

Annali

*dell'Istituto
Superiore
di Sanità*

Volume 23, N. 2, 1987

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ - LABORATORIO DI FISICA

**Il rischio ambientale nella produzione di energia:
risultati sperimentali, calcoli e riflessioni dopo Chernobyl**

Edizione curata da SERENA RISICA

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ - VIALE REGINA ELENA, 299 - ROMA



ISTITUTO SUPERIORE DI SANITA' – LABORATORIO DI FISICA

**IL RISCHIO AMBIENTALE NELLA PRODUZIONE DI ENERGIA:
RISULTATI SPERIMENTALI, CALCOLI E RIFLESSIONI DOPO CHERNOBYL**

Mauro Belli, Alfredo Bertocchi, Gloria Campos Venuti, Salvatore Frullani,
Franco Garibaldi, Bruno Girolami, Martino Grandolfo, Giulio Grisanti,
Filomena Mazzei, Sandro Onori, Serena Risica, Antonia Rogani, Silvano Simula,
Eugenio Tabet, Antonella Tabocchini, Paolo Vecchia

Edizione curata da Serena Risica

RINGRAZIAMENTI

Si desiderano ringraziare Giorgio Parisi della II Università di Roma, Tor Vergata, per la preziosa collaborazione nella preparazione della sezione sul CO₂, Francesco Mazzini, Bruno Salusest e Massimo Morichi del Centro Studi ed Esperienze dei Vigili del Fuoco per le attività di monitoraggio aereo della contaminazione descritte nel capitolo II.6. Si ringraziano inoltre Maurizio Cignitti del Laboratorio di Chimica del Farmaco dell'Istituto Superiore di Sanità e Guido Visconti del Dipartimento di Fisica dell'Università dell'Aquila per proficue discussioni sul capitolo III e Gianni Petrangeli dell'ENEA-DISP per illuminanti chiarimenti su alcuni aspetti dell'incidente di Chernobyl. Si desiderano anche ringraziare P. Czernski, del Center for Devices and Radiological Health, USA, F. Evangelisti, dell'Università di Roma "La Sapienza" e M.H. Repacholi, del Royal Adelaide Hospital, Australia, per le numerose informazioni fornite.

Il Laboratorio è debitore nei confronti di molti colleghi operanti nel Servizio Sanitario Nazionale che hanno fornito regolarmente dati delle misure di contaminazione in diverse matrici. Per la preziosa e costante trasmissione di dati si ringraziano in particolare il PMP di Piacenza, la USL n. 40 di Ivrea, il PMP di Milano, la USL n. 1 di Trieste oltre alla USL 10/D di Firenze.

Nel corso di questi mesi il Laboratorio ha potuto avvalersi del contributo essenziale dei colleghi qui di seguito indicati.

Per il lavoro sperimentale: Alvaro Grisanti, Fabio Felici, Maurizio Vischetti, Fausto Giuliani con la consulenza di Gianni Mariutti per le misure su alcune matrici alimentari.

Per i calcoli dosimetrici: Mirella Matzeu, Barbara Caccia.

Contributi tecnici preziosi sono venuti da: Riccardo Crateri, Giacomo Monteleone, Luigi Pierangeli, Serena Romagnoli, Fabio Santavenero, Piero Veneroni, Massimo Gricia, Paolo Colilli.

Nel ringraziare poi tutti gli altri colleghi che hanno direttamente o indirettamente collaborato allo svolgimento dei compiti affidati al Laboratorio un particolare riconoscimento è dovuto a Pietro Luigi Indovina per il supporto fornito in questi mesi ed a Franca Grisanti, Alma Paoluzi, Stefania Razeto, assieme a Tiziana Talucci, per la mole di lavoro supplementare che hanno svolto con generosità e professionalità.

Il lavoro di stesura del dattiloscritto è stato svolto da Basilia Scolaro e Simona Ceccarelli, che qui si ringraziano per l'impegno profuso nel preparare in tempi assai stretti il testo per la pubblicazione. Analogo ringraziamento si desidera esprimere alla redazione degli Annali ed in particolare a Vilma Alberani. A Serena Risica un ringraziamento particolare da parte di tutti gli altri autori.

I.3.4	Gli eventi incidentali nei reattori LWR: probabilità e conseguenze.....	»	256
I.3.5	Alcune indicazioni da Chernobyl.....	»	263
I.3.6	Conclusioni.....	»	265
I.4	Pianificazione, operatività e gestione dell'emergenza nucleare.....	<i>Pag.</i>	269
I.4.1	Implicazioni dell'emergenza nella localizzazione degli impianti: presupposti tecnici dei piani di emergenza ed uso del territorio.....	»	269
I.4.2	Pianificazione dell'emergenza.....	»	272
I.4.3	Gestione dell'emergenza.....	»	274
I.4.4	Operatività della risposta di emergenza.....	»	275
I.4.5	Conclusioni.....	»	276
I.5	Gestione dei rifiuti prodotti da una centrale nucleare: situazione attuale e prospettive.....	<i>Pag.</i>	279
I.5.1	Introduzione.....	»	279
I.5.2	Classificazione dei rifiuti prodotti da una centrale elettronucleare e da un impianto di riprocessamento.....	»	281
I.5.3	Modalità di gestione dei rifiuti.....	»	284
I.5.4	Deposito e smaltimento dei rifiuti ad alta attività.....	»	288
I.5.5	Situazione italiana.....	»	297
I.5.6	Conclusioni.....	»	299
 II. L'EVENTO DI CHERNOBYL: CONOSCENZE E VALUTAZIONI DELLE SUE CONSEGUENZE			
II.1	Chernobyl: l'incidente, il rilascio e le sue conseguenze in URSS.....	<i>Pag.</i>	305
II.1.1	L'incidente.....	»	305
II.1.2	Il rilascio.....	»	312
II.1.3	Conseguenze sanitarie.....	»	315
II.1.4	Conclusioni.....	»	321
II.2	Diffusione della contaminazione in Europa.....	<i>Pag.</i>	323
II.2.1	Meteorologia.....	»	323
II.2.2	Concentrazione in aria e deposizione al suolo dei radionuclidi significativi. Intensità di esposizione.....	»	324
II.2.3	Contaminazione degli alimenti.....	»	327
II.2.4	Provvedimenti restrittivi adottati dai vari paesi.....	»	330
II.2.5	Equivalenti di dosi ricevuti: alcune stime preliminari.....	»	335

II.3 Distribuzione della contaminazione in Italia.....	<i>Pag.</i>	341
II.3.1 Le stazioni di misura della contaminazione radioattiva.....	»	341
II.3.2 Valori della contaminazione in alcune matrici.....	»	343
II.3.3 Deposizione totale al suolo.....	»	358
II.4 Dinamica ambientale dei radionuclidi.....	<i>Pag.</i>	361
II.4.1 Deposizione sulla vegetazione e sul terreno.....	»	361
II.4.2 Ritenzione nei vegetali.....	»	364
II.4.3 Assorbimento radicale dal terreno.....	»	370
II.5 Valutazioni preliminari delle dosi in Italia.....	<i>Pag.</i>	373
II.5.1 Premessa.....	»	373
II.5.2 Metodo di calcolo delle dosi.....	»	374
II.5.3 Risultati dei calcoli di dose.....	»	380
II.5.4 Valutazione del rischio sanitario associato ad introduzione di iodio 131.....	»	390
II.5.5 Valutazione preliminare dell'impegno di equivalente di dose efficace.....	»	390
II.5.6 Conclusioni.....	»	391
II.6 Attività sperimentale del Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità per la misura della contaminazione ambientale.....	<i>Pag.</i>	395
II.6.1 Misure di concentrazione di radionuclidi in aria, di contaminazione al suolo e di rateo di esposizione.....	»	395
II.6.2 Attività specifica in matrici alimentari.....	»	401
II.6.3 Rilevamento aereo di radioattività.....	»	409
II.6.4 Sviluppo di un metodo di routine semplice e rapido per misure di concentrazione di iodio 131 in matrici liquide.....	»	430
II.6.5 Conclusioni.....	»	433
 III. ASPETTI AMBIENTALI SU SCALA GLOBALE NELL'USO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI		
III.1 Il problema del CO₂.....	<i>Pag.</i>	439
III.1.1 Introduzione.....	»	439
III.1.2 Aumento del CO ₂ atmosferico.....	»	439
III.1.3 Effetti climatici dell'aumento del CO ₂ atmosferico.....	»	444
III.1.4 Conclusioni.....	»	450

IV. PROBLEMI E PROSPETTIVE DELLE ENERGIE RINNOVABILI

IV.1 Energie rinnovabili: dati di base	<i>Pag.</i>	455
IV.1.1 Introduzione.....	»	455
IV.1.2 Distribuzione geografica della radiazione solare.....	»	456
IV.2 Generazione fotovoltaica dell'elettricità	<i>Pag.</i>	461
IV.2.1 Basi fisiche del processo fotovoltaico.....	»	461
IV.2.2 Disponibilità e produzione di materiali per i dispositivi fotovoltaici.....	»	462
IV.2.3 Stato attuale e linee di tendenza della tecnologia delle celle fotovoltaiche.....	»	466
IV.2.4 Stato della ricerca nel settore dei concentratori fotovoltaici.....	»	469
IV.2.5 Lo scenario mondiale del fotovoltaico.....	»	471
IV.2.6 Impatto economico del fotovoltaico.....	»	476
IV.2.7 Impatto ambientale del fotovoltaico.....	»	481
IV.3 L'energia eolica	<i>Pag.</i>	489
IV.4 L'energia dalla biomassa	<i>Pag.</i>	497
IV.5 Conclusioni	<i>Pag.</i>	507

PREMESSA

Nel dare alle stampe questo numero degli Annali, l'Istituto Superiore di Sanità si propone di soddisfare due esigenze distinte.

La prima è legata al ruolo che l'ISS è stato chiamato a svolgere nelle diverse fasi che hanno seguito l'arrivo in Italia della contaminazione radioattiva originatasi nell'evento di Chernobyl. Durante l'anno, o quasi, che ci separa da quell'evento, infatti, diverse responsabilità sono state affidate all'Istituto: nello svolgimento di misure e di calcoli, per la comprensione del quadro della contaminazione radioattiva in Italia e delle sue implicazioni dosimetriche, e nella consulenza tecnica che è stata fornita a diversi Organi dello Stato, in particolare al Ministero della Sanità, durante il periodo dei provvedimenti di emergenza e nei mesi successivi.

Parte dell'attività a carattere sperimentale o di calcolo, che ha così fortemente impegnato il Laboratorio di Fisica dell'ISS in questi mesi, troverà collocazione in pubblicazioni a carattere specialistico; un quadro d'insieme del lavoro svolto, sia pure nelle grandi linee, doveva pur tuttavia essere approntato e offerto all'attenzione dei colleghi e delle strutture sanitarie.

Accanto a questa prima esigenza, che ha portato alla preparazione della sezione II, ve ne è una seconda, non del tutto disgiunta dalla prima. Nel corso degli ultimi 15-20 anni più volte l'ISS è stato condotto ad esaminare, nell'ambito delle sue competenze naturali, questioni di natura tecnico-scientifica legate ai processi di produzione dell'energia, in particolar modo sotto il profilo dei riflessi che questi processi possono avere sul quadro ambientale e sanitario del Paese.

Diverse pubblicazioni e conferenze, in sedi diverse, testimoniano di questa attività.

Le sezioni I, III e IV di questo fascicolo si propongono, nel presentare un quadro di alcuni dei punti più controversi della questione energetica, di fissare l'attenzione su temi o problemi che dovrebbero avere una influenza importante sulle scelte energetiche e che la avranno certamente sulla qualità ambientale che da quelle scelte risulterà sottesa. Nel fare ciò, non si ha l'ambizione di fornire un quadro completo dei problemi di rischio per tutte le fonti energetiche: alcune di queste non sono state esaminate, per altre l'esame si è concentrato solo su alcuni degli aspetti più significativi.

Non compaiono, in questo lavoro, considerazioni sulla fusione nucleare, sulla fonte idroelettrica, sul risparmio energetico, su alcuni segmenti del ciclo nucleare (in particolare il "decommissioning"), sul delicato problema della proliferazione, né sulle interazioni tra la sicurezza di un impianto e azioni deliberatamente ostili, sia in tempo di pace che in caso di conflitto.

E' opportuno poi sottolineare che l'assenza di un capitolo sugli effetti su scala locale e regionale degli inquinanti emessi dalle centrali a combustibile fossile non deve essere in alcun modo intesa come una sottovalutazione dell'importanza dei problemi sanitari ed ambientali che l'uso di tali combustibili pone, oggi ed anche in prospettiva, ove non sia accompagnato dallo sviluppo delle tecnologie più avanzate per il contenimento degli effluenti. Lo stesso dicasi per l'analisi della fenomenologia degli eventi sanitari correlabili a quegli inquinanti.

Come è ovvio in un lavoro di questo tipo, i diversi capitoli sono redatti da autori diversi, ciascuno nel proprio settore di competenza specifica. I temi trattati nelle diverse sezioni e nei diversi capitoli non sono necessariamente omogenei tra loro nell'impostazione, e il lettore ritroverà questa caratteristica anche nel carattere della trattazione. In alcuni casi i capitoli del testo intendono presentare un quadro conoscitivo dell'argomento, affrontato con il taglio di un articolo di rassegna critica, in altri, come si è già detto, si presentano invece i risultati di attività svolte recentemente all'interno dell'ISS. In qualche caso è sembrato opportuno, per comodità del lettore e considerando

la larghezza dello spettro tematico che caratterizza il problema dell'energia, condensare in alcune pagine introduttive le nozioni preliminari di base per l'argomento trattato.

Conclusioni di sezione o di capitolo richiamano in forma sintetica il punto di arrivo delle riflessioni degli autori sui temi svolti.

Francesco Pocchiari