

ANPA

AGENZIA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

**La Radioattività Ambientale
sulle Coste delle Regioni
Basilicata e Calabria
*maggio-giugno 1997***

La Radioattività Ambientale
sulle Coste delle Regioni Basilicata e Calabria
maggio-giugno 1997

Gli aspetti editoriali sono stati curati dalla sig.ra Silvia Rosamilia

La riproduzione parziale o totale del presente Rapporto deve essere preventivamente autorizzata

Stampato su carta ecologica

Indice

1.	Introduzione	7
2.	Caratteristiche dell'indagine	7
3.	Misure di intensità di dose assorbita in aria sulle spiagge e prelievi di sabbia	7
4.	Prelievi di acqua di mare e sedimenti	10
5.	Risultati delle misure di dose gamma assorbita in aria sulle spiagge	12
6.	Risultati delle misure di spettrometria gamma sulle sabbie	18
7.	Risultati delle misure di spettrometria gamma nell'acqua di mare	20
8.	Risultati delle misure di spettrometria gamma sui sedimenti marini	20
9.	Indagine sul pescato della regione Calabria	21
9.1.	Produttività per gruppi di specie, per litorali e per sistemi di pesca	21
9.2.	Le specie e gli andamenti della pesca in Calabria	23
9.3.	Selezione e campionamento allo sbarco di prodotti della pesca dei mari antistanti le coste calabre	23
10.	Risultati delle misure di spettrometria gamma sui prodotti ittici	25
11.	Conclusioni	27
	Riferimenti Bibliografici	29

Il presente rapporto sintetizza i risultati della campagna di monitoraggio della radioattività ambientale effettuata lungo le coste delle regioni Basilicata e Calabria nel periodo maggio-giugno 1997.

L'indagine, promossa e condotta dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente - ANPA - ha avuto lo scopo di verificare l'eventuale presenza di contaminazione da radionuclidi artificiali delle acque costiere, delle spiagge e dei prodotti ittici, al fine di valutare la possibile esistenza di rischio per la popolazione e fornire un'informazione oggettiva e circostanziata al pubblico.

L'attività si inquadra nei compiti istituzionali dell'ANPA, sia in qualità di Agenzia di protezione ambientale, sia nella funzione di supporto tecnico al Ministero dell'Ambiente e sia quale autorità di controllo sulla sicurezza nucleare e la protezione sanitaria dalle radiazioni ionizzanti.

Per lo svolgimento delle indagini, in particolare per quanto attiene ai campionamenti in mare, ci si è potuti avvalere del prezioso supporto e della collaborazione del Nucleo Operativo Ecologico, del Nucleo Subacquei Napoli e del Nucleo Natanti Venezia dell'Arma dei Carabinieri.

Nella pianificazione e nel campionamento del pescato ha collaborato all'indagine l'Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare (ICRAM).

Hanno inoltre partecipato alla campagna, per l'attività di misura e campionamento sui rispettivi territori:

- il Centro di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività ambientale della Regione Calabria;*
- il Servizio di Fisica Sanitaria dell'Azienda Sanitaria "Pugliese-Ciaccio" di Catanzaro;*
- il Presidio Multizonale di Igiene e Profilassi di Matera;*
- l'Università di Calabria di Arcavacata (Cosenza).*

L'Ufficio statistico della Direzione Generale della pesca e dell'acquacoltura-MIRAAF, l'ISMEA di Roma e le cooperative dei produttori della Calabria hanno fornito dati statistici sull'attività di pesca.

Infine, per la fase di campionamento dell'acqua di mare, l'ANPA si è avvalsa del supporto del Norwegian Radiation Protection Authority.

A tutte le istituzioni suddette va il più vivo ringraziamento dell'Agenzia.

1. Introduzione

Da diverso tempo i mezzi di comunicazione hanno diffuso notizie sulla possibile presenza di sostanze pericolose, ed in particolare di materiali radioattivi, a bordo di relitti di navi affondate al largo delle coste calabre. Già nell'estate del 1995 l'ANPA, su richiesta delle autorità locali, era intervenuta per effettuare una serie di misure che, pur non potendo costituire una verifica diretta di quelle notizie, aveva consentito di escludere che gli eventuali affondamenti avessero prodotto conseguenze rilevabili sulla costa.

Successivamente, nel periodo maggio-giugno 1996, l'Agenzia aveva condotto una più ampia indagine radiologica, con la quale era stato ottenuto un quadro completo ed integrato della situazione della contaminazione dei litorali della regione Calabria. Le analisi condotte sulle spiagge, sulle acque costiere e sui sedimenti, nonché su alcuni campioni di pescato non avevano messo in evidenza la presenza di radionuclidi di origine antropica nella catena trofica dell'ambiente costiero calabrese, eccezion fatta per il ^{137}Cs che è il radionuclide artificiale ubiquitario nell'ambiente.

Non disponendo ancora di elementi definitivi circa l'effettiva presenza di materiale radioattivo nelle navi affondate, l'ANPA, per tenere sotto controllo la situazione e poter individuare tempestivamente eventuali aumenti anomali della radioattività nell'ambiente, ha deciso di ripetere anche quest'anno la campagna radiometrica sulle coste calabre, estendendola inoltre a quelle della regione Basilicata, anch'esse esposte all'eventuale impatto delle sostanze contaminanti.

2. Caratteristiche dell'indagine

La campagna radiometrica ha avuto come obiettivo la determinazione dei livelli di intensità di dose gamma assorbita in aria sulle spiagge della Basilicata e della Calabria, nonché dei livelli di contaminazione da radionuclidi artificiali delle spiagge, delle acque di mare e dei sedimenti superficiali prelevati lungo le coste delle due regioni.

E' stata inoltre effettuata una indagine sul pescato della regione Calabria, consultando le fonti bibliografiche ufficiali. Sulla base di tale indagine sono stati individuate le specie maggiormente presenti e tra queste sono state quindi campionate, in quattro porti della stessa regione, le specie che potevano dare indicazioni sulla contaminazione dei fondali. Sui campioni prelevati sono stati determinati i livelli di contaminazione da radionuclidi.

3. Misure di intensità di dose gamma assorbita in aria sulle spiagge e prelievi di sabbia

Per la pianificazione delle attività di prelievo di sabbia e di misura di intensità di dose sono stati utilizzati i seguenti criteri:

- per le misure di intensità di dose sulle spiagge calabre, trattandosi della ripetizione dell'indagine già effettuata nel 1996, la costa è stata divisa in tratti di lunghezza di circa 10 km ciascuno, il doppio cioè di quella dello scorso anno; tenendo conto dell'effettiva accessibilità delle spiagge, che ha ovviamente condizionato in alcuni casi la pianificazione teorica, sui circa 600 km di costa sono state effettuate 65 misure;
- per lo stesso motivo, i prelievi di sabbia sulla costa calabra sono stati effettuati ogni 50 km, anziché ogni 30 come nel 1996;
- per le coste della regione Basilicata, che non erano state incluse nella campagna del 1996, sono state effettuate misure di intensità dose gamma assorbita in aria ogni 5 km e prelievi di sabbia ogni 10 km.

Le misure di intensità di dose gamma assorbita in aria sono state effettuate, ad 1 metro dal suolo, mediante una camera di ionizzazione a pressione. Questo strumento dà una informazione globale del contributo della radioattività, la quale, sempre presente, è variabile da punto a punto, poiché dipende dalla composizione della sabbia e del substrato geologico del suolo e dalla presenza di



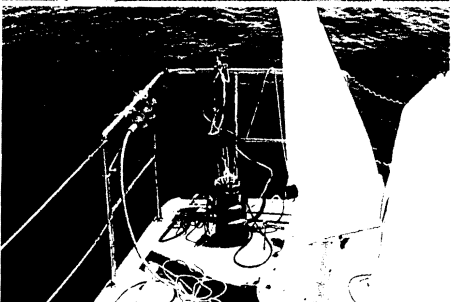
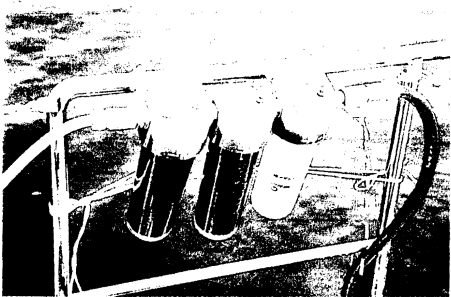
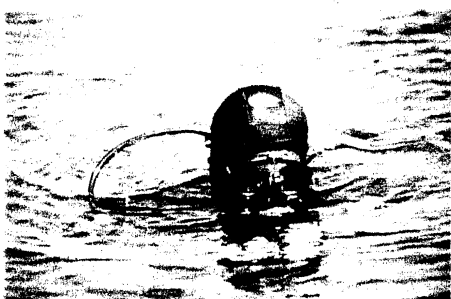
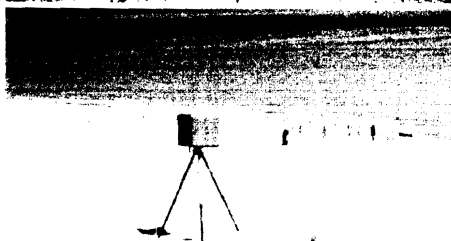
Camera Reuter Stokes in misura

eventuali radionuclidi artificiali. Per poter discriminare tra radionuclidi naturali ed artificiali occorre effettuare analisi spettrometriche su campioni di sabbia, che danno informazioni sul tipo e sulle quantità di radionuclidi presenti.

Mentre la misura dell'intensità di dose gamma assorbita in aria viene eseguita in campo, i campioni di sabbia devono essere trattati ed analizzati in laboratorio con rivelatori ad alta risoluzione che consentono di identificare i radionuclidi pre-

ANPA

AGENZIA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE



La Radioattività Ambientale
sulle Coste
delle Regioni
Basilicata e Calabria
maggio-giugno 1997

*Dipartimento Stato dell'Ambiente,
Prevenzione, Risanamento
e Sistemi Informativi
Settore Laboratorio Misure*

senti (in particolare l'attenzione si è concentrata sui radionuclidi artificiali). Questo tipo di misure richiedono per la loro esecuzione tempi piuttosto lunghi.

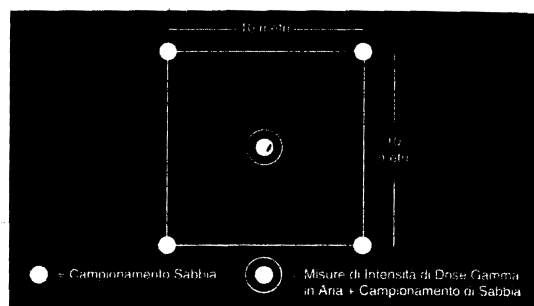
Nella figura 1 sono indicati i punti di misura di intensità di dose gamma e di raccolta dei campioni di sabbia.

Il campionamento è stato effettuato secondo lo schema indicato in figura 2. Si tratta di campioni composti, ottenuti mescolando la sabbia preleva-

ta nei 5 punti indicati a diverse profondità: 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm. In tal modo è possibile conoscere la distribuzione in profondità dei radionuclidi di interesse. In sostanza, ad ogni punto di raccolta delle sabbie corrispondono 5 misure, per un totale di 100 misure sui campioni raccolti lungo tutte le coste. In tabella 1 sono elencati i punti delle coste ove sono stati effettuati i prelievi dei campioni di sabbia.



Raccolta del campione di sabbia



*Fig. 2
Schema di campionamento della sabbia*

Tab. 1
Punti di prelievi dei campioni di sabbia

Località	Data	Punto di Prelievo	Latitudine N	Longitudine E
Foce Fiume Bradano	12/05/97	B01	40° 22.98	16° 51.39
S. Teodoro Mare	13/05/97	B03	40° 19.16	16° 48.12
Lido di Scanzano	13/05/97	B05	40° 15.34	16° 45.32
Lido di Policoro	13/05/97	B07	40° 11.37	16° 43.17
Foce Fiume Sinni	13/05/97	B08	40° 09.02	16° 41.43
Fiumicello	13/05/97	B13	39° 59.84	15° 41.97
Villapiana Sealo	14/05/97	C04	39° 47.17	16° 29.22
St. PietraPaola Marina	15/05/97	C09	39° 32.32	16° 51.98
Torre Melissa Lido	15/05/97	C13	39° 18.95	17° 06.72
Capo Rizzuto	16/05/97	C18	38° 54.30	17° 06.10
Montauro Marina	17/05/97	C24	38° 43.96	16° 32.97
Roccella Ionica	18/05/97	C29	38° 19.09	16° 23.82
Brancaleone Marina	18/05/97	C34	37° 57.83	16° 06.18
Gallico Marina	19/05/97	C40	38° 09.62	15° 38.96
Gioia Tauro	19/05/97	C44	38° 26.22	15° 53.37
Capo Vaticano	20/05/97	CV1	38° 36.79	15° 50.80
Torre di Mezza Praia	21/05/97	C51	38° 49.32	16° 13.00
Fiumefreddo Marina	21/05/97	C55	39° 10.13	16° 03.79
Capo Bonifati	22/05/97	C60	39° 34.32	15° 52.10
Foce Fiume Noce	22/05/97	C64	39° 55.18	15° 45.51

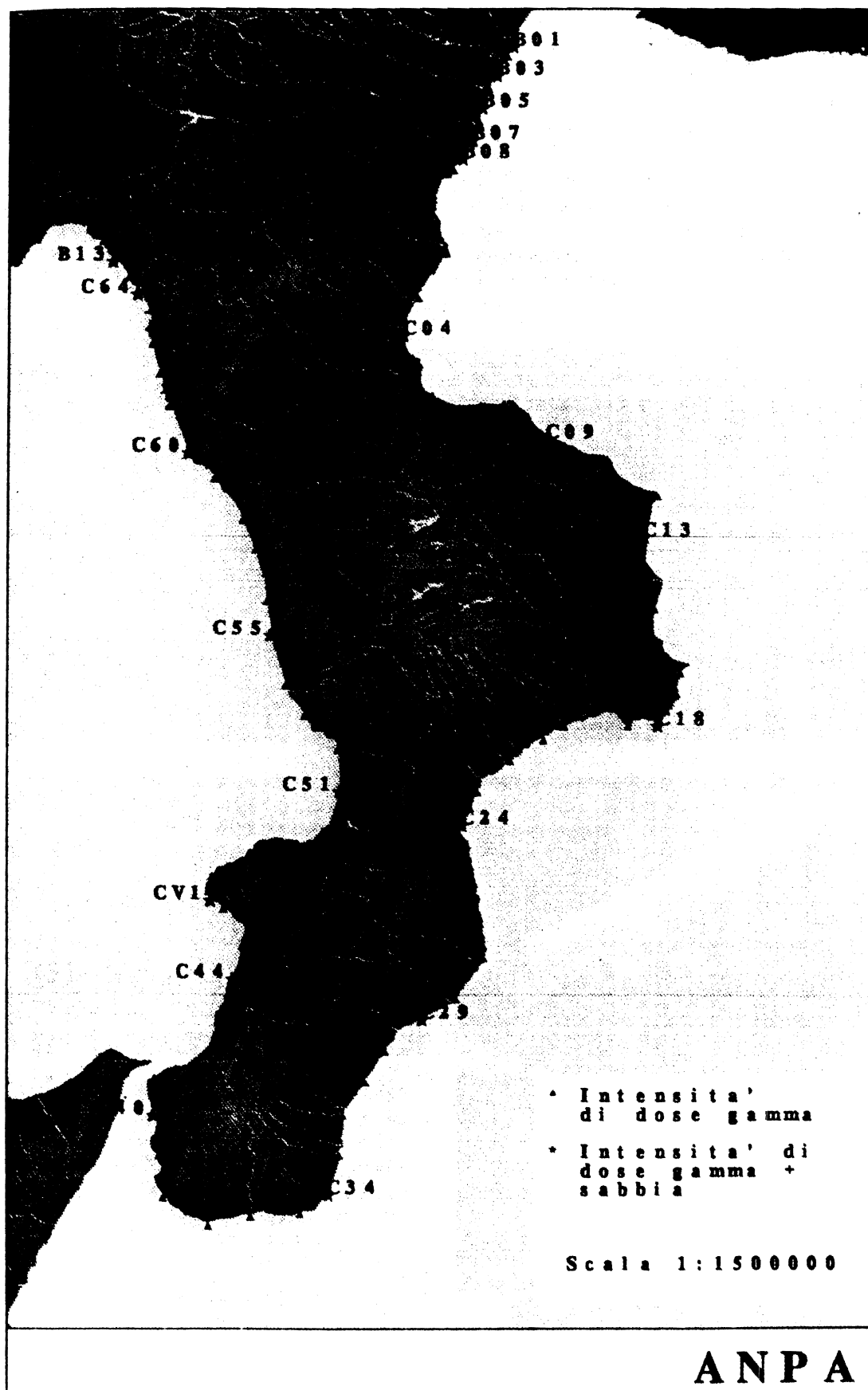


Fig. 1

Punti di misura dell'intensità di dose gamma assorbita in aria e di campionamento della sabbia

4. Prelievi di acqua di mare e sedimenti

I prelievi di acqua di mare nei mari antistanti le regioni Calabria e Basilicata sono stati effettuati utilizzando la motovedetta "CC 803 G. Fava" del Nucleo Natanti Venezia dell'Arma dei Carabinieri. Sono stati effettuati nove campionamenti in stazioni di prelievo individuate a circa un miglio dalla costa. I punti di campionamento delle acque di mare sono riportati nella tabella 2 e nella figura 3.



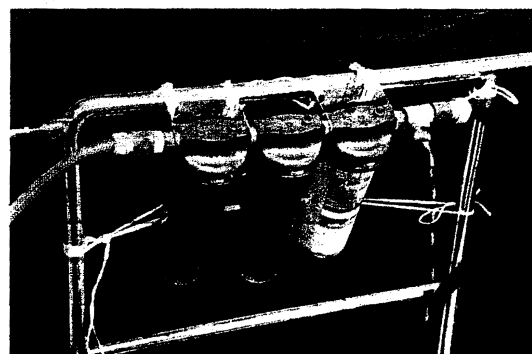
Motovedetta CC 803 G. Fava

Tab. 2
Punti di prelievo dei campioni di acqua di mare

Stazione N	Data	Latitudine N	Longitudine E	Profondità (m)	Litri
1	15/06/97	39 59.13	15 39.71	4	563
2	15/06/97	39 19.19	16 00.40	4	477
3	16/06/97	38 44.53	16 06.56	4	452
4	16/06/97	38 23.98	15 49.19	4	479
5	17/06/97	37 54.23	15 46.29	4	519
6	17/06/97	38 12.77	16 17.43	4	492
7	17/06/97	38 41.48	16 35.27	4	520
8	18/06/97	39 02.35	17 12.45	4	540
9	18/06/97	39 49.48	16 33.86	4	565



Campionamento dell'acqua di mare



Considerando che i livelli di concentrazione presenti nel mar Mediterraneo sono generalmente molto bassi, la misura dei radionuclidi presenti richiede il prelievo di grandi volumi d'acqua. In questo caso, per il rilevamento del ^{137}Cs sono stati predisposti dei campioni, trattando per ciascuno di essi, circa 600 litri di acqua. Il metodo di campionamento utilizzato consiste nel concentrare il cesio disciolto in acqua su filtri impregnati con ferrocianuro di rame.

L'acqua di mare, prelevata in continuo con una pompa sommersa ad una profondità di 4 metri, viene fatta passare ad una velocità di 5 l min^{-1} su 3 filtri a cartuccia, ognuno di porosità di 1 micrometro, posti in serie. Il primo filtro ha lo scopo di separare il materiale in sospensione, mentre le successive 2 cartucce, che sono quelle impregna-

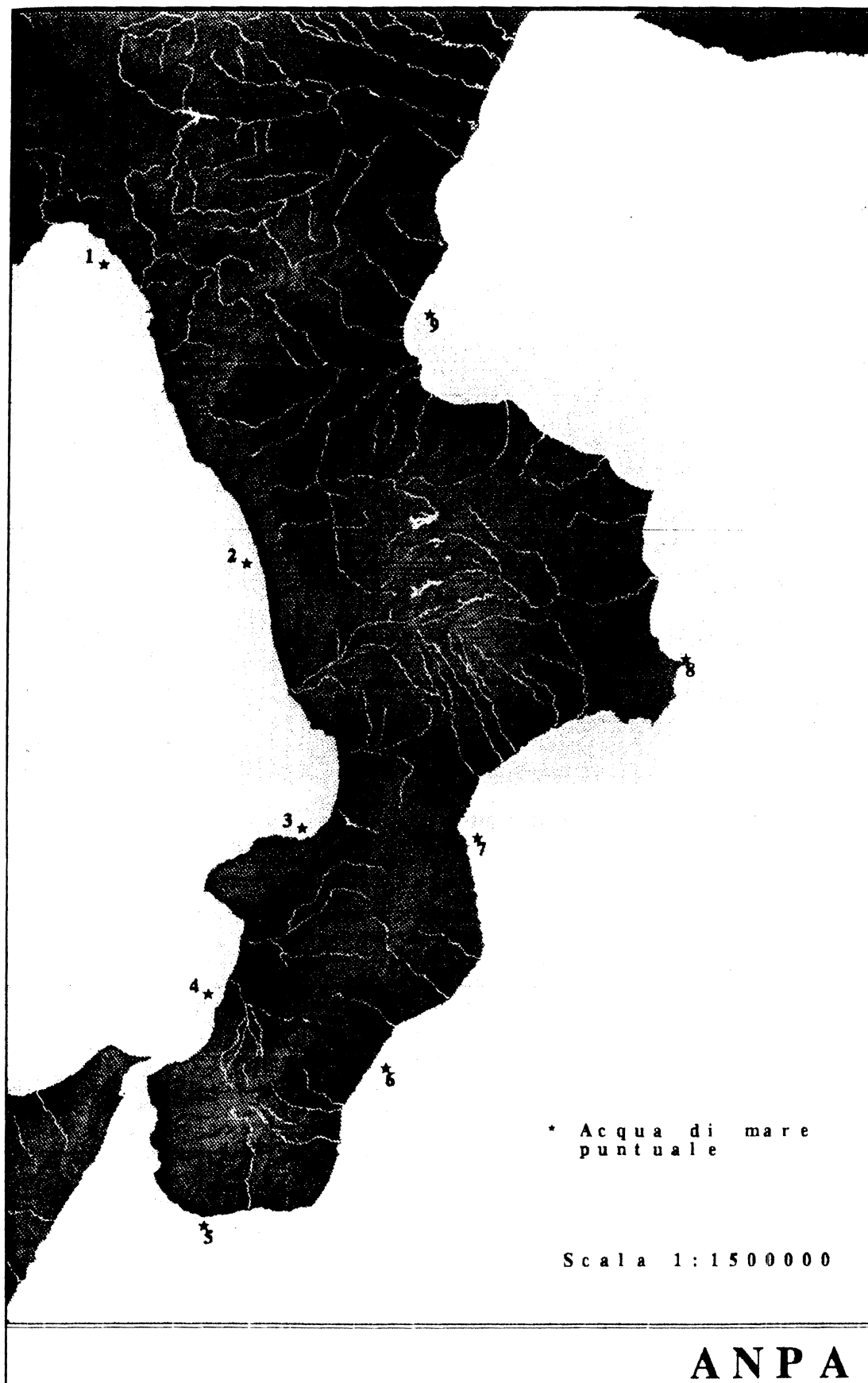


Fig. 3
Punti di prelievo delle acque di mare

te di ferrocianuro di rame, trattengono il cesio. Una volta in laboratorio, i campioni vengono trattati e misurati per spettrometria gamma. Dalla misura separata delle due cartucce impregnate è possibile calcolare l'efficienza di filtrazione del sistema.

Per quanto attiene ai campioni di sedimento, essi sono stati prelevati direttamente da sommozzatori del Nucleo Subacquei dell'Arma dei

Carabinieri di Napoli, in 15 punti di campionamento (tabella 3 e figura 4), a profondità variabile tra 11 e 27 m. In ogni punto sono stati effettuati 4 prelievi, utilizzando carotatori in plastica di lunghezza e diametro d : 10 cm. In laboratorio, dopo essiccazione a 105°C , i campioni sono stati analizzati per spettrometria gamma per la determinazione dei radionuclidi gamma emittenti.

Tab. 3
Punti di prelievo dei campioni di sedimenti marini

Stazione N	Data	Località	Latitudine N	Longitudine E	Profondità (m)
S1	15/06/97	Maratea	39 59.20	15 42.56	23
S2	15/06/97	Cittadella del Capo	39 33.05	15 52.29	16
S3	15/06/97	Marina di Falerna	38 58.44	16 08.01	22
S4	16/06/97	Vibo Valentia	38 43.62	16 08.03	18
S5	16/06/97	Capo Vaticano	38 36.86	15 49.91	24
S7	16/06/97	Meleto di Porto Salvo	37 54.30	15 46.96	27
S8	17/06/97	Siderno	38 15.83	16 17.62	15
S9	17/06/97	Soverato	38 41.63	16 33.24	21
S10	17/06/97	Capo Rizzuto	38 53.61	17 05.95	19
S10B	18/06/97	Crotone	39 01.96	17 12.27	27
S11	19/06/97	Torre Melissa	39 16.00	17 08.95	16
S12	19/06/97	Cariati Marina	39 30.37	16 56.53	15
S13	19/06/97	Trebisacce	39 51.43	16 32.60	16
S14	20/06/97	Trisaia	40 08.75	16 41.12	11
S15	20/06/97	Ginosa Marina	40 25.65	16 53.57	13

5. Risultati delle misure di dose gamma assorbita in aria sulle spiagge

Com'è noto, il livello di radiazione sulla superficie terrestre varia grandemente da un punto all'altro, dipendendo, oltre che dall'eventuale presenza di radionuclidi artificiali, dalla quota a cui si vive - a Città del Messico la radiazione cosmica è doppia di quella che si ha a livello del mare - e dalla natura geologica del suolo: ad esempio, in una parte dell'India, il Kerala, la radiazione emessa dalla crosta terrestre è circa 20 volte superiore a quella della pianura padana. Se guardiamo al nostro paese, misure effettuate nel passato hanno dimostrato che esistono differenze tra le varie regioni anche di un fattore 10 volte [Cardinale et al, 1977].

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportati i risultati delle misure di dose assorbita in aria sulle spiagge rispettivamente delle regioni Basilicata e Calabria. Per ogni punto di misura il valore indicato è il risultato della media di diverse letture effettuate in un intervallo di tempo di 15 minuti. Come appare da un esame dei dati contenuti nelle tabelle 4 e 5, i valori oscillano in un intervallo compreso tra 50 e 170 nGy h⁻¹ ed hanno un

valore medio di 91 ± 48 nGy h⁻¹. Al di là della variabilità delle singole misure, il valore medio è risultato uguale a quello dello scorso anno: 91 ± 41 nGy h⁻¹.

Le differenze tra i valori massimi osservati nelle due indagini (170 nGy h⁻¹ e 270 nGy h⁻¹) è imputabile alla variabilità del substrato nelle stazioni di misura. Per quantificare tale variabilità, a Capo Vaticano e a Montauro sono state effettuate misure su punti diversi della spiaggia; i risultati mostrano un intervallo di dose gamma assorbita in aria compreso tra 100 e 170 nGy h⁻¹ con un valore medio, su 4 punti diversi di misura, pari a 141 ± 29 nGy h⁻¹ a Capo Vaticano ed un intervallo compreso tra 95 e 300 nGy h⁻¹ con un valore medio, su 14 punti diversi di misura, di 170 ± 80 nGy h⁻¹ a Montauro.

Nella figura 5 è riportato un confronto tra i risultati delle misure di intensità di dose gamma assorbita in aria ottenuti quest'anno e nell'indagine 1996: i dati 1997 confermano quanto rilevato lo scorso anno.

Dall'esame dei dati del 1997 si ha la conferma che i valori più elevati, riscontrati in una spiaggia di Capo Vaticano e nel golfo di Squillace si trovano in corrispondenza delle zone dove le concentrazioni di monazite sono comprese tra 100 e 500 g m⁻³ [Brondi et al, 1971].

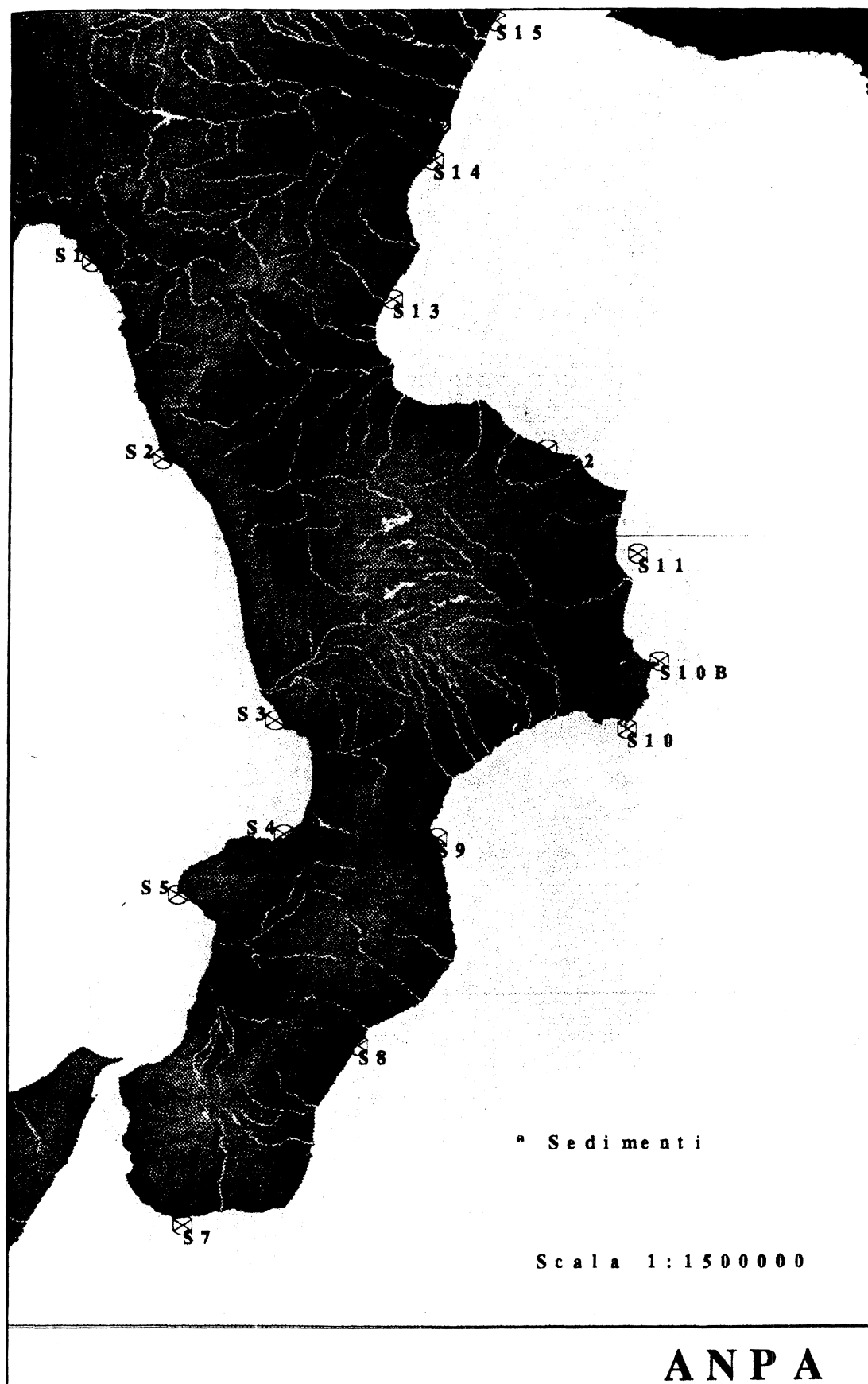


Fig. 4
Punti di prelievo dei sedimenti marini

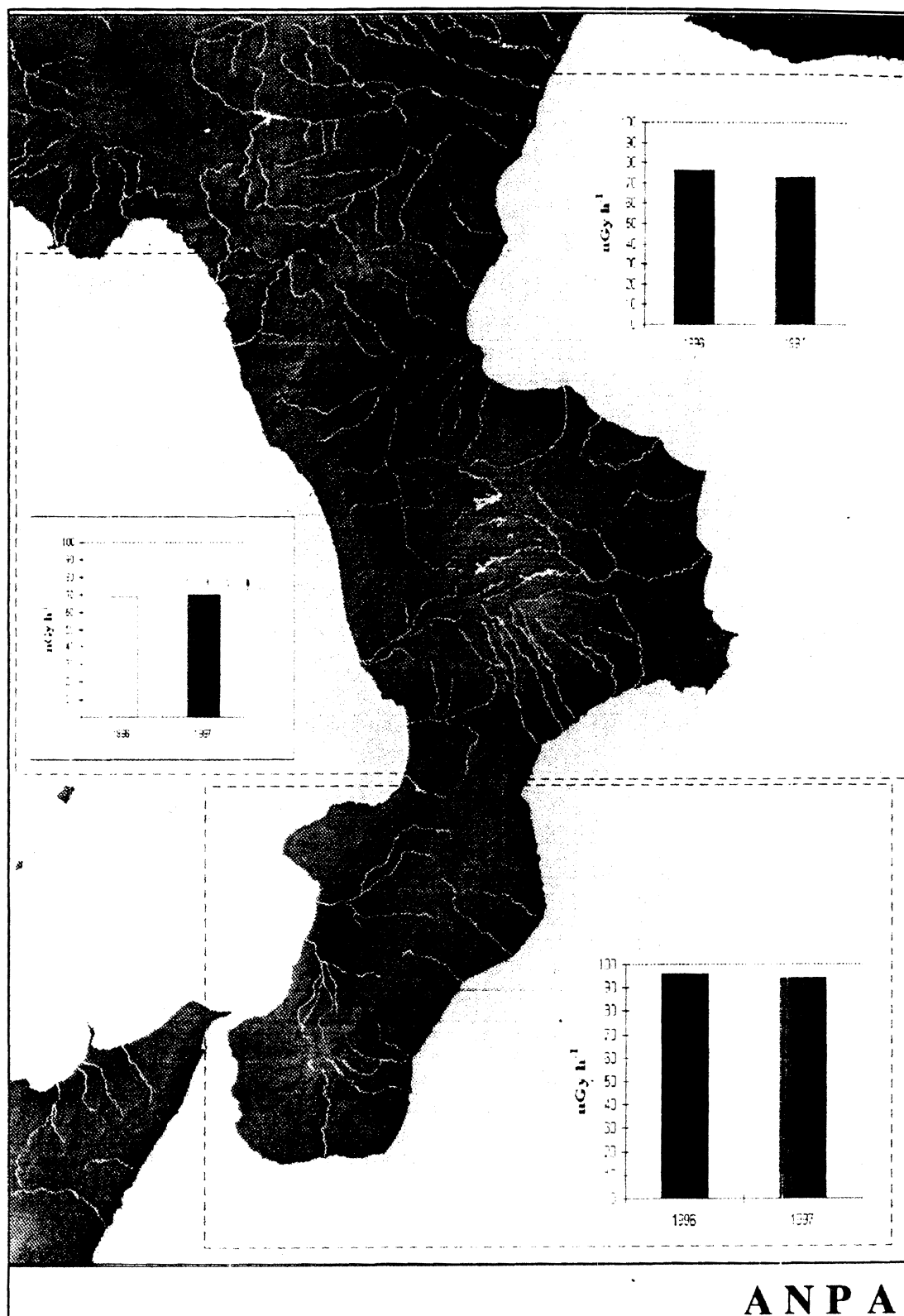


Fig. 5
Confronto delle misure di intensità di dose gamma in aria misurate nel 1996 e nel 1997
nelle coste della regione Calabria

Tab. 4
Valori medi dell'intensità di dose gamma assorbita in aria
misurati lungo le coste della Basilicata

Località	Latitudine N	Longitudine E	Punto prelievo	Substrato	Dose γ (nGy h ⁻¹)
Foce fiume Bradano	40 22.98	16 51.39	B01	sabbia fine	53 $\pm$ 4
Metaponto Lido	40 21.47	16 50.10	B02	sabbia fine	53 $\pm$ 2
S. Teodoro Mare	40 19.16	16 48.12	B03	sabbia fine	54 $\pm$ 5
S. Basilio Marina di Pisticci	40 17.60	16 46.84	B04	sabbia fine	52 $\pm$ 5
Lido di Scanzano	40 15.34	16 45.32	B05	sabbia fine	54 $\pm$ 2
Lido di Bufaloria (Scanzano)	40 13.65	16 44.61	B06	sabbia fine	53 $\pm$ 2
Lido di Policoro	40 11.37	16 43.17	B07	sabbia fine	49 $\pm$ 1
Foce del Sinni	40 09.02	16 41.43	B08	sabbia fine	49 $\pm$ 5
Lido di Rotondella	40 07.97	16 39.97	B09	sabbia/ghiaia	49 $\pm$ 5
Lido di Nova Siri	40 07.29	16 38.94	B10	sabbia/ghiaia	60 $\pm$ 5
Acquafredda	40 02.15	15 40.09	B14	sabbia/ghiaia	64 $\pm$ 4
Fiumicello	39 59.85	15 41.97	B13	sabbia	70 $\pm$ 7
Marina di Maratea	39 57.45	15 44.11	B12	sabbia	80 $\pm$ 1
Maratea Castrocuoco	39 55.56	15 45.30	B11	sabbia	60 $\pm$ 2

Tab. 5
Valori medi dell'intensità di dose gamma assorbita in aria
misurati lungo le coste della Calabria

Località	Latitudine N	Longitudine E	Punto prelievo	Substrato	Dose γ (nGy h ⁻¹)
Montegiordano	40 01.67	16 36.31	C01	sassi	60 $\pm$ 1
Stazione di Roseto	39 57.04	16 37.75	C02	sassi	64 $\pm$ 4
Trebisacce	39 51.97	16 32.08	C03	sassi	72 $\pm$ 3
Villapiana Scalo	39 47.17	16 29.22	C04	sabbia	62 $\pm$ 3
Laghi di Sibari	39 44.11	16 30.40	C05	sabbia gross.	72 $\pm$ 2
Marina di Schiavonea	39 39.03	16 33.15	C06	sabbia	80 $\pm$ 3
Seggio Romano	39 37.23	16 41.08	C07	sabbia	80 $\pm$ 4
Mirto Crosia	39 37.06	16 46.55	C08	sabbia/ghiaia	88 $\pm$ 2
Stazione PietraPaola	39 32.32	16 51.98	C09	sabbia/ghiaia	76 $\pm$ 2
Cariati Marina	39 29.67	16 57.90	C10	sabbia/ghiaia	71 $\pm$ 2
Crucoli Torretta	39 27.54	17 02.21	C11	sabbia/ghiaia	80 $\pm$ 7
Punta Alice	39 23.81	17 09.30	C12	sabbia/ghiaia	84 $\pm$ 2
Torre Melissa Lido	39 18.95	17 06.72	C13	sabbia fine	81 $\pm$ 4
Fasana	39 13.40	17 06.71	C14	sabbia fine	92 $\pm$ 3
Gabella grande	39 09.17	17 07.23	C15	sabbia fine	75 $\pm$ 3
Crotone	39 03.93	17 07.91	C16	sabbia fine	72 $\pm$ 2
Capo Colonna	39 00.87	17 10.91	C17	sabbia fine	52 $\pm$ 2
Capo Rizzuto	38 54.30	17 06.10	C18	sabbia fine	60 $\pm$ 3
Le Castella	38 54.58	17 01.22	C19	sabbia fine	56 $\pm$ 5
Botricello	38 55.10	17 50.97	C20	sabbia fine	80 $\pm$ 4
S.S. 106 km 201	38 53.90	16 47.02	C21	sabbia fine	84 $\pm$ 5
S.S. 106 km 193	38 51.28	16 41.54	C22	sabbia fine	100 $\pm$ 4
Roccelletto di Borgia	38 47.82	16 35.72	C23	sabbia fine	68 $\pm$ 4
Montauro Marina I misura	38 43.96	16 32.97	C24	sabbia fine	170 $\pm$ 80
S.S. 106 km 157 (S. Andrea)	38 37.68	16 33.60	C25	sabbia fine	84 $\pm$ 3
Monasterace lido	38 26.23	16 34.60	C27	sabbia	100 $\pm$ 3

segue

Località	Latitudine N	Longitudine E	Punto prelievo	Substrato	Dose γ (nGy h ⁻¹)
S.Caterina Ionio Marina	38° 31.66	16° 34.40	C26	sabbia	92 ± 7
S.S. 106 km 123	38° 21.33	16° 29.46	C28	sabbia/ghiaia	88 ± 9
Roccella Ionica	38° 19.09	16° 23.82	C29	sabbia/ghiaia	88 ± 3
Siderno Marina	38° 15.33	16° 17.08	C30	sabbia/ghiaia	81 ± 8
Locri Epizep.	38° 11.79	16° 13.72	C31	sabbia/ghiaia	80 ± 4
Bonamico	38° 07.69	16° 09.67	C32	sabbia/ghiaia	80 ± 4
Capo Bruzzano	38° 02.62	16° 08.58	C33	sabbia	72 ± 1
Brancaleone Marina	37° 57.83	16° 06.18	C34	sabbia/ghiaia	73 ± 4
Località Doccia	37° 55.38	16° 01.39	C35	sabbia/ghiaia	99 ± 6
Bova Marina	37° 55.61	15° 53.49	C36	sabbia/ghiaia	80 ± 4
Melito di porto Salvo	37° 54.97	15° 46.60	C37	sabbia/ghiaia	84 ± 7
Lazzaro	37° 58.88	15° 39.28	C38	sabbia/ghiaia	80 ± 5
S.Gregorio	38° 04.07	15° 39.09	C39	sabbia/ghiaia	84 ± 1
Gioia Tauro	38° 26.22	15° 53.37	C44	sabbia	78 ± 3
Palmi Marina	38° 22.91	15° 51.56	C43	sabbia/ghiaia	92 ± 7
Favazzina	38° 15.63	15° 45.37	C42	sabbia/ghiaia	88 ± 2
Cannitello Marina	38° 14.14	15° 39.29	C41	sabbia/ghiaia	84 ± 4
Gallico Marina	38° 09.62	15° 38.96	C40	sabbia/ghiaia	82 ± 4
S.Ferdinando Foce F.Mesina	38° 30.29	15° 55.13	C45	sabbia	96 ± 6
Ioppolo	38° 35.25	15° 52.77	C46	ciottoli	76 ± 2
Scogli di Riace	38° 40.27	15° 52.15	C47	sabbia/ghiaia	105 ± 1
Marina di Zambrone	38° 42.27	15° 57.86	C48	sabbia	100 ± 3
Briatico	38° 43.44	16° 02.93	C49	sabbia	108 ± 2
Pizzo	38° 44.96	16° 11.05	C50	sabbia	80 ± 4
Torre di Mezza Praia	38° 49.32	16° 13.00	C51	sabbia/ghiaia	73 ± 6
Lamezia Terme	38° 54.77	16° 13.19	C52	sabbia/ghiaia	68 ± 1
Campora S.Giovanni	39° 03.57	16° 05.49	C54	sabbia/ghiaia	76 ± 4
Torre del Lupo	38° 59.44	16° 08.14	C53	sabbia/ghiaia	72 ± 4
Marina di Belmonte	39° 10.13	16° 03.79	C55	ghiaia	68 ± 3
Fiumefreddo Marina	39° 14.62	16° 03.45	C56	sabbia/ghiaia	72 ± 5
Paola Marina	39° 21.19	16° 02.05	C57	sabbia/ghiaia	68 ± 4
Fuscaldo Marina	39° 25.05	16° 00.39	C58	sabbia/ghiaia	76 ± 3
Cetraro Marina	39° 30.85	15° 56.10	C59	sabbia/ghiaia	68 ± 3
Bonifati	39° 34.32	15° 52.10	C60	sabbia	68 ± 7
Diamante	39° 40.43	15° 49.51	C61	sabbia/ghiaia	72 ± 4
Staz.Crisolia Marina	39° 44.98	15° 48.19	C62	sabbia	64 ± 4
Staz.Crisolia Marina	39° 48.71	15° 47.22	C63	sabbia	64 ± 3
Foce F.Noce	39° 55.18	15° 45.51	C64	sabbia/ghiaia	66 ± 4
Capo Vaticano	38° 36.79	15° 50.80	CV1	sabbia/ghiaia	141 ± 29

Nella figura 6 è riportata la distribuzione percentuale dei valori misurati nel 1996 e nel 1997 che cadono nei differenti intervalli di intensità di dose gamma assorbita in aria. Dalla figura si può notare che sulla maggioranza delle spiagge calabresi e lucane l'intensità di dose gamma assorbita in aria è compresa tra 50 e 150 nGy h⁻¹. Considerando la variabilità osservata sul territorio nazionale, i valori misurati lungo le coste delle due regioni ricadono tra i valori medio bassi. Infatti in Italia l'intensità di dose gamma assorbita in aria è molto variabile a causa della diversa natura geologica del suolo; nelle città ad

esempio esistono differenze di circa un fattore 5 tra Orvieto (circa 560 nGy h⁻¹) e Bologna (circa 120 nGy h⁻¹) e nella stessa Umbria paesi che si trovano a distanza di una decina di km presentano differenze di un fattore 3 [Campos Venuti et al, 1985]. Si ricorda infine che l'intensità di dose gamma all'interno delle abitazioni è molto variabile da un punto all'altro del nostro paese (70-250 nGy h⁻¹) con un valore medio di circa 140 nGy h⁻¹.

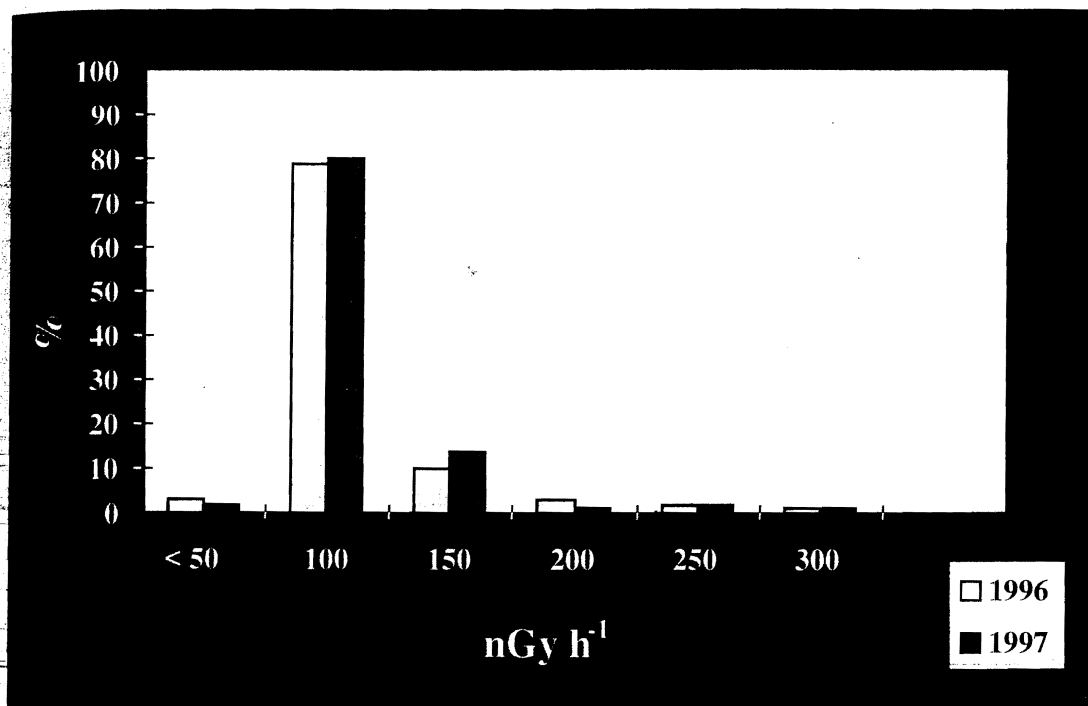


Fig. 6
Distribuzione percentuale delle misure di intensità di dose gamma assorbita in aria

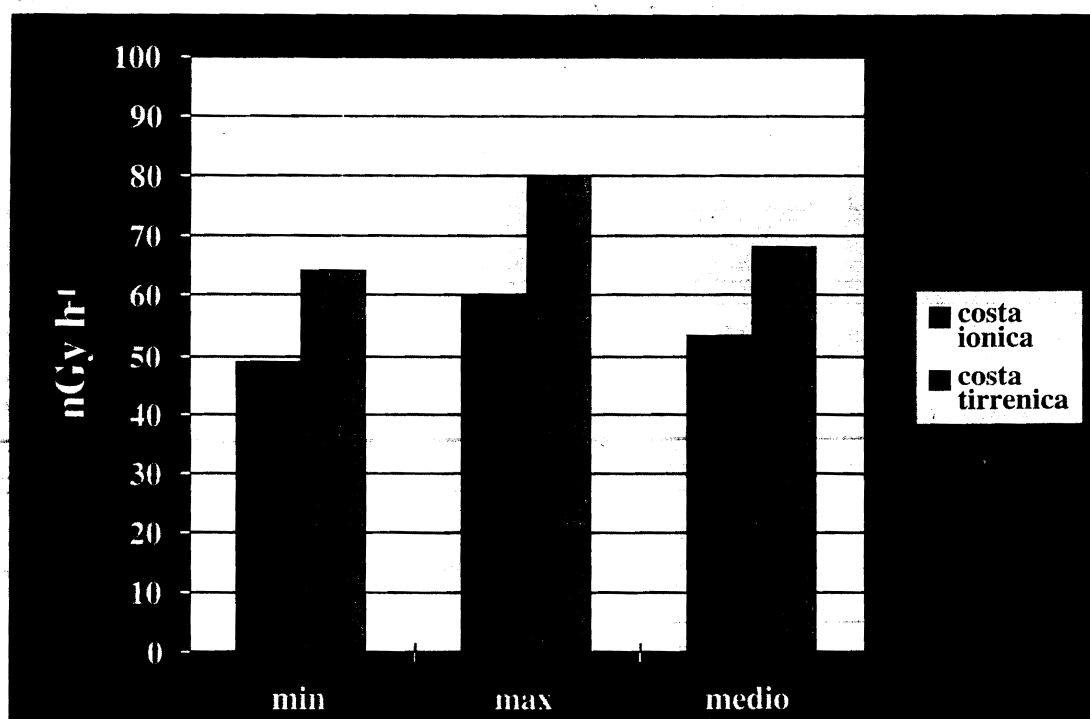


Fig. 7
Valori minimo, massimo e medio dell'intensità di dose gamma misurati lungo la costa ionica e tirrenica della Basilicata

Nella tabella 4 e nella figura 7 sono riportati i risultati delle misure di intensità di dose gamma assorbita in aria rilevate lungo le coste della regione Basilicata. I valori misurati sono compresi tra 49 ed 80 nGy h⁻¹ con un valore medio lungo tutte le coste della regione Basilicata pari a 57±9 nGy h⁻¹. I valori rilevati lungo la

costa ionica sono compresi tra 60 e 49 nGy h⁻¹ con un valore medio di 53±3 nGy h⁻¹, mentre lungo la costa tirrenica si hanno valori compresi tra 60 ed 80 nGy h⁻¹ con un valor medio di 68±9 nGy h⁻¹, dimostrando ancora una volta l'influenza del substrato geologico sull'intensità di dose rilevata sui due litorali.

6. Risultati delle misure di spettrometria gamma sulle sabbie

Nei campioni di sabbia prelevati lungo le spiagge, l'unico radionuclide artificiale rilevato dalle misure di spettrometria gamma è il ^{137}Cs . Questo radioelemento è stato depositato al suolo a seguito delle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni '60, e, soprattutto, dell'incidente di Chernobyl (1986). A causa della sua vita media di 30,2 anni e della sua bassa mobilità nell'ambiente, il cesio è ancora misurabile, in particolare nei terreni e nei sedimenti ed in alcune matrici alimentari generalmente provenienti da ambienti naturali, quali boschi e pascoli di montagna. I valori misurati lungo le coste calabre e lucane sono compresi tra 0.036 e 1 Bq kg^{-1} con un valor medio di $0.3 \pm 0.3 \text{ Bq kg}^{-1}$.

Il contenuto di ^{40}K , radionuclide di origine naturale è compreso tra 23 e 880 Bq kg^{-1} , con un valore medio di $440 \pm 240 \text{ Bq kg}^{-1}$.

L'analisi dei risultati mette in evidenza che il cesio si trova generalmente in quantità maggiori negli strati più profondi, mentre il ^{40}K , il cui contenuto nelle sabbie dipende dalla loro composizione mineralogica, è distribuito più omogeneamente nei diversi strati del suolo. A titolo di esempio nella figura 8 è riportata la distribuzio-

ne, lungo il profilo verticale della sabbia, del cesio misurato nella zona di Villapiana Scalo, lungo la costa ionica calabrese.

Nella tabella 6 sono riportate le quantità di ^{137}Cs e ^{40}K espresse per unità di superficie e misurate su tutto il profilo di sabbia prelevato (0-20 cm). I risultati mostrano che il ^{137}Cs varia tra <0.03 e 0.8 kBq m^{-2} . Questo valore è in accordo con quanto trovato nell'indagine del 1996. Nella figura 9 è riportata la mappa delle deposizioni misurate in Italia a seguito dell'incidente di Chernobyl [De Cort, 1996]. Se confrontiamo i valori di cesio espresso in unità di superficie misurati in entrambe le indagini ANPA con le deposizioni misurate in Calabria ed in Basilicata a seguito dell'evento di Chernobyl, si osserva che tali valori sono in accordo.

I valori di potassio espressi per unità di superficie variano tra 125 e 1290 kBq m^{-2} e generalmente si trova che i valori più elevati di potassio sono associati alle spiagge con i valori di intensità di dose gamma assorbita in aria più elevati.

Dai risultati di spettrometria gamma si può concludere che sulle spiagge calabresi la dose gamma assorbita in aria è imputabile ai radionuclidi naturali contenuti nelle sabbie. La deposizione del ^{137}Cs è infatti irrilevante poiché il suo contributo al valore medio della dose gamma misurata è inferiore ad $1/100$.

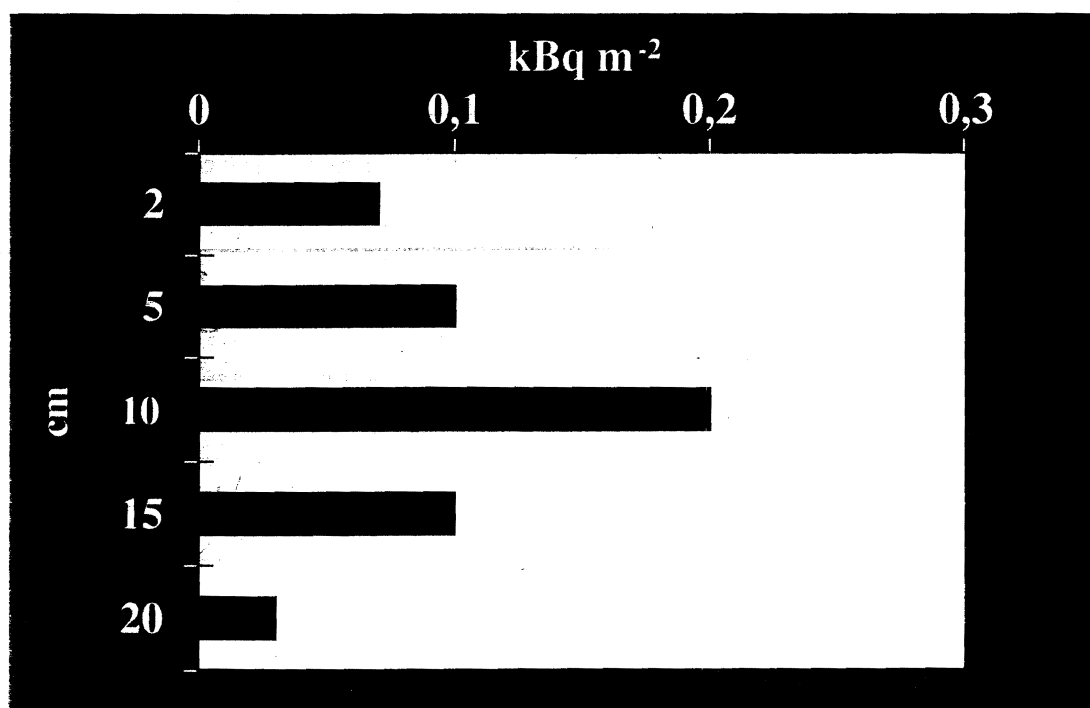


Fig. 8
Profilo verticale del ^{137}Cs in un campione di sabbia (Villapiana Scalo, C04)

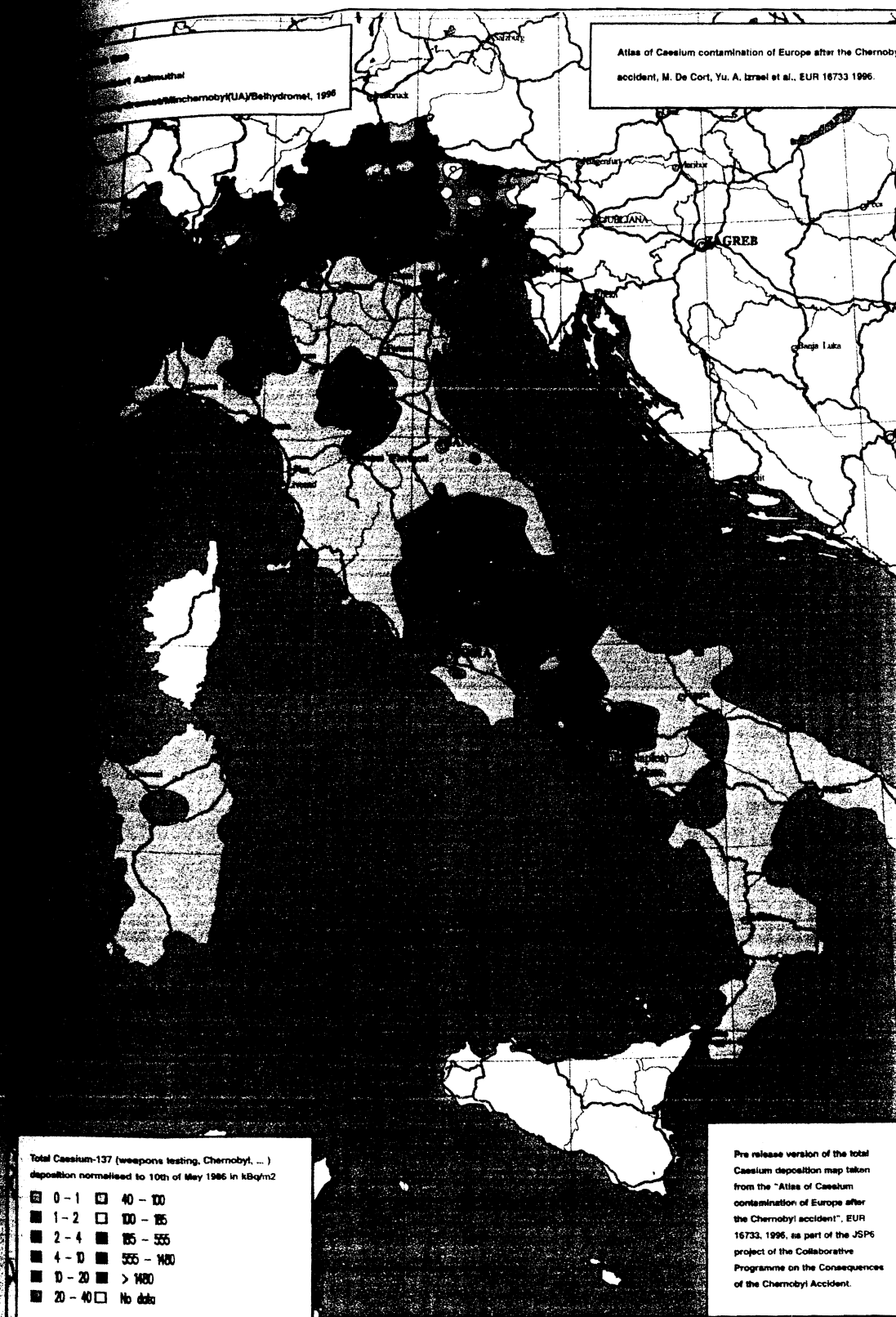


Fig. 9

Mappa delle deposizioni di ^{137}Cs sul territorio italiano a seguito dell'incidente di Chernobyl [De Cort, 1996]

Tab. 6
¹³⁷Cs e ⁴⁰K nei campioni di sabbia (kBq m⁻²)

Località	Punto di Prelievo	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Foce Fiume Bradano	B01	0.1	545
S. Teodoro Mare	B03	0.2	498
Lido di Scanzano	B05	0.4	444
Lido di Policoro	B07	0.2	267
Foce Fiume Sinni	B08	0.1	253
Fiumicello	B13	0.8	543
Villapiana Scalo	C04	0.6	465
St. PietraPaola Marina	C09	0.2	952
Torre Melissa Lido	C13	0.2	1198
Capo Rizzuto	C18	<0.03	586
Montauro Marina	C24	0.1	1235
Roccella Ionica	C29	<0.03	1290
Brancaleone Marina	C34	0.03	904
Gallico Marina	C40	0.5	1004
Gioia Tauro	C44	0.6	1090
Capo Vaticano	CV1	<0.03	958
Torre di Mezza Praia	C51	0.3	873
Fiumefreddo Marina	C55	0.2	500
Capo Bonifati	C60	0.1	479
Foce Fiume Noce	C64	0.2	125

7. Risultati delle misure di spettrometria gamma nell'acqua di mare

I risultati delle analisi di ¹³⁷Cs presente nell'acqua di mare sono riportati nella tabella 7. La concentrazione di cesio lungo le coste calabre e lucane ha un valore medio di 2.5 ± 0.4 Bq m⁻³ ed ha una distribuzione sostanzialmente omogenea in tutta l'area studiata. Tale valori confermano i dati misurati nell'indagine dello scorso anno, in cui il valore medio era 2.8 ± 0.4 Bq m⁻³.

Tab. 7
¹³⁷Cs nell'acqua di mare

Stazione N°	¹³⁷ Cs (Bq m ⁻³)
1	2.9 ± 0.1
2	2.1 ± 0.2
3	2.4 ± 0.2
4	2.2 ± 0.1
5	2.2 ± 0.2
6	2.3 ± 0.1
7	2.5 ± 0.1
8	2.9 ± 0.1
9	3.4 ± 0.1

8. Risultati delle misure di spettrometria gamma sui sedimenti marini

I risultati delle misure sui sedimenti marini sono riportati in tabella 8. Bisogna rilevare che rispetto all'indagine effettuata lo scorso anno, in cui i prelievi di sedimenti erano stati effettuati a profondità comprese tra 50 e 200 metri, i sedimenti nel 1997 sono stati prelevati a batimetrie più basse (come già detto, tra 11 e 27 metri), in quanto tali minori profondità, unitamente alle misure relative alle spiagge, sono più rappresentative ai fini della valutazione di eventuali espo-

sizioni durante la balneazione.

Nei campioni di sedimenti è stata evidenziata la sola presenza di ¹³⁷Cs come radionuclide artificiale. I valori trovati, compresi tra la minima attività rilevabile del sistema di misura utilizzato e 1.3 Bq kg⁻¹, risultano essere inferiori rispetto ai valori dell'indagine del 1996, che erano compresi tra 2 e 10 Bq kg⁻¹, con un valore medio di 5.8 ± 3.2 Bq kg⁻¹, e ciò si spiega con il fatto che i fondali più profondi sono generalmente aree di preferenziale accumulo di sedimenti fini che hanno una elevata capacità di cattura dei radionuclidi.

Tab. 8
Concentrazioni di ^{137}Cs e ^{40}K nei sedimenti marini

Staz. N	Data	Località	^{137}Cs (Bq kg ⁻¹ peso secco)	^{40}K (Bq kg ⁻¹ peso secco)
S1	15/06/97	Maratea	< 0.2	91 ± 2
S2	15/06/97	Cittadella del Capo	< 0.4	594 ± 5
S3	15/06/97	Marina di Falerna	0.6 ± 0.1	816 ± 7
S4	16/06/97	Vibo Valentia	1.3 ± 0.1	598 ± 9
S5	16/06/97	Capo Vaticano	< 4	789 ± 7
S7	16/06/97	Meleto di Porto Salvo	0.6 ± 0.2	729 ± 12
S8	17/06/97	Siderno	< 0.4	719 ± 11
S9	17/06/97	Soverato	1 ± 0.1	873 ± 7
S10	17/06/97	Capo Rizzuto	< 0.3	84 ± 2
S10B	18/06/97	Crotone	0.2 ± 0.1	462 ± 7
S11	19/06/97	Torre Melissa	< 1	740 ± 7
S12	19/06/97	Cariati Marina	< 0.3	572 ± 8
S13	19/06/97	Trebisacce	0.6 ± 0.1	366 ± 7
S14	20/06/97	Trisaia	< 0.3	276 ± 4
S15	20/06/97	Ginosa Marina	< 0.4	422 ± 5

9. Indagine sul pescato della regione Calabria

L'indagine sul pescato della regione Calabria è stata effettuata consultando le fonti bibliografiche ufficiali al fine di:

- determinare la produttività regionale di specie eduli e quindi interessanti sotto il profilo dell'alimentazione umana, pescate nei principali porti dei versanti ionico e tirrenico della regione Calabria. Tale selezione di specie permetterebbe una valutazione dell'eventuale rischio sanitario conseguente all'ingestione di prodotti contaminati da radionuclidi di origine artificiale;
- selezionare, nel pescato dei mari antistanti la regione Calabria, di specie bentoniche o bentonectoniche rappresentative di eventuali fenomeni di contaminazioni da radionuclidi nelle aree di pesca.

Un'analisi dei dati ufficiali disponibili ha permesso di individuare la produttività regionale per gruppi di specie, per litorali e per sistemi di pesca e l'andamento della pesca nella regione Calabria. Il campionamento delle specie ittiche demersali allo sbarco è stato oggetto della collaborazione con l'ICRAM.

9.1 Produttività per gruppi di specie, per litorali e per sistemi di pesca

I dati dell'ultimo censimento generale dell'industria e dei servizi (1991), relativi alle allora tre

province della Calabria, indicano che il settore della pesca (compresa la piscicoltura e i servizi connessi) conta 155 imprese, per un totale di 523 addetti [ISTAT, 1991, 1991a, 1991b].

I dati ISTAT sulla produzione ittica complessiva (marina e lagunare) relativi al 1993 [ISTAT, 1996] evidenziano che tra le 15 regioni costiere italiane, la Calabria figura al 13° posto come quantitativo di pescato con 60.114 q. La regione più produttiva è la Sicilia con 952.455 q.



Lophius piscatorius
(Rana pescatrice)

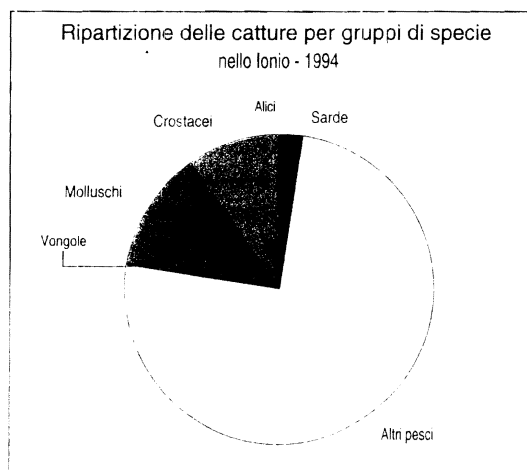
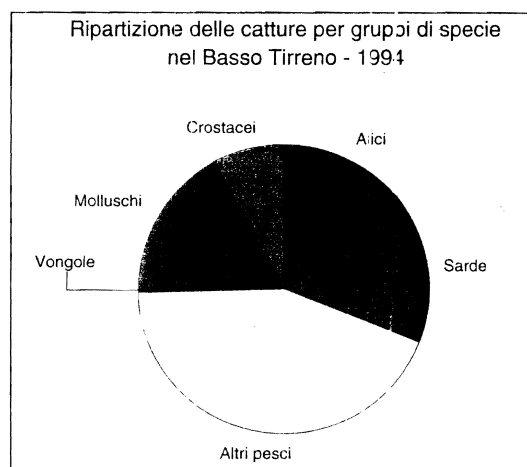


Mytilus galloprovincialis
(Mitili)

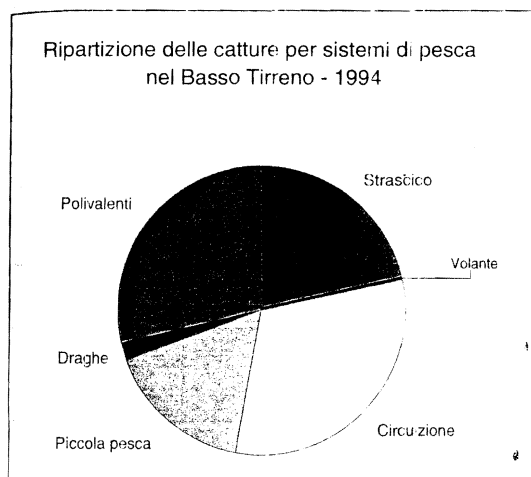
Tab. 9
Produzione complessiva della pesca marittima e lagunare per gruppi di specie, compartimenti marittimi e litorali nella Regione Calabria- Anno 1993 (in quintali)
 Fonte: ISTAT - Statistiche sulla caccia e sulla pesca, Anno 1993

	Pesci				Molluschi		Crostacei	Tot. Gen.
	Alici, sarde, sgombri	Tonni	Altri	Totale	Calamari, polpi, seppie	Totale		
Regione Calabria	10.592	1.073	33.133	44.798	5.038	10.302	5.014	60.114
<i>Compartimenti marittimi</i>								
Vibo Valentia	917	31	3.618	4.566	530	1.179	174	5.096
Reggio Calabria	4.949	477	14.315	19.741	2.396	4.892	1.640	26.273
Crotone	4.803	582	16.044	21.429	2.398	4.825	3.295	29.549
<i>Litorali</i>								
Basso Tirreno	24.150	1.546	78.345	104.041	19.308	74.874	8.904	187.817
Ionico	10.932	725	48.880	60.537	10.926	24.336	10.365	95.238

La tabella 9 riporta i valori della produttività complessiva della Regione, dei compartimenti marittimi e dei litorali, riferiti ai maggiori gruppi di specie. Il pesce azzurro è il gruppo che contribuisce di più alla quota complessiva, seguito dai molluschi. Il compartimento marittimo maggiormente produttivo è quello di Crotone, mentre il litorale più pescoso risulta essere il Basso Tirreno. Si deve far rilevare che i dati riportati dell'ISTAT per i litorali Basso Tirreno e Ionico comprendono anche punti di sbarco non calabresi. Di fatto la suddivisione delle coste italiane in litorali è puramente convenzionale e non corrisponde ai confini regionali. E' da rilevare inoltre che il numero di imbarcazioni a strascico lungo le coste tirreniche della regione è circa un quinto di quelle delle coste ioniche [Vacchi, et al., 1994]. Da questo si evince che lo sforzo e le rese di pesca, per il tipo di attrezzi utilizzati, nei compartimenti sul litorale tirrenico, sono inferiori a quelle relative al compartimento di Crotone. I forti quantitativi di pesci riportati in tabella 9 per il compartimento di Reggio Calabria si possono facilmente spiegare in quanto questi dati comprendono anche la produzione della pesca "oceanica" [ISTAT, 1996]. Nel Basso Tirreno è preponderante la produzione di pesce azzurro e di molluschi. Nello Ionio prevale invece la produzione di 'altri pesci' e dei molluschi. Con il termine 'altri pesci' si intende un gruppo eterogeneo di specie (pesce bianco) di diverso pregio commerciale. La ripartizione delle catture per gruppi di specie, registrata nel basso Tirreno e nello Ionio dall'Osservatorio Pesca IREPA nel 1994, è riportata nelle figure seguenti.



La distribuzione delle catture relative ai sistemi di pesca utilizzati nei due litorali Basso Tirreno e Ionio durante il 1994 viene riportata nelle successive figure (dati Osservatorio Pesca IREPA). I dati mettono in evidenza che nel Basso Tirreno le tecniche maggiormente utilizzate sono le reti a circuizione e a strascico, insieme ai sistemi polivalenti. Nel litorale ionico invece, le reti a strascico e i sistemi polivalenti sono i sistemi maggiormente in uso.



9.2. Le specie e gli andamenti della pesca in Calabria

La quota maggiore nella produzione ittica calabrese [ISTAT, 1996] è rappresentata dai pesci (74,5% del totale), in particolare dal cosiddetto 'pesce azzurro' (alici, sardine e sgombri), che riveste notevole importanza dal punto di vista economico. Le specie di pesce che contribuiscono significativamente alla produzione regionale sono le sardine (*Clupea pilchardus*), i merluzzi (*Merluccius merluccius*) e le triglie (*Mullus barbatus*), seguiti dalle boghe (*Boops*), i sugherelli (*Trachurus trachurus*), le

alici (*Engraulis encrasicolus*) e gli sgombri (*Scomber scomber*). Il gruppo 'altri pesci' contribuisce per il 18,3% alla produzione totale.

Per quanto riguarda i molluschi, rappresentano il 17,1% del totale della produzione regionale, mentre i crostacei solo l'8,3%.

Il totale complessivo della produzione ionica è circa alla metà di quella del Basso Tirreno. Tra i pesci, le specie che contribuiscono maggiormente alla produzione del Basso Tirreno sono le alici, i merluzzi, le triglie e le sardine, mentre per lo Ionio prevalgono i merluzzi, le boghe, le sardine e gli sgombri. Le vongole, i polpi e i mitili costituiscono il 57,2% della produzione di molluschi nel Basso Tirreno. Nello Ionio la produzione di molluschi risulta decisamente inferiore rispetto a quella dell'altro litorale e le specie più importanti sono i mitili, i polpi e le seppie. Per quanto riguarda i crostacei la produzione dello Ionio è lievemente superiore a quella del Basso Tirreno. La specie che contribuisce di più alla produzione di entrambi i litorali è il gambero bianco.

9.3. Selezione e campionamento allo sbarco di prodotti della pesca dei mari antistanti le coste calabre

Sulla base dell'indagine sul pescato precedentemente descritta, sono state individuate le specie maggiormente presenti nei mari antistanti la regione Calabria. Tra queste sono state selezionate specie bentoniche e bentonectoniche rappresentative di eventuali fenomeni di contaminazione da radionuclidi artificiali nelle aree di pesca. Inoltre, sulla base delle precedenti indagini dell'ICRAM [Vacchi et al., 1994] effettuate nella regione Calabria, sono stati individuati i principali porti in cui vengono utilizzate reti a strascico per la pesca e che quindi potevano essere scelti per il campionamento di specie di fondo. Nella Calabria tirrenica è presente una modestissima attività di pesca a strascico, presumibilmente intorno a 15-20 unità, concentrate nei porti di Amantea, Cetraro, Vibo Valentia e Gioia Tauro. Nella Calabria ionica sono presenti moto pescherecci che effettuano la pesca a strascico a Reggio Calabria, Catanzaro Lido, Crotone, Schiavonea e Trebisacce. Tra questi i principali sono Schiavonea e Crotone con un numero complessivo di circa 70-80 unità [Vacchi et al., 1994]. I porti di Vibo Valentia e Cetraro sulla costa tirrenica e quelli di Crotone e Schiavonea per la costa ionica sono stati quindi scelti per quest'indagine. Nel versante tirrenico ed in quello ionico a sud di Schiavonea l'attività a strascico è concentrata su

specie di notevole profondità, oltre 100-200 m fino a 500 m, quali nasello, gamberi bianchi, gamberi rossi, scampi, moscardini. Tra le specie pescate nelle diverse aree sono state individuate quelle meno mobili, che quindi sono maggior-

mente "rappresentative" dell'area di pesca di provenienza. In tabella 10 sono riportati i dati relativi ai campioni raccolti durante le attività di campionamento allo sbarco.

Tab. 10
Campioni di prodotti ittici

Località di campionamento (numero del campione)	Specie	Zona di pesca	Profondità (m)
Cetraro (C502)	<i>Mullus barbatus</i> (triglia di fango)	12 miglia da Cetraro	80
Cetraro (C509)	<i>Parapenaeus longirostris</i> (gambero bianco)	Cetraro-Diamante	290
Cetraro (C503)	<i>Eledone cirrhosa</i> (moscardino bianco)	12 miglia da Cetraro e 5 mgl da S. Lucido	250
Cetraro (C510)	<i>Helicolenus dact.</i> (scorfano di fondo) <i>Trigla lyra</i> (cappone di fondo) <i>Lepidorombus boschii</i> (rombo di fondale)	10 miglia da Cetraro	300
Vibo Marina (C512)	<i>Helicolenus dact.</i> (scorfano di fondo)	12 miglia da Amantea	300
Vibo Marina (C501)	<i>Parapenaeus longirostris</i> (gambero bianco)	10 miglia da Amantea	340
Vibo Marina (C508)	<i>Eledone cirrhosa</i> (moscardino bianco)	12 miglia a largo di Vibo	-
Vibo Marina (C504)	<i>Mullus barbatus</i> (triglia di fango)	2 miglia da Vibo Marina	90
Crotone (C511)	<i>Eledone cirrhosa</i> (moscardino bianco)	9 miglia da Capo Rizzuto	200
Crotone (C507)	<i>Helicolenus dact.</i> (scorfano di fondo)	12 miglia da Capo Rizzuto	300-340
Crotone (C506)	<i>Parapenaeus longirostris</i> (gambero bianco)	12 miglia da Capo Rizzuto	290
Schiavonea (C513)	<i>Mullus barbatus</i> (triglia di fango) <i>Lophius pis.</i> (rana pescatrice) <i>Helicolenus dact.</i> (scorfano di fondo) <i>Murex sp.</i> (murice)	8 miglia da Schiavonea	200
Schiavonea (C505)	<i>Eledone cirrhosa</i> (moscardino bianco) <i>Lophius pis.</i> (rana pescatrice) <i>Helicolenus dact.</i> (scorfano di fondo)	10 miglia a nord di Schiavonea	200
Schiavonea (C514)	<i>Phycis bl.</i> (mostella bianca) <i>Lepidorombus boschii</i> (rombo di fondale) <i>Murex sp.</i> (murice)	8 miglia da Schiavonea	200
Schiavonea (C515)	<i>Parapenaeus longirostris</i> (gambero bianco)	8 miglia da Schiavonea	200-210

10. Risultati delle misure di spettrometria gamma sui prodotti ittici

Nella tabella 11 sono riportate le concentrazioni di cesio e potassio misurate sulla parte edule dei campioni di pesce. In solo due campioni si trovano tracce di cesio misurabili con livelli vicini ai limiti di rivelabilità della strumentazio-

ne utilizzata. In tutti gli altri i campioni i valori di ^{137}Cs sono inferiori ai limiti di rivelabilità. Questi dati confermano i risultati ottenuti lo scorso anno nei campioni di specie ittiche prelevati presso i pescatori dei porti di Reggio Calabria e Crotone. Ovviamente, in tutti i campioni analizzati è misurabile il ^{40}K , radionuclide di origine naturale, sempre presente in tutti gli organismi viventi in quantità che dipende dalla specie.

Tab. 11
Concentrazioni di ^{137}Cs e ^{40}K nei prodotti ittici

Località	Numero campione	Specie	^{137}Cs (Bq kg ⁻¹ peso fresco)	^{40}K (Bq kg ⁻¹ peso fresco)
Cetraro	C502	triglia di fango	< 0.5	139 ± 3
	C503	moscardino bianco	< 0.2	87 ± 2
	C509	gambero bianco	0.10 ± 0.05	108 ± 2
	C510	misto	< 0.3	125 ± 3
Vibo Marina	C512	misto	0.2 ± 0.1	126 ± 3
	C501	gambero bianco	< 0.1	108 ± 2
	C508	moscardino bianco	< 0.2	84 ± 2
	C504	triglia di fango	< 0.2	119 ± 2
Crotone	C511	moscardino bianco	< 0.2	95 ± 2
	C507	scorfano di fondo	< 0.4	121 ± 3
	C506	gambero bianco	< 0.1	109 ± 2
Schiavonea	C513	misto	< 0.2	114 ± 2
	C514	misto	< 0.2	116 ± 2
	C505	moscardino bianco	< 0.1	94 ± 2
	C515	gambero bianco	< 0.2	102 ± 2

11. Conclusioni

Le analisi condotte sulle spiagge, sulle acque costiere e sui sedimenti, nonché su campioni di pescato consentono di affermare, come nel 1996, che radionuclidi di origine antropica non sono presenti in quantità rilevabile nella catena trofica dell'ambiente costiero calabrese e lucano, eccezion fatta per il ^{137}Cs , che è radionuclide artificiale ubiquitario nell'ambiente a causa delle ricadute delle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni '60 e del più recente incidente di Chernobyl.

Si ricorda ancora una volta, come già rilevato nell'indagine dello scorso anno, che per i campioni nei quali la quantità di cesio è misurabile i valori ottenuti sono confrontabili con quelli misurati in altre regioni italiane e non hanno rilevanza sanitaria.



Riferimenti Bibliografici

1. ANPA, Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia. Reti Nazionali. Pubblicazione annuale.
2. ANPA, 1996. La radioattività ambientale sulle coste della regione Calabria - maggio-giugno 1996 - ISBN 88-448-0298-9.
3. Annuario del Pesce e della Pesca, 1996/97, N.7. Ed. Pubblicità Italia MD.
4. Brondi et al., 1971. Valutazioni delle concentrazioni di minerali pesanti nelle spiagge calabresi. *Industria Mineraria*, 23, 233-247.
5. Campos Venuti, G. et al., 1985. Feasibility study of radiation protection guidelines in the use of building materials in the italian dwellings. *Sc. Tot. Environ.* 45, 613-618.
6. Cardinale et. al., 1977. Distribution in the Italian population of the adsorbed dose due to natural background radiation in "the Natural Environment" - J.S. Adams, W.L. Lowder and J.P. Gessel, Eds. USAEC Rep. 720805.
7. De Cort, M., 1996. Atlas of Caesium contamination of Europe after the Chernobyl accident. EUR 16733.
8. ISTAT, 1991. Imprese, Istituzioni e Unità locali. Fascicolo provinciale Reggio Calabria. 7° Censimento generale dell'industria e dei Servizi - 21 ottobre 1991.
9. ISTAT, 1991a. Imprese, Istituzioni e Unità locali. Fascicolo provinciale Catanzaro. 7° Censimento generale dell'industria e dei Servizi - 21 ottobre 1991.
10. ISTAT, 1991b. Imprese, Istituzioni e Unità locali. Fascicolo provinciale Cosenza. 7° Censimento generale dell'industria e dei Servizi - 21 ottobre 1991.
11. ISTAT, 1996. Statistiche sulla caccia e sulla pesca - Anno 1993.
12. Vacchi, M., Romanelli, M., Tunrsei, L., 1994. Survey on the red shrimp *Aristeus antennatus* (Risso) fishery in the Calabrian sector of the Ionian Sea (Central Mediterranean),. *Oebalia* Vol. XX, 61-69.

ANPA

AGENZIA NAZIONALE PER LA **P**ROTEZIONE DELL'**A**MBIENTE

**La Radioattività Ambientale
sulle Coste della Regione Calabria**
maggio-giugno 1996

Indagine realizzata dall'ANPA in collaborazione con:

*Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della Radioattività Ambientale
Reggio Calabria*

*Servizio di Fisica Sanitaria dell'Azienda Sanitaria "Pugliese-Ciaccio"
Catanzaro*

*ENEA - Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa
La Spezia*

ISBN 88-448-0298-8

1. Introduzione

In questi ultimi anni sono state diffuse notizie su una possibile contaminazione derivante da affondamento in fondali profondi, in particolare del mar Ionio, di navi con a bordo materiali radioattivi e da depositi clandestini di rifiuti radioattivi posti nelle vicinanze delle coste.

Già lo scorso anno erano stata condotta un'indagine che, pur non potendo costituire ovviamente una verifica di quelle notizie, aveva consentito di escludere che da quegli eventuali affondamenti vi fossero già conseguenze verificabili sulla costa.

Il protrarsi di quelle voci allarmanti e la giusta preoccupazione suscitata presso le Autorità e le popolazioni locali hanno reso opportuno un intervento più ampio, atto a fornire un'informazione oggettiva e circostanziata.

Per questo motivo l'ANPA, con la collaborazione del Centro di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività ambientale di Reggio Calabria, con il Servizio di Fisica Sanitaria dell'Azienda Sanitaria "Pugliese-Ciaccio" di Catanzaro e con il Centro di Ricerche Energia dell'ENEA di S. Teresa, ha promosso ed attuato una campagna di monitoraggio della radioattività ambientale lungo le coste dell'intera regione. In particolare il Centro di Riferimento Regionale e l'Azienda Sanitaria "Pugliese-Ciaccio" hanno collaborato per la parte di indagine relativa alle spiagge, mentre la collaborazione del Centro ENEA ha riguardato l'ambiente marino.

2. Controllo della radioattività ambientale sul territorio italiano

Il controllo della radioattività ambientale si attua su due livelli: regionale e nazionale. Le Regioni hanno il compito del controllo sul proprio territorio sulla base di direttive del

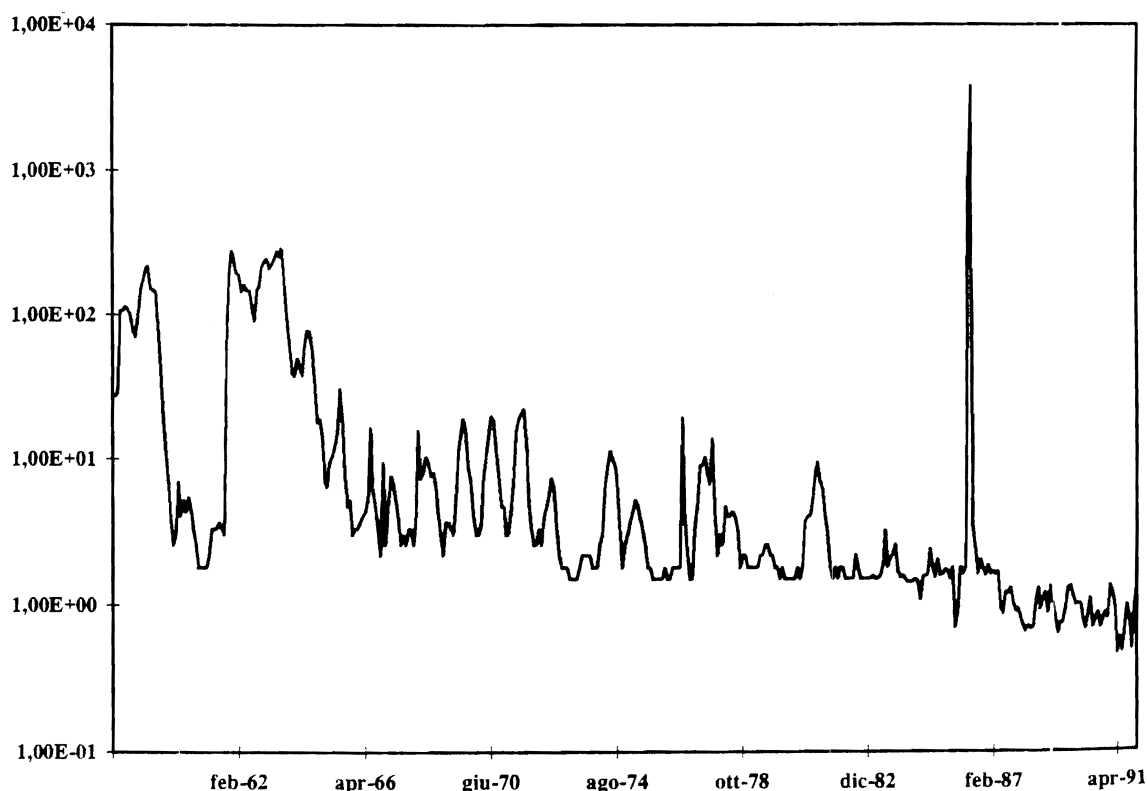


Fig. 1
Attività β totale mensile in aria (mBq/m³)

Ministero della Sanità e dell'Ambiente, mentre a livello nazionale all'ANPA è affidato il coordinamento tecnico delle reti nazionali di rilevamento e la promozione delle attività di sorveglianza ambientale.

Fin dagli anni '50 esistono nel nostro paese reti di rilevamento della radioattività sorte a seguito delle esplosioni nucleari in atmosfera. Queste reti hanno permesso di avere un quadro completo, sia pure a larghe maglie, della radioattività ambientale artificiale nel nostro paese e della sua evoluzione temporale [1].

A titolo di esempio nelle figure 1 e 2 sono riportate la concentrazione della radioattività β totale in aria e la deposizione di ^{137}Cs al suolo a partire dalla metà degli anni '50.

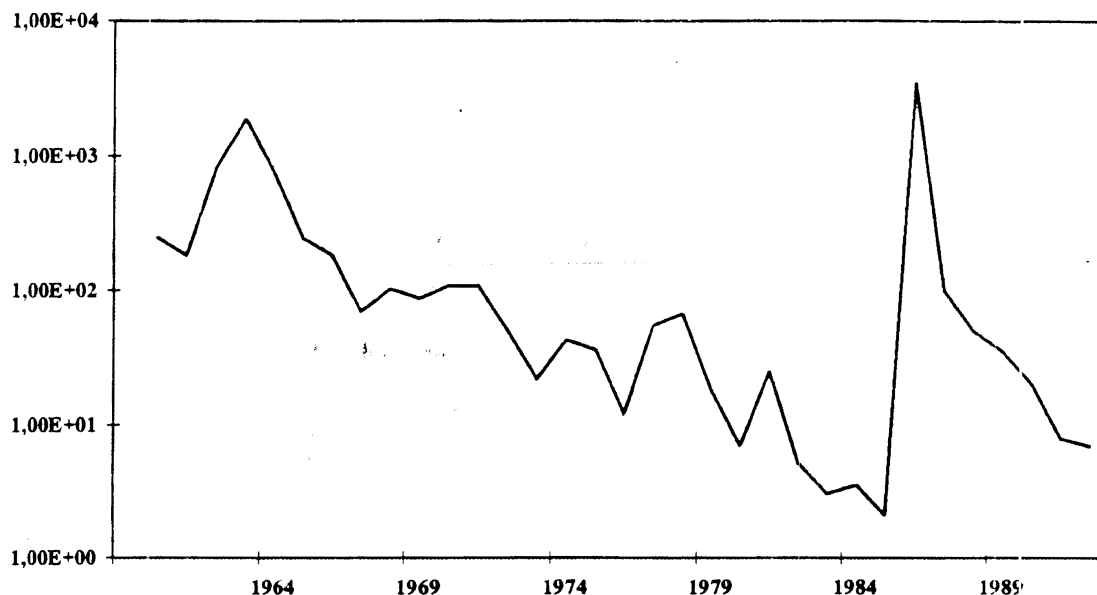


Fig. 2
Deposizione totale annua di ^{137}Cs al suolo (Bq/m^2)

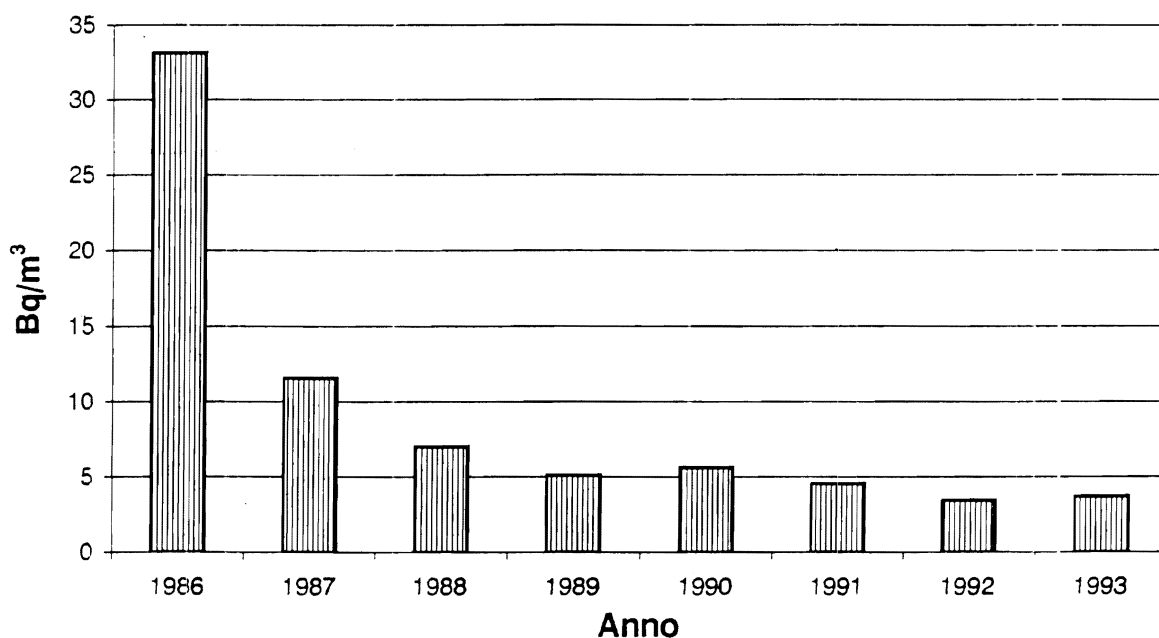


Fig. 3
Concentrazione media di ^{137}Cs nell'acqua di mare
(medie dei mari italiani)

A partire dagli anni '60 il controllo radiometrico si è progressivamente esteso ad altre componenti ambientali e alimentari. Sempre a titolo di esempio nelle figure 3 e 4 è riportata la concentrazione di ^{137}Cs nelle acque di mare e nei sedimenti.

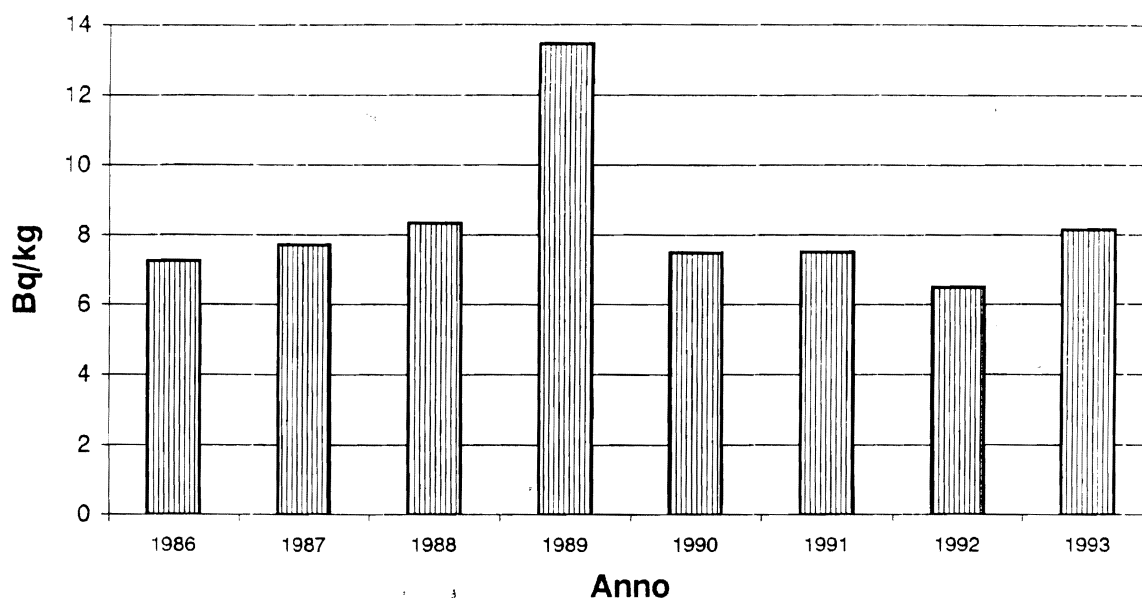


Fig. 4
Concentrazione media di ^{137}Cs nei sedimenti marini
(medie dei mari italiani)

Negli anni '70 ed '80 l'attenzione degli esperti di radioprotezione si è focalizzata anche sulla radioattività naturale che costituisce la maggior fonte di esposizione della popolazione alle sorgenti di radiazioni. Com'è noto infatti, ogni persona che vive sulla terra è esposta ad un irraggiamento esterno da radiazioni che vengono dallo spazio (radiazione cosmica) e da alcuni radionuclidi cosmogenici, quali carbonio 14 (^{14}C), berillio 7 (^7Be) e berillio 10 (^{10}Be). Inoltre esistono sostanze radioattive nella crosta terrestre, nell'aria e nelle acque, fin dalle origini della terra, fra queste, di particolare rilevanza sono i radionuclidi prodotti a seguito del decadimento dell'uranio e del torio ed il potassio 40 (^{40}K).

Il livello di radioattività naturale varia grandemente da un punto all'altro della superficie terrestre, dipende dalla quota a cui si vive - a Città del Messico la radiazione cosmica è doppia di quella che si ha a livello del mare - dalla natura geologica del suolo, ricordiamo ad esempio che in una parte dell'India, il Kerala, la radiazione emessa dalla crosta terrestre è circa 20 volte superiore a quella della pianura padana. Se guardiamo al nostro paese, misure effettuate nel passato hanno dimostrato che esistono differenze tra le varie regioni anche di 10 volte [2]. Va infine ricordato che, oltre all'irraggiamento esterno, è possibile attraverso l'inalazione e l'ingestione di sostanze radioattive, essere sottoposti ad irraggiamento interno. Anche in questo caso, la radioattività naturale, ed in particolare il gas radon che deriva dal decadimento di radionuclidi naturali delle famiglie dell'uranio e del torio, costituisce una fonte importante di esposizione alle radiazioni.

Nell'ambito di un'indagine nazionale condotta alla fine degli anni '80 dall'ANPA e dall'Istituto Superiore di Sanità [3], in collaborazione con le Regioni, è stata valutata una esposizione media annuale della popolazione italiana alla radioattività naturale nei luoghi chiusi, a 2.5 mSv. La valutazione dell'esposizione media annuale alla radiazione esterna, compresa la radiazione cosmica, è di circa 0.4 mSv.

3. Stato della radioattività ambientale nella Regione Calabria

Nella Regione Calabria sono disponibili misure di radioattività del particolato atmosferico raccolto su filtro, presso la stazione del Servizio Meteorologico dell'A.M. di Monte Scuro fino dalla metà degli anni '50. In questi ultimi anni, anche presso il CRR di Reggio Calabria vengono effettuate misure giornaliere di radioattività beta totale in aria.

La stazione di Monte Scuro è una stazione di alta quota (circa 1600 m. s. l.) ed è pertanto una spia di eventi anomali transfrontalieri. Nel maggio 1986, a seguito dell'incidente all'impianto nucleare di Chernobyl, le misure di attività β totale dimostrarono prontamente il passaggio della nube radioattiva. Accanto a queste misure di particolato atmosferico, campionamenti furono effettuate dal Centro Ricerche ENEA della Trisaia su diverse componenti ambientali di alcune provincie calabresi. Nella tabella 1 si riportano alcuni dati relativi a misure effettuate nel periodo maggio-luglio 1986 dalle quali è possibile rilevare come la deposizione radioattiva sia stata di modesta entità [4].

Tabella 1
Valori di concentrazione dei due cesi in alcune matrici ambientali (maggio-luglio 1986)

LOCALITA'	^{134}Cs	^{137}Cs
Matrice Sabbia (Bq/kg)		
Cassano	-	3±2
Corigliano	2±1	3±2
Crotone	30±3	64±5
Crotone	22±2	51±4
Matrice Terreno (Bq/kg)		
Cassano Ionico	2±1	4±1
Cassano Ionico	-	3±1
Cosenza	6±1	5±1
Cosenza	3±1	4±1
Spezzano	3±1	5±1
Spezzano	3±1	6±2
Trebisacce	-	2±1
Matrice Foraggio (Bq/kg)		
Cassano Ionico	15±4	34±10
Cassano Ionico	21±5	43±11
Cosenza	24±6	42±11
Cosenza	25±6	50±12
Montegiordano	24±6	52±13
Spezzano	12±3	23±7
Spezzano	18±4	36±10
Trebisacce	18±4	40±10
Trebisacce	23±5	40±10

Nel corso degli anni successivi, controlli effettuati saltuariamente dal Centro ENEA della Trisaia e successivamente dal CRR, dimostrano che i livelli di radioattività nelle matrici ambientali sono confrontabili con i valori medi rilevati in altre parti del Paese.

Per quanto riguarda le acque di mare, il Centro ENEA di S. Teresa ha effettuato misure nel mare Ionio all'altezza di Taranto nell'anno 1986 e la concentrazione di ^{137}Cs è risultata pari a circa 20 Bq/m^3 , successivamente i valori si sono stabilizzati attorno a 4 Bq/m^3 .

4. Caratteristiche dell'indagine

L'indagine è stata progettata e realizzata in modo da fornire informazioni sulla contaminazione delle spiagge e sulla presenza di radionuclidi artificiali. Inoltre misure sono state eseguite su grandi volumi di acqua marina (circa 1000 litri) e sedimenti superficiali dei fondali marini, raccolti sempre lungo tutta la costa.

4.1. Misure sulle spiagge

La costa calabra (circa 600 km) è stata divisa in tratti di lunghezza di circa 4 km ciascuno, per un totale di 150 tratti.

In ogni tratto di spiaggia è stata effettuata una misura di intensità dose gamma assorbita in aria (denominata nel seguito anche intensità di esposizione), mediante una camera di ionizzazione a pressione (fig. 5) che permette di valutare la dose che un individuo riceve stando sulla spiaggia per un determinato periodo di tempo.



Fig. 5
Strumentazione per la misura della dose gamma assorbita in aria

Questo strumento dà una informazione globale del contributo della radioattività che, come sopra ricordato, è sempre presente ed è variabile da punto a punto poichè dipende dalla composizione della sabbia, dal substrato geologico e dalla presenza di eventuali radionuclidi artificiali. Per poter discriminare tra radionuclidi naturali ed artificiali occorre effettuare analisi spettrometriche su campioni di sabbia che danno informazioni sul tipo e sulle quantità di radionuclidi presenti, attraverso misure di spettrometria γ .

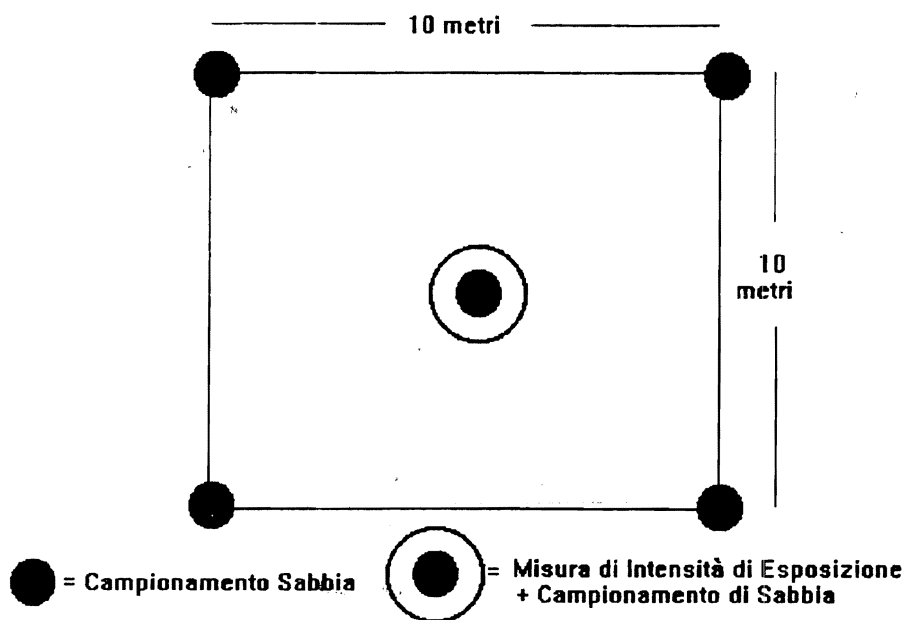


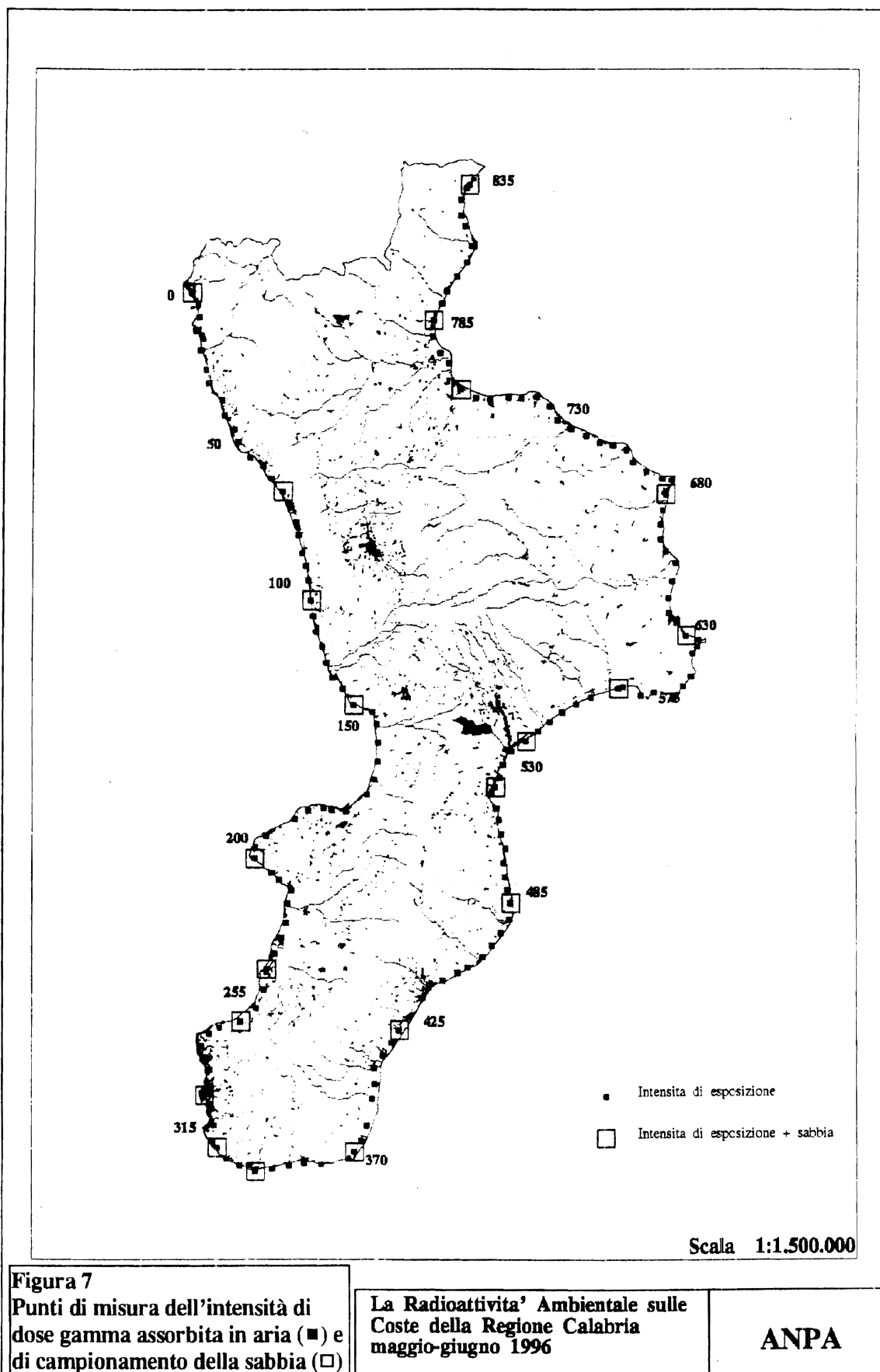
Fig. 6
Schema di campionamento della sabbia

Mentre la misura della dose gamma assorbita in aria viene eseguita in campo, i campioni di sabbia devono essere trattati ed analizzati in laboratorio con rivelatori ad alta risoluzione che consentono di identificare i radionuclidi presenti (in particolare la nostra attenzione si è concentrata sui radionuclidi artificiali). Queste misure richiedono per la loro esecuzione tempi piuttosto lunghi e attrezzature sofisticate.

Nella figura 7 sono indicati i punti di misura di intensità di esposizione e di raccolta dei campioni di sabbia. La accessibilità delle spiagge ha ovviamente condizionato in alcuni casi la pianificazione teorica. I campioni di sabbia sono stati prelevati ogni 30 km (per un totale di 25 punti) e secondo lo schema indicato in figura 6. Si tratta di campioni composti ottenuti mescolando la sabbia prelevata nei 5 punti indicati, a diverse profondità: 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm. Questo permette di conoscere la distribuzione in profondità dei radionuclidi di interesse. In sostanza ad ogni punto di raccolta delle sabbie corrispondono 5 misure, per un totale di 125 misure.

4.1.1. Risultati delle misure di intensità di esposizione

Nella tabella 2 sono riportati i risultati delle misure di intensità di dose gamma assorbita in aria e le deviazioni standard associate a ciascuna misura. Gli stessi risultati sono riportati in forma grafica nella fig. 8. Per ogni punto di misura il valore indicato è il risultato della media di diverse letture effettuate in un intervallo di tempo di 15 minuti.



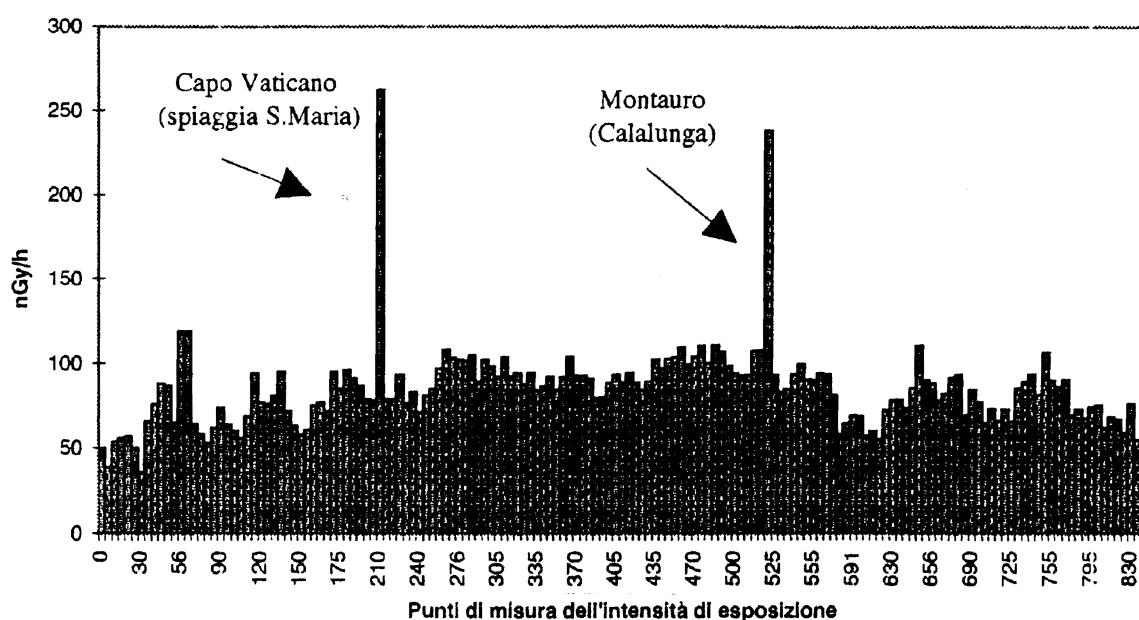


Fig. 8
Valori di intensità di dose gamma assorbita in aria lungo le coste della Calabria
(indicazione dei punti di misura in unità arbitrarie)

Da un esame dei valori riportati si osserva come essi siano compresi tra 40 - 260 nGy/h. L'ampio intervallo riscontrato rispecchia la natura geologica del suolo, la composizione mineralogica della sabbia, etc.. Le fluttuazioni erano attese, poichè studi effettuati negli anni '60 dall'allora Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, per il reperimento di minerali uraniferi [5], misero in evidenza l'esistenza di anomalie radiometriche. Queste anomalie furono successivamente attribuite alla presenza di monazite, minerale ricco di uranio e torio in concentrazioni elevate nelle zone di Vibo Valentia, nel golfo di S. Eufemia e di Soverato; mentre nelle zone di costa tra Diamante e Nicastro si rinvennero valori più bassi.

Da un esame della carta riportata in fig. 9, che dà la concentrazione di monazite in Calabria, si osserva che sul versante tirrenico, nella zona settentrionale compresa tra la foce del fiume Noce e Pizzo Calabro, le spiagge presentano un contenuto di monazite compreso tra 0 e 10 g/m³. In questa area le misure di intensità di esposizione effettuate nel corso dell'attuale campagna danno un valore medio di intensità di esposizione pari a 69 ± 18 nGy/h, (espresso come media di 35 misure). Nel tratto di costa più a sud, sul versante tirrenico e ionico compreso tra Pizzo Calabro e Catanzaro Lido, la maggior parte delle spiagge ha un contenuto di monazite compreso tra 10 e 500 g/m³ ed il valore medio delle misure di intensità di esposizione è pari a 96 ± 28 nGy/h (media di 71 misure). Lungo la costa ionica tra Lido di Catanzaro fino al confine con la Basilicata, dove il contenuto di monazite è confrontabile con quello esistente nel tratto tra la foce del Noce e Pizzo Calabro, il valor medio dell'intensità di esposizione, è di 76 ± 13 nGy/h (media di 53 misure).

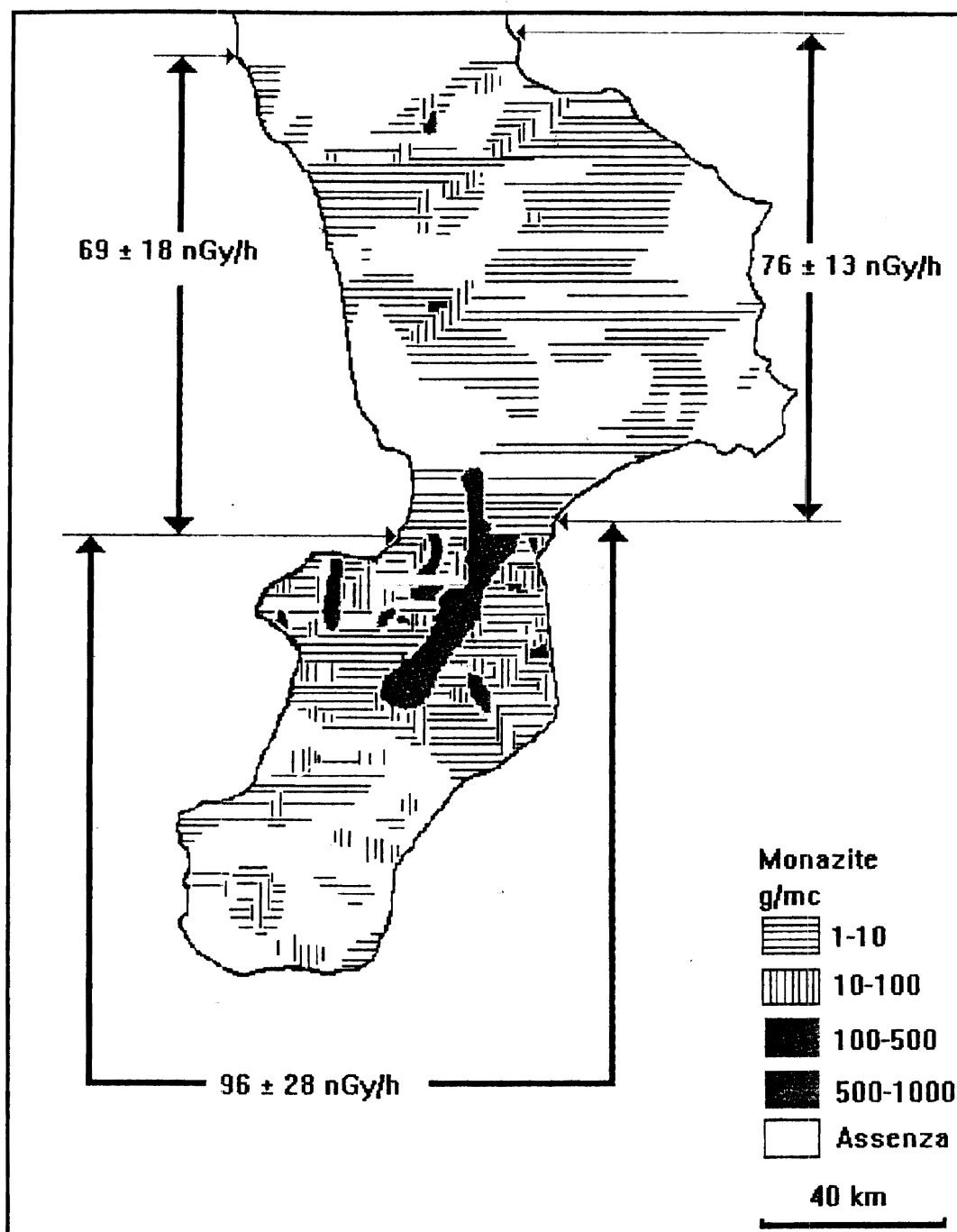


Fig. 9
Distribuzione areale della monazite in Calabria [5]
Valori medi dell'intensità di dose gamma assorbita in aria (nGy/h)
nelle 3 fasce considerate

In fig. 10 sono riportati per ciascuno dei tre tratti di costa il valor medio, il valore minimo ed il valore massimo.

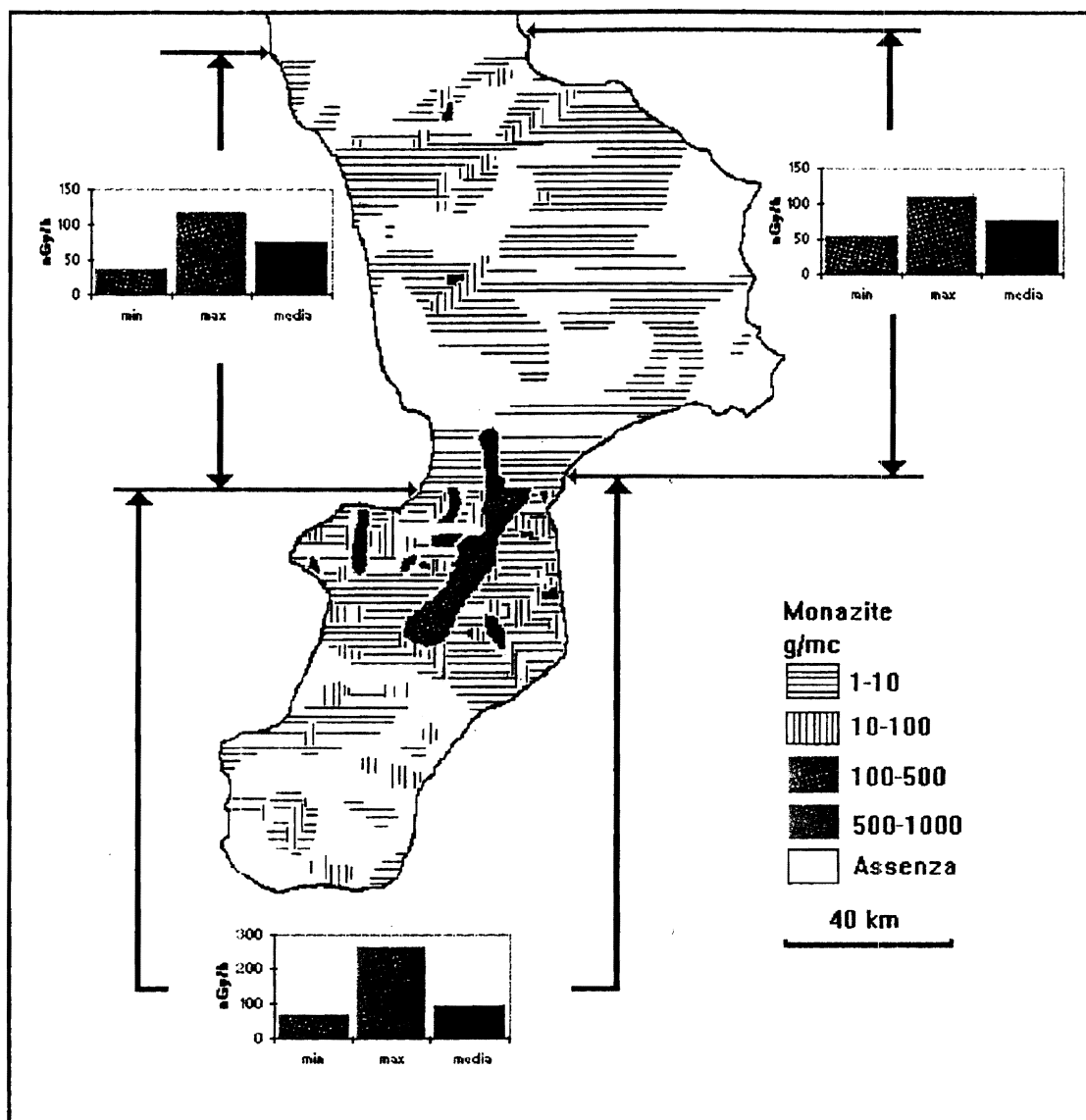


Fig. 10

Valori medi, massimi e minimi dell'intensità di dose gamma assorbita in aria (nGy/h) misurata nelle 3 fasce considerate lungo le coste della Calabria

E' importante rilevare che le differenze tra i valori medi nei tre tratti di costa non sono significative dal punto di vista statistico. Va notato comunque che i due punti di misura che hanno mostrato valori più elevati: una spiaggia di Capo Vaticano (punto di prelievo 210 - cfr. Tab. 2), con una intensità di esposizione di 262 ± 4 nGy/h e Calalunga (Catanzaro) (punto di prelievo 522 - cfr. Tab. 2) con 232 ± 50 nGy/h, corrispondono (vedi fig. 10) a zone in cui il contenuto di monazite presenta i valori più elevati. Inoltre i valori di intensità di esposizione misurati in questi due punti sono significativamente diversi rispetto al valor medio di tutte le altre misure effettuate lungo la costa (82 ± 16 nGy/h), dando quindi una conferma della relazione tra contenuto di monazite e intensità di esposizione misurata.

**Tabella 2 - Valori medi dell'intensità di dose gamma assorbita in aria misurati
lungo le coste della Calabria**

Punto Prelievo	Località	Substrato	Media (nGy/h)	Dev. Std (nGy/h)
0	Fiume Noce	sabbia/ghiaia	50	2
5	Praia a mare	sabbia/ghiaia	39	1
10	S. Nicola Arcella	sabbia/ghiaia	54	2
15	Scalea	sabbia	56	2
20	Foce Fiume Leo	sabbia/ghiaia	57	2
25	Staz. Grisolia marina	sabbia	50	2
30	Cirella	sabbia/ghiaia	36	1
35	Diamante	sabbia/ghiaia	66	2
40	Alba Calabra (vS.S.18 km291)	sabbia/ghiaia	76	2
45	Belvedere marittimo	sabbia/ghiaia	88	2
50	Bonifati	sabbia/ghiaia	87	2
51	Cittadella del Capo	sabbia	65	2
56	Cetraro marina	sabbia/ghiaia	119	3
65	Acquappesa stazione	sabbia/ghiaia	119	3
70	Guardia Piemontese	sabbia/ghiaia	64	2
75	Fuscaldo marina	sabbia/ghiaia	58	2
80	Paola marina	sabbia/ghiaia	53	2
85	Paola marina	sabbia/ghiaia	62	2
90	S. Lucido stazione	sabbia/ghiaia	74	2
95	Torrente Malpertuso	sabbia/ghiaia	64	2
100	Fiume Freddo marina	sabbia grossa	60	2
105	Longobardi	sabbia/ghiaia	56	2
110	Marina di Belmonte	sabbia	69	2
115	Amantea	sabbia/ghiaia	94	2
120	Scogli Còrica	sabbia/ghiaia	77	2
125	Càmpora S. Giovanni	sabbia/ghiaia	76	2
130	Staz. Nocera Tirinese	sabbia/ghiaia	81	2
135	Torre del Lupo	sabbia/ghiaia	95	2
140	Capo Suvero	sabbia/ghiaia	72	2
145	S.Eufemia laghi	sabbia/ghiaia	63	2
150	Lamezia mare	sabbia/ghiaia	58	2
155	Maida marina	sabbia/ghiaia	61	2
160	Torre Mezzapraia	sabbia/ghiaia	75	2
165	Staz. Francavilla Angitola	sabbia	77	2
166	Pizzo (166 bis)	sabbia/ghiaia	72	2
170	Vibo marina	sabbia/ghiaia	95	2
175	Porto Salvo	sabbia media	85	2
180	Briatico	sabbia media	96	2
185	Torre S. Irene	sabbia media	91	2
190	Marina di Zambrone	sabbia/ghiaia	87	2
200	Scogli di Riace	sabbia	79	2
205	Riace	sabbia grossa	78	2

210	Capo Vaticano	sabbia media	262	4
216	Ioppolo	cemento	79	2
220	Torre Ioppolo	sabbia/ghiaia	79	2
225	Nicotera Marina	sabbia grossa	93	2
230	Foce dx Fiume Mesina	sabbia fine	76	2
235	Fine porto grande	sabbia media	83	2
240	Gioia Tauro	sabbia media	71	2
241	Villaggio due pini	sabbia fine	81	2
246	Pietre Nere	sabbia grossa	85	2
255	Palmi Marina	sabbia	97	2
263	Bagnara Marina	ghiaia	108	5
270	Favazzina	sabbia fine	103	6
276		sabbia/ghiaia	102	3
280	Cannitello	sabbia/ghiaia	101	4
285	Acciarello (scalo ferroviario)	sabbia/ghiaia	104	7
290	Catona	sabbia	89	4
295	Gallico Marina	sabbia/ghiaia	102	3
299	S. Caterina Pentimele	sabbia/ghiaia	98	2
305	Calamizzo (Reggio Calabria)	sabbia	92	5
310	San Gregorio	ghiaia	103	7
315	Pellaro Loc.Madonnella	sabbia/ghiaia	92	6
321	Bocale	sabbia	94	2
325	Lazzaro	sabbia	88	7
330	Capo dell'Armi	sabbia/ghiaia	94	2
335	Saline Ionica	sabbia	84	4
340	Porto Salvo	sabbia/ghiaia	86	6
345	Arcina	sabbia/ghiaia	92	0
350	Condofuri Marina	sabbia/ghiaia	84	3
355	Bova Marina	sabbia/ghiaia	92	6
360	San Pasquale	sabbia/ghiaia	104	6
370	Spropolo	sabbia	93	1
375	Cosmano	sabbia	93	3
380	Brancaleone Marina	sabbia/ghiaia	91	3
385	S.S. 106 km 68	sabbia	80	2
395	Africo Nuovo	sabbia	80	2
400	Bianco	sabbia	88	4
405	Bonamico	sabbia	93	3
410	S.S. 106 km 88	sabbia	89	6
415	Ardore	sabbia/ghiaia	94	8
420	Locri Epizep.	sabbia	88	8
425	Locri	sabbia/ghiaia	84	3
430	Siderno Marina	sabbia/ghiaia	89	5
435	Marina di Gioiosa Ionica	sabbia/ghiaia	102	5
440	S.S. 106 km 111	sabbia	97	5
445	Roccella Ionica	sabbia/ghiaia	103	6
450	S.S. 106 km 119	sabbia/ghiaia	104	2
460	S.S. 106 km 123	sabbia	109	4

465	S.S. 106 km 127	sabbia	99	2
470	S.S. 106 km 131	sabbia	104	10
475	Monasterace Lido	sabbia/ghiaia	110	4
480	S.S. 106 km 139	sabbia/ghiaia	100	6
485	S.S. 106 km 143	sabbia/ghiaia	111	2
490	S.Caterina Jonio Marina	sabbia/ghiaia	107	5
495	S.S. 106 km 143,3	sabbia/ghiaia	98	3
500	S.S. 106 km 153	sabbia	94	2
505	S.S. 106 km 157 (S.Andrea)	sabbia	93	3
510	S.S. 106 km 161	sabbia	93	5
515	Soverato Marina (L.S.Domenico)	sabbia	108	5
520	Montauro st. ferroviara	sabbia/ghiaia	108	2
522	Montanaro Marina	terreno di riporto	156	4
	I misura			
522	Montanaro Marina	terreno di riporto	305	3
	II misura			
522	Montanaro Marina	sabbia	225	6
	III misura			
522	Montanaro Marina	sabbia	280	17
	IV misura			
522	Calalunga Acquapark	sabbia	242	5
	V misura			
522	Calalunga Acquapark	sabbia	204	2
	VI misura			
522	Calalunga Acquapark	terreno di riporto	309	3
	VII misura			
522	Calalunga Acquapark	sabbia	182	4
	VIII misura			
525	Caminia di Staletti	sabbia	93	1
530	Roccelletto di Borgia	sabbia	83	2
535	Catanzaro Lido	sabbia/ghiaia	85	3
540	Catanzaro Lido (loc.Giovino)	sabbia	93	1
545	S.S. 106 km 193	sabbia	99	3
550	S.S. 106 km 197	sabbia	90	4
555	S.S. 106 km 201	sabbia	90	3
560	Cropani Marina	sabbia	94	2
565	Botricello	sabbia	93	4
	(villaggio del Turchese)			
569	Steccato di Cutrò	sabbia fine	81	3
570	Villaggio Praia Longa	sabbia	92	7
	(C.Rizzuto)			
575	Le Castella	sabbia fine	58	2
580	Il Tucano (camping)	sabbia fine	65	3
591	Torre Vecchia (C.Rizzuto)	sabbia fine	69	7
592	Spiaggia Centrale (C.Rizzuto)	sabbia	67	
596	Villaggio S.Cristina (C.Rizzuto)	sabbia fine	69	7
601	Le Cannelle (C. Rizzuto)	sabbia fine	57	4
610	Contrada Marinella	sabbia fine	60	9

614	C.Colonna (Alfieri Camping)	sabbia fine	55	6
625	C.Donato	sabbia fine	72	6
630	Crotone	sabbia fine	78	8
635	Margherita Sovrano	sabbia fine	79	3
640	Gabella Grande (Lido Katia)	sabbia fine	74	10
646	Cont. Pelati/Cont.Fico	sabbia fine	85	9
651	Fasana (N foce Neto)	sabbia fine	110	8
655	Staz. Strongoli (C. Tronga)	sabbia fine	90	3
656	Strongoli Marina	sabbia fine	88	4
665	Torre Melissa	sabbia fine	78	9
670	Lipuda	sabbia fine	82	9
675	Cirò Marina	sabbia fine	92	6
680	Punta Alice	sabbia/ciottoli	93	4
685	Madonna di Mare	ciottoli/sabbia	69	5
690	Foce Fiume Vorvito	sabbia/ghiaia	84	7
695	Crucoli Torretta	sabbia/ghiaia	77	9
705	Villaggio S. Maria	sabbia/ciottoli	65	7
710	Cariati Marina	sabbia/ciottoli/ghiaia	73	4
715	Capo Vennere	sabbia/ghiaia	66	5
720	Stazione di Pietrapaola	sabbia/ghiaia	73	10
725	Ponte Calamitti	sabbia/ghiaia	66	8
730	Fiumarella	sabbia/ghiaia/ciottoli	86	5
735	Mirto Crosia	sabbia/ghiaia/ciottoli	89	5
740	Contrada Fossa	sabbia/ghiaia/ciottoli	93	6
745	Seggio Romano	sabbia/ghiaia/ciottoli	81	6
750	S.Angelo Lido (Rossano)	sabbia/ghiaia/ciottoli	106	14
755	Contrada Toscano	sabbia/ghiaia/ciottoli	90	3
760	Marina di Schiavonea	sabbia fine	86	6
765	Torricella (Policastro)	sabbia fine	90	11
770	Lido Turio	sabbia/ghiaia	70	8
775	Laghi di Sibari	sabbia grossa	73	7
790	108 Casello Ferroviario	sassi/ciottoli/ghiaia	68	3
795	Trebisacce	ciottoli/ghiaia	74	6
800	Piana della Torre	sassi/ciottoli/ghiaia	75	5
805	Marina di Amendolara	sassi/sabbia/ciottoli	62	5
810	Stazione di Roseto	sassi/ciottoli	69	10
820	Montegiordano	sassi/ciottoli/ghiaia	67	4
825	Scalo del Cervaro	sassi/ciottoli/ghiaia	59	4
830	St. Rocca Imperiale	sassi/ciottoli/sabbia	76	12
834	Marina S.Nicola	sabbia/ghiaia	55	8
835	Nova Siri (MT)	sabbia/ghiaia/ciottoli	64	4

Nella fig.11 è riportata la percentuale di misure che cadono nei differenti intervalli di intensità di esposizione.

Vale la pena sottolineare che in Italia i valori di intensità di dose gamma assorbita in aria sono molto variabili a causa della diversa natura geologica del suolo; ad esempio esiste una differenza di circa un fattore 5 tra Orvieto (≈ 560 nGy/h) e Bologna (≈ 120 nGy/h) e nella stessa Umbria paesi che si trovano a distanza di una decina di km presentano differenze di un fattore 3 [6]. I valori mediamente riscontrati sulla costa calabra si collocano nella fascia media bassa dei valori italiani.

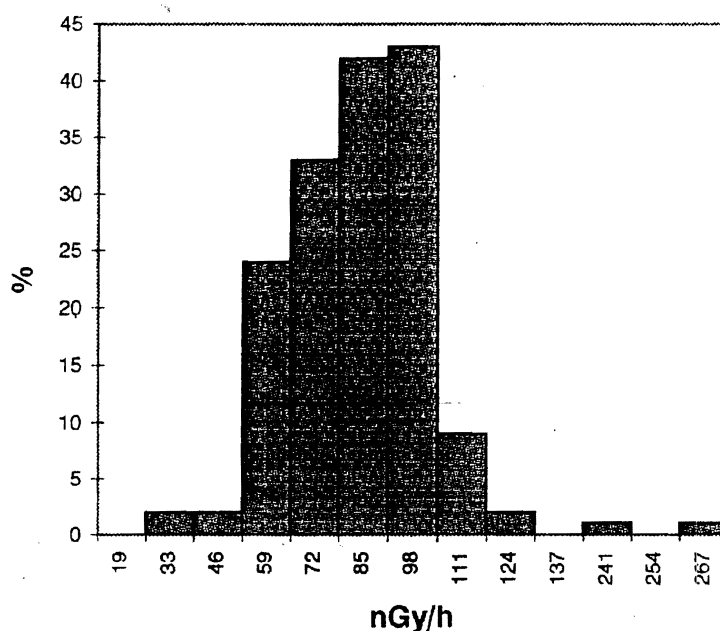


Fig. 11

Distribuzione percentuale delle misure di intensità di dose gamma assorbita in aria

4.1.2. Risultati delle misure sulla sabbia

Le misure di spettrometria gamma hanno evidenziato in tutti i campioni la presenza di radionuclidi naturali delle famiglie dell'uranio e del torio, in quantità variabile in relazione con la composizione della sabbia. Fra gli altri nuclidi naturali sono stati misurati il ^7Be e il ^{40}K . Il ^7Be si misura prevalentemente solo nello strato superficiale della sabbia e le concentrazioni sono comprese tra 1-12 Bq/kg, con un valor medio di 3 ± 2 Bq/kg. Questo valore è in buon accordo con le misure in aria (cfr. Rapporto Annuale sulla radioattività ambientale in Italia - Reti Nazionali - ANPA 1992). Il ^{40}K si trova in tutti i campioni con valori compresi tra 57 e 870 Bq/kg il valor medio è di 527 ± 220 Bq/kg.

L'unico radionuclide artificiale rivelato da queste analisi e solo in alcuni campioni, è il ^{137}Cs che si deposita al suolo a seguito delle esplosioni nucleari in atmosfera e di incidenti gravi ad impianti nucleari. Ben nota in tutta Europa è stata la deposizione di ^{137}Cs a seguito dell'incidente all'impianto nucleare di Chernobyl. I risultati delle reti annuali di rilevamento della radioattività ambientale in Italia mostrano come il cesio sia ancora presente, sia pure in piccole quantità, in alcune matrici ambientali e alimentari.

Nella fig. 7 sono indicati i punti di prelievo dei campioni di sabbia.

Le concentrazioni di ^{137}Cs misurate sono comprese tra 0.1 - 2 Bq/kg con un valor medio di 0.5 ± 0.5 Bq/kg, valore molto prossimo alla minima quantità che è possibile rivelare anche con strumentazione avanzata, quale quella utilizzata.

Le analisi spettrometriche mostrano come il cesio si trovi generalmente negli strati profondi, eccezion fatta per tre campioni dove si rileva lungo tutto il profilo del prelievo.

La quantità totale di cesio in tali campioni è comunque molto bassa e la ragione della sua presenza in tutti gli strati esaminati dipende dalla natura della sabbia che ne rallenta il movimento verticale.

In particolare, nel campione raccolto a Capo Donato (punto di prelievo 625; cfr. Tab. 2), la natura argillosa della sabbia è visibile ad occhio nudo. Il profilo del ^{137}Cs è mostrato in figura 12.

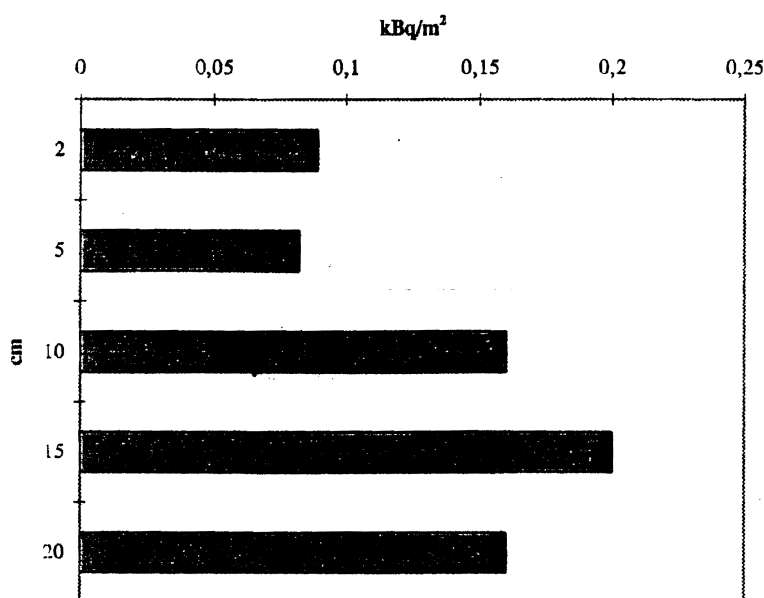


Fig. 12
Profilo verticale del ^{137}Cs in un campione di sabbia

Se riportiamo la quantità totale di cesio per unità di superficie si trova un valore di 0.7 kBq/m^2 , in accordo con i valori di deposizione esistenti nel maggio 1986 nell'Italia meridionale [4]. L'intensità di esposizione misurata a Capo Donato è di 72 nGy/h che è nella media dei valori rilevati nel corso di questa indagine.

Le misure spettrometriche hanno anche confermato che, nei due punti nei quali l'intensità di esposizione mostrava i valori più elevati, il contenuto di radionuclidi naturali nei campioni di sabbia è significativamente più alto del valor medio ottenuto da tutti gli altri campioni.

Per fare questa verifica la concentrazione media dei prodotti finali del decadimento delle catene di uranio e torio misurata nel primo strato di due campioni è stata confrontata con quello del primo strato di tutti gli altri campioni. I valori ottenuti sono rispettivamente 14900 ± 7100 e $1100 \pm 400 \text{ Bq/m}^2$.

Si può concludere che le analisi spettrometriche confermano che sulla spiagge calabresi l'esposizione alle radiazioni è imputabile alla radioattività naturale. La deposizione del ^{137}Cs è infatti irrilevante poichè il suo contributo all'intensità di esposizione media misurata lungo tutta la costa è inferiore ad $1/100$.

Va rilevato anche che la deposizione media di ^{137}Cs misurata sulle coste della Calabria, dell'ordine 0.7 kBq/m^2 , è inferiore al corrispondente valore medio nazionale, che è maggiore di 1 kBq/m^2 [7].

4.2. Misure nell'ambiente marino costiero

Le indagini in mare sono state effettuate con la collaborazione del Centro Ricerche Ambiente Marino dell'ENEA di S. Teresa (La Spezia), ed hanno riguardato le acque di mare ed i sedimenti superficiali della piattaforma continentale.

I campionamenti sono stati organizzati in modo da garantire la copertura completa delle coste. Per le analisi radiometriche, i sedimenti sono stati analizzati mediante spettrometria gamma così da avere informazioni su tutti i radionuclidi presenti. I sedimenti sono infatti dei concentratori e conservano "memoria" delle contaminazioni avvenute nel tempo. Per le acque è stato privilegiato il ^{137}Cs che, come sopra è stato detto, è rappresentativo di un ampio spettro di possibili contaminazioni. Inoltre sono ben noti i livelli di cesio presenti nel Mediterraneo [8] e quindi è possibile confrontare quelli misurati nella presente campagna con quelli di altre aree costiere.

Per quanto riguarda le acque di mare è stato eseguito un prelievo continuo lungo 8 transetti di lunghezza media di circa 30 miglia (quasi 60 km), paralleli alla costa e alla distanza di 1 miglio. Al campionamento lungo il transetto è associato un campionamento puntuale di acqua che consente di effettuare una verifica dei risultati ed un controllo qualora, nel campionamento continuo, fosse stata misurata una concentrazione anomala.

I prelievi dei sedimenti sono stati effettuati a profondità comprese tra 50 e 200 metri, con particolare riguardo alle aree di accumulo dei sedimenti fini che hanno una elevata capacità di cattura dei radionuclidi.

Nella figura 13 sono indicati i transetti lungo i quali è stato effettuato il prelievo di acqua in continuo, i punti di campionamento puntuale dell'acqua e quelli dei sedimenti. I prelievi di acqua in continuo sono stati effettuati con una pompa sommersa ed i volumi raccolti vanno da 649 a 1949 litri.

I campioni puntuali di acqua di mare si riferiscono a volumi di circa 100 litri.

4.2.1. Risultati delle misure nell'acqua di mare

L'analisi di ^{137}Cs in acqua di mare ha richiesto tecniche di separazione del cesio da grandi volumi di acqua, considerato che i livelli di concentrazione di questo radionuclide nel Mediterraneo sono molto bassi.

In queste analisi sono stati utilizzati due diversi metodi normalmente impiegati presso il Centro di S. Teresa. I valori ottenuti sono indicati nella fig. 13 e sono compresi tra 2.1 ± 0.3 e 3.4 ± 0.3 Bq/m³, con un valor medio di 2.8 ± 0.4 Bq/m³. Come si vede dai dati riportati in fig. 13, le misure effettuate sui campioni raccolti nei punti indicati non mostrano differenze significative rispetto a quelli prelevati in continuo.

La distribuzione del ^{137}Cs nelle acque superficiali è quindi sostanzialmente omogenea in tutta l'area esaminata ed i valori di concentrazione sono confrontabili con quelli che attualmente si rilevano in altre zone costiere del Mediterraneo ed imputabili alle deposizioni radioattive degli esperimenti nucleari in atmosfera e all'incidente di Chernobyl [8].

4.2.2. Risultati delle misure sui sedimenti

I sedimenti, dopo essere stati essiccati in stufa, sono stati analizzati per spettrometria gamma. E' stata evidenziata la sola presenza di ^{137}Cs come radionuclide artificiale. I risultati sono indicati nella fig. 13 e sono compresi tra 2 e 10 Bq/kg, valore medio 5.8 ± 3.2 Bq/kg.

I valori trovati, analogamente a quelli delle acque, sono del tutto simili a quelli che si misurano nel Mediterraneo occidentale [8].

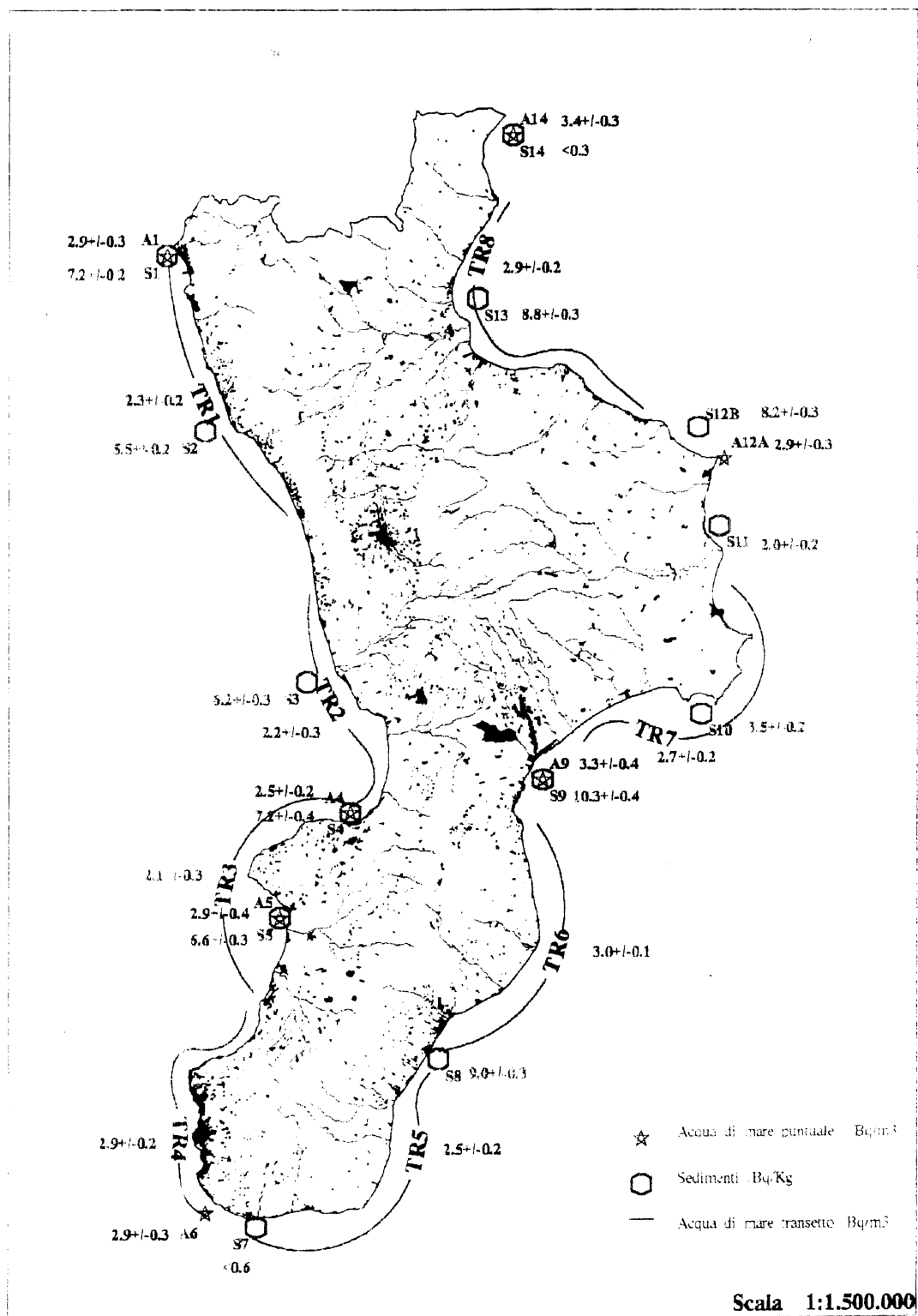


Figura 13
Punti di raccolta delle acque di mare e dei sedimenti marini

La Radioattività Ambientale sulle Coste della Regione Calabria maggio-giugno 1996

ANPA

4.3. Risultati delle misure sui pesci

Per completare il quadro radiometrico sono stati anche analizzati campioni di pescato acquistato da pescatori delle zone di Reggio Calabria e Crotona. Il pesce, pulito delle parti non eduli, è stato analizzato mediante spettrometria γ .

In solo due campioni sono state rinvenute tracce di ^{137}Cs molto vicine alla sensibilità strumentale. Nella tabella 3 sono riportati i risultati delle analisi, per confronto è stata indicata anche la concentrazione di ^{40}K .

Questi risultati confermano quanto già evidenziato dalle analisi delle acque e dei sedimenti.

Tabella 3
Concentrazioni di ^{137}Cs e ^{40}K nei pesci (Bq/kg)

Località	Specie	^{137}Cs (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)
Reggio Calabria	Sugarello (Sauro)	<0.1	125 $\pm$ 2%
Reggio Calabria	Sugarello (Sauro)	<0.2	136 $\pm$ 2%
Reggio Calabria	Sgombro	<0.2	148 $\pm$ 2%
Crotone	Polpo	<0,1	947 $\pm$ 2%
Crotone	Rana pescatrice (Coda di Rospo)	<0.2	906 $\pm$ 2%
Crotone	Pesce spada	0.6 $\pm$ 8%	132 $\pm$ 1%
Crotone	Nasello	<0.4	858 $\pm$ 7%
Crotone	Gallinella	0.2 $\pm$ 32%	126 $\pm$ 3%

5. Conclusioni

L'indagine ha offerto un quadro completo ed integrato della situazione della contaminazione dei litorali della Regione Calabria.

Le analisi condotte sulle spiagge, sulle acque costiere e sui sedimenti, nonché su alcuni campioni di pescato ci consentono di affermare che radionuclidi di origine antropica non sono stati rilevati nella catena trofica dell'ambiente costiero calabrese, eccezion fatta per il ^{137}Cs che è il radionuclide artificiale ubiquitario nell'ambiente marino e che trae origine essenzialmente dalle ricadute delle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni '60 e dal più recente incidente di Chernobyl.

Si ricorda, ancora una volta, che per i campioni nei quali si è rilevata la presenza di cesio, i valori ottenuti sono confrontabili con quelli misurati nei campioni provenienti da altre regioni italiane e non hanno rilevanza sanitaria.

Bibliografia

1. ANPA. Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia. Reti Nazionali. Pubblicazione annuale.
2. Cardinale et al. - Distribution in the Italian population of the absorbed dose due to natural background radiation in "The natural Environment" - J.S. Adams, W.L. Lowder and J.P. Gesell, Eds, USAEC Rep. 720805 (1977)
3. ANPA e Istituto Superiore di Sanità - Indagine Nazionale sull'esposizione della popolazione alla radioattività naturale nelle abitazioni - ISTISAN Congressi 34, (1994).
4. ENEA - Misure effettuate nell'anno 1986 dai Laboratori dell'ENEA sui campioni ambientali e della catena alimentare in seguito all'incidente di Chernobyl - Sez. 9 a cura di F. Giorcelli (1988)
5. Brondi et al. valutazioni delle concentrazioni di minerali pesanti nelle spiagge calabresi. Industria Mineraria, 23, 233-247, (1971)
6. G. Campos Venuti et al. Feasibility study of radiation Protection guidelines in the use of building materials in the italian dwellings. Sc. Tot. Environ. 45, 613-618 (1985)
7. EUR Report 16542 Atlas on Caesium contamination of Europe after the Chernobyl nuclear plant accident, M.C. De Court, Y.S. Tsurov Eds (1996)
8. The Radiological Exposure of the population of the Mediterranean Sea Project "Marina Med" - A. Cigna editor EUR-XI-094/93 (1994)

Misure di dose gamma ambientale

Punto di Misura	Località	Pr	N	E	Media nGy/h	S. D. nGy/h	Misure 1997	Misure 2006-997
	M01 Foce Fiume Noce	CS	39°55,282'	15°45,483'	66	5	66 4	1,0
	M02 Scalea	CS	39°48,681'	15°47,251'	67	5	64 3	1,0
	M03 Marina S. Maria del Cedro	CS	39°45,001'	15°48,198'	60	4	64 4	0,9
	M04 Diamante	CS	39°40,374'	15°49,595'	76	4	72 4	1,1
	M05 Capo Bonifati	CS	39°34,332'	15°52,134'	62	4	68 7	0,9
	M06 Cetraro Marina	CS	39°30,844'	15°56,136'	65	4	68 3	1,0
	M07 Fuscaldo Marina	CS	39°25,212'	16°00,337'	70	4	76 3	0,9
	M08 Paola Marina	CS	39°21,207'	16°02,040'	72	4	68 4	1,1
	M09 Fiumefreddo Marina	CS	39°14,625'	16°03,471'	69	4	72 5	1,0
nuova	M10 Marina di Belmonte C.	CS	39°10,135'	16°03,805'	63	4	68 3	0,9
	M11 Amantea	CS	39°08,020'	16°04,035'	72	4		
	M12 Campora S. Giovanni	CS	39°03,526'	16°05,473'	73	4	76 4	1,0
	M13 Falerna Marina	CZ	38°59,313'	16°08,263'	76	5	72 4	1,1
	M14 Piana S. Eufemia/Lamezia T.	CZ	38°54,409'	16°13,228'	63	4	68 1	0,9
	M15 Torre di Mezza Praia	CZ	38°49,377'	16°13,035'	58	3	73 6	0,8
	M16 Pizzo	VV	38°45,028'	16°11,079'	81	4	80 4	1,0
	M17 Briatico	VV	38°43,435'	16°02,763'	131	5	108 2	1,2
	M19 Marina di Zambrone	VV	38°42,274'	15°57,879'	91	4	100 3	0,9
spostata	M20 Tropea	VV	38°40,489'	15°53,272'	117	6	105 1	1,1
	M18 Capo Vaticano	VV	38°36,739'	15°50,808'	170	5	141 29	1,2
	M21 Ioppolo	VV	38°35,257'	15°52,794'	92	5	76 2	1,2
	M22 Foce F. Mesina sp. Dx	RC	38°30,406'	15°55,167'	88	4	96 6	0,9
	M27 Marina di Gioia Tauro	RC	38°26,220'	15°53,401'	89	6	78 3	1,1
	M26 Lido di Palmi (Tonnera)	RC	38°22,936'	15°51,612'	89	4	92 7	1,0
	M25 Favazzina	RC	38°15,636'	15°45,384'	101	7	88 2	1,1
	M24 Cannitello Marina	RC	38°14,142'	15°39,363'	90	4	84 4	1,1
	M23 Gallico Marina	RC	38°09,655'	15°38,952'	84	4	82 4	1,0
	M28 S. Gregorio	RC	38°04,018'	15°39,100'	87	5	84 1	1,0
	M29 Lazzaro	RC	37°58,884'	15°39,310'	88	5	80 5	1,1
	M30 Melito di porto Salvo	RC	37°54,973'	15°46,570'	84	4	84 7	1,0
	M31 Bova Marina	RC	37°55,611'	15°53,394'	84	4	80 4	1,1
	M32 Spropolo	RC	37°55,384'	16°01,840'	98	5	99 6	1,0
	M33 Brancaleone Marina	RC	37°57,801'	16°06,144'	78	4	73 4	1,1
	M34 Capo Bruzzano	RC	38°02,563'	16°08,575'	74	4	72 1	1,0
	M35 Foce Fiume Bonamico	RC	38°07,701'	16°09,667'	79	4	80 4	1,0
	M36 Marina S. Ilario dello onio	RC	38°11,794'	16°13,698'	88	4	80 4	1,1
	M37 Siderno Marina	RC	38°15,261'	16°17,032'	80	5	81 8	1,0
	M38 Roccella Ionica	RC	38°19,075'	16°23,733'	87	4	88 3	1,0
	M39 Torre San Fili (ex km 123)	RC	38°21,460'	16°29,595'	94	5	88 9	1,1
spostata	M41 Monasterace Marina	RC	38°25,480'	16°34,111'	104	11	100 3	1,0
	M40 S. Caterina dello Ionio Marina	CZ	38°31,666'	16°34,358'	89	4	92 7	1,0
	M42 S. Andrea Apostolo (km 157)	CZ	38°37,707'	16°33,580'	93	4	84 3	1,1
	M43 Montepaone Lido	CZ	38°43,476'	16°32,418'	102	5	170 80	0,6
	M44 Roccelletta di Borgia	CZ	38°47,821'	16°35,695'	77	4	68 4	1,1
	M45 S.S. 106 km 193	CZ	38°51,475'	16°41,833'	92	4	100 4	0,9
	M46 Coprani Marina (ex km 201)	CZ	38°53,922'	16°46,971'	91	5	84 5	1,1
spostata	M47 Botricello	CZ	38°55,405'	17°52,173'	97	5	80 4	1,2
	M48 Le Castella	KR	38°54,591'	17°01,233'	62	5	56 5	1,1
	M49 Capo Rizzuto	KR	38°54,311'	17°06,081'	59	3	60 3	1,0
	M50 Capo Colonna	KR	39°00,876'	17°10,874'	56	4	52 2	1,1
	M51 Crotone	KR	39°03,924'	17°07,903'	69	4	72 2	1,0
spostata	M52 Gabella grande	KR	39°07,474'	17°06,606'	80	4	75 3	1,1
spostata	M53 Marina di Strongoli	KR	39°14,055'	17°07,245'	111	4	92 3	1,2
	M54 Torre Melissa Lido	KR	39°19,000'	17°06,675'	84	3	81 4	1,0
	M55 Punta Alice	KR	39°23,790'	17°09,253'	84	4	84 2	1,0
	M56 (Crucoli) Torretta	KR	39°27,537'	17°02,172'	79	4	80 7	1,0
	M57 Cariati Marina	CS	39°29,661'	16°57,849'	78	4	71 2	1,1
	M58 Pietrapaola Marina Stazione	CS	39°32,340'	16°51,915'	79	4	76 2	1,0
	M59 Mirta Crosia	CS	39°37,074'	16°46,539'	87	4	88 2	1,0
	M60 Martucci (Seggio Romano)	CS	39°37,242'	16°40,998'	74	3	80 4	0,9
nuova	M68 Lido di Sant'Angelo	CS	39°37,270'	16°37,350'	85	4		
	M61 Marina di Schiavonea	CS	39°39,030'	16°33,031'	86	4	80 3	1,1
	M62 Laghi di Sibari	CS	39°44,140'	16°30,415'	73	5	72 2	1,0
	M63 Villapiana Scalo	CS	39°47,117'	16°29,181'	62	3	62 3	1,0
	M64 Trebisacce	CS	39°51,972'	16°32,067'	77	4	72 3	1,1
	M65 Marina di Amendolara	CS	39°57,054'	16°37,136'	58	4	64 4	0,9
	M66 Montegiordano Marina	CS	40°01,680'	16°36,315'	65	4	60 1	1,1
nuova	M67 Rocca Imperiale Marina	CS	40°06,088'	16°37,491'	53	3		
Media					81,8		80,8	

Campioni di sabbia (Incertezza della misura 15%), indagine 2005/2006												
Sigla	Località	Pr	N	E	Profondità	Cs ¹³⁷ Bq kg ⁻¹	Cs ¹³⁷ Bq m ⁻²	K ⁴⁰ Bq kg ⁻¹	K ⁴⁰ kBq m ⁻²	Cs ¹³⁷ 2006/1997	Indagine 1997 Cs ¹³⁷ kBq m ⁻²	K ⁴⁰ kBq m ⁻²
C01 / S1	Foce Fiume Noce	CS	39°55,282'	15°45,483'	0 - 5 cm	0,27		83,5				
C01 / S2					5 - 10 cm	0,20		68,7				
C01 / S3					10 - 20 cm	0,22		77,9				
C01							0,08		27	0,40	0,2	125
C02 / S1	Capo Bonifati	CS	39°34,332'	15°52,134'	0 - 5 cm	0,11		346,5				
C02 / S2					5 - 10 cm	0,05		326,2				
C02 / S3					10 - 20 cm	0,11		297,6				
C02							0,03		115	0,34	0,1	479
C03 / S1	Amantea	CS	39°08,020'	16°04,035'	0 - 5 cm	0,06		483,9				
C03 / S2					5 - 10 cm	0,09		449,2				
C03 / S3					10 - 20 cm	0,08		441,1				
C03							0,03		173		CNP	CNP
C04 / S1	Torre di Mezza Praia	CZ	38°49,377'	16°13,035'	0 - 5 cm	0,10		297,6				
C04 / S2					5 - 10 cm	< 0,12		260				
C04 / S3					10 - 20 cm	0,06		260,6				
C04							0,03		102	0,11	0,3	873
C05 / S1	Capo Vaticano	VV	38°36,739'	15°50,808'	0 - 5 cm	0,18		635,8				
C05 / S2					5 - 10 cm	< 0,25		557,8				
C05 / S3					10 - 20 cm	< 0,31		572				
C05							0,10		216	3,24	< 0,03	958
C06 / S1	Marina di Gioia Tauro	RC	38°26,220'	15°53,401'	0 - 5 cm	0,14		747,3				
C06 / S2					5 - 10 cm	0,19		821,8				
C06 / S3					10 - 20 cm	0,15		752,4				
C06							0,06		293	0,10	0,6	1090
C07 / S1	Gallico Marina	RC	38°09,655'	15°38,952'	0 - 5 cm	0,35		889,5				
C07 / S2					5 - 10 cm	0,27		844,1				
C07 / S3					10 - 20 cm	0,33		875,1				
C07							0,11		311	0,23	0,5	1004
C08 / S1	Brancaleone Marina	RC	37°57,801'	16°06,144'	0 - 5 cm	0,19		487,3				
C08 / S2					5 - 10 cm	0,20		612				
C08 / S3					10 - 20 cm	0,20		558,8				
C08							0,07		209	2,48	0,03	304
C09 / S1	Roccella Ionica	RC	38°19,075'	16°23,733'	0 - 5 cm	0,26		848,1				
C09 / S2					5 - 10 cm	0,30		772,8				
C09 / S3					10 - 20 cm	0,30		798,3				
C09							0,11		294	3,53	< 0,03	1290
C10 / S1	Montepaone Lido	CZ	38°43,476'	16°32,418'	0 - 5 cm	0,31		770,6				
C10 / S2					5 - 10 cm	0,26		746				
C10 / S3					10 - 20 cm	0,29		784,9				
C10							0,10		266	0,99	0,1	1235
C11 / S1	Capo Rizzuto	KR	38°54,311'	17°06,081'	0 - 5 cm	0,11		309,9				
C11 / S2					5 - 10 cm	0,11		295,3				
C11 / S3					10 - 20 cm	0,13		331,4				
C11							0,04		109	1,38	< 0,03	586
C12 / S1	Torre Melissa Lido	KR	39°19,000'	17°06,675'	0 - 5 cm	0,28		724,5				
C12 / S2					5 - 10 cm	0,19		785,6				
C12 / S3					10 - 20 cm	0,31		854,9				
C12							0,10		291	0,50	0,2	1138
C13 / S1	Pietrapaola Marina Stazione	CS	39°32,340'	16°51,915'	0 - 5 cm	0,50		580				
C13 / S2					5 - 10 cm	0,48		582,6				
C13 / S3					10 - 20 cm	0,43		579,6				
C13							0,15		191	0,75	0,2	932
C14 / S1	Villapiana Scalo	CS	39°47,117'	16°29,181'	0 - 5 cm	0,45		300				
C14 / S2					5 - 10 cm	0,31		228,9				
C14 / S3					10 - 20 cm	0,40		317,9				
C14							0,13		100	0,22	0,6	465
C15 / S1	Rocca Imperiale Marina	CS	40°06,088'	16°37,491'	0 - 5 cm	0,44		240,5				
C15 / S2					5 - 10 cm	0,46		255,3				
C15 / S3					10 - 20 cm	0,41		236,6				
							0,13		75		CNP	CNP

¹³⁷ Cs nell'acqua di mare (Incertezza della misura 15%)							Indagine 1997				
Punto di Prelievo	Località	Comune	Pr	N	E	Cs ¹³⁷ Bq*m ⁻³	Punto di Prelievo	N	E	Cs ¹³⁷ Bq*m ⁻³	
							1	39°59,13	15°39,71	2,9 ± 0,1	
C01	Foce Fiume Noce	Tortora	CS	39°54,863'	15°44,285'	1,8 ± 0,1					
C02	Capo Bonifati	Bonifati	CS	39°33,495'	15°50,028'	2,2 ± 0,1					
							2	39°19,19	16°00,40	2,1 ± 0,2	
C03	Amantea	Amantea	CS	39°07,603'	16°02,235'	2,3 ± 0,1					
C04	Torre di Mezza Praia	Curinga	CZ	38°49,946'	16°11,964'	2,3 ± 0,1					
							3	38°44,53	16°06,56	2,4 ± 0,2	
C05	Capo Vaticano	Ricadi	VV	38°36,337'	15°49,327'	2,4 ± 0,1					
C06	Marina di Gioia Tauro	Gioia Tauro	RC	38°26,487'	15°52,555'	2,6 ± 0,1					
							4	38°23,98	15°49,19	2,2 ± 0,1	
C07	Gallico Marina	Reggio Calabria	RC	38°09,627'	15°37,688'	2,7 ± 0,4					
							5	37°54,23	15°46,29	2,2 ± 0,2	
C08	Brancaleone Marina	Brancaleone	RC	37°58,370'	16°07,790'	2,4 ± 0,1					
							6	38°12,77	16°17,43	2,3 ± 0,1	
C09	Roccella Ionica	Roccella Ionica	RC	(1)	(1)	3,0 ± 0,1					
							7	38°41,48	16°35,27	2,5 ± 0,1	
C10	Montepaone Lido	Montepaone	CZ	38°43,255'	16°33,302'	2,7 ± 0,2					
C11	Capo Rizzuto	Isola di Capo Rizzuto	KR	38°54,114'	17°06,493'	2,6 ± 0,1					
							8	39°02,35	17°12,45	2,9 ± 0,1	
C12	Torre Melissa Lido	Melissa	KR	39°18,558'	17°07,598'	2,2 ± 0,1					
C13	Pietrapaola Marina Stazione	Pietrapaola	CS	39°33,028'	16°51,913'	2,6 ± 0,1					
C14	Villapiana Lido	Villapiana	CS	39°48,769'	16°30,603'	3,0 ± 0,3					
							9	39°49,48	16°33,86	3,4 ± 0,1	
C15	Rocca Imperiale Marina	Rocca Imperiale	CS	40°05,520'	16°38,625'	2,5 ± 0,1					
(1) a ~ 1 miglio dal punto a terra C09				38°19,075'	16°23,733'						

Campioni di sedimento (Incertezza della misura 15%) indagine 2005/2006							Indagine 1997						
Punto di Prelievo	Località	Pr	N	E	Peso secco		Punto di Prelievo	Località	N	E	Peso secco		
					Cs ¹³⁷ (Bq kg ⁻¹)	K ⁴⁰ (Bq kg ⁻¹)					Cs ¹³⁷ (Bq kg ⁻¹)	K ⁴⁰ (Bq kg ⁻¹)	
C01	Foce Fiume Noce	CS	(1)	(1)	0,81	324							
C02	Capo Bonifati	CS	39°34,332'	15°51,015'	0,26	611							
							S2	Cittadella del Capo	39°33,05	15°52,29	< 0,4	594 ± 5	
C03	Amantea	CS	39°08,884'	16°03,422'	0,32	604							
							S3	Marina di Falerna	38°58,44	16°08,01	0,6 ± 0,1	816 ± 7	
C04	Torre di Mezza Praia	CZ	38°49,887'	16°12,429'	1,04	745							
							S4	Vibo Valentia	38°43,62	16°08,03	1,3 ± 0,1	598 ± 9	
C05	Capo Vaticano	VV	(2)	(2)	0,55	730	S5	Capo Vaticano	38°36,86	15°49,91	< 4	789 ± 7	
C06	Marina di Gioia Tauro	RC	(3)	(3)	0,57	702							
C07	Gallico Marina	RC	(4)	(4)	0,69	827							
							S7	Melito di Porto Salvo	37°54,30	15°46,96	0,6 ± 0,2	729 ± 12	
C08	Brancaleone Marina	RC	37°58,370'	16°07,790'	1,63	481							
							S8	Siderno	38°15,83	16°17,62	< 0,4	719 ± 11	
C09	Roccella Ionica	RC	38°19,593'	16°26,673'	1,18	896							
							S9	Soverato	38°41,63	16°33,24	1 ± 0,1	873 ± 7	
C10	Montepaone Lido	CZ	38°44,706'	16°33,886'	2,12	586							
C11	Capo Rizzuto	KR	(5)	(5)	0,08	366	S10	Capo Rizzuto	38°53,61	17°05,95	< 0,3	84 ± 2	
							S10B	Crotone	39°01,96	17°12,27	0,2 ± 0,1	462 ± 7	
C12	Torre Melissa Lido	KR	39°18,558'	17°07,598'	0,17	711	S11	Torre Melissa	39°16,00	17°08,95	< 1	740 ± 7	
							S12	Cariati Marina	39°30,37	16°56,53	< 0,3	572 ± 8	
C13	Pietrapaola Marina Stazione	CS	39°33,028'	16°51,913'	1,68	621							
C14	Villapiana Lido	CS	39°48,769'	16°30,603'	0,91	502							
							S13	Trebisacce	39°51,43	16°32,60	0,6 ± 0,1	366 ± 7	
C15	C. Spulico / Montegiordano	CS	40°00,342'	16°37,026'	0,56	414							
	(1) punto a terra C01		39°55,282'	15°45,483'									
	(2) punto a terra C05		38°36,739'	15°50,808'									
	(3) punto a terra C06		38°26,220'	15°53,401'									
	(4) punto a terra C07		38°09,655'	15°38,952'									
	(5) punto a terra C11		38°54,311'	17°06,081'									

Campioni di vegetali marini (Incertezza della misura 15%) indagine 2005/2006						Peso fresco		Peso secco	
Campione		Località	Pr	N	E	Cs ¹³⁷ (Bq kg ⁻¹)	K ⁴⁰ (Bq kg ⁻¹)	Cs ¹³⁷ (Bq kg ⁻¹)	K ⁴⁰ (Bq kg ⁻¹)
C01/A1	Fanerogama	Foce Fiume Noce	CS	(1)	(1)	< 0,185	190	< 0,79	812
C02/A1	Alga verde	Capo Bonifati	CS	(2)	(2)	0,110	400	0,42	1518
C03/A1	Alga verde	Amantea	CS	39°08,884'	16°03,422'	0,270	150	1,31	728
C04/A1	Alga verde	Pizzo	CZ	38°44,280'	16°09,795'	0,517	280	2,34	1269
C05/A1	Alga rossa	Capo Vaticano	VV	(3)	(3)	0,170	140	0,32	266
C05/A2	Fanerogama	Capo Vaticano	VV	(3)	(3)	< 0,168	190	< 0,56	629
C05/A3	Fanerogama	Capo Vaticano	VV	(3)	(3)	< 0,129	180	< 0,48	676
C05/A4	Alga rossa	Capo Vaticano	VV	(3)	(3)	0,275	220	0,76	604
		Marina di Gioia Tauro	RC	campione non presente					
C07/A1	Alga verde	Gallico Marina	RC	(4)	(4)	0,314	180	1,20	690
C08/A1	Fanerogama	Brancaleone Marina	RC	(5)	(5)	0,250	342	0,93	1267
C08/A2	Alga rossa	Brancaleone Marina	RC	(5)	(5)	< 0,170	142	< 0,76	634
C09/A1	Fanerogama	Roccella Ionica	RC	38°19,593'	16°26,673'	0,128	140	0,45	490
C10/A1	Fanerogama	Montepaone Lido	CZ	38°44,706'	16°33,886'	< 0,127	120	< 0,63	596
C10/A2	Alga verde	Montepaone Lido	CZ	38°44,706'	16°33,886'	0,493	260	1,30	684
C11/A1	Fanerogama	Capo Rizzuto	KR	(6)	(6)	0,093	130	0,37	521
C11/A2	Alga rossa	Capo Rizzuto	KR	(6)	(6)	0,077	110	0,13	185
C11/A3	Alga rossa	Capo Rizzuto	KR	(6)	(6)	0,265	600	0,50	1133
C12/A1	Fanerogama	Torre Melissa Lido	KR	39°18,364'	17°06,568'	0,220	80	1,13	410
C13/A1	Fanerogama	Pietrapaola Marina Stazione	CS	39°33,028'	16°51,913'	0,286	150	1,00	522
C14/A1	Fanerogama	Villapiana Lido	CS	39°48,840'	16°30,500'	< 0,224	200	< 0,80	716
C15/A1	Fanerogama	Capo Spulico	CS	(7)	(7)	0,102	140	0,50	687
in prossimità della costa, sponda dx fiume						(1)	39°55,282'	15°45,483'	
in prossimità del punto a terra C02						(2)	39°34,332'	15°52,134'	
in prossimità del punto a terra C05 (sulla dx)						(3)	38°36,739'	15°50,808'	
in prossimità del punto a terra C07						(4)	38°09,655'	15°38,952'	
in prossimità della costa, vedi punto a terra C08						(5)	37°58,083'	16°06,371'	
in prossimità del punto a terra C11						(6)	38°54,311'	17°06,081'	
in prossimità della costa, di fronte al castello						(7)	40°00,342'	16°37,026'	

Alipante

1 l. spaccato

2/3 Kg. x specie

compilata

Campioni di specie ittiche (Incertezza della misura 10%)						Peso fresco parte edule		Indagine 1997			Peso fresco parte edule	
Punto di Prelievo	Località	Comune	Pr		Specie	Cs ¹³⁷ (Bq*kg ⁻¹)	K ⁴⁰ (Bq*kg ⁻¹)	Località			Cs ¹³⁷ (Bq*kg ⁻¹)	K ⁴⁰ (Bq*kg ⁻¹)
P01	Cetraro (S.Lucido)	Cetraro	CS	P01/C1	Misto	0,096	110	Cetraro	C510	Misto	< 0,3	125 ± 3
				P01/C2	Moscardino	0,096	83		C503	Moscardino	< 0,2	87 ± 2
				P01/C3	Triglia di fango	0,150	150		C502	Triglia di fango	< 0,5	139 ± 3
P02	Vibo Marina	Vibo Valentia	VV						C509	Gambero bianco	0,1 ± 0,05	108 ± 2
				P02/C1	Misto	0,101	110	Vibo Marina	C512	Misto	0,2 ± 0,1	126 ± 3
				P02/C2	Triglia di fango	0,092	120		C504	Triglia di fango	< 0,2	119 ± 2
				P02/C3	Gambero bianco	0,186	110		C501	Gambero bianco	< 0,1	108 ± 2
P03	Crotone	Crotone	KR	P02/C4	Moscardino	< 0,091	110	Crotone	C508	Moscardino	< 0,2	84 ± 2
				P03/C1	Triglia di fango	0,124	130					
				P03/C2	Calamaretti	< 0,089	90					
				P03/C3	Gambero bianco	0,120	114		C506	Gambero bianco	< 0,1	109 ± 2
									C511	Moscardino	< 0,2	95 ± 2
P04	Schiavonea	Schiavonea	CS					Schiavonea	C507	Scorfano di fondo	< 0,4	121 ± 3
				P04/C1	Triglia di fango	0,110	134					
				P04/C2	Gambero bianco	< 0,120	102		C515	Gambero bianco	< 0,2	102 ± 2
				P04/C3	Moscardino	< 0,110	84		C505	Moscardino	< 0,1	94 ± 2
				P04/C4	Misto	0,059	100		C513	Misto	< 0,2	114 ± 2
									C514	Misto	< 0,2	116 ± 2

Plutonio nell'acqua di mare													
Punto di Prelievo	Località	Comune	Pr	N	E	Sigla	Litri filtrati	Resa% Pu	Pu ²³⁹⁺²⁴⁰ mBq*l ⁻¹		Pu ²³⁸ mBq*l ⁻¹		Pu ²³⁸ / Pu ²³⁹⁺²⁴⁰
C03	Amantea	Amantea	CS	39°07,603'	16°02,235'	C03/Pu1	100	67,3	0,0102	± 0,0007	0,0004	± 0,0002	0,042
C08/B	Saline Ioniche	Reggio Calabria	RC	37°54,634	15°44,000'	C08B/Pu1	100	71,8	0,0131	± 0,0007	0,0005	± 0,0002	0,036
C12	Torre Melissa Lido	Melissa	KR	39°18,558'	17°07,598'	C12/Pu-1	100	63,6	0,0130	± 0,0008	0,0003	± 0,0002	0,026
						C12/Pu-2	100	59,2	0,0129	± 0,0012	0,0007	± 0,0003	0,055
						Media ± 1		65,5±5,3	0,0123	± 0,0014	0,0005	± 0,0002	0,040 ± 0,012
						Range		59,2-71,8	0,0102	- 0,0131	0,0003	- 0,0007	0,026 - 0,055