

Bollettino della SIRR

Radiazioni Ricerca e Applicazioni

*STUDIO DEGLI INDICI DI
CONFORMAZIONE PER LA VALUTAZIONE
DEL PIANO DI CURA RADIOTERAPICO*

*MISURARE IL RADON PER CAPIRE
LA RADIOATTIVITÀ*

*IL POTENZIAMENTO DEL NUCLEARE
ENERGETICO IN EUROPA E NEL MONDO:
PUNTUALIZZAZIONI SULL'ATIPICITÀ
DEL CASO ITALIA*

*XII CONVEGNO NAZIONALE
DELLA SOCIETÀ ITALIANA PER LE
RICERCHE SULLE RADIAZIONI*



Carissimi Soci,

Partecipare in questi quattro anni di mandato (il tempo è decisamente volato!) come Presidente in maniera fattiva alla vita di un'Associazione a carattere interdisciplinare come la nostra è stato molto stimolante poiché mi ha offerto l'opportunità di interagire in maniera diretta con diverse componenti, fisica, chimica, medica e biologica, che hanno in comune l'interesse verso le radiazioni. Uno degli obiettivi che mi ero prefissata all'inizio del mio mandato era quello di potenziare l'aspetto interdisciplinare della S.I.R.R. in modo che la nostra Associazione fosse sempre di più il forum nel quale confluiscono competenze diverse, e dove si potesse realizzare un continuo passaggio di conoscenze tra i diversi settori. Per ottenere questo è però necessario un coinvolgimento di tutti voi che vada al di là della partecipazione alle iniziative intraprese, che hanno avuto un buon successo. Occorrono stimoli, e forse uno potrebbe venire dal nuovo impulso che è stato dato al nostro Bollettino: mi auguro che collaboriate sempre più numerosi! E' cambiata la veste tipografica, e dal prossimo numero cambierà anche il nome, con l'intenzione di farlo diventare una rivista e di divulgarlo sempre di più al di fuori della nostra Associazione.

Mi fa piacere ricordare il successo delle attività svolte dalla S.I.R.R. in questi quattro anni: il Primo Seminario su "Novel sterilization techniques in food industry: the use of e-beam, gamma and X-ray radiation" (Pavia, 2001), la II Riunione Nazionale su "Radiazioni in Medicina e Biologia: stato delle ricerche ed applicazioni cliniche" (Padova, 2003), l'XI (Piano di Sorrento, 2002) ed il XII (Genova, 2004) Convegno Nazionale. Inoltre, grazie agli sforzi di Donatella Tirindelli, nel 2001 è stata costituita la Federazione Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni (FIRR), che vede coinvolte oltre alla S.I.R.R. altre sei associazioni e Carissimi scientifiche italiane che si occupano di ricerca sulle radiazioni in campo medico. Infine, è stato stipulato un accordo con l'ESRB (European Society for Radiation Biology) allo scopo di divulgare reciprocamente le rispettive attività.

Nel chiudere desidero esprimere i miei ringraziamenti ai Segretari ed ai membri del Consiglio che si sono avvicendati in questi quattro anni per l'aiuto che mi hanno dato, a tutti coloro con cui ho collaborato per l'organizzazione delle diverse attività svolte, al Direttore ed al Comitato di redazione del Bollettino. Inoltre, auguro un ottimo lavoro al nuovo Presidente ed al nuovo Consiglio della S.I.R.R. e ringrazio tutti voi per la fiducia accordatami.

Giustina Simone

SOMMARIO

BOLLETTINO della SIRR

Publicazione Periodica
Quadrimestrale
Dicembre 2004 - Vol. VII n. 3

Direttore Responsabile
Gianfranco Grossi
grossi@na.infn.it

Responsabile Editoriale
Raffaele De Vita
devita@casaccia.enea.it

Capo Redattore
Francesca Ballarini
francesca.ballarini@mi.infn.it

Comitato di Redazione
Mauro Bonardi
mauro.bonardi@mi.infn.it
Renzo Corvò
renzo.corvo@istge.it
Martino Grandolfo
martino@iss.it
Lorenzo Manti
lorenzo.manti@na.infn.it
Matteo Merzagora
merzagora@libero.it

Per Informazioni e Corrispondenza
Francesca Ballarini
Tel. 02 50317399
Tel. 0382 507906
Fax 02 50317630
e-mail: francesca.ballarini@mi.infn.it

Editrice: Società Italiana
per le Ricerche sulle Radiazioni

Registrazione del Tribunale di Roma
n. 406 del 6 Agosto 1998

Grafica: Renato Cafieri

Stampa: Tipolitografia SEA srl
Zona Ind. Settevene Nepi (VT)
Tel. 0761527323

Pubblicità: Tipolitografia SEA

STUDIO DEGLI INDICI DI CONFORMAZIONE PER LA VALUTAZIONE DEL PIANO DI CURA RADIOTERAPICO 4

Monica Bevegni, Chiara Sampietro e Renzo Corvò

MISURARE IL RADON PER CAPIRE LA RADIOATTIVITÀ 7

Gennaro Venoso

IL POTENZIAMENTO DEL NUCLEARE ENERGETICO IN EUROPA E NEL MONDO: PUNTUALIZZAZIONI SULL'ATIPICITÀ DEL CASO ITALIA 11

Mauro L. Bonardi e Flavia Groppi

XII CONVEGNO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA PER LE RICERCHE SULLE RADIAZIONI 13

Antonella Bertucci e Francesca Ballarini



L'isola nucleare del reattore Europeo EPR. Il primo esemplare, che è stato commissionato nel Dicembre 2003 ed entrerà in esercizio nel 2009, è in costruzione ad Olkiluoto, 200 km a Nord-Ovest di Helsinki. Immagine fornita da Mauro Bonardi, LASA, Università degli Studi di Milano e INFN-Milano.



Segreteria
Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni

Unità Tossicologia e Scienze Biomediche
ENEA Centro Ricerche Casaccia, s.p. 016
Via Anguillarese, 301 - 00060 ROMA
☎ 06/30484671 Fax 06/30484891
e-mail: devita@casaccia.enea.it
http://www.sirr.unina.it

STUDIO DEGLI INDICI DI CONFORMAZIONE PER LA VALUTAZIONE DEL PIANO DI CURA RADIOTERAPICO

Monica Bevegni¹, Chiara Sampietro¹ e Renzo Corvò²

¹Unità di Fisica Medica, ²Dipartimento di Scienze Oncologiche - S.C. Radioterapia Azienda USL 1. Regione Liguria - San Remo
e-mail: m.bevegni@asl1.liguria.it - r.corvo@asl1.liguria.it

Il piano di cura radioterapico è il processo che pianifica la distribuzione di una dose prescritta al tumore o a un volume bersaglio minimizzando la dose agli organi a rischio (OAR) circostanti. Nella moderna era del calcolo 3-D della dose, l'istogramma dose-volume (DVH) rappresenta lo strumento più utilizzato per accettare o meno un piano di cura. Nel DVH la dose somministrata viene riportata sull'asse x e la percentuale di volume delle strutture di interesse (VOI) sull'asse y. La forma della curva del DVH di ogni VOI e l'AUC (Area Under Curve) sono ulteriori strumenti valutati per verificare se una distribuzione di dose al volume bersaglio è adeguata o omogenea e per determinare l'accettabilità della dose somministrata alle strutture OAR. Dal DVH possono essere estrapolate le percentuali di VOI che ricevono una determinata dose (V_{Gy}): ad esempio la V_{20} è uno strumento valido per la scelta del frazionamento e la dose totale nei pazienti con neoplasia polmonare, le V_{40} , V_{50} e V_{70} sono comunemente utilizzate per la valutazione dei piani di cura nel trattamento di tumori addomino-pelvici.

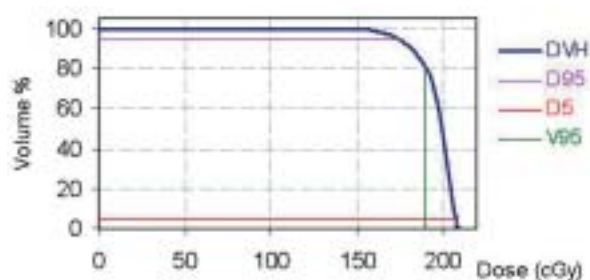


Fig. 1 - Istogramma dose-volume cumulativo - DVH

La sola valutazione del DVH può essere però semplicistica perché:

1. vi è una perdita delle informazioni spaziali riguardo alla reale distribuzione tessutale della dose: un'area del VOI che riceve una dose elevata può essere rappresentativa sia di una singola area calda (hot spot) sia di un numero di molteplici piccole aree calde (multiple hot-spots). La tolleranza tessutale può essere completamente diversa nelle due diverse condizioni dosimetriche.
2. la dose riportata sull'asse x è la dose convenzionale (C-DVH) e non tiene conto di molteplici fattori che influenzano gli effetti biologici della dose su quel tessuto; tra questi fattori i più importanti sono il rapporto α/β (diverso per diversi tumori, per i tessuti sani a risposta acuta o tardiva), il tempo necessario per la somministrazione del trattamento, l'entità della singola frazione, la durata complessiva del trattamento radiante. L'utilizzo di un DVH costruito con i parametri biologici essenziali, quale il Biological Effective Dose Volume Histogram (BED-DVH), potrebbe consentire una previsione più accurata e precisa degli effetti biologici.

Appare pertanto necessario utilizzare modelli matematici complementari al semplice DVH al fine di ottimizzare la scelta di un piano di cura radioterapico. Per questo scopo, sono stati sviluppati, studiati e discussi diversi modelli che possono supportare il radioterapista e il fisico nel "ranking" di un piano di radioterapia: modelli di

ottimizzazione della conformità (indici di conformazione) della dose al volume bersaglio, ai tessuti sani adiacenti il tumore e agli OAR e modelli di ottimizzazione biologica (non trattati nel presente lavoro) su base meccanicistica o su base fenomenologica.

Indici di conformità in radioterapia

L'indice di conformità viene indicato come il rapporto tra il volume di tessuto compreso entro un'isodose di riferimento (es. 95%) e il volume tumorale (PTV o CTV- RTOG, ICRU 62). Altri indici, sviluppati per la valutazione della distribuzione di dose in radioterapia stereotassica, possono essere utilizzati allo scopo di valutare in modo più accurato il DVH di un piano di cura 3-D convenzionale. Le formule più interessanti che permettono ad esempio di stimare il sottodosaggio del volume tumorale o l'eccessivo dosaggio dei tessuti sani adiacenti al tumore, sono riportate di seguito:

Indice di conformità	$IC = \frac{VT_{IR}}{VT}$
Numero di conformazione	$NC = \frac{VT_{IR} \cdot VT_{IR}}{V_{IR} \cdot V_{IR}}$
Numero di conformazione	$COIN = NC \cdot \prod_{i=1}^{N_{OAR}} \left[1 - \frac{V_{OCref,i}}{V_{OC,i}} \right]$
Fattore di sottodosaggio tumorale	$FSI = \frac{VT_{IR}}{VT}$
Fattore di sopradosaggio dei tessuti sani adiacenti al tumore	$FSIS = \frac{V_{IR}}{V_{IR}}$
Indice di conformità geometrica	$g = FSI + FSIS$
Fattore di conformazione dei tessuti sani	$FCIS = \frac{V_{IR}}{V_{IR}}$

dove: $VT_{<IR}$ è il volume tumorale compreso entro l'isodose inferiore all'isodose di riferimento (es. 95%), VT è il volume tumorale, VTS_{IR} è il volume dei tessuti sani compresi entro l'isodose di riferimento, VT_{IR} è il volume tumorale compreso entro l'isodose di riferimento, V_{IR} è il volume di tessuto compreso entro l'isodose di riferimento, N_{OC} è il numero degli organi critici (OAR), $V_{OCref,i}$ è il volume dell'organo critico i-esimo compreso entro l'isodose di riferimento, $V_{OC,i}$ è il volume dell'organo critico i-esimo.

Inizialmente applicato per la valutazione dei piani di brachiterapia, il "CONFORMAL INDEX (COIN)" è stato successivamente introdotto per la scelta dei piani 3-D di radioterapia esterna; questo indice tiene conto della qualità dell'irradiazione del volume bersaglio, dei tessuti sani non critici (adiacenti il tumore) e degli organi critici (OAR).

Applicazione degli indici in 3D-CRT

Per verificare l'applicabilità degli indici di conformità ai trattamenti 3D-CRT sono stati presi in considerazione i trattamenti radioterapici di pazienti affetti da tumore alla prostata. In tal caso il target è collocato tra gli OAR vescica, retto e parete anteriore del retto e quindi l'irradiazione del tumore e il risparmio dei tessuti sani circostanti risulta essere una situazione particolarmente critica.

Per 19 pazienti consecutivi sono stati valutati gli indici di conformità, IC, NC e COIN, e gli indici di tossicità dal DVH per ogni singola distribuzione di dose radioterapica ottenuta con tecnica box a quattro campi e tecnica a tre campi. I risultati ottenuti sono rappresentati nei grafici seguenti: Dall'analisi degli istogrammi emerge in modo più

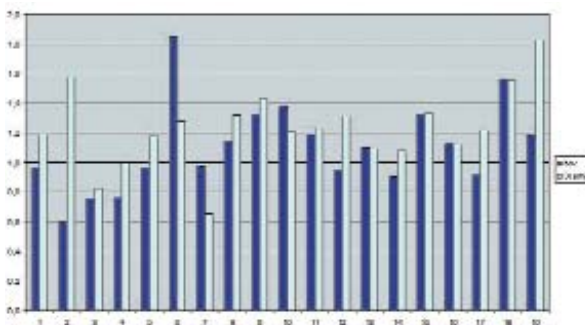


Fig. 2 - Indice di conformazione, CI

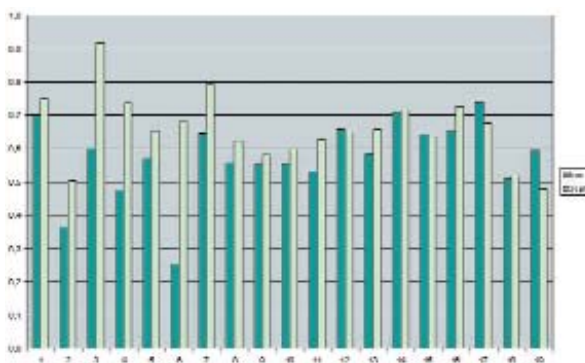


Fig. 3 - Indice di conformità globale, NC

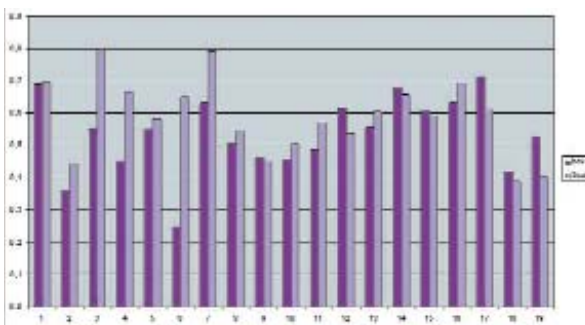


Fig. 3 - Indice di conformazione con OAR

marcato, rispetto al metodo tradizionale di scelta del piano di cura tra piani rivali basato sull'analisi dell'andamento dell'isodose 95% e sui valori di $V_{95\%}$ del target e di V_{Gy} degli OAR, la necessità di una personalizzazione mirata della tecnica utilizzata per ogni singolo paziente e dell'utilizzo di tecniche a più campi o complesse. Inoltre gli indici di conformità permettono una scelta oggettiva tra piani rivali e risultano essere un valido strumento di supporto al Radioterapista e al Fisico nel ranking di un piano radioterapico permettendo di ottimizzare la somministrazione della dose.

L'analisi estesa ad un numero più elevato di pazienti consentirà di individuare indici di soglia per l'accettabilità di un piano di cura. Il metodo degli indici di conformità potrà essere validamente utilizzato in altre situazioni complesse quali i trattamenti del distretto testa-collo.

Lo studio degli indici di conformità nella Radioterapia 3D-Conformazionale può essere un presupposto qualitativo valido per la scelta di pazienti da avviare su base individuale a trattamenti con Radioterapia ad Intensità Modulata (IMRT).

Riferimenti Bibliografici

- Feuvret L, Moel G, Nauraye C et al: Conformal Index and Radiotherapy. *Cancer/ Radiotherapie* 8:108-119, 2004
- Lefkopoulos D et al: Determination of dose-volume parameters to characterize the conformity of stereotactic treatment plans. *Proc. XIII Int Conf Computers in Radiation Therapy, XIII ICCR, Heidelberg*, p 356-358, 2000.
- Lomax NJ et al: Quantifying the degree of conformity in radiosurgery treatment planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 55: 1409-19, 2003
- Vant'Riet A et al: A conformation number to quantify the degree of conformality in brachytherapy and external beam irradiation: application to the prostate. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 37: 731-736, 1997
- Baltas D et al: A conformal index (COIN) to evaluate implant quality and dose specification in brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 40:515-24, 1998.
- Niemierko A, Mohan R. Intensity-modulated radiotherapy: part II Radiobiological Aspects. *ASTRO Refresher Course* 2001.
- Jani A et al: Biological-effect versus conventional dose volume histogram correlated with late genitourinary and gastrointestinal toxicity after external beam radiotherapy for prostate cancer: a matched pair analysis. *BMC Cancer* 3:16.



**The Annual Scientific Meeting of the
Association for Radiation Research
and
The 34th Annual Meeting of the
European Society for Radiation Biology
5th to 8th September 2005
University of Leicester, UK
[http:// www.gci.ac.uk/ust/arr/home.html](http://www.gci.ac.uk/ust/arr/home.html)**

IL POTENZIAMENTO DEL NUCLEARE ENERGETICO IN EUROPA E NEL MONDO: PUNTUALIZZAZIONI SULL'ATIPICITÀ DEL CASO ITALIA

Mauro L. Bonardi* e Flavia Groppi

LASA, Università degli Studi ed Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INFN-Milano

e-mail: Mauro.Bonardi@mi.infn.it

*International Committee of the American Nuclear Society, <http://www.ANS.org>

*Gruppo Interdivisionale di Radiochimica della Società Chimica Italiana, <http://www.LASA.mi.infn.it>

All'epoca del Rinascimento Europeo l'intero pianeta era popolato da 450 milioni d'individui, pari alla popolazione attuale della sola Europa. Da allora la popolazione mondiale è cresciuta di 15 volte fino alla quota attuale di 6,4 miliardi e nei prossimi 50 anni raggiungerà quota 9 miliardi. È stato dimostrato che sviluppo e qualità della vita sono più che proporzionali alla disponibilità energetica. Secondo l'International Energy Outlook 2004, i consumi energetici hanno raggiunto 10 miliardi di tonnellate di petrolio equivalente, pari ad una potenza installata di 13 TW. Questo consumo d'energia totale è coperto per l'80% da fossili ed il 30% dell'energia disponibile è usato per la produzione d'elettricità (3.900 GWe), il cui consumo è triplicato negli ultimi 30 anni. Il 65% di tale potenza elettrica è ottenuto da fossili (39% carbone) ed il 17% da centrali nucleari. Secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) dell'OCSE, nel 2004 la produzione di petrolio crudo ha raggiunto i 28,6 Mbl-giorno⁻¹ nei soli Paesi dell'OPEC, la più alta dal 2001. Il consumo mondiale d'energia raddoppierà entro il 2050, mentre il consumo d'elettricità raddoppierà già entro il 2025.

1. Il caso Italiano a confronto con la situazione internazionale

Il 17% dell'energia elettrica è di origine nucleare su scala planetaria ed il 36% nei paesi dell'OCSE, i.e., World Nuclear Association

<http://www.world-nuclear.org>

Quest'energia è prodotta da 440 impianti nucleari in 31 Paesi, mentre altri 33 sono in costruzione. In

50 anni di storia dell'industria nucleare si sono verificati solo 2 incidenti rilevanti, quello senza vittime di Three Mile Island (1979) e quello di Chernobyl (1986), che ha comportato un numero globale di vittime inferiore a 100 secondo le più recenti stime dell'ONU, dell'IAEA e della NEA-OECD, anche tenendo conto delle proiezioni nei decenni successivi.^{1,2)} In nessun caso si verificarono esplosioni nucleari, malgrado una parziale fusione del nocciolo del reattore.²⁾ Solo in Italia gli impianti idroelettrici sono 10.000, con tutti i rischi associati (disastri del Gleno con 600 vittime nel 1923 e Vajont con più di 2000 vittime nel 1963).³⁾ In Italia, secondo il Ministero della Salute, ogni anno le vittime di malattie polmonari e cardiocircolatorie legate all'inquinamento atmosferico da fossili sono 3.500, mentre quelle causate da esplosioni di gas combustibili per uso domestico sono 160-180, ed il metano proveniente dal Golfo Persico è importato in Italia allo stato liquido su imponenti navi gasiere. Secondo studi condotti dall'OMS, su scala planetaria l'inquinamento atmosferico causa ogni anno la morte di 3 milioni di persone, con valori equiparabili a qualche centinaio di "Chernobyl d'inquinamento" ogni giorno, con un tasso di mortalità 3 volte maggiore previsto per il 2025. In Italia i consumi elettrici hanno raggiunto i 54 GWe nel 2003 e sono in aumento del 2-6% all'anno dal referendum antinucleare del 1987. Il nostro Paese importa il 90% delle materie prime per la produzione d'energia ed il 18% della nostra elettricità - d'origine nucleare - è prodotta in Francia e triangolata in Italia da Austria, Francia, Slovenia e Svizzera.

Il nostro Paese importa energia elettrica anche dalla Grecia dal 1997 (140 MWe). Un recente sondaggio compiuto nel 2004 in tutti i Paesi dell'UE dall'European Economic and Social Committee, ha mostrato come il pubblico Europeo sia oggi favorevole all'energia nucleare con 68% di consensi, 33% di contrari e 11% di astenuti. Un risultato analogo è stato ottenuto da un *field-pool* compiuto in California nel 2003, con 2/3 degli intervistati a favore della ripresa dei programmi nucleari ed un ribaltamento dell'opinione espressa dopo l'incidente di Three Mile Island del 1979. Nell'UE la base d'energia elettronucleare varia dal 15 al 82% della capacità elettrica installata da Paese a Paese. Anche Paesi come Germania e Svezia, che hanno optato per una moratoria nella costruzione di nuovi impianti sull'onda del disastro di Chernobyl, continuano a basare la propria economia sui numerosi impianti nucleari di potenza in esercizio (45 e 33% dell'energia elettrica). In Germania sono installati 18 impianti nucleari con una potenza elettrica di 21 GWe, pari al 38% dell'intera potenza elettrica utilizzata in Italia.

Nuovi impianti nucleari a sicurezza intrinseca (o passiva) stanno entrando in funzione (*Gen III*), o sono in fase avanzata di progettazione (*Gen IV*), in varie parti del mondo.⁴⁾ Fra i più avanzati va segnalato l'AP1000 della BNFL-Westinghouse da 1150 MWe.⁵⁾ Tale reattore Advanced-PWR a sicurezza passiva, costituito da 300 moduli trasportabili su rotaia, è progettato per operare con un *core* costituito da MOX. Il 13 Settembre 2004 la U.S. NRC ha dato l'approvazione per la sua realizzazione; data la modularità, la sua costruzione *in situ* richiederà solo 36 mesi. In Giappone, Paese dove il 35% dell'energia elettrica è prodotto mediante centrali nucleari, sono in costruzione alcune decine di nuovi impianti per portare tale percentuale al 60% entro il 2020, nonostante gli incidenti che hanno provocato alcune vittime negli ultimi anni, vittime dovute ad esplosioni ed ustioni da vapore surriscaldato e non a contaminazione od esposizione a radiazioni nucleari. In questo Paese, l'entrata in esercizio di un reattore d'ultima generazione di tipo Advanced-BWR richiede oggi 48 mesi dalla data di commissionamento.⁴⁾ Nel Dicembre 2003, il gestore elettrico Finlandese Teollisuuden Voima Oy ha firmato un contratto col consorzio fra AREVA-Framatome ANP e Siemens per la costruzione del primo reattore Europeo, EPR (European Pressurized water



Figura 1 - L'isola nucleare del reattore Europeo EPR. Il primo esemplare è in costruzione in Finlandia, nel sito di Olkiluoto, 200 km a Nord-Ovest di Helsinki. E' stato commissionato nel Dicembre 2003 ed entrerà in esercizio nel 2009

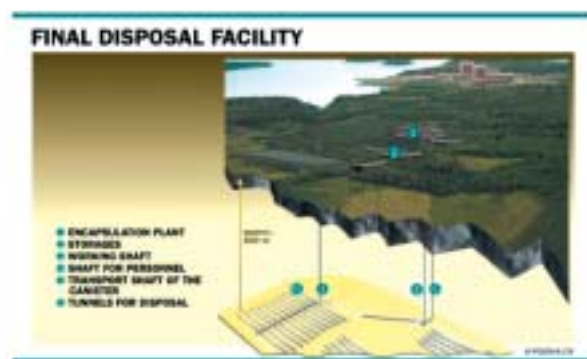


Figura 2 - La repository Finlandese di Posiva Oy. L'impianto si trova a 500 m di profondità nelle vicinanze del complesso nucleare di Olkiluoto.

Reactor) da 1.600 MWe (Fig. 1)⁶⁾ Le scorie saranno depositate in una repository a 500 m di profondità, gestita da Posiva Oy (Fig. 2). Paesi dell'Est Europeo come Bulgaria, Lituania, Repubblica Ceca, Repubblica Slovacca ed Ungheria hanno un parco nucleare che copre il 35-82% del fabbisogno interno. L'ENEL è proprietario del 66% dell'ente elettrico slovacco Slovenske Elektrarne dal Novembre 2004. Sono attualmente in corso trattative fra ENEL ed Electricité de France (EdF) per l'acquisto di una quota delle centrali nucleari Francesi.

2. Il combustibile nucleare, ... virtualmente inesauribile

L'U è un elemento affatto raro, ubiquitario nella crosta terrestre e concentrato nelle acque salmastre (3 ton·km⁻³ nell'Adriatico). Nella crosta terrestre l'U è 40 volte più abbondante dell'Ag e 700 volte più dell'Au, e la sua concentrazione è simi-

le a quella di metalli comuni come Pb e Sn ed altri di grande interesse tecnologico quali Cs, Ta e W. Il ^{238}U , che costituisce il 99.27% dell'U naturale è un nuclide fertile che può quindi essere utilizzato per produrre altro combustibile nucleare nei reattori autofertilizzanti a spettro neutronico veloce (*breeders*), con un incremento globale della resa di 70-80 volte.^{7,8} La quasi totalità dei reattori nucleari operativi nei Paesi poveri di U naturale è alimentata con ^{235}U leggermente arricchito al 3-4%, o con MOX (costituito da ossidi di U e Pu), anche se il riciclo del combustibile (*fuel reprocessing* per la realizzazione di MOX) presenta tuttora risvolti emotivi e di sicurezza (proliferazione di materiale radioattivo, rischio di sabotaggio). Paesi ricchi d'U come Canada e USA, possono permettersi di utilizzare le barre di combustibile una sola volta prima dello smaltimento (processo *once through*), anziché riciclarlo come MOX. I reattori al ^{232}Th sono una valida alternativa a quelli ad U ed il Th è 4-7 volte più abbondante dell'U nella crosta terrestre; il ^{232}Th è un combustibile fertile in grado di produrre il radionuclide *fissile* ^{233}U .^{7,8} Per concludere, i combustibili nucleari sono virtualmente inesauribili, rispetto ai combustibili fossili attualmente utilizzati, od almeno disponibili per migliaia d'anni anche ipotizzando un consumo molto superiore a quello attuale, in particolare utilizzando il riciclo del combustibile e potenziando l'impiego di *breeders*.

3. Il Protocollo di Kyoto ampiamente disatteso poiché irrealizzabile nella situazione attuale

L'Italia, pur avendo sottoscritto il protocollo di Kyoto del 1997 sulla limitazione dell'immissione di gas serra nell'ambiente, dalla data dell'accordo ha incrementato le proprie emissioni del 14% anziché diminuirle del 3.5% come stabilito. Negli USA il consumo d'energia nucleare è inferiore alla media dei Paesi più avanzati (8% del totale e 20% dell'elettricità), sia per ragioni politiche in quanto gli USA furono i promotori del *Nuclear Non-Proliferation Treaty* (1968), sia date le immense riserve petrolifere e di gas naturale disponibili nel Paese, che costituiscono la motivazione sostanziale del ripetuto diniego all'accettazione dei protocolli di Vienna (1985), Montreal (1993) e Kyoto (1997). In tale Paese la politica energetica, nonostante la robusta opposizione degli Stati produttori di combustibili fossili (Alaska e Texas, *i.e.*, il Presidente G.W. Bush è Texano), si sta nuovamente orientando ad un potenzia-

mento dell'energia nucleare. Le motivazioni sono di tipo squisitamente ecologista, come ha sottoscritto l'ambientalista James Lovelock - ideatore della teoria di GAIA e fervente nuclearista - che ha dichiarato "*opposition to nuclear energy is based on irrational fear*".⁹ Una motivazione completamente diversa ha giustificato il rifiuto da parte della Cina della firma di tali protocolli, giacché quest'enorme Paese affamato d'energia dato il rapidissimo tasso di sviluppo (30% annuo), non ha ancora la tecnologia sufficiente per un uso massiccio dell'energia nucleare. Malgrado i precedenti disastrosi che si sono verificati in molti Paesi del Globo, la Cina ha viceversa annunciato la costruzione della più grande diga idroelettrica del mondo, che prevede la deviazione del fiume Yangtze collegandolo con lo Huang He (fiume Giallo). Tale diga alimenterà 26 turbine da 700 MWe ciascuna. La Cina è proiettata ad avere una potenza di 240 GWe entro il 2020. Nel 2001 il governo cinese ha annunciato la costruzione di un numero limitato di centrali nucleari di potenza. La Russia ha firmato il protocollo nel Novembre 2004, anche se tutti gli osservatori sono concordi nel ritenere che non sarà in grado di onorarlo.

4. Scorie nucleari: contenimento sicuro, dispersione disastrosa, o trasmutazione ?

Ogni anno la combustione di fossili immette 25 miliardi di tonnellate di CO_2 nell'atmosfera, pari a 800 tonnellate $\cdot\text{s}^{-1}$. Mentre la popolazione mondiale aumenta di 120 persone $\cdot\text{min}^{-1}$, la quantità di CO_2 rilasciata dai combustibili fossili cresce di 50.000 ton $\cdot\text{min}^{-1}$. A queste si aggiungono ingenti quantità di SO_x , NO_x , elementi tossici e metalli pesanti (alcuni radioattivi). Le scorie prodotte dall'energia nucleare conservano la stessa minuscola quantità d'U presente all'inizio del processo, e possono essere depositate in modo sicuro sotto depositi naturali od artificiali sotterranei.^{7,10} Il combustibile esausto prodotto ogni anno dai reattori di tutto il mondo è pari a 200.000 m^3 di LILW e 10.000 m^3 di HLW e potrebbe trovare posto all'interno di una struttura di due piani di 100 m x 100 m x 20 m.¹⁰ È quindi necessario sfatare il mito che i residui o scorie dell'industria nucleare (rad-waste) costituiscano un enorme problema volumetrico; si tratta in realtà di un quantitativo insignificante su scala globale. Una soluzione naturale, appoggiata dalla scienza, per l'immagazzinamento sicuro e l'isolamento dalla biosfera delle scorie radioattive è quella di sfruttare siti

geologici stabili. I contenitori di tali materiali vetrificati sarebbero costituiti da vasi concentrici d'acciaio o rame, in grado di resistere per migliaia d'anni alle condizioni di corrosione più sfavorevoli. Paradossalmente quindi l'elevata radiotossicità delle scorie nucleari fa sì che l'industria energetica nucleare sia l'unica fra le tante che nel proprio ciclo comprende anche la raccolta, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti prodotti, rappresentando l'unico esempio di ciclo energetico chiuso utilizzato su larga scala.¹¹⁾ Nonostante i piccoli quantitativi in gioco, la trasmutazione delle scorie nucleari mediante reattori dedicati o sistemi ADS, è già tecnicamente realizzabile ed è tenuta in considerazione, non tanto quale alternativa allo smaltimento in discarica, bensì per il migliore sfruttamento del combustibile e l'ulteriore recupero energetico.^{8,11)}

Bibliografia

1. UNSCEAR 2000, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UN Publication, New York, USA, 2000.
2. NEA-OECD, Chernobyl: Assessment of Radiological and Health Impacts, 2002 Update of Chernobyl: Ten Years On, OECD Nuclear Energy Agency, Issy-les-Moulineaux, France, 2002.
3. Casali F., Energia pulita: Quale?, Rischi e benefici associati alla produzione di energia da varie fonti energetiche, con prefazione di Ricci A.R., Cappelli Ed., Bologna, 1987.
4. Lake J.A., Bennett R.G., Kotek J.F., L'energia nucleare della prossima generazione, *Le Scienze*, **402** (2002) 30-39.
5. Bruschi H.J., The Westinghouse AP1000 – Final Design Approved, *Nuclear News of the ANS*, Nov 2004, pp. 30-35.
6. Twilley R.C., EPR development – An evolutionary design process, *Nuclear News of the ANS*, Apr 2004, pp. 26-35.
7. Cochran R.G., Tsoulfanidis N., *The Nuclear Fuel Cycle: Analysis and Management*, 2nd Ed., American Nuclear Society, Ed., La Grange Park, Illinois, USA, 1999.
8. Bonardi M., Groppi F., Mainardi C.H.S., Barni D., Michelato P., Sertore D., Winter Meeting 2001 dell'American Nuclear Society, Reno, Nevada, USA: EBR-I e "cinquantenario" della produzione di energia elettronucleare, trasmutazione nucleare, impieghi avanzati degli acceleratori, reattori e trasmutatori a metalli liquidi, desalinizzazione dell'acqua marina, celle a combustibile, applicazioni biomediche ed industriali delle radiazioni ionizzanti, INFN/TC-01/21, LNF-Frascati, 20 Dic 2001.
9. The James Lovelock official website: <http://www.ecolo.org/lovelock/>
10. International Nuclear Societies Council, Current Issues in Nuclear Energy, Radioactive Waste, ANS, La Grange Park, IL, USA, 2002.
11. Waltar A.E., *Radiation and Modern Life, Fulfilling Marie Curie's Dream*, Prometheus Book, New York, USA, 2004.

QUOTA ASSOCIATIVA S.I.R.R. 2005...E QUELLE ARRETRATE!

Carissimo Socio,

come sai, la quota sociale, oltre ad essere la principale fonte di finanziamento per il funzionamento della nostra Società, è anche un segno annuale di adesione e partecipazione.

La quota sociale, attualmente ad un livello minimo, è un dovere che ogni Socio deve assolvere **entro il 31 marzo** di ogni anno, onde evitare che la gestione delle quote con relativi solleciti e verifiche abbia un costo superiore alla stessa quota.

La quota per il 2005 è di euro 30,00 e potrà essere versata tramite assegno circolare o bancario, non trasferibile, intestato a S.I.R.R. oppure tramite versamento in contanti alla Segreteria. Con l'intento di favorire i cosiddetti "non strutturati" (studenti, borsisti, etc.) la quota sociale è ridotta a € 15,00, chi si trova in questa condizione dovrà esplicitamente dichiararlo mediante autocertificazione contestualmente all'invio della quota annuale.

Fiduciosi della tua collaborazione e partecipazione, cogliamo l'occasione per inviarti i nostri più cari saluti.

LA SEGRETERIA

MISURARE IL RADON PER CAPIRE LA RADIOATTIVITÀ

Gennaro Venoso

Università Federico II, Dipartimento di Scienze e Fisiche, e
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Napoli
e-mail: venoso@na.infn.it

L'importanza del radon

La rilevanza dell'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento nei luoghi chiusi è ormai largamente riconosciuta e può essere valutata in termini di equivalente di dose efficace corrispondente [1]. Mentre è solo con estese indagini epidemiologiche che si potrà procedere ad una corretta valutazione del rischio associato all'esposizione prolungata ad alte concentrazioni di questo gas radioattivo, la necessità di una mappatura di tutti quei luoghi, soprattutto sotterranei, utilizzati da lavoratori nello svolgimento delle proprie mansioni, è stata riconosciuta anche dalla legislazione italiana. Questa, con il D. Lgs 241 del 2000 [2], fissa determinate concentrazioni limite ed un percorso procedurale che può giungere fino all'estensione della normativa di radioprotezione ai luoghi di lavoro. Per le abitazioni sono suggeriti dei "valori di attenzione" ($400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ e $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) per gli edifici di vecchia e nuova costruzione, rispettivamente.

Alcuni aspetti della normativa non ancora chiariti hanno portato, soprattutto nelle regioni meridionali, ad una notevole inerzia nella sua applicazione. Le linee guida emanate dalla conferenza dei presidenti delle regioni e delle province autonome [3], chiariscono molti di questi aspetti ed offrono un riferimento per l'identificazione degli obiettivi delle indagini da effettuare, delle tecniche di misura e dei soggetti abilitati ad applicarle.

Inoltre, al di là della sua rilevanza in radioprotezione, il radon può essere "usato" come uno strumento di indagine per lo studio dei fenomeni sismici. Le fratture subite dalle rocce possono favorire la fuoriuscita del radon emanato nei pori dei materiali che costituiscono la crosta terrestre [4, 5]. Molti studi condotti sull'emanazione del radon dai suoli, confermano che variazioni locali e temporali della concentrazione di gas riflettono

variazioni nell'attività sismica e vulcanica e, in alcuni casi, si è notata una evidente correlazione tra l'aumento di radon nei suoli ed il verificarsi di terremoti nelle aree circostanti [6]. Per verificare la significatività di queste osservazioni, sarebbe utile realizzare una rete di stazioni di rilevamento di radon nei suoli al fine di studiare con continuità la variazione della sua emanazione rispetto ad indicatori della dinamica della crosta terrestre.

Per quanto esposto, ci si aspetterebbe che più di un organismo sentisse come suo dovere istituzionale la necessità di effettuare misure di radon in ambito sia sanitario che ambientale, ma, almeno nell'Italia meridionale, ciò non è avvenuto: nell'ultimo ventennio questo tipo di attività è stata svolta, infatti, solo nell'ambito universitario, dimostrando, da parte degli altri enti, una scarsa attenzione per la promozione culturale di una tematica dai così rilevanti risvolti sociali.

Il modo più naturale per affrontare questo problema è senz'altro quello di intervenire nelle scuole proponendo attività che possano, da un lato rimediare all'insufficiente impegno degli enti preposti e, dall'altro, fornire agli studenti conoscenze su tematiche generalmente poco affrontate nei programmi ordinari.

Il radon nelle scuole: una singolare proposta di mappatura del territorio

Un'attività in grado di applicare l'approccio sopra suggerito potrebbe consistere in una collaborazione tra le scuole superiori ed università opportunamente articolata, che si prefigga, per esempio, i seguenti obiettivi:

1) svolgimento di una campagna di misure nelle scuole da parte degli stessi studenti previa acquisizione delle nozioni e delle tecniche necessarie. In questo modo si promuove l'informazione sulle tematiche della radioattività diffondendo la

cultura scientifica mediante la pratica diretta del metodo sperimentale;

2) partecipazione ad una rete di monitoraggio di radon nei suoli. In questo caso, gli studenti possono contribuire in maniera determinante all'acquisizione di un'importante serie di dati, che, inseriti in un database, possano essere consultati dagli studiosi di scienze della terra.

Il primo obiettivo potrebbe essere perseguito nel seguente modo.

Dopo un periodo di tempo dedicato allo studio teorico, teso a far luce sulle proprietà delle radiazioni e sui motivi che rendono importante la loro misura, gli studenti possono essere introdotti ad un'attività di laboratorio, effettuando misure preliminari di concentrazione di radon, allo scopo di familiarizzare sia con le tecniche di rivelazione sia con il comportamento di questo gas. Per eseguire queste misure "rapide", si possono utilizzare sia canestri di carbone attivo sia E-perm, molto utili per avere in breve tempo la risposta dopo esposizioni realizzate in varie condizioni ed in varie posizioni. Gli E-perm, o elettreti, sono dei dischi di teflon elettrizzati che, posti all'interno di camere di raccolta, durante l'esposizione sono scaricati dalla ionizzazione prodotta dalle radiazioni emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento. La differenza di potenziale del disco, misurata prima e dopo l'esposizione con un elettrometro, corretta per un opportuno fattore di calibrazione, dà una misura della concentrazione di radon. La misura col metodo dei canestri, invece, si basa sul fenomeno dell'assorbimento del radon da parte dei carboni attivi: dopo l'esposizione all'aria, i canestri sono sigillati ed analizzati con tecniche di spettroscopia gamma per rivelare le emissioni dei figli del radon ^{214}Pb e ^{214}Bi . Forti dell'esperienza acquisita in queste attività, gli studenti possono essere impegnati in una campagna vera e propria, articolata in due semestri consecutivi, per la stima della dose media efficace annua. A tale scopo si utilizzano rivelatori basati sull'uso del film LR115. Esposti all'interno di piccole camere di diffusione, i film sono danneggiati dalle particelle alfa del radon e dei suoi figli, che formano sulla pellicola delle tracce rivelabili in seguito ad un trattamento chimico: dalla densità di tracce si può risalire alla concentrazione di radon.

Il secondo obiettivo può essere raggiunto, rendendo gli studenti in grado di utilizzare da soli uno strumento per la rilevazione della concentrazione

di radon in modo continuo. Strumenti particolarmente adatti per questo tipo di monitoraggio sono quelli basati sull'uso di un rivelatore al silicio accoppiato con una camera a raccolta elettrostatica dei prodotti di decadimento ionizzati del radon; questi consentono di effettuare la spettroscopia alfa, e quindi, la discriminazione dei diversi isotopi del radon. Per riportare l'efficienza e le concentrazioni misurate a condizioni standard è opportuno misurare anche i parametri climatici (temperatura, pressione ed umidità) sia all'interno sia all'esterno della camera. Un esemplare del sistema, può essere installato in ogni scuola partecipante, in modo tale che gli studenti possano controllare e gestire le rilevazioni in tempo reale. Inoltre, gli studenti potranno partecipare alla costruzione di un database, in cui saranno inseriti i valori di concentrazione di radon sia in aria che nel suolo.

Un primo test in Campania

In Campania, una regione caratterizzata da alti livelli di radioattività [7] ed avente zone ad alto rischio sismico, non è fino ad oggi ancora stata intrapresa una campagna di monitoraggio di radon nei suoli. La campagna effettuata in passato, tra il 1989 ed il 1992, indirizzata a misurare le concentrazioni di radon all'interno delle abitazioni ed altre successive mirate ad individuare i valori più alti della media, hanno permesso di accumulare presso il laboratorio di Radioattività dell'Università Federico II, una certa esperienza sia nelle tecniche di misura che nello sviluppo di strumentazione. Sulla base di questa esperienza e sulla falsariga del modello di intervento sopra esposto, è nato nel 2003 il progetto INFN Envirad, tutt'ora in corso, in cui è stato possibile verificare la possibilità di organizzare una campagna per rivelazione di radon in aria e nei suoli con la collaborazione delle scuole. Coinvolti attivamente nella pianificazione delle misure, gli studenti hanno dimostrato un grande interesse per gli obiettivi dell'indagine proposta e stanno acquisendo, con il passare del tempo, una buona autonomia nell'effettuazione delle misure e nell'analisi dei dati. Le misure preliminari con rivelatori a "breve termine" su campioni non rappresentativi, finalizzate a scopi eminentemente didattici, hanno comunque fornito qualche informazione utile sugli ambienti scolastici che può così essere sintetizzata: le concentrazioni nei laboratori e nelle sale di calcolo sono risultate nell'88% dei casi

inferiori a $400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ e per il rimanente 12% a $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Nelle aule i valori sono stati per il 97% inferiori a $400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, limite che è stato superato nel rimanente 3%, e in nessun caso si sono registrati valori superiori ai $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, che è il limite di legge che impone azioni di rimedio. Questi risultati vanno, in ogni caso, verificati con quelli ottenuti dalle misure a lungo termine. Nei primi mesi del 2005 inizierà il monitoraggio del suolo utilizzando il sistema RaMonA [8] (Radon Monitoring and Acquisition), messo a punto presso lo stesso laboratorio

Questa attività, anche se condotta da istituzioni che non hanno tra i loro compiti la sorveglianza del territorio, pone le basi per il disegno di una mappa, anche se parziale, della radioattività in Campania. Un risultato importante per tutti i partecipanti è però il valore aggiunto consistente nella diffusione tra i giovani dell'interesse per queste tematiche e per la ricerca scientifica.

Bibliografia

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR E.88.IX.7, New York, 1988
- [2] D.Lgs 241/00, Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, Suppl. Ord. G.U. n 203 del 31-08-2001
- [3] AAVV, Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei., (2003).
- [4] P. Gasparini and M.S.M. Mantovani, *Radon anomalies and volcanic eruptions*, Journal of Vulcanology and Geothermal Research, vol. 2, 1978.
- [5] G. Ciotoli, S.Lombardi, *Relazione tra anomalie superficiali dei gas nel suolo e faglie sismogenetiche: un esempio la Piana del Fucino (Abruzzo, Italia Centrale)*. Bollettino Geofisico, anno XXI, n°3-4, Maggio-Dicembre 1998.
- [6] H.Wakita et al. *An experimental study of the relation between rock rupture and variation of radon content*, Journal of Geophysical Research, 1985.
- [7] F. Bochicchio, G. Campos Venuti, C. Nuccetelli, et al, *Health Physics*, 71, 5 (1996) 741
- [8] V.Roca et al. Nuclear Science Symposium, Roma, 16-22 Ottobre 2004

XII CONVEGNO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA PER LE RICERCHE SULLE RADIAZIONI

Antonella Bertucci¹ e Francesca Ballarini²

¹Dipartimento di Scienze Fisiche e Dipartimento di Biologia Evolutiva e Comparata, Università degli Studi di Napoli Federico II; ²Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica, Università degli Studi di Pavia

Si è svolto a Genova presso i Magazzini dell'Abbondanza il XII Convegno della Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni, organizzato da Sandro Squarcia e collaboratori. Il convegno è stato preceduto dal corso pre-congressuale *Dose e Qualità in Radiopediatria Diagnostica e Terapeutica*, che ha avuto il supporto organizzativo dell'istituto "Giannina Gaslini" di Genova. Obiettivo del corso è stato quello di mettere in evidenza l'importanza che riveste il processo di ottimizzazione delle prestazioni diagnostiche e terapeutiche con particolare riferimento al settore pediatrico.

Il Convegno si è articolato in tre giornate, durante le quali si sono tenute otto sessioni orali ed una sessione di presentazione poster. La prima giornata del Congresso si è aperta con una piacevole ed interessante lettura magistrale di Vincenzo Balza-

ni (Dipartimento di Chimica, Università di Bologna), avente come tema "Congegni e macchine molecolari". L'intervento, che ha avuto inizio con la definizione del termine nanotecnologia e delle sue relative controversie linguistiche, ha con grande perizia illustrato le applicazioni pratiche circa l'utilizzo delle molecole come nanoconduttori di energia e di elettroni. La prima sessione, dal titolo "*Meccanismi ed effetti cellulari e molecolari delle radiazioni*", si è aperta con l'intervento di Roberto Cherubini dei Laboratori Nazionali di Legnaro, il quale ha illustrato il rischio connesso all'esposizione a basse dosi di radiazioni ed i diversi approcci adottati finora per la realizzazione di microfasci, i cosiddetti *microbeam*, il cui utilizzo consente lo studio degli effetti biologici a livello dei singoli compartimenti cellulari che derivano da tali esposizioni. Un interessante intervento ha

visto protagonista Orazio Saporà dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), il quale ha esposto la particolare caratteristica di una classe di antibiotici, i fluorochinoloni, di interagire con la luce nel campo dell'UVA dando luogo a fenomeni di fototossicità che ne condizionano l'utilizzo.

Nella stessa sessione sono stati mostrati, da Anna Saran dell'ENEA CR-Casaccia, i risultati ottenuti utilizzando topi eterozigoti *knock-out* per il gene *patched* dopo irraggiamento, nell'induzione del carcinoma a cellule basali che si esplica come accumulo sequenziale di alterazioni genetiche. Le lesioni indotte sul DNA dalle radiazioni ionizzanti sono state argomento dell'intervento di Francesca Antonelli (ISS), la quale ha presentato un lavoro in cui si mostravano gli studi effettuati sulle cinetiche di fosforilazione e defosforilazione dell'istone H2AX in seguito all'esposizione a raggi γ . Sempre nell'ambito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti, sono stati presentati, da parte di Francesco Cerutti (Università di Milano), i risultati ottenuti nello studio dell'effetto di differenti schermature su un fascio di ioni Fe, nonché le applicazioni del codice Monte Carlo FLUKA nella ricerca di base e nei calcoli di dosimetria e radioprotezione. La sessione si è quindi conclusa con l'intervento di Vincenzo Roca, del Dipartimento di Scienze Fisiche di Napoli, il quale ha adeguatamente illustrato le conseguenze dell'esposizione al radon, in modo particolare nei luoghi di lavoro, e la mancanza di norme giuridiche che non consente di rendere operativo il prodotto dell'attività legislativa. Successivamente è stato illustrato il progetto Envirad, che è trattato in dettaglio in questo numero del bollettino.

La seconda sessione, dal titolo "*Target molecolari e risposta individuale*", si è aperta con un intervento di Stefano Bonassi dell'Istituto Nazionale per la Ricerca sul Cancro di Genova, il cui tema centrale è stato lo studio della frequenza di aberrazioni cromosomiche nei linfociti del sangue periferico ed il correlato rischio di cancro, non trascurando un'ampia introduzione sui vari *step* che nel corso degli anni hanno consentito di giungere all'identificazione di un biomarcatore nelle aberrazioni cromosomiche linfocitarie. Sono stati inoltre illustrati i recenti studi mirati al trasferimento di questi risultati alla predizione del rischio di tumore a livello dell'intera popolazione.

Il primo contributo di questa sessione è stato ad opera di Francesca Ballarini dell'Università degli Studi di Pavia, la quale ha mostrato l'accordo

delle curve dose-risposta sperimentali ottenute dai dati disponibili in letteratura e quelli ottenuti dalla simulazione mediante l'utilizzo di un modello ed un codice Monte Carlo per le aberrazioni cromosomiche radioindotte, con applicazioni alla leucemia mieloide cronica. Il gruppo di Biofisica dell'Università di Napoli "Federico II" ha contribuito alla sessione presentando un lavoro basato su misure di aneuploidie in cellule della mucosa buccale in pazienti sottoposti a radioterapia nella regione testa-collo. Vincenza Viti, dell'Istituto Superiore di Sanità, ha mostrato uno studio comparativo degli effetti dell'irraggiamento mediante spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare tra fasci di fotoni (^{60}Co) e protoni utilizzando come modello cellule tumorali MCF-7 ed HeLa. Tali effetti si identificano in eventi metabolici che si esplicano in seguito ad irraggiamento e che rivestono enorme importanza nella comprensione dei differenti meccanismi di morte cellulare. Il tema di una scelta terapeutica ottimale per il paziente è stato ripreso nella presentazione di Cristiana Vidali dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria di Trieste. E' stata infatti illustrata una minuziosa analisi della letteratura sul ruolo predittivo della proteina p53 nel carcinoma rettale di pazienti sottoposti a radioterapia o radio-chemioterapia, dimostrando l'importanza della p53 come fattore predittivo.

La presentazione di poster *a latere* della sessione, con una *chairperson* per ogni disciplina, ha fornito un ulteriore contributo ai lavori delle sessioni orali. Come sempre i poster presenti hanno coperto diversi campi, da fisica e chimica fino a biologia e medicina. In particolare, in ambito medico sono stati presentati studi di *imaging*, caratterizzazioni di piani ed apparati radioterapici, analisi statistiche di dati su pazienti, stime di RDR in radiologia pediatrica e simulazioni (con il codice FLUKA) di dose in tessuto nei pressi di superfici metalliche. Rientrano nell'ambito biologico i lavori sul danno al DNA da ^{188}Re e da ioni carbonio, sui polimorfismi nei geni di riparo e sul danno citogenetico *in vivo* in tessuti emopoietici. In ambito fisico-chimico sono stati presentati lavori sulla messa a punto e utilizzo di apparati dosimetrici, misure di concentrazione di radioattività, studi di composizione di particolato atmosferico, effetti di onde acustiche e campi magnetici, nonché proprietà antiossidanti di specifici composti chimici.

Nella sessione dedicata all'interazione tra radiazioni e farmaci in radioterapia, Renzo Corvò

(ASL1 Liguria) ha fornito una *overview* su recenti risultati disponibili in letteratura relativamente all'associazione tra radioterapia e chemioterapici orali come vinorelbina, capecitabina e temozolomide, mentre Laura Guidoni (ISS), sulla base della Dichiarazione di Helsinki, ha discusso le principali problematiche etiche relative alla sperimentazione clinica di nuovi farmaci e radioterapia, sottolineando tra l'altro la maggiore complessità dell'identificazione di nuovi protocolli radioterapici come sperimentazione. Antonella Rosi (ISS) ha parlato di indicatori di qualità in radioterapia, mentre Franco Bistolfi ha discusso l'importanza di una base tissutale omologa nella IORT con elettroni.

Nella V sessione, dedicata alle tecniche innovative in radioterapia e in particolare adroterapia, Mauro Cattaneo (Osp. San Raffaele, Milano) ha discusso gli aspetti metodologici e le potenzialità della tomoterapia, mentre Marco Krengli (A.O. "Maggiore della Carotà" e Università del Piemonte Orientale, Novara) ha presentato risultati e prospettive future dell'adroterapia. Barbara Caccia (ISS) ha mostrato l'analisi radiobiologica di risultati ottenuti nello studio di casi clinici nell'ambito dell'ottimizzazione per IMRT, Elena De Martin ha presentato uno studio fisico-dosimetrico finalizzato all'implementazione clinica di una tecnica IMRT per le neoplasie del distretto cervico-facciale e Stefania Maggi ha discusso l'ottimizzazione della dose agli organi critici nella radioterapia della mammella effettuata con tecnica 3D monoisocentrica.

La sessione VI, dedicata alla chimica delle radiazioni e alla radiochimica, è stata aperta da Mario Carenza (ISOF-CNR, Bologna) con una relazione sul tema "Quarant'anni di chimica delle radiazioni a Legnaro". Sono seguiti interventi sull'applicazione di metodi nucleari nell'ambito dei beni culturali, la decomposizione di inquinanti effettuata mediante electron beam, l'applicazione della teoria RPM (Radical Pair Mechanism) come modello di analisi degli effetti del campo magnetico sulla chimica dei radicali liberi e studi EPR di radicali radioindotti. La sessione successiva, sulla realizzazione e sviluppo di PET e acceleratori, ha visto tra gli altri gli interventi di Chiara D'Ambrosio (ISS) sull'ottimizzazione dell'irraggiamento di un Linac per protonterapia, Pier Giorgio Fuochi (ISOF-CNR, Bologna) sulle caratteristiche e applicazioni dell'acceleratore lineare dell'Istituto ISOF-CNR, Marco Lavalle (ISOF-CNR,

Bologna) su un dispositivo finalizzato a misure di energia di fasci di elettroni prodotti da acceleratori, Ornella Ferrando (TERA) su un sistema di monitoraggio di fascio innovativo per l'estrazione di fasci medicali e Alessandro La Rosa (Università di Torino) su un sistema a monitor per il fascio di protoni del CPO di Orsay (Francia), basato su una camera a ionizzazione con anodo segmentato in pixel.

Nell'ambito della sessione VIII, su dosimetria e radioprotezione, Renato Padovani (Osp. "S. Maria della Misericordia", Udine) ha discusso le principali tematiche relative all'ottimizzazione dell'esposizione del paziente in radiodiagnostica medica. Si è parlato inoltre di ottimizzazione della pratica radiografica in terapia intensiva neonatale, della questione della schermatura nel corso di trattamenti IORT sulla mammella, della protezione per CT pediatriche e dei diversi modelli dosimetrici applicati nella terapia radiometabolica per ipertiroidismo. La seconda parte della sessione ha visto gli interventi di Alessandra Palma (ISS) sulle immagini ottiche di distribuzioni di dose in gel, di Simona Gay (Università di Milano) sull'applicazione di dosimetri di Fricke-gel e di Grazia Gambarini (Università di Milano) sulla dosimetria a termoluminescenza per BNCT.

Nell'ultima sessione Carmela Marino (ENEA) ha discusso, sulla base delle attività nei progetti nazionali e internazionali, lo stato dell'arte nell'ambito degli effetti biologici dei campi elettromagnetici. Isidoro Pepe (Università di Genova) ha trattato gli effetti dei campi em sull'attività enzimatica, Anna Rienzo (Università di Napoli) ha parlato degli effetti sulla riparazione dei danni a livello cromosomico, mentre Paola Merola (ENEA Casaccia) ha presentato i risultati di uno studio sulla proliferazione e differenziamento di una linea di neuroblastoma esposta a un campo elettromagnetico.

Anche questa edizione del convegno SIRR, i cui atti sono stati pubblicati su un numero speciale del Bollettino, ha visto la trattazione di temi particolarmente interessanti da parte di oratori esperti nel campo degli effetti delle radiazioni. Degna di nota la particolare ambientazione della cena sociale, svoltasi nella suggestiva cornice dell'acquario di Genova e preceduta da un'interessante visita all'acquario stesso. Proprio nel corso della serata sono stati distribuiti i due premi di tesi, uno a Paola Merola dell'ENEA-Casaccia e uno a Giacomo Bergamini dell'Università di Bologna.



AMETEK ITALIA S.r.l. Divisione AMT

Distributore esclusivo per il territorio italiano dei prodotti:

- **ORTEC di Oak Ridge, Tennessee (USA)**
- **BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH – Div. Radioprotezione di Bad Wildbad, Germania**

NOVITA' ORTEC

Ortec ha introdotto **digibase**, un sistema di spettrometria gamma per rivelatori a scintillazione con trattamento digitale del segnale, tutto integrato in una base per fotomoltiplicatori.

Il sistema viene connesso al PC mediante una porta USB ed e' compatibile con i software Ortec qualitativi e quantitativi.

digibase semplifica la spettrometria con rivelatori NaI(Tl).



Desideriamo rammentare la nostra soluzione più avanzata per i sistemi utilizzanti rivelatori al germanio iperpuro:

- Rivelatori al germanio raffreddati elettricamente con **X-Cooler**
- Sistema di trattamento digitale del segnale **Dspec-jr**
- Versione **6.0** del software quantitativo **GammaVision** (con visualizzazione simultanea fino a 8 linee d'acquisizione e possibilità d'impostare uno "start" unico per tali linee)

NOVITA' BERTHOLD TECHNOLOGIES

LB 125 Gamma Analyzer

Analizzatore multicanale / Monitor per la misura della dose e del rateo di dose

- Rivelatore NaI(Tl) 1,5" x 1,5" con fotomoltiplicatore
- Display a cristalli liquidi retroilluminato 64 x 128 pixel
- Modi di misura: analizzatore multicanale, dose integrata, rateo di dose
- Analizzatore multicanale: 496 canali, 20 μ s
- Range d'energia: 25 keV ÷ 2 MeV
- Range di rateo di dose: 10 nSv/h ÷ 100 μ Sv/h
- Analisi sui picchi e identificazione nuclidi con libreria inserita
- Compensazione automatica della deriva
- Allarme acustico e impostazione soglie
- Memoria di buffer: 30 spettri
- Trasferimento dati mediante RS 232
- 4 batterie ricaricabili tipo NiMH
- Autonomia 8 ore
- Alimentazione 220 V, 50 Hz
- Range di temperatura: -10 °C ÷ 40 °C
- Peso: 1,8 kg (incluse batterie)



AMETEK ITALIA S.r.l. - Divisione AMT - Viale Edison, 10 - 20090 Trezzano sul Naviglio (MI)
Telefono 02 48401737 - Fax 02 4456177

Gino CARPANESE, General Manager, e-mail gino.carpanese@ortec-online.com
Vittorio MORONI, Product Specialist, e-mail vittorio.moroni@ortec-online.com