



agence fédérale de contrôle nucléaire

Position paper sur la libération des bâtiments

Table des matières

1.	Introduction et objectif	2
2.	Champ d'application	3
3.	Méthodologie de libération	3
3.1	Etude historique du bâtiment	3
3.2	Caractérisation radiologique	3
3.3	Catégorisation et contamination potentielle.....	4
3.4	Mesures de libération.....	5
3.5	Documentation et dénucléarisation.....	6
4.	Niveaux génériques de libération de bâtiments	6
4.1	Mesures totales	6
4.2	Mesures spécifiques aux nucléides	6
4.2.1	Libération de bâtiments destinés à une réutilisation ou à la démolition.....	7
4.2.2	Libération de bâtiments exclusivement destinés à la démolition	9
4.2.3	Libération de gravats de construction.....	12
5.	Vérification indépendante de l'autorité de sûreté	12

Journal de l'historique du document

Révision	Date révision	Description de la modification
0	2015-11-24	Version initiale
1	2017-02-15	Modifications suite aux commentaires des parties prenantes

1. Introduction et objectif

Ce position paper a pour objectif d'aider l'exploitant au sujet de la libération de bâtiments dans le cadre d'un projet de démantèlement. Le position paper tient compte de la réglementation belge et des projets de démantèlement actuellement en cours en Belgique et il se base également sur les réglementations et pratiques internationales.

Le cadre réglementaire se limite actuellement à la libération de déchets solides. L'annexe IB du RGPRI [1] définit des niveaux génériques de libération exprimés en Bq/g et issus du document RP122 [2]. Ces niveaux sont basés sur deux critères qui doivent être remplis en toutes circonstances :

- la dose efficace pouvant être reçue par tout citoyen en raison de la libération ou l'usage autorisé provenant d'une pratique donnée est de l'ordre de 10 microsievert par an ou moins ;
- la dose efficace collective engagée par année suite à la libération ou l'usage autorisé provenant d'une pratique donnée n'est pas supérieure à environ 1 homme.sievert.

En complément, une dose maximale à la peau de 50 mSv/an est imposée pour éviter les effets déterministes.

En outre, un arrêté de l'AFCN du 30/04/2010 établit les directives concernant les procédures et les techniques de mesure [3] destinées à vérifier la conformité avec les niveaux de libération fixés à l'annexe IB de l'arrêté royal du 20 juillet 2001.

La réglementation belge ne fixe donc actuellement aucun niveau de libération pour une contamination de surface.

Les limites couramment utilisées pour la libération surfacique de bâtiments sont de 0,4 Bq/cm² pour β/γ et α de faible toxicité et de 0,04 Bq/cm² pour α . Ces valeurs ne sont pas spécifiques à un nucléide et trouvent leur origine dans la réglementation de transport ADR.

Pour les déchets, il est possible en vertu de l'article 18 du RGPRI de demander auprès de l'AFCN une autorisation de libération. Cette autorisation est délivrée pour permettre la libération de déchets d'une activité spécifique maximale (exprimée en Bq/g) supérieure aux niveaux génériques de libération mais toujours inférieure aux niveaux d'exemption (annexe IA du RGPRI).

Sur le plan européen, le document RP 113 [4] comporte des tableaux présentant pour chaque radionucléide des niveaux de libération surfacique dérivés à partir du scénario le plus pénalisant conduisant à une dose calculée de 10 μ Sv/an ou à une dose à la peau de 50 mSv/an.

La publication de la directive européenne 2013/59/EURATOM du 5 décembre 2013 relative aux normes de base [5] constitue un nouvel élément important de l'aspect de la libération de bâtiments. Cette directive doit être transposée dans la réglementation belge pour le 06/02/2018. Elle comporte les dispositions suivantes en matière de libération :

- L'activité spécifique à la libération est reprise de la publication de l'AIEA RS-G-1.7 [6] (au lieu du RP 122).
- Il est possible d'imposer des niveaux de libération spécifiques à chaque nucléide pour les déchets du démantèlement (par ex. pour une contamination de surface) comme le prévoit le RP113.

2. Champ d'application

Les scénarios utilisés pour définir les niveaux de libération par unité de surface ne s'appliquent pas dans des circonstances où il est question d'activation en hauteur et en profondeur, comme c'est typiquement le cas pour les accélérateurs de particules et le bouclier biologique d'un réacteur. Seul le paragraphe 4.2.3 de ce position paper peut être appliqué en conditions d'activation en hauteur et en profondeur.

Hormis ces conditions, la présente directive s'applique dès lors à tous les établissements nucléaires de classe I et IIA.

3. Méthodologie de libération

Une méthodologie de libération précise doit être établie par l'exploitant et approuvée par l'autorité de sûreté. Le but poursuivi est de respecter pendant toute la durée du démantèlement une approche claire et cohérente en ce qui concerne toutes les actions effectuées sur des bâtiments contaminés ou potentiellement contaminés.

La méthodologie décrit de manière structurée le plan d'approche qui permet de démontrer finalement que les bâtiments ne relèvent plus du contrôle de l'autorité de sûreté.

L'exploitant définit au préalable un ou plusieurs vecteur(s) nucléidique(s) représentatif(s). Ce ou ces vecteurs seront définis en tenant compte de toutes les activités qui ont autrefois eu lieu sur le site et doivent être approuvés par l'autorité de sûreté. Les radioisotopes naturels doivent uniquement être pris en compte si on les retrouve dans l'historique des processus d'exploitation. La règle de l'addition est d'application pour les isotopes définis dans le ou les vecteurs nucléidiques spécifiques.

L'exploitant peut se baser sur des documents déjà disponibles, comme MARSSIM [7], EURSSEM [8], DIN 25457-7 [9], ...

De manière globale, le processus de libération de bâtiments se compose des étapes suivantes :

- Etude historique du bâtiment
- Caractérisation radiologique
- Catégorisation et contamination potentielle
- Mesures de libération
- Documentation et dénucléarisation

Les différentes étapes sont développées ci-après.

3.1 Etude historique du bâtiment

L'objectif principal de l'étude historique du bâtiment est de recueillir tous les renseignements pertinent en rapport avec les bâtiments.

Cet objectif se décline en sous-objectifs :

- Recueillir les éventuelles informations relatives aux incidents du passé
- Identifier les éventuels lieux contaminés ou activés
- Obtenir les informations issues de précédentes caractérisations indépendantes
- Obtenir des informations utiles à la caractérisation radiologique

3.2 Caractérisation radiologique

Cet examen consiste en une caractérisation radiologique détaillée. Les principaux objectifs poursuivis sont les suivants :

- Déterminer l'impact radiologique potentiel du bâtiment ou de parties du bâtiment afin de limiter la dose pour le personnel.
- Définir le niveau et le type de contamination et d'activation du bâtiment
- Examiner si le vecteur nucléidique est d'application
- Choisir l'option de libération la plus opportune, à savoir la réutilisation ou la démolition

La contamination non fixée (qui peut être enlevée) présente sur les murs peut servir à déterminer la distribution et l'amplitude de la contamination de l'endroit. Cette contamination détachable sera d'abord déterminée dans les endroits où la contamination la plus élevée est attendue.

Sur base des niveaux de contamination non fixée les plus élevés, il est possible d'établir une « carte de contamination ». En voici un exemple :

Tableau 1 : Exemple d'une carte de contamination, qui peut varier selon les niveaux de contamination non fixée.

Classe	Couleur	Niveau de contamination (Bq/cm ²)
1	Bleu	$x < 0,4$
2	Vert	$0,4 \leq x < 4$
3	Jaune	$4 \leq x < 40$
4	Orange	$40 \leq x < 400$
5	Rouge	$400 \leq x$

Outre la contamination non fixée, il est également demandé à l'exploitant de déterminer l'activité fixée et sa distribution spatiale, cette activité étant provoquée soit par activation, soit par pénétration de la contamination. A cet effet, des échantillons peuvent notamment être prélevés et analysés en utilisant une technique de mesure qualifiée. Les endroits qui devraient être analysés sont ceux où :

- l'activation ne peut être exclue ;
- les murs ou plafonds sont recouverts d'une couche de peinture qui cache une possible contamination existante ;
- le risque de contamination liquide ne peut être exclu.

3.3 Catégorisation et contamination potentielle

L'exploitant peut classer les endroits/bâtiments à libérer en plusieurs catégories sur base des résultats de la caractérisation radiologique, de leur utilisation, de leur fonction et de leur historique. Par exemple :

Tableau 2 : Exemple de catégorisation

Catégorisation		Etat du bâtiment/des parties de bâtiment
Zone touchée	Catégorie 1	Contamination attendue supérieure au niveau de libération
	Catégorie 2	Contamination attendue inférieure ou égale au niveau de libération
	Catégorie 3	Très faible probabilité de contamination
Zone non touchée	/	Certitude de l'absence de contamination

En cas de contamination supérieure aux niveaux de libération, le bâtiment doit tout d'abord être décontaminé avant de poursuivre le processus de libération du ou des bâtiments.

3.4 Mesures de libération

Avant de pouvoir entamer les mesures de libération, un « schéma de mesurage » doit être établi. Celui-ci comporte plusieurs éléments importants :

- Les spécifications auxquelles doivent satisfaire les appareils de mesure, la mesure et le lieu/bâtiment à libérer ;
- Le ou les types de mesures qui seront utilisées pour démontrer que les niveaux de libération sont respectés et les appareils qui seront utilisés ;
- Le lien entre les données brutes (comptage/vitesse de comptage ou comptage/vitesse de comptage par domaine énergétique) et les données en unités souhaitées, ainsi que les incertitudes ;
- La méthode de détermination du bruit de fond
- Les niveaux de libération opérationnels des appareils de mesure pour le vecteur nucléidique donné et la preuve que les limites de détection sont inférieures à ces niveaux opérationnels pour l'activité estimée et sa distribution ;
- La méthode utilisée pour effectuer la mesure de vérification est définie en concertation avec l'autorité de sûreté en tenant compte des informations visées aux paragraphes 3.1, 3.2 et 3.3.

Une fois que tous ces éléments sont connus, la mesure de libération peut être effectuée. Elle consiste généralement en une série d'étapes :

- Vérifier si les propriétés du lieu/du bâtiment/des gravats qui doivent être libérés et les appareils de mesure utilisés respectent les spécifications visées dans le schéma de mesurage.
- Mettre à jour tous les paramètres pertinents, en particulier la date de la mesure, le niveau du bruit de fond, l'ID de l'appareil de mesure utilisé et du lieu/bâtiment/gravats à libérer.
- Effectuer la mesure selon les spécifications du schéma de mesurage

- Enregistrer les données brutes (cps, nombre total de comptages, spectre)
- Déduire, au besoin, l'impact des nucléides naturellement présents
- Corriger le bruit de fond (on obtient ainsi une « valeur corrigée »), y compris l'incertitude
- Analyser les données brutes et les convertir en unités souhaitées (Bq/g, Bq/cm² ou autres), en utilisant les facteurs de calibration et les vecteurs nucléidiques appropriés (d'autres facteurs peuvent également impacter l'analyse, tels que des facteurs géométriques).

3.5 Documentation et dénucléarisation

Après chaque décision positive au sujet d'une libération, les données et informations pertinentes doivent être conservées pour servir à l'établissement du dossier final au terme du démantèlement :

- L'ID des lieux
- L'option de libération : réutilisation, démolition, gravats (voir §4.2)
- Données chimiques et physiques
- Date des mesures
- Vecteur nucléidique
- Procédure de libération utilisée, y compris le schéma de mesurage, résultat de la mesure
- Eventuellement la destination des matériaux libérés (ex. gravats pour aménagement de la voirie)

A la fin du démantèlement, l'exploitant doit remettre un rapport final de démantèlement auprès de l'autorité de sûreté en vue de l'abrogation de l'autorisation de démantèlement et en vue du déclassement.

4. Niveaux génériques de libération de bâtiments

4.1 Mesures totales

L'exploitant peut décider d'appliquer les limites actuelles en matière de libération surfacique, soit 0,4 Bq/cm² pour β/γ et α de faible toxicité et 0,04 Bq/cm² pour α . Ces valeurs ne sont donc pas spécifiques à un nucléide et sont issues de la réglementation de transport ADR.

4.2 Mesures spécifiques aux nucléides

Les niveaux de libération suivants s'appliquent aux bâtiments, lieux, parties de bâtiments et structures où ont eu lieu des activités nucléaires relevant du contrôle de l'autorité de sûreté, ainsi qu'aux gravats provenant de la démolition de ces bâtiments, lieux, parties de bâtiment et structures de bâtiment.

Les radionucléides qui sont ici concernés ont une demi-vie de plus de 60 jours, à l'exception des gaz nobles, qui ne sont pas repris dans les tableaux ci-après. La liste des radionucléides n'est pas exhaustive et il est par conséquent possible qu'un radionucléide qui n'apparaît pas dans la liste entre en ligne de compte pour certaines décisions sur une

libération. Si tel est le cas, l'exploitant demandera, par le biais de son service de Contrôle physique, à l'autorité de sûreté de fixer une limite de libération.

Pour les bâtiments intacts avant le début du démantèlement, trois options différentes de libération peuvent être décrites :

- Libération de bâtiments destinés à une réutilisation ou à la démolition
- Libération de bâtiments exclusivement destinés à la démolition
- Libération de gravats

Les scénarios les plus pénalisants pour chaque nucléide mentionné dans les tableaux suivants sont décrits dans le détail au [10].

Trois séries de niveaux de libération correspondant à ces trois options ont été développées.

4.2.1 Libération de bâtiments destinés à une réutilisation ou à la démolition

Dans ce cas, l'exploitant décrit qu'un ou plusieurs bâtiments seront réutilisés après la fin du démantèlement. Ces bâtiments doivent être libérés avant de pouvoir être réutilisés dans une configuration non nucléaire ou être démolis. La réutilisation ou la démolition ne font pas l'objet d'un contrôle nucléaire.

Les niveaux de libération surfacique visés dans le tableau 3 s'appliquent à l'activité totale de la structure de la zone mesurée divisée par la surface de cette zone. L'activité totale est la somme de l'activité fixée et non fixée de cette zone, ainsi que de l'activité qui a pénétré dans la masse. Lorsque ce concept d'activité totale de la structure par unité surfacique est appliqué, il doit être tenu compte de la profondeur de pénétration. Généralement, cette profondeur de pénétration est définie en effectuant des mesures sur des échantillons prélevés à divers endroits du bâtiment. La contamination qui est répandue dans la profondeur, et qui peut varier selon le lieu, doit être rapportée par unité de surface lorsque les mesures de libération seront effectuées.

La surface maximale à considérer pour établir une moyenne ne dépassera en général pas 1 m².

Dans presque tous les cas, plus d'un radionucléide est concerné. La règle de l'addition est appliquée pour déterminer si une combinaison de radionucléides est inférieure au niveau de libération. Les nucléides de filiation à courte durée de vie n'entrent pas en ligne de compte. L'activité provenant des radionucléides naturels étrangers à toute activité nucléaire peut également être ignorée.

Tableau 3: Niveaux de libération par radionucléide en vue de la réutilisation ou la démolition d'un bâtiment, exprimés comme l'activité totale de la structure par unité surfacique. Les valeurs figurant dans ce tableau correspondent à la dernière colonne du tableau 1 dans le document RP113 [4].

Radionucléide	Niveau de libération arrondi (Bq/cm ²)
H3	10 000
C14	1000
Na22	1
S35	1000

Cl36	100
K40	10
Ca45	1000
Sc46	1
Mn53	10 000
Mn54	1
Fe55	10 000
Co56	1
Co57	10
Co58	10
Co60	1
Ni59	100 000
Ni63	10 000
Zn65	1
As73	1000
Se75	10
Sr85	10
Sr90	100
Y91	1000
Zr93	1000
Zr95	1
Nb93m	1000
Nb94	1
Mo93	100
Tc97	100
Tc97m	100
Tc99	100
Ru106	10
Ag108m	1
Ag110m	1
Cd109	100
Sn113	10
Sb124	1
Sb125	1
Te123m	10
Te127m	100
I125	100
I129	10
Cs134	1
Cs135	1000
Cs137	1
Ce139	10
Ce144	10
Pm147	1000
Sm151	10 000
Eu152	1
Eu154	1
Eu155	10
Gd153	10
Tb160	1
Tm170	1000
Tm171	1000
Ta182	1
W181	100
W185	1000
Os185	10
Ir192	10
Tl204	1000
Pb210	1

Bi207	1
Po210	10
Ra226	1
Ra228	1
Th228	0,1
Th229	0,1
Th230	1
Th232	0,1
Pa231	0,1*
U232	0,1
U233	1
U234	1
U235	1
U236	1
U238	1
Np237	1
Pu236	1
Pu238	1
Pu239	0,1
Pu240	0,1
Pu241	10
Pu242	1
Pu244	1
Am241	1
Am242m	1
Am243	1
Cm242	1
Cm243	1
Cm244	1
Cm245	0,1
Cm246	1
Cm247	1
Cm248	0,1
Bk249	100
Cf248	1
Cf249	0,1
Cf250	1
Cf251	0,1
Cf252	1
Cf254	1
Es254	1

*) si ce nucléide contribue à plus de 10% de la somme finale, sa valeur non arrondie doit être utilisée, soit 0,013 Bq/cm².

4.2.2 Libération de bâtiments exclusivement destinés à la démolition

Dans ce cas, un bâtiment est libéré quand l'exploitant a démontré que les niveaux de libération d'application sont respectés. Le bâtiment peut ensuite être démolé de manière conventionnelle. L'autorité de sûreté doit veiller à la démolition effective du bâtiment.

Les bâtiments démantelés sur un site nucléaire sont souvent démolis et les gravats qui en résultent sont soit réutilisés, soit évacués vers une décharge conventionnelle. Comme déjà mentionné, deux options sont possibles :

- La structure du bâtiment à démolir est d'abord libérée, après quoi la démolition peut avoir lieu sans autre considération radiologique ;

- Les gravats qui résultent de la démolition peuvent être libérés en utilisant des niveaux de libération massique (voir paragraphe 4.2.3).

Il convient de préciser qu'il n'est pas permis de démolir des bâtiments présentant un niveau élevé de contamination afin de ne pas mélanger la contamination (élevée) en surface avec les parties non contaminées du bâtiment et, partant, de pouvoir libérer les gravats sur base des niveaux de libération massique. Les surfaces de ces structures présentant une contamination accrue doivent tout d'abord être enlevées avant de pouvoir procéder au démantèlement et les gravats résiduels doivent être traités en tant que déchets radioactifs.

Les niveaux de libération surfacique mentionnés dans le tableau 4 s'appliquent à l'activité totale de la structure de la zone mesurée divisée par la surface de cette zone. L'activité totale est la somme de l'activité fixée et non fixée de cette zone, ainsi que de l'activité qui a pénétré dans la masse. La surface maximale à considérer pour établir une moyenne ne dépassera en général pas 1 m².

Dans presque tous les cas, plus d'un radionucléide est concerné. La règle de l'addition est appliquée pour déterminer si une combinaison de radionucléides est inférieure au niveau de libération. Les nucléides de filiation à courte durée de vie n'entrent pas en ligne de compte. L'activité provenant des radionucléides naturels étrangers à toute activité nucléaire peut également être ignorée.

Tableau 4: Niveaux de libération par radionucléide en vue de la démolition d'un bâtiment, exprimés comme l'activité totale de la structure par unité surfacique. Les valeurs figurant dans ce tableau correspondent à la dernière colonne du tableau 2 dans le document RP113.

Radionucléide	Niveau de libération arrondi (Bq/cm ²)
H3	10 000
C14	10 000
Na22	10
S35	100 000
Cl36	100
K40	10
Ca45	100 000
Sc46	10
Mn53	10 000
Mn54	10
Fe55	10 000
Co56	10
Co57	100
Co58	10
Co60	1
Ni59	100 000
Ni63	100 000
Zn65	10
As73	10 000
Se75	100
Sr85	100
Sr90	100
Y91	100 000
Zr93	1000
Zr95	10
Nb93m	100 000
Nb94	10

Mo93	1000
Tc97	1000
Tc97m	1000
Tc99	100
Ru106	100
Ag108m	10
Ag110m	10
Cd109	10 000
Sn113	100
Sb124	10
Sb125	10
Te123m	100
Te127m	10 000
I125	10 000
I129	10
Cs134	10
Cs135	10 000
Cs137	10
Ce139	100
Ce144	100
Pm147	10 000
Sm151	10 000
Eu152	10
Eu154	10
Eu155	100
Gd153	100
Tb160	10
Tm170	10 000
Tm171	100 000
Ta182	10
W181	1000
W185	1 000 000
Os185	10
Ir192	100
Tl204	1000
Pb210	1
Bi207	10
Po210	100
Ra226	1
Ra228	10
Th228	1
Th229	1
Th230	1
Th232	1
Pa231	0,1
U232	1
U233	10
U234	10
U235	10
U236	10
U238	10
Np237	10
Pu236	10
Pu238	1
Pu239	1
Pu240	1
Pu241	100
Pu242	1
Pu244	1

Am241	1
Am242m	1
Am243	1
Cm242	100
Cm243	10
Cm244	10
Cm245	1
Cm246	1
Cm247	1
Cm248	1
Bk249	1000
Cf248	10
Cf249	1
Cf250	10
Cf251	1
Cf252	10
Cf254	10
Es254	10

4.2.3 Libération de gravats de construction

Dans certains cas, il n'est pas possible de libérer des bâtiments en vue de leur démolition sur base de mesures de libération surfacique spécifiques. C'est par exemple le cas lorsque le bruit de fond est élevé ou que l'application de niveaux de libération surfacique est impossible (comme dans le cas d'activation). Dans ce cas, la couche surfacique doit être enlevée (par shaving, par découpage...) pour démontrer que l'activité de ces couches retirées ou des couches sous-jacentes est inférieure aux niveaux de libération. Le bâtiment peut alors être démolé dans le respect des aspects de radioprotection. Il peut alors être démontré que les gravats respectent les niveaux de libération massique.

Le RP 113 contient également des seuils (exprimés en Bq/g) pour la libération des gravats. Ces seuils ne correspondent toutefois pas complètement aux niveaux de l'annexe IB de l'actuel RGPRI, ni à ceux de la nouvelle directive européenne 2013/59/Euratom.

Pour conserver une cohérence entre les différents matériaux libérés, l'autorité de sûreté a décidé d'appliquer les niveaux de libération visés à l'annexe IB du RGPRI pour la libération des gravats. Il n'empêche que l'article 18 du RGPRI peut encore être invoqué. Une fois que la directive européenne 2013/59/Euratom aura été transposée dans la réglementation belge, certaines valeurs du RGPRI devront certainement être ajustées.

La masse maximale à considérer pour établir une moyenne est équivalente à 1000 kg.

5. Vérification indépendante de l'autorité de sûreté

Dans le cas de la libération de bâtiments, l'autorité de sûreté peut toujours effectuer des mesures de vérification indépendantes afin de s'assurer du respect de la méthodologie et des seuils de libération.

Références

- [1] Arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants (RGPRI).
- [2] RP 122, Practical use of the concepts of clearance and exemption – Part I: Guidance on general clearance levels for practices; recommendations of group of experts established under the terms of article 31 of the euratom treaty, Radiation Protection No. 122, Luxembourg, 2000.
- [3] Arrêté du 30 avril 2010 de l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire fixant les directives concernant les procédures et les techniques de mesure destinées à vérifier la conformité avec les niveaux de libération fixés à l'annexe IB du RGPRI.
- [4] European Commission, RP113, Recommended radiological protection criteria for the clearance of buildings and building rubble from the dismantling of nuclear installations, Recommendations of the group of experts set up under the terms of Article 31 of the Euratom Treaty, 2000.
- [5] Directive 2013/59/EURATOM du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.
- [6] RS-G-1.7, Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance, 2004, IAEA Safety Standards Series.
- [7] MARSSIM, Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual, NUREG-1575, Rev. 1, EPA 402-R-97-016, Rev. 1, DOE/EH-0624, Rev. 1.
- [8] Schulz R. and van Velzen L., Environmental radiation survey and site execution manual (EURSSEM), Arnhem and Greifswald, 2010
- [9] DIN, Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen, Teil 6: Bauschutt und Gebäude, DIN 25457-6, Oktober 2000.
- [10] RP 114, Deckert A., Thierfeldt S., Kugeler E., Neuhaus I., Definition of Clearance Levels for the Release of Radioactively Contaminated Building Rubble. Brenk Systemplanung, Aachen, Germany, Final Report Contract C1/ETU/970040, May 1999.