



# Bronmetingen

## 1. Algemeen

Om de invloed van de bron op de koelinstallatie in kaart te brengen werd er een test installatie gebouwd waarmee we de eigenschappen van een bodemlus in kaart kunnen brengen. Deze testinstallatie werd gebouwd op Thomas More Campus Geel.

De gemeten en geteste parameters zijn sterk afhankelijk van de bodemsamenstelling, de resultaten kunnen enkel gebruikt worden om inzicht te krijgen en algemene conclusies te trekken. Concrete rekenregels die gebruikt kunnen worden voor geothermische boringen op andere plaatsen kunnen niet afgeleid worden.

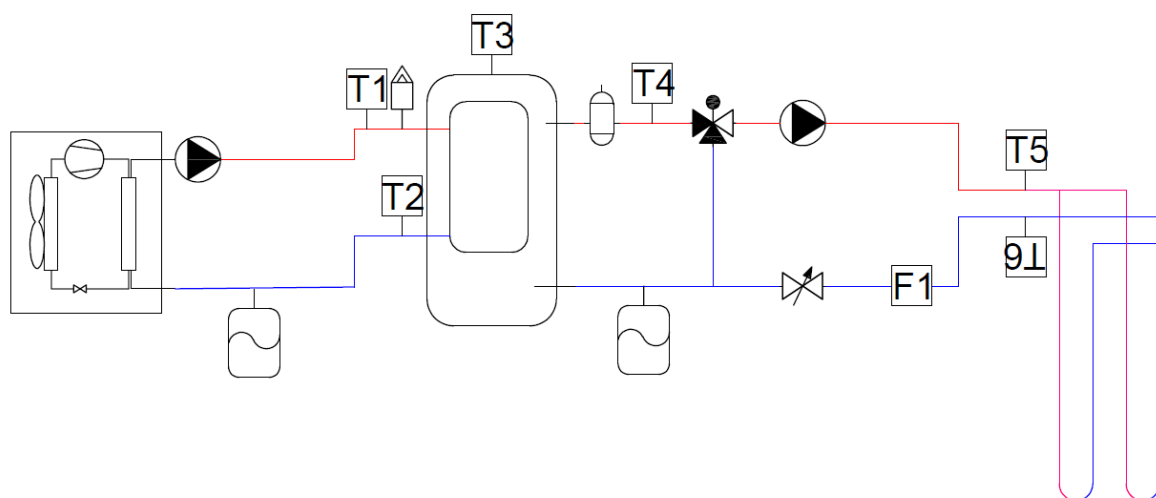
Om onze bachelor studenten vertrouwd te maken met koelinstallaties en metingen van verwarming- en koelsystemen, hebben we getracht zoveel mogelijk studenten te betrekken bij de bouw van de installatie en het uitvoeren van de testen.

## 2. Opstelling

De lucht-water warmtepomp zonder regelmodule werd elektrisch aangepast, zodat deze door een eigen geschreven testprogramma kan worden aangestuurd. De warmtepomp is in staat warmte of koude te leveren met een temperatuur  $\pm 0^\circ\text{C}$  tot  $45^\circ\text{C}$ . De opgewekte warmte of koude wordt opgeslagen in een buffervat, om van daaruit de bron te 'belasten'. Binnen het broncircuit is een automatische mengschakeling geïntegreerd, waarmee de aanvoertemperatuur nauwkeurig geregeld kan worden. Bovendien is er een manuele inregelafsluiter om het debiet in te stellen op een vaste waarde.

Omdat het buffervat en de leiding tussen de retour en de mengklep een zeer lage weerstand hebben, zal het debiet nagenoeg constant blijven, ongeacht de stand van de mengklep die de temperatuur regelt.

De meet- en regelinstallatie wordt aangesloten op twee boringen met gelijke diepte, lengte en leidingdiameters. Deze boringen zijn 50 meter diep met een tussenafstand van  $\pm 6\text{m}$ .





## 3. Uitgevoerde testen

### 3.1. TR-test

Tijdens een thermische responsietest worden de parameters van de bodem in kaart gebracht. Op onze installatie werden verschillende TR-testen uitgevoerd voornamelijk om de verschillende meetinstallaties te vergelijken. De eerste test werd uitgevoerd door IFTech, zij werken met een elektrische weerstand om warmte te genereren. Ze gebruiken hun meetopstelling frequent op verschillende locaties waardoor hun kennis en nauwkeurigheid gebruikt kan worden om andere opstellingen mee te vergelijken.

Nadat de bron enkele weken de tijd kreeg om te stabiliseren, werd de opstelling van Buildwise aangesloten om dezelfde test te herhalen. Zij gebruiken een warmtepomp en automatische debietregeling om de test uit te voeren. Hierdoor zijn ze in staat om de bron indien nodig ook af te koelen.

Als laatste werd de testopstelling van Thomas More aangesloten om de kwaliteit van de installatie te vergelijken met de twee voorgaande metingen. Voor meer informatie over de thermische responsietest en de bijhorende berekeningen, kan je terecht in het eindwerk van Jari Debuison.

### 3.2. Invloed van afgiftevermogen op de watertemperatuur

In deze test werd in de eerste fase gedurende één week continu een vermogen van 1kW in de bron geïnjecteerd, 24u per dag.

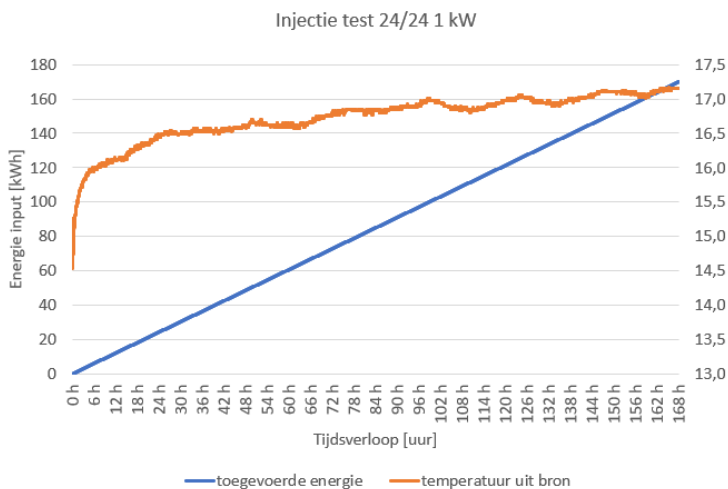
Na stabilisatie van de bron werd het debiet verhoogd, zodat er een vermogen van 2 kW naar de bron werd gevoerd. Dit werd gedaan in intervallen van 12 uur per dag, wat resulteerde in dezelfde totale toegevoegde energie voor beide testen.

Het hoofddoel van deze test is om de gemiddelde temperatuur van de vloeistof te meten. Deze temperatuur dient zo laag mogelijk te zijn om een zo hoog mogelijk vermogen uit het afgiftesysteem te halen.



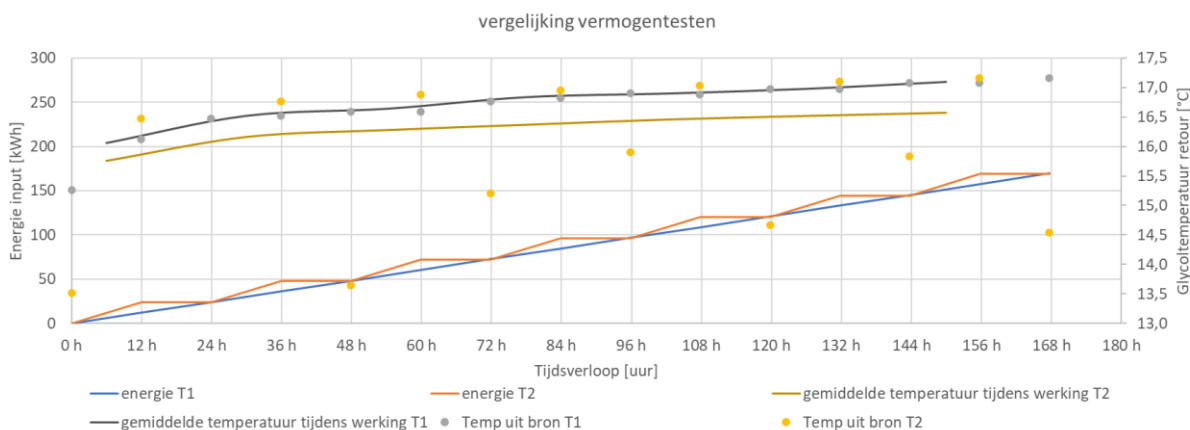
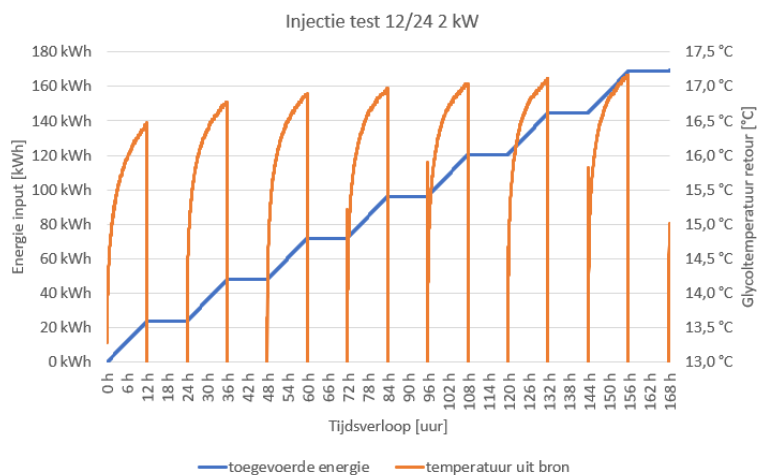
**Test1: injectie van 1 kW 24/24 gedurende 7 dagen**

- Ingesteld debiet: 4,8 l/min
- Ingestelde DT: 3K
- Energie input: 169,5 kWh
- Gemiddelde glycol temperatuur: 16,72 °C



**Test2: injectie van 2 kW 12/24 gedurende 7 dagen**

- Ingesteld debiet: 9,6 l/min
- Ingestelde DT: 3K
- Energie input: 168,7 kWh
- Gemiddelde glycol temperatuur: 16,29 °C



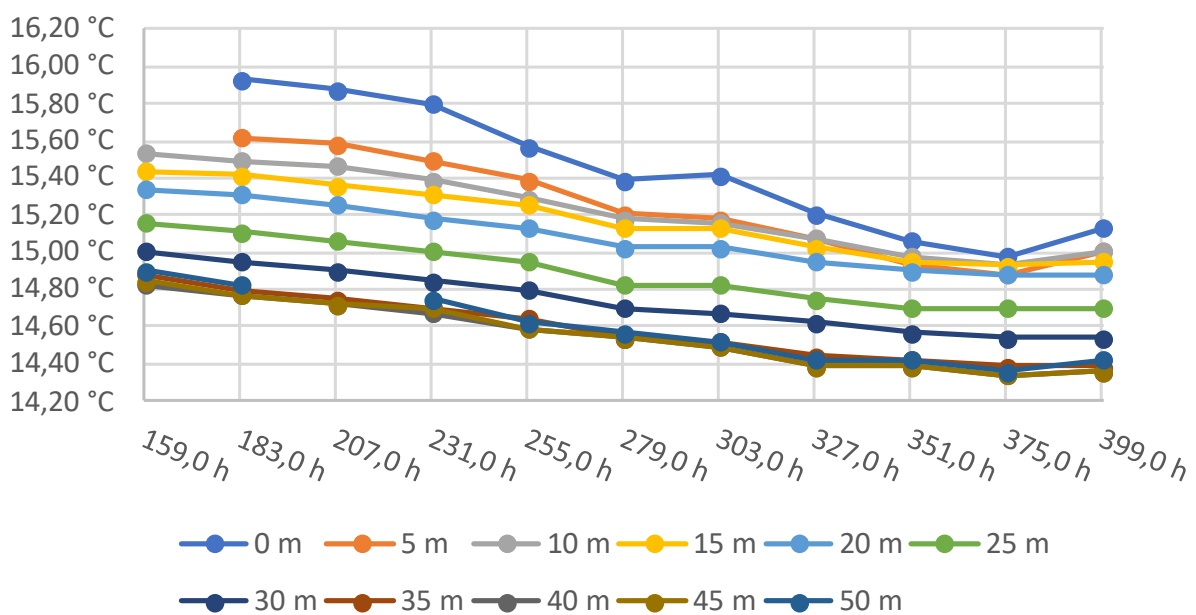
Uit de testen blijkt dat de temperatuur bij test 2, door gebruik te maken van intervallen, ± 0,4 K lager ligt. In theorie zou het vermogen van de koelinstallatie dus licht verhoogd worden indien de bron de beperkende factor van de installatie is. Het verschil in temperatuur is echter zeer klein, waardoor de invloed in de praktijk vermoedelijk weinig merkbaar zal zijn.



### 3.3. Regeneratie van de bron

Tijdens deze test werd om de 24 uur de glycoloplossing laminair gecirculeerd om zo de glycoltemperatuur op verschillende dieptes te kunnen meten. Deze metingen werden uitgevoerd nadat de bron gedurende lange tijd belast werd met een groot vermogen. De start temperatuur was  $\pm 19^\circ\text{C}$ . In de eerste 160 uur daalde de temperatuur  $\pm 3,9^\circ\text{C}$ , maar helaas zijn er geen metingen beschikbaar voor deze periode als gevolg van een fout in de meetinstallatie. We hebben echter waargenomen dat na  $\pm 350$  à  $375$  uur de temperatuur nagenoeg constant blijft.

temperatuurdaling per diepte





### 3.4. Invloed van de afgifte temperatuur op het bronvermogen

De bodemlussen in de grond fungeren als warmtewisselaar tussen de glycol en de bodem. Het vermogen dat uit een warmtewisselaar kan worden gehaald, is sterk afhankelijk van het temperatuurverschil tussen de primaire zijde (glycol) en de secundaire zijde (bodem). In verwarmingsmodus wordt over het algemeen aangenomen dat de bodem in Geel een vermogen van ongeveer 40 W kan leveren bij 2000 draaiuren.

In verwarmingsmodus staat er een elektrische warmtepomp tussen de bron en de afgifte. Wanneer de bodemtemperatuur daalt, zal de verdampertemperatuur mee dalen, maar kan de afgiftetemperatuur doorgaans constant blijven. Het vermogenverlies van de warmtepomp blijft bij lagere verdampertemperatuur zeer beperkt. In het geval van vrije koeling staat er echter geen koelgenerator tussen de bron en de afgifte. Hierdoor zal een temperatuurstijging van de bron direct merkbaar zijn in de afgifte.

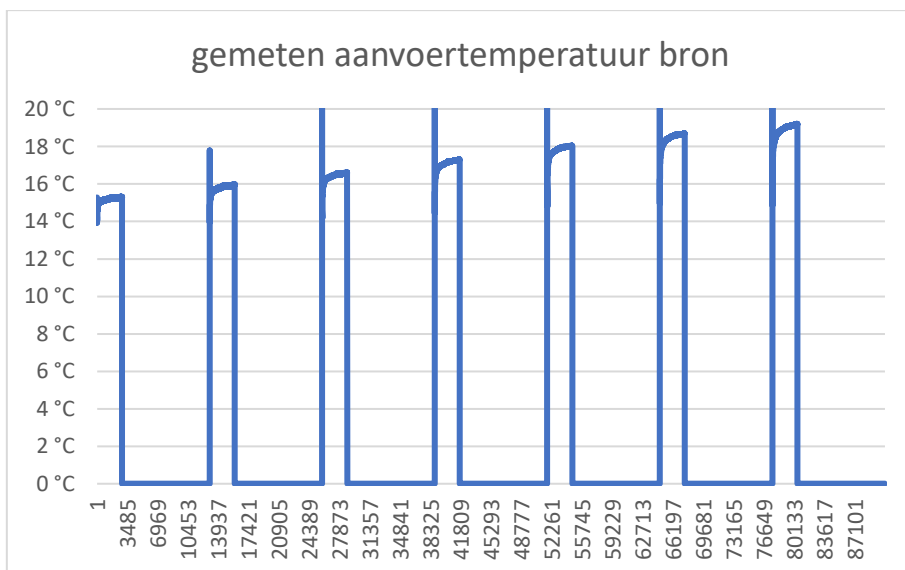
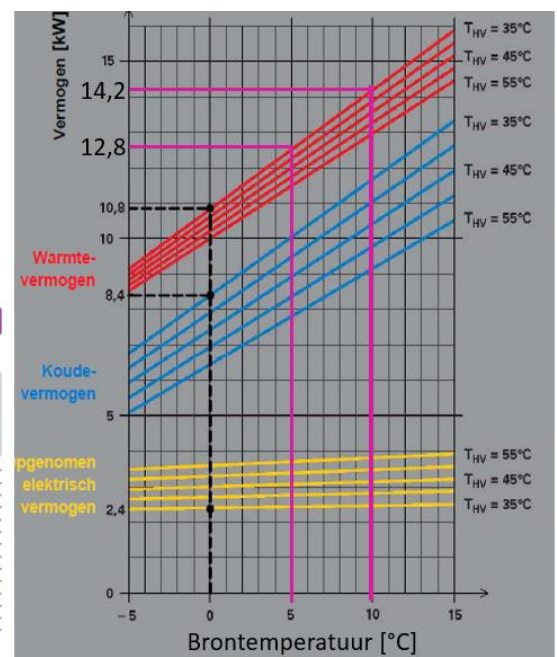
#### Verwarming:

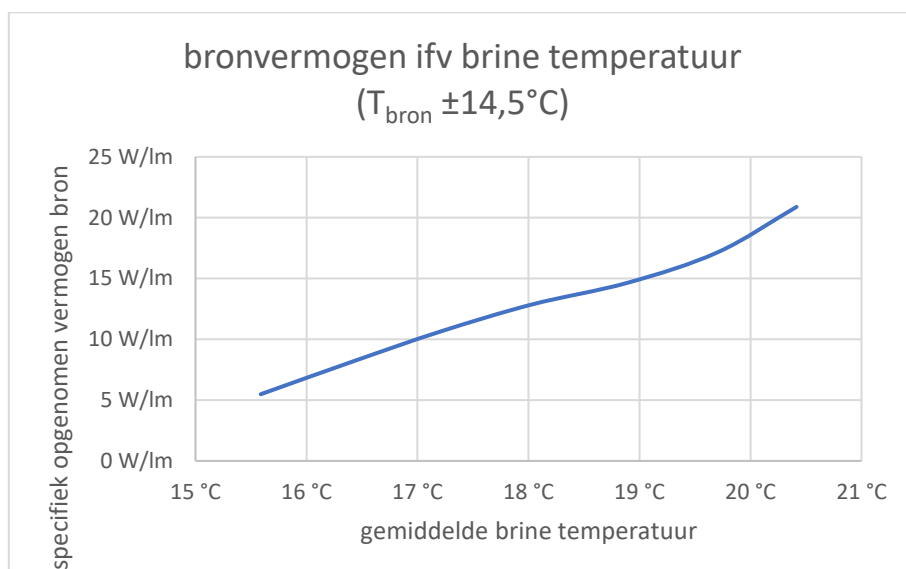
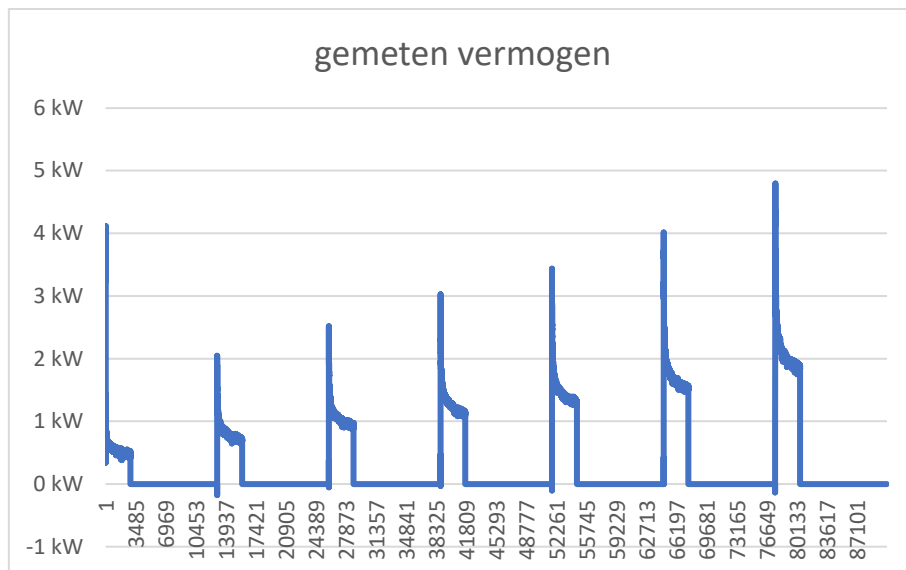
$T_{bron} = 10^{\circ}\text{C} \Rightarrow 14,2\text{kW}$   
 $T_{bron} = 5^{\circ}\text{C} \Rightarrow 12,8\text{kW}$   
 = 1,4kW of 10% vermogen verlies

#### Koeling:

$T_{bron} = 10^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_{vloer} = 18^{\circ} \Rightarrow 24\text{W/m}^2$   
 $T_{bron} = 15^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_{vloer} = 20^{\circ} \Rightarrow 16\text{W/m}^2$   
 = 8W/m<sup>2</sup> of 33% vermogen verlies

oppelstijf temperatuur		Warmtegeleidingscoëfficiënt			
rijdijf en zandzone		$R_{s,0} = 0,00 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$			
$t_{min} = 20^{\circ}\text{C}$		(Dp, lemmes)			
kerfstand T (m)	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
kerfstand L (m/m)	10,00	6,67	5,00	4,00	3,33
Sen. Water-temperatuur	Rolste-temperatuur	% max. koelvermogen			
$t_{s,w}$ [°C]	$t_{s,r}$ [°C]	$\dot{Q}_{s,w}$ [kW/m <sup>2</sup> ]	$\dot{Q}_{s,r}$ [kW/m <sup>2</sup> ]	$\dot{Q}_{s,w}$ [kW/m <sup>2</sup> ]	$\dot{Q}_{s,r}$ [kW/m <sup>2</sup> ]
22	17,0	19,3	15,9	16,5	14,2
23	22,0	18,6	15,9	16,9	14,8
24	26,8	18,6	15,9	17,4	15,4
25	31,3	20,2	17,9	18,0	16,0
26	35,7	20,5	18,1	18,5	16,6
27	39,8	19,8	17,9	18,9	17,2
28	43,6	19,1	17,6	19,3	17,8
29	47,1	18,4	17,3	19,7	18,4
30	50,3	17,8	17,0	20,0	19,0
31	53,3	17,2	16,7	20,3	19,6
32	56,1	16,7	16,4	20,6	20,2
33	58,7	16,2	16,1	20,9	20,8
34	61,1	15,8	15,8	21,2	21,4
35	63,3	15,4	15,5	21,5	22,0
36	65,3	15,1	15,2	21,8	22,6
37	67,1	14,8	14,9	22,1	23,2
38	68,7	14,5	14,6	22,4	23,8
39	70,1	14,3	14,4	22,7	24,4
40	71,3	14,1	14,2	23,0	25,0
41	72,3	14,0	14,1	23,3	25,6
42	73,1	13,9	14,0	23,6	26,2
43	73,7	13,8	13,9	23,9	26,8
44	74,2	13,8	13,9	24,2	27,4
45	74,5	13,8	13,9	24,5	28,0
46	74,7	13,8	13,9	24,8	28,6
47	74,8	13,8	13,9	25,1	29,2
48	74,9	13,8	13,9	25,4	29,8
49	74,9	13,8	13,9	25,7	30,4
50	74,9	13,8	13,9	26,0	31,0





Uit de metingen blijkt dat we aanzienlijk minder vermogen kunnen onttrekken aan de bron tijdens koeling. Het is echter belangrijk op te merken dat de brontemperatuur relatief hoog ligt en dat er gedurende de winter geen koude is opgebouwd in de bodem. In de praktijk zal het vermogen dus vermoedelijk hoger liggen.