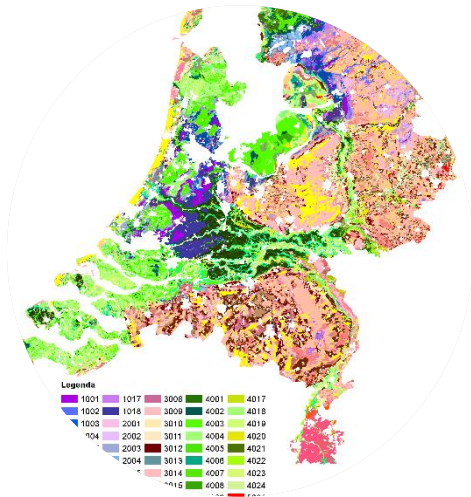


Staringreeks2018 & BOFEK2020

Marius Heinen (WENR)

10-02-2025



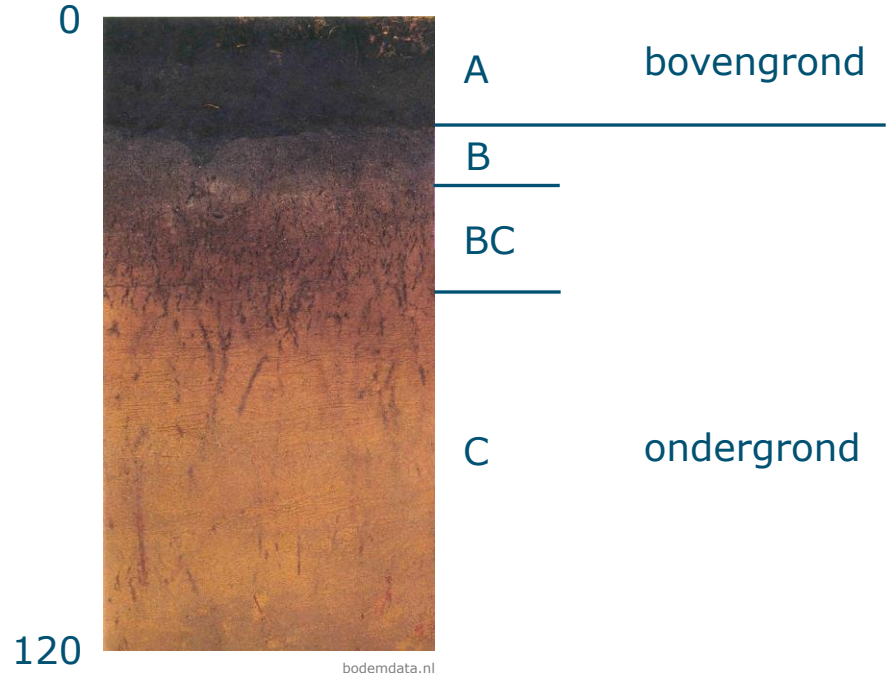
Inhoud

- Inleiding
 - Waterbalans onverzadigde zone
 - Hydrofysische eigenschappen
- Staringreeks
- BOFEK

De bodem



Getty Images/Thomas Vogel



120

bodemdata.nl

Hn21
Veldpodzol

Modellering waterbalans in de bodem

■ Waarom?

- Waterbeschikbaarheid gewassen
- Opbrengstderving
- Irrigatie/beregeningsbehoefte
- Grondwateraanvulling en -onttrekking

■ Hoe?

- Simulatiemodel (SWAP, MetaSWAP, Hydrus, etc.)

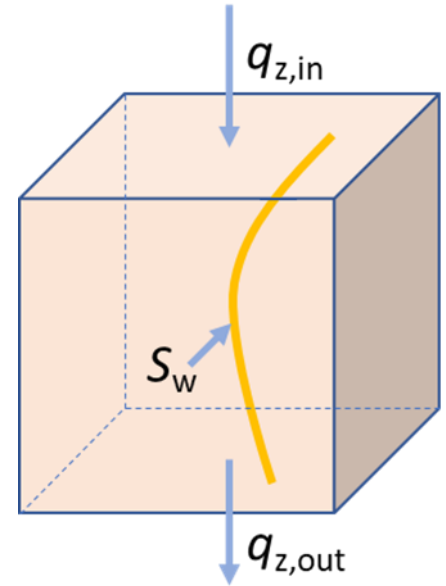
Waterbalans in de bodem

- Richards (1931)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial z} - S_w$$

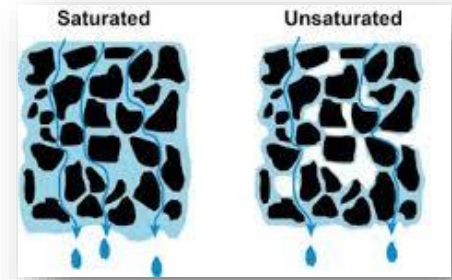
- Darcy (1856) – Buckingham (1907)

$$q = -K(\theta) \frac{\partial H}{\partial z} = -K(\theta) \left(\frac{\partial h(\theta)}{\partial z} - 1 \right)$$



Heinen, 2023

Waterbalans in de bodem



<http://www.terragis.bees.unsw.edu.au/>

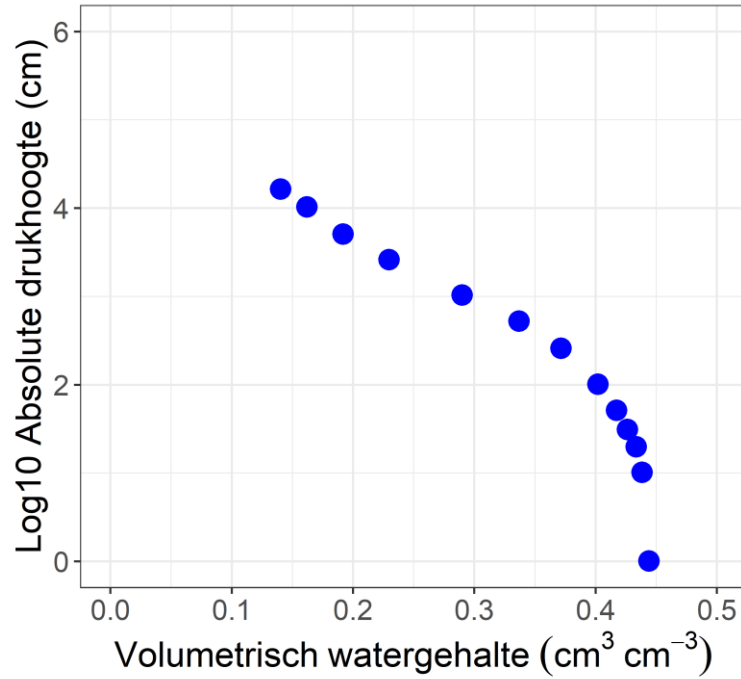
■ Bepalende eigenschappen:

- drukhoogte (waterpotentiaal) h (cm)
- volumetrisch watergehalte θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)
- doorlatendheid K (cm d^{-1})

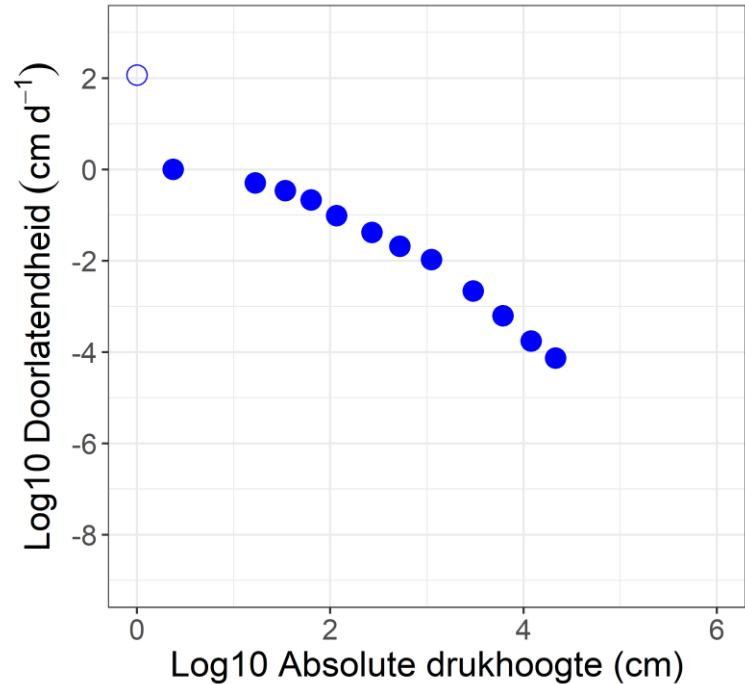
■ Gelukkig: gerelateerd

Relaties $h - \theta - K$

Waterretentiekarakteristiek, $\theta(h)$

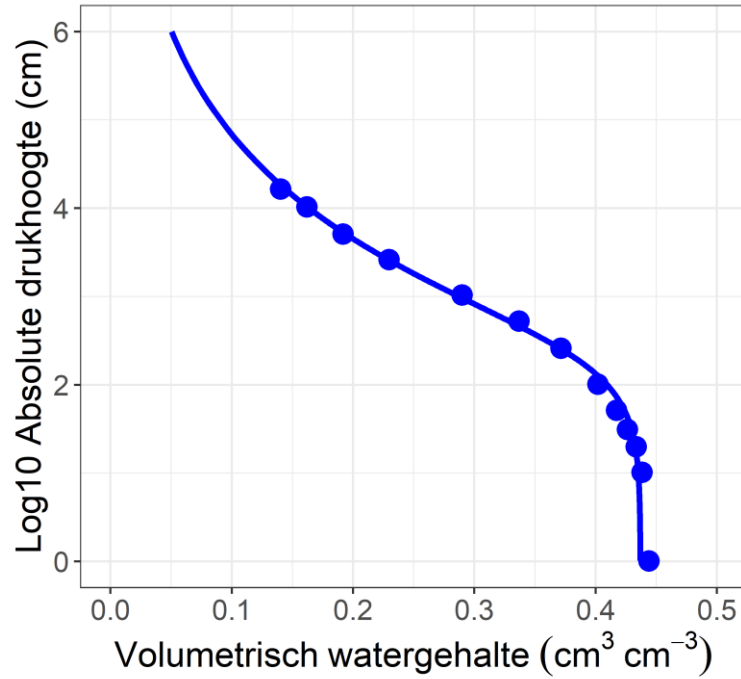


Doorlatendheidskarakteristiek, $K(h)$

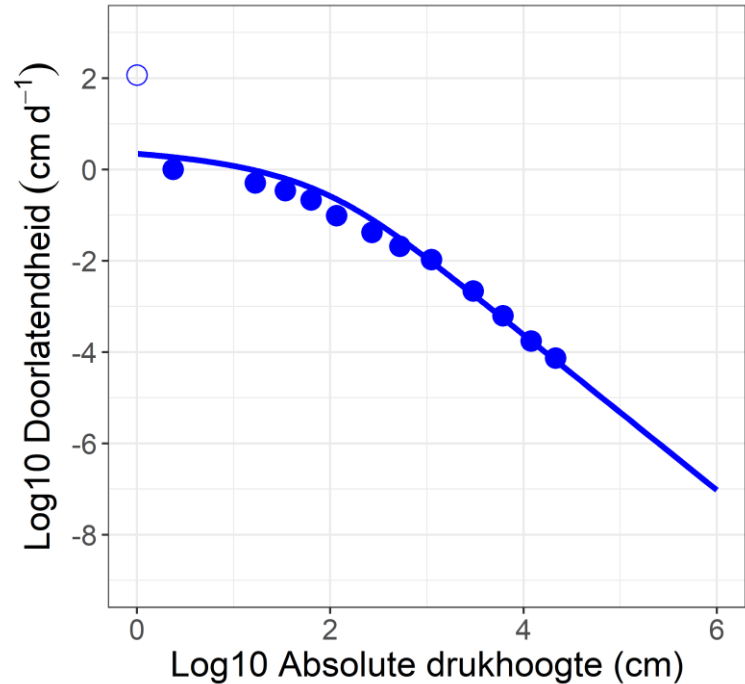


Relaties $h - \theta - K$

Waterretentiekarakteristiek, $\theta(h)$



Doorlatendheidskarakteristiek, $K(h)$



Relaties $h - \theta - K$: analytische functies

- Waterretentie: Van Genuchten (1980)

$$S(h) = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(1 + |\alpha h|^n\right)^{-m}$$

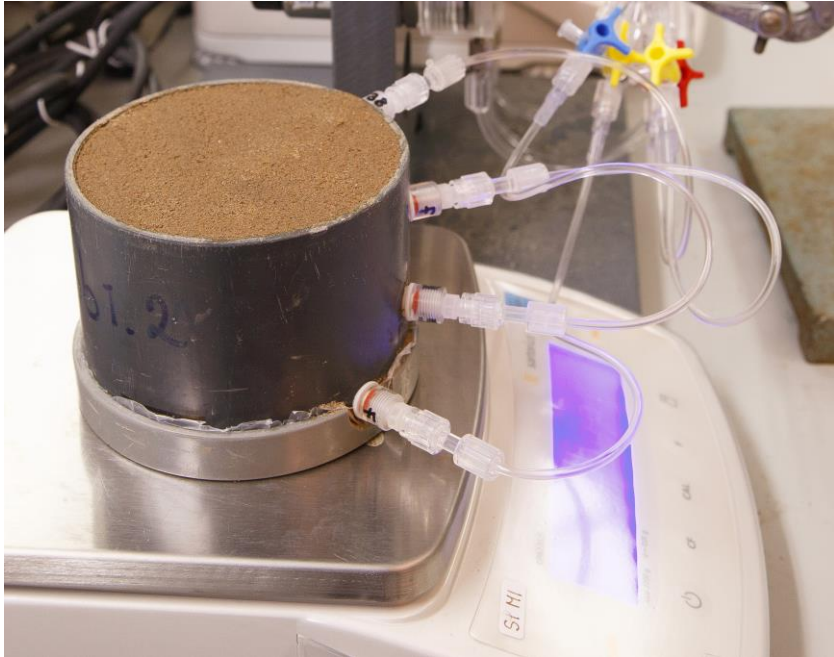
- Doorlatendheid: Van Genuchten (1980) – Mualem (1976) ($m=1-1/n$)

$$K(S) = K_s S^\lambda \left(1 - (1 - S^{1/m})^m\right)^2$$

- Parameters: $\theta_r, \theta_s, \alpha, n, K_s, \lambda$

Laboratoriummetingen (BRO / BIS-NL)

Verdampingsmethode



Doorlatendheid bij verzadiging



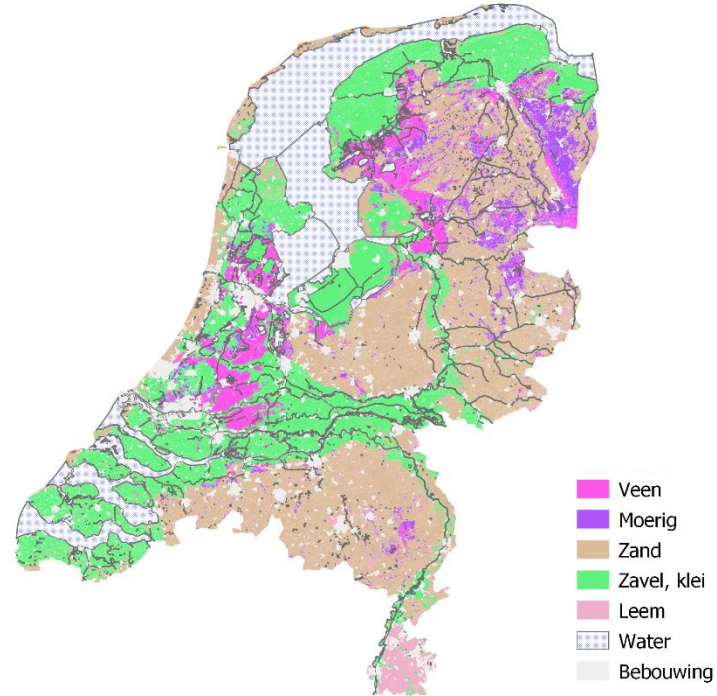
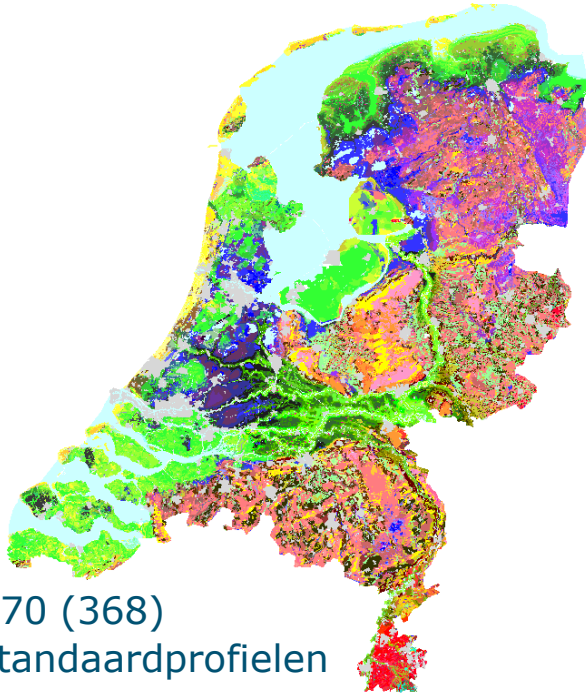
Drukpan



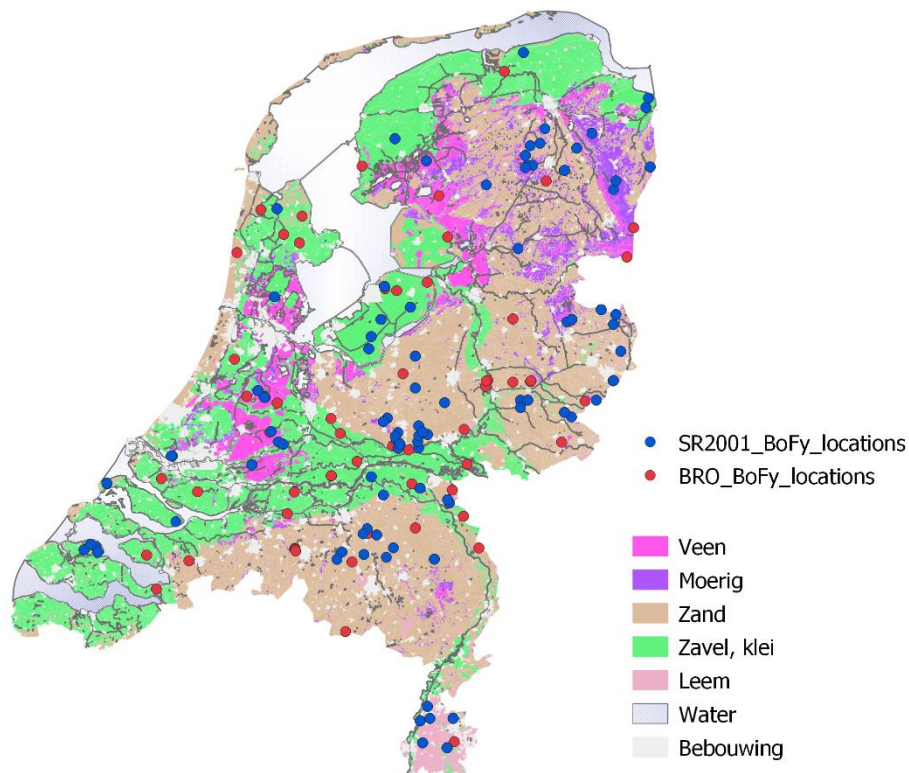
STARINGREEKS

Bodemmonsters

Bodemkaart NL (1:50 000)



Indeling boven- en ondergronden

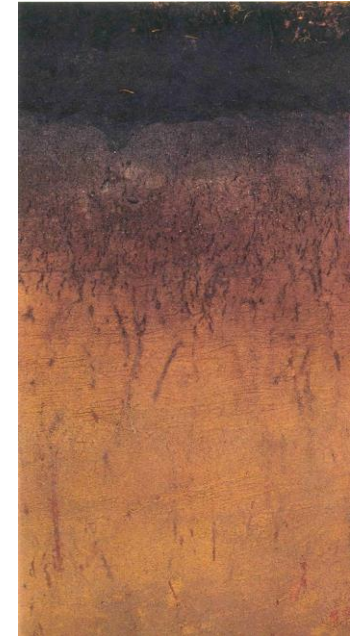


Bouwsteen, omschrijving		Leem	Lutum	OS	M50
Zand					
B01	leemarm, zeer fijn/matig fijn zand	0-10		0-15	105-210
B02	zwak lemig, zeer fijn/matig fijn zand	10-18		0-15	105-210
B03	sterk lemig, zeer fijn/matig fijn zand	18-33		0-15	105-210
B04	zeer sterk lemig, zeer fijn/matig fijn zand	33-50		0-15	105-210
B05	grof zand			0-15	210-2000
B06	keileem	0-50		0-15	50-2000
Zavel					
B07	zeer lichte zavel		8-12	0-15	
B08	matig lichte zavel		12-18	0-15	
B09	zware zavel		18-25	0-15	
Klei					
B10	lichte klei		25-35	0-15	
B11	matig zware klei		35-50	0-15	
B12	zeer zware klei		50-100	0-15	
Leem					
B13	zandige leem	50-85		0-15	
B14	siltige leem	85-100		0-15	
Moerig					
B15	venig zand		0-8	15-25	
B16	zandig veen en veen		0-8	25-100	
B17	venige klei		8-100	16-45	
B18	kleilig veen		8-100	25-70	

18 Bovengronden
18 Ondergronden

368 Bodemprofielen – opbouw bouwstenen

Eenheid	Horizont code	Diepte bovenkant	Diepte onderkant	Staring bouwsteen
Hn21	1Ap	0	25	B02
Hn21	1Bhe	25	40	O02
Hn21	1BCe	40	60	O02
Hn21	1Cg	60	120	O01

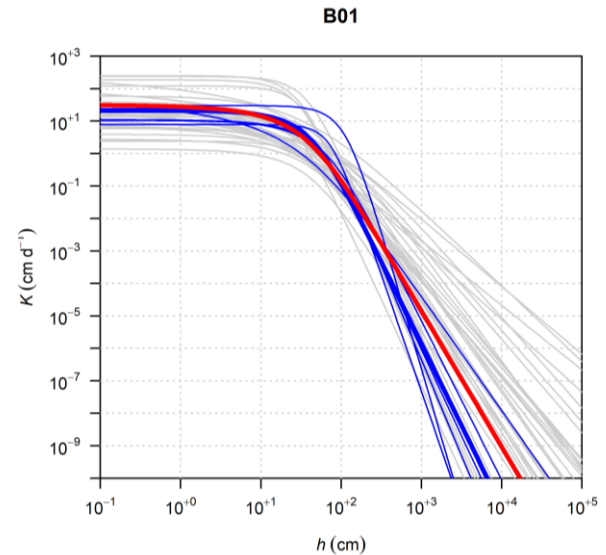
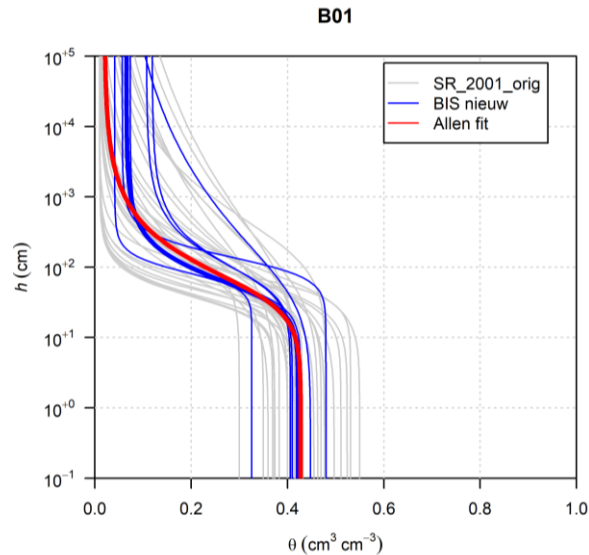


bodemdata.nl

De Staringreeks

- Per bouwsteen meerdere bodemmonsters doorgemeten
 - meerdere hydrofysische eigenschappen

B01
39 monsters



De Staringreeks – vGM parameters

	θ_r (cm ³ cm ⁻³)	θ_s (cm ³ cm ⁻³)	α (cm ⁻¹)	n (dimensieloos)	λ (dimensieloos)	$K_{s,fit}$ (cm d ⁻¹)
Zand						
B01	0.02	0.427	0.0217	1.735	0.981	31.23
B02	0.02	0.434	0.0216	1.349	7.202	83.24
B03	0.02	0.443	0.0150	1.505	0.139	19.08
B04	0.02	0.462	0.0149	1.397	0.295	34.88
B05	0.01	0.381	0.0428	1.808	0.024	63.65
B06	0.01	0.385	0.0209	1.242	-1.200	104.10
Zavel						
B07	0	0.401	0.0183	1.248	0.952	14.58
B08	0.01	0.433	0.0105	1.278	-1.919	3.00
B09	0	0.430	0.0070	1.267	-2.387	1.75
Klei						
B10	0.01	0.448	0.0128	1.135	4.581	3.83
B11	0.01	0.591	0.0216	1.107	-5.549	6.31
B12	0.01	0.530	0.0166	1.091	-4.494	2.25
Leem						
B13	0.01	0.416	0.0084	1.437	-1.357	29.83
B14	0.01	0.417	0.0054	1.302	-0.335	0.90
Moerig						
B15	0.01	0.528	0.0237	1.282	-1.478	87.45
B16	0.01	0.786	0.0211	1.279	-1.221	12.36
B17	0	0.719	0.0191	1.137	0.000	4.48
B18	0	0.765	0.0205	1.151	0.000	13.14

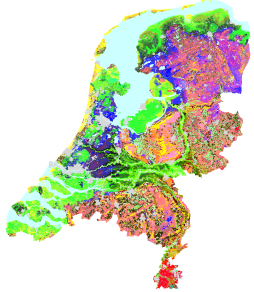
BOFEK

368 Bodemprofielen – groeperen?

- Groepen van bodemprofielen die gelijk gedrag vertonen
 - Vergelijkbare opbouw in Staringreeks bouwstenen
- Groeperen of clusteren
- Voorheen:
 - PAWN
 - BOFEK2012 – **BO**dem**F**ysische **E**enheden**K**aart
- Nu: BOFEK2020

PAWN → BOFEK2012 → BOFEK2020

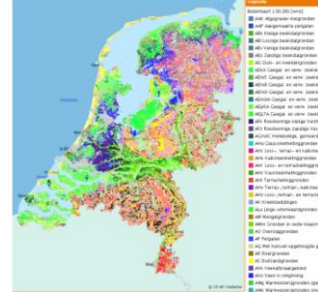
Bodemkaart, 1999



BOFEK, 2012



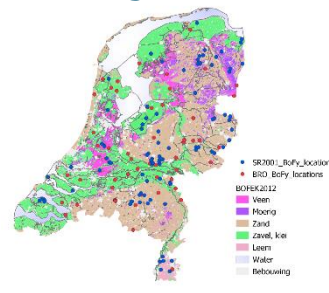
Bodemkaart, 2020



Staringreeks, 2001



Staringreeks, 2018



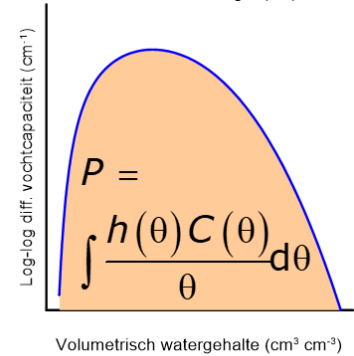
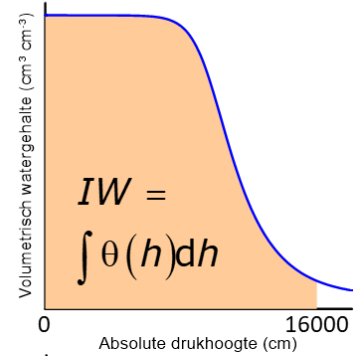
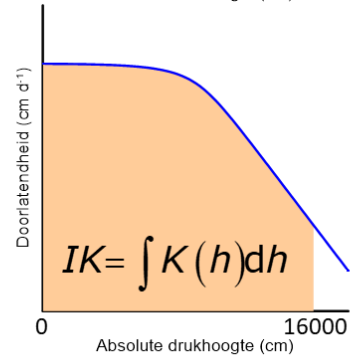
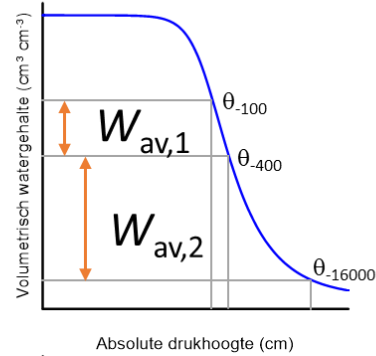
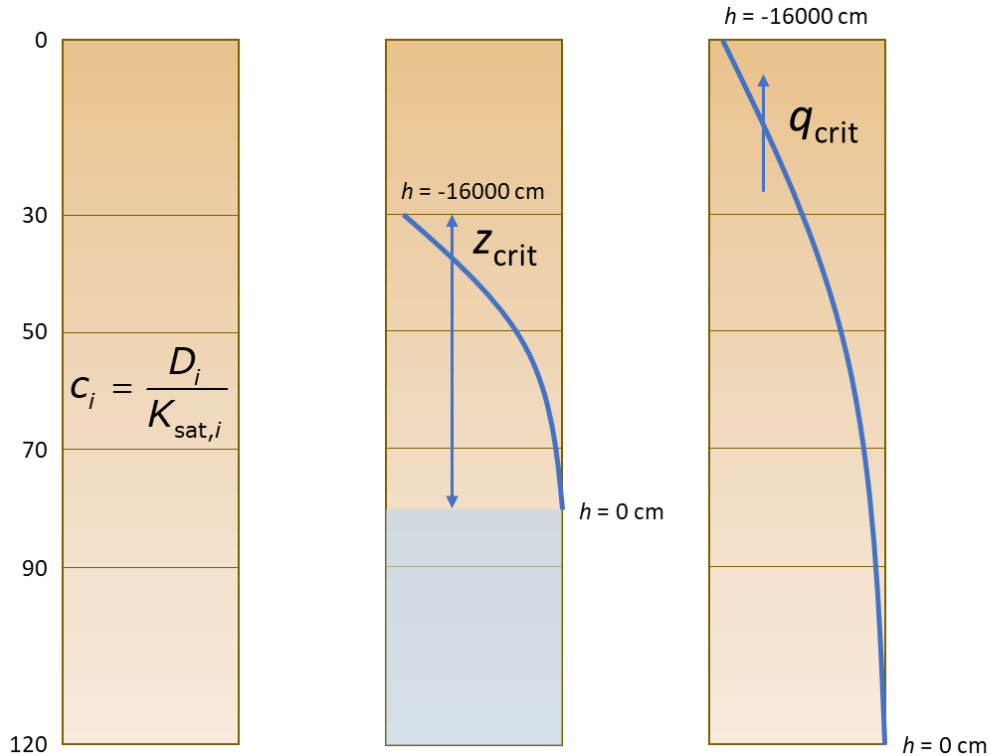
BOFEK, 2020



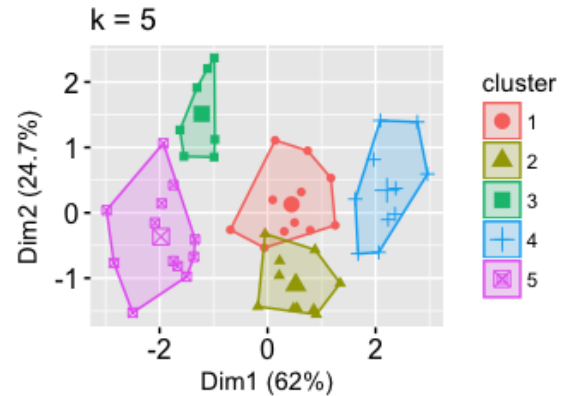
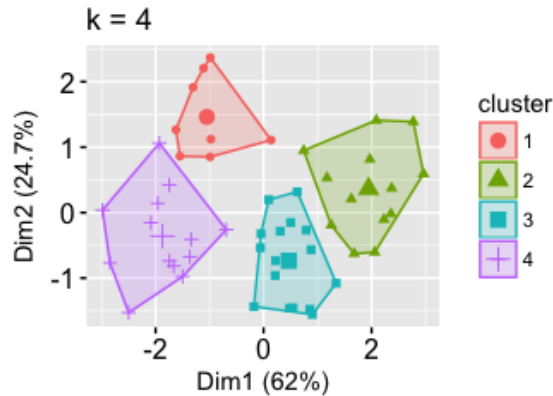
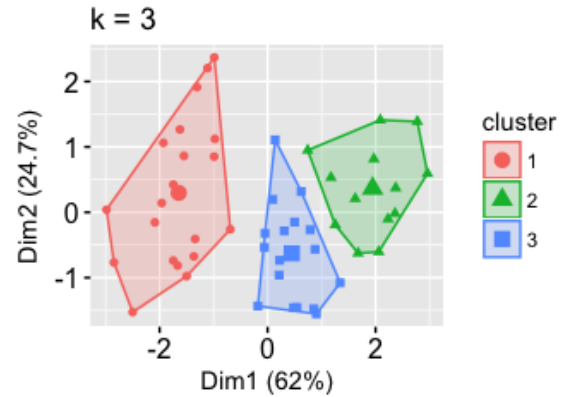
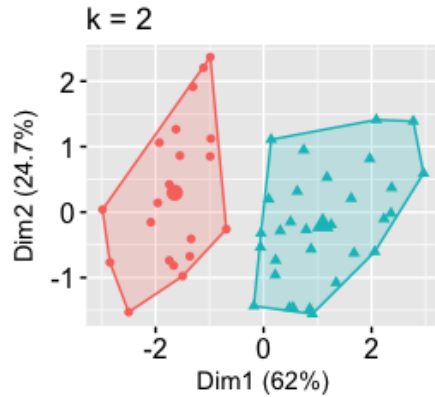
Werkwijze

- 368 Standaard bodemprofielen (bodemkaart 2020)
 - Elk profiel beschreven in Staringreeks bouwstenen
 - waterretentie, doorlatendheid
 - Fysische kengetallen per profiel berekenen. Bijv.:
 - waterbeschikbaarheid wortelzone
 - kritieke stijghoogte; kritieke flux
 - c-waarde
 - ... etc. (26 in totaal)
- } 8 geselecteerd

Fysische kengetallen (statisch)



Clusteren (K-means)

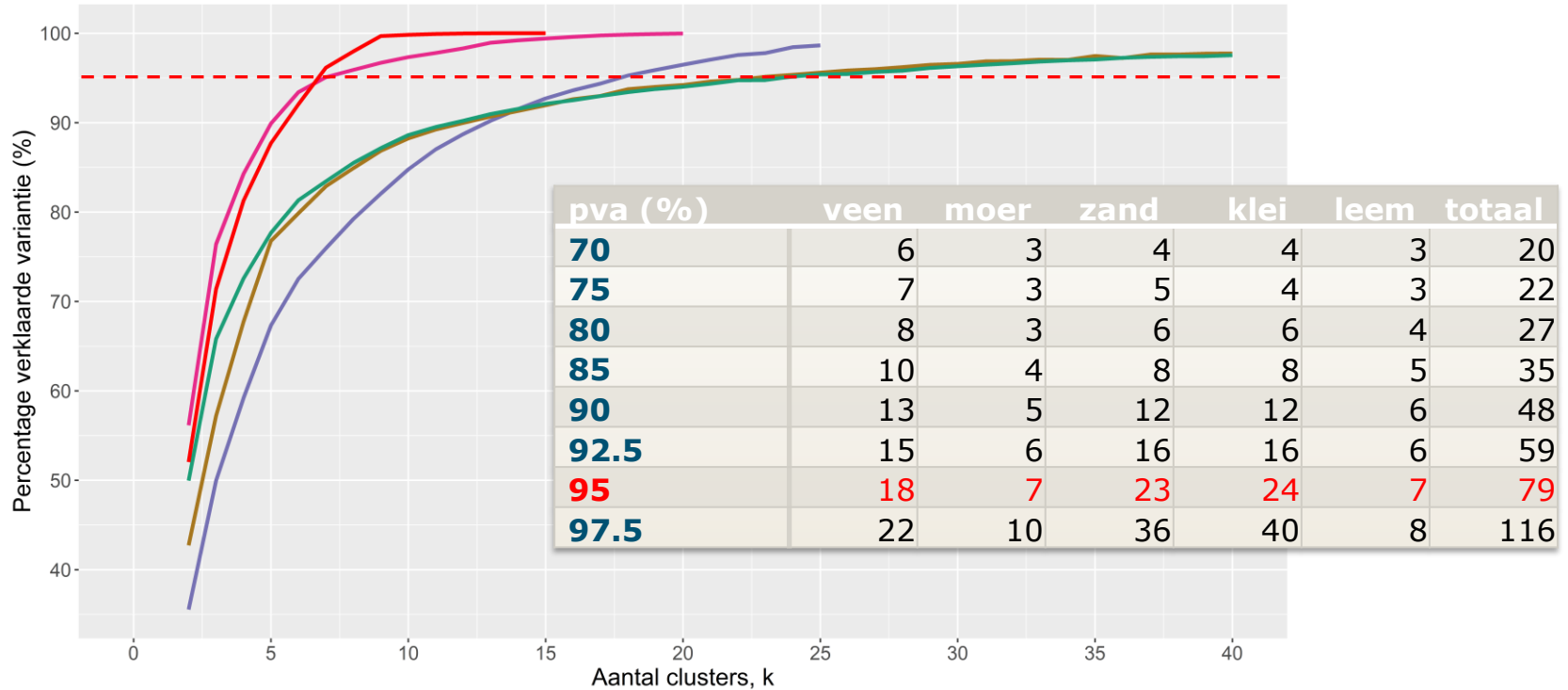


Bodemkundige stratificatie

- 368 standaardprofielen opgedeeld in:
 - veengronden (44)
 - moerige gronden (22)
 - zandgronden (135)
 - klei- en zavelgronden (151)
 - leemgronden (löss) (16)



PVA(k): per hoofdgrondsoort



BOFEK2020: kaart

Legenda

1001	1017	3008	4001	4017
1002	1018	3009	4002	4018
1003	2001	3010	4003	4019
1004	2002	3011	4004	4020
1005	2003	3012	4005	4021
1006	2004	3013	4006	4022
1007	2005	3014	4007	4023
1008	2006	3015	4008	4024
1009	2007	3016	4009	5001
1010	3001	3017	4010	5002
1011	3002	3018	4011	5003
1012	3003	3019	4012	5004
1013	3004	3020	4013	5005
1014	3005	3021	4014	5006
1015	3006	3022	4015	5007
1016	3007	3023	4016	

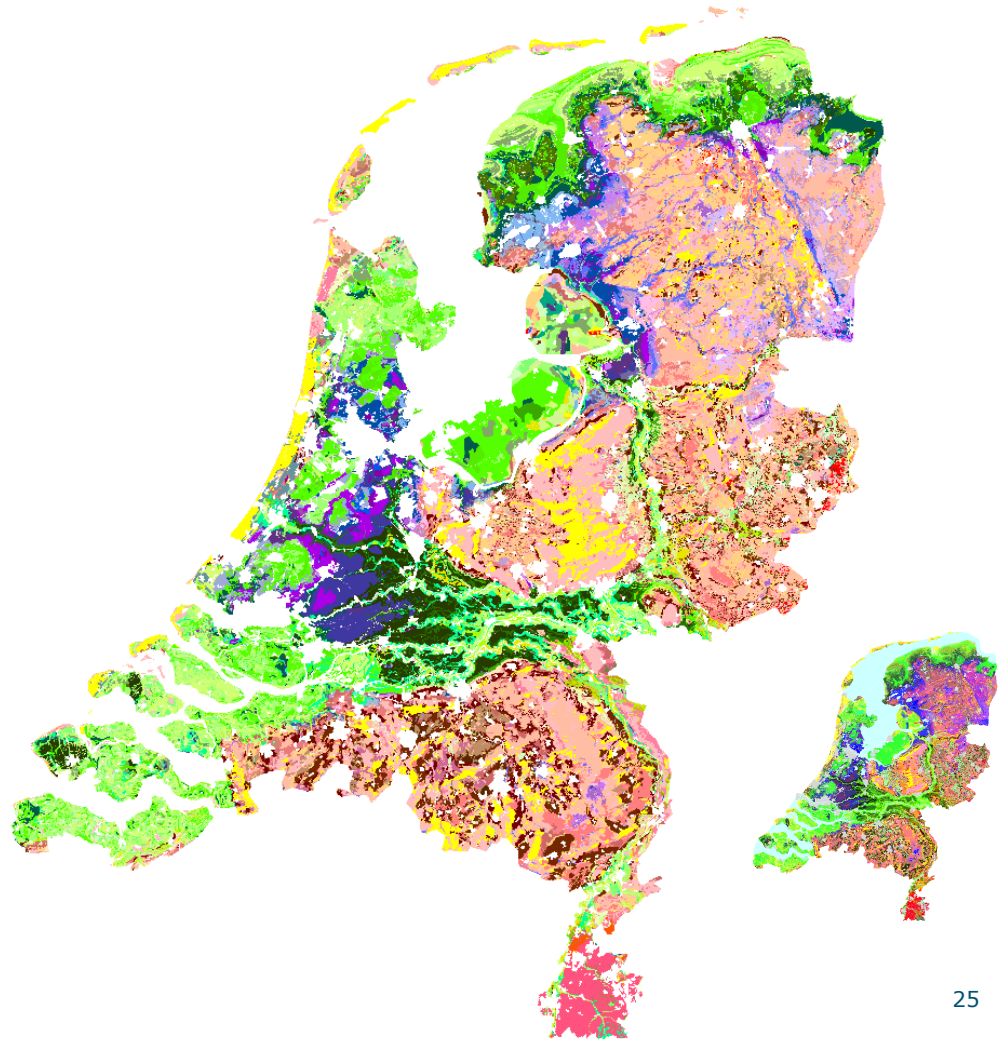
1xxx: veen

2xxx: moerig

3xxx: zand

4xxx: klei/zavel

5xxx: leem



Updaten

- Staringreeks en BOFEK zijn in verleden meerdere malen geüpdatet
 - er komen steeds nieuwe gegevens beschikbaar
 - bodemkaart verandert
- Dus: over een tijdje opnieuw updates te verwachten
- Huidige werkwijze afleiden Staringreeks en BOFEK in scripts vastgelegd (NHI)

Databeschikbaarheid

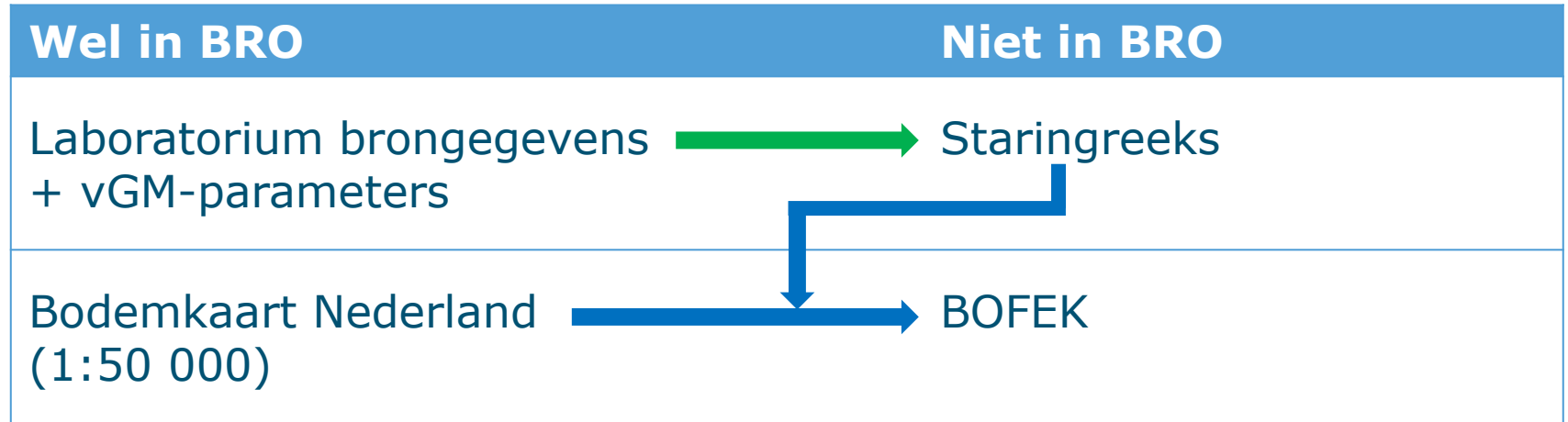
- vGM parameters per monster: Bakker et al. 2023 (<https://edepot.wur.nl/526509>)
 - BIS-NL (WENR, intern#), BRO (raadpleeg BRO helpdesk)
- Staringreeks parameters: Heinen et al. 2020 (<https://edepot.wur.nl/512761>)
- BOFEK2020: Heinen et al. 2021 (<https://edepot.wur.nl/541544>)
 - Website (<https://www.wur.nl/nl/show/bodemfysische-eeenhedenkaart-bofek2020.htm>)
- Publicatie: Heinen et al. 2022 (<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116123>)
- NHI (<https://nhi.nu/tooling>)

Toepassingen

- Waterwijzer Landbouw, Waterwijzer Natuur (NHI)
- (Meta)SWAP – MODFLOW6
- Onderzoeksprojecten, bijvoorbeeld:
 - Digital Future Farm (bij gebruik SWAP)
 - Economische Effectiviteit Berekening
 - GrasSignaal (Farmmaps)
 - ...

Samengevat

- Waterretentie, doorlatendheid: onverzadigde bodems
- Staringreeks, BOFEK



Eind

Met dank aan:

Gerben Bakker

Martin Mulder

Mirjam Hack – ten Broeke

Fokke Brouwer

Kees Teuling

Dennis Walvoort

