attività** (HLW, High Level Waste). Rifiuti radioattivi con concentrazioni di attività molto elevate tali da generare una significativa quantità di calore o elevate concentrazioni di radionuclidi a lunga vita (o entrambe tali caratteristiche) e che richiedono un grado di isolamento e confinamento dell'ordine di migliaia di anni ed oltre. In tale categoria rientrano, in particolare, i rifiuti liquidi a elevata concentrazione di attività derivanti dal primo ciclo di estrazione (o liquidi equivalenti) degli impianti industriali di riprocessamento del combustibile irraggiato e il combustibile irraggiato stesso, nel caso si decida di procedere al suo smaltimento diretto, senza riprocessamento.

I rifiuti radioattivi che provengono dalle attività del ciclo del combustibile nucleare e che, quindi, sono stati originati, direttamente o indirettamente, dagli impianti impegnati nella produzione di energia elettrica, fanno parte delle attività di decommissioning di responsabilità di **Sogin** (Società per la Gestione degli Impianti Nucleari, la società a totale partecipazione del Ministero delle finanze costituita appositamente a tale scopo). Invece i rifiuti radioattivi che derivano da attività di medicina nucleare, industriali o di ricerca, sono di competenza del Servizio Integrato per la gestione dei rifiuti radioattivi che in sintesi è un insieme di operatori autorizzati il cui gestore è l'**ENEA** (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile). In Italia esiste l'obbligo, per tutti gli operatori del settore, di

essere registrati al sito istituzionale dell'ISIN (d. Lgs.101/2020). In particolare, l'obbligo vale per chiunque importi o produca a fini commerciali, chi eserciti commercio di materiali o sorgenti di radiazioni ionizzanti, chi effettui attività di intermediazione degli stessi o attività di detenzione di sorgenti di radiazioni ionizzanti e/o di trasporto di materiali radioattivi e per tutti i soggetti che si occupano di gestione di rifiuti radioattivi. I principali operatori per la gestione dei rifiuti radioattivi in Italia sono, oltre a Sogin e ENEA:

- **Deposito Avogadro S.p.a.**, autorizzata dal 1981 all'esercizio di un deposito temporaneo di combustibile esaurito. Gran parte del combustibile è stato trasferito all'estero per essere riprocessato. Restano stoccate, al dicembre 2019, circa 13 tHM di combustibile esaurito in attesa di trattamento;
- **Nucleco** (NUCLEare ECOlogica), ha come azionisti Sogin ed ENEA, e gestisce ritiro, trattamento e custodia di rifiuti radioattivi a bassa e media attività prodotti presso il centro ENEA Casaccia (RM). Dal 1985 gestisce a livello nazionale il ritiro di rifiuti radioattivi (sorgenti dismesse, settori industriali, ricerca scientifica e sanitaria, ospedali);
- **Centro comune di Ricerca (Ispra – VA)** della Commissione Europea, era un centro di ricerca da tempo inattivo. Gli impianti nucleari (reattori "Ispra 1" – gestito oggi da Sogin -, "ESSOR" con gli impianti ad esso collegati e le celle LMA), i laboratori di radiochimica ancora in esercizio, le strutture di raccolta, deposito e trattamento sono tutti oggetto di un programma di decommissioning.

Oltre a qualche altro operatore privato che si occupa di stoccare provvisoriamente piccole quantità di rifiuti radioattivi a bassa attività provenienti da attività di ricerca, industriali, universitarie o ospedaliere, c'è anche un altro impianto degno di nota che mettiamo a parte perché gestito direttamente dal Ministero della Difesa.

È il **Reattore di ricerca RTS 1 "Galileo Galilei" del Centro Interforze Studi per le applicazioni militari (CISAM) di Pisa**. È un reattore di ricerca a piscina raffreddato ad acqua leggera della potenza massima di 5MW. Spento dal 1980 e in fase di decommissioning. Restano nell'impianto alcuni rifiuti radioattivi la cui gestione è in capo al Ministero della Difesa.

Tabella 1: Inventario Rifiuti Radioattivi per sito e per impianto al dicembre 2019

Regione	Sito	Impianto	Volume	Attività
			metri cubi	Giga Becquerel
Basilicata	Rotondella (MT)	Impianto ITREC	3.361,75	251.984,72
Campania	Sessa Aurunca (CE)	Centrale di Garigliano	2.967,64	358.425,82
Emilia-Romagna	Caorso (PC)	Centrale di Caorso	2.365,94	2.203,53
	Forlì	Deposito Protex	906,30	47,90
Lazio	Casaccia, Roma	OPEC	66,29	3.985,44
		Impianto Plutonio	184,54	19.022,55
		Reattore TAPIRO		
		Reattore TRIGA		
		Impianto NUCLECO	7.239,08	5.083,44
	Latina	Centrale di Latina	1.794,44	27.139,67
Lombardia	Ispra (VA)	CCR Ispra EURATOM	5.707,45	97.996,52
		Ispra-1	93,08	0,23
	Milano	Campoverde Milano	311,96	157,26
		Reattore CESNEF	4,50	11,09
	Pavia	Reattore LENA	3,09	0,94
	San Giuliano Milanese (MI)	Deposito MitAmbiente	26,52	2,46
Piemonte	Bosco Marengo (AL)	Bosco Marengo	512,63	34,76
	Saluggia (VC)	Impianto EUREX	2.942,62	2.104.297,14
		Deposito Avogadro	83,60	416,62
		Deposito LivaNova	702,18	326,99
	Tortona (AL)	Campoverde Tortona	223,26	28,75
	Trino Vercellese (VC)	Centrale di Trino	1.140,90	10.553,67
Puglia	Statte (TA)	Deposito Cemerad	389,55	35,00
Sicilia	Palermo	Reattore AGN-1		
Totale			31.027,30	2.881.754,50

Fonte: Elaborazione Legambiente su dati ISIN, 2020

Come si evince da questa prima fotografia sul tema, non tutti i rifiuti radioattivi sono uguali tra loro. Ogni tipologia di materiale ha una sua storia, un suo impatto e necessita quindi di una sua gestione in sicurezza che passa, in sostanza, dall'isolamento dall'ambiente circostante e dall'uomo per periodi di tempo più o meno lunghi.

Non basta, però, parlare solo della “quantità” di rifiuti prodotta; va tenuta in considerazione, in ottica di un ragionamento complessivo sulla problematica, anche la loro **“carica radioattiva” che viene espressa come “attività”** e si esprime nell'unità di misura Becquerel.

Dei 31.000 metri cubi di materiali presenti in Italia, infatti, circa 14.000 sono classificati ad **“attività molto bassa”**, 12.500 di **“bassa attività”**, 3.000 a **“media attività”** e 1.400 a **“vita molto breve”**. A questi numeri, però, **andranno aggiunti nei prossimi anni i rifiuti radioattivi ad**

alta attività che torneranno in Italia dopo il ritrattamento all'estero del combustibile esausto proveniente dagli ex impianti nucleari italiani, e quelli di media attività che si verranno a generare dalle attività di smantellamento degli impianti nucleari italiani dismessi nel nostro Paese. Al momento quindi i **rifiuti stoccati nei depositi temporanei utilizzati hanno complessivamente un'attività di 2,9 milioni di Giga Becquerel (10^9 Becquerel), a cui vanno aggiunti circa 900mila GBq dovuti alle sorgenti dismesse e 35mila Terabequerel (10^{12} Becquerel) dovuto al combustibile presente in Italia.**

Circa il 90% del combustibile irraggiato proveniente dalle centrali nucleari dismesse in Italia nel corso degli anni, il materiale definito ad alta attività, quindi, è stato mandato in Francia e in Gran Bretagna per subire un riprocessamento. Di questo, una parte è stata riutilizzata, la quota rimasta invece è diventata a tutti gli effetti un rifiuto radioattivo, ed è stata stoccata nei siti esteri per poi far rientro in Italia nei prossimi anni. Il restante combustibile esaurito che non è stato inviato all'estero (circa 16 tonnellate), si trova attualmente stoccato in 6 dei 24 depositi temporanei italiani.

Al di là dei siti temporanei distribuiti in otto regioni che gestiscono attualmente i rifiuti radioattivi in Italia - nonostante non ci siano impianti ad energia nucleare operativi da anni - ed al di là delle attuali attività di acceleratori di ricerca e sorgenti sigillate ad alta attività per radioterapia o radiografia industriale e a scopo medico, secondo i dati di Ispra esistono nel nostro Paese anche **95 strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e macchine radiogene, ben distribuite nelle varie regioni italiane.** Di queste il 25% (24 in tutto) si trovano in Lombardia, il 16% (15) nel Lazio, il 9% (9) in Veneto e l'8% (8) in Emilia-Romagna.

I rifiuti radioattivi in Europa

Secondo il Report della Commissione Europea⁴ sui progressi dell'implementazione della Direttiva 2011/70/EURATOM (17.12.2019), in Europa attualmente sono presenti **126 impianti nucleari distribuiti in 14 paesi** (Belgio, Bulgaria, Repubblica Ceca, Finlandia, Francia, Germania, Ungheria, Olanda, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia e Regno Unito). In questi paesi, insieme ai 2 che hanno intrapreso la strada del decommissioning (Italia e Lituania), si trova circa il 99,7% del volume totale dei rifiuti radioattivi stoccati in UE.

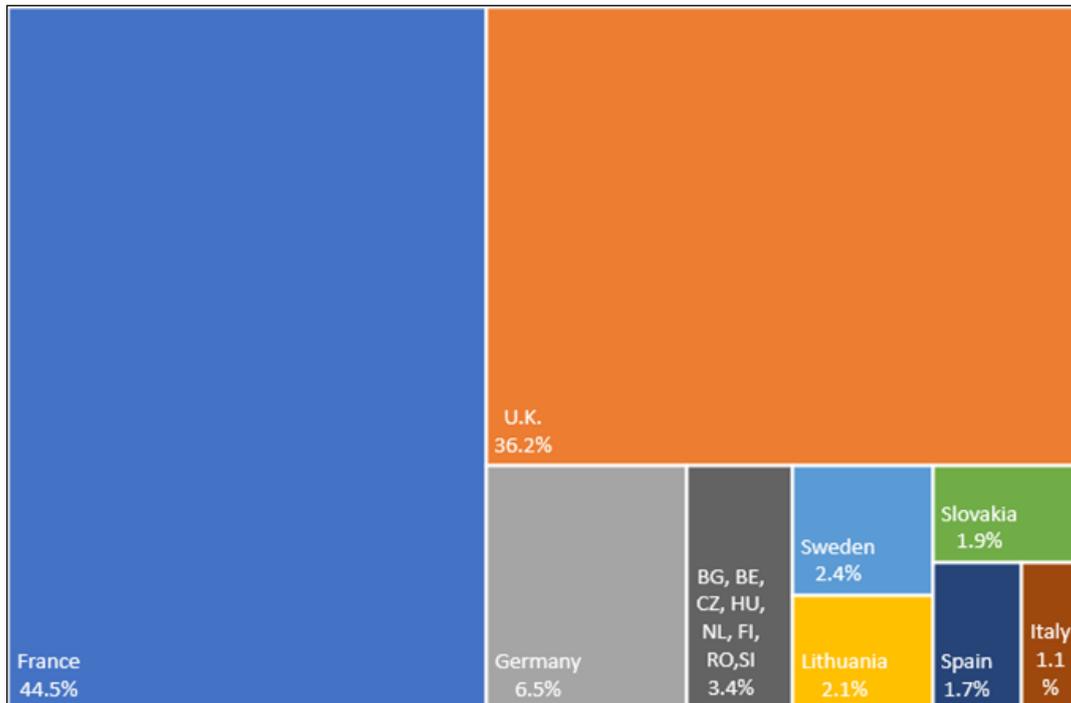


Figura 1 Distribuzione dei volumi totali di rifiuti radioattivi negli stati membri dotati di un programma nucleare (fine 2016). Fonte: *European Commission*

Oltre agli impianti nucleari attivi per la produzione di energia, in UE ci sono 90 impianti spenti, 3 in fase di decommissioning e 82 impianti utilizzati in ambito di ricerca, distribuiti in 19 Stati Membri e che comunque producono rifiuti radioattivi.

A fine 2016, i rifiuti radioattivi totali erano 3,46 milioni di metri cubi corrispondente a circa 7 litri pro-capite. La maggior parte di questi rifiuti (il 90% circa) è costituita da rifiuti a molto basso e basso livello di radioattività; per il trattamento e lo stoccaggio di questi rifiuti sono in funzione 30 impianti distribuiti in 12 Stati Membri. Circa la metà degli Stati Membri sta programmando di costruire nuovi impianti. In considerazione che le stime prevedono un aumento di questi rifiuti nei prossimi anni, lo sviluppo e l'implementazione di pretrattamenti per

⁴ E. Commission, «REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects,» COM(2019) 632 final, Brussels, 2019

la diminuzione del loro volume sta diventando un'attività sempre più importante. Si stima infatti che entro il 2030 la quantità di rifiuti con livello di radioattività molto basso raddoppierà, e che per le altre classi l'aumento sarà tra il 20% e il 50%. Attualmente i rifiuti a medio e alto livello di radioattività sono principalmente stoccati negli Stati Membri dotati di programmi nucleari.

Per quanto riguarda il combustibile esausto, in UE sono stoccate più di 60.000 tonnellate di questo rifiuto radioattivo, per la maggior parte in Francia (25%), Germania (15%) e Regno Unito (14%). La grande maggioranza di questi rifiuti (81%) è stoccata in piscine di raffreddamento, un metodo di stoccaggio "provvisorio" sicuramente meno sicuro rispetto ad altri tipi di impianti più idonei, come quelli a secco. Mentre in Francia e Olanda stanno pianificando di riprocessare gran parte di questo combustibile, in molti altri paesi (Belgio, Bulgaria, Germania, Ungheria, Svezia, Svizzera e Regno Unito) il processo di rigenerazione è invece terminato o è stato sospeso⁵.

La maggior parte degli Stati Membri che hanno impianti nucleari funzionanti disporranno il combustibile esausto in depositi geologici profondi, senza rigenerarlo, mentre due Stati Membri stanno pensando a rigenerare questi rifiuti. La Francia sarà l'unico stato con politiche industriali sul rigeneramento interno. Mentre la Russia sta rigenerando una piccola parte (1,5% circa) di questo rifiuto per poi rispedirla in UE dopo il 2024.

Per quanto riguarda invece i rifiuti a medio e alto livello di radioattività e il combustibile esausto, si nota una mancanza di piani concreti per il loro smaltimento nella maggior parte degli Stati Membri. Di quelli che hanno programmi nucleari, solo Finlandia, Francia e Svezia stanno lavorando concretamente per la gestione di questi rifiuti: la Finlandia è il primo paese al mondo ad aver iniziato a lavorare sul deposito geologico in profondità che sarà operativo a partire dal 2024, seguita dalla Svezia nel 2032 e Francia nel 2035⁶.

Secondo gli ultimi dati disponibili pubblicati dalla Commissione Europea, nel 2018 la produzione lorda di elettricità da impianti nucleari nell'UE-28 è stata stabile a 827 Twh (terawatt ora), che rappresenta circa il 25,3% della produzione totale dell'UE-28.

⁵ *The world nuclear waste report 2019. Focus Europe. www.worldnuclearwastereport.org, Berlin and Brussels*

⁶ *E. Commission, «REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects,» COM(2019) 632 final, Brussels, 2019*

I 126 reattori presenti in UE sono così distribuiti (dati riferiti a fine 2019):

Tabella 2: Reattori attivi e capacità netta suddivisi nei vari paesi europei [E. - E. S. Agency, «Annual report, 2019,» 2020]

Paese	Reattori attivi (reattori in costruzione)	Capacità netta (MWe) (capacità dei reattori in costruzione)
Belgio	7	5.943
Bulgaria	2	1.926
Repubblica Ceca	6	3.932
Germania	7	9.515
Spagna	7	7.087
Francia	58 (1)	62.250 (1.650)
Ungheria	4	1.889
Olanda	1	485
Romania	2	1.310
Slovenia/ Croazia	1	696
Slovacchia	4 (2)	1.816 (942)
Finlandia	4 (1)	2.764 (1.720)
Svezia	8	8.622
Regno Unito	15 (2)	8.883 (3.440)
Totale	126 (6)	117.118 (7.752)

Per quanto riguarda i volumi attesi dei rifiuti generati da questi impianti la situazione e le stime vedono come⁷:

- **in Spagna**, basandosi sull'esperienza di alcuni impianti, sono state calcolate le percentuali relative alle varie categorie sul totale dei rifiuti radioattivi del paese (80% con radioattività molto bassa, 20% con radioattività bassa e media, <1% con radioattività alta).
- **in Francia** si prevedono 25.000 mc/anno di rifiuti a molto bassa radioattività, 12.000-15.000 mc/anno di rifiuti a bassa radioattività (breve e lunga vita).

⁷ N. - N. E. A. OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, «Optimising Management of low level radioactive materials and waste from decommissioning,» 2020.

- **in Slovacchia** i rifiuti provenienti soprattutto dall'attività di decommissioning sono 105 tonnellate a reattività molto bassa (principalmente macerie di cemento e suolo contaminato, 40 tonnellate di rifiuti a bassa radioattività (metalli e altri rifiuti solidi).
- **in Svezia**, nel deposito - fino al 2013 – c'erano circa 20.000 mc di rifiuti a molto bassa radioattività, circa 20.000 mc di rifiuti a vita breve, a bassa e media radioattività. Le proiezioni fino al 2070 vedono invece circa 70.000 mc di rifiuti a vita breve e circa 80.000 mc da smantellamento e demolizione degli impianti, 50.000 tonnellate di rifiuti a molto bassa radioattività.
- **in Svizzera** le stime al 2065 vedono 82.000 mc di rifiuti con media radioattività, 1.100 mc rifiuti con tossicità alpha e 9.400 mc di rifiuti ad alta radioattività.
- **nel Regno Unito** le previsioni arrivano fino al 2130 e vedono 1.080 mc di rifiuti ad alta radioattività, 286.000 mc di rifiuti a media radioattività, 1.370.000 mc di rifiuti a bassa radioattività e 2.840.000 mc di rifiuti a molto bassa radioattività.
- **in Germania** le stime parlano di circa 3.000-5.000 mc a reattore (sono 7 in tutto)

Per quanto riguarda invece le politiche di gestione dei rifiuti radioattivi prodotti adottate negli altri Stati membri e la situazione attuale dei siti dove vengono stoccati i rifiuti radioattivi prodotti la situazione è quella che segue⁸:

- **in Belgio** avviene lo smaltimento diretto del combustibile esausto mentre è previsto lo stoccaggio superficiale per i rifiuti a bassa radioattività; è previsto il deposito geologico profondo per rifiuti a media e alta radioattività e per il combustibile esausto. Attualmente i rifiuti a bassa e media radioattività sono stoccati a Dessel mentre il combustibile esausto è stoccato on-site negli impianti nucleari. I rifiuti ad alta radioattività vetrificati sono stoccati sempre a Dessel.
- **nella Repubblica Ceca** avviene lo smaltimento diretto del combustibile esausto mentre è previsto il deposito geologico profondo per rifiuti ad alta radioattività e per il combustibile esausto. Esiste un deposito a profondità intermedia per rifiuti a bassa e media radioattività (Dukovany, Richard; Bratrstvi) mentre il combustibile esausto è stoccato negli impianti nucleari e a Dukovany mentre quelli provenienti dai reattori di ricerca vengono stoccati a Rez.
- **in Germania** i rifiuti ad alta radioattività derivanti dalla vetrificazione di combustibile esausto (da Regno Unito e Francia) sono stoccati in impianti superficiali a Gorleben e Ahaus. Un deposito geologico profondo è previsto per rifiuti a bassa e media attività (Konrad) e ad alta radioattività (sito ancora da determinare). Il combustibile esausto viene stoccato in impianti provvisori negli impianti nucleari attivi.

⁸ N. -. N. E. A. OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, «Storage of Radioactive Waste and Spent Fuel,» 2020

- **in Spagna** il combustibile esausto rigenerato all'estero (fino al 1983) ora viene smaltito direttamente. È previsto un deposito geologico profondo per rifiuti ad alta radioattività e per il combustibile esausto. Esiste un deposito superficiale per rifiuti a bassa e media radioattività (Còrdoba) mentre il combustibile esausto e i rifiuti ad alta radioattività verranno stoccati in un deposito centrale, impianto in via di autorizzazione, per 60 anni (Cuenca).
- **in Francia** per i rifiuti ad alta radioattività riprocessati e per quelli a lunga vita e media radioattività da smaltire in un deposito geologico profondo dopo lo stoccaggio è previsto un impianto specifico (progetto Cigéo); un impianto di smaltimento superficiale è attivo per rifiuti a media attività a vita breve (Aube). È in corso la ricerca di siti e studi di progettazione concettuale di impianti superficiali per rifiuti a bassa radioattività a lunga vita. Il combustibile esausto commerciale è stoccato in impianti nucleari e poi nelle piscine a La Hague per il riprocessamento; rifiuti a media e alta radioattività sono stoccati in impianti superficiali centralizzati nei siti di produzione. Il Combustibile esausto da ricerca e da attività militari è stoccato nell'impianto a secco CASCAD (Cadarache).
- **in Ungheria** sono indecisi sul riprocessamento del combustibile esausto. C'è un impianto geologico profondo per rifiuti a bassa e media radioattività e vita breve (Bàtaapàti, Püspökszilàgy). È previsto un impianto geologico profondo per rifiuti a bassa, media e alta radioattività a vita lunga da impianti nucleari attivi, e per combustibile esausto, rifiuti a bassa radioattività e lunga vita e rifiuti a media e alta radioattività da reattori di ricerca. Il combustibile esausto è in un impianto di stoccaggio temporaneo (Paks).
- **in Olanda** il combustibile esausto da rigenerare viene mandato in Francia e nel Regno Unito. Sono state rinviate ulteriori decisioni sulla gestione dei rifiuti. È previsto un sito di stoccaggio centrale di 100 anni per rifiuti a bassa e media radioattività (Brossele), e alta radioattività (Habog).
- **in Slovenia** avviene lo smaltimento diretto del combustibile esausto o rigenerato all'estero. Il combustibile esausto viene stoccato on-site in piscine nell'impianto di Krško, mentre l'impianto a secco sarà pronto nel 2021. Il deposito per rifiuti a bassa e media radioattività avviene nell'impianto on-site di Krško. Il deposito per rifiuti industriali nell'impianto di stoccaggio centrale.
- **in Finlandia** è previsto lo smaltimento diretto di combustibile esausto, lo stoccaggio superficiale per rifiuti a bassa e media radioattività (a Olkiluoto e a Loviisa), il deposito geologico profondo per rifiuti ad alta radioattività e per il combustibile esausto (Olkiluoto). Ad oggi, il combustibile esausto da impianti nucleari si trova in depositi umidi (Loviisa e Olkiluoto) e il combustibile esausto da impianti di ricerca da rimandare negli Stati Uniti.
- **in Svezia** lo smaltimento diretto di combustibile esausto avviene in impianti a media profondità per rifiuti a bassa radioattività e per quelli a media radioattività e a vita breve (Forsmark). Il deposito geologico profondo per il combustibile esausto è previsto invece a Östhammar. Il combustibile esausto stoccato in impianti attivi (al massimo per un anno) viene poi depositato in depositi umidi nell'impianto centrale temporaneo di stoccaggio

per combustibile nucleare esausto (CLAB) per un tempo di 40-50 anni, seguito dallo stoccaggio presso il deposito finale (Östhammar).

- **nel Regno Unito** avviene la rigenerazione del combustibile esausto mentre il deposito superficiale per rifiuti a bassa radioattività è quello di Cumbria. Il deposito geologico profondo per rifiuti a media ed alta radioattività è ancora in fase di localizzazione. I rifiuti a media e ad alta radioattività vengono vetrificati e stoccati a Sellafield, mentre il combustibile esausto a Sizewell B (per 50 anni). Il combustibile esausto derivante dai nuovi impianti non verrà rigenerato ma stoccato negli impianti nucleari. Il deposito di Drigg viene usato per i rifiuti a bassa radioattività.
- **in Polonia** l'impianto superficiale per rifiuti a bassa e media radioattività da reattori di ricerca è quello di Rozan.
- **in Svizzera** è in programma il deposito geologico profondo per tutti i rifiuti radioattivi. La rigenerazione di combustibile esausto è stata sospesa nel 2006 mentre installazioni on-site negli impianti per il condizionamento dei rifiuti radioattivi e loro successivo stoccaggio avviene nel sito operativo. L'impianto centrale di stoccaggio di Zwiilag contiene combustibile esausto e altri rifiuti radioattivi con incenerimento on-site di rifiuti a bassa radioattività. L'impianto di Zwibeaz at Beznau contiene rifiuti a bassa radioattività e combustibile esausto (a secco). Nell'impianto di Gosgen è stoccato combustibile esausto (a umido).

FOCUS: Il Quadro normativo Europeo

La Direttiva 2011/70/EURATOM del 19 luglio 2011 istituisce un quadro comunitario per la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi. Questa direttiva prevede che:

- ogni paese dell'UE si debba munire di una politica nazionale per il combustibile esaurito e per i rifiuti radioattivi;
- i paesi dell'UE compilino ed implementino programmi nazionali per la gestione di questi rifiuti, includendo il loro smaltimento;
- i paesi dell'UE debbano avere un quadro generale e un organismo di regolamentazione competente ed indipendente, oltre a meccanismi finanziari adeguati;
- i paesi dell'UE informino i cittadini sulla gestione di rifiuti radioattivi e combustibile esausto con possibilità da parte dei cittadini di partecipare alle decisioni;
- i paesi dell'UE debbano presentare alla Commissione Europea dei report nazionali sull'implementazione della direttiva, ogni 3 anni, sulla base dei quali la Commissione prepara un report sull'implementazione generale della direttiva e un inventario dei rifiuti radioattivi e del combustibile esausto presente nel territorio comunitario e future prospettive;
- i paesi dell'UE effettuino autovalutazioni ed invitino valutatori internazionali, autorità competenti e/o programmi nazionali almeno ogni 10 anni;
- l'esportazione di rifiuti radioattivi in paesi al di fuori dell'UE è permessa solo sotto strette condizioni.

https://ec.europa.eu/energy/topics/nuclear-energy/radioactive-waste-and-spent-fuel/national-programmes-management-spent-fuel-and-radioactive-waste_en?redir=1,

FOCUS: I fenomeni d'illegalità nella gestione dei rifiuti radioattivi

L'ultima inchiesta, in ordine di tempo, è quella che ha visto impegnata la Direzione distrettuale antimafia di Milano: grazie alle indagini condotte dal Gico (Gruppo d'investigazione sulla criminalità organizzata) della Guardia di finanza e dalla Squadra mobile di Lecco, il 9 febbraio scorso è stata smantellata un'associazione a delinquere, con forti connessioni con la 'ndrangheta, attiva nel traffico illecito di rifiuti, tra cui anche 16 tonnellate di rame trinciato contaminato radioattivamente. Il "flusso" utilizzato per occultare i rifiuti radioattivi è quello del riciclo dei rottami ferrosi nella produzione di acciaio: oltre 10.000 tonnellate, gestite in tre regioni (Lombardia, Liguria ed Emilia-Romagna), sotto la regia di un boss, già condannato per 416 bis, che aveva "rivitalizzato" il suo sodalizio mafioso puntando sui traffici illeciti di rifiuti. Non caso proprio sulla "filiera" dei rottami ferrosi in cui vengono occultate sorgenti radioattive, si concentrano le preoccupazioni espresse sia negli atti della Commissione parlamentare d'inchiesta sull'ecomafia che nella relazione annuale dell'Ispettorato nazionale per la sicurezza nazionale e la radioprotezione (Isin), trasmessa al Parlamento nel luglio dello scorso anno: *"Una costante e sempre maggiore attenzione deve essere rivolta ai depositi incontrollati di materiali radioattivi e ai siti contaminati accidentalmente a seguito di fusione di sorgenti radioattive verificatesi principalmente nel ciclo di produzione siderurgica da rottami metallici"*.

Quello di far scomparire materiali contaminati o sorgenti radioattive da dismettere nei flussi di rifiuti gestiti più o meno legalmente sembra essere un vero e proprio "metodo". Nel maggio del 2020 viene sequestrata, durante una complessa indagine avviata dalla Procura di Vibo Valentia, un'area di oltre 100mila metri quadrati nella zona industriale di Porto Salvo, nel comune Vibo Valentia, dove erano stati "stoccati" rifiuti speciali e pericolosi, insieme a un consistente numero di "ecoballe", provenienti probabilmente dalla Campania. A complicare ulteriormente la situazione sono stati gli esiti dell'esame radiometrico fatto dai tecnici del Dipartimento dell'Arpacal di Vibo Valentia e Catanzaro, da cui è emerso "un livello elevato di radioattività". Una nota del Comune di Vibo Valentia dello scorso 13 febbraio ha tolto ogni dubbio sull'origine della contaminazione: l'area finita sotto sequestro è stata "interessata dall'abbandono di rifiuti urbani, rifiuti speciali non pericolosi e pericolosi, tra i quali delle sostanze radioattive, più propriamente denominate sorgenti orfane". I cui detentori hanno trovato la maniera, sicuramente più economica, per disfarsene.

Episodi come questi si ripetono da tempo, in una sorta di "stillicidio" che rappresenta quasi sicuramente solo la classica "punta dell'iceberg", emersa solo a seguito di casi eclatanti, come la vicenda del deposito dell'ex Cemerad, in Puglia, la cui bonifica non si è ancora conclusa, o quella oggetto delle indagini condotte nella seconda metà degli anni Novanta sulla gestione dei rifiuti presso l'ex Centro Enea della Trisaia, in Basilicata, da compianto Procuratore della repubblica Nicola Maria Pace. Fino ad oggi, infatti, è mancato un sistema di tracciabilità dei rifiuti radioattivi prodotti dalle strutture sanitarie o in attività industriali, rendendo la vita estremamente facile a chi non vuole sostenere i costi di un corretto smaltimento dei rifiuti radioattivi e complicandola enormemente per chi deve svolgere attività di controllo e di indagine. Il monitoraggio dei rifiuti radioattivi, infatti, è avvenuto sulla base di comunicazioni volontarie da parte dei soggetti che li producono, senza alcun obbligo e, quindi, nessuna sanzione.

Nonostante queste difficoltà, i risultati del lavoro svolto nell'arco di 5 anni, dal 2015 al 2019, dall'Arma dei carabinieri, attraverso i reparti specializzati in tutela ambientale, confermano la presenza di un'illegalità "endemica" da valutare con grande attenzione vista le pericolosità dei rifiuti radioattivi: a seguito dei 130 controlli effettuati sono state denunciate 29 persone, con 5 ordinanze di custodia cautelare, 38 sanzioni penali comminate e 15 sequestri effettuati.

L'esistenza di un'illegalità "sommersa" viene confermata anche dai dati, pubblicati nel Rapporto Ecomafia 2020 grazie alla collaborazione con il ministero della Giustizia, sull'applicazione da parte delle Procure della repubblica dal 2015 (anno di entrata in vigore dei delitti contro l'ambiente) al 2019 dell'art. 452-sexies del Codice penale, che sanziona il traffico e l'abbandono di materiale ad alta radioattività: i procedimenti penali avviati sono stati 25, di cui ben 14 contro ignoti, a proposito di "sorgenti radioattive orfane", con 10 persone denunciate e un arresto.

Questa rincorsa alla "radioattività in nero" dovrebbe cambiare di passo con l'entrata a regime di quanto è previsto dal decreto legislativo 101, pubblicato in Gazzetta ufficiale il 12 agosto del 2020, che recepisce, finalmente, la direttiva 2013/59/EURATOM. L'art. 42 del decreto prevede che *"chiunque importa o produce a fini commerciali, o comunque esercita commercio di materiali o sorgenti di radiazioni ionizzanti o effettua attività di intermediazione degli stessi, deve registrarsi sul sito istituzionale dell'Isin e inviare allo stesso le informazioni relative a ciascuna operazione effettuata, anche gratuita, ai contraenti, alla tipologia e alla quantità delle sorgenti oggetto dell'operazione"*. Il decreto introduce anche sanzioni, sia amministrative che penali, per chi non rispetta le regole: dai 10mila euro di sanzione amministrativa per l'inottemperanza agli *"obblighi di comunicazione, informazione, registrazione o trasmissione"*, ai tre anni di arresto per *"chiunque effettua lo smaltimento, il riciclo o il riutilizzo di rifiuti radioattivi senza l'autorizzazione"*. A gestire le informazioni sarà, come anticipato dallo stesso Isin nella sua relazione annuale, un *"Sistema informativo integrato per la tracciabilità di tutti i soggetti autorizzati alla detenzione e la movimentazione di sorgenti di radiazioni ionizzanti, di rifiuti radioattivi e materiali nucleari vari"*. È quello che occorre perché l'attività di controllo, prevenzione e repressione dei fenomeni illegali nella gestione dei rifiuti radioattivi faccia, finalmente, un salto di qualità nel nostro Paese.

I siti temporanei di stoccaggio in Italia: storia e criticità

La pesante eredità delle scorie nucleari è ricaduta infatti, fino ad oggi, su questi vecchi siti che si sono rivelati palesemente inadatti a stoccare e tenere rifiuti radioattivi, come si evincerà dalle storie provenienti dai territori e dai circoli di Legambiente raccontate di seguito. Per molti anni la perplessità, fondata, dei territori, è stata quella di vedere i “siti temporanei” diventare siti definitivi per lo stoccaggio, anche se non adatti (tant’è che nelle aree individuate come potenzialmente idonee per il deposito unico nazionale, nessun sito già “nuclearizzato” è rientrato negli stringenti criteri previsti dalla normativa). Vediamo allora nel dettaglio dove si trovano e in che condizioni sono gli impianti e le strutture di stoccaggio di materiale radioattivo più importanti del nostro Paese, facendo riferimento agli impianti che, al 31 dicembre 2019, detengono rifiuti radioattivi, combustibile esaurito, sorgenti dismesse e materie nucleari.

17 storie dai territori, targate Legambiente, per cominciare a vedere uno spiraglio di luce in fondo al tunnel nucleare con cui sono stati costretti a convivere per troppi decenni.

1. Centrale di Caorso (PC)

La centrale di Caorso, attivata nel dicembre 1981, è stata la centrale nucleare italiana con la maggiore potenza installata: 2.651 MWt (860 NWe). Al suo arresto definitivo, avvenuto il 25 ottobre 1986, aveva totalizzato una produzione elettrica complessiva di 29 miliardi di kWh. Nel luglio del 1990 il CIPE ha decretato la sua chiusura definitiva. Sono passati 40anni dall'entrata in esercizio della centrale nucleare di Caorso - che a Piacenza chiamano "familiaramente" Arturo -, 34 dal suo arresto, 31 dalla chiusura ufficiale e 22 dall'inizio del Decommissioning da parte di Sogin. Più che una storia infinita la possiamo definire un incubo con cui il territorio di Piacenza continua a misurarsi da anni e che sembra anche oggi non avere una fine certa.

Infatti, nonostante la pubblicazione della CNAPI abbia escluso Caorso e la provincia di Piacenza dai siti idonei ad ospitare il deposito nazionale dei rifiuti radioattivi, sono ormai inaccettabili i ritardi che si sono accumulati nella gestione del decommissioning da parte di Sogin: è stato spostato sempre più avanti negli anni il cosiddetto “brown field” (prato marrone), che prevede quindi la demolizione completa dell'impianto e lo stoccaggio di tutti i rifiuti radioattivi riprocessati nei depositi temporanei, che ora è previsto al 2031; ancora assolutamente imprecisato l'anno del “green field” (prato verde) che sarebbe il momento della tanto desiderata restituzione alla collettività piacentina dell'intera area, la fine dell'incubo.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- L'area della Centrale rientra nella area MAB Unesco Po Grande, a forte rischio esondazione. È un'area quindi caratterizzata da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (CE04);
- Area a non adeguata distanza dai centri abitati (CE12).

Restano ben presenti nel sito i rischi di incidenti dovuti sia allo smantellamento, sia ad esondazioni del Po ma anche il rischio di attentati da non sottovalutare, a fronte di un allentarsi dei controlli esterni alla centrale in questi ultimi anni.

DEPOSITI ESISTENTI IN CENTRALE

Sono presenti nel sito il reattore e 145 barre di controllo nonché circa 5.600 fusti di rifiuti radioattivi a bassa e media attività stoccati in tre depositi, di cui 2, Ersba 1 e 2, non adeguati ai nuovi standard di sicurezza e che dovranno entro il 2025 essere demoliti ed interamente ricostruiti per ospitare i rifiuti riprocessati che torneranno dalla Slovacchia entro il 2025. Non sono chiare, tra l'altro, le condizioni in cui versano molti dei fusti contenenti rifiuti radioattivi col dubbio (legittimo da parte della popolazione) che siano corrosi ed in pessime condizioni.

2. Centrale del Garigliano (Sessa Aurunca, CE)

La centrale fu costruita negli anni tra il 1959 e il 1964 del secolo scorso. Tra incidenti, guasti e interruzioni, anche lunghe, la centrale erogò energia fino al 1978, poi chiusa definitivamente nel 1982, sia per le troppe lesioni all'interno dei circuiti, sia perché era stata costruita senza criteri antisismici. Attualmente, nella centrale nucleare del Garigliano, sono stoccati circa 3.000 mc di rifiuti a media attività (quelli che durano alcuni secoli); di rifiuti a bassa attività, chiusi in buste e sotterrati in 3 trincee tra il 1968 e il 1978; 158 tonnellate di amianto rimosse dall'edificio turbina (85 t) e dall'edificio reattore (73 t) di cui 133 t contaminate da radioattività e temporaneamente stoccate nell'edificio ex diesel, mentre il conferimento di quello non radioattivo, ma comunque tossico, risulta che è stato affidato alla SITA ITALIA che lo trasferisce in Germania. Sogin afferma che l'ultimo trasporto è avvenuto a carico di Nucleco ed è stato smaltito presso l'impianto Zetadi di Ferno, in provincia di Varese. La bonifica dell'amianto è iniziata a dicembre 2013.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- la piana del Garigliano è zona alluvionale, coperta da formazioni quaternarie costituite da alternanze di argilla, ghiaia e sabbia; in particolare, queste ultime sono sede di falde freatiche e artesiane.
- si trova in zona sismica di 2^a categoria, ai piedi del vulcano di Roccamonfina. Tali caratteristiche non danno sufficienti garanzie di sicurezza statica e tecnica, sia per installarvi una centrale nucleare sia per depositi di rifiuti e scorie radioattivi.
- dista dalla costa di circa 5 km e dal più vicino centro abitato (Maiano) circa 0,5 km in linea d'aria; si trova inoltre a pochi km (tra i 5 e i 20) da altri centri abitati (Sessa Aurunca, San Castrese, S.S. Cosma e Damiano, Castelforte, Minturno, ecc.). È area adiacente al Parco Regionale Roccamonfina-Foce del Garigliano, quest'ultima, con la pineta, riconosciuta come zona SIC e ZPS.

DEPOSITI ESISTENTI IN CENTRALE

Deposito D1: Costruito tra il 2007 e il 2009. Vi sono stoccati, al 2018, 21 fusti da 320 litri ciascuno contenenti: - le polveri radioattive scarificate dalle pareti interne del camino; - i rifiuti a bassissima attività estratti dalle trincee 2 e 3; 9 - l'amianto contaminato estratto da vari edifici tra cui l'ed. reattore e l'ed. turbina.

⁹ La bonifica della trincea 1 è in corso. Il ritardo è dovuto al sequestro determinato dal procedimento giudiziario iniziato nel dicembre 2012 dai sostituti procuratori del Tribunale di S. Maria C.V. Da precisare che dei rifiuti a bassa attività delle 2 trincee finora bonificate, alcuni sono stati solamente trattati perché non necessitavano di condizionamento in matrice cementizia in quanto ad attività "molto bassa", altri sono rifiuti solidi radioattivi a "bassa attività" che sono stati trattati e messi in sicurezza e saranno condizionati in matrice cementizia nella prossima campagna di condizionamento.

La costruzione del D1, di cui Sogin non ha mai ottenuto concessione edilizia dal Comune di Sessa Aurunca, fu autorizzata con ordinanza del 15 dicembre 2006 dal gen. Carlo Jean che utilizzò i poteri straordinari conferitigli dal Presidente del Consiglio Silvio Berlusconi, nonostante fosse in corso una Conferenza dei servizi sull'argomento. La Conferenza era stata proposta dal circolo Legambiente "Alfredo Petteruti" di Sessa Aurunca, proposta accettata dal Sindaco, prof. Elio Meschinelli.

Edificio Ex diesel: ripristinato e adeguato a deposito temporaneo, con una volumetria di ca. 600 mc e una capacità di stoccaggio tra i 600 e gli 800 mc

Edificio Ex compattatore, ECCS: inviati i progetti di adeguamento particolareggiato a ISPRA, oggi ISIN, in attesa di approvazione.

C501: in fase di redazione il progetto particolareggiato

Deposito D2: in fase di progettazione: volumetria di 15.000 mc con una previsione di spesa di 16 milioni di €.

I radioisotopi contenuti nei fusti sono: ^{63}Ni , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr , alfa totale, per un ammontare di 425.200 GBq (pari a 11.500 Ci).

Nella cosiddetta **Fat** (Fossa ad alta attività), il cui contenuto, secondo la G.T. 26, è stato declassato a rifiuto di media attività-n.d.s., erano stoccati rifiuti solidi metallici, oggi condizionati in matrice cementizia. La loro composizione radio isotopica è: $^{63}\text{Ni}=89,3\%$, $^{60}\text{Co}=10,5\%$, $^{137}\text{Cs}=0,1\%$, $^{90}\text{Sr}=0,1\%$, alfa totale 0,004%.

Le **208 barre di combustibile irraggiato** della centrale, quelle ad alta attività, sono state trasferite, senza Piano di Emergenza tra il 1985 e il 1987, a Saluggia, a "friggere" nella piscina Avogadro della Fiat. Da lì in parte a Sellafield (Gran Bretagna). Altre, nel luglio 2012, a Le Hague (Francia) dove sono stati trasferiti 66 kgHM pre-irraggiamento (48 semibarrette di combustibile). Dal 2018, dopo una convenzione intercorsa tra Italia e Slovacchia, in questo Paese vengono trasferite le barre di Caorso per il riprocessamento. Quello che resta è sempre un prodotto ad alta attività che viene vetrificato, i cosiddetti "vetri radioattivi", e rispedito ai paesi di origine. Al Garigliano ne spetterebbero alcuni mc, oltre alla quota del Superphenix, l'impianto al plutonio autofertilizzante veloce, alla cui costruzione contribuì anche l'Italia.

3. Centrale di Borgo Sabotino (LT)

Operativa dal gennaio del 1964, ha raggiunto una produzione elettrica complessiva di 26 miliardi di kWh fino alla data del suo arresto definitivo, avvenuto nel 1987. A distanza di 16 anni, nel 2011, una bella domenica di sole datata 17 aprile, più di 4mila persone circondarono la Centrale nucleare di Borgo Sabotino. Quella fu una delle prime grandi manifestazioni del movimento antinuclearista per la campagna referendaria del 2011 grazie alla quale fu bocciata una volta per tutte la scelta nucleare in Italia.

La presenza della Centrale nucleare di Borgo Sabotino caratterizza da sempre la quotidianità dei residenti, essendo un elemento dominante nel paesaggio costiero da Torre Astura al Promontorio del Circeo. Oggi, anche grazie a quella vittoria referendaria, si è aperta una nuova fase e il

termine *decommissioning* non è più soltanto una parola ma una prospettiva concreta per il futuro, anche se ancora a “molto lungo” termine.

Sul sito della Centrale, divenuto in questi anni “deposito temporaneo” di se stesso, sono stati stoccati i materiali radioattivi provenienti dallo smantellamento dell’impianto. Non appena sarà disponibile il Deposito Unico Nazionale, potrà avviarsi la fase due che prevede lo smantellamento dell’isola nucleare.

Nel 2009, con l’approvazione del progetto di *decommissioning* presentato dalla SOGIN si è avviata la Fase 1 di smantellamento dell’impianto che ha previsto la realizzazione sul sito di un deposito temporaneo di 2.000 mq per lo stoccaggio dei materiali derivanti dal progressivo smantellamento della centrale. La realizzazione del deposito si è conclusa nel 2014 ma è entrato in esercizio solo nel 2018.

Nel 2016 si è concluso lo smantellamento delle condotte del circuito primario da cui è derivata la produzione di rifiuti debolmente radioattivi costituiti da materiale coibente che è stato confezionato in fusti da 220 litri, supercompattato e riconfezionato in 47 fusti “overpack” da 380 litri e attualmente stoccati nel deposito temporaneo.

Nel 2017 si è conclusa la bonifica della “Fossa KCFC”, deposito temporaneo interrato realizzato negli anni ’70 che conteneva 78 manufatti cementizi da 220 litri contenenti, appunto, i filtri KCFC utilizzati per trattare l’acqua della piscina del combustibile. Dopo un lavoro accurato che ha comportato la realizzazione di una struttura in carpenteria metallica coperta con pannelli coibentati, i manufatti sono stati tradotti nel deposito temporaneo.

Tra il 2009 e il 2017 è stato realizzato l’impianto LECO per estrarre e condizionare in matrice cementizia i fanghi radioattivi derivanti dal pregresso esercizio della Centrale. Complessivamente sono 14,5 i metri cubi di fanghi radioattivi presenti che dovranno essere trattati attraverso l’impianto di condizionamento. Di questi 1,5 si trovano sul fondo della piscina del combustibile mentre i restanti 13 metri cubi si trovano in un serbatoio interrato in acciaio inox. Dalle operazioni di condizionamento deriveranno circa 120 manufatti che verranno stoccati nel deposito temporaneo in loco. L’impianto, inoltre, dovrà trattare i restanti fanghi radioattivi derivanti dalla Fase 2 del *decommissioning* che coinvolgerà la c.d. isola nucleare.

Nel 2011 è stato smantellato il lungo e fatiscente pontile di cemento armato che si incuneava a largo del Mar Tirreno e che era parte integrante del sistema di circolazione acqua. Lo smantellamento definitivo di tutte le condotte è previsto per il 2027.

Sono attualmente in corso le operazioni di bonifica della piscina del combustibile, costituita da tre vasche, che ha già prodotto alcuni rifiuti contaminati derivanti dalla scarifica delle pareti e del fondo delle vasche di spegnimento e di emergenza. Lo smantellamento della vasca centrale, che veniva usata durante l’esercizio della Centrale, è, invece, in corso e prevede, come detto, l’impiego dell’impianto LECO per il trattamento dei fanghi. Le operazioni dovrebbero concludersi nel 2021.

In corso d’opera è anche lo smantellamento dei sei boiler dell’edificio reattore e la realizzazione di una struttura di servizio, Facility, che servirà al trattamento dei materiali contaminati derivanti dalle future operazioni di smantellamento.

Con la disponibilità del Deposito Nazionale unico sarà possibile avviare le operazioni programmate per la Fase 2 del decommissioning, in particolare lo smantellamento dell'edificio reattore da cui deriveranno rifiuti radioattivi ad alta intensità di cui 2.000 tonnellate di grafite costituenti il reattore. Il caso "anomalo" della contaminazione da cloruro di vinile della falda sottostante la Centrale.

Nel 2014, a seguito anche delle denunce fatte dall'attivista pontino e ex presidente del Circolo Arcobaleno Legambiente di Latina, Roberto Lessio, assieme all'ex coordinatore provinciale dell'associazione, nonché ex presidente del Circolo "Larus" Legambiente di Sabaudia, Marco Omizzolo, il Coordinamento provinciale di Legambiente presenta un esposto alla Procura della Repubblica in relazione alla presenza nell'acqua di falda, con valori anche 20 volte oltre la soglia consentita, di cloruro di vinile rilevata dalla stessa SOGIN in 9 pozzi di rilevazione all'interno del perimetro della Centrale. L'origine di questa contaminazione da questa sostanza è solitamente associabile a processi industriali non riconducibili direttamente alla Centrale. Tuttavia, in un articolo scritto a quattro mani dai due ex attivisti di Legambiente e pubblicato ad agosto del 2014 sulla testata giornalistica Il Manifesto, si ricordano le denunce fatte già dal 2004 dalle pagine del bisettimanale locale Il Caffè, in relazione alla presenza di siti di stoccaggio di rifiuti speciali e pericolosi.

Ad oggi, nonostante il persistente divieto per i cittadini residenti nei pressi del sito ad utilizzare l'acqua prelevata dai pozzi per le attività di irrigazione di orti e gli altri consumi umani, non si è ancora chiarita l'origine della contaminazione della falda che, va detto, sarebbe la stessa della vicina discarica di Borgo Montello.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- L'area non si trova ad adeguata distanza dai centri abitati (CE12);
- L'area non si trova ad adeguata distanza dalla linea costiera (meno di 1 km).

DEPOSITI ESISTENTI IN CENTRALE

Attualmente sono presenti nel sito 1.794 mc di rifiuti radioattivi di cui:

- 868 ad attività molto bassa;
- 489 ad attività bassa;
- 437 a media attività.

di cui si possono specificare:

- 47 fusti da 380 litri;
- 78 manufatti cementizi da 220 litri;
- 14,5 mc di fanghi radioattivi (che verranno condizionati in 120 manufatti cementizi da 440 litri);
- 240 ton di metalli contaminati;
- 2.000 ton di grafite

4. Centrale “Enrico Fermi” (Trino, VC)

Il 14 ottobre del 1955, all’indomani della Conferenza di Ginevra Atoms for Peace, la Edison chiede a tutti i principali costruttori di reattori un’offerta per realizzare la prima centrale nucleare italiana. Due mesi dopo nasce la Selni, società pubblico-privata per la gestione del futuro impianto composta tra gli altri da Edison, Iri-Finelettrica, Sme e Sip. Per la localizzazione dell’impianto viene scelto un terreno offerto dal comune di Trino Vercellese (Vc). La centrale entra in funzione nel 1964 e nel 1966, con la legge sulla nazionalizzazione elettrica, la proprietà passa all’Enel. La centrale di Trino, che nella sua storia ha prodotto complessivamente 26 miliardi di kWh, viene fermata nel 1987 e nel 1990 il Cipe ne dispone lo smantellamento definitivo. Il decommissioning viene realizzato soltanto in parte. Le barre di combustibile sono state tutte inviate al deposito Avogadro di Saluggia oppure al riprocessamento presso il Centro francese di La Hague.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- L’area è interessata da fenomeni di fagliazione (CE03);
- L’area è caratterizzata da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (CE04);
- Area caratterizzata da livelli piezometrici affioranti (CE10);
- L’area è inserita in un contesto di aree naturali protette identificate ai sensi della normativa vigente (CE11);
- L’area non si trova ad adeguata distanza dai centri abitati (CE12);
- L’area è a distanza inferiore ad 1 km da autostrade e strade extraurbane principali e linee ferroviarie (CE13);

DEPOSITI ESISTENTI IN CENTRALE

Rifiuti radioattivi LLW e ILW, principalmente in forma solida, derivanti dall’esercizio della centrale, oltre alle strutture della centrale stessa.

Al termine della attività di disattivazione e di condizionamento già avviata saranno da conferire al Deposito nazionale 4.259 mc di rifiuti LLW e 369 mc di rifiuti ILW.

5. Impianto EUREX (Saluggia, VC)

L’impianto Eurex di Saluggia, realizzato tra il 1965 e il 1970 per il riprocessamento del combustibile nucleare irraggiato, è localizzato lungo il corso della Dora Baltea, a 3 km dalla confluenza con il Po, in un’area esposta a eventi alluvionali e più volte alluvionata.

Contiene rifiuti radioattivi VLLW, LLW, ILW, in forma solida e liquida, derivanti dall’attività di riprocessamento realizzata fra il 1970 e il 1985.

Al termine delle attività di solidificazione e condizionamento, già avviate, saranno da conferire al Deposito nazionale 7.675 mc di rifiuti LLW e 1.893 mc di rifiuti ILW.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- L'area è caratterizzata da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (CE04);
- Area caratterizzata da livelli piezometrici affioranti (CE10);
- L'area non si trova ad adeguata distanza dai centri abitati (CE12);
- L'area è caratterizzata dalla presenza nota di importanti risorse del sottosuolo (CE14).

Depositi presenti nel sito

Contiene rifiuti radioattivi VLLW, LLW, ILW, in forma solida e liquida, derivanti dall'attività di riprocessamento realizzata fra il 1970 e il 1985.

Al termine delle attività di solidificazione e condizionamento, già avviate, saranno da conferire al Deposito nazionale 7.675 mc di rifiuti LLW e 1.893 mc di rifiuti ILW.

6. Deposito Avogadro (Saluggia, VC)

Il deposito Avogadro di Saluggia (VC) è di proprietà della Deposito Avogadro SpA con socio unico FIAT. L'edificio ospitava negli anni 60 il reattore di ricerca Avogadro RS1 di Sorin, poi smontato nel 1976 e depositato in un bunker a breve distanza, oggi di proprietà di Livanova, le cui condizioni di conservazione destano preoccupazione.

Negli anni 80 nel deposito Avogadro sono state depositate barre di combustibile irraggiato provenienti dalle centrali nucleari di Trino e del Garigliano, in parte successivamente trasferite per il riprocessamento al centro francese di La Hague.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- L'area è caratterizzata da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (CE04);
- Area caratterizzata da livelli piezometrici affioranti (CE10);
- L'area non si trova ad adeguata distanza dai centri abitati (CE12);
- L'area è caratterizzata dalla presenza nota di importanti risorse del sottosuolo (CE14).

Oltre ai criteri sopra elencati il Deposito Avogadro non ha i necessari requisiti di sicurezza prescritti dalle norme vigenti, e la sua autorizzazione viene prorogata sistematicamente nella impossibilità di trovare altre sistemazioni meno inidonee per le barre di combustibile irraggiato che vi sono contenute.

Depositi presenti nel sito

Rifiuti radioattivi VLLW, LLW e barre di combustibile irraggiato HLW, in forma solida, derivanti dalle centrali nucleari di Trino e del Garigliano.

Al termine della attività di solidificazione e condizionamento già avviata saranno da conferire al Deposito nazionale 1.070 mc di rifiuti LLW, 111 mc di rifiuti ILW e 1 cask HLW.

7. Impianto installazioni LivaNova (Saluggia, VC)

La società Livanova Site Management Srl gestisce laboratori e depositi con sostanze radioattive derivanti dalla passata attività di ricerca nucleare svolta con il reattore Sorin RS1 e dalla commercializzazione di isotopi radioattivi per uso sanitario.

I rifiuti radioattivi sono contenuti in un deposito realizzato nel 2008 e le strutture radioattive del reattore RS1 sono depositate in un bunker.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- L'area è caratterizzata da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (CE04);
- Area caratterizzata da livelli piezometrici affioranti (CE10);
- L'area non si trova ad adeguata distanza dai centri abitati (CE12);
- L'area è caratterizzata dalla presenza nota di importanti risorse del sottosuolo (CE14).

Oltre ai criteri sopra elencati va detto che la falda superficiale in corrispondenza di questo sito presenta tracce di radioattività. Pertanto, le condizioni di sicurezza del bunker che contiene le parti del reattore Avogadro RS1 destano preoccupazione.

Depositi presenti nel sito

Rifiuti radioattivi VLLW, LLW e ILW, in forma solida, derivanti dalle attività di ricerca e di commercializzazione pregresse.

Al termine della attività di condizionamento già avviata saranno da conferire al Deposito nazionale 688 mc di rifiuti LLW, 11 mc di rifiuti ILW.

8. Impianto ITREC (Rotondella, MT)

L'impianto ITREC (Impianto di Trattamento e Rifabbricazione Elementi di Combustibile) si trova all'interno del Centro Ricerche ENEA Trisaia di Rotondella (MT) ed è stato costruito tra il 1960 e il 1970 dal CNEN, Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare. Operativo dal 1975, si tratta di un impianto di ricerca su ciclo del combustibile nucleare. Tra il 1968 e il 1970 nell'impianto sono stati trasferiti 84 elementi di combustibile irraggiato uranio-torio provenienti dal reattore sperimentale Elk River (Minnesota). In seguito, sono state condotte ricerche sui processi di ritrattamento e ri-fabbricazione del ciclo uranio-torio per verificare l'eventuale convenienza tecnico-economica rispetto al ciclo del combustibile uranio-plutonio normalmente impiegato. Nel 1973 il CNEN è divenuto proprietario degli 84 elementi di combustibile di Elk River, 20 dei quali sono stati ritrattati. Nel 1987, a seguito del referendum sul nucleare, le attività sono state interrotte. Nel 2003 Sogin ha assunto la gestione dell'impianto con l'obiettivo di realizzare la bonifica ambientale del sito. Nel luglio 2011 è stata presentata ai Ministeri competenti l'istanza di autorizzazione per la disattivazione dell'impianto.

I rifiuti radioattivi sono stoccati in Depositi Temporanei che vengono periodicamente ispezionati. A fine settembre 2015 sono riprese le attività di super compattazione dei rifiuti radioattivi solidi. La conclusione delle attività descritte è prevista entro il 2025. Entro il 2037 è previsto il rilascio completo del sito.

Nel giugno 2015 nel corso delle campagne di monitoraggio semestrali di Sogin nell'impianto, le analisi di laboratorio condotte su campioni di acqua prelevati hanno evidenziato in alcuni punti il superamento delle CSC, concentrazione soglia di contaminazione, per alcuni parametri chimici, non radiologici, come trielina, cromo esavalente, ferro, idrocarburi totali. Il 13/04/2018 la Procura di Potenza dispone il sequestro preventivo di tre bacini di raccolta effluenti liquidi e la relativa condotta di scarico a mare. In data 23/04/2018 Sogin comunica, la realizzazione di un impianto di trattamento in loco delle acque di drenaggio. Gli inquirenti avrebbero accertato *'una grave ed illecita attività di scarico a mare dell'acqua contaminata, che non veniva in alcun modo trattata. In particolare, le acque contaminate, attraverso una condotta, partivano dal sito in questione e, dopo avere percorso alcuni chilometri, si immettevano direttamente nel mare Jonio'*. Nell'ottobre 2020 l'Arpab rileva lo sfioramento delle concentrazioni soglie di contaminazioni non solo nei piezometri interni al sito dell'Itrec ma anche in quelli esterni ubicati sotto la Statale Jonica 106. Il 30 giugno 2020 è stato presentato all'Arera, Autorità di regolazione per l'energia, reti e ambiente, il nuovo "Piano a vita intera". La previsione è di riuscire a eliminare tutto ciò che resta del nucleare in Italia entro il 2036. L'Itrec di Rotondella sarà l'ultimo impianto a essere smantellato.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- Area caratterizzata da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica;
- Area al di sotto dei 5 km dalla linea costiera o ubicata a distanza maggiore ma ad altitudine minore di 20 mt slm;
- Area a non adeguata distanza dai centri abitati;
- Area a distanza inferiore a 1 km da autostrade, strade extraurbane principali e linee ferroviarie;
- Area caratterizzata da presenza nota di importanti risorse del sottosuolo;

Depositi presenti nel sito

Il volume dei rifiuti radioattivi, classificati in accordo con il decreto interministeriale del 7 agosto 2015, presenti nel sito al 31.12.2019 è di 3.361 metri cubi (mc) e può variare di anno in anno con il progredire delle attività di mantenimento in sicurezza e di decommissioning e delle modalità di condizionamento dei rifiuti pregressi. Quantitativo (in metri cubi) dei rifiuti radioattivi, suddivisi per tipologia, presenti nell'impianto di Rotondella al 31.12.2019: Attività molto bassa, 2.810; Bassa attività, 357; Media attività, 194.

Per un totale di 3.361 mc. Questi rifiuti sono stoccati in sicurezza sul sito.

Alle porte di Roma, a **28 km dal centro della Capitale**, nel centro di ricerca **Enea Casaccia** sono presenti 4 distinti impianti, come di seguito riportato. L'area di ricerca **non è idonea ad ospitare una ingente quantità di rifiuti radioattivi** poiché si trova a ridosso di alcuni centri abitati, come la frazione di Osteria Nuova (dove ci sono circa 2.000 abitanti), a circa 6 da Anguillara Sabazia, dove risiedono circa 19.000 persone.

9. Impianto OPEC 1 (Casaccia, RM)

Il laboratorio OPERazioni Calde (OPEC) è entrato in esercizio nel 1962 ed è stato il primo laboratorio italiano in grado di eseguire analisi di post-irraggiamento su elementi di combustibile irraggiati. Le attività di disattivazione sono iniziate nel 1990 e una prima parte delle operazioni di smantellamento si sono concluse nel 2015. Le stime dei materiali derivanti dallo smantellamento dell'impianto prevedono un'attività dei rifiuti generati di circa 95 GBq. La stima, invece, dei rifiuti condizionati che saranno conferiti al Deposito Nazionale è di circa 3.666 mc di rifiuti a bassa e molto bassa attività e 941 mc di rifiuti a media attività risultanti dal condizionamento dei rifiuti presenti nel sito Casaccia e dei rifiuti prodotti dallo smantellamento delle infrastrutture. Si prevede che il sito sarà definitivamente smantellato e tutti i rifiuti radioattivi condizionati immagazzinati nelle strutture di stoccaggio entro il 2028.

10. Impianto Plutonio (Casaccia, RM)

Questo impianto è stato realizzato alla fine degli anni '60 ed è nato con l'obiettivo di sviluppare varie tecniche di lavorazione del Plutonio. Nel 2014 sono state allontanate le parti residue delle lavorazioni e attualmente sono in corso le attività di smantellamento. Dallo smantellamento delle scatole a guanti si stima una produzione di circa 150 mc di materiali (plastica e metalli). Da caratterizzazioni radiologiche preliminari si stimano residui di materiali con un'attività di 247 GBq. Si prevede inoltre che il sito sarà definitivamente smantellato e tutti i rifiuti radioattivi condizionati immagazzinati nelle strutture di stoccaggio entro il 2029.

11. Trattamento, condizionamento e smaltimento rifiuti radioattivi (Casaccia, RM)

Gestito dalla NUCLECO, che nacque negli anni '80 del secolo scorso, ha la finalità di gestire il ritiro, trattamento e custodia dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività prodotti presso il centro della Casaccia.

12. Reattore di ricerca TAPIRO (Casaccia, RM)

È in attività dal 1971 ed è progettato per operare ad un livello di potenza massimo di 5 kW. È un reattore per attività di ricerca. Non vi sono rifiuti radioattivi in stoccaggio in quanto gli eventuali rifiuti prodotti vengono trasferiti presso il centro della NUCLECO Casaccia.

13. Reattore di ricerca TRIGA RC1 (Casaccia, RM)

In attività dal giugno del 1960, ha operato alla potenza di 100 kW fino all'agosto del 1965, arrivando fino ad 1 MW di potenza massima. Non vi sono rifiuti radioattivi in stoccaggio in quanto gli eventuali rifiuti prodotti vengono trasferiti presso il centro della NUCLECO Casaccia.

14. Impianto di Bosco Marengo (AL)

L'impianto Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo (AL) realizzato negli anni settanta ha prodotto combustibili per alimentare le centrali nucleari italiane e anche per il Superphenix di Creys-Malville, in Francia. Nel 1995 l'Enea ha deciso di procedere alla disattivazione dell'impianto che è in fase avanzata di completamento. I rifiuti radioattivi sono stati inviati a Nucleco per la compattazione, e poi torneranno a Bosco Marengo. Nel frattempo, sono stati scoperti nel sito, sepolti sottoterra, numerosi fusti metallici. Nel sito è stata anche scoperta radioattività in profondità di Am-241, Co-60, Cs-137, Pu-238, Pu-239/240, Sr-90 e Th-232, in quantità comprese tra le centinaia e le migliaia di Bq/kg, non compatibili con le attività dell'impianto FN che si occupava della fabbricazione degli elementi di combustibile, e che quindi non avrebbe dovuto aver presenza né di prodotti di fissione né di transuranici.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- Area interessata da fenomeni di fagliazione (CE03);
- Area a non adeguata distanza dai centri abitati (CE12);
- Area a distanza inferiore ad 1 km da autostrade, strade extraurbane principali e da linee ferroviarie (CE13);
- Area caratterizzata dalla presenza di attività industriali a rischio di incidente rilevante, dighe e sbarramenti idraulici artificiali, aeroporti, ecc. (CE15).

Depositi presenti nel sito

Rifiuti radioattivi VLLW e LLW in forma solida, derivanti dalle attività pregresse di fabbricazione di combustibile nucleare.

Al termine della attività di solidificazione e condizionamento già avviata saranno da conferire al Deposito nazionale 477 mc di rifiuti LLW e 3 mc di rifiuti ILW.

15. Impianto Cemerad (Statte, TA)

La zona Pip del Comune di Statte (TA) sorge su una vecchia cava degli anni '70 colmata a discarica nei primi anni '90. La presenza di rifiuti industriali nel terreno, senza alcun presidio, costituisce sorgente di contaminazione del suolo della falda idrica sotterranea, del tipo profondo, che seguendo il naturale deflusso verso il mare, trasporta con sé il carico inquinante secondo un modello concettuale preliminare che vede come bersagli diretti le matrici ambientali suolo-sottosuolo-acque sotterranee e superficiali.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- è alla distanza di meno di 5 km dalla linea di costa attuale oppure ubicate a distanza maggiore ma ad altitudine minore di 20 m s.l.m (circa 4 km dalla costa);
- non è a un'adeguata distanza dai centri abitati;
- si trova a distanza inferiore a 1 km da autostrade e strade extraurbane principali e da linee ferroviarie;
- è area fondamentale e complementare;

- è caratterizzata dalla presenza di attività industriali a rischio di incidente rilevante (D.Lgs. n.334/99), dighe e sbarramenti idraulici artificiali, aeroporti o poligoni di tiro militari operativi (Area ex-ILVA).

Depositi presenti nel sito

Fusti radioattivi provenienti da attività sanitarie, fusti contenenti filtri di impianti di condizionamento contaminati derivanti da Chernobyl e fusti contenenti strutture radioattive. In estrema sintesi risultavano n. 3.401 fusti radioattivi, n. 79 colli contenenti filtri e sorgenti e n.13.020 colli potenzialmente decaduti, per un totale complessivo di 16.500 fusti.

Sono già stati allontanati dal sito ex Cemerad n. 10.408 fusti di cui 88 contenuti sorgenti e filtri contaminati dall'evento Chernobyl, 784 contenenti materiale radioattivo e 9536 contenenti rifiuti pericolosi. Ad oggi la necessità di reinfustaggio di un maggior numero di fusti deteriorati rispetto a quanto fosse prevedibile in fase iniziale, considerato lo scarso spazio presente tra le varie pile di fusti ha comportato un aumento del numero di trasporti necessario per allontanare i fusti. Al marzo 2020 risultavano ancora in corso ulteriori valutazioni con la Sogin e con l'ISIN.

16. CISAM (PISA)

L'area occupata dal CAMEN - CRESAM - CISAM si trova in località San Piero (Pisa) a circa 6 Km sia dalla città che dal mare, in una pineta che fa parte del più grande bosco costiero del Mediterraneo da nord di Livorno a sud di Viareggio.

Il reattore nucleare RTS-1 di ricerca "Galileo Galilei", prodotto dalla ditta americana Babcock & Wilcox, era un reattore con il nocciolo moderato tramite acqua in una piscina. Aveva una potenza di 5 megawatt. I lavori di costruzione sono durati dal 1960 al 1963. Attivo dall'aprile del 1963. È nato come centro di ricerca militare con nome CAMEN ("Centro Applicazioni Militari Energia Nucleare) su spinta di studi fatti dal 1955 all'interno della Accademia Navale di Livorno. Obiettivo centrale era lo studio della propulsione nucleare navale. Altri settori di studio erano: prove di schermatura, prove di irradiazione su materiali strutturali, misure di parametri nucleari, produzione di radioisotopi, studi sugli effetti biologici delle radiazioni. Secondo un accordo fra il Ministero Difesa e l'Università di Pisa il reattore serviva a scopo di addestramento e ricerca anche per l'Accademia Navale e l'Università di Pisa. Nel CAMEN si sono insediati gruppi di ricerca di enti come Eni, Agip Nucleare, CNR, CNEN e industrie FIAT, Montedison, ENEL. Il reattore ha raggiunto la massima potenza nel febbraio del 1966 e ha operato h24 dall'aprile 1967 al marzo del 1980, quando è stato definitivamente spento. Dal suo spegnimento è iniziata l'operazione di smantellamento per la quale la spesa prevista è stata di 30 milioni di euro. Nel 1994 il centro prende il nome di CISAM (Centro Interforze Studi per le Applicazioni Militari) che svolge soprattutto attività di monitoraggio radiologico. Il CISAM ospita tuttora il deposito di rifiuti radioattivi dell'Amministrazione della Difesa. Lo smantellamento avrebbe dovuto finire nel 2020 quando, con la rimozione di tutti gli impianti di servizio ausiliari, si sarebbe potuto lasciare il sito per altre destinazioni.

Attualmente il bosco, zone agricole e il lago di Massaciuccoli costituiscono il parco regionale di Migliarino – San Rossore – Massaciuccoli. Purtroppo, nel parco sono comprese due aree militari: il

CISAM e Camp Darby, base logistica dell'esercito USA. L'Ente Parco ha sulla carta competenza per la gestione forestale ma le aree sono di gestione militare di due diversi Stati. Qualora, come previsto, il sito fosse del tutto bonificato e reso utilizzabile "per qualunque scopo", il Parco Regionale (e l'Italia tutta) acquisterebbe un'area di grande pregio naturalistico in prossimità delle città di Pisa e Livorno.

Il recupero alla fruizione pubblica dell'area CISAM sarebbe una proposta molto condivisa e sarebbe motivo di opposizione al deposito.

Il sito non è adeguato allo stoccaggio di materiale e rifiuti nucleari perché:

- Area situata a 5 km di distanza (in linea d'aria) dalla linea di costa attuale;
- Area a meno di 2 km dal centro abitato San Piero a Grado e circa 5 km dall'abitato di Pisa (7 dal centro – Ponte di Mezzo);
- Presenza di Aree naturali protette identificate ai sensi della normativa vigente: interna al parco regionale di Migliarino – San Rossore – Massaciuccoli;
- Area con distanza di 1 km da via di comunicazione principale come la Pisa – mare, e 2 km dall'autostrada Genova – Rosignano.

Depositi presenti nel sito

Nell'attuale CISAM si trova un sito provvisorio per scorie radioattive provenienti dai residui del reattore e altre fonti militari.

- barre di combustibile (uranio) esaurite: trasferite all'impianto di Saluggia nel 1986
- barre di combustibile non esaurite: trasferite in Francia nel 2002;
- barre di controllo e altre parti: conservate nel CISAM, anche conservate in monoliti di calcestruzzo;
- acqua della piscina: diluita in canale e poi in mare 2013;
- materiale utilizzato per fini diversi esterni al CISAM depositato nel sito (quantità probabilmente trascurabile rispetto a quanto proveniente dal reattore)

Non ci è dato sapere quanto è ancora presente nel sito di proprietà e gestito dal Ministero delle Difesa, che non diffonde questo tipo di notizie. Molto probabilmente quantità limitate, visti i trasferimenti sopra indicati.

Nel sito è presente un sistema di sorveglianza della radioattività ambientale locale nelle zone circostanti il reattore. Vengono pertanto eseguiti e registrati i seguenti controlli radiometrici periodici: sedimenti dell'acqua piovana di raccolta; particolato atmosferico; matrici ambientali (terreno). I valori nel tempo misurati non si sono mai discostati dal fondo ambientale.

17. DEPOSITI ED ATTIVITÀ IN SICILIA

Presso l'Università di Palermo, c'è un reattore (**Reattore AGN 201 Costanza**) che viene utilizzato per svolgere attività didattica e, in misura minore, irraggiamenti e produzioni di radionuclidi a vita breve per la calibrazione di strumenti di misura. **DEPOSITI ESISTENTI IN LOCO:** Non sono presenti rifiuti radioattivi all'interno della struttura mentre un deposito, sempre a Palermo, era quello della SICURAD che fino al 2010, anno in cui è stata revocata l'autorizzazione di deposito, ha svolto attività di raccolta e deposito temporaneo di rifiuti radioattivi di origine medico sanitaria. Ad oggi proseguono le attività di raccolta rifiuti che vengono però trasportati presso il centro della NUCLECO.

Secondo i dati contenuti nell'annuario dei dati ambientali del 2018 di Ispra, e come accennato in precedenza, esistono altre strutture autorizzate ad utilizzare "sorgenti di radiazioni", ovvero quelle dovute a materie radioattive e macchine generatrici di radiazioni ionizzanti di Categoria A. Di queste strutture (95 in tutto il Paese), **6 ricadono nel territorio siciliano (3 in provincia di Catania, 2 di Palermo e 1 di Messina).**

Inoltre, sempre in Sicilia, la produzione autorizzata di Fluoro 18 (un radionuclide che trova largo impiego in ambito medico per la diagnosi tramite PET di diverse patologie e che viene prodotto tramite i "ciclotroni" - dei particolari acceleratori di particelle) al 2017 è stata di 547 TBq (circa il 7% della produzione italiana). Per la maggior parte delle province siciliane, il contributo maggiore di questo radionuclide deriva, come aspettato, dall'impiego nella medicina nucleare; tuttavia, è interessante osservare che molto al di sotto della media percentuale è il contributo dell'utilizzo di tali materie in medicina nucleare nelle province di **Caltanissetta** (25%) e **Siracusa** (16%): su di esse, infatti, insistono rispettivamente i poli industriali di Gela (CL) e Priolo Augusta (SR). Una particolarità dovuta al fatto che tale prodotto è probabilmente più legato a particolari attività industriali nei poli citati, come ad esempio nella saldatura dei metanodotti e gasdotti.

Altri siti di stoccaggio

Per gli altri siti che detengono rifiuti radioattivi, secondo le ultime informazioni reperibili dal report dell'ISIN¹⁰, la situazione è la seguente:

Depositi Protex (Forlì) – PROTEX, Forlì –

La PROTEX effettua dal 1978 la fornitura di servizi integrati nel settore dell'utilizzo di sostanze radioattive a scopo medico e scientifico. Possiede due depositi autorizzati alla detenzione di sostanze radioattive e presso la propria sede dispone di un sistema autorizzato di stoccaggio rifiuti liquidi in grado di ospitare circa 250.000 litri di materiale.

Reattore LENA (Pavia) – Università di Pavia –

Nel Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA) è installato e funzionante un Reattore Nucleare di ricerca da 250 kW.

MitAmbiente (San Giuliano Milanese, MI) – MitAmbiente –

Attiva dal gennaio 2017 effettua attività di raccolta rifiuti radioattivi solidi e liquidi, prodotti in attività mediche, industriali e di ricerca. I lavori di costruzione della struttura per il deposito temporaneo di rifiuti sono stati ultimati ad aprile 2017.

Centro Comune di Ricerche (CCR) (Ispra, VA)

È qui che nel 1959 venne inaugurato il primo reattore nucleare di ricerca costruito in Italia. Agli inizi degli anni '60 il Centro fu ceduto alla CE. Da allora è il più grande e più importante centro di ricerca gestito dalla Commissione Europea ed è uno dei depositi, in termini di metri cubi stoccati, più importanti in Italia con 5.700 mc di rifiuti radioattivi presenti. Secondo gli ultimi dati forniti dall'Ispra *“gli impianti nucleari non più utilizzati (reattore Ispra 1, reattore ESSOR e impianti ad esso collegati, laboratori radiochimica, Laboratorio Caldo di Studi e Ricerche LCSR, strutture di raccolta, deposito e trattamento dei rifiuti radioattivi e del materiale nucleare dismissed) sono oggi oggetto di un programma di “decommissioning”, definito dalla Commissione Europea”*. Per quanto attiene al programma di decommissioning in corso invece, nel 2012 è stata ultimata la “Tank Farm”, ovvero una nuova stazione per lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi liquidi (che verranno successivamente condizionati); nel 2013 è stato realizzato il deposito ISF che riceverà temporaneamente i rifiuti prodotti dallo smantellamento degli impianti nucleari presenti nel centro, in attesa del deposito nazionale. È ancora in fase di realizzazione la stazione per il trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi solidi (*Grouting Station*).

Le stime dei materiali derivanti dallo smantellamento per attività residue sono circa 5.900 TBq di attivazione e contaminazione (reattore ESSOR).

¹⁰ ISIN, 3-2020: Inventario Nazionale Rifiuti Radioattivi - aggiornamento al 31 dicembre 2019.

Reattore ISPRA 1

Ospita il primo reattore nucleare italiano che ha raggiunto la sua criticità il 20 novembre 1959 che è stato al centro di vari esperimenti di ricerca in ambito nucleare. La gestione del reattore è passata dall'Italia al personale EURATOM nel 1962. Lo scorso aprile 2020 Sogin ha trasmesso l'istanza per la disattivazione e si prevede il totale smantellamento entro il 2034.

Deposito Campoverde (Milano) e Tortona (AL)

La Campoverde è una società privata nata nei primi anni '50 del secolo scorso che da allora opera nel campo della chimica farmaceutica, diagnostica e alimentare e poi si sviluppa nel settore del recupero, smaltimento e trattamento dei rifiuti e materiali radioattivi. Dal 2000 gestisce anche il deposito di Tortona (AL). In particolare, il **deposito Campoverde** di Tortona (AL) di proprietà della società Campoverde srl di Milano contiene rifiuti radioattivi derivanti da attività di carattere sanitario gestite a suo tempo anche da Controlsonic, poi fallita.

Il deposito iniziale di Controlsonic era in pessime condizioni, nel 2012 grazie a un finanziamento della Regione Piemonte gli oltre 2000 fusti di materiale radioattivo sono stati rimossi e conferiti in un nuovo deposito gestito da Campoverde. Il sito risulta poco idoneo allo stoccaggio e deposito di rifiuti radioattivi per via della non adeguata distanza da centri abitati e autostrade e strade extraurbane come previsto dai criteri escludenti di Ispra. Il deposito è contenuto in un normale capannone collocato nella area industriale di Tortona.

Reattore L54M CESNEF (Milano)

Il reattore ha una potenza di circa 50 kW, è fuori esercizio dal luglio 1979 ed ha operato in modo discontinuo per una potenza complessiva e integrale di 17 NWd. Il combustibile è stato trasferito all'impianto EUREX di Saluggia nel giugno del 1994.

Glossario:

Bq= Becquerel;

celle LMA= Celle a largo angolo di miscelazione (Large Mixing Angle);

CIPE= Comitato interministeriale per la programmazione economica;

ENEA= Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ex Ente Nazionale Energia Atomica);

EURATOM= Trattato che istituisce la Comunità europea dell'energia atomica (CEEA o Euratom), firmato il 25 marzo 1957;

GBq= Gigabecquerel (1 Gigabecquerel = 1 miliardo di Becquerel);

HLW= Rifiuti nucleari ad alto livello di contaminazione (High Level Waste);

ILW= Rifiuti nucleari a livello di contaminazione intermedio (Intermediate Level Waste);

ISIN= Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione;

ISPRA= Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale;

kW= Kilowatt (un kW è pari a 1.000 Watt);

kWh= Chilowattora (consumo di una stufa da 1 000 watt - 1 kW - accesa per un'ora, equivalente a 3600 kJ);

LLW= Rifiuti nucleari a basso livello di contaminazione (Low Level Waste);

MW= Megawatt;

MWt= Megawatt termico;

NWd= Unità di misura di Densità Nucleare;

NWe= Numero di Weber (indica il rapporto tra forze di inerzia e forze di tensione superficiale);

SOGIN= Società per la Gestione degli Impianti Nucleari italiani;

TBq= Terabecquerel (mille miliardi di Bq);

tHM= Tonnellate di metallo pesante;

Twh= Terawatt ora;

U= Uranio;

VLLW= Rifiuti nucleari a livello di contaminazione molto bassa (Very Low Level Waste);

VSLW= Rifiuti nucleari a ciclo di vita molto breve (Very Short Lived Waste).

Fonti:

<https://www.isinucleare.it>;

<https://www.enea.it>;

<https://www.isprambiente.gov.it>;

<https://www.rinnovabili.it>;