



Krimp-zwel

Stand van de kennis

Henk Kooi (henk.kooi@deltares.nl)

Roelof stuurman

3 november 2022

LOSS Symposium Utrecht

Lees, kijk en bouw in 3D!
Maak je eigen meesterwerk



Droogte oorzaak verzakking huizen

Zevenaar

Trouw, 2006

HOME
2 november 2006

(Novum) - De grote droogte in de ORZ aan v n d verzakking v huizen in het Gelderse Zevenaar. Dat blijkt uit het rapport van geologisch onderzoeksbureau Fugro dat donderdag is gepubliceerd.

1,5 miljoen euro gereserveerd voor schade aan huizen Roden

8 mei 2019, 16:58 • 2 minuten leestijd



NRC, DROOGTE 2018

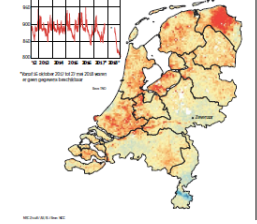


Dit gaat straks overal gebeuren

REPORTAGE VERZAKKINGEN
Zakende huizen... Dit gaat straks overal gebeuren... De grote droogte van de zomer van 2018 heeft tot schade aan huizen geleid... Het onderzoeksbureau Fugro heeft vastgesteld dat de bodem in veel gebieden te laag is... Dit kan tot verzakkingen van huizen leiden... Het is belangrijk dat er maatregelen worden genomen om de schade te beperken...



Dit gaat straks overal gebeuren



“OP STAAL” EN OP KLEI, BUITEN SLAPPE BODEM GEMEENTEN



▲ Een van de verzakte woningen aan de Sellersmaat in Zevenaar. Foto: Jan Ruland van den Brink © Jan Ruland van den Brink

Zakkende woningen, inklinkende klei: schade aan zeker 100 huizen

ZEVENAAR - Honderd Zevenaarders hebben zich tot nu toe gemeld bij actiecomité Zwik (zakkende woningen, inklinkende klei). Zij zijn gedupeerd door scheuren in de muren van hun huis of omdat hun woning is verzakt.

Karin Mulder 15-11-18, 06:55 Bron: De Gelderlander

LIEMERS

Inwoners luiden noodklok: 'Nog grotere scheuren in huizen door droogte'

Lonneke Gerritsen 30 augustus, 08:57 • 3 minuten leestijd



NOS Nieuws • Zaterdag 3 november 2018, 10:29

'Huizen in Zevenaar verzakken door laag grondwater na droge zomer' NOS, 2018

Inhoud

Algemeen:

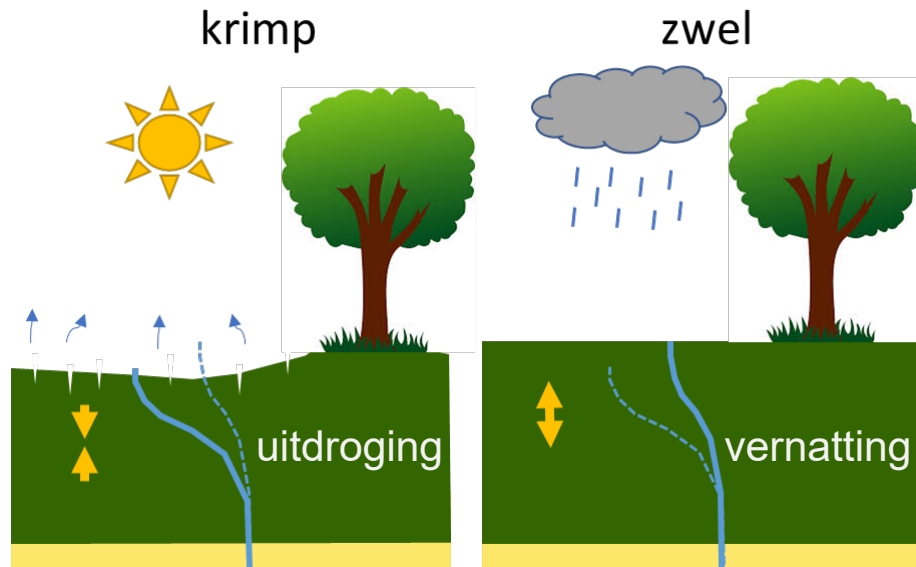
- Krimp-zwel, wat is het?
- Kennis (literatuur)
- Hoe wordt omgegaan met schade(risico) in het buitenland?

NL:

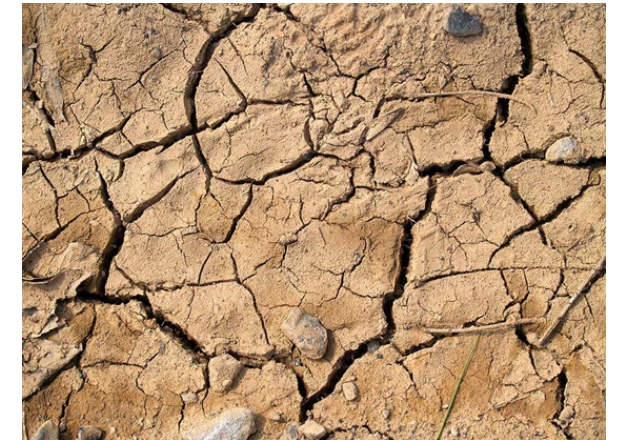
- Case studies Rekken, Zevenaar
- Toevoeging aan bekende oorzaken verzakkingsschade
- Benodigde kennis
- Bijdragen Deltares

Krimp-zwel; wat is het?

Volumeverandering door uitdroging-en-vernattingscyclus = boven de diepste grondwaterstand

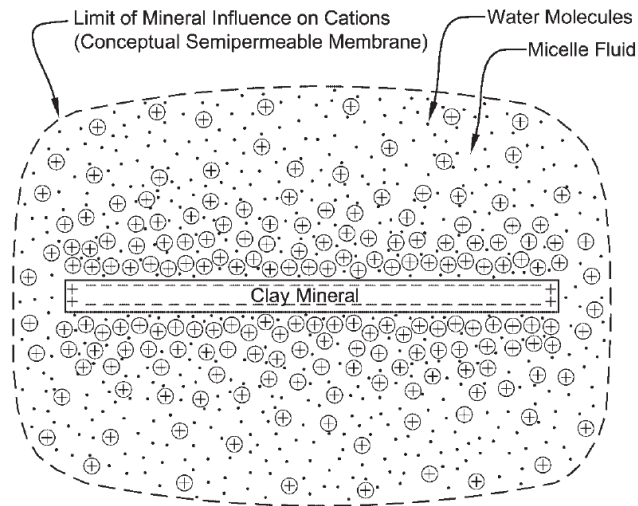


Krimpscheuren

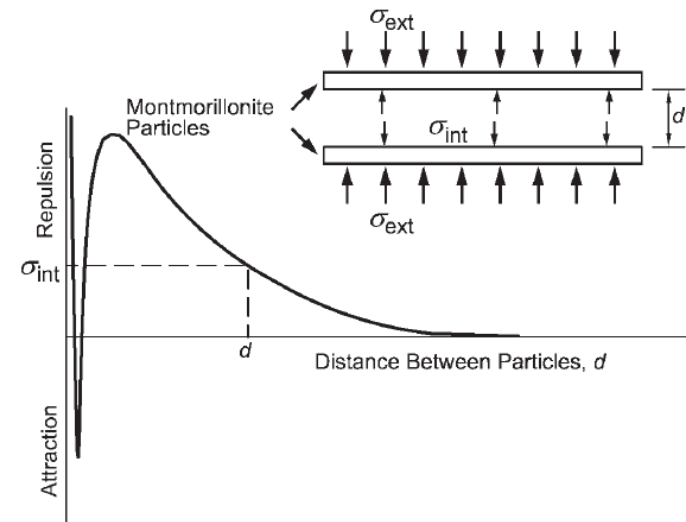
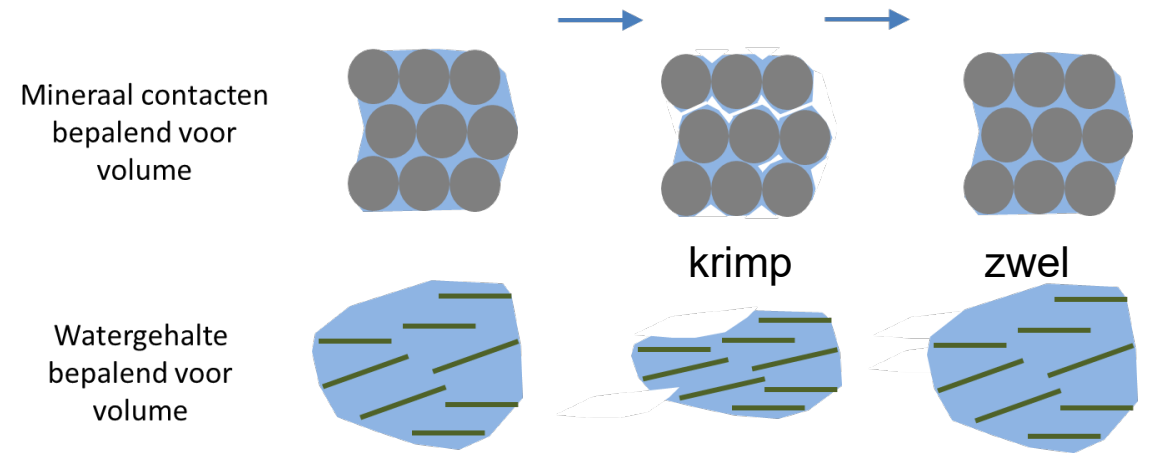


Kennis (1) fysicochemie klei-water mengsels

- Kleideeltjes elektrisch geladen; binden cationen en H₂O (hydrofiel)
- Electrostatistische afstoting deeltjes
- Zuigspanning trekt de deeltjes dichtter naar elkaar; omgekeerd als zuigspanning wegvvalt

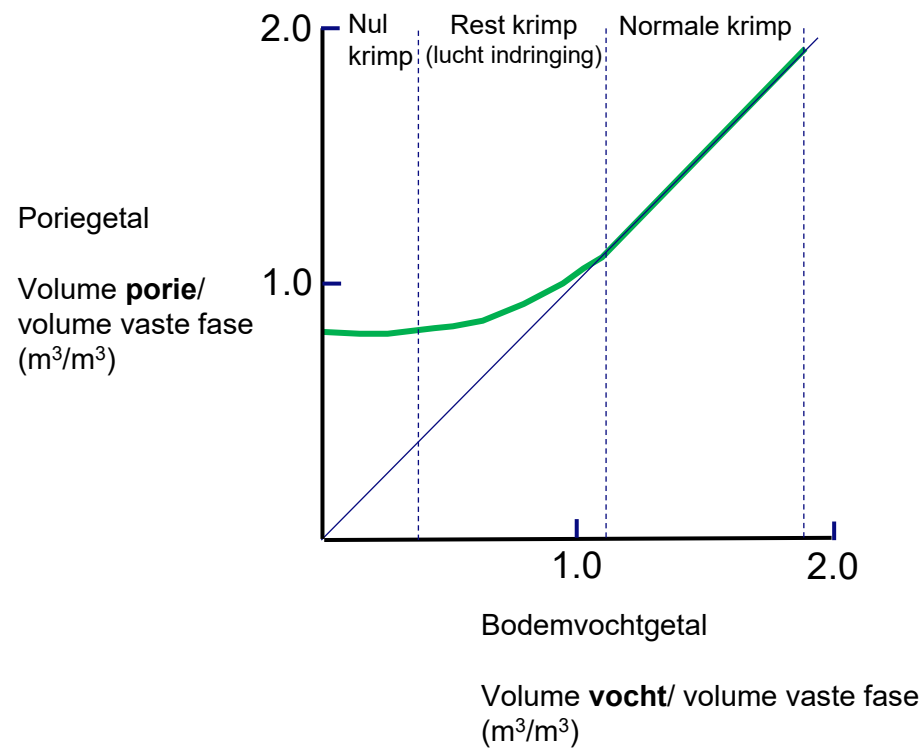


Nelson et al. (2015)
Foundation engineering for expansive soils

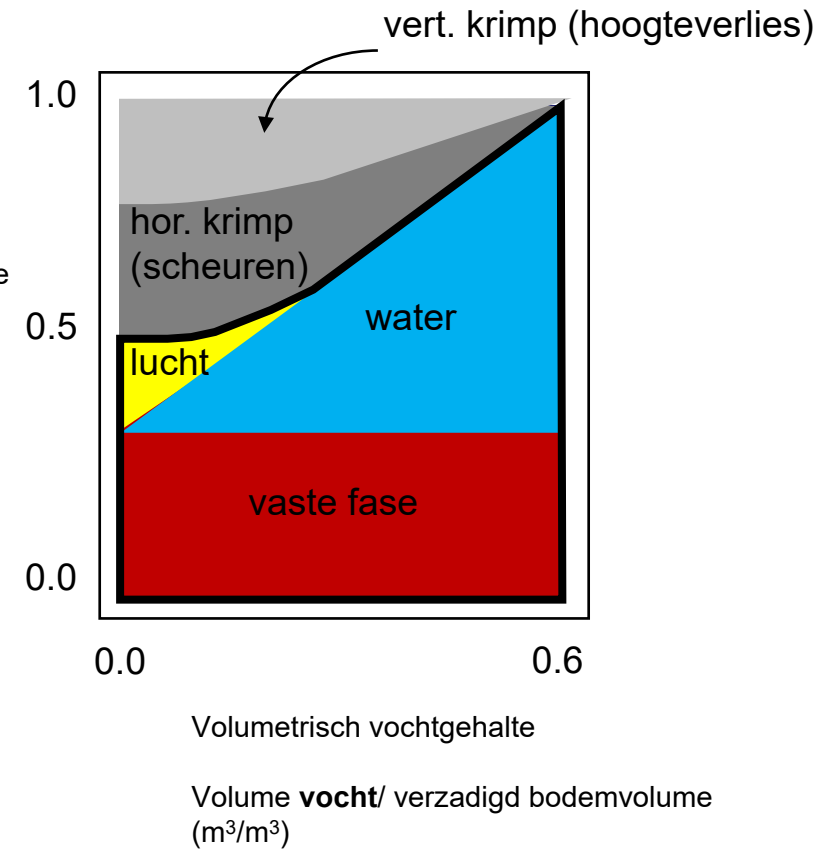


- Sterk afhankelijk van klei-mineralen

Kennis (2) Krimp karakteristiek (landbouwkundig)

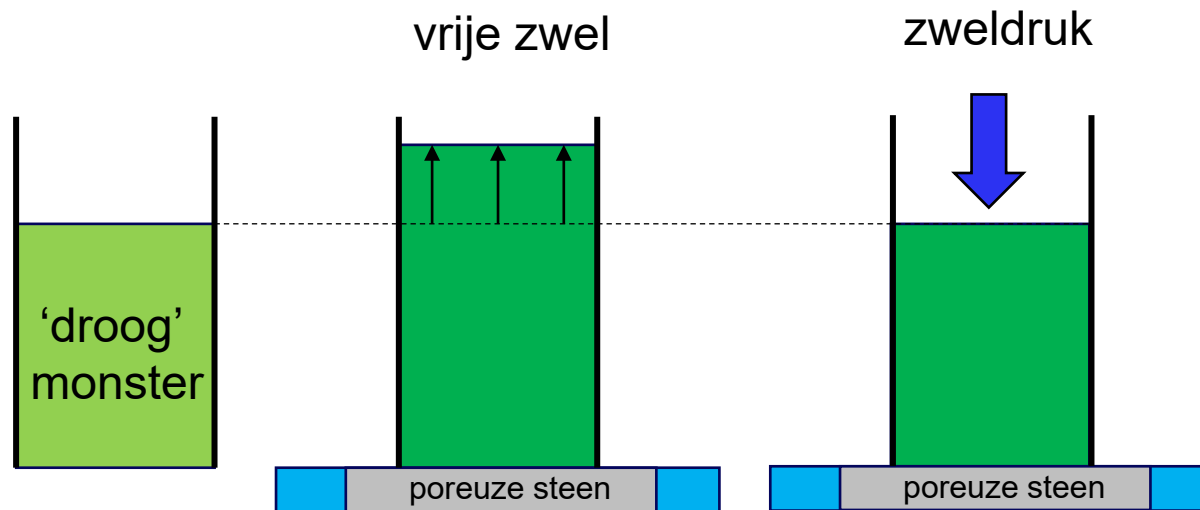


Cum. fractie van verzadigd bodemvolume (m^3/m^3)

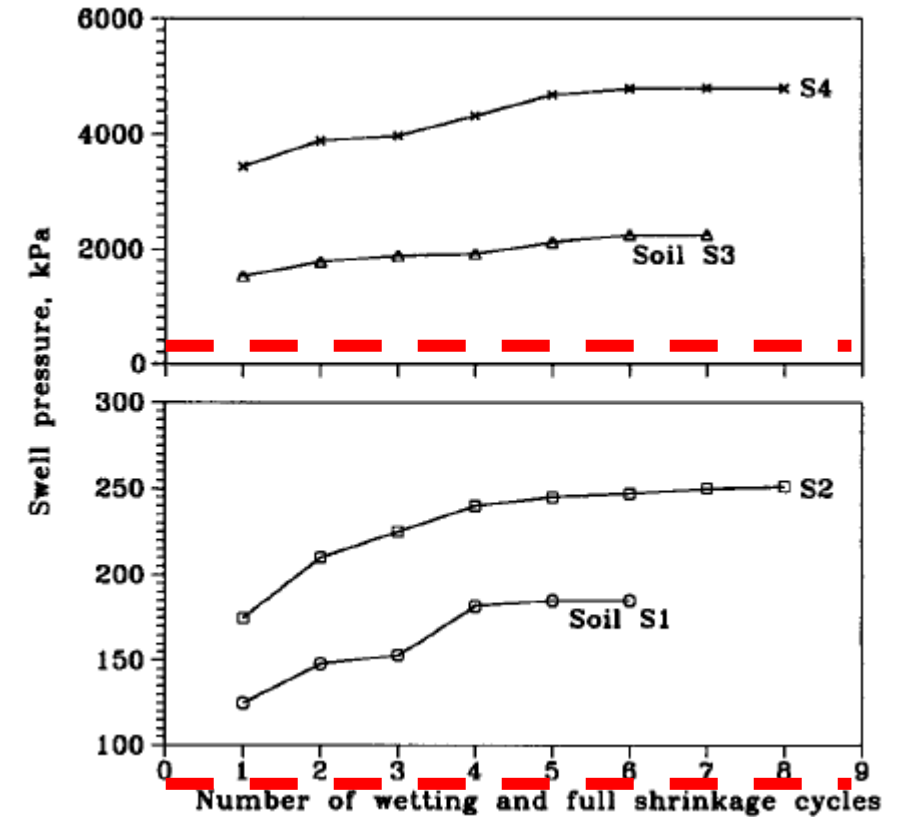


Kennis (3) Zweldruk (geotechnisch)

Druk die nodig is om zwel te voorkomen



Funderingsdruk woning typisch **70 kPa**
Grondwaterstandsverandering 1 m = 10 kPa



Kennis (4) bewegingen in het veld

Soedan

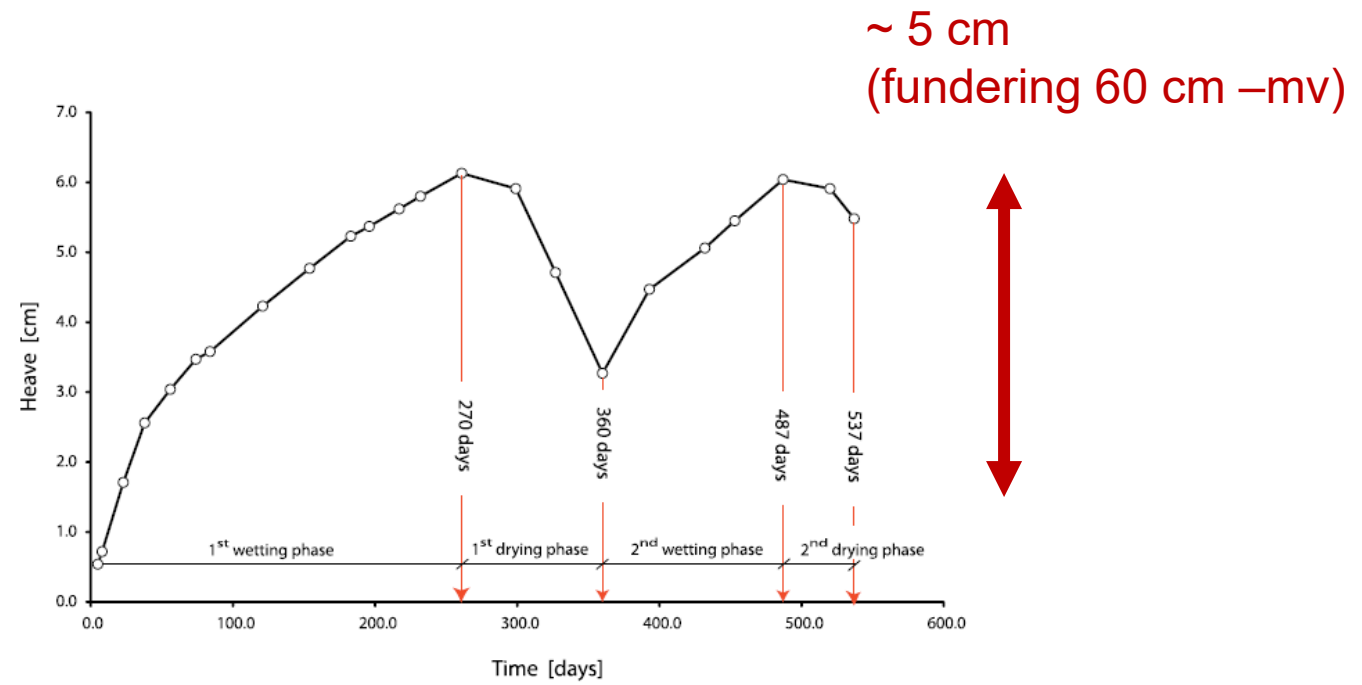
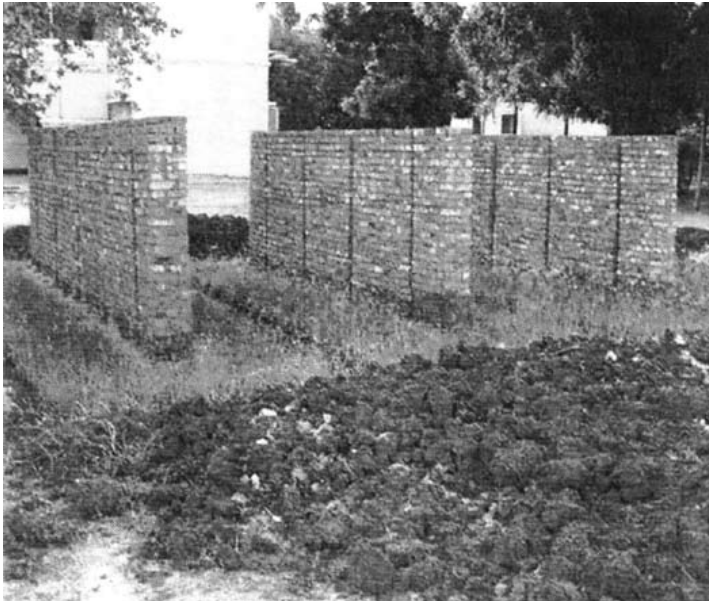
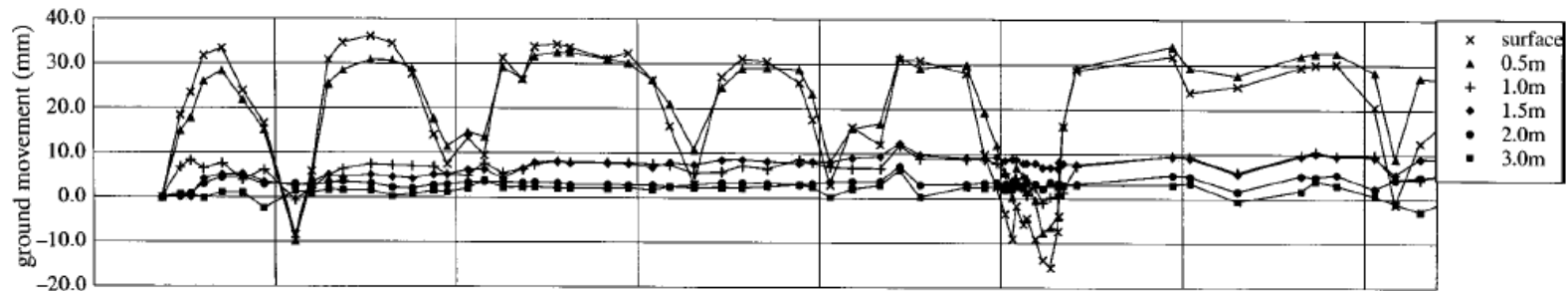


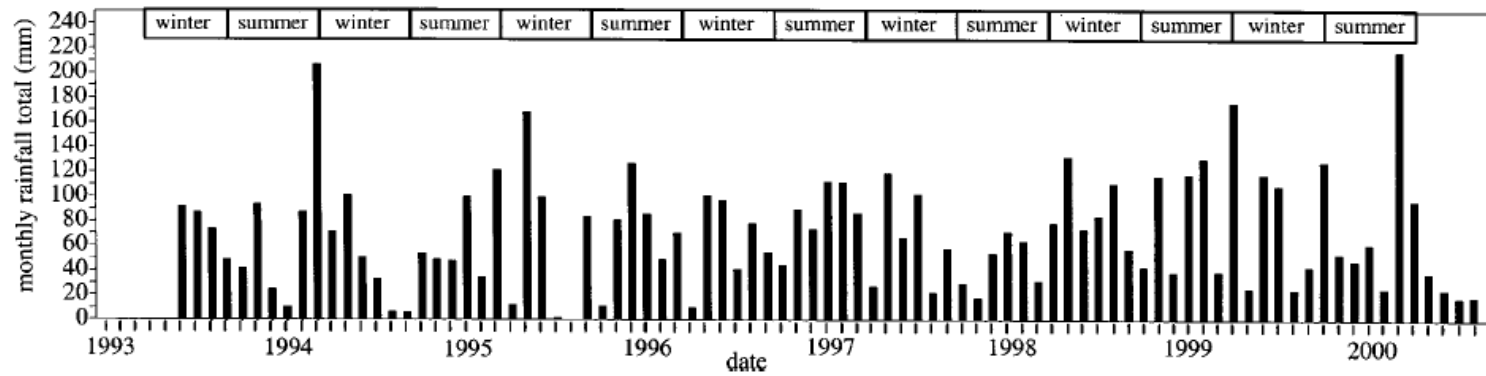
Figure 2. Measured displacements of the wall C1 as provided by [SAEED 2004]

Kennis (4) bewegingen in het veld

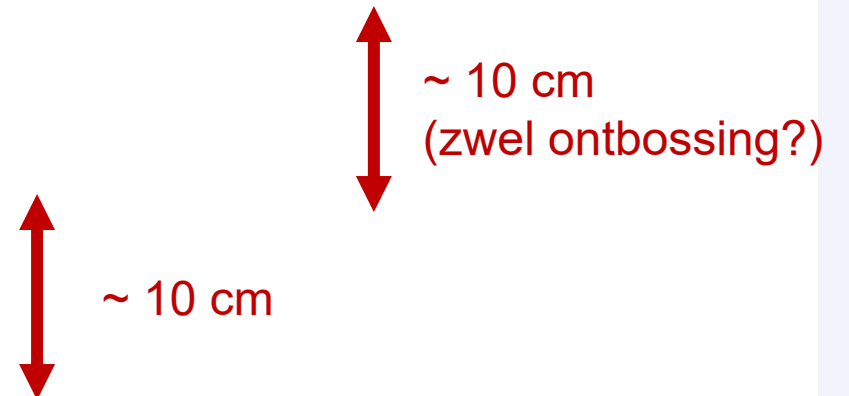
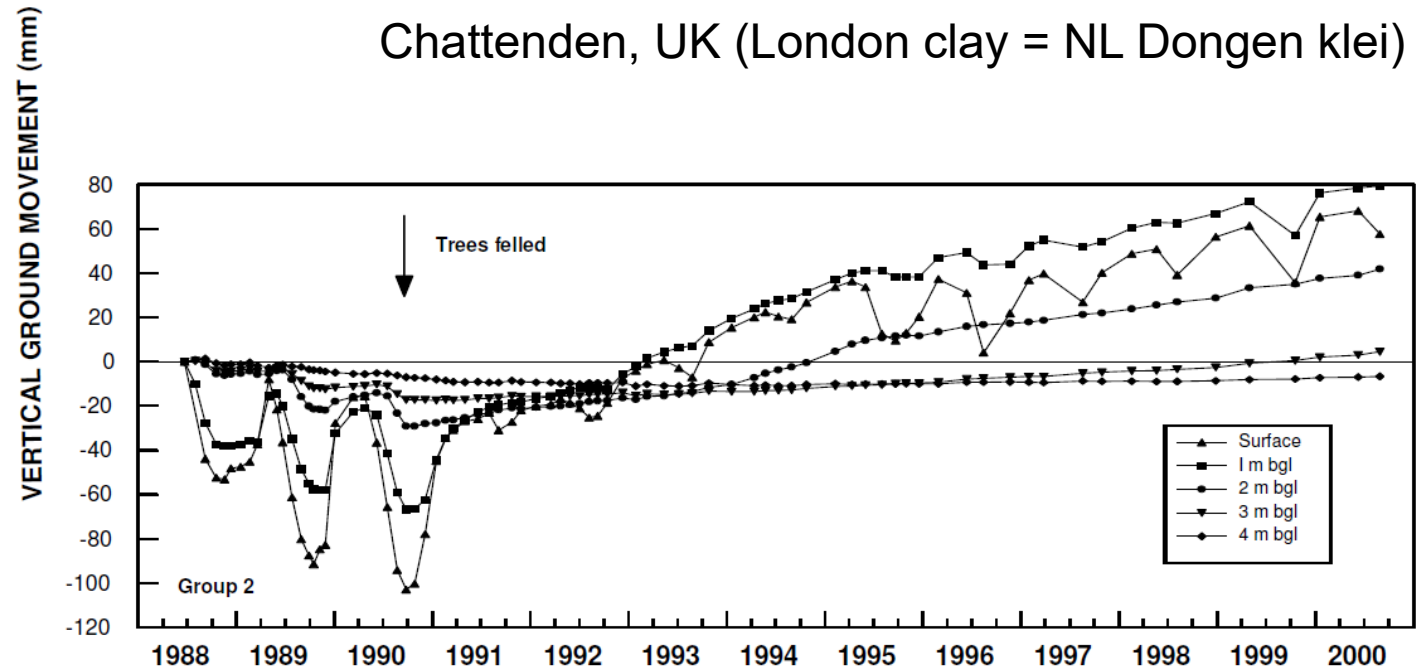
Newcastle, Australie



~ 3 a 4 cm



Kennis (4) bewegingen in het veld



Uit: Jones en Jefferson (2012)

Kennis (4) bewegingen in het veld

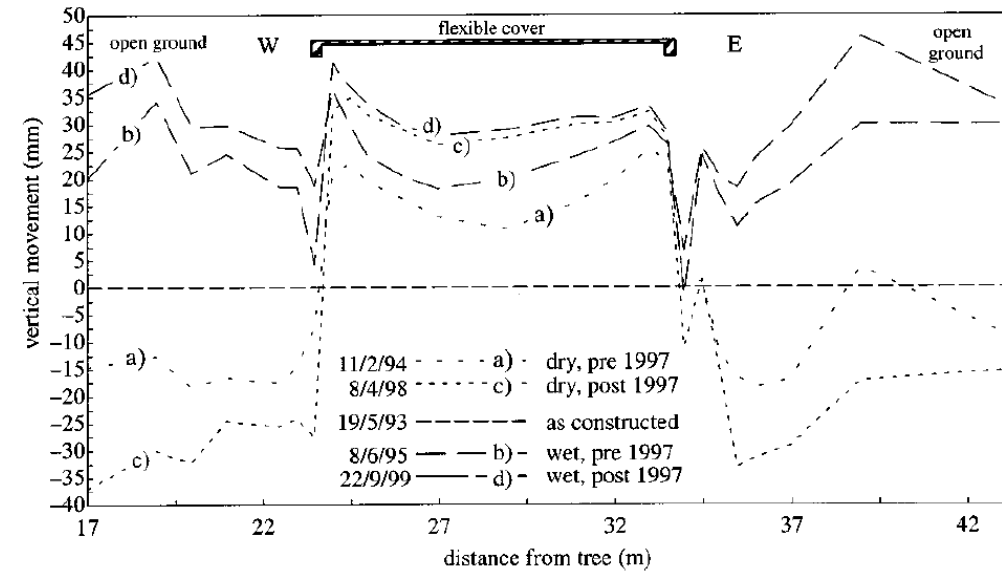
Overgeconsolideerde (sterk gecompacteerd) kleien

- Weinig of niet zettingsgevoelig (= klassiek: voor samendrukking)
- Vaak zeer sterk krimp-zwel gevoelig !

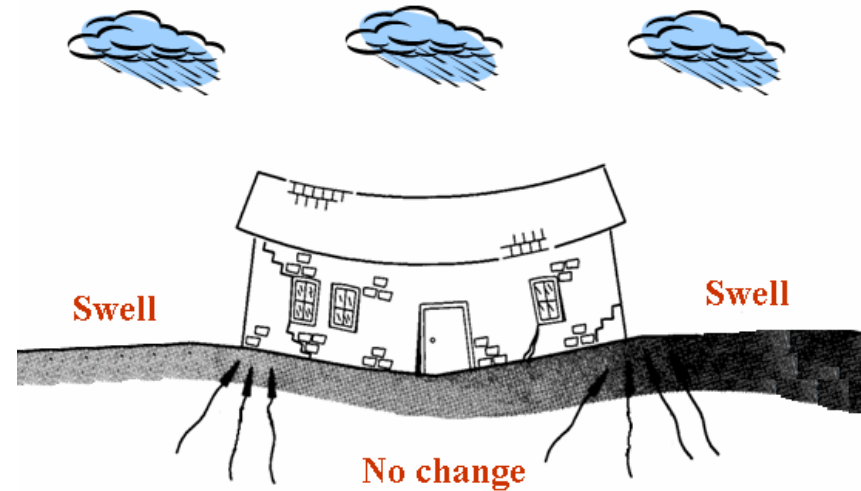
Kennis (5) vochthuishouding

Schade = vershilzetting

Door heterogeniteit vochthuishouding onder/bij gebouw !

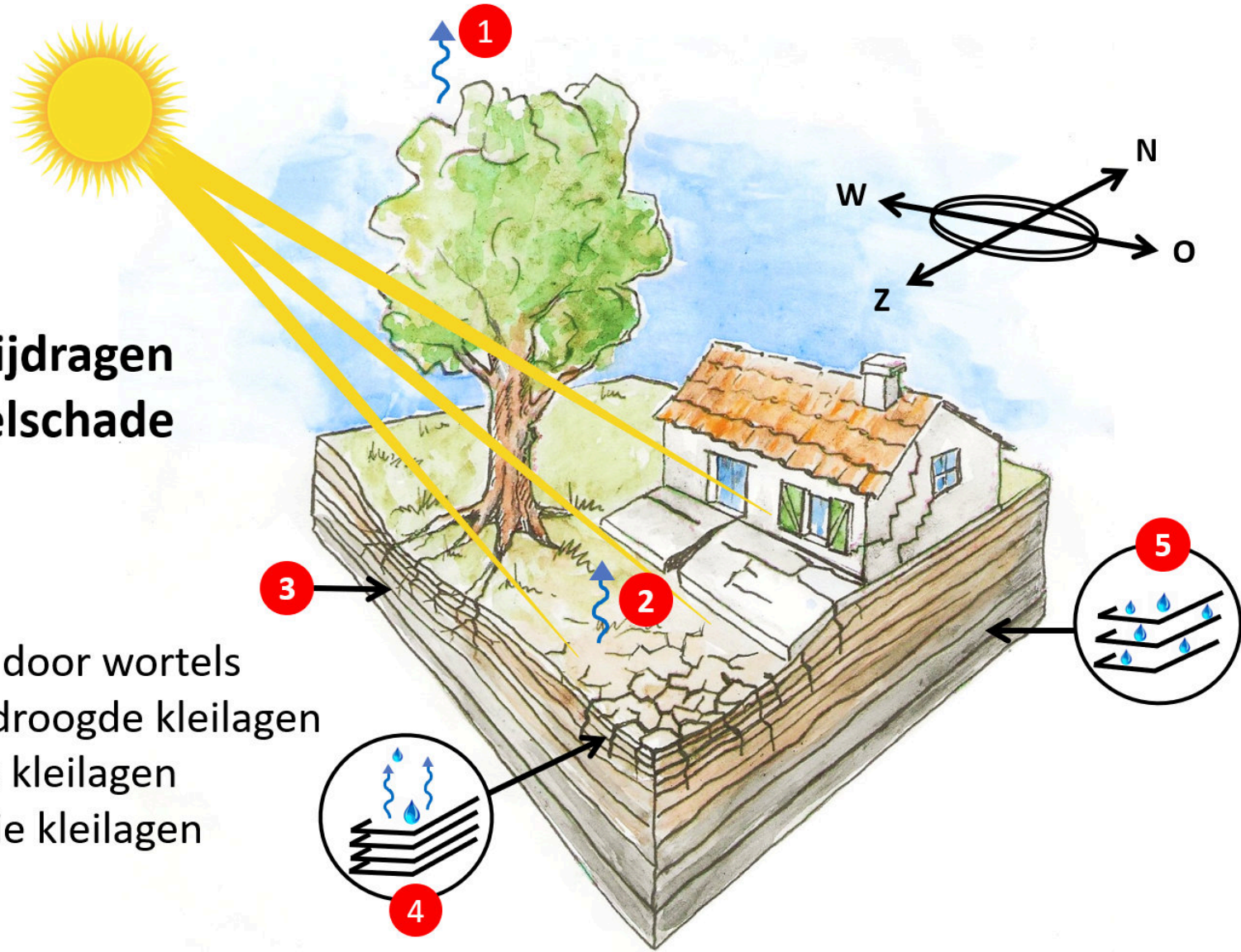


Fityus et al. 2004



Factoren die bijdragen aan krimp-zwelschade

1. Transpiratie
2. Verdamping
3. Wateropname door wortels
4. Ondiepe uitgedroogde kleilagen
5. Diepe vochtige kleilagen
6. 4, 5 Mineralogie kleilagen



Omgaan met schade(risico); buitenland

- Krimp-zwel gevoeligheid klei (karakterisatie) → Methoden verschillen per land; Indicatoren: plasticiteitsindex, lutumgehalte, CEC, etc.
- Bekalken klei, vervangen, vochtbarrieres
- Richtlijnen funderingen → Sterkte/stijfheid ondiepe funderingen
- Richtlijnen bomen →
- Bewatering
- Verzekering → Engeland

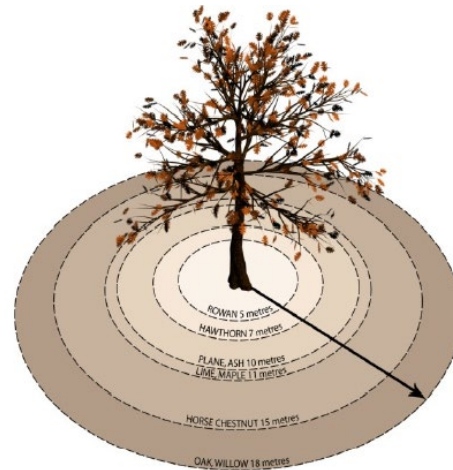


Figure 16 – The zone of influence of some common UK trees (Jones et al., 2006).

Rekken: Schade door Krimp-zwel. Deze Boerderij is meer dan 100 jaar oud en direct (“op staal”) gefundeerd op klei. Tijdens droogte 2018 ontstond ernstige scheurvorming.



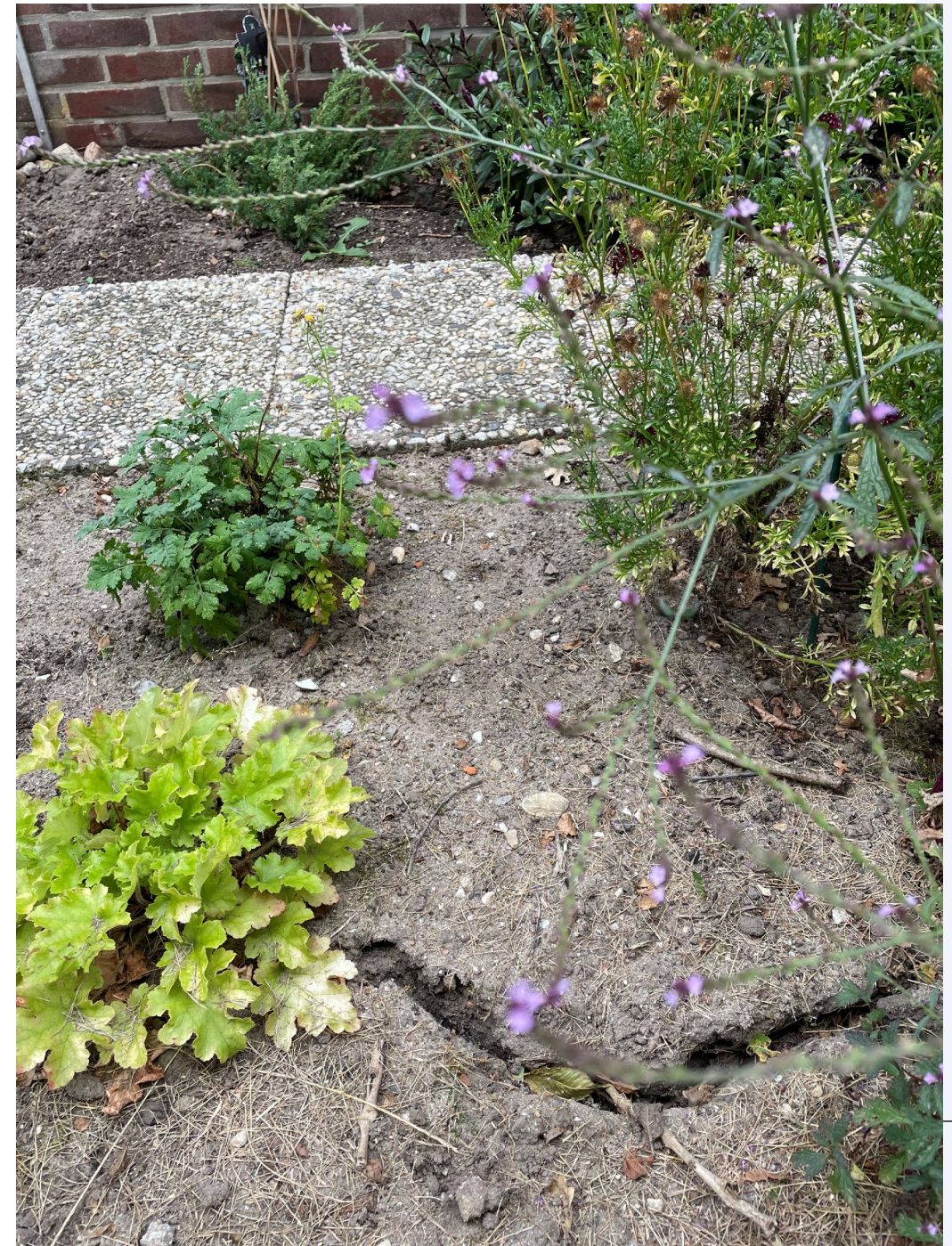
Onderzoek (metingen) grotendeels uitgevoerd door:

- **Kees van der Werf,**
- **Cock Blom**

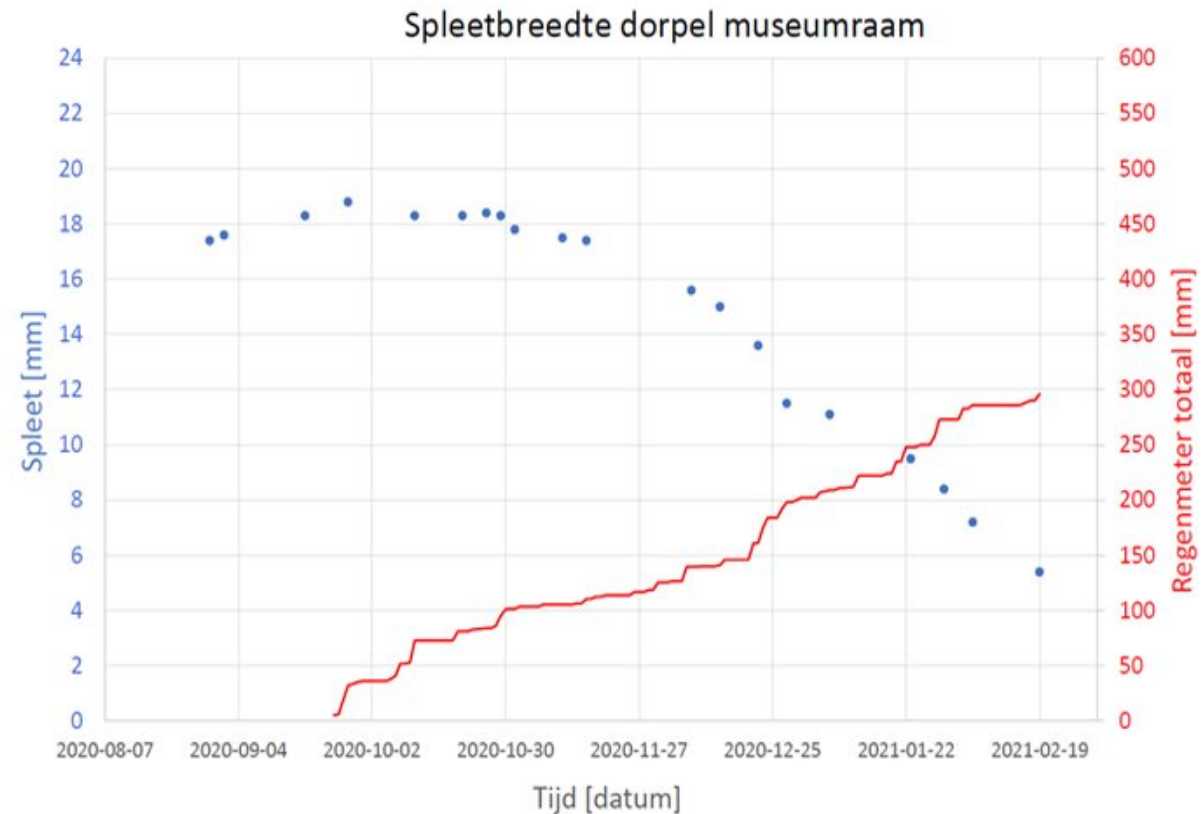
- Met ondersteuning van Deltares.

- Blom, van der Werf, Stuurman en Kooij, 2022: Klimaatverandering, klei en funderingsproblemen, een case studie (deel 1). Geotechniek juni 2022,

- Stuurman, Melman, van Meerten, van essen Van der Werf en Blom, 2021: Krimp-zwel een groeiend probleem. Land&Water, nr.5, 2021



2020-2021: Scheuren openden in de zomer, en sloten in de winter

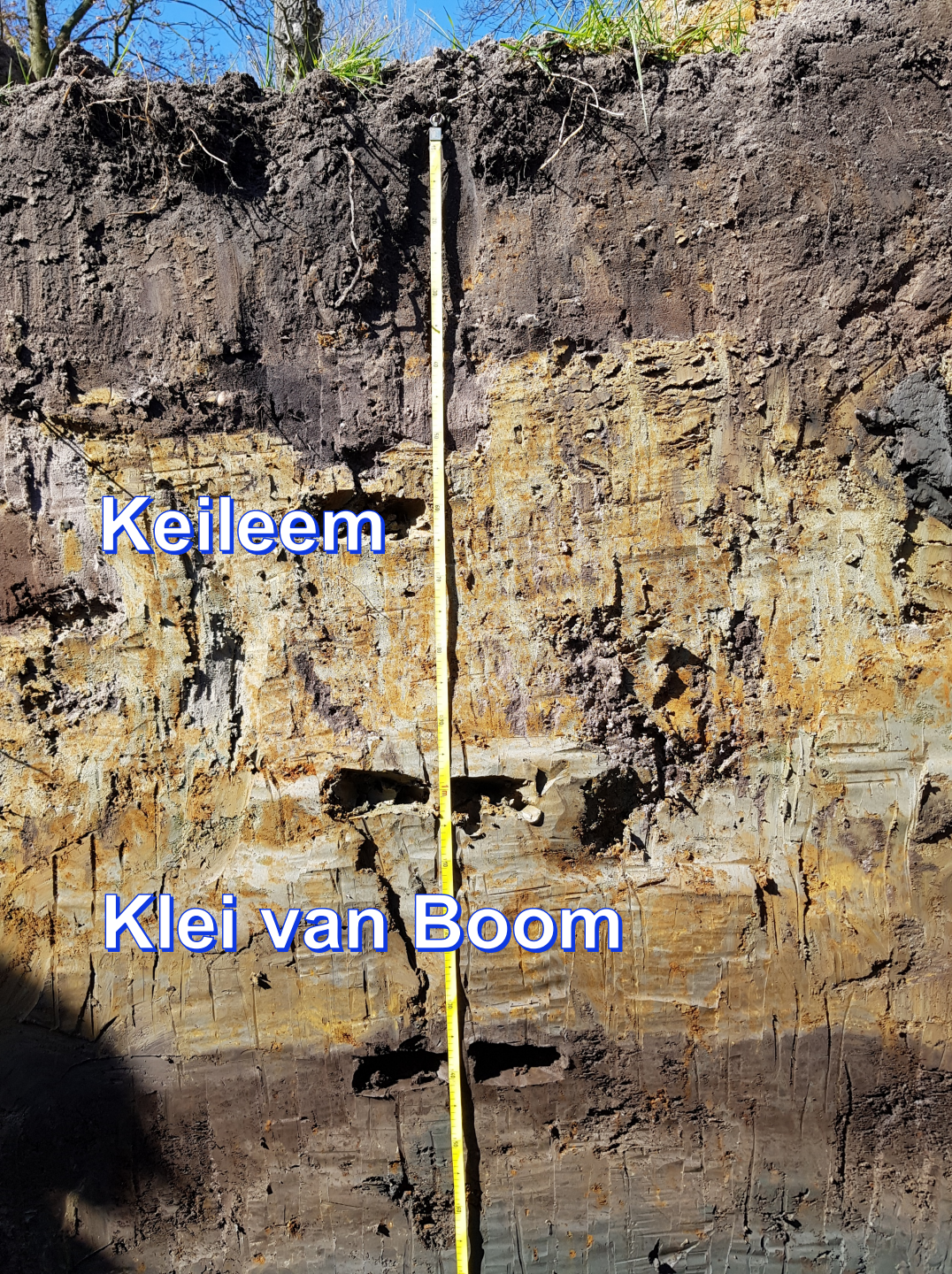




Deltares

VITO enabling delta life

Mercedes-Benz
VBB-08-B
HOGENDIJK



Keileem

Klei van Boom



Onderzoek
ondergrond
en
Monstername





**Oplossing? Inpakken kleilaag
en herstel scheuren in winter**



Onder- en naast geotextiel:

- Grondwatermeetpunten
- Bodemvochtsensoren
- Referentiebaak (5 m diep in Klei van Boom)
- Zakplaten op verschillende dieptes (waterpassen)
- Meet linialen aangebracht op huis

monitoring

Zakplaatjes op verschillende dieptes

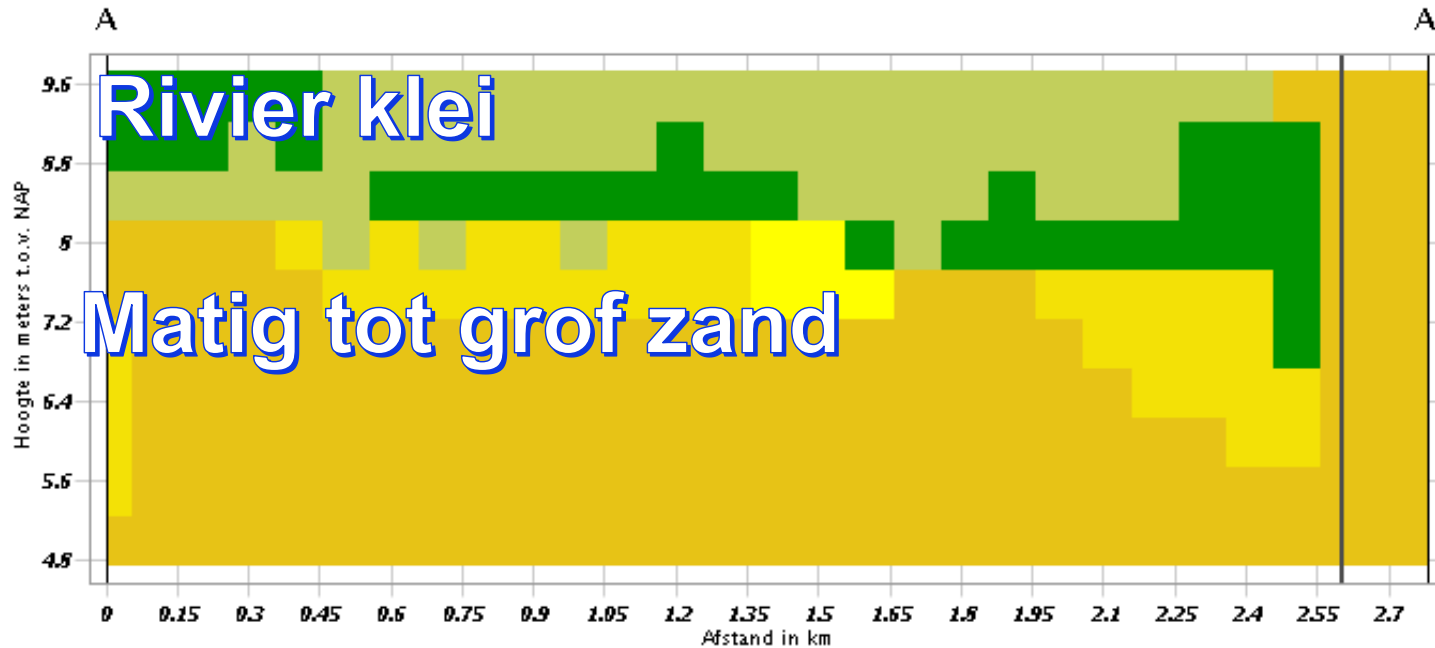
Zevenaar:

Zeventiger Jaren woning “op staal” op rivierklei gefundeerd. Vanaf met name begin 21e eeuw veel schade tijdens droogtejaren.

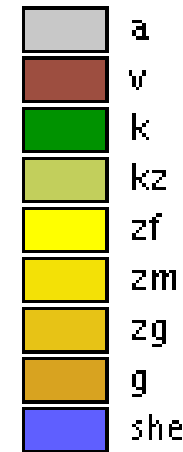


Zevenaar:

Zeventiger Jaren woonwijk “op staal” op rivierklei gefundeerd. Vanaf begin 21e eeuw veel schade tijdens droogtejaren.



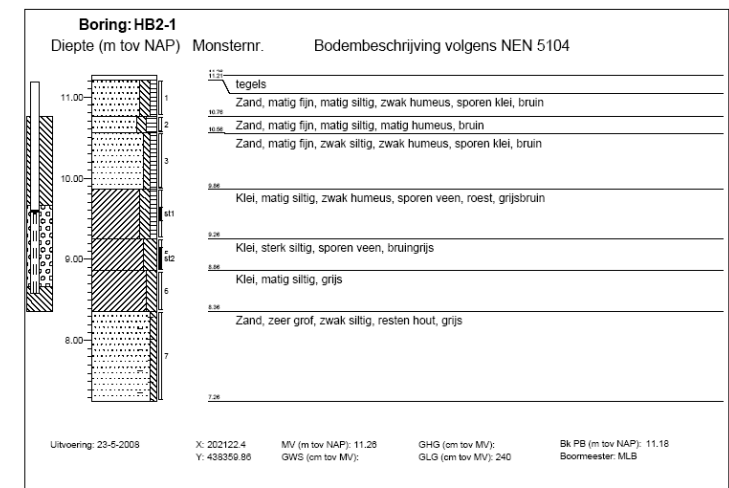
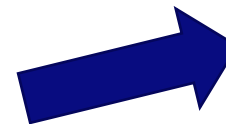
Lithoklasse

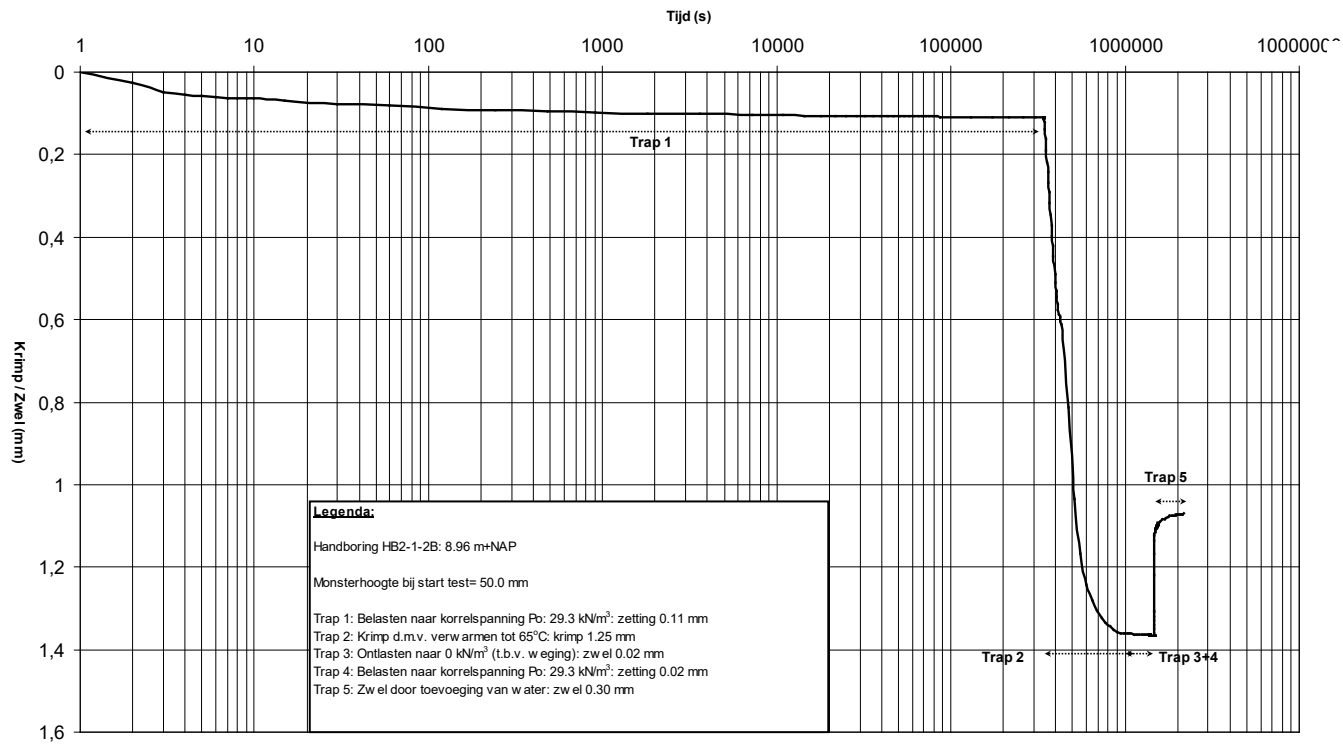


- ❑ Eerste onderzoek 2008 (o.a. Deltares, Fugro, Alterra, TU Delft)
- ❑ Recent onderzoek Wageningen Universiteit & Deltares (Jitze Kopinga, Roelof Stuurman, Joop Spijker, Henk Kooi, Frans Rip, 2020)
 - ❑ Wateropname van bomen,
 - ❑ InSar,
 - ❑ Ondiepe ondergrond
 - ❑ grondwaterregiem

Deltares

Kleilaag ca. 1 meter dik





Tabel 4.8 Krimppotentiaal

boring		niveau [m+NAP]	classificatie	Krimp per 50 mm [mm]	Krimp per m [mm]
HB 1-2	1A	9,7	Klei, sterk siltig	0,54	11
HB 1-2	2A	9,1	Klei, matig siltig, zwak humeus	1,80	36
HB 2-1	2A	9,0	Klei, sterk siltig	1,25	25
HB 2-6	1A	9,4	Klei, matig siltig, zwak humeus	1,58	32
HB 3-1	1A	9,0	Klei, matig siltig	1,91	38
HB 3-6	1A	9,2	Klei, matig siltig	1,49	30

2008

Verzakte woningen te Zevenaar (definitief onderzoek)
 Krimp- / Zwelltest

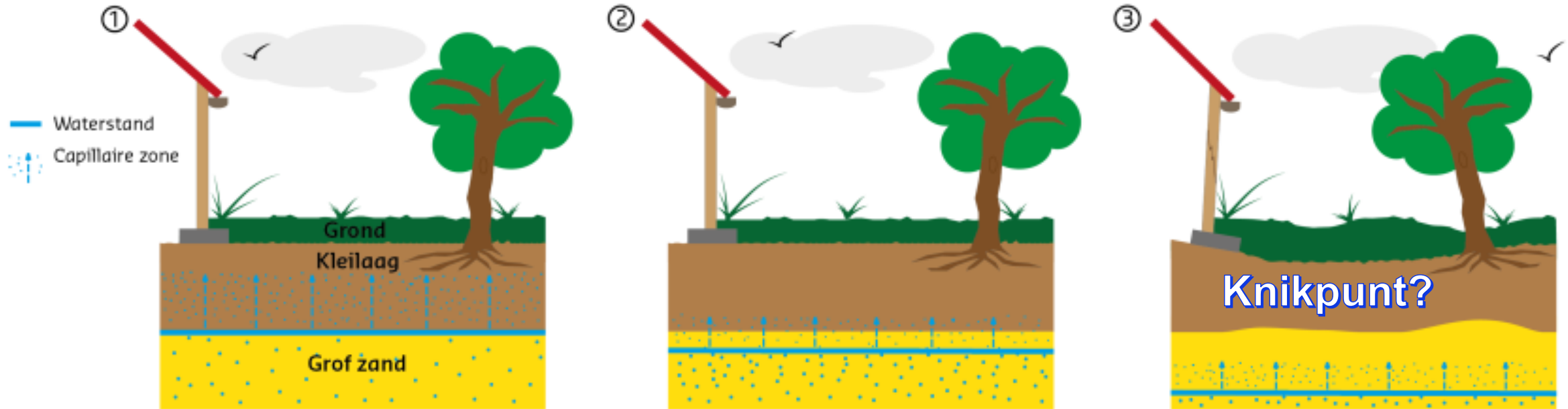
Oprachtnummer: 6006-0521-001

Bijlage:

Resultaten 2008 laboratorium proeven

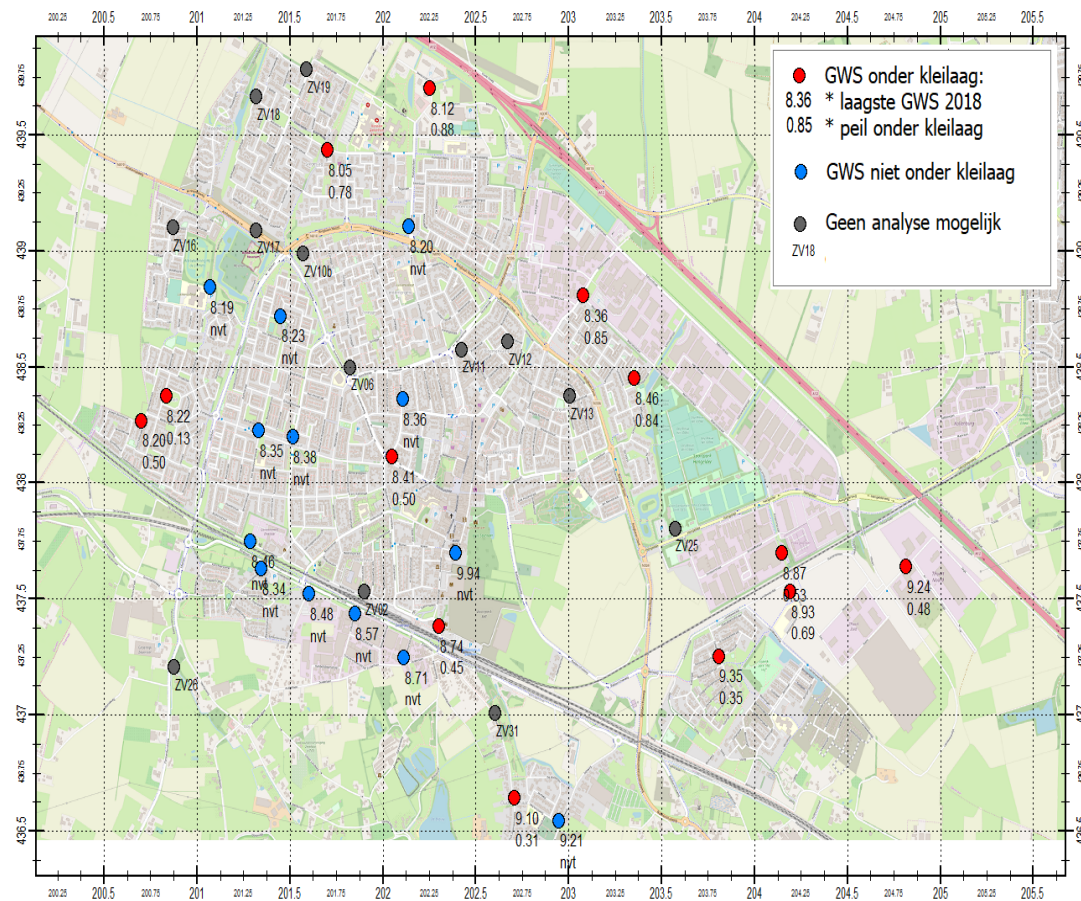
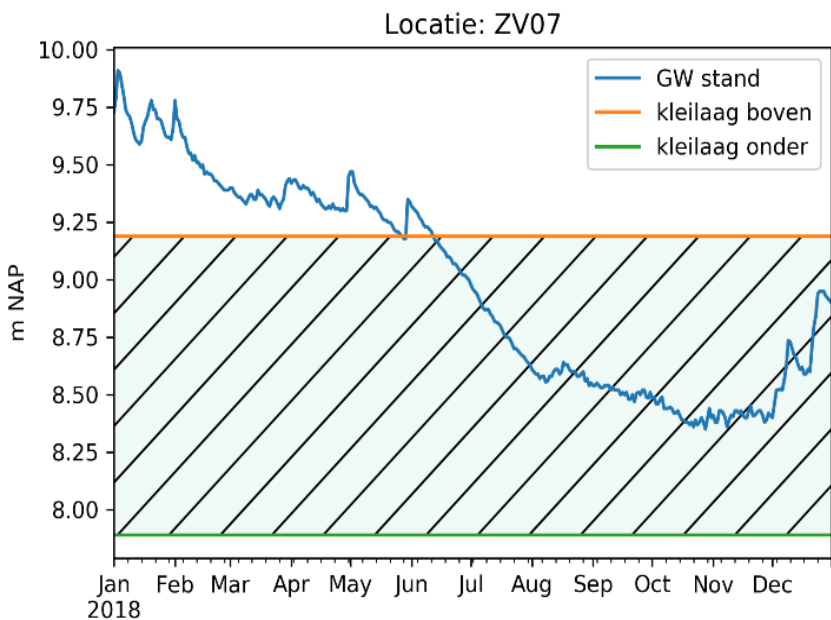
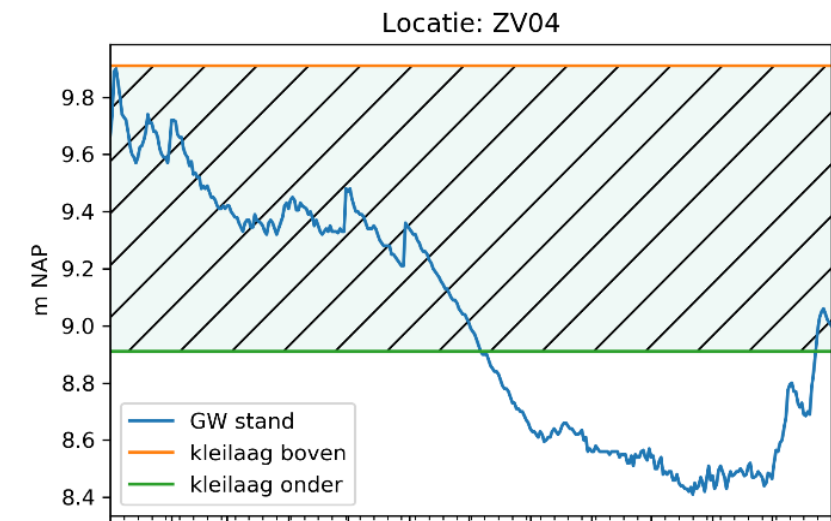
- Extreme uitdroging** → “grotendeels irreversibel”
- Minder volledige uitdroging** → “meer reversibel”
- Directe relatie tussen scheefstand en schade, maar krimp kan slechts een deel van de scheefstand verklaren.
- Schade vooral als **er sprake is van kelderconstructies**. Het optreden van schade lijkt daarom het gevolg van een combinatie van deze factoren te zijn.

Hypothese: Relatie met droogvallende kleipakket?



- Het is niet duidelijk hoe de “extreme” uitzakking van de grondwaterstand tijdens droogte samenhangt met andere invloeden
 - Rol verharding?
 - Rol mogelijke grondwater drainage riolsysteem?
 - Rol waterpeilen omgeving? (o.a. Ruilverkaveling)?
 - Lage rivierpeilen?

Wel of niet onder de kleilaag?



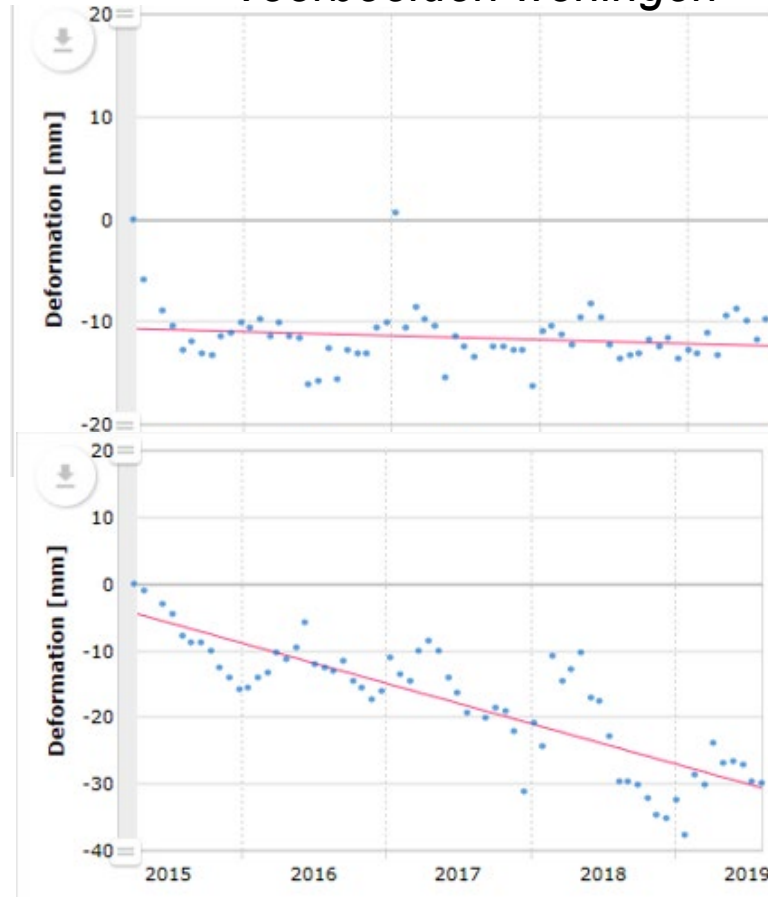
In ca. 50% van de grondwatermeetpunten zakt de grondwaterstand tot in het onderliggende zandpakket.

Resultaten InSar onderzoek

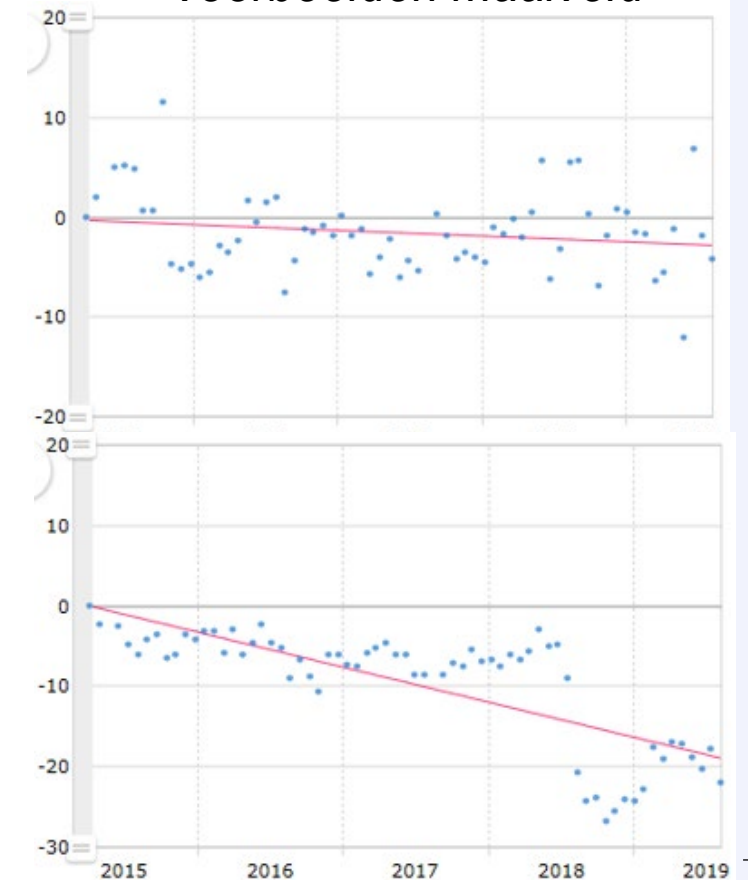
april 2015- augustus 2019 (RSAT)

- Geen tot geringe daling (trend) - 4 a +1 mm/jr
- Seizoenale beweging 1 a 2 cm
- Slechts op enkele locaties duidelijk versterkte beweging droge jaar 2018
- Data gegeven geen duidelijkheid over rol krimp-zwel bij schadewoningen

voorbeelden woningen



voorbeelden maaiveld

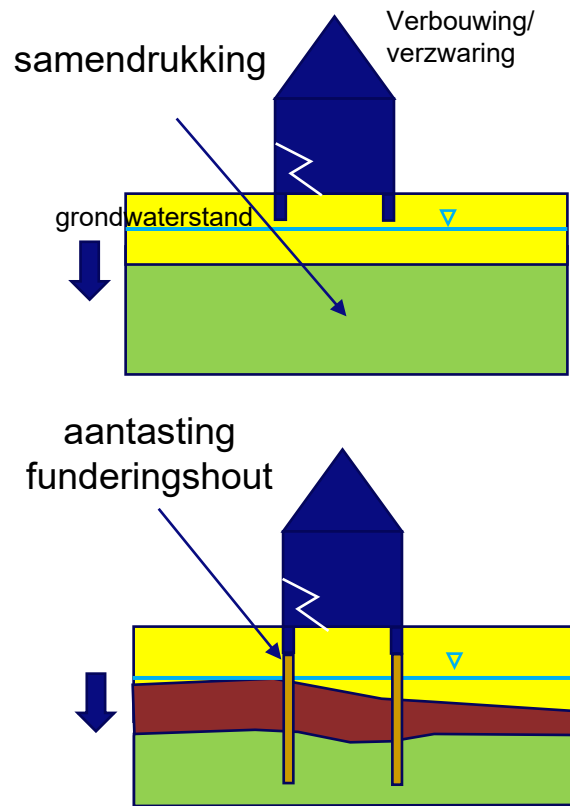


Conclusies 2020 onderzoek

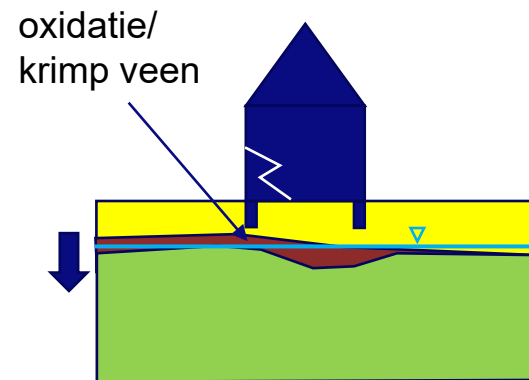
- ❑ Bij ruim 84% van de schademeldingen is er een mogelijk verband tussen aanwezige bomen en schade (op basis literatuur)
- ❑ Er is seizoendynamiek lokaal aanwezig op gebouwen en maaiveld (Orde tot 2 cm).
- ❑ Grondwaterstand zakt op 50% van de meetpunten onder de klei weg. Er zijn echter te weinig meetpunten om een relatie met de schade te onderbouwen.
- ❑ Kelderconstructies lijken een rol te spelen
- ❑ Nog steeds niet duidelijk hoe krimp-zwel werkt in Zevenaar.
- ❑ **Nader onderzoek is voorgesteld en gewenst**

Toevoeging aan oorzaken gebouwschade

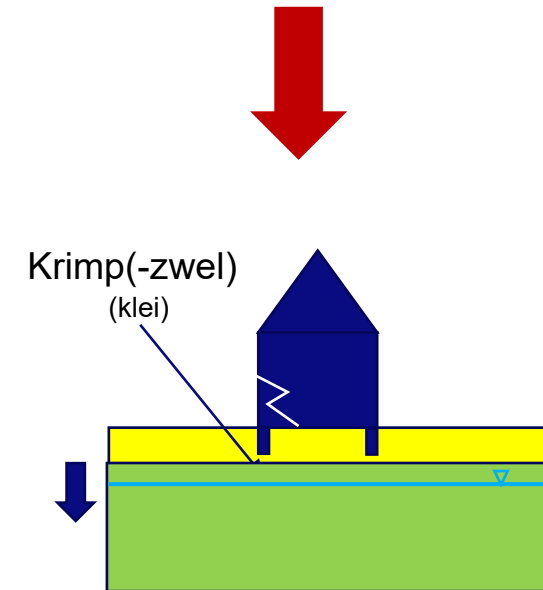
Klassiek
(normering)



Weinig aandacht
(ad hoc)



Blinde vlek, nieuw



Benodigde kennis NL

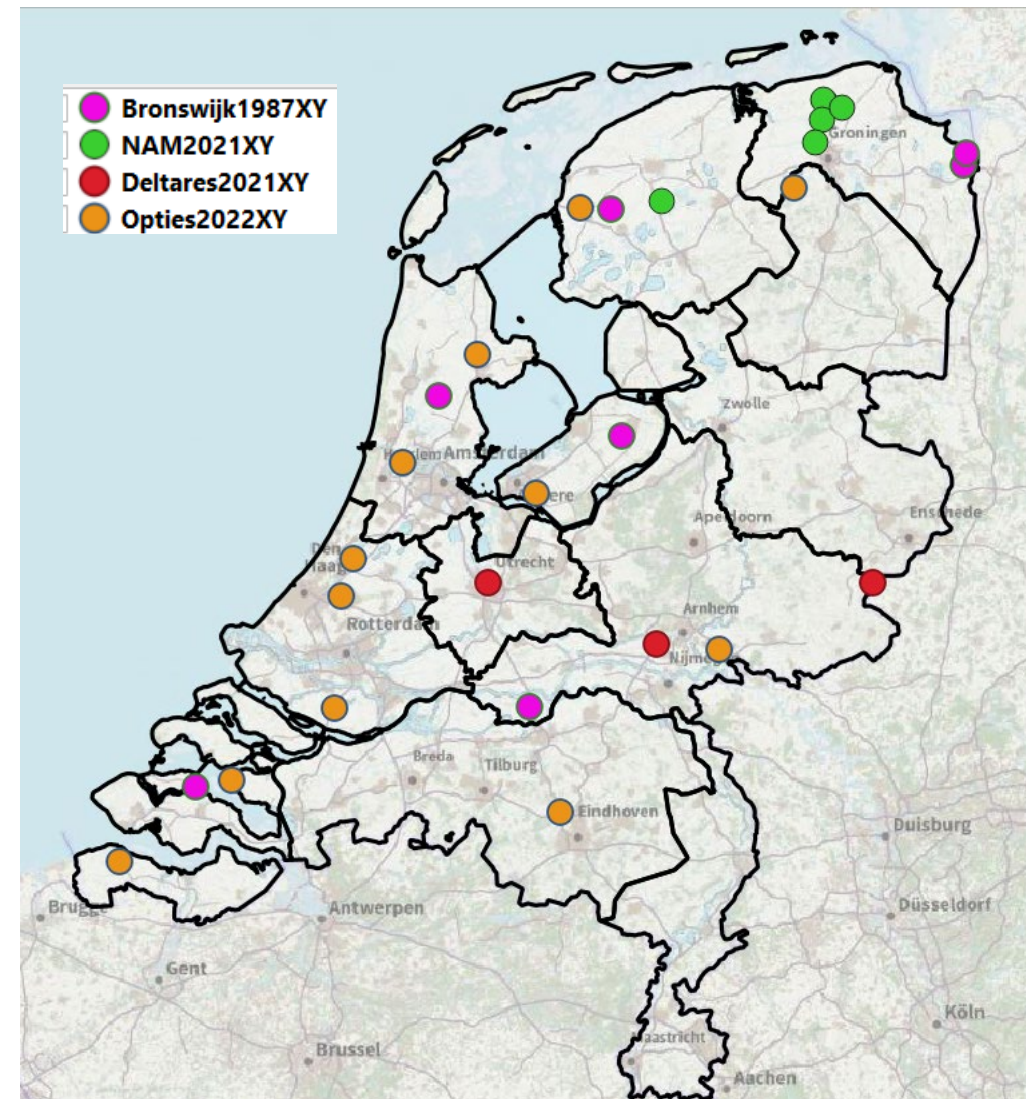
- Omvang schadebijdragen krimp-zwel
- Schaderisicofactoren
 - krimp-zwel gevoeligheid kleien
 - omgevingsfactoren (bodempopbouw, grondwater, vochthuishouding onder pand, bomen)
 - incasseringsvermogen gebouwen
- Effectieve maatregelen (mitigatie en preventie)
- Kwantificering/modellering verschilzetting
- Richtlijnen/normering voor schadebeoordeling, herstel en bouw

Deltares

- Case studies als Rekken (ook maatregelen)
- Karakterisatie; geotechnisch testprotocol
- Risicokaarten
- Modelling



Lopende en beoogde studielocaties



**URGENT:
PRAKTISCHE ADVIEZEN/ACTIES OM VERDERE
SCHADE TE VOORKOMEN**



Deltares

