

Dr. Ian Fairlie  
Consultant pe Probleme de Radiații și Mediu  
115 Riversdale Road  
LONDON N5 2SU  
United Kingdom  
[ianfairlie@gmail.com](mailto:ianfairlie@gmail.com)

## Cernavodă 3 și 4: Evaluarea Impactului asupra Mediului: Raport pentru Greenpeace

Septembrie 2007

### Rezumat

Acest scurt raport analizează emisiile de tritium, izotopul radioactiv al hidrogenului, de la reactorul 1 de la Cernavodă. Raportul explică de ce aceste emisii în atmosferă și în Dunăre sunt atât de ridicate, și de ce emisiile cresc an după an, o dată cu îmbătrânirea reactorului. Sunt comparate concentrațiile de tritium din zona Cernavodă de dinainte și de după punerea în funcțiune a centralei nucleare, fapt care indică faptul că funcționarea reactorului a dus la creșterea semnificativă a acestora. Sunt realizate estimări ale emisiilor viitoare de tritium de cele 4 reactoare propuse pentru anul 2030: aceste emisii sunt extrem de ridicate și vor duce la contaminarea gravă cu tritium a zonelor înconjurătoare. Aceste emisii ridicate vor duce în viitor la creșterea riscului de cancer în rândul populației afectate. Recomandarea este ca femeile însărcinate și femeile cu copii mici să fie relocate, iar populația din zonă este sfătuită să nu consume produse din grădinile lor.

### Introducere

1. Mă numesc Ian Fairlie – consultant independent pe probleme de radiație în mediu. Sunt specializat în chimie și biologia radiațiilor, iar studiile mele de doctorat de la Imperial College se referă la impactul radiologic al emisiilor nucleare de la Sellafield, Marea Britanie. Am lucrat pentru mai multe ministere și agenții de reglementare ale Marii Britanii, iar în prezent ofer consultanță organizațiilor neguvernamentale, Parlamentului European și autorităților locale. Între 2001 și 2004, am lucrat în cadrul Secretariatului Comisiei de Analiză a Guvernului Marii Britanii privind Riscurile Radiologice ale Emițătorilor Interni (CERRIE), ce și-a publicat raportul în octombrie 2004 ([www.cerrie.org](http://www.cerrie.org)). Am scris pe larg despre riscurile radiologice ale emisiilor de substanțe radioactive în mediu, inclusiv tritium; Anexa 2 prezintă o listă de publicații.

2. Greenpeace Europa Centrală mi-a solicitat comentarii asupra Studiului de Evaluarea a Impactului asupra Mediului (EIM) pentru reactoarele nucleare 3 și 4 de la Cernavodă, România. EIM este intitulată "Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului pentru CNE Cernavodă Unitățile 3 și 4" (Contract 203/2006) și a fost elaborată de Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Protecția Mediului (ICIM) pentru Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile din România.

3. La momentul redactării acestui document, un reactor de tip Candu 6 (Unitatea 1) este în funcțiune la Cernavodă din 1996. Un al doilea reactor similar (Unitatea 2) este pus în funcțiune în acest moment, în 2007. În cadrul evaluării impactului asupra mediului pentru Unitatea 2, ONG-urile au adus multe obiecții

(<http://www.sierraclub.ca/national/programs/atmosphere-energy/nuclear-free/reactors/ngo-cernavoda-ea-comments.pdf>), ce nu au fost abordate în noul studiu EIM. Guvernul României propune acum să permită construirea a încă două reactoare similare (Unitățile 3 și 4) la Cernavodă, iar noul studiu EIM a fost elaborat pentru această propunere.

4. Aceste comentarii se concentrează pe emisiile și deversările foarte ridicate de **tritiu**, izotopul radioactiv al hidrogenului, ce au deja loc și se estimează să crească de cel puțin patru ori o dată cu finalizarea Unităților 2, 3 și 4, în cazul în care cele două din urmă vor fi într-adevăr construite. După cum vor arăta aceste comentarii, aceste emisii ridicate de tritiu de la reactoarele de la Cernavodă pot avea un impact asupra sănătății în comunitățile ce folosesc apă din Dunăre și din Canalul Dunăre – Marea Neagră (CDMN) ca apă potabilă.

5. O a doua mare problemă cu extinderea planificată la Cernavodă o reprezintă creșterea cantității de apă fierbinte ( $> 32^\circ$ ) deversate în Dunăre și Canalul Dunăre – Marea Neagră, în special în lunile de vară. Aceste deversări depășesc limita de  $30^\circ$  impusă în Franța pentru efluentul de răcire de la centrale. Aceasta este deja o problemă majoră cu un singur reactor în funcțiune, și va deveni o problemă extrem de serioasă cu 4 reactoare în funcțiune. Această problemă este identificată însă nu este tratată în continuare în acest document.

#### Ce este tritiul?

6. Tritiul este izotopul radioactiv al hidrogenului, cel mai ușor element. Are o perioadă de înjumătățire de 12,3 ani și se dezintegrează emițând o particulă beta. Aceasta are o energie maximă de 18.6 keV (și energie medie de 5.7 keV) și o rază scurtă de acțiune – câțiva centimetri în aer, 0.9  $\mu\text{m}$  în apă și circa 0.6  $\mu\text{m}$  în țesut. Aceasta înseamnă că tritiul nu este periculos în exteriorul corpului, însă reprezintă un pericol radiologic intern atunci când este inhalat, ingerat prin alimente sau apă, sau absorbit prin piele. Tritiul este radionuclidul cel mai des întâlnit și cel mai important beta-emitător. Pentru mai multe informații despre tritiu, consultați raportul Greenpeace Canada (2007).

7. Reactoarele cu apă grea (HWR), inclusiv reactoarele Candu, creează și eliberează în mediu niveluri foarte ridicate de tritiu, mult mai mari decât alte tipuri de reactoare, precum Reactoarele cu Apă sub Presiune (PWR) și Reactoarele cu Apă Fierbinte (BWR). Aceasta se poate vedea în tabelul 1, în care sunt comparate emisiile de tritiu pe tipuri de reactoare. Nivelul deversărilor de tritiu în Canalul Dunăre-Marea Neagră este atât de ridicat încât a fost folosit ca trasor radioactiv în studii hidrologice – vezi Varlam C et al (2005).

Tabelul 1. Emisii standardizate de tritiu (gazos + lichid) TBq pe GW(e) pe an

Tipul de reactor	OECD/NEA 1980	UNSCEAR 2000 tabelul 37 1995-1997
HWR	750	670
PWR	37	21.4
BWR	7	1.7

surse: OECD/NEA (1980); UNSCEAR (2000)

8. Motivul pentru care au loc aceste emisii ridicate de tritium de la HWR este că aceste reactoare utilizează apă grea (deuteriu) atât ca agent de răcire cât și ca moderator. În timpul funcționării reactorului, deuteriul este activat de neutronii de fisiune și formează tritium prin următoarea reacție nucleară

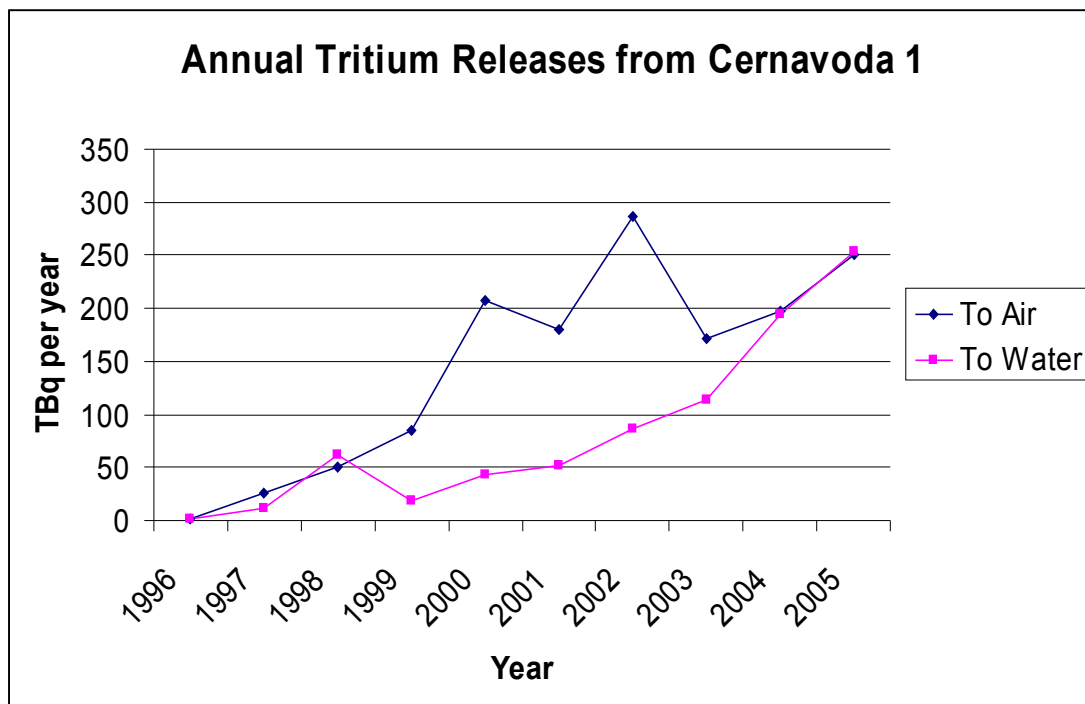


9. Celelalte tipuri de reactoare utilizează diverse materiale drept agent de răcire și moderator, de exemplu PWR și BWR folosesc apa obișnuită (ușoară) iar modelele AGR utilizează  $\text{CO}_2$  și grafit ca agent de răcire și respectiv moderator. Și în aceste reactoare se formează mici cantități de tritium – însă prin fisiune terțiară, respectiv tritiumul este scindat de atomi de U-235 și Pu-239 atunci când aceștia fisionează. Acest proces are loc și în reactoarele Candu, însă ritmul de activare a tritiumului în circuitul de răcire și în circuitul moderatorului din reactoarele Candu este de circa 1000 de ori mai ridicată decât ritmul de producere a tritiumului de fisiune.

#### Creșterea continuă a emisiilor de tritium

10. O caracteristică îngrijorătoare a reactoarelor Candu în funcțiune este că nivelul de tritium din circuitul de răcire și din circuitul moderatorului crește în fiecare an, o dată cu îmbătrânirea reactoarelor. Drept rezultat direct, emisiile de tritium atât în aer cât și în apă cresc de la an la an. Acest fapt poate fi observat și din experiența în funcționarea Unității 1 de la Cernavodă, prezentată în figura 1: deversările de apă în Dunăre și emisiile în aer de la Unitatea 1 au crescut aproape în fiecare an de la punerea în funcțiune a reactorului, în 1996.

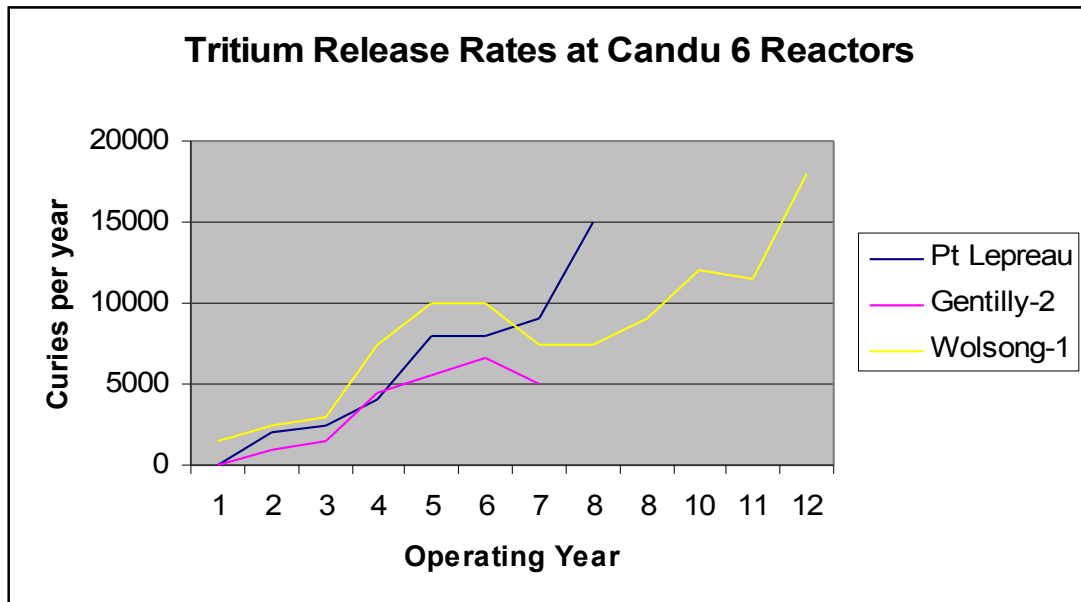
Figura 1. Emisiile anuale de tritium de la Unitatea 1 de la Cernavodă



date din 1996 până în 2004 din tabellele 4.1.14.5-4 și 4.2.3.2-1 ale EIM  
date din 2005 din „Raport de Mediu. 2005. Societatea Nationala “Nuclearelectrica” S.A. CNE Cernavoda.”

11. Aceste creșteri anuale sunt asemănătoare cu experiența în funcționare a altor reactoare din Canada și Coreea de Sud – vezi figura 2, reprodusă din Song et al (1995).

Figura2



Reactorul Candu Point Lepreau este situat în New Brunswick, Canada  
 Reactorul Candu Gentilly-2 este situat în Quebec, Canada  
 Reactorul Candu Wolsong-1 Candu este situat în South Korea  
 1 curie = 0.037 TBq

12. Motivul pentru care are loc creșterea continuă a concentrației de tritium în reactoarele cu apă grea este că producția lor de tritium este mai mare decât suma dezintegrării tritiului și a emisiilor de tritium. De fapt, nivelul de tritium din circuitul de răcire și din circuitul moderatorului vor continua să crească până la atingerea echilibrului dintre ritmul de producere a tritiului în interiorul reactorului și emisiile de tritium în mediu (plus dezintegrarea). Acest echilibru este atins în practică după peste 30 de ani. Song et al (1995) au estimat că la un reactor Candu 6, nu se atinge 90% din nivelul de echilibru înainte de 27 de ani de funcționare. În plus, nu poate fi atins deloc un nivel de echilibru în circuitul moderatorului la reactoarele Candu. În acest timp, emisiile de tritium vor continua să crească.

13. În cazul reactoarelor Candu din Canada, ce au cea mai îndelungată experiență de funcționare, nivelul emisiilor de tritium a atins valori atât de ridicate încât guvernul a exercitat presiuni asupra companiilor nucleare să construiască unități care să extragă tritiul din circuitul de răcire și din circuitul moderatorului, pentru a reduce emisiile de tritium. Această unitate (foarte costisitoare) a fost construită la Darlington, Ontario, la sfârșitul anilor '80. Același lucru ar putea fi necesar la Cernavodă.

#### Nivel Ridicat de Contaminare cu Tritium de la Unitatea 1 de la Cernavodă

14. Drept rezultat al funcționării Unității 1 timp de 10 ani, nivelul de tritium din alimente și apă a crescut considerabil în zona orașului Cernavodă. Paunescu et al (1999), de la Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară "Horia Hulubei" (IFIN-HH) din București au făcut măsurători ale fondului natural

Înainte de punerea în funcțiune a centralei. Aceștia au descoperit un nivel al fondului natural de aproximativ 3 Bq pe litru, similar cu concentrațiile de tritium ce țin de fondul natural din alte țări, inclusiv Canada.

15. Concentrațiile de tritium din zona Cernavodă au crescut de 5 până la 45 de ori, după cum se arată în tabelul 2. Trebuie să avem în vedere că această creștere a avut loc cu un singur reactor în funcțiune.

Tabelul 2. Nivelul de tritium Înainte și După punerea în funcțiune a Unității 1 de la Cernavodă, din 1996 (Bq pe litru, Bq pe kg)

	Înainte de punerea în funcțiune	După punerea în funcțiune	Creștere
<b>Umiditate din aer</b>	7,4 ± 5,5	330* ± 20 (din tabelul 4.2.1.4-7)	x 45
<b>Apă de râu</b>	3,1 ± 1,0	39,9 ± 2,6 (din tabelul 4.1.6-3)	x 13
<b>Legume</b>	3,5 ± 0,7	18,5 ± 2,9 (din tabelul 4.3.3-8.)	x 5
<b>Cereale</b>	4,9 ± 1,7	25,4 ± 3,7 (din tabelul 4.3.3-6.)	x 5

\* se presupune o valoare medie a umidității aerului de 10 ml pe metru cub (o valoare utilizată în mod obișnuit – vezi Davis et al, 1996)

Datele pre-operaționale provin dintr-un articol de cercetare publicat de N. Paunescu, M. Cotarlea, D. Galeriu, R. Margineanu and N. Mocanu (1999), Evaluarea nivelului de tritium în mediu în perioada pre-operațională la Centrala Nucleară CANDU, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Volume 239, Number 3. March 1999. pages 465-470.

16. Nivelul de tritium a crescut și în alte alimente în zona Cernavodă, după cum se arată în tabelul 3. Aceste valori pot fi comparate cu valorile pre-operaționale de 3 până la 7 Bq pe litru/ kilogram, după cum arată Paunescu et al (1999). Aceste concentrații de tritium în alimente vor crește inevitabil o dată cu construirea și punerea în funcțiune a unităților 2, 3 și 4.

Tabelul 3. Concentrațiile actuale de tritium în alimente și altele la Cernavodă. Bq/kg sau Bq/l

Pește în CDMN	Apă de râu (la D1)	Legume	Fructe	Lapte	Ouă	Carne	Sol
66.5 ± 10.4	19.0 ± 2.1	18.5 ± 2.9	62.8 ± 7.8	19.4 ± 3.1	17.2 ± 2.8	5.4 ± 0.9	30.1 ± 5.1

sursa: diverse tabele din EIM

17. Aceste concentrații sunt în mod cert mai ridicate decât dacă centrala nucleară de Cernavodă nu ar fi existat. În plus, trebuie să adunăm toate cantitățile de tritium pe care le primesc persoanele ce locuiesc în Cernavodă în fiecare an, din toate sursele. Tabelul 6 prezintă o astfel de estimare.

18. Se observă că mai multe tabele din EIM indică faptul că nivelul de tritium din zona Cernavodă prezintă diferențe mici față de nivelul tritiului în orașe aflate la distanță de Cernavodă, precum Călărași, Silistra, Medgidia etc. Acest fapt pare să indice că

Unitatea 1 de la Cernavodă are un impact redus, însă această interpretare este infirmată direct de datele prezentate de Paunescu et al, de dinainte de punerea în funcțiune a reactorului 1 de la Cernavodă.

19. O posibilă explicație este că probele de tritium luate recent din locații îndepărtate ce au fost aduse în laboratoarele de la CNE Cernavodă pentru determinări au fost contaminate din cauza nivelurilor ambientale ridicate de tritium din aceste laboratoare, provenind de la reactor. Acest fapt a fost consemnat în trecut, când laboratoarele de la centrala nucleară Pickering, de lângă Toronto, Ontario, Canada, au trebuit să fie relocalate în anii '80 mai departe de centrală deoarece probele erau contaminate de emisiile de tritium ale centralei. Se recomandă ca managementul centralei Cernavodă să consulte compania Ontario Power Generation și să ia în considerare relocarea laboratoarelor.

### Emisii prognozate

20. Studiul de evaluare a impactului asupra mediului nu conține aproape nici o informație cu privire la emisiile prognozate de la viitoarele unități 3 și 4. EIM (la pagina 111, din capitolul 4.1) conține o singură estimare a eliberării anuale în apă a 172 TBq de tritium de la o viitoare unitate 3 sau 4, precizându-se că această estimare a fost derivată din comparații cu alte reactoare Candu 6. Însă EIM nu arată momentul pentru care se face această estimare, respectiv la câți ani de funcționare a reactorului, și drept urmare nu are valabilitate. În orice caz, estimarea de 172 TBq este deja depășită de valoarea de 250 TBq în 2005 la Cernavodă 1 – vezi figura 1. Nu se încearcă nici o estimare a emisiilor de tritium în aer, deși acestea sunt mai importante (în termeni de expunere) decât eliberările în apă.

21. Eliberările de tritium estimate pentru Cernavodă vor crește dramatic o dată cu intrarea în funcțiune a unităților 2, 3 și 4, presupunând că ultimele două reactoare vor fi într-adevăr construite. Cu alte cuvinte, emisiile totale de tritium vor deveni foarte ridicate în viitor. Pentru a evalua magnitudinea probabilă a acestora, am prezentat în tabelul 4 o estimare a emisiilor anuale probabile de tritium de la Cernavodă în anul 2030, presupunând că unitatea 2 intră în funcțiune în 2010 iar unitățile 3 și 4 în anul 2020. Aceste presupuneri pot să nu devină realitate, dar este important să ne facem o idee cu privire la scara posibilă a emisiilor viitoare de tritium de la Cernavodă dacă planurile guvernului României sunt duse la îndeplinire.

Tabelul 4. Estimările aproximative ale autorului cu privire la emisiile viitoare de tritium de la Cernavodă în anul 2030 (presupunând că Unitatea 2 intră în funcțiune în 2010, iar Unitățile 3 și 4 în 2020) TBq

	<b>Unitate a 1</b>	<b>Unitate a 2</b>	<b>Unitate a 3</b>	<b>Unitate a 4</b>	<b>Total anual</b>
<b>Emisii de tritium în aer</b>	500	300	200	200	1,200
<b>Eliberări de tritium în apă</b>	500	300	200	200	1,200

22. Acest tabel arată că emisiile anuale totale de tritium de la Cernavodă, dacă sunt construite toate cele 4 reactoare, vor fi extrem de ridicate, de circa 2400 TBq sau 2,4

PBq. Un PBq (petabecquerel) este 1 cu 15 zerouri, respectiv 1,000,000,000,000,000 Bq<sup>1</sup> de tritium. Este o cantitate enormă de radioactivitate, și va duce la creșteri foarte mari ale concentrațiilor de tritium în alimente și apă în zona centralei și în aval.

### Limite Derivate de Emisie (LDE)

23. EIM încearcă să justifice aceste emisii ridicate făcând referiri la Limitele Derivate de Emisie (LDE) permise, care sunt de 100 de ori mai ridicate decât aceste emisii anuale enorme. Însă modul în care sunt obținute aceste LDE este foarte nesigur și de slabă valoare științifică. Vezi argumentele din Capitolul 3 al raportului Greenpeace Canada (2007). Așa numitele cantități „sigure” de tritium sunt calculate în mod teoretic, și reiese o doză maximă legală de 1 mSv pentru acele persoane care sunt expuse cel mai probabil la emisiile de tritium. Aceste cantități sunt derivate utilizând modele de transport în mediu, modele metabolice, modele de doze, factori arbitrari de ponderare în ceea ce privește țesuturile, precum și multe ipoteze arbitrare ale modelărilor. Toate acestea prezintă incertitudini, iar aceste incertitudini trebuie să fie multiplicare, nu adunate. După cum a indicat raportul CERRIE (2004), totalitatea incertitudinilor cu privire la dozele finale pot fi deosebit de mari.

24. În realitate, aceste LDE nu valorează nici cât hârtia pe care sunt scrise. Chiar și conducerea de la Cernavodă folosește ca limită în funcționare o valoare de 5% din aceste LDE absurd de ridicate, pentru a proteja publicul.

### Populația cea mai afectată de Eliberarea în Apă

25. Deversarea tritiului are loc 24 ore pe zi, 365 de zile pe an, atât timp cât reactoarele funcționează. Circa 88% din deversările lichide de tritium au loc în Dunăre, prin intermediul Canalului Seimeni, la nord de orașul Cernavodă. (Vezi datele din tabelul 4.1.14.5-4, de la pagina 138 a capitolului 4.1). Circa 12% din deversările lichide au loc în Canalul Dunăre-Marea Neagră (CDMN) și ajung în Marea Neagră în zona orașului Constanța. EIM arată că persoanele cele mai expuse la deversările lichide sunt locuitorii orașului Cernavodă (cu o populație de 21 000) și ai orașului Constanța (310 000 locuitori), având alimentarea cu apă potabilă din Canalul Dunăre-Marea Neagră. (Vezi paginile 34 și 35 ale capitolului 4.9 din EIM).

26. Există însă o serie de mici orașe și sate de pe Dunăre în aval de Cernavodă, care posibil își iau apa potabilă din Dunăre. Acestea cuprind Seimeni, Dunărea, Capidava și Topalu, toate în raza de 30 km de CNE Cernavodă. În plus, orașele și satele Ștefan cel Mare, Saligny, Satu Nou, Medgidia, Castelu, Poarta Albă și Basarabi sunt toate pe CDMN, de asemenea în raza de 30 km de CNE Cernavodă, și pot folosi apă din canal pentru aprovizionarea cu apă potabilă.

### Populația cea mai expusă la emisiile de vapori de apă tritiată

27. Emisiile de vapori de apă tritiată au loc de asemenea 24 ore pe zi, 365 de zile pe an, atât timp cât reactoarele funcționează. Trebuie remarcat faptul că vaporii de apă tritiată nu sunt eliberați la coș, ci sunt eliminați prin pereții, ușile și ferestrele clădirilor reactorului, în cea mai mare parte la nivelul solului. EIM arată că populația cea mai

---

<sup>1</sup> Becquerel – unitate de radioactivitate egală cu o dezintegrare pe secundă.

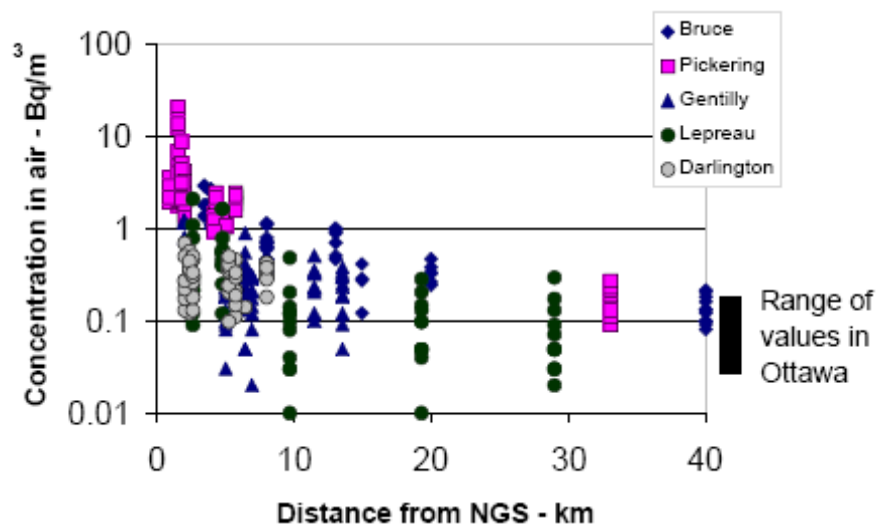
expusă la aceste emisii radioactive (vezi paginile 34 și 35 ale capitolului 4.9) sunt localnicii (atât copii cât și adulți) din orașul Cernavodă.

28. Tabelul 4.7.1-1 din EIM arată că în raza de 5 km de reactor locuiesc peste 21000 de persoane; peste 14 000 de persoane locuiesc în raza de 3 km. Alte 5 000 de persoane locuiesc la distanțe de 5 până la 10 km de centrală. Presupunem că aceste date se referă la populația orașului Cernavodă și că aceste persoane sunt cel mai probabil să fie expuse la vaporii de apă tritiată emiși la CNE. Din cei 21 000 de locuitori ai orașului Cernavodă, 900 au sub 2 ani.

29. Emisiile de tritium în aer sunt mai periculoase decât deversările lichide, deoarece expunerile la tritium prin absorbție a pielii, inhalare, la înot, și ingerarea alimentelor (toate contaminate de vaporii de apă tritiată) sunt mai ridicate decât expunerea doar prin ingerarea apei contaminate cu tritium. Din aceste motive, este foarte important să acordăm atenție deosebită concentrațiilor de tritium în aer în jurul reactoarelor nucleare. Vezi argumentele din Capitolul 6 al raportului Greenpeace Canada.

30. Concentrațiile de tritium în vaporii de apă din zona centralelor nucleare depinde de distanța de centrală. Acest fapt este arătat în Figura 3 de mai jos, reproducă cu permisiunea Comisiei Canadiene pentru Siguranță Nucleară (CNSC) din Osborne (2002) utilizând date de la Health Canada (2001). Datele indică concentrațiile de tritium în vaporii de apă din zona unor centrale nucleare canadiene între 1985 și 1999. Cea mai veche (și cea mai poluantă) centrală este Pickering, în extremitatea stângă a figurii. Concentrațiile de tritium în aer din zona Cernavodă vor crește inevitabil la nivelurile arătate pentru Pickering.

Figura 3. Mediile anuale ale concentrațiilor de tritium în aer măsurate la diferite distanțe de centralele nucleare din Canada. 1985 – 1999.



(Figură reproducă cu permisiunea Tritium în Mediul Canadian: Niveluri și Impact asupra Sănătății. Raport RSP-0153-1. Elaborat pentru Comisia Canadiană pentru Siguranță Nucleară în cadrul contractului CNSC nr. 87055-01-0184 de către Ranasara Consultants și Richard Osborne. Date de la Health Canada, 2001)



31. Trebuie remarcat că scara logaritmică a axei Y comprimă gama de date; cele mai mari concentrații în aer (30 Bq pe metru cub) sunt de 3 000 de ori mai ridicate decât cele mai scăzute (0,01 Bq pe metru cub)! În al doilea rând, trebuie să cunoaștem concentrațiile în vaporii de apă din aer, și nu în volumul de aer. Dacă pornim de la ipoteza unei valori rezonabile de 10 grame de apă pe metru cub (din Davis et al, 1996), atunci concentrațiile de vapori de apă tritiată la 1-2 km de Pickering sunt de 100 până la 3 000 Bq pe litru. Datele pentru Cernavodă ar fi de 300 Bq pe litru, o valoare relativ ridicată.

32. În al treilea rând, punctele respective sunt medii anuale. Concentrațiile reale în aer variază considerabil, și pot apărea emisii mai mari de tritium ce sunt estompate prin publicarea concentrațiilor medii anuale. Concentrațiile mărite de tritium pot în principiu afecta grav celulele în formare în embrioni precum și feteșii. Această problemă a fost exprimată de Profesorul E. Radford în mărturia sa din 1979 către Comisia Guvernului Ontario cu privire la Ontario Hydro: Cercetări cu privire la Reactoarele Nucleare din Ontario. 10 iulie 1979. Vezi [http://www.ccnr.org/tritium\\_2.html#scoha](http://www.ccnr.org/tritium_2.html#scoha)

33. EIM arată că persoanele cele mai expuse la emisiile în aer sunt cei 21 000 de locuitori (inclusiv circa 900 de copii) din orașul Cernavodă, din care 14 000 locuiesc în raza de 3 km. În plus, pot fi afectate și alte orașe din raza de 30 km de CNE, printre care Fetești (37 000 de locuitori) și Medgidia (46 000 de locuitori). Acest fapt ridică o serie de întrebări cu privire la frecvența și direcția vântului la Cernavodă. Tabelul 5 prezintă frecvența vânturilor dominante, în procente. Vezi hărțile (autocad) atașate drept Anexa 1.

Tabelul 5. Frecvența și direcția vântului (dinspre), în procente, la Cernavodă

Calm	NNE	VNV	ESE	SSE	N	V	S	NNV	SSV	ENE	SE	NE	NV	VSV	E	SV
26,04	10,55	8,43	6,81	6,31	5,54	5,26	4,9	3,74	3,6	3,41	3,19	2,83	2,77	2,66	2,45	1,43

Sursa: Tabelul 4.2.1-16 din EIM

34. Aceasta arată că vântul tinde să bată cel mai des dinspre NNE, VNV, ESE și SSE, și 26% din timp nu este vânt. Din păcate, Medgidia este în calea vânturilor ce vin dinspre VNV de la Cernavodă, cea de a doua direcție dominantă a vântului. De asemenea, Fetești este în calea vântului dinspre ESE, un alt vânt dominant. Această situație este diferită față de cea descrisă în pagina 1 a capitolului 4.7 a EIM, unde se arată că „Orașul (respectiv Fetești) nu este pe direcția vânturilor dominante.”

35. Poate exista o problemă și cu membrii publicului ce locuiesc cu muncitori de la Cernavodă, ce sunt expuși ocupațional la tritium. Workman et al (1998) au arătat că aerul din astfel de reședințe prezintă niveluri de 70 de ori mai ridicate ale tritiului în comparație cu concentrațiile din exterior, și că doza zilnică de tritium este de 18 ori mai ridicată decât în cazul adulților ce nu sunt expuși ocupațional.

#### Suma dozelor de tritium pentru locuitorii orașului Cernavodă

36. Este relevantă însumarea expunerilor locuitorilor orașului Cernavodă la doze de tritium din alimente, apă, aerul respirat etc. Aceste expuneri sunt estimate în tabelul 6.

Tabelul 6. Estimările autorului cu privire la Doza Anuală Estimată de tritium pentru un locuitor al orașului Cernavodă

Sursa de apă tritiată (HTO)	Doză anuală	Concentrație de HTO	Doză de HTO în Bq/an
Apă din băuturi	550 litri	20 Bq/L (din valoarea DBSC)	11 000
Apă din alimente	500 kg x 0,85 = 425 litri	67 Bq/L (din valoarea peștelui)	28 500
Inhalare din aer	8 400 m <sup>3</sup>	3,3 Bq/m <sup>3</sup>	27 700
Absorbție prin piele	60% din inhalare	3,3 Bq/m <sup>3</sup>	16 600
Înot în râu	0,024 l pe oră x 100 ore = 2,4 litri	20 Bq/L	44
<b>TOTAL</b>			<b>84 000</b>

Sursă de tritium organic (OBT)	Doză pe an	Concentrația OBT	Doza OBT în Bq/an
OBT în alimente	500 kg x 0,15 = 75 kg	~26 Bq/kg	2 000
<b>TOTAL</b>			<b>2 000</b>

Date din EIM

Valori ale dozelor anuale de la Health Canada (1994)

Ipoteze

- 1 kg apă = 1 litru
- Activitatea specifică medie a OBT = 1,3 x activitatea specifică medie a HTO (Osborne, 2002)
- Consum zilnic de 2 litri de apă în băuturi
- 85% din alimente este apă, și 15% materie organică, în medie
- Absorbția anuală prin piele este de 60% din doza anuală din inhalare (Osborne, 1966)

37. Deși această doză de tritium nu amenință viața imediat, crește riscul de cancer; este însă dificilă depistarea acestor cancere printre valorile ridicate ale ratei cancerului. Cancerul de la expunerea la radiații nu poate fi deosebit de alte incidente. Ideea este că aceste expuneri la tritium estimate pentru locuitorii orașului Cernavodă sunt de aproximativ 10 până la 40 de ori mai mari decât în cazul în care centrala nucleară nu ar fi fost construită. Trebuie remarcat faptul că nu există nici o mențiune în EIM despre tritiumul legat organic – ceea ce reprezintă o omisiune gravă.

38. Este necesar să analizăm riscurile radiologice ale tritiumului în sine.

#### Riscurile radiologice ale tritiumului

39. Mulți manageri din domeniul protecției radiologice de la Cernavodă și din serviciile guvernului României consideră probabil tritiumul un „slab” radionuclid asociat cu doze mici de radiații – astfel, în opinia lor, pot fi emise cantități ridicate fără impact asupra sănătății. Fals. Foarte recent au fost publicate o serie de rapoarte ce ridică semne de întrebare cu privire la natura reală a riscurilor pe care le presupune tritiumul, în special în privința dozimetriei acestuia. Printre aceste rapoarte se numără raportul US IEER (Makhijani et al, 2006), ce recomandă stabilirea unui standard mult mai strict în Statele Unite în privința concentrației de tritium în apa potabilă. În plus, Harrison et al

(2003) și raportul Comitetului CERRIE al guvernului Marii Britanii (2004) analizează de asemenea metodele actuale de determinare a dozelor de tritium.

40. Într-un articol foarte recent, autorul (Fairlie, 2007) a adus obiecții la subestimarea de către ICRP a eficienței particulei beta de dezintegrare a tritiului. În plus, Agenția de Protecție a Mediului a Statelor Unite ia în considerare o creștere substanțială a estimărilor sale privind riscurile expunerii organismului uman la tritium. Vezi „EPA Tritium Risk Plan May Force Tighter Nuclear Plant Controls”, Energy Washington Week, Vol. 4, No. 25, 20 June 2007. Vezi de asemenea argumentele din Anexa 1 a Părții a 2-a a raportului Greenpeace Canada. Aceste articole și rapoarte recente trebuie studiate de guvernul României și de către oamenii de știință și inginerii din cadrul Societății Naționale „Nuclearelectrica” S.A.

41. Cea mai mare problemă este că o serie de noțiuni și proceduri din radioprotecție au deficiențe sau sunt inadecvate pentru evaluarea riscului pe care îl presupune tritiul. Concluzia este că modelele dozimetrice oficiale pentru tritium subestimează considerabil dozele acestuia. De exemplu,

- Proprietățile deosebite ale tritiului în ceea ce privește mobilitatea foarte ridicată, schimbul și legarea de materia organică sunt puțin recunoscute (sau nu sunt recunoscute deloc) în modelele dozimetrice oficiale.
- Din cauza razei scurte de acțiune a particulei beta a tritiului, daunele produse de tritium depind de localizarea exactă în cadrul celulei. De exemplu, tritiul provoacă mai multe daune în apropierea unei molecule de ADN, decât, să zicem, în apa extracelulară. În prezent nu este posibilă modelarea circuitului tritiului în corp cu nici o măsură de acuratețe. Modelele oficiale presupun că tritiul este distribuit în mod egal în corp, dar nu știm aceasta. Unii oameni de știință cred că ar trebui să folosim modele mai sigure, în cazul în care distribuția în mod egal se dovedește a fi greșită.
- Tritiumul este descris adesea ca fiind un „slab” beta-emițător, însă în biologia radiologică așa-numitele particule beta „slabe” sunt mult mai eficiente (mai periculoase) decât particulele de energie înaltă. Este vorba mai ales de cazul tritiului, însă acest fapt nu este recunoscut de organismele oficiale atunci când stabilesc coeficienții de doză pentru tritium.
- Un volum semnificativ de probe indică faptul că eficiența tritiului (din biologia radiologică, experimente ce compară tritiul cu radiațiile gamma) este de două până la trei ori mai mare decât cea recunoscută de către Comisia Internațională de Protecție Radiologică (ICRP).
- Nu este recunoscută oficial în general capacitatea tritiului de pătrunde în moleculele organice până la niveluri ridicate drept rezultat al expunerii cronice ce are loc în apropierea reactoarelor Candu.

42. Se poate vedea că analiza dozimetriei tritiului tinde să se transforme într-o critică a noțiunilor și practicilor oficiale de radioprotecție. Este regretabil, pentru că puține persoane din afara industriei nucleare și a organismelor de reglementare le înțeleg. Însă este important să se depună eforturi pentru a aprecia măsura reală a riscurilor pe care le presupune tritiul. În principiu, atitudinea oficială față de tritium este neștiințifică și incorectă. Mai mult decât atât, datele recente privind riscurile tritiului ar trebui recunoscute de către agențiile de radioprotecție din România, și ar trebui

adoptată o abordare precauționară, iar factorii de doză pentru HTO și OBT trebuie măriți.

### Epidemiologia

43. Întrebarea evidentă este, putem vedea efecte adverse în locațiile cu concentrații ridicate de tritium? Impactul asupra sănătății poate fi evidențiat uneori prin intermediul studiilor epidemiologice, în special în rândul celor mai expuși. Este însă de notorietate faptul că impactul radiațiilor asupra sănătății este dificil de izolat deoarece cazurile de cancer provocat de radiații nu sunt diferite de cele ce apar în mod natural, și sunt multe astfel de cazuri; astfel, în Marea Britanie, circa 25% din mortalități sunt din urma cancerului. Acest fapt necesită identificarea unor mici creșteri în incidența cancerului în rândul populației expuse, ce a suferit deja de multe cancere. Sunt dificil de izolat mici creșteri în incidența cancerelor produse de radiații (semnalul) printre multele cancere naturale (zgomotul). Sunt necesare studii epidemiologice costisitoare pentru a putea avea un semnal satisfăcător pentru oamenii de știință care să arate că există într-adevăr un impact și că eventualele creșteri nu au avut loc întâmplător sau din cauza unor erori statistice. În orice caz, au fost elaborate puține astfel de studii. Acestea au arătat creșteri ale incidenței leucemiei la copii, însă acestea sunt studii de prim stadiu (adesea numite „ecologice”), ce pot fi influențate de interferențe de clasă socială, sau de factori precum fumatul. Rezultatul este că descoperirile acestor studii sunt indicative, nu concludente. Sunt necesare acum studii de stadiu secund (pe grupuri de control) pentru a compara cazurile de cancer cu persoanele ce nu au cancer, pentru a obține rezultate concludente. Acestea ar fi trebuit derulate după ce studiile de prim stadiu din anii '80 și începutul anilor '90 au indicat semne de creștere a incidenței leucemiei în zonele afectate. Vezi Anexa VII din Partea a 2-a a raportului Greenpeace Canada.

### Concluzii

44. Acest raport a analizat emisiile actuale și propuse la centrala nucleară Cernavodă. De la un singur reactor (Unitatea 1), emisiile de tritium sunt mult mai ridicate decât la alte centrale nucleare din alte țări. Când se vor adăuga emisiile de Unitatea 2 și posibil de la Unitățile 3 și 4, emisiile de tritium vor fi extrem de ridicate.

45. Concentrațiile de tritium din apa potabilă, din aer, vegetație și alimente din zona Cernavodă au un nivel semnificativ mai ridicat și vor continua să crească dacă sunt construite Unitățile 3 și 4. Aceste concentrații ridicate de tritium duc la doze ridicate de tritium pentru locuitorii din raza de 5-10 km de centrală și doze anuale foarte ridicate pentru locuitorii din raza de 1-2 km de centrală.

46. Însă din cauza factorilor de doză foarte scăzuți ai tritiului, „dozele” de radiații ce rezultă din expunerea la tritium sunt foarte scăzute și guvernul României le consideră sigure sau în limitele de siguranță pentru sănătate. Raportul prezintă însă obiecții semnificative cu privire la dozimetria tritiului și modelele utilizate pentru a estima dozele de tritium, în special din partea tritiului legat organic. Se arată că o serie de rapoarte recente (Fairlie, 2007; CERRIE, 2004; Makhijani et al, 2006) ridică semne de întrebare cu privire la dozimetria oficială a tritiului.

47. Se concluzionează că ar trebui adoptată o abordare precauționară în ceea ce privește emisiile de tritiu de la reactoarele de la Cernavodă. Astfel, sunt făcute următoarele recomandări:

- a) Guvernul României ar trebui să înființeze o comisie care să includă reprezentanți din grupările de mediu pentru a analiza riscurile pe care le presupune tritiul. Comisia ar trebuie să analizeze în special rapoartele științifice recente care contestă aspecte din dozimetria tritiului
- b) Ar trebui derulate studii epidemiologice pe grupe de populație pentru a analiza nivelul impactului asupra sănătății în zona contaminată cu tritiu din aria orașului Cernavodă
- c) Propunerile de construire a Unităților 3 și 4 ar trebui amânate până la finalizarea rezultatelor studiilor de mai sus
- d) Între timp, se recomandă ca femeile însărcinate și copiii (sub 4 ani) și mamele acestora să nu locuiască în apropierea (în raza de 10 km) CNE Cernavodă
- e) Între timp, populația din apropierea (din raza de 5 km de CNE Cernavodă) trebuie sfătuită să nu consume alimente din grădinile lor, produse apicole sau fructe produse în zonă, să nu consume alimente din natură, respectiv mure, ciuperci etc., ce cresc în apropierea CNE
- f) Trebuie depuse eforturi pentru a reduce emisiile de tritiu la cel mai scăzut nivel tehnic posibil. În special, trebuie să se solicite managementului CNE Cernavodă să re-analizeze opțiunea de stocare a apei tritiate din circuitul moderatorului în rezervoare de dezintegrare.

## **Bibliografie**

Canadian Nuclear Safety Commission (2001) Tritium in the Canadian Environment: Levels and Health Effects. Report RSP-0153-1. Prepared for the Canadian Nuclear Safety Commission under CNSC contract no. 87055-01-0184 by Ranasara Consultants and Richard Osborne.

CERRIE (2004) Report of the UK Government's Committee Examining the Radiation Risks of Internal Emitters. [www.cerrie.org](http://www.cerrie.org)

Davis PA, Amiro BD, Workman WJG, and Corbett BJ (1996) HTO Transfer from Contaminated Surfaces to the Atmosphere: A Database for Model Validation. AECL-11222.

EIA (2007) "Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului pentru CNE Cernavodă Unitățile 3 și 4" (Contract 203/2006) National Institute Of Research And Development For Environmental Protection (ICIM) for the Romanian Ministry Of Environment And Sustainable Development.

Energy Washington Week (2007) "EPA Tritium Risk Plan May Force Tighter Nuclear Plant Controls", Vol. 4, No. 25, 20 June 2007.

Fairlie I (2007) RBE and  $w_R$  values of Auger emitters and low-range beta emitters with particular reference to tritium. Journal of Radiological Protection. Vol 27 pp 157-168. (2007) <http://www.iop.org/EJ/abstract/0952-4746/27/2/003/>

Greenpeace Canada. (2007) Tritium Hazard Report: Pollution and Radiation Risk from Canadian Nuclear Facilities.

<http://www.greenpeace.org/raw/content/canada/en/documents-and-links/publications/tritium-hazard-report-pollu.pdf>

Harrison JD, Khursheed A, Lambert BE (2002) Uncertainties in Dose Coefficients for Intakes of Tritiated Water and Organically Bound Forms of Tritium by Members of the Public. Radiation Protection Dosimetry 98:299-311

Health Canada (1994) Human Health Risk Assessment for Priority Substances. Ottawa, Canada: Ministry of Supply and Services Canada.

<http://www.iop.org/EJ/abstract/0952-4746/27/2/003/>

Makhijani A, Smith B, and Thorne MC (2006) Science for the Vulnerable: Setting Radiation and Multiple Exposure Environmental Health Standards to Protect Those Most at Risk. See chapter 7 on tritium. <http://www.ieer.org/campaign/report.pdf>

OECD/NEA (1980) Radiological Significance and Management of Tritium, Carbon-14, Krypton-85, and Iodine-129 Arising from the Nuclear Fuel Cycle Nuclear Energy Agency of OECD, Paris.

Ontario Government's Select Committee on Ontario Hydro Affairs: Hearings on The Safety of Ontario's Nuclear Reactors. Tuesday, July 10, 1979.

[http://www.ccnr.org/tritium\\_2.html#scoha](http://www.ccnr.org/tritium_2.html#scoha)

Osborne RV (1966) Absorption of tritiated water vapour by people. Health Phys 12:1527-1537

Osborne RV (2002) Tritium in the Canadian Environment: Levels and Health Effects. Report RSP-0153-1. Prepared for the Canadian Nuclear Safety Commission.

Paunescu N, Cotarlea M, Galeriu D, Margineanu R and Mocanu N (1999) Evaluation of environmental tritium levels in pre-operational period of Cernavoda CANDU Nuclear Power Plant. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Volume 239, Number 3. March 1999. pages 465-470.

Porter Commission (1980) The Report of the Royal Commission on Electric Power Planning. Volume 6. Environmental and Health Implications of Electric Energy in Ontario. p 85. Ontario Government, Toronto, Ontario, Canada.

Societatea Nationala "Nuclearelectrica" S.A. CNE Cernavoda. (2005) Raport de Mediu.

Song MJ, Son SH and Jang CH (1995) Tritium Inventory Prediction in a Candu Plant. Water Management Vol 15 No 8 pp 593-598.

UNSCEAR (1988) Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York NY USA.

UNSCEAR (2000) Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York NY USA.

Varlam C et al (2005) The use of tritiated wastewater from NPP Cernavoda to estimate maximum soluble pollutants on the Danube - Black Sea channel. Fusion Science and Technology, vol. 48, n° 1., pp. 716-719.

Workman WJ, Trivedi A and Cornett RJ (1998) Tritium Concentrations inside the Homes of Occupationally Exposed Workers: Dosimetric Implications. Health Physics Vol 75 No 1, pp 56-59.

## **Anexa 1**

### **Hărți ale Zonei Cernavodă și Planul Centralei Nuclearo-electrice Cernavodă**

(Din EIM)



## Anexa 2

### Dr. Ian Fairlie: Listă de publicații

#### 1992

- **Tritium: The Overlooked Nuclear Hazard.** The Ecologist. Vol 22 No 5. 228-232 (1992)
- **Tritium – the cause of leukemias?** Safe Energy. Vol 91. Oct-Nov 1992. available from <http://www.no2nuclearpower.org.uk/articles/se91-Fairlie.pdf>
- **Estimation of Radiation Doses to Critical Groups near Dungeness Nuclear Power Station.** MSC Thesis. Medical College of St Bartholomew's Hospital. London (1992)

#### 1993

- **Magnox Gamma Shine** Safe Energy. Vol 95. June-July 1993. available from <http://www.no2nuclearpower.org.uk/articles/se95-Fairlie.pdf>

#### 1994

- **Government forces NRPB to Back Down** Safe Energy. Vol 102. Autumn 1994. available from <http://www.no2nuclearpower.org.uk/articles/se102-Fairlie.pdf>

#### 1996

- **Radiation and Health.** In "Health and the Environment". Published by SERA and SHA. London. 1996

#### 1997

- **A Nuclear Waste. How Ending Reprocessing Can Benefit Public Health, Protect the Environment and Save up to £6 Billion.** SERA Publication. June 1997.
- **Radioactive Waste: International Examination Of Storage And Reprocessing Of Spent Fuel.** PhD Thesis. Centre for Environmental Technology. Imperial College of Science, Technology and Medicine. London. September 1997.
- **No Dose Too Low.** Bulletin of the Atomic Scientists. Ian Fairlie and Marvin Resnikoff. Nov/Dec 1997 pp 52-56.
- **Spent Fuel Storage Visited.** CEES Working Paper No 137. Centre for Energy and Environment. Princeton University. Princeton NJ United States. December 1997.

#### 2000

- **In Defence of Collective Dose.** Fairlie I and Sumner D. Journal of Radiological Protection Vol 20 pp 1–10. (2000)

#### 2001

- **Possible Toxic Effects from the Nuclear Reprocessing Plants at Sellafield (UK) and Cap de La Hague (France).** Report published by the Scientific and Technological Options Assessment (STOA) Panel of the European Parliament. Xavier Coeytaux, Yacine Faid, Ian Fairlie, David Lowry, Yves Marignac, Emmanuel Rouy, Mycle Schneider and Gordon Thompson. April 2001. Commissioned by European Parliament, Directory General for Research.

- **Transfer of radioactivity to fruit: significant radionuclides and speciation.** Ould-Dada Z, Fairlie I and Read C. Journal of Environmental Radioactivity. Vol 52 pp 159-174 (2001)

#### 2004

- **Committee Examining the Radiation Risks of Internal Emitters (CERRIE).** Various chapters. [www.cerrie.org](http://www.cerrie.org)

#### 2005

- **Uncertainties in Doses and Risks from Internal Radiation.** Medicine, Conflict and Survival, Vol 21:2. pp 111 – 126. (2005)  
<http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a714004320~db=all~order=page>

#### 2006

- **The Other Report on Chernobyl (TORCH).** An independent scientific evaluation of the health-related effects of the Chernobyl nuclear disaster with critical analyses of recent IAEA/WHO reports. Ian Fairlie and David Sumner. Commissioned by Rebecca Harms, MEP, Published by Greens/EFA in the European Parliament. April 2006. [www.chernobylreport.org](http://www.chernobylreport.org)
- **New Information on Radiation Health Hazards.** Ian Fairlie. In “Nuclear or Not. Does Nuclear Power Have a Place in a Sustainable Energy Future?” Editor David Elliott. Palgrave Macmillan. London. May 2006. <http://www.palgrave-usa.com/catalog/product.aspx?isbn=0230507646>

#### 2007

- **Dispersal, deposition and collective doses after the Chernobyl disaster.** Medicine, Conflict and Survival, Vol 23:1, pp 10 –30. June 2007.  
<http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a770375304~db=all~order=page>
- **RBE and  $w_R$  values of Auger emitters and low-range beta emitters with particular reference to tritium.** Journal of Radiological Protection. Vol 27 pp 157-168. (2007) <http://www.iop.org/EJ/abstract/0952-4746/27/2/003/>
- **Global warming: is nuclear power the answer?** Medicine, Conflict and Survival, Vol 23:3, pp 228 – 233. June 2007.  
<http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713673482>
- **Tritium Hazard Report: Pollution and Radiation Risk from Canadian Nuclear Facilities.** Published by Greenpeace Canada. June 2007.  
<http://www.greenpeace.org/raw/content/canada/en/documents-and-links/publications/tritium-hazard-report-pollu.pdf>