

AMBIENTE E RADIOATTIVITÀ: SISTEMA NAZIONALE DI MONITORAGGIO

18|19

giugno 2015

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela
del Territorio e del Mare



Valutazione di impatti radiologici da NORM *Parte 2: Casi studio*

sintesi a cura di [Flavio Trotti](#) - ARPAV

Task 03.02.01



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Premessa

- Gli approfondimenti sono stati eseguiti per indagare attività lavorative non ancora molto conosciute sotto il profilo dei NORM e che, attualmente, non sono oggetto della disciplina legislativa nazionale, ma lo saranno con il recepimento della Direttiva 2013/59/Euratom
- Nelle valutazioni delle esposizioni a lavoratori e pubblico sono state applicate prevalentemente le metodologie del documento principale (parte 1) della task in esame (cod. 03.02.01)
- Nel citato documento le indagini vengono descritte più compiutamente; uno studio sugli impianti geotermici ad alta entalpia a cura di ARPA Toscana verrà integrato in una prossima revisione del documento; per altre indagini svolte (un cementificio a cura di ARPA Puglia e una ditta di produzione di TiO_2 a cura di ARPA Toscana) vanno valutati i requisiti di divulgabilità.

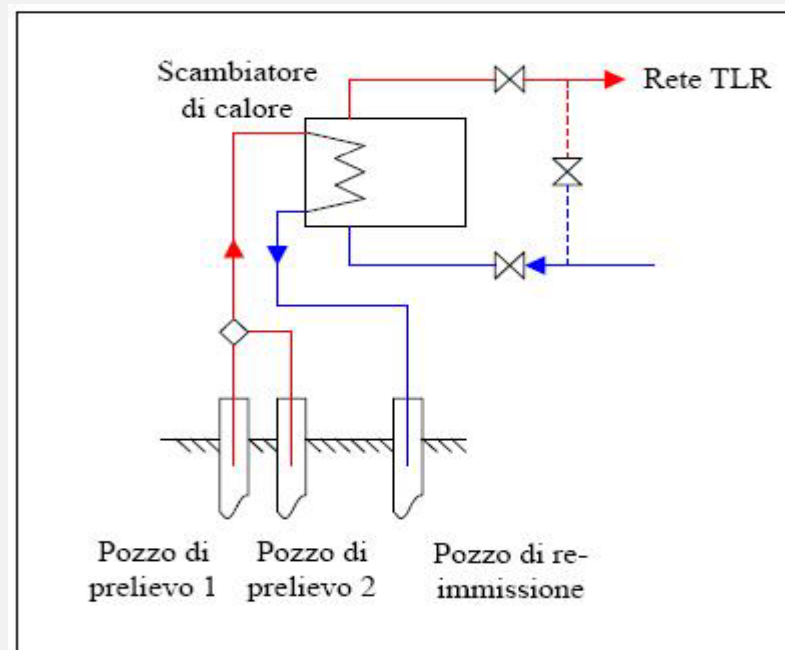




Impianto geotermico a bassa entalpia (G. Colombo e R. Fresca Fantoni – ENI)

Elementi del processo lavorativo

Acqua a T di 100 gradi C viene prelevata dal sottosuolo (2000 m); viene trasferito calore, tramite scambiatore, all'acqua del circuito di teleriscaldamento urbano; il fluido geotermico raffreddato viene re-immesso nei pozzi di estrazione; nella centrale l'acqua subisce processi di filtrazione.





Impianto geotermico a bassa entalpia (G. Colombo e R. Fresca Fantoni – ENI)

Determinazioni radiometriche

Misure di rateo di dose a contatto dei filtri del fluido geotermico e dello scambiatore

Componente / Elemento	Misurazioni espresse in nSv/h			
	Contatto	50 cm	1 m	1,5 m
Scambiatore a piastra	200	Fondo amb.	-	-
Filtro "A"	350	220	160	Fondo amb.
Filtro "B"	200	190	120	Fondo amb.
Filtro "C"	220	180	120	Fondo amb.
Filtro "A 1"	600	200	140	Fondo amb.
Filtro "B 1"	1400	400	300	180
Filtro "C 1"	220	200	180	Fondo amb.

Analisi di spettrometria gamma su matrici tecnologiche (*) Bq/l

Denominazione campioni	Pb-210 [Bq/kg]	Ra-226 [Bq/kg]	Th-228 [Bq/kg]	Ra-228 [Bq/kg]	K-40 [Bq/kg]
Fluido geotermico (*)	< 12,1	41,7 ± 4,3	< 2,39	< 1,25	32,0 ± 1,9
Materiale filtrante esausto	18924 ± 1753	7180 ± 502	< 168	< 94,5	< 247
Incrostazioni su scambiatori	< 55,9	620 ± 48	< 34,3	< 18,3	599 ± 30





Impianto geotermico a bassa entalpia (G. Colombo e R. Fresca Fantoni – ENI)



Stime di esposizione e considerazioni

- I lavoratori sia in condizioni ordinarie che in manutenzione straordinaria sono soggetti a dosi efficaci non superiori alle decine di $\mu\text{Sv}/\text{anno}$, ben al di sotto del livello di azione dell'attuale normativa (1 mSv/anno)
- I filtri esausti, secondo la parametrizzazione di screening di RP 122 part 2, potrebbero comportare la non conformità al livello di azione per la popolazione dell'attuale normativa (0.3 mSv/anno); per essi dunque non è idoneo il rilascio incondizionato dall'impianto
- A parte i filtri, non sussistono altre vie di esposizione per le persone del pubblico (il fluido geotermico è a circuito chiuso)



Cementificio (Buzzi)

(E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)



Elementi del processo lavorativo

- Le materie prime sono miscelate (farina cruda) e portate a cottura in forno rotante (da 800 a 1800 gradi C); il prodotto di cottura (clinker) viene poi miscelato con gesso e calcare (il risultato è il cemento)
- Viene prodotto cemento portland; non vi sono ceneri volanti (di centrale a carbone) tra le materie prime; le materie prime presentano contenuto ordinario di radioattività naturale (leggermente più alto nella bauxite)
- I fumi e le polveri generati nel forno fusorio sono convogliati e rilasciati in atmosfera dal camino (dopo filtrazione)

Ingredienti:	Procedimenti:
1. Scisto	1. estrazione
2. Calcare	2. frantumazione
3. Scorie alluminose	3. ricevimento
4. Scorie ferrose	4. deposito
5. Silici	5. macinazione
6. Bauxite	6. miscelazione
7. Minerale di ferro	7. omogeneizzazione
8. Ceneri di pirite	





Cementificio (Buzzi)

(E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)



Determinazioni radiometriche

Rateo di dose in aria misurato al centro della sezione trasversale del forno rotante		
Distanza dalla bocca d'uscita del clinker	Temperatura °C	Rateo di dose in aria nSv/h
74 metri	870	580
65 metri	900	400
40 metri	1800 (fase liquida)	160
11 metri	1300	230
esterno	-	120

Cementificio (Buzzi)

(E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)

Determinazioni radiometriche

Analisi di spettrometria gamma e radiochimica (corsivo)

Serie	Radionuclide	Concentrazione di attività dell'incrostazione della parete interna del forno rotante Bq/kg (incertezza 2σ)				
		Distanza dalla bocca d'uscita del clinker				
		11 metri	40 metri	65 metri	74 metri	Farina residua
²³⁸ U	^{234m} Pa	< 27	34 ± 19	19 ± 13	< 28	25 ± 18
	²²⁶ Ra	35 ± 5	43 ± 5	32 ± 4	26 ± 4	15 ± 3
	²¹⁴ Pb	21 ± 2	23 ± 2	15 ± 2	15 ± 2	23 ± 3
	²¹⁴ Bi	20 ± 2	22 ± 2	14 ± 2	15 ± 2	23 ± 2
	²¹⁰ Pb	<i>55,4 ± 5,9</i>	<i>104 ± 11</i>	<i>98 ± 10</i>	<i>135 ± 14</i>	-
	²¹⁰ Po	<i>48,2 ± 5,9</i>	<i>91 ± 11</i>	<i>89 ± 10</i>	<i>291 ± 33</i>	-
²³² Th	²²⁸ Ac	16 ± 2	17 ± 2	12 ± 1	13 ± 1	16 ± 2
	²¹² Pb	17 ± 2	19 ± 2	19 ± 2	16 ± 2	17 ± 2
	²¹² Bi	14 ± 3	12 ± 2	12 ± 2	10 ± 2	11 ± 3
	²⁰⁸ Tl	7,6 ± 1,2	6,0 ± 0,6	6,0 ± 0,6	5,0 ± 0,5	5,8 ± 0,7
²³⁵ U	²³⁵ U	< 1,2	< 0,9	< 0,9	2,0 ± 1,0	1,6 ± 1,2
	⁴⁰ K	499 ± 41	705 ± 60	591 ± 48	1157 ± 94	751 ± 67

Le polveri in uscita dal camino sono pure state analizzate tramite spettrometria gamma e radiochimica



Cementificio (Buzzi)

(E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)



Stime di esposizione e considerazioni

- Le dosi efficaci per i lavoratori nelle operazioni interne al forno rotante in manutenzione straordinaria raggiungono al massimo il centinaio di $\mu\text{Sv}/\text{anno}$; valori inferiori si stimano per le altre attività di manutenzione ordinaria e straordinaria
- La dose efficace ai membri del pubblico per emissione delle polveri da camino, come stimata con i coefficienti di screening di RP 135, è dell'ordine del $\mu\text{Sv}/\text{anno}$. Non sussistono altre vie significative di esposizione ai NORM della popolazione: le polveri abbattute dai sistemi di filtrazione dei gas d'uscita e le incrostazioni rimosse dal forno clinker vengono infatti re-immesse nel processo produttivo
- Le esposizioni per lavoratori e popolazione si attestano dunque ben al di sotto dei livelli di azione dell'attuale normativa



Centrale a carbone (ENEL - Brindisi)

(L. Vitucci, G. Roselli, C. Monte – ARPA Puglia)

Elementi del processo lavorativo

- Viene bruciato carbone per la produzione termica (punte di 1700 gradi C) di energia elettrica, mediante 4 impianti.
- Nella combustione, la frazione inorganica si distribuisce tra ceneri pesanti (che restano sul fondo della caldaia) e ceneri volanti che, in parte, superano i sistemi di abbattimento ed entrano in atmosfera; i sistemi di abbattimento agiscono sugli NO_x, polveri e SO_x; la desolforazione avviene per reazione tra i fumi e il calcare con produzione di gesso
- Oltre alle ceneri e al gesso, sono residui di lavorazione i fanghi provenienti dalla depurazione delle acque di desolforazione (ITSD) e di produzione (ITAR). I residui vengono allontanati per il successivo recupero/smaltimento



Centrale a carbone (ENEL - Brindisi)

(L. Vitucci, G. Roselli, C. Monte – ARPA Puglia)



Determinazioni radiometriche

Analisi di spettrometria gamma e radiochimica (corsivo) su materie prime e residui di lavorazione

Spettrometria gamma (ARPA PUGLIA), radiochimica (ISPRA) - incertezza estesa k=2							
Centrale ENEL 19/12/12	ATTIVITA' [Bq/kg]						
	Th-234 (U-238)	Bi-214 (Ra-226)	K-40	Ac-228 (Th-232)	Pb-214 (Ra-226)	Po-210	Pb-210
Carbone indonesiano	12.9 ± 4.0	4.7 ± 0.4	36.6 ± 3.1	4.7 ± 0.6	4.8 ± 0.4	-	-
Carbone americano	12.6 ± 4.6	7.0 ± 0.5	13.3 ± 1.7	6.3 ± 0.5	7.2 ± 0.5	-	-
Carbone (origine mista)	14.1 ± 4.7	7.5 ± 0.6	39.6 ± 3.2	7.4 ± 0.7	7.9 ± 0.5	-	-
Calcare	33.6 ± 6.9	13.4 ± 0.8	23.1 ± 1.9	1.7 ± 0.2	14.0 ± 0.9	-	-
Gesso Chimico	11.2 ± 4.3	5.1 ± 0.4	6.7 ± 1.4	0.9 ± 0.3	4.8 ± 0.4	<i>7.1 ± 1.0</i>	<i>8.1 ± 1.0</i>
Ceneri Pesanti	104.6 ± 20.4	122.6 ± 7.1	333.8 ± 20.8	113.5 ± 6.9	130.6 ± 7.7	<i>31.3 ± 3.6</i>	<i>52.2 ± 4.5</i>
Ceneri Leggere Secche	77.7 ± 15.3	79.6 ± 4.6	496.6 ± 29.2	82.8 ± 5.0	82.6 ± 4.9	<i>84.6 ± 9.5</i>	<i>78.8 ± 6.8</i>
Fanghi ITAR	33.1 ± 5.8	11.8 ± 0.7	26.5 ± 2.3	9.1 ± 0.7	12.0 ± 0.8	<i>48.8 ± 5.4</i>	<i>51.7 ± 4.4</i>
Fanghi ITSD	60.0 ± 7.1	24.1 ± 1.4	16.8 ± 1.5	5.9 ± 0.5	25.3 ± 1.6	<i>51.1 ± 6.2</i>	<i>47.5 ± 4.1</i>

Le polveri in uscita dal camino sono pure state analizzate tramite spettrometria gamma e radiochimica



Centrale a carbone (ENEL - Brindisi)

(L. Vitucci, G. Roselli, C. Monte – ARPA Puglia)



Stime di esposizione e considerazioni

- Le dosi efficaci per i lavoratori nelle operazioni ordinarie sono dell'ordine di qualche decina di $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ (molto al di sotto del valore di $1 \text{ mSv}/\text{anno}$)
- La dose efficace ai membri del pubblico per emissione delle polveri da camino, come stimata con i coefficienti di screening di RP 135, è molto minore di $1 \mu\text{Sv}/\text{anno}$
- Altre potenziali esposizioni per la popolazione derivanti dall'allontanamento dei residui (ceneri, gesso, fanghi) non comportano il superamento del livello d'azione dell'attuale normativa

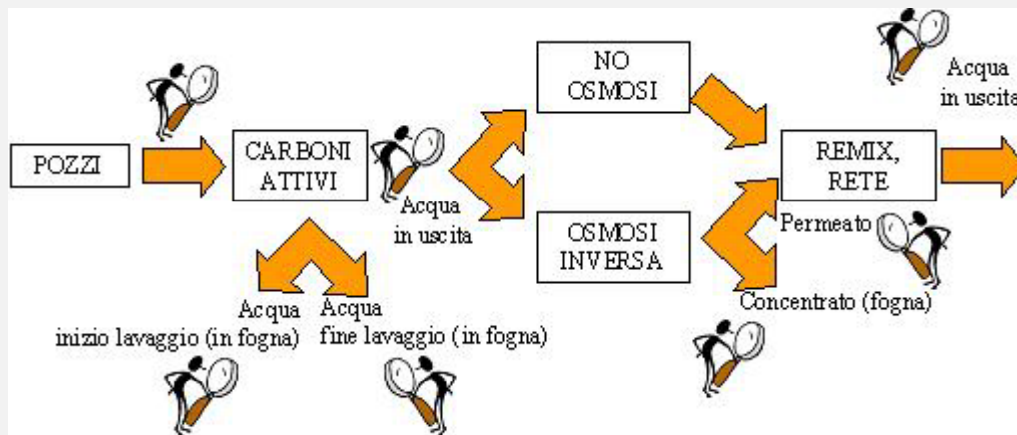


Trattamento acque sotterranee (stazione acquedotto Milano)

(R. Rusconi, M. Forte, G. Abbate, P. Badalamenti, S. Costantino, G. Gadaleta, D. Lunesu – ARPA Lombardia)

Elementi del processo lavorativo

- Stazione di Gorla dell'acquedotto di Metropolitana Milanese (29 stazioni, circa 2300 km di rete; solo acqua di falda)
- Uso filtrazione per rimuovere solventi clorurati e pesticidi (carboni attivi), nitrati e cromo esavalente (osmosi inversa)



Impianto filtri a carbone attivo (sopra) e impianto osmosi inversa (sotto)



Trattamento acque sotterranee (stazione acquedotto Milano)

(R. Rusconi, M. Forte, G. Abbate, P. Badalamenti, S. Costantino, G. Gadaleta, D. Lunesu – ARPA Lombardia)



Determinazioni radiometriche

Analisi mediante radiochimica e scintillazione liquida

<i>Descrizione campione</i>	Alfa totale mBq/kg	Beta totale mBq/kg	Uranio totale mBq/kg	U-234 mBq/kg	U-238 mBq/kg
Acqua in ingresso alla Centrale (ingresso carboni attivi)	60 ± 15	< 60	73,0 ± 8,2	41,2 ± 5,1	31,8 ± 4,2
Acqua in uscita carboni attivi (ingresso osmosi)	66 ± 15	< 51	69,7 ± 7,8	37,2 ± 4,7	32,5 ± 4,2
Acqua in uscita osmosi (permeato)	< 9,7	< 44	< 1,5	n.d.	n.d.
Acqua in uscita osmosi (concentrato)	213 ± 37	252 ± 87	290 ± 32	159 ± 18	132 ± 15
Acqua in uscita Centrale (ingresso rete di distribuzione)	54 ± 14	< 44	62,7 ± 7,1	34,9 ± 4,4	27,8 ± 3,7
Acqua lavaggio carboni attivi (inizio lavaggio)	91 ± 19	< 46	76,2 ± 8,5	42,6 ± 5,3	33,6 ± 4,4
Acqua lavaggio carboni attivi (fine lavaggio)	49 ± 13	< 44	48,8 ± 5,6	26,4 ± 3,5	22,3 ± 3,1



Trattamento acque sotterranee (stazione acquedotto Milano) (R. Rusconi, M. Forte, G. Abbate, P. Badalamenti, S. Costantino, G. Gadaleta, D. Lunesu – ARPA Lombardia)

Stime di esposizione e considerazioni

- Le esposizioni della popolazione sono state valutate in relazione all'eliminazione in fogna del concentrato derivante dal trattamento di osmosi inversa
- E' stato stimato l'impatto per il lavoratore del depuratore che raccoglie il concentrato nell'ipotesi di accumulo esclusivo della contaminazione nei fanghi; sotto la stessa ipotesi è stata valutata l'esposizione derivante dall'impiego in agricoltura di tali fanghi; è stata determinata infine l'esposizione dovuta al rilascio dell'effluente trattato nel depuratore ipotizzando che unicamente in esso si fosse concentrata la contaminazione
- Tutte le dosi efficaci (calcolate con approccio conservativo) sono risultate inferiori a $1 \mu\text{Sv}/\text{anno}$
- Per le stime si sono impiegati gli strumenti di screening del documento principale (RP 135, NRPB 13/2, algoritmo ad hoc per lavoratore del depuratore), tranne che per l'uso dei fanghi in agricoltura ove, per avere una stima più accurata, si è ricorsi al modello di emulazione Resrad

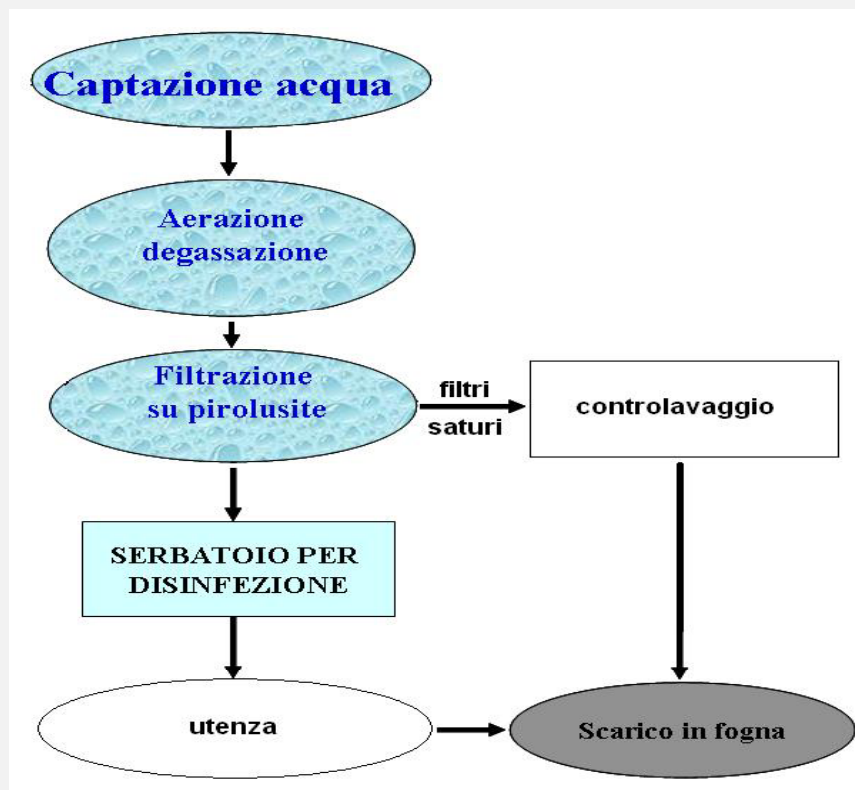


Trattamento acque sotterranee (acquedotto Castelletto Cervo - Bi) (E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)



Elementi del processo lavorativo

Acquedotto che serve 900 abitanti; usa solo acqua di falda; ricorso a filtrazione fondamentale per rimuovere Fe e Mn





Trattamento acque sotterranee (acquedotto Castelletto Cervo - Bi) (E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)



Determinazioni radiometriche

Concentrazioni di attività alfa e beta totale su campioni di acqua (scintillazione liquida)			
<i>Acqua alla captazione</i>		<i>Acqua in uscita impianto filtrazione</i>	
α Tot (Bq/kg)	β Tot (Bq/kg)	α Tot (Bq/kg)	β Tot (Bq/kg)
$0,057 \pm 0,037$	$<0,153$	$<0,071$	$<0,196$

Concentrazione di attività radon su campioni di acqua (metodo emanometrico)	
<i>Acqua alla captazione</i>	<i>Acqua in uscita impianto filtrazione</i>
Rn-222 (Bq/l)	Rn (Bq/l)
$5,8 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,4$

Analisi di spettromeria gamma e radiochimica (corsivo) su residuo secco dell'acqua del controlavaggio filtri	
Radionuclide (semiserie appartenenza)	Concentrazione di attività (Bq/kg)
^{238}U (<i>^{238}U</i>)	28 ± 4
^{234}U (<i>^{238}U</i>)	31 ± 5
^{214}Pb (<i>^{226}Ra</i>)	132 ± 29
^{214}Bi (<i>^{226}Ra</i>)	157 ± 37
^{210}Po	133 ± 17
^{212}Pb (<i>^{232}Th</i>)	30 ± 12



Trattamento acque sotterranee (acquedotto Castelletto Cervo - Bi) (E. Serena e E. Chiaberto – ARPA Piemonte)



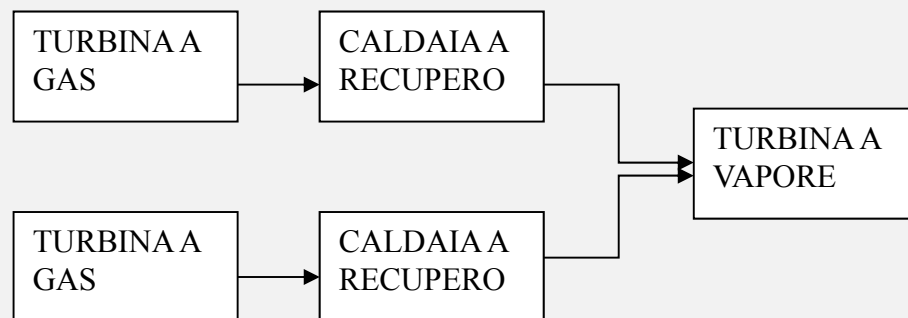
Stime di esposizione e considerazioni

- Le esposizioni della popolazione sono state valutate in relazione all'eliminazione in vasca imhoff dell'acqua di controlavaggio filtri
- E' stata determinata l'esposizione dovuta al rilascio dell'effluente trattato nella vasca imhoff ipotizzando che unicamente in esso sia concentrata la contaminazione; è stato stimato anche l'impatto derivante dall'impiego in agricoltura dei fanghi generati nella stessa vasca assumendo l'accumulo in essi di tutta la contaminazione (solo serie U-238)
- Tutte le dosi efficaci sono risultate inferiori a $1 \mu\text{Sv}/\text{anno}$; si sono impiegati gli strumenti di screening del documento principale (reflui: RP 135; fanghi: NRPB 13/2 – con adattamento al volume di fanghi effettivo)
- La pirulosite nuova (non ancora usata), analizzata in spettrometria gamma, presenta contenuti ordinari di radioattività naturale; andranno analizzati i filtri esausti all'atto dell'allontanamento



Centrale elettrica a gas naturale (Sorgenia – Modugno Ba)

(L. Vitucci, G. Roselli, C. Monte – ARPA Puglia)



- Viene bruciato gas naturale che aziona le turbine a gas; il calore residuo viene utilizzato per generare vapore che a sua volta aziona una turbina
- Prelevate e analizzate (radiochimica) polveri a camino; dose efficace al pubblico per emissione in atmosfera (tramite i coefficienti di screening di RP 135) inferiore a 0.1 $\mu\text{Sv}/\text{anno}$
- Non vengono prodotti residui/rifiuti che comportino ulteriori potenziali esposizioni della popolazione; non vi sono condizioni di esposizione per i lavoratori
- Si tratta di attività non ricompresa tra le lavorazioni NORM della Direttiva 2013/59/Euratom in via di recepimento