Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (1998)

Rubrik: Überwachung der Kernanlagen : Emissionen und Immissionen

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

8. Überwachung der Kernanlagen: Emissionen und Immissionen

(Zusammenfassung)

F. Cartier, A. Leupin

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen,
HSK, 5232 VILLIGEN-HSK

Zusammenfassung

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser und Abluft lagen im Jahr 1998 für die vier Schweizer Kernkraftwerke Beznau (KKB), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) und Mühleberg (KKM) sowie für das Paul-Scherrer-Institut (PSI) deutlich unterhalb den Jahres- und Kurzzeit-Abgabelimiten. Die aus den tatsächlichen Abgaben errechnete Strahlenexposition liegt selbst unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren für Erwachsene und Kleinkinder weit unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes (Art. 7 der StSV) von 0.2 mSv pro Jahr.

*Die externe Strahlung ist mit dem **M**essnetz zur **a**utomatischen **D**osisleistungsüberwachung in der **U**mgebung der **K**ernkraftwerke (MADUK) ständig überwacht worden. Die Messwerte der insgesamt 57 MADUK-Sonden werden automatisch auf Abweichungen vom natürlichen Schwankungsbereich analysiert und gegebenenfalls dem HSK-Pikett gemeldet. Die im Berichtsjahr erkannten, nicht meteorologisch bedingten Abweichungen waren auf in der Nähe der MADUK-Sonden durchgeführten Wartungsarbeiten, wie die Kalibrierung der NADAM-Sonden, zurückzuführen. Das Langzeitverhalten der Dosisleistung an den MADUK-Stationen ist graphisch über 4 Jahre dargestellt. Anzeichen für langsame Dosisleistungserhöhungen sind nicht erkennbar. Die Messreihen mit Dosimetern an den Arealzäunen und in der weiteren Umgebung sind weitergeführt worden. Die gemessenen Ortsdosiswerte liegen im Bereich der Vorjahre. Der höchste Wert beträgt 3.3 mSv pro Jahr und liegt am Zaun des KKL.*

Im Rahmen des permanenten Probenahme- und Messprogrammes für Immission wurden die wichtigsten Expositionspfade radioaktiver Stoffe in der Umgebung überwacht.

Im aquatischen Milieu zeigten Wasser- und Sedimentproben Spuren von künstlichen Radioisotopen, wie ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co und ^{65}Zn, die aus den Abgaben der Kernanlagen stammen, sowie von ^{137}Cs.

Für die luftgetragenen Emissionen können die gemessenen künstlichen Radionuklide im allgemeinen mit den Atomwaffentests (^{90}Sr) oder mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl (^{137}Cs) in Verbindung gebracht werden. Die Freisetzung von ^{65}Zn im Zeitraum vom 23. bis 28. Februar aus der Verbrennungsanlage für radioaktive Abfälle führte im Unteren Aaretal zu Aerosolkonzentrationen von bis zu 0.1 mBq/m³. Diese Messwerte entsprechen weniger als 0.1 Promille des Immissionsgrenzwerts (Artikel 102, StSV). Die Spuren von ^{60}Co, die im Boden in der Umgebung des KKM gemessen wurden, korrelieren mit den Messungen der Vorjahre. Die langjährige Messreihe der UNI-Bern von ^{14}C in Baumblättern der Umgebung der Kernanlagen wurde fortgesetzt.

In Lebensmitteln konnte keine Erhöhung von künstlichen Radionukliden gemessen werden, die auf den Betrieb der schweizerischen Kernanlagen zurückzuführen ist.

8.1. Emission aus den Kernanlagen (Tabellen 1a bis e und Fig. 1)

F. Cartier, A. Leupin,
W. Baur, M. Schibli

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen, HSK, 5232 VILLIGEN-HSK

Im Jahr 1998 wurden die Abgabelimiten der Schweizerischen Kernkraftwerke sowohl für die Kurzzeit- wie für die Jahresabgaben eingehalten. Die gemessenen Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und der Abluft sind in Figur 1 mit den Vorjahreswerten und den Abgabelimiten zum Vergleich dargestellt. Tabelle 1a zeigt die zugehörigen Zahlenwerte sowie die unter ungünstigen Annahmen errechnete Personendosis für Erwachsene und Kleinkinder im Jahr 1998. Die Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahre 1998 und die daraus in gleicher Weise berechnete Dosis sind in Tabelle 1b zusammengestellt. Interessante Hinweise zu den Abgabelimiten, den Messungen, zu den bei der Berechnung der Jahresdosis verwendeten Annahmen sowie Erläuterungen zu den Aktivitätsabgaben geben die Fussnoten zu den Tabellen.

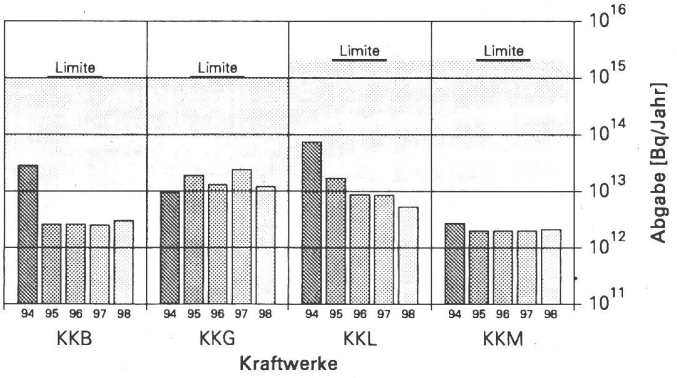
Die Abgabemessungen der Kernkraftwerke wurden mit insgesamt mehr als 100 Proben aus dem Abwasser sowie der Abluft mit Aerosol- und Iodfiltern stichprobenweise durch die Behörden kontrolliert. Die Ergebnisse stimmten gut überein und zeigten, dass die Bestimmungen der Abgabereglemente eingehalten blieben.

Nuklidspezifische Angaben zu den Abgaben mit dem Abwasser können der Tabelle 1c und über die Emissionen mit der Abluft den Tabellen 1d und e entnommen werden. Erwähnenswert ist die kurzzeitige Abgabe von 8.1 MBq ^{65}Zn beim Verbrennen von radioaktiven Abfällen. Diese Freisetzung erfolgte im Zeitraum vom 23. bis 28. Februar aus der Verbrennungsanlage am PSI und führten im Unteren Aaretal zu Messwerten von bis zu 0.1 mBq/m^3 im Mittel über 14 Tage und am Rhein von bis zu 0.015 mBq/m^3 im Mittel über einen Monat. Gemäss Artikel 102 der Strahlenschutzverordnung darf im Wochenmittel in der Luft 1/300 des CA-Wertes, also für ^{65}Zn ca 7 Bq/m^3, nicht überschritten werden. Die Messwerte entsprechen somit weniger als 0.1 Promille des Immissionsgrenzwerts. Dies zeigt, dass die 7 Hochvolumen Aerosolsammler (siehe auch Kapitel 4.1) sehr empfindlich sind und eine zuverlässige Überwachung gewährleisten.

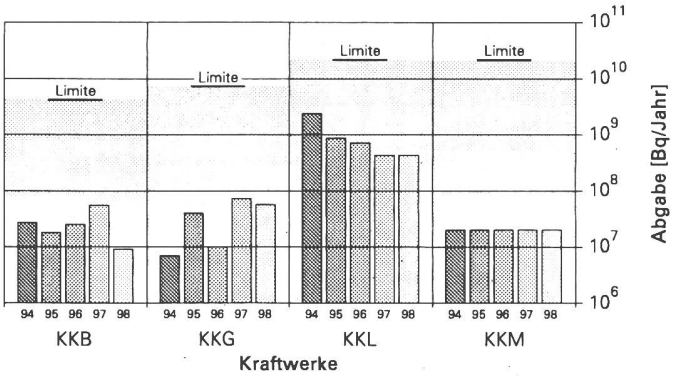
Die aus den Emissionen errechnete Jahresdosis für Erwachsene und Kleinkinder liegt selbst unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren weit unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes (Art. 7 der StSV) von 0.2 mSv pro Jahr. Sie beträgt für das KKB ungefähr 0.002 mSv, beim KKM ungefähr 0.007 mSv, beim KKG weniger als 0.002 mSv, beim KKL ungefähr 0.002 mSv und für die Summe aller Abgabestellen des PSI ca. 0.004 mSv. Durch die Abgaben im Berichtsjahr errechnet sich auch beim KKM eine Dosis von deutlich weniger als 0.002 mSv. Im allgemeinen wird für die Kernkraftwerke die Dosis durch die ^{14}C-Abgaben des laufenden Jahres dominiert. Beim PSI kommt beinahe die gesamte Dosis aus den Edelgasabgaben der Teilchenbeschleuniger im Westteil zustande.

Die Kernkraftwerke befanden sich für Revisionsarbeiten während folgender Perioden des Berichtsjahres 1998 im Stillstand: KKB II vom 6. April bis 22. Mai, KKG vom 13. Juni bis 7. Juli, KKL vom 31. Juli bis 1. September und KKM vom 27. Juli bis 3. September.

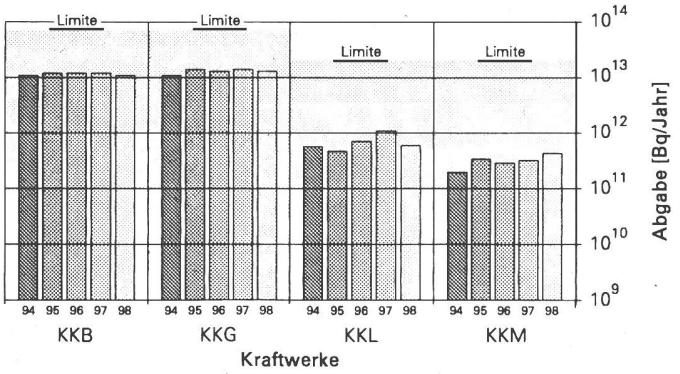
Abluft
Edelgase



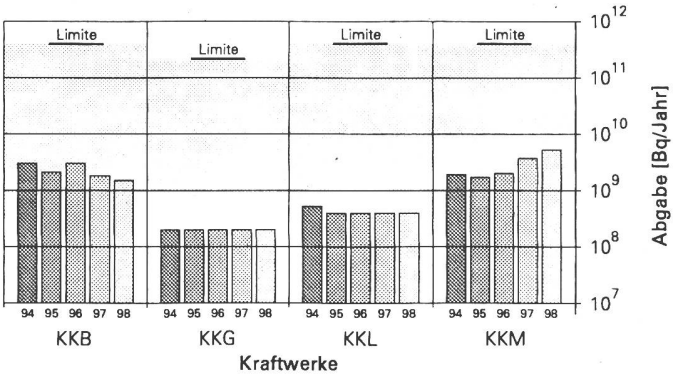
Abluft
Jod



Abwasser
Tritium im Abwasser



Abwasser
übrige flüssige Abgaben



Figur 1: Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten
(Siehe Tabelle 1 mit Fussnoten)

Tabelle 1a: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe der Kernkraftwerke an die Umgebung im Jahr 1998 und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung. (Fussnoten am Ende der Tabelle).

Anlage	Medium	Art der Abgaben[4]	Abgabelimiten[1]	Tatsächliche Abgaben[2]		Berechnete Jahresdosis[3]	
			Bq/Jahr	Bq/Jahr (±50%)	Prozent der Limite	Erwachsener mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
KKB 1 + KKB 2	Abwasser (36844m³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$4 \cdot 10^{11}$	$1.5 \cdot 10^{9}$	0.4%	<0.001	<0.001
		Tritium	$7 \cdot 10^{13}$	$1.1 \cdot 10^{13}$	15.7%	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	$1 \cdot 10^{15}$	$3.0 \cdot 10^{12}$	0.3%	<0.001	<0.001
		Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	$6 \cdot 10^{9}$	–	<0.1%	<0.001	<0.001
		Iod-131	$4 \cdot 10^{9}$	$9.2 \cdot 10^{6}$	0.2%	<0.001	<0.001
		Kohlenstoff-14	–	$4.0 \cdot 10^{10}$	–	0.0011	0.0018
KKM	Abwasser (9520m³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$4 \cdot 10^{11}$	$5.3 \cdot 10^{9}$	1.3%	<0.001	<0.001
		Tritium	$2 \cdot 10^{13}$	$4.3 \cdot 10^{11}$	2.2%	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	$2 \cdot 10^{15}$	$2.1 \cdot 10^{12}$	0.1%	<0.001	<0.001
		Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	$2 \cdot 10^{10}$	–	<0.1%	0.0071	0.0055
		Iod-131	$2 \cdot 10^{10}$	–	<0.1%	<0.001	<0.001
		Kohlenstoff-14	–	$2.0 \cdot 10^{11}$	–	<0.001	0.0011
KKG	Abwasser (7528m³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$2 \cdot 10^{11}$	–	<0.1%	<0.001	<0.001
		Tritium	$7 \cdot 10^{13}$	$1.3 \cdot 10^{13}$	18.6%	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase β-total-Messung	$1 \cdot 10^{15}$	(<) $1.2 \cdot 10^{13}$ (< $1.0 \cdot 10^{13}$)	1.2%	<0.001	<0.001
		Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	$1 \cdot 10^{10}$	–	<0.1%	<0.001	<0.001
		Iod-131	$7 \cdot 10^{9}$	$5.7 \cdot 10^{7}$	0.8%	<0.001	<0.001
		Kohlenstoff-14	–	$1.0 \cdot 10^{11}$	–	<0.001	0.0011
KKL	Abwasser (15226m³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$4 \cdot 10^{11}$	–	<0.1%	<0.001	<0.001
		Tritium	$2 \cdot 10^{13}$	$5.9 \cdot 10^{11}$	3.0%	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	$2 \cdot 10^{15}$	$5.3 \cdot 10^{12}$	0.3%	<0.001	<0.001
		Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	$2 \cdot 10^{10}$	$2.9 \cdot 10^{7}$	0.1%	<0.001	<0.001
		Iod-131	$2 \cdot 10^{10}$	$4.3 \cdot 10^{8}$	2.2%	<0.001	<0.001
		Kohlenstoff-14	–	$4.1 \cdot 10^{11}$	–	0.0021	0.0034

Tabelle 1b: Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 1998 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

	Hochkamin	Verbrennungsanlage	Saphir	Betriebsgebäude für radioaktive Abfälle	Bundeszwischenlager	Zentrale Fortluftanlage PSI West	Injektor I	Injektor II	Tritiumhütte	Abwasser PSI	Gesamtanlage des PSI
Abgaben im Abwasser [2,4] [Bq]											
Nuklidgemisch ohne Tritium	–	–	–	–	–	–	–	–	–	$1.5.10^{8}$	$1.5.10^{8}$
Tritium	–	–	–	–	–	–	–	–	–	$8.7.10^{9}$	$8.7.10^{9}$
Abgaben über die Abluft [2,4] [Bq]											
Edelgase und andere Gase	$1.6.10^{12}$	–	–	–	–	$8.0.10^{13}$	$1.1.10^{10}$	$1.3.10^{11}$	–	–	$8.2.10^{13}$
β/γ-Aerosole (ohne Iod, Halbwertszeit >8 Std)	$5.7.10^{9}$	$1.0.10^{8}$	–	–	–	$7.5.10^{9}$	–	$5.0.10^{6}$	–	–	$1.3.10^{10}$
α-Aerosole	–	$2.4.10^{6}$	–	–	–	–	–	–	–	–	$2.4.10^{6}$
Iod (I-131-aeq.)	$1.6.10^{9}$	$9.2.10^{6}$	–	–	–	$4.8.10^{7}$	–	$1.4.10^{5}$	–	–	$1.7.10^{9}$
Tritium (tritiiertes Wasser)	$1.9.10^{11}$	$7.0.10^{9}$	$3.4.10^{10}$	$1.6.10^{11}$	$1.0.10^{7}$	$5.1.10^{11}$	–	–	$4.3.10^{10}$	–	$9.4.10^{11}$
Jahresdosis [3] [mSv/Jahr] für:											
Erwachsene	0.0003	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0022	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.003
Kleinkind	0.0009	0.0003	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0023	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.004
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert [1]	0,5%	0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	1,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<2%

Tabelle 1c: Flüssige Abgaben der Kernanlagen an die Aare oder den Rhein, 1998 (Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben)

Nuklid	**Abgaben [Bq im Jahr]**				
β/γ-Strahler	**Beznau**	**Gösgen**	**Leibstadt**	**Mühleberg**	**PSI**
H -3	$1.1 \cdot 10^{13}$	$1.3 \cdot 10^{13}$	$5.9 \cdot 10^{11}$	$4.3 \cdot 10^{11}$	$8.7 \cdot 10^{9}$
Be-7					$9.0 \cdot 10^{6}$
Na-22					$6.1 \cdot 10^{6}$
Na-24	$9.4 \cdot 10^{7}$			$1.5 \cdot 10^{6}$	
S-35					$1.7 \cdot 10^{6}$
Cr-51	$7.3 \cdot 10^{6}$			$1.6 \cdot 10^{10}$	
Mn-54	$1.4 \cdot 10^{8}$		$6.5 \cdot 10^{6}$	$1.7 \cdot 10^{9}$	$4.6 \cdot 10^{6}$
Co-56					$2.8 \cdot 10^{5}$
Co-57	$2.8 \cdot 10^{8}$				$1.1 \cdot 10^{6}$
Co-58	$3.6 \cdot 10^{10}$		$2.2 \cdot 10^{6}$	$2.1 \cdot 10^{9}$	$5.8 \cdot 10^{6}$
Co-60	$2.4 \cdot 10^{9}$	$1.3 \cdot 10^{6}$	$1.1 \cdot 10^{8}$	$1.6 \cdot 10^{10}$	$5.2 \cdot 10^{7}$
Zn-65	$5.3 \cdot 10^{6}$		$2.5 \cdot 10^{7}$	$3.9 \cdot 10^{9}$	$2.2 \cdot 10^{5}$
Sr-89	$4.5 \cdot 10^{7}$			$3.7 \cdot 10^{7}$	
Sr-90	$1.1 \cdot 10^{7}$			$9.8 \cdot 10^{6}$	$4.0 \cdot 10^{7}$
Y-90				$9.8 \cdot 10^{6}$	$4.0 \cdot 10^{7}$
Zr-95	$2.6 \cdot 10^{7}$			$1.0 \cdot 10^{7}$	
Zr-97	$4.8 \cdot 10^{6}$				
Nb-95	$5.8 \cdot 10^{7}$			$2.1 \cdot 10^{7}$	
Tc-99m				$2.4 \cdot 10^{6}$	
Ru-103					
Cd-109					
Ag-110m	$1.3 \cdot 10^{8}$				
Sb-122					
Sb-124	$1.7 \cdot 10^{8}$	$4.1 \cdot 10^{6}$		$4.6 \cdot 10^{7}$	
Sb-125	$4.5 \cdot 10^{8}$			$6.7 \cdot 10^{7}$	$2.0 \cdot 10^{6}$
Te-123m		$2.5 \cdot 10^{7}$			
Te-132		$2.8 \cdot 10^{6}$			
I-125					$6.6 \cdot 10^{6}$
I-131	$4.8 \cdot 10^{6}$	$4.5 \cdot 10^{6}$	$1.4 \cdot 10^{7}$	$2.3 \cdot 10^{5}$	$3.9 \cdot 10^{6}$
I-133				$4.5 \cdot 10^{6}$	
Cs-134	$2.4 \cdot 10^{7}$		$1.4 \cdot 10^{8}$		$2.1 \cdot 10^{6}$
Cs-136					
Cs-137	$9.6 \cdot 10^{8}$	$2.3 \cdot 10^{5}$	$1.9 \cdot 10^{8}$	$6.2 \cdot 10^{9}$	$2.2 \cdot 10^{7}$
Ba-140					
La-140					
Ce-141			$3.9 \cdot 10^{6}$		
Ce-144					
α-Strahler		$3.2\ 10^{5}$	$5.7\ 10^{5}$		
Ra-224					
U-234/238					$2.9 \cdot 10^{6}$
Pu-239/240					$5.1 \cdot 10^{6}$
Pu-238/Am-241					$4.8 \cdot 10^{6}$
Cm-244					

Tabelle 1d: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, 1998.
(Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben)

Nuklid Gase	Abgaben [Bq im Jahr]				
	Beznau	**Gösgen**	**Leibstadt**	**Mühleberg**	**PSI**
Tritium			$3.7 \cdot 10^{11}$		$9.4 \cdot 10^{11}$
C-11					$1.5 \cdot 10^{13}$
C-14 [4)]			$4.1 \cdot 10^{11}$		
N-13					$1.5 \cdot 10^{13}$
O-15					$4.6 \cdot 10^{13}$
Ar-41				$4.5 \cdot 10^{10}$	$3.5 \cdot 10^{12}$
Kr-75					
Kr-76					
Kr-77					
Kr-79					
Kr-85					$1.6 \cdot 10^{12}$
Kr-85m	$1.2 \cdot 10^{11}$		$7.0 \cdot 10^{9}$	$1.1 \cdot 10^{11}$	
Kr-87			$2.5 \cdot 10^{9}$	$5.4 \cdot 10^{10}$	
Kr-88				$1.6 \cdot 10^{11}$	
Kr-89					
Xe-122					$2.0 \cdot 10^{10}$
Xe-123					$8.8 \cdot 10^{10}$
Xe-125					$1.9 \cdot 10^{10}$
Xe-127					$2.1 \cdot 10^{9}$
Xe-131m				$4.2 \cdot 10^{10}$	
Xe-133	$1.1 \cdot 10^{12}$		$1.4 \cdot 10^{12}$	$4.7 \cdot 10^{10}$	
Xe-133m					
Xe-135	$1.3 \cdot 10^{12}$		$2.0 \cdot 10^{12}$	$1.2 \cdot 10^{11}$	
Xe-135m			$2.5 \cdot 10^{12}$	$9.2 \cdot 10^{10}$	
Xe-137					
Xe-138			$3.9 \cdot 10^{11}$		
EG-Aequiv. [4)]				$2.1 \cdot 10^{12}$	
Andere	$2.0 \cdot 10^{11}$	$1.0 \cdot 10^{13}$			
Iod					
I-122					$9.9 \cdot 10^{8}$
I-123					$2.1 \cdot 10^{9}$
I-124					$1.4 \cdot 10^{7}$
I-125					$3.2 \cdot 10^{8}$
I-126					$4.1 \cdot 10^{6}$
I-131	$7.0 \cdot 10^{6}$	$5.7 \cdot 10^{7}$	$5.9 \cdot 10^{7}$	$9.6 \cdot 10^{6}$	$1.4 \cdot 10^{9}$
I-133	$1.1 \cdot 10^{7}$				

Tabelle 1e: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, 1998. (Fortsetzung)

Nuklid β/γ-Aerosole	Abgaben [Bq im Jahr]				
	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
Be-7					$5.1\ 10^{4}$
Cl-38					$6.8\ 10^{11}$
Cl-39					$9.4\ 10^{8}$
Cr-51				$1.4 \cdot 10^{6}$	
Mn-54			$1.0\ 10^{5}$	$8.6\ 10^{5}$	
Co-58	$8.5\ 10^{4}$		$1.9\ 10^{5}$	$1.5 \cdot 10^{6}$	
Co-60	$4.8 \cdot 10^{5}$	$3.5 \cdot 10^{5}$	$3.6 \cdot 10^{5}$	$4.3 \cdot 10^{6}$	$2.3 \cdot 10^{6}$
Zn-65				$1.4 \cdot 10^{6}$	$3.0 \cdot 10^{7}$
Ge-69					$4.2 \cdot 10^{5}$
Se-75					$1.6 \cdot 10^{6}$
Br-76					$5.5 \cdot 10^{6}$
Br-77					$1.2\ 10^{6}$
Br-82					$3.7 \cdot 10^{8}$
Sr-90					$7.7 \cdot 10^{4}$
Tc-99m					$5.7 \cdot 10^{9}$
Mo-99					
Ru-103					$7.7 \cdot 10^{3}$
Ru/Rh-106					$2.4 \cdot 10^{6}$
Cd-109					$8.5 \cdot 10^{5}$
Ag-110m		$1.0 \cdot 10^{5}$			$6.0 \cdot 10^{6}$
Te-121m					$1.5 \cdot 10^{5}$
Te-123m					$9.3 \cdot 10^{5}$
Te-125m					$4.1 \cdot 10^{7}$
Sb-124				$1.9\ 10^{5}$	$9.9\ 10^{5}$
Sb-125	$2.1\ 10^{6}$				$4.5 \cdot 10^{6}$
Cs-134					$1.5 \cdot 10^{6}$
Cs-137	$1.2 \cdot 10^{5}$	$4.3 \cdot 10^{3}$	$1.1\ 10^{5}$	$4.0 \cdot 10^{6}$	$1.5 \cdot 10^{7}$
Ba-140			$2.8 \cdot 10^{7}$		
Ce-141			$9.6 \cdot 10^{3}$		
Re-182					$7.2 \cdot 10^{7}$
Re-188					
Os-182					$8.0 \cdot 10^{7}$
Os-183					$8.6 \cdot 10^{7}$
Os-185					$5.8 \cdot 10^{6}$
Au-193					$2.2 \cdot 10^{8}$
Hg-193m					$1.3 \cdot 10^{8}$
Hg-195					$6.3 \cdot 10^{9}$
Hg-195m					$6.1 \cdot 10^{7}$
Hg-197m					$1.2 \cdot 19^{8}$
Total β-Aerosole	$2.3 \cdot 10^{6}$				
α-Aerosole	$1.0 \cdot 10^{5}$	$2.6 \cdot 10^{4}$	$7.3 \cdot 10^{4}$		
Po-210					$1.1 \cdot 10^{6}$
Am-241					$1.3\ 10^{5}$

Tabelle 1: Fussnoten

1. **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden für die Kernkraftwerke so festgelegt, dass die radiologische Belastung der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung unter 0.2 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Instituts (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/97 direkt durch den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0.2 mSv/Jahr limitiert.

2. Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. ±50%. Abgaben unterhalb 0.1% der Jahresabgabelimite werden von der HSK als nicht-relevant betrachtet.

3. Die **Jahresdosis** ist berechnet für Personen, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Jahresdosis wird für Erwachsene und Kleinkinder (Altersklasse 1 Jahr) getrennt und unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren ermittelt. Die Berechnungen erfolgten nach den in der HSK-Richtlinie R-41 angegebenen Modellen und mit den ebenfalls dort festgelegten Parametern.

   Dosiswerte kleiner als 0.001mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet, obwohl die kritischen Orte der einzelnen Abgabestellen im allgemeinen nicht zusammenfallen.

4. Bei der **Art der Abgaben** ist folgendes zu präzisieren:

   Abwasser: Die radioaktiven Abgaben sind in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von $5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq.

   Edelgase: Die radioaktiven Abgaben sind in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^{5}$ Bq/m^3 angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^{5}$ Bq/m^3 entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4.4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m^3).

   Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine β-total-Messung durchgeführt (siehe den Wert in Klammern); für die Aequivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% ^{133}Xe, 10% ^{135}Xe und 10% ^{88}Kr angenommen. Dieses Gemisch wird auch zur Berechnung der Dosis verwendet.

   Gase: Beim PSI handelt es sich vorwiegend um die Nuklide ^{11}C, ^{13}N, ^{15}O und ^{41}Ar; deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist für die Abgaben die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.

   Aerosole: Die angegebenen Abgaben entsprechen der Summe der Aerosolaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert.

   Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar.

   Beim KKB wird bei der Dosisberechnung der Aerosole ein Gemisch von 50% ^{60}Co und 50% ^{137}Cs angenommen.

   Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Bodenstrahlung von Aerosolen, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag der Aerosolabgaben im Berichtsjahr ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.

Iod: Beim PSI ist die Abgabe als Iod-131-Aequivalent durch gewichtete Summation der Aktivität der abgegebenen Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von ^{131}I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.

Kohlenstoff-14: Die angegebenen Abgaben von ^{14}C basieren beim KKL auf Messungen, bei KKB, KKM und KKG auf sporadischen Messungen in früheren Jahren.

8.2. Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernanlagen

F. Cartier, A. Leupin,
W. Baur, M. Schibli

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen,
HSK, 5232 VILLIGEN-HSK

Die externe Strahlung ist mit dem **M**essnetz zur **a**utomatischen **D**osisleistungsüberwachung in der **U**mgebung der **K**ernkraftwerke (MADUK) ständig überwacht worden. Um das KKB und das PSI sind 17, beim KKG 16 und beim KKL und KKM je 12 Ortsdosisleistungs-Messonden bis zu einem Abstand von bis zu ca. 5 km in Betrieb. Die Messwerte dieser MADUK-Sonden werden alle 10 Minuten in die Zentrale übertragen und automatisch analysiert. Abweichungen vom natürlichen Schwankungsbereich werden signalisiert und dem HSK-Pikett gemäss den im letztjährigen Bericht aufgeführten Kriterien gemeldet. Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden im Berichtsjahr alle MADUK-Sonden mittels einer radioaktiven Quelle überprüft und als in Ordnung beurteilt.

In den Figuren 1 bis 10 ist der Langzeitverlauf aller MADUK-Sonden anhand von Monats- und Tagesmittelwerten seit Januar 1995 dargestellt. Mit Ausnahme der nachfolgend angesprochenen Besonderheiten sind die Schwankungen und Streuungen auf meteorologisch bedingte Situationen zurückzuführen, wie Niederschlag (Washout), Schneedecke oder auch wassergesättigtem Boden (Abschirmwirkung):

- Das signifikant tiefere Messwertniveau der Station B-11, PSI Oase im Zeitraum Februar bis Mai 1997 ist auf Bauarbeiten im Nahbereich der Sonde zurückzuführen. Die Station B10, Stilli wurde infolge Umbauarbeiten vom März bis September 1998 ausser Betrieb gesetzt. (Figur 2)
- Die stärkere Streuung im März und April 1995 an der Station G-05, Aarau, ZSA Zelgli waren auf Gerätestörungen zurückzuführen. Die Messonde wurde damals ausgetauscht. (Figur 4)
- Ebenfalls Störungen im elektronischen Teil der Sonde von G-08, Gretzenbach, Werkhof im Juli und August 1995 waren die Ursache für höhere Ausreissermesswerte. Auch diese Sonde wurde damals ausgetauscht. (Figur 5)
- Eine Kabelbeschädigung durch Wildtiere führte zu einem Elektronikdefekt im Mai 1995 an der Station L-07, Leuggern, ZSA. Die neue Sonde weist eine etwas höhere Empfindlichkeit auf. (Figur 8)
- Das ab ca. April 95 leicht höhere Messwertniveau der Station L-08, Hettenschwil, Schulhaus ist auf vorangegangene bauliche Veränderungen im unmittelbaren Bereich der Sonde zurückzuführen (Figur 8).

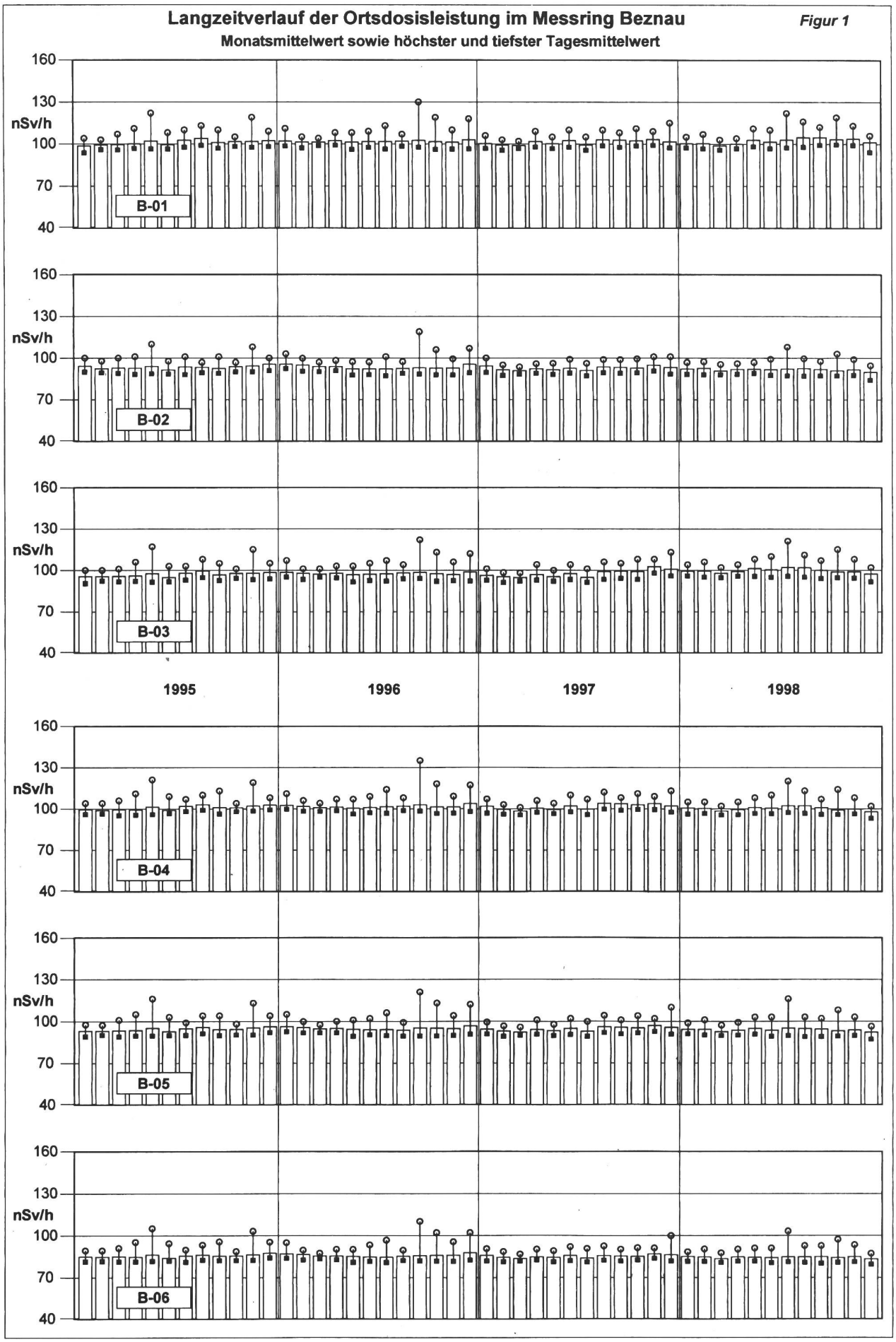
Stationen, die auf Gebäudedächern oder anderem nicht natürlichen Untergrund stehen, wie typischerweise G-12 Olten Stadthaus, weisen neben einem tieferen Messwertniveau auch eine kleinere Streuung der Maxima/Minima-Werte auf.

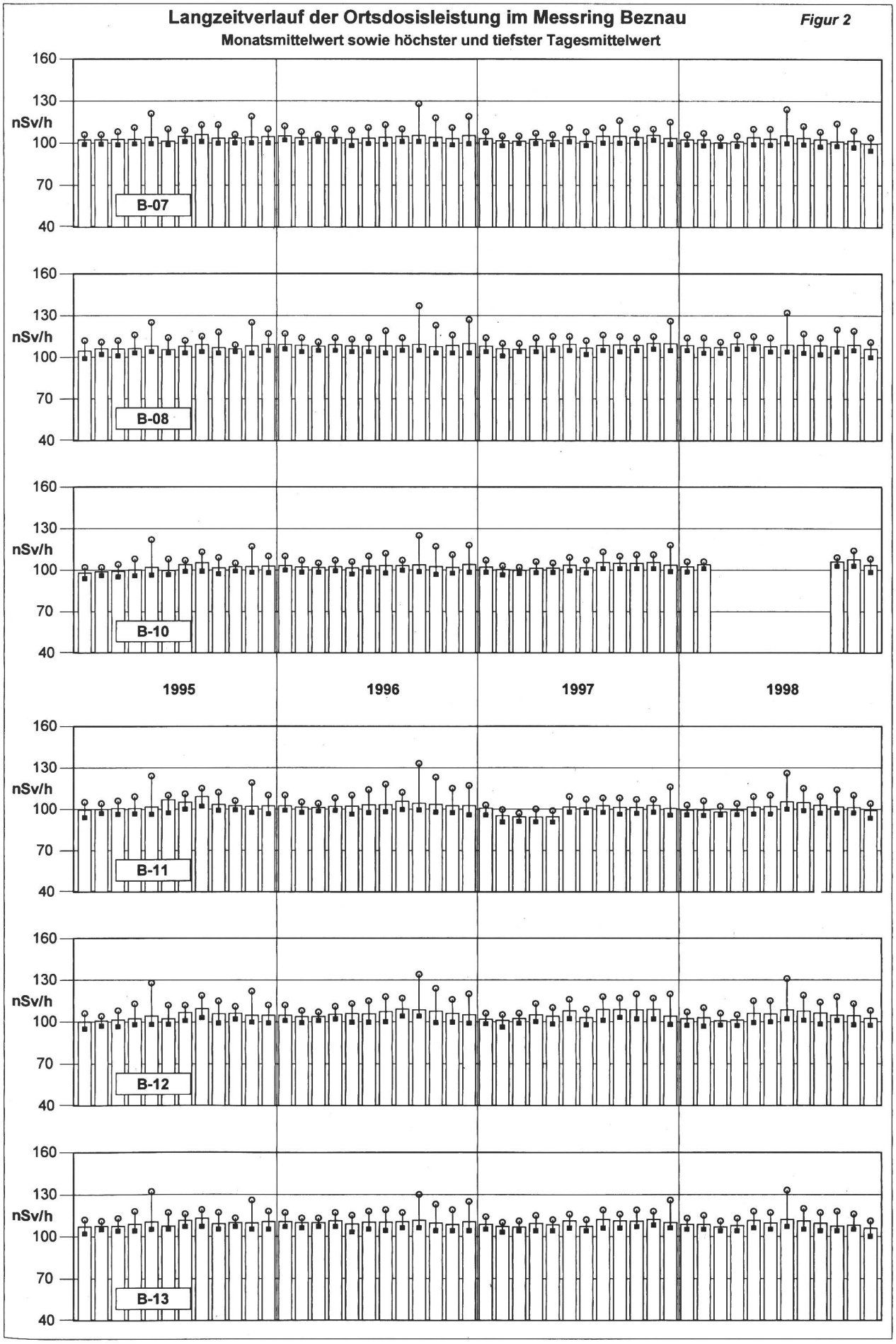
Im Jahre 1998 erfasste das System insgesamt 12 Mal bei MADUK-Sonden Messwerte, die nicht im natürlichen Schwankungsbereich der Ortsdosisleistung lag. Ausserordentliche Niederschläge verursachten am 27. Juli an den Messstationen um die Kraftwerke Beznau, Leibstadt und Gösgen ungewöhnlich hohe Ortsdosisleistungen. An insgesamt 7 Stationen

wurden dabei Tagesmittelwerte festgestellt, die bis ca. 30% über den langjährigen Mittelwerten lagen. Starke Nieselregen führten am 7. Oktober an 3 Stationen zu Dosisleistungserhöhungen von bis zu 80 nSv/h. Während Wartungsarbeiten wie die vorangemeldeten Kalibrierungen der NADAM-Sonden zeigten die nahe stehenden MADUK-Sonden in 7 Fällen erhöhte Messwerte. In 3 Fällen handelte es sich um einzelne Messwerte, die nach der Behebung von Gerätestörungen nicht mehr auftraten: B-01 Böttstein Waldhüsli, L-12 Leibstadt Wehr und M-07 Mühleberg Schulanlage.

Die 1998 von den Kernanlagen und dem PSI durchgeführten Dosismessungen (TLD) am Arealzaun und in der Umgebung sowie die vierteljährlichen von der HSK stichprobenweise erhobenen Dosisleistungsmessungen an den Arealzäunen lagen im Wertebereich der Vorjahre. Figur 1 im nachfolgenden Kapitel zeigt die diesjährigen Werte für die TLD-Messungen. Der höchste Nettowert von ca. 2.5 mSv pro Jahr wurde am KKL-Zaun registriert. Am PSI-Zaun betrug der höchste Wert netto ca. 1.2 mSv pro Jahr. Er liegt bei den Abfallagern-Ost. In der Nahumgebung des PSI-West ist infolge der Beschleuniger die Neutronendosis leicht erhöht. Bei der etwa 100 Meter entfernten Scheune betrug der Wert 0.06 mSv/Jahr.

Der Grenzwert von 5 mSv/Jahr für die Ortsdosisleistung im Freien blieb überall eingehalten (StSV, Art. 102).

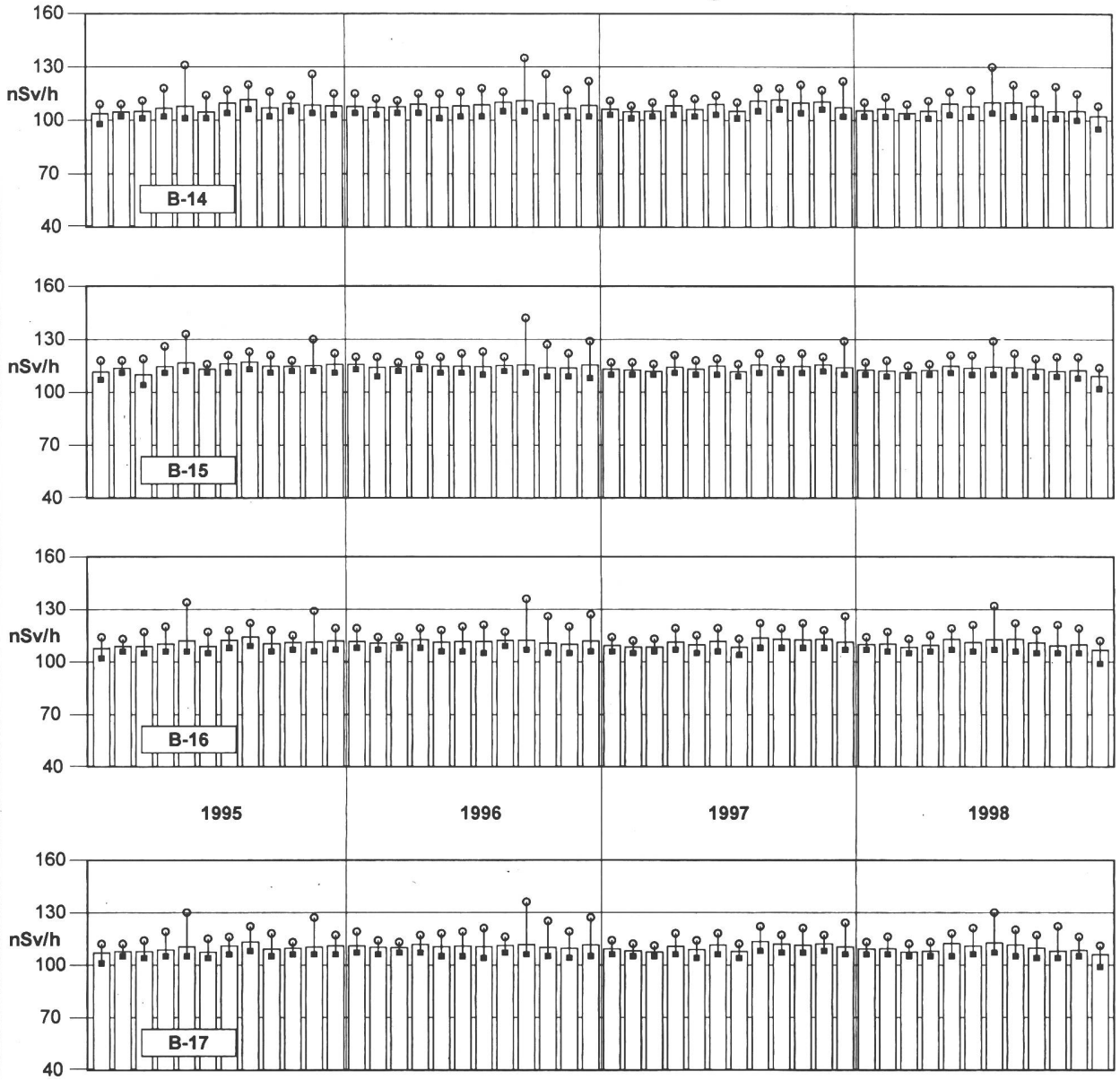

Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Beznau
Figur 1
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert
160
130
nSv/h
100
70
40
B-01
B-02
B-03
1995
1996
1997
1998
B-04
B-05
B-06

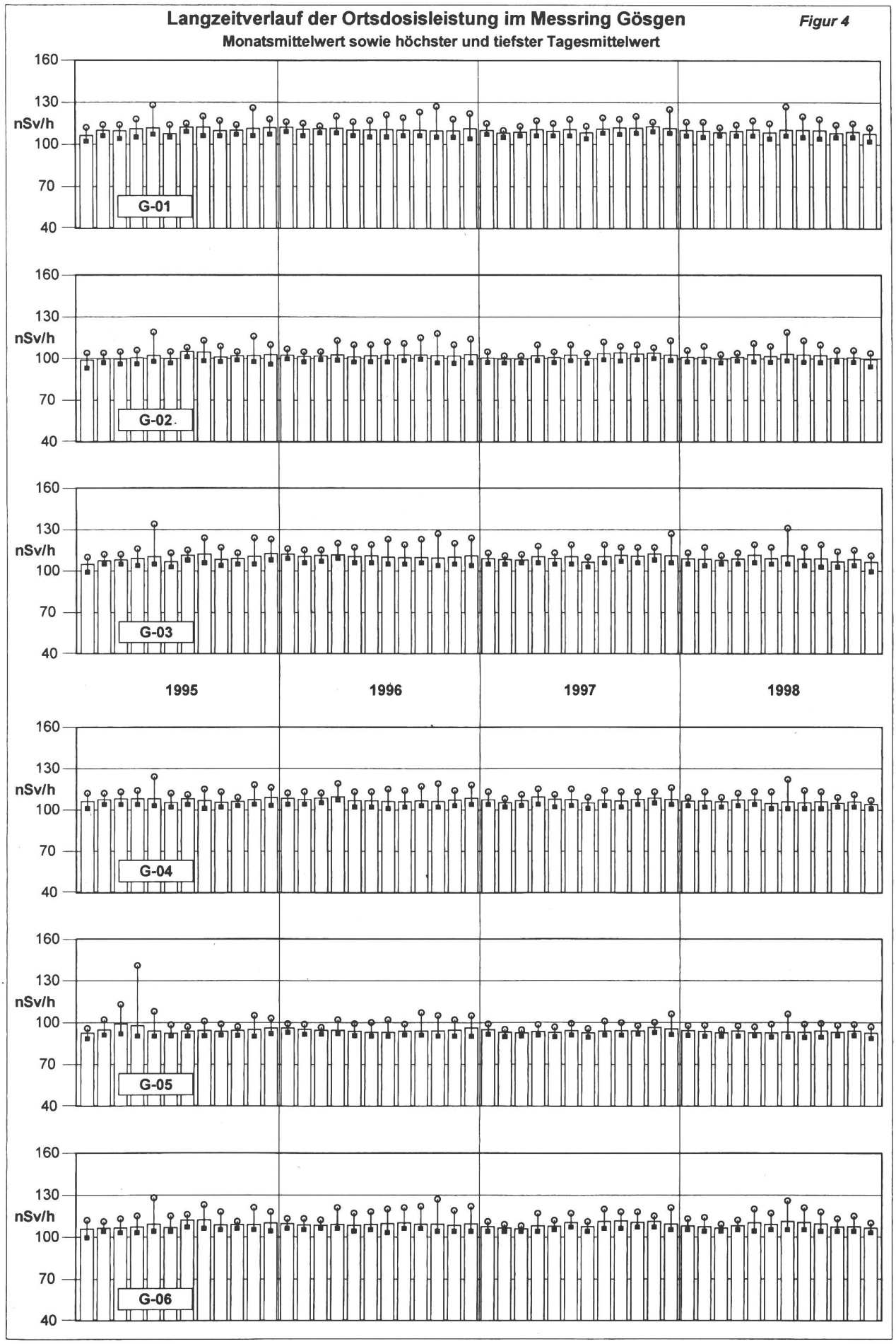

Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Beznau
Figur 2
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert
160
130
nSv/h
100
70
40
B-07
B-08
B-10
B-11
B-12
B-13
1995
1996
1997
1998

Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Beznau

Figur 3

Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert

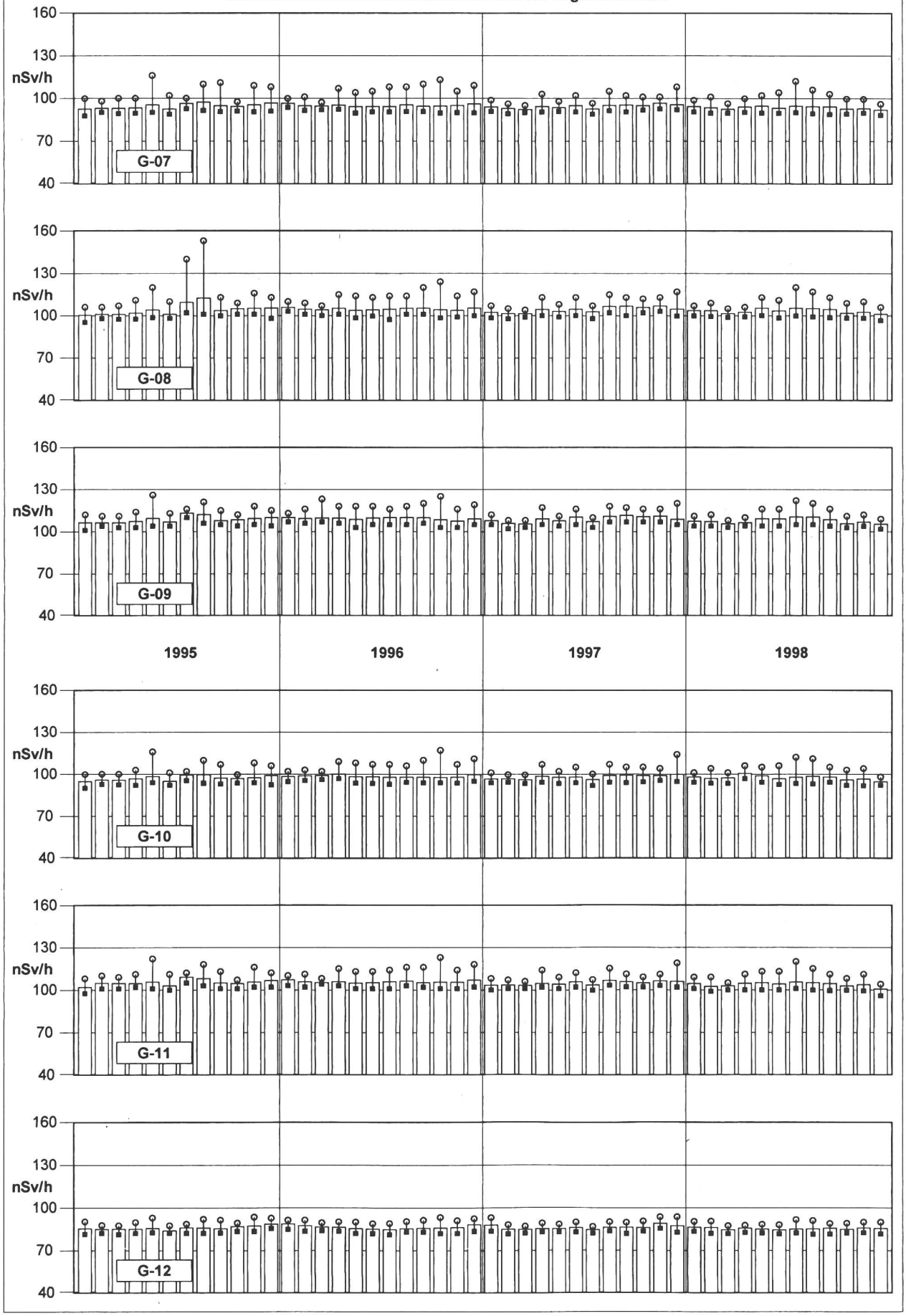



Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Gösgen
Figur 4
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert
160
130
nSv/h
100
70
40
G-01
G-02
G-03
G-04
G-05
G-06
1995
1996
1997
1998

Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Gösgen

Figur 5

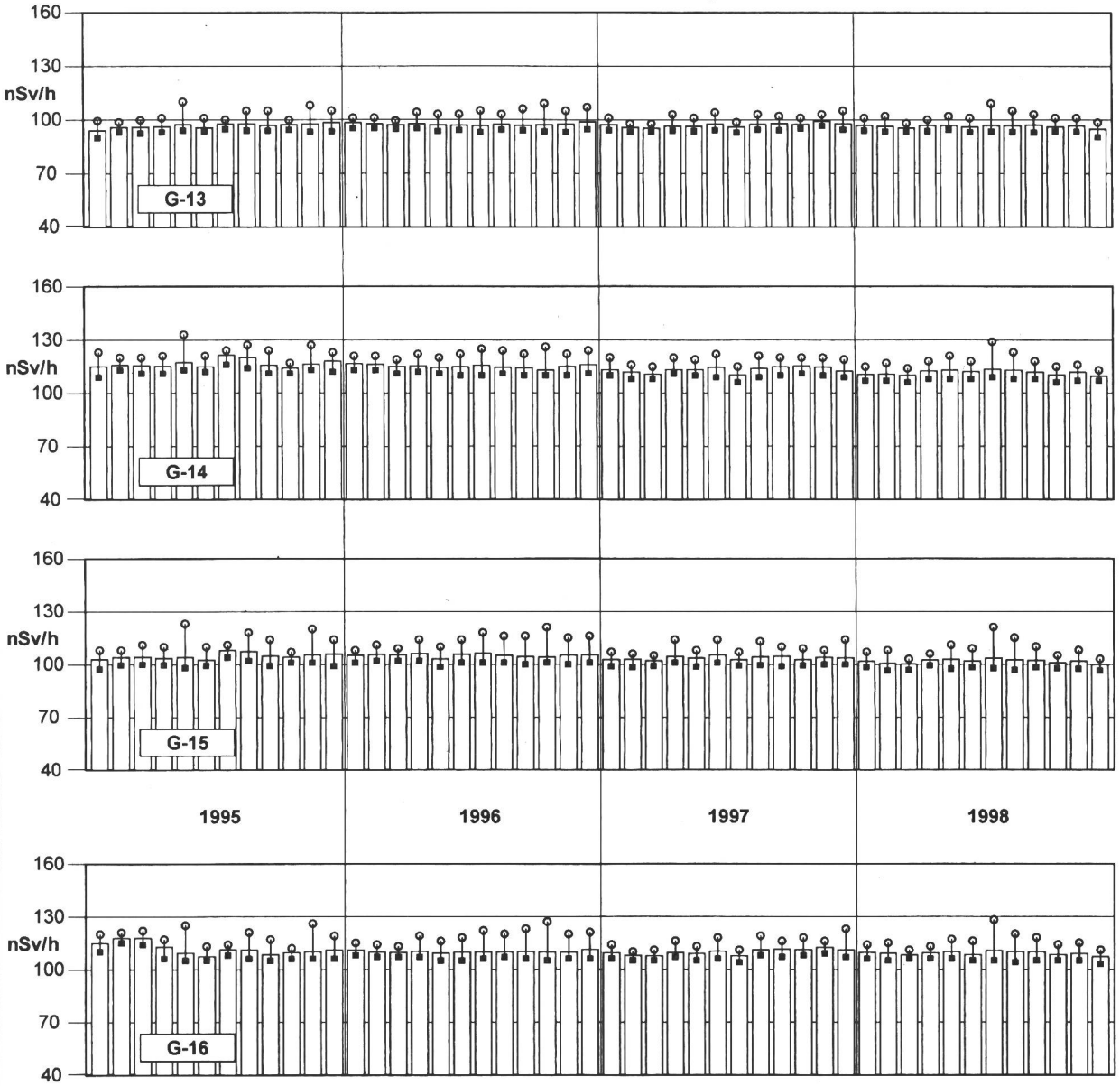
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert



Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Gösgen

Figur 6

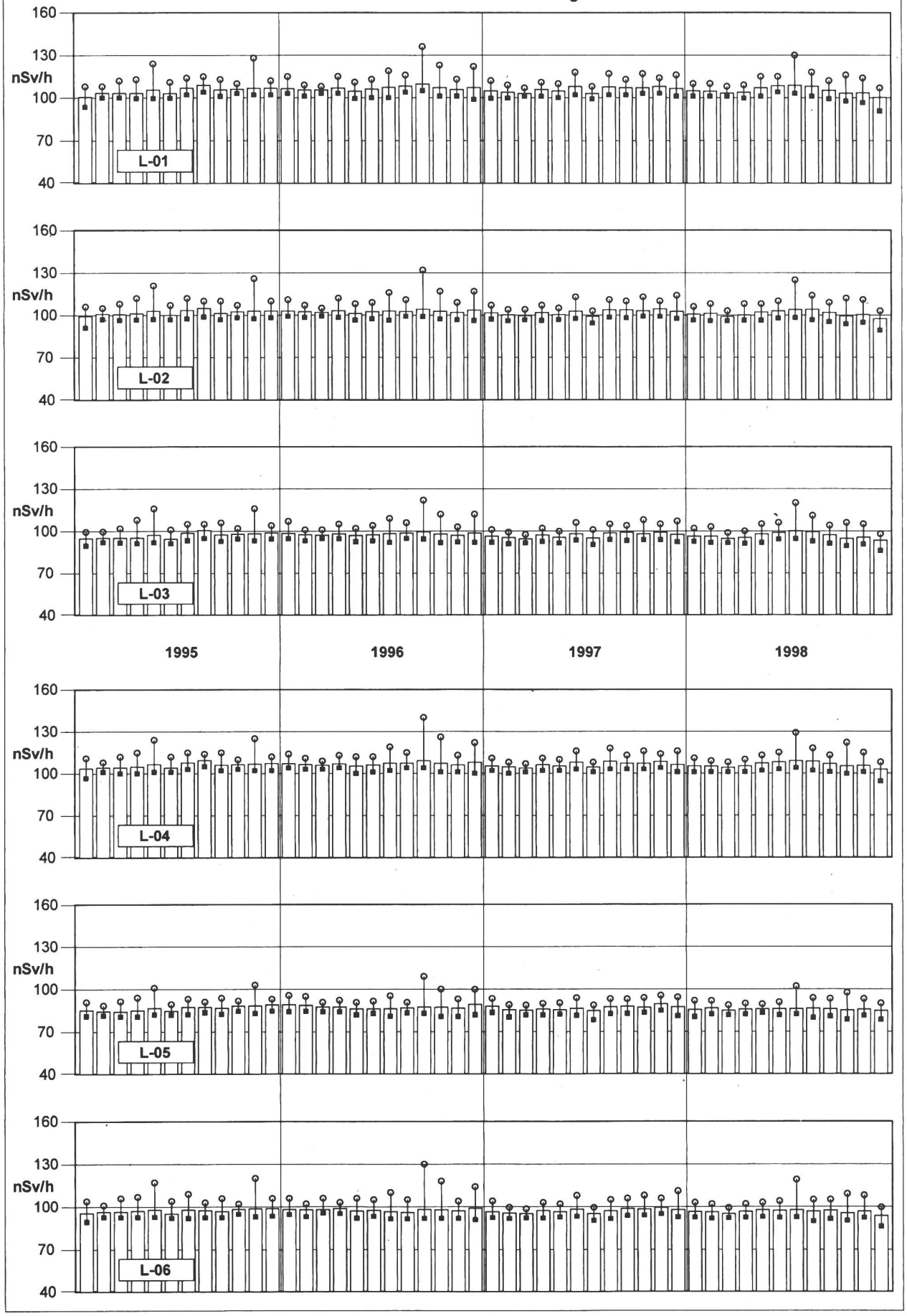
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert



Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Leibstadt

Figur 7

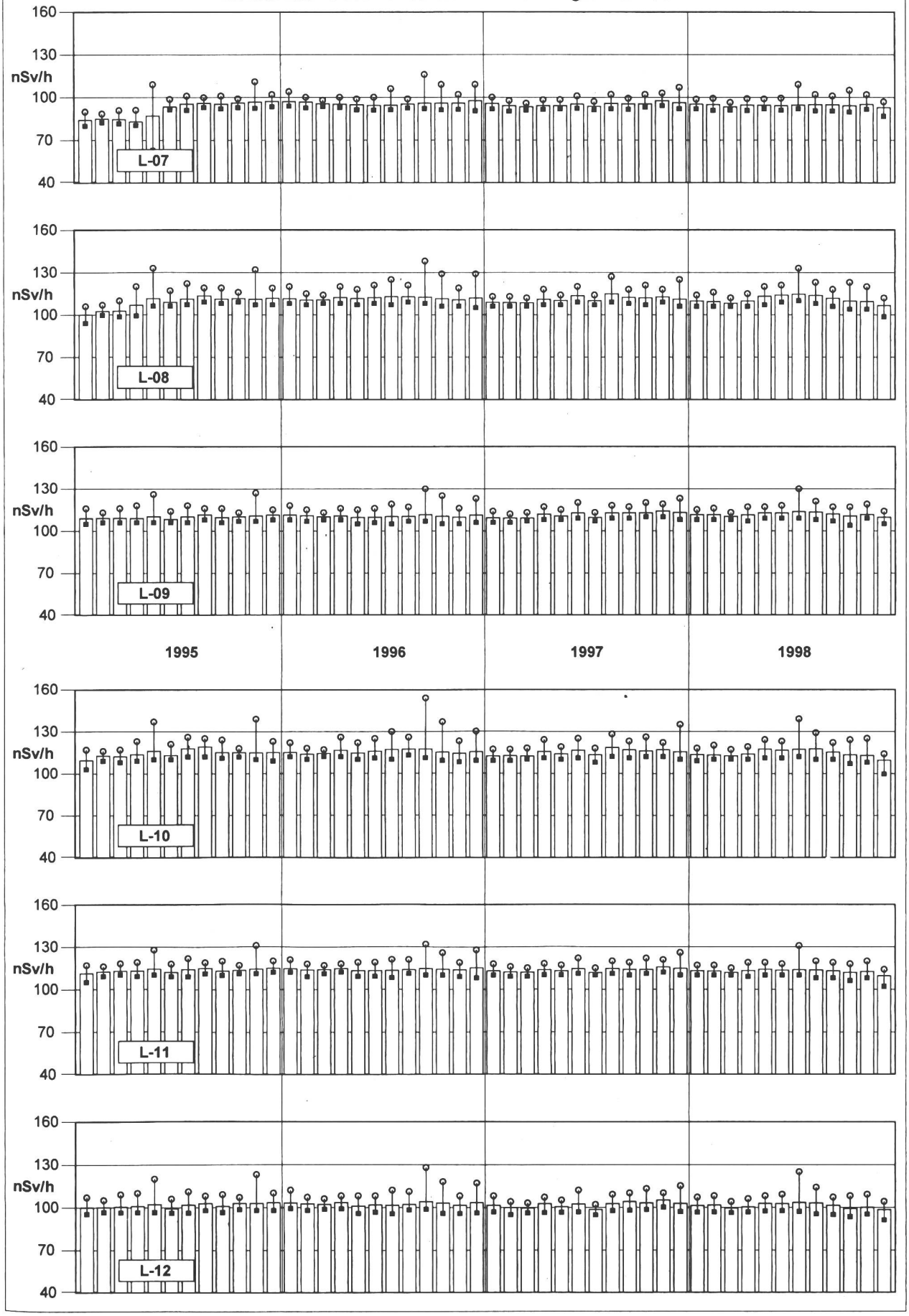
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert



Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Leibstadt

Figur 8

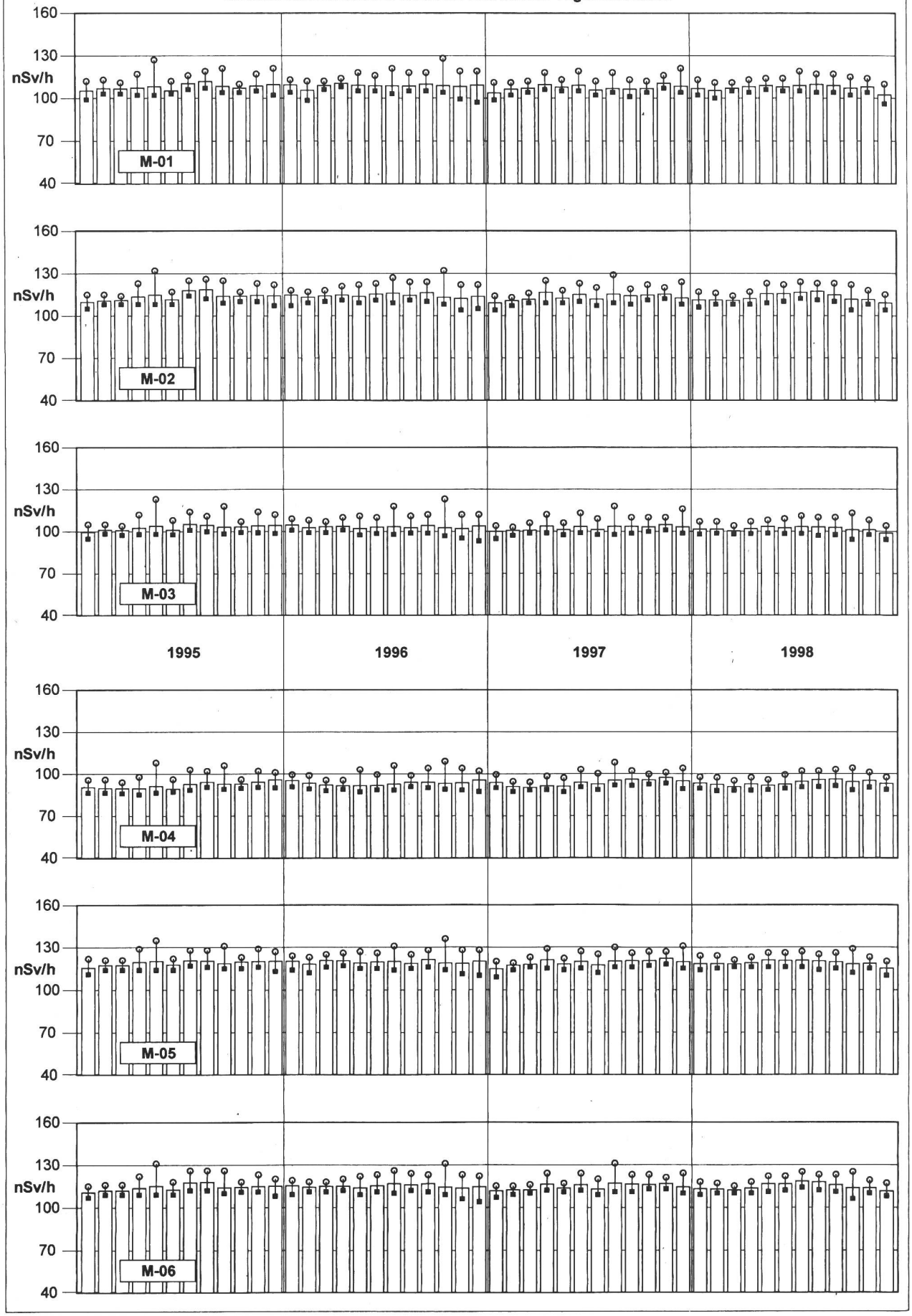
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert



Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Mühleberg

Figur 9

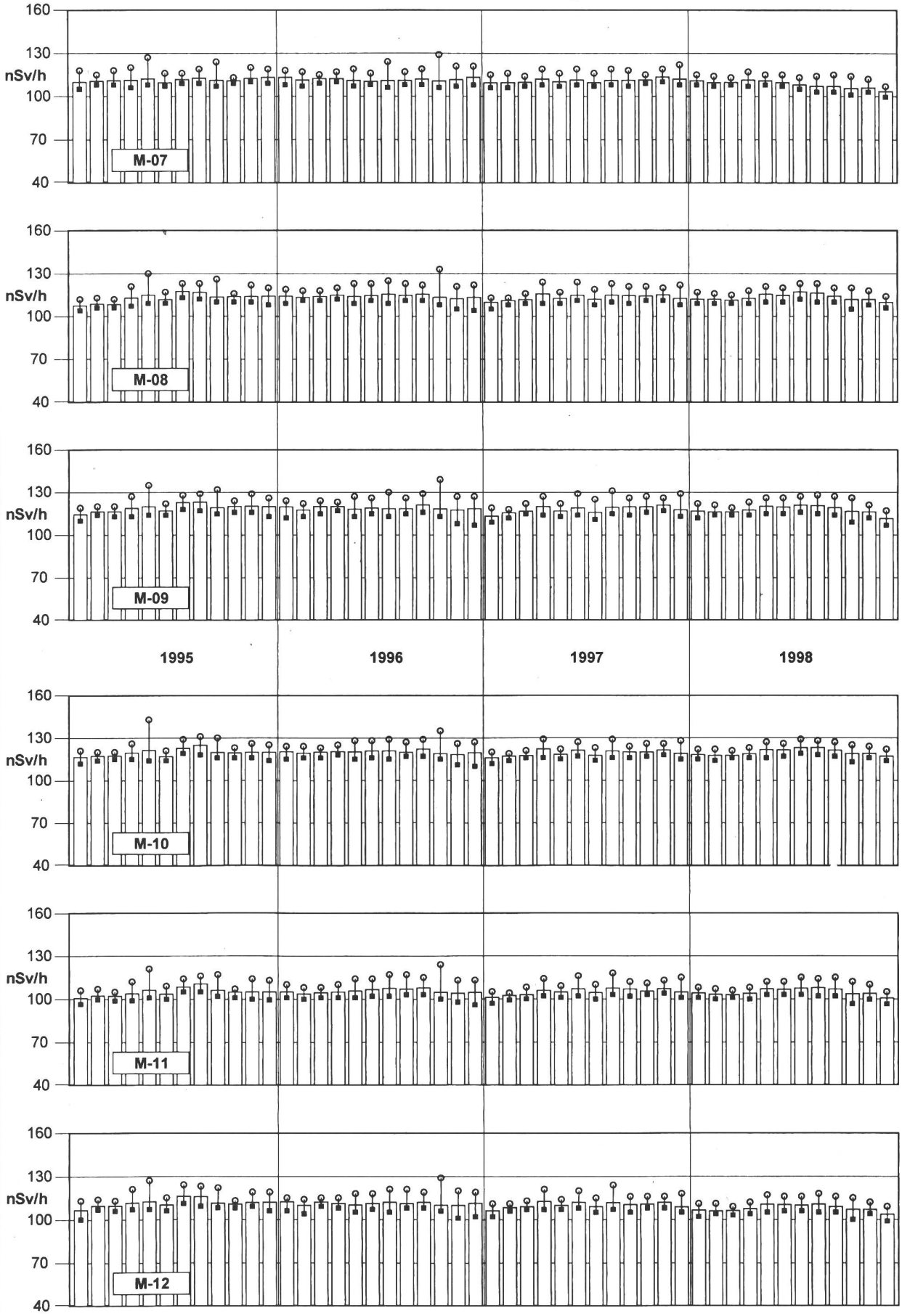
Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert



Langzeitverlauf der Ortsdosisleistung im Messring Mühleberg

Figur 10

Monatsmittelwert sowie höchster und tiefster Tagesmittelwert



8.3 Les installations nucléaires et l'environnement

Ch. Murith, A. Gurtner

Section de surveillance de la radioactivité, SUER
Office fédéral de la santé publique
Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

8.3.1 Introduction

L'évaluation de l'impact radioécologique et dosimétrique des installations nucléaires commence par le contrôle de leur bon fonctionnement. Ce contrôle relève de la DSN (8.1). L'OFSP participe à une intercomparaison périodique des quantités de radionucléides présents dans les effluents atmosphériques et liquides mesurables en phase de rejet avant leur dispersion et dilution dans l'environnement. Ces contrôles renseignent sur les contaminants les plus susceptibles de marquer l'environnement. L'impact des rejets de radionucléides sur l'homme est quantifié à l'aide de la dose. Celle-ci est habituellement calculée à partir des rejets réels de l'installation au moyen de modèles, d'hypothèses et de scénarios spécifiques du transfert des radionucléides en question jusqu'à l'homme. Afin de garantir qu'aucune contribution à la dose n'a été sous-estimée par la modélisation, divers compartiments de l'environnement sont examinés en particulier les aérosols, les eaux, les sédiments, les sols, les végétaux et les aliments. Ces examens permettent de détecter des niveaux infimes d'intensité des rayonnements émis, insignifiants du point de vue du risque qu'ils représentent pour le public. Le cas échéant, les concentrations significatives mesurées peuvent directement entrer dans l'évaluation réaliste de l'impact des rejets d'une installation nucléaire et servir à améliorer les modélisations évoquées précédemment.

8.3.2 Méthodologie

Dans le cas d'un suivi de l'environnement, deux aspects peuvent être pris en compte: l'un radioécologique qui consiste à rechercher les meilleurs indicateurs de la contamination du milieu et l'autre dosimétrique, qui met l'accent sur ce qui peut contribuer aux doses de la population. L'échantillonnage s'oriente sur ces deux aspects et concerne essentiellement:

Pour le milieu terrestre:	**Pour le milieu aquatique:**
l'exposition ambiante	*les précipitations (pluies, neige)*
les aérosols et les dépôts	*les eaux de surface ou de nappes*
les sols et les végétaux	*les sédiments et les végétaux aquatiques*
les produits alimentaires	*les poissons*

Les méthodes de prélèvement et de traitement sont prescrites de manière à assurer une reproductibilité et à viser à concentrer un maximum de radioactivité dans un minimum de volume afin de pouvoir détecter la présence de radionucléides à très bas niveaux [1]. La spectrométrie γ permet de détecter et de quantifier la plupart des radionucléides naturels et artificiels présents dans des échantillons sans longues préparations (séparation chimique...) contrairement à la mesure des émetteurs α et β. Le résultat d'une mesure est normalement rapporté à la matière sèche. Néanmoins pour certains radionucléides de courte période comme l'iode-131, la spectrométrie γ peut s'effectuer rapidement sur des produits frais.

8.3.3 Résultats

Milieu terrestre:

Exposition ambiante: en plus de la surveillance permanente du réseau MADUK (Cf. 8.2.), l'exposition ambiante est contrôlée par des dosimètres à thermoluminescence évalués trimestriellement ainsi que par des mesures instantanées périodiques à l'aide d'une chambre à ionisation. Les mesures concernent le voisinage des installations et leur clôture. Dans le voisinage non influencé par le rayonnement direct, l'exposition ambiante annuelle comprise pour 1998 entre 0,6 et 0,9 mSv traduit le bruit de fond habituel, comme le confirme aussi la distinction des contributions individuelles à l'exposition ambiante (Cf. 3.1.). A la clôture des réacteurs à eau bouillante (KKM et KKL) ainsi que du PSI, des augmentations attribuables au rayonnement direct sont perceptibles. L'augmentation maximale nette de l'ordre de 2,5 mSv enregistrée en 1998 à un endroit de la clôture de la centrale nucléaire de Leibstadt (KKL) est inférieure à la valeur directrice de 5 mSv/an. A titre d'exemple, le suivi de l'exposition ambiante annuelle (fig.1) met en évidence la part naturelle et ses fluctuations auprès du réacteur à eau pressurisée de Gösgen-Däniken (KKG) ainsi que l'augmentation maximale à la clôture du réacteur à eau bouillante de Leibstadt (KKL), due au rayonnement direct du produit d'activation ^{16}N provenant de la turbine.

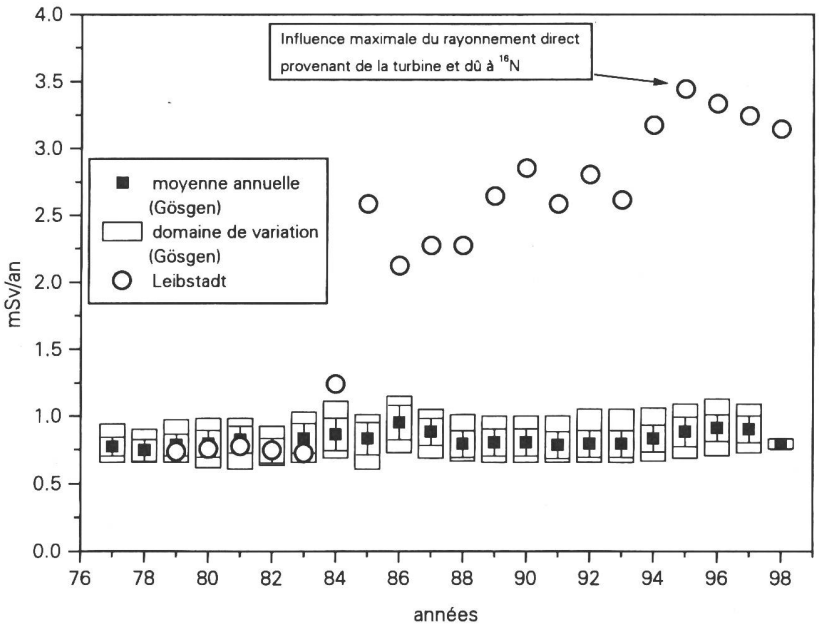


Figure 1: Le rayonnement peut être direct: suivi annuel de l'exposition ambiante sur la base des dosimètres à thermoluminescence

Les aérosols et les dépôts: les mesures des aérosols et des dépôts sur plaques de vaseline indiquent essentiellement la présence permanente des radionucléides d'origine naturelle: ^{7}Be produit par des interactions (spallations) des rayons cosmiques avec l'azote et l'oxygène de l'air, ^{210}Pb et ^{40}K. Pour les aérosols, des traces ^{137}Cs (< 100 $\mu Bq/m^3$) témoignent d'une remobilisation périodique de ce radionucléide, dont le dépôt suite à Tchernobyl a marqué l'environnement. Les seules traces issues d'installations nucléaires locales ont été enregistrées sur les filtres (17.2.98 – 3.3.98) des stations aérosols du voisinage du PSI, de Beznau (KKB), de Leibstadt (KKL) et de Dogern (D). Il s'agit avant tout de ^{65}Zn (30 à 100 $\mu Bq/m^3$), provenant de l'incinération de déchets au PSI. L'échelle (fig. 2) donne une synthèse des niveaux de radioactivité mesurés dans l'atmosphère (aérosols).

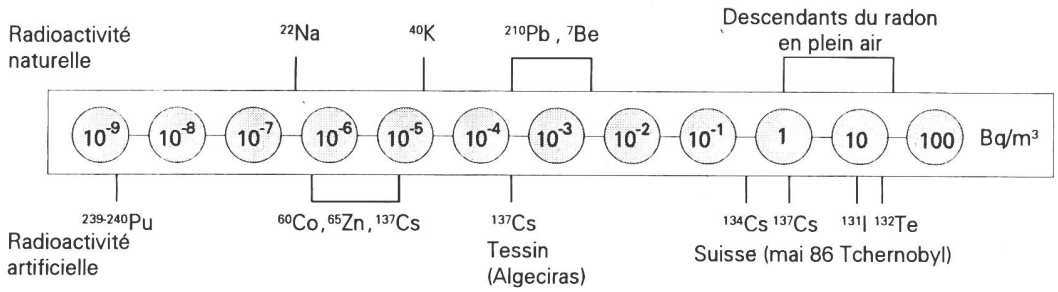


Figure 2: L'échelle des valeurs dans l'atmosphère (aérosols)

Les sols et les végétaux: les contrôles effectués dans les sols et les végétaux n'indiquent aucune influence hors ^{14}C (Cf.7.1.) attribuable aux rejets atmosphériques des installations nucléaires suisses en 1998. Les domaines des concentrations dans la fraction (<2mm) séchée des sols du voisinage des installations nucléaires, récapitulés (fig.3), sont conformes à ceux que l'on enregistre pour les sols du Plateau suisse hors de l'influence de ces installations. Seules les traces rémanentes de ^{60}Co (<2 Bq/kg) témoignent encore de dépôts antérieurs d'aérosols de la centrale nucléaire de Mühleberg (KKM). Leur contribution à l'exposition du public est minime par rapport au bruit de fond d'origine naturelle (^{40}K et séries ^{238}U et ^{232}Th) et artificielle (essais nucléaires et Tchernobyl).

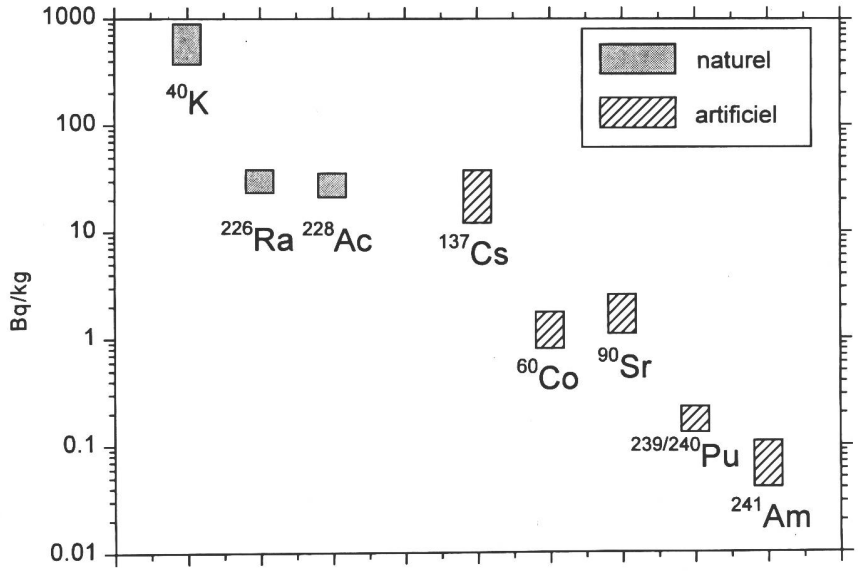


Figure 3 : La mémoire des sols :domaine des concentrations dans la fraction < 2 mm de la couche 0 – 5 cm de sol sec. Pour les émetteurs gamma seuls les résultats supérieurs à la limite de détection voisine de 1 Bq/kg sont représentés.

Les produits alimentaires: les analyses dans les productions agricoles (Cf.5.1) du voisinage des installations nucléaires ne signalent pas d'anomalies par rapport aux produits correspondants du Plateau suisse hors influence de ces installations. On y détecte le ^{40}K d'origine naturelle (100 à 120 Bq/kg sec dans le blé et 40 à 50 Bq/l dans le lait) et le ^{90}Sr des essais nucléaires (0,2 à 0,5 Bq/kg sec dans le blé et 0,025 à 0,075 Bq/l dans le lait). Pour le ^{137}Cs, les valeurs au voisinage des installations nucléaires sont inférieures aux seuils de détection (<0,5 Bq/kg sec dans le blé et < 0,5 Bq/l dans le lait). De même, les légumes et fruits analysés dans le cadre du programme germano-suisse (DSK), n'indiquent aucune influence des rejets de la centrale nucléaire de Leibstadt (KKL) dans ces produits [2].

Milieu aquatique:

Les précipitations: le contrôle des précipitations au voisinage des installations nucléaires montre la prédominance du ^{7}Be (0,2 à 2 Bq/l) et du ^{3}H (2 à 13 Bq/l) en cohérence avec les valeurs observées dans les stations hors du voisinage des installations nucléaires et non influencées par les rejets d'entreprises traitant du tritium (Cf. 9.1.). Les concentrations ^{137}Cs ont toujours été inférieures au seuil de détection de l'ordre de 0,01 Bq/l. Seules les traces de ^{60}Co (0,04 Bq/l dans les pluies du 22.5. au 29.5.98 de la station auprès de Mühleberg) témoignent vraisemblablement d'une remobilisation de dépôts antérieurs (KKM).

Les eaux de surface ou de nappes: l'analyse des eaux de surface ou de nappe montre également la prédominance des radionucléides d'origine naturelle: ^{40}K (quelques Bq/m^3 à 120 Bq/m^3), ^{7}Be (quelques Bq/m^3 à 20 Bq/m^3) et ^{210}Pb (quelques Bq/m^3 à 13 Bq/m^3). Dans l'Aar en aval des installations nucléaires, on détecte les traces maximales suivantes: ^{54}Mn (2,1 Bq/m^3), ^{58}Co (3,2 Bq/m^3), ^{60}Co (16 Bq/m^3), ^{65}Zn (3,4 Bq/m^3) et ^{137}Cs (1,8 Bq/m^3). Dans le Rhin à Pratteln (Hardwasser AG), les valeurs correspondantes ont été les suivantes: ^{54}Mn (< 0,8 Bq/m^3), ^{58}Co (2,7 Bq/m^3), ^{60}Co (2,9 Bq/m^3), ^{65}Zn (< 2 Bq/m^3) et ^{137}Cs (0,9 Bq/m^3).

Les sédiments et les végétaux aquatiques: à l'image du sol dans le milieu terrestre, les sédiments constituent d'excellents indicateurs et intégrateurs des rejets liquides des installations nucléaires, comme le montre le suivi des concentrations individuelles (Cf.4.2.) dans les trappes à sédiments et le récapitulatif de leur domaine (fig.4).

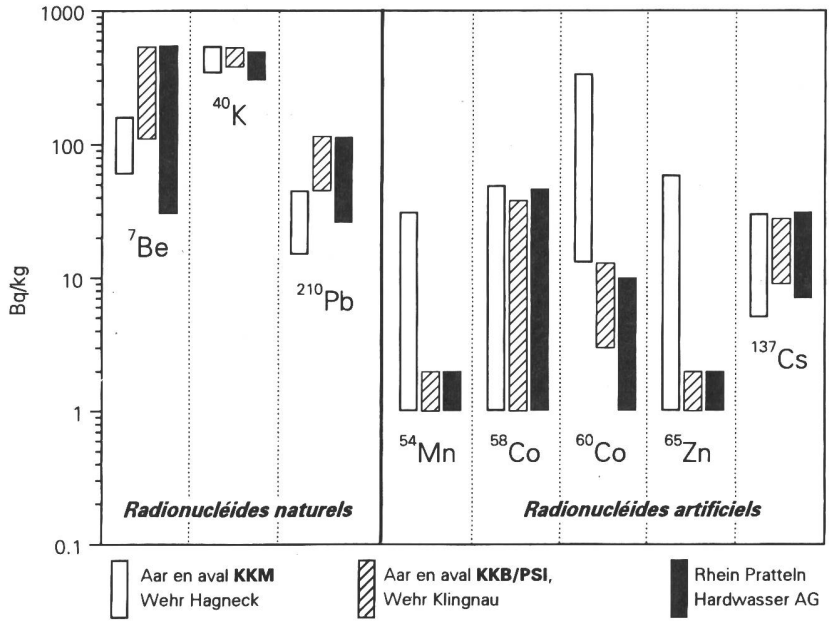


Figure 4 : Les trappes à sédiments comme témoins: domaine des concentrations dans les trappes à sédiments

Les poissons: l'analyse de poissons du voisinage des installations nucléaires n'a indiqué aucun transfert des radionucléides artificiels dans la chair des espèces prélevées. Le ^{40}K est le seul radionucléide identifié avec des concentrations voisines de 100 Bq/kg de chair.

8.3.4 Conclusions

L'impact des installations nucléaires suisses sur l'environnement a été très faible en 1998. Les doses qui en résultent pour la population avoisinante sont restées nettement inférieures aux limites réglementaires et le risque qu'a représenté l'exploitation de ces installations en 1998 du point de vue de la santé s'avère insignifiant. Les calculs effectués à partir des rejets effectifs et des modèles de transfert des radionucléides rejetés jusqu'à l'homme confirment que l'impact dosimétrique n'a pas dépassé la valeur directrice de 200 μSv et s'est situé en 1998 entre 2 et 7 μSv selon les installations en question. La contribution majeure provient des rejets atmosphériques ^{14}C (1 à 3 μSv), sauf à Mühleberg, où la contribution aérosol voisine de 5 μSv prédomine en raison de la rémanence de dépôts antérieurs.

Les mesures environnementales permettent de détecter la radioactivité à des niveaux infimes d'intensité des rayonnements émis, qui peuvent être à la limite sans aucune signification biologique. La surveillance constamment améliorée autour des installations nucléaires montre que les doses individuelles maximales pour le public sont très faibles, puisqu'elles n'excèdent pas 10 μSv en 1998. Ces valeurs sont à comparer au bruit de fond de la radioactivité naturelle, qui est en moyenne de l'ordre de 3000 μSv par an en Suisse. Même si les expositions du public, du fait des rejets des installations nucléaires, conduisent à des doses aussi faibles, le principe de précaution implique de poursuivre les contrôles et les études avec le plus de précision possible pour répondre aux différents objectifs à la fois d'ordre scientifique, réglementaire et d'information du public.

Les mesures dans l'environnement répondent au besoin de vérifier que la modélisation des transferts n'engendrent pas d'erreur sur les estimations dosimétriques réalisées à partir des rejets réels (Cf. 8.1). Elles permettent le suivi temporel des concentrations dans l'environnement, en particulier les processus possibles d'accumulation locale dans certains écosystèmes (sols, sédiments). Enfin elles impliquent des études nécessaires pour la connaissance des processus de transfert, utiles en premier lieu à la maîtrise de situations accidentelles. Les évolutions au cours des dernières années ont porté sur l'abaissement des seuils de détection avec un effort particulier pour des radionucléides émetteurs α. L'impact de l'exploitation des installations nucléaires suisses sur l'environnement a été constaté en 1998 au niveau de l'exposition externe au rayonnement direct, du ^{14}C provenant des rejets atmosphériques et des produits d'activation issus des rejets liquides. Ces impacts traduisent le fonctionnement normal des installations en question et les doses qui en résultent sont restées nettement inférieures à la valeur directrice de 200 μSv par an.

Littérature

[1] IPSN (1998) Les Installations Nucléaires et l'Environnement, 171p.
Luc Foulquier et Françoise Bretheau, Coordinateurs.

[2] 19. Zwischenbericht Umgebungsüberwachung KKL

8.4 Contrôle de l'environnement autour du CERN

M. Höfert, P. Vojtyla et D. Wittekind CERN TIS, 1211 Genève 23

Ch. Murith Section de surveillance de la radioactivité, SUER
Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

Résumé

Les résultats des mesures du programme de contrôle de l'environnement du CERN en 1998 ainsi que des contrôles effectués par l'Office fédéral de la Santé publique (OFSP) montrent que l'influence radiologique du fonctionnement des installations de l'Organisation sur l'environnement a été très faible. Les doses efficaces pour la population avoisinante restent largement en dessous des normes des législations respectives des deux Pays Hôtes, la Suisse et la France. L'estimation des doses efficaces calculée à partir des rayonnements ionisants et des rejets en radionucléides du site de Meyrin témoigne d'un bon accord avec la réalité des mesures dans l'environnement. Il en ressort que la contribution des activités du CERN en dose efficace pour le groupe critique sur territoire suisse correspond à environ 3% de la dose due en plein air aux sources naturelles (rayonnements cosmiques et terrestres). Cette influence du CERN est 5 fois inférieure au domaine de variation des doses naturelles dans l'environnement du bassin lémanique et environ 50 fois inférieure à l'exposition moyenne de la population suisse au radon naturellement présent dans les habitations. Cela montre que les moyens considérables mis en œuvre dans la surveillance du CERN permettent de mesurer l'impact de ses activités sur l'environnement aussi faible soit-il.

L'objectif du présent rapport est d'en rendre compte en primeur aux autorités et à la population concernée sous une forme de synthèse et dans un délai raisonnable.

8.4.1 Introduction

La surveillance de la radioactivité de l'environnement autour du Centre Européen pour la recherche de particules (CERN) et des doses de rayonnements qui en résultent pour la population avoisinante est effectuée par le CERN et en parallèle de manière indépendante par les autorités compétentes des deux Pays Hôtes, à savoir l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) côté France et l'Office fédéral de la Santé publique (OFSP) côté Suisse. Le renforcement de la surveillance de l'OFSP auprès du CERN, répond au débat public sur les émissions du CERN. La surveillance comporte:

- Le contrôle de la radioactivité émise dans l'air et dans l'eau à partir des différentes installations du CERN et des sites dans leur ensemble (Emission).

- La mesure des rayonnements diffusés produits par l'exploitation des accélérateurs du CERN ainsi que la mesure de la radioactivité contenue dans différents échantillons prélevés dans l'environnement et susceptibles d'être influencés par le rayonnement ou la radioactivité produits par le CERN (Immission).

La situation géographique des sites du CERN est présentée dans la figure 1 qui contient également des points de mesure à l'extérieur des sites.

8.4.2 Contrôle de la radioactivité

Contrôle de l'émission par le CERN

Les rejets de la radioactivité dans l'environnement par la ventilation de différentes installations des accélérateurs du CERN sont contrôlés par des moniteurs de l'air installés aux points de rejet de l'air. Les stations sont composés des chambres à ionisation (PMVGxx) pour la mesure directe de l'activité bêta et des échantillonneurs d'aérosols (PMVxx) qui les collectent sur des filtres en fibre de verre. Les échantillons sont mesurés au laboratoire par des compteurs bêta de grande surface et des détecteurs de germanium pour une spectroscopie gamma afin de mesurer les activités bêta et gamma de longue demi-vie.

Les rejets radioactifs par la voie d'eau sont contrôlés par des moniteurs (PMWxx) consistant en cristaux de NaI(Tl) submergés dans des réservoirs d'eau installés aux points de rejet d'eau du CERN pour une mesure continue de l'activité gamma. Ces mesures sont complétées à tous les points du CERN où les eaux quittent les sites par des dispositifs automatiques de prélèvement d'eau en continu (SWxx) afin de les analyser au laboratoire à un faible bruit de fond. En plus des mesures de tritium et l'activité gamma, où un litre et mesuré directement, une fois par mois, quatre litres d'un échantillon sont évaporés pour une analyse de la radioactivité à faible niveau permettant des mesures de l'activité bêta totale.

Contrôle de l'immission par le CERN

Les accélérateurs du CERN sont des sources de rayonnements diffusés surtout neutrons. Pour leur contrôle en continu, des stations de moniteurs de site (PMSxx) sont installées sur les sites du CERN et dans l'environnement qui se composent d'une chambre à ionisation remplie d'argon d'une pression de 20 bars pour détecter des photons ou des particules chargées (muons) et d'un compteur BF3 entouré d'un modérateur (rem compteur) pour mesurer les neutrons diffusés.

Les aérosols sont collectés par les échantillonneurs d'aérosols sur des filtres en fibre de verre qui les retiennent (PMAxx) et sont ensuite mesurés au laboratoire à l'aide de détecteurs proportionnels de grande surface et de détecteurs de germanium pour une spectroscopie gamma. On doit noter que, pour les échantillons d'eau, l'activité gamma n'est analysée que si l'on a constaté une activité bêta totale supérieure à 0.37 Bq/l.

Les échantillons des eaux potables (FWxx) et souterraines (UWxx) sont prélevés aux stations de pompage de Peney et du Vengeron et dans les villages autour du CERN, à Prévessin, Saint Genis et Versonnex respectivement. L'eau pluviale des précipitations est collectionnée sur le site de Meyrin, en Suisse (RWSS), et sur le site de Prévessin, en France (RWSF). Les eaux de rivières (SW) sont analysées au laboratoire en activité bêta totale et gamma. Enfin, d'autres échantillons sont prélevés périodiquement dans l'environnement en vue d'une analyse de leur teneur en substances radioactives: les sédiments de cours d'eau (MUxx), les herbes (GRxx), un échantillon de vin (WI) et dernièrement la végétation dans l'eau des rivières, mousse et plantes (MOxx et WPxx) pris aux mêmes endroits que l'eau de surface et les sédiments.

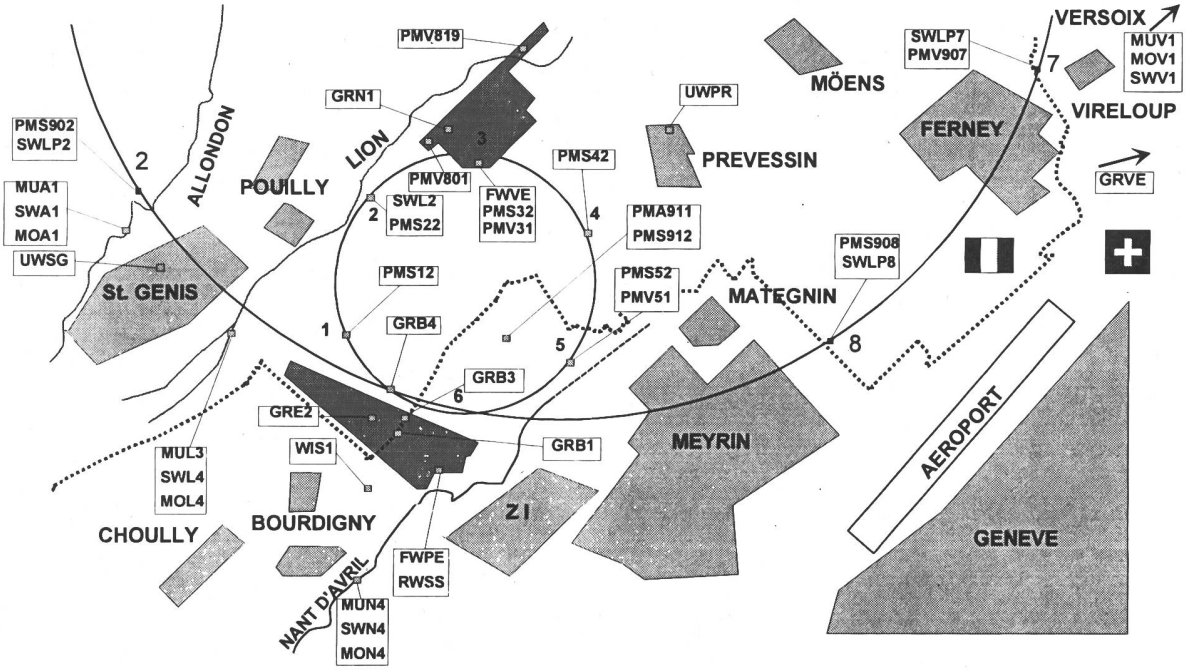


Figure 1: Les sites de Meyrin et de Prévessin du CERN et l'implantation de l'anneau du super proton synchrotron (SPS) et de l'anneau de stockage électron-positon (LEP) dans la région frontalière entre la France et la Suisse. Les points marqués sur le plan sont des endroits de mesure ou d'échantillonnage généralement à l'extérieur des sites du CERN. Leur description se trouve dans le texte. Pour des points de mesure à l'intérieur des sites consulter le rapport annuel du groupe Radioprotection [1]

Inspection annuelle par l'OFSP

L'OFSP a procédé à l'inspection annuelle des systèmes de surveillance sur le site du CERN et de la zone de gestion des déchets. Cette inspection confirme que les systèmes remplissent les exigences de l'Ordonnance sur la Radioprotection (ORaP) et que les installations dans les zones de stockage sont conformes aux normes de la sécurité du travail.

Contrôle de l'immission par l'OFSP

Les contrôles effectués en 1998 par l'OFSP dans l'environnement du CERN ont porté sur : le rayonnement direct à la clôture par l'évaluation trimestrielle de 10 dosimètres à thermoluminescence (TLD), la radioactivité de l'air en continu par le moniteur alpha/bêta du réseau RADAIR et par l'analyse gamma bas niveau (de l'ordre du $\mu Bq/m^3$) des filtres hebdomadaires du collecteur aérosol de haut débit, la radioactivité de l'eau prélevée en continu dans le Rhône à Chancy en aval de Genève par les analyses gamma et tritium mensuelles, les contributions à la radioactivité ambiante par spectrométrie gamma in situ et l'enregistrement simultané avec chambre à ionisation en 4 sites, dont un à l'intérieur de l'enceinte du CERN et les contrôles additionnels par spectrométrie gamma en laboratoire sur des échantillons de l'environnement.

8.4.3 Résultats des mesures

Dans ce rapport, figurent les résultats de mesures concernant plutôt le territoire suisse. Plus de détails sur les résultats du programme complet se trouvent dans le rapport annuel du Groupe Radioprotection [1].

Mesures des émissions

Les résultats des mesures concernant les émissions de radioactivité dans l'air pour les points de rejets sur le Site de Meyrin sont présentés dans le tableau 1. Comme on verra dans la figure 5, l'impact radiologique en forme d'immission n'est notable que pour les activités bêta/gamma dans l'air d'une période radioactive T < 1 jour. Les résultats pour le tritium ont été estimé par comparaisons périodiques aux mesures de ^{7}Be. Ils sont de ce fait très majorants.

Tableau 1: Les rejets de la radioactivité au cours de l'année 1998 attachée aux aérosols et dans l'air

Moniteur (PMV)	Air rejeté	Bêta Aérosol	^{7}Be Aérosol	Tritium HTO	^{11}C,^{13}N, ^{15}O,^{41}Ar dans l'air	Points de rejet
	10^6 m^3	MBq	MBq	GBq	TBq	
74	264	2.0	67	< 3	1.2	Anneau PS
72	58	0.3	12	< 87	2.0	TT60
73	111	1.1	38	< 111	1.1	TT70
170	73	3.6	133	< 9	11.2	ISOLDE
Total		**7.0**	**250**	**< 210**	**15.5**	**PS/ISOLDE**

Les résultats de la radioactivité dans les rejets d'eau vers la Suisse sont présentés dans le tableau 2. Leur contribution à l'impact radiologique du CERN sur l'environnement est comme pour toutes les années précédentes tout à fait négligeable.

Tableau 2: Rejet de la radioactivité du CERN dans l'eau vers la Suisse en 1998

Point de rejet	Quantité d'eau	Activité bêta total	^{3}H	^{22}Na	Rejeté dans :
	10^6 m^3	MBq	MBq	MBq	
SWN1	9.6	-	-	-	Le Nant d'Avril
SWN2	1.25	-	-	-	Le Nant d'Avril
SWN3	4.6	-	-	-	Le Nant d'Avril
SW901	2.8	-	-	-	Le Nant d'Avril
SWNA	0.00362	7.2	101	8.3	Peney*)
Total	18.3	7.2	101	8.3	

*) Usine de traitement d'eau

Mesures des immissions

Les doses intégrées totales en mSv, ainsi que les contributions des rayonnements gamma et neutron à ces doses, telles qu'elles ont été mesurées par les moniteurs de rayonnements (PMS) tout autour des sites sont présentées dans la figure 2. Ces résultats sont cohérents avec ceux des dosimètres TLD de l'OFSP. Le suivi des valeurs de ces dosimètres depuis 1984 confirme que les doses intégrées annuellement à la clôture du CERN sont toujours restées comprises entre 0.6 mSv et 1.3 mSv (fond naturel inclus). En 1998 les valeurs se sont situées entre 0.6 et 0.9 mSv.

L'influence du fonctionnement des accélérateurs du CERN n'est clairement visible que sur les stations de mesure situées à la clôture du site de Meyrin. La lecture du moniteur PMS 118 est influencée par la proximité du tunnel de transfert vers la zone expérimentale ouest et le PMS 123 se trouve à la clôture proche du PS.

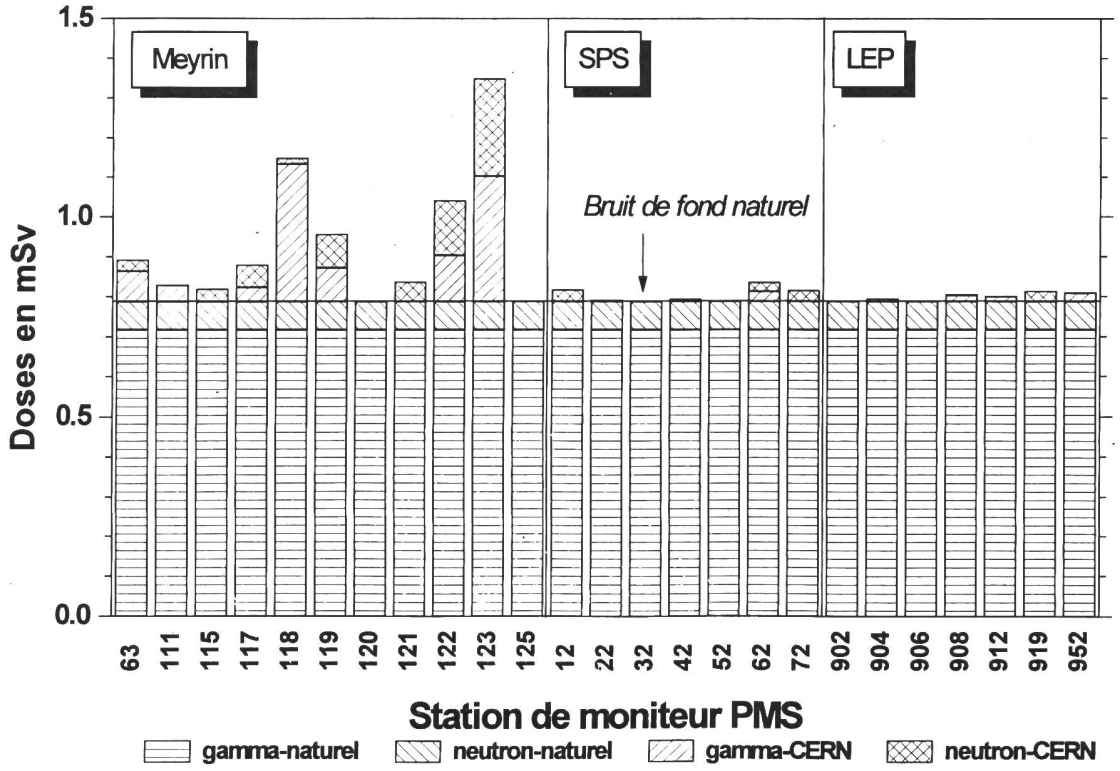


Figure 2: Doses annuelles des moniteurs de rayonnements diffusés en 1998

Pour prouver que le CERN n'a pas d'influence radiologique dans son voisinage, le service de l'environnement procède à des mesures sur les échantillons de toutes sortes pris à l'extérieur des sites de l'Organisation. Les résultats des mesures de la radioactivité dans ces échantillons environnementaux comme les sédiments et végétations dans les rivières sont résumés dans les figures 3 et 4. A ces radionucléides s'ajoutent encore ceux attribuables aux séries naturelles de l'uranium et du thorium, qui ne sont pas reportés.

Le seul radionucléide montrant une activité notable dans les échantillons est le ^{7}Be. Les variations de concentrations au CERN et ailleurs sont présentées dans la figure 4. Normalement le ^{7}Be est détecté dans l'atmosphère comme radionucléide naturel de spallation produit par des interactions des rayonnements cosmiques avec l'azote et l'oxygène de l'air. Ce radionucléide d'une toxicité radiologique très faible se trouve également dans l'air des tunnels des accélérateurs à haute énergie et peut donc être considéré comme un leitfossile (indicateur) de leur fonctionnement. La figure 4 indique que dans les mois d'été les concentrations en ^{7}Be sont toujours plus élevées qu'en hiver. Les valeurs de mesures des quelques stations du CERN et du moniteur qui se trouve en Suisse à Oberschrot suivent bien les variations saisonnières. En raison du fonctionnement des accélérateurs trois stations sont légèrement plus élevées que les variations naturelles: la station 612 PRE de l'OPRI et la station PMA 71 qui sont alignées à une des directions principales du vent par rapport à l'expérience neutrino tandis que le moniteur PMA 126 se trouve au centre des émissions du complexe des pré-accélérateurs et ses tunnels d'extraction vers le SPS.

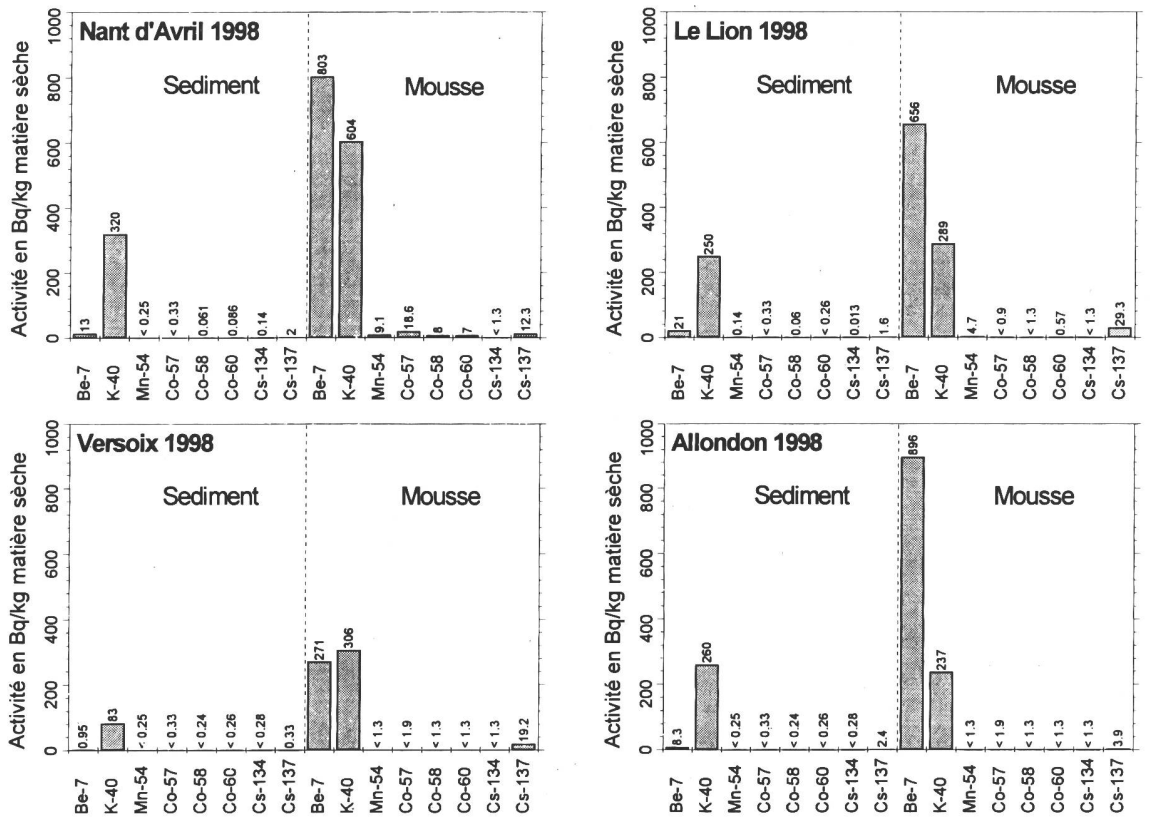


Figure 3: Activités mesurées dans les rivières autour du CERN dans les sédiments est des mousses récoltées en 1998

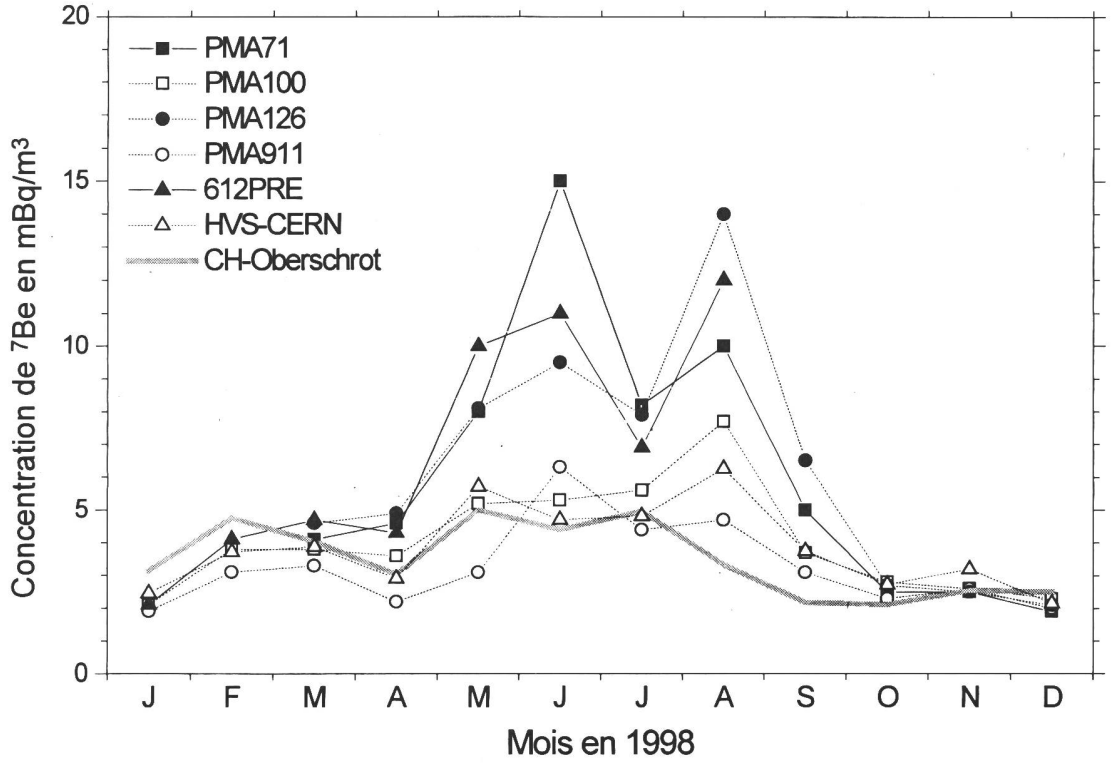


Figure 4: Activité de ^{7}Be dans les aérosols pour sept stations de mesure dont six au CERN durant l'année 1998. Station de mesure PMA71 : Près de l'expérience neutrino. PMA100 : Site de Meyrin. PMA126 : Proche du PS. PMA911 : Près d'une ferme de Meyrin. 612PRE : Station de mesure de l'OPRI à la douane de Meyrin, proche de l'expérience neutrino. HVS-CERN : échantillonneur à haut débit de l'OFSP sur le site de Meyrin. CH-Oberschrot : échantillonneur à haut débit de l'OFSP à Oberschrot/FR

8.4.4 Discussion

Les résultats de mesures présentés doivent être regardés dans le contexte de leur impact radiologique sur la population avoisinante du CERN. Pour une estimation des doses annuelles le groupe critique de la population vivant à proximité du site de Meyrin a été identifié. Les doses efficaces à partir des rayonnements ionisants et les rejets des radionucléides du site de Meyrin ont été calculés à l'aide de la *Richtlinie HSK-R-41/d* [2]. Le résultat de cet exercice est présenté dans la figure 5. Les informations détaillées peuvent être consultées dans le rapport annuel 1998 du Groupe Radioprotection [1].

Les contributions des activités du CERN en dose efficace pour le groupe critique qui vit à la clôture de l'Organisation correspondent à environ 3% de la dose due aux sources naturelles (rayonnements cosmiques et terrestres) mesurée dans des communes proche du CERN. En effet, la valeur annuelle de 0.03 mSv, dont trois quarts sont dus aux rayonnements ionisants directs, doit être comparée aux variations des doses naturelles qui sont de l'ordre de 0.15 mSv dans le bassin lémanique.

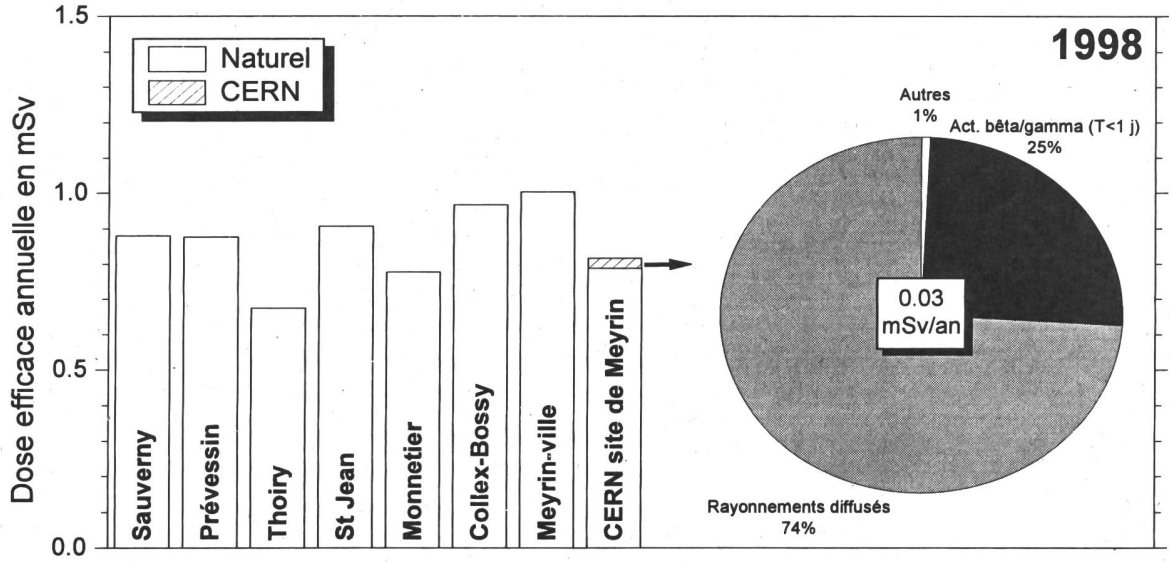


Figure 5: Contributions à la dose annuelle sur le site de Meyrin dues aux activités du CERN en 1998 en comparaison des variations des doses naturelles dans des communes à proximité

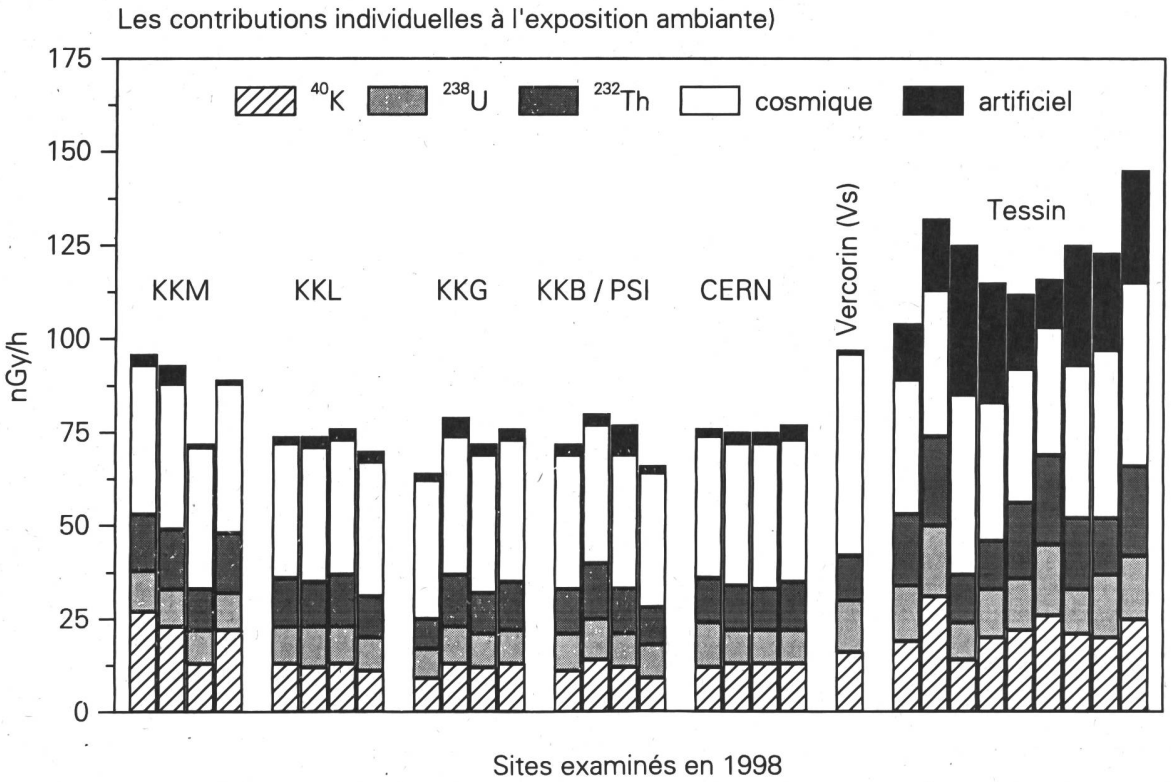


Figure 6: Contributions à l'exposition externe dans les sites examinés par spectrométrie gamma in situ en 1998

Ce constat est confirmé par les mesures de spectrométrie gamma in situ, dont les résultats pour le CERN sont confrontés à ceux du reste de la Suisse dans la figure 6. La contribution artificielle à l'exposition externe incombe essentiellement aux activités rémanentes du ^{137}Cs issu des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Comme on pouvait s'y attendre, cette contamination apparaît encore aujourd'hui plus marquée dans les sites du Tessin les plus touchés par ces retombées en comparaison du bassin lémanique qui avait été relativement épargné.

Dans le site examiné auprès du CERN, où la contribution artificielle s'est avérée la plus élevée, l'exposition externe d'une personne y séjournant en permanence équivaudrait à une dose annuelle d'environ 0.70 mSv, dont 0.65 mSv d'origine naturelle et 0.05 mSv d'origine artificielle. Si l'on tient compte de la part rémanente du ^{137}Cs, qui peut être estimée à 0.03 mSv, l'apport du CERN du point de vue des rayonnements ionisants serait de l'ordre de 0.02 mSv, soit 3% de l'exposition naturelle, ce qui confirme bien la valeur estimée ci-dessus pour le groupe critique. Il convient de préciser que le site en question se situe dans l'enceinte du CERN (rue Booster).

8.4.5 Conclusions

La surveillance par l'OFSP ainsi les résultats de mesures attestent que le CERN a respecté en 1998 dans le cadre de ses activités la valeur directrice de dose liée à la source, fixée à 0.3 mSv/an [3]. A titre de comparaison, cette valeur correspond à l'exposition annuelle attribuable au rayonnement naturel d'origine cosmique au niveau de la mer.

Les résultats des TLD, des aérosols, de l'eau et des autres échantillons de l'environnement du CERN ne se distinguent pas de ceux enregistrés normalement en Suisse. Sur leur base, l'impact du CERN s'avère en réalité nettement inférieur à la limite prescrite. A l'image des examens in situ de la figure 6, les doses d'origine naturelle prédominent. Les activités du CERN sont donc aussi restées en 1998 sans conséquence radiologique préjudiciable à l'environnement et à la population avoisinante. Néanmoins l'OFSP estime judicieux de renforcer ces informations dès 1999 par des analyses bêta (^{90}Sr) et alpha (Pu et Am) dans certains échantillons de l'environnement ainsi que par des campagnes de relevés instantanés de l'exposition externe avec une chambre à ionisation en 20 emplacements (10 à la clôture du CERN et 10 dans le voisinage distant).

8.4.6 Références

[1] M. Höfert (editor), Radiation Protection Group Annual Report (1998), CERN/TIS-RP/99-04 (1999).

[2] Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen, HSK-R-41/d (1997).

[3] Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Ziele für den Schutz der Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken, HSK-R-11/d (Mai 1980).

[4] Manuel de Radioprotection 1996, CERN, (1996).