

Hoge Temperatuur Opslag: potentieel en Kosteninschatting

- Peter Oerlemans (IF Technology)
- Rob Kleinlugtenbelt (IF Technology)



Warmteatelier

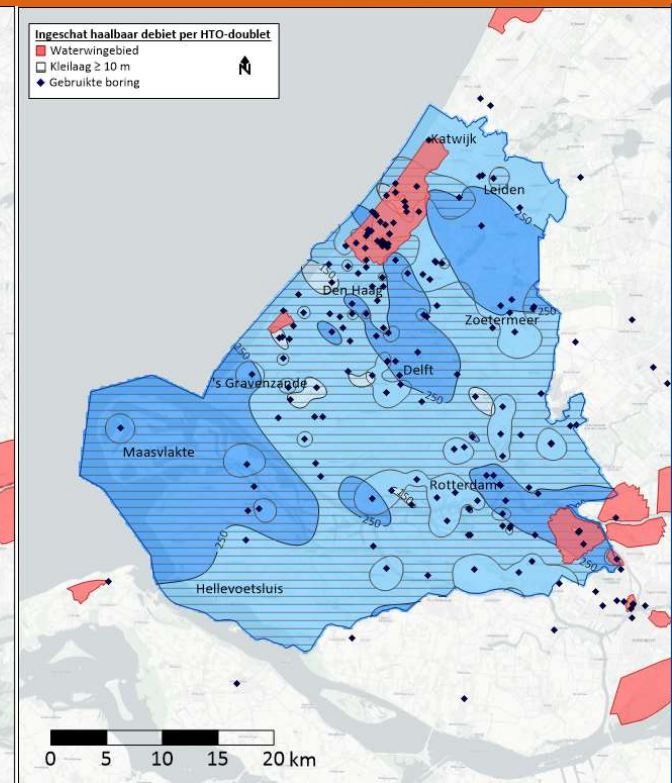
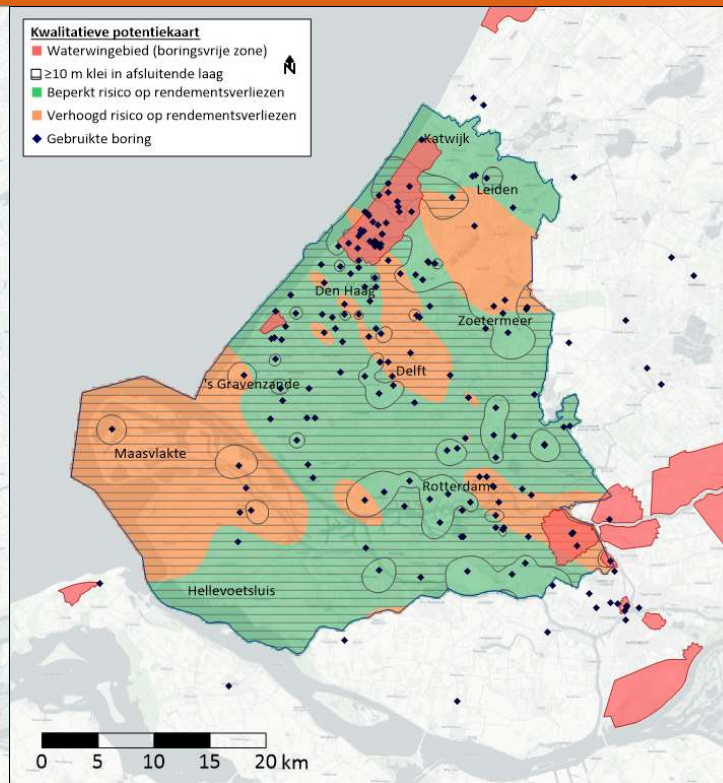
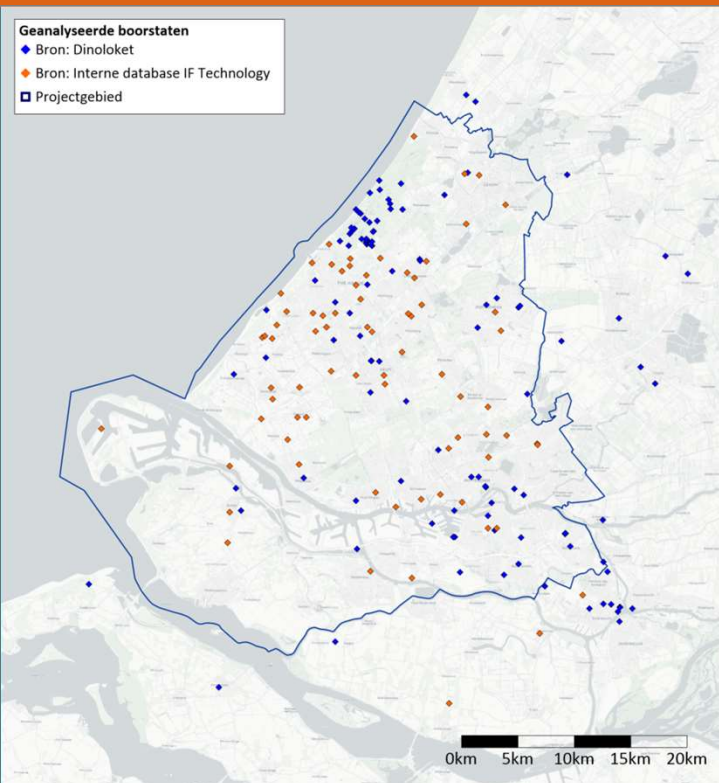
RES Rotterdam Den Haag/Leidse Regio



Hoge Temperatuur Opslag

De rol van HTO in de energietransitie en potentiëstudie RES Rotterdam - Den Haag - Leiden

Peter Oerlemans en Rob Kleinlugtenbelt, IF Technology



Agenda

Snelcursus HTO

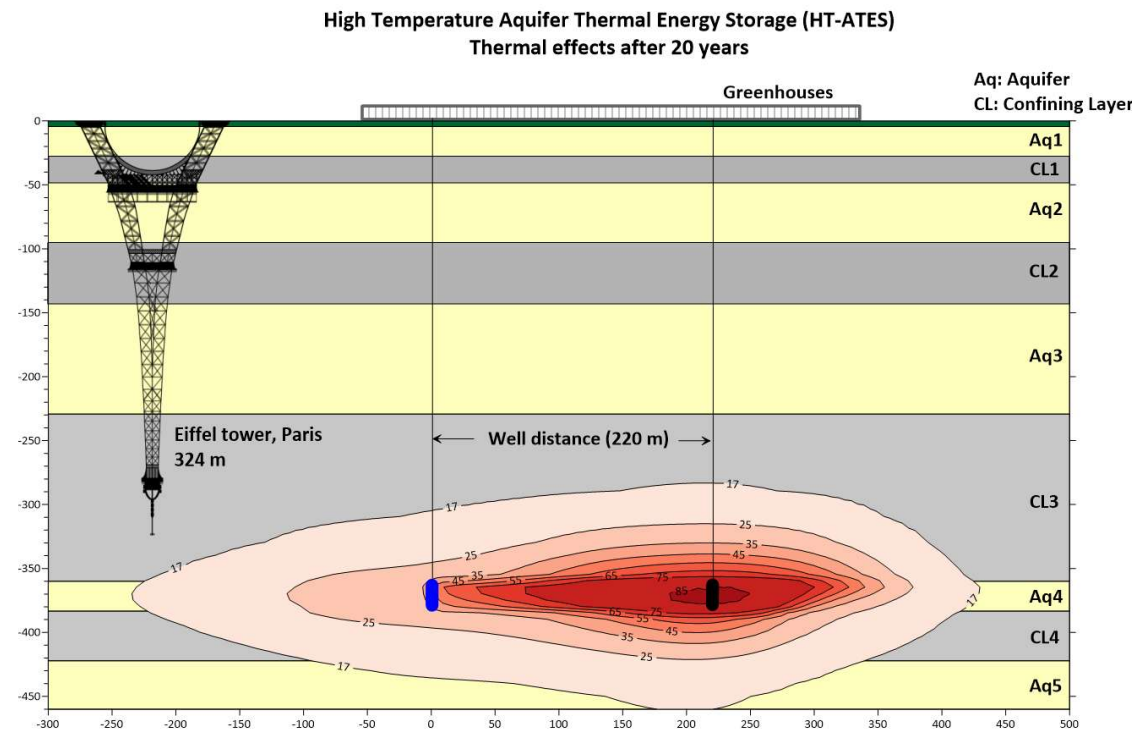
- Waarom Warmteopslag?
- Wat is HTO?
- HTO in Nederland: Status, kansen, uitdagingen

HTO Potentiëstudie

- Bodemcriteria
- Potentiekaarten

De impact van HTO op een warmtesysteem

- Duurzaamheid en kosten



Doel van de studie

Doel van de studie:

- Besluitvormers voorzien van informatie over HTO, ter ondersteuning van besluiten rondom warmtetransitie

Hoe is dat doel bereikt?

- Informatieverstrekking over HTO:
 - Wat is het? → Achtergrondinformatie
 - Kan het hier? → Potentiestudie HTO
 - Is het duurzaam? → Kentallen duurzaamheid
 - Wat kost het? → Kosten kentallen
 - Mag het? → Juridisch kader HTO

Klik op de HTO Potentiestudie voor het rapport, en stel ons je vragen!



De energietransitie

Sector...

- Industrie
- Elektriciteit
- Warmte

Huidige #1 energiebron

Fossiele brandstoffen
Fossiele brandstoffen
Fossiele brandstoffen

Toekomstige #1 energiebron

Duurzame moleculen (bv waterstof)
Duurzame bronnen (wind, zon, biomassa, nucleair)
Duurzame bron (Geothermie, restwarmte, zon, elektriciteit)

De energietransitie

Sector...	Huidige #1 energiebron	Toekomstige #1 energiebron
• Industrie	Fossiele brandstoffen	Duurzame moleculen (bv waterstof)
• Elektriciteit	Fossiele brandstoffen	Duurzame bronnen (wind, zon, biomassa, nucleair)
• Warmte	Fossiele brandstoffen	Duurzame bron (Geothermie, restwarmte, zon, elektriciteit)

Waarom Warmteopslag?

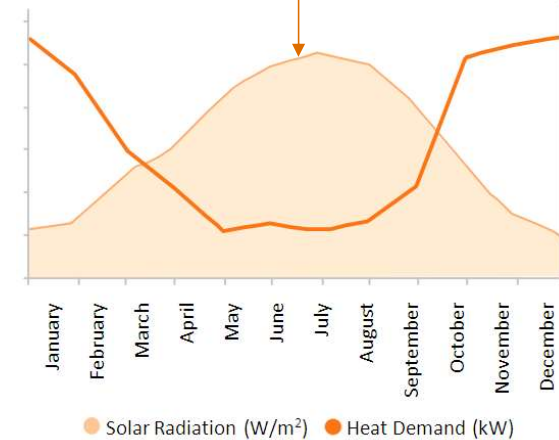
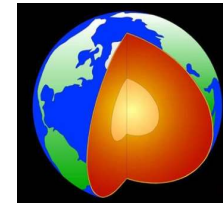
Warmtetransitie:

De Opgave:

- Fossiele warmtebronnen → duurzame warmtebronnen

De Uitdaging:

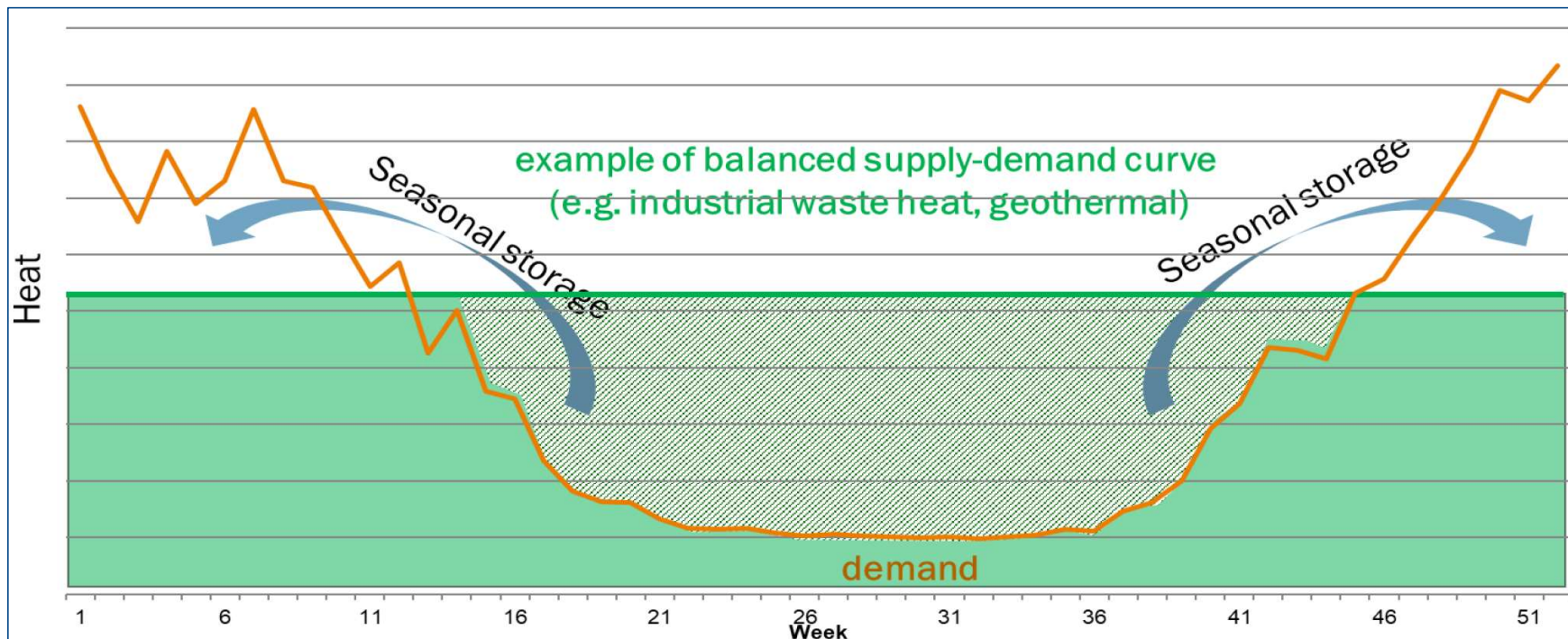
- Aanbodprofiel duurzame bronnen sluit niet goed aan bij vraagprofiel



Waarom Warmteopslag? “De Badkuip”

Zomer: Warmte overschot
Winter: Warmte tekort

} Oplossing: Opslag

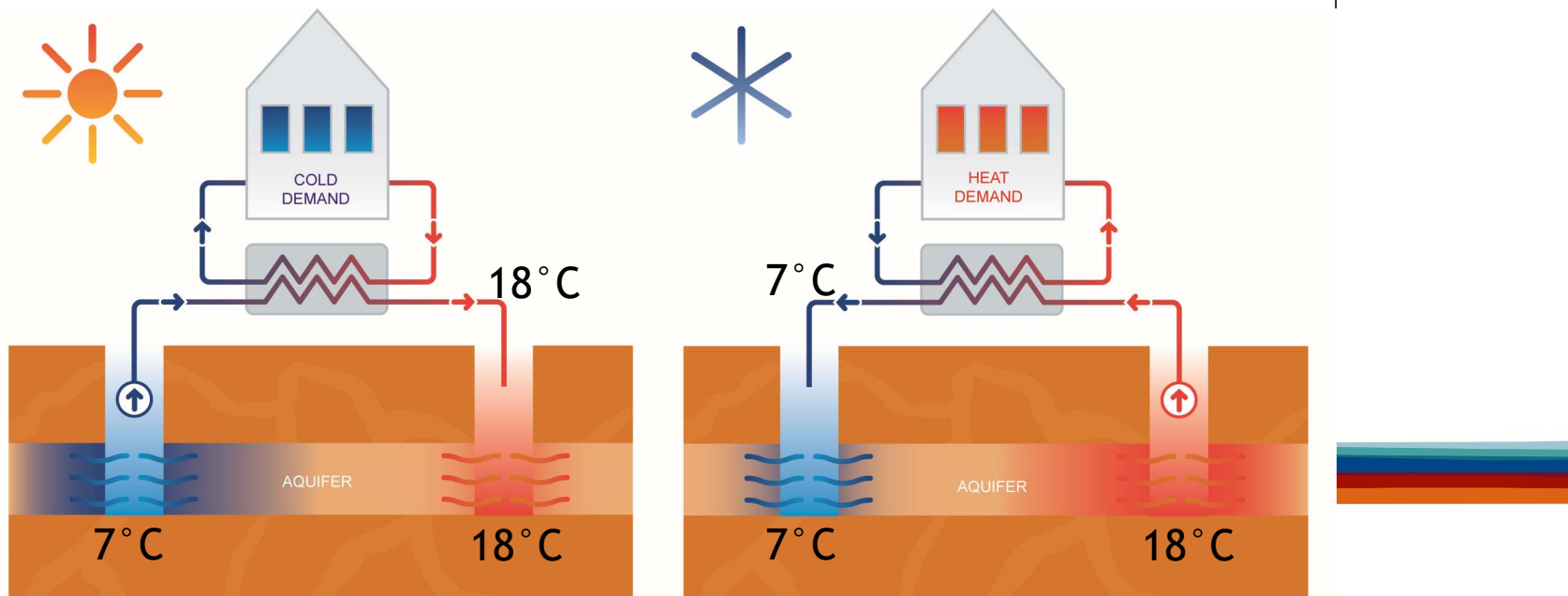


Open Bodemenergie: de bodem als thermosfles

- Warmte en Koude Opslag (WKO) in de ondergrond
- >3.000 systemen in NL, gangbare techniek

Zomer: Koelen van gebouw

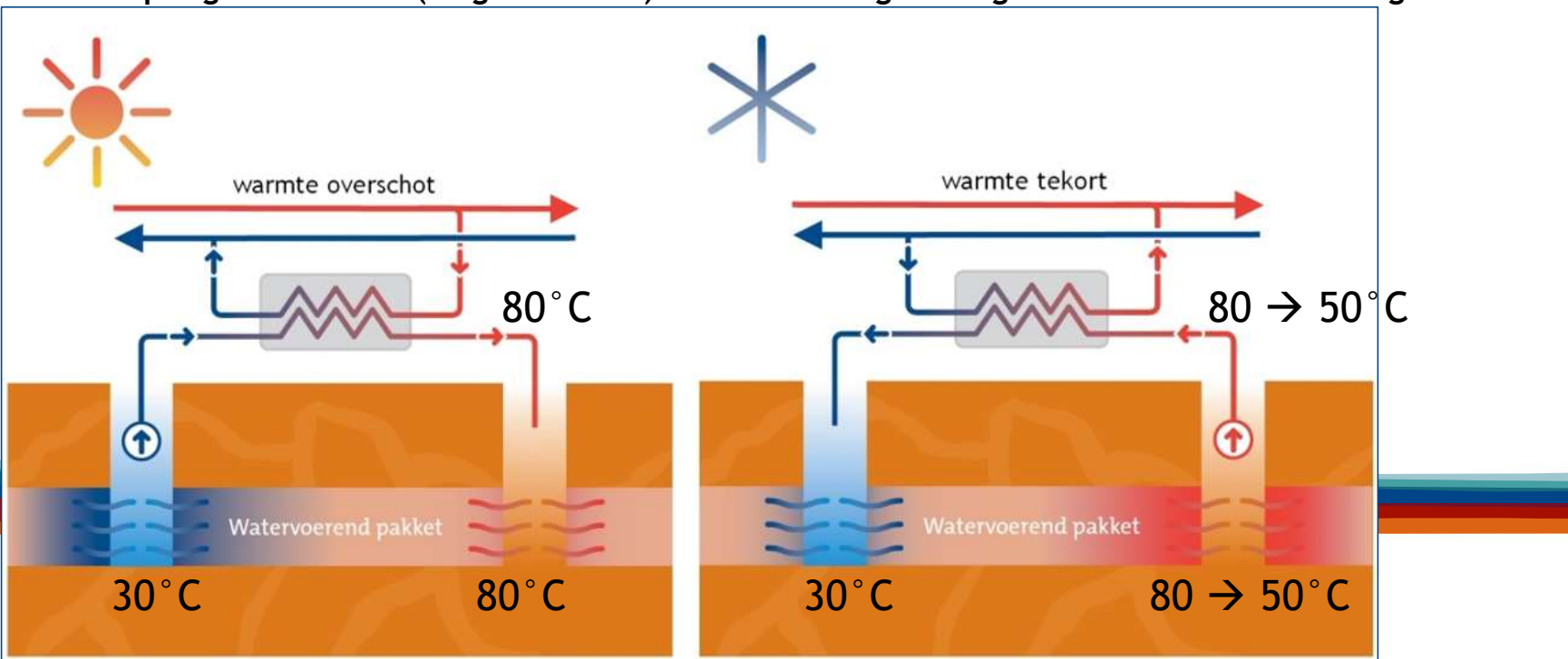
Winter: verwarming (incl. Warmtepomp)



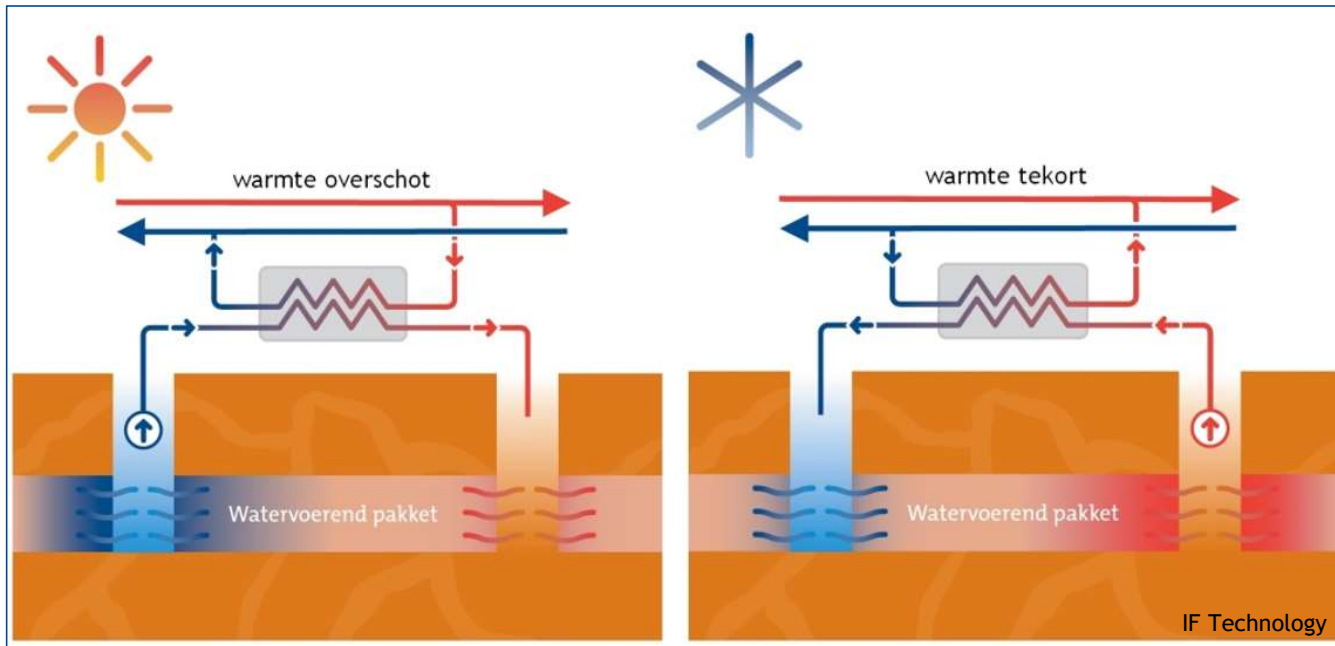
Open Bodemenergie: Hoge Temperatuur Opslag

- De opslag van warmte (25 - 90 °C) in de ondergrond

Zomer: Opslag van warmte (bv geothermie) Winter: terugwinning en inzet voor verwarming



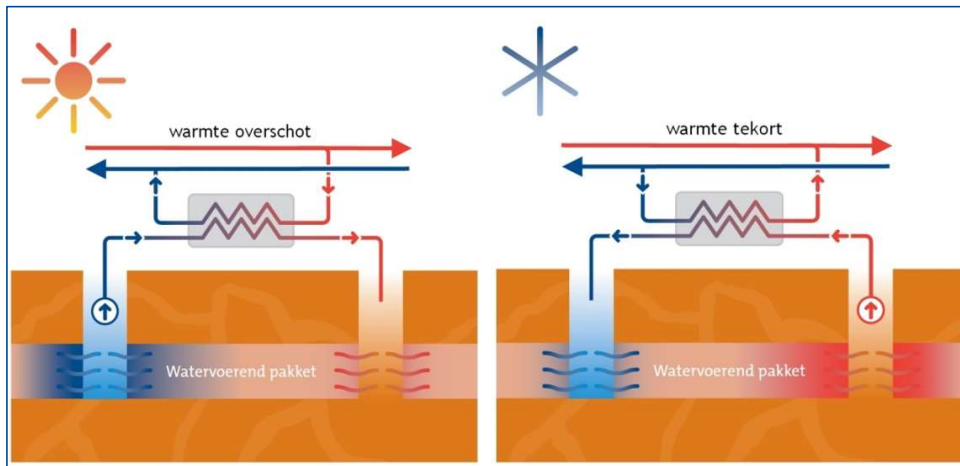
Wat is HTO?



- 5 - 25 °C WKO (Warmte Koude Opslag)
- 25-50 °C MTO (Middelhoge Temperatuur Opslag)
- 50-90 °C HTO (Hoge Temperatuur Opslag)

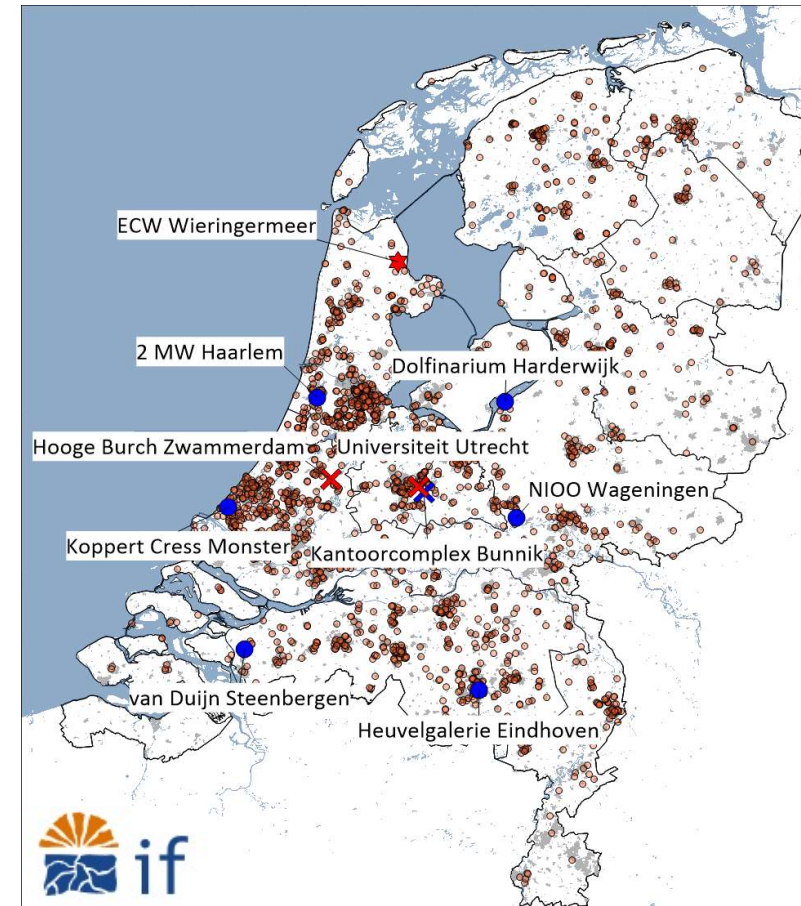
> 25 °C:
Juridisch HTO

Wat is HTO?



Temperatuurniveau opgeslagen warmte:

- 5 - 25 °C WKO (Warmte Koude Opslag) > 99%
- 30-60 °C MTO (Middelhoge temp. opslag) < 1%
- 60-90 °C HTO (Hoge temp. opslag) 1

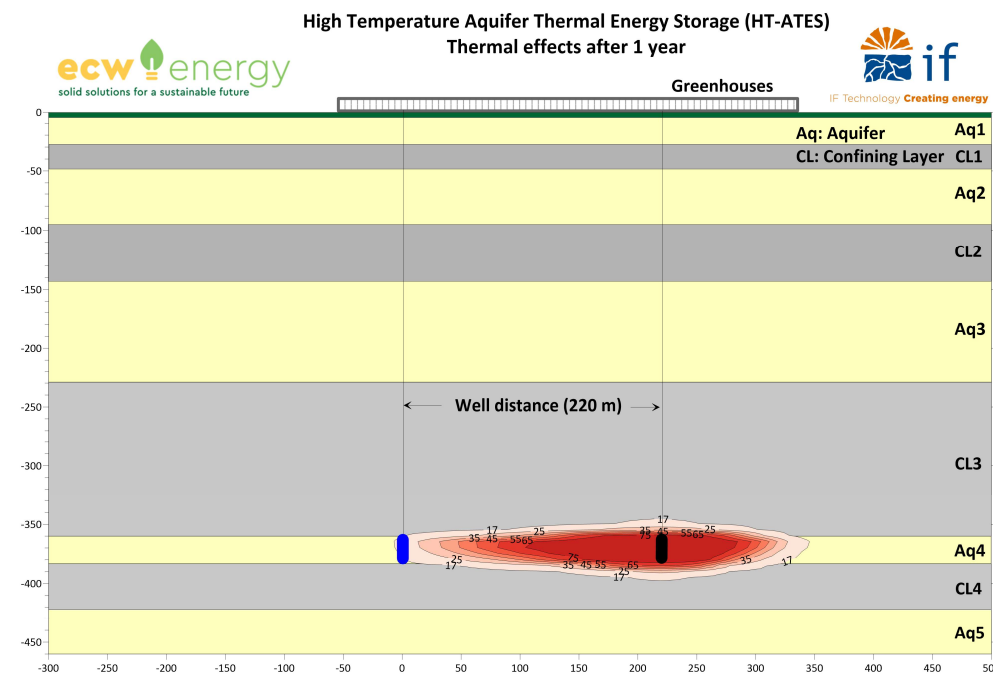


HTO in Nederland: Stand der techniek

Casus HTO ECW Energy te Middenmeer

- Enige operationele HTO-systeem in Nederland
- Presteert goed sinds ingebruikname (2021)

Parameters	Eenheid	Winter	Zomer
Grondwater verplaatsing	[m ³ /seizoen]	440,000	440,000
Debiet	[m ³ /h]	150	150
Infiltratie Temperatuur	[°C]	30	85
Vermogen	[MW]	2 - 8	10
Opslagcapaciteit	[MWh/yr]	20,000	28,000



HTO in Nederland: Stand der techniek

Casus HTO ECW Energy te Middenmeer

- Enige operationele HTO-systeem in Nederland
- Presteert goed sinds ingebruikname (2021)

Monitoring en onderzoek

- Effecten op ondergrond →
- Technische prestaties ([link](#))

European Geothermal Congress 2022
Berlin, Germany | 17-21 October 2022
www.europeangeothermalcongress.eu



First field results on the technical risks and effectiveness of mitigation measures for the full scale HT-ATES demonstration project in Middenmeer

Peter Oerlemans¹, Benno Drijver¹, Mariëlle Koenen², Joris Koornneef², Dorien Dinkelman², Wim Bos³, Bas Godschalk¹

¹ IF Technology BV, Velperweg 37, 6824 BE Arnhem, the Netherlands

² TNO, Applied Geosciences, 3584CB Utrecht, the Netherlands

³ ECW Energy, Agriport 109, 1775 TA Middenmeer, the Netherlands

p.oerlemans@iftechnology.nl



HTO in Nederland: Stand der techniek

Uitdagingen

- Onzekerheid over bodemeigenschappen in het dieptebereik voor HTO (100 - 500 m-mv)
- Integratie van HTO in een warmtesysteem is complex
- Complexe en langdurige vergunningprocedure
- Technische uitdagingen (verstopping)

Deze uitdagingen zijn geïdentificeerd en worden in verschillende onderzoeksprojecten verder opgepakt



HEATSTORE (2018 - 2021)



WarmingUP (GOO): 2019 - 2025



HTO-PEN (2022-2025)

HTO in Nederland: Kansen

Kansen

- Nederlandse bodem biedt grote kansen
- Regelgeving en kwaliteitskaders bestaan al (vanuit WKO)
- Relatief lage CAPEX vergeleken met andere grootschalige warmteopslagtechnieken
- Ruimtegebruik aan oppervlakte zeer klein
- Er is en wordt veel onderzoek uitgevoerd, wat bijdraagt aan succesvolle opschaling

HTO in Nederland: Uitdagingen

Uitdagingen

- Geologische potentie is moeilijk op voorhand in te schatten
- Integratie van HTO in een warmtesysteem is complex
- Complexe en langdurige vergunningprocedure
- Technische uitdagingen (verstopping)

Deze uitdagingen zijn geïdentificeerd en worden in verschillende onderzoeksprojecten verder opgepakt



HEATSTORE (2018 - 2021)



WarmingUP (GOO): 2019 - 2025



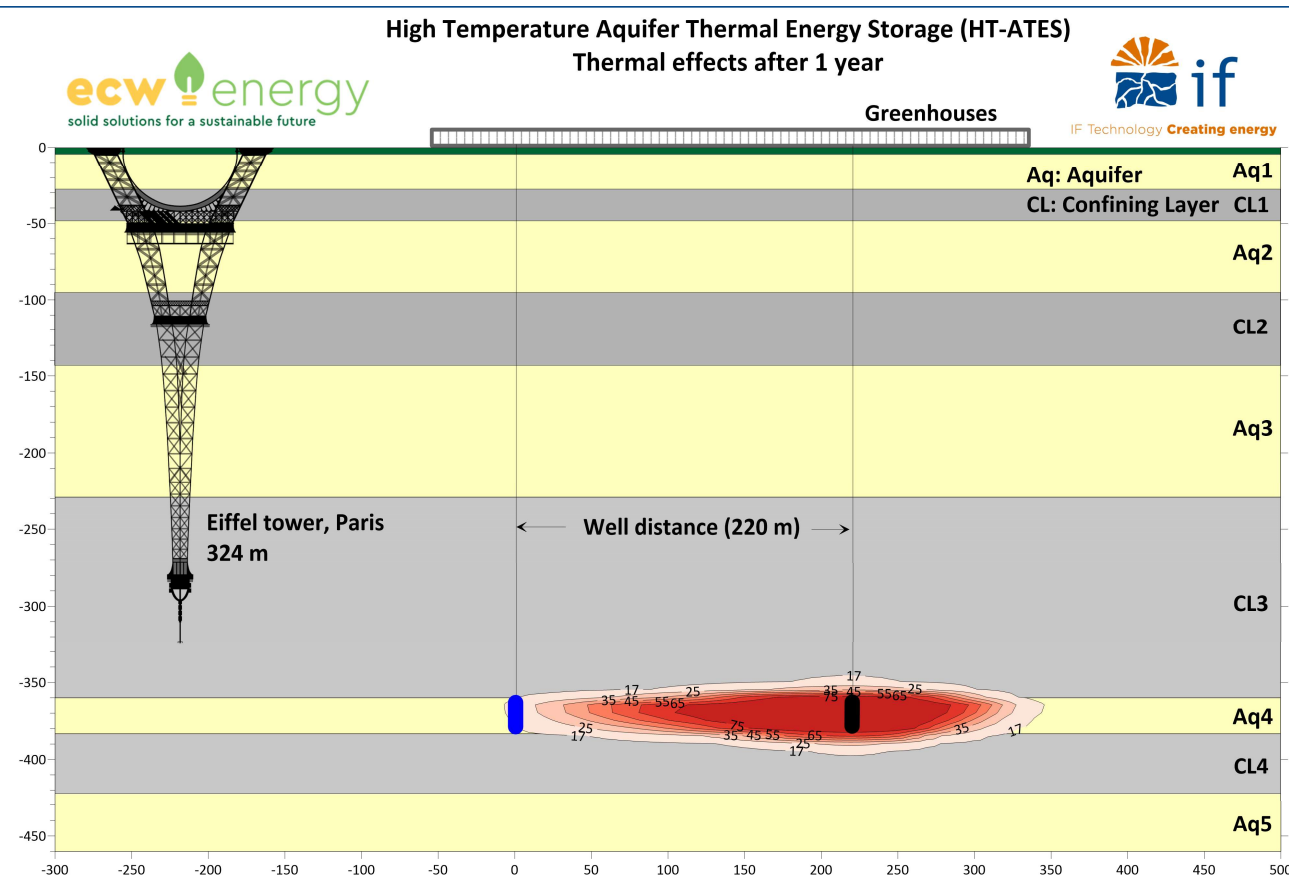
HTO-PEN (2022-2025)

HTO Potentie - Bodemcriteria

Welke bodemopbouw leent zich voor succesvolle toepassing van HTO?

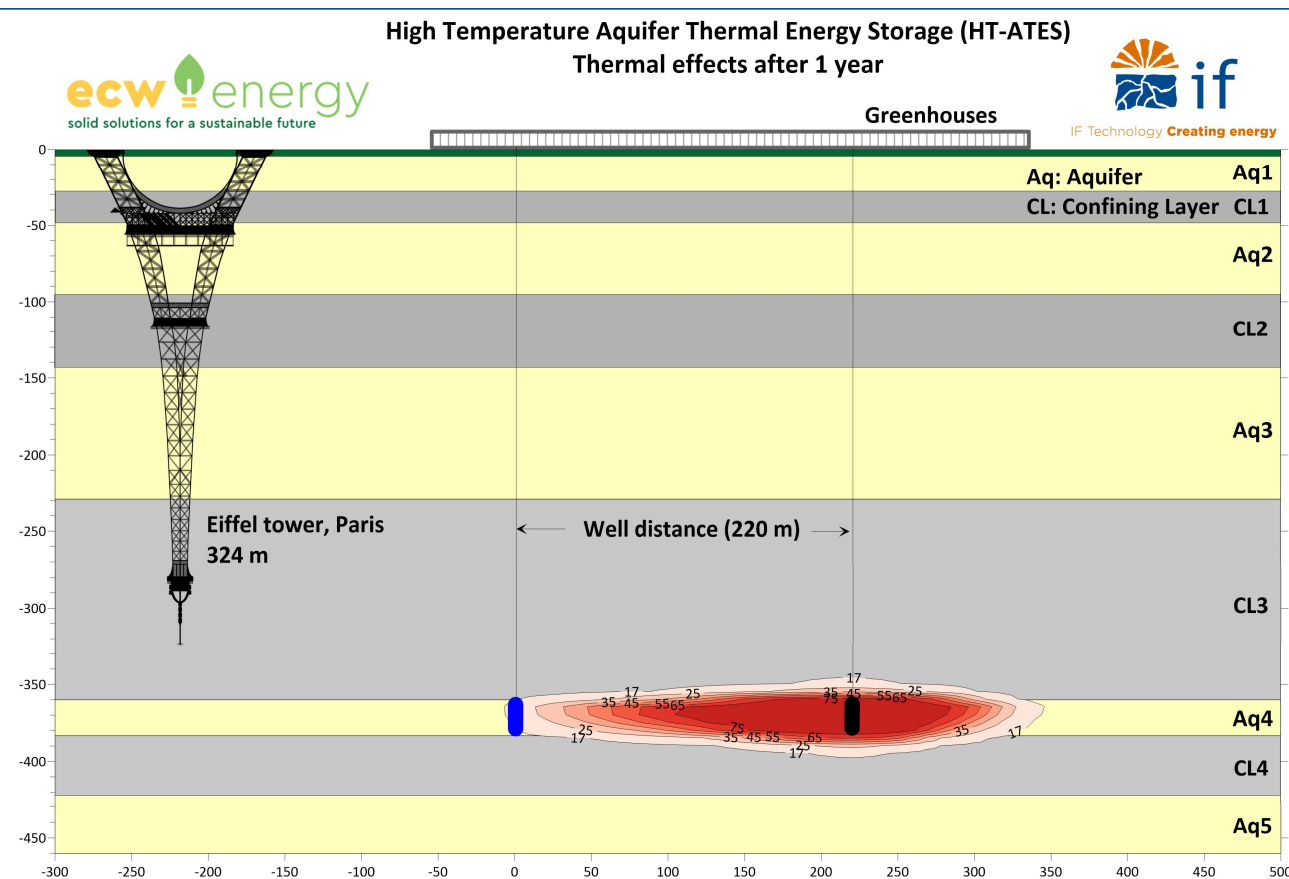
HTO Potentie - Bodemcriteria

Welke bodemopbouw leent zich voor succesvolle toepassing van HTO?



HTO Potentie - Bodemcriteria

Welke bodemopbouw leent zich voor succesvolle toepassing van HTO?



Criteria vanuit de ondergrond:

1 Kleilaag: beperkt warmteverliezen

2 Opslagpakket: debiet, rendement

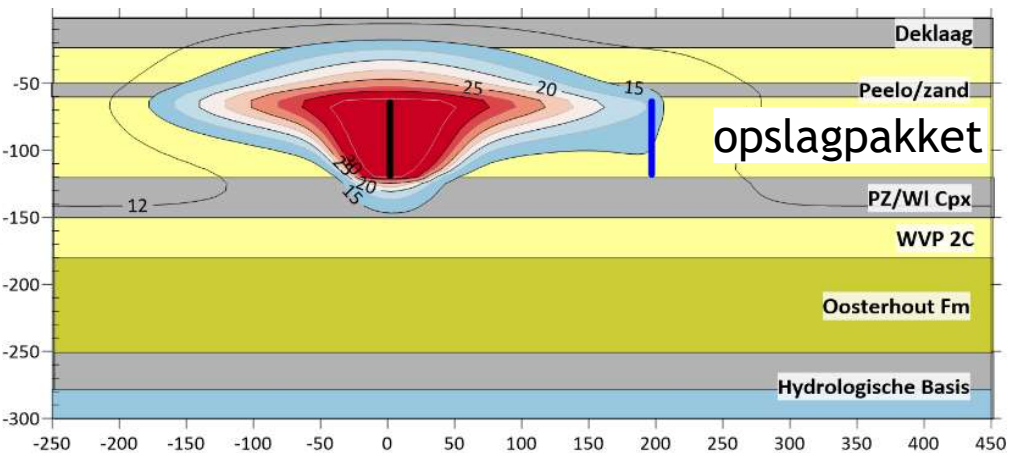
HTO Potentie - Bodemcriteria

1 Kleilaag:

Een goed afsluitende kleilaag boven het opslagpakket is belangrijk voor succesvolle toepassing van HTO:

- Houdt de opgeslagen warmte op zijn plek
- Dempt effecten op ondiepere lagen

Met kleilaag boven opslagpakket



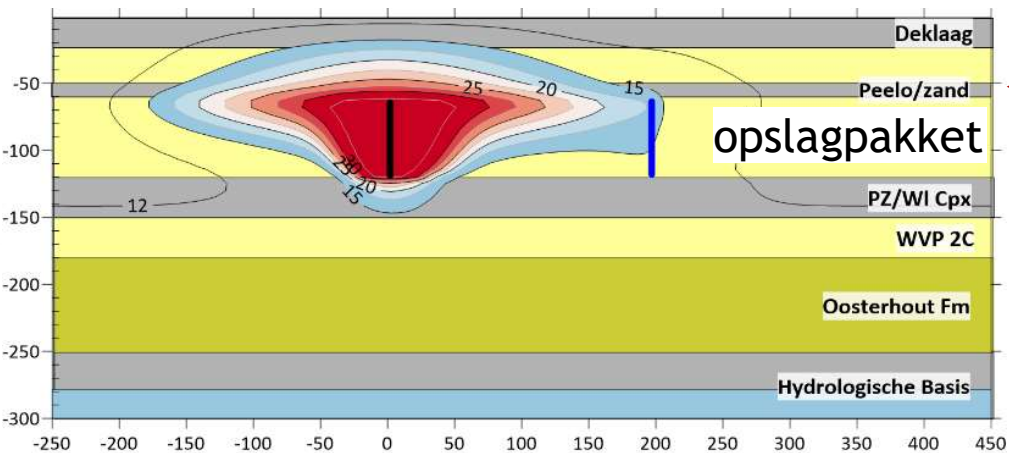
HTO Potentie - Bodemcriteria

1 Kleilaag:

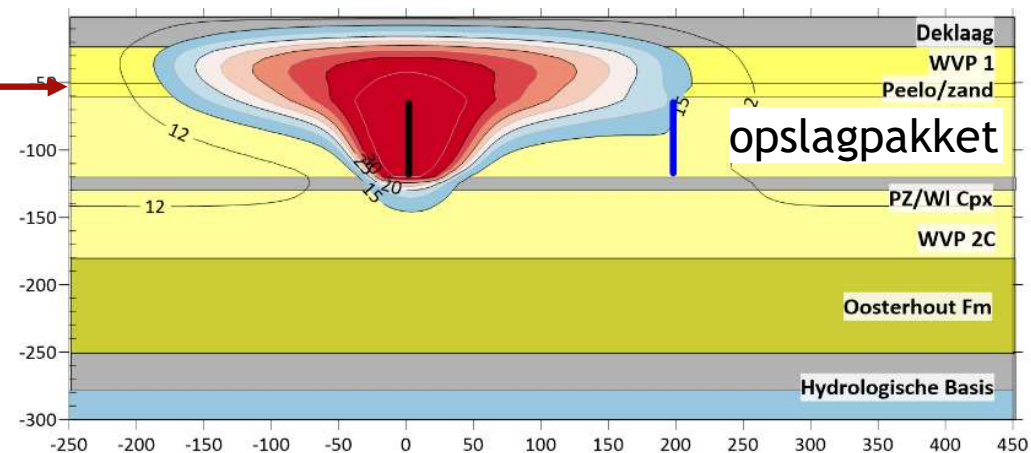
Een goed afsluitende kleilaag boven het opslagpakket is belangrijk voor succesvolle toepassing van HTO:

- Houdt de opgeslagen warmte op zijn plek
- Dempt effecten op ondiepere lagen

Met kleilaag boven opslagpakket



Zonder kleilaag boven opslagpakket



HTO Potentie - Bodemcriteria

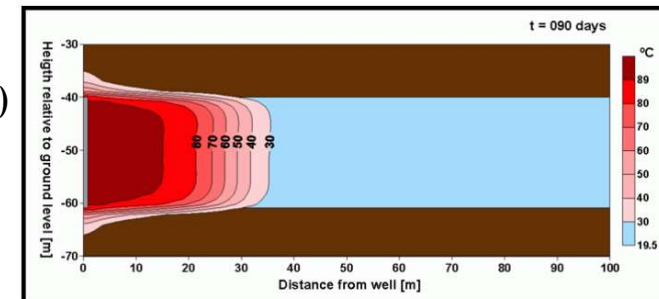
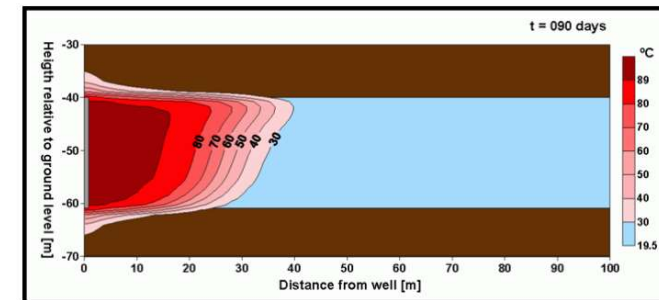
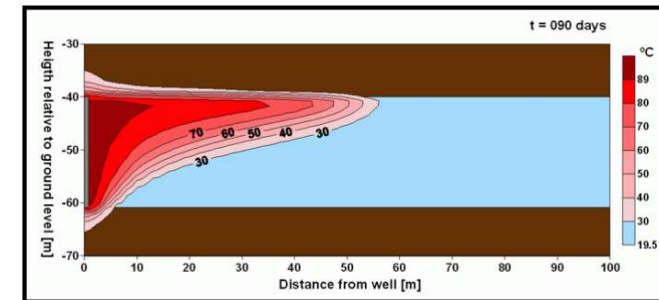
2 Opslagpakket

Gunstige eigenschappen van het opslagpakket leiden tot hoger rendement

De risico's op grote rendementsverliezen hangen samen met dikte van pakket.

Wat is de optimale dikte?

- Niet te dun, want dat beperkt de capaciteit per bron (meer bronnen nodig)
- Niet te dik, want dan grotere warmteverliezen door opdrijving (laag rendement)
- Optimale dikte in Zuid-Holland (formatie van Maassluis): 15 - 30 m



HTO Potentiekaarten

Studiegebied

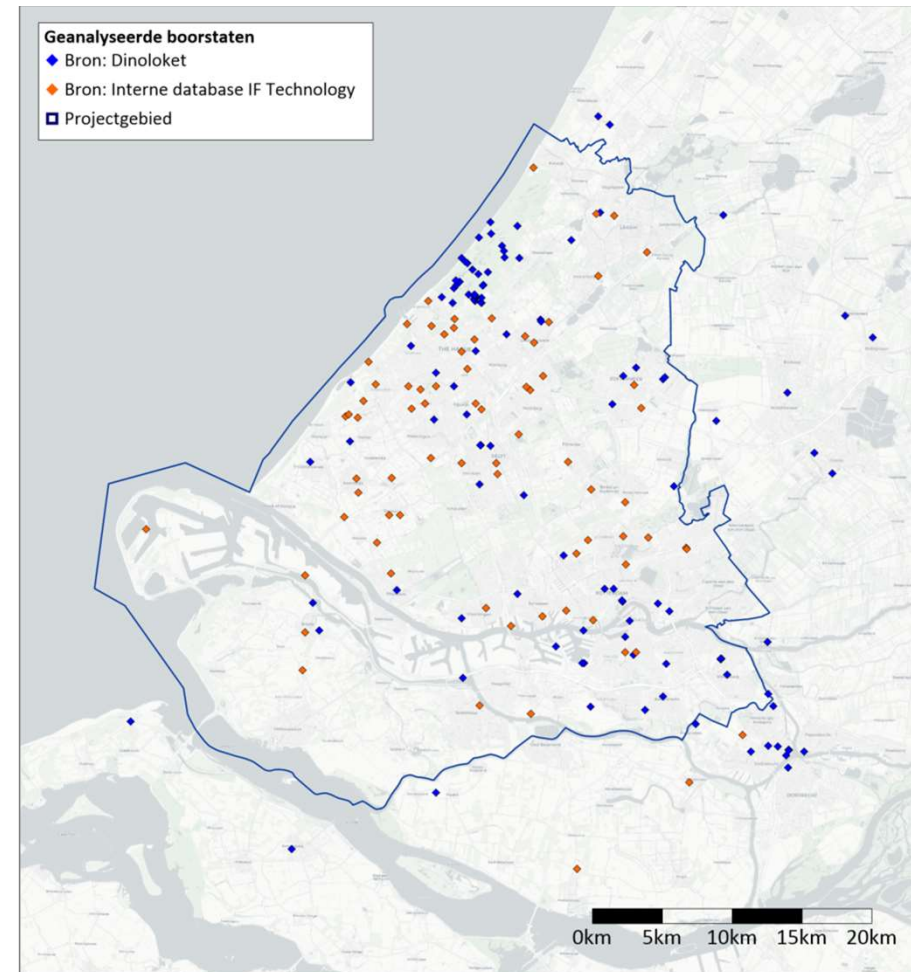
- Rotterdam - Den Haag
- Omgeving Leiden

Scope

- Formatie van Maassluis

Onderzoeksvraag

- Waar biedt de ondergrond potentie voor HTO?



HTO Potentiekaart

Beoordelingscriteria:

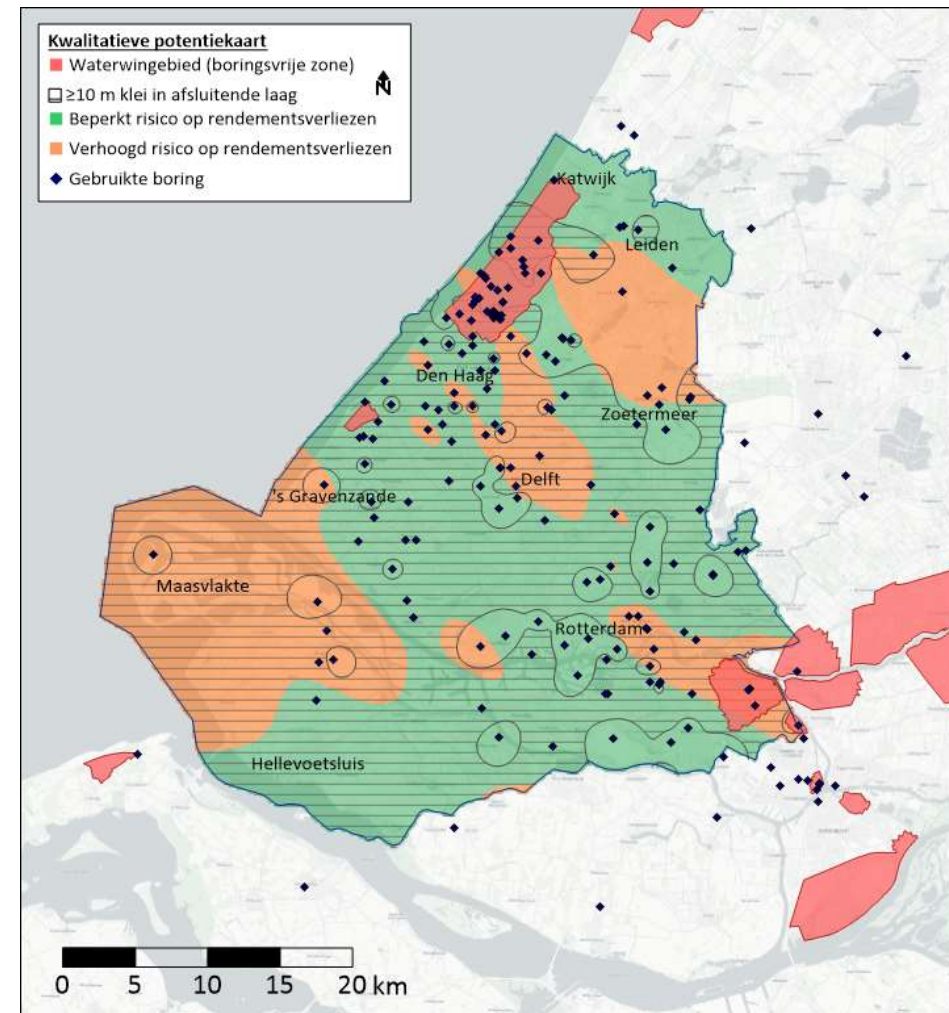
- Afsluitende kleilaag verwacht?
- Risico's op rendementsverliezen?
- Waterwingebieden

Resultaten

- Potentie lijkt groot in grootste deel van studiegebied
- Dikte kleilaag onzeker in omgeving Leiden en havengebied
- Rondom Rotterdam-centrum variabel beeld over kleilaag

Onzekerheden en aanbevelingen

- Data-dichtheid op deze dieptes is laag
- Voor concrete projecten ligt nader onderzoek voor de hand



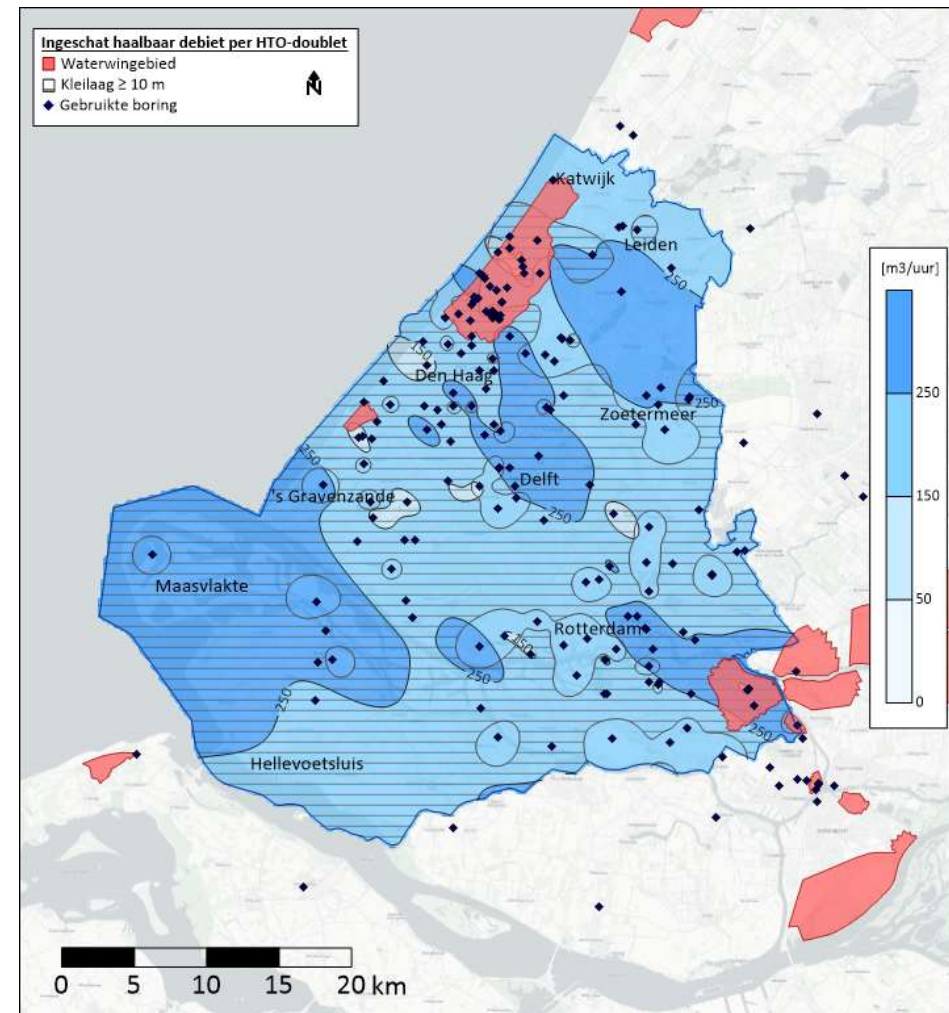
HTO Debietkaart

Debietkaart

- Welke debieten zijn haalbaar per bron?

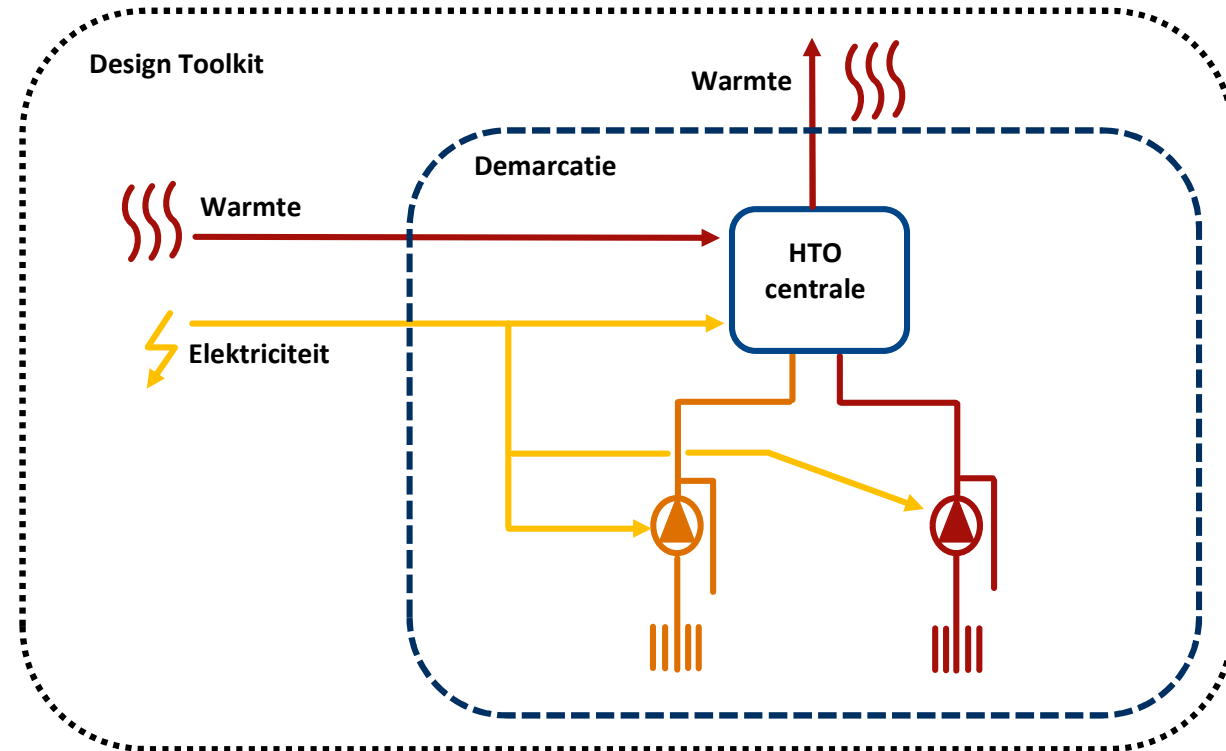
Resultaten

- Relatief hoge debieten per bron ($> 50 \text{ m}^3/\text{uur}$)



Duurzaamheid HTO

- Elektriciteit
 - Pompen en andere componenten
 - Via kaarten potentieel en COP
 - Duurzaamheid elektriciteit
- Warmte
 - Afhankelijk van bron
 - Afhankelijk van terugwinrendement

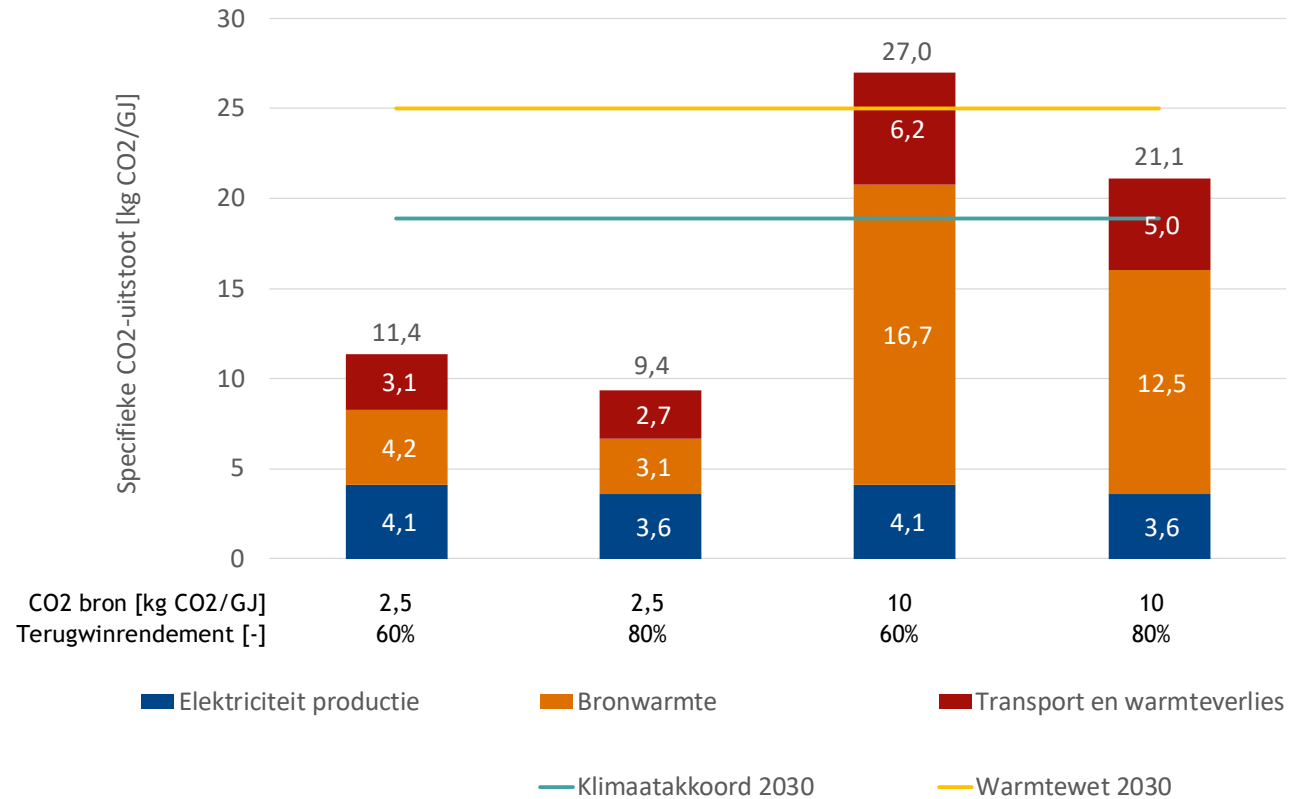


Duurzaamheid HTO

- Opslag van duurzame (rest)warmte
- Geschikte bodemopbouw
- Design toolkit: Optimalisatie inpassing

Uitgangspunten

- Warmteverlies transport: 20%
- Elektriciteit transport: 1,26% van geleverde warmte
- Elektriciteit: 0,29 kg CO₂/kWh

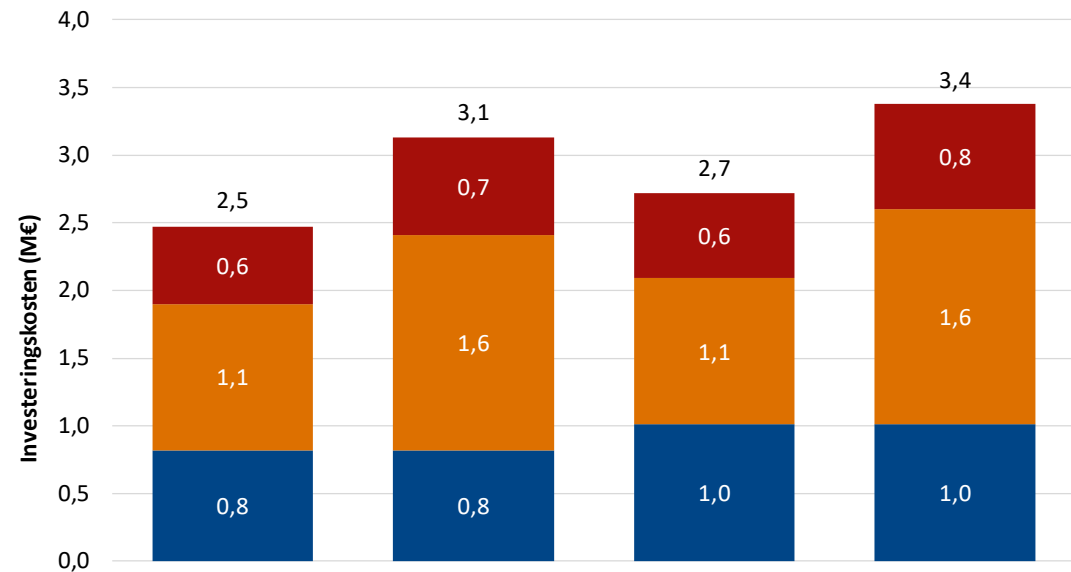


Investeringskosten HTO

- Afhankelijk van diepte en debiet
- (Relatief) lage investeringskosten
- Investeringskosten zullen in toekomst dalen door ervaring en innovatie

Uitgangspunten

- Opslagtemperatuur hete bron: 85 °C
- Gem. onttrekkingstemperatuur: 72 °C
- Opslagtemperatuur lauwe bron: 42 °C



Debiet [m3/h]	100	200	100	200
Diepte [m-mv]	100	100	200	200
Gem vermogen [MW]	3,5	7,0	3,5	7,0
M€/MW	0,7	0,4	0,8	0,5

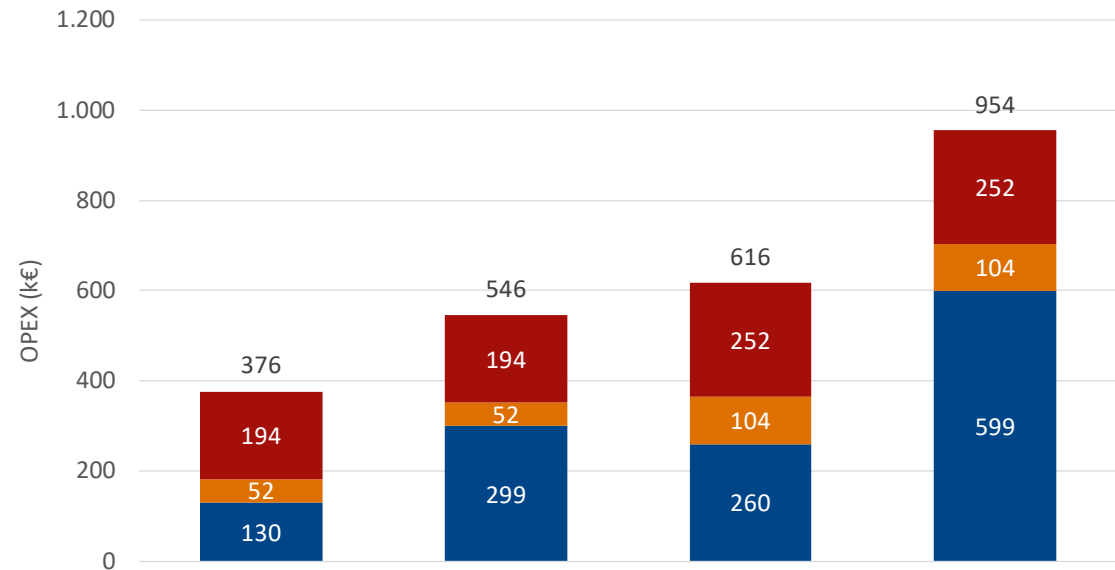
■ Diepteafhankelijk ■ Debietafhankelijk ■ Overig Totaal

Exploitatiekosten HTO

- Opslag van warmte
 - Lage marginale kosten
 - “gratis” restwarmte
- Exploitatiekosten zullen dalen door ervaring, optimalisatie en innovatie

Uitgangspunten

- Terugwinrendement: 70%
- Vollasturen laden: 3.000 uur
- Elektriciteit: 105 €/MWh



	100	100	200	200
Debiet [m3/h]	100	100	200	200
Inkoop warmte [€/MWh]	8,7	20	8,7	20
Productiekosten [€/GJ]	10,0	14,5	8,2	12,6
Productiekosten [€/MWh]	35,9	52,1	29,4	45,5

■ Warmte ■ Elektriciteit ■ Overig Totaal

Take Home Message

Doel van potentiëstudie:

- Besluitvormers voorzien van informatie over HTO, ter ondersteuning van besluiten rondom warmtetransitie

Hoe is dat doel bereikt?

- Informatieverstrekking over HTO:
 - Wat is het? → Achtergrondinformatie
 - Kan het? → Potentiëstudie HTO
 - Is het duurzaam? → Kentallen duurzaamheid
 - Wat kost het? → Kosten kentallen
 - Mag het? → Juridisch kader HTO

Klik op de HTO Potentiëstudie voor het rapport, en stel ons je vragen!





IF Technology **Creating energy**

Bijlagen

Kosten

Investeringskosten

- Onderdelen
 - Diepteafhankelijk
 - Proefboring
 - Bronnen
 - Debietafhankelijk
 - Technische ruimte
 - Bronpompen
 - Leidingwerk
- Overig
 - Ontwerp, advies & vergunningen (20%)
 - Onvoorzien (10%)

Exploitatiekosten

- Onderdelen
 - Warmte
 - Inkoop opgeslagen warmte
 - Elektriciteit
 - Inkoop elektriciteit
- Overig
 - Waterbehandeling
 - Onderhoud en beheer
 - Monitoring & BRL
 - Opruimen (reservering)



Warmteatelier

RES Rotterdam Den Haag/Leidse Regio

