

Rapport no. 771402010

## **Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen**

Th.G. Aalbers en G.B. Derksen\*

okt. 1995

\*: TNO-Delft (tpd)

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht en ten laste van DGM directie Bodem.

**VERZENDLIJST**

1 -30	Directie Bodem, Directoraat-Generaal Milieubeheer
31-35	Directie Afvalstoffen, Directoraat-Generaal Milieubeheer
36	Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. ir. B.C.J. Zoeteman
37	Hoofddirectie v.d. Waterstaat
38	Ir. R.T. Eikelboom, DGM
39	Drs. K. Keuzenkamp, DGM
40	Drs. L.E. van Brederode, DGM
41	Mr. Y. Kingma, DGM
42	Ir. M. Bovenkerk, DGM
43	Ing J. Vogelzang, DGM
44	Drs. E.P.Th. Ruwiel, DGM
45	Drs. H. van der Laar, DGM
46	Drs. H. Walthaus, DGM
47	Mr. Ing. J.A. Koreman, DGM
48	Drs. J.A. Suurland, DGM
49	Mr. W.J.K. Brugman, DGM
50	Drs. C.J. van Kuijen, DGM
51	Mr. A.B. Holtkamp, DGM
52	Mr. Ing. B.A. Jocker, DGM
53	Drs. J.S. Raad, DGM
54	M. Janssens, DGM
55	Mr. drs. L.J.J. Gravesteijn, DGM
56	Mr. dr. J.A. Teekens, DGM
57	Mw. drs. J. de Jongh, RINH
58	Drs. P. van Weelden, Ministerie van Economische Zaken
59	Ir. B. de Jong, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, AKO
60	R.L. van der Klooster, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, AKO
61	Mr. A.H.H. van Gemert, V&W/RWS
62	Ir. A.R. van Bennekom, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, HID/DX
63	W.J. Bak, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Hoofdafdeling water (A)
64	Ing. G.J. Laan, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
65	Ir. J.A. Hernandez, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
66	Ir. J.T. van der Zwan, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
67	Ir. W.H. Janssen van de Laak, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
68	A. Oppenhuizen, Rijksinstituut voor Kust en Zee
69	Ing. T. Goeman, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
70	Ing. M.D.J. Oltheten, NVTB
71	Prof. dr. ir. C.H.F. Hendriks, Intron
72	Ing. N.M.M. Koeleman, prov. ZH

- 73 Ir. E. Beuving, CROW  
74 Dhr. Folkertsma, Unie van Waterschappen  
75 Drs. F.J.M. Lamers, Vliegasunie B.V.  
76 J.W. van den Berg, Vliegasunie B.V.  
77 Ir. C.W.J. Hooykaas, Pelt & Hooykaas  
78 Ir. M. van Kampen, Pelt & Hooykaas  
79 Ing. M. van der Poel, SEP  
80 Ing. J. van den Bremen, Hoechst  
81 Ing. P. van Diggele, SKH  
82 Drs. J.P.G. Born, Vereniging van Afvalverwerkers  
83 Drs. P.D. Rademakers, RCK  
84 Ing. P. Leenders, VNG  
85 Ir. P.J. Lokerse, Nedstaal  
86 Mr. drs. M. Uittenbosch, NEDACO/AVA  
87 J.N.J. Kos, B.V. ARGEX  
88 Ing. G.A.O. Teekman, Stichting INDAS  
89 Ir. H. Roos, VBW Asfalt  
90 Ing. D.W. Eerland, BRBS  
91 J.D. Koopmans, De Beijer  
92 A.J.J.M. Feiter, BUDELCO B.V.  
93 Ir. P.A. Lanser, VNC  
94 C.W. Rook jr., ROOK  
95 Ir. G.J.H. Vergeer, CUR  
96 G. van Egmond, Stichting Overflow  
97 H.J.A. Hagers, INTERCODAM  
98 Ir. G. de Boer, Stortplaats Boeldershoek  
99 Ing. J.A.H. van Aalten, AVIRA  
100 Ing. E.A. Colnot, NV Huisvuilcentrale N-H  
102 H. Leusink, GEVUDO  
102 H. Groen, ARN B.V.  
103 G. Tas, AVR  
104 J.B.W.G. Mentink, Winterswijkse steen- en kalkgroeve B.V.  
105 Ir. J. de Zeeuw, TAUW Infra Consult B.V.  
106 Dr. ir. J. Schreurs, INTRON  
107 Ir. R.B. Wiegiers, De Hazelaar Koningsbosch B.V.  
108 H.S. Wolf, provincie Groningen  
109 A. van de Akker, provincie Zuid-Holland  
110 J. Freens, provincie Limburg (zuid), bureau afvalstoffen  
111 S. van Lieshout, provincie Friesland  
112 R. Schoo, provincie Utrecht  
113 Ing. J.T.M. Ditters, provincie Noord-Brabant

- 114 Ing. T.R. Schiphof, provincie Gelderland  
 115 Drs. Ing. J.J. Klokman, provincie Noord-Holland, IPO  
 116 Ing. P. Rooymans, provincie Noord-Brabant  
 117 Chr. Zevenbergen, IWACO  
 118 B. Laethem, VITO, Mol, België  
 119 Ing. W. Kat, Hoogovens  
 120 Ing. R.J. Busink, Hoogovens  
 121 Dr. H. Tolkamp, Zuiveringsschap Limburg  
 122 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieugezondheid  
 123 Begeleidingscommissie Protocol grond  
 124 Ir. J.G. Robberse, DGM  
 125 Ing. Th.M. Maas, NV Servicecentrum Grondreiniging  
 126 Ir. P.R. Defize, TNO-TUD/CTS  
 127 Drs. P.S.H. Ouboter, IWACO BV  
 128 Dr. A. Honders, NV Servicecentrum Grondreiniging  
 129 Ir. P.J. Kroes, IWACO BV  
 130 Dr. G. Frapporti, IWACO BV  
 131 Ir. R. Ammerlaan, VNG/Gemeentewerken Rotterdam  
 132 Drs. K.J.I. Vossen, TAUW Milieu  
 133 W.J. de Graaf, ONRI/Oranjewoud  
 134 Ing. J.P. van den Elshout, KOAC Vught  
 135 Ir. A.P.M. Janssen, Prov. Limburg, Bureau Onderzoek, Afd. Handhaving  
 136 Ir. W.A.M. Kerkhof, NVPG/Heijmans Milieutechniek
- 137 Hoofd Voorlichting en Public Relations, RIVM  
 138-139 Ir. N.D. van Egmond, RIVM  
 140 Ir. F. Langeweg, RIVM  
 141 Drs. L.H.M. Kohsiek, RIVM  
 142-147 Ir. J.J. Kliest, RIVM  
 148-149 Dr. Ir. C.W. Versluijs, RIVM  
 150-151 Dr. Ir. F.A. Swartjes, RIVM  
 152 prof. dr. J. de Jong, RIZA-HID/DX  
 153 RIZA, Hoofdafdeling WS/AO  
 154 RIZA, Hoofdafdeling IO  
 155 RIZA, Hoofdafdeling RA  
 156 RIZA, Hoofdafdeling CX  
 157 F.P.J. Lamé, TNO-MW  
 158 Archief, LAE  
 159-160 Archief Bo, DGM  
 161 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie, RIVM  
 162-163 Bibliotheek RIVM

164-165	Bibliotheek RIZA
166-167	Bibliotheek RIZA, Arnhem
168-169	Bibliotheek RIZA, Dordrecht
170	Bibliotheek STOWA
171	Koninklijke Bibliotheek
172	The Library of Congress, Washington DC, USA
173	Bibliotheek Technische Universiteit Delft
174	Bibliotheek Landbouwniversiteit Wageningen
175	Bibliotheek VROM
176	Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
177	Uitgeverij Spectator
178-230	Reserve exemplaren, DGM
231-432	Reserve exemplaren, RIVM t.b.v. Bureau Rapportenbeheer
433-435	Auteurs

## INHOUDSOPGAVE

	Verzendlijst	ii
	Inhoudsopgave	vi
0	Summary	viii
	0.1 Rejection value	viii
	0.2 Starting points	ix
	0.3 Calculation of the rejection value	xi
	0.4 Costs, soil protection and re-use	xi
	0.5 Testing procedure	xii
	0.6 Conclusion	xiii
0	Samenvatting	xiv
	0.1 Afkeurwaarde	xiv
	0.2 Uitgangspunten	xv
	0.3 Berekening van de afkeurwaarde	xviii
	0.4 Kosten, bodembescherming en hergebruik	xviii
	0.5 Toetsingsprocedure	xx
	0.6 Tenslotte	xxi
1	Inleiding	1
2	Uitgangspunten voor het toetsingsprotocol	3
	2.1 Definities en begrippen	3
	2.2 Toetsingswaarde is de eis	4
	2.3 Afkeurwaarde en afkeurfactor	6
	2.4 Conclusies	7
3	Statistische onderbouwing van de afkeurwaarde/afkeurfactor van bouwmaterialen	
	3.1 Uitgangspunten voor de statistische onderbouwing en keuzen vooraf	9
	3.1.1 De keuze van de verdeling van de meetwaarden	10
	3.1.1.1 Lognormaal versus normaal	10
	3.1.1.2 Voordeel van mengmonsters	13
	3.1.1.3 Gewone lineaire schaal versus lognormale schaal	13
	3.1.2 Spreiding bekend versus spreiding onbekend	15
	3.2 Mathematisch statistische uitwerking	16
	3.3 Conclusies	18
4	Fouten-analyse en schatting	19
	4.1 De meetfout; $VC_{meet}$	19
	4.2 Spreiding in het bouw materiaal; $VC_{part}$	20
	4.3 Schatting van $VC_{tot}$ met behulp van $VC_{rivm}$	20
	4.4 Onderzoek van TNO naar $VC_{meet}$	24
	4.5 Systematische fouten	24
	4.6 Conclusies	24
5	Berekening van de afkeurcurve	25
	5.1 Grepen en monsters (n en c)	25
	5.2 $z_{1-\alpha}$ , producentenrisico 10% en de goedkeurkromme	26
	5.3. Berekening van de goedkeurkanen van een partij	28
	5.4 Voorbeeld van een afkeurcurve	30
	5.5 Afkeurfactor versus $VC_{meet}$ en $VC_{part}$	31
	5.6 Conclusies	35
6	De afkeurcurve in relatie tot bodembescherming	37
	6.1 Afkeurwaarde en emissie naar de bodem	37
	6.2 Conclusies	37

7	De afkeurwaarde en hergebruik	39
7.1	Toetsing van bouw materiaal uit BASIS aan een toetsingsprotocol $c=3$ , $n=4$ , $VC_{meet}=0.25$	40
7.1.1	Eerste berekening	40
7.1.2	Tweede berekening	42
7.2	Vergelijking met de set Van Ruiten/Branche document	49
7.6	Conclusie	52
8	Afkeurfactor en kosten	53
8.1	Conclusie	54
9	Voorstel toetsingsprocedure	55
10	Taakstelling voor overheid en bouwbedrijfsleven en produktcontrole	56
Bijlage 1	behorende bij de artikelen 1, eerste lid, onder h, en 6, tweede lid van het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming.	59
Bijlage 2	behorende bij de artikelen 1, eerste lid, onder j, k en l, 7, 9 en 22 van het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming.	66
Bijlage 3	Toelichting op de verdeling van meetwaarden	75
Bijlage 4	Toelichting op de som van een lognormale en normale verdeling; simulatiestudie	77
Bijlage 5	Gedetailleerde statistische formules	78
Bijlage 6	Monitoring van bouwmaterialen en onderzoek naar de spreiding	87
Bijlage 7	Variatiecoëfficiënten ( $VC_j$ ) per stof j van alle onderzochte bouwmaterialen tezamen	88
Bijlage 8	Relatie tussen de afkeurfactor en de spreiding in de partij ( $VC_{part}$ ) voor diverse c en n	90
Bijlage 9	Goedkeurkromme versus de "werkelijke" waarde in de partij voor diverse c en n alsmede $VC_{meet}$ .	92
Bijlage 10	Delen van de verslagen van het overleg bouwbedrijfsleven/VROM/V&W/RIVM over dit rapport	97
Bijlage 11	Marginale belasting in relatie tot de afkeurfactor per stof voor de uitloging van niet-vormgegeven bouwmaterialen.	114
Bijlage 12	Hoeveelheid bouwmaterialen (afzet) die bij de beoordeling van het hergebruik zijn betrokken (basis: Van Ruiten appendix, III figuur A en/of Branche document Bouw- en sloopafval).	116
Bijlage 13	Gecombineerde beoordeling voor bouwmaterialen op basis "max", "crit", "eigen-max" en "eigen-crit" alsmede de verwachting van de herbruikbaarheid van bouwmaterialen uit het RIVM/RIZA-rapport	117
Bijlage 14	Specificatie meetkosten volgens IWACO B.V.	121
	Literatuurlijst	122

## 0 Summary

In the Ministerial Regulation (MR) of the Administrative Order for Construction Materials Soil and Surface Waters Protection (BB), is described how construction materials must be tested, the so-called testing protocol. This testing protocol describes the manner in which a sample must be taken from a batch of construction material, how this sample must be prepared for analysis, which tests must be carried out, and how the analysis of the percolates, extracts and destruates must take place. Then, the measurement result must be translated per material into a calculated immission value with the use of conversion equations and keeping in mind one or more correction factors. These are then the immission values which must be compared to the immission standards of the Administrative Order for Construction Materials. It is known that in each step of coming to a measurement result, accidental and systematic errors are made.

A minor transgression of the testing value (T) therefore, does not mean for the applier, the user or the enforcer that transgression can be made proved with a certain probability.

### 0.1 Rejection value

The ministries of VROM and V&W want a unified, statistically argued rejection value for which it is valid that above this rejection value (AW), it is determined with a certain confidence that the sample to be evaluated exceeds the testing value (T). If during an enforcement check, a measurement value is found to be above this rejection value, the sample is rejected and may not be applied. The term rejection value plays an important role in this report. The rejection value ( $AW_i$ ) for parameter i is equal to the average measurement result ( $\bar{x}$ ) of parameter i which just escapes rejection with a certain probability. The quotient of rejection value and testing value is the rejection factor (AF) in this report. The rejection factor is a multiplication factor for the testing value. During an enforcement check, the following comparison must therefore be made for material i:

$$\bar{x}_i \leq AW_i = T_i * AF \quad (1)$$

This report describes:

1. The mathematical, statistical argumentation of the testing of batches for the enforce-



- ment check (chapter 3),
2. an estimation of the total variance of the batch as a result of the specific variance of the batch (heterogeneous) and the measurement error (chapter 4),
  3. Calculation of the rejection value (chapter 5),
  4. The effect of the choices on the acceptance chance and on the height of the rejection value (chapter 5),
  5. The effect of the testing method on:
    - the protection of the soil (chapter 6)
    - the re-usability of construction materials (chapter 7)
    - the costs of the testing (chapter 8)
  6. Proposal for a testing procedure (chapter 9).

## 0.2 Starting points

Average value: the choice is made for a testing of the average value against a testing value of a characteristic (leaching behaviour, for example) of a batch to be researched. Procedurally, this means that one or more samples, composed of one or more increments, is measured. The measurement results of the various samples is averaged. The mathematical average (indicated by  $\bar{x}$ ) is regarded as an estimation of the "actual" value of the batch (indicated by  $\mu$ ). The "actual" value must be below the testing value and  $\bar{x}$  must be below the rejection value (AW). If  $\bar{x}$  is above the rejection value, it is indicated with a certain confidence (90%, for example) that the samples originate from a batch which has an "actual" value higher than the testing value.

From this follows that this rejection value (AW) is above the actual testing value (T). Above this rejection value, the batch is rejected at the enforcement for the application in a certain category. The height of the rejection value is determined among other things by the material specific characteristics of the batch ( $VC_{part}$ ) and the measurement error ( $VC_{mect}$ ). At the moment, both of these have been limitedly characterized. The testing protocol of the MR will therefore have to take into account the fact that as both are better characterized (and reduced), the rejection value is adapted by changing the MR into the direction of the testing value.

Log normal distribution: In the statistical argumentation for the testing of construction materials against the testing value, a log normal distribution will be accepted for the distribution of the characteristic in the batch, and a normal distribution for the measurement error.

VC<sub>part</sub> and VC<sub>meet</sub>: Since it is not realistic from a cost point of view to determine for each batch by way of measurements the measurement error and the dispersion in the batch, a testing strategy has been developed which assumes known values for VC<sub>meet</sub> and VC<sub>part</sub>. In this report, both values are estimated, and then assumed as being known. The choice has been made, therefore, to give knowledge beforehand. This results in a testing protocol with less increments and samples in order to achieve the same result. At the moment, there is still limited insight into the measurement error (VC<sub>meet</sub>) and the own dispersion of a batch of construction material (VC<sub>part</sub>). The first step is the estimation of the "sum" of VC<sub>meet</sub> and VC<sub>part</sub>. In equation 2, a relationship is made between VC<sub>part</sub> and VC<sub>meet</sub> with VC<sub>tot</sub>.

$$VC_{tot} = \sqrt{VC_{part}^2 + VC_{meet}^2} \quad (2)$$

In the meeting between VROM/V&W and the construction industry, it is agreed that, as long as more detailed knowledge is lacking, the "sum" of VC<sub>meet</sub> and VC<sub>part</sub> are determined per testing method with the help of leaching and composition data in the RIVM data base BASIS. The total dispersion concluded from this is called VC<sub>rivm</sub> in this report. For the leaching of non-prefabricated construction materials and the composition (organic materials), VC<sub>rivm</sub> = 0.65, and for the leaching of prefabricated materials, VC<sub>rivm</sub> = 0.45.

From an indicative research by TNO, it can be concluded that, besides the data in the RIVM data base, there is still little known about this matter<sup>1</sup>. The data which is available are, however, not in disagreement with the values mentioned. A measurement error of VC<sub>meet</sub> = 0.25 also seems reasonable. Over time, as more data becomes available from the monitoring research and the certification of construction materials, both of these values can be determined per material and per product, and for example be included in construction material specific CUR and CROW documents. In the future, it would then be possible to calculate with these values. For now, however, in this testing protocol VC<sub>tot</sub> = VC<sub>rivm</sub>.

---

<sup>1</sup> In this report, no research is done as to a VC<sub>part</sub> anorganic composition. This is not relevant for construction materials, except for clean soil. The testing of clean soil is not a part of this report. VC<sub>part</sub> is also not developed for the leaching of organic materials. The development of a leaching test for organic materials is still in progress.

Producer risk 10%: In the meeting between VROM/V&W and the construction industry, it is agreed that the testing protocol will be developed on the basis of a 10% producer's risk.

### 0.3 Calculation of the rejection value

The rejection factor (AF) and with this the rejection value (AW) are calculated with equation 3.

$$AW = AF * T = T * e^{1.282 * VC_{part} * \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{VC_{meet}^2}{VC_{part}^2}}} \quad (3)$$

In which T is the testing value from the Administrative Order for Construction Materials. Because of the choices made, the rejection factor is no longer dependent on the material, but it is dependent on the testing method (column test, diffusion test, or composition), the total number of increments (n) and the number of samples measured (c).

### 0.4 Costs, soil protection and re-use

Costs: In view of the parameters: the number of increments (n) and the number of samples (c), choices must be made. Taking more than 3 samples existing of more than 4 increments per sample, is less effective in view of the costs. It is suggested to prescribe the minimum of 3 samples of 4 increments in the enforcement protocol. Taking more samples and/or more increments is allowed, the rejection factor is then lower. For the last-mentioned situation, an equation is included in the testing protocol. The measurement costs for the testing protocol developed are approximately f.4000,- per 2000 tons of construction material.

Burdening of the soil: In order to restrict the effect of unjust acceptance of construction materials on the burdening of the soil, the rejection factor must be as small as possible. A lowering is made possible by prescribing more samples and/or increments in the testing protocol. In this way, the chance of unjust acceptance is also limited to a maximum. A batch with an "actual" value at the level of the testing value has an acceptance chance of 90%. At the level of twice the testing value, the chance of unjust acceptance is zero within the proposed testing protocol.

Re-usability: Finally, with the data available in the RIVM data base BASIS, the influence

of the testing protocol on the re-usability of construction materials was researched. These calculations are carried out for the so-called "Van Ruiten/Branch document" set, among others. This set of construction materials is also used in the RIVM/RIZA report in which the standard setting of the Administrative Order for Construction Materials is described (see table 1).

Table 1. Expected use in Kton of construction materials in 1990 assuming the "Van Ruiten/Branch Document" set and the calculated use according to the testing protocol and standard setting of the Administrative Order for Construction Materials for  $VC_{meet} = 25\%$ .

Division according to Van Ruiten	Division according to classes							
1990 expected use in Kton	total evaluated use	cat.1.	uncertain cat. 1. or cat. 2.	uncertain cat. 1. or dumping	cat.2.	uncertain cat.1. or cat. 2. or dumping	No dumping: "special category" or applicable in other ways	dumping
Construction material type								
N1/V1: expected	7246	6482			764	0	0	0
95% confidence	7246	3406	1709	856	20	1255	0	0
calculated in this study	7246	6401			836		0	8
N2/V2 expected	4083	3020			351	0	582	131
95% confidence	4083	1208	1448	249	0	632	470	77
calculated in this study	4083	2788			575		367	353
remaining expected	100	61			39	0	0	0
95% confidence	100	47	27	0	20	6	0	0
calculated in this study	100	100			0		0	0
Total expected	11429	9563			1154	0	582	131
95% confidence	11429	4661	3184	1105	40	1892	470	77
calculated in this study	11429	9289			1412		367	361

The re-use agrees well with the expected re-use in the RIVM/RIZA report. The re-use will probably be higher for many construction materials because of the "worst case" approach.

## 0.5 Testing procedure

A first initiative for a testing procedure is as follows:

- delimit a batch of 2000 tons of construction material or the entire batch if this is smaller than 2000 tons.
- take at least 12 a-select increments from this batch according to NEN 7300.
- join these increments a-select to at least  $c=3$  mix samples of at least  $m=4$  increments

each (each sample the same number of increments).

- measure the sample characteristics to be tested per material according to the NEN 73xx series.
- calculate per material (i) the average ( $\bar{x}_i$ ) of the measurement results of the three or more mix samples.
- reject the sample if  $\bar{x}_i > \text{rejection factor} * \text{testing value for material } i (T_i)$ .

Read off the rejection factor in table 2 and the testing value in appendix 1 of the Administrative Order for Construction Materials in case of 3 or 4 mix samples of 4-20 increments each.

Note: for other values of c and m, the rejection value can be calculated with equation 4:

$$\bar{x}_i \leq AW_i = T_i * AF = T_i * e^{1.282 * VC_{part} * \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{VC_{meet}^2}{VC_{part}^2}}} \quad (4)$$

in which n=c\*m.

Table 2. Rejection factors (AF) for various c and n for  $VC_{meet}=0.25$ .

category	$VC_{rivm}$	$VC_{part}$	$VC_{meet}$	number of takings per sample				
				4	8	12	16	20
3 samples								
non-prefabricated: leaching and composition (organic)	0.65	0.60	0.25	1.34	1.27	1.25	1.24	1.23
prefabricated: leaching	0.45	0.38	0.25	1.26	1.23	1.22	1.22	1.22
4 samples								
non-prefabricated: leaching and composition (organic)	0.65	0.60	0.25	1.28	1.23	1.22	1.21	1.20
prefabricated: leaching	0.45	0.38	0.25	1.22	1.20	1.19	1.19	1.18

### 0.6 Conclusion

In order to enforce law, reliable regulations are necessary. These regulations must contain information about the repeatability and reproducibility of the method described (validation). The chance that the soil is burdened more than marginally by construction materials is not completely excluded, but can also not be proven. It is desirable, therefore, to

continue the process of validation and the research of the lowering of the error sources. It is possible, that over time it can be determined that certain construction materials systematically exceed the testing value. This would impede the application of these construction materials. Change in the re-usability of these construction materials, if technical adaptations in the production process are not possible, demands a policy choice in which re-use and soil protection must be compared with each other, resulting in a possible adaptation of the testing value in the Administrative Order (or MR). It is, however, not possible to remove hindrances through adaptation of the testing procedure.

## 0 Samenvatting

In de ministeriële regeling (MR) bij het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming (BB) wordt beschreven hoe bouwmaterialen dienen te worden getoetst; het zo genaamde toetsingsprotocol. In dit toetsingsprotocol wordt beschreven op welke wijze een monster uit een partij bouw materiaal moet worden genomen, hoe dit monster voor analyse moet worden klaargemaakt, welke beproevingen moeten worden uitgevoerd en hoe de analyse, van bijvoorbeeld de percolaten, extracten en destruat, moet plaatsvinden. Vervolgens moet het verkregen meetresultaat per stof met behulp van omrekeningsformules en rekeninghoudend met één of meer correctiefactoren worden vertaald in een berekende immissie-waarde. Het zijn deze immissie-waarden die naast de immissie-normen van het Bouwstoffenbesluit moeten worden gelegd. Het is bekend dat in elke stap, om te komen tot een meetresultaat, toevallige en systematische fouten worden gemaakt. Een geringe overschrijding van de toetsingswaarde (T) betekent daarom voor de toepasser, gebruiker of handhaver niet direct dat die overschrijding met een zekere waarschijnlijkheid hard kan worden gemaakt.

### 0.1 Afkeurwaarde

De ministeries van VROM en V&W willen een eenduidige, statistisch onderbouwde afkeurwaarde waarvoor geldt dat boven deze afkeurwaarde (AW) met een zekere betrouwbaarheid vaststaat dat de te keuren partij de toetsingswaarde overschrijdt. Als bij een handhavingcontrole een meetresultaat wordt gevonden boven deze afkeurwaarde wordt de partij afgekeurd en mag deze niet worden toegepast. Het begrip afkeurwaarde (AW) speelt een belangrijke rol in dit rapport. De afkeurwaarde ( $AW_i$ ) voor parameter i is gelijk aan het gemiddelde meetresultaat ( $\bar{x}$ ) van parameter i dat nog net niet met een zekere waarschijnlijkheid wordt afgekeurd. Het quotiënt van afkeurwaarde en toetsingswaarde wordt in dit rapport de afkeurfactor (AF) genoemd. De afkeurfactor is een vermenigvuldigingsfactor voor de toetsingswaarde. Bij een handhavingcontrole moet dus voor stof i aan de volgende vergelijking worden voldaan:

$$\bar{x}_i \leq AW_i = T_i * AF \quad (1)$$

Dit rapport beschrijft:

1. De mathematisch statistische onderbouwing van de toetsing van partijen voor de handhavingscontrole (hoofdstuk 3),
2. Een inschatting van de totale variantie van de partij ten gevolge van de specifieke variantie van de partij (heterogeniteit) en de meetfout (hoofdstuk 4).
3. Berekening van de afkeurwaarde (hoofdstuk 5).
4. Het effect van de gemaakte keuzes op de kans op goedkeuring en op de hoogte van de afkeurwaarde (hoofdstuk 5).
5. Het effect van de wijze van toetsing op:
  - De bescherming van de bodem (hoofdstuk 6).
  - De herbruikbaarheid van bouwmaterialen (hoofdstuk 7).
  - De kosten van de toetsing (hoofdstuk 8)
6. Voorstel voor een toetsingsprocedure (hoofdstuk 9).

## 0.2 Uitgangspunten

Gemiddelde waarde: Gekozen is voor een toetsing van de gemiddelde waarde van een eigenschap (bijvoorbeeld uitlooggedrag) van een te onderzoeken partij aan de toetsingswaarde. Procedureel betekent dit dat één of meer monsters, samengesteld uit één of meer grepen, worden gemeten. De meetresultaten van de verschillende monsters worden gemiddeld. Het rekenkundig gemiddelde (aangeduid met  $\bar{x}$ ) wordt beschouwd als een schatting van de "werkelijke" waarde van de partij (aangeduid met  $\mu$ ). De "werkelijke" waarde moet onder de toetsingswaarde liggen en  $\bar{x}$  onder de afkeurwaarde (AW).

Als  $\bar{x}$  boven de afkeurwaarde ligt, is met een zekere betrouwbaarheid (bijvoorbeeld 90%) aangetoond dat de monsters afkomstig zijn uit een partij met een "werkelijke" waarde die boven de toetsingswaarde ligt.

Uit het bovenstaande volgt dat deze afkeurwaarde (AW) boven de feitelijke toetsingswaarde (T) ligt. Boven deze afkeurwaarde wordt de partij bij handhaving afgekeurd voor de toepassing in een bepaalde categorie. De hoogte van de afkeurwaarde wordt onder andere bepaald door de materiaal specifieke eigenschappen van de partij ( $VC_{part}$ ) en de meetfout ( $VC_{meet}$ ). Beide zijn momenteel nog maar in beperkte mate in kaart gebracht. Het toet-



singsprotocol van de MR zal dus rekening moeten houden met het feit dat naarmate beide beter in kaart worden gebracht (en worden verkleind), de afkeurwaarde wordt aangepast door wijziging van de MR in de richting van de toetsingswaarde.

Lognormale verdeling: Bij de statistische onderbouwing van de toetsing van bouwmaterialen aan de toetsingswaarde zal voor de verdeling van de eigenschap in de partij een lognormale verdeling en voor de meetfout een normale verdeling worden aangenomen.

VC<sub>part</sub> en VC<sub>meet</sub>: Omdat het uit kosten overweging niet realistisch is voor elke partijkeuring de meetfout en de spreiding in de partij door middel van metingen vast te stellen, is een toetsingsstrategie uitgewerkt die uitgaat van bekende waarden voor VC<sub>meet</sub> en VC<sub>part</sub>. In dit rapport worden beide waarden geschat en daarna als bekend verondersteld. Er is dus gekozen voor het inbrengen van kennis vooraf. Dit resulteert in een toetsingsprotocol met minder grepen en monsters om hetzelfde te bereiken. Momenteel is er nog maar een beperkt inzicht in de meetfout (VC<sub>meet</sub>) en de eigen spreiding van een partij bouw materiaal (VC<sub>part</sub>). De eerste stap is het schatten van de "som" van VC<sub>meet</sub> en VC<sub>part</sub>. In formule 2 wordt een relatie gelegd tussen VC<sub>part</sub> en VC<sub>meet</sub> met VC<sub>tot</sub>.

$$VC_{tot} = \sqrt{VC_{part}^2 + VC_{meet}^2} \quad (2)$$

In het overleg tussen VROM/V&W en het bouwbedrijfsleven is afgesproken dat, zolang meer gedetailleerde kennis ontbreekt, de "som" van VC<sub>meet</sub> en VC<sub>part</sub> per beproevingsmethode vast te stellen met behulp van de uitloog- en samenstellingsgegevens in de RIVM-database BASIS. De daar uit afgeleide totaal spreiding wordt in dit rapport VC<sub>rivm</sub> genoemd. Voor de uitlooging van niet-vormgegeven bouwmaterialen en de samenstelling (organische stoffen) is VC<sub>rivm</sub> = 0.65 en voor de uitlooging van vormgegeven bouwmaterialen is VC<sub>rivm</sub> = 0.45.

Uit een indicatief onderzoek door TNO kan worden geconcludeerd dat er, naast de gegevens in de RIVM-database, nog weinig bekend is over deze materie<sup>2</sup>. De wel beschikbare gegevens zijn echter niet in tegenspraak met de genoemde waarden. Een

---

<sup>2</sup> In dit rapport geen onderzoek gedaan naar een VC<sub>part</sub> anorganische samenstelling. Deze is, behalve voor schone grond, niet relevant voor bouwmaterialen. De toetsing van schone grond is geen onderdeel van dit rapport. Evenmin is een VC<sub>part</sub> voor de uitlooging van organische stoffen ontwikkeld. De ontwikkeling van een uitloogtest voor organische stoffen is momenteel nog in ontwikkeling.

meetfout  $VC_{meet}=0.25$  lijkt eveneens redelijk. Op termijn, als meer gegevens beschikbaar komen uit het monitoringsonderzoek en de certificatie van bouwmaterialen, kunnen deze beide grootheden eventueel per stof en produkt worden vastgesteld en bijvoorbeeld worden opgenomen in bouw materiaal specifieke CUR en CROW documenten. Er zou dan in de toekomst met deze waarden kunnen worden gerekend. Vooral nog is in dit toetsingsprotocol  $VC_{tot} = VC_{rivm}$ .

Producentenrisico 10%: In het overleg tussen VROM/V&W en bouwbedrijfsleven is afgesproken dat het toetsingsprotocol zal worden ontwikkeld op basis van een producenten-risico van 10%.

### 0.3 Berekening van de afkeurwaarde

De afkeurfactor (AF) en daarmee de afkeurwaarde (AW) wordt berekend met formule 3.

$$AW = AF * T = T * e^{1.282 * VC_{part} * \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{VC_{meet}^2}{VC_{part}^2}}} \quad (3)$$

Waarin T de toetsingswaarde uit het Bouwstoffenbesluit is. Door de gemaakte keuzes is de afkeurfactor niet meer stof afhankelijk, maar wel afhankelijk van de beproevingsmethode (kolomproef, diffusieproef of samenstelling), het totaal aantal grepen (n) en het aantal gemeten monsters (c).

### 0.4 Kosten, bodembescherming en hergebruik

Kosten: Ten aanzien van de parameters: het aantal grepen (n) en aantal monsters (c) moeten keuzes worden gemaakt. Het nemen van meer dan 3 monsters bestaande uit meer dan 4 grepen per monster uit het oogpunt van kosten minder effectief. Voorgesteld wordt in het handhavingsprotocol het minimum van 3 monsters van 4 grepen voor te schrijven. Meer monsters en/of meer grepen nemen mag, de afkeurfactor is dan lager. Voor laatst genoemde situatie wordt een formule in het toetsingsprotocol opgenomen. De meetkosten bedragen voor het ontwikkelde toetsingsprotocol (3 monsters van 4 grepen) circa f 4000,- per 2000 ton bouw materiaal.

Belasting van de bodem: Om het effect van onterechte goedkeuring van bouwmaterialen op de belasting van de bodem zo veel mogelijk te beperken, moet de afkeurfactor zo klein

mogelijk zijn. Verlaging is onder andere mogelijk door meer monsters en/of grepen voor te schrijven in het toetsingsprotocol. Hiermee is ook de kans op onterechte goedkeuring beperkt tot een maximum. Een partij met een "werkelijke" waarde op het niveau van de toetsingswaarde heeft een goedkeurkans van 90%. Op het niveau van tweemaal de toetsingswaarde is de kans op onterechte goedkeuring, binnen het voorgestelde toetsingsprotocol, nihil.

Herbruikbaarheid: Tenslotte is onderzocht met de beschikbare data in de RIVM-database BASIS de invloed van het toetsingsprotocol op de herbruikbaarheid van bouwmaterialen berekend. Deze berekeningen zijn onder andere uitgevoerd voor de zogenaamde set "Van Ruiten/Branche dokument". Deze set van bouwmaterialen is ook gebruikt in het RIVM/RIZA-rapport waarin de normstelling van het Bouwstoffenbesluit wordt beschreven (zie tabel 1).

Tabel 1 Verwachte inzet in Kton van bouwmaterialen in 1990 uitgaande van de set "Van Ruiten/branche dokument" en de berekende inzet volgens het toetsingsprotocol en normstelling van het Bouwstoffenbesluit voor  $VC_{meet}=25\%$ .

Indeling volgens Van Ruiten	Indeling in klassen							
	totaal beoordeelde inzet	cat.1.	onzeker cat. 1. of cat. 2.	onzeker cat. 1. of storten	cat.2.	onzeker cat.1. of cat. 2. of storten	Niet storten: "Bijzondere categorie" of op andere wijze toepasbaar	storten
<b>1990 verwachte afzet in Kton</b>								
Type bouw materiaal								
N1/V1: verwacht	7246	6482			764	0	0	0
95% betrouwbaarheid	7246	3406	1709	856	20	1255	0	0
berekend in deze studie	7246	6401			836		0	8
N2/V2 verwacht	4083	3020			351	0	582	131
95% betrouwbaarheid	4083	1208	1448	249	0	632	470	77
berekend in deze studie	4083	2788			575		367	353
rest verwacht	100	61			39	0	0	0
95% betrouwbaarheid	100	47	27	0	20	6	0	0
berekend in deze studie	100	100			0		0	0
Totaal verwacht	11429	9563			1154	0	582	131
95% betrouwbaarheid	11429	4661	3184	1105	40	1892	470	77
berekend in deze studie	11429	9289			1412		367	361

Het hergebruik komt goed overeen met het verwachte hergebruik in het RIVM/RIZA-rapport. Het hergebruik zal door de "worst case" benadering voor veel bouwmaterialen waarschijnlijk hoger uitvallen.

## 0.5 Toetsingsprocedure

Een eerste aanzet tot een toetsingsprocedure ziet er als volgt uit:

- baken een partij af van 2000 ton bouw materiaal of de gehele partij als deze kleiner is dan 2000 ton.
- neem tenminste 12 aselechte grepen uit deze partij volgens NEN 7300.
- voeg deze grepen aselekt samen tot tenminste  $c=3$  mengmonsters van tenminste  $m=4$  grepen elk (elk monster hetzelfde aantal grepen).
- meet de te toetsen eigenschappen van de monsters per stof volgens de NEN 73xx-serie.
- bereken per stof (i) het gemiddelde ( $\bar{x}_i$ ) van de meetresultaten van de drie of meer mengmonsters.
- keur de partij af als  $\bar{x}_i > \text{afkeurfactor} * \text{toetsingswaarde voor stof } i (T_i)$ .

Lees de afkeurfactor af in tabel 2 en de toetsingswaarde in bijlage 1 van het Bouwstoffenbesluit voor het geval van 3 of 4 mengmonsters van elk 4-20 grepen.

NB. voor andere waarden van  $c$  en  $m$  kan de afkeurwaarde worden berekend met formule 4

$$\bar{x}_i \leq AW_i = T_i * AF = T_i * e^{1.282 * VC_{Part} * \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{VC_{meet}^2}{VC_{part}^2}}} \quad (4)$$

hierin is  $n = c * m$

Tabel 2 Afkeurfactoren (AF) voor voor diverse c en n voor  $VC_{meet}=0.25$ .

categorie	$VC_{rivm}$	$VC_{part}$	$VC_{meet}$	aantal grepen per monster				
				4	8	12	16	20
				3 monsters				
Niet-vormgegeven: uitloging en samenstelling (organisch)	0.65	0.60	0.25	1.34	1.27	1.25	1.24	1.23
vormgegeven: uitloging	0.45	0.38	0.25	1.26	1.23	1.22	1.22	1.22
				4 monsters				
Niet-vormgegeven: uitloging en samenstelling (organisch)	0.65	0.60	0.25	1.28	1.23	1.22	1.21	1.20
vormgegeven: uitloging	0.45	0.38	0.25	1.22	1.20	1.19	1.19	1.18

## 0.6 Tenslotte

Om regelgeving te kunnen handhaven zijn betrouwbare voorschriften noodzakelijk. Deze voorschriften dienen informatie te bevatten over de herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van de beschreven methode (validatie). De kans dat de bodem door bouwmaterialen meer dan marginaal wordt belast, is niet geheel uitgesloten maar ook niet te bewijzen. Het is derhalve gewenst het proces van validatie en onderzoek naar verlaging van de foutenbronnen met voortvarendheid voort te zetten. Het zou kunnen, dat op termijn kan worden vastgesteld dat bepaalde bouwmaterialen de toetsingswaarde systematisch overschrijden. Dit zou de toepassing van deze bouwmaterialen belemmeren. Verandering in de herbruikbaarheid van deze bouwmaterialen, als technische aanpassingen in het productieproces niet mogelijk zijn, vereist een beleidsmatige keuze waarin hergebruik en bodembescherming tegen elkaar moeten worden afgewogen, met als resultaat een mogelijke aanpassing van de toetsingswaarde in de AmvB (of MR). Het is echter niet mogelijk belemmeringen weg te nemen door een aanpassing van de toetsingsprocedure.

## 1 Inleiding

In de ministeriële regeling (MR) bij het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming (BB)<sup>[1]</sup> wordt onder andere beschreven hoe bouwmaterialen dienen te worden getoetst; het zo genaamde toetsingsprotocol. In dit toetsingsprotocol wordt beschreven op welke wijze een monster uit een partij bouw materiaal moet worden genomen, hoe dit monster voor analyse moet worden klaargemaakt, welke beproevingen moeten worden uitgevoerd en hoe de analyse, van bijvoorbeeld de percolaten, extracten en destruatens, moet plaatsvinden. Vervolgens moet het verkregen meetresultaat per stof met behulp van omrekeningsformules en rekeninghoudend met één of meer correctiefactoren worden vertaald in een berekende immissie-waarde. Het zijn deze immissie-waarden die naast de immissie-normen van het Bouwstoffenbesluit (bijlage 1 en 2) moeten worden gelegd. Het is bekend dat in elke stap, om te komen tot een meetresultaat<sup>3</sup>, toevallige en systematische fouten worden gemaakt.

In het Bouwstoffenbesluit en de MR worden aan bouwmaterialen ook andere eisen gesteld, ook aan deze eisen moet worden getoetst. Als een meetresultaat onder de toetsingswaarde (norm of eis) ligt, is toepassing van de partij toegestaan. Een kleine overschrijding van de toetsingswaarde kan echter, door de spreiding in het meetresultaat, zonder uitgebreid onderzoek door de toepasser, gebruiker of handhaver niet met een grote waarschijnlijkheid worden aangetoond. Om de toetsingswaarde ligt dus een grijze zone waarbinnen het niet mogelijk is om met grote zekerheid uitspraken te doen. Naarmate de spreiding (fout) in het meetresultaat kan worden verkleind, wordt deze zone smaller.

Een partij voldoet aan de toetsingswaarde als de "werkelijke" waarde van een te keuren partij kleiner of gelijk is aan de toetsingswaarde. De ministeries van VROM en V&W willen een eenduidige, statistisch onderbouwde afkeurwaarde waarvoor geldt dat boven deze afkeurwaarde met een zekere betrouwbaarheid vaststaat dat de te keuren partij de toetsingswaarde overschrijdt. Uit het bovenstaande volgt dat deze afkeurwaarde boven de feitelijke toetsingswaarde ligt. Als bij een handhavingscontrole een meetresultaat wordt gevonden boven deze afkeurwaarde wordt de partij afgekeurd en mag deze niet worden toegepast. N.B. afkeurwaarde, toetsingswaarde en "werkelijke" waarde van een partij zijn onderscheiden begrippen en worden later in dit rapport toegelicht.

---

<sup>3</sup> Als er meerdere (meng)monsters uit een partij bouw materiaal zijn genomen en de milieuhygiënische eigenschappen ervan zijn gemeten, wordt het meetresultaat verkregen door het rekenkundig gemiddelde van de metingen aan de afzonderlijke (meng)monsters.

Dit rapport beschrijft:

1. De mathematisch statistische onderbouwing van de toetsing van partijen voor de handhavingscontrole (hoofdstuk 3),
2. Een schatting van de totale variantie van de partij ten gevolge van de specifieke variantie van de partij (heterogeniteit) en de meetfout (hoofdstuk 4).
3. Berekening van de afkeurwaarde. Voor de toepasser, gebruiker en handhaver wordt hiermee duidelijk bij welk gemeten niveau een partij bouw materiaal met een zekere waarschijnlijkheid de toetsingswaarde van het Bouwstoffenbesluit overschrijdt<sup>4</sup> (hoofdstuk 5).
4. Het effect van de gemaakte keuzes, bijvoorbeeld het aantal monsters en grepen op de kans op goedkeuring en op de hoogte van de afkeurwaarde (hoofdstuk 5).
5. Het effect van de wijze van toetsing op:
  - De bescherming van de bodem in termen van marginale bodembelasting en de kans op onterechte goedkeuring (hoofdstuk 6).
  - De herbruikbaarheid van bouwmaterialen in termen van kwantitatieve inzet en de kans op onterechte afkeuring (hoofdstuk 7).
  - De kosten van de toetsing (hoofdstuk 8)
6. Voorstel voor een toetsingsprocedure, rekeninghoudend met de bescherming van de bodem, hergebruik en kosten (hoofdstuk 9).

---

<sup>4</sup> De formules zijn in principe ook bruikbaar voor de producent om te berekenen welke kwaliteit bouwmaterialen dienen te hebben of te wel welke productie-waarde bij de productie-controle moet worden gehanteerd om met een zekere waarschijnlijkheid altijd te worden goedgekeurd.

## 2 Uitgangspunten voor het toetsingsprotocol

### 2.1 Definities en begrippen

variatiecoëfficiënt (VC)	= de standaardafwijking van een stochastische grootte, gedeeld door de verwachting van die grootte ( $\sigma/\mu$ ).
stochastische grootte	= een grootte die een kansverdeling bezit.
gemiddelde ( $\bar{x}$ )	= het rekenkundig gemiddelde van een aantal door een grootte aangenomen waarden, in dit rapport op de lineaire schaal (bijvoorbeeld meetresultaten van een steekproef).
standaardafwijking van de steekproef (s)	= standaardafwijking berekend uit meetresultaten van de steekproef.
spread	= kwalitatief begrip dat onder andere begrippen als inhomogeniteit, standaardafwijking, etc. dekt.
variantie	= de verwachting van het kwadraat van de gecentreerde stochastische grootte (bijvoorbeeld $\sigma^2$ ).
variatiecoëfficiënt in de steekproef	= de standaardafwijking van het rekenkundig gemiddelde, gedeeld door het gemiddelde ( $s/\bar{x}$ ).
variantie van de steekproef	= kwadraat van de standaardafwijking van de steekproef ( $s^2$ ).
verwachting	= de waarde tot welke het gemiddelde meetresultaat nadert bij toenemend aantal meetresultaten.
$VC_{tot}$	= variatiecoëfficiënt gedefinieerd als de wortel uit de som van de kwadraten van de variatiecoëfficiënten ten gevolge van de spreiding eigen aan het bouw materiaal ( $VC_{part}$ ) en de meetfout ( $VC_{meet}$ ).
$VC_{part}$	= variatiecoëfficiënt, eigen aan een partij bouw materiaal (inhomogeniteit), behorende bij een bepaald productieproces.
$VC_{mon}$	= variatiecoëfficiënt van de monsterneming.
$VC_{voorb}$	= variatiecoëfficiënt van de monstervoorbehandeling.
$VC_{bep}$	= variatiecoëfficiënt van de beproevingsmethode (uitloogtest, ontsluiting, etc.).
$VC_{anal}$	= variatiecoëfficiënt van de fysisch/chemische analyse.
$VC_{rivm}$	= variatiecoëfficiënt (van de steekproef) afgeleid uit de RIVM-database BASIS.
$VC_{prod}$	= variatiecoëfficiënt, behorende bij verschillende productieprocessen van hetzelfde bouw materiaal.
$VC_{meet}$	= variatiecoëfficiënt van de meting aan een bouw materiaal; van monsterneming tot en met de analyse. Dit is de wortel uit de som van de kwadraten van de varianties van $VC_{mon}$ , $VC_{voorb}$ , $VC_{bep}$ en $VC_{anal}$ .
$s_{meet}$	= meetfout.
afkeurwaarde (AW)	= waarde waarboven bij een handhavingscontrole een partij bouw materiaal wordt afgekeurd voor de toepassing als bouw materiaal in een bepaalde categorie.
afkeurfactor (AF)	= vermenigvuldigingsfactor voor de toetsingswaarde die in dit rapport wordt berekend en waarvoor geldt: afkeurwaarde = afkeurfactor * toetsingswaarde
afkeurcurve	= grafiek van de afkeurfactor of afkeurwaarde versus de variatiecoëfficiënt van de partij ( $VC_{part}$ ).



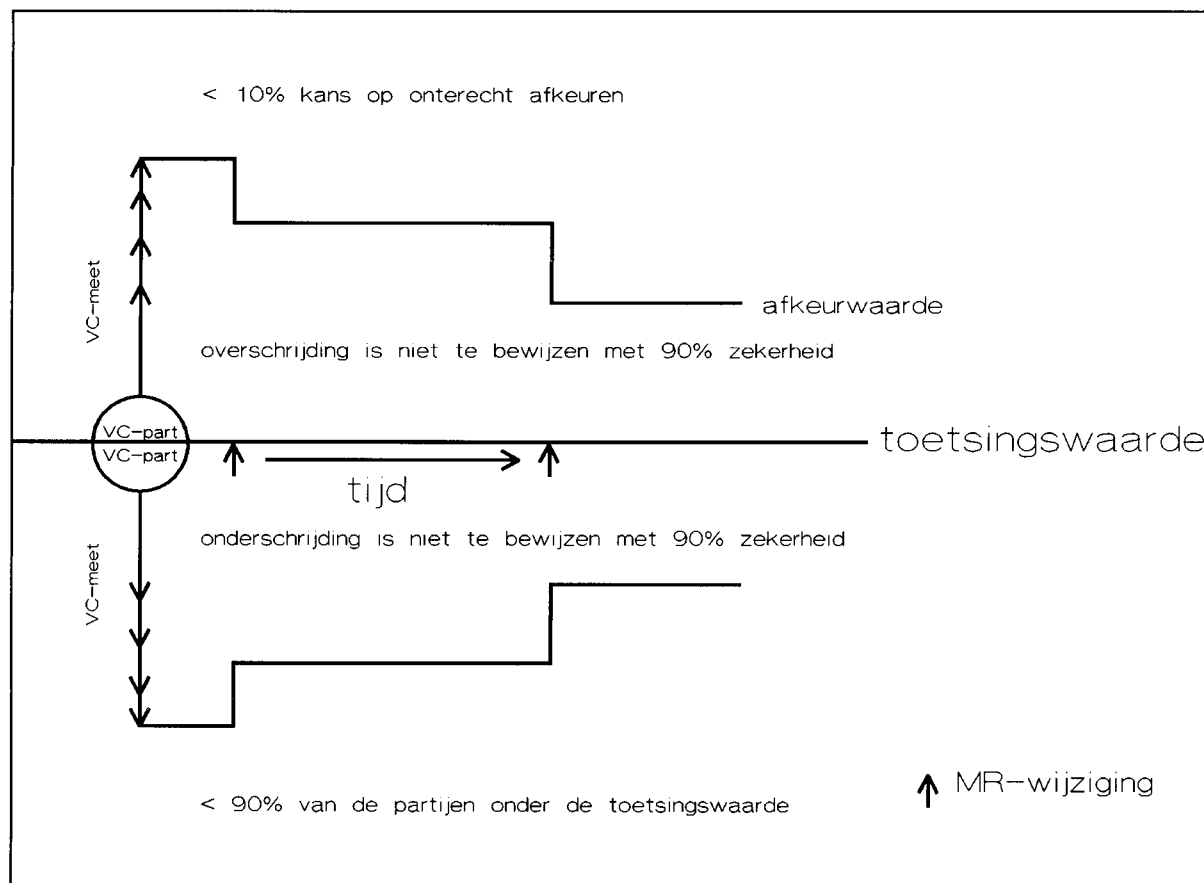
goedkeurkromme	= geeft de kans op goedkeuring van een partij afhankelijk van de kwaliteit (bijvoorbeeld de "werkelijke" waarde) van de partij.
normwaarde	= eisen die door het Bouwstoffenbesluit aan het toepassen van bouwmaterialen worden gesteld (bijlage 1 en 2).
"werkelijke" waarde( $\mu$ )	= meetresultaat van een parameter als de gehele partij zonder meetfout wordt gemeten. In dit rapport synoniem met de verwachting.
toetsingswaarde (T)	= normwaarden en eisen voor een parameter die door het Bouwstoffenbesluit en bijbehorende MR aan het toepassen van bouwmaterialen worden gesteld.
produktie-waarde	= eis waaraan een produkt, gemeten volgens een interne bedrijfsprocedure, bij een productie-controle moet voldoen.
meetresultaat	= resultaat van een fysisch/chemisch onderzoek aan een bouw materiaal volgens het handhavingsprotocol inhoudende alle stappen van monstername tot en met de meting van een eigenschap.
meten	= het vaststellen van een eigenschap van een partij volgens de regels van het toetsingsprotocol.
stof	= anorganische stof of verbinding of organische verbinding.
(meng)monster	= monster samengesteld uit één of meer grepen. Elk (meng)monster wordt afzonderlijk gemeten.
c	= aantal (meng)monsters, a-select samengesteld uit één of meer grepen.
m	= aantal a-selecte grepen per (meng)monster.
n	= totaal aantal grepen dat op a-selecte wijze uit een partij is genomen volgens NEN73xx; $n=c*m$ .

Deze definities komen overeen met de definities in het TNO-rapport [<sup>2,3</sup>]

## 2.2 Toetsingswaarde is de eis

Als een bouw materiaal door de toepasser, gebruiker of handhaver wordt getoetst op de door de producent opgegeven specificaties, is een bouw materiaal alleen toepasbaar in een bepaalde categorie als de gespecificeerde eigenschap onder de toetsingswaarde (T) is gelegen. Dit is een harde eis in de AmvB. Door de producent kan dit worden aangetoond met een certificaat of meting aan het bouw materiaal door middel van partijkeuring. Indien bij een handhavingscontrole de gemeten waarde van de partij bouw materiaal hoger is dan de toetsingswaarde, is het, door de fout in de meting, echter nog maar de vraag of er sprake is van een werkelijke of schijnbare overschrijding van de toetsingswaarde; voor een onderschrijding geldt overigens hetzelfde.

Een producent zal bij het produceren zo veel mogelijk rekening proberen te houden met de product specifieke spreiding en deze zo laag mogelijk willen houden. Indien de producent deze spreiding zou kennen en zou kunnen beïnvloeden, zou de producent zover onder de toetsingswaarde moeten produceren of zulke partijen op de markt moeten brengen dat overschrijding van de toetsingswaarde ten gevolge van de materiaalspreiding (heterogeniteit) met een geringe waarschijnlijkheid optreedt.



**Afbeelding 1** Relatie tussen afkeurwaarden en toetsingswaarde en aanpassing van de afkeurwaarde in de toekomst. De kans op afkeuring is 10% op het niveau van de toetsingswaarde.

Een geringe overschrijding van de toetsingswaarde betekent echter voor de toepasser, gebruiker of handhaver niet direct dat die overschrijding met een zekere waarschijnlijkheid hard kan worden gemaakt. Om de toetsingswaarde ligt dus een grijze zone. Naarmate de fout in het meetresultaat kan worden verkleind, wordt deze zone smaller. In afbeelding 1 is dit schematisch weergegeven.

De ministeries van VROM en V&W willen een eenduidige, statistisch onderbouwde afkeurwaarde (AW), zodanig gedefinieerd ten opzichte van de toetsingswaarde, dat bij overschrijding van de afkeurwaarde met een bepaalde betrouwbaarheid (bijvoorbeeld 90%) vaststaat dat de partij de toetsingswaarde overschrijdt en de overschrijding niet het gevolg is van de meetfout en de produkt specifieke spreiding (inhomogeniteit) van de partij.

Voorgesteld wordt de gemiddelde waarde van een eigenschap (bijvoorbeeld uitlooggedrag) van een te onderzoeken partij te toetsen aan de toetsingswaarde. Procedureel betekent dit dat één of meer monsters, samengesteld uit één of meer grepen, worden gemeten. De meetresultaten van de verschillende monsters worden gemiddeld. Het rekenkundig

gemiddelde (aangeduid met  $\bar{x}$ ) wordt beschouwd als een schatting van de "werkelijke" waarde van de partij (aangeduid met  $\mu$ ). De "werkelijke" waarde moet onder de toetsingswaarde liggen en  $\bar{x}$  onder de afkeurwaarde. Als  $\bar{x}$  boven de afkeurwaarde ligt, is met een zekere betrouwbaarheid (bijvoorbeeld 90%) aangetoond dat de monsters afkomstig zijn uit een partij met een "werkelijke" waarde die boven de toetsingswaarde ligt. Uit het bovenstaande volgt dat deze afkeurwaarde (AW) boven de feitelijke toetsingswaarde (T) ligt. Boven deze afkeurwaarde wordt de partij bij handhaving afgekeurd voor de toepassing in een bepaalde categorie. De hoogte van de afkeurwaarde wordt onder andere bepaald door de materiaal specifieke eigenschappen van de partij ( $VC_{part}$ ) en de meetfout ( $VC_{meet}$ ). Beide zijn momenteel nog maar in beperkte mate in kaart gebracht. Het toetsingsprotocol van de MR zal dus rekening moeten houden met het feit dat naarmate beide beter in kaart worden gebracht (en worden verkleind), de afkeurwaarde wordt aangepast door wijziging van de MR in de richting van de toetsingswaarde (zie afbeelding 1). Voorts dient bij  $VC_{part}$  te worden opgemerkt dat deze spreiding alleen door de producent kan worden verkleind voor zover dit mogelijk is binnen het productieproces en toegepaste grondstoffen.

### 2.3 Afkeurwaarde en afkeurfactor

In hoofdstuk 2.2 is het begrip afkeurwaarde (AW) geïntroduceerd. De afkeurwaarde speelt een centrale rol in dit rapport. Het is dus belangrijk dit begrip vooraf nauwkeurig toe te lichten.

De "werkelijke" waarde ( $\mu$ ) van een parameter in een partij bouw materiaal wordt geschat door uit deze partij  $c$  monsters te trekken en te meten. In hoofdstuk 2.2 is gesteld dat wordt getoetst op basis van het gemiddeld. Het rekenkundig gemiddelde ( $\bar{x}$ ) van de meetresultaten  $x_1 \dots x_c$  zal in het toetsingsprotocol voor het Bouwstoffenbesluit als schatting dienen van de "werkelijke" waarde. Als men meerdere series monsters trekt uit een partij en meet, zullen de gemiddelden in de regel van elkaar verschillen. Dus ook  $\bar{x}$  vertoont een zekere spreiding, waarmee bij het berekenen van de afkeurwaarde

rekening wordt gehouden. Als het gemiddelde meetresultaat ( $\bar{x}_i$ ) van parameter  $i$  van een partij bouw materiaal, verkregen volgens het handhavingprotocol<sup>5</sup> van de MR behorende bij het Bouwstoffenbesluit, groter is dan de afkeurwaarde van parameter  $i$  ( $AW_i$ ) zal bij handhaving tot afkeuring van de partij worden besloten, dus:

$$\text{afkeuring: } \bar{x}_i > AW_i \quad (1)$$

In dat geval is dus met een zekere waarschijnlijkheid aangetoond dat het verkregen gemiddelde meetresultaat ( $\bar{x}_i$ ) verkregen is uit een partij waarvan de "werkelijke" waarde ( $\mu_i$ ) van parameter  $i$  groter is dan de toetsingswaarde ( $T_i$ ). De eis aan de partij is dus:

$$\text{eis: } \mu_i \leq T_i \quad (2)$$

De afkeurwaarde ( $AW_i$ ) voor parameter  $i$  is dus gelijk aan het gemiddelde meetresultaat ( $\bar{x}_i$ ) van parameter  $i$  dat nog net niet met een zekere waarschijnlijkheid wordt afgekeurd.

Door te delen door  $T_i$  worden deze formules algemener (voor elke parameter) geldig. In dit rapport wordt het quotient van  $AW_i$  en  $T_i$  de afkeurfactor (AF) genoemd. AF is een vermenigvuldigingsfactor voor de toetsingswaarde ( $T_i$ ). Op het niveau van de toetsingswaarde geldt dus:

$$\frac{\mu_i}{T_i} = 1$$

$$\frac{\bar{x}_i}{T_i} = \frac{AW_i}{T_i} = AF \quad (3)$$

In dit rapport worden de indices meestal weggelaten, hetgeen niet wegneemt dat per stof moet worden getoetst.

## 2.4 Conclusies

Uitgangspunt voor het toetsingsprotocol dat in dit rapport wordt beschreven is dat de "werkelijke" waarde van een te onderzoeken partij bouw materiaal kleiner dan of gelijk aan

---

<sup>5</sup> In dit protocol zijn monsternemingsvoorschriften, monstervoorbehandelingsvoorschriften, etc. beschreven.

de toetsingswaarde moet zijn. Op verzoek van de ministeries van VROM en V&W wordt in dit rapport een eenduidige, statistisch onderbouwde afkeurwaarde en toetsingsprocedure ontwikkeld. Voor de afkeurwaarde moet gelden dat als deze door het gemiddelde meetresultaat van één of meer monsters, bestaande uit één of meer grepen, wordt overschreden met een zekere betrouwbaarheid vaststaat dat de toetsingswaarde wordt overschreden en de gemeten overschrijding niet het gevolg is van de meetfout of materiaal specifieke spreiding. Boven de afkeurwaarde is de partij niet toepasbaar als bouw materiaal in de categorie waarop het onderzoek is gericht.

### 3 Statistische onderbouwing van de afkeurwaarde/afkeurfactor van bouwmaterialen

#### 3.1 Uitgangspunten voor de statistische onderbouwing en keuzen vooraf

Een te toetsen partij bouw materiaal kan men zich voorstellen als een grote verzameling van "kleine deelpartijen" (verder aan te duiden als grepen) waarvan men er één of meerdere meet. Deze grepen zijn van een zodanige omvang dat de schaal waarop heterogeniteit in de partij tot uiting komt in verschillen tussen de grepen overeenkomt met de schaal waarop deze heterogeniteit relevant wordt geacht. Eventuele heterogeniteit binnen een greep is dus vanuit het oogpunt van de beoordeling niet relevant en wordt door middel van monstervoorbehandeling zodanig gereduceerd dat de gemiddelde concentratie in het analysemonster (waarmee de proef of bepaling wordt uitgevoerd) overeenkomt met de gemiddelde concentratie in het oorspronkelijke greep. Elk homogeen greep heeft zijn eigen specifieke waarde. Al deze specifieke waarden tezamen vormen de zuivere materiaal-spreiding ( $\sigma_{\text{part}}$ ). De materiaalspreiding kan door middel van verschillende statistische verdelingen worden gemodelleerd. De materiaalspreiding is afhankelijk van het productieproces en de toegepaste grondstoffen.

Door VROM en V&W is gesteld dat de "werkelijke" waarde ( $\mu$ ) van een partij (de waarde die wordt verkregen als de gehele partij zonder meetfout zou worden geanalyseerd) kleiner of gelijk moet zijn dan de toetsingswaarde (T). Dit betekent dat als een bepaalde eigenschap van een partij (bijvoorbeeld de uitloging) deels boven de toetsingswaarde ligt, dit moet worden gecompenseerd door het deel dat er onder ligt. In statistische termen is dit als volgt uit gewerkt: een percentiepunt geeft aan hoeveel procent van de meetresultaten van een partij een meetresultaat heeft lager dan dit punt. Bij de normale verdeling is dit vrij eenvoudig omdat de overgang van een percentieltoets naar een toets op het gemiddelde vrij natuurlijk is. Immers bij een symmetrische verdeling (zoals de normale verdeling) komt het 50-percentiepunt overeen met het gemiddelde. Bij de lognormale verdeling is deze overgang veel lastiger. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat indien bij de lognormale verdeling p% van de waarnemingen onder x ligt, dat bij de daarbij behorende normale verdeling p% onder  $y = \ln(x)$  ligt.

Bij een lognormale verdeling valt het gemiddelde (op de gewone lineaire schaal) niet samen met het 50-percentiepunt maar ligt rechts daarvan.

TNO heeft een aantal bemonsteringsstrategieën statistisch uitgewerkt [4]. Hierin is onderscheid gemaakt naar:

statistische verdeling	:	normaal/lognormaal	(Bijlage E.2.1 [4])
spreiding in de partij	:	bekend/onbekend	(Bijlagen E.2.2 en E.2.3 [4])
meetfout	:	geen/wel	(Bijlagen E.2.2 en E.2.3 [4])

De uitwerking en de keuzen komen in navolgende paragrafen aan de orde.

### 3.1.1 De keuze van de verdeling van de meetwaarden

#### 3.1.1.1 Lognormaal versus normaal

De meetresultaten van een partij (bouw)materialen kunnen worden beschreven door middel van een statistische verdeling. Een dergelijke verdeling geeft de kans aan op een bepaald meetresultaat. Deze verdeling kan dus worden gebruikt om de kwaliteit van een bouw materiaal weer te geven. Veelal wordt de normale of de lognormale verdeling gehanteerd. Bij de keuze van deze verdelingen spelen de volgende overwegingen een rol:

normale verdeling:

- De eigenschappen van deze verdeling zijn goed bekend.
- De berekeningen zijn eenvoudig.
- In het algemeen kan worden gesteld dat wanneer alleen maar meetfouten optreden de verdeling van meetfouten normaal is (centrale limiet stelling); mits de meting geschiedt aan vergelijkbare monsters.

lognormale verdeling:

- De meetresultaten zijn veelal laag, veelal zelfs onder de bepalingsgrens maar hoge waarden komen ook voor.
- De meetresultaten zijn altijd groter of gelijk aan nul. Met behulp van een lognormale verdeling kan met deze verschijnselen rekening worden gehouden omdat de lognormale verdeling een scheve verdeling is met 0 als ondergrens voor de meetresultaten.
- De berekeningen zijn relatief eenvoudig, door de logtransformatie toe te passen worden de waarden normaal verdeeld en van de normale verdeling zijn de eigenschappen goed bekend.
- Er bestaat een eenvoudige relatie tussen de verwachtingswaarde van het gemiddelde<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Het gemiddelde  $\bar{x}$  is een schatter voor de verwachting  $\mu$  van het gemiddelde en het kwadraat van de spreiding of standaarddeviatie ( $s^2$ ) is een schatter voor de variantie  $\sigma^2$ .

( $\mu$ ) en variantie ( $\sigma^2$ ) van de verdeling op de gewone lineaire schaal en de verwachtingswaarde voor het gemiddelde ( $\xi$ ) en variantie ( $\phi^2$ ) van de verdeling op de logschaal.

- Bij statistische onderzoeksmethoden wordt veelal verondersteld dat er sprake is van normale verdelingen met verschillende gemiddelden maar met gelijke spreidingen. Indien deze veronderstellingen op logschaal gelden dan komt dit overeen met de aanname dat er sprake is van lognormale verdelingen met verschillende  $\mu$ 's maar met gelijke variatiecoëfficiënten ( $\sigma/\mu$ ).
- Bepaalde combinaties van  $\xi$ ,  $\phi$  geven een verdeling die overgaat in een normale verdeling (zie Deel 3, [4]).

De relatie tussen de lognormale en normale is eenvoudig zichtbaar te maken door middel van de afbeeldingen van de (cumulatieve) verdelingen (zie bijlage 3 voor toelichting).

Scheve verdelingen kunnen op verschillende wijzen optreden en ook op verschillende wijzen in formules worden gevangen. Voor zover bekend is er geen (theoretische) onderbouwing voor het gebruik van een bepaalde verdeling; de keuze is van zuiver pragmatische aard. In plaats van een lognormale verdeling, die in dit rapport is gekozen, had ook een andere scheve verdeling kunnen worden gekozen met 0 als vaste ondergrens. Voor zover bekend is er nooit onderzoek gedaan naar de beste statistische verdeling voor het beschrijven van een partij (bouw materiaal). De voornaamste reden zijn:

- Verschillen tussen de verdelingen zijn klein. Een histogram kan met verschillende verdelingen met bijna vergelijkbare precisie worden beschreven.
- Wil men onderscheid maken tussen de verdelingen dan heeft men veel, voor dit doel, verzamelde meetresultaten nodig. Een positief bewijs voor een bepaalde verdeling is vaak moeilijk te geven.

Ter illustratie van de aard van de statistische verdeling kan ook het volgende voorbeeld dienen. Stel de partij bestaat uit korreltjes die al dan niet gecontamineerd zijn met een stof terwijl de contaminatie in clusters voorkomt.

- Zou het monster uit de gehele partij bestaan dan is bij afwezigheid van een meetfout maar één uitkomst mogelijk.
- Zou men twee monsters, elk bestaande uit de helft van de partij, maken en meten dan krijgt men twee verschillende meetresultaten omdat over het algemeen de twee helften niet volledig identiek zullen zijn. Deze meetresultaten lijken echter veel op elkaar omdat doorgaans de helften niet veel van elkaar zullen verschillen.



- Zou men de partij in meer delen opdelen en elk deel komt overeen met een monster en men meet de monsters zonder meetfout, dan verkrijgt men het beeld dat de meetresultaten van elkaar verschillend zijn maar nog veel op elkaar lijken, vermoedelijk zal de normale verdeling een goede beschrijving van de meetresultaten geven.
- Zou men de partij in nog meer delen opdelen waarbij weer elk deel overeenkomt met een monster en men meet al deze monsters, dan treedt er meer spreiding op in de meetresultaten. Er zullen veel monsters zijn waarin weinig gecontamineerde korrels aanwezig zijn terwijl in enkele monsters veel gecontamineerde korrels aanwezig zijn. In een dergelijke situatie wordt een verdeling gevonden die globaal overeenkomt met een lognormale verdeling.
- Zou men de partij opdelen in stukjes die de omvang hebben van 1 korrel en zou men deze allemaal meten dan zijn er twee meetresultaten mogelijk, namelijk wel of niet gecontamineerd en de meetresultaten kunnen met de binomiale verdeling worden beschreven.

De conclusie uit bovenstaande is dat bij bouwmaterialen de schaalgrootte waarop de partij wordt beschouwd van belang is voor de verdeling die kan worden gebruikt voor de beschrijving van de eigenschappen van de partij. Voor bouwmaterialen geldt waarschijnlijk de situatie dat er veel monsters zullen zijn waarin weinig gecontamineerde korrels aanwezig zijn terwijl in enkele monsters veel gecontamineerde korrels aanwezig zijn. Gezien het voorgaande lijkt het aannemelijk dat de verdeling van de meetresultaten bestaat uit twee componenten:

- 1) Een component die een beschrijving geeft voor de verdeling van eigenschappen van monsters afkomstig uit de partij. Indien de kwaliteit van de partij vooral wordt bepaald door de kwaliteit van de aangeleverde grondstoffen lijkt het niet onredelijk om te veronderstellen dat de partij door middel van een scheve verdeling moet worden beschreven.
- 2) Een component die een beschrijving geeft van de meetfout in de meest algemene zin van het woord. Vooralsnog lijkt het aannemelijk dat hiervoor de normale verdeling kan worden gebruikt, hetgeen ook de normale laboratoriumpraktijk is. Een uitzondering hierop is wellicht de situatie waarbij de stoffen in extreem lage concentraties in de bouwmaterialen voorkomen. Een lognormale verdeling is dan misschien meer op zijn plaats. Rond de toetsingswaarde is dit voor de meeste stoffen niet het geval, met uitzondering van een aantal toetsingswaarden voor grond.

Het is niet bekend wat de verdeling van de som van een lognormale en een normale verdeling is. Inzicht kan wel worden verkregen door middel van simulaties (zie bijlage 4). Uit deze simulaties blijkt dat beide cumulatieve verdelingen een grote gelijkenis vertonen zodat de indruk ontstaat dat de som ook lognormaal is verdeeld. Problemen ontstaan echter bij waarden dicht bij nul. Vanuit het theoretische model is het mogelijk dat negatieve waarden voorkomen. In werkelijkheid zal dit echter niet mogelijk zijn.

Op basis van voorgaande overwegingen is er in dit rapport gekozen de te ontwikkelen toetsingsprocedure te baseren op de lognormale verdeling.

### 3.1.1.2 Voordeel van mengmonsters

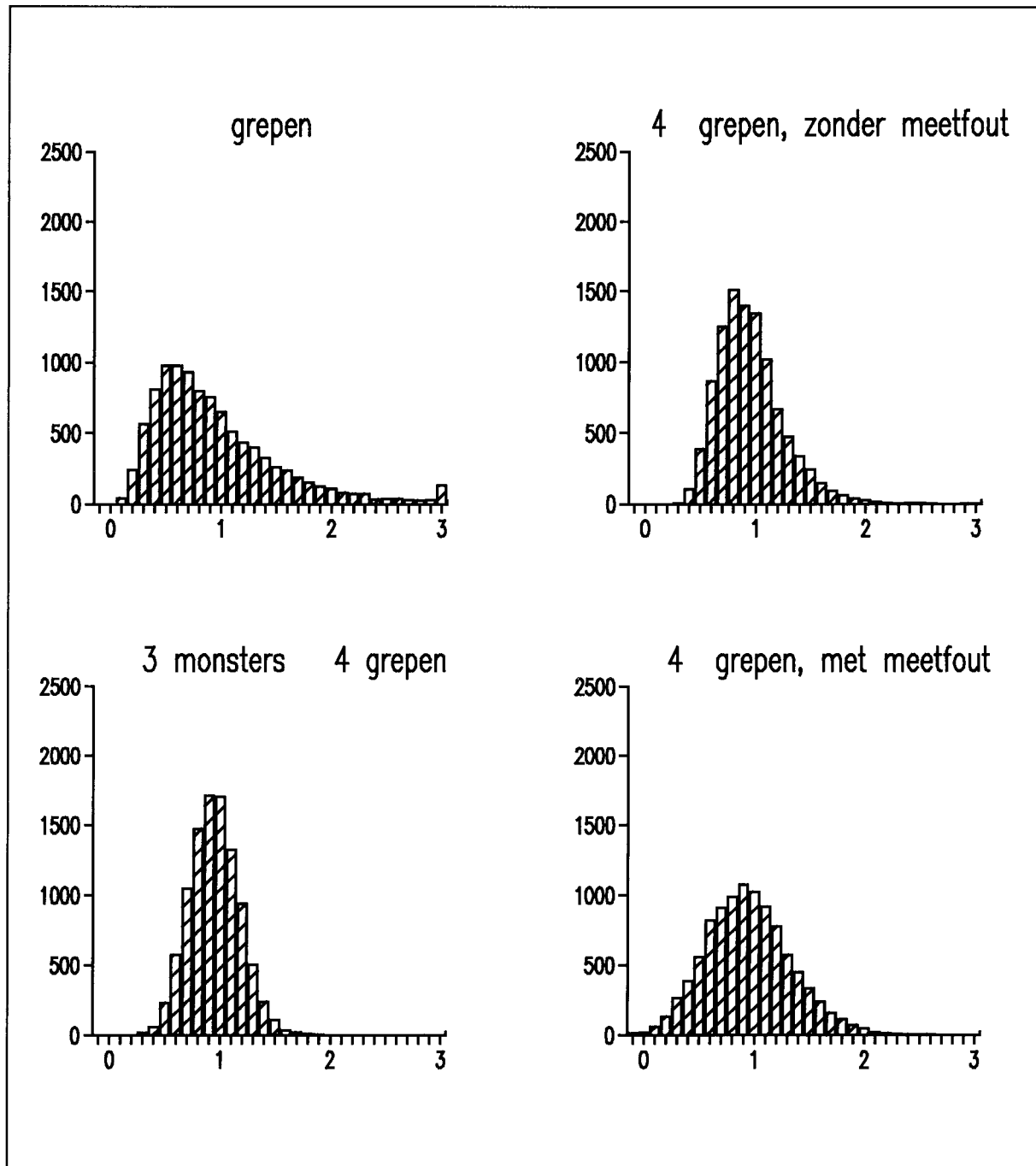
Een belangrijk hulpmiddel bij het beperkt houden van de kosten van het keuren van partijen is het maken van mengmonsters. Een dergelijke keuze is mogelijk als wordt gekozen voor een toetsing op het gemiddelde. Een mengmonster bestaat uit een aantal willekeurig getrokken grepen uit een partij die tot een monster worden samengevoegd. Vervolgens wordt aan dit mengmonster een waarneming verricht, dit mengmonster is dus de eenheid waarover men over informatie beschikt. Een meting aan een mengmonster bestaande uit  $m$  grepen impliceert dat de waarneming  $X_j$  het rekenkundig gemiddelde is van een  $m$ -tal grepen op de oorspronkelijke schaal. Als  $n$  het totaal aantal grepen is die gelijkmatig over  $c$  mengmonsters zijn verdeeld (elk mengmonster bestaat uit  $m$  grepen) dan heeft men bij een foutloze meetprocedure de volgende  $c$  meetresultaten:

$$X_1 = \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{m}, X_2 = \sum_{i=m+1}^{2m} \frac{x_i}{m}, \dots, X_c = \sum_{i=m(c-1)+1}^n \frac{x_i}{m} \quad (4)$$

Men dient zich goed te realiseren dat men niet over de uitkomsten van de individuele grepen beschikt maar dat men de beschikking heeft over de gemiddelden van  $m$  grepen. Er wordt dus een uitspraak gedaan op de schaalgrootte van het mengmonster en niet op de schaalgrootte van de individuele grepen.

### 3.1.1.3 Gewone lineaire schaal versus lognormale schaal

Het uitgangspunt ten aanzien van lognormaliteit heeft betrekking op de verdeling van de individuele grepen en niet op de verdeling van de mengmonsters. Dit komt er op neer dat



**Afbeelding 2** Voor toelichting zie tekst.

$\ln(x_i)$  normaal is verdeeld en niet dat  $\ln(X_i)$  normaal is verdeeld<sup>7</sup>. Als gevolg van het mengmonster is het niet mogelijk om deze logtransformatie op de grepen daadwerkelijk uit te voeren, immers op deze schaalgrootte zijn geen gegevens beschikbaar. Bij de afleiding moet hier rekening mee worden gehouden. Een probleem hierbij is dat de volgende ongelijkheid geldt:

<sup>7</sup> Het gemiddelde van logaritmen is niet gelijk aan het logaritme van het gemiddelde.

$$\ln \bar{x} \neq \overline{\ln x} = \bar{X} \quad (5)$$

Deze eisen, en met name die ten aanzien van het gebruik van mengmonsters in combinatie met de lognormale verdeling en de schaal waarop wordt gemeten, hebben tot gevolg dat het niet mogelijk is om een "standaard" procedure te hanteren of "eenvoudige" formules te gebruiken. Het is noodzakelijk om een nieuwe procedure te ontwikkelen op basis van "ingewikkelde" formules. Mogelijk kunnen deze eventueel na het maken van keuzen worden vereenvoudigd.

In afbeelding 2 zijn de resultaten van een simulatie van het gehele proces gegeven. Uitgangspunt is de verdeling van de individuele grepen (linksboven). De verdeling is die van een partij met een gemiddelde van 1 en een  $VC_{\text{part}}$  van 60% (de klassen met een uitkomst  $> 3$  zijn terwille van de overzichtelijkheid samengevoegd). Vervolgens worden steeds 4 grepen gemiddeld, de verdeling van een groot aantal van deze gemiddelden is rechts boven weergegeven. Daarna wordt er, per mengmonster van 4 grepen nog een meetfout ( $VC_{\text{meet}} = 25\%$ ) gemaakt. Dit effect is zichtbaar gemaakt in het histogram rechts onder. Vervolgens wordt weer het gemiddelde van een drietal mengmonsters bepaald. De verdeling van het gemiddelde van 3 mengmonsters (inclusief de meetfouten) staat links onder. In totaal is 10000 keer het gemiddelde van de 3 mengmonsters gesimuleerd, 92% hiervan blijkt een waarde onder 1.34 te hebben. Op laatstgenoemde waarden wordt later in dit rapport teruggekomen (hoofdstuk 5).

In de praktijk zal men nooit de gegevens van de individuele gegevens of van de mengmonsters zonder meetfout kunnen observeren. Wel heeft men inzicht in de gegevens van de laatste twee histogrammen

De eerste twee verdelingen zijn duidelijk niet normaal. De laatste twee lijken al aardig normaal.

### 3.1.2 Spreiding bekend versus spreiding onbekend

Na een keuze te hebben gemaakt voor de verdeling blijven de volgende van de in hoofdstuk 3.1 genoemde combinaties over, namelijk:

- a. spreiding in partij lognormaal en bekend, geen meetfout
- b. spreiding in partij lognormaal en bekend, bekende meetfout die normaal is verdeeld
- c. spreiding in partij lognormaal en onbekend, geen meetfout
- d. spreiding in partij lognormaal en onbekend, bekende meetfout die normaal is verdeeld

In de praktijk hebben we altijd te maken met een meetfout ( $VC_{meet}$ ) en een spreiding in de partij ( $VC_{part}$ ). De opties a en c vervallen dus. Beide spreidingen moeten òf worden gemeten òf op een andere wijze worden geschat. Voor het meten van de spreiding in de partij ( $VC_{part}$ ) heeft men tenminste twee maar praktisch aanzienlijk meer metingen nodig. Bovendien moet, in een onafhankelijk onderzoek, bijvoorbeeld als onderdeel van de validatie van NEN 73xx-normen, ook de meetfout ( $VC_{meet}$ ) zijn vastgesteld of worden geschat, omdat de spreiding in de partij alleen kan worden verkregen door de totale spreiding te corrigeren voor de meetfout (zie hoofdstuk 4). Dit geldt ook indien er met mengmonsters wordt gewerkt. Om voor elke partij de  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$  te bepalen door het uitvoeren van metingen zou zeer kostbaar worden. Zelfs het op korte termijn vaststellen van deze grootheden voor een bepaald produkt en daarop toegesneden meet-procedure volgens de NEN 73xx serie (inclusief de monsterneming!) is niet mogelijk.

Het onderzoek naar de meetfout respectievelijk de spreiding in de partij past beter in het traject voor de ontwikkeling van gestandaardiseerde en gevalideerde NEN-normen. Danwel in het opstellen van CUR/CROW materiaal-specifieke voorschriften voor bouwmaterialen, in de certificatie van grondstoffen en vormgegeven produkten en in monitoringsstudies. Dit betekent dat optie d uit kostenoverweging niet in aanmerking komt voor het toetsingsprotocol. Voorgesteld wordt de spreiding in de partij en de meetfout op voorhand te schatten en deze vervolgens bekend te veronderstellen (optie b). Hoe dit wordt gedaan wordt beschreven in hoofdstuk 4.

Het spreek vanzelf dat zowel bij overheid als bij bouwbedrijfsleven de schatting van beide spreidingen op basis van het huidige kennisniveau als realistisch moet worden gezien en de weg om op termijn tot een nauwkeurigere invulling te komen als een uitvoerbaar traject.

### 3.2 Mathematisch statistische uitwerking

De volgende uitgangspunten zijn geformuleerd:

- De grepen worden geacht lognormaal te zijn verdeeld. Op de schaal van de greepgrootte is de verdeling van de uitloging of samenstelling in een partij een lognormale verdeling.
- Een partij wordt beoordeeld aan de hand van het gemiddelde ( $\bar{x}$ ) van een partij. De toetsingswaarde wordt uitgedrukt in de dimensie van de schaal waarop wordt gemeten.

- Een partij waarvan het "ware" gemiddelde gelijk is aan de toetsingswaarde moet een goedkeurkans hebben van bijvoorbeeld 90%.
- Maak onderscheid naar de verdeling van de eigenschap in de partij en de meetfout. Indien de meetfout bekend wordt en/of kleiner wordt kan de toetsingsprocedure aangepast worden

Bovendien is het gewenst dat de procedure goedkoop en uitvoerbaar moet zijn.

De afleiding van de toetsingsprocedure geschiedt langs een omweg. Allereerst wordt aangegeven wat een goede partij is. Hierna wordt aangegeven hoe een percentieltoets voor een normale verdeling eruit ziet. Daarna wordt dit vertaald naar een toets op gemiddelde voor de lognormale verdeling. De uitwerking van de procedure vindt plaats op de oorspronkelijke schaal. Dit laatste is mogelijk door gebruik te maken van de relaties tussen de parameters van de verdeling op de oorspronkelijke schaal en op de logschaal (zie bijlage 5, formule 1). Ondanks deze omweg en de hiermee samenhangende "ingewikkelde" formules is de uiteindelijke procedure erg eenvoudig.

Na enig rekenwerk, dat in detail is beschreven in bijlage 5, verkrijgt men de volgende formule in parameters op de lineaire schaal. Een partij wordt dus afgekeurd als:

$$\ln\left(\frac{\bar{x}}{T}\right) - z_{1-\alpha} * VC_{part} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \left(\frac{VC_{meet}}{VC_{part}}\right)^2} \geq 0 \quad (6)$$

waarin:

$z_{1-\alpha}$  een maat is voor het producentenrisico (zie hoofdstuk 5.2)

$\bar{x}$  gemiddelde van c metingen

c aantal metingen

n totaal aantal grepen

$VC_{part}$  spreiding in de partij

$VC_{meet}$  meetfout

T toetsingswaarde.

Als deze vergelijking gelijk is aan 0, heeft  $\bar{x}$  de waarde van de afkeurwaarde (AW) en

$AW/T$  is dan gelijk aan de afkeurfactor (AF).

Voordat de afkeurcurve wordt berekend (zie hoofdstuk 5), wordt ingegaan op de schatting van  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$  (hoofdstuk 4).

### 3.3 Conclusies

Omdat het uit kostenoverweging niet realistisch is voor elke partij-keuring  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$  door middel van metingen vast te stellen, is een toetsingsstrategie uitgewerkt die uitgaat van bekende waarden voor  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$ . In dit rapport worden beide waarden geschat en daarna als bekend verondersteld. Er is dus gekozen voor het inbrengen van kennis vooraf. Dit resulteert in een toetsingsprotocol met minder grepen en monsters. De afkeurwaarde wordt berekend met formule 6. Ten aanzien van het aantal grepen ( $n$ ), het aantal monsters ( $c$ ) en de betrouwbaarheid waarmee een partij wordt goedgekeurd ( $z_{1-\alpha}$ ) moeten keuzen worden gemaakt.

Bij de statistische onderbouwing van de toetsing van bouwmaterialen aan de toetsingswaarde wordt voor de verdeling van de eigenschap in de partij een lognormale verdeling en voor de meetfout een normale verdeling aangenomen. De keus voor de lognormale verdeling wordt in sterke mate bepaald door het feit dat van deze verdeling alle statistische parameters bekend zijn en deze verdeling derhalve op eenvoudige wijze kan worden toegepast voor het gebruik van statistische waarnemingen die scheef blijken te zijn verdeeld. Voor de meetfout wordt de gangbare laboratoriumpraktijk aangehouden, namelijk dat de meetfout wordt verondersteld normaal te zijn verdeeld (op het niveau van de toetsingswaarden van het Bouwstoffenbesluit).

#### 4 Fouten-analyse en schatting

In het vorige hoofdstuk is gemotiveerd om een toetsingsprocedure te ontwikkelen die uitgaat van bekende waarden van  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$ .

In formule 7 zijn de diverse fouten weergegeven, die als onafhankelijk van elkaar worden beschouwd en zijn uitgedrukt als variatiecoëfficiënten.

$$VC_{tot} = \sqrt{VC_{prod}^2 + VC_{part}^2 + VC_{mon}^2 + VC_{voorb}^2 + VC_{bep}^2 + VC_{anal}^2} \quad (7)$$

Het zal duidelijk zijn dat  $VC_{part}$  materiaalspecifiek en  $VC_{prod}$  producent/installatiespecifiek zijn en dat de overige fouten die worden genoemd in formule 7 tezamen de meetfout vormen ( $VC_{meet}$ ; spreiding ten gevolge van monsterneming tot en met analyse).

De spreiding die optreedt tussen verschillende producenten van hetzelfde bouw materiaal ( $VC_{prod}$ ) is bij de keuring van een partij niet relevant omdat een specifieke partij wordt onderzocht en getoetst. Daarom wordt  $VC_{prod}$  verder buiten beschouwing gelaten en op nul gesteld. Formule 7 kan dus worden herschreven als:

$$VC_{tot} = \sqrt{VC_{part}^2 + VC_{meet}^2} \quad (8)$$

Voor de uitwerking van de toetsingsprocedure is het van belang inzicht en overeenstemming te krijgen over de grootte van twee van de drie VC's, de derde kan dan worden berekend. Eerst worden  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$  nader toegelicht. Daarna wordt  $VC_{tot}$  berekend.

##### 4.1 De meetfout; $VC_{meet}$

Momenteel wordt in het kader van het Taakstellend plan (TSP) door middel van ringonderzoeken de herhaalbaarheid ( $r$ ) en reproduceerbaarheid ( $R$ ) per gestandaardiseerde analyse en beproeving in kaart gebracht. Voor de analyse van een stof met behulp van een meettoestel is dit relatief eenvoudig, evenals voor de beproevingsmethode<sup>8</sup>. Door eisen te

---

<sup>8</sup> In het validatieprogramma van TSP is vastgesteld dat de kolomproef een relatieve standaardafwijking heeft, gekwantificeerd als: - de herhaalbaarheid ( $S_r$ ) van 11% (mediaan), 5-25% (bereik)  
- reproduceerbaarheid ( $S_R$ ) van 21% (mediaan), 6-29% (bereik)

Voor de diffusieproef is de relatieve standaarddeviatie:

- de herhaalbaarheid ( $S_r$ ) van 13% (mediaan), 8-18% (bereik)  
- reproduceerbaarheid ( $S_R$ ) van 16% (mediaan), 10-42% (bereik)

De genoemde standaarddeviaties bevatten naast een component die wordt bepaald door proef ook nog een component van onbekende grootte die wordt bepaald door de inhomogeniteit van het monster dat voor de validatie is gebruikt.



stellen aan de hoeveelheid materiaal die in behandeling wordt genomen, de verkleining en de verdeling van het monster is de omvang van de monstervoorbehandelingsfout te beperken. De monsternemingsfout is het minst te beheersen, althans het deel dat voortkomt uit de heterogeniteit van het materiaal. Immers alleen het aantal grepen, de dimensionering van de grepen en de wijze van monsterneming (statisch of dynamisch, probabilistisch) zijn beïnvloedbare parameters. Het is niet uitgesloten dat het nog vele jaren onderzoek vergt en pas uit monitoring van de kwalitatieve eigenschappen van bouwmaterialen inzicht wordt verkregen in de monsternemingsfout. Dit is ook de reden dat VROM het RIVM heeft gevraagd bouwmaterialen te monitoren (zie bijlage 6).

#### **4.2 Spreiding in het bouw materiaal; $VC_{part}$**

Door variaties in het proces en in de (natuurlijke) grondstoffen zullen de eigenschappen van het produkt een zekere spreiding vertonen. Bouwmaterialen worden tot nu toe zodanig geproduceerd dat zij aan bepaalde civieltechnische eisen voldoen. Met de sturing van de produktie van bouwmaterialen die aan milieuhygiënische eisen moeten voldoen, is minder ervaring opgedaan. Aanpassingen in het produktieproces, gericht op de verbetering van de milieuhygiënische kwaliteit staan nog aan het begin van een ontwikkelingsproces.

Als het produktieproces er op is gericht een constant produkt te produceren uit een constante kwaliteit van de grondstoffen, mag worden aangenomen dat de reststoffen uit dit produktieproces meestal ook constante eigenschappen zullen hebben; uitzonderingen zijn wellicht reststoffen uit een AVI en B&S-scheidingsinstallatie; voor beide geldt dat de kwaliteit van de "grondstoffen" sterk kan variëren. Inzicht in  $VC_{part}$  kan pas worden verkregen nadat de grootte van  $VC_{tot}$  en  $VC_{meet}$  is vastgesteld.

#### **4.3 Schatting van $VC_{tot}$ met behulp van $VC_{rivm}$**

In het RIVM/RIZA rapport [5] zijn per bouw materiaal (i) het gemiddelde en de standaardafwijking ( $s_{ij}$ ) gegeven van de emissies per stof (j) bij  $L/S=10$  en na 64 dagen alsmede van de samenstelling per stof (j). De gemiddelden en de standaardafwijkingen zijn gecorrigeerd voor uitschieters onder aanname van een normale verdeling (detectiegrenzen zijn beschouwd als meetwaarden). De uitloog- en samenstellingsgegevens zijn verkregen uit verschillende partijen die soms op verschillende plaatsen zijn geproduceerd (verschillende  $VC_{prod}$ ) terwijl ook de beproevingen en analyses in meerdere of mindere mate afweken van de normvoorschriften uit de NEN 73xx-serie. Ook is het aantal grepen waaruit het monster bestond gering of onbekend. In dit rapport is aangenomen dat de meetresultaten die zijn

gepresenteerd in het RIVM/RIZA-rapport het resultaat zijn van enkelvoudige monstername-ingen van één greep. De  $VC_{\text{prod}}$  (zie hoofdstuk 4) is op nul gesteld maar is niet nul!.  $VC_{\text{prod}}$  draagt echter wel bij aan  $VC_{\text{rivm}}$ , zodat  $VC_{\text{rivm}}$  groter of gelijk zal zijn aan de som van spreiding in het materiaal en de meetfout. Feitelijk zijn spreidingsbronnen (spreiding tussen partijen c.q. tussen producenten) toegevoegd aan  $VC_{\text{part}}$  waar ze eigenlijk niet thuishoren. Een en ander zal resulteren in een relatief grote variatiecoëfficiënt voor  $VC_{\text{part}}$  en daarmee voor  $VC_{\text{tot}}$ .

Per stof zijn de gemiddelde emissies (onafhankelijke variabele;  $\bar{x}_{ij}$ ) van de verschillende bouwmaterialen bij L/S=10, na 64 dagen en samenstelling uit het RIVM/RIZA-rapport en de daarbij behorende standaardafwijkingen (afhankelijke parameter;  $s_{ij}$ ) grafisch weergegeven. Hierbij zijn alleen bouwmaterialen in beschouwing genomen die meer dan één keer (aan verschillende partijen) zijn gemeten. Uit inspectie van de grafieken (zie voorbeeld in afbeelding 3), blijkt dat een lineair verband tussen het gemiddelde en de spreiding aannemelijk is en dat de regressielijn door nul gaat<sup>9</sup>.

De gemiddelden en standaardafwijkingen in de figuren zijn gestandaardiseerd op de toetsingswaarde ( $T_j$ ). Het voordeel hiervan is dat in één figuur de afkeurkromme voor alle stoffen kan worden weergegeven.

Met behulp van de kleinste kwadraten-methode is vervolgens de lineaire regressielijn berekend alsmede de regressiecoëfficiënt ( $x$ -coef<sub>*j*</sub>) en bijbehorende standaard error<sup>10</sup>. De volgende formules zijn dan geldig:

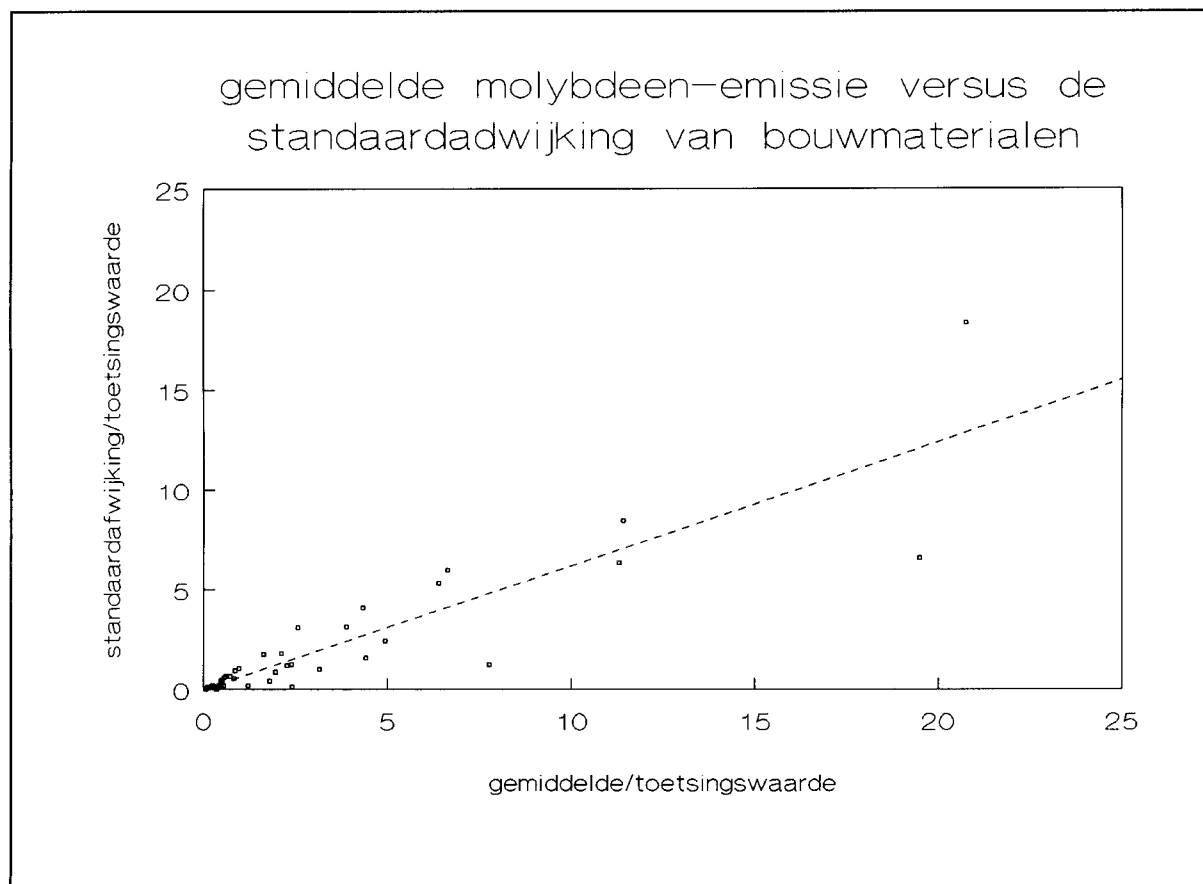
$$x_{\text{coef}_j} = \frac{s_{ij}}{x_{ij}} = \text{Variatie coefficient} = VC_j \quad (9)$$

*i* verschillende bouwmaterialen  
*j* verschillende stoffen

---

<sup>9</sup> Strikt genomen is de meetfout bij zeer lage concentraties gelijk aan de analysefout. Deze wordt dan echter niet opgegeven maar in plaats daarvan wordt de concentratie opgegeven als kleiner dan de detectiegrens. Vaak wordt voor de detectiegrens een vaste waarden gebruikt. Middeling van deze detectiegrenzen levert dan een standaarddeviatie van nul op. Noch het gemiddelde, noch de standaarddeviatie zijn dus correct. Omdat de analysefout relatief klein is in vergelijking met andere foutenbronnen, zal de regressielijn op het oog door nul gaan.

<sup>10</sup> De standaard error is een maat voor de significantie van de regressie lijn. Een kleine standaard error wijst op een significant lineair verband, hierbij speelt ook het aantal meetpunten nog een rol.



**Afbeelding 3** Gemiddelde Mo-emissie uit granulaire bouwmaterialen tot L/S=10 versus de standaardafwijking gemeten met de kolomproef ( $x_{\text{coef}}=VC_j=0.62\pm 0.04$ ).

De lineaire regressiecoëfficiënt per stof kan worden beschouwd als de gemiddelde variatiecoëfficiënt ( $s_j / \bar{x}_j$ ) per stof. De  $VC_j$  zijn per stof weergegeven in bijlage 7. Een lineair verband op zich betekent dat de analysefout op het beschouwde concentratie-niveau niet in de meetfout domineert. Immers dan zou de relatie tussen  $\bar{x}$  en  $s$  bij hoge waarden van de gemiddelde concentraties onafhankelijk van elkaar worden.

Uit de gemiddelde variatiecoëfficiënt per stof ( $VC_j$ ) is een overall gemiddelde en standaardafwijking berekend, in dit rapport  $VC_{\text{rivm}}$  genoemd. Deze zijn weergegeven in tabel 1. Alle anorganische stoffen zijn bij elkaar genomen. Wel is er onderscheid gemaakt tussen de meetresultaten van de diffusieproef voor vormgegeven bouwmaterialen en de kolomproef voor niet-vormgegeven bouwmaterialen. Voor de samenstelling van organische stoffen is onderscheid gemaakt tussen analysemethoden. Voor BETX, PCB's en bestrijdingsmiddelen waren onvoldoende gegevens beschikbaar.

Tabel 1 Gemiddelde en standaardafwijking van de  $VC_j$  per soort toetsing.

soort toetsing	$VC_{rivm}$ is gemiddelde van $VC_j$	standaardafwijking van $VC_{rivm}$	details in bijlage 7
uitloging anorganische stoffen in bouwmaterialen met de kolomproef	0.65	0.31	tabel 1
uitloging anorganische stoffen in bouwmaterialen met de diffusieproef	0.45	0.30	tabel 1
samenstelling organische stoffen in bouwmaterialen	BETX	-	tabel 2
	PAK's:	0.53	tabel 2
	PCB's:	-	tabel 2
	MO:	0.72	tabel 2
	EOCl:	0.64	tabel 2
	best.mid.:	-	tabel 2
	gemiddeld organisch: 0.63		

Door het op één hoop vegen van alle bouwmaterialen en daarna ook van alle stoffen is de verkregen variantie waarschijnlijk te beschouwen als een worst case, immers de monsterneming heeft in veel gevallen aan statische partijen plaatsgevonden en of deze probabilistisch was, is meestal niet bekend.

Voorgesteld wordt in het toetsingsprotocol voor de uitloging van niet-vormgegeven en vormgegeven bouwmaterialen uit te gaan van de worst case variatiecoëfficiënt, zoals weergegeven in tabel 1 en voor de toetsing van de samenstelling van organische stoffen aan de toetsingswaarden uit te gaan van het gemiddelde van de  $VC$ 's voor organische stoffen (zie tabel 1). Formule 7 kan dus worden herschreven als:

$$VC_{rivm} = \sqrt{VC_{part}^2 + VC_{meet}^2}$$

*of*

$$VC_{meet} = \sqrt{VC_{rivm}^2 - VC_{part}^2}$$

*voor  $VC_{rivm}$  tabel 1.*

(10)

De  $VC$ 's zijn in werkelijkheid geen constanten maar worden in dit toetsingsprotocol als vaste waarden gehanteerd en moeten worden gezien als een eerste benadering. Als meer informatie beschikbaar komt, is het niet uitgesloten dat op termijn zal worden gedifferentieerd naar onderscheiden stoffen, groepen van stoffen en/of bouwmaterialen.

Een alternatief voorstel zou kunnen zijn te differentiëren naar stof, in dat geval wordt  $VC_{rivm}$  vervangen door de  $VC_j$ 's per stof en beproeving uit bijlage 7. In hoofdstuk 7 worden beide benaderingen vergeleken. Voorgesteld wordt uit te gaan van de  $VC_{rivm}$  in tabel 1 en voor organische stoffen van de gemiddelde waarde.

#### 4.4 Onderzoek van TNO naar $VC_{meet}$

Door TNO is een onderzoek gedaan naar de meetfout [6] en de spreiding in de partij. Uit het onderzoek blijkt dat er maar weinig bruikbare gegevens beschikbaar zijn. Het onderzoek leidt niet tot verwerping van de door het RIVM voorgestelde waarden voor  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$ .

#### 4.5 Systematische fouten

De voorgeschreven methoden in de MR dienen te zijn onderzocht op systematische fouten (accuratesse van de methode). Andere systematische fouten zoals in de omrekeningsformule van de gemeten emissie in het laboratorium naar de berekende immissie zijn geen onderdeel van dit rapport, maar spelen uiteraard wel een rol bij de totstandkoming van de MR (onder andere bij het onderdeel formules en functies). De toetsing houdt alleen rekening met toevallige fouten.

#### 4.6 Conclusies

Systematische fouten maken geen onderdeel uit van de toetsingsprocedure, maar spelen uiteraard wel een rol bij de totstandkoming van de MR. De toetsingsprocedure in dit rapport houdt alleen rekening met toevallige fouten. Momenteel is er nog maar een beperkt inzicht in de meetfout ( $VC_{meet}$ ) en de eigen spreiding van een partij bouw materiaal ( $VC_{part}$ ). Monitoring van bouwmaterialen is onder andere van belang voor het schatten van de beide fouten. Bij het ontwikkelen van een toetsingsprotocol kan men kiezen voor een schatting van deze fouten op basis van expertise of deze per toetsing bepalen. In dit rapport is er uit kosten overwegingen voor gekozen de beide fouten te schatten op basis van beschikbare kennis en informatie. De eerste stap is het schatten van de "som" van  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$ ; in dit rapport  $VC_{rivm}$  genoemd.

In formule 10 wordt een relatie gelegd tussen  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$ . In het overleg tussen VROM/V&W en het bouwbedrijfsleven (zie bijlage 10) is afgesproken zolang meer gedetailleerde kennis ontbreekt de "som" van  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$  per beproevingsmethode vast te stellen op de waarden vermeld in tabel 1. Op termijn, als meer gegevens beschikbaar komen uit het monitoringsonderzoek en de certificatie van bouwmaterialen, kunnen deze beide fouten eventueel per stof en produkt worden vastgesteld en bijvoorbeeld worden opgenomen in bouw materiaal-specifieke CUR en CROW documenten.

## 5 Berekening van de afkeurcurve

In dit hoofdstuk zal de afkeurwaarde ( $AW_i$ , zie hoofdstuk 3.2) worden berekend voor het geval dat  $\mu_i$  ("werkelijke" waarde van de partij) gelijk is aan de toetsingswaarde ( $T_i$ ). In dat geval is in formule 6  $\bar{x} / T$  gelijk aan  $AW_i / T_i = AF$ , zodat formule 6 wordt geschreven als:

$$\ln\left(\frac{AW_i}{T_i}\right) - z_{1-\alpha} * VC_{part} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{VC_{meet}^2}{VC_{part}^2}} = 0 \quad (11)$$

Na het maken van keuzes ten aanzien van de parameters:

- $z_{1-\alpha}$  bepaalt de kans dat een "goede partij" wordt afgekeurd ( $\alpha$  = producenten risico).
- $c$  het aantal gemeten monsters van de te keuren partij.
- $n$  het totaal aantal grepen uit de te keuren partij, die genomen zijn op de wijze zoals beschreven in de NEN 73xx-serie.
- $VC_{part}$  de spreiding in de partij. Deze wordt bepaald door de relatie tussen  $VC_{tot}$  en  $VC_{meet}$  volgens formule 8.  $VC_{tot}$  wordt gelijkgesteld aan  $VC_{rivm}$ . De waarde van  $VC_{rivm}$  is afhankelijk van de uitgevoerde proef (tabel 1).

kan de afkeurwaarde, waaraan het gemiddelde ( $\bar{x}$ ) nog net moet voldoen als functie van de spreiding in de partij ( $VC_{part}$ ), worden weergegeven. Eerst zullen de parameters, die in de voorgaande hoofdstukken nog niet zijn besproken, kort worden toegelicht.

### 5.1 Grepen en monsters (n en c)

De schatting van een eigenschap van een te onderzoeken partij wordt betrouwbaarder naarmate het aantal grepen ( $n$ ) en/of het aantal monsters ( $c$ ) toeneemt. Als een partij homogeen is, is elke greep en elk monster representatief voor de partij; één greep is dan voldoende. Het nemen van meerdere grepen en deze samenvoegen tot een mengmonster is een manier om met beperkte meetkosten tot een schatting van de "werkelijke" waarde van een inhomogene partij te komen. Anderzijds zal het duidelijk zijn dat als de meting perfect is, het verrichten van meer dan één meting niet leidt tot meer inzicht in de meetfout, deze is bij perfectie immers nul. Wel geven meer monsters ook meer inzicht in de spreiding van de partij, omdat meer monsters ook gepaard gaan met meer grepen.

Minimaal zal het aantal grepen gelijk zijn aan het aantal monsters. Meer grepen en

monsters gaan gepaard met meer inspanningen en verrichtingen waardoor de kosten van de toetsing worden verhoogd.

## 5.2 $z_{1-\alpha}$ , producentenrisico 10% en de goedkeurkromme

In de wetenschap worden uitspraken doorgaans significant geacht als uit een toetsing blijkt dat de betrouwbaarheid van de uitspraak groter of gelijk is aan 90%. Door de spreiding in het productieproces en de kwaliteit van de grondstoffen is het mogelijk dat delen van partijen niet aan de (milieuhygienische) toetsingswaarden voldoen. De vraag is hoeveel van een partij van een bouw materiaal de toetsingswaarde kan overschrijden, alvorens eenduidig kan worden vastgesteld dat een partij bouw materiaal niet voldoet aan de milieuhygienische toetsingswaarden (T).

Het gebruik van steekproefkeuringen houdt bepaalde risico's in die betrekking hebben op de kans op onjuiste beslissingen ten aanzien van goed- of afkeuren. Deze kansen worden veroorzaakt door toevalseffecten als gevolg van het feit dat slechts een (klein) gedeelte van een partij wordt gemeten.

Bij het ontwerp van een toetsingsprotocol dient rekening te worden gehouden met deze kansen. Om dit te kunnen doen, dient eerst bekend te zijn wat onder een goede partij wordt verstaan. In het kader van het Bouwstoffenbesluit wordt onder een goede partij verstaan een partij waarvan de werkelijke waarde van een te toetsen eigenschap kleiner of gelijk is aan de toetsingswaarde. Bij voorkeur wil men een zodanige procedure gebruiken dat de kans op de uitspraak 'de partij is goed' gelijk is aan 1 indien de partij inderdaad goed is en gelijk aan 0 indien de partij niet goed is. Hierbij zijn de kansen op onjuiste beslissingen gereduceerd tot nul. Dit is een ideale situatie welke alleen kan worden bereikt door een 100% keuring en een foutloze inspectie. In de praktijk is dit niet mogelijk.

Aan de steekproefkeuring dienen één of meerdere eisen te worden opgelegd aan de kansen op onjuiste beslissingen. Deze eisen dienen in statistische termen te worden geformuleerd. Veelal is zo'n eis van de gedaante: 'een partij van een goede kwaliteit G dient met een kans  $P_G$  te worden goedgekeurd' (een partij van kwaliteit G heeft dan een afkeurkans van  $1-P_G$ ) en 'een partij van slechte kwaliteit S mag nog met een kans  $P_S$  worden goedgekeurd. In de keuringswereld worden specifieke termen gebruikt voor het ten onrechte goed- of afkeuren van partijen. De kans op ten onrechte afkeuren van een goede partij ( $1-P_G$ ) wordt het producentenrisico genoemd, terwijl het ten onrechte goedkeuren  $P_S$  van een slechte

partij bekend staat als het consumentenrisico. De vaststelling van wat goede en slechte partijen zijn en de kansen die men daarbij wil lopen heeft alles te maken met de toetsingswaarden en de toepassing van de partijen. De eisen met betrekking tot verkeerde beslissingen kunnen vervolgens worden omgezet naar een keuringsprotocol in de vorm van het aantal grepen dat moet worden verzameld, het aantal metingen (monsters) dat moet worden uitgevoerd en de eis met betrekking tot de meetuitkomsten. Dit laatste is het criterium dat wordt gehanteerd bij de beslissing wel/niet goedkeuren. In dit rapport wordt dit de afkeurwaarde genoemd.

De goedkeurkans kan volgens de volgende definitie van een kans worden geïnterpreteerd.

*Een kans is de fractie van de gebeurtenissen die optreedt indien een experiment 'oneindig vaak' zou worden herhaald.*

Vertaald naar keuren komt het experiment overeen met het ter keuring aanbieden van een partij van een zekere kwaliteit. Indien men dus een partij met een zekere kwaliteit oneindig vaak ter keuring zou aanbieden dan komt de fractie van het aantal keren dat tot goedkeuring zou worden overgegaan overeen met de goedkeurkans van die partij met die kwaliteit.

Het hulpmiddel bij uitstek om de kansen op verkeerde uitspraken zichtbaar te maken, is de keuringskarakteristiek, ook wel goedkeurkromme genoemd. Een goedkeurkromme geeft aan wat de kans op goedkeuring van de partij is afhankelijk van de aangeboden kwaliteit. Op de horizontale as wordt de kwaliteitsparameter uitgezet die de kwaliteit van een partij weergeeft, terwijl de verticale as de goedkeurkans aangeeft. Als kwaliteitsparameter wordt in het kader van het Bouwstoffenbesluit de **gemiddelde concentratie ten opzichte van de toetsingswaarde** van een component in een partij gebruikt. De oorsprong komt overeen met een partij waarvan het gemiddelde nul is.

De goedkeurkromme heeft altijd dezelfde gedaante. Bij een perfecte partij is de goedkeurkans maximaal (veelal 1), terwijl bij een zeer slechte partij de goedkeurkans minimaal (veelal 0) is. Hoe deze curve daadwerkelijk loopt hangt af van de steekproefomvang en de afkeurwaarde.

Bij de interpretatie van de goedkeurkans dient goed te worden beseft dat men in werkelijkheid niet weet wat de "werkelijke" waarde van de betreffende partij is, maar dat men aan de hand van een steekproef hier inzicht in tracht te krijgen. Bovendien is het zo dat niet alle partijen identiek aan elkaar zullen zijn qua "werkelijke" waarde.



In het overleg tussen VROM/V&W en het bouwbedrijfsleven (zie bijlage 10) is afgesproken het producentenrisico vast te stellen op 10% (= 90% goedkeurkans), dat wil zeggen  $\alpha=0.1$  en  $z_{1-\alpha}=1.282$  (zie bijlage 5). Er worden geen uitspraken gedaan over wat een slechte partij is en wat de daarbij behorende goedkeurkans maximaal mag zijn.

### 5.3. Berekening van de goedkeurkansen van een partij

Het is nu mogelijk om op basis van een producentenrisico van 10%, goedkeurkrommen te produceren voor verschillende combinaties van aantallen (meng)monsters ( $c$ ) en aantallen grepen per mengmonster ( $m$ ). Dit wordt aangegeven door de formulering  $n=c*m$  grepen. In afbeelding 4 is een voorbeeld gegeven van de goedkeurkromme voor  $c=3$ ,  $m=2$  tot  $7$ ,  $\alpha=0.1$ , en  $VC_{meet}=25\%$ . Andere voorbeelden met andere  $c$ 's en  $VC_{meet}$  zijn weergegeven in bijlage 9.

De interpretatie van de afbeelding is als volgt:

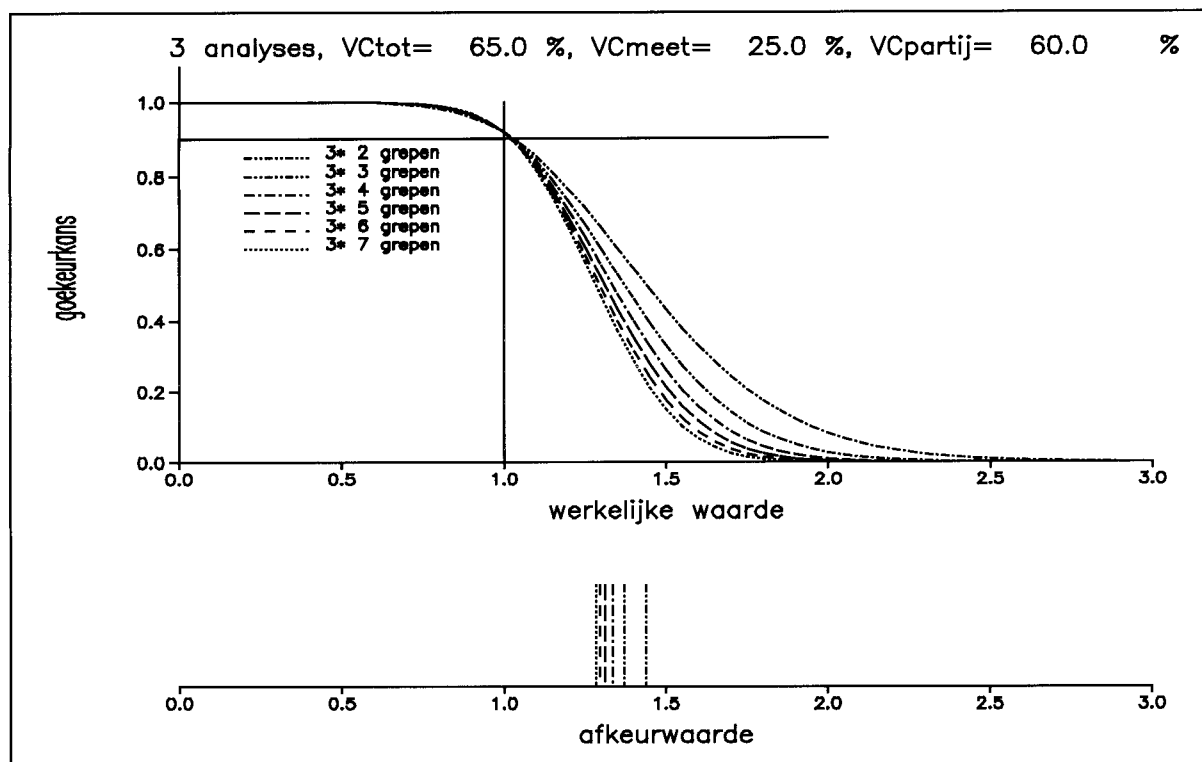
- In de onderste deel van de afbeelding is de afkeurwaarde uitgezet. De afkeurwaarde is die waarde waarbij men bij handhaving tot afkeuring over gaat. Is (het gemiddelde van) de meetuitkomsten lager dan of gelijk aan deze waarde dan wordt de partij goedgekeurd, is de uitkomst hoger dan wordt de partij afgekeurd.

De afkeurwaarde hangt onder ander af van het keuringsprotocol met betrekking tot het aantal grepen ( $n$ ) en het aantal analyses ( $c$ ).

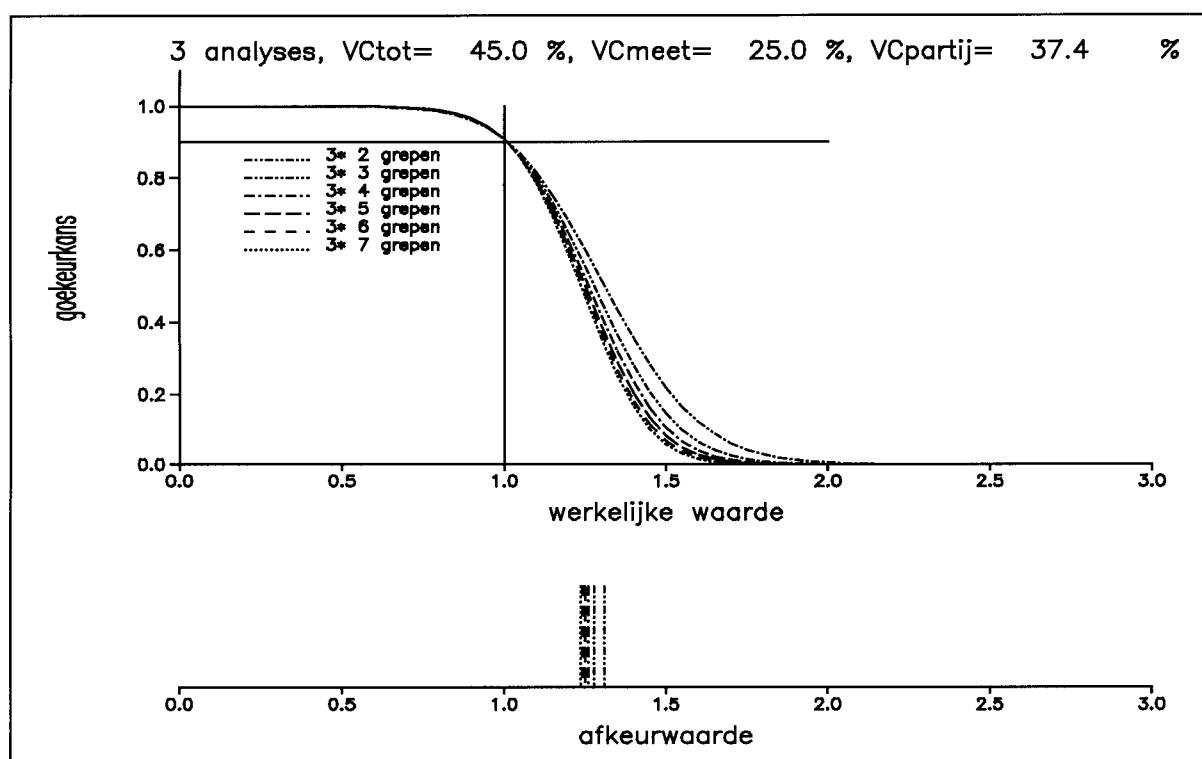
- In de bovenste deel van de afbeelding is de goedkeurkromme getekend. De goedkeurkans hangt af van het gemiddelde van de gehele partij (= "werkelijk" waarde) en van het keuringsprotocol met betrekking tot het aantal grepen en het aantal metingen.

In beide afbeeldingen is de schaal op de horizontale as genormeerd ten opzichte van de toetsingswaarde (zodat in de onderste figuur eigenlijk de afkeurfactor staat weergegeven).

De algemene tendens is dat bij vermeerdering van de keuringsinspanning (meer  $c$  en  $m$ ) de curven stijler gaan lopen. Is de "werkelijke" waarde van de partij hoger dan het rekenkundig gemiddelde van de te keuren parameter dan wordt de onterechte goedkeurkans bij grotere inspanning kleiner ( $< 90\%$ ). Is de "werkelijke" waarde lager dan, wordt de terechte goedkeurkans bij grotere inspanning groter ( $> 90\%$ ). Voorts geldt dat als de "werkelijke" waarde van de partij gelijk is aan de afkeurwaarde, de kans op onterechte goedkeuring van de partij 50% is en geldt voor de set van  $c=3$ ,  $m=4$  en  $VC_{meet}=0.25$  dat als de "werkelijke" waarde van de partij  $2*T$  is, de goedkeurkans nihil is.



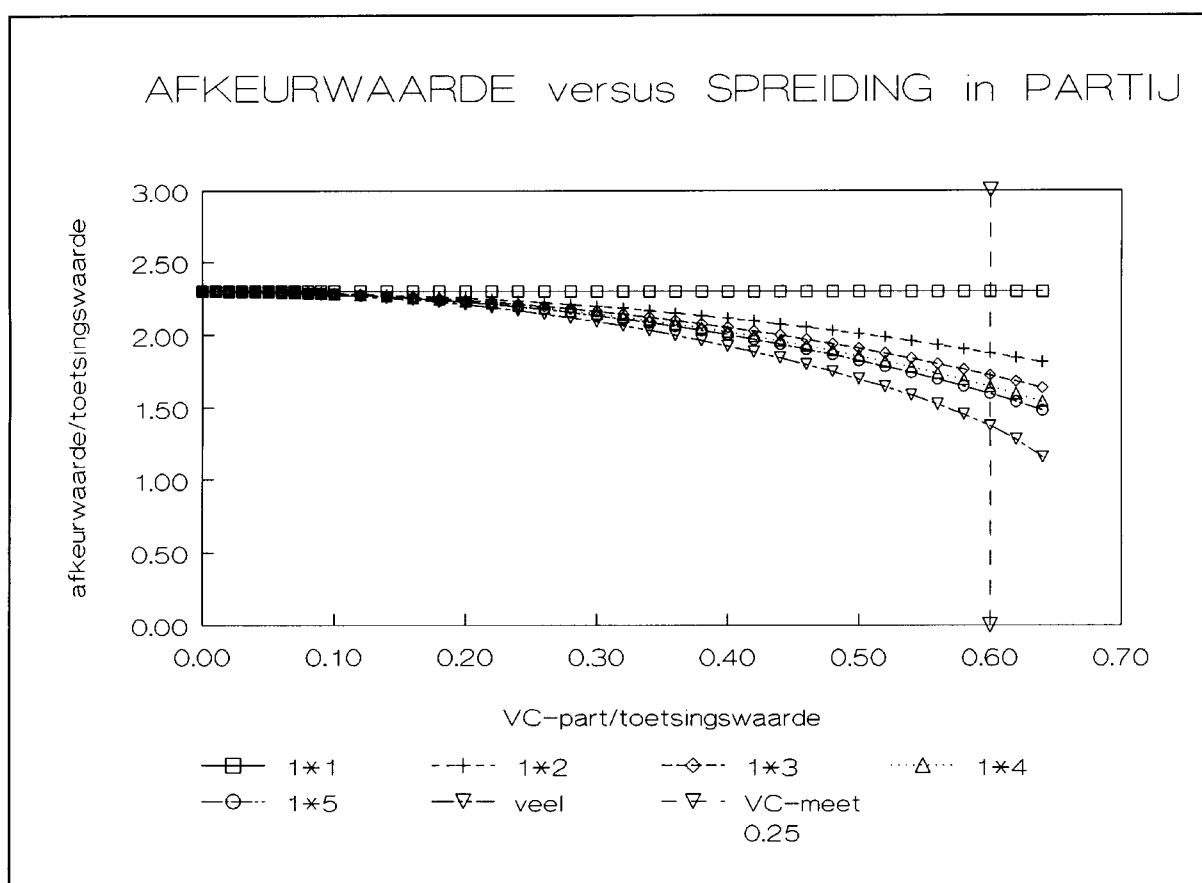
**Afbeelding 4A.** Goedkeurkromme voor  $c=3$  monsters,  $n=3*2$  tot  $3*7$  grepen voor  $VC_{meet}=0.25$ .



**Afbeelding 4B** Goedkeurkromme voor  $C=3$  monsters,  $n=3*2$  tot  $3*7$  grepen voor  $VC_{meet}=0.25$ .

#### 5.4 Voorbeeld van een afkeurcurve

Als  $z_{1-\alpha}$ ,  $n$  en  $c$  zijn vastgelegd kan de afkeurwaarde (AW) als functie van  $VC_{part}$  worden uitgezet (formule 11). Deze curve wordt in dit rapport de afkeurcurve genoemd. In afbeelding 4 is een voorbeeld gegeven van een afkeurcurve van de afkeurwaarde voor de uitloging van anorganische stoffen uit niet-vormgegeven bouwmaterialen versus de  $VC_{part}$  (0 - 0.65). N.B. de relatie tussen  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$  (formule 10) is ook in de afkeurcurve (formule 11) verwerkt. Dit betekent dat bij  $VC_{part}=0$  de meetfout 65% bedraagt ( $VC_{meet} = 0.65$  want  $VC_{part} = 0$ ) en deze afneemt tot 0% bij  $VC_{part} = 0.65$ . De "som" van  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$  is een vaste waarde<sup>11</sup> voor de uitloging van anorganische stoffen ( $VC_{rivm}$ , zie tabel 1). Waarden van  $VC_{part} > VC_{rivm} = 0.65$  zijn niet gedefinieerd omdat  $VC_{meet}$  dan kleiner is dan nul.



**Afbeelding 5** Afkeurwaarde versus de spreiding in de partij ( $VC_{part}$ ) voor  $c=1$  en  $n=1.5$ , veel. De goedkeurkans ( $\alpha = 0.1$ ) is 90% en  $VC_{rivm}=0.65$ .

Overigens zijn partijen met een  $VC_{part} > VC_{rivm}$  op het niveau van de toetsingswaarde, uit milieuhygiënisch oogpunt minder gewenst vanwege de grotere inhomogeniteit van de te

<sup>11</sup>  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$  zijn in werkelijkheid geen constanten, maar in dit toetsingsprotocol is gekozen voor vaste waarden (zie ook hoofdstuk 4).

toetsen parameter. Wel geldt voor partijen waarvan de "som"  $VC_{tot}$  van  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$  nog groter is dan  $VC_{rivm}$  een geringere kans hebben om te worden goedgekeurd. Immers de kans op goedkeuring is afhankelijk van de  $VC_{rivm}$ . Hoe groter de  $VC_{rivm}$  hoe groter de afkeurfactor. Partijen die een grotere  $VC_{tot}$  hebben dan  $VC_{rivm}$  worden dus vergeleken met een afkeurfactor die berekend is met de lagere  $VC_{rivm}$ <sup>12</sup>. De milieuhygiënische kwaliteit wordt immers in dat geval steeds minder betrouwbaar waardoor de toepassing van dit bouw materiaal minder gewenst is.

Het aantal metingen is in afbeelding 5 op  $c=1$  gesteld en het totaal aantal grepen varieert van  $n=1$  tot veel. Er wordt tot afkeuring overgegaan als de overschrijding met 90% betrouwbaarheid ( $Pa(p_o)\% = 90\%$ ;  $\alpha = 0.1$ ) vast staat.  $z_{1-\alpha}$  is dan 1.282 en wordt afgelezen in statistische tabellen. Afbeelding van afkeurcurven voor andere waarden van  $VC_{tot}$  zijn weergegeven in bijlage 8.

### 5.5 Afkeurfactor versus $VC_{meet}$ en $VC_{part}$

In tabel 3 wordt de invloed van  $VC_{meet}$  en het aantal onderzochte monsters ( $c$ ) op de afkeurfactor getoond (formule 10). De vergelijking is gemaakt voor  $VC_{part} = 0$ , zodat  $VC_{meet} = VC_{tot}$  hetgeen op zich natuurlijk geen redelijke aanname is. In tabel 4 is de invloed van  $VC_{part}$  en het totaal aantal grepen ( $n$ ) op de afkeurfactor weergegeven, maar nu is  $VC_{meet} = 0$  zodat  $VC_{part} = VC_{tot}$ . Beide situaties zijn extremen van het definitiegebied van  $VC_{tot}$  (zie formule 10). In afbeelding 5 correspondeert tabel 3 met  $x\text{-as} = 0$  en tabel 4 met  $x\text{-as}$  is  $VC_{tot} = 0.65$ .

---

<sup>12</sup> Uit hoofdstuk 5.2 volgt dat partijen met een "werkelijke" waarde onder de toetsingswaarde een grotere goedkeurkans hebben. Indien voor deze partijen ook geldt dat  $VC_{tot} > VC_{rivm}$  met bijbehorende lagere goedkeurkans, zal eerstgenoemde effect compensatie geven voor laatstgenoemde effect.

Tabel 3 De afkeurfactor voor de situatie dat de  $VC_{meet}$  gelijk is aan  $VC_{tot}$  (dus bij  $VC_{part} = 0$ ). Dit is de afkeurfactor afgelezen bij  $x\text{-as} = 0$  in bijvoorbeeld afbeelding 4. Het totaal aantal grepen ( $n$ ) is dan niet van belang en  $c = 1, 2, 3, 4, 8$  of  $16$ .

$VC_{tot} = VC_{meet}$ (waarden genoemd in tabel 1)	Afkeurfactor voor het gemiddelde van $c = 1 - 16$ monsters.					
	1	2	3	4	8	16
0.70	2.45	1.89	1.68	1.57	1.37	1.25
0.65 (samenstelling organische stoffen en uitloging niet-vormgegeven bouwmaterialen)	2.30	1.80	1.62	1.52	1.34	1.23
0.60	2.16	1.72	1.56	1.47	1.31	1.21
0.50	1.90	1.57	1.45	1.38	1.25	1.17
0.45 (uitloging vormgegeven bouwmaterialen)	1.78	1.50	1.40	1.33	1.23	1.16
0.40	1.67	1.44	1.34	1.29	1.20	1.14
0.30	1.47	1.31	1.25	1.21	1.15	1.10
0.20	1.29	1.20	1.16	1.14	1.09	1.07
0.10	1.14	1.09	1.08	1.07	1.05	1.03

Tabel 4 De afkeurfactor voor de situatie dat de  $VC_{meet}$  gelijk is aan  $0$  (dus bij  $VC_{part} = VC_{tot}$ ). Dit is de afkeurfactor afgelezen bij het meest rechtse punt van de grafiek in bijvoorbeeld afbeelding 4. Het aantal monsters ( $c$ ) waarover deze grepen ( $n$ ) zijn verdeeld, is niet van belang en  $n$  varieert van  $1$  tot  $48$ .

$VC_{tot} = VC_{part}$ (waarden genoemd in tabel 1)	Afkeurfactor voor $n = 1 - 48$ grepen verdeeld over een willekeurig aantal monsters					
	1	4	8	12	24	48
0.70	2.45	1.57	1.37	1.30	1.20	1.14
0.65 (samenstelling organische stoffen en uitloging niet-vormgegeven bouwmaterialen)	2.30	1.52	1.34	1.27	1.19	1.13
0.60	2.15	1.47	1.31	1.25	1.17	1.12
0.50	1.90	1.38	1.25	1.20	1.14	1.10
0.45 (uitloging vormgegeven bouwmaterialen)	1.78	1.33	1.23	1.18	1.12	1.09
0.40	1.67	1.29	1.20	1.16	1.11	1.08
0.30	1.47	1.21	1.15	1.12	1.08	1.06
0.20	1.29	1.14	1.09	1.08	1.05	1.04
0.10	1.14	1.07	1.05	1.04	1.03	1.02

Uit beide tabellen volgt dat hoe kleiner  $VC_{tot}$  hoe dichter de afkeurwaarde bij de toetsings-

waarde ligt. Het is dus in het belang van de bescherming van de bodem de "som" van  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$  in de toekomst te verkleinen en/of door onderzoek vast te leggen;  $VC_{meet}$  als onderdeel van NEN-voorschriften en  $VC_{part}$  in materiaalspecifieke documenten. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk nog op ingegaan.

Vergelijking van beide tabellen laat ook zien dat als het aantal grepen gelijk is aan het aantal monsters er geen verschillen zijn. Dit betekent dat als in een toetsingsprotocol wordt gekozen om geen mengmonsters samen te stellen uit meerdere grepen, de relatieve bijdrage van  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$  aan  $VC_{tot}$  minder van belang is. De afkeurwaarde zal dan alleen afhangen van de grootte van  $VC_{tot}$  (bovenste horizontale lijn in afbeelding 4). Dit zou een, zij het duurder alternatief, kunnen zijn voor het geval dat men niet wil kiezen voor een vaste waarde van  $VC_{meet}$ . Door het nemen van grepen en het maken van mengmonsters is het echter mogelijk op de meetkosten te besparen.

Voorts is er geen sprake van een maximum of minimum in de tabellen. Verhoging van de keuringsinspanning, dat wil zeggen meer monsters en/of grepen, resulteert altijd in een verlaging van de afkeurwaarde c.q. afkeurfactor. In tabel 5 is het effect van een extra monster en/of greep op de afkeurfactor inzichtelijk gemaakt voor de situatie dat  $VC_{rivm} = 0.65$  (dus voor niet-vormgegeven bouwmaterialen of samenstelling organisch stoffen) en  $VC_{meet} = 0.25$ <sup>13</sup>. Vertikaal is het aantal monsters ( $c=1$  tot  $c =$  veel) en horizontaal het aantal grepen per monster gepresenteerd ( $m=n/c$ ;  $n=1$  tot  $n=$ veel).

---

<sup>13</sup> In dit rapport is op basis van expertise voorlopig gekozen voor  $VC_{meet} = 0.25$  (25%) voor de presentaties in tabellen en figuren. Door deze voorlopige keuze ligt ook  $VC_{part}$  voorlopig vast. Voor andere waarden van  $VC_{meet}$  wordt verwezen naar bijlagen 10.2.

Tabel 5. Afkeurfactor in relatie tot aantal monsters (verticaal) en aantal grepen per mengmonster (horizontaal) voor een toetsingsprotocol voor het uitlooggedrag van niet-vormgegeven bouwmaterialen ( $VC_{rivm} = 0.65$ ) met  $VC_{meet} = 0.25$ .

aantal monsters c	aantal grepen per monster (m)					
	1	2	4	8	16	veel
1	2.30	1.88	1.65	1.52	1.45	1.38
2	1.80	1.56	1.42	1.35	1.30	1.25
3	1.62	1.44	1.34	1.27	1.24	1.20
4	1.52	1.37	1.28	1.23	1.21	1.17
5	1.45	1.33	1.25	1.21	1.18	1.14
8	1.34	1.25	1.19	1.16	1.14	1.12
10	1.30	1.22	1.17	1.14	1.13	1.11
15	1.24	1.18	1.14	1.11	1.10	1.09
20	1.20	1.15	1.12	1.10	1.09	1.07
c=veel	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

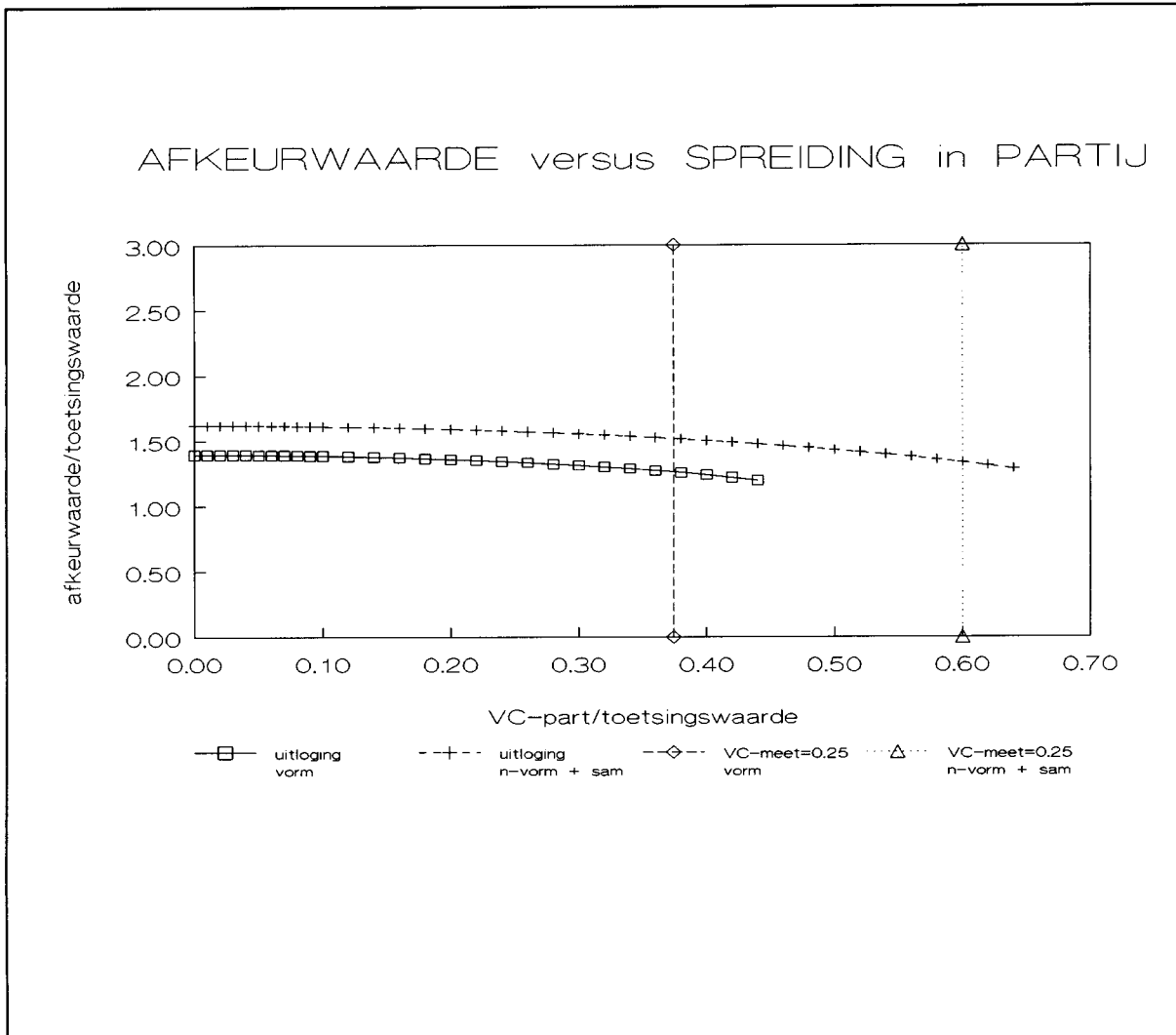
Het totaal aantal genomen grepen (n) wordt gelijkelijk verdeeld over c (meng)monsters. Elk mengmonster bestaat dus uit m grepen zodat geldt  $n=c*m$ .

Uit tabel 5 volgt dat als het aantal monsters (c) meer dan 3 bedraagt de relatieve verlaging van de afkeurfactor minder dan 10% bedraagt. Een verdere verlaging van de afkeurfactor zal relatief duur zijn (circa f 1200 per extra monster en f 40 per extra greep). Voorgesteld wordt dat het aantal monsters bij handhavingscontroles tenminste drie monsters moet zijn. Meer mag, maar minder niet. Het nemen van extra grepen is goedkoper dan het nemen van extra monsters maar is ook minder effectief. Meer dan tien grepen levert nauwelijks nog een verlaging van de afkeurfactor op. Voorgesteld wordt bij handhavingscontroles drie mengmonsters van 4 grepen samen te stellen (totaal  $n = c*m = 12$  grepen). Voor deze situatie geldt een afkeurfactor van 1.34 (zie tabel 5)<sup>14</sup>. Meer grepen per monster mag, minder niet. De meetkosten bedragen dan circa F 4000,- per controle (zie hoofdstuk 8). Voor die gevallen dat meer dan het minimum aantal monsters en of grepen wordt genomen, kan de afkeurfactor worden berekend met formule 10.

In afbeelding 5 is de afkeurcurve weergegeven voor  $VC_{rivm}=0.65$  (uitloging: niet-vormgegeven en samenstelling: organisch) en  $VC_{rivm}=0.45$  (uitloging: vormgegeven),  $c=3$  en

<sup>14</sup> De afkeurfactor (voor de uitloging van niet-vormgegeven bouwmaterialen;  $VC_{tot}=VC_{rivm}=0.65$  en  $VC_{meet}=0.25$ ) kan ook worden verkregen door middel van circa 8 monsters van elk één greep (zie tabel 3).

$n=12$ . De curve voor  $VC_{rivm}=0.65$  neemt af van 1.62 tot 1.28 en de curve voor  $VC_{rivm}=0.45$  van 1.40 tot 1.18. Tevens is in afbeelding 5 voor elke curve aangegeven waar  $VC_{meet}$  gelijk is aan 0.25 (zie formule 10).



**Afbeelding 6** Afkeurwaarde/T versus  $VC_{part}$  voor  $VC_{rivm}=0.65$  (boven) en  $VC_{rivm}=0.45$  (onder),  $c=3$  en  $m=4$ . Vertikaal  $VC_{meet}=0.25$ .

## 5.6 Conclusies

In het overleg tussen VROM/V&W en bouwbedrijfsleven (zie bijlage 10) is afgesproken dat het toetsingsprotocol zal worden ontwikkeld op basis van een producenten-risico van 10%. Op basis van de in dit rapport gedane aannames omtrent de grootte van  $VC_{tot}$ ,  $VC_{part}$  en  $VC_{meet}$ , is, voor het toetsingsprotocol voor het Bouwstoffenbesluit, het nemen van meer dan 3 monsters bestaande uit meer dan 4 grepen per monster minder effectief uit het oogpunt van kosten. Voorgesteld wordt in het handhavingsprotocol het minimum van 3 monsters van 4 grepen voor te schrijven.



Een partij met een "werkelijke" waarde op het niveau van de toetsingswaarde heeft dan een goedkeurkans van 90%. Op het niveau van tweemaal de toetsingswaarde is de kans op onterechte goedkeuring nihil. Meer monsters en/of meer grepen nemen mag, de afkeurfactor is dan lager en de kans op onterechte goedkeuring neemt af, terwijl de goedkeurkans op het niveau van de toetsingswaarde 90% blijft. Voor het berekenen van de afkeurwaarde voor andere combinaties van aantal monsters en grepen per monster wordt een formule in het toetsingsprotocol opgenomen.

## 6 De afkeurcurve in relatie tot bodembescherming

### 6.1 Afkeurwaarde en emissie naar de bodem

Indien een partij bouw materiaal onterecht wordt goedgekeurd zal er sprake zijn van meer dan marginale bodembelasting (zie voor berekening van de marginale bodembelasting (RIVM/RIZA-rapport). Onterechte goedkeuring is gedefinieerd als een partij bouw materiaal met een "werkelijke" waarde boven de toetsingswaarde, die volgens het toetsingsprotocol wordt goedgekeurd met een gemiddelde kleiner dan de afkeurwaarde.

Het zal duidelijk zijn dat hoe kleiner het verschil tussen de toetsingswaarde en de afkeurwaarde, hoe kleiner het ongewenste effect van onterechte goedkeuring op de onderliggende bodem zal zijn. Het is dus zaak de afkeurwaarde en dus de afkeurfactor zo laag mogelijk te houden.

In bijlage 11 is voor diverse stoffen en voor verschillende waarden van de afkeurfactor (AF) aangegeven hoeveel maal de marginale belasting van de bodem wordt overschreden als de "werkelijke" waarde gelijk zou zijn aan de afkeurwaarde (AW). Op het niveau van de afkeurwaarde is de kans op onterechte goedkeuring 50% (zie ook hoofdstuk 5.3). Voor de uitloging van niet-vormgegeven bouwmaterialen is dit als volgt berekend:

$$\frac{\text{afkeurfactor} * \text{toetsingswaarde stof } i - a_{0,i}}{\text{marginale belasting stof } i} \quad (12)$$

$a_{0,i}$  = correctie voor lab-praktijk (zie RIVM/RIZA-rapport)

Voor sommige stoffen is door VROM/V&W de toegelaten belasting van de bodem verhoogd om het hergebruik van sommige bouwmaterialen te verruimen (zie RIVM/RIZA-rapport). Deze stoffen belasten de bodem op het niveau van de toetsingswaarde meer dan marginaal. In bijlage 11 wordt onderscheid gemaakt tussen categorie 1 en categorie 2 bouwmaterialen.

Voor de samenstelling en de uitloging van vormgegeven bouwmaterialen is de meer dan marginale belasting van de bodem (uitgedrukt als factor) gelijk aan de afkeurfactor.

### 6.2 Conclusies

Om het effect van onterechte goedkeuring van bouwmaterialen op de belasting van de bodem zo veel mogelijk te beperken, moet de afkeurfactor zo klein mogelijk zijn.

Verlaging is onder andere mogelijk door meer monsters en/of grepen voor te schrijven in het toetsingsprotocol. Voorgesteld wordt in het handhavingsprotocol het minimum van 3 monsters van 4 grepen voor te schrijven. Door deze keuze van c en n wordt de belasting van de bodem door onterecht goedgekeurde partijen beperkt tot maximaal tweemaal de marginale bodembelasting.

## 7 De afkeurwaarde en hergebruik

### Uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de relatie tussen de afkeurwaarde en het (her)gebruik van (secundaire) grondstoffen. Het hergebruik is berekend met behulp van de bouwmaterialen die zijn verzameld in het kader van het RIVM/RIZA-rapport en zijn opgeslagen in de RIVM-database BASIS. Aan deze bouwmaterialen zijn uitloog- en samenstellingsgegevens gemeten. Niet bekend is of de meetresultaten van deze bouwmaterialen het resultaat zijn van gemiddelden van één of meer monsters ( $c$ ) die waren samengesteld uit één of meer grepen ( $m$ ). In dit rapport is ervan uitgegaan dat elk meetresultaat in BASIS is verkregen uit één monster ( $c=1$ ) van één greep ( $m=1$ ). Hiervan uitgaande zou ook de afkeurwaarde moeten worden berekend met  $c=1$  en  $m=1$ . In hoofdstuk 6 is echter voorgesteld in het handhavingsprotocol tenminste 3 monsters van tenminste 4 grepen voor te schrijven.

**In dit hoofdstuk is eerst (eerste berekening) het hergebruik berekend onder de aanname dat elk meetresultaat in de database BASIS representatief is voor "gemiddelden" verkregen met drie monsters ( $c=3$ ) van elk vier grepen ( $m=4$ ). In de regel zal het aantal monsters en grepen kleiner dan drie zijn geweest. Deze "gemiddelden" worden vervolgens getoetst aan een afkeurwaarde die berekend is voor  $c=3$  monsters,  $m=4$  grepen per monster en  $VC_{meet}=0.25$ . Dit betekent de meetresultaten aan een strengere (lagere) afkeurwaarde worden getoetst.**

**Vervolgens is het databestand nogmaals doorgerekend (tweede berekening) maar nu onder de aanname dat de meetresultaten in de database BASIS per bouw materiaal representatief zijn voor één partij die gemeten is door middel van  $c=3$  monsters van  $m=4$  grepen per monster en  $VC_{meet}=0.25$ . In werkelijkheid zijn deze meetresultaten afkomstig uit verschillende partijen.** Dit betekent ook dat de meetresultaten aan een strengere toetsing worden onderworpen, immers de spreiding tussen partijen is groter dan binnen één partij.

**N.B.** In alle beoordelingen zijn stoffen met waarden onder de detectiegrens beschouwd als kleiner dan de afkeurwaarde ook als de detectiegrens in een enkel geval groter was dan de toetsingswaarde<sup>15</sup>. Voorts zijn in tegenstelling tot het RIVM/RIZA-rapport de uitschieters niet uit het databestand verwijderd. Dit betekent dat een uitzonderlijk hoge waarde wel meetelt in de berekeningen; dit kan immers ook in de praktijk voorkomen.

---

<sup>15</sup> Uit het RIVM/RIZA-rapport blijkt dat met name voor CN en Sn weinig gegevens bekend zijn. Voor Sn blijken de detectiegrenzen soms zeer hoog te zijn.

## 7.1 Toetsing van bouw materiaal uit BASIS aan een toetsingsprotocol $c=3$ , $n=4$ , $VC_{meet}=0.25$

### 7.1.1 Eerste berekening

De afkeurfactor voor een toetsingsprotocol met  $c=3$ ,  $m=4$  en  $VC_{meet}=0.25$  is voor de uitloging van vormgegeven bouwmaterialen 1.26 (1.78) en voor de uitloging van niet-vormgegeven alsmede de samenstelling organisch voor vormgegeven en niet-vormgegeven bouwmaterialen 1.34 (2.30). Tussen haakjes zijn de afkeurfactoren voor een toetsingsprotocol van  $c=1$ ,  $m=1$  en  $VC_{meet}=0.25$  gegeven.

Elk bouw materiaal is beoordeeld met zowel de afkeurwaarde voor de uitloging als voor de samenstelling (organische stoffen). Dit resulteert voor elke beoordeling in een fractie van het totaal aantal gemeten monsters per soort bouw materiaal dat de toetsingswaarde overschrijdt. Daarna heeft op basis van deze beoordelingen een toewijzing in categorieën plaatsgevonden.

#### Drie manieren van vergelijken

Op drie manieren is uitgerekend hoe vaak een bouw materiaal de afkeurwaarde overschrijdt als fractie van het totaal.

1. Een vergelijking als een bouw materiaal op meer dan één stof kan worden afgekeurd, zoals ook in de praktijk plaatsvindt. Deze vergelijking wordt in dit hoofdstuk aangeduid met "max". Met de beoordeling wordt beoogd na te gaan of, als meer dan één stof voor een bouw materiaal kritisch is, dit tot een grotere afkeuring leidt. Voorts is aangenomen dat als stoffen niet zijn gemeten, deze ook niet kritisch zijn voor de keuring van het bouw materiaal en dus onder de afkeurwaarde liggen. Uit het RIVM/RIZA-rapport blijkt dat slechts in een enkel geval kritische stoffen ten onrechte niet waren gemeten. Als formule:

$$\max = \frac{\text{aantal maal dat van een bouw materiaal } j \text{ een of meer stoffen de afkeurwaarde overschrijden}}{\text{totaal aantal maal dat dit bouw materiaal } j \text{ in de database voorkomt}} \quad (13)$$

2. Een vergelijking als een bouw materiaal alleen op de meest kritische stof wordt beoordeeld. Deze vergelijking is ook uitgevoerd in het RIVM/RIZA-rapport. Deze vergelijking wordt in dit hoofdstuk aangeduid met "crit" en is als volgt uitgerekend:

$$crit = \frac{\text{aantal maal dat stof } i \text{ in bouw materiaal } j \text{ de afkeurwaarde overschrijdt}}{\text{totaal aantal maal dat stof } i \text{ in bouw materiaal } j \text{ is gemeten}} \quad (14)$$

*de meest kritische stof heeft de hoogste waarde voor crit*

3. Op verzoek van het bouwbedrijfsleven is ook een vergelijking gemaakt als een bouw materiaal wordt beoordeeld met de afkeurwaarde die is berekend met de variatiecoëfficiënt die behoort bij de stof en de proef. De afkeurwaarde wordt dus niet berekend met één vaste waarde voor  $VC_{rivm}$  (tabel 1) maar met de  $VC_j$ 's per stof en beproeving uit bijlage 7. De afkeurfactor is uitgerekend met formule 11, waarin in plaats van de  $VC_{rivm}$ , de  $VC_j$  per stof en beproeving is ingevuld. De afkeurfactor is berekend met  $c=3$  monsters,  $m=4$  grepen per monster en  $VC_{meet}=0.25$ . Als geen  $VC_j$  was berekend, is de  $VC_{rivm}$  voor die stof gebruikt. Als de  $VC_j$  kleiner was dan  $VC_{meet}$  is  $VC_{meet} = VC_j$ . Deze vergelijking wordt in dit hoofdstuk aangeduid met "eigen".

Na de vergelijking van het uitlooggedrag en samenstelling met de bijbehorende afkeurwaarden ( $c=3$ ,  $m=4$ ,  $VC_{meet}=0.25$ ) zijn de bouwmaterialen ingedeeld in categorie 1, categorie 2, bijzondere categorie en niet-toepasbaar. De resultaten zijn voor "max", "crit" en "eigen" weergegeven in bijlage 13. N.B. in tabellen in de bijlage 13 is dus alleen het gecombineerde effect van uitloging en samenstelling zichtbaar gemaakt voor de vergelijking op basis van "max", "crit", "eigen-max" en "eigen-crit"<sup>16</sup>. Tevens is de verwachting ten aanzien van de herbruikbaarheid van bouwmaterialen uit het RIVM/RIZA-rapport opgenomen.

### Resultaat

Uit bijlage 13, tabel a en b blijkt dat er geen verschil is tussen "max" en "crit". Het verschil dat er is, is toe te schrijven aan de veronderstelling dat als een stof niet gemeten is, deze niet kritisch is en onder de afkeurwaarde ligt. Deze aanname lijkt wellicht te optimistisch. Door gebrek aan meetgegevens is echter een betere benadering niet mogelijk. Voorts is er geen verschil tussen "eigen-crit" en "crit" noch tussen "eigen-max" en "max". Een beoordeling van het hergebruik op basis van "crit" is daarom in dit rapport (tweede berekening) verder uitgewerkt. In het RIVM/RIZA-rapport is de verwachting van het hergebruik ook geschat op basis van "crit".

In tabel 6 zijn alle bouwmaterialen opgenomen waarvan de fractie herbruikbaar ("crit") als

---

<sup>16</sup> Eigen-max, respectievelijk eigen-crit betekent dat de  $VC_j$  is gebruikt in plaats van de  $VC_{rivm}$ . Daarna zijn de berekeningen zowel uitgevoerd voor "max" als voor "crit".

categorie 1 of als categorie 2 bouw materiaal meer dan 10% lager is dan de verwachte waarde uit het RIVM/RIZA-rapport.

Uit tabel 6 blijkt dat de verschillen in vrijwel alle gevallen kunnen worden verklaard door een te gering aantal meetgegevens (representativiteit).

Tabel 6 Conclusies uit bijlage 13.

bouw materiaal	fractie herbruikbaar in categorie 1 of 2 meer dan 10% lager dan verwachting RIVM/RIZA	verantwoordelijke stof	mogelijke oorzaak
Niet-vormgegeven bouwmaterialen			
Betonggranulaat	1 naar 0.89	Ba	één hoge uitschieter
Hoogovenstukslak	0.67 naar 0	Ba	twee metingen
Menggranulaat (niet-gecertificeerd)	0.75 naar 0.57	Mo	onbekend
Metselwerkgranulaat (niet gecertificeerd)	1 naar 0.5	SO4	twee metingen
Mijnsteen overigen	1 naar 0.5	fenol	twee keer gemeten
natuurlijk zand	1 naar 0.33	Minerale olie	zeer waarschijnlijk geen natuurlijk zand maar verontreinigd zand (zie RIVM/RIZA-rapport)
recycling brekerzand (niet gecertificeerd)	0.46 naar 0	SO4	onbekend
Wervelbedvliegias	0.17 naar 0	Mo	één keer gemeten
Vormgegeven bouwmaterialen			
kalkzandsteen met 37% EC-vliegias	1 naar 0.5	Se	twee keer gemeten. Wordt niet geproduceerd.

### 7.1.2 Tweede berekening

Stel dat de meetresultaten in de database BASIS per bouw materiaal representatief zijn voor één "partij" die gemeten is door middel van tenminste 3 monsters van 4 grepen. In werkelijkheid zijn de meetresultaten afkomstig uit verschillende partijen. Als dit geldt wordt de "partij" goedgekeurd voor een bepaalde categorie als  $\bar{x} / T$  onder de afkeurfactor

( $AF=AW/T$ ) ligt. Van elk bouw materiaal in de database BASIS is  $\bar{x} / T$  en  $s/T$  berekend

die behoren bij het uitloggedrag of samenstelling (organisch) van de meest kritische stof.

Ook nu wordt getoetst aan een afkeurfactor die is berekend met  $c=3$ ,  $m=4$  en  $VC_{meet}=0.25$ .

Als extra voorwaarde is gesteld dat het aantal metingen van de meest kritische stof groter

of gelijk aan drie ( $c > 2$ ) moet zijn om te voldoen aan het uitgangspunt van deze vergelijking, namelijk tenminste 3 monsters uit de "partij". Uitschieters zijn niet verwijderd.

De resultaten van deze vergelijking zijn grafisch<sup>17</sup> weergegeven in:

afbeelding 7	niet-vormgegeven	uitloging categorie 1
afbeelding 8	niet-vormgegeven	uitloging categorie 2
afbeelding 9	vormgegeven	uitloging categorie 1
afbeelding 10	vormgegeven	uitloging categorie 2
afbeelding 11	(niet-)vormgegeven	samenstelling organisch

In elke afbeelding is tevens de relatie tussen de afkeurfactor (AF) en  $VC_{part}$  berekend voor  $c=3$  en  $m=4$  (zie hoofdstuk 5) voor de diverse  $VC_{rivm}$ 's en weergegeven. Het snijpunt met de horizontale lijn geldt voor  $VC_{meet} = 0.25$ , hieronder liggen de goedgekeurde "partijen".

### Resultaat

In tabel 7 is aangegeven welke "partijen" bouwmaterialen zouden worden afgekeurd voor toepassing in een bepaalde categorie. Het resultaat van een keuring geldt altijd voor de gehele partij. Omdat alle waarnemingen worden verondersteld afkomstig te zijn uit één partij, valt een bouwstof in deze vergelijking dus altijd in zijn geheel in een bepaalde categorie. Behalve als het specifiek is vermeld, is er geen onderscheid gemaakt tussen gecertificeerd en niet-gecertificeerd bouw materiaal. Niet-gecertificeerde bouwmaterialen hebben het in de regel moeilijker.

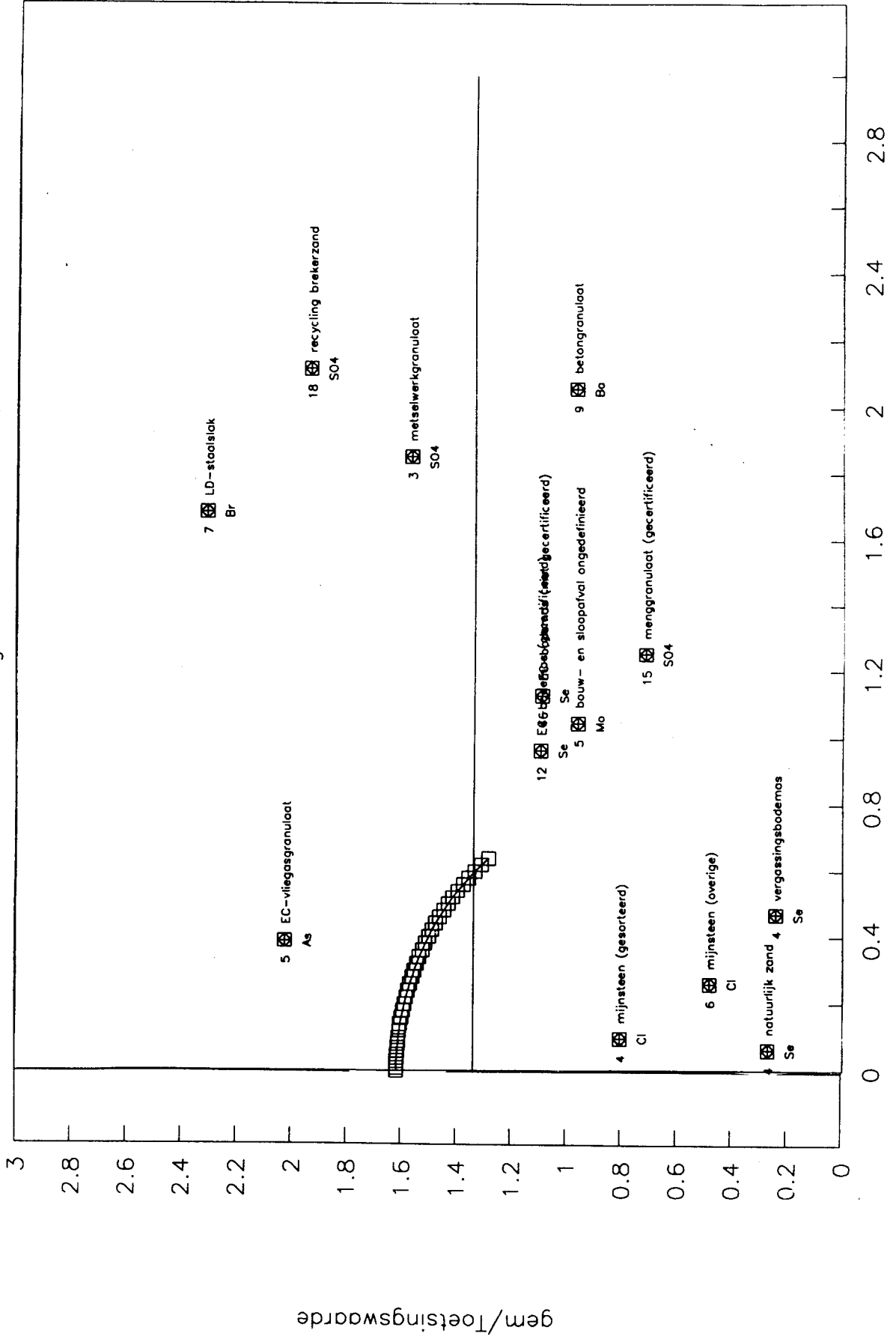
---

<sup>17</sup> In de afbeeldingen 7-11 zijn van diverse (niet-)vormgegeven bouwmaterialen het gemiddelde en standaardafwijking, beide gedeeld door de U1-toetsingswaarde, toegevoegd aan afbeelding 6. N.B. de afkeurwaarden en dus de afkeurfactor voor het uitlooggedrag van vormgegeven bouwmaterialen verschilt van die van het uitlooggedrag van niet-vormgegeven bouwmaterialen.



# GEMIDDELDE VERSUS SPREIDING in PARTIJ

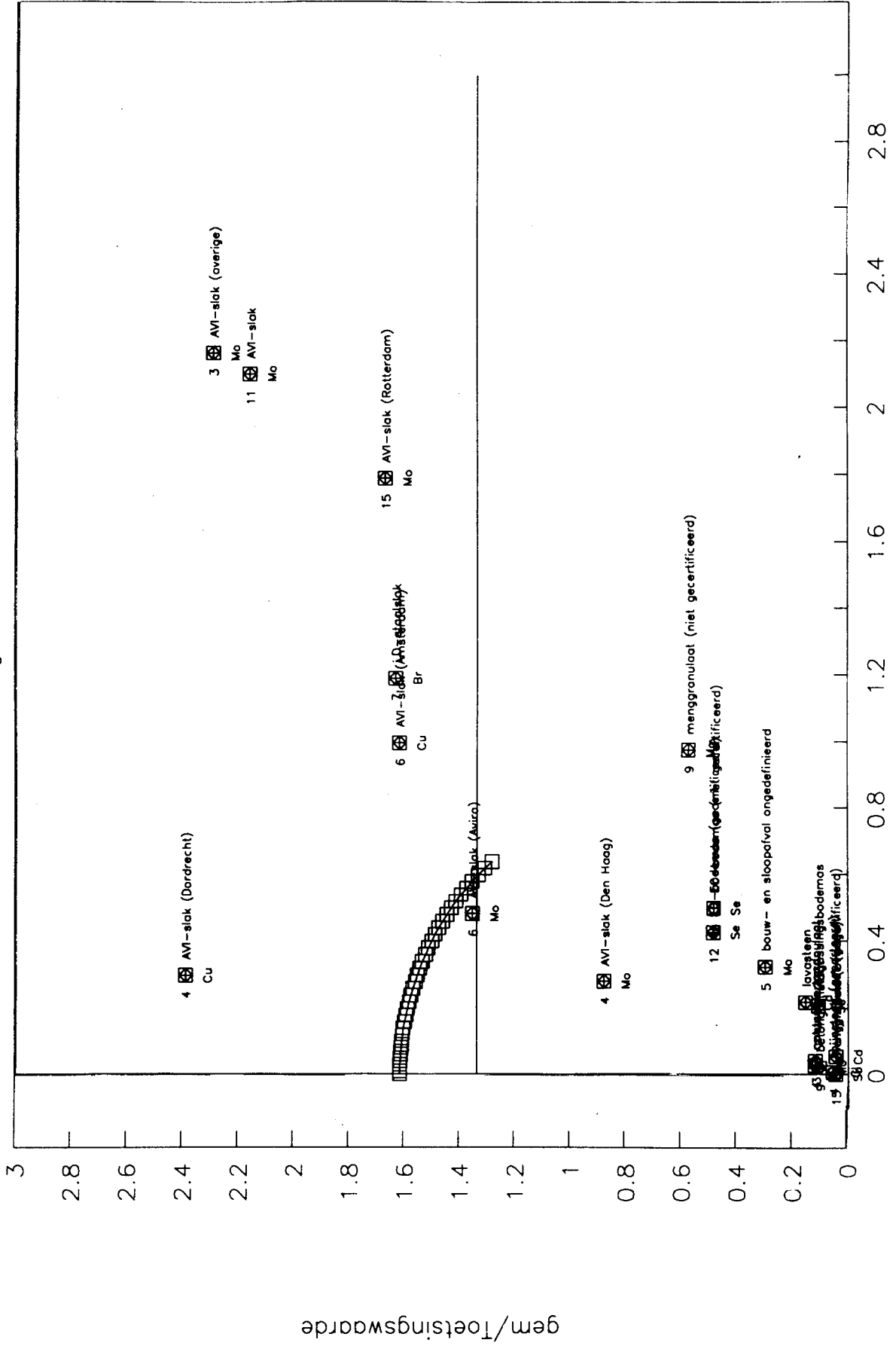
toetsingswaarde U1



VC-part/Toetsingswaarde

# GEMIDDELDE versus SPREIDING in PARTIJ

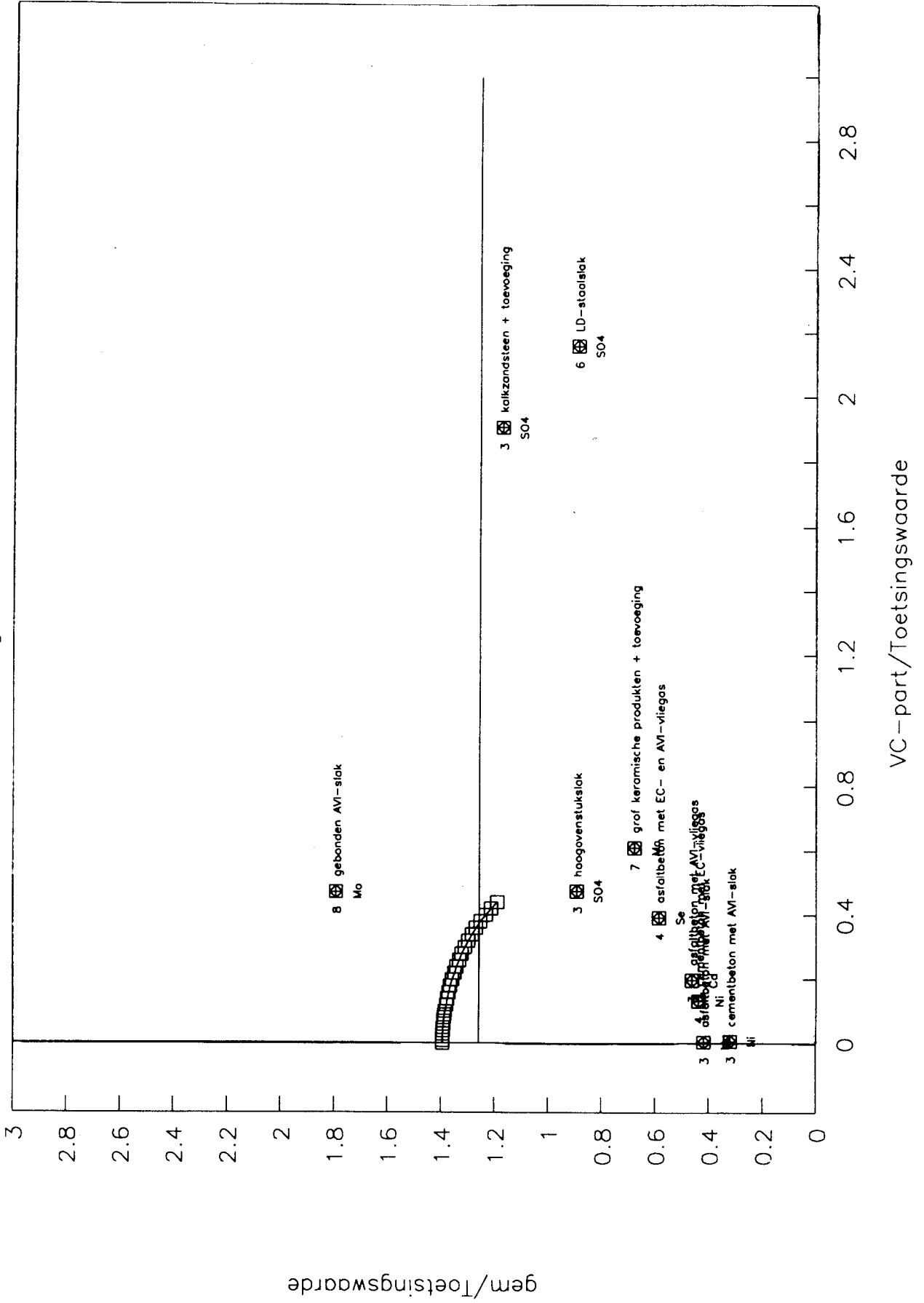
toetsingswaarde U2



VC-part/Toetsingswaarde

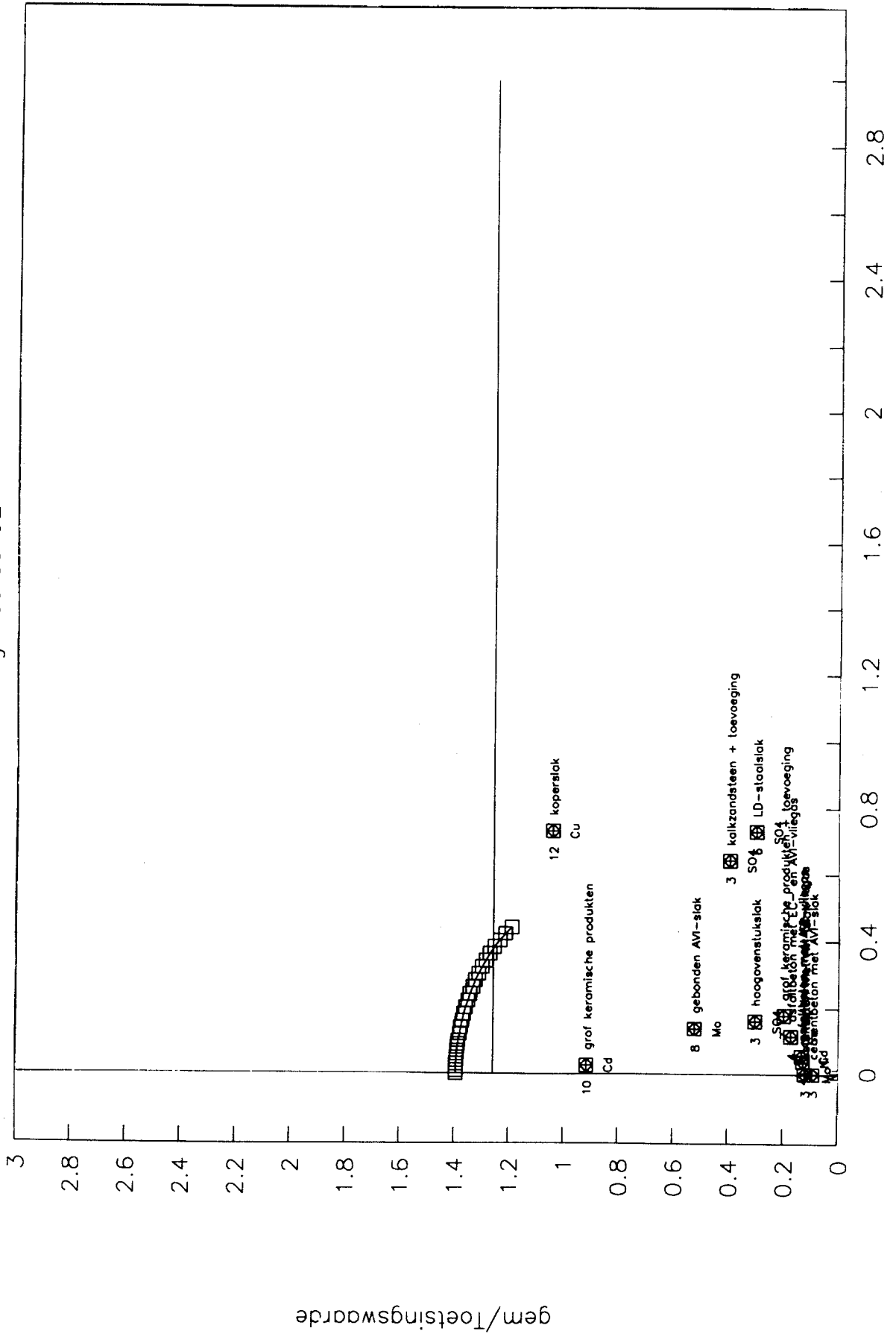
# GEMIDDELDE versus SPREIDING in PARTIJ

toetsingswaarde U1



# GEMIDDELDE versus SPREIDING in PARTIJ

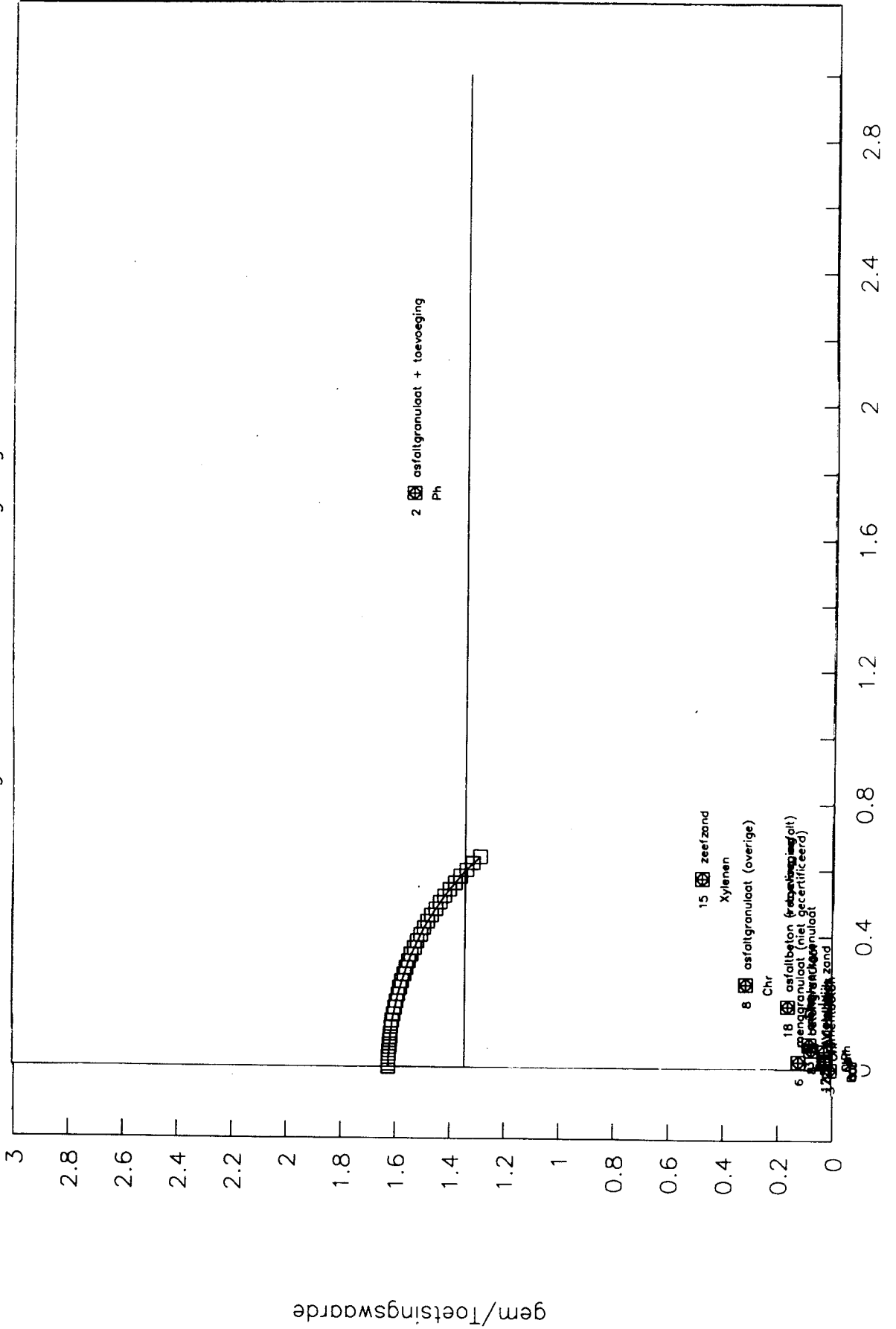
toetsingswaarde U2



VC-part/Toetsingswaarde

# GEMIDDELDE versus SPREIDING in PARTIJ

toetsingswaarde samenstelling organisch



Tabel 7 Bouwmaterialen die de afkeurwaarde overschrijden voor categorie 1 (wit) en ook voor categorie 2 (grijs) per kritische stof.

bouw materiaal	kritische stof	opmerking
niet-vormgegeven bouwmaterialen, niet toepasbaar als categorie 1		en ook niet als categorie 2
AVI-vliegas (buiten range afbeelding 7 en 8)	Cd	wordt als zodanig niet toegepast
EC-vliegas (buiten range afbeelding 7 en 8)	Se	wordt als zodanig niet toegepast, is wel toepasbaar in cementbeton
AVI-bodemass (buiten range afbeelding 7 en deels 8)	Mo, Cu, Sb, SO <sub>4</sub>	toepasbaar in bijzondere categorie
ELO-slak (buiten range afbeelding 7 en 8)	Mo	wordt als zodanig niet toegepast
LD-staalslak	Br	na aanpassing productieproces geen probleem
EC-vliegasgranulaat	As	wordt niet toegepast als niet-vormgegeven
recycling brekerzand (niet + wel gecertificeerd)	SO <sub>4</sub>	
Metselwerkgranulaat (niet + wel gecertificeerd)	SO <sub>4</sub>	
vormgegeven bouwmaterialen, niet toepasbaar als categorie 1		en ook niet als categorie 2
Cementbeton met jarosietindslak (buiten range afbeelding 9 en 10)	Hg	wordt niet gemaakt
koperslak (buiten range afbeelding 9)	Cu	wordt als zodanig niet toegepast
gebonden AVI-bodemass	Mo	wordt als zodanig niet toegepast
bouwmaterialen, niet toepasbaar of alleen toepasbaar in bijzondere categorie		
asfaltbeton met teer	Naf	bijzondere categorie
recycling brekerzand	PAK-10	één zeer hoge uitschieter
bouw en sloopafval	PAK-10	
asfaltgranulaat met teer	Ph	bijzondere categorie

## Conclusie

Van de bouwmaterialen die als zodanig worden toegepast valt LD-staalslak op. De reden wordt genoemd in het RIVM/RIZA-rapport. Niet-gecertificeerde materialen hebben het, zoals verwacht, moeilijker. Een aantal "afkeuringen" zijn het gevolg van enkele metingen met soms hoge uitschieters.

## 7.2 Vergelijking met de set Van Ruiten/Branche document

Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen de hoogte van de afkeurwaarde en de herbruikbaarheid, is ook de set van bouwmaterialen uit de "Van Ruiten/Branche document" doorgerekend door de frakties ("crit") van bouwmaterialen uit deze set te vermenigvuldigen met de inzet van die bouwmaterialen (bijlage 13). Deze set is in nauw overleg

met het bouwbedrijfsleven tot stand gekomen en ook door VROM/V&W als uitgangspunt voor de berekeningen aanvaard. Voor de precieze samenstelling en de bijbehorende inzet in Ktonnages wordt verwezen naar het RIVM/RIZA-rapport (zie bijlage 12).

### Berekening

In afbeelding 12 zijn de totaal hoeveelheden die in de diverse categorieën kunnen worden ingezet (in kton) versus de afkeurfactor weergegeven. Tevens is de verwachting ten aanzien van het hergebruik van het RIVM/RIZA-rapport weergegeven. De afbeelding is verkregen door het hergebruik voor de set Van Ruiten/branch document voor 1\*afkeurfactor tot 2.2\*afkeurfactor door te rekenen voor "crit". De afkeurfactor die behoort bij  $c=3$ ,  $m=4$  en  $VC_{meet} = 0.25$  ligt tussen 1.26 en 1.34 (voor  $c=1$ ,  $m=1$  en  $VC_{meet}=0.25$  tussen 1.78-2.30<sup>18</sup>). In tabel 6 zijn de totaal Ktonnages voor de set Van Ruiten/Branchdocument weergegeven per categorie bouw materiaal.

### Resultaat

Uit de tabel en berekeningen blijkt dat:

1. Het hergebruik goed overeenkomt met het hergebruik zoals verwacht in het RIVM/RIZA-rapport<sup>19</sup>.
2. Het hergebruik van vormgegeven Bouwmaterialen niet wordt belemmerd.

Uit bijlage 13 blijkt dat van de niet-vormgegeven bouwmaterialen circa 10% van de EC-bodemas (seleen), 10% van het niet-gecertificeerde menggranulaat en 12% van het

---

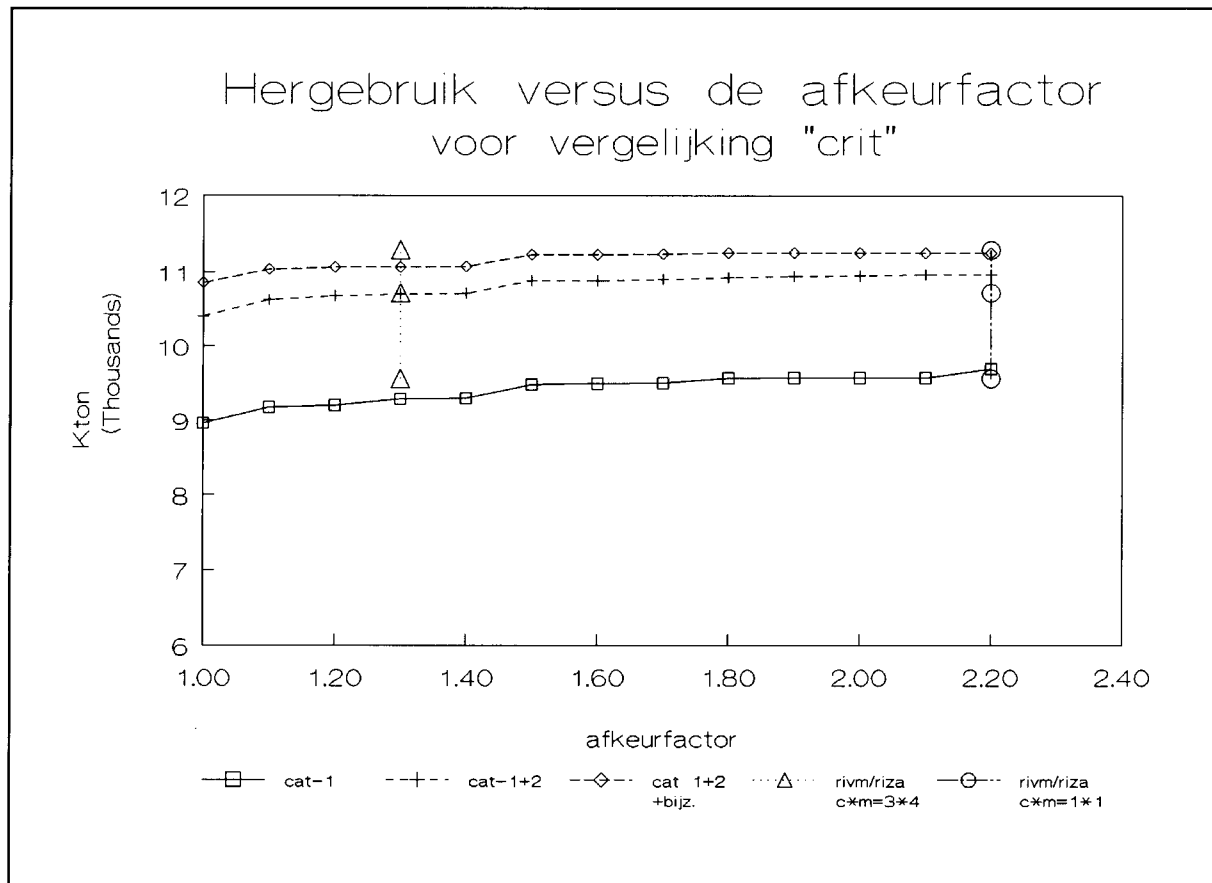
<sup>18</sup> In de afbeelding en de tabel is geen onderscheid gemaakt tussen vormgegeven en niet-vormgegeven bouwmaterialen. Daarom is de afkeurfactor niet precies aan te geven. Uit berekeningen blijkt dat het hergebruik van vormgegeven bouwmaterialen niet meer wordt gehinderd vanaf een afkeurfactor van circa 1.2. Vanaf die waarde is de stijging geheel voor rekening van de niet-vormgegeven bouwmaterialen. Het hergebruik dient dan voor  $c=3$ ,  $m=4$  te worden afgelezen bij 1.34 (voor  $c=1$ ,  $m=1$  bij 2.30).

<sup>19</sup> In de berekening van de verwachte herbruikbaarheid is in het RIVM/RIZA-rapport met het volgende rekening gehouden:

- uitschieters zijn verwijderd.
- detectiegrens is beschouwd als meetwaarde.
- op basis van expertise zijn onwaarschijnlijke meetresultaten niet meegenomen.

In de berekening van de herbruikbaarheid is in dit rapport uitgegaan van de meetpraktijk:

- geen uitschieters verwijderd.
- detectiegrens gelijkgesteld aan nul.



**Afbeelding 12** Hergebruik versus afkeurfactor in geval wordt afgekeurd op de meest kritische stof. Vertikaal de verwachting uit RIVM/RIZA-rapport bij  $c*m=3*4$  en bij  $c*m=1*1$ .

zeefzand<sup>20</sup> niet toepasbaar is. Ook een deel van de AVI-bodemas en EC-vliegas is niet toepasbaar als cat 1 of cat 2 bouw materiaal. AVI-bodemas kan worden toegepast in de bijzondere categorie en EC-vliegas wordt momenteel geheel afgezet in cementbeton.

<sup>20</sup> Door kwaliteitsverbetering en certificering zal de herbruikbaarheid in de toekomst toenemen.



Tabel 6 Verwachte afzet in Kton van bouwmaterialen in 1990 uitgaande van de set "Van Ruiten/branche dokument" en de berekende inzet volgens het toetsingsprotocol en normstelling van het Bouwstoffenbesluit voor  $VC_{meet}=25\%$ .

Indeling volgens Van Ruiten	Indeling in klassen							
	totaal beoordeelde inzet	cat.1.	onzeker cat. 1. of cat. 2.	onzeker cat. 1. of storten	cat.2.	onzeker cat.1. of cat. 2. of storten	Niet storten: "Bijzondere categorie" of op andere wijze toepasbaar	storten *
<b>1990 verwachte afzet in Kton</b>								
Type bouw materiaal								
N1/V1: verwacht	7246	6482			764	0	0	0
95% betrouwbaarheid	7246	3406	1709	856	20	1255	0	0
berekend in deze studie: op basis van "crit"	7246	6401			836		0	8
N2/V2 verwacht	4083	3020			351	0	582	131
95% betrouwbaarheid	4083	1208	1448	249	0	632	470	77
berekend in deze studie: op basis van "crit"	4083	2788			575		367	353
rest verwacht	100	61			39	0	0	0
95% betrouwbaarheid	100	47	27	0	20	6	0	0
berekend in deze studie: op basis van "crit"	100	100			0		0	0
Totaal verwacht	11429	9563			1154	0	582	131
95% betrouwbaarheid	11429	4661	3184	1105	40	1892	470	77
berekend in deze studie: op basis van "crit"	11429	9289			1412		367	361

\* De toegelaten correcties voor vormgegeven bouwmaterialen zijn in deze tabel niet verdisconteerd.

## 7.6 Conclusie

Het hergebruik komt goed overeen met het verwachte hergebruik in het RIVM/RIZA-rapport. Het hergebruik zal door de "worst case" benadering waarschijnlijk hoger uitvallen.

## 8 Afkeurfactor en kosten

Een belangrijke factor in de kosten-berekening is de maximale omvang van de partij die in een keer wordt gekeurd. Door VROM/V&W wordt voorgesteld de maximale partijgrootte te stellen op 2000 ton. In de ontwikkeling van de toetsingsprocedure speelt de partijgrootte geen rol. Wel voor de berekening van de kosten van het Bouwstoffenbesluit.

Het RIVM heeft IWACO BV gevraagd een kosten-berekening te maken voor de meting van bouwmaterialen voor het Bouwstoffenbesluit, dus inclusief monsternemingskosten. De monsternemingskosten voor de niet-vormgegeven bouwmaterialen zijn berekend met de formule:

$$\left(A + \frac{n}{4} + \sqrt{\frac{n}{8}}\right) * c * P * 2 + INT\left\{1 + \frac{\left(A + \frac{n}{4} + \sqrt{\frac{n}{8}}\right) * c}{10}\right\} * R \quad (15)$$

en voor de vormgegeven bouwmaterialen met de formule:

$$\left(A + \frac{n}{12}\right) * c * P + INT\left\{1 + \frac{\left(A + \frac{n}{12}\right) * c}{10}\right\} * R \quad (16)$$

waarin:

- n totaal aantal grepen
- A administratietijd in uur (0.5 uur)
- c aantal monsters
- P personelekosten per uur (f 75)
- R reiskosten (f 100)

INT{..} alleen rekenen met getal voor de komma

De kosten voor de monstervoorbehandeling, beproeving en analyse van de stoffen zijn gespecificeerd in bijlage 14. Voor anorganische stoffen is uitgegaan van gemiddeld 5 kritische stoffen en voor organische van gemiddeld 1 kritische stof. In tabel 9 is een overzicht gegeven van de meetkosten voor diverse combinaties van c en m. De meetkosten voor een handhavingscontrole door middel van 3 monsters van 4 grepen bedragen per 2000 ton circa f 4000,-.

Waarbij nog opgemerkt wordt dat partijen kleiner dan 2000 ton ook aan de toetsingswaarde moeten voldoen.

Tabel 9. Keuringskosten in guldens per ton voor verschillende combinaties van aantallen monsters en grepen per menmonster voor niet-vormgegeven/vormgegeven bouwmaterialen.

aantal monsters c	aantal grepen per mengmonster (m)					
	1	2	4	8	10	16
1	1220/1000	1265/1010	1350/1020	1520/1050	1600/1060	1840/1100
2	1910/2340	2430/1920	2600/1990	2930/1990	3100/2020	3680/2090
3	3460/2810	3600/2830	3860/2870	4350/2940	4700/2980	5420/3090
4	4580/3712	4760/3740	5110/3790	5870/3890	6190/3940	7260/4090
5	5700/4610	5930/4650	6360/4710	7290/4830	7690/4900	9000/5080
8	9060/7324	9430/7370	10210/7470	11640/7670	12290/7870	14410/8170
10	11300/9130	11860/9200	12710/9320	14470/9670	15390/9790	17990/10170

### 8.1 Conclusie

De meetkosten bedragen voor het ontwikkelde toetsingsprotocol circa f 4000,- per 2000 ton bouw materiaal.

## 9 Voorstel toetsingsprocedure

Procedure:

- baken een partij af van 2000 ton bouw materiaal of de gehele partij als deze kleiner is dan 2000 ton.
- neem tenminste 12 aselechte grepen uit deze partij volgens NEN 7300.
- voeg deze grepen aselect samen tot tenminste  $c=3$  mengmonsters van tenminste  $m=4$  grepen elk (elk monster even veel grepen).
- meet de te toetsen eigenschappen van de monsters per stof volgens de NEN 73xx-serie.
- bereken per stof (i) het gemiddelde ( $\bar{x}_i$ ) van de meetresultaten van de drie of meer mengmonsters.
- keur de partij af als  $\bar{x}_i > \text{afkeurfactor} * \text{toetsingswaarde voor stof } i (T_i)$ .

Lees de afkeurwaarde af voor de betreffende categorie in tabel 10 en de toetsingswaarde in bijlage 1 van het Bouwstoffenbesluit voor het geval van 3 of 4 mengmonsters van elk 4-20 grepen per mengmonster.

N.B. voor andere waarden van  $c$  en  $m$  kan de afkeurwaarde worden berekend met formule 17:

$$\bar{x}_i \leq AW_i = T_i * AF = T_i * e^{1.282 * VC_{part} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{VC_{meet}^2}{VC_{part}^2}}} \quad (17)$$

Tabel 10 Afkeurfactoren voor bouwmaterialen voor 3 of 4 monsters van 4-20 grepen elk en  $VC_{meet}=0.25$ .

categorie	$VC_{rivm}$	$VC_{part}$	$VC_{meet}$	aantal grepen per monster				
				4	8	12	16	20
				3 monsters				
Niet-vormgegeven: uitloging en samenstelling (organisch)	0.65	0.60	0.25	1.34	1.27	1.25	1.24	1.23
vormgegeven: uitloging	0.45	0.38	0.25	1.26	1.23	1.22	1.22	1.22
				4 monsters				
Niet-vormgegeven: uitloging en samenstelling (organisch)	0.65	0.60	0.25	1.28	1.23	1.22	1.21	1.20
vormgegeven: uitloging	0.45	0.38	0.25	1.22	1.20	1.19	1.19	1.18

## **10 Taakstelling voor overheid en bouwbedrijfsleven en produktcontrole**

Om regelgeving te kunnen handhaven zijn betrouwbare voorschriften noodzakelijk. Deze voorschriften dienen informatie te bevatten over de herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van de beschreven methode (validatie). De kans dat de bodem meer dan marginaal wordt belast door bouwmaterialen die zijn goedgekeurd op basis van het voorgestelde protocol, is niet geheel uitgesloten maar ook niet te bewijzen. Het is derhalve gewenst het proces van validatie en onderzoek naar verlaging van de foutenbronnen met voortvarendheid voort te zetten. Het zou kunnen, dat op termijn kan worden vastgesteld dat bepaalde bouwmaterialen de toetsingswaarde systematisch overschrijden. Dit zou de toepassing van deze bouwmaterialen belemmeren. Verandering in de herbruikbaarheid van deze bouwmaterialen, als technische aanpassingen in het productieproces niet mogelijk zijn, vereist een beleidsmatige keuze waarin hergebruik en bodembescherming tegen elkaar moeten worden afgewogen, met als resultaat een mogelijke aanpassing van de toetsingswaarde in de AmvB (of MR) zoals voor sommige stoffen heeft plaatsgevonden. Het is echter niet gewenst de belemmering weg te nemen door een aanpassing van de toetsingsprocedure.

Voor het bedrijfsleven biedt dit toetsingsprotocol de mogelijkheid om een op het produkt en productieproces toegesneden BRL te ontwikkelen. Met de formules uit dit rapport kan worden berekend welke eisen men moet stellen aan het produkt bij een bedrijfscontrole als met minder dan het voorgeschreven aantal monsters en grepen (dus goedkoper) het productieproces wil controleren. Dit betekent wel dat een produkt bij een interne bedrijfscontrole wordt afgekeurd bij een produktwaarde die soms lager is dan de toetsingswaarde.

**Bijlagen**



**Bijlage 1** behorende bij de artikelen 1, eerste lid, onder h, en 6, tweede lid van het **Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming.**

**Samenstellingswaarden voor schone grond.**

Stof	CAS-nummer	saamenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof tenzij anders vermeld)
<b>ANORGANISCHE STOFFEN</b>		
<b>1. Metalen</b>		
arseen (As)	[7440-38-2]	29
barium (Ba)	[7440-39-3]	200
cadmium (Cd)	[7440-43-9]	0,8
chrom (Cr)	[7440-47-3]	100
cobalt (Co)	[7440-48-2]	20
koper (Cu)	[7440-50-8]	36
kwik (Hg)	[7439-97-6]	0,3
lood (Pb)	[7439-92-1]	85
molybdeen (Mo)	[7439-98-7]	10
nikkel (Ni)	[7440-02-0]	35
tin (Sn)	[7440-31-5]	20
zink (Zn)	[7440-66-5]	140
<b>2. Overige anorganische stoffen</b>		
bromide	n.v.t.	20 <sup>1</sup>
chloride	n.v.t.	200 <sup>2</sup>
cyanide (vrij)	n.v.t.	1
cyanide-complex	n.v.t.	5
fluoride	n.v.t.	175 + 13 Lu
sulfiden (totaal)	n.v.t.	2
<b>ORGANISCHE STOFFEN</b>		
<b>3. Aromatische stoffen</b>		
benzeen	[71-43-2]	0,05
ethylbenzeen	[100-41-4]	0,05
tolueen	[108-88-3]	0,05

<sup>1</sup> Bij het gebruiken van schone grond op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l, geldt voor bromide, in afwijking van de tabel, geen saamenstellingswaarde.

<sup>2</sup> Bij het gebruiken van schone grond op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l, geldt voor chloride, in afwijking van de tabel, geen saamenstellingswaarde.



Stof	CAS-nummer	samestellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof tenzij anders vermeld)
xylenen (som) <sup>3</sup>	[95-47-6], [108-38-3], [106-42-3]	0,05
isopropylbenzeen	[98-82-8]	a
styreen (Vinylbenzeen)	[100-42-5]	0,1
fenol	[108-95-2]	0,05
o-cresol (o-Methylfenol)	[95-48-7]	a
m-cresol (m-Methylfenol)	[108-39-4]	a
o-dihydroxybenzeen (Catechol)	[120-80-9]	a
1-hydroxynaftaleen ( $\alpha$ -Naftol)	[90-15-3]	a
5-methyl-2-isopropylfenol (Thymol)	[89-83-8]	a
<b>4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)</b>		
PAK's totaal (som 10) <sup>4</sup>	[91-20-3], [85-01-8], [120-12-7], [206-44-0], [56-55-3], [218-01-9], [207-08-9], [50-32-8], [191-24-2], [193-39-5]	1
<b>5. Gechloreerde koolwaterstoffen</b>		
a. (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen		
monochloorpropenen (som)	[590-21-6], [557-98-2], [107-05-1]	0,01
dichloormethaan	[75-09-2]	a
1,3-dichloorpropeen	[542-75-6]	a
trichloormethaan	[67-66-3]	0,001
trichloorethanen (som)	[79-01-6], [79-00-5]	0,001
trichlooretheen (Tri)	[79-01-6]	0,001
tetrachloormethaan (Tetra)	[56-23-5]	0,001
tetrachloorethanen (som)	[630-20-6], [79-34-5]	0,001
tetrachlooretheen (Per)	[127-18-4]	0,01
hexachloorethaan	[67-72-1]	0,01
bis(2-chloorisopropyl)-ether	[39638-32-9]	a
epichloorhydrine	[106-89-8]	a

<sup>3</sup> Onder xylenen (som) wordt verstaan: som van o-xyleen, m-xyleen en p-xyleen.

<sup>4</sup> Onder PAK (som 10) wordt verstaan: de som van antraceen, benzo(a)antraceen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, chryseen, fenantreen, fluoranteen, indeno (1,2,3-cd) pyreen, naftaleen en benzo(ghi)peryleen.

Stof	CAS-nummer	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof tenzij anders vermeld)
<b>b. chloorbenzenen</b>		
monochloorbenzeen	[108-90-7]	a
dichloorbenzenen (som)	[95-50-1], [541-73-1], [106-46-7]	0,01
trichloorbenzenen (som)	[87-61-6], [120-82-1], [108-70-3]	0,01
tetrachloorbenzenen (som)	[634-66-2], [634-90-2], [95-94-3]	0,01
pentachloorbenzeen	[608-93-5]	0,0025
hexachloorbenzeen	[188-74-1]	0,0025
<b>c. chloorfenolen</b>		
monochloorfenolen (som)	[95-57-8], [108-43-0], [106-48-9]	0,0025
dichloorfenolen (som)	[576-24-9], [120-83-2], [583-78-8], [87-65-0], [95-77-2], [591-35-5]	0,003
trichloorfenolen (som)	[15950-66-0], [933-78-8], [933-75-5], [95-95-4], [88-06-2], [609-19-18]	0,001
tetrachloorfenolen (som)	[4901-51-3], [58-90-2], [935-95-5]	0,001
pentachloorfenol	[87-86-5]	0,002
<b>d. polychloorbifenylen (PCB's)</b>		
PCB 28	[7012-37-5]	0,001
PCB 52	[35693-99-3]	0,001
PCB 101	[37680-37-2]	0,004
PCB 138	[35065-28-2]	0,004
PCB 153	[35065-27-1]	0,004
PCB 180	[35065-29-3]	0,004
PCB's (som 6) <sup>5</sup>	[7012-37-5], [35693-99-3], [37680-37-2], [35065-28-2], [35065-27-1], [35065-29-3]	0,02
PCB 118	[31508-00-6]	0,004
<b>e. overige gechloreerde koolwaterstoffen</b>		
chlooranilinen (som)	[95-51-2], [108-42-9], [106-47-8]	a
dichlooranilinen (som)	[608-27-5], [554-00-7], [95-82-9], [608-31-1], [95-76-1], [626-43-7]	a
EOCl (totaal)	n.v.t.	0,1
monochloornitrobenzenen (som)	[88-73-3], [121-73-3], [100-10-5]	0,01

<sup>5</sup> Onder PCB's (som 6) wordt verstaan: de som van PCB 28, 52, 101, 138, 153 en 180.

Stof	CAS-nummer	samestellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof tenzij anders vermeld)
dichloornitrobenzenen (som)	[3209-22-1], [611-06-3], [89-61-2], [99-54-7], [618-62-2], [601-88-7]	0,01
monochloortoluenen (som)	[95-49-8], [108-49-8], [106-43-4]	a
<b>6. Bestrijdingsmiddelen</b>		
a. organochloor-bestrijdingsmiddelen		
aldrin	[390-00-2]	0,0025
chloordaan	[57-74-9]	0,010
DDT/DDE/DDD <sup>6</sup>	[72-54-9], [53-19-0],[784-02-6], [72-54-8], [3424-82-6], [50-29-3]	0,0025
dieldrin	[60-57-1]	0,0005
endrin	[72-20-8]	0,001
$\alpha$ -endosulfan	[115-29-7]	0,0025
$\alpha$ -HCH	[319-84-6]	0,0025
$\beta$ -HCH	[319-85-7]	0,001
$\gamma$ -HCH (lindaan)	[58-89-9]	0,05 $\mu$ g/kg
heptachloor	[76-44-8]	0,0025
heptachloorepoxide (som)	[280044-83-9], [1024-5703]	0,0025
hexachloorbutadiëen	[87-68-3]	0,0025
b. organofosfor-bestrijdingsmiddelen		
azinfos-methyl	[86-50-0]	0,06 $\mu$ g/kg
azinfos-ethyl	[2642-71-9]	0,01
cholinesterase remming	n.v.t.	a
demeton (som)	[17040-19-6], [298-03-3], [126-75-0], [919-86-8]	a
diazinon	[333-41-5]	0,07 $\mu$ g/kg
dichloorvos	[62-73-7]	a
dimetheoaat	[60-51-5]	a
disulfoton	[298-04-4]	0,01
fentirothion	[122-14-5]	0,01
malathion	[121-75-5]	0,02 $\mu$ g/kg
parathion(-ethyl)	[56-38-2]	0,04 $\mu$ g/kg
parathion + parathion-me- thyl	[56-38-2], [298-00-0]	0,01
triazofos	[24017-47-8]	0,01
trichloorfon	[52-68-6]	a

<sup>6</sup> Onder DDT/DDD/DDE wordt verstaan: de som van DDT, DDD en DDE.

Stof	CAS-nummer	samestellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof tenzij anders vermeld)
<b>c. organotinbestrijdingsmiddelen</b>		
TBTO	[813-19-4]	0,0001
<b>d. chloorphenoxy-carbonzuur herbiciden</b>		
2,4-D	[94-75-7]	a
dichloorprop	[120-36-5]	a
mcpa	[94-74-6]	a
mecoprop	[16484-77-8], [25333-13-5]	a
2,4,5-T	[93-76-5]	a
<b>e. aromatische chloor-aminen</b>		
linuron	[330-55-2]	a
monolinuron	[1746-81-2]	a
3,3-dichloorbenzidine	[91-94-1]	a
<b>f. overige bestrijdingsmiddelen</b>		
atrazine	[1912-24-9]	0,05 µg/kg
4-chloor-3-methylfenol	[59-50-7]	a
chloridazon	[1698-60-8]	a
dibroomethanen (som)	[557-91-5], [106-93-4]	a
dichloorethanen (som)	[75-34-3], [107-06-2]	a
dichloorethenen (som)	[75-35-4], [156-59-2], [156-60-5]	a
dichloorpropanen (som)	[78-87-5], [142-28-9], [78-99-9], [594-20-7]	a
1,3-dichloor-2-propanol	[96-23-1]	a
methylbromide	[74-83-9]	a
monochloorazijnzuur	[79-07-2]	a
propanil	[709-98-8]	a
trifluralin	[1582-09-8]	0,01
<b>7. Overige organische stoffen</b>		
acrylonitril	[107-13-1]	a
benzidine (som) <sup>7</sup>	zie voetnoot 7	a
bifenyyl	[92-52-4]	a
cyclohexanon	[108-94-1]	0,1
dimethylamine	[109-87-7]	a
diethylamine	[124-40-3]	a
ftalaten (som)	n.v.t.	0,1

<sup>7</sup> Onder benzidine (som) wordt verstaan de som van verbindingen met het casnummer: [109942-17-8], [102877-92-9], [91391-76-3], [60546-32-9], [32316-90-8], [32316-89-5], [28109-53-7], [16069-32-2], [4458-39-3], [2050-89-7], [1454-80-4], [492-17-1], [92-87-5].

Stof	CAS-nummer	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof tenzij anders vermeld)
geoxideerde pak's (totaal)	n.v.t.	1
heptaan	[142-82-5]	1
hydrazine	[302-01-2]	a
minerale olie <sup>8</sup>	n.v.t.	50
octaan	[111-65-9]	1
pyridine	[110-86-1]	0,1
tetrahydrofuran	[109-99-9]	0,1
tetrahydrothiofeen	[110-01-0]	0,1

### Verklaring van de afkortingen en tekens.

a = staat voor aantoonbaarheidsgrens, de samenstellingswaarde voor de desbetreffende stof is gelijkgesteld aan de aantoonbaarheidsgrens.

Lu = gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond.

\* Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond geldt voor zware metalen de volgende formule:

$$w_{act} = w_{std} * \frac{A + (B * \%lutum) + (C * \%org.stof)}{A + (B * 25) + (C * 10)}$$

waarin:

$w_{act}$  = waarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)

$w_{std}$  = waarde bij 25% lutum en 10% humus (mg/kg)

%lutum = gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond

%org.stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond

A, B en C = constanten afhankelijk van het metaal (zie tabel 1)

<sup>8</sup> Minerale olie heeft betrekking op de som van de (al dan niet) vertakte alkanen. Indien er enigerlei vorm van minerale olie verontreiniging wordt aangetoond in grond, dan dient naast het minerale olie-gehalte er ook het gehalte aan aromatische en/of polycyclische aromatische koolwaterstoffen bepaald te worden.

Tabel 1: Stofafhankelijke constanten metalen

stof	A	B	C
arseen (As)	15	0,4	0,4
barium (Ba)	30	5	0
cadmium (Cd)	0,4	0,007	0,021
chrom (Cr)	50	2	0
cobalt (Co)	2	0,28	0
koper (Cu)	15	0,6	0,6
kwik (Hg)	0,2	0,0034	0,0017
lood (Pb)	50	1	1
molybdeen (Mo)	1	0	0
nikkel (Ni)	10	1	0
tin (Sn)	1	0	0
zink (Zn)	50	3	1,5

Indien zich meetproblemen met lage gehalten organische stof of lutum voordoen kan van percentages van 2% organisch stof en lutum uitgegaan worden.

Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond voor organische stoffen geldt de volgende formule:

$$w_{act} = w_{std} * \frac{\%org.stof}{10}$$

waarin:

$w_{act}$  = waarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)

$w_{std}$  = waarde 10% humus (mg/kg) (zie tabel 1)

$\%org.stof$  = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond. Voor grond met gemeten organisch stofgehalten van meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% worden gehalten van respectievelijk 30% en 2% aangehouden.

**Bijlage 2** behorende bij de artikelen 1, eerste lid, onder j, k en l, 7, 9 en 22 van het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming.

**Samenstellings- en immissiewaarden voor bouwstoffen, niet zijnde schone grond.**

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m <sup>2</sup> per 100 jaar)	samenstel- lingswaarden voor andere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaan- de van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof)
<b>ANORGANISCHE STOFFEN</b>				
<b>1. Metalen</b>				
antimoon (Sb)	[7440-36-0]	39	-	-
arseen (As)	[7440-38-2]	435	-	55
barium (Ba)	[7440-39-3]	6300	-	625
cadmium (Cd)	[7440-43-9]	12	-	12
chrom (Cr)	[7440-47-3]	1500	-	380
cobalt (Co)	[7440-48-2]	300	-	240
koper (Cu)	[7440-50-8]	540	-	190
kwik (Hg)	[7439-97-6]	4.5	-	10
lood (Pb)	[7439-92-1]	1275	-	530
molybdeen (Mo)	[7439-98-7]	150	-	200
nikkel (Ni)	[7440-02-0]	525	-	210
seleen (Se)	[7782-49-2]	15	-	-
tin (Sn)	[7440-31-5]	300	-	-
vanadium (V)	[7440-62-2]	2400	-	-
zink (Zn)	[7440-66-5]	2100	-	720
<b>2. Overige anorganische stoffen</b>				
bromide	n.v.t.	300 <sup>1</sup>	-	-

<sup>1</sup> Bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l, geldt voor bromide, in afwijking van de tabel, geen immissiewaarde.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m <sup>2</sup> per 100 jaar)	samenstel- lingswaarden voor andere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaan- de van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof)
chloride	n.v.t.	30000 <sup>2</sup>	-	-
cyanide (vrij)	n.v.t.	15	-	20
cyanide (complex) (pH≥5) <sup>3</sup>	n.v.t.	75	-	50
cyanide (complex) (pH>5) <sup>3</sup>	n.v.t.	75	-	650
fluoride	n.v.t.	14000 <sup>4</sup>	-	-
thiocyanaten (som)	n.v.t.	-	-	20
sulfaat	n.v.t.	45000 <sup>5</sup>	-	-
<b>ORGANISCHE STOFFEN</b>				
<b>3. Aromatische stoffen</b>				
benzeen	[71-43-2]	-	1,25	1
ethylbenzeen	[100-41-4]	-	1,25	1,25
tolueen	[108-88-3]	-	1,25	1,25

<sup>2</sup> De in de tabel aangegeven immissiewaarde voor chloride is uitgedrukt in mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar.

Voor chloride geldt in afwijking van de in de tabel aangegeven immissiewaarde:

- een immissiewaarde van 87000 mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar bij het gebruiken op of in de bodem van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast;
- een immissiewaarde van 174000 mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar bij het gebruiken in oppervlaktewater van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast, en
- geen immissiewaarde bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l.

<sup>3</sup> Zuurgraad: pH (0,01 M CaCl<sub>2</sub>). Voor de bepaling pH groter dan of gelijk aan 5 en pH kleiner dan 5 geldt het 90-percentiel van de gemeten waarden.

<sup>4</sup> Bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloridegehalte van meer dan 5000 mg/l geldt voor fluoride, in afwijking van de in de tabel aangegeven immissiewaarde, een immissiewaarde van 56000 mg/m<sup>2</sup> per 100 jaar.

<sup>5</sup> De in de tabel aangegeven immissiewaarde voor sulfaat is uitgedrukt in mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar.

Voor sulfaat geldt in afwijking van de in de tabel aangegeven immissiewaarde:

- een immissiewaarde van 62000 mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar bij het gebruiken op of in de bodem van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast;
- een immissiewaarde van 124000 mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar bij het gebruiken in oppervlaktewater van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast, en
- een immissiewaarde van 180000 mg/m<sup>2</sup> per 1 jaar bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloridegehalte van meer dan 5000 mg/l.



Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m <sup>2</sup> per 100 jaar)	samenstel- lingswaarden voor andere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaan- de van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof)
xylenen (som) <sup>6</sup>	[95-47-6], [108-38-3], [106-42-3]	-	1,25	1,25
styreen (Vinylbenzeen)	[100-42-5]	-	-	100
fenol	[108-95-2]	-	1,25	1,25
cresolen (som) <sup>7</sup>	[108-39-4], [95-48-7], [106-44-5]	-	-	5
o-dihydroxybenzeen (Catechol)	[120-80-9]	-	-	20
m-dihydroxybenzeen (Resorcinol)	[108-46-3]	-	-	10
p-dihydroxybenzeen (Hydrochinon)	[123-31-9]	-	-	10
<b>4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)</b>				
naftaleen	[91-20-3]	-	5 <sup>8</sup>	5
fenantreen	[85-01-8]	-	20 <sup>8</sup>	20
antraceen	[120-12-7]	-	10 <sup>8</sup>	10
fluoranteen	[206-44-0]	-	35 <sup>8</sup>	35
chryseen	[56-55-3]	-	10 <sup>8</sup>	10
benzo(a)antraceen	[218-01-9]	-	50 <sup>8</sup>	40
benzo(a)pyreen	[207-08-9]	-	10 <sup>8</sup>	10
benzo(k)fluoranteen	[50-32-8]	-	50 <sup>8</sup>	40
indeno (1,2,3cd) pyreen	[191-42-2]	-	50 <sup>8</sup>	40
benzo(ghi)peryleen	[193-39-5]	-	50 <sup>8</sup>	40

<sup>6</sup> Onder Xylenen (som) wordt verstaan: som van m-Xyleen, p-Xyleen en o-Xyleen.

<sup>7</sup> Onder Cresolen (som) wordt verstaan: som van m-Cresol, p-Cresol en o-Cresol.

<sup>8</sup> Voor bouw- en sloopafval en daarvan gemaakte produkten (waaronder betongranulaat, menggranulaat, brekerzand en zeefzand) geldt in afwijking van de tabel:

- geen samenstellingswaarde voor individuele PAK's, en
- een samenstellingswaarde voor de PAK's totaal (10 PAK's) van 50 mg/kg.

Deze afwijking van de tabel is **niet** van toepassing op het in voetnoot 19 omschreven asfaltgranulaat.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m <sup>2</sup> per 100 jaar)	samenstel- lingswaarden voor andere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaan- de van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof)
PAK's totaal (som 10) <sup>9</sup>	[91-20-3], [85-01-8], [120-12-7], [206-44-0], [56-55-3], [218-01-9], [207-08-9], [50-32-8], [191-42-2], [193-39-5]	-	75 <sup>8</sup>	40
<b>5. Gechloroerde koolwaterstoffen</b>				
a. (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen				
monochlooretheen (Vinylchloride)	[75-01-4]	-	-	0,1
dichloormethaan	[75-09-2]	-	-	4
1,2-dichloorethaan	[107-06-2]	-	-	4
trichloormethaan	[67-66-3]	-	-	3
trichlooretheen (Tri)	[79-01-6]	-	-	4
tetrachloormethaan (Tetra)	[56-23-5]	-	-	1
tetrachlooretheen (Per)	[127-18-4]	-	-	4
chloornaftaleen (som $\alpha, \beta$ )	[90-13-1], [91-58-7]	-	-	10
b. chloorbenzenen				
chloorbenzenen (som) <sup>10</sup>	[108-90-7],[95-50-1], [541-73-1], [106-46-7], [87-61-6], [120-82-1], [108-70-3], [634-66-2], [634-90-2],[95-94-3], [608-93-5], [188-74-1]	-	-	5

<sup>9</sup> Onder PAK (som van 10) wordt verstaan: de som van antraceen, benzo(a)antraceen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, chryseen, fenantreen, fluoranteen, indeno (1,2,3-cd) pyreen, naftaleen, benzo(ghi)peryleen.

<sup>10</sup> Onder chloorbenzenen (som) wordt verstaan: de som van alle isomeren van alle chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexachloorbenzenen).

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m <sup>2</sup> per 100 jaar)	samenstel- lingswaarden voor andere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaan- de van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof)
<b>c. chloorfenolen</b>				
chloorfenolen (som) <sup>11</sup>	[95-57-8], [108-43-0], [106-48-9], [576-24-9], [120-83-2], [583-78-8], [87-65-0], [95-77-2], [591-35-5], [15950-66-0], [933-78-8], [933-75-5], [95-95-4], [88-06-2], [609-19-8], [4901-51-3], [935-95-5], [58-90-2], [87-86-5]	-	-	6
pentachloorfenol	[87-86-5]	-	-	5
<b>d. polychloor-bifenylen (PCB's)</b>				
PCB's (som 7) <sup>12</sup>	[7012-37-5], [35693-99-3], [37680-37-2], [35065-28-2] [35065-27-1], [35065-29-3], [31308-00-6]	-	0,5	0,5
<b>e. overige gechloreerde-koolwaterstoffen</b>				
EOCl (totaal)	n.v.t.	-	3 mg Cl/kg	3 mg Cl/kg
<b>6. Bestrijdingsmiddelen</b>				
<b>a. organochloor bestrijdingsmiddelen</b>				
DDT/DDE/DDD <sup>13</sup>	[72-54-9], [53-19-0], [784-02-6], [72-54-8], [3424-82-6], [50-29-3]	-	-	0,5
drins (som) <sup>14</sup>	[390-00-2], [60-57-1], [72-20-8]	-	-	0,5
HCH-verbindingen <sup>15</sup>	[319-84-6], [319-85-7], [58-89-9], [319-86-8]	-	-	0,5
organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) <sup>16</sup>	n.v.t.	-	0,5	0,5

<sup>11</sup> Onder chloorfenolen (som) wordt verstaan: de som van alle isomeren van chloorfenolen (mono-, di-, tri-, tetra-, en pentachloorfenol).

<sup>12</sup> Onder PCB's (som 7) wordt verstaan: de som van PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

<sup>13</sup> Onder DDT/DDD/DDE wordt verstaan: de som van DDT, DDD en DDE.

<sup>14</sup> Onder drins wordt verstaan: de som van aldrin, dieldrin en endrin.

<sup>15</sup> Onder HCH-verbindingen wordt verstaan: de som van  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH en  $\delta$ -HCH.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m <sup>2</sup> per 100 jaar)	samenstel- lingswaarden voor andere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaan- de van 25% lutum en 10% humus* (mg/kg droge stof)
<b>6 b. overige bestrijdingsmiddelen</b>				
atrazine	[1912-24-9]	-	-	0,5
carbaryl	[63-25-2]	-	-	0,5
carbofuran	[1563-66-2]	-	-	0,5
maneb	[1247-38-2]	-	-	0,5
niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) <sup>17</sup>	n.v.t.	-	0,5	0,5
<b>7. Overige stoffen</b>				
cyclohexanon	[108-94-1]	-	-	270
ftalaten (som)	n.v.t.	-	-	60
minerale olie <sup>18</sup>	n.v.t.	-	500 <sup>19</sup>	500
pyridine	[110-86-1]	-	-	1
tetrahydrofuran	[109-99-9]	-	-	0,4
tetrahydrothiofeen	[110-01-0]	-	-	90

\* Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond voor zware metalen geldt de volgende formule:

<sup>16</sup> Onder Organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) wordt verstaan: de som van alle chloor bevattende bestrijdingsmiddelen.

<sup>17</sup> Onder niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) wordt verstaan: de som van alle bestrijdingsmiddelen met uitzondering van de chloorhoudende bestrijdingsmiddelen.

<sup>18</sup> Minerale olie heeft betrekking op de som van de (al dan niet) vertakte alkanen. Indien er enigerlei vorm van minerale olie verontreiniging wordt aangetoond in grond, dan dient naast het minerale olie-gehalte ook het gehalte aan aromatische en/of polycyclische aromatische koolwaterstoffen bepaald te worden.

<sup>19</sup> Voor de hierna genoemde bouwstoffen geldt, in afwijking van de tabel, voor minerale olie geen samenstellingswaarde:

- Asfalt of asfaltbeton, inclusief mogelijke oppervlakbehandelingen, tussenlagen en deklagen, zijnde een bouwstof die bestaat uit een bindmiddel op basis van bitumen, steenachtig materiaal, zand en vulstof en die als zodanig regulier in de wegen- en waterbouw danwel voor constructies van al dan niet vloestofdichte vloeren wordt gebruikt.
- Gestabiliseerd asfaltgranulaat, zijnde een bouwstof die bestaat uit zand, cement en/of bitumenemulsie, water en tenminste 70% (m/m) asfaltgranulaat, die als zodanig regulier in de wegen- of waterbouw wordt gebruikt en waarbij het gehalte aan asfaltbeton in het asfaltgranulaat tenminste 40% bedraagt.
- Asfaltgranulaat, zijnde een bouwstof die als zodanig regulier in funderingen in de wegenbouw wordt gebruikt en die bestaat uit tenminste 80% gebroken of gefreesd asfalt of asfaltbeton.

$$Sw_{act} = Sw_{std} * \frac{A + (B * \%lutum) + (C * \%org.stof)}{A + (B * 25) + (C * 10)}$$

waarin:

- $Sw_{act}$  = samenstellingswaarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)  
 $Sw_{std}$  = samenstellingswaarde bij 25% lutum en 10% humus (mg/kg) (zie tabel 1)  
 $\%lutum$  = gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond  
 $\%org.stof$  = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond  
A, B en C = constanten afhankelijk van het metaal (tabel 2)

Indien zich meetproblemen met lage gehalten organische stof of lutum voordoen kan van percentages van 2% organisch stof en lutum uitgegaan worden.

Tabel 2: Stofafhankelijke constanten metalen

stof	A	B	C
arseen (As)	15	0,4	0,4
barium (Ba)	30	5	0
cadmium (Cd)	0,4	0,007	0,021
chroom (Cr)	50	2	0
cobalt (Co)	2	0,28	0
koper (Cu)	15	0,6	0,6
kwik (Hg)	0,2	0,0034	0,0017
lood (Pb)	50	1	1
molybdeen <sup>1</sup> (Mo)	1	0	0
nikkel (Ni)	10	1	0
tin <sup>1</sup> (Sn)	1	0	0
zink (Zn)	50	3	1,5

<sup>1</sup> Voor molybdeen en tin wordt geen correctie gehanteerd.

Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond voor organische stoffen geldt de volgende formule:

$$Sw_{act} = Sw_{std} * \frac{\% \text{ org.stof}}{10}$$

waarin:

$Sw_{act}$  = samenstellingswaarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)

$Sw_{std}$  = samenstellingswaarde 10% humus (mg/kg) (zie tabel 1)

%org.stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond. Voor grond met gemeten organisch stofgehaltes van meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% worden gehalten van respectievelijk 30% en 2% aangehouden.

- \* Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond geldt voor anorganische stoffen en zware metalen de volgende formule:

$$Sw_{act} = Sw_{std} * \frac{A + (B * \%lutum) + (C * \%org.stof)}{A + B * 25 + C * 10}$$

waarin:

- $Sw_{act}$  = samenstellingswaarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)  
 $Sw_{std}$  = samenstellingswaarde bij 25% lutum en 10% humus (mg/kg) (zie tabel 1)  
 %lutum = gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond  
 %org.stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond  
 A, B en C = constanten afhankelijk van het metaal (bijlage 1, tabel 2)

Indien zich meetproblemen met lage organisch stof of lutum voordoen kan van percentages van 2% organisch stof en lutum uitgegaan worden. Bij verbetering van meetmethoden zal dit overbodig zijn.

Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond voor organische stoffen geldt de volgende formule:

$$Sw_{act} = Sw_{std} * \frac{\%org.stof}{10}$$

waarin:

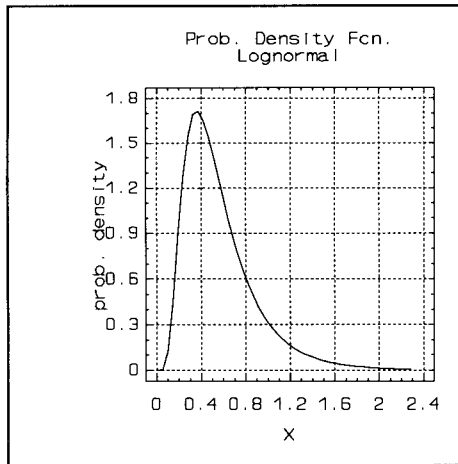
- $Sw_{act}$  = samenstellingswaarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)  
 $Sw_{std}$  = samenstellingswaarde 10% humus (mg/kg) (zie tabel 1)  
 %org.stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond. Voor grond met gemeten organisch stofgehalten van meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% worden gehalten van respectievelijk 30% en 2% aangehouden.

Lu staat voor gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond.

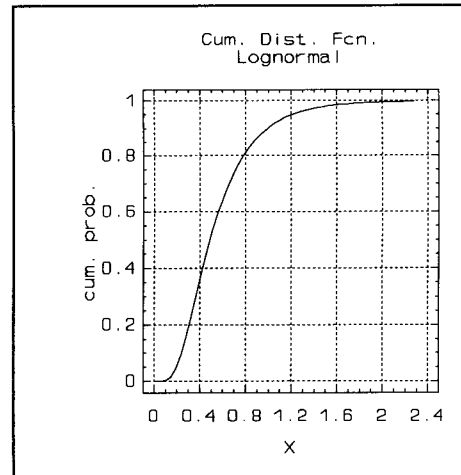
- a staat voor aantoonbaarheidsgrens, de samenstellingswaarde voor de desbetreffende stof is gelijkgesteld aan de aantoonbaarheidsgrens.

### Bijlage 3 Toelichting op de verdeling van meetwaarden

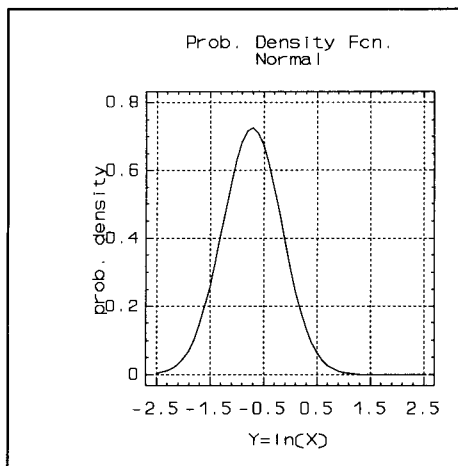
De relatie tussen de normale en lognormale verdeling is eenvoudig zichtbaar te maken door middel van de afbeeldingen van de probability density functie (afbeeldingen 1 en 3) en de cumulatieve verdelingsfunctie (afbeeldingen 2 en 4). De probability density functie geeft aan wat de kans is dat een meetwaarde voorkomt, de cumulatieve verdelingsfunctie geeft de kans op een waarde kleiner dan een bepaalde waarde.



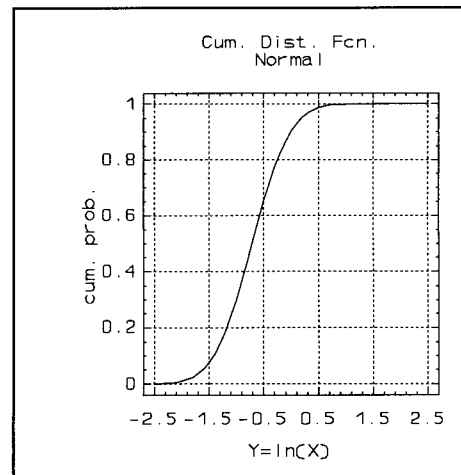
Afbeelding 1



Afbeelding 2



Afbeelding 3



Afbeelding 4

De afbeeldingen 1 en 2 hebben betrekking op de lognormaleverdeling. De parameters zijn  $\mu = 0.571$  en  $\sigma = 0.342$ , de variatiecoëfficiënt is gelijk aan  $0.342/0.571 = 0.60$ . De parameters in dit voorbeeld zijn zodanig gekozen dat het 90% percentiepoint gelijk is aan 1 (zie Figuur A.11, Deel 3 [4]). Wordt de transformatie  $Y=\ln(X)$  toegepast dan verkrijgt



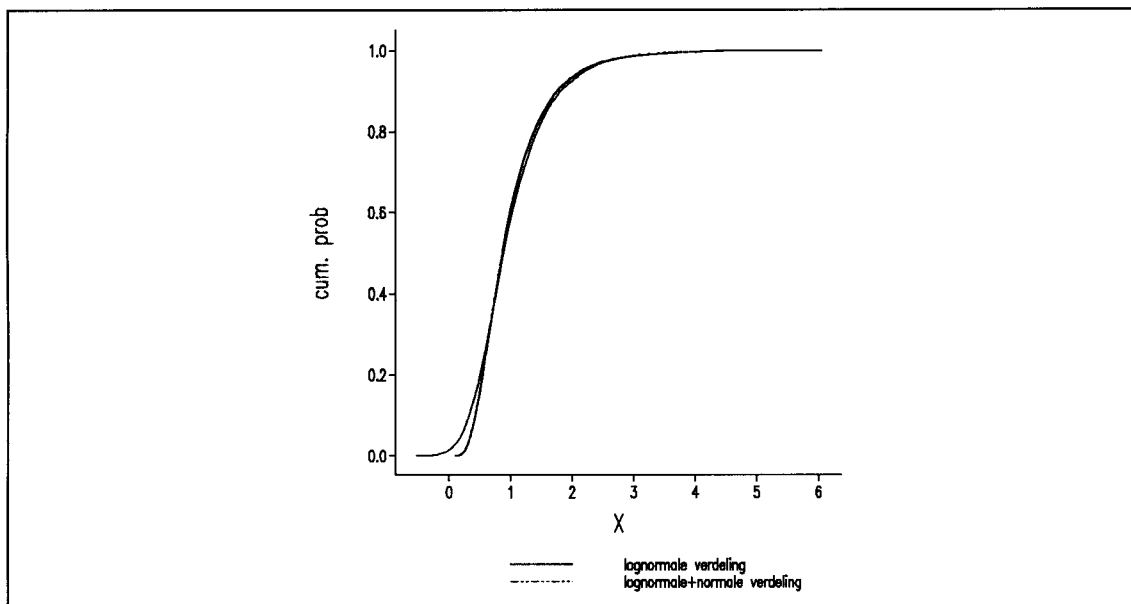
men de normale verdeling zoals afgebeeld in de afbeeldingen 3 en 4. De parameters van deze verdeling zijn  $\xi = -0.71$  en  $\varphi = 0.55$  (zie formule 1 van bijlage 4).

In afbeelding 4 valt af te lezen dat het 90% percentiepunt gelijk is aan  $\ln(1)=0$ .

De normale verdeling (afbeelding 3) is een symmetrische verdeling zodat het 50% percentiepunt samenvalt met het gemiddelde ( $\xi=-.71$ ). Uit afbeelding 2 valt voor de lognormale verdeling af te lezen dat 50% onder  $e^{-1.1} = 0.33$  ligt.

#### Bijlage 4 Toelichting op de som van een lognormale en normale verdeling; simulatiestudie

Onbekend is welke resulterende verdeling ontstaat als som van een lognormale verdeling en een normale verdeling. Met behulp van simulatie is het mogelijk om hier enig inzicht in te krijgen. De simulatie bestaat er uit dat een op de computer een groot aantal keren de procedure wordt nagebootst. Eerst wordt een waarneming uit een lognormale verdeling getrokken en een waarneming uit een normale verdeling getrokken. Vervolgens worden deze bij elkaar opgeteld waarna het mogelijk is om deze "meetuitkomsten" grafisch weer te geven. Afbeelding 1 is een voorbeeld van een dergelijke simulatie waarbij gekozen is voor de lognormale verdeling met  $\mu = 1$  en  $\sigma_{\text{part}} = 0.60$  en een normale verdeling met  $\sigma_{\text{meet}} = 0.25$ . De resultaten van de simulaties zijn als cumulatieve verdelingen in afbeelding 1 weergegeven. Hierbij is zowel de lognormale verdeling weergegeven als de som van de lognormale en de normale verdeling. Het aantal simulaties bedroeg 10 000.



**Afbeelding 1** Cumulatie verdeling van een lognormale verdeling en de som van deze lognormale verdeling en een normale verdeling. ( $\sigma_{\text{part}}=0.60$ ,  $\sigma_{\text{meet}}=0.25$ )

Uit bovenstaande simulatie blijkt dat de de som van een lognormale verdeling en een normale verdeling erg veel op elkaar lijken zodat er een niet al te grote fout gemaakt wordt door de som van de normale verdeling en de lognormale verdeling te benaderen door een lognormale verdeling.

## Bijlage 5 Gedetailleerde statistische formules

### 5.1 Goede partij

Alvorens een protocol te ontwerpen voor de beoordeling wordt vastgesteld wat een 'goede' partij kan zijn. In eerste instantie geschiedt dit indien wordt geëist dat van een partij een bepaald percentage onder de toetsingswaarde moet liggen.

De volgende relaties gelden tussen de parameters van de lognormale verdeling waarbij  $\mu$  en  $\xi$  en  $\sigma$  en  $\varphi$  de "werkelijke" waarden voor het gemiddelde en standaardafwijking van de partij op respectievelijk de oorspronkelijke- en de logschaal zijn.  $\xi$  en  $\varphi$  zijn de "werkelijke" waarden van de (normale) verdeling die ontstaat na log-transformatie.

$$\begin{aligned}\mu &= e^{\xi + 0.5 * \varphi^2} \\ \sigma^2 &= e^{2\xi + \varphi^2} * (e^{\varphi^2} - 1) \\ \xi &= \ln(\mu) - 0.5 * \ln\left(1 + \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2\right) \\ \varphi^2 &= \ln\left(1 + \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2\right)\end{aligned}\tag{1}$$

Met bovenstaande formules is eenvoudig in te zien dat deling van de waarnemingen door een constante T tot gevolg heeft dat op de oorspronkelijke schaal  $\mu$  en  $\sigma$  door T moeten worden gedeeld en op log-schaal  $\xi$  met  $\ln(T)$  moet worden verminderd. Deze transformatie heeft geen effect op  $\varphi$ . Ook volgt dat indien  $\sigma/\mu$  constant is  $\varphi$  eveneens constant is. Een constante waarde voor  $\sigma/\mu$  komt overeen met een constante variatiecoëfficiënt.

**Teneinde de afleiding algemeen geldig te maken vindt er een standaardisatie plaats door alle grootheden door T te delen. Dit houdt in dat de toetsingswaarde voor de gestandaardiseerde variabele gelijk is aan 1.**

De notatie die wordt aangehouden, is als volgt:

- x is de gestandaardiseerde variabele op de schaal waarin wordt gemeten met verwachting  $\mu$  en variantie  $\sigma^2$
- $y = \ln(x)$  is normaal verdeeld met verwachting  $\xi$  en variantie  $\varphi^2$
- De toetsingswaarde T voor x is gelijk aan 1

Voor de lognormale verdeling geldt dat een procentpunt op de oorspronkelijke schaal overeenkomt met het procentpunt op de logschaal. Dus indien wordt geëist dat op de oorspronkelijke schaal  $p_0\%$  onder de toetsingswaarde moet liggen dan kan deze eis ook op log-schaal worden getoetst.

Als wordt verondersteld dat de verdeling van de grepen lognormaal is verdeeld met verwachting  $\xi$  en een bekende variantie  $\varphi^2$ , dan geldt voor een partij waarvan minimaal  $p_0\%$  van de grepen onder de toetsingswaarde  $T$  ligt dat:

$$\xi + z_{p_0} * \varphi \leq \ln T = 0 \quad (2)$$

Hierbij is  $z_{p_0}$  de percentielwaarde van de standaard normale verdeling welke kan worden opgezocht in tabellen voor de standaardnormale verdeling.

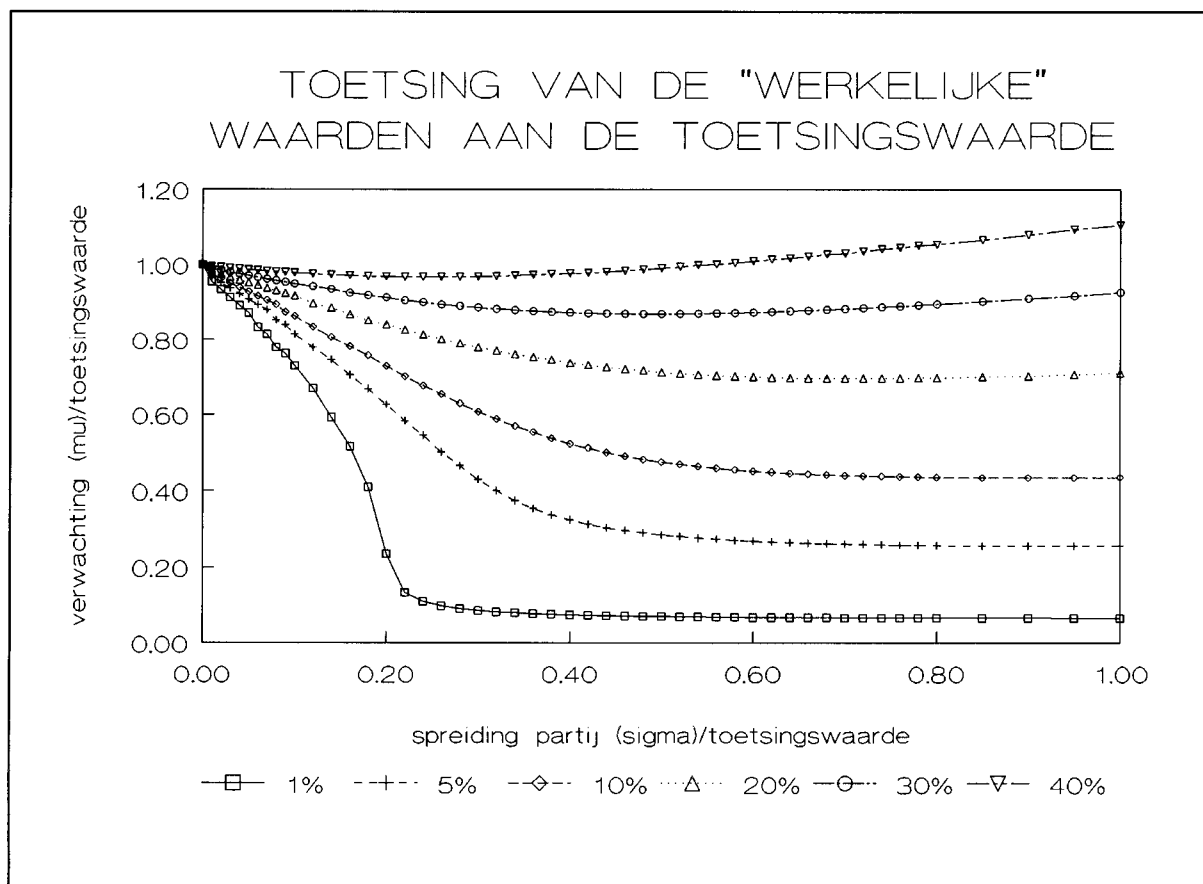
Formule 2 kan met formule 1 worden omgezet in de oorspronkelijke schaal volgens :

$$\ln(\mu) - 0.5 * \ln\left(1 + \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2\right) + z_{p_0} * \sqrt{\ln\left(1 + \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2\right)} \leq \ln T = 0 \quad (3)$$

In afbeelding 1 zijn als voorbeeld van de ongelijkheid combinaties van  $\mu$  en  $\sigma$  gegeven die behoren bij  $p_0$ -waarden van 99, 95, 90, 70, en 60%. Deze waarden komen overeen met partijen waarvan 1, 5, 10, 30 en 40% boven de norm ligt. Voor details wordt verwezen naar het TNO-rapport [4]. Zoals gesteld zijn de assen in afbeelding 1 gestandaardiseerd met de toetsingswaarde, zodat de lijnen voor elke stof geldig zijn. De "werkelijke" waarde die bijvoorbeeld een stof in mg/kg in een partij mag hebben om een zeker percentage boven de waarde te hebben, wordt verkregen door op de verticale as de verwachting ten opzichte van de toetsingswaarde af te lezen als functie van de spreiding in de partij en deze te vermenigvuldigen met de stof-specifieke toetsingswaarde.

Afbeelding 1 zou kunnen worden gebruikt bij de beoordeling van partijen indien zowel de spreiding ( $\sigma$ ) van de partij is als het partij gemiddelde exact bekend zijn. Een partij wordt goedgekeurd indien bij de sigma van de partij het partij gemiddelde onder een bijbehorende lijn ligt.

Deze grafiek kan ook worden gebruikt om aan te geven op welk gemiddelde minimaal moet worden geproduceerd indien de spreiding bekend is en een bepaald percentage minimaal onder de waarde moet liggen.



**Afbeelding 1** Voorbeelden van  $\mu$  versus  $\sigma$  voor diverse waarden van  $p_0$ .

De situatie van een bekende  $\sigma$  en een exact bekend gemiddelde komt nooit voor. In werkelijkheid moet op zijn minst het gemiddelde worden geschat met een beperkt aantal metingen. Deze schatting zal een zekere onnauwkeurigheid hebben als gevolg van zowel de spreiding in de partij als van de meetnauwkeurigheid. In de verdere uitwerking zal ook de meetfout nog worden ingebracht (optie b, zie hoofdstuk 3.1.2).

Toets op %punt, normale verdeling

Er is aangenomen dat  $y$  normaal is verdeeld met een verwachting  $\xi$  en een bekende variantie  $\varphi^2$ . De navolgende beslissingsregel voor het afkeuren van een partij wordt gehanteerd: Van een aantal uitkomsten wordt het rekenkundig gemiddelde bepaald en keur af indien:

$$\bar{y} + k * \varphi \geq \ln(1) = 0 \quad (4)$$

*waarin  $\bar{y}$  het rekenkundig gemiddelde is*

Met andere woorden: de partij wordt goedgekeurd indien het gemiddelde kleiner of gelijk is aan  $-k\phi$ .

De vraag is nu: hoe groot is  $k$ ?

Het bepalen van de  $k$  vindt plaats door het vastleggen van de kans op ten onrechte goedkeuren van een partij,  $k$  hangt tevens af van de spreiding in de partij, de meetfout, het aantal grepen en het aantal mengmonsters.

De kans op goedkeuren,  $Pa(p)$  van een partij als functie van het percentage  $p$  onder de norm is gelijk aan de kans dat  $\bar{y} \leq -k * \phi$ . In formule vorm wordt dit:

$$Pa(p) = Pr\{\bar{y} \leq -k * \phi\} \quad (5)$$

Deze functie staat bekend onder de naam goedkeurkromme (ook wel Operating Characteristic Curve, afgekort tot OC Curve, genoemd).

Indien de fractie van de partij onder de toetsingswaarde exact gelijk is aan  $p$  dan geldt:

$$\xi + z_p * \phi = 0 \quad (6)$$

hierin is  $z_p$  het  $p * 100\%$  punt van de standaardnormale verdeling.

Omdat de verwachting van het rekenkundig gemiddelde gelijk is aan  $\xi$  volgt uit 6 dat

$$E\{\bar{y}\} = \xi = -z_p * \phi \quad (7)$$

invullen van 7 in 5 geeft:

$$\begin{aligned} Pa(p) &= Pr\left\{\frac{(\bar{y} - E\{\bar{y}\})}{\sqrt{var(\bar{y})}} \leq \frac{-k * \phi + z_p * \phi}{\sqrt{var(\bar{y})}}\right\} \\ &= Pr\left\{Z \leq (z_p - k) * \frac{\phi}{\sqrt{var(\bar{y})}}\right\} \end{aligned} \quad (8)$$

waarbij  $Z$  standaardnormaal is verdeeld, ( $\text{var}(y)$ ) is een verkorte schrijfwijze voor variantie van de stochastische variabele  $y$ )

Indien voor  $p = p_0$  er een goedkeurkans van  $1 - \alpha$  moet zijn, moet gelden dat  $\text{Pa}(p_0) = 1 - \alpha$  en dus dat  $Z$  gelijk is aan het  $(1-\alpha)*100\%$  punt van de standaardnormale verdeling. Hieruit volgt dat:

$$Z_{1 - \alpha} = (z_{p_0} - k) \frac{\varphi}{\sqrt{\text{var}(\bar{y})}} \quad (9)$$

of met andere woorden  $k$  wordt gelijk aan:

$$k = z_{p_0} - Z_{1 - \alpha} * \frac{\sqrt{\text{var}(\bar{y})}}{\varphi} \quad (10)$$

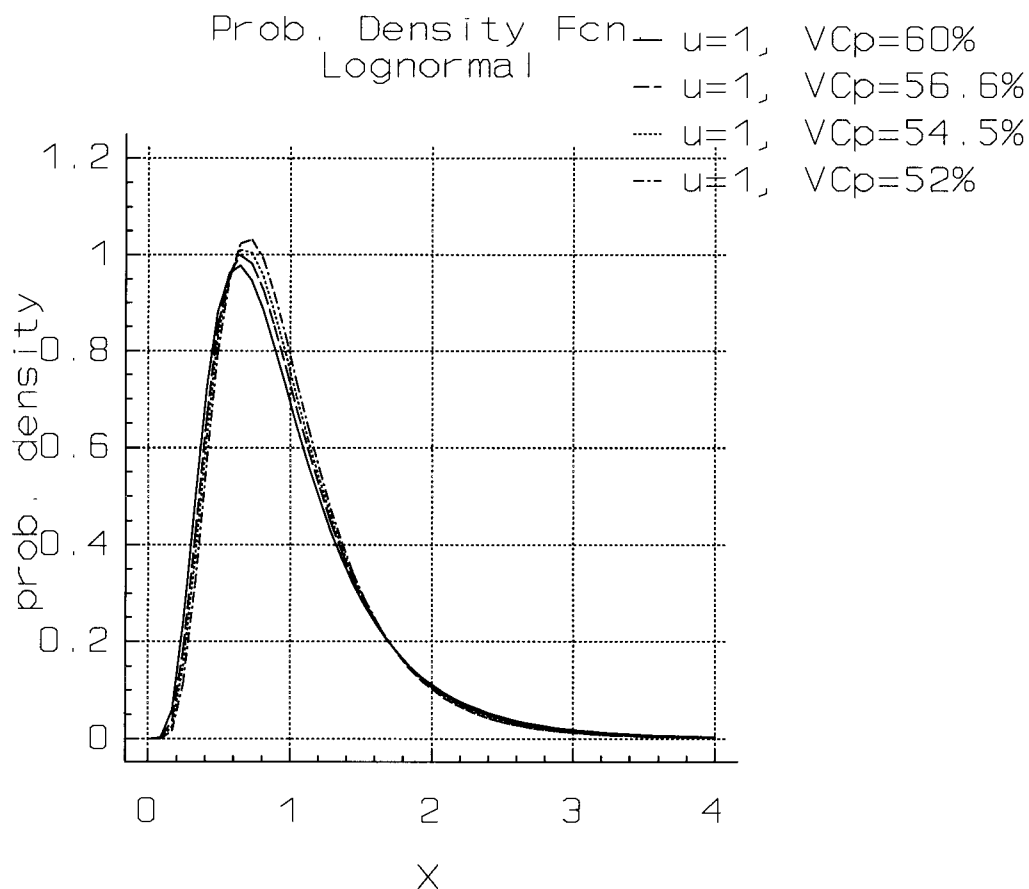
## 5.2 Berekening van $z_{p_0}$

Door DGM en V&W is gesteld dat de "werkelijke" waarde ( $\mu$ ) van een partij (de waarde die wordt verkregen als de gehele partij zonder meetfout zou worden geanalyseerd) kleiner of gelijk moet zijn dan de toetsingswaarde ( $T$ ). Dit betekent dat als een bepaalde eigenschap van een partij (bijvoorbeeld de uitloging) deels boven de waarde ligt, moet worden gecompenseerd door het deel dat er onder ligt.

Bij de afleiding van (10) wordt uitgegaan van een percentieltoets. Om aan de wens met betrekking tot toets op gemiddelde in de dimensie waarin wordt gemeten (ppb) te voldoen moet nog een vertaalslag worden gemaakt.

Een percentielpunt geeft aan hoeveel procent van de meetresultaten van een partij een meetresultaat heeft lager dan dit punt.

Bij een normale verdeling is deze vertaalslag vrij eenvoudig. De normale verdeling is een symmetrische verdeling en bij een symmetrische verdeling komt de 50 percentielwaarde overeen met het gemiddelde. Bij de log-normale verdeling is deze overgang veel lastiger. Bij een lognormale verdeling valt het gemiddelde op de oorspronkelijke schaal niet samen met het 50-percentielpunt maar ligt rechts daarvan, zie afbeelding 2 voor enkele voorbeelden. Zo geldt voor een lognormale verdeling waarvan het gemiddelde  $\mu$  een waarde heeft van 1 en een spreiding  $\sigma$  van ongeveer 0.6, globaal 60% van de waarnemingen kleiner is dan 1 (dit blijkt ook uit afbeelding 2).



**Afbeelding 2** Waarschijnlijkheids-functie van een lognormale verdeling.

Met behulp van (1) en (2) is het mogelijk om, uitgaande van een eis aan  $\mu$  en bekende  $\sigma$ , tot een eis aan  $p_0$  te komen. Dus in bovenstaand voorbeeld wordt de eis "het gemiddelde moet kleiner zijn dan de toetsingswaarde" vertaald naar "het percentage onder de toetsingswaarde moet groter zijn dan 60%"

Dit betekent dat het percentage waarnemingen onder de waarde van een partij met een "werkelijke" waarde  $\mu$  gelijk aan de toetsingswaarde  $T=1$ , moet worden berekend. Dit geschiedt met behulp van formule 2 volgens:

$$\xi|_{\mu=1} + z_{p_0} * \varphi|_{\mu=1} \leq \ln 1 = 0 \quad (11)$$

zodat de  $z_{p_0}$ , behorende bij de fractie  $p_0$  onder de toetsingswaarde gelijk wordt aan:



$$z_{p_0} = \frac{\ln(1) - \xi|_{\mu=1}}{\varphi|_{\mu=1}} \quad (12)$$

Invulling van formules 1 en 10 in 12 en herrangschikking geeft:

$$z_{p_0} = 0.5 * \sqrt{\ln(1 + (\frac{\sigma_{part}}{\mu})^2|_{\mu=1})} \quad (13)$$

Het percentage  $p_0$  onder de toetsingswaardewaarde wordt weer met behulp van  $z_{p_0}$  opgezocht in tabellen van de standaardnormale verdeling.

Formule 13 wordt hier niet nader uitgewerkt omdat bij een lognormale verdeling veelal de variatiecoëfficiënt  $\sigma/\mu$  constant is zodat de voorwaarde  $\mu=1$  niet meer relevant is voor de bepaling van  $z_{p_0}$  omdat deze dan ook constant is.

### 5.3 Berekening van $\varphi^2/\text{var}(y)$

Stel vervolgens dat er sprake is van een meetfout en dat mag worden aangenomen dat deze een normale verdeling volgt met een verwachting 0 en variantie  $\sigma_{meet}^2$ . Indien de bemonsteringsstrategie er uit bestaat dat uit een partij  $n$  grepen worden genomen en dat deze over  $c$  monsters worden verdeeld, bestaat een (meng)monster uit  $m = n/c$  grepen met een meetfout  $m_i$ . Het minimum aantal grepen in een (meng)monster wordt vastgelegd in de procedure. Dit is voor de onderhavige bouwmaterialen uitgewerkt in [1]. Het meetresultaat  $M_i$  aan monster  $i$  is te schrijven als:

$$M_i = \bar{x}_i + m_i \quad (14)$$

$\bar{x}_i$  is het gemiddelde van  $m$  grepen  
 $m_i$  is de meetfout

Definieer nu  $y_i = \log M_i$ . Nu is bij benadering (Taylor)

$$\text{var}(y_i) \approx \left(\frac{\partial y_i}{\partial \bar{x}_i}\right)^2|_{\bar{x}_i = \mu, \bar{m}_i = 0} * \text{var}\{\bar{x}_i\} + \left(\frac{\partial y_i}{\partial m_i}\right)^2|_{\bar{x}_i = \mu, \bar{m}_i = 0} * \text{var}\{m_i\} \quad (15)$$

$$\text{var}(y_i) \approx \frac{1}{\mu^2} * \frac{\sigma_{part}^2}{m} + \frac{1}{\mu^2} * \sigma_{meet}^2 \quad (16)$$

Er zijn  $c$  mengmonsters zodat:

$$\text{var}(\bar{y}) = \frac{1}{c} * \left( \frac{1}{m} * \frac{\sigma_{part}^2}{\mu^2} + \frac{\sigma_{meet}^2}{\mu^2} \right) \quad (17)$$

waaruit volgt dat:

$$\frac{\varphi^2}{\text{var}(\bar{y})} \approx \frac{\frac{\mu^2 * \varphi^2}{\sigma_{part}^2}}{\left( \frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \frac{\sigma_{meet}^2}{\sigma_{part}^2} \right)} \quad (18)$$

Met behulp van formule 1 volgt:

$$\frac{\varphi^2}{\text{var}(\bar{y})} \approx \frac{\frac{\mu^2}{\sigma_{part}^2} \ln\left(1 + \frac{\sigma_{part}^2}{\mu^2}\right)}{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \left(\frac{\sigma_{meet}}{\sigma_{part}}\right)^2} \quad (19)$$

#### 5.4 Berekening van de afkeurfactor

Invulling van formule 19 in formule 10 geeft:

$$k = 0.5 * \sqrt{\ln\left(1 + \frac{\sigma_{part}^2}{\mu^2} \Big|_{\mu=1}\right)} - z_{1-\alpha} * \frac{\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \left(\frac{\sigma_{meet}}{\sigma_{part}} \Big|_{\mu=1}\right)^2}}{\frac{\mu}{\sigma_{part}} \sqrt{\ln\left(1 + \frac{\sigma_{part}^2}{\mu^2} \Big|_{\mu=1}\right)}} \quad (20)$$

In het uiteindelijke resultaat zitten echter nog de volgende nader in te vullen grootheden:

$$\left(\frac{\sigma_{part}}{\mu}\right) \Big|_{\mu=1}$$

$$\left(\frac{\sigma_{meet}}{\sigma_{part}}\right)$$

- c: het aantal mengmonsters
- n: het totaal aantal grepen
- $z_{1-\alpha}$

De laatste drie heeft men daadwerkelijk zelf in de hand, dit in tegenstelling tot de eerste twee.

Stel dat de variatiecoëfficiënt  $VC_{part}$  constant is. Volgens formule 1 is dan

$$\varphi = \sqrt{\ln(1 + VC_{part}^2)} \text{ welke ook constant is.}$$

Na invullen van formule 20 in formule 4 en overgaan in parameters op de gewone lineaire schaal met behulp van formule 1, waarbij  $\mu$  is vervangen door  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  door  $s$  en  $s/\bar{x}$  door  $VC$ , verkrijgt men formule 21. Een partij wordt dus afgekeurd als:

$$\ln\left(\frac{\bar{x}}{T}\right) - z_{1-\alpha} * VC_{part} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{c} * \left(\frac{VC_{meet}}{VC_{part}}\right)^2} \geq 0 \quad (21)$$

Als deze vergelijking gelijk is aan 0 heeft  $\bar{x}/T$  waarde van de afkeurfactor (AF).

## **Bijlage 6      Monitoring van bouwmaterialen en onderzoek naar de spreiding**

Gedurende de ontwikkelingsfase van het Bouwstoffenbesluit zijn producenten van afvalstoffen en daaruit vervaardigde produkten reeds incidenteel begonnen met meer systematisch testen van het uitlooggedrag daarvan. Daarbij zijn, om wat voor moverende redenen dan ook, maar zelden alle parameters betrokken geweest.

Dit betekent dat er bij vrijwel alle tot op heden geteste grondstoffen en afvalstoffen die als bouw materiaal worden toegepast alsmede de produkten ervan, ook al is de testfrequentie soms hoog geweest, "gaten" zitten. Om te vermijden dat het parameters betreft die mogelijk kritisch zijn ten aanzien van de immissie-toetsingswaarden van het Bouwstoffenbesluit is het belangrijk ook het uitlooggedrag van de "gaten" te kennen.

Verder bestaan er bovendien gereede twijfels met betrekking tot de representativiteit van de monsterneming, monstervoorbehandeling etc. Pas recent zijn/worden hiervoor NEN voorschriften officieel gepubliceerd (NEN 73xx-serie).

Het doel van deze monitoring van bouwmaterialen is onder andere het verkrijgen van een betrouwbaar gegevensbestand over de kwaliteit van granulaire bouwmaterialen en grondstoffen en daaruit verkregen vormgegeven toepassingen en produkten, op basis waarvan:

1. De consequenties van de Ministeriële Regelingen voor het hergebruik kunnen worden geschat.
2. Een lijst van stoffen (kritische parameters) kan worden opgesteld, die van belang zijn bij de handhaving van het Bouwstoffenbesluit, certificering en toekomstig onderzoek.
3. De finale toetsing van de invloed van het Bouwstoffenbesluit op het hergebruik van afvalstoffen kan worden uitgevoerd.

Bovenstaande maakt duidelijk dat het opvullen van de gaten, het nader selecteren van de kritische parameters en het volgen van de kwaliteitsontwikkeling tot 1997 maar ook daarna behoren tot de belangrijke doelen van de monitoring.

**Bijlage 7 Variatiecoëfficiënten (VC<sub>j</sub>) per stof j van alle onderzochte bouwmaterialen tezamen**

Tabel 1 Uitloging anorganische stoffen

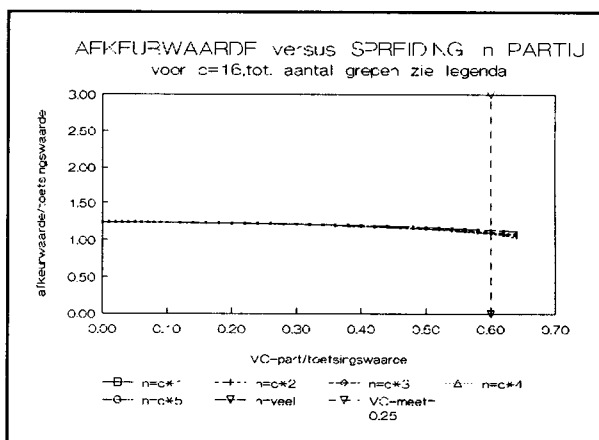
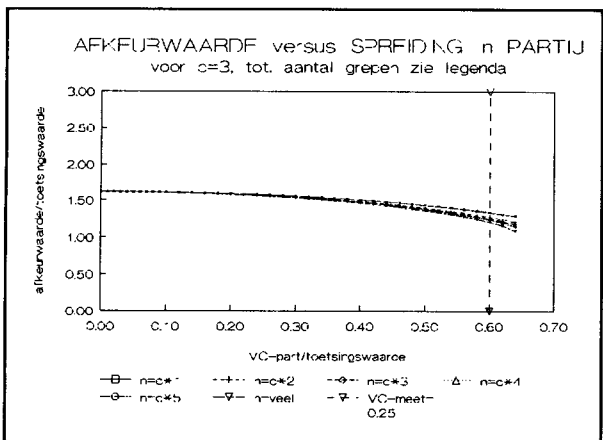
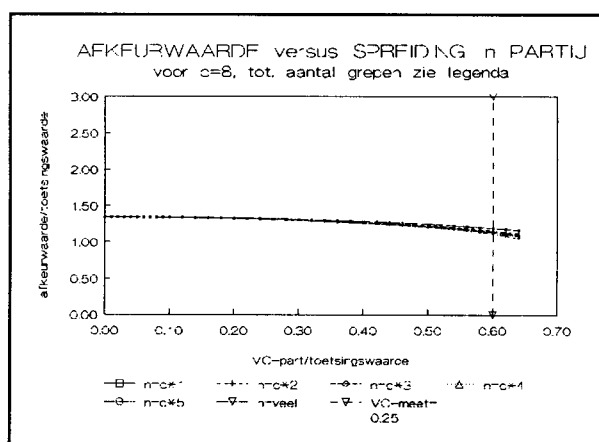
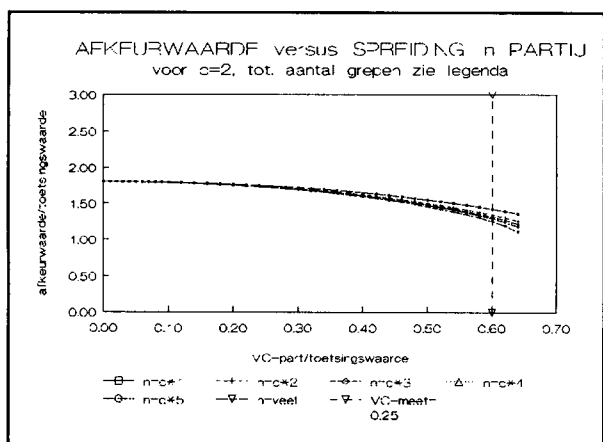
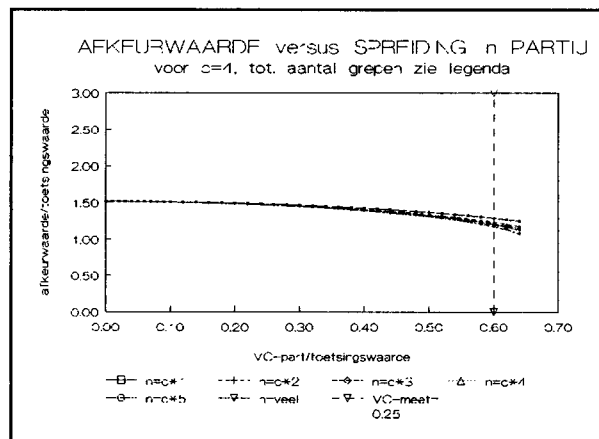
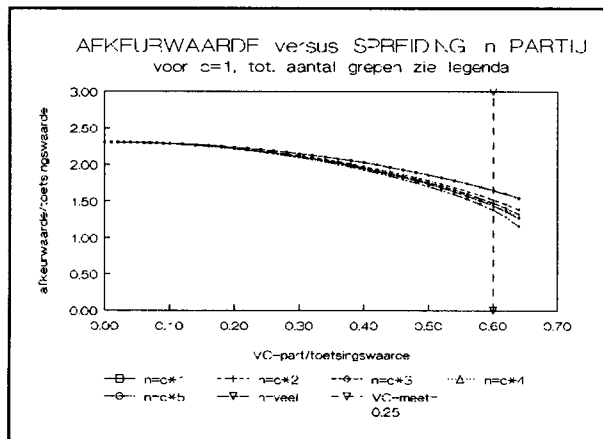
Niet-vormgegeven bouwmaterialen				Vormgegeven bouwmaterialen			
stof	N	VC <sub>j</sub>	std err	stof	N	VC <sub>j</sub>	std err
As	53	0,660	0,060	As	23	0,720	0,060
Ba	35	1,050	0,020	Ba	22	1,270	0,120
Cd	54	0,560	0,070	Cd	21	0,070	0,040
Co	19	0,380	0,080	Co	7	0,220	0,170
Cr	52	0,640	0,050	Cr	24	0,410	0,070
Cu	51	0,460	0,040	Cu	24	0,690	0,020
Hg	25	0,340	0,050	Hg	6	0,100	0,090
Mo	50	0,620	0,040	Mo	24	0,330	0,030
Ni	50	0,840	0,090	Ni	24	0,230	0,070
Pb	52	1,400	0,003	Pb	22	0,610	0,130
Sb	34	0,730	0,040	Sb	18	0,520	0,080
Se	24	1,170	0,040	Se	18	0,260	0,080
Sn	15	0,240	0,060	Sn	16	0,180	0,070
V	42	0,720	0,040	V	23	0,660	0,040
Zn	52	0,700	0,010	Zn	23	0,840	0,090
Br	1			Br			
Cl	26	0,390	0,010	Cl	12	0,440	0,090
CN-comp				CN-comp			
CN-vrij				CN-vrij			
F-tot	8	0,580	0,001	F-tot	17	0,340	0,040
SO4	36	0,280	0,020	SO4	16	0,170	0,040
voor alle stoffen en bouwmaterialen	N	18	18	voor alle stoffen en bouwmaterialen	N	18	18
	$\bar{x}$	0,653	0,040		$\bar{x}$	0,448	0,074
	s	0,310	0,026		s	0,308	0,038

Tabel 2 Samenstelling organische stoffen

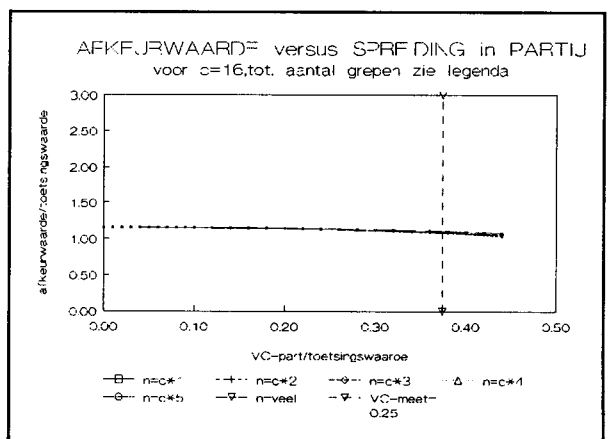
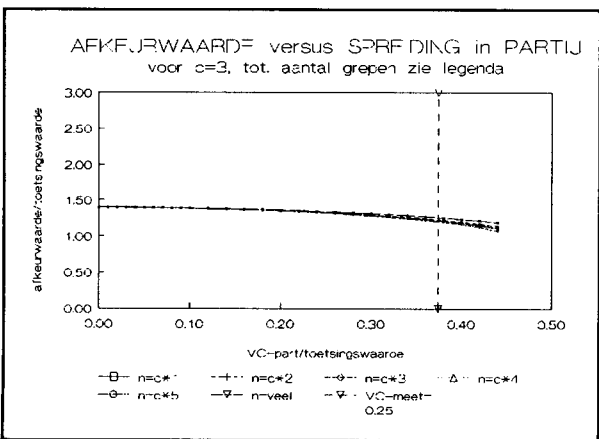
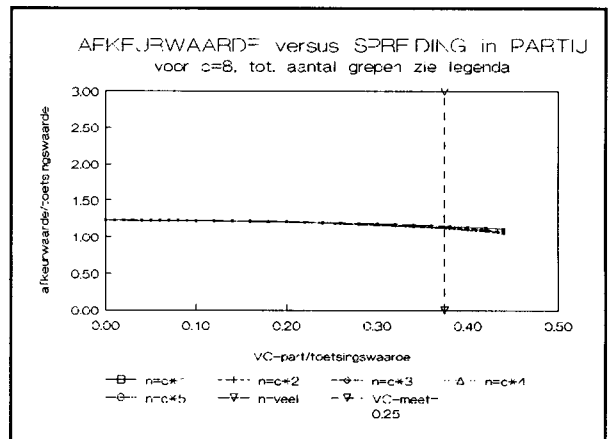
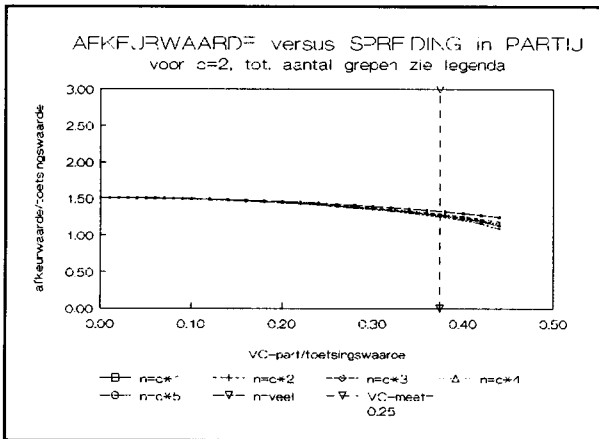
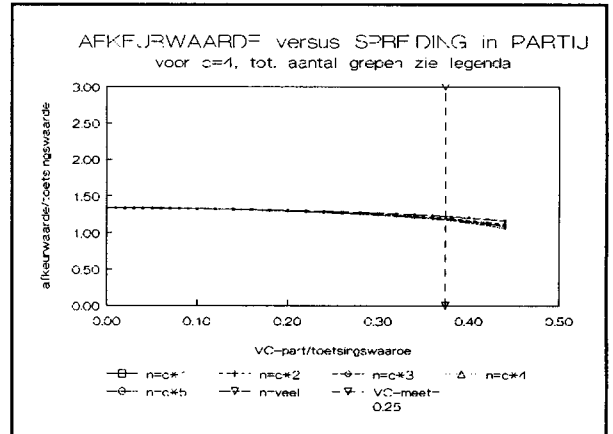
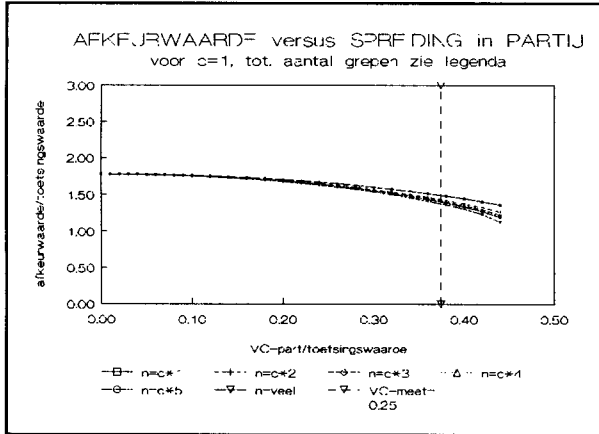
samenstelling organisch				samenstelling organisch			
stof	N	VC <sub>j</sub>	std err	stof	N	VC <sub>j</sub>	std err
Benzeen	1			PCB-28	1		
Ethylbenz.	1			PCB-52	1		
Tolueen	1			PCB-101	4		
Xylenen	1			PCB-118	0		
Fenolen	2			PCB-138	1		
Cl-fenol	1			PCB-153	1		
Arom.(tot)	1			PCB-180	1		
Naf	18	2,500	0,040	PCB(tot)	1		
Ph	26	0,960	0,130	EOCl(tot)	8	0,640	0,080
An	22	0,870	0,100	OCl-best.mid.	3		
Fla	28	0,710	0,150	Cl-vrije bestr.mid.	1		
Chr	24	1,200	0,210	Min.olie	9	0,720	0,060
BaA	24	1,190	0,150				
BaP	25	1,190	0,080				
BkF	20	1,180	0,140				
IP	23	1,200	0,090				
BPe	24	1,140	0,110				
PAK10(tot)	25	0,530	0,160				
voor alle stoffen en bouwmaterialen	N	11	11	voor alle stoffen en bouwmaterialen	N	2	2
	$\bar{x}$	1,152	0,124		$\bar{j}$	0,680	0,070
	s	0,502	0,046		s	0,057	0,014

**Bijlage 8 Relatie tussen de afkeurfactor en de spreiding in de partij ( $VC_{part}$ ) voor diverse c en n.**

**Afbeeldingen 1-6 Voor  $c=1$  tot 16 monsters, totaal aantal grepen van  $n=c*1$  tot  $c*5$ , veel en  $VC_{tot}=0.65$**



**Afbeeldingen 7-12 Voor c=1 tot 16 monsters, totaal aantal grepen van n=c\*1 tot c\*5, veel en VC<sub>tot</sub>=0.45**





## **Bijlage 9 Goedkeurkromme versus de "werkelijke" waarde in de partij voor diverse c en n alsmede $VC_{meet}$ .**

Op de volgende pagina's staan steeds twee afbeeldingen. De verschillen tussen de bladzijden zijn het gevolg van verschillende aannames met betrekking tot de omvang van de meetfout en de spreiding in de partij en het aantal mengmonsters (=metingen) dat wordt gedaan. Bovendien is er vanuit gegaan dat de spreiding van de meetfouten relatief is. Dit impliceert dat de totale spreiding relatief ( $VC_{tot} = 60\%$ ) is. Als waarden voor de meetfout is gekozen:  $VC_{meet} = 0, 10, 20, 30\%$ .

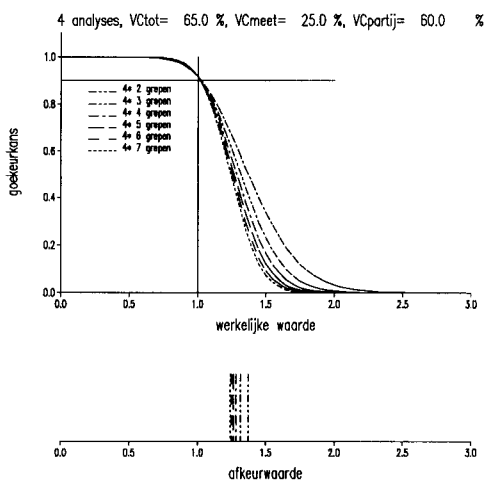
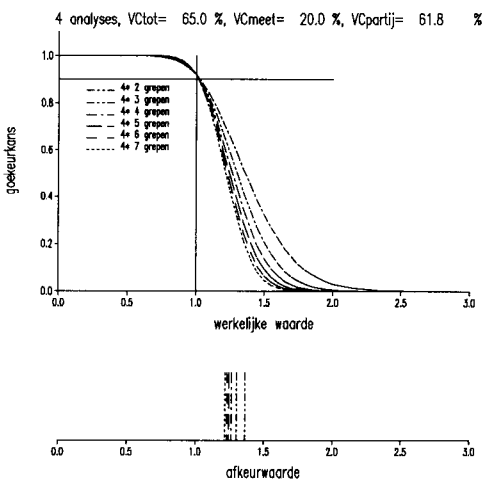
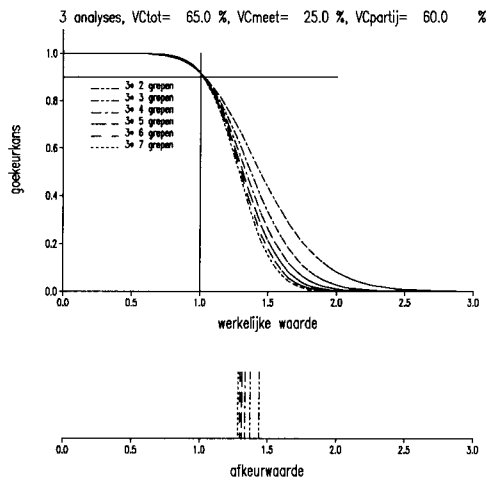
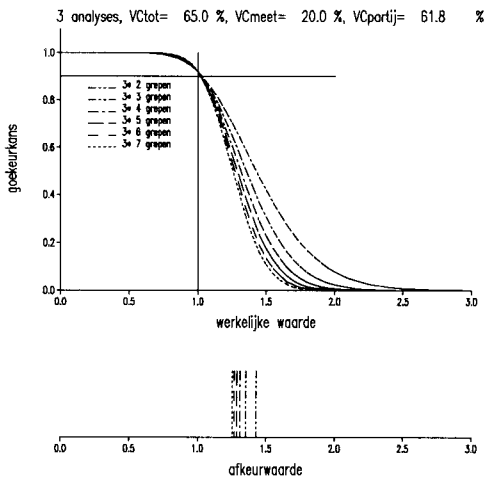
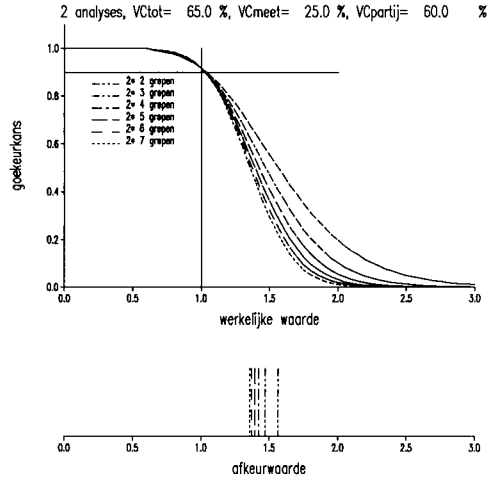
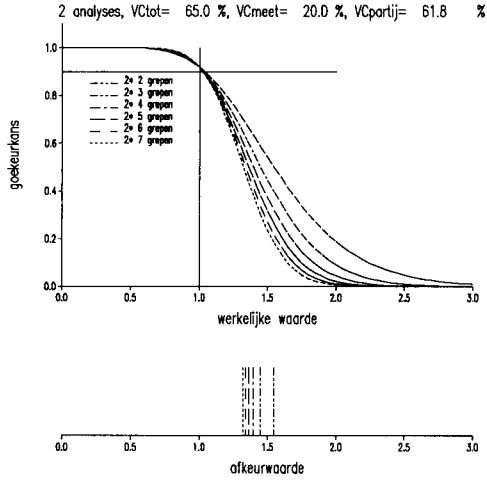
De interpretatie van de afbeeldingen is als volgt:

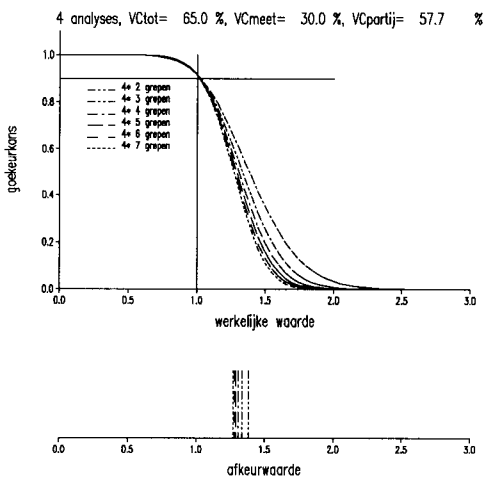
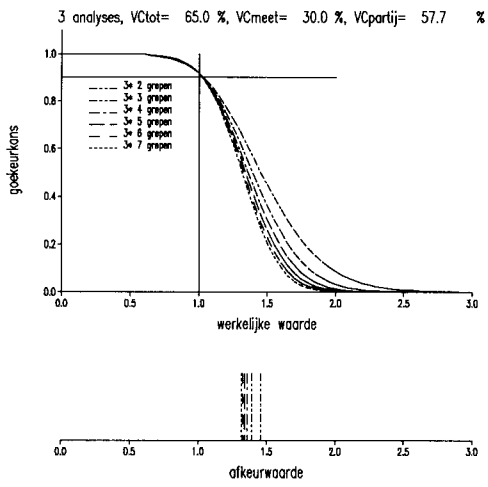
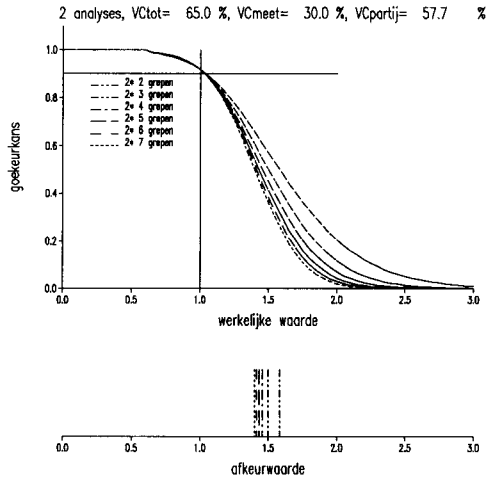
- In de onderste afbeelding is het afkeurwaarde gedeeld door T (dus de afkeurfactor) uitgezet. De afkeurwaarde is die waarde waarbij men tot goedkeuren over gaat. Is (het gemiddelde van) de meetuitkomsten lager dan deze waarde dan wordt de partij goedgekeurd, is de uitkomst hoger dan wordt de partij afgekeurd.

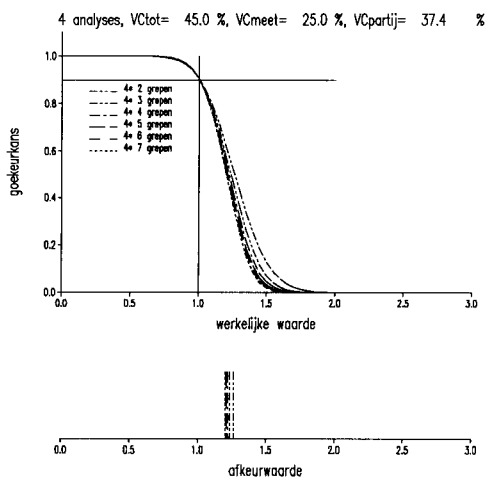
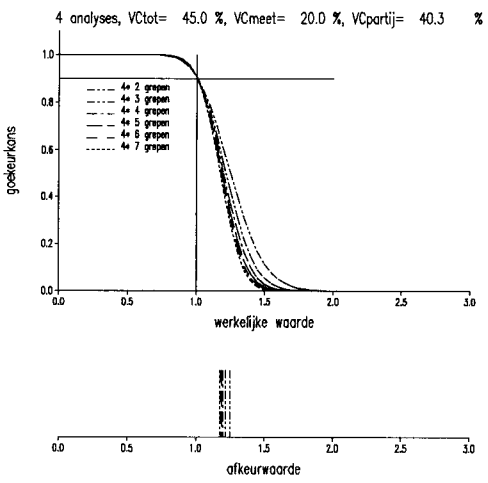
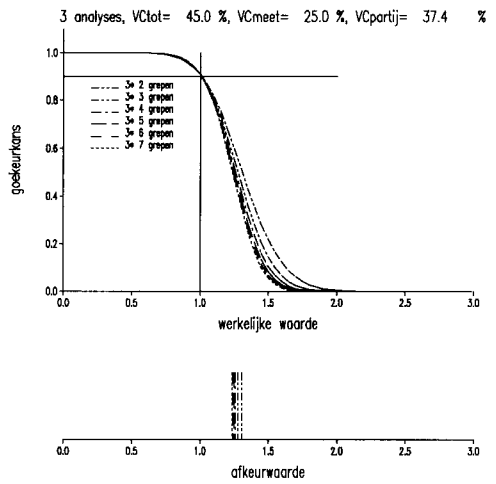
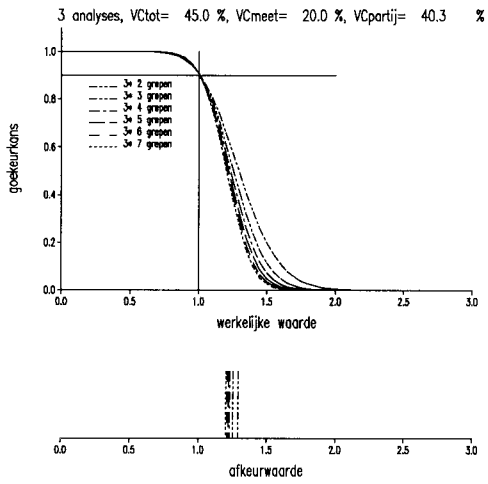
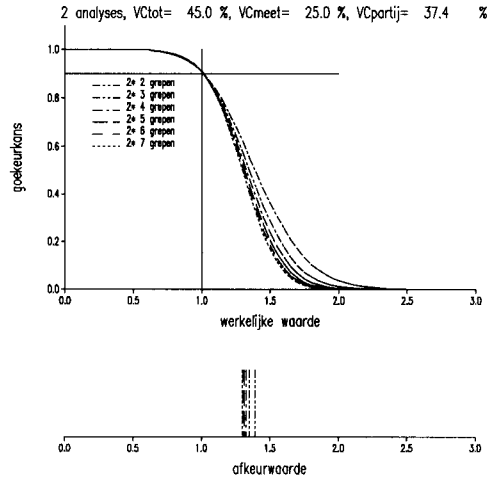
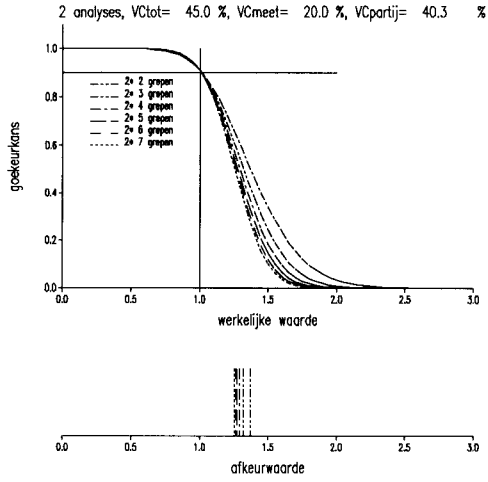
De hoogte van de afkeurwaarde hangt onder ander af van het keuringsprotocol met betrekking tot het aantal grepen en het aantal analyses.

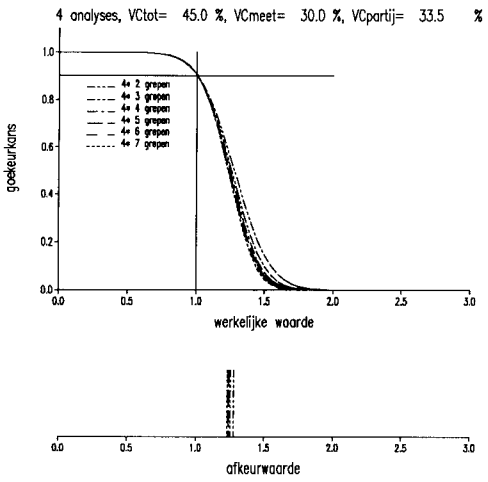
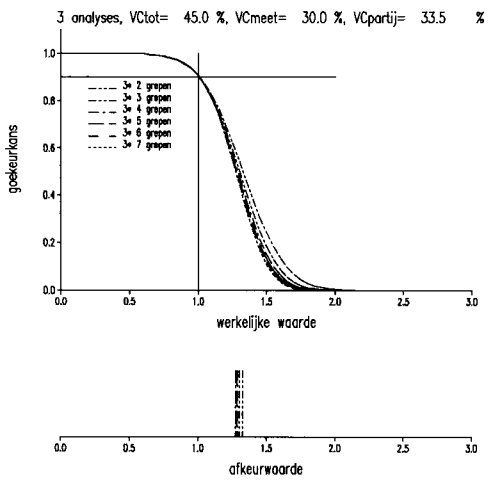
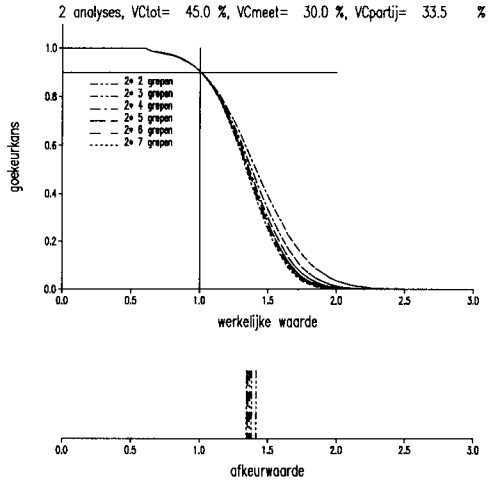
- In de bovenste afbeelding is de goedkeurkromme getekend. De kans op goedkeuring van een specifieke partij hangt af van het gemiddelde van deze partij (= "werkelijk" waarde) en van het keuringsprotocol met betrekking tot het aantal grepen en het aantal analyses.

In alle twee de afbeeldingen is de schaal op de horizontale as genormeerd ten opzichte van de toetsingswaarde.









**Bijlage 10 Delen van de verslagen van het overleg bouwbedrijfs-  
leven/VROM/V&W/RIVM over dit rapport<sup>20</sup>**

**DESKUNDIGENOVERLEG m.b.t. DEELPROJECT 3 Ministeriële Regeling Bouw-  
stoffenbesluit**

Verslag van de vergadering van 7 juni 1994

---

Aanwezig:

DGM/Bodem: dhr. Willemse (voorzitter), dhr. Ruwiel (deelprojectleider), mevr. Raad (secretaris), IPO: dhr. Klokman, VNG: dhr. Leenders, VNO/NCW: dhr. Hendriks, dhr. Oltheten, dhr. van den Bremen, dhr. van Kampen, VROM/DJZ: dhr. Teekens, TNO: dhr. Lamé, dhr. Derksen, RIVM: dhr. Aalbers

Afwezig:

VNO/NCW: dhr. Rademaker, RWS: dhr. Laan

---

**4. Discussie over toetsingsprotocollen naar aanleiding van de bijgevoegde discussienota (DPI.94.008)**

Vooraf wordt opgemerkt dat het om een discussienotitie gaat en niet om een standpuntinname. Er wordt eerst een inventariserend rondje gemaakt voor de vragen en de opmerkingen.

*Hendriks:* De opzet van de notitie en de aanpak van het probleem is positief. Het zal echter nog forse problemen geven om het nader uit te werken.

A Om het nader uit te werken moeten de waarde voor  $\sigma$  worden ingevuld. Hoe wordt dit gedaan? Er zijn twee uiterste situaties: alle  $\sigma$  van alle stoffen krijgen dezelfde waarde; of alle  $\sigma$  worden apart ingevuld. Hoe wordt het aangepakt?

B Er moeten een aantal keuzes gemaakt worden om verder te gaan, zoals bijvoorbeeld aangaande de te hanteren kwaliteitsparameter (gemiddelde?).

C In par. 4.4.1. staat dat de systematische fouten niet in beschouwing worden genomen.

---

<sup>20</sup>

De codering van diverse parameters is tijdens het schrijven van dit rapport aangepast. Zie voor de correcte definiëring hoofdstuk 2.1 "Definities en begrippen".

Er bestaan verschillende soorten systematische fouten; moeten een aantal van deze fouten niet toch worden meegenomen?

D In de tekst wordt  $\sigma_{\text{anal}}$  genoemd, maar deze staat niet in de formule op blz. 4.

E Komt er een uniform voorschrift voor alle bouwstoffen? Dit lijkt niet redelijk wanneer gekeken wordt naar greepgrootte en partijgrootte voor de verschillende bouwstoffen.

De vragen van *Leenders* komen overeen met die van *Hendriks*.

*Van den Bremen*: De aanpak van het probleem lijkt goed, maar het zal veel tijd gaan kosten.

F In par. 4.3 worden beleidsmatige en uitvoeringselementen genoemd waar tussen nog een keuze gemaakt moet worden. Hoe wordt dit gedaan? Is het onderscheid beleidsmatig vs. uitvoering wel goed?

G In par. 4.4.2. staat over de toevallige fouten dat TNO een onderzoek doet naar alle toevallige fouten in het proces. Maken zij onderscheid tussen alle  $\sigma$ 's?

H De laatste alinea van par. 4.5.2. is onduidelijk. Moet AmvB aangepast worden als de afkeuringswaarde veranderd?

*Van Kampen*:

I Blz. 5 de zin "Het lijkt redelijk dat ...". *Van Kampen* vindt het gestelde onredelijk. Men heeft kennelijk het gevoel dat het productieproces kan worden aangepast door een simpel knopje aan te draaien, op het moment dat de norm wordt aangescherpt. Voor sommige bouwstoffen ligt dit niet zo simpel om de  $\sigma$  te kennen en te veranderen.

*Klokman* en *Oltheten* hebben geen aanvullende opmerkingen.

Bespreking van de opmerkingen:

*Aalbers*:

D Er is een stukje tekst weggevallen, maar  $\sigma_{\text{anal}}^2 = \sigma_{\text{mon}}^2 + \sigma_{\text{prep}}^2 + \sigma_{\text{test}}^2 + \sigma_{\text{meet}}^2$ .

Overigens is in afbeelding 1 s-mat:  $\sigma_{\text{mat}}$

G In het bedoelde TNO-rapport wordt iets gezegd hoe je de systematiek van toevallige fouten kan benaderen en welke fouten er allemaal zijn. In een later stadium zullen bekende waarden kunnen worden ingevuld.

C Bij het opstellen van de meetvoorschriften moet rekening worden gehouden met de systematische fout. De voorschriften moeten zo worden opgeschreven dat er precies duidelijk is wat er met het voorschrift wordt bedoeld. Bij het opstellen worden ook STER-laboratoria betrokken, zodat mogelijke (systematische) fouten kunnen worden nagegaan. Door het uitvoeren van ringonderzoeken kan er meer inzicht worden verkregen in systematische fouten en kan er met de systematische fout rekening worden gehouden bij het opstellen van meetvoorschriften (NNI-normen).

*Hendriks:* Ondanks uitgebreide voorschriften kunnen er tussen de verschillende laboratoria toch nog verschillen optreden. De STERLAB kwaliteit is niet voldoende. Zelfs wanneer de laboratoria precies hetzelfde voorschrift gebruiken kan er nog een verschil in het gemiddelde per laboratorium zitten bij een ringonderzoek.

*Aalbers:* Het gaat dan om de accuratesse van de methode, deze dient dan te worden meegenomen bij het vaststellen van de meetvoorschriften.

*Van Kampen:* Er kunnen ook onbekende systematische fouten zijn die twee kanten opwerken, dit lijkt dan een toevallige fout. Wanneer één laboratorium afwijkt is dit een systematische fout en geen toevallige fout.

*Oltheten:* In de MR moet wel ruimte overblijven om systematische fouten later eventueel toe te voegen.

Samenvatting:

- 1) Het is belangrijk om inzicht te hebben in systematische fouten
- 2) Een ringonderzoek is een goede methode om systematische fouten te onderzoeken en inzicht in de problematiek te krijgen.
- 3) Wanneer blijkt dat de systematische fout veel groter is dan de toevallige fout, dan moet dit worden verwerkt in toetsingsprotocollen en MR. Het moet duidelijk worden hoe je omgaat met de eis.

De vergadering gaat hiermee accoord.



H Op blz. 5 moet AmvB vervangen worden door MR. Wanneer de afkeurwaarde moet worden aangepast kan dit makkelijker in de MR dan in de AmvB.

I *Van Kampen*: De kwaliteit van sommige producten is niet zomaar te veranderen, waardoor de opmerking op blz. 5 aandoet als een verkapte aanscherping van de eis.

*Hendriks*: In de AmvB wordt een norm genoemd die getoetst moet worden. Bij het toetsen hou je rekening met de spreiding, en zet je boven op de norm een constante zodat je met  $x\%$  zekerheid weet dat je goed afkeurt en dit voor de rechter kan bewijzen. De producent houdt rekening met een afkeurkans van zijn partij en gaat produceren binnen een bepaalde marge zodat hij met  $y\%$  zekerheid weet dat de partij niet afgekeurd wordt.  $X$  en  $y$  hoeven niet gelijk te zijn.

*Van Kampen* begrijpt het principe wel maar wanneer bijvoorbeeld het Si-gehalte in fosforslakken te hoog is kost het veel geld om dit te veranderen. Dit is wat anders als je de deeltjesgrootte moet veranderen, dan zet je er een andere zeef op. Bovendien is de spreiding in het produkt vaak niet bekend.

*Aalbers*: Er bestaan processen waarbij de spreiding in het produkt wel veranderd of verkleind kan worden.

*Van Kampen* erkent dit en wil dat er duidelijker wordt opgeschreven dat als het redelijkerwijs mogelijk is om het proces te veranderen dat het dan redelijk is te veronderstellen dat de producent zelf kan bepalen hoe ver hij onder de norm kan produceren.

A *Aalbers*: Naar het invullen van  $\sigma$  loopt een onderzoek. Eerst wordt alles grof ingevuld, waarna het gespecificeerd wordt.

*Hendriks* verwacht vooral problemen bij het invullen van  $\sigma_{\text{mat}}$ . Hij noemt als voorbeeld het verschil tussen bouw- en sloopafval en zeefzand. Hij stelt voor om een deskundigenpanel bijeen te brengen om te kijken wat er bekend is over de materiaalspreiding. Hierbij kan o.a. gedacht worden aan RIVM, TNO, Intron, KEMA, ECN.

*Oltheten* geeft aan dat daarnaast ook bezoeken gebracht kunnen worden aan bedrijfslaboratoria, zoals van Hoogovens, zodat er mogelijk gegevens komen per materiaalstroom met een bepaalde meetmethode. Het zou dan om materiaalanalyses gaan en niet zo zeer om gegevens over uitloogproeven.

Het eerst invullen van getallen voor alle  $\sigma$  levert vertraging op. Voorstel van *Aalbers* en *Derksen* is om het verhaal verder uit te werken en de  $\sigma$ 's later in te vullen. Daar waar nodig kan voorlopig gewerkt worden met geschatte waarden of met  $\sigma$ -categorieën waarin bepaalde bouwstoffen vallen. *Hendriks* vindt het idee van categorieën wel goed maar voorziet problemen wanneer bestaande bouwstoffen op de grens zitten.

Naast  $\sigma_{\text{mat}}$  is er ook weinig bekend over  $\sigma_{\text{prep}}$  en  $\sigma_{\text{mon}}$ . Hiervoor zouden de ervaringen van het monitoringonderzoek dat het RIVM gaat uitvoeren gebruikt kunnen worden.

Samenvatting:

In eerste instantie wordt de  $\sigma_{\text{anal}}$  bepaald (TNO m.b.v. experts) waarna de  $\sigma_{\text{mat}}$  uitgerekend kan worden. De  $\sigma_{\text{mat}}$  wordt dan weer gecheckt door de producenten. Ook kan mogelijk verder worden aangehaakt bij de monitoring van bouwstoffen. Daarnaast wordt met TNO afgesproken hoe de methodiek verder kan worden verfijnd waarna later de getallen worden ingevuld. De vergadering gaat hiermee accoord.

*Oltheten* merkt op dat hij te zijner tijd nog wel graag over de startwaarden en verder in te vullen waarden in MR en toetsingsprotocollen wil praten.

F, B

De scheiding tussen beleidsmatige en uitvoeringselementen is niet zo streng als het is opgeschreven.

Er is een voorlopige keuze gemaakt om een gemiddelde te meten en dit te koppelen aan een maximale partijgrootte. Dit houdt niet in dat de spreiding niet meegenomen wordt. De spreiding zal tot uitdrukking moeten komen in de hoogte van de afkeurwaarde.

*Aalbers*: Het willen kennen van de spreiding betekent meer analyses, en dus meer kosten. Dit wordt vaak niet gewaardeerd door de producent. Nu is besloten om te werken met een gemiddelde, indien nodig met een groter aantal grepen.

*Hendriks*: Bij de elementen wordt niet de attributenkeuring genoemd. Waarom is deze niet meegenomen?

*Ruwiel*: Deze keuring zou erg veel gaan kosten, hij is wel eenvoudig te beschrijven maar het aantal te analyseren monsters ( $n$ ) is erg groot. Evenals bij een ander soort

keuringen wordt bij de attributenkeuring (onbewust) uitgegaan van een bepaalde aangenomen verdeling, anders kan je geen randvoorwaarden geven. Welke verdeling dat precies is kon niet worden medegedeeld. *Hendriks* heeft een voorkeur voor een log normale verdeling en gaat er mee accoord dat de attributenkeuring niet verder wordt beschouwd.

Voor de keuringskarakteristiek moet een voorlopige keuze worden gemaakt. Het gaat om een zo hoog mogelijke kwaliteit tegen een redelijke prijs. Volgens *Hendriks* (op persoonlijke titel) kom je dan al gauw op een range van 90-95%.

*Oltheten* merkt nog op dat er problemen kunnen optreden bij het voorschrijven van een mengmonster. Hoe neem je een mengmonster van vormgegeven bouwstoffen, bv bakstenen? Malen is natuurlijk geen oplossing wanneer je een goede uitloogproef wilt doen.

E *Hendriks*: Er bestaan twee soorten homogeniteit van een partij waarmee je rekening moet houden:

- de partij is homogeen (macro)
- de verontreiniging is homogeen over de korrels verdeeld (micro)

*Aalbers*: Met macro-homogeniteit houd je rekening door de monstergrootte, en de partijgrootte. Met micro-homogeniteit houd je rekening door opwerkingsvoorschriften, grootte van het analysemonster etc.

Verder bestaat er een relatie tussen de afmeting van de partij, het te nemen monster en de analyse/uitloogproef.

*Oltheten*: Er moet een grote mate van uniformiteit komen in de voorschriften maar er moet wel zo veel mogelijk rekening gehouden worden met de individuele eigenschappen van de bouwmaterialen. Mogelijk zijn historische gegevens te gebruiken.

Ruwiël: Het is ook de bedoeling dat het voorschrift geldt voor een partij waar niets over bekend is.

## **DESKUNDIGENOVERLEG m.b.t. DEELPROJECT 3 Ministeriële Regeling Bouwstoffenbesluit**

### **Verslag van de vergadering van 30 augustus 1994**

---

#### Aanwezig:

DGM/Bodem: dhr. Willemse (voorzitter), dhr. Ruwiel (deelprojectleider), mevr. Raad (secretaris), IPO: dhr. Klokman, VNG: dhr. Leenders, VNO/NCW: dhr. Hendriks, dhr. van den Bremen, dhr. van Kampen, dhr. Hooykaas, dhr. Lamers, TNO: dhr. Lamé, dhr. Derksen, RIVM: dhr. Aalbers

#### Afwezig:

VNO/NCW: dhr. Rademaker, dhr. Oltheten, RWS: dhr. Laan, VROM/DJZ: dhr. Teekens

---

#### **4. Bespreking concept-rapport "Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen" (DPI.94.014)**

*Aalbers* deelt een aantal nieuwe pagina's uit ter verbetering van het rapport (DPI.94.0..). *Aalbers* legt uit wat er veranderd is en waarover in deze vergadering besloten moet worden. Tevens benadrukt hij nogmaals wat er al besloten is, en wat er voor het volgende concept-rapport nog gedaan wordt.

In de pagina's die zijn uitgedeeld is op een iets andere manier de totale fout uitgerekend m.b.v. de RIVM-data base. De totale fout is niet veranderd, alleen de overall standaarddeviatie is iets kleiner geworden. Verder stonden er een paar kleine foutjes in de formules, die zijn nu verbeterd. Dit heeft geen effect op de figuren die in het concept-rapport staan.

Op 7 juni is besloten:

- er wordt getoetst op het gemiddelde
- de normen waarop getoetst wordt staan in het BB
- de verdeling in de partij is waarschijnlijk lognormaal (is nu in het rapport onderbouwd)
- het protocol wordt statistisch onderbouwd
- het is een handhavingsprotocol (de formule kan ook gebruikt worden om een routineprotocol te berekenen)

Wat in deze vergadering moet worden besloten:

- is de systematiek van het RIVM om de totale fout te bepalen acceptabel?
- is een totale fout (= meetfout en spreiding in het materiaal) van 61% voor niet-vormgegeven bouwstoffen en 47% voor vormgegeven bouwstoffen acceptabel (zie tabel 1, DPI.94.0..)?
- als het 'ware gemiddelde' boven de norm ligt wil je met 90% zekerheid kunnen zeggen dat de partij terecht wordt afgekeurd. Hierbij wordt rekening gehouden met de totale fout.

Wat in het volgende concept komt:

- uitrekenen van de totale fout voor PAK, PCB en minerale oliën
- bepaling van de spreiding in de partij en de meetfout (onderzoek TNO)
- het doorrekenen van de effecten op hergebruik en bodembescherming door het maken van bepaalde keuzes voor parameters m.b.v. de RIVM-data base
- invullen van de parameters: het aantal grepen, het aantal monsters gerelateerd aan hergebruik en bodembescherming (en kosten) [ $z_{p_0} = 0$  door de gemiddelde keuring;  $z_{1-\alpha} = 1,28$  door de 90% zekerheid].

*Hooykaas* heeft een vraag over de spreiding in het bouw materiaal (blz. 19). De spreiding kan veroorzaakt worden door spreiding in de grondstof of door variatie in het productieproces. Door inzicht te krijgen in de meetfout die optreedt tijdens het toetsen kan de spreiding berekend worden uitgaande van een bekende  $s_{tot}$ .

Het doorrekenen van het effect op hergebruik en bodembescherming gebeurt in eerste instantie door de spreiding in de partij gelijk te stellen aan de totale fout en de analyse fout op nul en andersom. Wanneer TNO, na ontvangen van de informatie, inzicht krijgt in de meetfout kan een situatie er tussen in berekend worden.

*Leenders*: Nu kom je ongeveer uit op 1,5-2 x de norm als toetswaarde. Wat gebeurt er met de toetsingswaarde als je de totale fout verandert van 60% naar 70%? *Aalbers*: dit heeft tot gevolg dat je een nog grotere spreiding toelaat in het milieu. Het rechter gedeelte van figuur 5 gaat omhoog. *Aalbers* heeft op dit moment geen inzicht op het precieze effect op de toetsingswaarde.

*Hooykaas*: in het rapport een maximale partijgrootte genoemd van 2000 ton. Dit komt toch

uit het interim-protocol voor grond? *Aalbers* en *Ruwiel* antwoorden dat het ook geldt voor andere bouwstoffen. De handhaver mag maximaal een partij keuren van 2000 ton. Als er een weg ligt waarin 20.000 ton slakken zijn verwerkt kan de handhaver er voor kiezen om de weg in tien partijen te verdelen en deze alle tien te gaan keuren. Ook kan hij er voor kiezen om 1 partij van 2000 ton te keuren. Hij doet dan een uitspraak over de te keuren partij met een betrouwbaarheidsinterval van 90%. Hij kan geen uitspraak doen over de hele weg. De kosten van handhaven zijn voor de handhaver.

Na een vraag van *Hendriks* over het eerst vastleggen van het aantal grepen en monsters en daarna variëren van andere parameters antwoordt *Derksen* dat er juist voor gekozen is om 1 punt vast te leggen en daarna te variëren met het aantal grepen en monsters.

*Leenders* merkt op dat hij graag wat eenduidigheid wil in de terminologie. Woorden als norm, eis, toetsingswaarde, toetsingseis etc. worden door elkaar genoemd.

*Hooykaas* heeft een vraag over het aantal parameters dat getoetst wordt. In de kostenberekening die er nu staat wordt uitgegaan van 6 kritische stoffen (5 anorganische en 1 organische). Wordt hier nu ook op getoetst? *Aalbers*: in principe kan de handhaver op alle stoffen toetsen, maar hij toetst waarschijnlijk met kennis van zaken. Voor bekende materialen zal de handhaver mogelijk alleen op kritische stoffen toetsen. Er kan op elke stof afgekeurd worden. Wanneer de kritische stoffen onafhankelijk van elkaar zijn, kan de afkeur-/goedkeurkans veranderen. Voor het volgende concept rapport kan gekeken worden voor welke bouwstoffen dit kritisch kan zijn. Als het een probleem mocht blijken te zijn kan er op teruggekomen worden. De vergadering gaat hiermee akkoord. *Lamers* vraagt of er geen handreikingen gegeven moeten worden voor de handhaver wat de kritische parameters zijn. *Aalbers* antwoordt dat dit niet nodig is. In een opdracht die zij uitvoeren in het kader van monitoring wordt voor alle bouwstoffen een lijst opgesteld wat kritische parameters kunnen zijn. De handhaver moet de vrijheid houden om op alle stoffen te kunnen toetsen.

*Willemse* vraagt of de vergadering het verhaal wat er nu ligt goedkeurt en voldoende vertrouwen heeft in de acties die *Aalbers* verder gaat uitvoeren. De vergadering gaat met het rapport en de uit te voeren acties akkoord.

*Lamé* vertelt kort de stand van zaken betreffende het verzamelen van informatie over de meetfout. Er zijn 13 instanties/bedrijven benaderd. 3 instanties hebben geen gegevens, 3 hebben al gegevens aangeleverd, de overige 7 hebben nog niets gestuurd maar wel een mondelinge toezegging gedaan. *Lamé* kan nog geen conclusies trekken. Hij vraagt om de toegezegde informatie op te sturen.

## **DESKUNDIGENOVERLEG m.b.t. DEELPROJECT 3 Ministeriële Regeling Bouwstoffenbesluit**

### **Verslag van de vergadering van 27 oktober 1994**

---

#### Aanwezig:

DGM/Bodem: dhr. Willemse (voorzitter), dhr. Ruwiel (deelprojectleider), mevr. Raad (secretaris), IPO: dhr. Klokman, VNO/NCW: dhr. Hendriks, dhr. van den Bremen, dhr. van Kampen, dhr. Hooykaas, dhr. Oltheten, dhr. Lamers, TNO: dhr. Lamé, dhr. Derksen, RWS: dhr. Laan, RIVM: dhr. Aalbers

#### Afwezig:

VNO/NCW: dhr. Rademaker, VNG: dhr. Leenders, VROM/DJZ: dhr. Teekens

---

#### **4. Bespreking eind-concept rapport "Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen" (DPI.94.014)**

Mondelinge inleiding door *Aalbers*.

- Het rapport is geschreven met de informatie die nu beschikbaar is.
- Het rapport bevat een aantal strategische beslissingen waar we nu over moeten beslissen.
- Het rapport is nog niet af en heeft nog een redactionele slag. Na deze slag is het eind-concept af.

De belangrijkste punten uit de inleiding:

- het protocol is een handhavingsprotocol.
- het protocol wordt statistisch onderbouwd
- de 'werkelijke waarde' van een partij ( $\mu$ ) is kleiner dan de toetswaarde (T)
- de afkeurwaarde ( $x$ ) = de afkeurfactor maal de toetsingswaarde (T). De afkeurfactor is groter dan 1
- er wordt uitgegaan van een lognormale verdeling
- er wordt getoetst op het gemiddelde, en wel het gemiddelde op de oorspronkelijke schaal (vertaling ln naar normale schaal). Dit levert ingewikkelde formules op zoals formule 23.
- het producenten en consumentenrisico is niet gelijk en er wordt rekening gehouden met



de fout die kan optreden tijdens de uitvoering van het protocol. Deze fout ( $s_{tot}$ ) bestaat uit  $s_{prod}$  ( $=0$ ),  $s_{part}$ ,  $s_{mon}$ ,  $s_{voorb}$ ,  $s_{bep}$ , en  $s_{anal}$ . De laatste 4 worden samengevoegd tot  $s_{meet}$ .  $s_{tot}$ ,  $s_{part}$  en  $s_{meet}$  zijn onbekend.  $s_{tot}$  kan worden geschat uit de RIVM-database, door uit te gaan dat alle gegevens enkelvoudige monsters zijn uit 1 greep. Voor elke verbinding is de gemiddelde waarde uitgezet tegen de standaard deviatie voor elke bouwstof waar gegevens van bekend zijn. Er blijkt een lineair verband te zijn. Hieruit is de VC bepaald met lineaire regressie. Voor niet-vormgegeven bouwstoffen (anorganisch) is de gemiddelde VC bepaald met de standaard deviatie, evenals voor de vormgegeven bouwstoffen (anorganisch) en voor alle bouwstoffen (organisch).

De VC zou je ook kunnen differentiëren per bouw materiaal en per stof. Het protocol blijft dan echter niet zo simpel als het nu is.

- De  $s_{meet}$  is voorlopig gesteld op 0,25; tot dat er meer gegevens bekend zijn.
- Als  $s_{part}$  wordt uitgezet tegen de toetswaarde blijkt dat meer monsters nemen invloed heeft op de linkerkant van de grafiek ( $s_{part} = 0$ ), meer grepen heeft invloed op de rechter kant ( $s_{part} = 0,6$ ). Door meer grepen of monsters daalt de afkeurwaarde.
- Een partij wordt onterecht afgekeurd wanneer de werkelijke waarde van een partij tussen de toetsingswaarde en de afkeurwaarde ligt.
- Door een lage afkeurwaarde wordt zo goed mogelijk aangesloten bij de marginale bodembelasting.
- Een partij die op de norm is geproduceerd is heeft 90% om goed gekeurd te worden.
- Het hergebruik is uiterekend per categorie bouwstof dit zegt niets over het hergebruik per bouw materiaal. Hier blijkt wel behoefte aan.

*Van den Bremen:* de kosten voor 3 monsters met 4 grepen is nu ongeveer f5000,- (zie tabel 8). Op het moment dat er meer informatie is over  $s_{part}$  of  $s_{meet}$  worden de afkeurwaarden scherper en gaat men meer analyseren. *Aalbers* en *Ruwiel* benadrukken dat het gaat om een handhavingsprotocol, en het is dus de handhaver die betaald. De producent hoeft het protocol niet te volgen.

*Hendriks:* de monsterneming geldt niet voor vormgegeven materialen. Wordt het nu 3 x 1 bak met vier bakstenen of 3 x vier bakken met 1 baksteen? De invulling van de monsterneming is een onderwerp dat later wordt ingevuld.

*Hooykaas*: in welke  $s$  is de variatie in natuurlijke delfstoffen van de bouwstoffen meegenomen? Dit is onderdeel van  $s_{\text{part}}$ .

Op p. 43 staat een producentenrisico van 90%. Wat is dit? Een partij die op de norm is geproduceerd heeft 90% kans om goed gekeurd te worden en dus 10% kans om te worden afgekeurd.

p. 47 cursief. Dit is een moeilijk begrijpbare zin. Graag meer uitleg.

Laatste pagina, tabel b is erg onduidelijk en moeilijk te begrijpen. Graag wat meer uitleg erbij.

*Oltheten*: is het ook mogelijk om toetswaarden uit te rekenen per element, elementen of bouwstoffen boven het gemiddelde hebben meer kans om afgekeurd te worden dan die ver onder het gemiddelde liggen. *Aalbers* is bereid om ook de toetsingswaarden per element uit te rekenen maar waarschuwt dat hierdoor het protocol veel ingewikkelder wordt (actie *Aalbers*).

Verder blijkt dat bijlage 3 mist in het rapport. Dit zijn de grafieken waaruit *Aalbers* de VC's heeft uitgerekend. Bijlage 3 wordt nagestuurd (actie *Raad*).

*Hendriks* vraagt hoe het nu verder gaat met de toetsingsprotocollen?

- Wordt de invloed van het aantal grepen niet dubbel geteld (zie formule 24 en 31) door  $s_{\text{meet}}$  en  $1/n$ ? Na een uitleg van *Aalbers* blijkt dit toch niet zo te zijn.
- De grootte van de afkeurfactor is nog niet duidelijk omdat  $s_{\text{meet}}$  nog niet bekend is.
- Het rapport is moeilijk begrijpbaar en er zitten hier en daar foutjes en/of slordigheden in. *Aalbers* heeft al aangegeven dat het rapport nog een redactionele slag moet ondergaan zodat het rapport beter leesbaar wordt. *Willemse* stelt voor om deze versie af te wachten voordat het rapport wordt uitgezet bij VNO/NCW. Alle opmerkingen die er nu al zijn wil *Aalbers* zo spoedig mogelijk ontvangen.

Er wordt opgemerkt dat door het kiezen van 1  $s_{\text{part}}$  alle bouwstoffen over 1 kam worden geschoren. De certificerende instelling legt echter ook criteria aan; dit kan ook het hergebruik beïnvloeden. Het protocol dat er nu ligt is voor de handhaver en kan handvaten geven voor de certificering. In het project met de SBK moet worden bekeken hoe met de relatie toetsingsprotocol en kwaliteitsverklaringen wordt omgegaan.

*Van Kampen:* Bij het valideren van de uitloogtesten bleek dat er een fout optreedt > 25%. Kom je dan wel uit met je 60% totale fout, wanneer hier al zo'n grote fout in zit? De 25% is afkomstig van een bepaalde combinatie van materiaal met element. Mogelijk ligt het gemiddelde lager. Daarnaast zitten deze gegevens (nog) niet in de data base. Wanneer dit wel het geval is kan mogelijk de VC worden aangepast in een later stadium .

*Lamers* wijst op de lage VC van F en SO<sub>4</sub>, klopt dit wel? *Aalbers* zoekt dit uit (actie 10).

Afspraken:

*Oltheten* verzamelt de voorlopige reacties van het bedrijfsleven en stuurt deze voor 24 november naar *Aalbers* evenals de rest van de aanwezigen. Op 15 december is er een nieuw deskundigenoverleg waar het eind-concept wordt besproken. Dit rapport wordt, zoals normaal, 8 dagen van te voren verstuurd.

## DESKUNDIGENOVERLEG m.b.t. DEELPROJECT 3 Ministeriële Regeling Bouwstoffenbesluit

### Verslag van de vergadering van 15 december 1994

---

#### Aanwezig:

DGM/Bodem: dhr. Willemse (voorzitter), dhr. Ruwiel (deelprojectleider), mevr. Raad (secretaris), DGM/A: mevr. Van de Laar IPO: dhr. Klokman, VNO/NCW: dhr. Hendriks, dhr. van den Bremen, dhr. van Kampen, dhr. Hooykaas, dhr. Oltheten, dhr. Lamers, TNO: dhr. Lamé, RWS: dhr. Laan, RIVM: dhr. Aalbers

#### Afwezig:

VNO/NCW: dhr. Rademaker, VNG: dhr. Leenders, TNO: dhr. Derksen, VROM/DJZ: dhr. Teekens

---

#### 4. Bespreking eind-concept rapport "Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen" (DPI.94.014)

\* 'Inventarisatie van fouten'

*Lamé* geeft een korte toelichting. Het rapport is opgesteld naar aanleiding van een verzoek uit dit overleg om de  $VC_{meet}$  en  $VC_{part}$  te onderbouwen. Hiervoor zijn 17 instanties aangeschreven. Er was weinig respons, daardoor kan er alleen maar een voorzichtige conclusie worden getrokken. De beschikbare resultaten leiden tot de conclusie dat de  $VC_{rivm}$  niet kan worden verworpen. De  $VC_{part}$  uit paragraaf 3.1 is erg hoog door de gebruikte analysemethode.

*Hooykaas*: op blz. 18 staan de waarden van de uitloogproeven. Deze geven een erg optimistisch beeld. De problemen zijn aan de kant geschoven. Bovendien, voegt *Van Kampen* toe, is de mediaan van de getallen genomen en niet het gemiddelde. Als dit niet as gedaan is de meetfout hoger.

*Hendriks*: hoe kan verklaard worden dat bij de ECN-getallen (blz. 20) de  $VC_{kolom}$  kleiner is dan de  $VC_{diff}$  terwijl je het andersom verwacht? *Aalbers* zegt dat dit kan liggen aan het gegeven dat gemeten is bij de detectiegrens; hier zijn de fouten veel hoger, als gevolg van de lagere concentraties waarin stoffen voorkomen. Het is gevaarlijk om te kijken naar

foutenpercentages. Als je bij de detectiegrens meet, zit je vaak nog ver onder de norm. *Lamé* maakt hierover een opmerking in het rapport.

*Oltheten*: p. 2. laatste alinea: 'kan daarom vooralsnog gehandhaafd blijven' vervangen door 'kan niet verworpen worden'. Het is een beleidskeuze om te kiezen voor  $VC_{rivm} = 0,65$ . Het rapport is goed toegankelijk. Hoe vindt de verdere afronding plaats? *Lamé*: het commentaar wordt verwerkt en daarna is het rapport in principe afgerond.

*Van Kampen*: blz. 18; r en R. *Lamé*: bij een individuele toetsing in één laboratorium is R niet van belang.

*Van Kampen*: bij fosforslak wordt ijzer beschouwd als een macrocomponent; dit is het echter niet. *Lamé* en *Van Kampen* praten hier nog over.

\* 'Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen'

*Aalbers* geeft een korte toelichting en deelt de samenvatting uit. Op blz. 48 van het rapport in de laatste zin moet het woord 'onterecht' weggehaald worden. Op p. 30 en 38 staan nu eenvoudiger formules doordat de Taylorbenaderingen eruit zijn gehaald. Voor de beoordeling van het hergebruik is uitgegaan van een worst-case scenario.

*Hendriks*: via een meer rechttoe-rechtaan benadering kom je op hetzelfde resultaat uit. Voor vormgegeven materialen stelt *Hendriks* voor om 3 monsters te nemen en het aantal grepen vrij te laten. Dit is i.v.m. problemen die kunnen optreden met de uitloogproeven.

*Aalbers*: dit geeft mogelijk problemen voor de bodembescherming. Daarnaast is nu  $c=3$  en  $n=4$  voorgesteld om zekerheid te bieden voor de certificatie. Bij het vrijlaten van de grepen krijg je verschillende afkeurfactoren. Dit lijkt hem niet wenselijk voor de producent. *Hendriks* vindt het nemen van grepen niet van toepassing op vormgegeven materialen. *Ruwiel* benadrukt het belang van bodembescherming en de afspraak over de risicoverdeling.

*Oltheten*: in de BRL kunnen de producenten een eigen interpretatie geven aan het protocol. Het ministerie zal vervolgens het certificaat moeten beoordelen dat gebaseerd is op de

BRL. Als de BRL gebaseerd is op  $c=3$  en  $n=1$ , en het wordt goedgekeurd, dan is dat een zaak van het ministerie.

*Hooykaas*: op blz. 61 wordt gesproken over het keuren voor een maximale partijgrootte van 2000 ton. Bij fosforslakken wordt er gekeurd per 10.000 ton.

*Aalbers*: Dit soort problemen kunnen in de BRL geregeld worden. Een certificaat is een wettig bewijs, de handhaver controleert het wettig bewijs en/of partijen zonder certificaat.

*Willemse*: wat zijn de afspraken voor het afronden van het rapport?

*Oltheten* wil met het bedrijfsleven overleggen over het toetsingsprotocol, maar meent dat het rapport kan worden afgerond.

**Bijlage 1 Marginale belasting in relatie tot de afkeurfactor per stof voor de uitloging van niet-vormgegeven bouwmaterialen.**

**Tabel 1 Categorie 1 bouwmaterialen (h=0.7m, infiltratie 300 mm, sg=1550 kg/m<sup>3</sup>).**

	mg/kg			afkeurfactor						
	E0	marg.b. bel.	norm	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
				aantal maal marginale bodembelasting						
As	0,7	0,18	0,88	1,00	1,96	2,92	3,88	4,84	5,80	6,76
Ba	0,9	2,18	3,08	2,09	2,59	3,09	3,59	4,09	4,59	5,09
Cd	0,021	0,01	0,032	1,00	1,58	2,16	2,75	3,33	3,91	4,49
Co	0,18	0,24	0,42	1,00	1,35	1,70	2,05	2,40	2,75	3,10
Cr	0,09	1,16	1,25	1,00	1,22	1,43	1,65	1,86	2,08	2,29
Cu	0,25	0,47	0,72	1,00	1,31	1,61	1,92	2,23	2,53	2,84
Hg	0,016	0,00	0,018	1,00	2,67	4,34	6,01	7,68	9,34	11,01
Mo	0,15	0,13	0,28	1,00	1,42	1,85	2,27	2,69	3,12	3,54
Ni	0,63	0,46	1,09	1,00	1,48	1,95	2,43	2,90	3,38	3,85
Pb	0,8	1,10	1,90	1,00	1,35	1,69	2,04	2,38	2,73	3,08
Sb	0,02	0,03	0,045	1,00	1,36	1,72	2,08	2,44	2,79	3,15
Se	0,03	0,01	0,044	1,00	1,64	2,29	2,93	3,58	4,22	4,86
Sn	0,03	0,24	0,27	1,00	1,23	1,45	1,68	1,90	2,13	2,35
V	0,4	0,49	0,89	2,41	3,06	3,70	4,34	4,99	5,63	6,28
Zn	2	1,82	3,82	1,00	1,42	1,84	2,26	2,68	3,10	3,52
Br	2,6	0,27	2,87	1,00	3,14	5,28	7,42	9,56	11,70	13,83
Cl	51	188,99	240	2,90	3,54	4,17	4,81	5,40	6,08	6,71
F	1,5	6,16	7,66	1,97	2,41	2,86	3,30	3,74	4,18	4,63
SO4	118	458,06	576	1,38	1,70	2,03	2,36	2,69	33,01	3,34
CN-tot	0	0,07	0,067	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
CN-vrij	0	0,01	0,013	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20

**Tabel 2 Categorie 1 bouwmaterialen (h=0.7m, infiltratie 6 mm, sg=1550 kg/m<sup>3</sup>).**

				factor						
	mg/kg			1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2
	E0	marg.b. bel.	norm	aantal maal marginale bodembelasting						
As	0,7	6,32	7,02	1,00	1,22	1,44	1,67	1,89	2,11	2,33
Ba	0,9	26,98	27,88	1,80	2,16	2,53	2,89	3,26	3,62	3,99
Cd	0,021	0,05	0,066	1,00	1,29	1,58	1,88	2,17	2,46	2,75
Co	0,18	2,28	2,46	1,00	1,22	1,43	1,65	1,86	2,08	2,29
Cr	0,09	12,18	12,27	1,00	1,20	1,40	1,60	1,81	2,01	2,21
Cu	0,25	3,26	3,51	1,00	1,22	1,43	1,65	1,86	2,08	2,29
Hg	0,016	0,06	0,076	1,00	1,25	1,51	1,76	2,01	2,27	2,52
Mo	0,15	0,76	0,91	1,00	1,24	1,48	1,72	1,96	2,20	2,44
Ni	0,63	3,09	3,72	1,00	1,24	1,48	1,72	1,96	2,20	2,44
Pb	0,8	7,90	8,70	1,00	1,22	1,44	1,66	1,88	2,10	2,32
Sb	0,02	0,41	0,426	1,00	1,21	1,42	1,63	1,84	2,05	2,26
Se	0,03	0,07	0,101	1,00	1,28	1,57	1,85	2,14	2,42	2,70
Sn	0,03	2,36	2,39	1,00	1,20	1,41	1,61	1,81	2,01	2,22
V	0,4	13,56	13,96	1,80	2,17	2,54	2,90	3,27	3,64	4,00
Zn	2	12,67	14,67	1,00	1,23	1,46	1,69	1,93	2,16	2,39
Br	2,6	1,52	4,12	1,00	1,54	2,08	2,62	3,16	3,71	4,25
Cl	51	8756	8807	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
F	1,5	53,66	55,16	1,80	2,17	2,53	2,90	3,27	3,63	4,00
SO4	118	21909	22027	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
CN-tot	0	0,38	0,381	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
CN-vrij	0	0,08	0,076	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20



**Bijlage 12 Hoeveelheid bouwmaterialen (afzet) die bij de beoordeling van het hergebruik zijn betrokken (basis: Van Ruiten appendix, III figuur A en/of Branche document Bouw- en sloopafval).**

BOUWMATERIAAL (indeling volgens Van Ruiten appendix III figuur A)	opmerking RIVM	indeling volgens Bijl. 1. oBB	afzet in Kton			
			1990		2000 (autonoom)	
			V.Ruiten *	V.Ruiten + wijziging volgens Branche doc **	V.Ruiten *	V.Ruiten + wijziging volgens Branche doc **
zand-cement stab. + zeezand		V1	100	100	300	300
beton-, metselwerk- en menggranulaat	betongranulaat	N1	250	1032	1000	1118
	metselwerkgranulaat	N1	450	708	600	767
	menggranulaat (gecert.)	N1		2506	3400	2714
EC-bodemas	gecert. en niet-gecert.	N	100	100	100	100
licht gebonden EC-vliegas		V1	500	500	600	600
cementbeton +	met E-vliegas (8%)		100	100	300	300
	met AVI-bodemas (8%)	V1	0	0	100	100
	met jarosieteadslak		0	0	100	100
asfaltbeton +	asfaltgranulaat recycling	V1	500	500	800	800
	met AVI-vliegas (2%)	V1	100	100	100	100
	met E-vliegas (6%)	V1	100	100	100	100
	met fosforslak (59%)	V1	100	100	200	200
breekasfaltcement			100	100	0	0
Div. HO-slakkenmengsels (incl 0.3 staalslak)	hoogovenslakkenmengsel	V1/N***	700	700	700	700
	cementbeton met gegran-HO-slak	V1	1100	1100	1100	1100
LD-staalslak (waterbouw)		V1	100	100	100	100
fosforslak (waterbouw)		V1/N***	100	100	100	100
Totaal cat. 1.			3700	7246	8700	8299
metselwerk- en menggranulaat	metselwerkgranulaat	N2	1500	0	480	0
	menggranulaat niet-gecert.	N2		1100	3520	0
asfaltgranulaat	bitumen	N2	1500	1500	2000	2400
zeezand		N2	300	383	100	2500
EC-vliegas		N2	100	100	200	200
AVI-bodemas-stabilisatie/AVI-bodemas	gebonden AVI-bodemas	V2	0	0	0	0
	AVI-slak	N2	600	600	1500	1500
lichtgebonden fosforslak		V2	400	400	400	400
Totaal cat. 2.			4400	4083	8200	6700
wervelbedbodemas		N	100	100	100	100
vergassingsbodemas		N	0	0	100	100
schuimbeton + EC-vliegas		V	100	100	100	100
gereinigde grond		N	400	400	1500	1500
(chemie)gips	RO-gips	N	200	200	300	300
	fosforzuurgips	N	0	0	0	0
Totaal rest			100	100	200	200
<b>TOTAAL</b>			<b>8200</b>	<b>11429</b>	<b>17100</b>	<b>15199</b>
Totaal niet-beoordeeld			1400	1400	2900	2900

\* Van de bouwmaterialen met hoeveelheden links in de kolommen waren bij het RIVM geen uitlooggegevens beschikbaar en zijn niet in de beoordeling betrokken.

\*\* Wijziging op basis van het branche document Bouw- en sloopafval. Gearceerde gegevens in de laatste en één na laatste kolom. Het branche document verwacht in 2000 geen ongecertificeerde granulaten meer.

\*\*\* Betreft V-bouwmaterialen die bij gebrek aan uitlooggegevens beoordeeld zijn als N-bouwmaterialen (worse case).

**Bijlage 13 Gecombineerde beoordeling voor bouwmaterialen op basis "max", "crit", "eigen-max" en "eigen-crit" alsmede de verwachting van de herbruikbaarheid van bouwmaterialen uit het RIVM/RIZA-rapport**

Tabel a. Gecombineerde beoordeling voor niet-vormgegeven bouwmaterialen op basis van de toetsingswaarden van het Bouwstoffenbesluit (H=70cm) volgens het toetsingsprotocol  $c=3$  monsters van elk 4 grepen en  $VC_{meet}=0.25$ .

Tabel b. Betrouwbaarheidsintervals en gecombineerde beoordeling voor vormgegeven bouwmaterialen op basis van de toetsingswaarden van het Bouwstoffenbesluit volgens het toetsingsprotocol  $c=3$  monsters van elk 4 grepen en  $VC_{meet}=0.25$ .

kolom 1. Naam van het bouw materiaal.

kolom 2. Opmerkingen over het bouw materiaal

kolom 3. Categorie indeling volgens het ontwerp Bouwstoffenbesluit 1991

kolom 4. Verwachte fractie bouw materiaal die volgens het RIVM/RIZA-rapport op basis van uitloging en organische samenstelling en normstelling van het Bouwstoffenbesluit in categorie 1 valt.

kolom 5. Berekende fractie van bouw materialen die op basis van uitloging en organische samenstelling in categorie 1 valt volgens het beschreven toetsingsprotocol voor drie monsters van elk vier grepen en is berekend voor "max", "crit", "eigen-max" of "eigen-crit".

kolom 6. Verwachte fractie bouw materiaal die volgens het RIVM/RIZA-rapport op basis van uitloging en organische samenstelling en normstelling van het Bouwstoffenbesluit in categorie 2 valt.

kolom 7. Berekende fractie van bouw materialen die op basis van uitloging en organische samenstelling in categorie 2 valt volgens het beschreven toetsingsprotocol voor drie monsters van elk vier grepen en is berekend voor "max", "crit", "eigen-max" of "eigen-crit".

kolom 8. Verwachte fractie bouw materiaal die volgens het RIVM/RIZA-rapport op basis van uitloging en organische samenstelling en normstelling van het Bouwstoffenbesluit in de bijzondere categorie valt of geen afzet problemen heeft.

kolom 9. Berekende fractie van bouw materialen die op basis van uitloging en orga-

nische samenstelling in de bijzondere categorie valt of geheel toepasbaar is volgens het beschreven toetsingsprotocol voor drie monsters van elk vier grepen en is berekend voor "max", "crit", "eigen-max" of "eigen-crit".

kolom 10. Verwachte fractie bouw materiaal die volgens het RIVM/RIZA-rapport op basis van uitloging en organische samenstelling en normstelling van het Bouwstoffenbesluit niet toepasbaar is.

kolom 11. Berekende fractie van bouwmaterialen die op basis van uitloging en organische samenstelling niet-toepasbaar is volgens het beschreven toetsingsprotocol voor drie monsters van elk vier grepen en is berekend voor "max", "crit", "eigen-max" of "eigen-crit".



Tabel b  
 Beoordeling van vormgegeven bouwmaterialen, weergegeven als fractie toeepasbaar (100%=1)  
 als categorie 1, categorie 2, bijzonder categorie of storten voor drie verschillende wijzen van beoordelen "max", "crit" en "eigen".

building material	Cat 1											Cat 2				bijz.caat/volledig toep.				storten/niet toeepasbaar								
	2	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7	7	7	7	8	9	9	9	9	10	11	11	11	11	11	
1	cat. oBB	riva	riva	riva	max	max	max	eigen crit	eigen max	eigen crit	riva/ riva	max	eigen max	eigen crit	riva/ riva	max	eigen max	eigen crit	riva/ riva	max	eigen max	eigen crit	riva/ riva	max	eigen max	eigen crit		
asfaltbeton						1.00																						
recycling																												
asfaltbeton + met AVI-bodemass	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
asfaltbeton + met AVI-vliegias (2%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
asfaltbeton + met E-,AVI-vliegias	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
asfaltbeton + met E-vliegias (6%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
asfaltbeton + met fosforiak (59%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
asfaltbeton + met jarosietindiak met teer	V1				0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00																		
basalt	V1																											
cellenbeton	V1				0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00																		
cellenbeton + met E-vliegias	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
cementbeton	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
cementbeton + met aardelite	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
cementbeton + met AVI-bodemass (8%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
cementbeton + met E-vliegias (8%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
cementbeton + met jarosietindiak	V1				0.42	0.00	0.42	0.00	0.42	0.00																		
cementbeton + met lytag	V1/N*				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
fosforiak	V2				0.0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25																		
gebonden AVI-bodemass	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
grof keramische produkten + hoogovenslakkenmengsel met E-vliegias (25-40%)	V1/N*				0.57	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71																		
hoogovenslak	V1				0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67																		
hydraulisch geb. EC-vliegiasgran	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
hydraulisch menggranulaat	V1				0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67																		
kalksteen	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
kalkzandsteen	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
kalkzandsteen + met E-vliegias (37%)	V1				1.00	0.67	0.50	0.67	0.50	0.67																		
kalkzandsteen + met E-vliegias (9%)	V1				1.00																							
kalkzandsteen + met grau-kalk (8%)	V1				1.00																							
kalkzandsteen + met lownoxvliegias (9%)	V1				1.00																							
kalkzandsteen + met wervelbedas (29%)	V1				0.08	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17																		
koperslak	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
L.D-staatslak	V2				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
lichtgebonden E-vliegias	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
lichtgebonden fosforiak	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
lichtgebonden staalslakken	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
mortel	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
mortel met EC-vliegias	V1				0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67																		
porceuze metselbakstenen + met E-vliegias (29%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		
zandcementstabilisatie met E-vliegias (73%)	V1				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																		

\* beoordeeld als niet-vormgegeven bouwmaterial

**Bijlage 14 Specificatie meetkosten volgens IWACO B.V.**

monstervoorbehandeling anorganisch		
activiteit	kosten in f	opmerkingen
breken	81	
drogestof	16	
uitloogproeven		
kolomproef	357	
diffusieproef	227	
Analyse anorganisch		
As	26	
Cd,Cr,Cu,Ni,Pb	16	per stof
Ba,Co,Mo,Sn,V,Zn	16	per stof
Se,Sb	27	per stof
Hg	35	
Br,Cl,SO4	78	
F	49	
CN-vrij, CN-totaal	91	
Totaal	339	elke soort (rij) 1 kritische stof
Monstervoorbehandeling organisch		
cryogeen vermalen	19	
Analyse organisch		
BETX	78	
Fenolen,PAK,PCB,OCB,n-CIB	487	
EOCl	71	
MO	65	
Gemiddelde	175	1 stof kritisch

1. Beek, A.I.M. van de en Wilde P.G.M. de, Bemonstering van bouwmaterialen in het AAS-programma, RIVM-rapport 73....., 1995.

## Literatuurlijst

1. VROM,  
Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming,  
1995.
2. Voortman, A.G.W., Lamé, F.P.J, en Derksen, G.B.,  
Een beschrijving van foutenbronnen bij de monsterneming van partijen grond- of  
steenachtige bouwmaterialen of afvalstoffen,  
TNO-rapport MW R 94/165, 1994.
3. Toepassing van statistische methoden,  
NEN 3114,  
NNI, Delft, 1960.
- 4.a TPD-HEC-RPT-0014  
Statistische basis toetsingsprotocol bouwstoffenbesluit  
Deel 1: Basiskennmerken statistische keuring
- 4b. TPD-HEC-RPT-94-0020  
Statistische basis toetsingsprotocol bouwstoffenbesluit  
Deel 2: Praktijkgegevens
- 4c. TPD-HEC-RPT-94-0021  
Statistische basis toetsingsprotocol bouwstoffenbesluit  
Deel 3: Grafische weergave keuringskarakteristieken
- 4d. TPD-HEC-RPT-94-0022  
Statistische basis toetsingsprotocol bouwstoffenbesluit  
Deel 4: Samenvatting systematiek grafische weergave
5. Aalbers Th.G, et al.  
Milieuhygienische kwaliteit van primaire en secundaire bouwmaterialen in relatie  
tot hergebruik en bodem- en oppervlaktewaterenbescherming,  
RIVM/RIZA-rapport 771402006, 1993.
6. Voortman, A.G.W., Lamé, F.P.J. en Derksen, G.B.,  
Een beschrijving van foutenbronnen bij monsterneming van partijen grond- of  
steenachtige bouwmaterialen of afvalstoffen,  
TNO-rapport MW-R94/165.