

**II Congreso Bienal Conjunto de las Sociedades Española de
Física Médica (SEFM) y de Protección Radiológica (SEPR)
Sevilla, España; 10 - 13 de mayo de 2011**

Fukushima Dai-ichi: Perspectiva

Abel J. González

Representante ante el United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

Vice-Presidente de la International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Miembro de la Commission of Safety Standards del OIEA

Autoridad Regulatoria Nuclear; ✉Av. Del Libertador 8250; (1429)Buenos Aires, Argentina 📞+54 1163231306; 📧agonzale@sede.arn.gov.ar

Fukushima Dai-ichi NPP



Source: www.tepco.co.jp

¿Qué sucedió?

- **Una Central Nuclear decrepita con características de seguridad obsoletas fue sacudida por un terremoto catastrófico que desbastó ciudades enteras.**
- **Pese a ello, la Central no sufrió daño significativo alguno y se detuvo en forma segura.**

¿Cómo siguió?

- Sin embargo, el terremoto también destruyó el suministro eléctrico de toda la zona lo que anuló el sistema de refrigeración de la Planta detenida.
- No obstante, un sistema de refrigeración de emergencia reemplazó al normal adecuadamente.
- Pero un gran tsunami, de 14 metros de altura, el que inundó toda la zona y mató mas de 30 000 personas, anuló el enfriamiento de emergencia.

¿Cuáles fueron las consecuencias?

- Parte del combustible de los reactores se fundió; la contención fue insuficiente; se liberó material radioactivo al medio ambiente.
- El desastre expuso un legado de un diseño defectuoso y fallas y recortes presupuestarios en la industria nuclear japonesa, la que ya se sabía poco regulada y mal controlada y con muchos antecedentes de accidentes y mentiras.
- ¡Pese a todo este escenario increíble, hasta donde se sabe, nadie ha recibido hasta ahora una dosis letal de radiación!

Evaluación comparativa:

Chernobyl

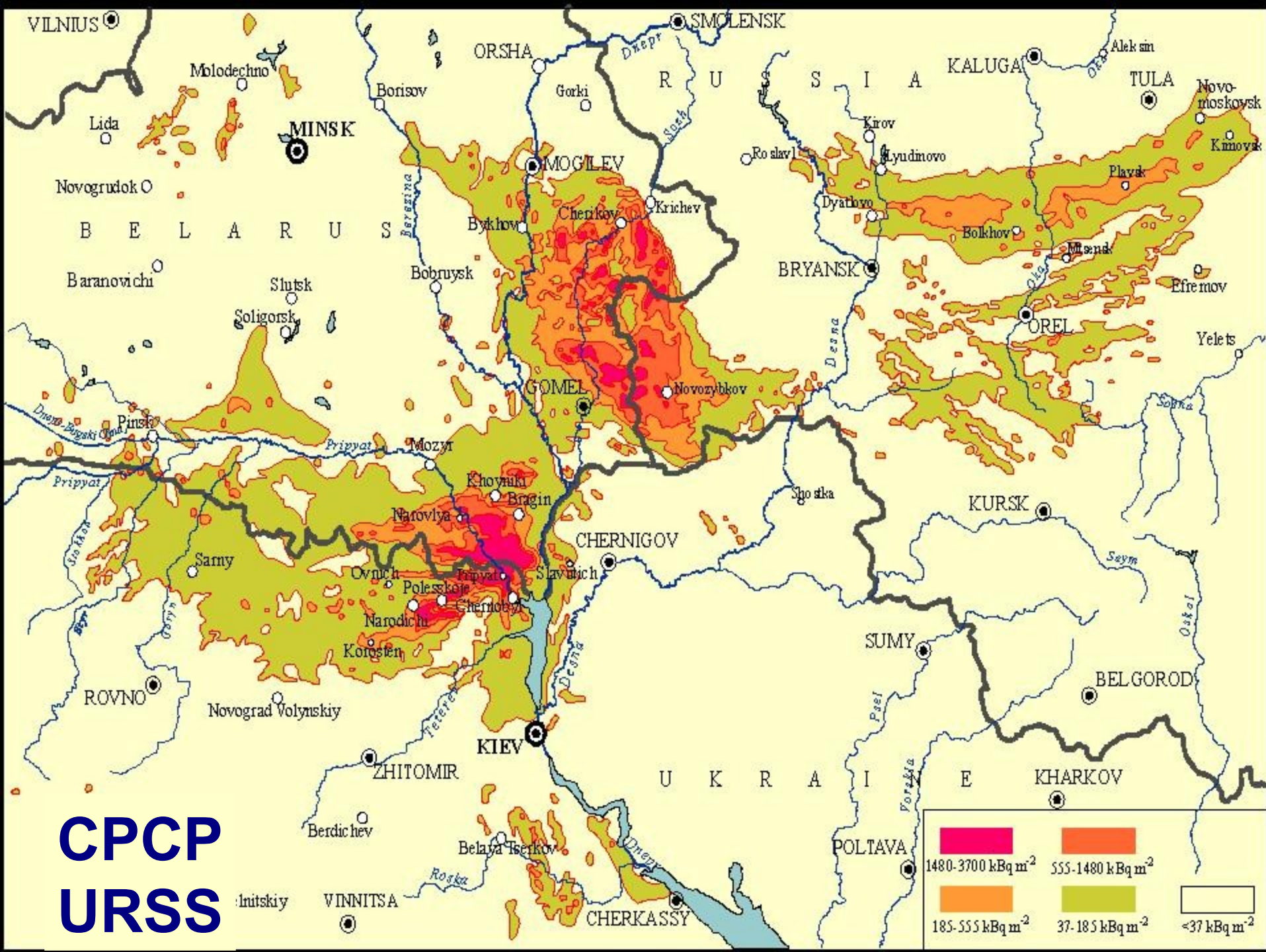
$1.2 \cdot 10^{19}$ Bq

^{131}I 55% 50 000 000 Ci - $3,2 \cdot 10^{18}$ Bq $^{134,137}\text{Cs}$
33% - $4,0 \cdot 10^{17}$ Bq

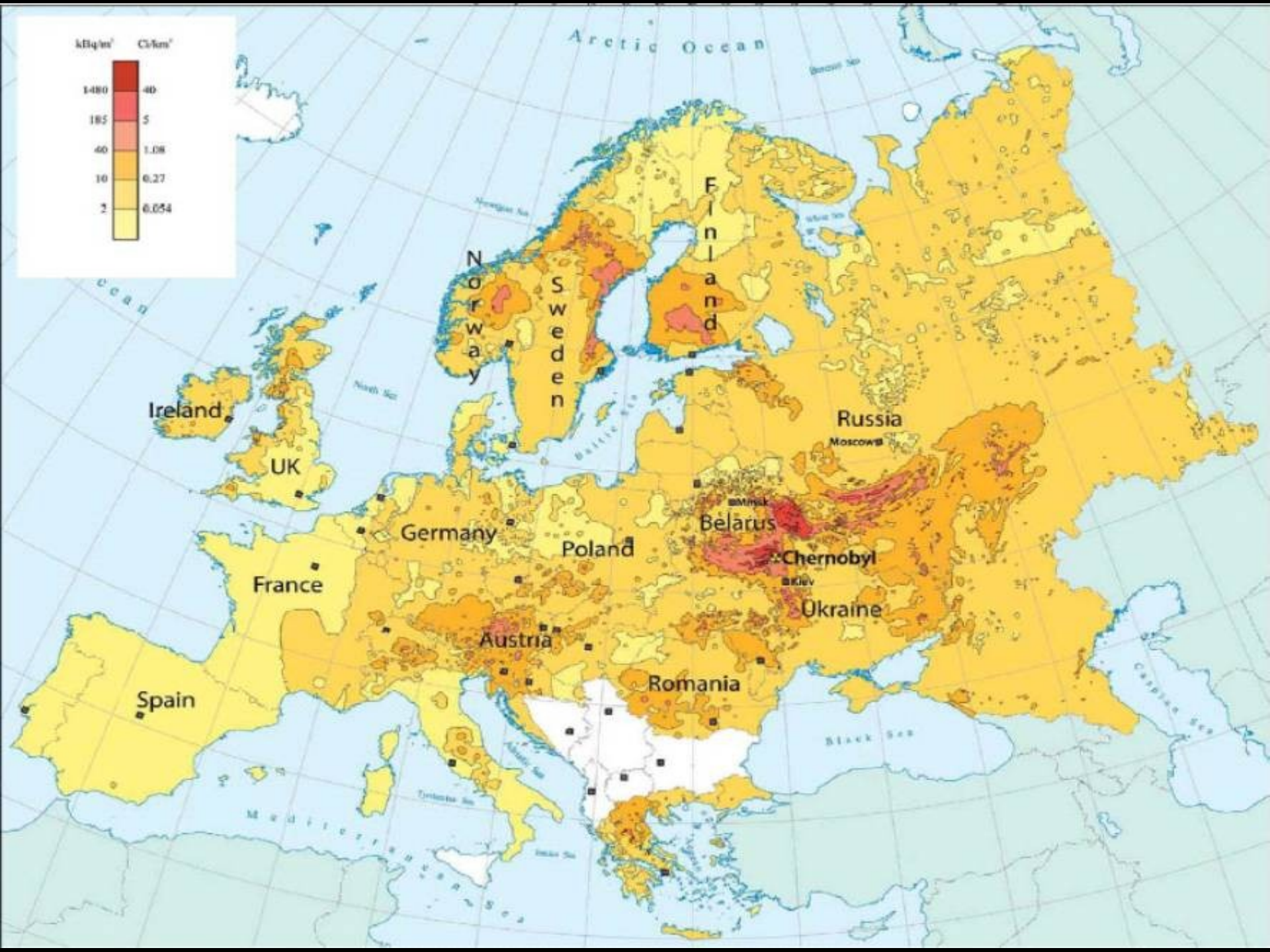
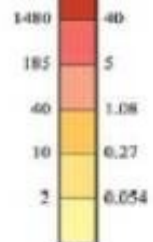
Noble gases: 100% - $7,0 \cdot 10^{18}$ Bq

of I-131 Released From the Site (in curies)	Site	Time Period
150,000,000 Ci	Nevada Test Site, Nevada	1952–1970
50,000,000 Ci	Chernobyl (former Soviet Union)	1986
740,000 Ci	Hanford Reservation, Washington	1944–1972
60,000 Ci	Savannah River Site, South Carolina	1955–1990
8,000–42,000 Ci	Oak Ridge National Laboratory, Tennessee	1944–1956
20,000 Ci	Windscale, United Kingdom	1957
15–21 Ci	Three Mile Island, Pennsylvania	1979

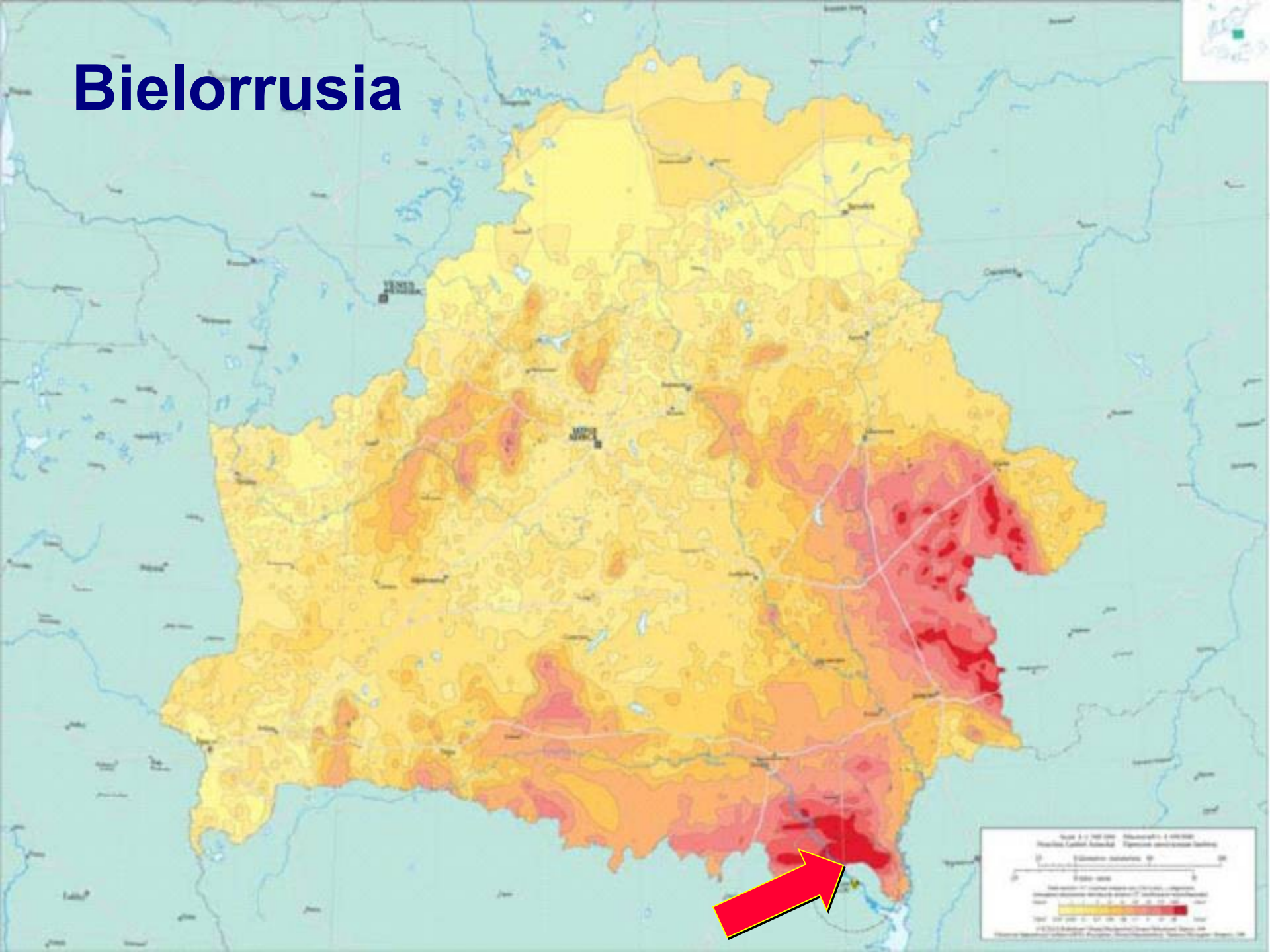




kBq/m² Ci/km²



Bielorrusia

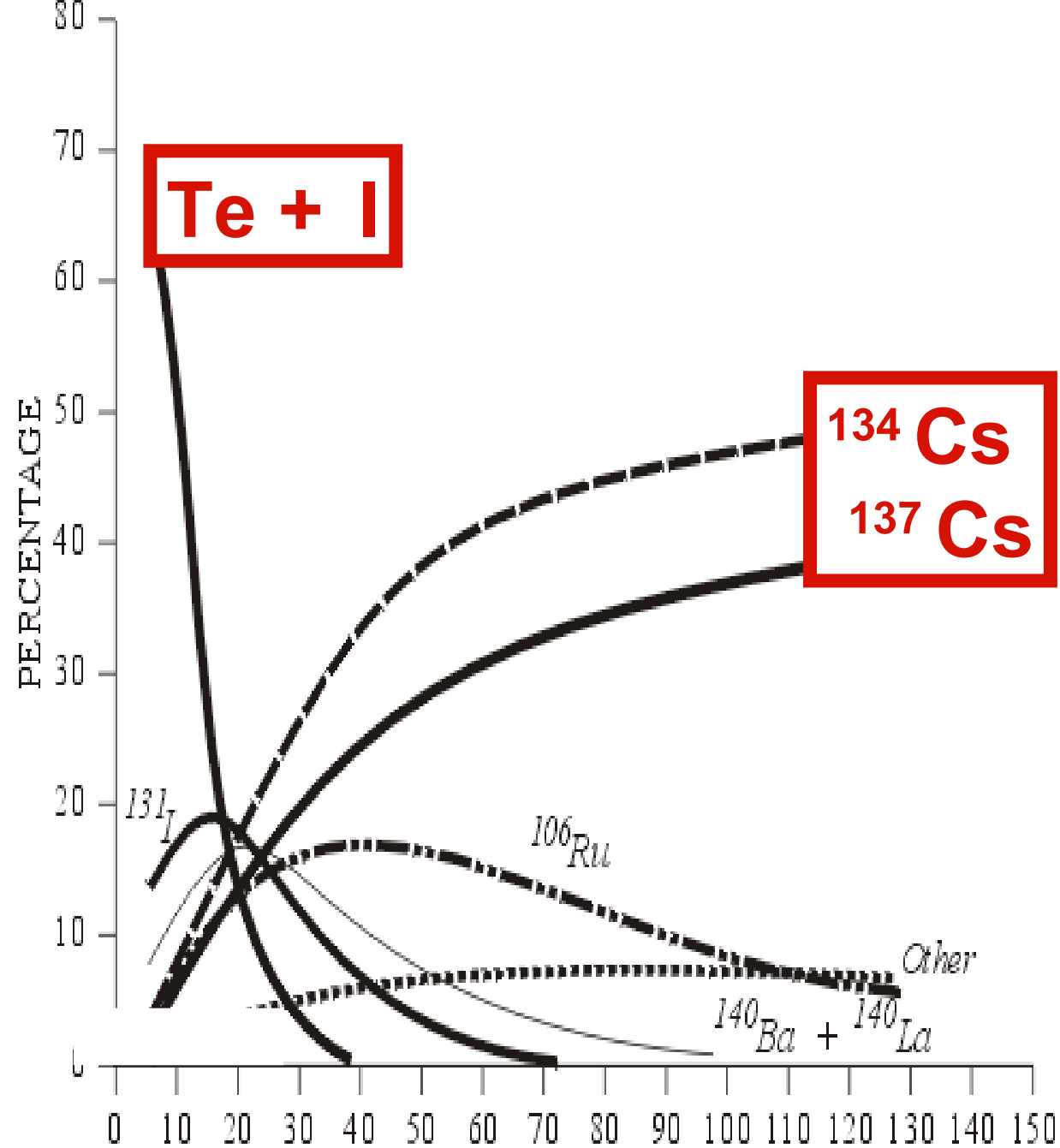




Ucrania

De “Contaminación” a Dosis de Radiación

Contribución a la dosis



Iodo_ → Glándula Tiroidea →



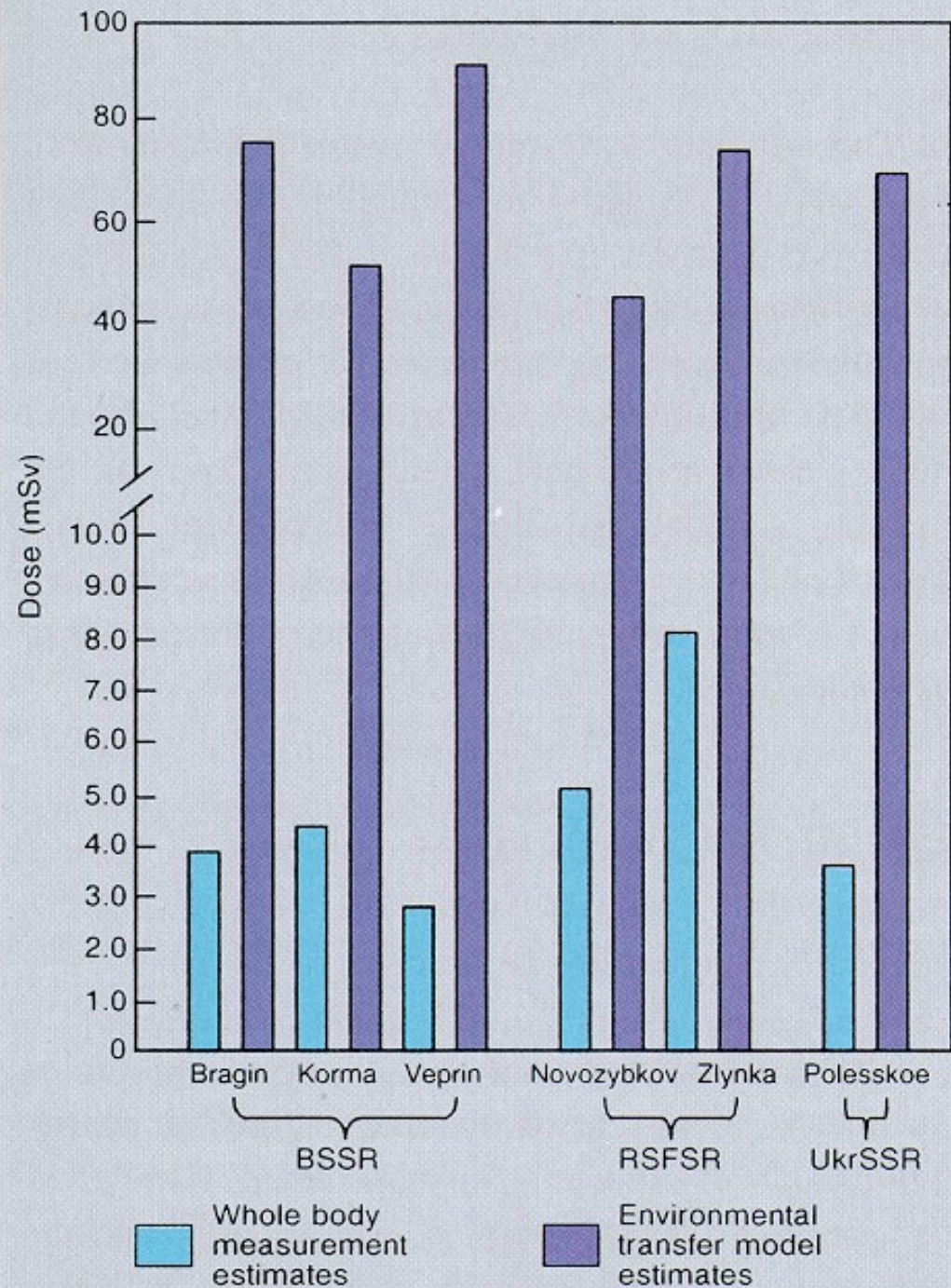
Cesio



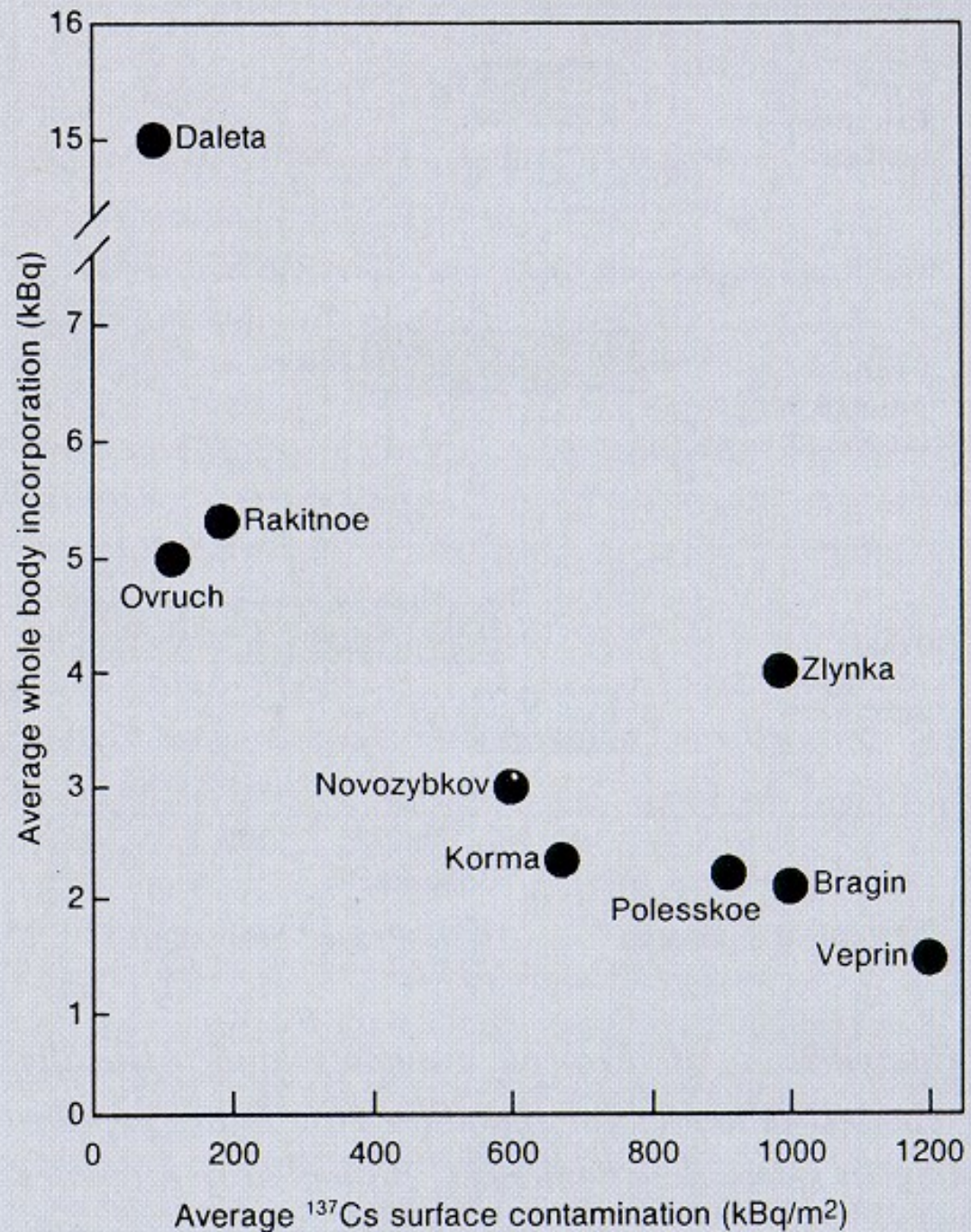
Exposición de todo el cuerpo



Las dosis de radiación debidas al cesio evaluada mediante mediciones *in vivo* fueron mucho menores que las estimaciones teóricas de los ‘modeladores’



**¡Mas
'contaminación'
territorial no
conlleva
necesariamente a
dosis mas altas!**





LOS '*LIQUIDADORES*'

“ЛІКВІДАТОРИ”



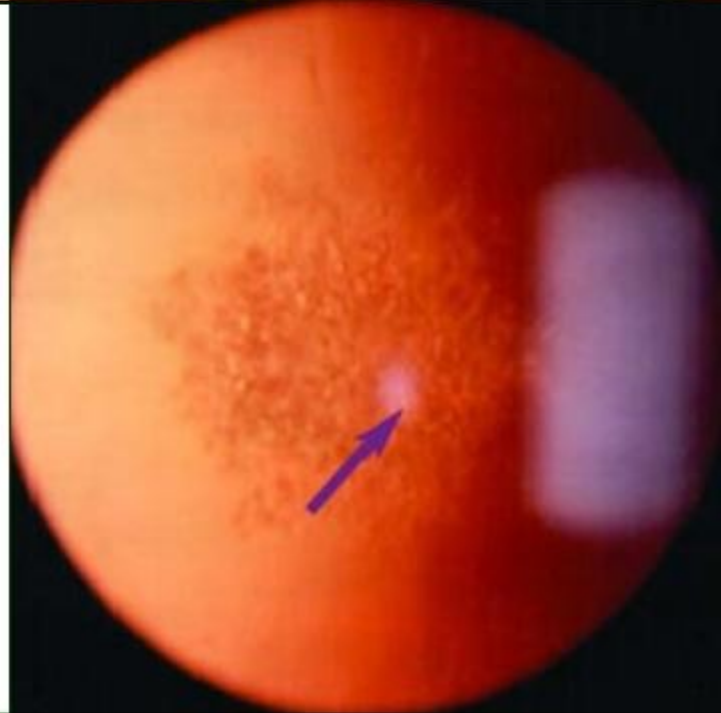
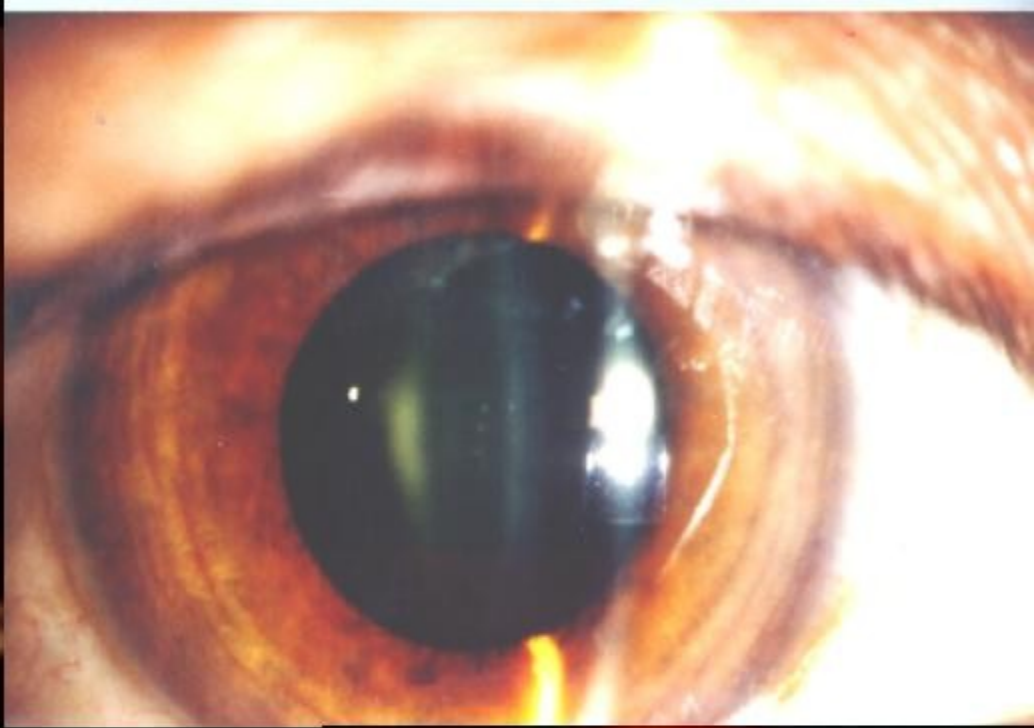
Quemaduras debidas a emisores β









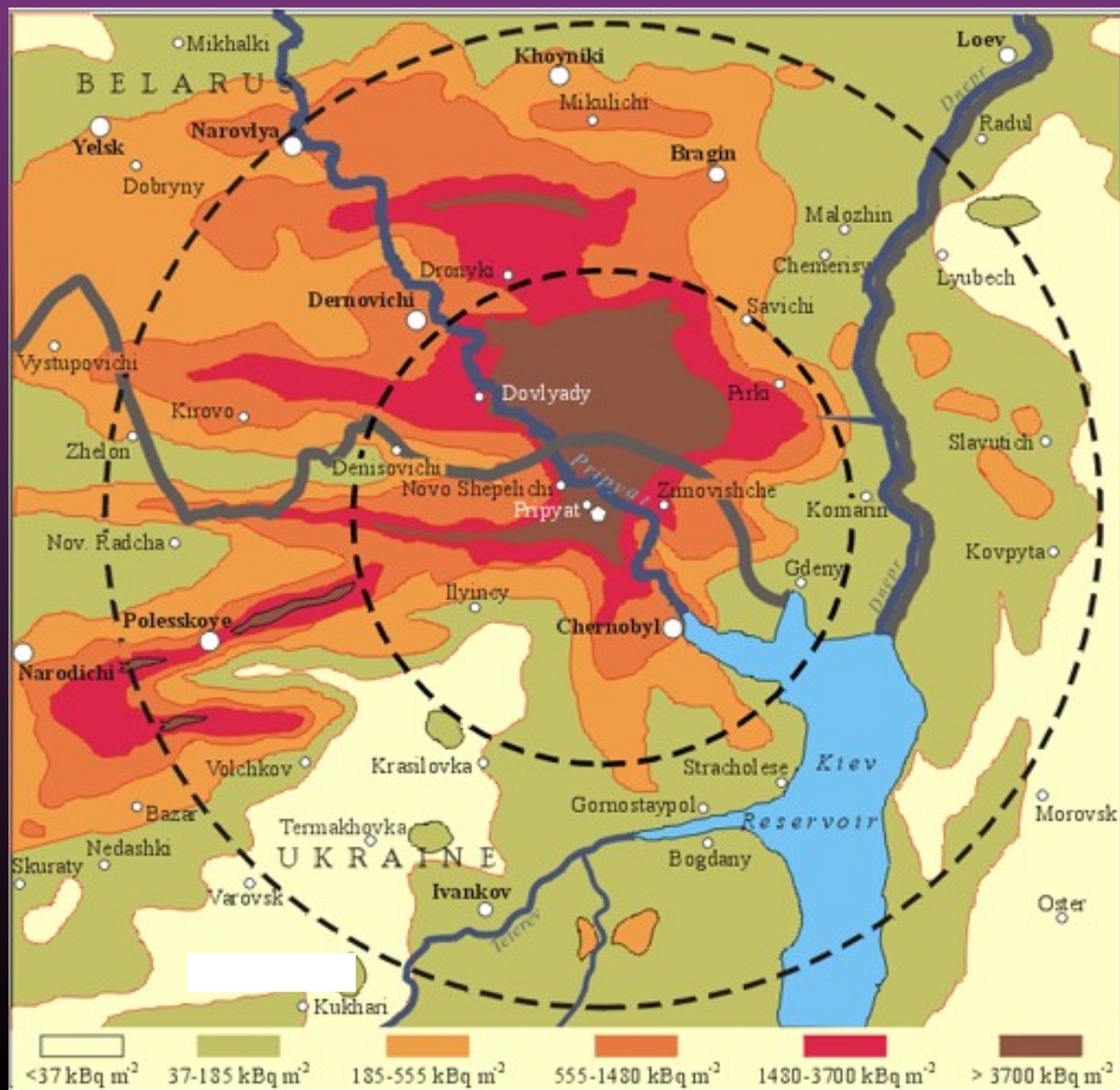


Los “evacuados”



¿CUANTOS EVACUADOS?

Ucrania	91,406
Belarus	24,725
Russian Federation	186
Total	116,317
(de 187 pueblos)	



Прип'ять

Prīpyat



РЫ — ЭНЕРГЕТИК





Exposición de los evacuados

o	Pripyat	17 mSv
o	Belarus	31 mSv
<10%		⇒ >50 mSv

LOS RESIDENTES EN AREAS 'CONTAMINADAS'



EXPOSICIÓN DE LOS RESIDENTES

Promedio (10 años)

8 mSv

De por vida

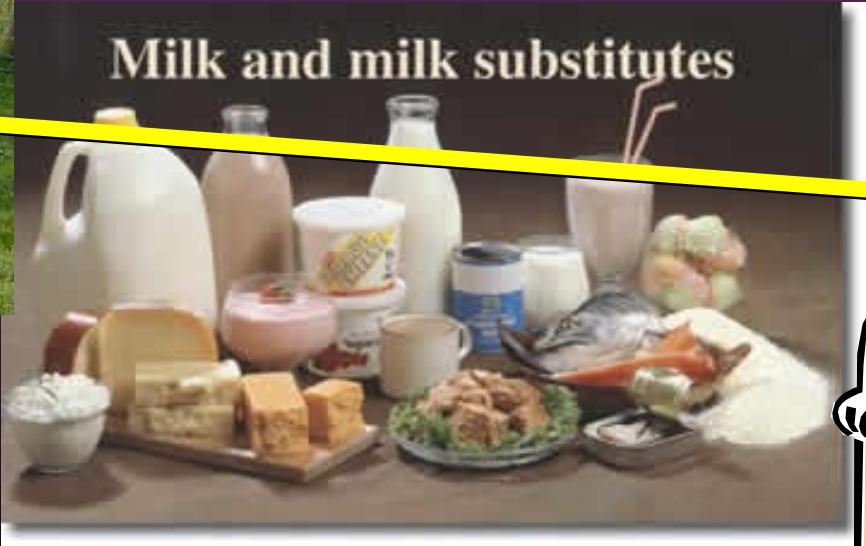
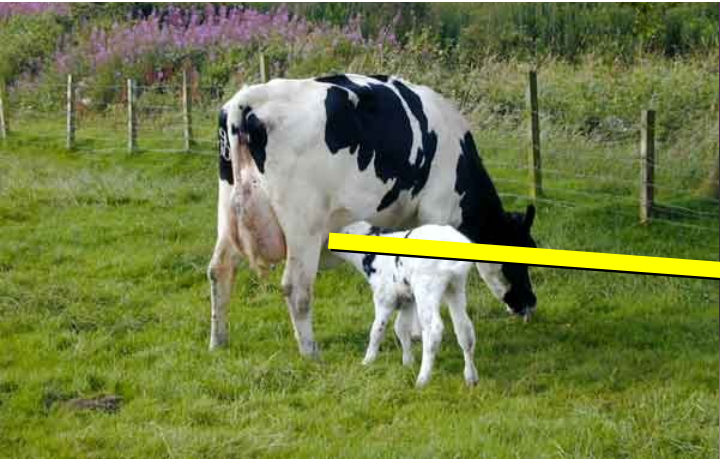
13 mSv

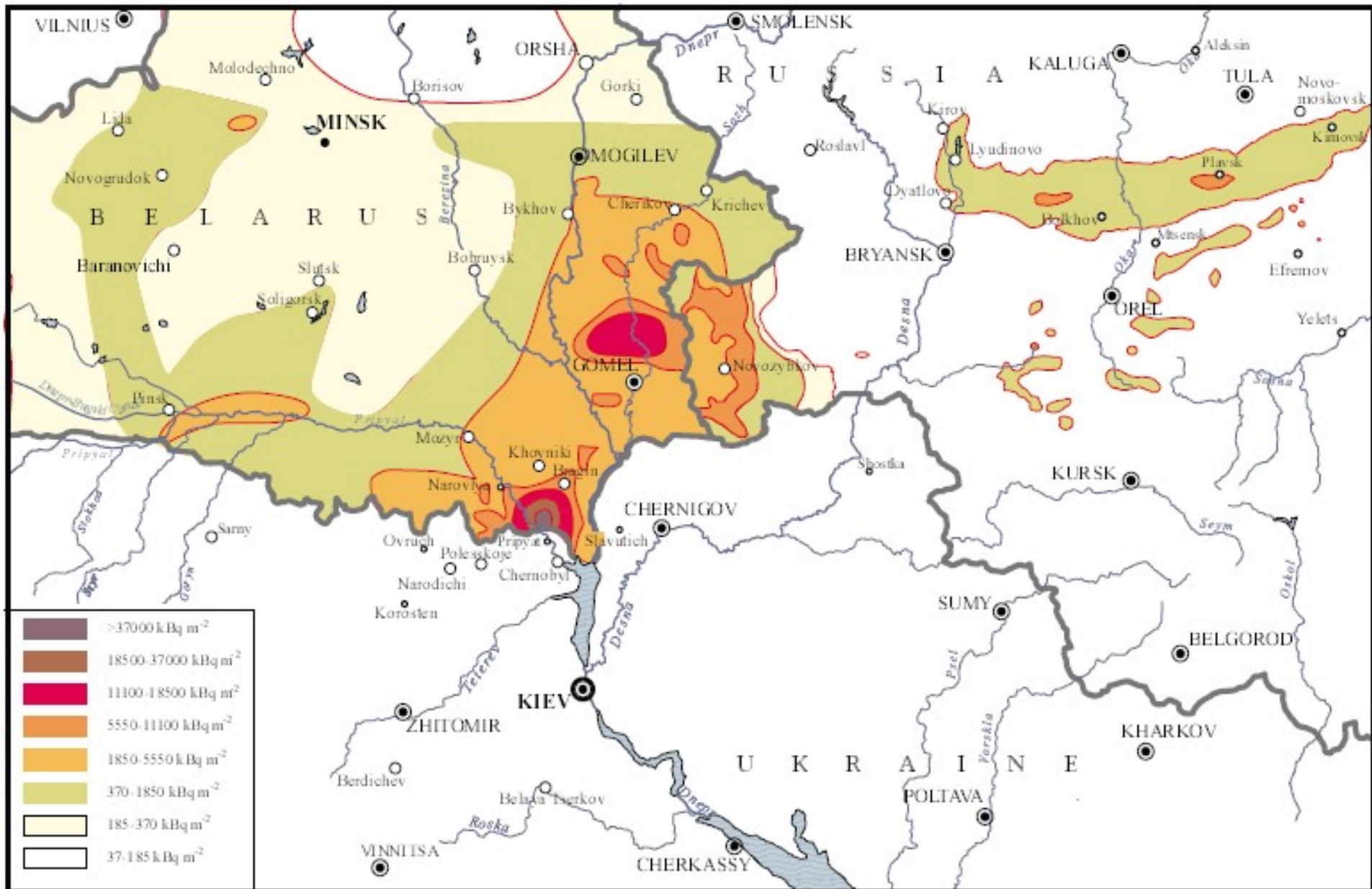
EL DRAMA TIROIDEO





Figure 29-9. Fallout.





Dosis en la tiroides



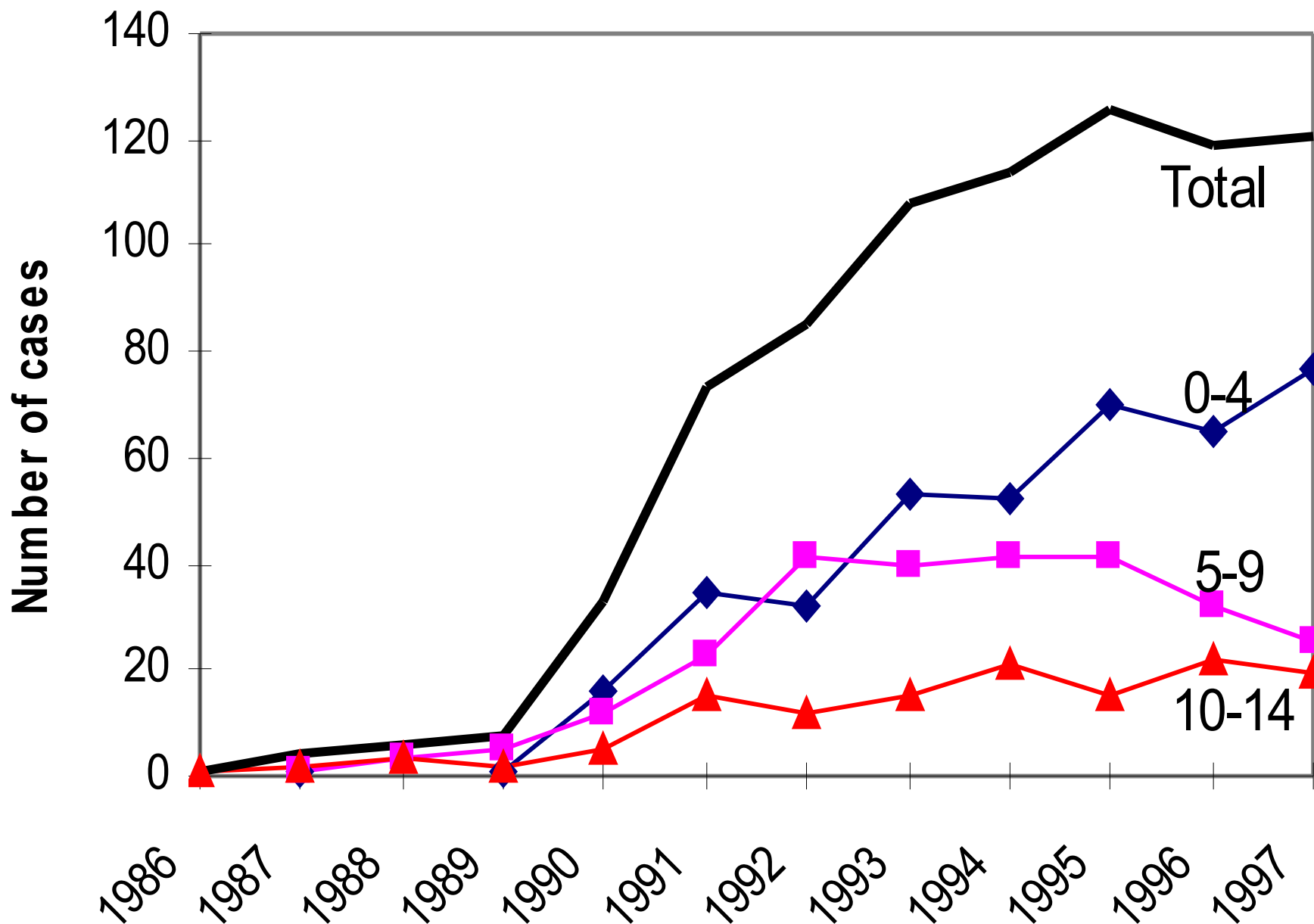
- (Dosis promedio en la tiroides)
- (Chicos mas expuestos)

¿300 mSv ?

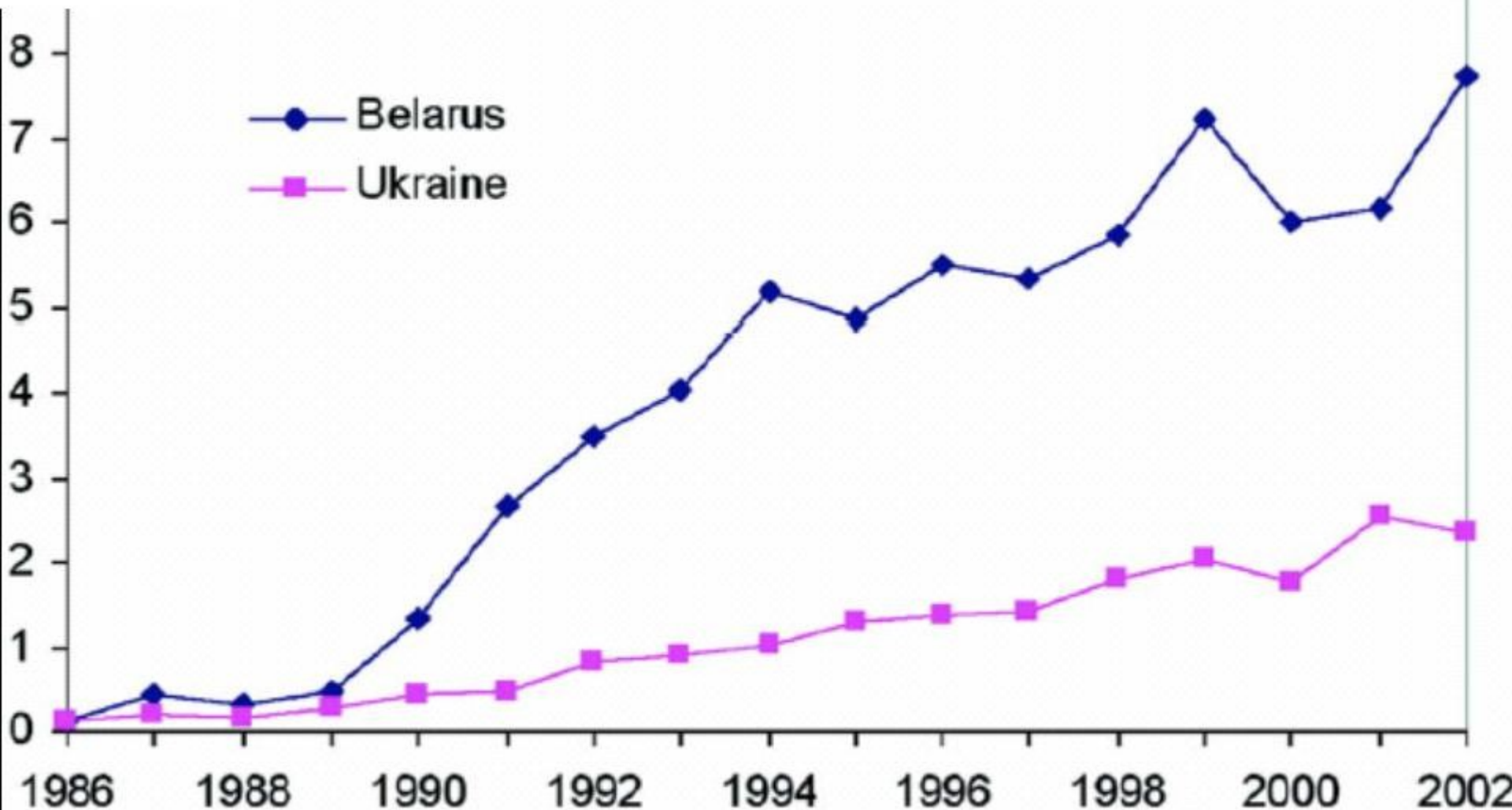
¿10000 mSv ?,

¿o mas?

Thyroid cancer in children in Belarus

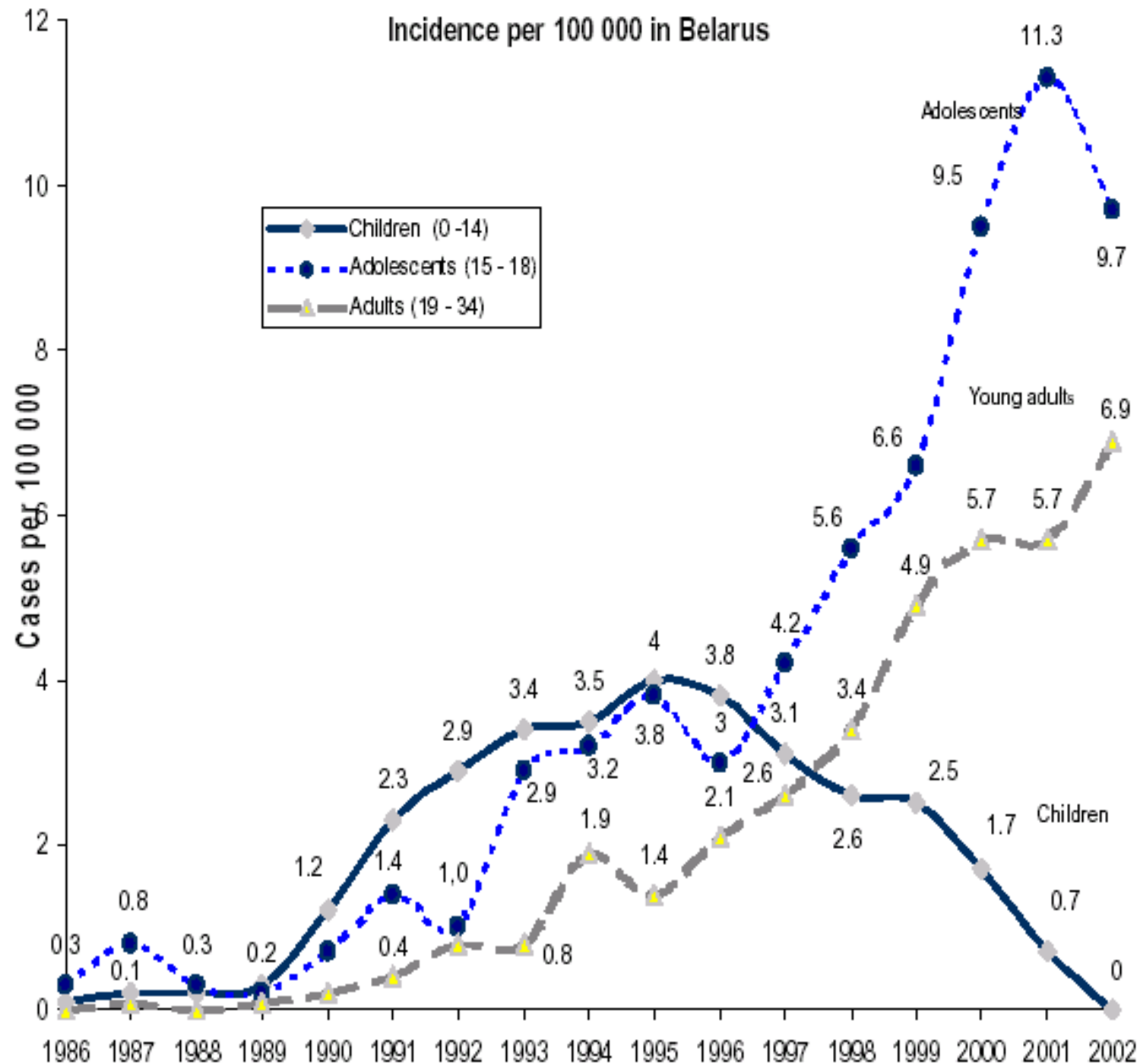


9 /100 000



Jacob P, Bogdanova TI, Buglova E, Chepuruiy M, Demidchik Y, Gavrilin Y, Kenigsberg J, Meckbach R, Schotola C, Shinkarev S, Tronko MD, Ulanovsky A, Vavilov S, Walsh L (2006) Thyroid cancer risk in areas of and Belarus affected by the Chernobyl accident. *Radiat Res.* 165(1) 1-8

Incidence per 100 000 in Belarus





En resumen, Chernobyl produjo:

- **~30 muertes (agudas), y**
- **~ 200 lesiones determinísticas severas atribuibles clínicamente a Chernobyl**

**Mas de 6000 cánceres foliculares de
tiroides en chicos,**

todos ellos facilmente evitables

Amplia “contaminación”,

**con connotaciones que deterioraron las
vidas de los pobladores, crearon ansiedad, y
arruinaron la economía**

**No existe ninguna evidencia confirmada
de otro impacto a la salud pública
directamente atribuible a la exposición a
la radiación de Chernobyl**



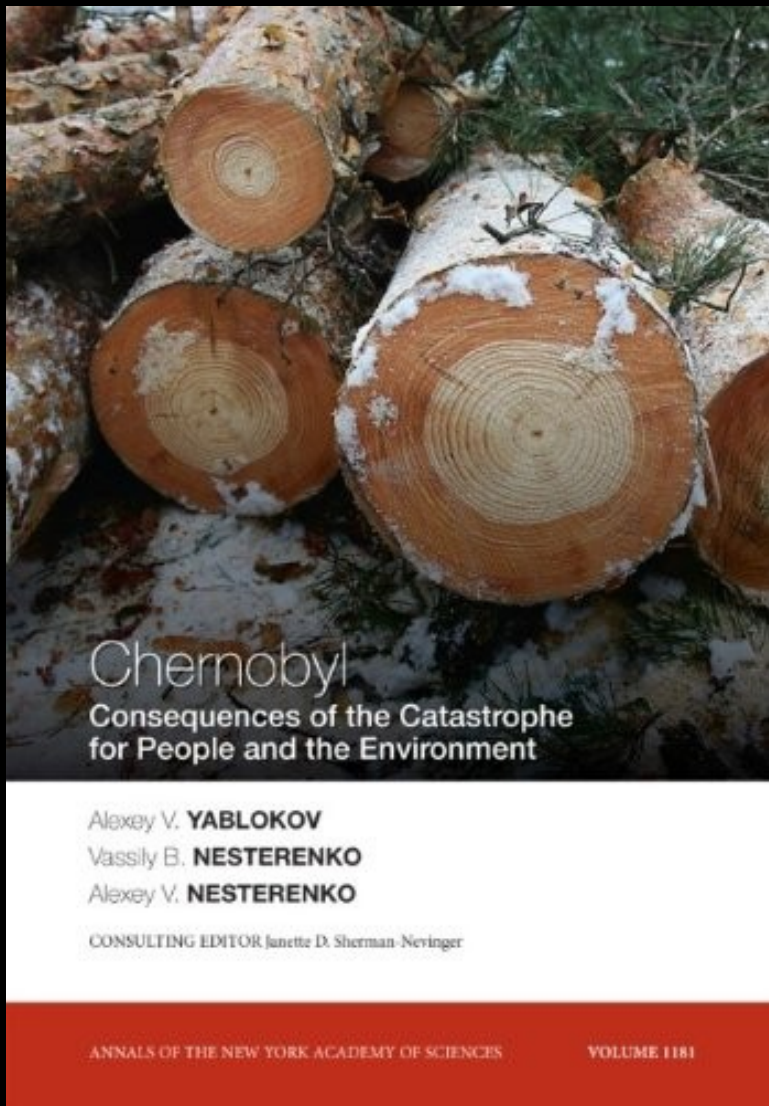
March 25, 2006 Saturday

SECTION: GUARDIAN INTERNATIONAL PAGES; Pg. 17

HEADLINE:

UN ignores 500 000 Chernobyl deaths

IAEA says will be less than 4 000



Chernobyl:

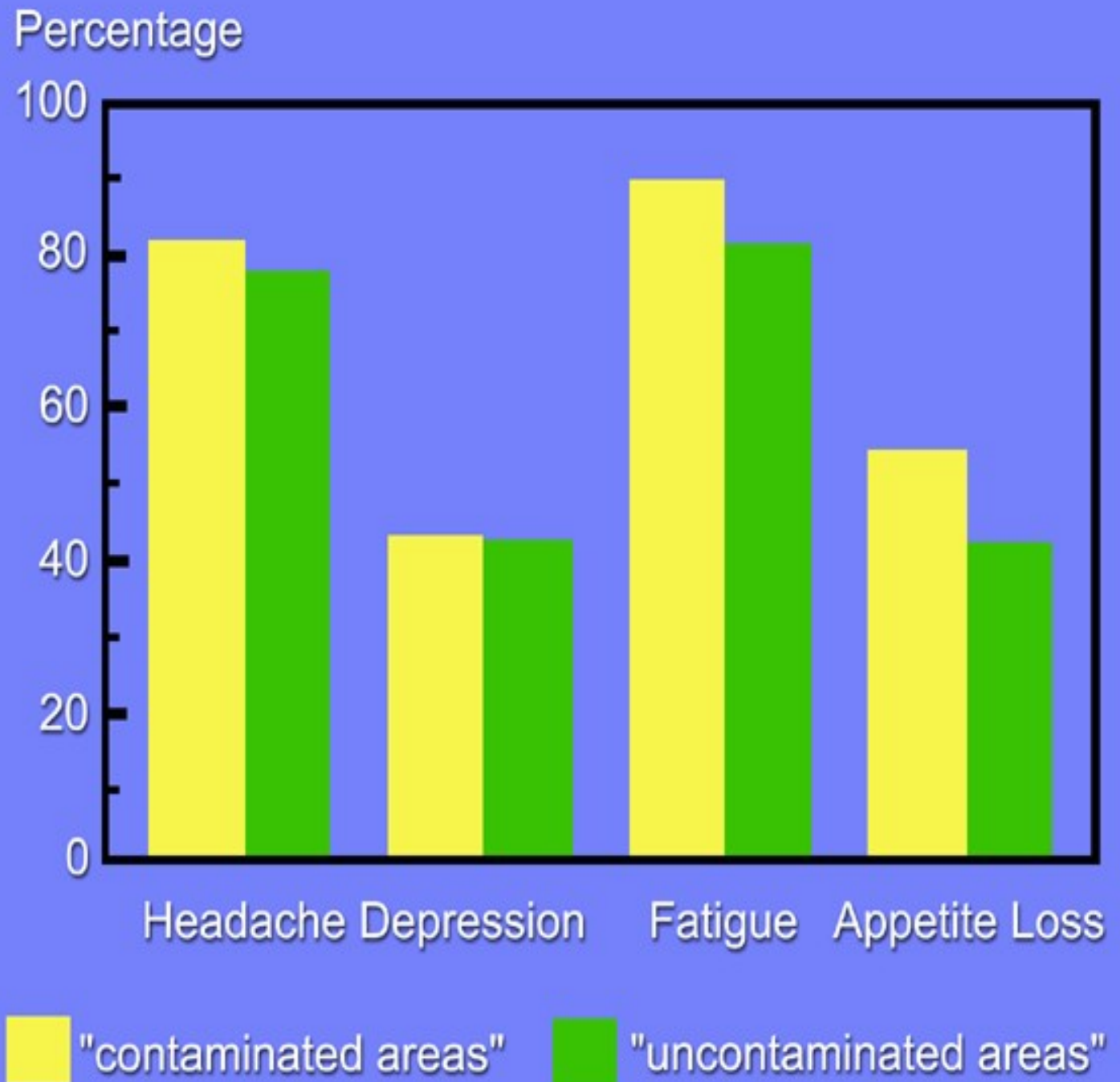
Consequences of the Catastrophe for People and the Environment

Annals of the New York Academy of Sciences

**Alexey V. Yablokov (Editor),
Vassily B. Nesterenko (Editor),
Alexey V. Nesterenko (Editor),
Janette D. Sherman-Nevinger (Editor)**

*It concludes that based on records now available,
**some 985,000 people died of cancer caused by the Chernobyl
accident!***

**La gente
esta
confundida!**



Sin embargo, debe ser enfatizado que

Chernobyl ocasionó:

- Cataclismo Político;



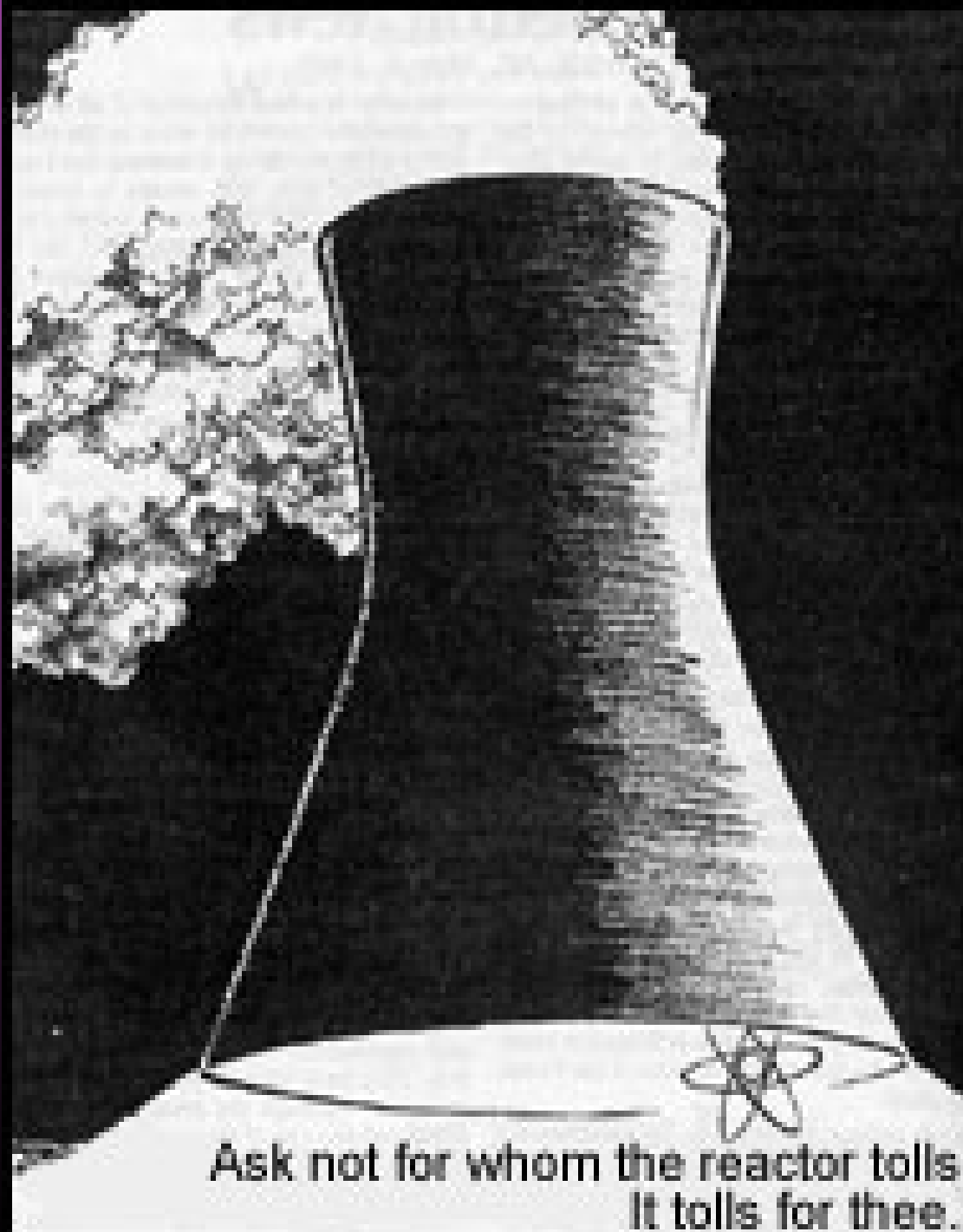
- **Tragedia Social; y,**



- Ruina Económica.....



La mitología sobre Chernobyl





Después de Fukushima

Después de Fukushima

- No se sorprenderán si les digo que los acontecimientos en Japón han cambiado mi punto de vista sobre la energía nuclear.
- Pero se sorprenderán al saber cómo ha cambiado:

Después de Fukushima

- Como resultado del desastre de Fukushima, me he convencido definitivamente que la energía nuclear es una opción factible....

.....siempre y cuando resolvamos algunos pocos problemas fundamentales que he planteado a lo largo de los años, entre ellos los siguientes:

Después de Fukushima

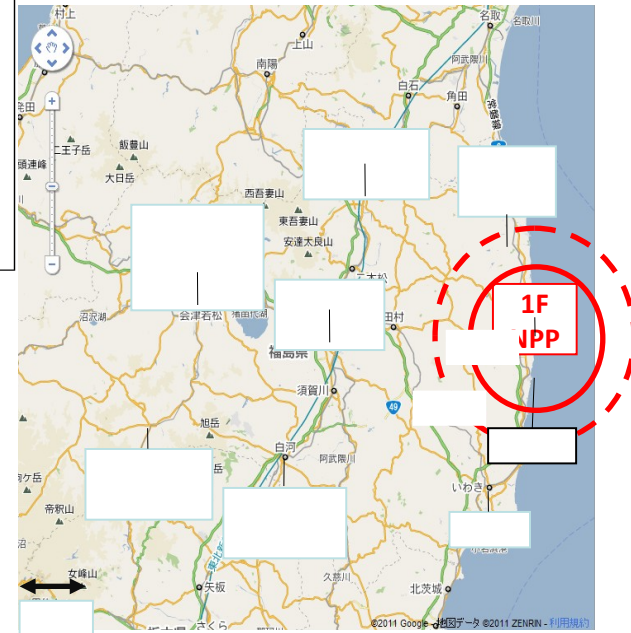
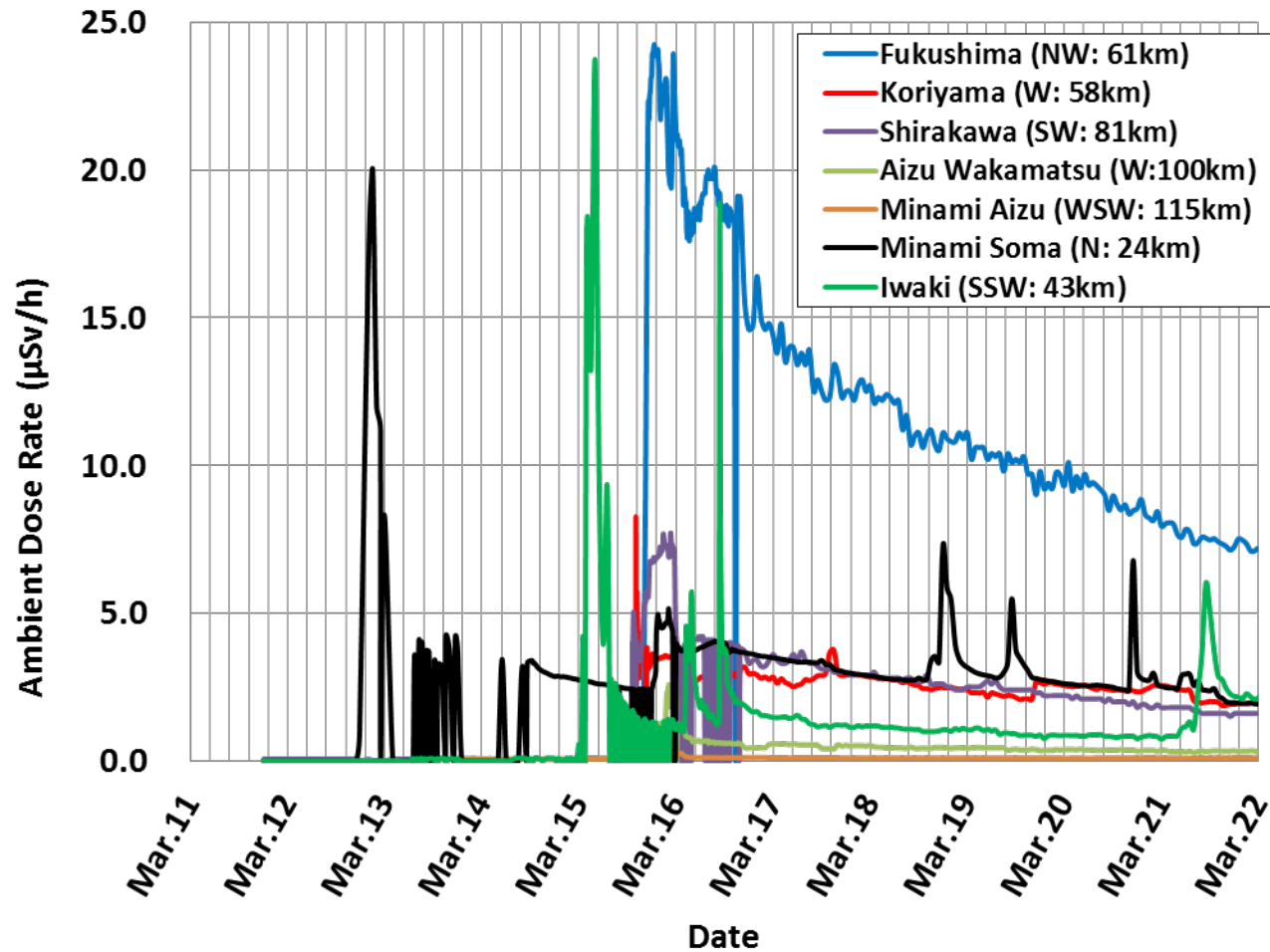
1. El establecimiento definitivo de un régimen internacional de seguridad nuclear formal.
2. Un consenso global sobre el problema de atribución de efectos a bajas dosis.
3. El abandono perentorio del concepto de ‘contaminación’.

Régimen internacional de seguridad nuclear

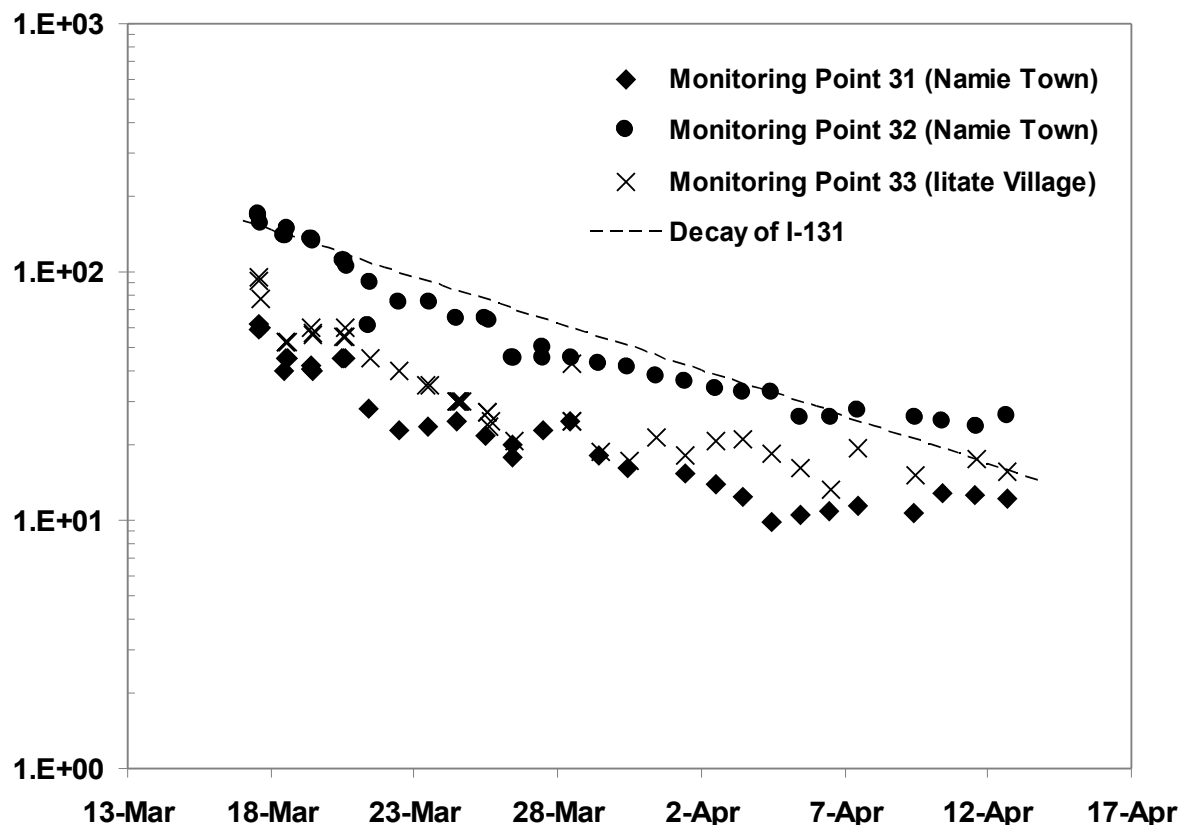
- **Obligaciones legales vinculantes**
- **Estándares internacionales**
- **Sistema de verificación global**
- **Sanciones por incumplimiento**

Perspectiva

Off-site Radiation Dose Rates

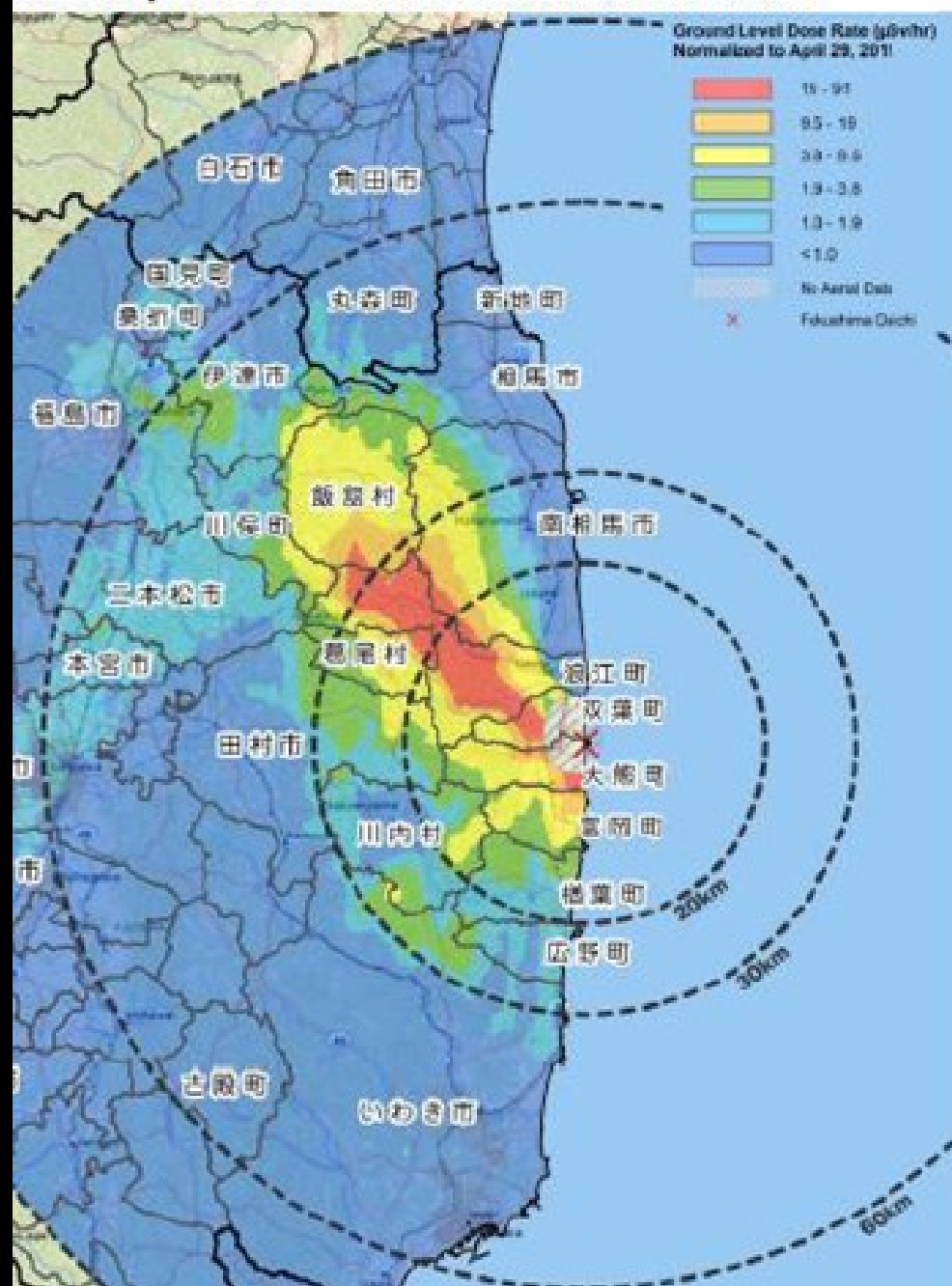


Monitoring Data at Hot Spots



- Annual Effective Dose at MP 32 is about 100 mSv due to external exposure from radionuclides deposited on the ground, but that depends upon the assumed composition of radionuclides.
- Contribution of internal exposure due to inhalation of resuspended radionuclides is about a few percent of external exposure.

Aerial Measuring Results by DOE and MEXT
Rate Map within 80 km from Fukushima Dai-ichi NPP



Perspectiva:

Fondo natural de radiación

en el mundo

Dosis anual en mSv

Pocas poblaciones $\Rightarrow$ ~100

Gran cantidad de personas en muchas áreas $\Rightarrow$ ~ 10

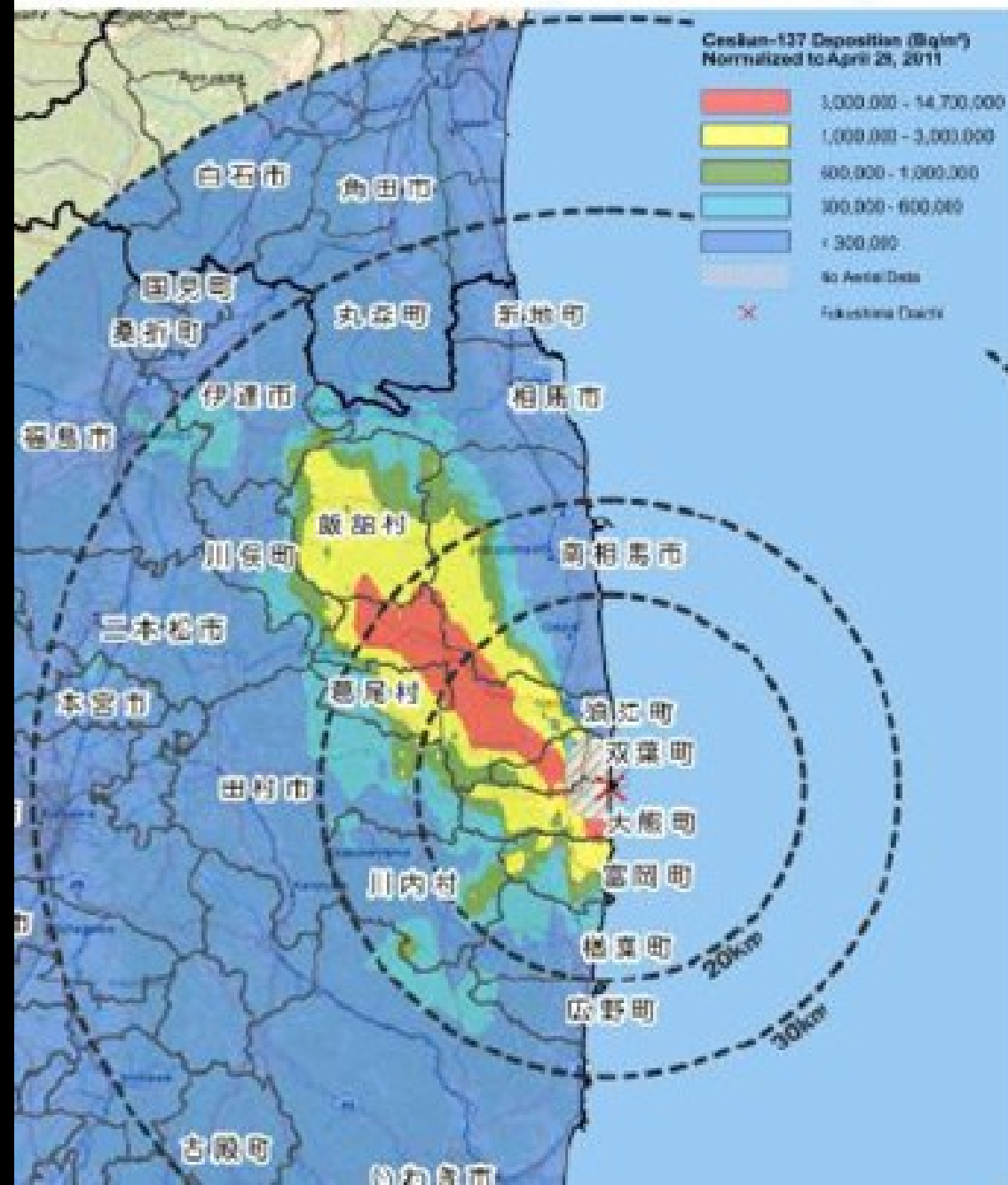
La mayoría de los habitantes del mundo $\Rightarrow$

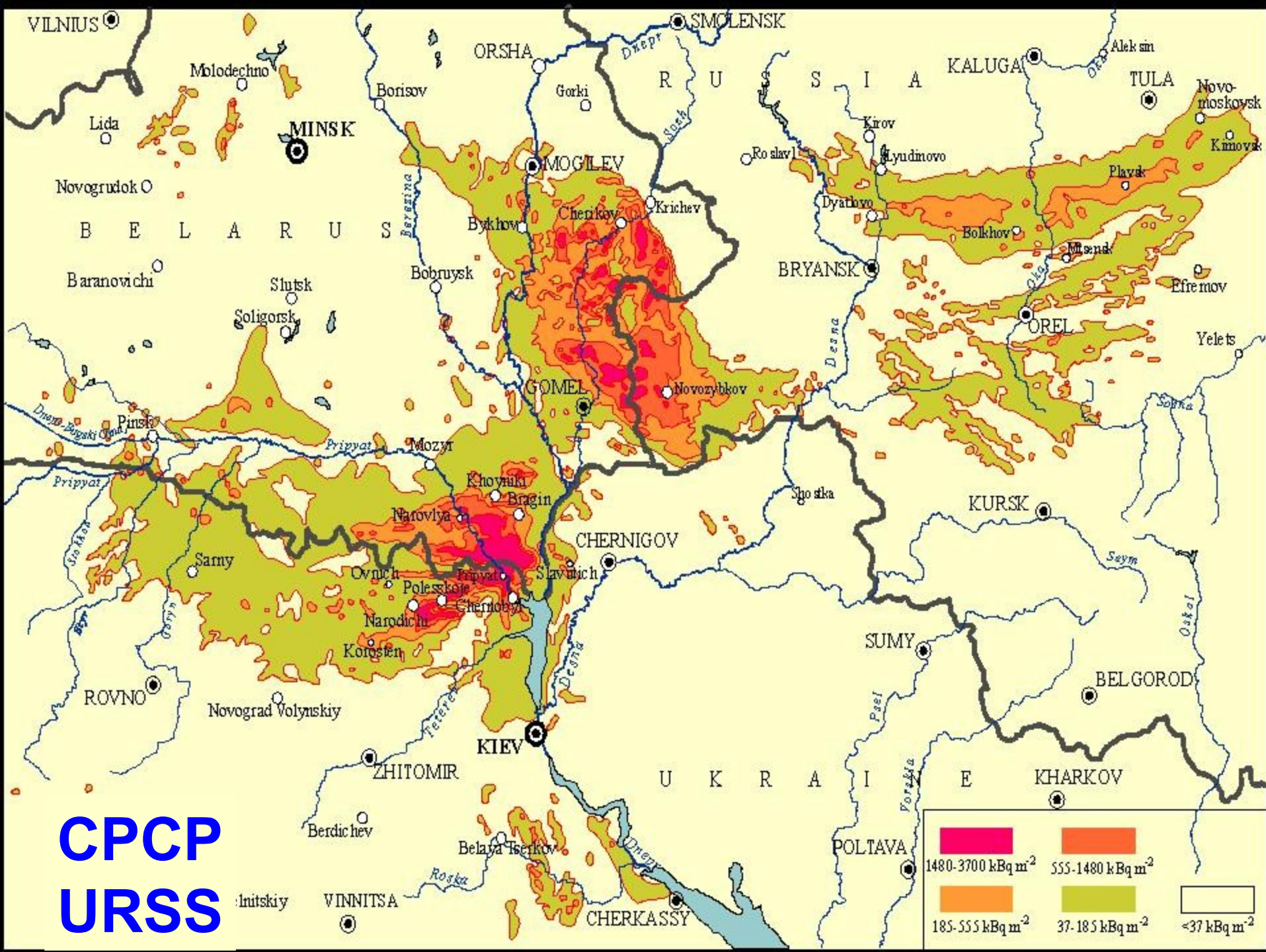
Pocas poblaciones $\Rightarrow$ ~ 2.4

~ 1



NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH 79 JOURNAL STREET CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS 02138 TEL: 617 852 6600 FAX: 617 852 6992 WWW: WWW: http://www.nber.org	NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH 79 JOURNAL STREET CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS 02138 TEL: 617 852 6600 FAX: 617 852 6992 WWW: WWW: http://www.nber.org
--	--





Observaciones preliminares

- Durante el pasaje de la nube, los nucleidos mas importantes fueron, Cs-137, Cs-134, I-131, Te-132/I132
- La relación inicial I-131/Cs-137 fue cercana a 10.
- La relación inicial Te/Cs fue cercana a ~ 5-7.
- La gente fue evacuada hasta 20 Km, puesta a cubierto hasta 30 Km y mas allá, nada.
- Se desconoce el tiempo de permanencia bajo la nube principal y la correspondencia con las evacuaciones.
- La gente evacuada recibió yoduro de potasio en los centros de evacuación, pero se desconoce cuando; la poblacion en el anillo de los 30Km?; mas allá?.
- Hubo control de alimentos y agua...aunque la zona es bastante rural y no queda claro qué comía/bebía la gente.

Issues to be Discussed

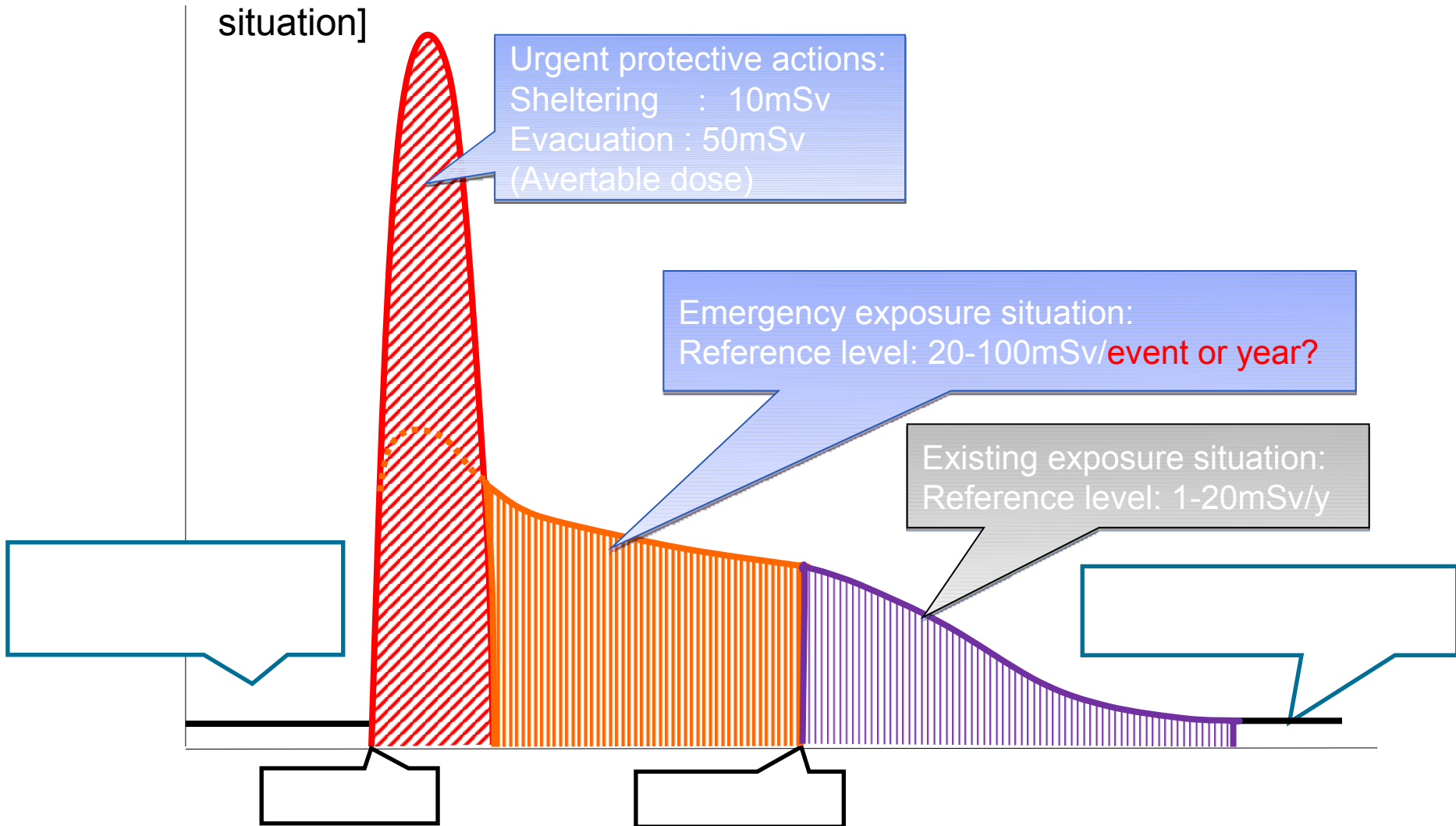
[Normal situation]

[Accident situation]

Urgent protective actions:
Sheltering : 10mSv
Evacuation : 50mSv
(Avertable dose)

Emergency exposure situation:
Reference level: 20-100mSv/**event or year?**

Existing exposure situation:
Reference level: 1-20mSv/y



La ‘contaminación’

- Los medios informan todos los días valores incomprensibles y contradictorios de la ‘contaminación’ radiactiva: es un tema atractivo para el público.
- Para los expertos, contaminación significa que ‘pueden medirlo’
- Para el público significa daño inminente.

Territorios y productos de consumo '*contaminados*'

- La así llamada **remediación** de territorios que experimentan '*contaminación*' con sustancias radiactivas así como el **control de productos de consumo** con '*contaminación*' han los temas más difíciles de abordar y regular para la comunidad de la protección radiológica.

Remediación de territorios

- A raíz de la presencia de material radiactivo residual sobre un territorio, los expertos en protección radiológica han sido en general incapaces de responder sin ambigüedades a una pregunta simple y directa de los miembros del público afectados:

¿Es seguro para mí y mi familia vivir aquí?

Remediación de territorios

¿Es seguro para mí y mi familia vivir aquí?

- Dar una respuesta concluyente y coherente a esta simple pregunta ha sido muy difícil.
- Los expertos tratan de explicar que si bien el territorio está contaminado, su recuperación puede ser "optimizada", y que dependiendo de muchos factores (generalmente incomprensibles para el público común), el afectado/a y su familia podría o no permanecer allí.
- Por otra parte, algunos expertos, deshonrando sus responsabilidades profesionales, de manera implícita aconsejan a los miembros del público que, en última instancia, es su decisión la de abandonar o permanecer en un territorio 'contaminado'.

Productos de consumo 'contaminados'

- Para el agua bebible → Guia OMS
- Para comestibles → Codex Alimentarius
- Para no comestibles → Guía OIEA

Sin solución aparente

- Soluciones prácticas para el dilema de si un **territorio** o un **producto de consumo** '**contaminados**' pueden ser utilizados han sido poco convincentes para un público crecientemente escéptico, entre otras cosas porque los argumentos son desconcertantes.
- Ha habido malentendidos comunes sobre los conceptos básicos, no sólo por el público sino también entre los "expertos".

‘Contaminación’

- El término "contaminación" es mal entendido y su interpretación errónea ha tenido enormes consecuencias en las estrategias de protección contra las radiaciones.

‘Contaminación’

- Sorprendentemente, el término se deriva de un contexto histórico religioso para describir *impureza* y *corrupción*.
- Contaminación deriva del Latín *contaminare*, o “*hacer impuro*”.
- Esta aceptación gramatical es particularmente importante en algunos idiomas donde el término se traduce como *impureza* y *corrupción*.
- La connotación es que algo que está “contaminado” es *inaceptable por su impureza y corrupción*. independientemente de la cantidad de “contaminación”.
- Un ejemplo típico de este uso son los alimentos *no kosher*, es decir, alimentos que no cumplan requisitos religiosos con respecto a su origen y preparación.

‘Contaminación’

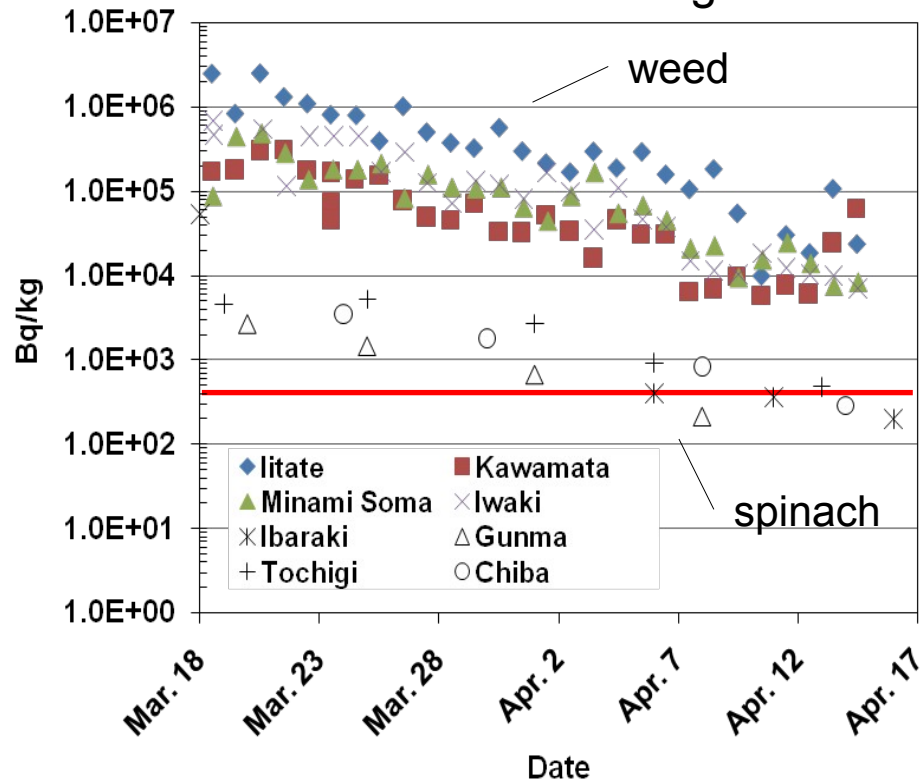
- Tal vez debido a este matiz religioso “contaminación” tiene una connotación que no fue prevista cuando el término fue introducido por los especialistas.
- La intención original de los expertos fue hacer referencia únicamente a la presencia de radioactividad, no la de dar indicación de impureza, corrupción o suciedad.
- Sin embargo, para el público, "contaminación" es un cuasi-sinónimo de actividad peligrosa no-deseada.

‘Contaminación’

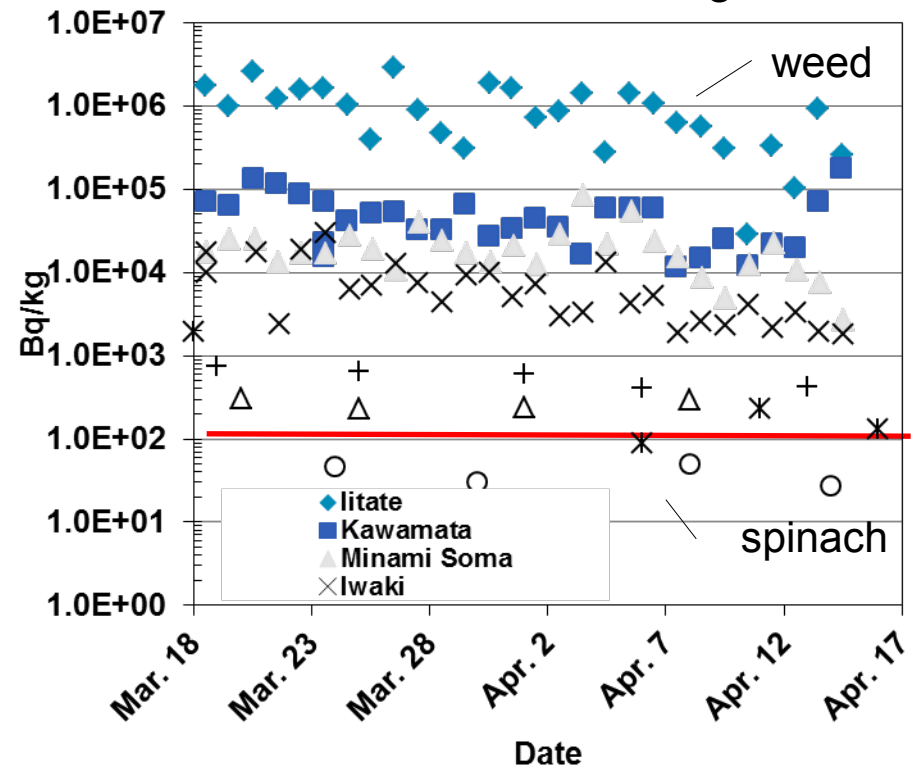
- En suma, mientras que el término es comúnmente utilizado por los expertos para cuantificar la presencia de material radiactivo, el público lo interpreta como una medida del peligro relacionado con la radiación.

Monitoring of Foodstuffs

I-131 concentrations in vegetables

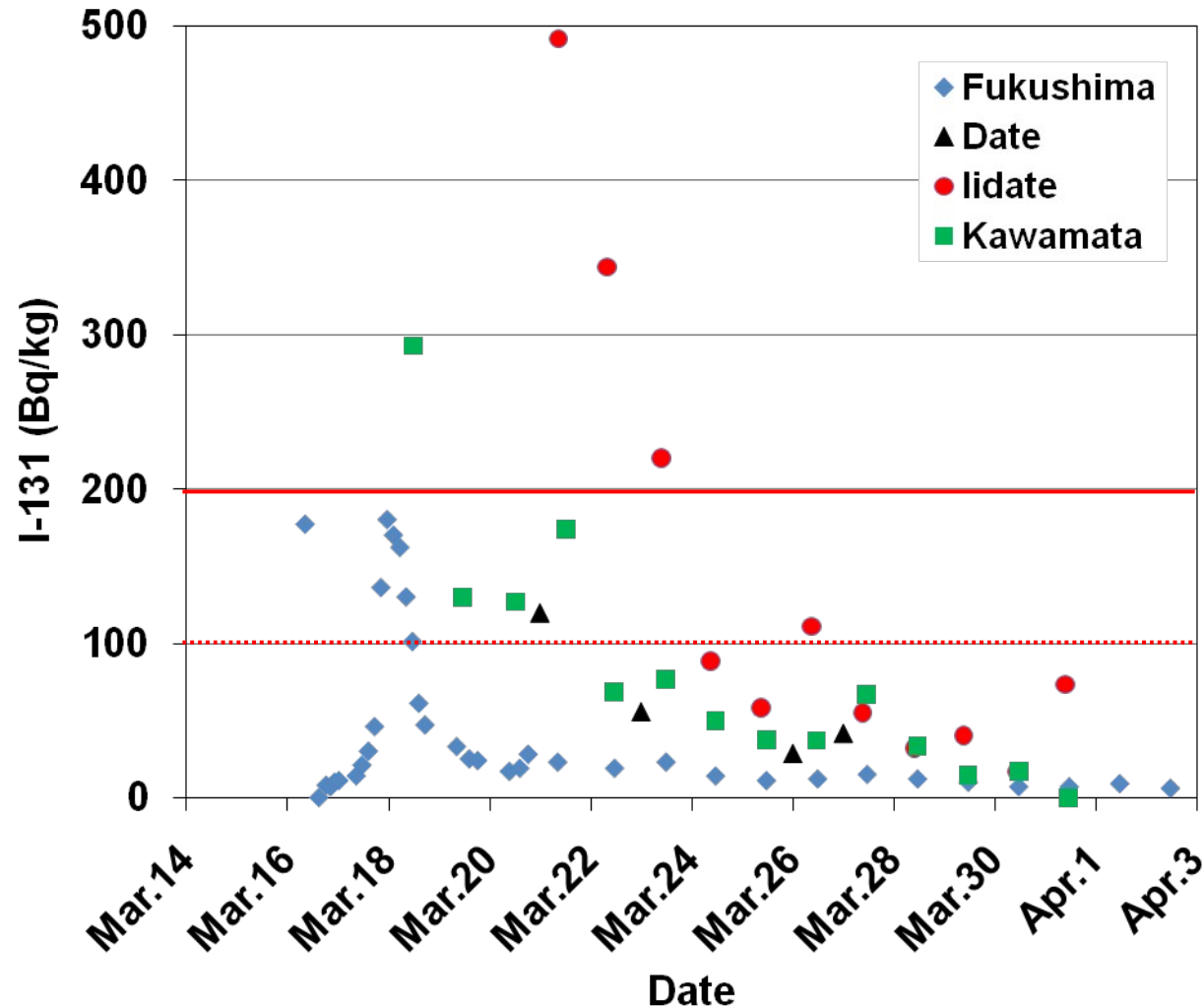


Cs-137 concentrations in vegetables



- Restriction of distribution of vegetables: Fukushima 3/21- , Ibaraki 3/21- , Tochigi 3/21-4/14, Gunma 3/21-4/8, Chiba 4/4-
- Restriction of consumption of vegetables: Fukushima 3/23-
- Restriction of distribution of raw milk: Fukushima 3/21- , Ibaraki 3/23-4/10)

Monitoring of Drinking Water



Fall out

- Si debido a Fukushima se cerraran las centrales nucleares, la fuente de energía que la reemplazará no será:
 - ni leña,
 - ni agua,
 - ni viento,
 - ni sol,
- ¡sino combustibles fósiles!**

Perspectiva

- De cualquier manera que se los mida, sea por:
 - cambio climático,
 - impacto de la minería,
 - contaminación local,
 - accidentes y muertes laborales, y
 - aun por la exposición a la radiación y las descargas radiactivas.....
-¡los combustibles fósiles son muchas veces peores que la energía nuclear para la salud de la gente y del medio ambiente!**

El futuro

- Sí.....la conducta de buena parte de la industria nuclear siempre me ha parecido defectuoso.
 - Sí.....yo preferiría que no se utilizara energía nuclear si hubiera otras alternativas energéticas inocuas.
 - Pero no hay soluciones ideales.
 - Cada tecnología energética conlleva beneficios y detrimentos.
- ¡Y el mayor daño social lo causan los combustibles fósiles y la falta de energía, no la energía nuclear!**

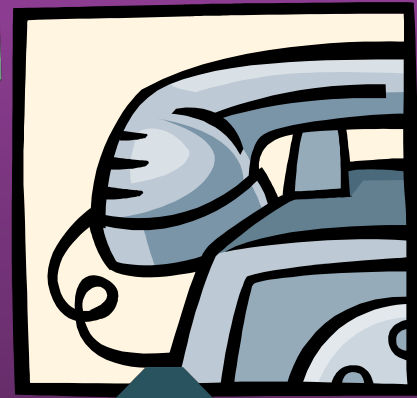
En resumen:

- La energía nuclear ha sido objeto de una de las más duras pruebas posibles, y el impacto en las personas y el planeta no ha sido comparable al de los combustibles fósiles o la falta de energía.
- Dado que las energías renovables no pueden resolver solas el problema energético.....

...¡la crisis de Fukushima me ha convencido que es factible que la energía nuclear ayude a las energías renovables a salvarnos de los combustibles fósiles y la falta de energía!

No propongo
complacencia;
propongo
perspectiva.

Av. del Libertador 8250
Buenos Aires, Argentina



+541163231758

***¡Gracias por
vuestra
atención!***

agonzalez@arn.gob.ar

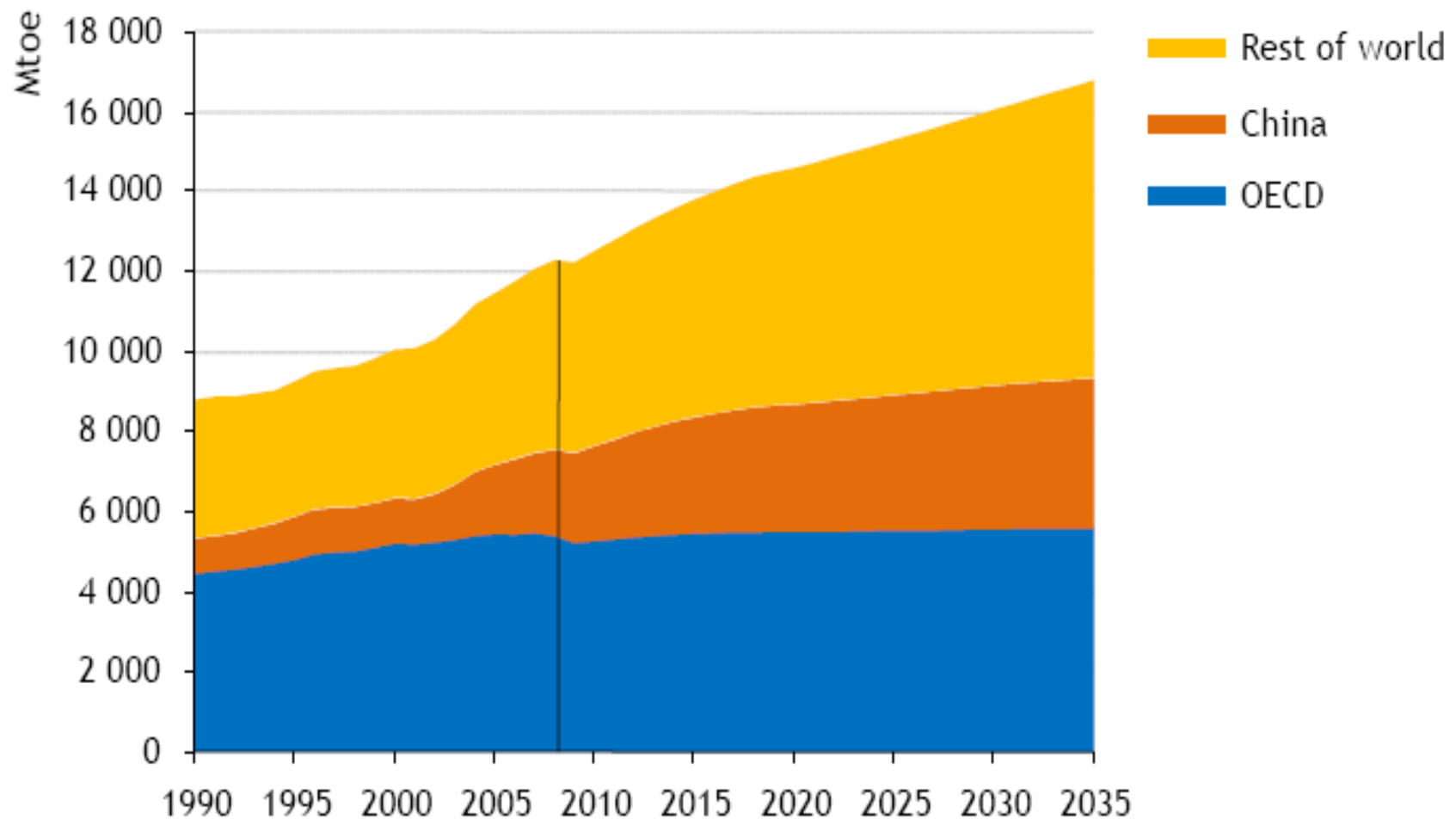


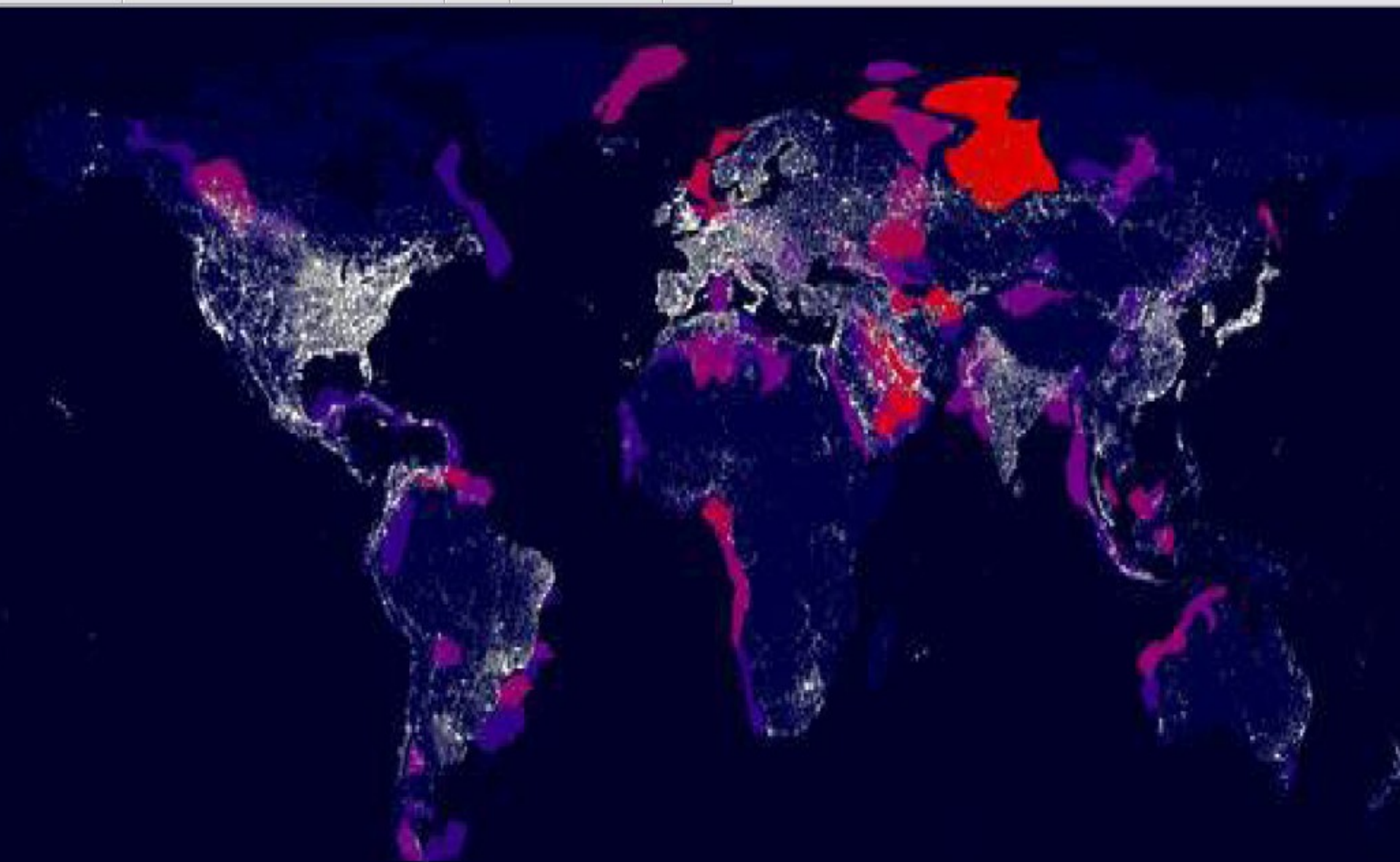
Epílogo:

¿Porqué necesitamos correr este riesgo?

Meeting growth in world energy demand – a key challenge

World primary energy demand by region in the New Policies Scenario





Los **proveedores** frente a los adictos

Proyección de la adicción a la energía

17 000 millones de toneladas equivalentes de
petróleo

(1 tonelada de equivalente de petróleo

=

41 868 000 000 vatios segundos)

=

$7.11756 \cdot 10^{20} \text{ Ws}$

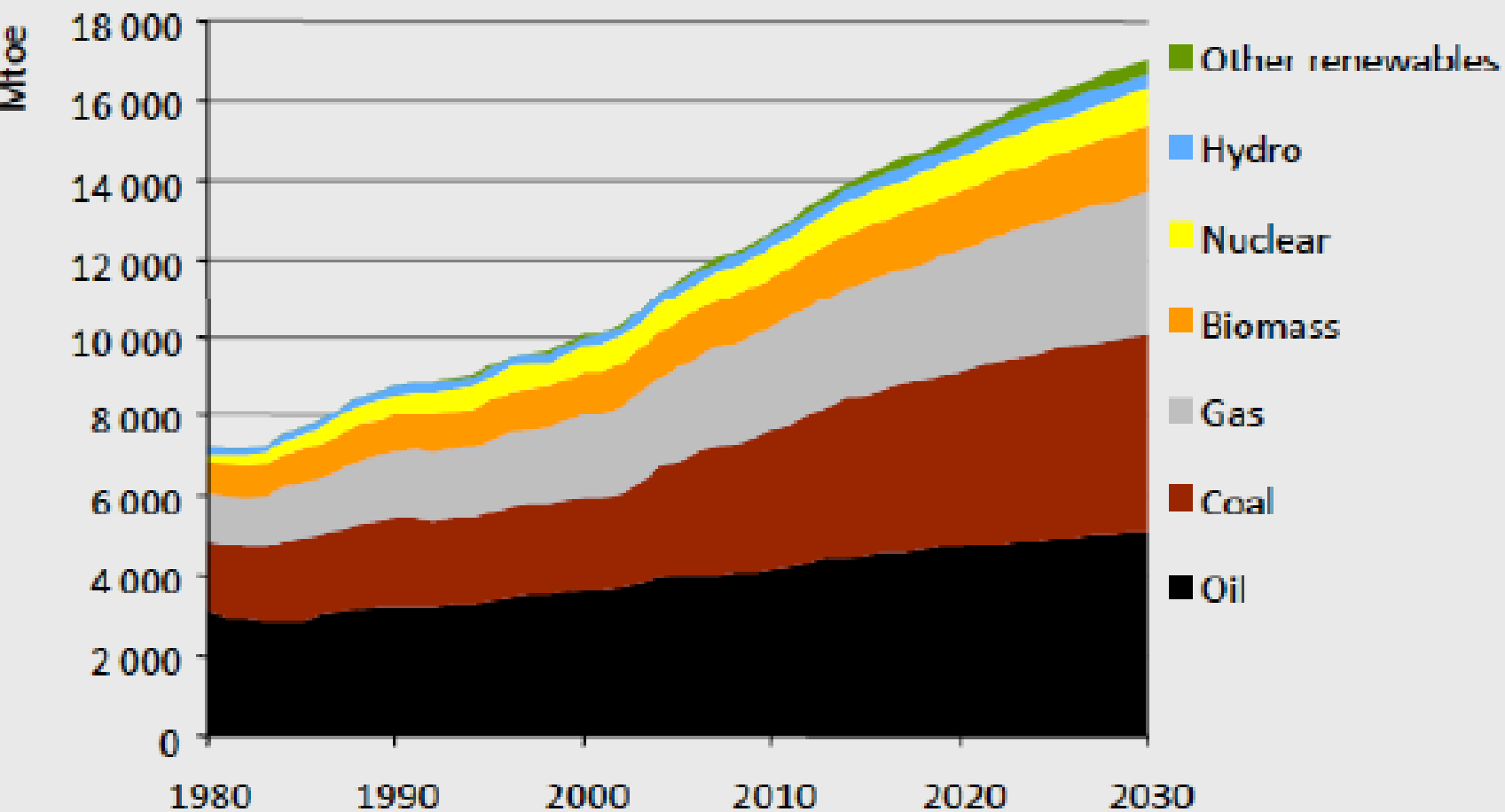
=

$1.9771 \cdot 10^{17} \text{ Wh}$

$\cong 0.2 \cdot 10^{15} \text{ kWh}$

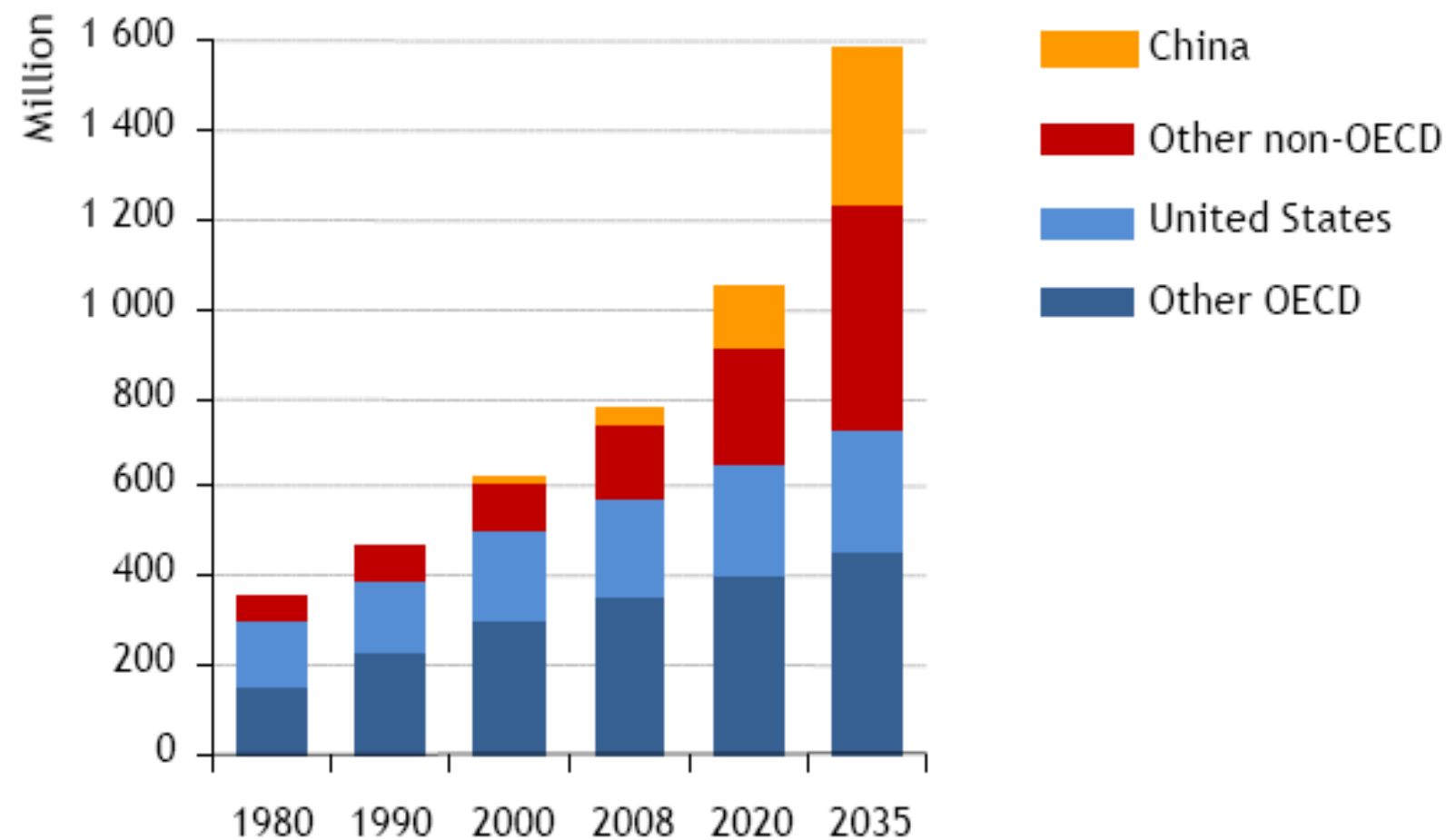
→ **1 PkWh**

World primary energy demand in the Reference Scenario

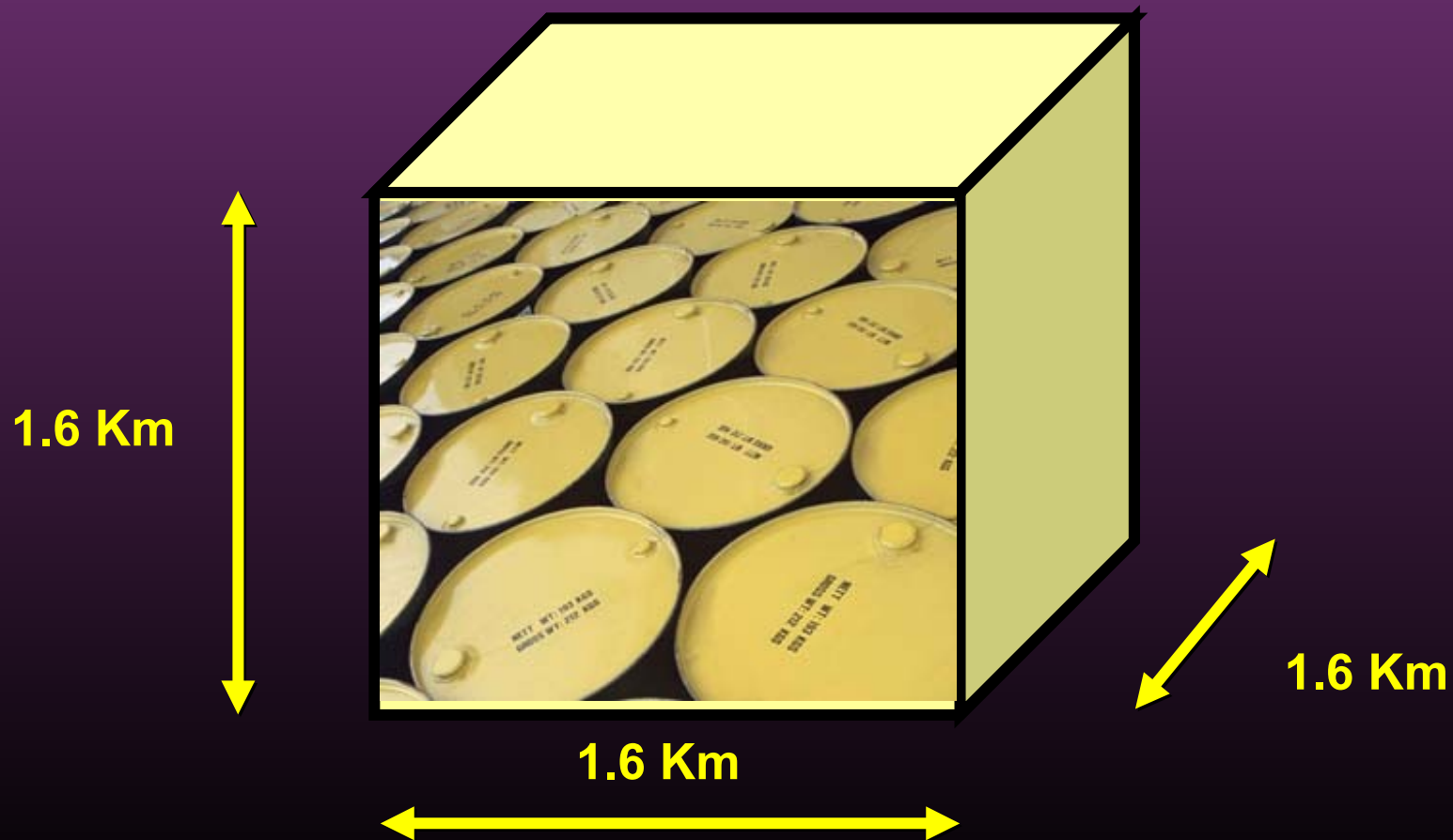


Booming demand for mobility in the emerging economies drives up oil use

Passenger vehicles in the New Policies Scenario



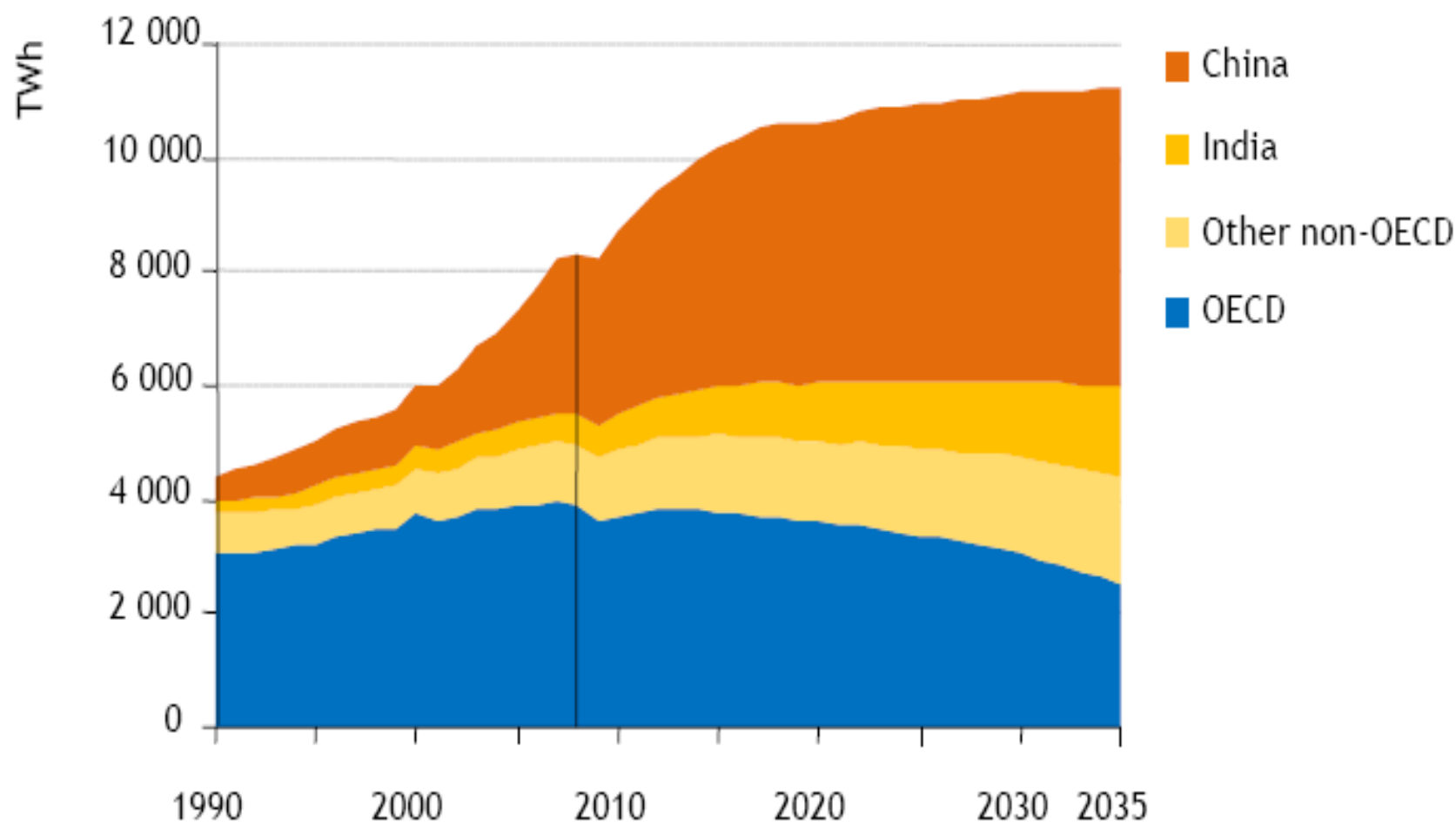
¿Es usted consciente de que todos los años los adictos a la energía queman cuatro kilómetros cúbicos de petróleo?



Electricidad

Coal remains the backbone of global electricity generation

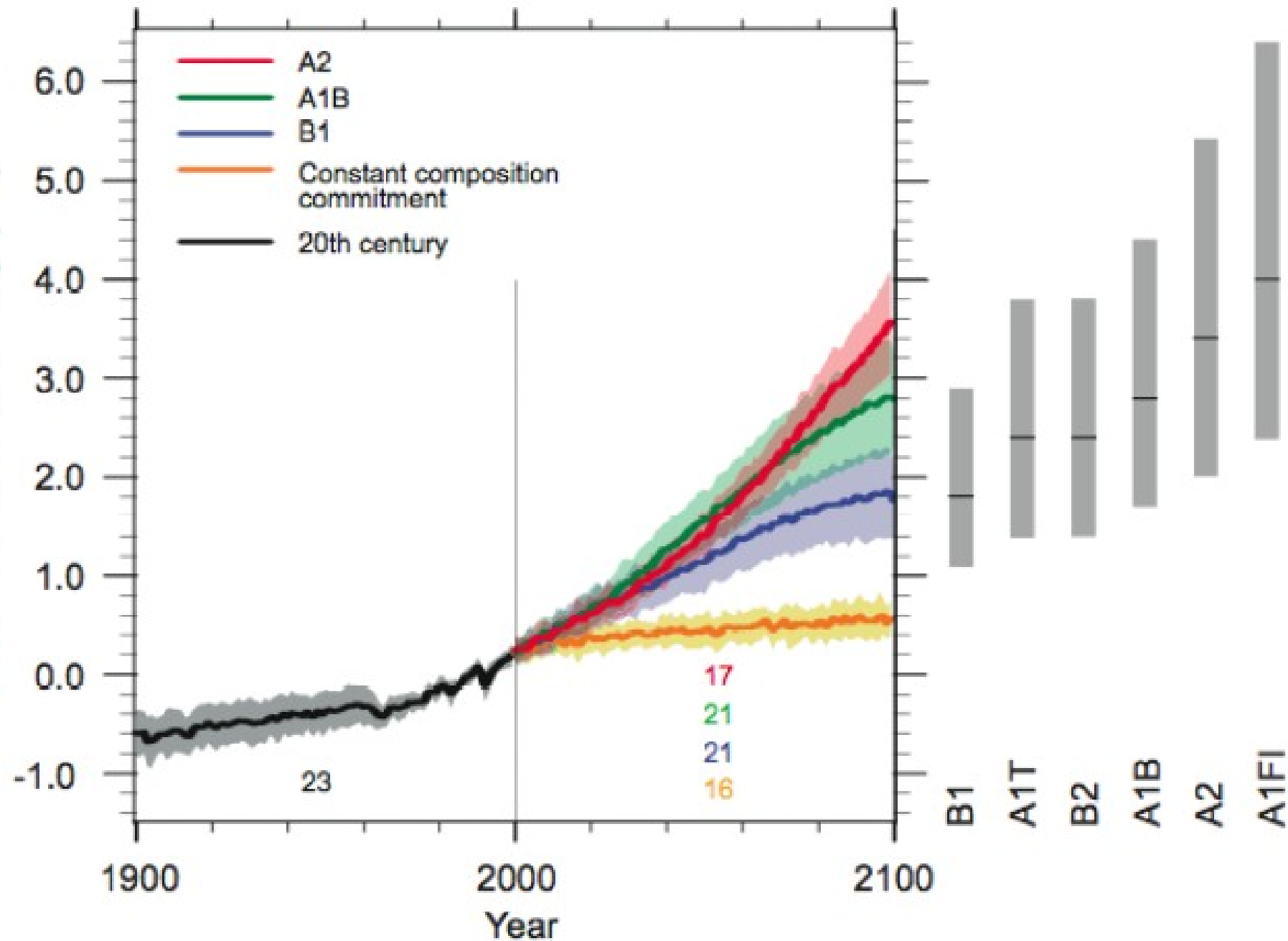
Coal-fired electricity generation by region in the New Policies Scenario



Medio Ambiente

El mundo real

Global surface warming (°C)



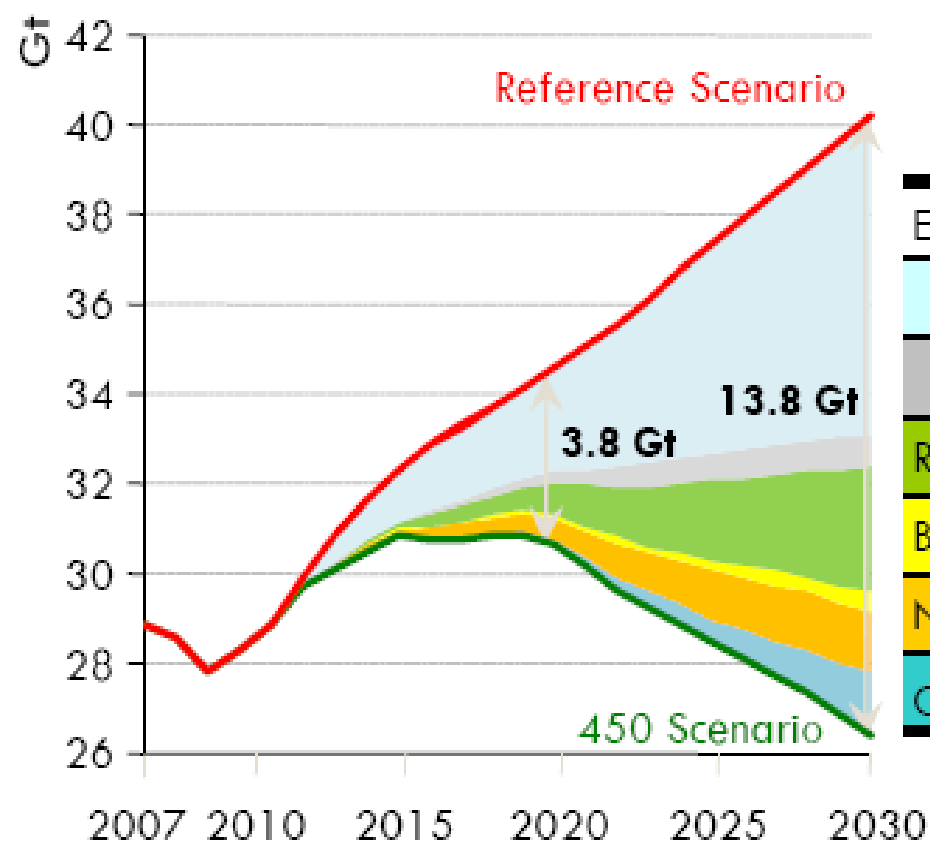


INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



**El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,
la primera red internacional de científicos del clima,
ha concluido que
"El calentamiento global es inequívoco".**

How can we curb growth in energy-related CO₂ emissions? (WEO 2009)



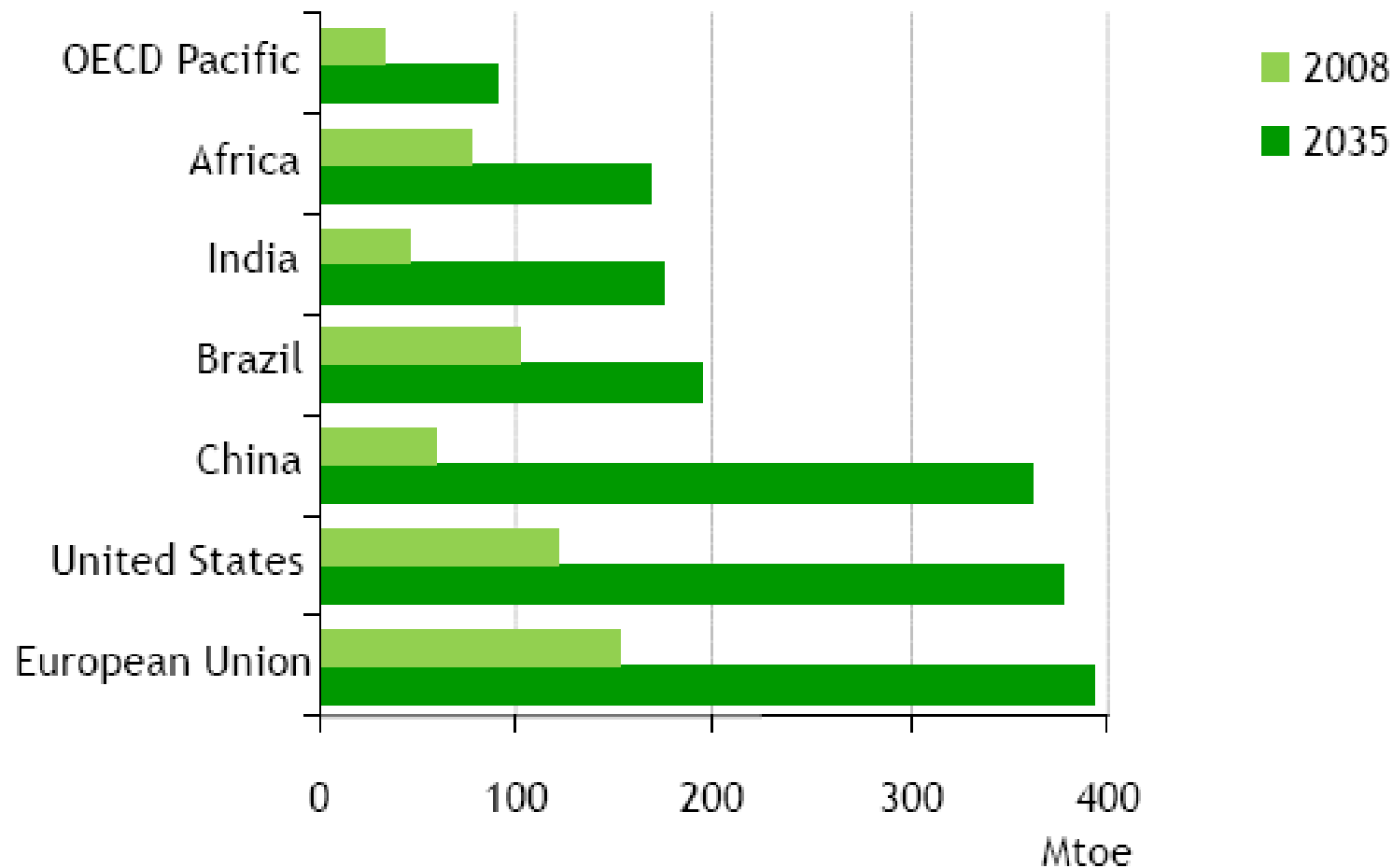
	Share of abatement %	
	2020	2030
Efficiency	65	57
End-use	59	52
Power plants	6	5
Renewables	18	20
Biofuels	1	3
Nuclear	13	10
CCS	3	10

¿Cuál es la solución?

¿Por qué no una combinación adecuada de las energías renovables y nucleares?

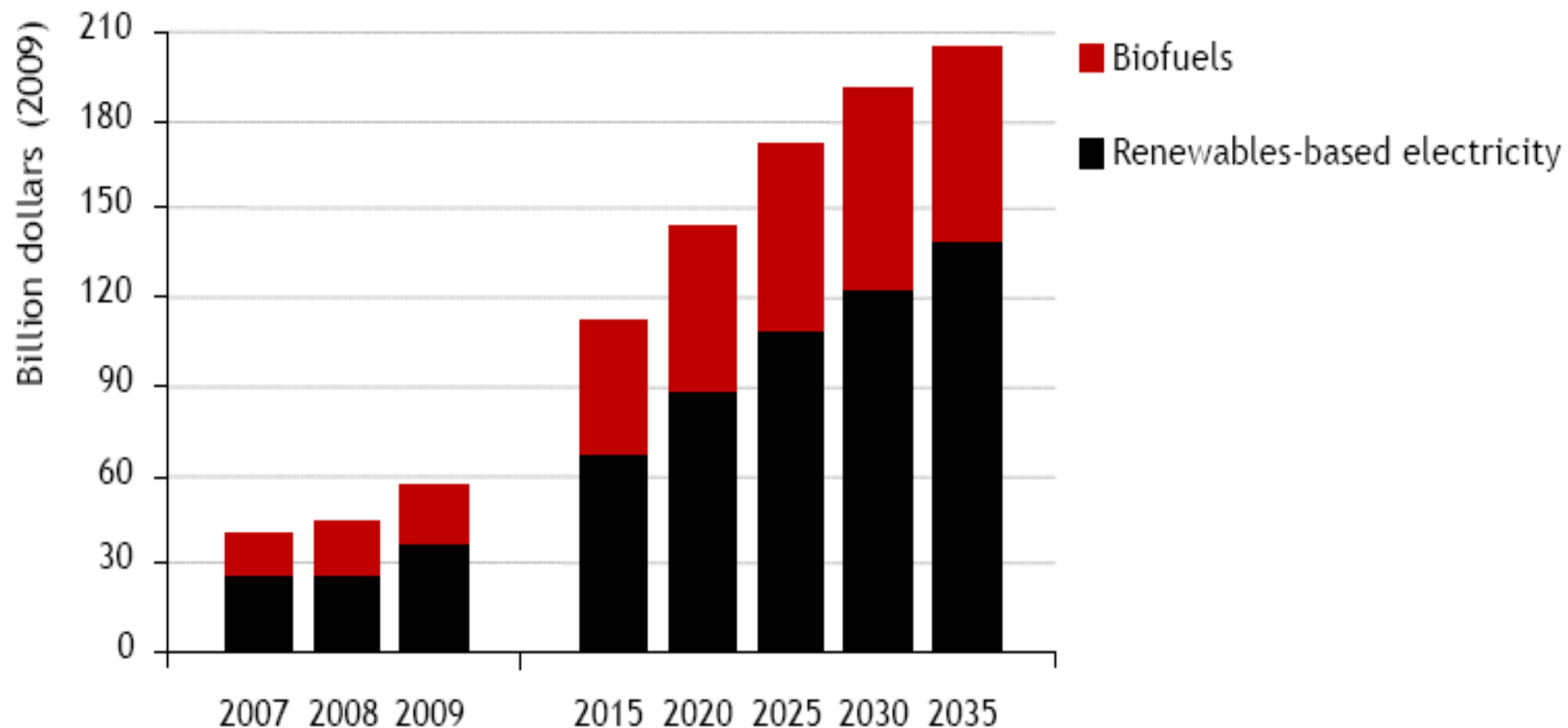
Renewables enter the mainstream....

Renewable primary energy demand in the New Policies Scenario



....but only if there is enough government support

Annual global support for renewables in the New Policies Scenario



... y debemos evitar engaños!

Energia eolica

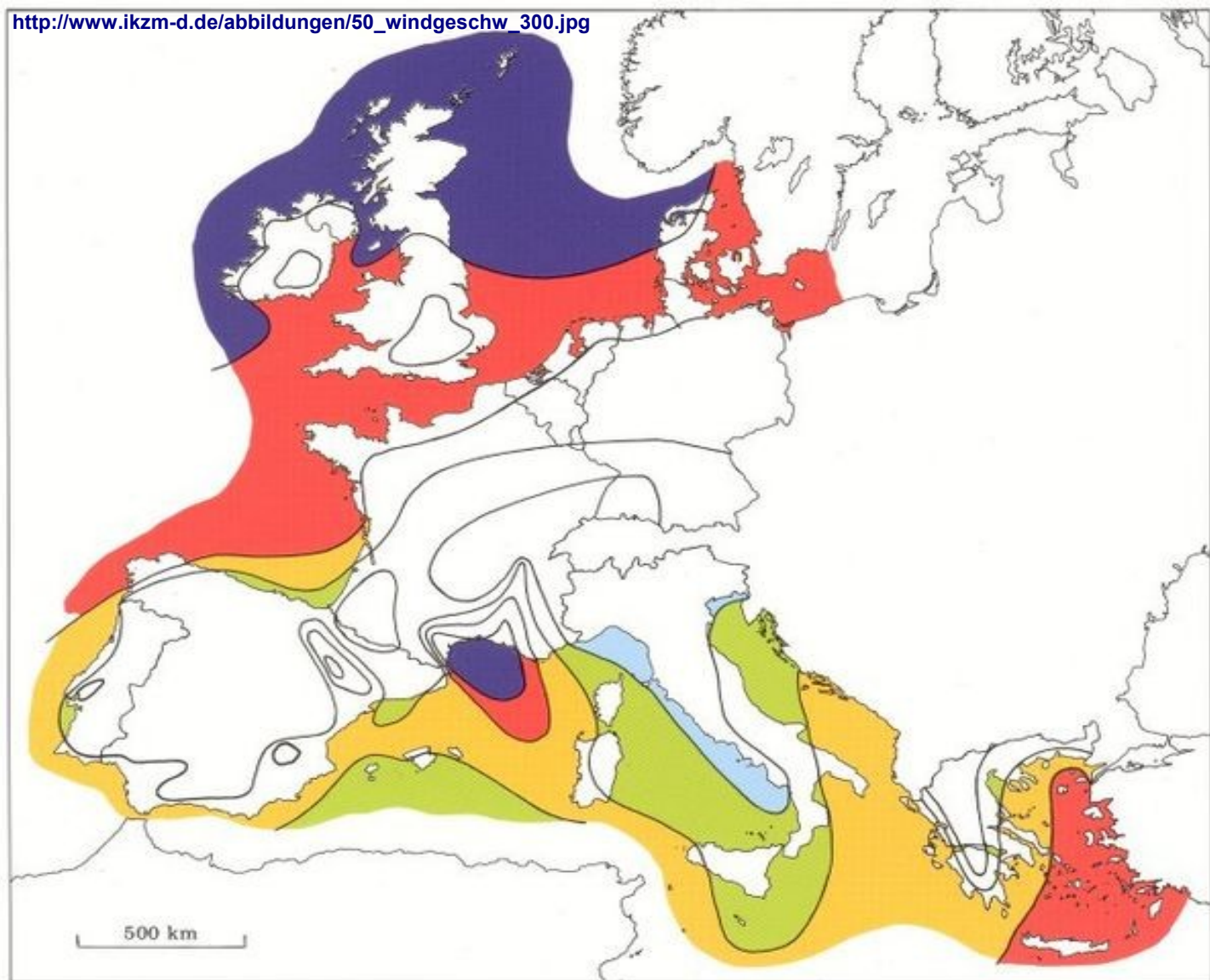
Potencia = Energía

bajo coste

no impacto ambiental



Este "parque" produce menos del 1% de la energía producida por una central nuclear



Wind resources over open sea (more than 10 km offshore) for five standard heights

	10 m		25 m		50 m		100 m		200 m	
	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}
	> 8.0	> 600	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 10.0	> 1100	> 11.0	> 1500
	7.0-8.0	350-600	7.5-8.5	450-700	8.0-9.0	600-800	8.5-10.0	650-1100	9.5-11.0	900-1500
	6.0-7.0	250-300	6.5-7.5	300-450	7.0-8.0	400-600	7.5- 8.5	450- 650	8.0- 9.5	600- 900
	4.5-6.0	100-250	5.0-6.5	150-300	5.5-7.0	200-400	6.0- 7.5	250- 450	6.5- 8.0	300- 600
	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 6.0	< 250	< 6.5	< 300

Energía solar

- Mayor engaño
- Los números no cierran

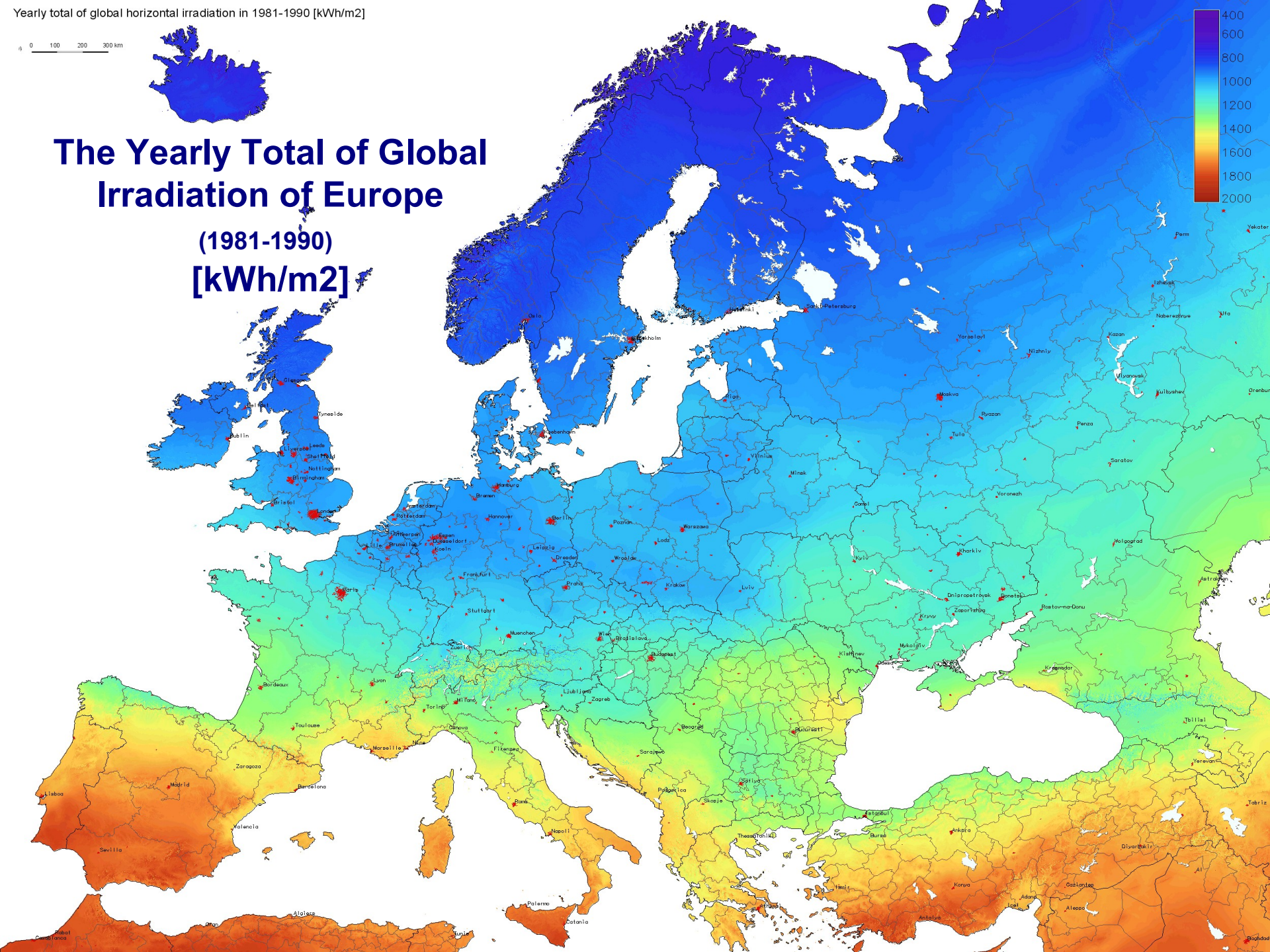
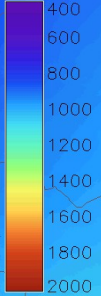
Yearly total of global horizontal irradiation in 1981-1990 [kWh/m²]

0 100 200 300 km

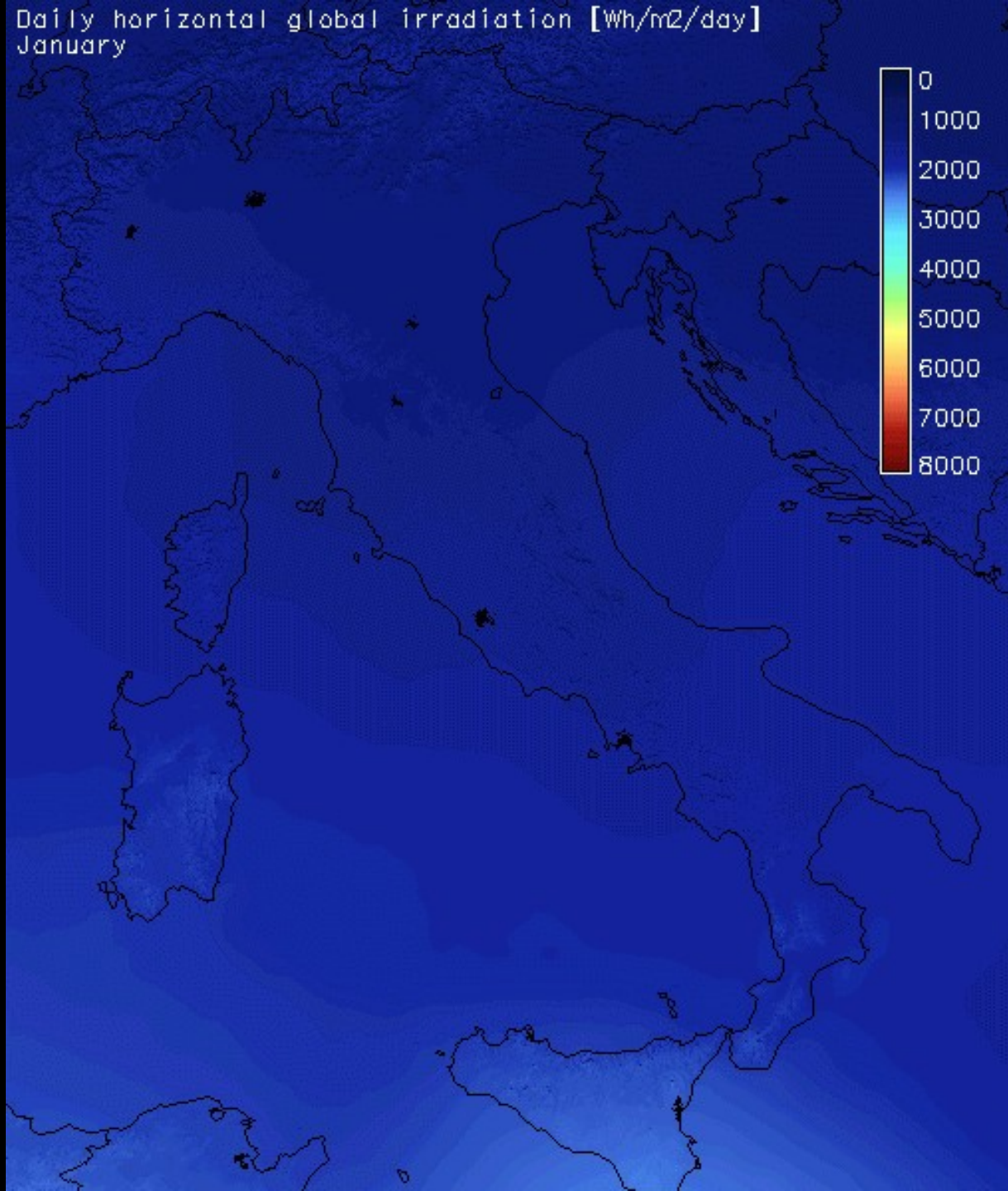
The Yearly Total of Global Irradiation of Europe

(1981-1990)

[kWh/m²]



Daily horizontal global irradiation [Wh/m²/day]
January



http://re.jrc.cec.eu.int/.../images/low/g13_00low.png

Side Effects

- Con el aumento de la proporción de electricidad renovable, sera necesario bombear más energía para almacenamiento hidrico, de manera de poder mantener las luces encendidas cuando el viento no sopla o el sol no brilla.
- Esto significará más presas en las montañas, que son riesgosos y no populares.
- Hablando de Japón: ¿Sabían que, después del terremoto, un gran número de personas no fueron ahogados y muertos por el tsunami sino por la rotura de una presa?

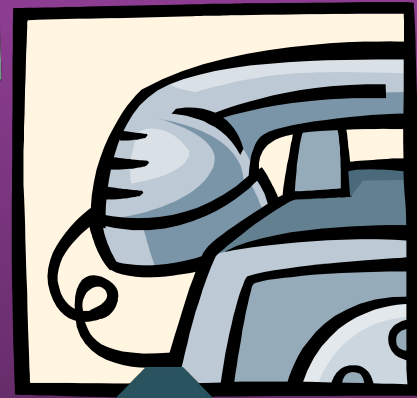
Side Effects

- Las energías renovables requieren la ampliación de las redes eléctricas para conectar las fuentes con los lejanos centros de consumo, lo cual causará problemas adicionales.
- Algunos creen que es posible producir energía localmente para evitar las redes, pero esto es una visión bucólica que suena muy bien pero no funciona en la práctica.

El futuro

- ¿Realmente queremos que las energías renovables sustituyan también la capacidad nuclear?
(Cuanto más le pidamos a las energías renovables, más difícil será conseguirlo, mayor será el impacto ambiental y más difícil la tarea de persuasión pública.)

Av. del Libertador 8250
Buenos Aires, Argentina



+541163231758

***¡Gracias por
vuestra
atención!***

agonzalez@arn.gob.ar

