

# Opslag van warmte in de bodem is

“Het hangt er van af...”



# Bodem Breed “De Bodem als Thermosfles” 16 Mei 2019

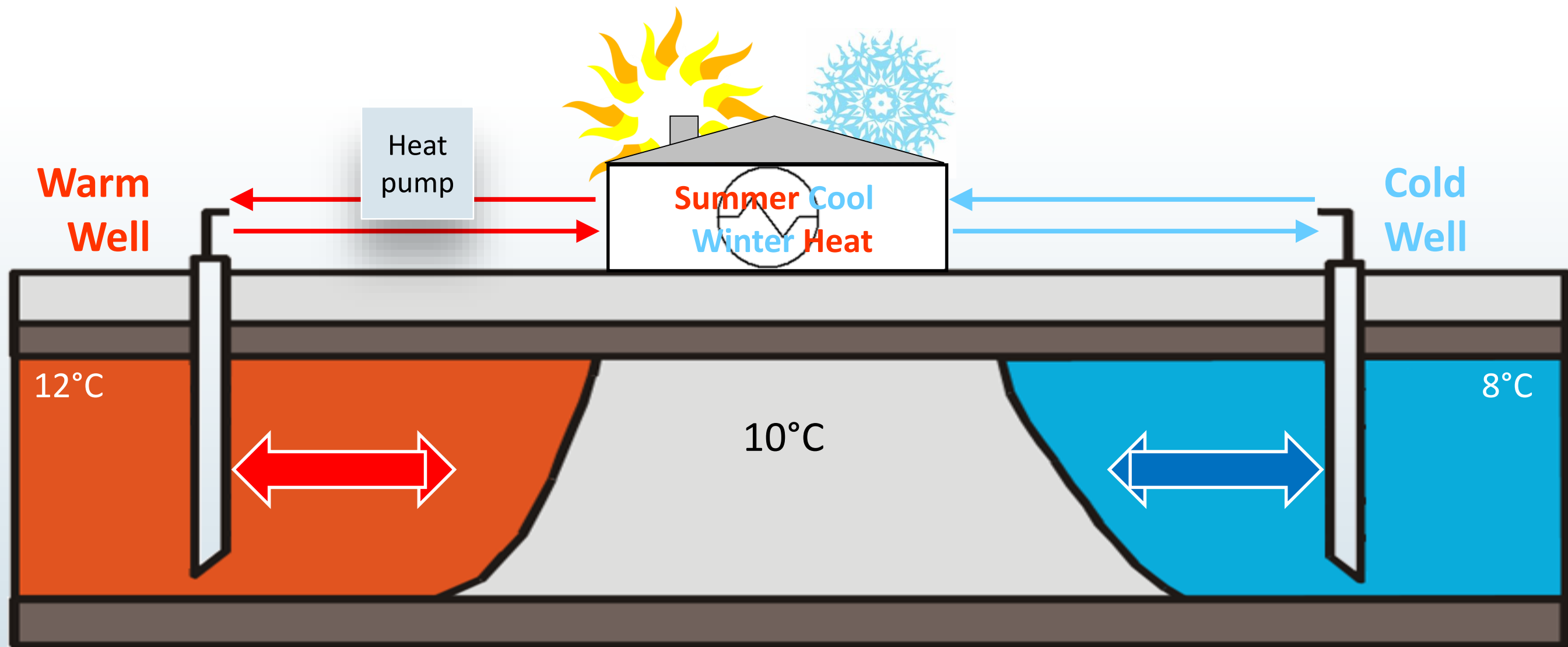


## Grootschalige Hoog-Temperatuur Opslag



Dr. Niels Hartog  
KWR, UU

# Conventioneel WKO-systeem (<math><25^{\circ}\text{C}</math>)

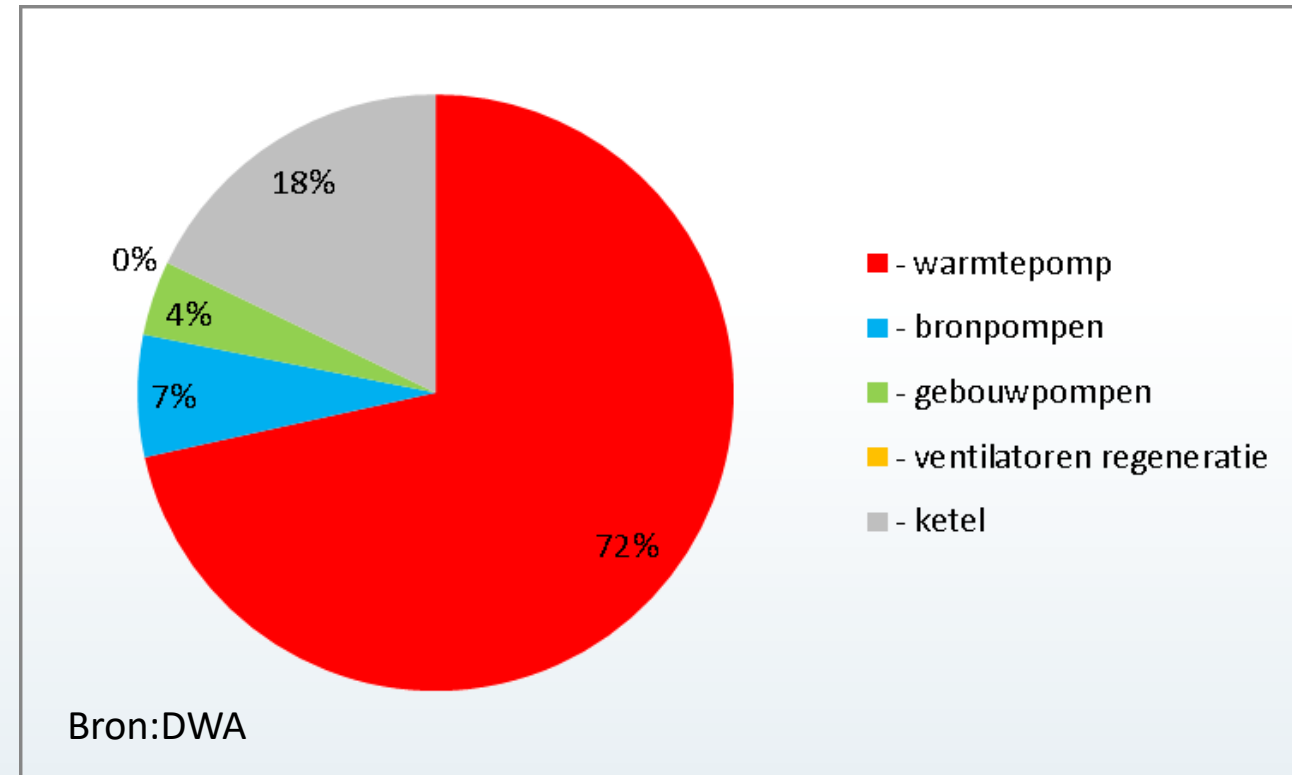
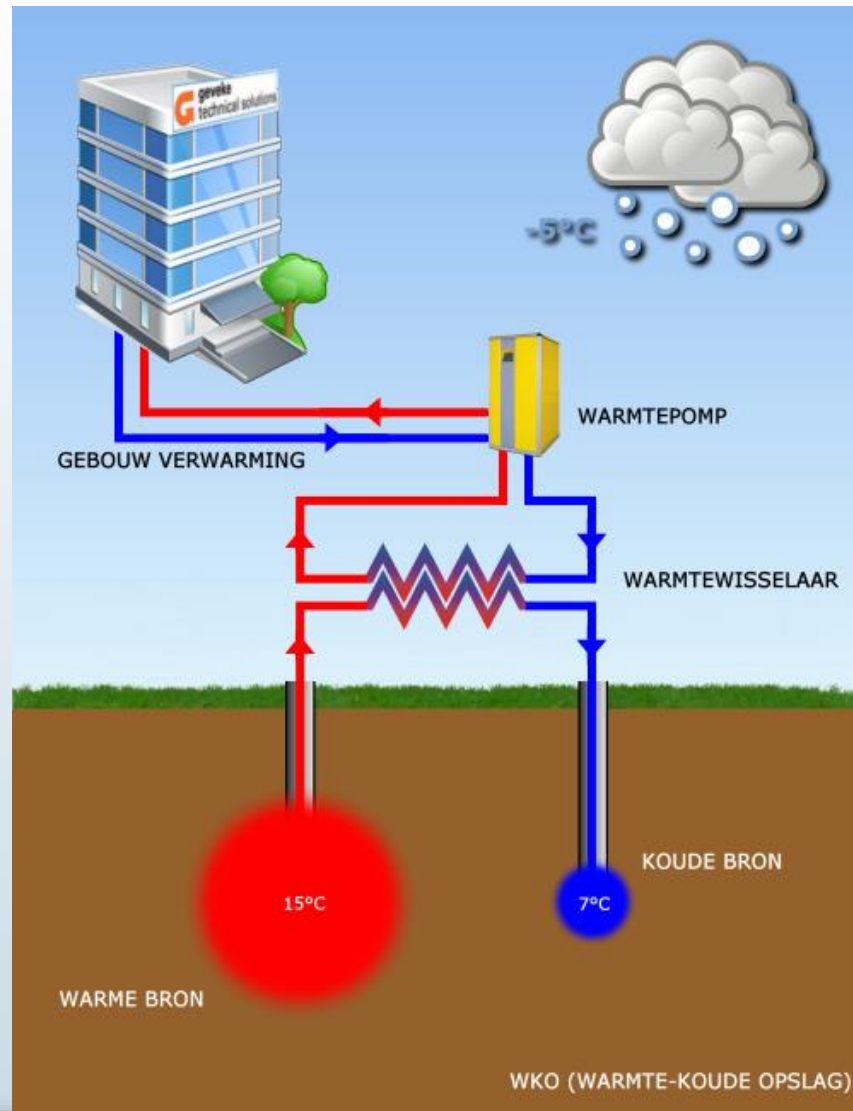


# In de praktijk vreet populaire warmtepomp juist energie

Cokky van Limpt - 20/06/11, 12:57

Het zal je maar gebeuren: je koopt een huis in een 'groen' nieuwbouwproject, denkt zo het milieu en je portemonnee te sparen, en

Nuttige links



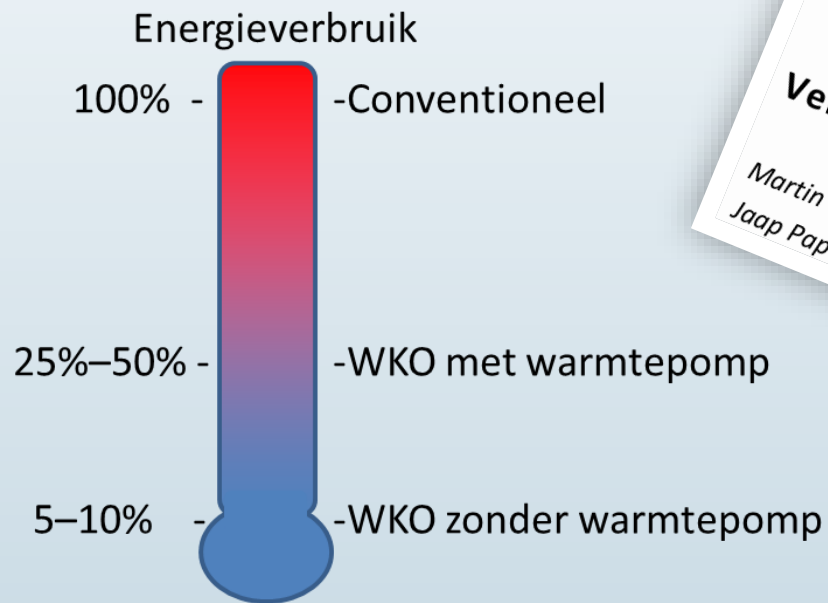
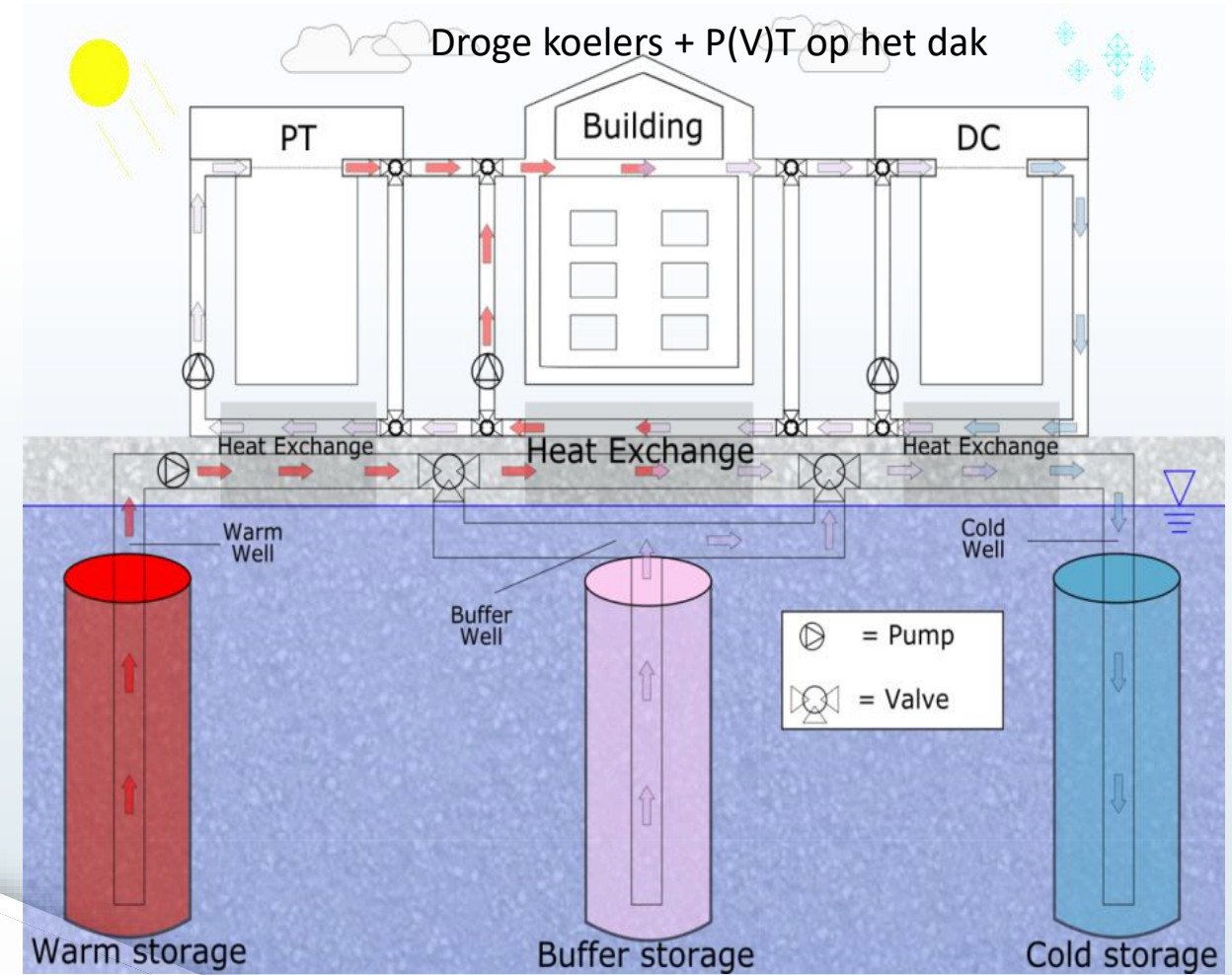
Direct koelen, maar voor verwarming warmtepomp nodig  
Direct verwarmen bij  $T > 30^{\circ}\text{C}$  → Geen warmtepomp nodig

# WKO-Triplet

## Koelen en **verwarmen** zonder warmtepomp

WKO doublet → WKO Triplet

- Maximaal zelfvoorzienend warmte en koudevraag
- Warmte en koude oogsten op dak
- Evt. aanvullend lokale duurzame bronnen
- Aantal verdiepingen afhankelijk energievraag/m<sup>2</sup>

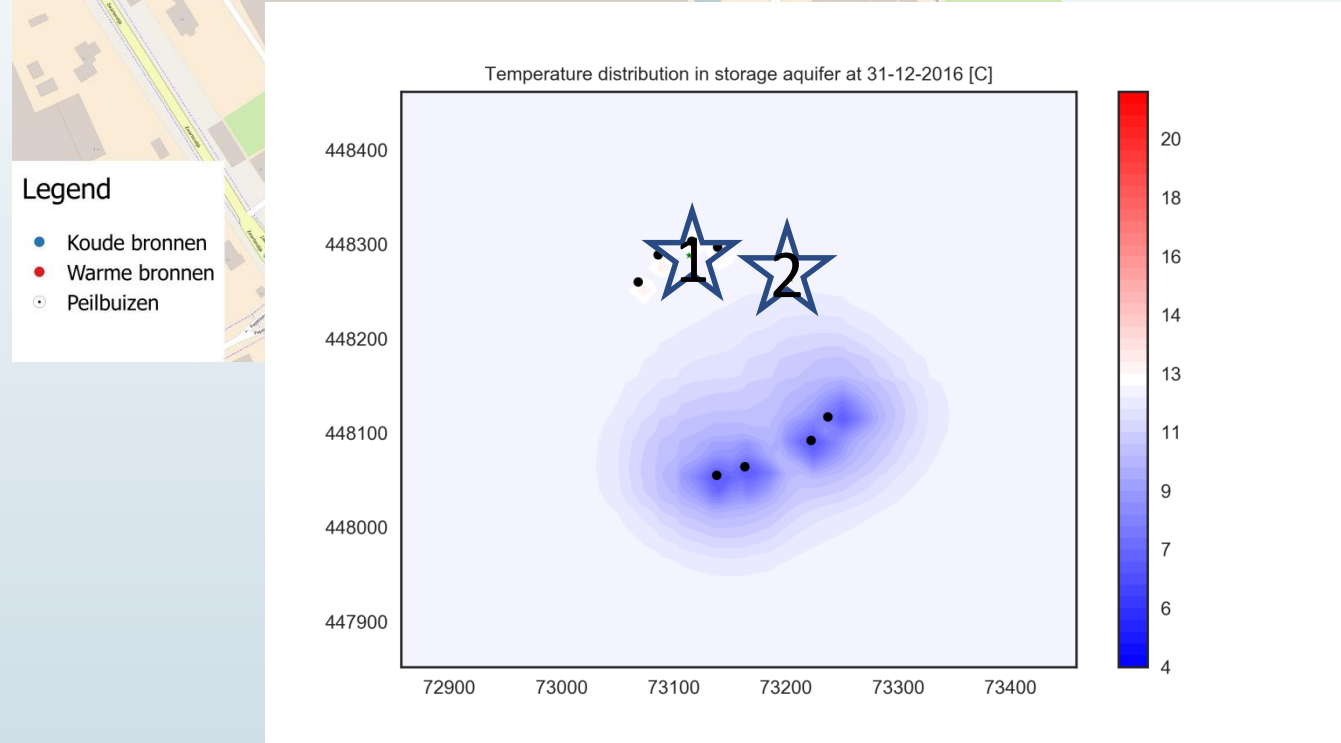
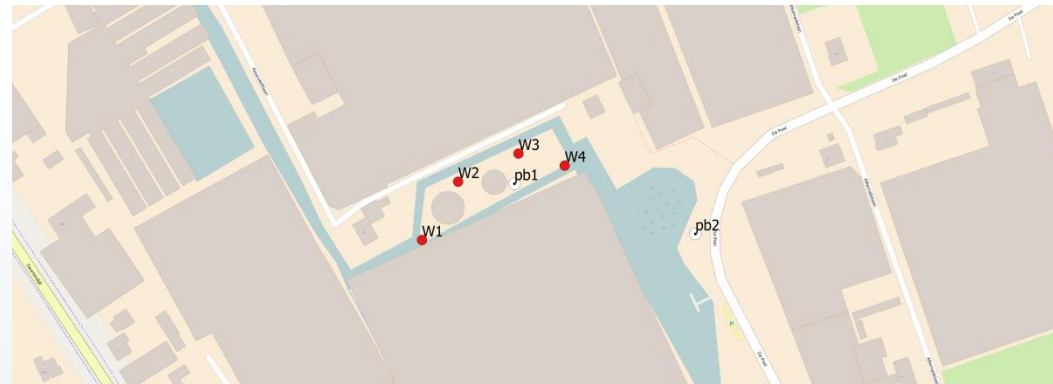


**Verwarming en koeling zonder warmtepomp met WKO-triplet**  
Martin Bloemendaal, Ad van Wijk (KWR Watercycle Research Institute, TU Delft), Niels Hartog, Jan Jaap Pape (KWR Watercycle Research Institute, Universiteit Utrecht)

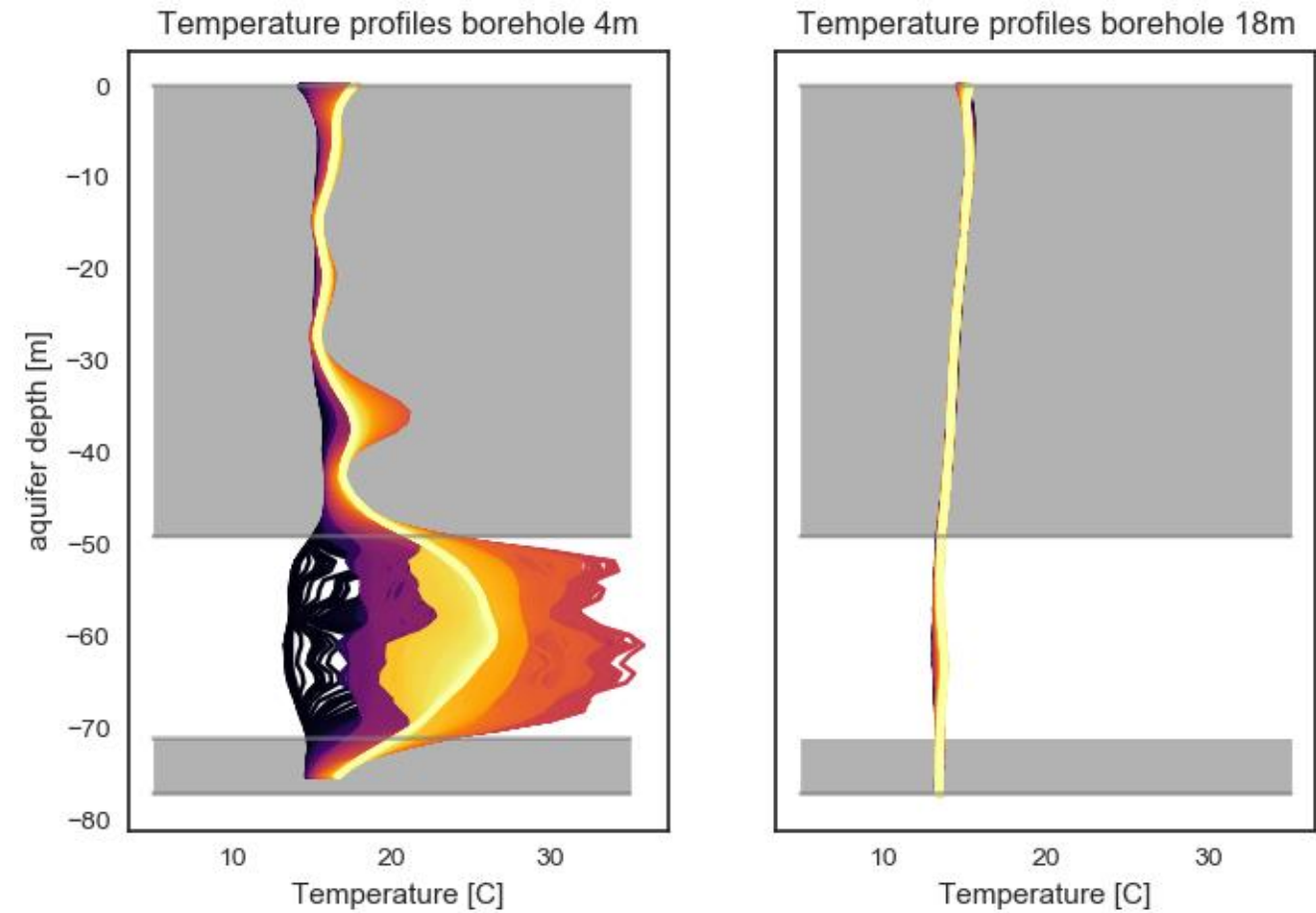
**H<sub>2</sub>O**

# Conversie WKO → HTO (TKI Koppert-Cress, Westland)

Grote netto warmte vraag, WKO in onbalans → 40°C



period: may-october2018



4m – afstand warme bron – 18m  
Tussen mei en oktober 2018

# Waarom ondergronds opslaan bij hogere T, >25°C?

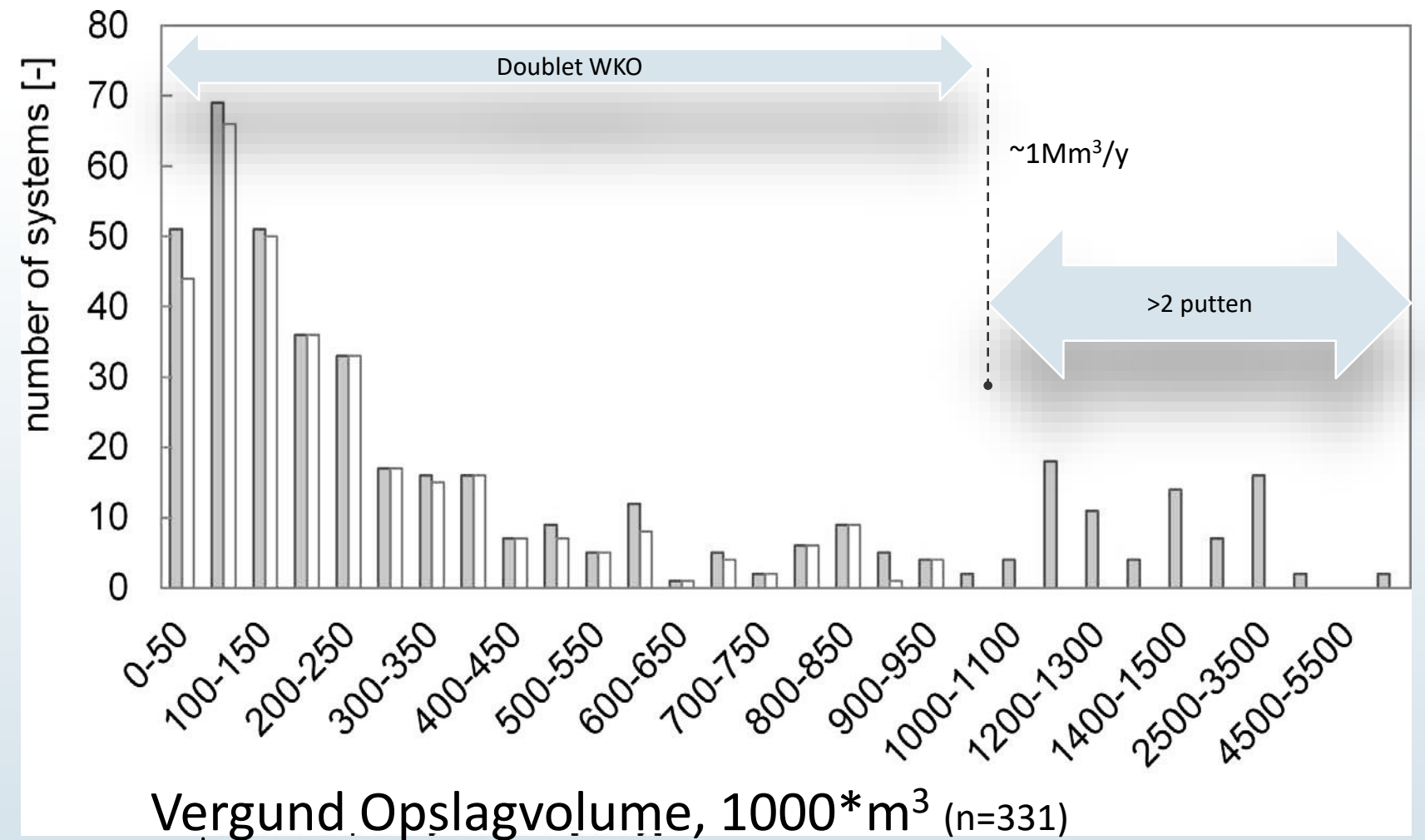
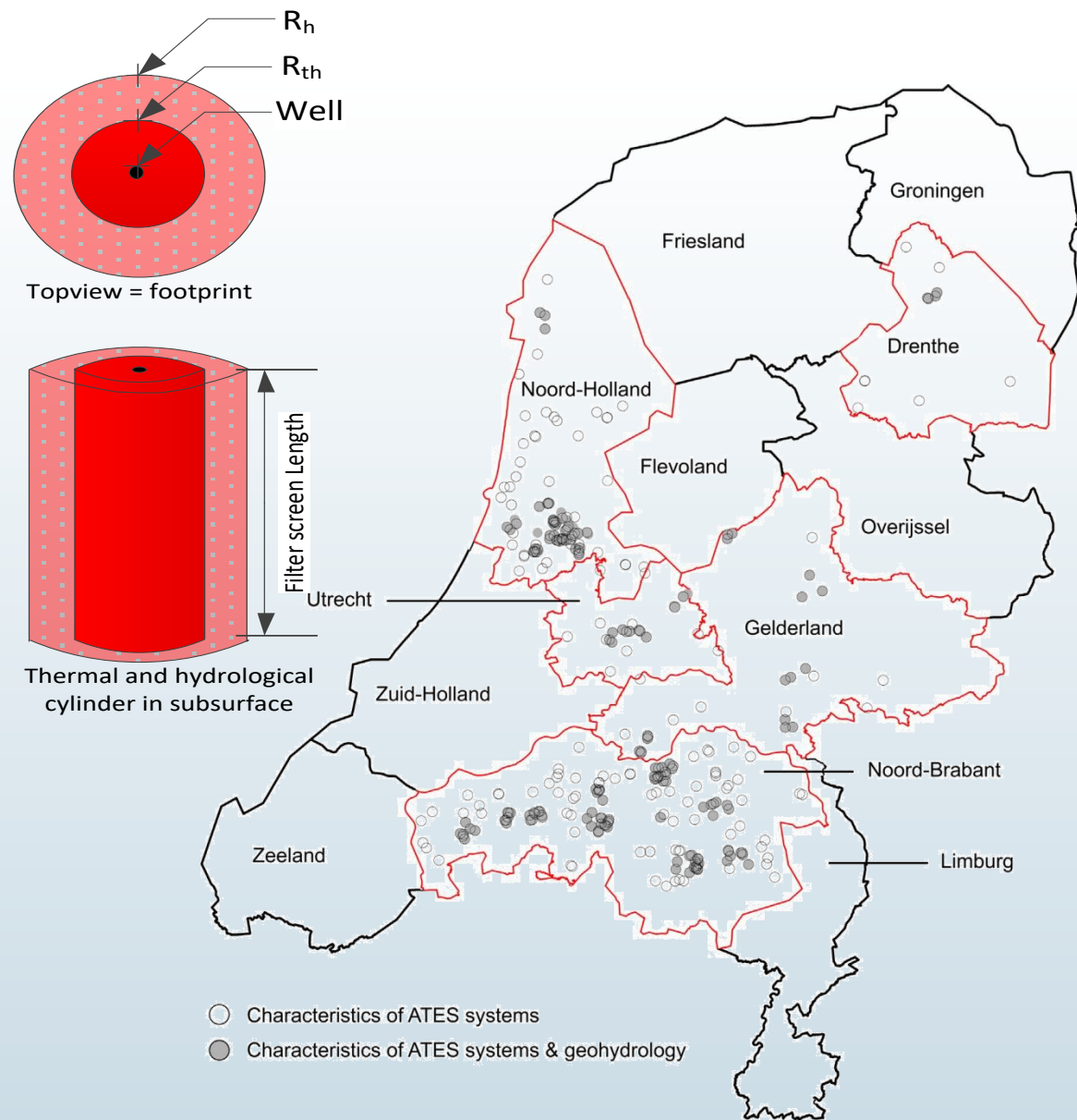
## Ondergrondse Warmteopslag, versneller van de energietransitie

1. Duurzamer, geen warmtepomp aan vraagkant nodig
2. Sluit aan bij temperatuurniveau warmtenetten
3. Maakt het mogelijk duurzame (variabele) warmtebronnen optimaal te benutten
4. Minder ondergronds ruimtebeslag voor zelfde energieopslag



# WKO condities uit de Nederlandse praktijk

## Data van vergunde systemen



Bloemendal, J.M. and N. Hartog, **Analysis of the impact of storage conditions on the thermal recovery efficiency of low-temperature ATEs systems.** Geothermics, 2018. 71: p. 306-319.



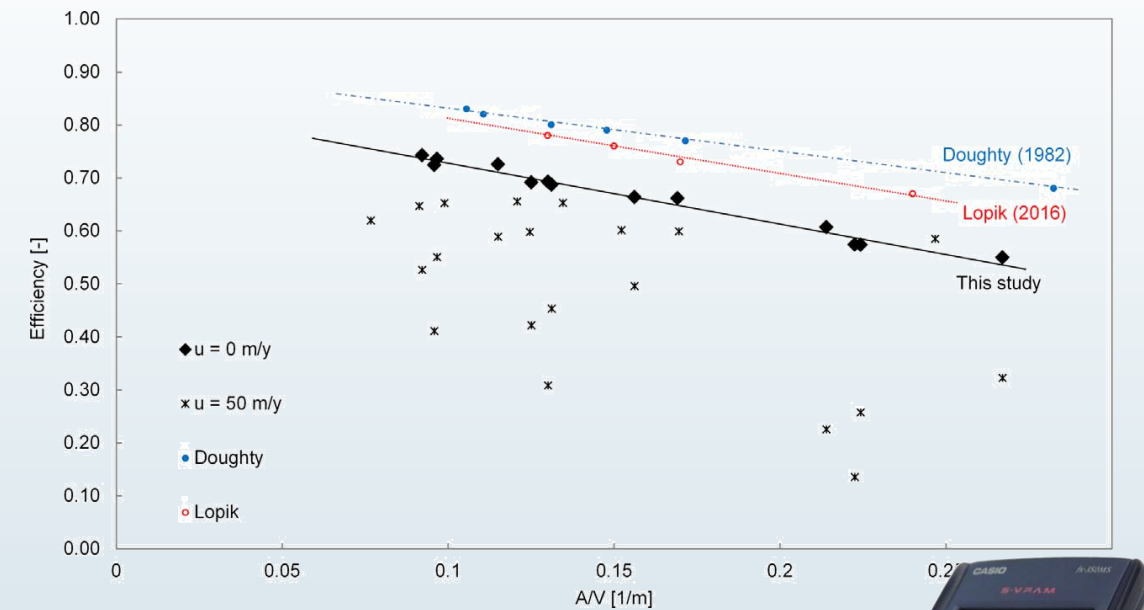
# Thermische terugwinefficiëntie

## Processen die lijden tot thermische verliezen

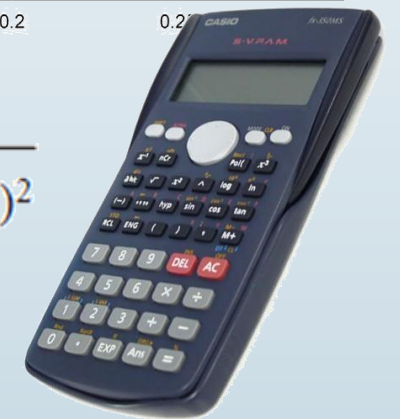
- $T < 25^\circ\text{C} \rightarrow$  conventionele WKO
- Conductie verliezen
  - Temperatuurverschil tussen opslag en omgeving
- Verliezen door afdrijving tijdens opslag
  - Door achtergrond grondwaterstroming
- $T > 30^\circ\text{C} \rightarrow$  HTO
  - Verliezen door dichtheidstroming (opdrijving)

Terugwinefficiëntie:

$$\eta_{th} = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{\int \Delta T Q_{out} dt}{\int \Delta T Q_{in} dt} = \frac{\Delta \bar{T}_{out} V_{out}}{\Delta \bar{T}_{in} V_{in}}$$



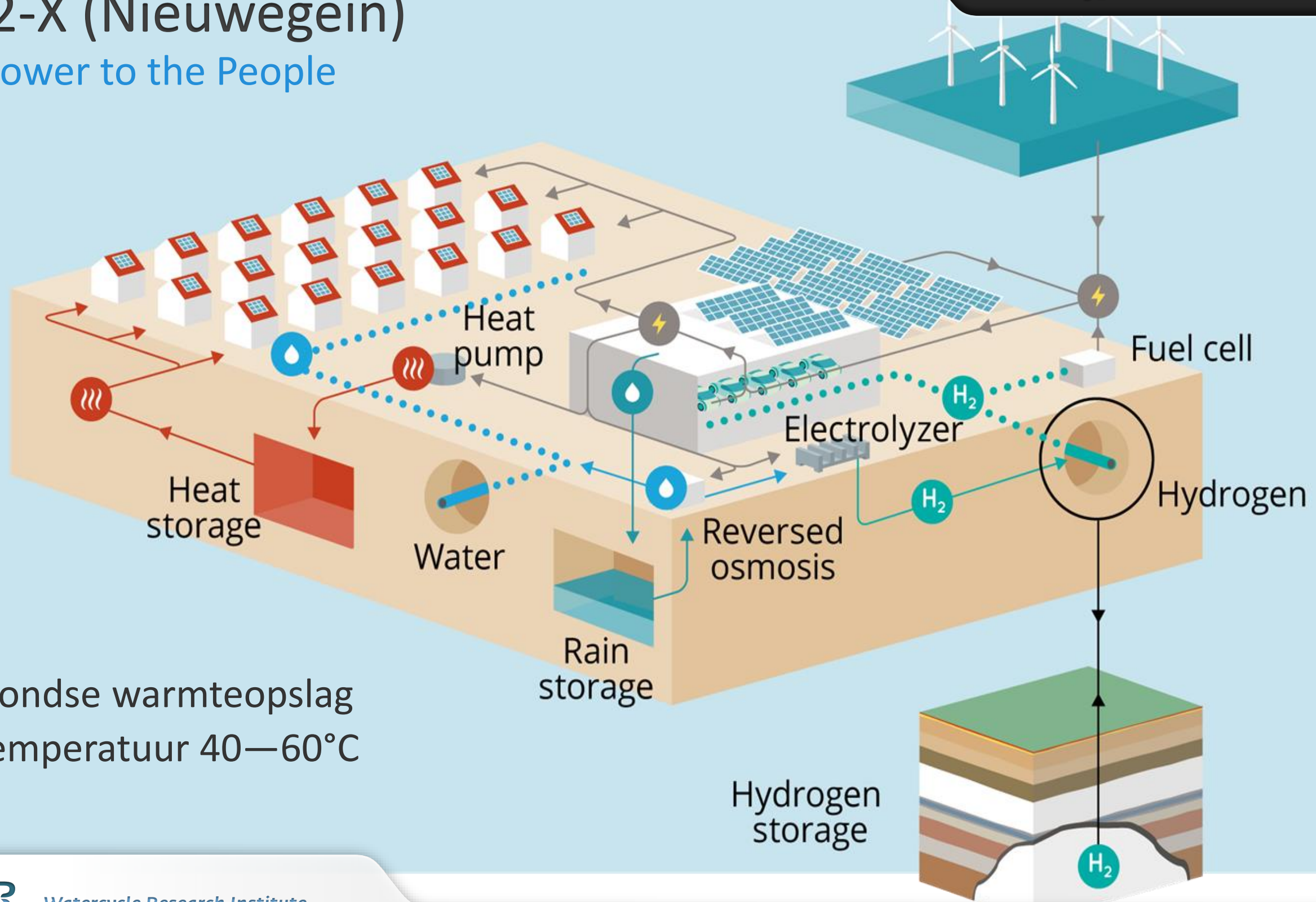
$$\eta_{th} = \frac{2}{\pi} \arccos\left(\frac{t_{sp} u_*}{2R_{th}}\right) - \frac{t_{sp} u_*}{\pi R_{th}^2} \sqrt{R_{th}^2 - \frac{1}{4}(t_{sp} u_*)^2}$$



JM Bloemendal and N Hartog, *Analysis of the impact of storage conditions on the thermal recovery efficiency of low-temperature ATEs systems*. *Geothermics*, 2018. 71: p. 306-319

# Power-2-X (Nieuwegein)

TKI Solar Power to the People



Ondergrondse warmteopslag  
Opslagtemperatuur 40—60°C

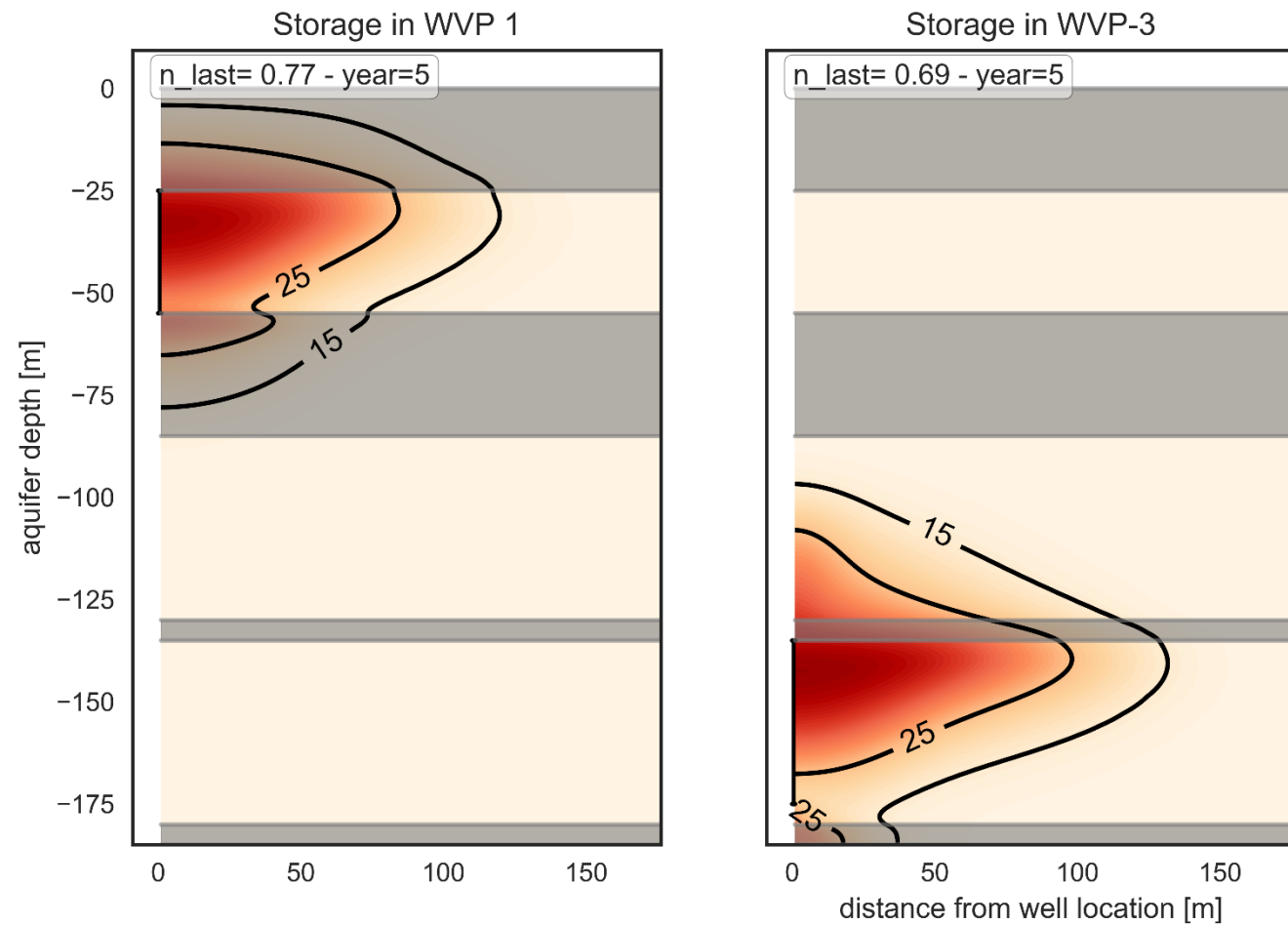
# Bodemopbouw Nieuwegein

Welke laag voor de HTO?

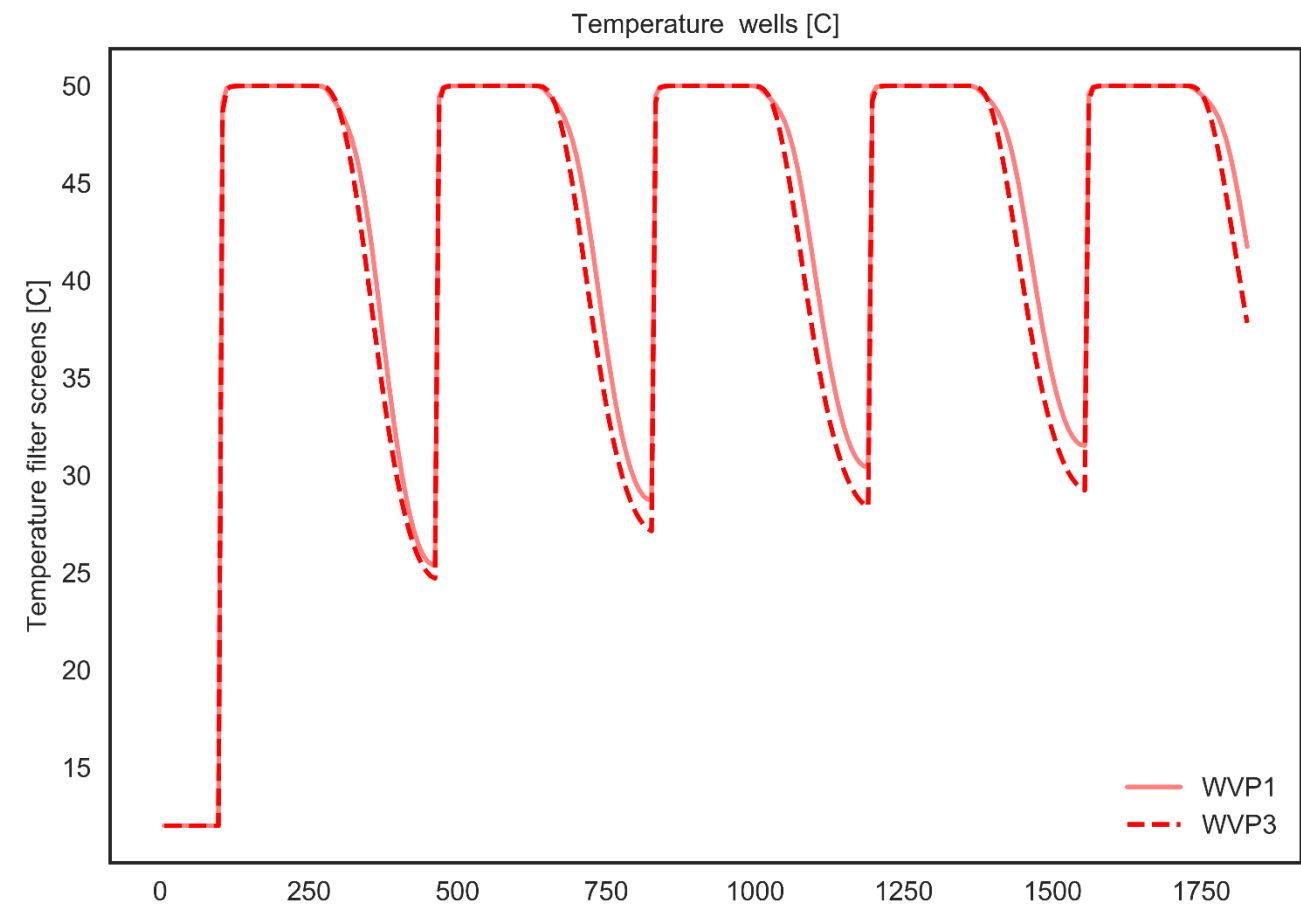
Bovenkant <i>m tov mv</i>	Onderkant <i>m tov mv</i>	Dikte <i>m</i>	Eenheid
0	-10	10	Deklaag
<b>WKO KWR</b>			
-10	-65	55	WVP 1
-65	-85	20	SDL 1
<b>Noodputten voor grondwater → Waternet</b>			
-85	-130	45	WVP 2
-130	-135	5	SDL 2
-135	-210	75	
-210	-270	60	WVP 3
-270	-		Basis

# Simulaties van warmteopslag

60°C, WVP1 en WVP3 na 5 jaar



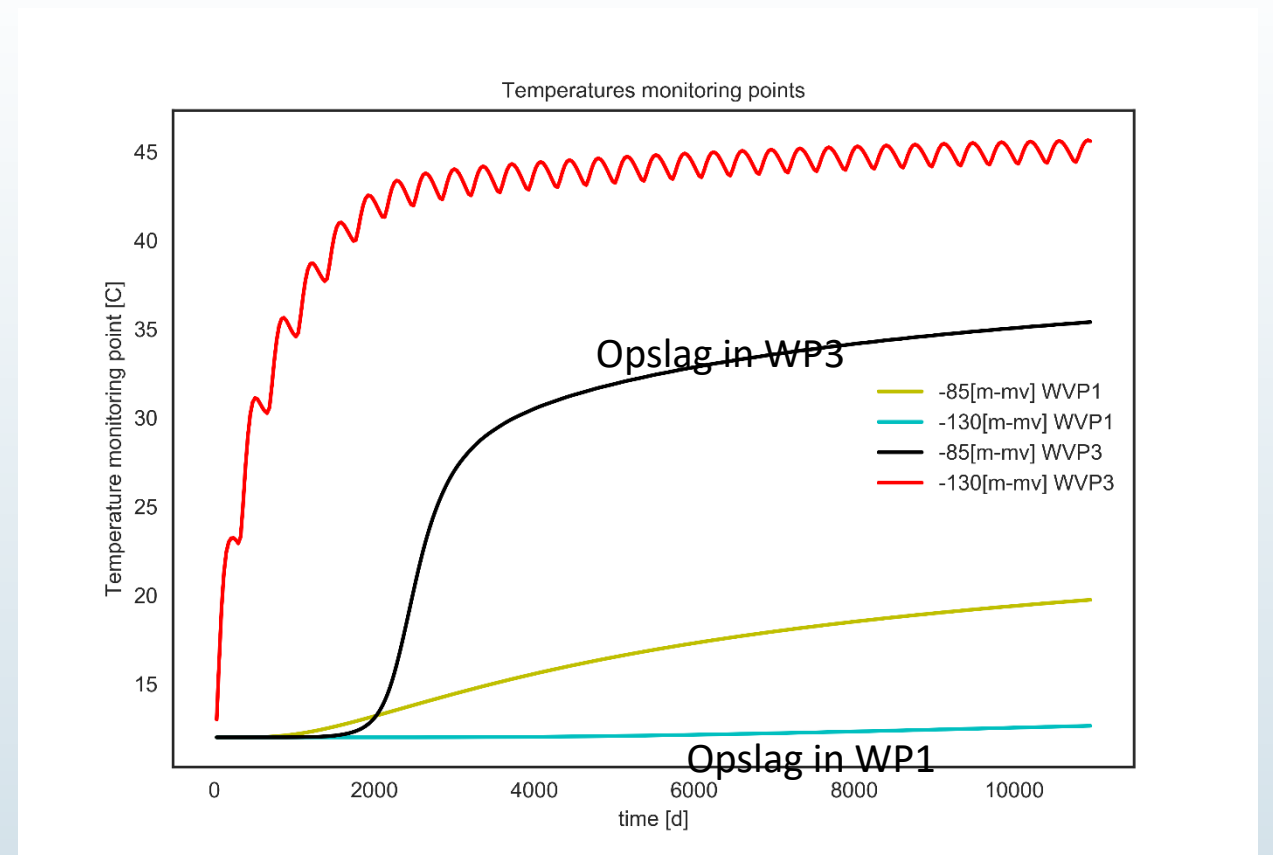
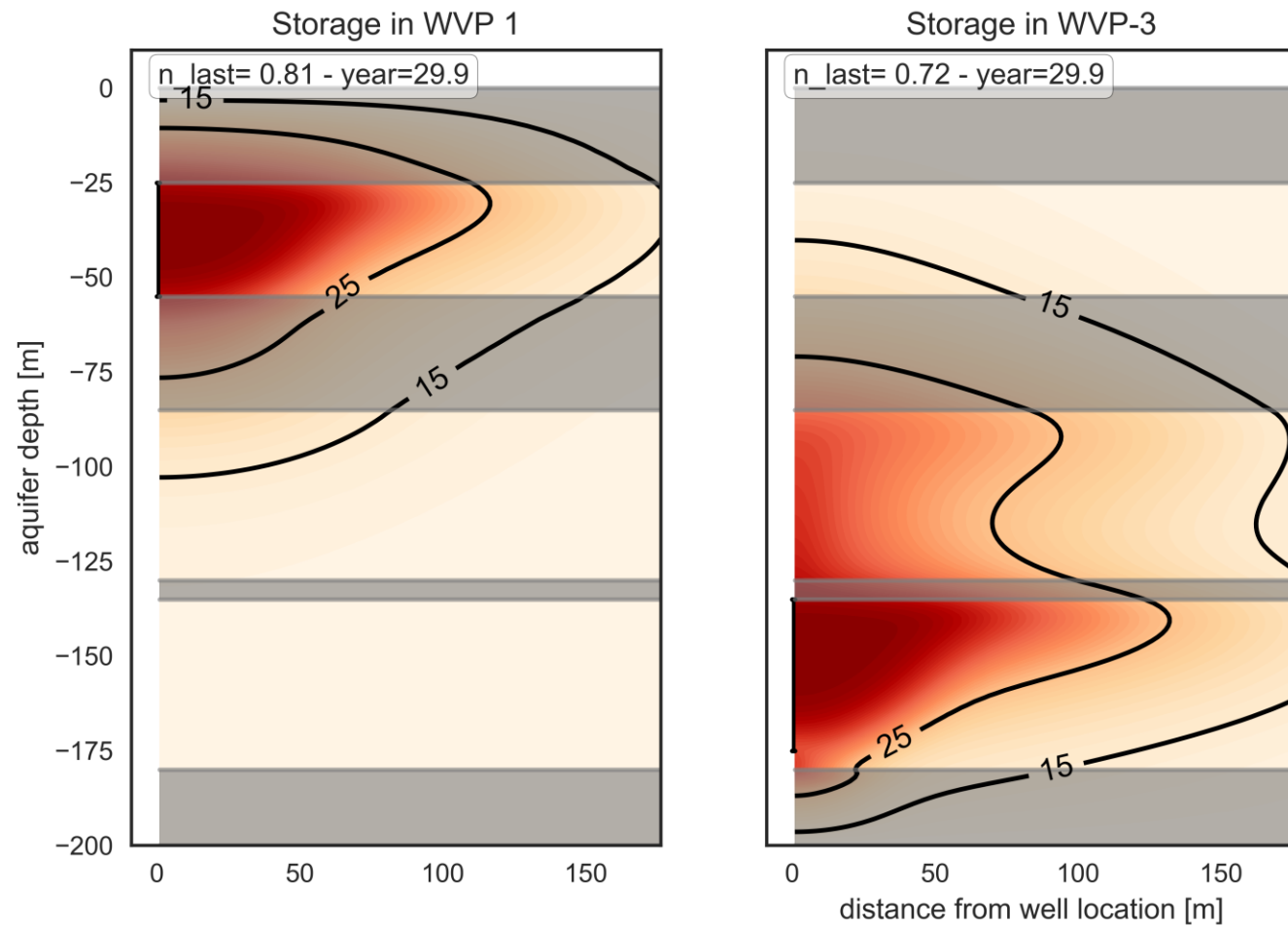
Hogere terugwinefficiëntie bij opslag in WP1



# Impact warmteverlies opslag WVP1

## Verwachte temperatuurontwikkeling in 30 jaar

Temperatuur in WVP2 blijft  $<25^{\circ}\text{C}$  bij opslag in WVP1



## Labexperimenten 5 — 60°C



# Waarom ondergronds opslaan bij hogere T, >25°C?

## Ondergrondse Warmteopslag, versneller van de energietransitie

1. Duurzamer, geen warmtepomp aan vraagkant nodig
2. Sluit aan bij temperatuurniveau warmtenetten
3. Maakt het mogelijk duurzame (variabele) warmtebronnen optimaal te benutten
4. Minder ondergronds ruimtebeslag voor zelfde energieopslag

## Kennis ondergrondse warmteopslag nodig

1. Optimaliseren, terugwinefficiëntie ( $\leftarrow\rightarrow$  verkleinen verliezen)
2. Goed inzicht ontwikkelen in bepalende factoren thermische impact
3. Inschatten te verwachten grondwaterkwaliteitsveranderingen
4. Nodig voor verantwoord generieker vergunningsbeleid voor opslag