

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	216	13			351	21	283	16	165	10	122	7	290	19
<b>Cs134</b>	< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	7.8	0.6			16	1	14	1	8.6	0.6	7.8	0.6	9.5	0.7
<b>Co57</b>	< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.2				< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.3		< 0.2	
<b>Cr51</b>	< 2				< 1		< 0.1		< 1		< 1		< 1	
<b>Ga67</b>	< 1				< 2		< 2		< 1		< 1		< 1	
<b>I123</b>	< 1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>I131</b>	22	2			< 0.4		12	1	32	2	13	0.8	< 0.1	
<b>In111</b>	< 0.1				< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>K40</b>	18	4			39	5	36	5	28	4	23	5	32	5
<b>Se75</b>	< 0.2				< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.2				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>	----				< 5		< 0.2		< 0.2		< 0.2		----	
<b>Tl201</b>	< 0.9				< 1		< 0.9		< 0.7		< 0.9		< 1	
<b>cat Th232</b>	2.1	0.2			3.5	0.2	3.1	0.2	2.7	0.2	2.8	0.2	3.1	0.2
<b>cat U238</b>	2.6	0.3			3.2	0.3	3.4	0.3	2.9	0.2	2.9	0.3	4.2	0.3

**Tabella 6:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di THIENE**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

**Nota:** non è pervenuto il campione di luglio

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	97	7			128	8	151	9	81	5	49	3	106	8
<b>Cs134</b>	< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	10.9	0.8			12.4	0.8	13.8	0.9	10.2	0.7	6.6	0.5	9.5	0.7
<b>Co57</b>	< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.2				< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 2				< 1		< 1		< 0.8		< 0.7		< 0.1	
<b>Ga67</b>	< 0.6				< 0.8		< 1		< 0.8		< 0.5		< 0.1	
<b>I123</b>	< 0.8				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>I131</b>	< 0.7				< 2		< 0.8		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>In111</b>	< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>K40</b>	11	4			29	4	29	4	30	4	18	3	24	5
<b>Se75</b>	< 0.2				< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.2				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>	----				< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.1		----	
<b>Tl201</b>	< 0.9				< 0.7		< 0.7		< 0.6		< 0.5		< 1	
<b>cat Th232</b>	2.4	0.2			3.2	0.2	3.3	0.2	3.2	0.2	1.8	0.1	3.2	0.3
<b>cat U238</b>	2.5	0.3			2.6	0.3	4	0.3	2.9	0.2	1.7	0.2	4.1	0.3

**Tabella 7:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di SCHIO**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

**Nota:** non è pervenuto il campione di luglio

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	765	46	764	44	801	46	745	43	532	30	293	17	1129	73
<b>Cs134</b>	< 0.15		< 0.3		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	31	2	48	3	45	3	46	3	45	3	32	5	30	2
<b>Co57</b>	< 0.16		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.2		< 0.2	
<b>Co60</b>	< 0.17		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>Cr51</b>	< 1.9		< 3		< 2		< 2		< 2		< 1.5		< 2	
<b>Ga67</b>	< 14.8		< 5		< 3		< 4		< 7		< 3		< 4	
<b>I123</b>	< 0.3		< 1		< 0.3		< 0.1		< 0.2		< 0.4		< 0.2	
<b>I131</b>	< 0.3		36	3	8	0.6	< 0.5		38	2	25	1	< 2	
<b>In111</b>	3.4	0.4	< 0.2		< 0.8		< 1		< 0.5		< 0.2		< 0.2	
<b>K40</b>	73	7	141	10	110	8	99	8	84	7	70	5	110	9
<b>Se75</b>	< 0.3		< 0.3		< 0.3		< 0.3		< 0.2		< 0.2		< 0.3	
<b>Sr85</b>	< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>TcM99</b>	< 0.3		----		< 0.3		< 0.2		----		< 0.2		----	
<b>Tl201</b>	< 4.2		< 1		< 4		< 8		< 3		< 1		< 2	
<b>cat Th232</b>	7.8	0.4	11.6	0.5	10.2	0.4	9.5	0.4	8	0.4	7	0.3	10.1	0.5
<b>cat U238</b>	9.7	0.5	13	0.9	11.9	0.7	12.1	0.7	7.6	0.4	7.2	0.4	9.1	0.5

**Tabella 8:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di BASSANO DEL GRAPPA**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	18	2	15	2			16	2	17	2	14	1	9	1
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.2				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	0.7	0.2	0.7	0.2			0.7	0.2	1.1	0.2	0.7	0.2	0.8	0.1
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.1		< 0.2				< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>Cr51</b>	< 2		< 1				< 1		< 1		< 1		< 2	
<b>Ga67</b>	< 2		< 2				< 3		< 1		< 2		< 2	
<b>I123</b>	< 1.1		< 0.1				< 0.2		< 0.3		< 0.1		< 2	
<b>I131</b>	< 0.9		< 3				< 0.3		9.6	0.7	3.7	0.3	< 0.4	
<b>In111</b>	< 0.1		< 0.1				< 1		< 2		< 0.2		< 0.1	
<b>K40</b>	39	5	39	5			41	5	33	4	63	6	41	5
<b>Se75</b>	< 0.2		< 0.2				< 0.1		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.2		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>	----		< 0.4				----		----		< 0.2		----	
<b>Tl201</b>	< 0.7		< 1				< 0.6		< 0.5		< 1		< 0.7	
<b>cat Th232</b>	1.9	0.2	2.3	0.3			1.9	0.2	1.7	0.2	1.6	0.2	1.5	0.2
<b>cat U238</b>	3.2	0.3	2.5	0.2			3.8	0.3	2.5	0.2	2.5	0.2	3.7	0.3

**Tabella 9:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di ARZIGNANO**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

**Nota:** non è pervenuto il campione di agosto

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	25	2	38	3	29	2	33	3	18	2	11	1	24	2
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.08		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	2	0.2	3.2	0.3	2.9	0.2	4.3	0.4	2.6	0.2	1.7	0.2	3.2	0.3
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.05		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.08		< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 2		< 1.5		< 0.7		< 1		< 1		< 0.8		< 2	
<b>Ga67</b>	< 1		< 2.5		< 1.7		< 4		< 1		< 2		< 2	
<b>I123</b>	< 1		< 0.9		< 0.09		< 0.2		< 0.3		< 0.1		< 2	
<b>I131</b>	< 0.8		39	3	10.3	0.6	17	1	< 2		3.8	0.3	14	1
<b>In111</b>	< 0.1		< 18		< 0.2		< 0.4		< 2		< 0.3		< 0.1	
<b>K40</b>	10	3	22	3	12	2	22	4	16	3	11	2	17	3
<b>Se75</b>	< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.08		< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>	----		----		< 0.1		< 0.2		----		< 0.1		----	
<b>Tl201</b>	< 0.7		< 0.7		< 1		< 2		< 0.5		< 1		< 0.7	
<b>cat Th232</b>	1.3	0.2	1.9	0.2	1.2	0.1	2	0.2	1.6	0.1	1.2	0.1	2.1	0.2
<b>cat U238</b>	2.5	0.2	4.5	0.3	2.3	0.2	3.4	0.3	2.5	0.2	1.7	0.2	4.5	0.3

**Tabella 10:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di LONIGO**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	13	2	12	2			13	2	15	2	7.4	1	5	1
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	0.4	0.2	0.7	0.2			0.5	0.2	0.5	0.2	< 0.2		0.6	0.1
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.2		< 0.2				< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.2	
<b>Cr51</b>	< 1		< 2				< 1		< 2		< 0.8		< 2	
<b>Ga67</b>	< 0.8		< 0.3				< 6		< 2		< 1		< 1	
<b>I123</b>	< 0.1		< 1				< 0.3		< 0.4		< 0.1		< 2	
<b>I131</b>	< 0.1		< 1				< 0.5		26	2	< 1		< 2	
<b>In111</b>	< 0.1		< 0.1				< 2		< 2		< 0.3		< 0.1	
<b>K40</b>	18	5	58	6			24	4	67	6	24	3	20	5
<b>Se75</b>	< 0.2		< 0.2				< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.1		< 0.2				< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.2	
<b>TcM99</b>	< 0.2		----				----		----		< 0.1		----	
<b>Tl201</b>	< 0.8		< 0.8				< 0.7		< 0.8		< 0.5		< 1	
<b>cat Th232</b>	1.6	0.2	3.8	0.2			1.6	0.2	4.7	0.3	1.1	0.1	1.2	0.2
<b>cat U238</b>	1.6	0.3	5.7	0.3			4.1	0.3	4.3	0.3	1.9	0.2	3.8	0.3

**Tabella 11:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di MONTEBELLO VICENTINO**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

**Nota:** non è pervenuto il campione di agosto

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	41	3	33	3					39	3	34	2	22	2
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1						< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	5.5	0.4	4.1	0.3					9.7	0.6	8.5	0.5	4.8	0.4
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1						< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.1		< 0.1						< 0.2		< 0.1		< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 1		< 1						< 1		< 0.7		< 2	
<b>Ga67</b>	< 0.5		< 0.2						< 1		< 1		< 0.6	
<b>I123</b>	< 0.9		< 0.5						< 0.2		< 0.1		< 1	
<b>I131</b>	< 0.7		< 0.5						< 0.3		< 0.1		< 0.8	
<b>In111</b>	< 0.1		< 0.1						< 1		< 0.1		< 0.1	
<b>K40</b>	10	3	12	3					28	3	27	3	16	3
<b>Se75</b>	< 0.1		< 0.1						< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Sr85</b>	< 0.1		< 0.1						< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>	----		----						----		< 0.2		----	
<b>Tl201</b>	< 0.6		< 0.4						< 0.5		< 0.5		< 0.6	
<b>cat Th232</b>	1.8	0.2	1.4	0.1					2.7	0.2	2.6	0.2	1.8	0.2
<b>cat U238</b>	1.1	0.2	2.1	0.2					3.6	0.2	1.8	0.2	2.9	0.2

**Tabella 12:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di MONTECCHIO MAGGIORE**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

**Nota:** non sono pervenuti i campioni di agosto e settembre

	giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	168	10	170	10			154	9	117	7	77	5	130	9
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	5.6	0.4	5.5	0.4			8.5	0.6	6.1	0.4	4.9	0.4	4.6	0.4
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1		< 0.2		< 0.1		< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 2		< 0.8				< 1		< 1		< 0.7		< 2	
<b>Ga67</b>	< 0.8		< 1				< 1		< 0.1		< 0.9		< 1	
<b>I123</b>	< 1		< 0.1				< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 1	
<b>I131</b>	< 0.9		< 0.1				< 0.2		8.3	0.6	< 2		< 0.8	
<b>In111</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.4		< 0.9		< 0.1		< 0.1	
<b>K40</b>	21	4	28	3			31	4	26	3	22	3	21	3
<b>Se75</b>	< 0.2		< 0.1				< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.2		< 0.1				< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>			< 0.2				< 0.1		< 0.1		< 1			
<b>Tl201</b>	< 0.8		< 0.8				< 0.6		< 0.5		< 0.6		< 0.7	
<b>cat Th232</b>	2.7	0.2	2.4	0.2			3.2	0.2	2.7	0.2	2.2	0.2	2.5	0.2
<b>cat U238</b>	2.8	0.3	2.3	0.2			4.2	0.3	3.4	0.2	2.3	0.2	4.8	0.3

**Tabella 13:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di TRISSINO**, periodo GIUGNO-DICEMBRE 2002

**Nota:** non è pervenuto il campione di agosto



	gennaio		febbraio		marzo		aprile		maggio		giugno	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	9	1	69	5			188	12			344	21
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1				< 0.1	
<b>Cs137</b>	2.5	0.2	5.4	0.4			4.8	0.4			15	1
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1				< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.2		< 0.1				< 0.2				< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 1		< 0.9				< 1				< 2	
<b>Ga67</b>	< 2		< 0.8				< 0.6				< 1	
<b>I123</b>	< 0.2		< 0.1				< 0.1				< 0.5	
<b>I131</b>	< 0.5		< 0.2				< 0.1				< 2	
<b>In111</b>	< 0.5		< 0.1				< 0.1				< 4	
<b>K40</b>	30	4	49	5			33	4			93	7
<b>Se75</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.2				< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.2				< 0.1	
<b>TcM99</b>	< 0.2		< 0.3				< 0.2				---	
<b>Tl201</b>	< 0.7		< 0.8				< 0.8				< 1	
<b>cat Th232</b>	2.3	0.2	3.5	0.2			3.2	0.2			7.1	0.3
<b>cat U238</b>	2.4	0.2	3.3	0.2			2.2	0.3			7.3	0.4

**Tabella 14-a:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di VICENZA “SANT’AGOSTINO”**, periodo GENNAIO-GIUGNO

**Nota:** non sono pervenuti i campioni di marzo e maggio

	luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	334	20	282	17	280	17	91	6	129	8	250	17
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.2		< 0.1	
<b>Cs137</b>	13	1	19	1	21	1	7.1	0.5	11.4	0.8	8.5	0.6
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	0.2	0.07	< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 0.1		< 1		< 1		< 1		< 1		< 1	
<b>Ga67</b>	< 2		< 1		< 1		< 1		< 1		< 1	
<b>I123</b>	< 0.2		< 0.1		< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>I131</b>	< 0.9		< 0.2		< 0.3		< 0.6		< 0.5		< 0.1	
<b>In111</b>	< 0.2		< 0.1		< 0.1		< 0.2		< 0.2		< 0.1	
<b>K40</b>	69	6	67	6	75	6	49	5	53	6	55	5
<b>Se75</b>	< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.2		< 0.1		< 0.2		< 0.1	
<b>TcM99</b>	< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2			
<b>Tl201</b>	< 1		< 0.9		< 0.8		< 0.6		< 0.7		< 0.7	
<b>cat Th232</b>	5.5	0.3	5.8	0.3	5.9	0.3	5	0.3	4.4	0.3	4.5	0.2
<b>cat U238</b>	4.7	0.3	5.1	0.4	5.7	0.3	4.6	0.3	4.3	0.3	4.4	0.3

**Tabella 14-b:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di VICENZA “SANT’AGOSTINO”**, periodo LUGLIO-DICEMBRE

	gennaio		febbraio		marzo		aprile		maggio		giugno	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	15	1	12	1			29	2			73	5
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1				< 0.1	
<b>Cs137</b>	8.7	0.6	3.8	0.3			3.9	0.3			8.3	0.6
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1				< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.1		< 0.1				< 0.1				< 0.1	
<b>Cr51</b>	< 1		< 1				< 0.8				< 2	
<b>Ga67</b>	< 5		< 0.7				< 0.8				< 2	
<b>I123</b>	< 0.2		< 0.2				< 0.1				< 0.4	
<b>I131</b>	< 1		76	5			13.6	0.8			< 5	
<b>In111</b>	< 0.5		< 0.1				< 0.1				< 3	
<b>K40</b>	83	7	33	4			28	4			75	6
<b>Se75</b>	< 2		< 0.2				< 0.1				< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 1		< 0.1				< 0.1				< 0.2	
<b>TcM99</b>	< 0.2		< 3				< 0.2					
<b>Tl201</b>	< 3		< 2				< 0.7				< 18	
<b>cat Th232</b>	5	0.3	2.3	0.2			2.4	0.2			6.4	0.3
<b>cat U238</b>	3.9	0.3	1	0.2			1.6	0.2			4	0.3

**Tabella 15-a:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di VICENZA “CITTA’ DI VICENZA”**, periodo GENNAIO-GIUGNO

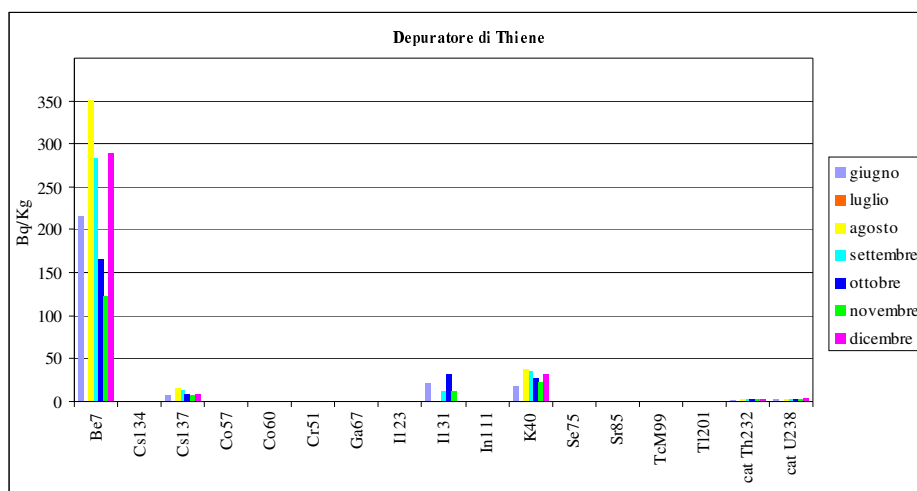
**Nota:** non sono pervenuti i campioni di marzo e maggio

	luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.	Bq/Kg	inc.
<b>Be7</b>	89	6	97	6	87	6	58	4	43	3	35	3
<b>Cs134</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Cs137</b>	8	0.6	8.3	0.6	9.5	0.6	8.6	0.6	7.3	0.5	6.8	0.5
<b>Co57</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>Co60</b>	< 0.1		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.1		< 0.2	
<b>Cr51</b>	< 0.9		< 1		< 1		< 1		< 1		< 2	
<b>Ga67</b>	< 1		< 1		< 1		< 2		< 2		< 2	
<b>I123</b>	< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.7	
<b>I131</b>	2.9	0.2	< 2		< 6		25	2	45	3	13	1
<b>In111</b>	< 0.1		< 2		< 1		< 0.2		< 0.2		< 7	
<b>K40</b>	83	6	76	6	72	6	57	6	65	6	48	5
<b>Se75</b>	< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2		< 0.2	
<b>Sr85</b>	< 0.12		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1		< 0.1	
<b>TcM99</b>	< 0.3				< 0.2		< 0.2		< 0.2			
<b>Tl201</b>	< 0.8		< 0.7		< 0.7		< 0.8		< 1		< 0.8	
<b>cat Th232</b>	6.3	0.3	6.3	0.3	6.2	0.3	5.1	0.3	4.8	0.3	4.3	0.3
<b>cat U238</b>	3.4	0.2	4.9	0.3	4.1	0.3	3.2	0.3	3.9	0.3	3.3	0.2

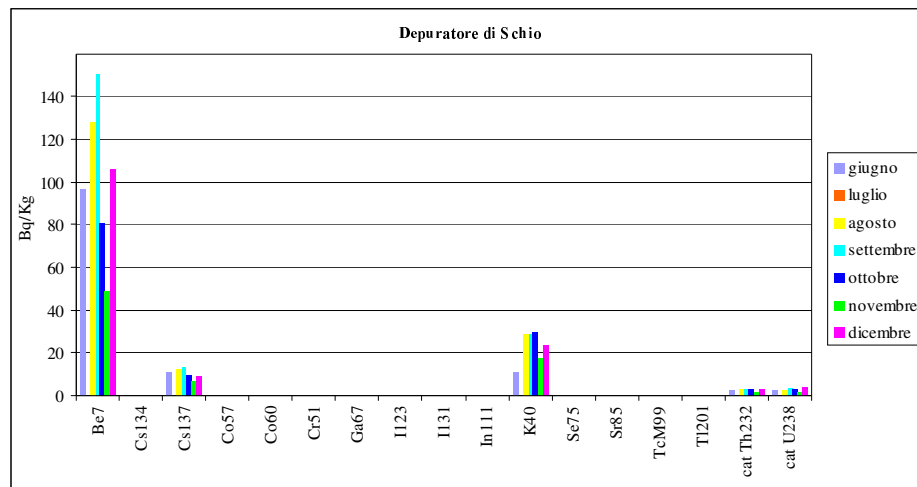
**Tabella 15-b:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei fanghi del **DEPURATORE di VICENZA “CITTA’ DI VICENZA”**, periodo LUGLIO-DICEMBRE

	Thiene	Schio	Bassano del Grappa	Arzignano	Lonigo	Montebello Vicentino	Montecchio Maggiore	Trissino	Vicenza S.Agostino	Vicenza Casale
	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq
<b>Be7</b>	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0.9	< 1	< 1	< 1
<b>Cs134</b>	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<b>Cs137</b>	< 0.2	< 0.3	0.3 ±0.1	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.2 ±0.1
<b>Co57</b>	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<b>Co60</b>	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1
<b>Cr51</b>	< 1	< 2	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 0.9	< 1	< 1
<b>Ga67</b>	----	----	----	----	< 0.5	< 0.7	----	----	----	< 0.5
<b>I123</b>	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<b>I131</b>	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<b>In111</b>	----	----	----	----	< 0.1	< 0.1	----	----	----	----
<b>K40</b>	< 8	< 12	< 8	< 8	< 6	< 5	< 6	< 6	< 8	< 7
<b>Se75</b>	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1
<b>Sr85</b>	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<b>TcM99</b>	----	----	----	< 0.8	< 0.8	< 0.3	----	----	----	----
<b>Tl201</b>	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
<b>cat Th232</b>	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
<b>cat U238</b>	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

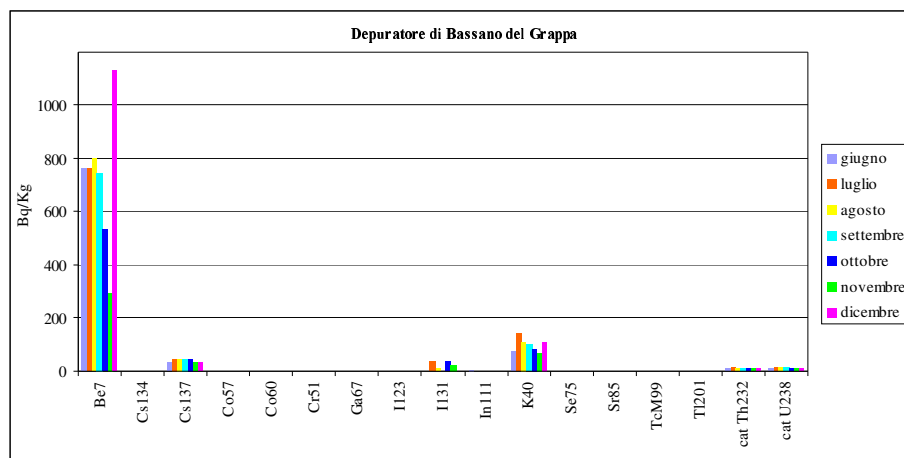
**Tabella 16:** concentrazioni dei radionuclidi misurate nei coadiuvanti di disidratazione utilizzati nelle linee di trattamento fanghi. Anno 2002



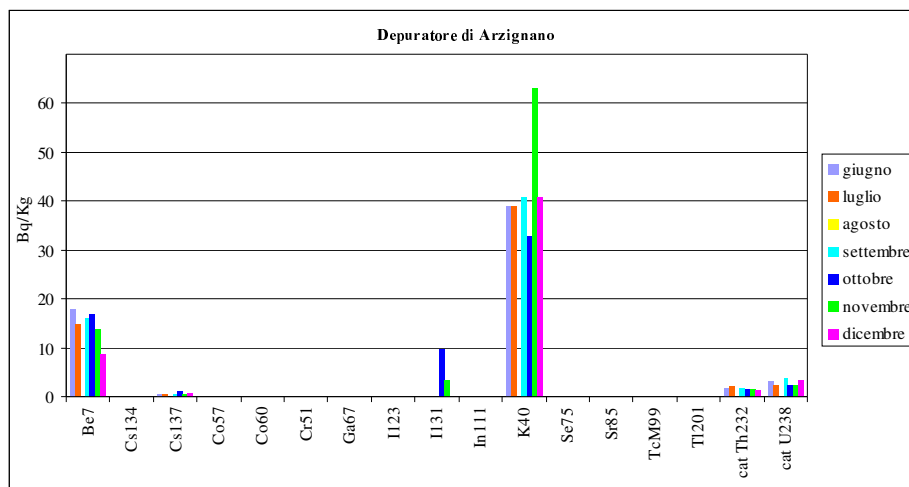
**Figura 20:** grafico della concentrazione dei radionuclidi nel Depuratore di Thiene nel periodo giugno-dicembre 2002



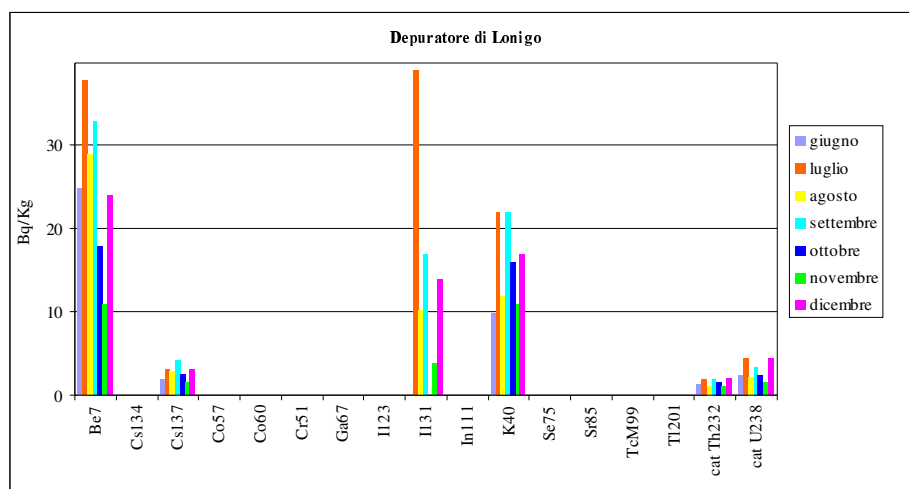
**Figura 21:** grafico della concentrazione dei radionuclidi nel Depuratore di Schio nel periodo giugno-dicembre 2002



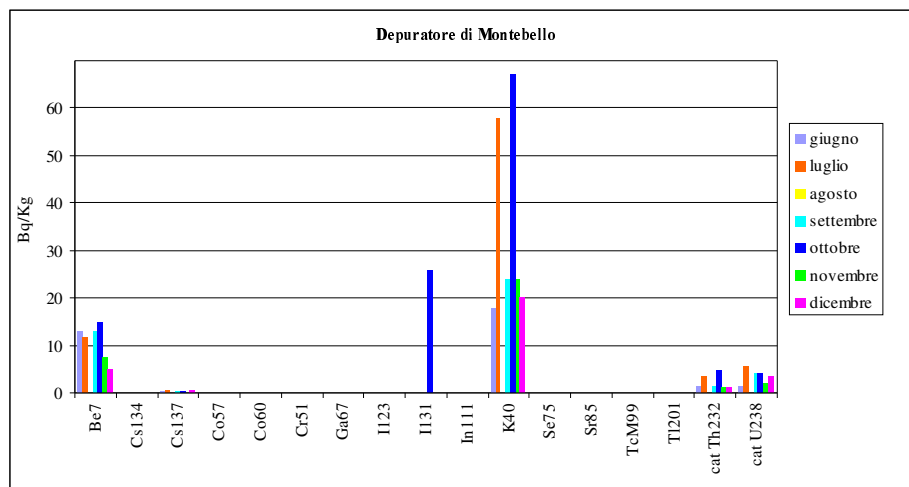
**Figura 22:** grafico della concentrazione dei radionuclidi nel Depuratore di Bassano del Grappa nel periodo giugno-dicembre 2002



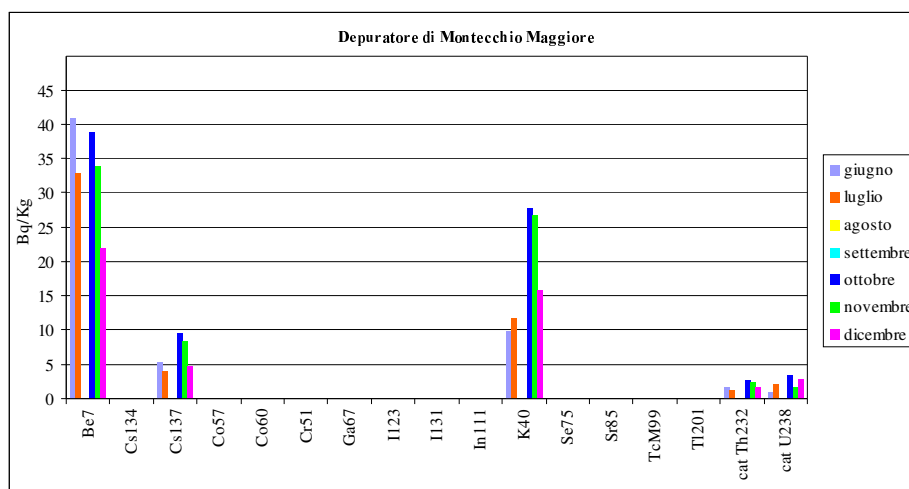
**Figura 23:** grafico della concentrazione dei radionuclidi rinvenuti nel Depuratore di Arzignano nel periodo giugno-dicembre 2002



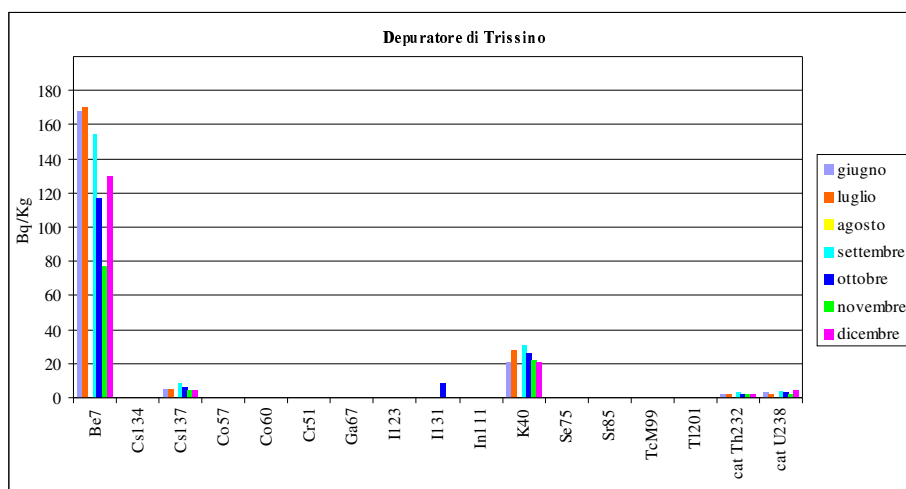
**Figura 24:** grafico della concentrazione dei radionuclidi nel Depuratore di Lonigo nel periodo giugno-dicembre 2002



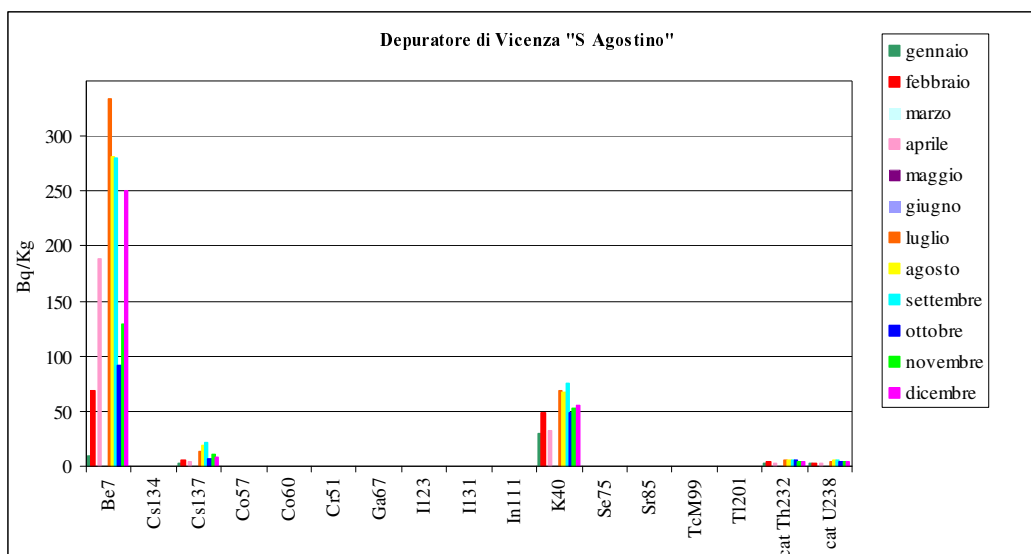
**Figura 25:** grafico della concentrazione dei radionuclidi rinvenuti nel Depuratore di Montebello Vicentino nel periodo giugno-dicembre 2002



**Figura 26:** grafico della concentrazione dei radionuclidi rinvenuti nel Depuratore di Montecchio Maggiore nel periodo giugno-dicembre 2002

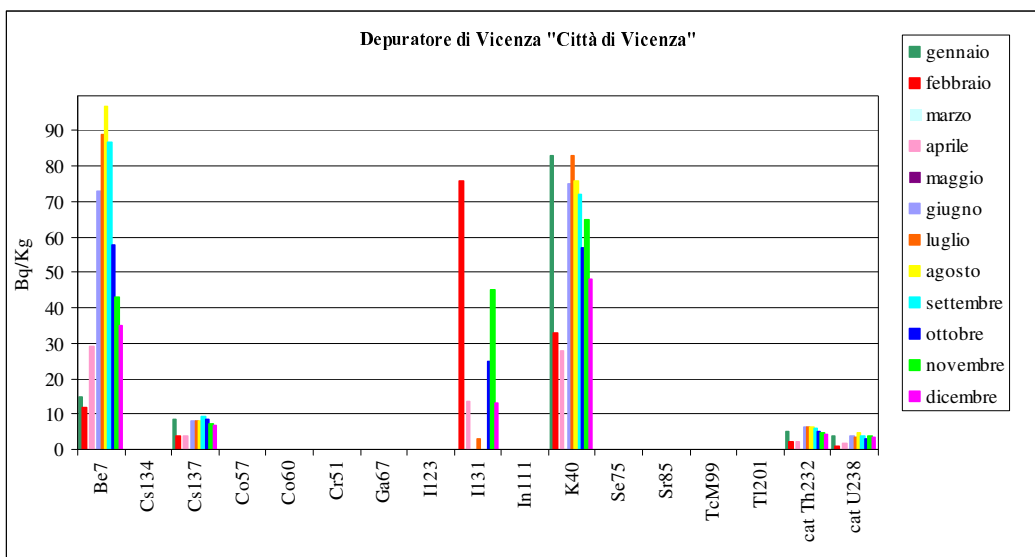


**Figura 27:** grafico della concentrazione dei radionuclidi nel Depuratore di Trissino nel periodo giugno-dicembre 2002



**Figura 28:** grafico della concentrazione dei radionuclidi rinvenuti nel Depuratore di Vicenza "Sant' Agostino" nel periodo gennaio-dicembre 2002

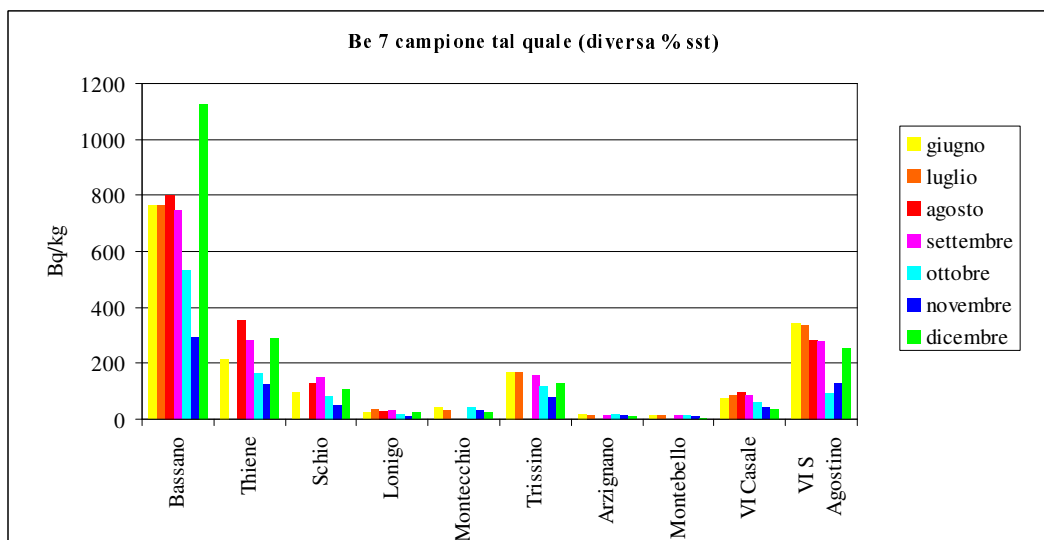




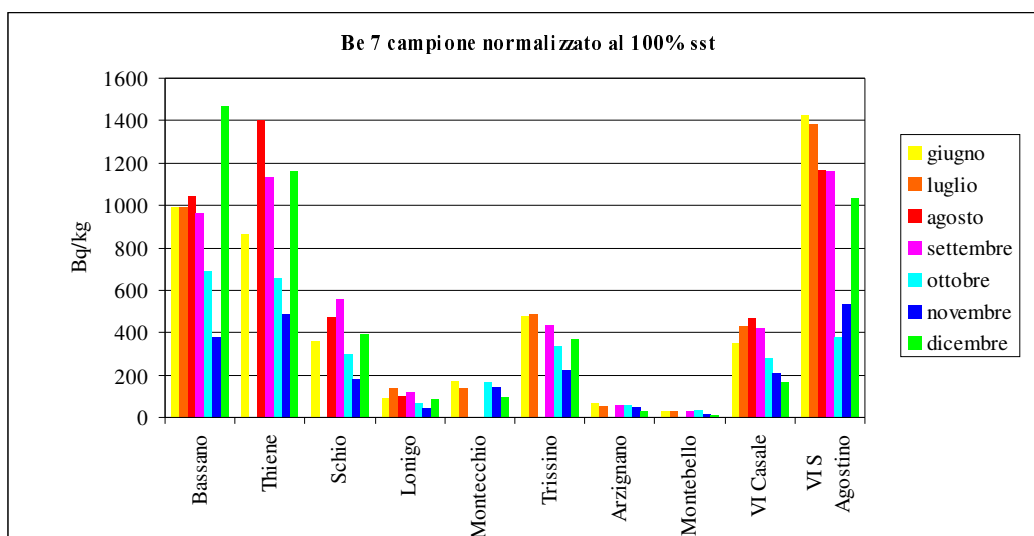
**Figura 29:** grafico della concentrazione dei radionuclidi rinvenuti nel Depuratore di Vicenza “Città di Vicenza” nel periodo gennaio-dicembre 2002

## IL RADIONUCLIDE Be7

Al fine di poter eseguire un confronto tra le concentrazioni di Be7 misurate nei vari depuratori, si sono normalizzati i risultati tramite la percentuale di sostanza secca totale (sst) presente nel fango (vedi valori in Tabella 3). Se si ipotizza infatti che i radionuclidi tendano a concentrarsi nella parte secca del fango, non si va più a calcolare la concentrazione di attività a partire dal peso del campione tal quale ma dal peso della parte di sostanza secca. Nelle Figure 30 e 31 vengono proposti i risultati prima e dopo la normalizzazione. In Figura 30 può sembrare infatti che i fanghi del depuratore di Bassano del Grappa siano i più ricchi di Be7, in realtà, tenendo conto che sono anche i più disidratati (77% sst), hanno valori di concentrazione del radionuclide confrontabili con quelli misurati nei fanghi del depuratore di Thiene e Vicenza “Sant’Agostino”.



**Figura 30:** grafico della concentrazione di Be7, rinvenuta nel campione tal quale



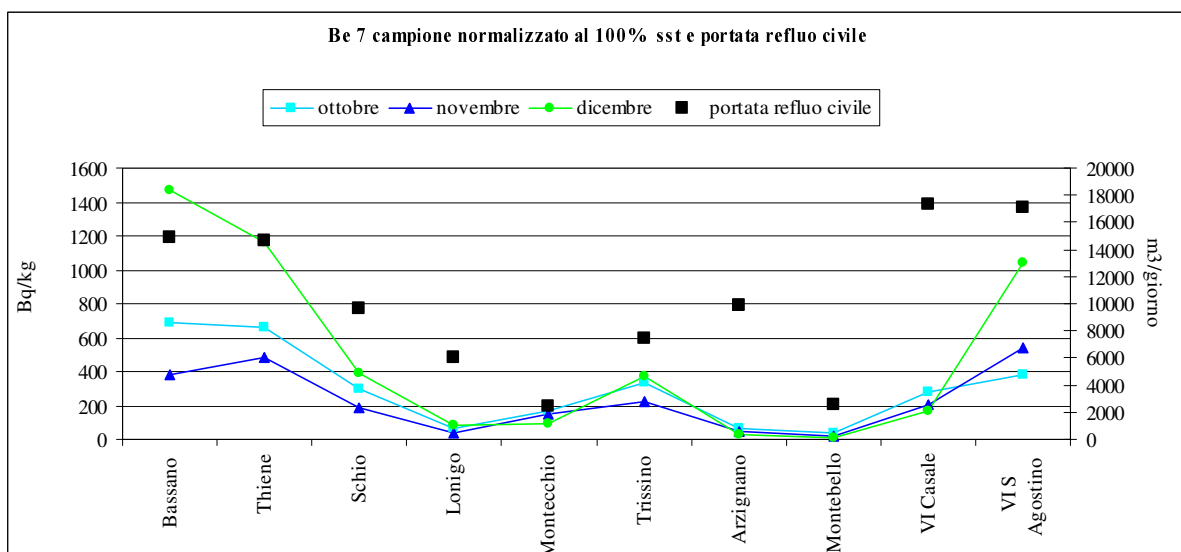
**Figura 31:** grafico della concentrazione di Be7 normalizzata sulla percentuale di sst

La diversa concentrazione di Be7, variabile cioè nel campione tal quale da pochi Bq/Kg a 1100 Bq/Kg, sia su base mensile che tra i diversi depuratori può essere attribuita:

- Diversa percentuale di acque meteoriche depurate dai singoli depuratori;
- Variazione della piovosità in funzione del tempo (stagionale) e dello spazio (zone geografiche diverse).

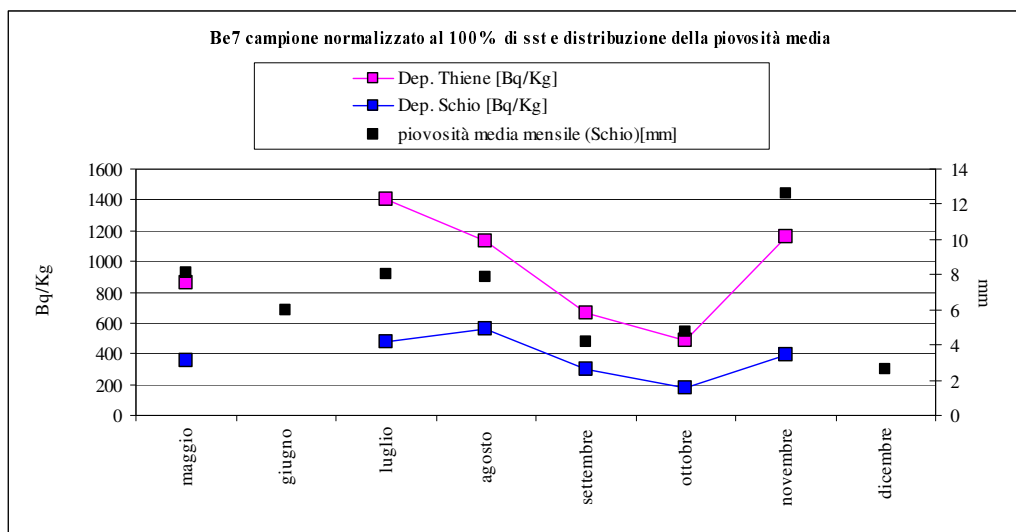
A riprova della prima affermazione è proposto in Figura 32 il confronto tra l'andamento della concentrazione di Be7, normalizzata sulla sst, nei mesi autunnali e la percentuale di refluio civile costituente la portata idraulica giornaliera. Si è supposto che tutti i depuratori trattino all'interno del refluio civile la medesima percentuale di acque meteoriche.

Si osserva come la concentrazione di Be7 abbia lo stesso andamento della portata media giornaliera di refluio civile per tutti i depuratori ad eccezione di quello di Arzignano. La discordanza del dato può essere probabilmente imputabile a una percentuale di refluio meteorico diversa da quella degli altri depuratori.

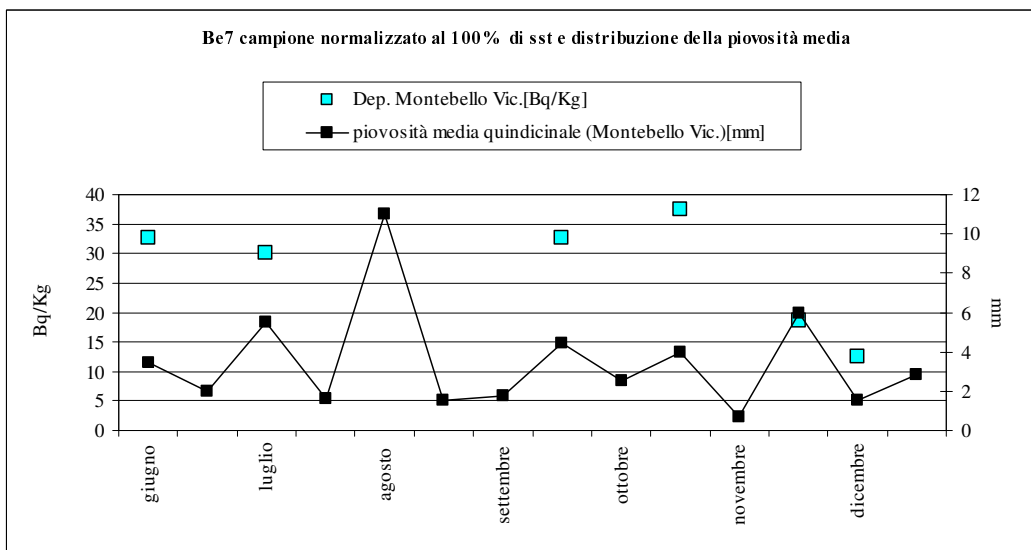


**Figura 32:** andamento delle concentrazioni dei mesi autunnali e portata giornaliera del refluio civile (m3/giorno).

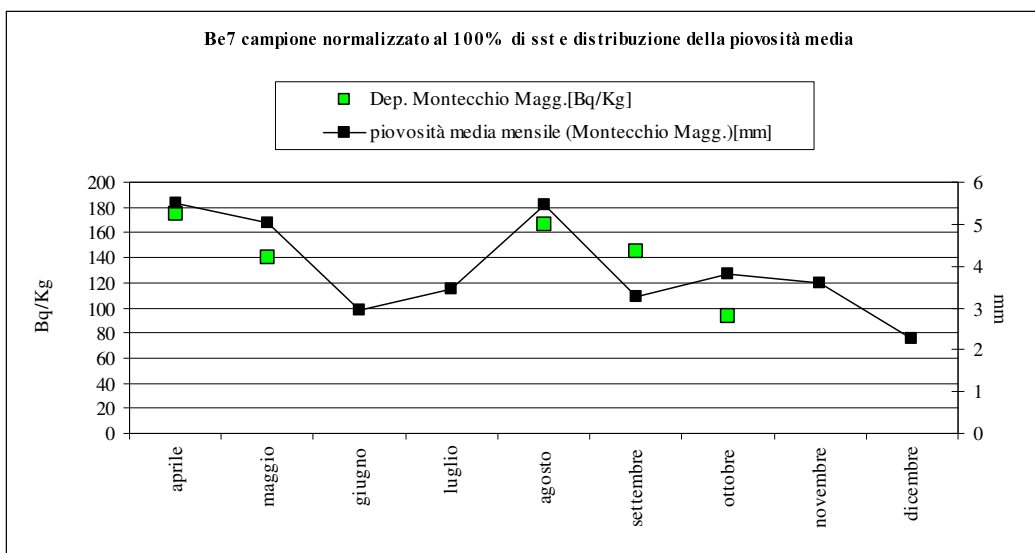
A riprova della seconda affermazione sono presentati nelle Figure 33-37 gli andamenti delle concentrazioni di Be7 di alcuni depuratori, sempre normalizzate sulla sst, e quelli delle medie mensili o quindicinali della piovosità, espressi in mm di pioggia, misurati nelle centraline ubicate nei medesimi comuni o in quelli limitrofi. I dati di piovosità sono stati forniti dal Servizio Sistemi Ambientali del Dipartimento ARPAV di Vicenza e sono relativi ai dati giornalieri rilevati in via D'Annunzio a Vicenza, in via Tiziano Vecellio a Schio, in via S. d'Acquisto a Montecchio Maggiore e in viale Trento a Montebello Vicentino. Al fine di poter eseguire un confronto significativo si è tenuto conto della durata del ciclo di trattamento del fango. Nel caso del depuratore di Montebello Vicentino ad esempio la durata del trattamento del fango è di circa due giorni e pertanto il risultato della misura va confrontato con il valore medio della piovosità dello stesso mese. Nel caso del depuratore di Montecchio Maggiore invece il trattamento dura circa due mesi: la concentrazione di attività presente nel fango disidratato va quindi correlata con il valore di piovosità di due mesi prima.



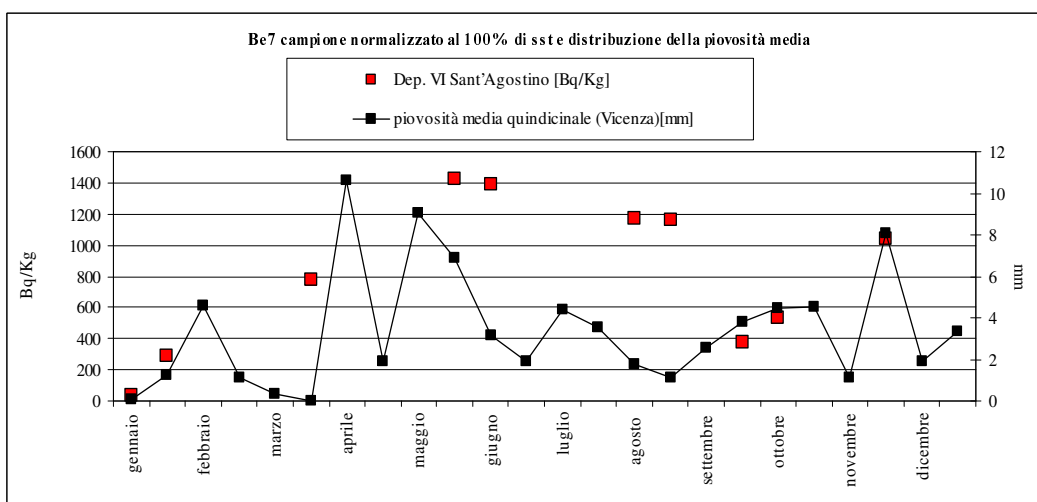
**Figura 33:** andamento delle concentrazioni di Be7 nei depuratori di Thiene e Schio e andamento della piovosità.



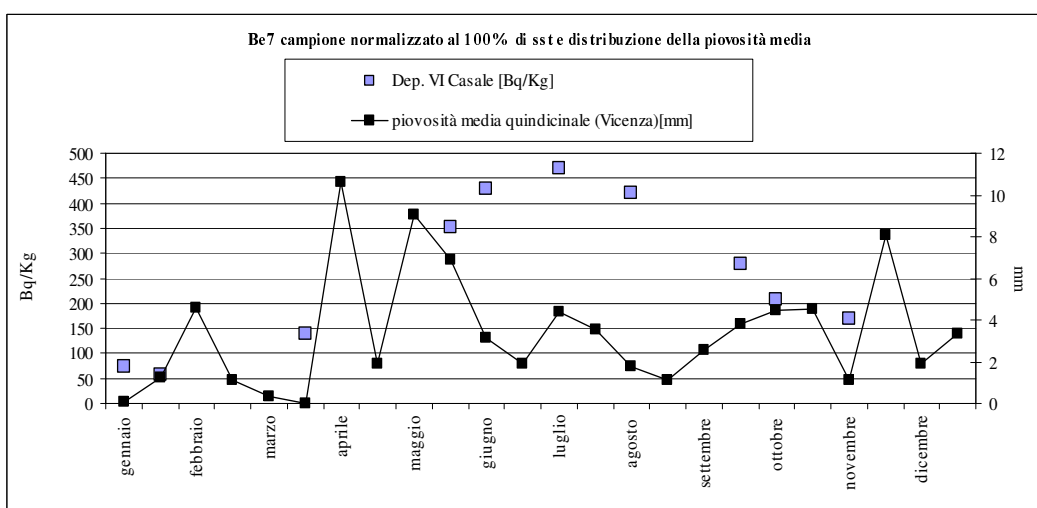
**Figura 34:** andamento delle concentrazioni di Be7 nel depuratore di Montebello Vic. e andamento della piovosità.



**Figura 35:** andamento delle concentrazioni di Be7 nel depuratore di Montecchio Magg. e andamento della piovosità.



**Figura 36:** andamento delle concentrazioni di Be7 nel depuratore di Vicenza "Sant'Agostino" e andamento della piovosità

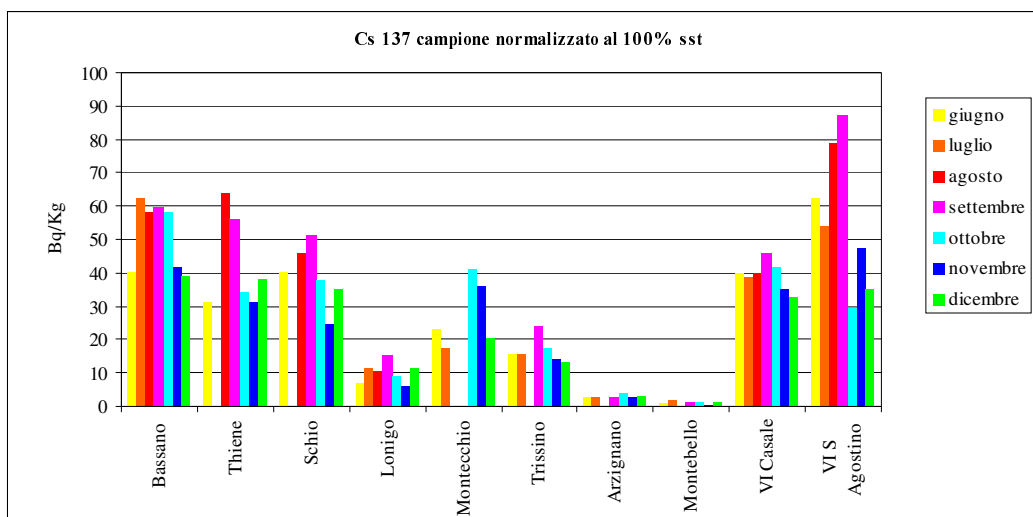


**Figura 37:** andamento delle concentrazioni di Be7 nel depuratore di Vicenza "Casale" e andamento della piovosità

La variazione nel tempo della concentrazione di attività di Be7 con quella della piovosità è abbastanza buona per tutti i depuratori fatta eccezione per quello di Vicenza “Casale”. Questo comportamento potrebbe essere attribuito al fatto che nei mesi primaverili l’ingresso del fango alla linea di trattamento può subire un ritardo, invalidando la possibilità di realizzare la correlazione.

## IL RADIONUCLIDE Cs137

Il Cs137 è presente in tutti i fanghi analizzati con una concentrazione, nel campione tal quale variabile tra qualche Bq/Kg a 50Bq/Kg circa. In Figura 38 è proposto un confronto tra le concentrazioni di attività misurate nei vari depuratori, normalizzando i risultati tramite la percentuale di sostanza secca totale (sst) presente nel fango.

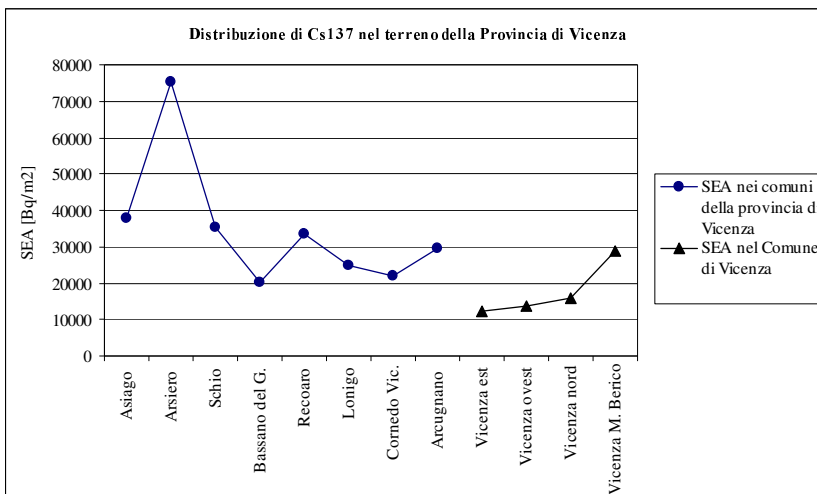


**Figura 38:** grafico della concentrazione di Cs137 normalizzata sulla percentuale di sst

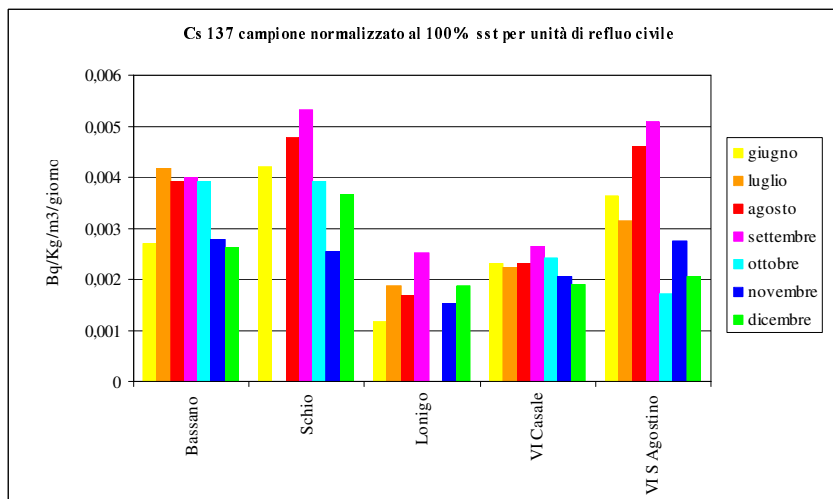
La presenza del Cs137 è legata, come descritto all’inizio, al fall-out degli esperimenti nucleari ma soprattutto a quello seguente l’incidente di Chernobyl. A dimostrazione di ciò si è determinato il rapporto R tra le concentrazioni di attività di Cs134 e Cs137. Il valore atteso è stimabile pari a  $5 \cdot 10^{-3}$  alla data del 06/05/2002. Al fine di poter avere una sensibilità di misura sufficiente per poter rivelare il Cs134 si è eseguita una misura della durata di 4.8 giorni su un’aliquota di fango del volume di 2000 cm<sup>3</sup>. Il valore ottenuto risulta pari a  $4 \cdot 10^{-3}$ , e quindi in accordo con quello previsto.

La concentrazione del radioisotopo nell’ambiente è legata ai soli fenomeni evolutivi del suolo, ossia alla originaria diversificata deposizione al suolo (deposizione a “macchia di leopardo”) e alla variabilità della composizione del terreno che ne influenza il drenaggio. La correlazione tra concentrazione di Cs137 nei fanghi e nel terreno non è comunque così scontata: il depuratore può infatti servire aree che presentano concentrazioni molto diverse (vedi esempio del comune di Vicenza in Fig.39). In Figura 39 si riportano in grafico i risultati della campagna di monitoraggio sulla distribuzione di Cs137 in campioni di terreno prelevati nel territorio della provincia, eseguita negli anni 1990-1991 dalla allora Sezione Fisica Ambientale del Presidio Multizonale di Prevenzione della ULSS. L’indicatore utilizzato è l’attività superficiale equivalente, SEA, espressa in Bq/m<sup>2</sup>. Come si

può osservare i valori più elevati si riscontrano nelle vallate prealpine e sugli altipiani dove il dilavamento della nube radioattiva proveniente dall'arco alpino è avvenuto prima. Per i depuratori che servono gli stessi comuni, in Figura 40 sono proposte le concentrazioni di attività normalizzate sia per la percentuale di sostanza secca totale (sst) che per unità di refluo civile (si suppone cioè che la portata di refluo civile in ingresso sia la stessa): i fanghi del depuratore di Schio presentano effettivamente concentrazioni maggiori sia di quelli prodotti a Bassano del Grappa che a Lonigo, tuttavia analoga osservazione non si può condurre anche per gli altri fanghi.

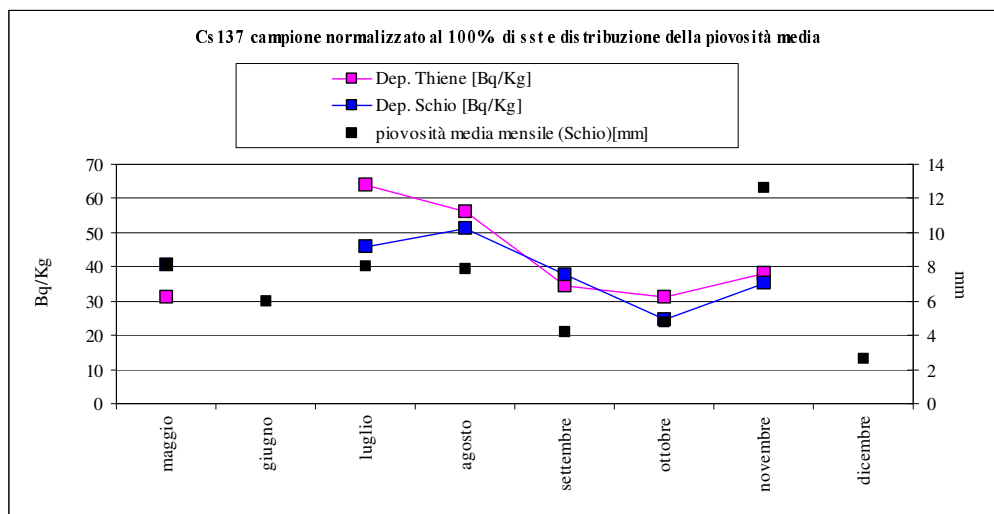


**Figura 39:** grafico della attività superficiale equivalente (SEA), da misure eseguite tra il 1990 e il 1991 dalla Sezione Fisica Ambientale del Presidio Multizonale di Prevenzione della ULSS.

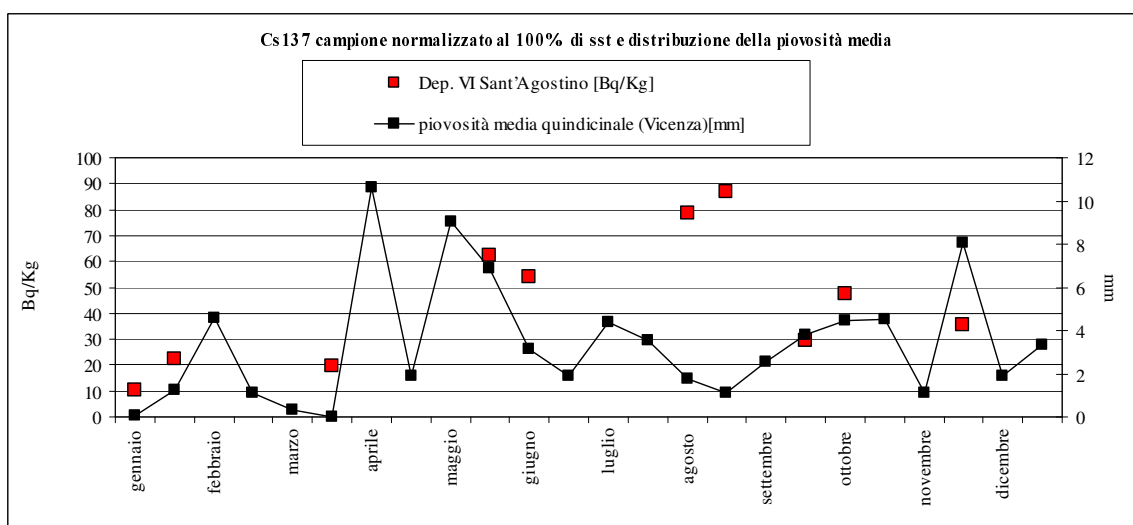


**Figura 40:** concentrazioni di attività di Cs137 normalizzate per la percentuale di sostanza secca totale (sst), per unità di refluo civile depurato.

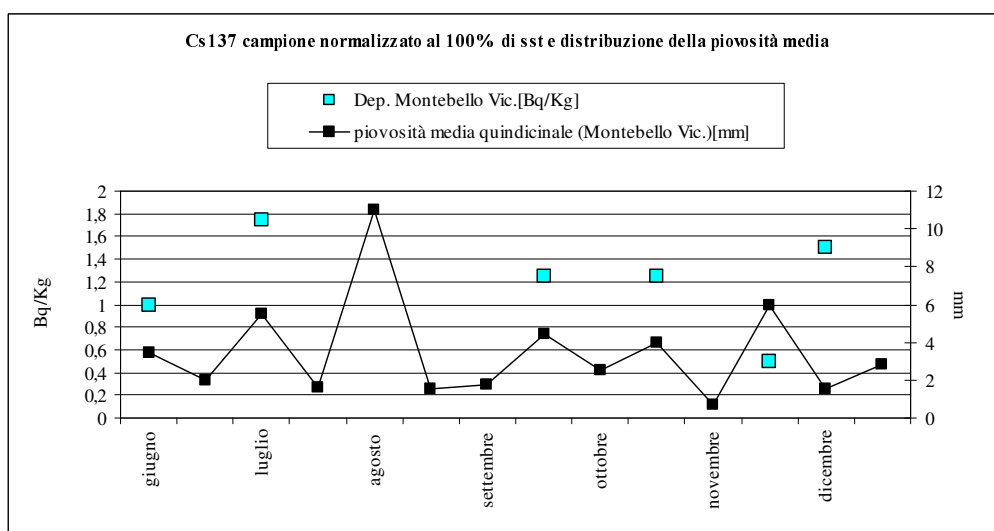
Per quel che riguarda invece la variazione di concentrazione su base mensile in uno stesso depuratore si può attribuirne una possibile causa al dilavamento del terreno dovuto alle precipitazioni. A tal fine sono proposti nelle Figure 41- 43 gli andamenti delle concentrazioni di attività misurate in quattro depuratori (Thiene e Schio a nord della provincia, Vicenza “S. Agostino” al centro e Montebello a sud), sempre normalizzate sulla sst, e quelli delle relative medie mensili o quindicinali della piovosità.



**Figura 41:** andamento delle concentrazioni di Cs137 nei depuratori di Thiene e Schio e andamento della piovosità



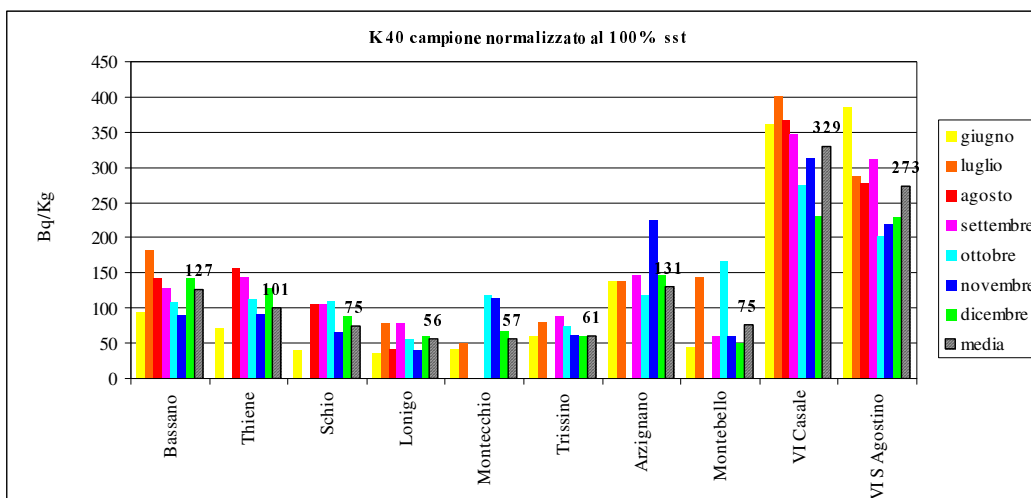
**Figura 42:** andamento delle concentrazioni di Cs137 nel depuratore di Vicenza "S. Agostino" e andamento della piovosità



**Figura 43:** andamento delle concentrazioni di Cs137 nel depuratore di Montebello Vic. e andamento della piovosità

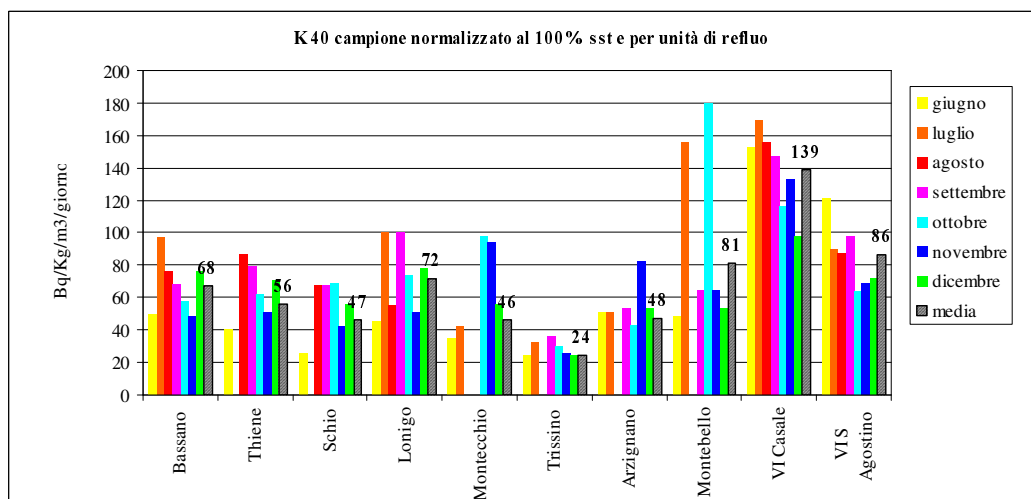
## IL RADIONUCLIDE K40

Il K40 è presente in tutti i fanghi monitorati. La concentrazione, nel campione tal quale, varia tra qualche Bq/Kg e 140 Bq/Kg. In Figura 44 è proposto un confronto tra le concentrazioni di attività misurate nei vari depuratori, normalizzate tramite la percentuale di sostanza secca totale (sst), e il valore medio trovato in ogni depuratore.



**Figura 44:** grafico della concentrazione di K40 normalizzata sulla percentuale di sst e concentrazione media per depuratore

Come precedentemente descritto il K40 è un isotopo che si ritrova non solo in rocce e terreni ma anche negli organismi viventi. In funzione quindi della quantità di potassio naturale presente nel refluo da depurare e in funzione anche della forma chimica con la quale è presente, si avranno concentrazioni diverse di attività. Si propone in Figura 45 l'andamento della concentrazione normalizzata sulla sst per unità di portata idraulica del refluo in ingresso.



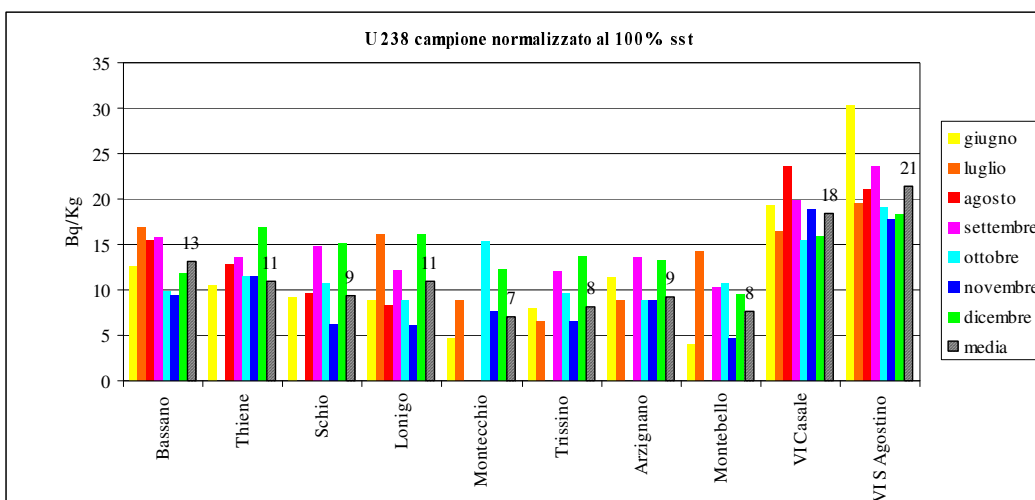
**Figura 45:** grafico della concentrazione di K40 normalizzata sulla percentuale di sst per unità di portata idraulica e concentrazione media per depuratore



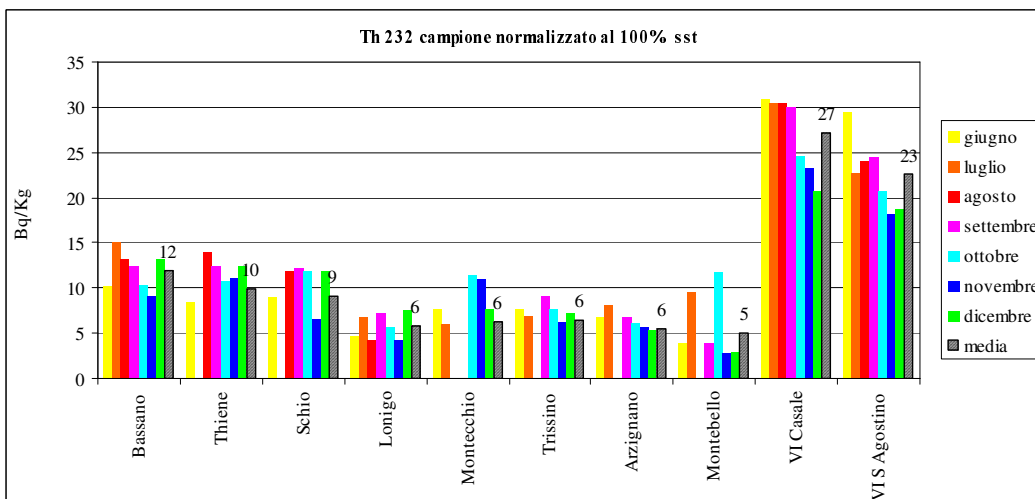
Le concentrazioni misurate nei due depuratori di Vicenza che in Figura 44 presentano valori medi nettamente superiori agli altri, normalizzate per una portata idraulica totale unitaria (Fig.45), mostrano valori medi più allineati agli altri. I depuratori cittadini hanno comunque convogliati nel sistema fognario molti canali di scolo che, a contatto diretto con il terreno, potrebbero arricchirsi di potassio conducendo in depuratore maggiori quantitativi del radionuclide.

#### CATENE NATURALI DELL'U238 E DEL Th232

L'U238 e il Th232 sono presenti in tutti i campioni di fango. Le concentrazioni di attività nei campioni tal quale, variano tra qualche Bq/Kg e 13 Bq/Kg per l'U238 e tra qualche Bq/Kg e 10 Bq/Kg per il Th232. Nelle Figure 46 e 47 sono proposti i confronti tra le concentrazioni di attività misurate nei vari depuratori, normalizzate tramite la percentuale di sostanza secca totale (sst), e il valore medio trovato in ogni depuratore.



**Figura 46:** grafico della concentrazione di U238 normalizzata sulla percentuale di sst e concentrazione media per depuratore

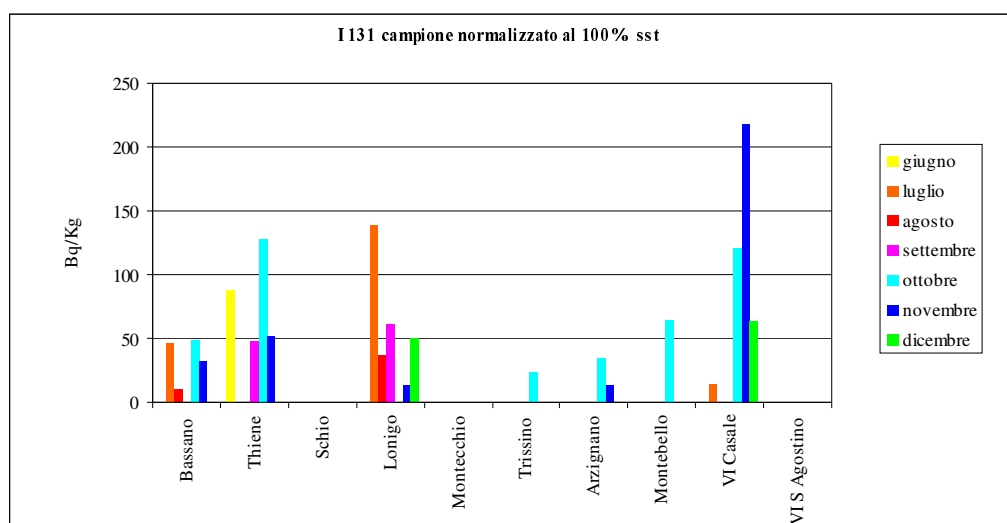


**Figura 47:** grafico della concentrazione di Th232 normalizzata sulla percentuale di sst e concentrazione media per depuratore

La presenza delle due catene di naturali nel fango è associabile al tipo di terreno e al dilavamento dello stesso a causa dei fenomeni meteorologici. I valori, normalizzati sulla sst, nettamente maggiori che si rinvenivano nei due depuratori cittadini sono probabilmente imputabili sia alla maggior portata idraulica sia, come già ipotizzato nel caso del K40, al fatto che nel sistema fognario sono convogliati molti canali di scolo che, a contatto diretto con il terreno, potrebbero arricchirsi di radionuclidi naturali.

## IL RADIONUCLIDE I131

Lo I131 è stato rinvenuto in modo discontinuo nei fanghi di 7 depuratori, ossia eccetto che in quelli di Schio, Montecchio Maggiore e Vicenza “S. Agostino”. La concentrazione di attività nel campione tal quale varia da 2 a 45 Bq/Kg. In Figura 48 è proposto un confronto tra le concentrazioni di attività misurate nei vari depuratori, normalizzate tramite la percentuale di sostanza secca totale (sst).



**Figura 48:** grafico della concentrazione di I131 normalizzata sulla percentuale di sst

Come già anticipato lo I131 ha le sue applicazioni principali in ambito ospedaliero. Il DLgs 147 del 2000 stabilisce dei livelli di riferimento (LDR) per il valore di attività dei radioisotopi da somministrare al paziente, all'interno dei programmi di assicurazione di qualità in radiodiagnostica e in medicina nucleare. In Tabella 17 vengono proposti detti LDR per lo I131, con relativo tipo di esame e radiofarmaco somministrabile.

Esame	Radiofarmaco	LDR (MBq)
Captazione tiroidea	<sup>131</sup> I- ioduro	0.37
Scintigrafia surrenalica corticale	<sup>131</sup> I- norcolesterolo	37
Scintigrafia con traccianti immunologici	<sup>131</sup> I- MoAb	110
Studio scintigrafie di neoplasie	<sup>131</sup> I- MIBG	55
Studio scintigrafie di neoplasie	<sup>131</sup> I- ioduro (total body)	200

**Tabella 17:** livelli di riferimento stabiliti dal DLgs 147/00

Si sono interpellate le ULSS della provincia per sapere se le strutture sanitarie pubbliche o private ubicate nel territorio di competenza trattassero lo I131. Le ULSS 3, ULSS 4 e ULSS 5 hanno risposto negativamente al quesito. All'Ospedale Civile di Vicenza, nella ULSS 6, lo I131 viene utilizzato sia per la cura dei carcinomi tiroidei che per la diagnostica.

La concentrazione di attività rinvenuta nei fanghi del depuratore di Vicenza (Casale) risulta confrontabile con quella trovata nei fanghi degli altri depuratori della provincia. Si esclude pertanto che ci possa essere un eventuale malfunzionamento alle vasche dell'ospedale cittadino utilizzate per il deposito dei radionuclidi in attesa che il decadimento radioattivo ne renda possibile lo smaltimento nella rete fognaria.

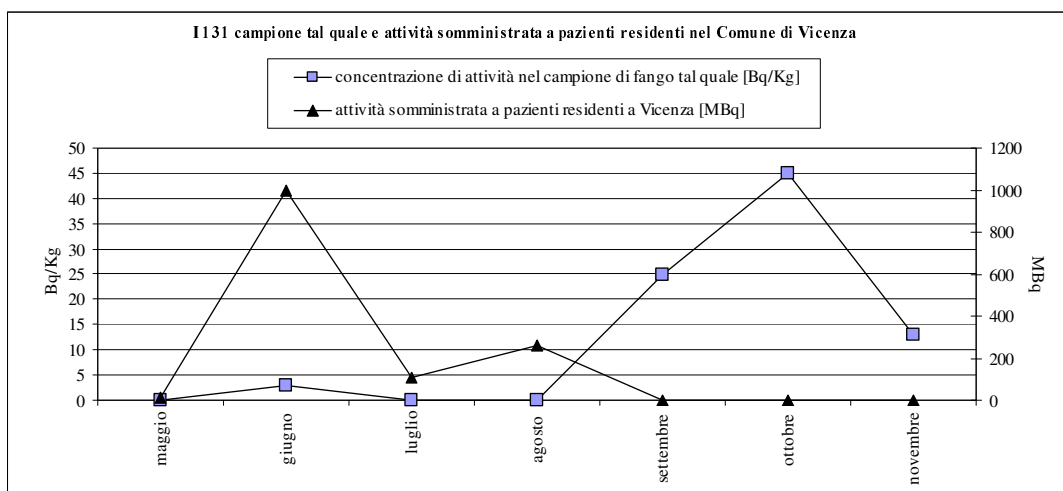
Si è quindi supposto che la presenza di I131 sia attribuibile ai pazienti trattati con tale radioisotopo che una volta tornati al comune di residenza, lo eliminano tramite le normali funzioni fisiologiche. Lo I131 infatti una volta somministrato si accumula nella tiroide entrando nelle molecole dell'ormone tiroideo e da essa viene rilasciato con un tempo di dimezzamento biologico di circa 80 giorni. In realtà solo il 30% dello iodio assunto viene trattenuto dalla tiroide, mentre il 70 % viene escreto tramite le urine con un tempo di dimezzamento biologico di 6 ore. Si può quindi affermare che la maggior parte dello iodio venga rilasciata entro 24 ore dalla somministrazione.

Dal momento che il solo ospedale di Vicenza somministra il radionuclide, si sono richieste al reparto di Fisica Sanitaria alcune informazioni sul tipo di prestazioni fornite e le attività somministrate (Tabella 18). Contestualmente sono state anche chieste alcune informazioni di massima relative ai trattamenti svolti mensilmente, con indicati cioè su base mensile i comuni di residenza dei pazienti trattati, al fine di poter stabilire una correlazione tra concentrazione di attività rinvenuta nel fango di ogni depuratore e l'attività totale somministrata per mese a pazienti residenti nei comuni serviti dai depuratori stessi.

<b>Tipo di pratica</b>	<b>Ricovero in bunker</b>	<b>Attività somministrata per pratica (MBq)</b>
Terapia – cura dei carcinomi tiroidei	3 giorni	1850 ÷ 7400
Terapia – cura dell'ipertiroidismo	no	111 ÷ 555
Diagnostica – iodio captazione tiroidea	no	1.1 ÷ 1.85
Diagnostica – test di Pochin	no	74 ÷ 370

**Tabella 18:** attività somministrata per pratica ed eventuale ricovero in bunker

In Figura 49 sono proposti gli andamenti dei valori di concentrazione di attività di I131 nei fanghi del depuratore di "Casale" (non si è normalizzato sulla percentuale di sst) e l'attività totale somministrata ai pazienti residenti nel capoluogo. Nella presentazione dei risultati si tiene conto della durata del trattamento di disidratazione del fango, che è di circa 22 giorni, e pertanto il risultato della misura va confrontato con l'attività totale somministrata del mese precedente. Per quel che riguarda invece l'attività totale somministrata non sono stati considerati nel calcolo i valori relativi ai pazienti ricoverati nel bunker.



**Figura 49:** grafico di confronto tra la concentrazione di I131 nel campione di fango tal quale prelevato dal depuratore di “Casale” e l’attività totale somministrata su base mensile ai pazienti residenti nel capoluogo.

Osservando l’andamento delle curve nel periodo maggio-agosto potrebbe sembrare che solo quantità rilevanti di attività totale somministrata lascino traccia nel fango. D’altra parte l’incremento nei mesi autunnali della concentrazione di attività, in assenza di trattamenti sembrerebbe suggerire un rilascio da parte dell’ospedale.

Lo studio della correlazione tra presenza di iodio e pazienti trattati relativamente agli altri depuratori non è stato possibile. Nel caso di pazienti residenti in provincia ma trattati all’ospedale di Vicenza, non essendo stata fornita la data di somministrazione del radiofarmaco in associazione con il comune di residenza del paziente, non è stato possibile il confronto con la data di prelievo del fango. Inoltre non si è riusciti a conoscere il numero di pazienti trattati in strutture sanitarie al di fuori della provincia.

## LO SMALTIMENTO DEL FANGO, OBBLIGHI LEGISLATIVI

Gli obblighi legislativi relativi allo smaltimento in ambiente (discarica) o al riutilizzo (impianto di compostaggio) del fango contaminato da elementi radioattivi sono stabiliti dal D.lgs 230/95 modificato dal D.lgs 241/00. Il comma 2 dell'art. 154 ("Rifiuti con altre caratteristiche di pericolosità. Radionuclidi a vita breve") recita: "Le norme del presente decreto non si applicano allo smaltimento di rifiuti radioattivi nell'ambiente,...quando detti rifiuti contengano solo radionuclidi con tempo di dimezzamento fisico inferiore a 75 giorni e in concentrazione superiore ai valori determinati ai sensi dell'art. 1". L'art. 30 tratta "Particolari disposizioni per l'allontanamento dei rifiuti". Il comma 1 recita: "L'allontanamento di materiali destinati ad essere smaltiti, riciclati o riutilizzati....nell'ambito di attività cui non si applicano le norme del presente decreto,.. è comunque soggetto ad autorizzazione quando detti rifiuti o materiali contengano radionuclidi con tempi di dimezzamento fisico maggiore o uguale a 75 giorni o in concentrazioni superiori a 1 Bq/g.

Ai sensi dell'art. 160 punto 2, l'art. 30 entra in vigore 3 mesi dopo l'entrata in vigore dei decreti applicativi che non sono ancora stati emanati. L'allegato I, in mancanza dei decreti applicativi, definisce comunque i criteri di non rilevanza radiologica delle pratiche per gli effetti di cui all'art. 30. Lo smaltimento, il riciclo o il riutilizzo possono avvenire solo nel caso che ne derivi una dose efficace ad ogni individuo della popolazione inferiore a **10  $\mu$ Sv all'anno** ed una dose collettiva efficace all'anno inferiore a **1 Sv.persona** (punto 0 dell'allegato I).

### DETERMINAZIONE DELLA DOSE EFFICACE ALL'INDIVIDUO E DELLA DOSE COLLETTIVA EFFICACE

Dal momento che tutti i fanghi monitorati contengono oltre a radionuclidi a vita breve (Be7 e I131) anche radionuclidi con tempo di dimezzamento maggiore di 75 giorni (Cs137, K40, U238 e Th232) si deve verificare se lo smaltimento o il riciclo producono una dose efficace ad ogni individuo della popolazione inferiore a 10  $\mu$ Sv all'anno ed una dose collettiva efficace all'anno inferiore a 1 Sv.persona.

Il primo passo per la determinazione della assenza di rilevanza radiologica dello smaltimento o del conferimento dei fanghi, consiste nel calcolare la concentrazione di attività del fango al momento dell'allontanamento dal depuratore. Questa valutazione è necessaria in particolare per lo I131 che grazie alla sua vita breve può decadere depositato all'interno dell'area del depuratore in attesa dello smaltimento. A partire da dette concentrazioni di attività al momento dell'allontanamento dal depuratore, si determinano i valori medi annui, distinti per radionuclide e per depuratore, indicati nel seguito con A.

Si suppone che il fango venga conferito in discarica e che qui venga cumulato. Da un punto di vista protezionistico solo il fango più "superficiale", e cioè non schermato dagli strati superiori di altro fango contribuirà all'esposizione di un individuo. Il rateo di dose equivalente, H, in un punto P ad una distanza h da una superficie circolare di raggio R con il radioisotopo uniformemente distribuito su di essa, si può ottenere dalla espressione (1):

$$(1) \quad H [\mu\text{Sv/h}] = 2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot \Gamma \cdot \ln ((R^2 + h^2)/h^2)$$

dove:  $\sigma$  è la concentrazione superficiale di attività [GBq/m<sup>2</sup>]

$\Gamma$  è la costante gamma di decadimento [ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h} \cdot \text{GBq}$ ] (valori in Tabella 19)

Di seguito sono descritte le modalità di determinazione delle grandezze necessarie al calcolo.

- $\sigma$ : la concentrazione superficiale di attività viene calcolata a partire dalla espressione (2):

$$(2) \quad \sigma [\text{GBq/m}^2] = A \cdot \rho \cdot d / 10^9$$

dove:  $A$  è il valore medio annuo della concentrazioni di attività del singolo radionuclide [Bq/m<sup>3</sup>] al momento dello smaltimento;

$\rho$  è la densità media del fango prelevato in ogni depuratore. Questo valore si calcola a partire dai campioni misurati: mentre il volume dei Marinelli è fisso, il peso del campione viene determinato tramite pesata in Laboratorio Radiazioni Ionizzanti;

$d$  è lo spessore necessario a ridurre a un decimo l'intensità di radiazione del radionuclide considerato e può variare tra 20 cm e 66 cm. Esso è calcolato utilizzando l'espressione (3) a partire dal coefficiente di attenuazione massico ( $\mu/\rho$ ) dell'acqua al variare dell'energia principale di radionuclidi monitorati (valori in Tabella 19). L'utilizzo del coefficiente di attenuazione dell'acqua è giustificato dal fatto che per tutti i fanghi, se si esclude quello prodotto dalla linea di trattamento di Bassano del Grappa, la percentuale d'acqua si aggira attorno al 70 %.

$$(3) \quad d = \ln 10 / ( (\mu/\rho)_{\text{acqua}} \cdot \rho )$$

- $R$ : la circonferenza di raggio  $R$  viene assimilata alla base di un cubo di lato pari a  $2R$ ; si ipotizza cioè che il cumulo di fango abbia una forma cubica. Per determinare il lato di questo "cubo" si utilizzano i valori di tonnellate smaltite in un anno (vedi Tabella 3) e la concentrazione del fango  $\rho$ .
- $h$ : si pone per ipotesi che la distanza del punto  $P$  dalla superficie del fango sia pari a 1 m.

Radionuclidi	$\Gamma$ [ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h} \cdot \text{GBq}$ ]	$(\mu/\rho)_{\text{acqua}}$ [ $\text{m}^2/\text{Kg}$ ]
<b>Be 7</b>	7.8	0.0095
<b>Cs137</b>	88	0.0085
<b>K40</b>	22	0.0050
<b>Catena U238 (*)</b>	230	0.0050
<b>Catena Th232 (*)</b>	310	0.0050
<b>I131</b>	59	0.01

**Tabella 19:** dati necessari alla determinazione dell'esposizione di un individuo

(\*) la catena è all'equilibrio

Per ogni depuratore, si considera la somma dei ratei di dose equivalente H espressi in  $\mu\text{Sv/h}$ , dovuti ai singoli radionuclidi presenti, e si passa alla dose efficace E per anno [ $\mu\text{Sv/anno}$ ] supponendo che gli operatori della discarica passino un terzo del tempo totale lavorativo in un anno sopra al cumulo di fango (vedi Tabella 20). La dose collettiva efficace all'anno, E(anno), viene determinata supponendo che gli operatori presenti, per un terzo del loro tempo totale lavorativo, siano 100 (vedi Tabella 20).

Depuratore	E [ $\mu\text{Sv/anno}$ ]	Limite E [ $\mu\text{Sv/anno}$ ]	E(anno) [Sv persona]	Limite E(anno) [Sv persona]
Bassano del Grappa	7,64	10	$7,64 \times 10^{-4}$	1
Thiene	3,05		$3,05 \times 10^{-4}$	
Schio	1,82		$1,82 \times 10^{-4}$	
Lonigo	1,64		$1,64 \times 10^{-4}$	
Montecchio Maggiore	1,87		$1,87 \times 10^{-4}$	
Trissino	3,10		$3,10 \times 10^{-4}$	
Arzignano	0,77		$0,77 \times 10^{-4}$	
Montebello Vicentino	0,82		$0,82 \times 10^{-4}$	
Vicenza "Città di Vicenza"	3,02		$3,02 \times 10^{-4}$	
Vicenza "Sant'Agostino"	6,20		$6,20 \times 10^{-4}$	

**Tabella 20:** valori di dose efficace in un anno e dose collettiva efficace impegnata in un anno e valori stabiliti dal D.lgs 230/95 modificato dal D.lgs 241/00

Dal momento che i valori imposti per l'assenza di rilevanza radiologica sono rispettati lo smaltimento del fango, come anche analogamente il conferimento in impianti di compostaggio, non sono soggetti alle disposizioni del D.lgs 230/95 modificato dal D.lgs 241/00.

## CONCLUSIONI

Il monitoraggio dei fanghi di depurazione eseguito nell'anno 2002 conferma la presenza dei radionuclidi di origine naturale Be 7, K 40, U 238 e Th 232: le concentrazioni di attività riscontrate ne rendono lo smaltimento in ambiente o il riutilizzo *non rilevante* dal punto di vista radiologico.

La presenza del Cs 137, radionuclide di origine artificiale, è imputabile all'incidente avvenuto alla centrale nucleare di Chernobyl: la concentrazione di questo radionuclide non determina rilevanza radiologica.

Lo I 131, anch'esso radionuclide artificiale, è di origine ospedaliera; peraltro lo si ritrova anche nei fanghi dei depuratori che non raccolgono i reflui di ospedali in cui i pazienti sono trattati con tale radioisotopo. In effetti l'elevata sensibilità del metodo di misura utilizzato in questa campagna consente di misurare nei fanghi concentrazioni di I 131 dovute a pazienti trattati che lo eliminano tramite le normali funzioni fisiologiche. Anche in questo caso le concentrazioni misurate nei fanghi non sono state rilevanti da un punto di vista radiologico.

L'indagine svolta induce a considerare opportuna anche la misura della concentrazione di attività presente nel refluo in uscita dal depuratore. Il monitoraggio del refluo potrebbe infatti permettere di ottenere informazioni aggiuntive sull'impatto in ambiente delle materie radioattive e, in particolare:

- l'accertamento della presenza o meno dei radionuclidi a vita breve di utilizzo ospedaliero (esTc99m) che il fango non può evidenziare;
- di monitorare in tempo reale, grazie anche ad accordi con la Fisica Sanitaria dell'Ospedale Civile di Vicenza, lo sversamento delle vasche della medicina nucleare nella fognatura;
- di determinare la concentrazione di attività dei radionuclidi che, a causa della loro forma chimica, rimangono in soluzione nel refluo.