



**UNIVERSITEIT  
GENT**

FOODCAD PROJECT:

ONTWIKKELING VAN EEN VOORSPELLEND

MODEL

# DOELSTELLING

- Ontwikkelen van een model om *a priori* de kans op overschrijding van de Cd norm bij het telen van een gewas in te schatten voor een specifiek perceel

9000 Ghent  
Saturday  
Chance of Rain



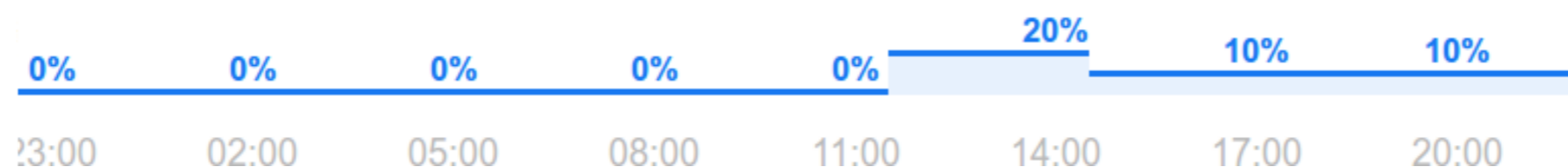
15 °C | °F

Precipitation: 20%  
Humidity: 64%  
Wind: 23 km/h

Temperature

Precipitation

Wind



# PRINCIPE

- Opstellen **atabank** praktijkobservaties
  - Bodem: eigenschappen en Cd gehalte
  - Plant: Cd gehalte
- Geobserveerde data fitten aan een **empirisch model** dat toelaat de observaties te “reproduceren”
- Stochastische benadering via **Monte Carlo analyse** om probabiliteit (waarschijnlijkheid) te bepalen.

# STAPPEN

- Dataverwerving
- Exploratieve data-analyse
- Modelbouw: regressieanalyse
- Onzekerheidsanalyse: Monte Carlo simulatie



# DATAVERWERVING

- Veldwaarnemingen verzameld binnen project
- Deelnemende telers: gestandaardiseerde monsternamen van veld en gewas
- Analyses door hetzelfde labo met dezelfde methoden
- Extra aangeleverde observaties
- Data uit de veldproeven/lysimeterproeven

| Dataset | Jaar | DatumGR     | DatumPL | Cultivar | Soort          | Cdplant | mgkg | LOGCdplant | DSgehalte | Cdbodem | mgkg | LOGCdbodem | Textuur | pHKCl | log_Ca | log_Fe    | log_DS |
|---------|------|-------------|---------|----------|----------------|---------|------|------------|-----------|---------|------|------------|---------|-------|--------|-----------|--------|
| 247     | 2014 | 23-Apr-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Winterspinazie | 0.18    | -0.7 | 9.1        | 0.29      | 0.29    | -0.5 | Zand       | 4.8     | 12.35 | 3.13   | 27,576.00 |        |
| 248     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.09    | -1.1 | 4.6        | 0.27      | 0.27    | -0.7 | Zand       | 5.6     | 5.67  | 2.96   | 3,068.00  |        |
| 249     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.05    | -1.3 | 4.8        | 0.40      | 0.40    | -0.6 | Zand       | 5.5     | 6.63  | 2.93   | 3,844.00  |        |
| 250     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.13    | -0.9 | 4.5        | 0.45      | 0.45    | -0.3 | Zand       | 5.2     | 6.43  | 2.97   | 5,262.00  |        |
| 251     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.10    | -1.0 | 4.9        | 0.50      | 0.50    | -0.4 | Zand       | 5.0     | 7.86  | 3.15   | 4,425.00  |        |
| 252     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.16    | -0.8 | 6.8        | 0.38      | 0.38    | -0.4 | Zand       | 4.6     | 9.42  | 3.21   | 2,396.00  |        |
| 253     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.16    | -0.6 | 6.7        | 0.61      | 0.61    | -0.2 | Zand       | 5.1     | 10.44 | 3.47   | 13,158.00 |        |
| 254     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.10    | -1.1 | 10.7       | 0.50      | 0.50    | -0.3 | Zandleem   | 6.2     | 6.57  | 3.72   | 15,619.00 |        |
| 255     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.08    | -0.9 | 9.8        | 0.41      | 0.41    | -0.4 | Leem       | 6.0     | 8.83  | 3.43   | 18,631.00 |        |
| 256     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.12    | -1.0 | 11.8       | 0.35      | 0.35    | -0.5 | Leem       | 5.6     | 9.97  | 3.49   | 13,179.00 |        |
| 257     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -0.5 | 7.6        | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 5.8     | 8.95  | 3.43   | 13,179.00 |        |
| 258     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.30    | -0.7 | 9.6        | 0.36      | 0.36    | -0.3 | Zandleem   | 6.3     | 10.48 | 3.36   | 14,162.00 |        |
| 259     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 260     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 261     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 262     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 263     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 264     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 265     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 266     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 267     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 268     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 269     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 270     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 271     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 272     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 273     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 274     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 275     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 276     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 277     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 278     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 279     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 280     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 281     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 282     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 283     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 284     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 285     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 286     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 287     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 288     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 289     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 290     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |
| 291     | 2014 | 18-Jun-2014 | #NULL!  | #NULL!   | Lentespinazie  | 0.11    | -1.0 | 11.8       | 0.45      | 0.45    | -0.5 | Leem       | 6.3     | 10.48 | 3.39   | 13,860.00 |        |



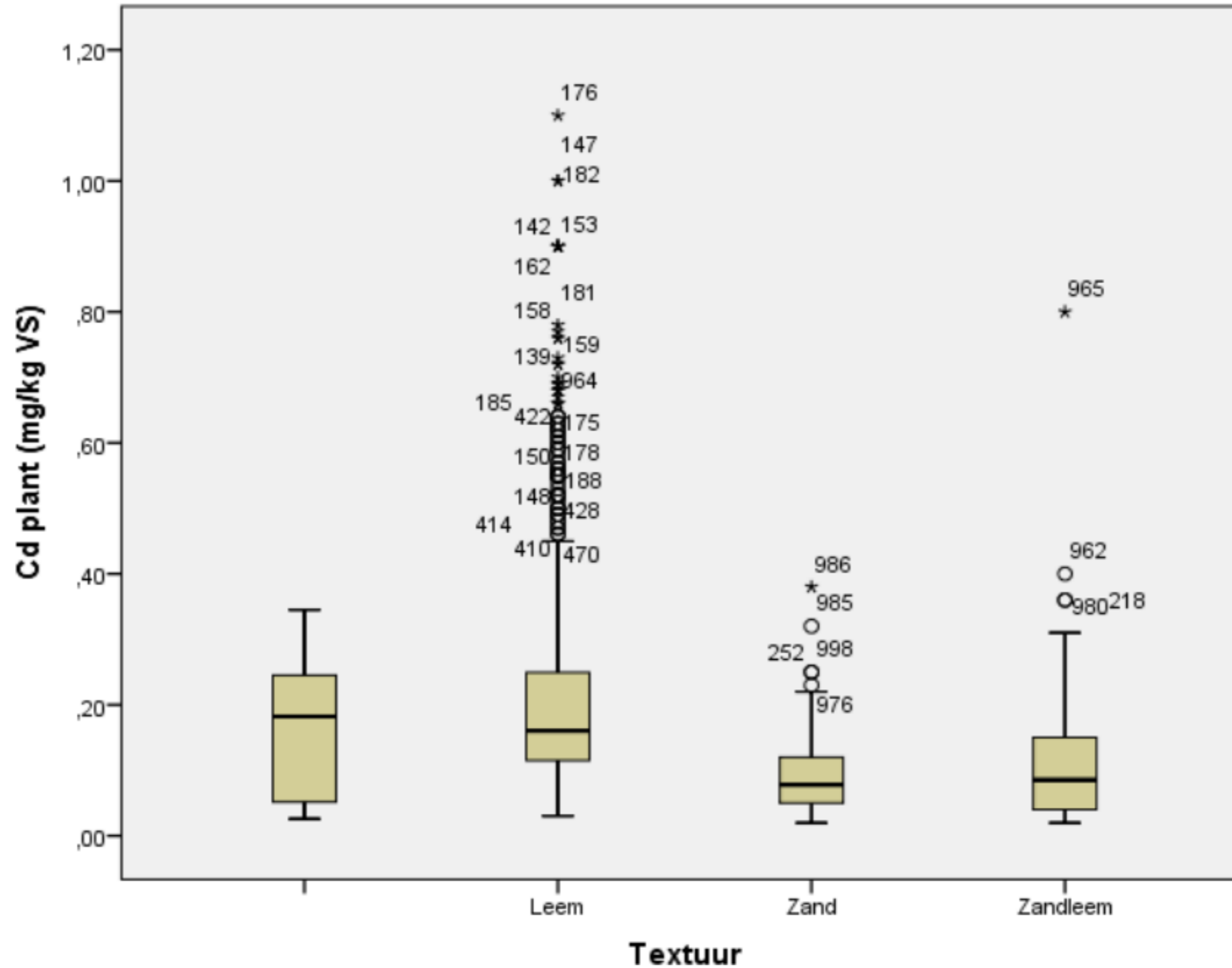
# EXPLORATIEVE DATA-ANALYSE

**Tabel 1:** Overzicht van de beschrijvende statistiek: aantal observaties, minimum en maximum, gemiddelde en standaardafwijking voor de verschillende variabelen in de dataset. DS = droge stof; CEC = kationenuitwisselingscapaciteit; OS = organische stof; VS = verse stof.

## Descriptive Statistics

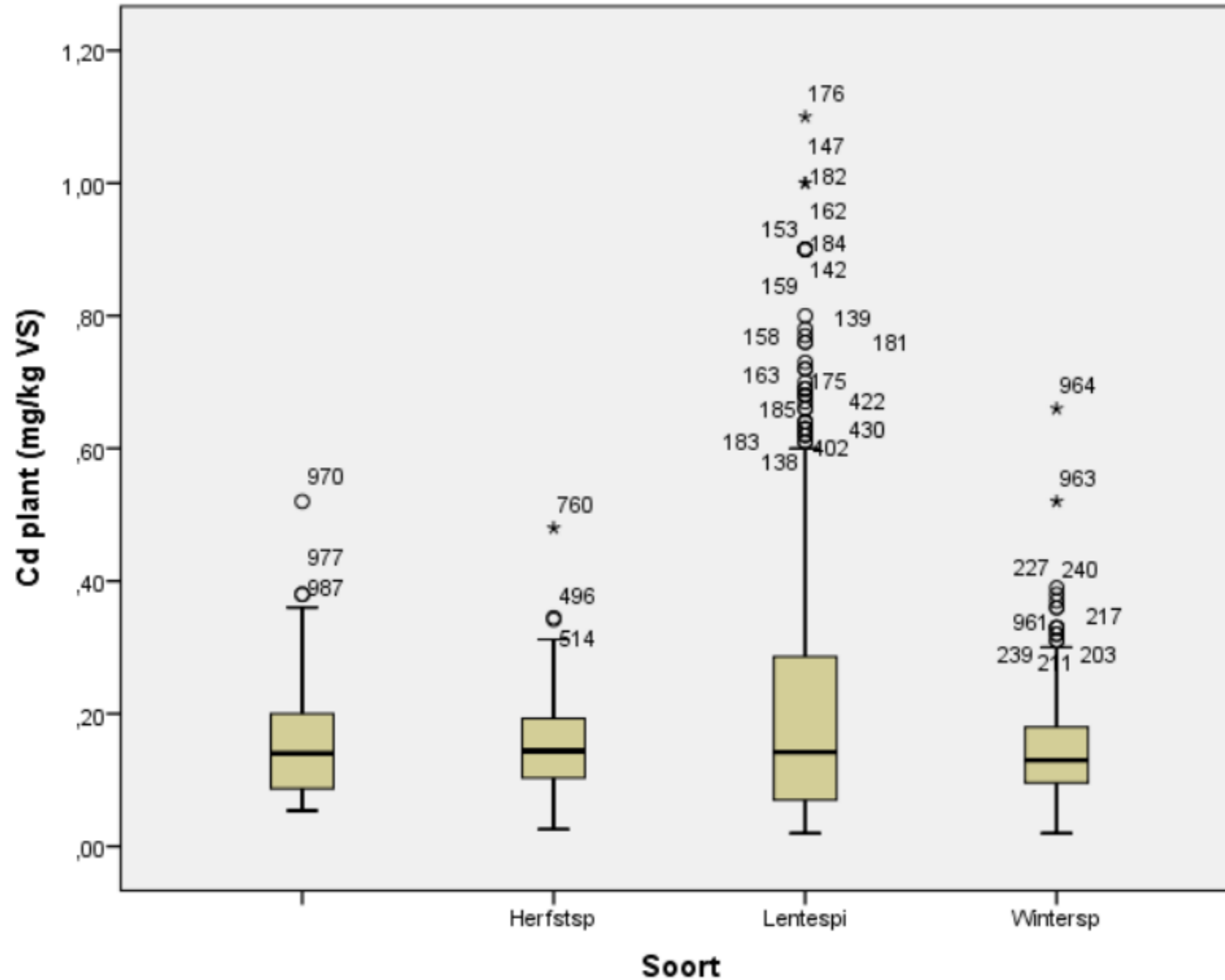
|                     | N   | Minimum | Maximum  | Mean     | Std. Deviation |
|---------------------|-----|---------|----------|----------|----------------|
| Cd plant (mg/kg VS) | 976 | ,02     | 1,10     | ,18      | ,16            |
| Cd bodem (mg/kg DS) | 810 | ,02     | 1,30     | ,39      | ,16            |
| DS-gehalte (%)      | 887 | 4,5     | 15,7     | 9,1      | 2,0            |
| pH-KCl              | 652 | 4,1     | 7,9      | 6,3      | ,8             |
| CEC (meq/100g)      | 196 | 4,26    | 22,78    | 9,85     | 2,49           |
| OS (% DS)           | 500 | 1,24    | 4,42     | 2,55     | ,64            |
| Ca (mg/kg DS)       | 440 | 3,80    | 11926,00 | 1515,52  | 1703,52        |
| Fe (mg/kg DS)       | 208 | 1360,00 | 27576,00 | 12679,12 | 6311,96        |
| Cu (mg/kg DS)       | 523 | 1,69    | 30,00    | 9,86     | 3,76           |
| Mg (mg/kg DS)       | 440 | 8,00    | 5928,00  | 837,94   | 1104,57        |
| Mn (mg/kg DS)       | 208 | 52,00   | 1151,00  | 371,67   | 187,11         |
| Zn (mg/kg DS)       | 567 | 7,32    | 240,04   | 47,93    | 17,63          |

# CADMIUM IN FUNCTIE VAN TEXTUUR





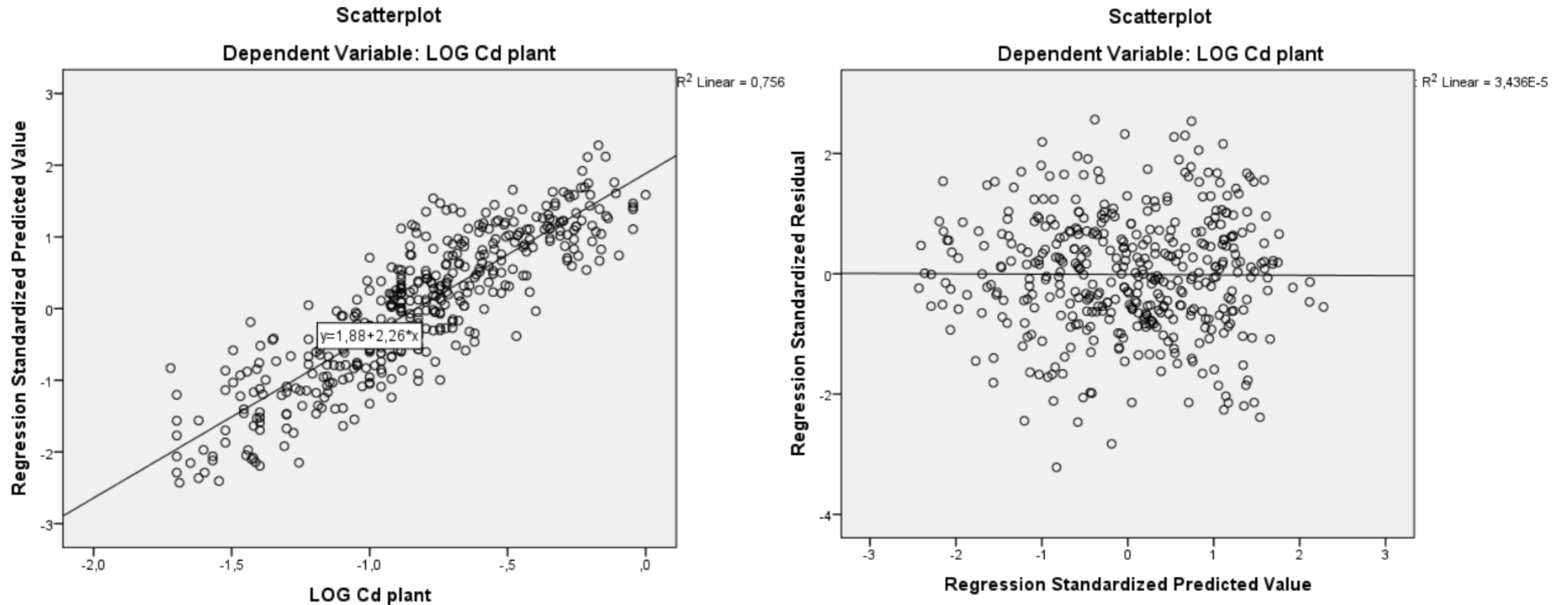
# CADMIUM IN FUNCTIE VAN SOORT



# MODELBOUW: REGRESSIEANALYSE

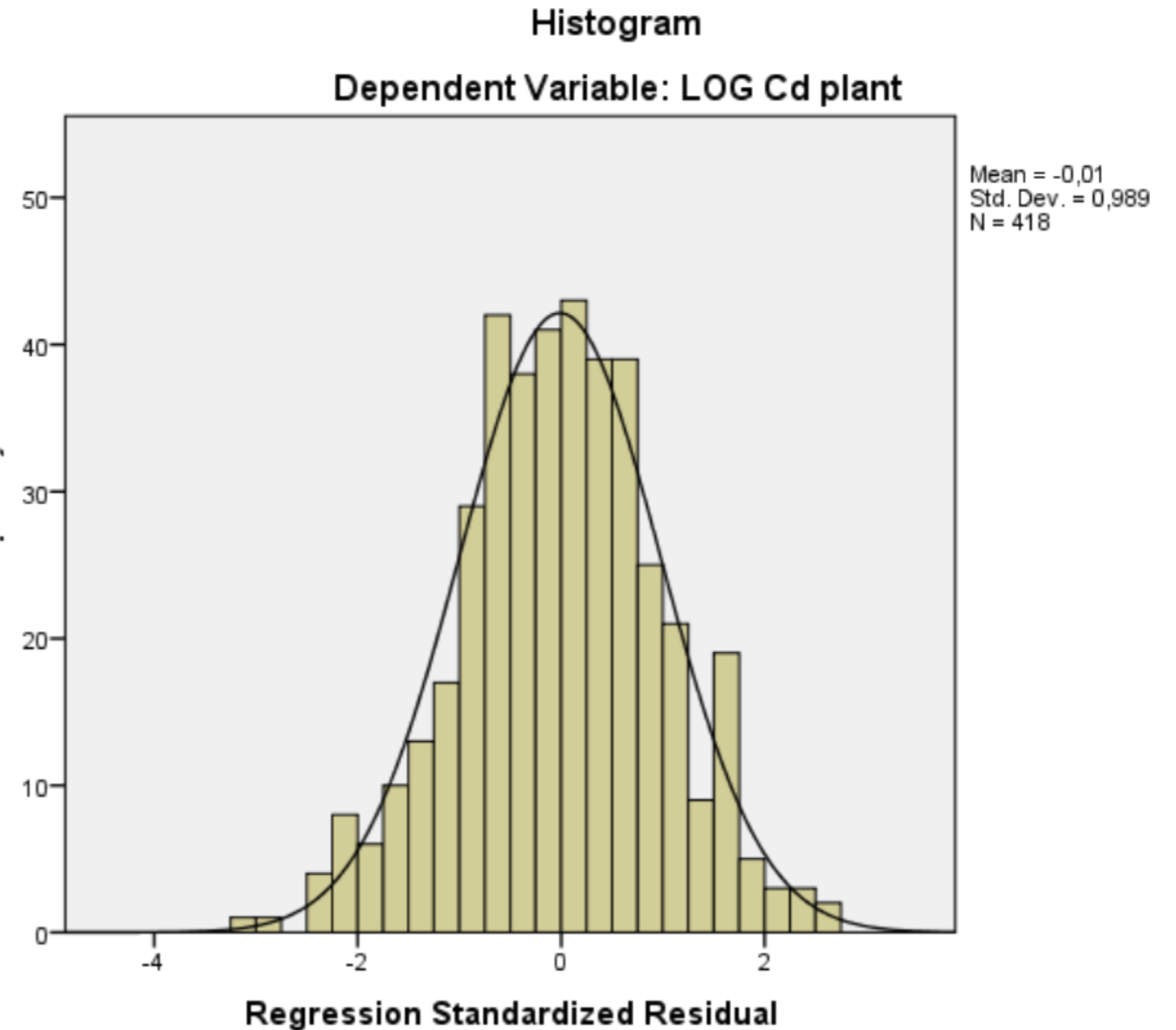
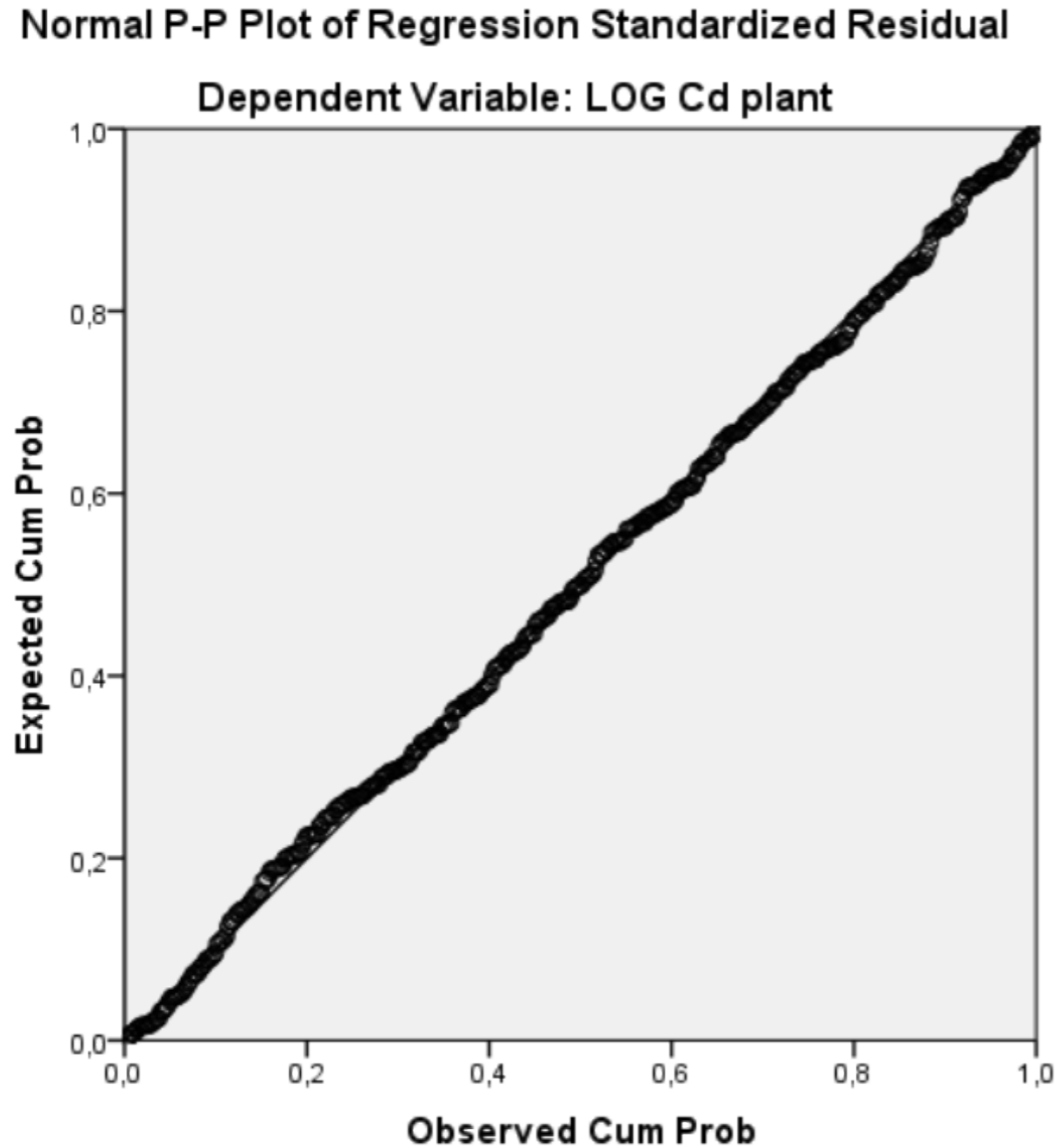
- Stap 1: algemeen (eerder complex) regressiemodel
  - Maximaal verklaren van variabiliteit via significant verklarende variabelen
  - Variabelen + interactietermen
  - Procedures
    - ▶ Algemeen lineair model
    - ▶ (voorwaartse, achterwaardse en gemengde) stapsgewijze regressie
- Stap 2: “Gereduceerd” praktisch regressiemodel
  - Minimaal aantal gemakkelijk meetbare variabelen maximale variantie verklaren


# MODELKWALITEIT (1)



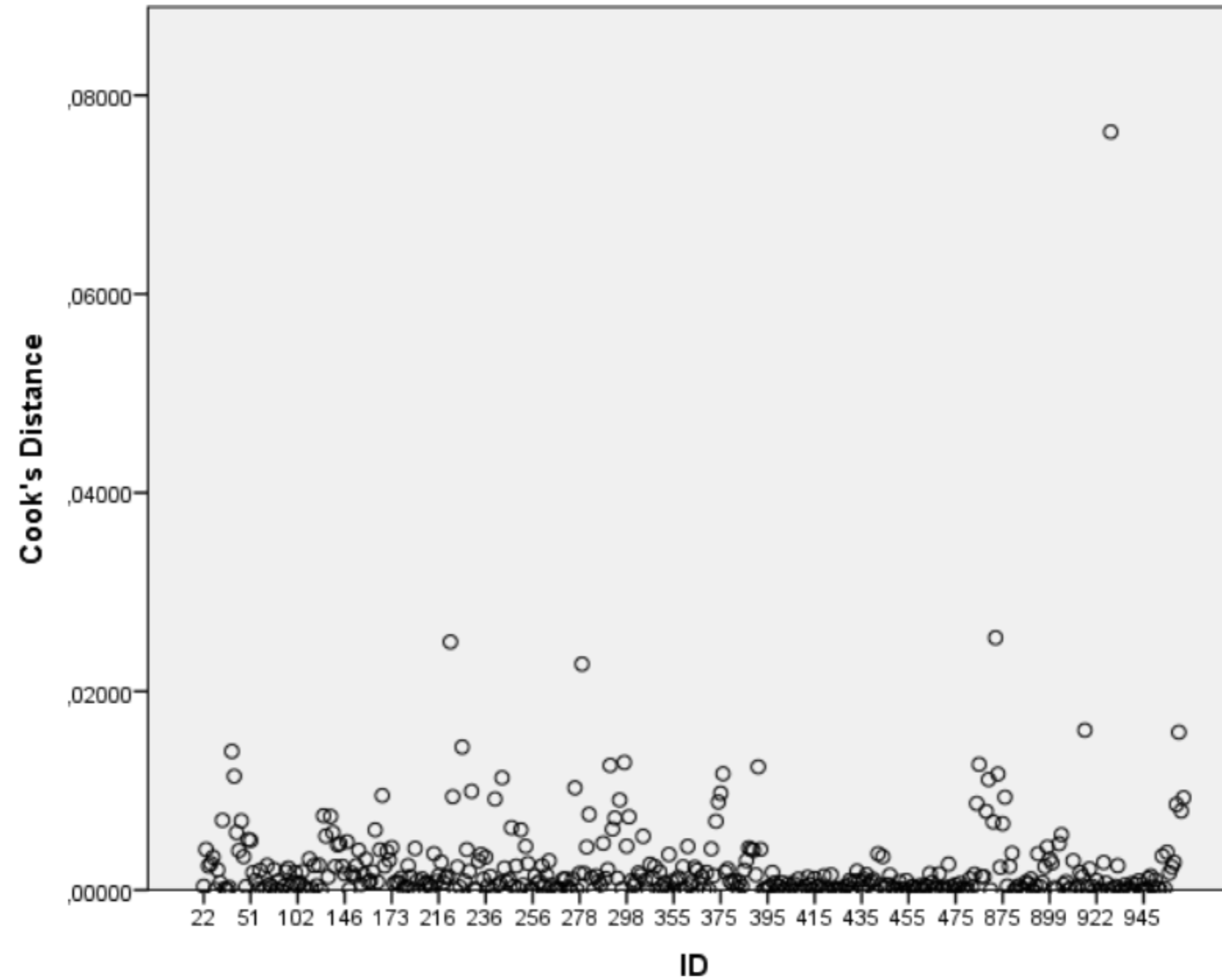
**Figuur 4:** Onderzoek modelkwaliteit: plot van de voorspelde waarden t.o.v.  $\log(\text{Cd\_plant})$  (links); plot van de residuen t.o.v. van de voorspelde waarden (rechts).

# MODELKWALITEIT (2)



 **Figuur 5:** Normal probability plot (links) en distributie van de residuen van  $\log(\text{Cd\_plant})$  (rechts).

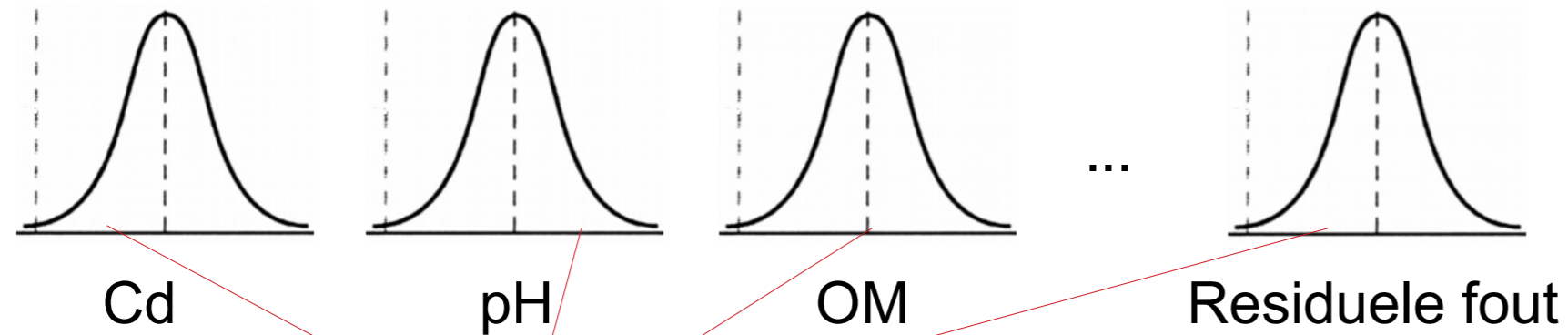
# OUTLIERDETECTIE



**Figuur 6:** Cook's distance in functie van de observaties.



# ONZEKERHEIDSANALYSE: MONTE CARLO



Inputvariabelen en hun onzekerheid

Bemonster invoerdata

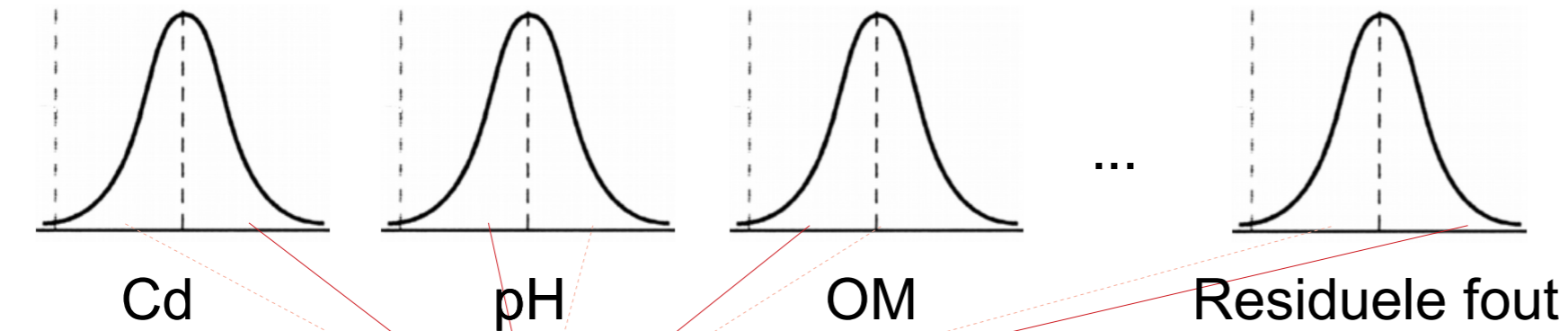
*Onzekerheid invoerdata*  
*Onzekerheid modelparameters*

Bereken model

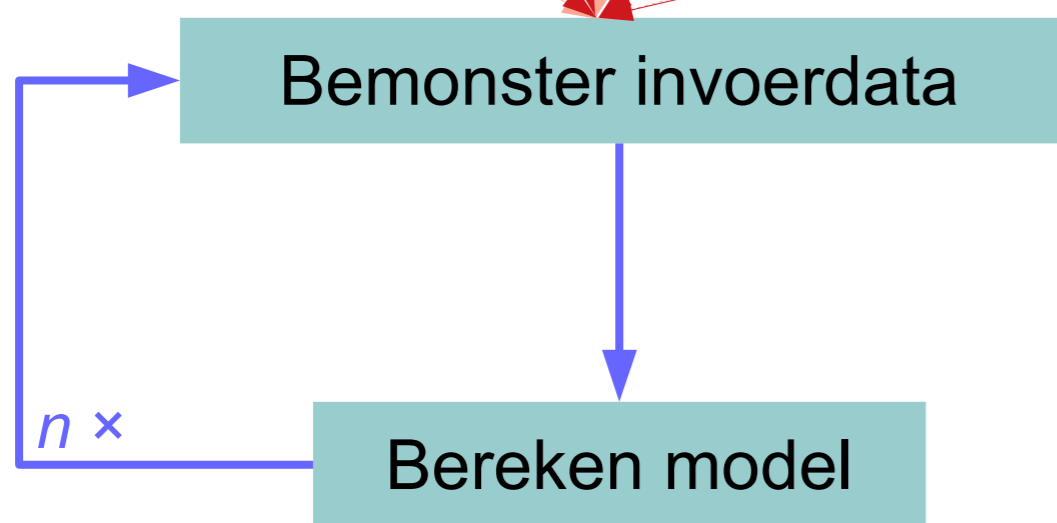
*Deterministisch model*

$$C_{\text{plant}} = f(\text{Cd}, \text{pH}, \text{OM}, \dots) + E_{\text{residual}}$$

# ONZEKERHEIDSANALYSE: MONTE CARLO



Inputvariabelen en hun onzekerheid

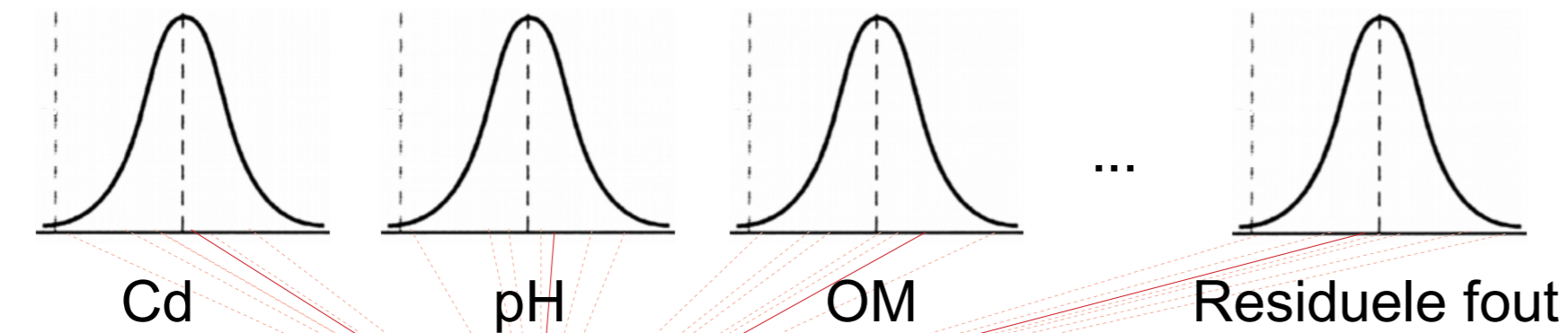


*Onzekerheid invoerdata*  
*Onzekerheid modelparameters*

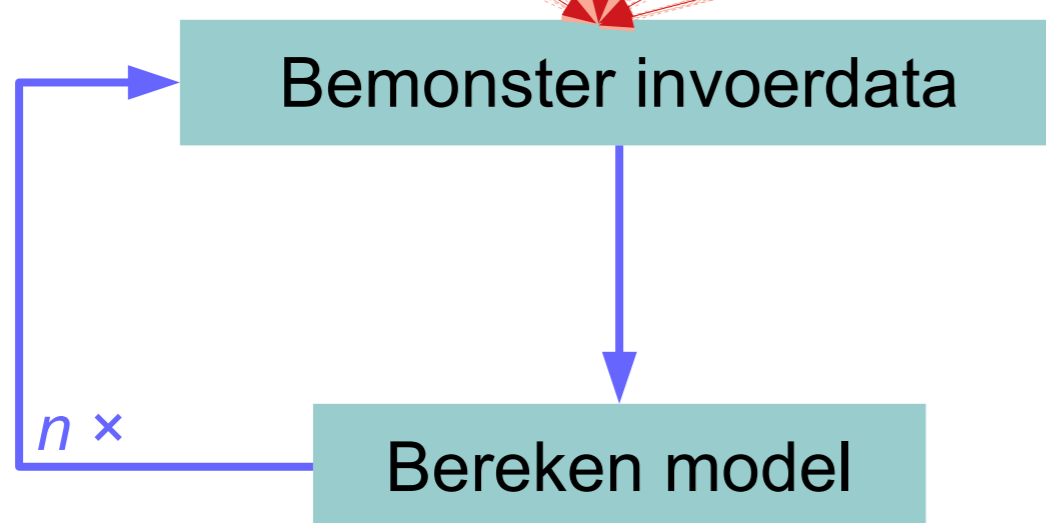
*Deterministisch model*

$$C_{\text{plant}} = f(\text{Cd}, \text{pH}, \text{OM}, \dots) + E_{\text{residual}}$$

# ONZEKERHEIDSANALYSE: MONTE CARLO



Inputvariabelen en hun onzekerheid

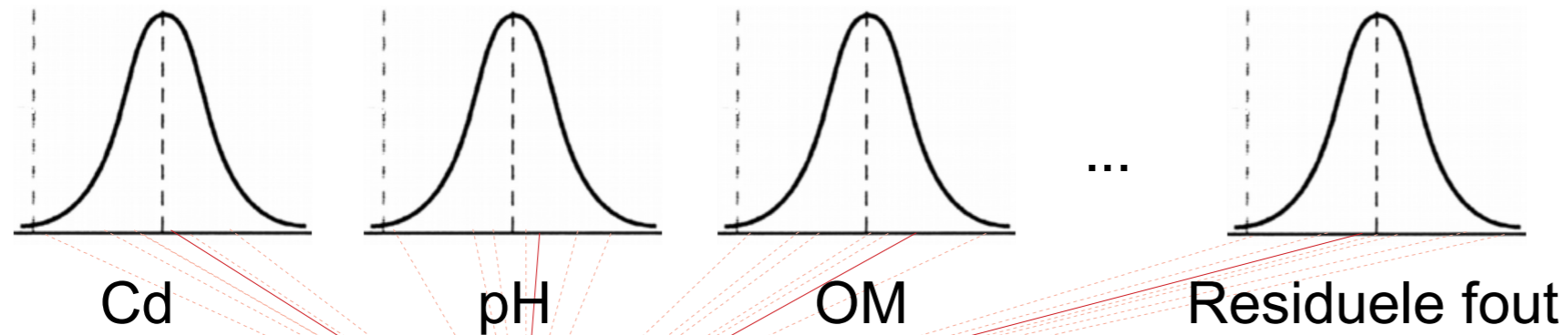


*Onzekerheid invoerdata*  
*Onzekerheid modelparameters*

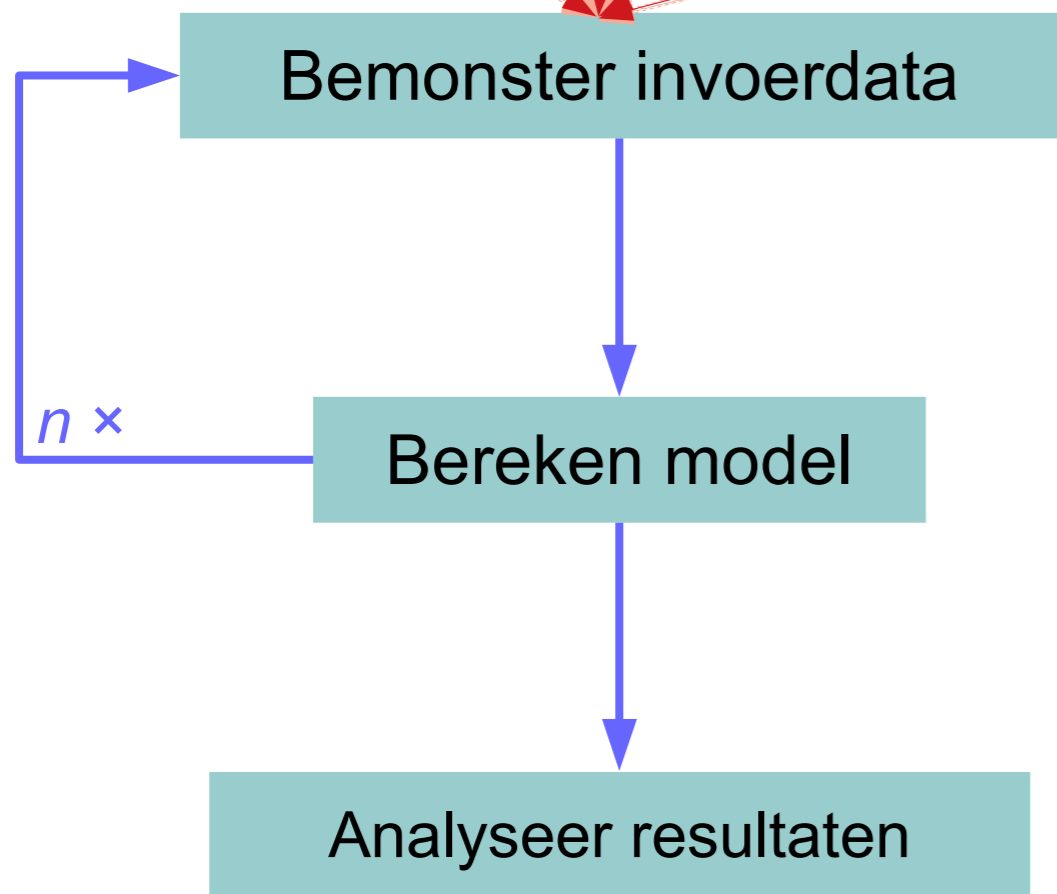
*Deterministisch model*

$$C_{\text{plant}} = f(\text{Cd}, \text{pH}, \text{OM}, \dots) + E_{\text{residual}}$$

# ONZEKERHEIDSANALYSE: MONTE CARLO



Inputvariabelen en hun onzekerheid

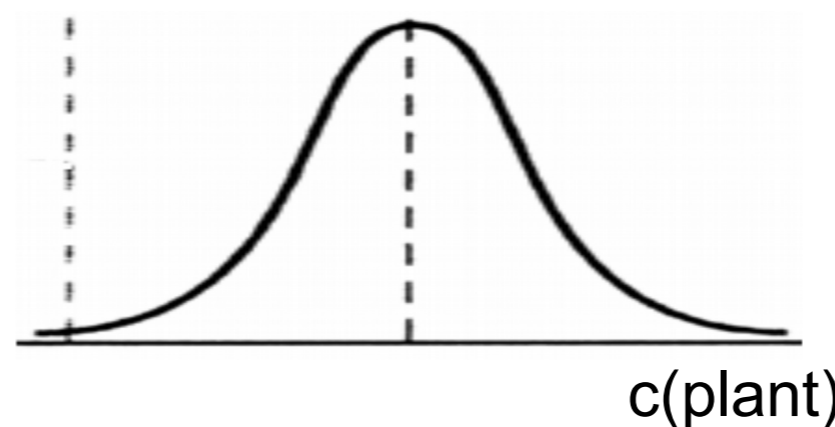


*Onzekerheid invoerdata*  
*Onzekerheid modelparameters*

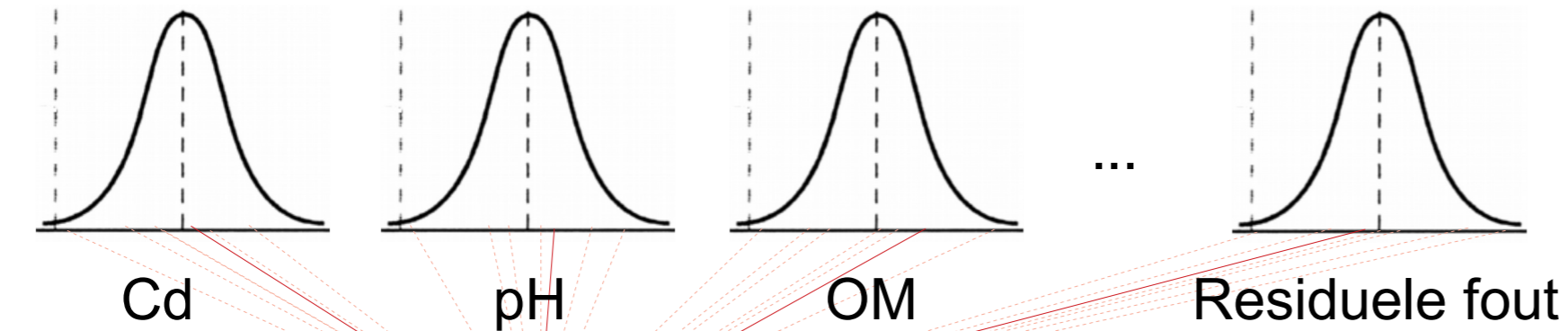
*Deterministisch model*

$$c_{\text{plant}} = f(\text{Cd}, \text{pH}, \text{OM}, \dots) + E_{\text{residual}}$$

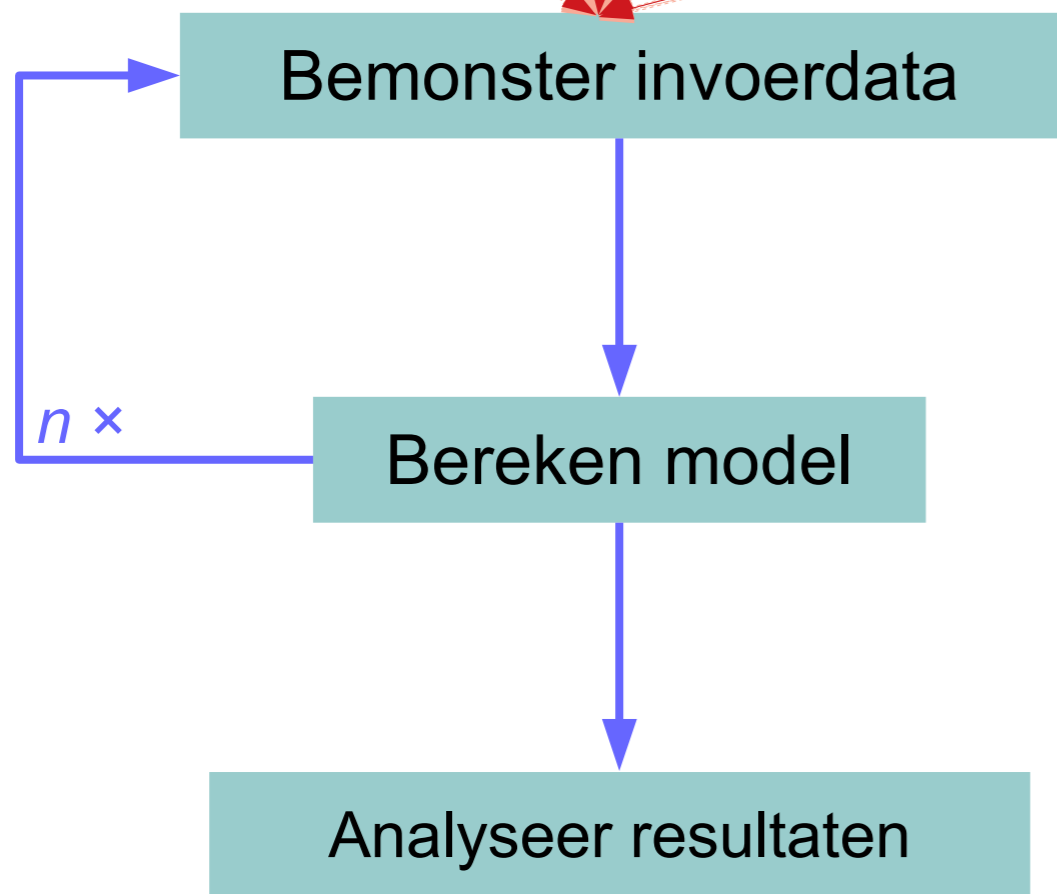
Mogelijke uitkomsten model volgens onzekerheid invoervariabelen



# ONZEKERHEIDSANALYSE: MONTE CARLO



Inputvariabelen en hun onzekerheid

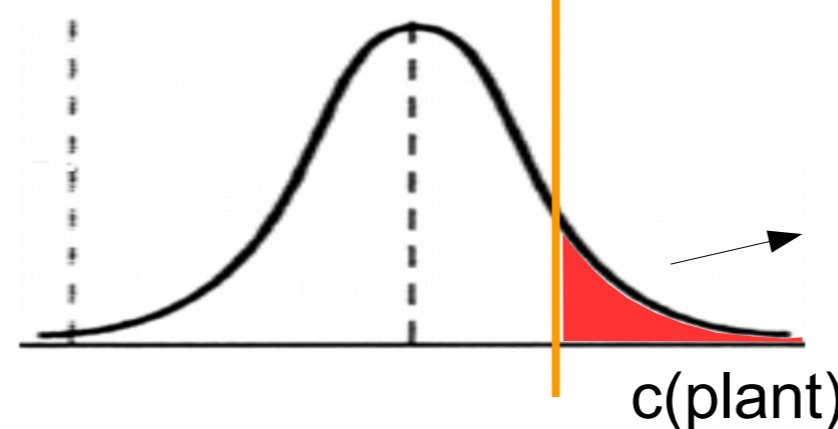


*Onzekerheid invoerdata*  
*Onzekerheid modelparameters*

*Deterministisch model*

$$c_{\text{plant}} = f(\text{Cd}, \text{pH}, \text{OM}, \dots) + E_{\text{residual}}$$

0.2 mg/kg DS



Mogelijke uitkomsten model volgens onzekerheid invoervariabelen

Kans op overschrijding



### Input

|               |              |
|---------------|--------------|
| Cd_bodem      | 0.1 mg/kg DS |
| pH_KCl        | 5.5          |
| Textuurklasse | 1            |
| Gewassoort    | 1            |

Relatieve STD Cd            10 (standaard: 10%)  
Detectielimiet Cd            0.1 (standaard: 0.1 mg/kg)  
STD pH                        0.1 (standaard: 0.1 eenheden)

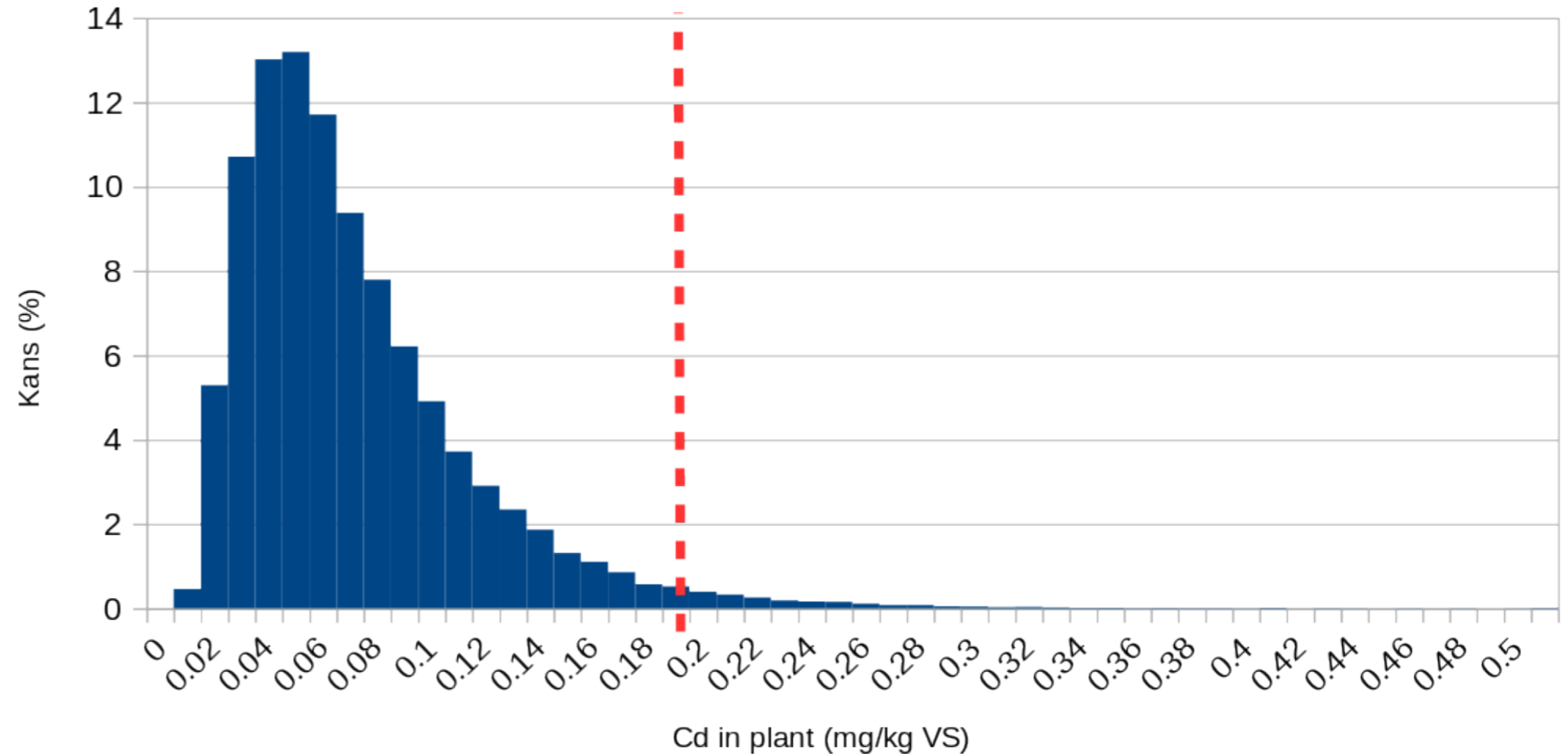
Norm Cd gewas                0.2 mg/kg DS

### Output

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Gewasnorm spinazie         | 0.2 mg/kg VS  |
| Kans op overschrijding (%) | <b>1.7 %</b>  |
| Gemiddelde Cd_plant        | 0.06 mg/kg VS |
| Mediaan                    | 0.06 mg/kg VS |

### Overschrijdingskans

|     |               |
|-----|---------------|
| 10% | 0.02 mg/kg VS |
| 25% | 0.04 mg/kg VS |
| 50% | 0.06 mg/kg VS |
| 75% | 0.09 mg/kg VS |
| 90% | 0.12 mg/kg VS |
| 95% | 0.15 mg/kg VS |
| 99% | 0.23 mg/kg VS |



### Input

|               |              |
|---------------|--------------|
| Cd_bodem      | 0.1 mg/kg DS |
| pH_KCl        | 6.5          |
| Textuurklasse | 1            |
| Gewassoort    | 1            |

Relatieve STD Cd            10 (standaard: 10%)  
Detectielimiet Cd            0.1 (standaard: 0.1 mg/kg)  
STD pH                        0.1 (standaard: 0.1 eenheden)

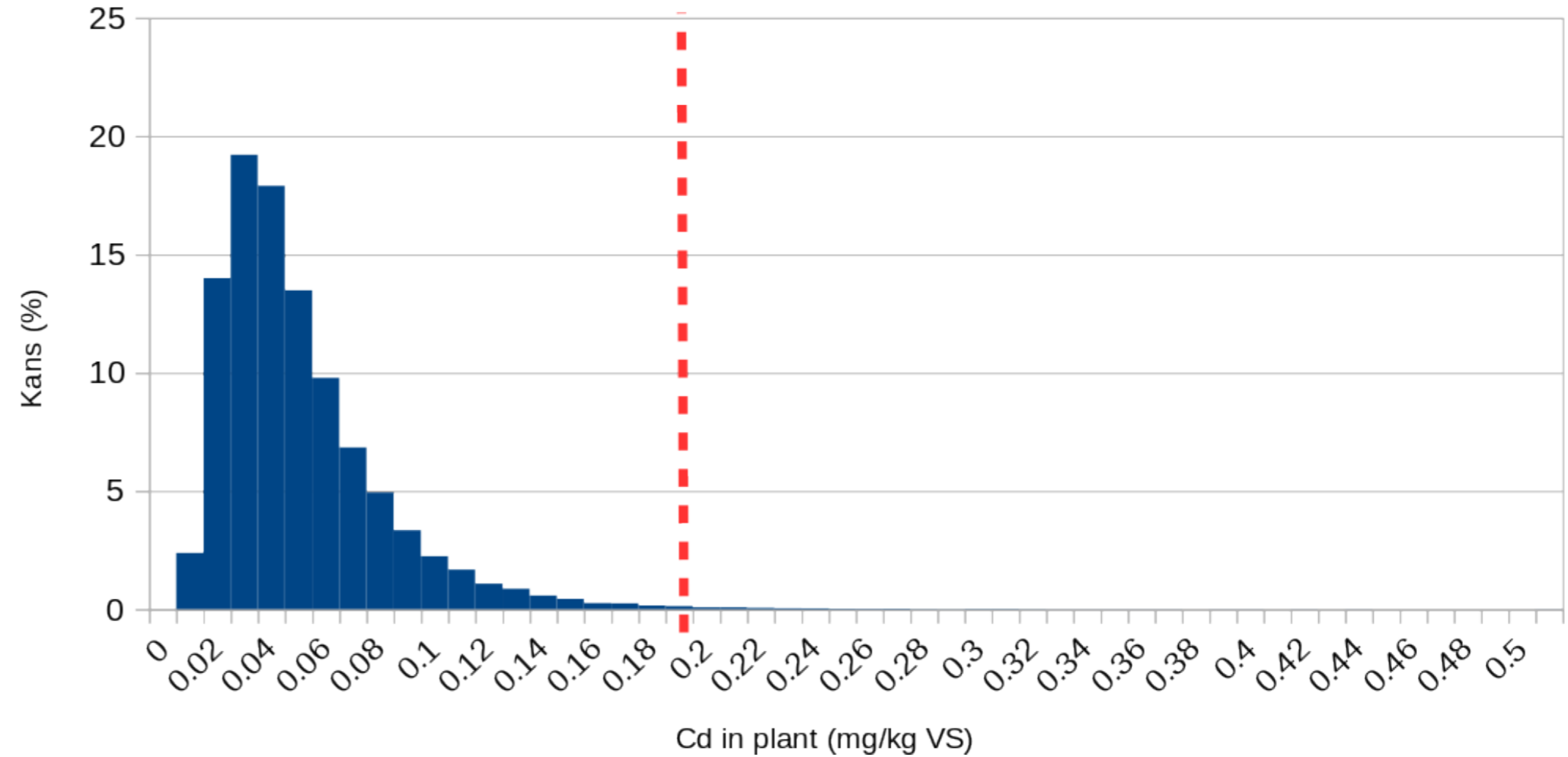
Norm Cd gewas                0.2 mg/kg DS

### Output

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Gewasnorm spinazie         | 0.2 mg/kg VS  |
| Kans op overschrijding (%) | <b>0.4 %</b>  |
| Gemiddelde Cd_plant        | 0.04 mg/kg VS |
| Mediaan                    | 0.04 mg/kg VS |

### Overschrijdingskans

|     |               |
|-----|---------------|
| 10% | 0.02 mg/kg VS |
| 25% | 0.02 mg/kg VS |
| 50% | 0.04 mg/kg VS |
| 75% | 0.06 mg/kg VS |
| 90% | 0.08 mg/kg VS |
| 95% | 0.11 mg/kg VS |
| 99% | 0.16 mg/kg VS |



### Input

|               |              |
|---------------|--------------|
| Cd_bodem      | 0.1 mg/kg DS |
| pH_KCl        | 7            |
| Textuurklasse | 1            |
| Gewassoort    | 1            |

Relatieve STD Cd            10 (standaard: 10%)  
Detectielimiet Cd            0.1 (standaard: 0.1 mg/kg)  
STD pH                        0.1 (standaard: 0.1 eenheden)

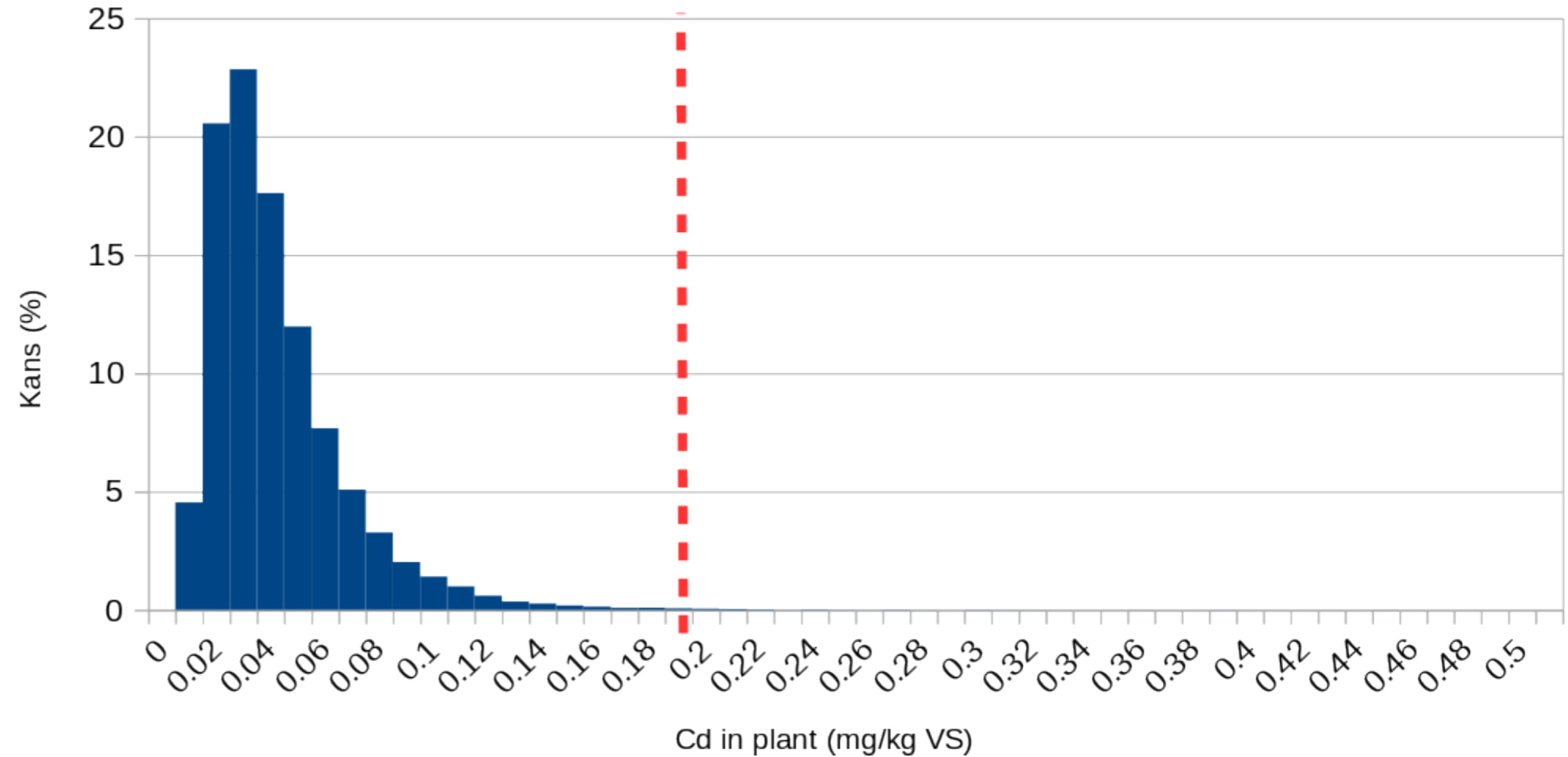
Norm Cd gewas                0.2 mg/kg DS

### Output

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Gewasnorm spinazie         | 0.2 mg/kg VS  |
| Kans op overschrijding (%) | <b>0.1 %</b>  |
| Gemiddelde Cd_plant        | 0.03 mg/kg VS |
| Mediaan                    | 0.03 mg/kg VS |

### Overschrijdingskans

|     |               |
|-----|---------------|
| 10% | 0.01 mg/kg VS |
| 25% | 0.02 mg/kg VS |
| 50% | 0.03 mg/kg VS |
| 75% | 0.05 mg/kg VS |
| 90% | 0.07 mg/kg VS |
| 95% | 0.09 mg/kg VS |
| 99% | 0.13 mg/kg VS |



### Input

|               |              |
|---------------|--------------|
| Cd_bodem      | 0.6 mg/kg DS |
| pH_KCl        | 5.5          |
| Textuurklasse | 1            |
| Gewassoort    | 1            |

Relatieve STD Cd            10 (standaard: 10%)  
Detectielimiet Cd        0.1 (standaard: 0.1 mg/kg)  
STD pH                    0.1 (standaard: 0.1 eenheden)

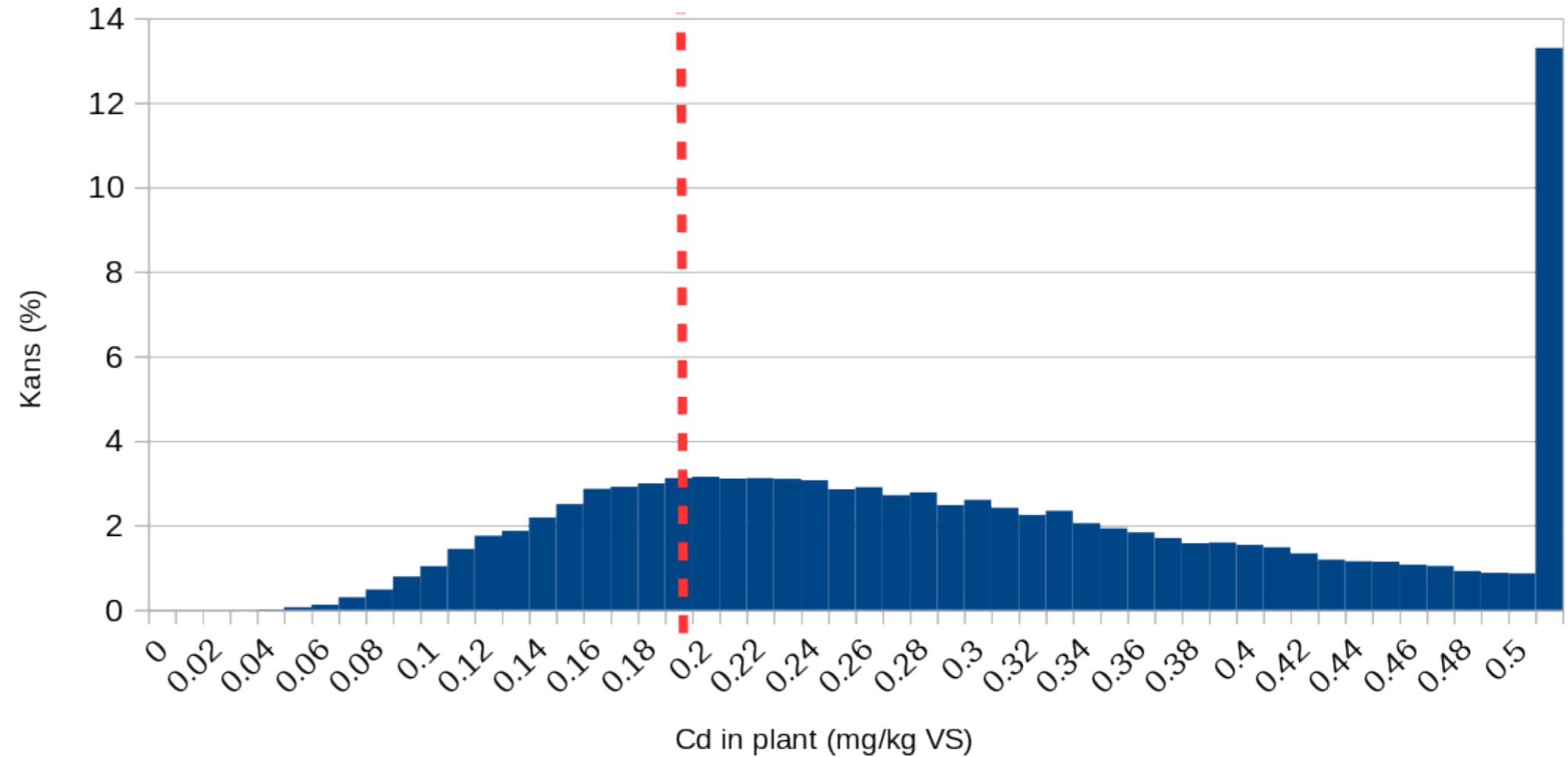
Norm Cd gewas            0.2 mg/kg DS

### Output

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Gewasnorm spinazie         | 0.2 mg/kg VS  |
| Kans op overschrijding (%) | <b>72.4 %</b> |
| Gemiddelde Cd_plant        | 0.28 mg/kg VS |
| Mediaan                    | 0.28 mg/kg VS |

### Overschrijdingskans

|     |               |
|-----|---------------|
| 10% | 0.14 mg/kg VS |
| 25% | 0.19 mg/kg VS |
| 50% | 0.28 mg/kg VS |
| 75% | 0.40 mg/kg VS |
| 90% | 0.55 mg/kg VS |
| 95% | 0.66 mg/kg VS |
| 99% | 0.96 mg/kg VS |



### Input

|               |              |
|---------------|--------------|
| Cd_bodem      | 0.6 mg/kg DS |
| pH_KCl        | 6.5          |
| Textuurklasse | 1            |
| Gewassoort    | 1            |

Relatieve STD Cd            10 (standaard: 10%)  
Detectielimiet Cd            0.1 (standaard: 0.1 mg/kg)  
STD pH                        0.1 (standaard: 0.1 eenheden)

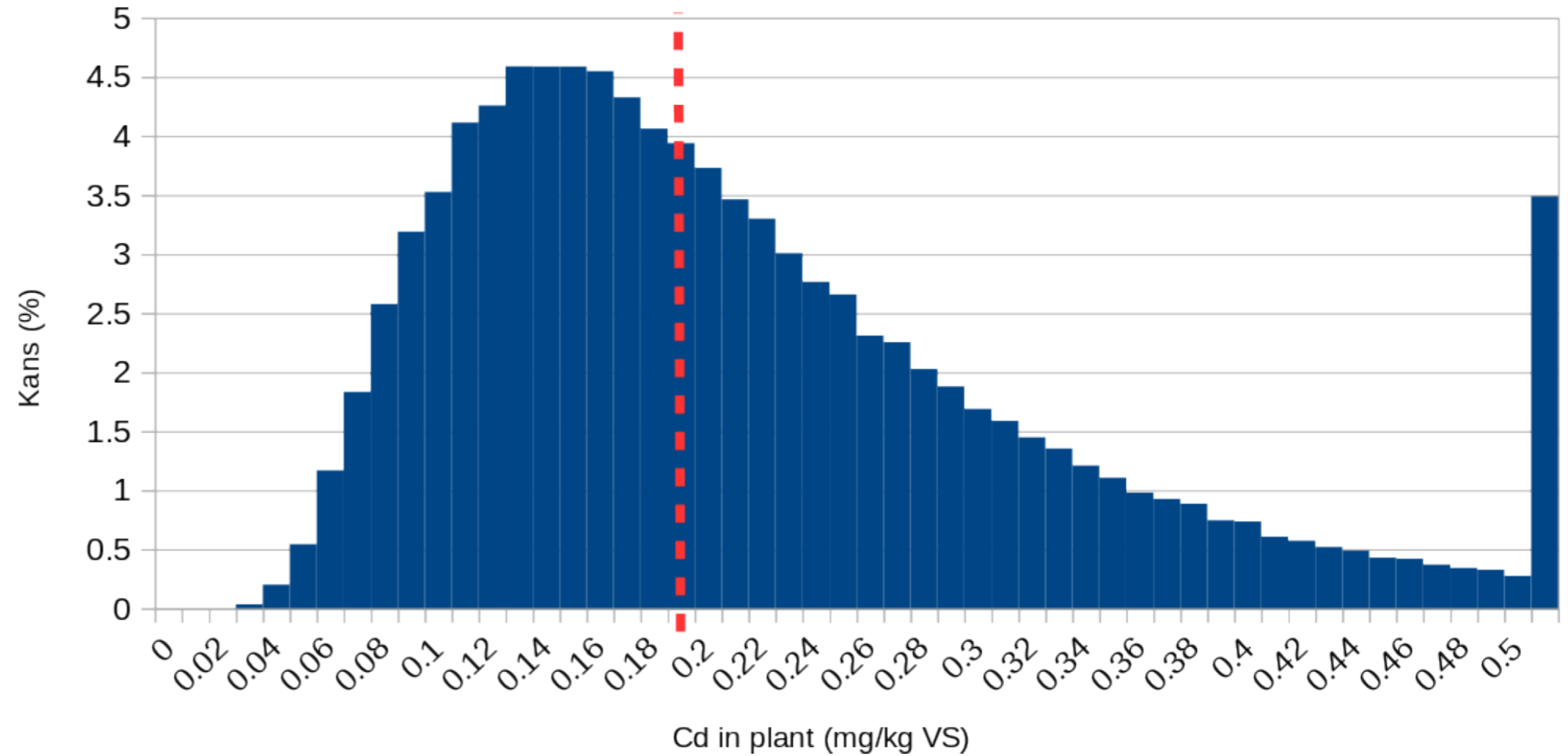
Norm Cd gewas                0.2 mg/kg DS

### Output

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Gewasnorm spinazie         | 0.2 mg/kg VS  |
| Kans op overschrijding (%) | <b>44.2 %</b> |
| Gemiddelde Cd_plant        | 0.19 mg/kg VS |
| Mediaan                    | 0.18 mg/kg VS |

### Overschrijdingskans

|     |               |
|-----|---------------|
| 10% | 0.09 mg/kg VS |
| 25% | 0.13 mg/kg VS |
| 50% | 0.18 mg/kg VS |
| 75% | 0.27 mg/kg VS |
| 90% | 0.37 mg/kg VS |
| 95% | 0.46 mg/kg VS |
| 99% | 0.66 mg/kg VS |





### Input

|               |              |
|---------------|--------------|
| Cd_bodem      | 0.6 mg/kg DS |
| pH_KCl        | 7            |
| Textuurklasse | 1            |
| Gewassoort    | 1            |

Relatieve STD Cd            10 (standaard: 10%)  
Detectielimiet Cd            0.1 (standaard: 0.1 mg/kg)  
STD pH                        0.1 (standaard: 0.1 eenheden)

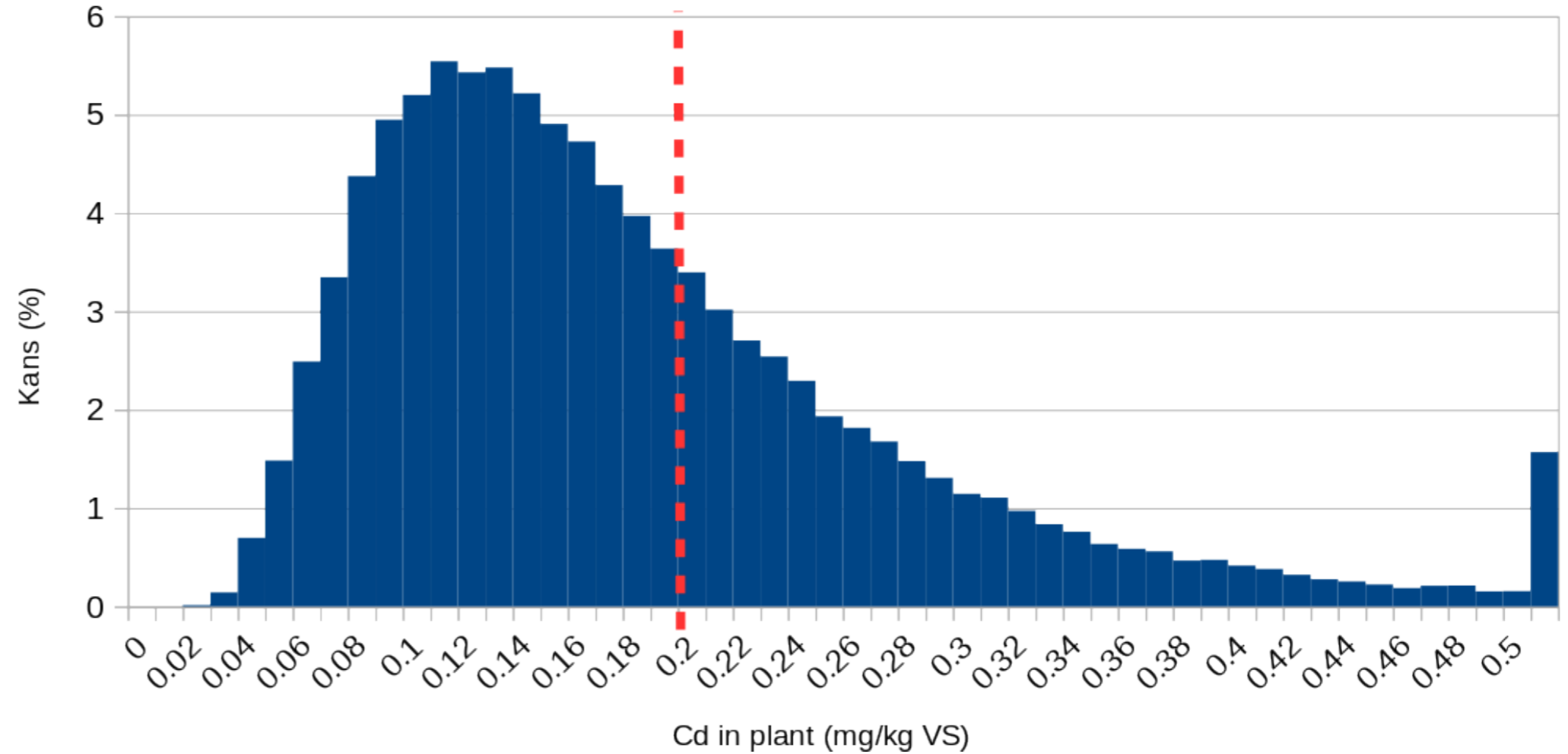
Norm Cd gewas                0.2 mg/kg DS

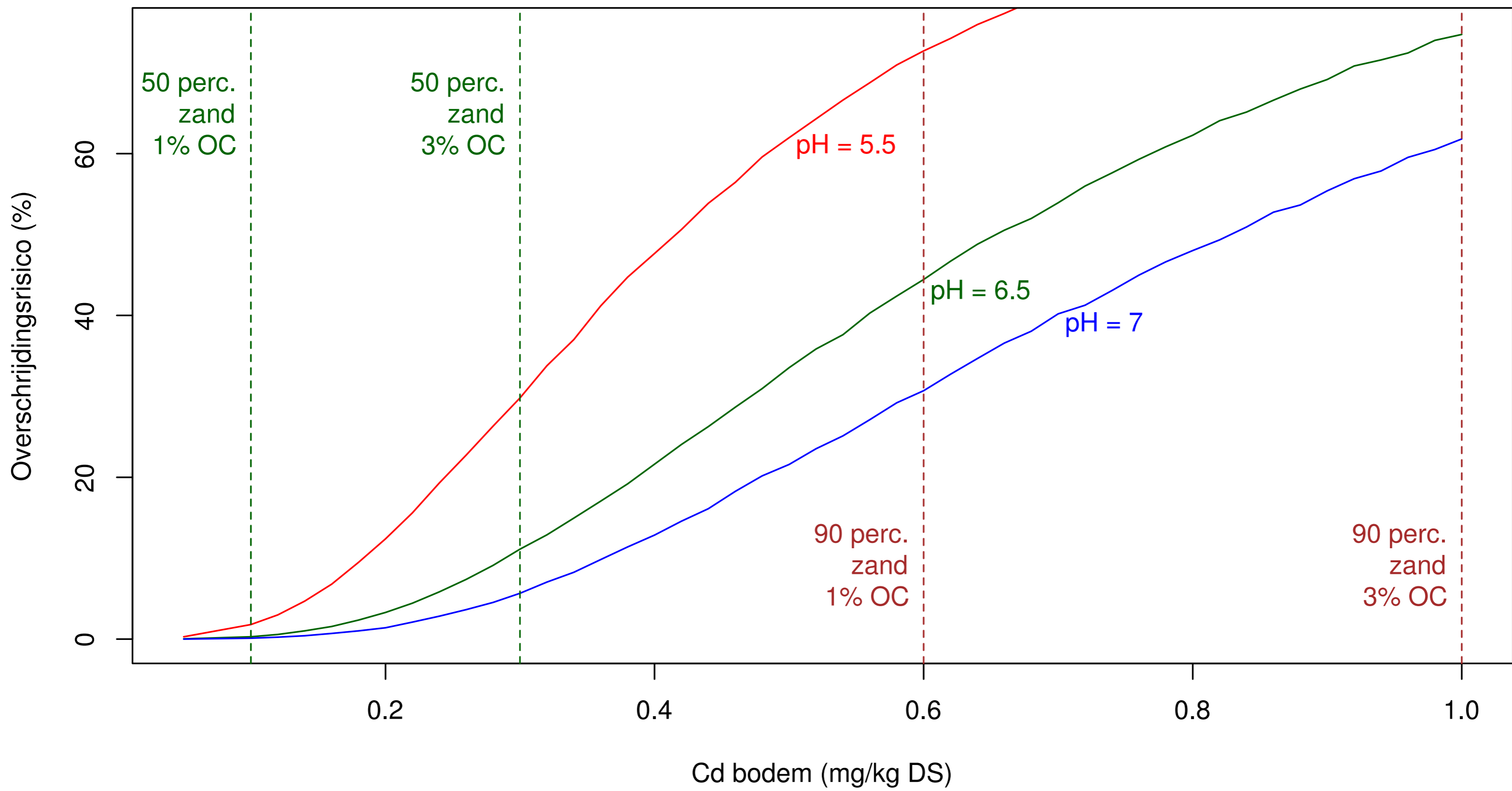
### Output

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Gewasnorm spinazie         | 0.2 mg/kg VS  |
| Kans op overschrijding (%) | <b>30.7 %</b> |
| Gemiddelde Cd_plant        | 0.15 mg/kg VS |
| Mediaan                    | 0.15 mg/kg VS |

### Overschrijdingskans

|     |               |
|-----|---------------|
| 10% | 0.07 mg/kg VS |
| 25% | 0.10 mg/kg VS |
| 50% | 0.15 mg/kg VS |
| 75% | 0.22 mg/kg VS |
| 90% | 0.31 mg/kg VS |
| 95% | 0.38 mg/kg VS |
| 99% | 0.56 mg/kg VS |





# VERDERE VERFIJNINGEN EN CORRECTIES

- Voeden met nog meer veldgegevens
- Numeriek optimaliseren
- Distributie drogestofgehalten niet enkel  $f(\text{textuur})$  maar ook  $f(\text{soort})$
- Invoer toelaten van zelf opgemeten standaardafwijking (vb. indien meerdere analyses voor een veld beschikbaar)

# OPMERKINGEN

- Model is “conservatief”: al vlug is er beduidende kans op overschrijding voor spinazie
- Dit is echter realiteit
  - Spinazie eerder accumulator
  - Voedingsnormen liggen scherp en binnen het bereik van achtergrondwaarden in normale gronden

Filip Tack

Professor

Vakgroep Toegepaste Analytische en Fysische  
Chemie

E [filip.tack@ugent.be](mailto:filip.tack@ugent.be)

T +32 9 264 59 93

[www.ugent.be](http://www.ugent.be)



Ghent University



@ugent



Ghent University

