



Combustibile nucleare irraggiato: dal rifiuto alla risorsa

La storia del nucleare italiano e presupposti di ripartenza

Lo Smaltimento dei Rifiuti Radioattivi

Ing. Roberto Ranieri

Presidente Commissione Gestione Impianti Nucleari

13/02/2025



Indice degli argomenti:

- Smaltimento Rifiuti Radioattivi
- Progetti di attualizzazione per il licensing della nuova tecnologia nucleare



GENERALITA'

Processo di gestione volto ad isolare in maniera definitiva i materiali contenenti radionuclidi come prodotti nei molteplici campi di impiego dell'energia nucleare: produzione di energia elettrica in primis, medicina, industria, agricoltura, propulsione navale e spaziale, datazione e ricerca scientifica ed, in prospettiva, produzione di H2 dai reattori di IV generazione.

Ciò, al fine di garantire la protezione dell'uomo e dell'ambiente dagli effetti nocivi delle radiazioni ionizzanti.

Tale processo prevede una serie di fasi operative, ciascuna con specifiche metodologie e obiettivi.



FASI GESTIONALI/1

1. Caratterizzazione: Analisi proprietà chimiche, fisiche e radiologiche dei rifiuti per determinarne la tipologia e stabilire le modalità di trattamento più appropriate.



FASI GESTIONALI/2

2. Trattamento: Operazioni mirate a ridurre il volume dei rifiuti, rimuovere contaminanti o modificarne le caratteristiche così da facilitarne il successivo condizionamento.



FASI GESTIONALI/4

4. Stoccaggio (D.Lgs. n° 101/ 2020) o deposito temporaneo

Il deposito provvisorio in condizioni di sicurezza di materiale radioattivo, incluso il combustibile esaurito, di una sorgente radioattiva o di rifiuti radioattivi, in un impianto debitamente autorizzato con l'intenzione di rimuoverli successivamente

5. Smaltimento: D.Lgs. n° 101/ 2020*

Consiste nel conferimento al deposito di rifiuti radioattivi o di combustibile esaurito per il quale non è previsto il ritrattamento, ovvero in un impianto autorizzato per il loro confinamento definitivo e permanente, senza l'intenzione di rimuoverli successivamente....

***Attuazione Direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti**

Smaltimento Rifiuti Radioattivi

SOGIN: Soggetto attuatore responsabile per la localizzazione, la costruzione e l'esercizio del Deposito Nazionale.

«Ai sensi dell'art. 2, comma 1, lett. e), del D.Lgs. 31/2010, il "Deposito nazionale" è il sito nazionale destinato allo smaltimento a titolo definitivo dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività, derivanti da attività industriali, di ricerca e medico-sanitarie e dalla pregressa gestione di impianti nucleari, e all'immagazzinamento, a titolo provvisorio di lunga durata, dei rifiuti ad alta attività e del combustibile irraggiato provenienti dalla pregressa gestione di impianti nucleari»



FINALITA' DELLO SMALTIMENTO

Garantire protezione a lungo termine dell'uomo e dell'ambiente, isolando i radionuclidi fino a quando la loro radioattività non raggiunge livelli comparabili con la radioattività naturale del sito. Questo avviene attraverso l'implementazione di misure di sicurezza rigorose ed il rispetto delle normative internazionali e nazionali in materia di radioprotezione.



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

I rifiuti radioattivi presenti in Italia derivano dalle pregresse attività nucleari e da applicazioni in ambito industriale, medico e di ricerca. Nel primo caso essi sono stoccati presso i rispettivi impianti di produzione (ex centrali nucleari e impianti di ricerca per i quali è oggi in atto un programma di disattivazione), mentre negli altri casi i rifiuti trovano collocazione in specifici impianti autorizzati per la raccolta, il trattamento e lo stoccaggio.



CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

Decreto del Ministro dell'Ambiente e del Ministro dello Sviluppo Economico del 7 agosto 2015:

Classificazione Rifiuti Radioattivi (5 cat.):

- rifiuti radioattivi a vita media molto breve**
- rifiuti radioattivi di attività molto bassa**
- rifiuti radioattivi di bassa attività**
- rifiuti radioattivi di media attività**
- rifiuti radioattivi di alta attività.**



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

La classificazione dei rifiuti da smaltire avviene in base all'attività ed al tempo di decadimento:

Attività Molto Bassa e Bassa:

Rifiuti la cui radioattività decade a livelli non pericolosi nell'arco di c.a. 300 anni: possono essere smaltiti in depositi superficiali

Attività Media ed Alta:

Rifiuti, con elevati livelli di radioattività - che richiedono migliaia di anni per decadere a livelli sicuri - necessitano di depositi di smaltimento in depositi geologici profondi

Stima rifiuti condizionati I.N. da conferire al D.N.

Caorso: ca. 5.448 mc di rifiuti ad attività bassa e molto bassa, e 279 mc di rifiuti di media attività.

Garigliano: ca. 6.579 mc di rifiuti ad attività bassa e molto bassa, e 147 mc di rifiuti di media attività.

Latina: ca. 13.648 mc di rifiuti ad attività bassa e molto bassa, e 5.333 mc di rifiuti di media attività

Trino: ca. 4.132 mc di rifiuti ad attività bassa e molto bassa, e 309 mc di rifiuti di media attività.



QUANTITA' RIFIUTI RADIOATTIVI IN ITALIA

Secondo i dati forniti dagli Operatori all'ISIN sono oggi presenti circa 27.000 mc di rifiuti radioattivi già condizionati a bassa e media attività (prima e seconda categoria), dei quali circa 5.000 mc sono di origine non energetica (provenienti da ospedali, industrie ecc...), e circa 1.700 mc a più alta attività (terza categoria)



RIFIUTI DA *DECOMMISSIONING*

Ai rifiuti suddetti si aggiungeranno i rifiuti derivanti dallo smantellamento delle installazioni nucleari che sono stimabili in circa 30.000 mc, prevalentemente di bassa e media attività, nonché i rifiuti condizionati, derivanti dalle operazioni di riprocessamento del combustibile irraggiato che rientreranno in Italia dalla Gran Bretagna (circa 20 mc di rifiuti vetrificati) e dalla Francia (circa 50 mc).



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

QUADRO NORMATIVO REGOLATORIO IN AMBITO NAZIOANALE, COMUNITARIO ED INTERNAZIONALE

OBBLIGHI REGOLATORI – ISIN - e.g.:

**IAEA – REDAZIONE RAPPORTO NAZIONALE
TRIENNALE E PARTECIPAZIONE AL RELATIVO
PROCESSO DI PEER REVIEW IN AMBITO JOINT
CONVENTION**

**PARTECIPAZIONE AGLI AMBITI ENSREG E
WENRA**

**UE – PARTECIPAZIONE AL WPAQ IN AMBITO
CONSIGLIO**



NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Normativa nazionale e GT ISIN
- Normativa e standard comunitari:
Direttive Euratom e Safety Reference Levels WENRA (Associazione delle Autorità di Regolamentazione Nucleare dell'UE)
- Standard internazionali IAEA *Joint Convention on the SF and RW Management* (adozione 1997, in vigore 2001) e *Nuclear Safety*, CNS (adozione 1994, in vigore 1996)



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

A.A.

Regolamentazione: Ambiti Regolatori sovranazionali di collaborazione tra le Autorità di Sicurezza Nucleare della UE promotori dello sviluppo ed aggiornamento della normativa di sicurezza nucleare e di gestione della sicurezza dei rifiuti radioattivi e del combustibile irraggiato ENSREG (Autorità di Sicurezza Nucleare SM UE + Svizzera), WENRA (Technical Support Organization) – Ambiti attivati al tempo dell’allargamento SM UE (dal 1999)

WENRA – Produzione base di 300 SRLs (Safety Reference Levels) per la sicurezza nucleare e 300 SRLs per la gestione dei rifiuti radioattivi e lo smaltimento

“Normativa” internazionale IAEA: Joint Convention on the SF and RW Management (adozione 1997, in vigore 2001) e Nuclear Safety, CNS (adozione 1994, in vigore 1996) che i diversi Operatori che effettuano attività di gestione di rifiuti radioattivi trasmettono all’ISIN, ai sensi dell’art. 60 del D.Lgs n. 101/2020, in attuazione Direttiva 2013/59.



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

Ambiti Regolatori sovranazionali di collaborazione tra le Autorità di Sicurezza Nucleare della UE promotori dello sviluppo ed aggiornamento della normativa di sicurezza nucleare e di gestione della sicurezza dei rifiuti radioattivi e del combustibile irraggiato

ENSREG (Autorità di Sicurezza Nucleare SM UE + Svizzera), WENRA (Technical Support Organization) – Ambiti attivati al tempo dell'allargamento SM UE (dal 2000)

WENRA – Produzione base di 300 SRLs (Safety Reference Levels) per la sicurezza nucleare e 300 SRLs per la gestione dei rifiuti radioattivi e lo smaltimento

SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

**Normativa nazionale e Guide Tecniche
ISIN**

**Normativa e standard comunitari:
Direttive Euratom e Safety Reference
Levels WENRA (Associazione delle
Autorità di Regolamentazione Nucleare
dell'UE)**

**“Normativa” internazionale IAEA: Joint
Convention on the SF and RW
Management (adozione 1997, in vigore
2001) e Nuclear Safety, CNS (adozione
1994, in vigore 1996)**



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

Legislazione Nazionale

Decreto Legislativo n. 100/2011 che recepisce la Direttiva 2006/117/EURATOM del Consiglio del 20 novembre 2006 relativa alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare esaurito

Decreto Legislativo n. 45/2014 che recepisce la Direttiva 2011/70/EURATOM del Consiglio del 19 luglio 2011 che istituisce un quadro comunitario per la gestione responsabile e sicura del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

Guide Tecniche ISIN

GT 29 - Localizzazione di un impianto di smaltimento superficiale di rifiuti radioattivi di bassa e media attività 2014

GT 30 - Criteri di sicurezza deposito temporaneo rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato 2020

GT 32 - Criteri di sicurezza e di radioprotezione per impianti ingegneristici di smaltimento in superficie di rifiuti radioattivi 2022 (SOGIN)

(GT 31 Criteri di sicurezza e di radioprotezione per la disattivazione delle installazioni nucleari 2022)



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

“Normativa” internazionale IAEA: Joint Convention on the SF and RW Management (adozione 1997, in vigore 2001) e Nuclear Safety, CNS (adozione 1994, in vigore 1996) che i diversi Operatori che effettuano attività di gestione di rifiuti radioattivi trasmettono all’ISIN, ai sensi dell’art. 60 del D.Lgs n. 101/2020, in attuazione Direttiva 2013/59.

**STRIMS - Sistema Tracciabilità Rifiuti
Materiali e Sorgenti
Strumento principale per la
predisposizione e l'aggiornamento
dell'Inventario che i diversi Operatori che
effettuano attività di gestione di rifiuti
radioattivi trasmettono all'ISIN, ai sensi
dell'art. 60 del D.Lgs n. 101/2020, in
attuazione Direttiva 2013/59.**



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

La CE ha istituito e finanzia una piattaforma operativa coordinata da uno Stakeholder Group per lo studio e lo sviluppo del progetto di un **Deposito geologico regionale di smaltimento rifiuti radioattivi ad alta attività**. Il progetto è volto ad assicurare la possibilità di un tale smaltimento a quei Paesi Membri della UE che non possano realizzare tale infrastruttura nei loro territori (inadatte caratteristiche del territorio, indisponibilità delle popolazioni, etc.). La piattaforma è gestita dalla Società ENCO. L'Italia partecipa con il MASE e l'ISIN, che segue le attività tramite il WG 2 dell'ENSREG.



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

ESPERIENZE ESTERE

IMPIANTO INCAPSULAMENTO DEL
COMBUSTIBILE IRRAGGIATO E IMPIANTO DI
SMALTIMENTO FINALE IN COSTRUZIONE AD
OLKILUOTO FINLANDIA



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI A.A. OLKILUOTO

**POSIVA: 30/12/2021 RICHIESTA LICENZA
ESERCIZIO IMPIANTO INCAPSULAMENTO DEL
COMB. IRRAGGIATO E IMPIANTO DI
SMALTIMENTO FINALE IN COSTRUZIONE AD
OLKILUOTO**

**MINISTERO: RICHIESTO PARERE STUK ENTRO
2023 CHE RICHIEDE POSTICIPO SCADENZA**

**MINISTERO: PROROGA SCADENZA PARERE
STUK AL 31/12/2025**

**STUK: ATTUALMENTE IN FASE FINALE LA
VALUTAZIONE DELLA LICENZA DI ESERCIZIO**



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

A.A.

OLKILUOTO

Finlandia: due centrali nucleari operative: Olkiluoto e Loviisa. Scorie ad alta attività prodotte stimate in diverse migliaia di tonnellate. Il deposito di Onkalo è progettato per contenere circa **6.500** tonnellate di rifiuti radioattivi alta attività.

Si prevede che il **combustibile esaurito** venga **incapsulato in contenitori di rame-ferro**. Il design del **contenitore** è costituito da un **inserto in ghisa** come **elemento portante** e da un **contenitore esterno in rame** per fornire protezione contro la **corrosione**.



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI A.A. OLKILUOTO

CONTENITORI nei fori di smaltimento praticati nei tunnel di smaltimento.

Altre parti della struttura: **TUNNEL** centrali di collegamento ai tunnel di smaltimento

DEPOSITO TEMPORANEO per i contenitori da smaltire, locali tecnici e altri spazi ausiliari e pozzi per la ventilazione, ascensore per il personale e ascensore per contenitori

LOCALI SMALTIMENTO costruiti ad una profondità compresa tra 400 e 455 m in un substrato roccioso cristallino.



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI A.A. OLKILUOTO

CAPACITA' di circa 6.500 tonn., progettato per ospitare in modo sicuro le scorie nucleari per un periodo di almeno 100.000 anni.

Il concetto di smaltimento del combustibile esaurito, KBS-3, prevede la collocazione degli elementi di combustibile in contenitori di rame (resistenza alla corrosione) con inserti di ferro duttile (resistenza meccanica).



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI

A.A.

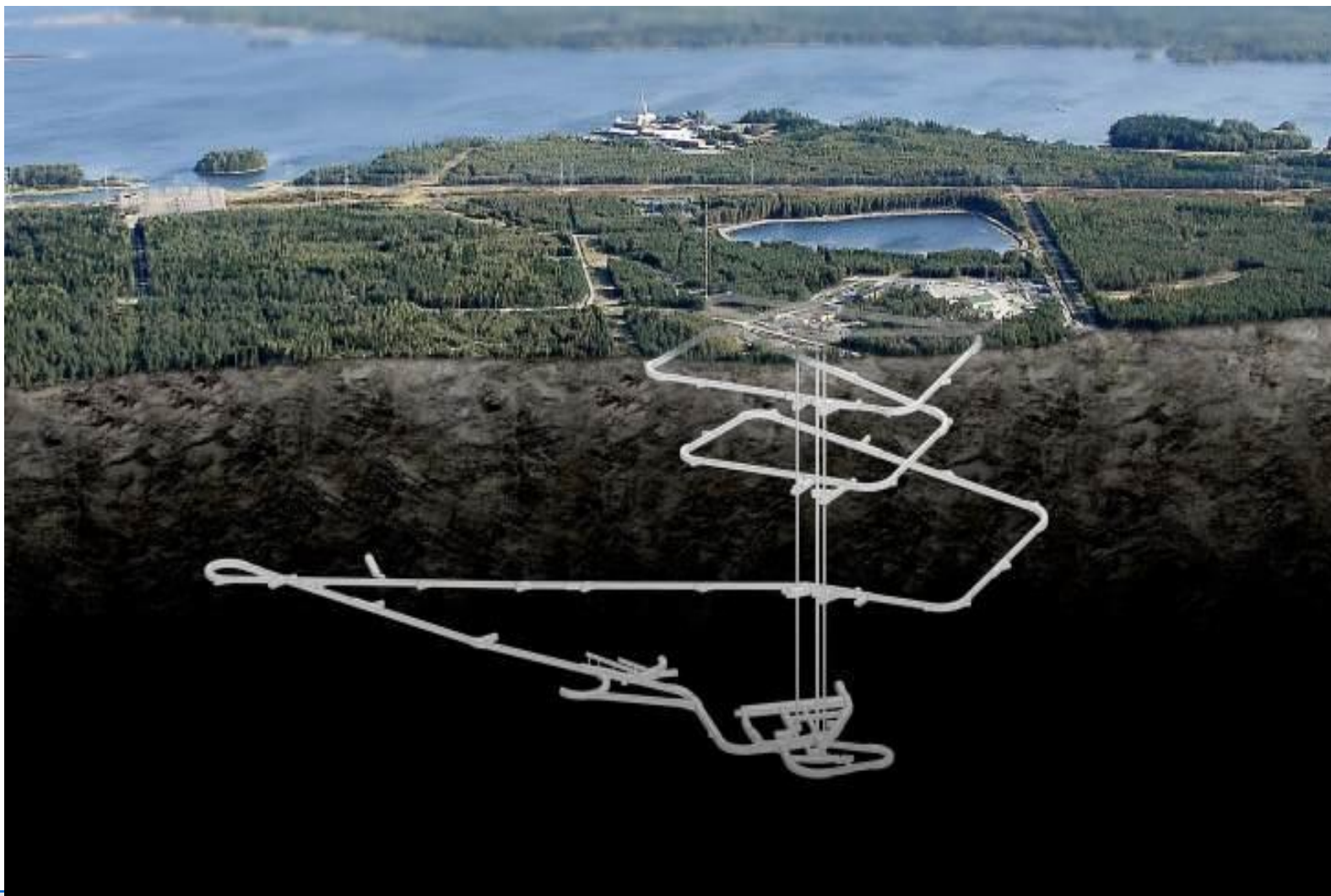
OLKILUOTO

Finlandia: due centrali nucleari operative: Olkiluoto e Loviisa. Scorie ad alta attività prodotte stimate in diverse migliaia di tonnellate. Il deposito di Onkalo è progettato per contenere circa **6.500** tonnellate di rifiuti radioattivi alta attività.

Si prevede che il **combustibile esaurito** venga **incapsulato in contenitori di rame-ferro**. Il design del contenitore è costituito da un inserto in ghisa come elemento portante e da un contenitore esterno in rame per fornire protezione contro la corrosione.



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI ONKALO SITE



Nome relatore

Nome dell'evento (corso, seminario, ecc.)



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI A.A. ONKALO SITE



Nome relatore

Nome dell'evento (corso, seminario, ecc.)



SMALTIMENTO RIFIUTI RADIOATTIVI A.A. ONKALO SITE



Nome relatore

Nome dell'evento (corso, seminario, ecc.)



Smaltimento Rifiuti Radioattivi

Il futuro: economia circolare del nucleare?

Nuove tecnologie per il riutilizzo del combustibile nucleare

I reattori di IV generazione e i reattori veloci possono usare come combustibile alcuni tipi di scorie radioattive, riducendo la quantità di rifiuti da smaltire e producendo energia.

Il concetto di closed fuel cycle (ciclo del combustibile chiuso) prevede il ritrattamento e il riutilizzo di gran parte del combustibile esaurito.



Smaltimento Rifiuti Radioattivi

Il futuro: economia circolare del nucleare?

Applicazioni in medicina e ricerca

Gli isotopi radioattivi contenuti nei rifiuti possono essere impiegati in ambito medico, ad esempio nella radioterapia per il trattamento dei tumori. L'Americio-241, recuperato dai rifiuti nucleari, è utilizzato in alcuni rilevatori di fumo e in strumenti scientifici.



Smaltimento Rifiuti Radioattivi

Il futuro: economia circolare del nucleare?

Trasmutazione nucleare

Alcuni elementi altamente radioattivi possono essere trasformati in isotopi meno pericolosi attraverso processi di trasmutazione con reattori specializzati o acceleratori di particelle. Questa tecnologia potrebbe ridurre drasticamente la durata della radioattività di alcuni rifiuti da migliaia a poche centinaia di anni.



Smaltimento Rifiuti Radioattivi

Il futuro: economia circolare del nucleare?

Sfide e limiti

Costi elevati: Le tecnologie per il ritrattamento e la trasmutazione sono ancora molto costose e complesse.

Rischi di proliferazione nucleare: Il recupero di materiali fissili come il plutonio deve essere attentamente controllato per evitare usi impropri.

Gestione dei residui finali: Anche con il ritrattamento, rimane una frazione di rifiuti altamente radioattivi che necessita di stoccaggio sicuro.

Smaltimento Rifiuti Radioattivi

Smaltimento Rifiuti Radioattivi

SOGIN: Soggetto attuatore responsabile per la localizzazione, la costruzione e l'esercizio del Deposito Nazionale.

Tabella 9.1 – Inventario Volumi Rifiuti Radioattivi per Categoria al dicembre 2023 (m³)

Impianto	Sito	VSLW	VLLW	LLW	ILW	Totali
		volume (m ³)	volume (m ³)	volume (m ³)	volume (m ³)	volume (m ³)
Centrale di Caorso	Caorso (PC)		721,06	196,82		917,88
Centrale di Garigliano	Sessa Aurunca (CE)		1329,65	1180,92	84,68	2595,24
Centrale di Latina	Latina		1592,14	343,94	498,50	2434,58
Centrale di Trino	Trino Vercellese (VC)		1225,86	367,31	38,25	1631,42
Impianto EUREX	Saluggia (VC)		1552,99	498,84	792,73	2844,56
Impianto ITREC	Rotondella (MT)		3642,72	325,81	311,42	4279,95
OPEC	Casaccia, Roma		37,88	160,53	356,27	554,67
Impianto Plutonio	Casaccia, Roma		18,85		175,45	194,30
Bosco Marengo	Bosco Marengo (AL)		222,22	372,16	0,89	595,28
Impianto NUCLECO	Casaccia, Roma	224,60	4124,26	2680,92	336,00	7365,78
CCR Ispra EURATOM	Ispra (VA)		2632,64	2540,88	797,29	5970,81
Deposito Avogadro	Saluggia (VC)			87,10	2,00	89,10
Campoverde Milano	Milano	31,34	157,92	79,97	23,71	292,94
Campoverde Tortona	Tortona (AL)	8,60	158,40	95,75	14,32	277,07
Deposito LivaNova	Saluggia (VC)		346,03	168,35	18,78	533,16
Deposito Protex	Forlì	270,64	10,74	43,47	3,51	328,37
Deposito Cemerad	Statte (TA)	78,18	222,24	234,06	11,16	545,63
Reattore CESNEF	Milano			3,00		3,00
Reattore LENA	Pavia		1,81	1,58		3,39
Deposito MitAmbiente	San Giuliano Milanese (MI)	9,47	78,14	0,44		88,05
ISPRA-1	Ispra (VA)		72,23	3,62	0,92	76,77
CISAM	San Piero a Grado (PI)		782,81	180,77	77,60	1041,17
Totali		622,82	18930,59	9566,24	3543,48	32663,14

Tabella 9.2 – Inventario Attività Rifiuti Radioattivi per Categoria al dicembre 2023 (GBq)

Impianto	Sito	VSLW	VLLW	LLW	ILW	Totali
		attività (GBq)	attività (GBq)	attività (GBq)	attività (GBq)	attività (GBq)
Centrale di Caorso	Caorso (PC)		5,25	788,60		793,85
Centrale di Garigliano	Sessa Aurunca (CE)		8,87	18678,60	324931,49	343618,96
Centrale di Latina	Latina		9,91	11918,98	13141,12	25070,01
Centrale di Trino	Trino Vercellese (VC)		15,24	4337,69	5564,55	9917,48
Impianto EUREX	Saluggia (VC)		12,70	2548,85	1919021,28	1921582,83
Impianto ITREC	Rotondella (MT)		57,88	5234,71	230017,5	235310,09
OPEC	Casaccia, Roma			107,65	10585,66	10693,31
Impianto Plutonio	Casaccia, Roma				15023,21	15023,21
Bosco Marengo	Bosco Marengo (AL)		0,37	34,54	0,05	34,96
Impianto NUCLECO	Casaccia, Roma	0,66	44,55	2692,40	1080,31	3817,92
CCR Ispra EURATOM	Ispra (VA)		35,46	527,04	144651,84	145214,34
Deposito Avogadro	Saluggia (VC)		0,00	40,36	358,76	399,12
Campoverde Milano	Milano	2,11	0,55	34,22	43,47	80,34
Campoverde Tortona	Tortona (AL)		0,77	58,89	16,73	76,39
Deposito LivaNova	Saluggia (VC)		0,67	35,07	256,13	291,87
Deposito Protex	Forlì	206,47	1,66	8,81	0,75	217,68
Deposito Cemerad	Statte (TA)		0,06	4,79	2,17	7,02
Reattore CESNEF	Milano			11,09		11,09
Reattore LENA	Pavia		0,01	0,86		0,87
Deposito MiAmbiente	San Giuliano Milanese (MI)	2,24	15,37	0,01		17,61
ISPRA-1	Ispra (VA)		0,03	4,57	334,65	339,25
CISAM	San Piero a Grado (PI)		3,85	823,63	6017,03	6844,50
Totali		211,48	213,19	47891,34	2671046,68	2719362,7

Tabella 9.3 – Inventario Rifiuti Radioattivi e Sorgenti Dismesse per impianto al dicembre 2023.

Impianto	Sito	Volume	Attività	Attività sorgenti dismesse
		m3	GBq	GBq
Centrale di Caorso	Caorso (PC)	917,88	793,85	0,02
Centrale di Garigliano	Sessa Aurunca (CE)	2.595,24	343.618,96	0,00
Centrale di Latina	Latina	2.434,58	25.070,01	0,00
Centrale di Trino	Trino Vercellese (VC)	1.631,42	9.917,48	0,00
Impianto EUREX	Saluggia (VC)	2.844,56	1.921.582,83	144,00
Impianto ITREC	Rotondella (MT)	4.279,95	235.310,09	0,01
OPEC	Casaccia (Roma)	554,67	10.693,31	1080,66
Impianto Plutonio	Casaccia (Roma)	194,30	15.023,21	0,00
Bosco Marengo	Bosco Marengo (AL)	595,28	34,96	0,00
Impianto NUCLECO	Casaccia (Roma)	7.365,78	3.817,92	762458,88
CCR Ispra EURATOM	Ispra (VA)	5.970,81	145.214,34	682,74
Deposito Avogadro	Saluggia (VC)	89,10	399,12	0,00
Campoverde Milano	Milano	292,94	80,34	4486,66
Campoverde Tortona	Tortona (AL)	277,07	76,39	241,14
Deposito LivaNova	Saluggia (VC)	533,16	291,87	1809,73
Deposito Protex	Forlì (FC)	328,37	217,68	61911,52
Deposito Cemerad	Statte (TA)	545,63	7,02	0,00
Reattore CESNEF	Milano	3,00	11,09	0,00
Reattore LENA	Pavia	3,39	0,87	0,00
Deposito MiAmbiente	San Giuliano Milanese (MI)	88,05	17,61	255,26
ISPRA-1	Ispra (VA)	76,77	339,25	0,00
CISAM	San Piero a Grado (PI)	1.041,17	6.844,50	1820,00
Totale		32.663,1	2.719.362,7	834.890,6

Tabella 9.4 - COMBUSTIBILE ESAURITO PRESENTE IN ITALIA AL 31/12/2023

Sito	Tipo di combustibile	N° di elementi	Massa (tHM)	Attività (TBq)
AVOGADRO	PWR - TRINO UO ₂	1	0,31 ^a	798 ^d
	BWR-GARIGLIANO MOX	63	12,88 ^a	25.200 ^d
	Barretta Garigliano	1 ^b	0,00132	n.d.
	Barrette CIRENE	4 ^b	0,00588	n.d.
ITREC	ELK RIVER U-Th	64	1,68 ^a	1.358,2 ^d
OPEC-1		580 ^b	0,115	29,75
CCR ISPRA			0,6642	4.271,36 ^c
LENA Pavia	TRIGA	9	0,0017	6
TRIGA RC1 ENEA	TRIGA	15	0,003	8,04
	RITMO, RANA, ROSPO		0,16	
TOTALI		-	15,81975	31671,39

a - Riferite alla massa del combustibile pre-irraggiamento

b - Barrette, spezzoni di barrette, etc...

c - Stima di attività riferita allo scarico, non aggiornata per il decadimento

d - Escluso il contributo dei figli in equilibrio secolare con i radionuclidi capostipite Cs137 e Sr90 (Ba137m e Y90 rispettivamente)

Tabella 9.5 - Stima dei rifiuti radioattivi derivanti dal riprocessamento all'estero del combustibile nucleare esaurito (stime SO.G.I.N.)²⁴

	Tipologia rifiuti	Volume* (m ³)
Contratto SO.G.I.N.-BNFL	Rifiuti ad alta attività vetrificati (HLW)	20,50 [†]
Contratto SO.G.I.N.-AREVA	Rifiuti ad alta attività vetrificati (HLW)	15,37 [†]
	Rifiuti a media attività (ILW)	47,58 [†]

* Volumi dei rifiuti condizionati al netto dei contenitori di stoccaggio (cask)

+ Il volume di stoccaggio per il totale dei rifiuti ad alta attività, compreso il volume di ingombro dei 7 cask previsti, sarà di 273 m³.

[†] Il volume di stoccaggio per il totale dei rifiuti a media attività, compreso il volume di ingombro dei 13 cask previsti, sarà di 507 m³.

Tabella 9.5 - Stima dei rifiuti radioattivi derivanti dal riprocessamento all'estero del combustibile nucleare esaurito (stime SO.G.I.N.)²⁴

	Tipologia rifiuti	Volume* (m ³)
Contratto SO.G.I.N.-BNFL	Rifiuti ad alta attività vetrificati (HLW)	20,50 [†]
Contratto SO.G.I.N.-AREVA	Rifiuti ad alta attività vetrificati (HLW)	15,37 [†]
	Rifiuti a media attività (ILW)	47,58 [†]

* Volumi dei rifiuti condizionati al netto dei contenitori di stoccaggio (cask)

+ Il volume di stoccaggio per il totale dei rifiuti ad alta attività, compreso il volume di ingombro dei 7 cask previsti, sarà di 273 m³.

† Il volume di stoccaggio per il totale dei rifiuti a media attività, compreso il volume di ingombro dei 13 cask previsti, sarà di 507 m³.