

Txernòbyl, crònica del més greu accident de l'indústria electronuclear

CRONOLOGIA DELS ES- DEVENIMENTS.

26 d'abril. Dissabte 1 h 23. Txernòbyl. A 130 Km. de Kíev (Ucraïna), la central nuclear de Txernòbyl sofreix l'accident nuclear més greu dels esdeveniments fins ara en una central electronuclear. Es tracta d'un cas extrem, el que els especialistes anomenen **últim accident**, és a dir, catàstrofe major, i que teòricament no hauria de produir-se mai: la fusió total del cor d'un reactor, el que vox populi s'anomena la **síndrome xinesa**. D'altra banda, la resta del món no en sabrà res durant dos dies. Els primers indicis de la natura de l'accident resten confusos.

27 d'abril. Diumenge. Hagfors (Suècia). A l'observatori militar d'aquesta localitat, els detectors automàtics enregistren un fort augment de la radioactivitat. Es diumenge i aquesta anomalia no serà coneguda fins l'endemà.

28 d'abril. Dilluns. Forsmal (Suècia). Un empleat de la central nuclear d'aquesta localitat, que es troba a 150 Km d'Estocolm, observa en el seu dosímetre uns valors altíssims de radioactivitat. Hom procedeix tot seguit a evacuar la gent que hi treballa i a inspeccionar

la central. El govern suec, intranquil, cerca informació a través del seu ambaixador a Moscou i l'instrueix per demanar a les autoritats soviètiques si s'ha produït un accident nuclear en aquest país, atès que la radioactivitat sembla provenir dels països bàltics. Resposta negativa.

28 d'abril. Dilluns. Moscou. 19 h 54. L'agència d'informacions Tass emet un breu comunicat assenyalant una avaria en una central soviètica, sense afegir cap altra informació més concreta. Unes hores més tard, el portaveu de Reagan, des de Honolulu, parla d'un accident seriós esdevingut a l'URSS.

29 d'abril. Dimarts. Moscou. Vespre. L'agència Tass emet un curt comunicat del Consell de Ministres de l'URSS on hom parla de **determinades fuites de productes radioactius** a la central nuclear de Txernòbyl, així com de dos morts. En aquest moment, d'altres països del nord d'Europa detecten pols radioactiva (Polònia, Suècia, Noruega). A Occident hom comença a parlar de la **major catàstrofe nuclear coneguda** i parlen de 2.000 morts a Txernòbyl.

30 d'abril. Dimecres. Moscou. L'URSS comunica oficialment a l'Agència Atòmica Internacional (AEIA), amb seu a Viena, que s'ha

produït un accident nuclear a la central de Txernòbyl, que ha originat la destrucció parcial de l'estructura que aixopluga els reactors. Aquest mateix vespre, la televisió soviètica emet per primera vegada (cinc dies després de l'accident) una fotografia de la central, on hom percep esfondrada una part de l'edifici de la central, i parla de dos morts i 97 ferits. Mentrestant, els satèl·lits Landsat i Spot prenen fotografies del lloc accidentat. Hom especula amb el fet que el segon reactor del sistema accidentat també perill. La central de Txernòbyl treballava amb un total de 4 reactors nuclears.

Als EUA hom constitueix una **comissió d'emergència** per seguir l'evolució dels esdeveniments. Gorbaxev informa a Reagan en un missatge que l'accident nuclear es va produir el dia 26 d'abril.

2 de maig. Dilluns. Moscou. Hans Blix, director general de l'AEIA, arriba a la capital soviètica al mateix temps que els dos millors especialistes nord-americans en trasplantaments de medul·la, els professors Robert Gale i Paul Terasaki.

6 de maig. Dimarts. Moscou. Primera conferència de premsa. Deu dies després de produir-se l'accident, els mitjans d'infor-

Tipus de exploració	dosis (mil.li-rads)	òrgans afectats
examen neurològic exhaustiu	2.000-80.000	ulls
columna vertebral	1.200	
cap	780	tiroides
pulmons	100	
mamografia	800	sines
urografia intravenosa	540- 1.000	
pelvis	800	pell
clixé dental	2.500- 5.000	pell
urografia	430- 600	
abdomen	40- 300	mèdul·la
fèmur	21- 60	

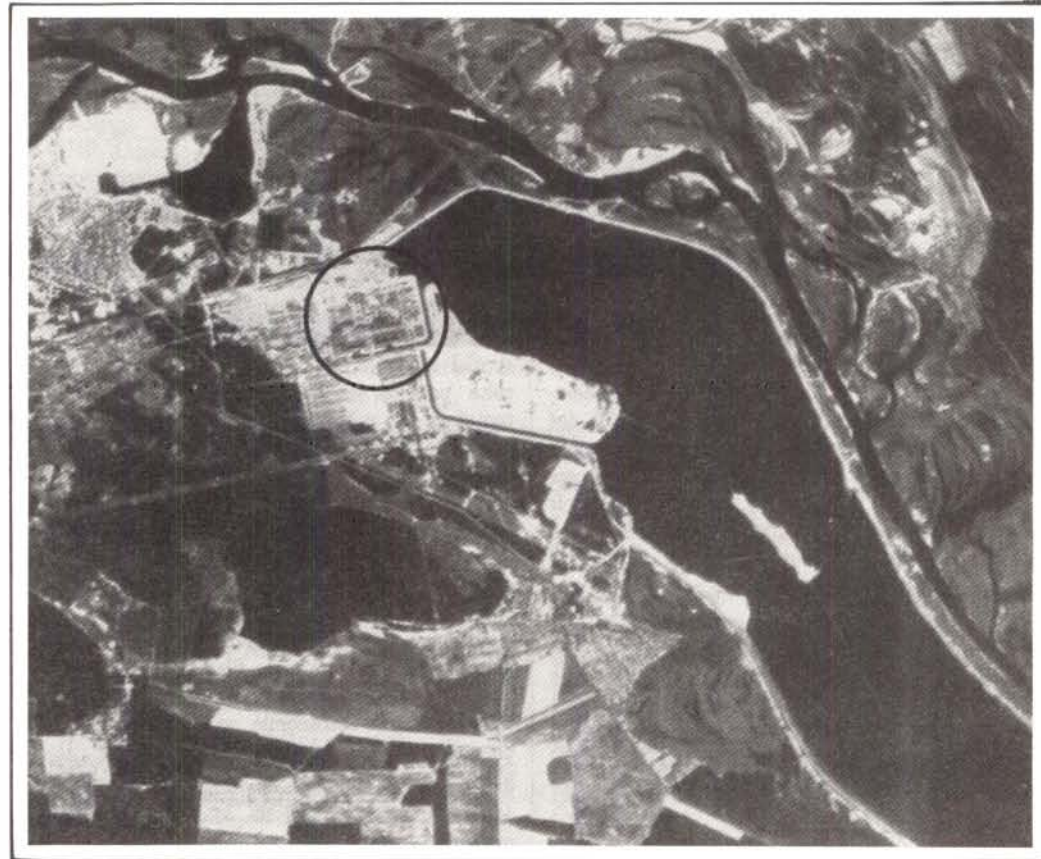
Fig. 1

Foto presa pel satèl·lit Spot de la central de Txernòbyl (assenyalada amb un cercle).

mació i d'opinió pública són assabentats oficialment del que ha succeït. La causa: "una explosió química i que el reactor número 4 de la central nuclear de Txernòbyl ha resultat afectat." S'hauria produït un incendi i "malgrat els esforços heroics dels bombers" que haurien lluitat contra el fum i les radiacions, el foc s'hauria propagat tot seguit i hauria atès el grafit que serveix de moderador radioactiu dels reactors. Els especialistes soviètics haurien procedit a l'evacuació de tothom en un radi de 30 km de la central; 49.000 persones haurien estat evacuades a partir del diumenge dia 27, és a dir, 36 hores després d'haver-se produït l'accident, emprant-se 1.100 autobusos. (El dia 12 de maig aquest nombre de persones evacuades pujaria, segons l'agència Tass, a 98.000).

8 de maig. Kíev. Un grup de periodistes estrangers acreditats a Moscou pot visitar la capital d'Ucraïna per constatar que "la vida segueix el seu curs normalment". Pocs dies després de l'accident, un canvi de direcció del vent fa que part del núvol radioactiu caigui sobre la ciutat de Kíev i a partir d'aquest moment són necessàries mesures de descontaminació (sovintejat rentat dels carrers, confinament de dones embarassades i nens en llurs habitatges). Finalment, les vacances escolars són avançades i, el 15 de maig, els nens i els joves són traslladats a les colònies d'estiu.

Deu dies després de l'accident, i segons l'acadèmic Eugeni Velikhov, sots-president de l'Acadèmia de Ciències de l'URSS, un gran nombre d'especialistes romandrien encara al lloc de l'accident per reduir les restes radioactives del reactor, enterrar-lo amb formigó i prevenir contra el perill de contaminació dels mantells freàtics. "La nostra fita és neutralitzar el reactor enterrant-lo, així com mantenir els circuits de refredament dels



altres tres que, tot i apagats, encara mantenen una inèrcia tèrmica residual". Mil tres-cents metges, especialistes en dosimetria i personal auxiliar donarien suport a la població civil de la zona afectada.

9 de maig. Divendres. Moscou. Conferència de premsa dels representants de l'AEIA: "tots els incendis han estat apagats." 203 persones, la majoria treballadors de la mateixa central, haurien rebut dosis de primer a quart grau. 6 persones haurien mort. El nivell màxim de radiacions rebudes a l'interior de la zona compresa en un radi de 30 km hauria estat de 1.015 mil·liremes/hora. El dia 8 de maig, la intensitat de la radiació hauria minvat.

11 de maig. Diumenge. Moscou. Dues setmanes després de l'accident el sots-president de l'Acadèmia de Ciències, Eugeni Velikhov, un dels principals responsables de física i energia nuclear a l'URSS, declara en una entrevista per a la agència Tass que "a la central nuclear de Txernòbyl no existeix cap mena de risc, ni tan sols teòric". Afegeix que el dia 11 ha estat una

"data crucial" en l'evolució de la situació.

14 de maig. Dimecres. Moscou. Finalment, Gorbaxev s'adreça als soviètics. En un discurs televisat precisa l'abast i el desenvolupament de l'accident. Les dades són: més de dues-cents persones mortes en el moment de l'explosió, 229 persones afectades per les radiacions amb pronòstics diversos. Set d'aquestes són ja mortes. Tot seguit Gorbaxev proposa crear "un mecanisme internacional alhora bilateral i multilateral per socórrer en casos d'urgència extrema de perill." **Off the record**, la versió de l'accident reconstruïda per fonts occidentals fóra la següent:

- Durant els treballs de manteniment, el reactor hauria estat deturat i posat novament en marxa, i l'accident s'hauria produït en un moment en què la potència de la central solament hauria assolit un 7% de la seva capacitat (700 Mw en lloc de 10.000 Mw). L'augment de la potència es realitza d'una manera progressiva tot llevant les barres de control, que possibiliten l'augment de la taxa reactiva augmentant el nombre de

neutrons que assoleixen el cor del reactor. Per una qüestió desconeguda, el nombre de neutrons restà incontrolat i el grafit no va poder regular-los o atenuar-los. Aquest descontrol originà un creixement massa fort de la potència, la qual cosa va elevar la temperatura de l'aigua de refredament i la calor no va poder ser extreta pel sistema de refredament líquid. Amb l'augment de la temperatura s'hauria produït una fusió nuclear dels elements combustibles del reactor, la qual hauria causat una reacció química a alta temperatura entre l'aigua i el zirconi, que hauria generat una gran quantitat d'hidrogen, amb explosió i incendis.

15 de maig. Dilluns. Moscou. Conferència de premsa del professor Robert Gale, que declina pronunciar-se sobre un possible augment dels càncers a partir de la catàstrofe nuclear. Tanmateix, precisa que de les 229 persones hospitalitzades de resultes d'haver rebut fortes dosis radioactives, de les 35 inicialment més greus, 28 encara són vives, però que a causa de les radiacions rebudes, les lesions sofertes en els teixits i en la



El gràfic il·lustren la possible trajectòria del núvol radioactiu de Txernòbyl. El primer reconstrueix la situació a les 20 hores del dia 25 d'abril. El segon gràfic, es del dia 26 d'abril a la mateixa hora.

medul·la són pràcticament irreversibles. Tota dosi radioactiva propera als 800--900 rads fa que els processos esdevinguin gairebé irreversibles, mentre que, si les dosis són inferiors als 500 rads, un tractament fins i tot poc intensiu pot arribar a ser suficient. El metge afegia que havia realitzat 19 trasplantaments de medul·la espinal aquell mateix dia. El dia 20 de maig, un nou comunicat oficial donava a conèixer que el nombre de morts havia assolit la quantitat de 13.

MANCA DE SEGURETAT NUCLEAR.

- Les primeres lliçons que cal extreure del malaurat accident de Txernòbyl són, d'una part, la constatació de la manca d'informació per part del país on es produí l'accident (independentment que el silenci inicial obefs a raons de prestigi i, de l'altra, remarcar la no existència d'un pla d'emergència nuclear a nivell internacional que pugui garantir uns mínims de seguretat en cas d'accident que facin evitables algunes de les possibles conseqüències d'una catàstrofe semblant a la de Txernòbyl. Pel que fa a l'opinió pública, arran de l'accident, aquesta té la sensació que els sistemes de seguretat a nivell internacional són inexistents i a nivell del propi país, qüestionables tant en informació com en eficàcia. Segons les darreres enquestes als EUA, realitzades pel setmanari US News, World Report i la cadena de TV Cable News Network, un 52 % dels nord-americans desitjarien avui parilitzar la construcció de noves centrals nuclears al seu país. La revista alemanya de la RFA Der Spiegel, assenyala que el 69% dels alemanys estan en contra de la construcció de centrals



Fig. 3
Vista en secció del reactor
nuclear tipus MBM-K 1000
accidentat a Txernòbyl.

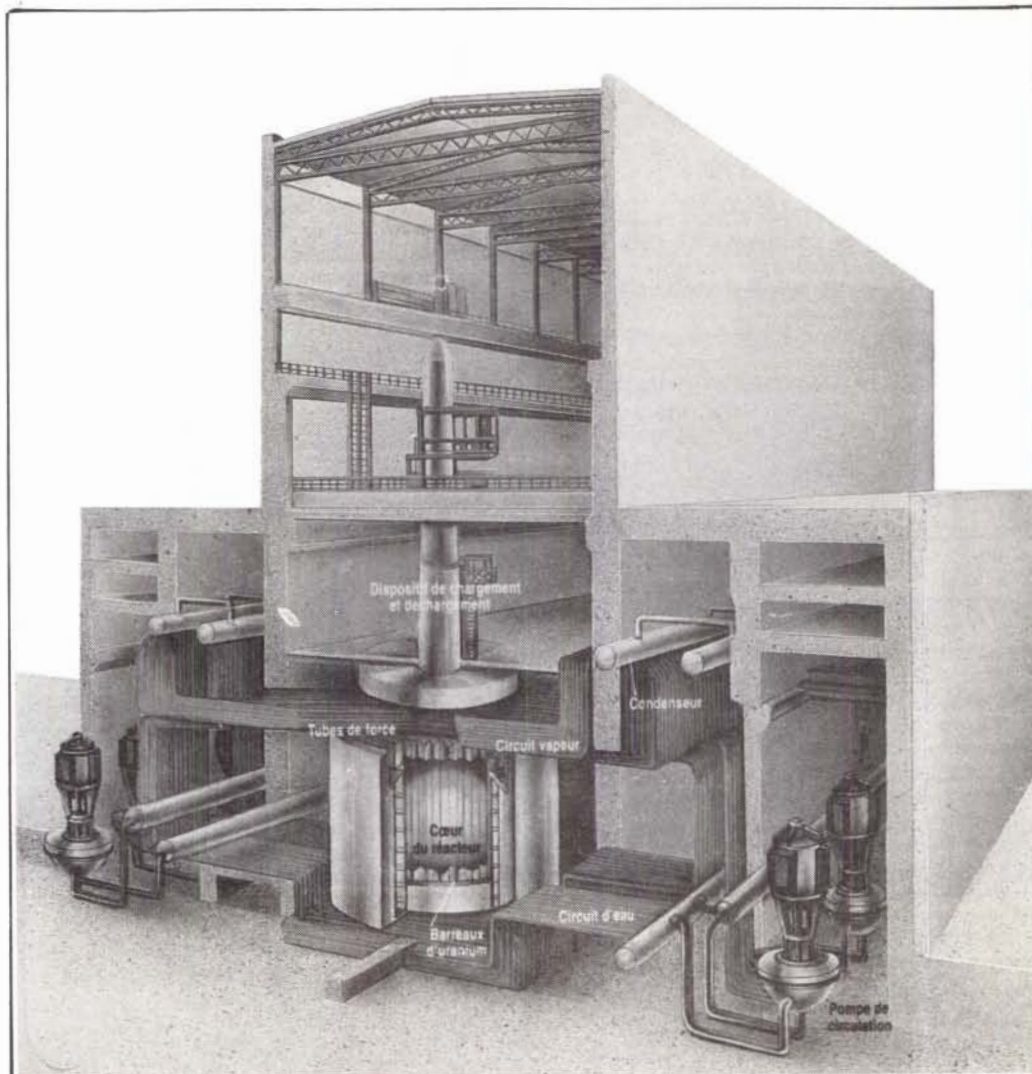
electronuclears. Abans de l'accident de Txernòbyl, el nombre d'alemanys que expressaven aquest sentiment era d'un 46%. Als Països Baixos s'ha aprovat una moratòria sobre l'energia nuclear com a font energètica. L'accident de **Three Mile Island** als EUA va ser beneficiós en el sentit que va permetre a aquest país prendre mesures de seguretat inexistents abans de l'accident i molt especialment pel que fa a la independència en la informació.

ELS EFECTES DE LA RADIACIÓ EN ELS ORGANISMES VIUS.

Les substàncies radioactives emeses per un reactor nuclear són de tres tipus: radiació **alfa**, **beta** i **gamma**, i llur energia depèn de la font emissora. Aquests tres tipus de radiacions afecten els organismes vivents de diferent manera, ja per exposició directa, amb la qual cosa la radiació alfa és deturada per la pell, la beta la traspasa feblement i la gamma arriba a travessar l'organisme de banda a banda, o bé indirectament, a través de la respiració, la contaminació de l'aigua que bebem o els aliments que ingerim. En aquest darrer cas, les radiacions **alfa**, **beta** i **gamma** afecten selectivament els diferents òrgans del nostre cos.

LES DOSIS RADIOACTIVES.

Després de les explosions nuclears de **Nagasaki** i **Hiroshima**, el 90% de les persones que reberen en llur cos dosis compreses entre **700** i **800** rems moriren la setmana se-



EL REACTOR RBM-K 1000 ACCIDENTAT.

Aquest tipus de reactor nuclear es troba instal·lat actualment en una vintena de centrals electronuclears soviètiques i forneix un 40% del total de l'energia elèctrica obtinguda amb centrals nuclears. La primera sèrie de reactors model RBM-K 1000, cadascun dels quals pot generar una potència de 1000 Mw, entrà en servei l'any 1973 a la central nuclear de Leningrad. A Lituània (Igalinsk) funcionen actualment reactors semblants d'una potència de 1500 Mw cadascun.

Els reactors RBM-K treballen amb urani lleugerament enriquit (1,8%), essent l'emissió de neutrons moderada mitjançant grafit. El sistema de refredament empra aigua bullent. El gràfic il·lustra esquemàticament aquest tipus d'instal·lació dels sistemes RBM-K. Les característiques principals són: disposició de dos reactors en una mateixa sala de màquines amb 4 turboalternadors en sèrie de 500 Mw cadascun, refrigerats amb hidrogen. La càrrega i la descàrrega del combustible de fissió (unes 200 tones) pot fer-se sense haver de parar la central.

Cal remarcar l'absència de construcció externa de confinament i l'existència d'un sol circuit aigua-vapor que es talvia sofisticats generadors de vapor tot i que l'aigua que va directament a les turbines esdevé radioactiva.

güent, tot i que no varen sofrir cap mena de crema da per efecte de l'ona caldrica ni tampoc resultaren ferides a causa de l'ona explosiva.

Tot això implica que cal cercar les causes de la mort en mecanismes produïts per la radiació en el funcionament de l'organisme humà. Una radiació de 25 rems -és a dir, l'equivalent a una trentena part de la dosi letal- produeix instantàniament la mort de nombroses cèl.lules productores de glòbuls blancs, limfòcits, que són fonamentals en el sistema de defensa immunològica de l'organisme. Conseqüentment, hom esdevé vulnerable a qualsevol tipus d'infecció.

Sortosament, això és solament temporal i reversible atès que d'altres cèl.lules productores de limfòcits que es troben als ganglis limfàtics i a la medul.la òssia en restabliran l'equilibri. Una irradiació de 50 rems origina una esterilitat temporal en l'home, ja que moren les cèl.lules productores d'espermatozoides. Aquest efecte és també reversible, de manera que al cap d'alguns mesos es restableix la producció d'esperma.

En augmentar la dosi i entre 150 i 200 rems, una nova sèrie d'efectes i mecanismes es produeixen sobre el nostre organisme. Entre d'altres reaccions, afeccions cutànies, diarrees, anèmies, un augment del temps de coagulació de la sang, així com la possibilitat d'esdevenir irreversiblement estèril i d'altres trastorns que varien en funció de l'edat i l'organisme específic.

Els efectes sobre la dona embarassada i el fetus varien segons l'estadi de desenvolupament d'aquest, i en alguns països hom aconsella l'avortament terapèutic en casos en què la dosi rebuda sobre l'abdomen de la mare depassi els 10 rems (risc elevat de malformacions congènites).

D'altra banda, tot i que són encara mal coneguts els efectes de la radioactivitat sobre l'organisme i la inducció de càncers (oncogenèsi), en aquest sentit cal dir que l'apari-

Iode 131

Període: 8,05 dies.

Tipus de radiació emesa: beta i gamma

Organs afectats: es concentra a la tiroide. Cance-rigen a llarg termini segons dosis rebudes.

Ruteni 106

Període: 1 any.

Tipus de radiació emesa: beta i gamma.

Organs afectats: el còlon, els pulmons (per via respi-ratòria) i els ossos. Des-trueix la generació de les cèl.lules de la sang.

Tel.luri 132

Període: 78 hores.

Tipus de radiació emesa: beta i gamma.

Afeccions: augment dels càncers de fetge.

Bari 140

Període: 12,8 dies.

Tipus de radiació emesa: beta i gamma

Afeccions: es concentra als ossos. Pot induir càncers d'os a llarg termini.

Criptó 85

Període: 10 anys.

Tipus de radiació emesa: beta i gamma.

Afeccions: tots els òrgans, així com augment teòric de leucèmies i limfomes.

Cesi 137

Període: 30,2 anys.

Tipus de radiació emesa: beta i gamma

Organs afectats: tots i, d'una manera especial, el fetge, la medul.la i els músculs.

Estronci 90

Període: 28 hores.

Tipus de radiació emesa: beta.

Afeccions: es fixa en el moll dels ossos. Indueix aplasies medul.lars irrever-sibles.



ció d'un càncer és deguda a factors que modifiquen el comportament natural de les cèl·lules i, per tant, les radiacions **alfa, beta i gamma** hi poden contribuir d'una manera més o menys directa. Treballs estadístics pretenen demostrar una relació directa entre càncer i dosi de radiació rebuda. No gensmenys, atès que els mecanismes que transformen una cèl·lula normal en cancerosa encara són poc coneguts, aquesta és una qüestió que no té a hores d'ara una resposta precisa.

LES FONTS RADIOACTIVES.

En el decurs de tota la nostra vida estem constantment exposats a les radiacions radioactives. Aquesta mena de "bombardeig" constant a què ens troben sotmesos és d'origen divers, així com llurs efectes sobre l'organisme, que solen ser de caire acumulatiu. Tot això fa que ens hàgin d'interrogar sovint sobre el que cal saber d'aquest important tema.

La primera font radioactiva: la radioactivitat natural.

La primera font de radioactivitat a la qual estem sotmesos durant tota la nostra vida sense poder-hi fer gran cosa és la radioactivitat natural. Aquesta és deguda al mateix origen del nostre planeta i als moviments tel·lúrics que hi tingueren lloc, així com als que encara avui es produeixen a més o menys profunditat de l'escorça de la terra, i obeeix fonamentalment a la desintegració d'àtoms molt pesants amb períodes molt llargs. Aquests àtoms solen agrupar-se en tres famílies principalment:

1. La família del radi: l'urani 238, el radi, el radó, etc.
2. La família de l'actini: l'urani 235, l'actini, etc.
3. La família del tori: el tori 232, el tori, etc.

En tot i per tot subsisteixen actualment un total de 51 elements o famílies radioactius. De tota manera, aquests elements no es troben distribuïts d'una manera homogènia arreu, ans al contrari, llur concentració varia segons els llocs.

A tall d'exemple, direm, agafant un valor mitjà per a la radioactivitat natural de la terra entre 20-120 mil.li-rems, que al sud-oest de l'Índia i a l'Estat de Kerala aquest valor arriba a assolir gairebé els 400 mil.li-rads/any. Al Brasil, trobem a l'Estat de Minas llocs on arriba fins als 20.000 mil.li-rads/any.

La segona font: els materials.

Els materials emprats en la construcció d'habitatges i objectes són radioactius. A tall d'il·lustració tenim:

- granit: 240-400 mil.li-rads/any.
- pedra tosca: 300 mil.li-rads/any.
- maó: 140-180 mil.li-rads/any.
- formigó: 100-180 mil.li-rads/any.
- marbre: 40 mil.li-rads/any.
- guix: 30 mil.li-rads/any.
- fusta: 30 mil.li-rads/any.

La tercera font radioactiva: l'aigua.

Les aigües de les fonts són potencialment perilloses radioactivament, cosa que dependrà dels mantells subterranis que aquestes aigües travessin. abans d'eixir i brollar a la superfície. L'agent radioactiu n'és el radó, que pot trobar-s'hi dissolt. El contingut de radó en l'aigua s'expressa en fraccions de curie i la dosi permisible n'és d'uns 40×10 curie/litre.

La quarta font radioactiva és constituïda per les radiacions còsmiques. Com és sabut, el nostre planeta rep constantment un flux de partícules fortament energètiques (partícules alfa, gamma, fotons, pro-

LES DIFERENTS UNITATS DE MESURA DE LA RADIOACTIVITAT.

El curie expressa el nombre de desintegracions per segon d'una font radioactiva i és equivalent a 37.10^{10} desintegracions per segon, és a dir, a l'activitat que presenta un gram de radi 226. D'altres unitats sovint emprades i derivades del curie són: el millicurie, el microcurie, el nanocurie i el picocurie.

El becquerel és equivalent a 1 desintegració per segon i, per tant, 1 becquerel = 27 picocuries, 1 curie = 3.10^{10} becquerels.

El rad és una unitat que expressa la dosi rebuda, és a dir, la quantitat d'energia absorbida per unitat de massa. Un rad equival a l'absorció d'una energia de 100 ergs per cada gram de matèria. Atès que els efectes biològics de la radiació depenen, tanmateix del tipus d'aquesta (radiació alfa, beta, gamma o de neutrons), aquesta unitat de mesura no permet una anàlisi qualitativa de la radiació.

El rem ("röntgen equivalent man") és la unitat de mesura de les dosis radioactives en l'home. El rem expressa el tipus de radiació rebuda i és el producte de la dosi absorbida (en rads) i d'un factor variable que depèn del tipus de radiació emesa. Aquest factor és per als raigs beta, gamma o X equivalent a 1, mentre que per a la radiació neutrònica es troba comprès entre 1 i 10 i per als raigs alfa és equivalent a 10.

tons, electrons, etc.). Tot i que una bona part d'aquestes partícules són frenades i àdhuc absorbides per l'atmosfera que envolta la terra, una part assoleix la superfície terrestre i fa així augmentar el contingut radioactiu del mar aproximadament de 30 mil.li-rads per any. També del cel, però per efecte dels assaigs nuclears en l'atmosfera, ens arriba una font de contaminació radioactiva complementària. El nombre d'explosions nuclears realitzades a partir de 1945 i en l'atmosfera és de 800, amb la qual cosa l'augment de la radioactivitat detectat en els aliments a partir d'aquesta data ha estat considerable (augment del Cesi 137 i l'estronci 90 en la llet).

La cinquena font radioactiva és alhora la més des-

coneguda i la més quotidiana, car prové dels objectes que manipulem. La tinta dels xecs bancaris (carboni 14), gres de color vermell i groc (urani), porcellanes industrials (urani i ceri), algunes cremes de bellesa fetes amb "plàncton termal", és a dir, amb petits microorganismes que concentren la radioactivitat, etc.

La sisena font radioactiva és la indústria. Equipaments que empen fonts radioactives, generadors de raigs X, etc.. La radioactivitat d'aquests aparells pot arribar a 300 curies.

La setena font són els tractaments emprats en la medicina.

Segons el tipus de radiografia o tractament, les dosis rebudes poden variar entre 21 i 800.000 mil.li-rads.