



DEMOPROJECT

WARMTE EN CO₂ LEVERING

DE MEERLANDEN - ARENDSHOEVE

November 2012



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Energielevering	4
3	Metingen.....	6
3.1	Retourleiding.....	10
4	Kosten.....	12
5	Conclusies	13

1 Inleiding

In deze rapportage zal met name ingegaan worden op de uitgevoerde metingen en op basis daarvan zullen de nodige conclusies worden getrokken.

Om deze rapportage goed te kunnen begrijpen wordt ervan uitgegaan dat de rapportage van mei 2011 inhoudelijk bekend is omdat in die rapportage is ingegaan op de gehele lay out van het leidingtracé, de gebruikte leidingmaterialen, de meetpunten, theoretische berekeningen, etc.

Vanaf 1 januari 2011 zijn de gegevens verzameld, de temperaturen en het debiet. De start van de warmtelevering was in december 2010, maar deze eerste weken waren nodig om een en ander in te regelen om een goed werkende levering te kunnen realiseren. De toen geregistreerde gegevens zijn niet gebruikt omdat hier allerlei sterke afwijkingen in zaten.

Uiteraard varieert het debiet over dit leidingwerk sterk, tussen de 0 en 150 m³/uur. Als gewerkt zou worden met gemiddelde uurwaarnemingen kan, bij lagere debieten, een groot na-ijl effect optreden omdat over het totale leidingstelsel van ruim 2 kilometer het meer dan een kwartier kan duren voordat het hetzelfde water van de aanvoer bij De Meerlanden weer retour is bij De Meerlanden. Dit betekent dat een gemiddelde temperatuur op meetpunt 1 geen directe relatie meer heeft met de gemiddelde temperatuur op meetpunt 10 omdat deze betrekking hebben op verschillende waterstromen. Om dit na-ijl effect uit te filteren zijn de gemiddelde waarden over 8 uur geregistreerd, dus per dag 4 waarnemingen.

Gedurende de meetperiode zijn er diverse storingen geweest van verschillende opnemers waardoor reeksen waarnemingen niet konden worden gebruikt.

Desondanks zijn er een groot aantal waarnemingen beschikbaar om inzicht te geven in de effectiviteit van de warmtelevering en het regelgedrag en de wijze waarop een en ander nog kan worden verbeterd. Ook kunnen op basis van deze gegevens uitspraken worden gedaan over de effectiviteit van de toepassing van andere leidingmaterialen dan de gebruikelijke stadsverwarmingleidingen.

Bij de start van het project werd aangegeven dat het meten van temperatuurverliezen over kortere leidingtracés moeilijk is omdat, zeker bij hogere debieten, het temperatuurverschil erg klein wordt. Om de nauwkeurigheid zo goed mogelijk te krijgen is gebruik gemaakt van gepaarde temperatuuropnemers, maar desondanks vallen erg kleine temperatuur afwijkingen binnen de meetnauwkeurigheid van de opnemers.

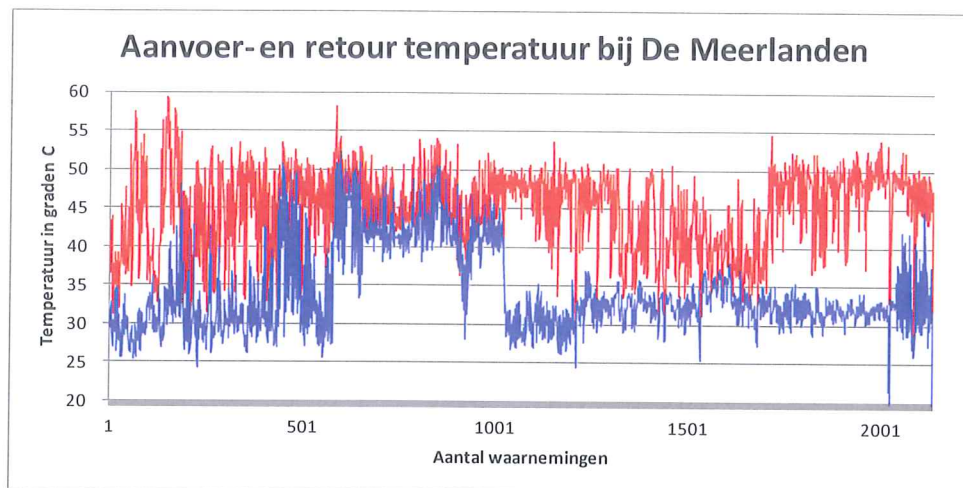
Gedurende de meetperiode zijn een tweetal temperatuuropnemers in de aanvoerleiding uitgevallen, waardoor onbruikbare gegevens werden doorgegeven. Dit heeft tot gevolg dat een groot aantal waarnemingen niet kunnen worden gebruikt voor het uitvoeren van de nodige bewerkingen en berekeningen.

Dit alles betekent dat met deze kennis van de waarde van de metingen gekeken moet worden naar de resultaten.

2 Energielevering

Inmiddels is de nodige ervaring opgedaan met het vergistingsproces en de methode waarop de nacomposteringstunnels het beste kunnen worden gevuld. Hierdoor is het warmte aanbod wat gestabiliseerd. Bovendien zijn een aantal leidingstukken van de composteringstunnels naar het warmtestation inmiddels geïsoleerd. Hierdoor is de aanvoer temperatuur eveneens gestabiliseerd. In september is de regeling van de aanvoer verder aangepast waardoor de retour temperatuur van De Arendshoeve is gedaald en gestabiliseerd.

In onderstaande grafiek staan de aanvoer- en retourtemperatuur over de gehele waarnemingsperiode weergegeven.

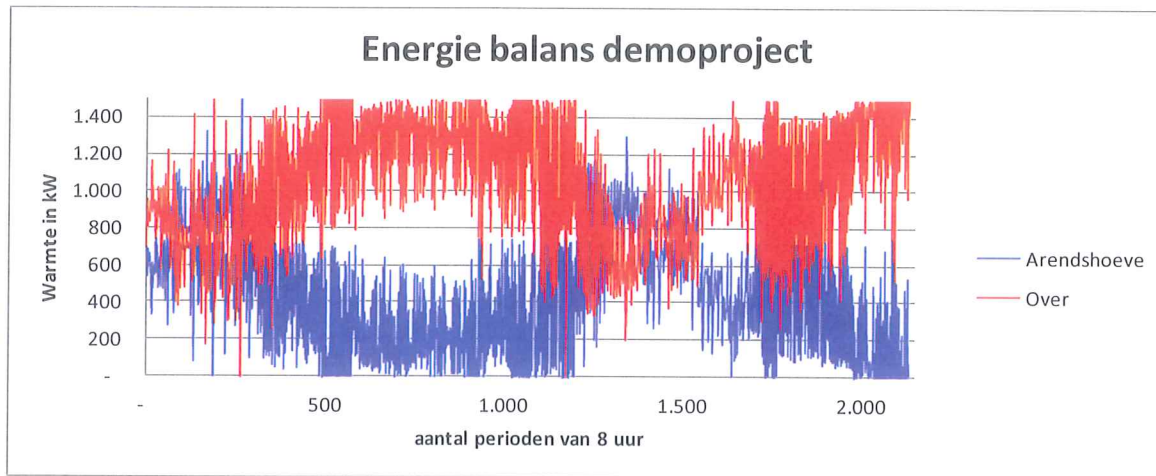


Het glastuinbouwbedrijf en showkas De Arendshoeve betreft momenteel 100% van hun warmtevraag vanuit de warmte levering door De Meerlanden. Dit betekent dat bij iedere warmtevraag van De Arendshoeve vanuit De Meerlanden direct water moet worden geleverd. Dit leidt, zeker in het voor- en najaar tot relatief lage gemiddelde debieten waardoor het regelgedrag van het gehele systeem grillig wordt. Bij volgende bedrijven die aangesloten gaan worden zal dan ook afgesproken worden dat de levering vanuit De Meerlanden zo veel mogelijk als een basislevering wordt ingezet en de resterende vraag en de pieken zoveel mogelijk met de eigen installatie van de kweker worden geleverd.

Om het regelgedrag van de warmtelevering nog verder te verbeteren is het aan te bevelen om bij iedere afnemer aan de secundaire zijde van de warmtewisselaar een kleine buffer van 100 tot 200 m³ in te passen. Hierdoor kan een beperkte hoeveelheid piekvermogen worden geleverd, maar deze is met name bedoeld om te kleine debieten te voorkomen en de temperatuur levering aan de secundaire zijde te stabiliseren voor wat betreft temperatuur van de geleverde warmte.

Vanuit de nacomposteringstunnels kan volcontinue 1.500 kWth aan warmte worden gewonnen. Dit geldt vrijwel als ondergrens omdat op sommige momenten ook meer warmte wordt geproduceerd. In onderstaande figuur is van deze beschikbare hoeveelheid warmte de hoeveelheid aan de Arendshoeve geleverde warmte af getrokken.

In onderstaande figuur is de warmtevraag van De Arendshoeve blauw en de hoeveelheid warmte uit de nacomposteringstunnels die resteert rood aangegeven.



De Arendshoeve heeft volgens deze gegevens circa 31% van de beschikbare 13 miljoen kWh gebruikt. Dit betekent dat jaarlijks nog circa 7 miljoen kWh beschikbaar zijn om aan andere glastuinbouwbedrijven te leveren.

Bovendien is nog circa 200 kWh, met een temperatuur van circa 50°C, beschikbaar vanuit de biogas opwerking installatie. Deze warmte komt vrij door de koeling van het biogas nadat de CO₂ eruit is afgescheiden waarna het gas dan met aardgas kwaliteit aan het net kan worden afgeleverd.

Vanuit de houtgestookte verwarminginstallatie, die warmte levert aan de vergister en de CO₂ afscheidinginstallatie, is niet permanent een warmte overschot beschikbaar omdat de warmtevraag van het gehele systeem sterk afhangt van de buitentemperatuur, de temperatuur van het GFT en de biogasproductie. Verwacht wordt echter dat hieruit gemiddeld nog circa 50 kWh beschikbaar kan komen. Dit betekent op jaarbasis dat nog eens ruim 2 miljoen kWh warmte beschikbaar is.

Er is berekend hoeveel warmte met en zonder buffer kan worden ingezet op basis van een model waarin de uurwaarden van de bedrijven die warmte willen afnemen zijn ingevoerd. Ervan uitgaande dat de totale warmtevraag van de glastuinbouwbedrijven, circa 6 ha, vrijwel net zo groot is als het aanbod van ruim 15 miljoen kWh kan zonder buffer circa 55% van de warmte van De Meerlanden worden geleverd aan de glastuinbouwbedrijven. Bij de inpassing van een buffer van 1.000m³ kan 82% van de geproduceerde warmte worden verkocht.

Naarmate er meer hectaren worden aangesloten zal dit benutting percentage verder nog iets kunnen stijgen.

Over het traject van De Meerlanden naar De Arendshoeve verliest het water uiteraard temperatuur. De temperaturen van de aanvoerleiding bij De Meerlanden en bij de Arendshoeve worden beide gemeten. In deze reeks van 2.144 waarnemingen zitten 55 waarnemingen waarbij het temperatuurverschil negatief werd, dus dat de aanvoer temperatuur lager is bij De Meerlanden dan bij De Arendshoeve. Dit blijken die situaties te zijn waarbij er geen watertransport plaats vond of het debiet heel erg laag is. Deze waarden zijn eruit gefilterd om een goed beeld te krijgen van het temperatuurverlies over het aanvoertraject.

3 Metingen

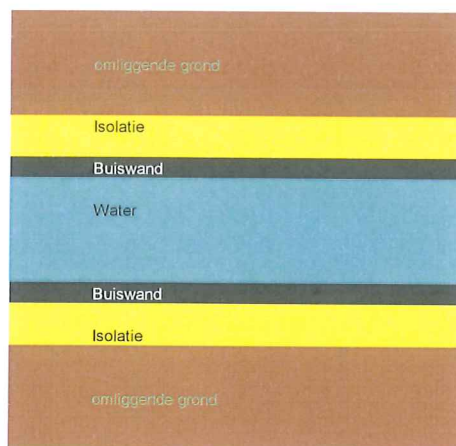
Zoals bekend zijn er in de aanvoerleiding een drietal materialen ingepast, namelijk:

- Stadsverwarmingleiding, geïsoleerd, Ø219 (stalen buis), Ø315 (inclusief isolatie);
- HDPE leiding, met polyurethaan schuim geïsoleerd, Ø 255;
- Ongeïsoleerde HDPE leiding, Ø 255.

De retourleiding bestaat geheel uit ongeïsoleerde HDPE leiding.

Bij alle leidingmateriaal overgangen zijn gepaarde temperatuuroptnemers geplaatst, zowel in de aanvoer- als de retourleiding.

Alvorens over te gaan naar de interpretatie van de meetgegevens nog enige uitleg over het temperatuurverlies over een leiding.



Het warmteverlies, in W/m, over een leiding wordt bepaald door de omgevingstemperatuur van de omliggende grond in °C, de temperatuur van het water in de leiding in °C, de leidingdiameter met en zonder isolatie in mm en de isolatiefactor (deze is afhankelijk van het leidingmateriaal en het isolatiemateriaal) in W/mK.

Van een leiding die in de grond ligt zullen alleen de omgevingstemperatuur en de temperatuur van het medium kunnen variëren. De leidingen bij De Meerlanden liggen in de grond en de temperatuurverschillen in de grond zijn normaliter beperkt. De gemiddelde aanvoertemperatuur vanuit De Meerlanden wordt zoveel mogelijk gehouden op 45 of iets hoger. Dit betekent dat het energieverlies per meter leiding ongeveer hetzelfde is.

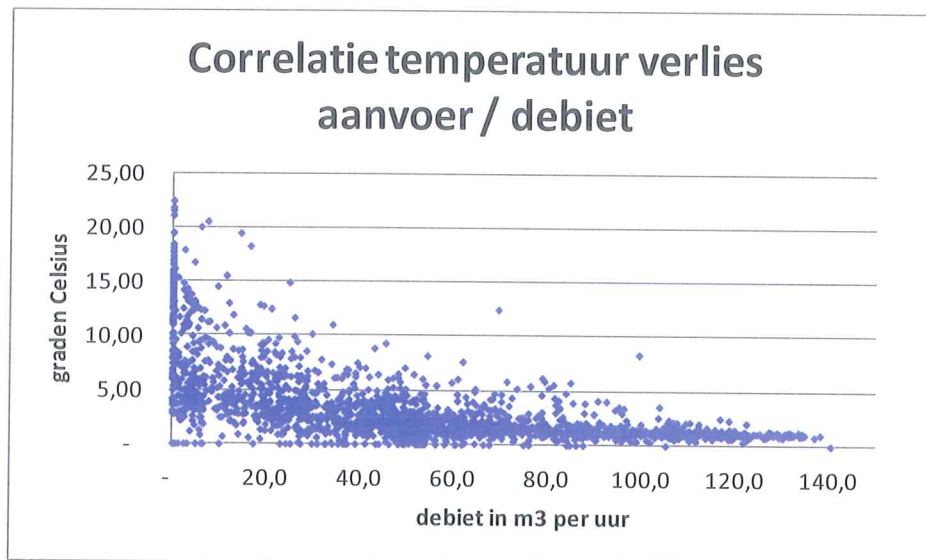
Als het debiet toeneemt zal dus het procentuele temperatuurverlies in de leiding afnemen omdat met de toename van het debiet de hoeveelheid getransporteerde energie groter is en het verlies per meter leiding gelijk blijft.

Het energieverlies per meter leiding zal naar 0 dalen indien de omgevingstemperatuur en de temperatuur van de omliggende grond in de leiding elkaar in hoogte benaderen en het energieverlies zal toenemen naarmate het temperatuurverschil tussen de bodem en de omliggende grond groter is.

Als de meetgegevens worden bestudeerd blijkt dat op diverse momenten het temperatuurverschil tussen de aanvoer bij De Meerlanden en de aanvoertemperatuur bij De Arendshoeve hoog te zijn, tot wel 20°C. Over de gehele meetperiode bedraagt het gemiddelde verschil echter circa 2,78°C.

In onderstaande figuur is uitgezet het temperatuurverlies over het traject De Meerlanden naar de Arendshoeve tegen de bijbehorende debiet in m³/uur. Het is duidelijk dat naarmate het debiet toeneemt het temperatuurverlies kleiner wordt.

In onderstaand figuur is weergegeven de correlatie tussen het debiet en temperatuurverlies over de hele aanvoerleiding.



Het zal duidelijk zijn dat bij een debiet boven de 100 m³/uur het temperatuurverlies over de gehele aanvoerleiding terugloopt naar gemiddeld 1°C. Als deze leiding geheel als stadsverwarming zou zijn uitgevoerd zal dit verlies nog een paar tiende graad kleiner zijn. Hoe kleiner het debiet hoe groter het temperatuurverlies over de aanvoer.

Als bij de afnemer een aan de secundaire zijde van de warmtewisselaar een buffer wordt ingepast van 100 tot 200m³ zal het regelgedrag van de levering verbeteren en tevens te kleine debieten kunnen worden voorkomen en het temperatuurverlies worden beperkt.

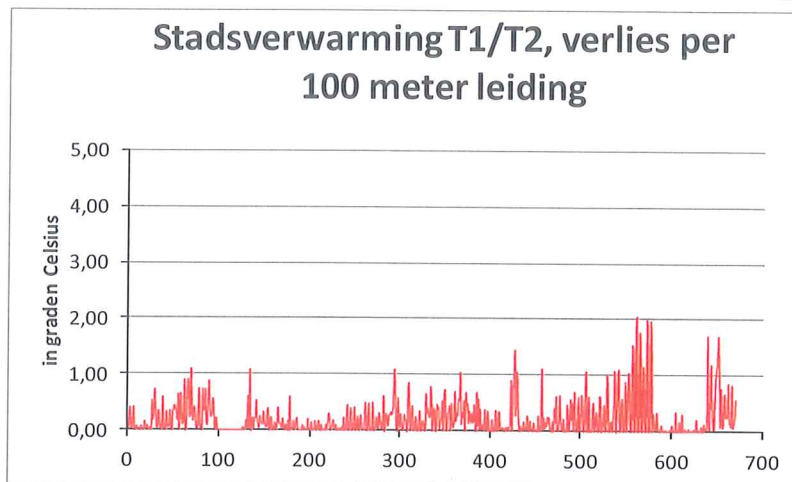
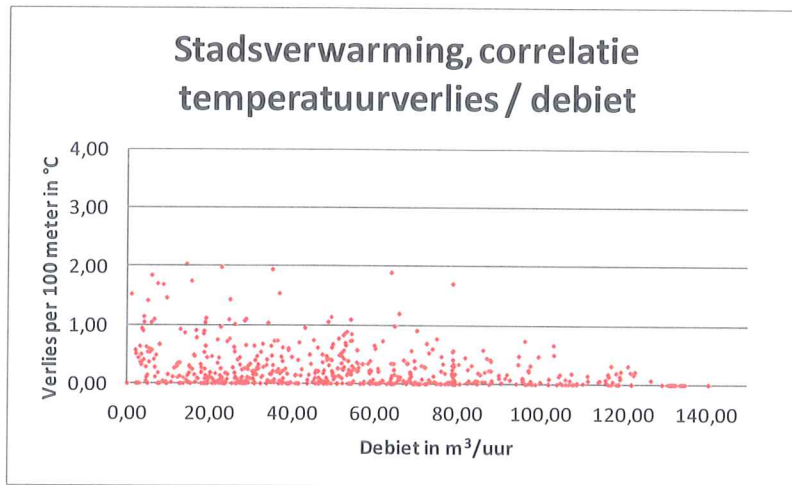
In onderstaande tabel staat weergegeven hoe het temperatuur verlies over de hele aanvoerleiding gemiddeld kan worden beperkt als lagere debieten worden voorkomen.

	Situatie	Temperatuur verlies gemiddeld
1	Gemiddeld over alle waarnemingen	2,78°C
2	Debiet groter dan 20 m3/uur	2,13°C
3	Debiet groter dan 40 m3/uur	1,78°C
4	Debiet groter dan 60 m3/uur	1,59°C

De uitgevoerde metingen zijn tevens bedoeld om een beeld te krijgen of voor het transport van laagwaardige warmte andere leiding typen kunnen worden gebruikt. Met name wordt hiervoor gekeken naar de temperatuurverliezen over de verschillende leidingen om te kunnen berekenen of de hoeveelheid warmte die op een dergelijk traject wordt verloren opweegt tegen de beperking van de investeringlasten.

Hiervoor is per leidingdeel berekend wat het gemiddelde temperatuurverlies is over een leidinglengte van 100 meter. Om dit te visualiseren zijn telkens per type leiding een tweetal grafieken gemaakt:

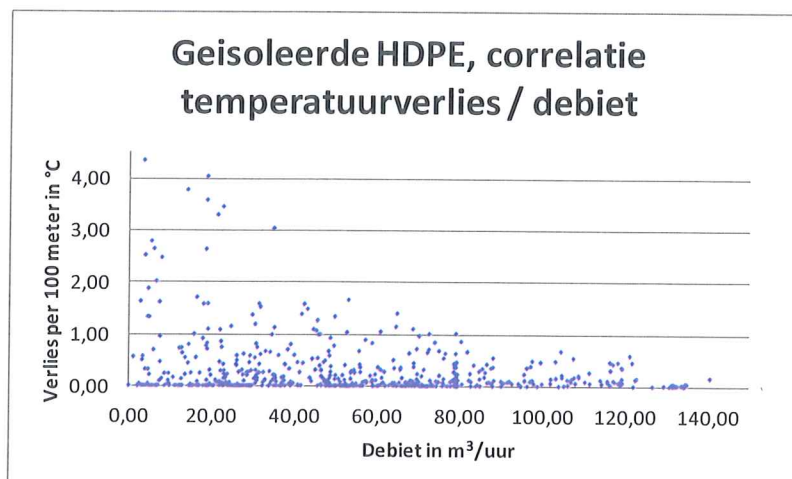
- 1 een correlatie tussen het debiet, in m³/uur, en het temperatuurverlies in °C;
- 2 de temperatuurverliezen, in °C, uitgezet tegen de tijd, in perioden van 8 uur.

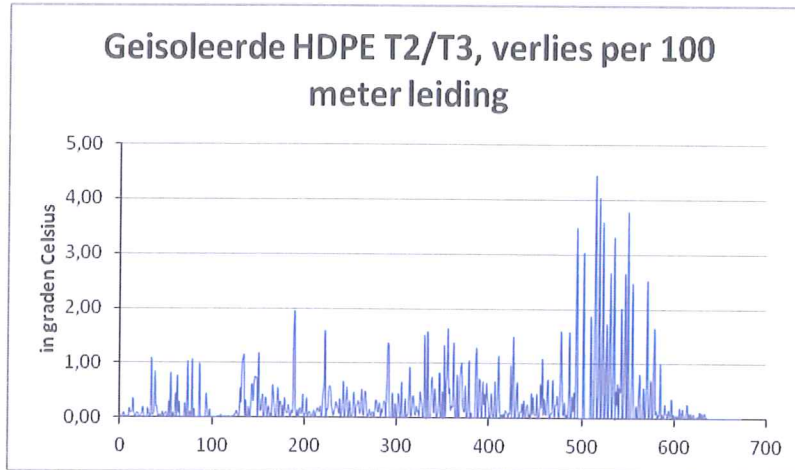


Gemiddelde verlies per 100 meter leiding is 0,31°C, na uitfiltering waarden > 1,5 ° is 0,28°C, verloren warmte per 100 meter is, uitgaande van een gemiddelde debiet van, 54 m³/uur, 63 MJ per uur.

Het totale verlies per jaar is 8.760 * 63 MJ is 551.880 MJ, dit is 17.436 m³ ae, verlies per jaar per 100 meter. Dit lijkt erg veel maar ter relativering het volgende: als met 54 m³/uur en een ΔT van 15°C warmte wordt geleverd wordt per uur 3320 MJ geleverd en bedraagt het verlies dus slechts 1,8% van de geleverde warmte.

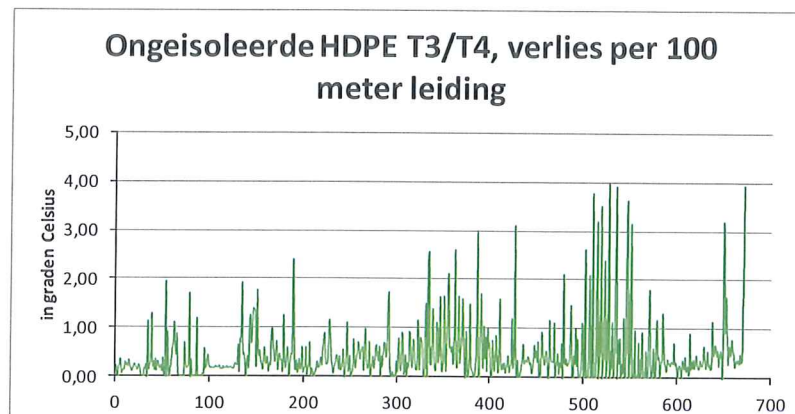
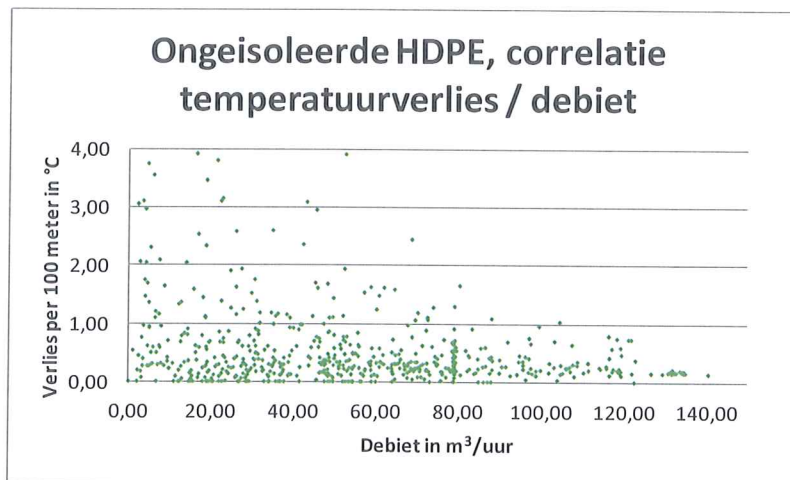
Uitgaande van een verloren opbrengst van € 0,17 per m³ ae betekent dit een verlies per jaar per 100 meter van € 2.964.





Gemiddelde verlies per 100 meter leiding is 0,41°C, na uitfiltering waarden > 1,5 ° is 0,31°C, verloren warmte per 100 meter is, uitgaande van een gemiddelde debiet van, 54 m³/uur, 70 MJ per uur. Het totale verlies per jaar is 8.760 * 70MJ is 613.200 MJ, dit is 19.374 m³ ae, verlies per jaar per 100 meter.

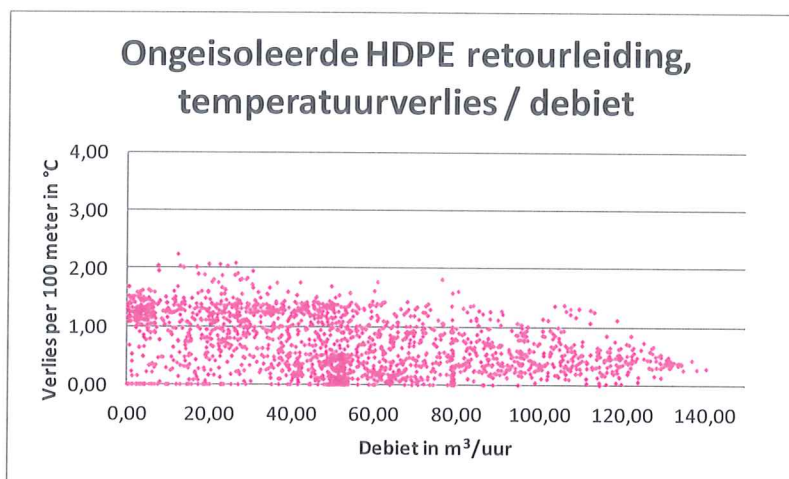
Uitgaande van een verloren opbrengst van € 0,17 per m³ ae betekent dit een verlies per jaar per 100 meter van € 3.294.



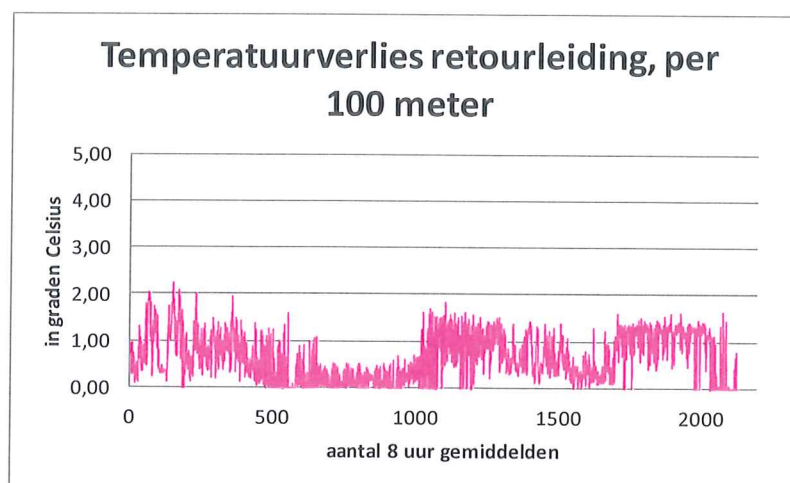
Gemiddelde verlies per 100 meter leiding is 0,56°C, na uitfiltering waarden $> 1,5$ ° is 0,41°C, verloren warmte per 100 meter is, uitgaande van een gemiddelde debiet van, 54 m³/uur, 93 MJ per uur. Het totale verlies per jaar is 8.760 * 93MJ is 814.680 MJ, dit is 25.740 m³ ae, verlies per jaar per 100 meter. Uitgaande van een verloren opbrengst van € 0,17 per m³ ae betekent dit een verlies per jaar per 100 meter van € 4.376.

3.1 Retourleiding

Omdat in de retourleiding geen temperaturopnemers zijn uitgevallen zijn er meer gegevens beschikbaar. Hierdoor kan het komen dat het gemiddelde temperatuurverlies over 100 meter ongeïsoleerde retourleiding groter is dan dat over het ongeïsoleerde deel van de aanvoerleiding, wat, gezien de hogere aanvoertemperatuur, fysisch gezien onmogelijk is.



Uit deze correlatie blijkt dat voor de retourleiding de relatie tussen het temperatuurverlies en het debiet beduidend lager is dan van de aanvoerleiding.





Gemiddelde verlies per 100 meter leiding is $0,61^{\circ}\text{C}$, na uitfiltering waarden $> 1,5^{\circ}$ is $0,47^{\circ}\text{C}$, verloren warmte per 100 meter is, uitgaande van een gemiddelde debiet van, $54 \text{ m}^3/\text{uur}$, 106 MJ per uur.

Het totale verlies per jaar is $8.760 * 106 \text{ MJ}$ is 930.890 MJ , dit is 29.400 m^3 ae, verlies per jaar per 100 meter.

Uitgaande van een verloren opbrengst van $\text{€ } 0,17$ per m^3 ae betekent dit een verlies aan inkomsten per jaar per 100 meter van $\text{€ } 5.000$.

Op basis van deze gegevens zou gezegd kunnen worden dat het zinvol is om ook de retourleiding als stadsverwarmingleiding uit te voeren in plaats van deze ongeïsoleerde HDPE leiding. Dit hangt echter af van de wijze waarop de warmtevoorziening inwerkt op de procesgang van de warmteleverancier.

In dit geval praten we over een situatie waarbij het retourwater via een warmtewisselaar in de luchtstroom van de nacomposteringstunnels weer wordt opgewarmd. Als de retourtemperatuur lager is kan meer gebruik worden gemaakt van de condensatiewarmte.

Bovendien is de situatie op dit moment zo dat vrijwel het gehele jaar warmte overblijft. Maar ook als er meer bedrijven worden aangesloten worden zal het rendement van de warmte overdracht in de warmtewisselaar bij De Meerlanden niet negatief worden beïnvloed door een geringe uitkoeling ten gevolge van de keuze voor een ongeïsoleerde HDPE leiding.

4 Kosten

Van de aannemer is een opgave ontvangen van de kostprijs van de leidingen per 100 meter. Hierbij moet aangetekend worden dat dit de kosten betreft van de leidingen, inclusief legkosten, zoals deze binnen dit demo project zijn aangelegd, maar exclusief de kosten voor boringen ed.

In onderstaand overzicht van de kosten per 100 meter leiding staan tevens de kapitaallasten per jaar vermeld op basis van een afschrijving in 25 jaar en een rente van 5,5%, annuïteit 0,0745.

Stadsverwarmingleiding, geïsoleerd, Ø219: € 9.499, kapitaallasten € 707,68

HDPE leiding met polyurethaan isolatie, Ø250: € 7.280, kapitaallasten € 542,36

Dit is € 2.219 minder dan de stadsverwarming leiding.

HDPE leiding ongeïsoleerd: Ø250: € 6.100, kapitaallasten € 454,45

Dit is € 3.399 minder dan de stadsverwarming leiding.

In onderstaande tabel wordt de berekening aangegeven of het, volgens de hier verkregen meetgegevens, interessant is om goedkoper leiding materiaal toe te passen. Hiervoor worden de besparing van de jaarkosten, kapitaallasten inclusief 2% onderhoud, berekend ten opzichte van stadsverwarmingleiding.

Vervolgens wordt het ontstane verlies berekend ten opzichte van het verlies veroorzaakt door het gebruik van stadsverwarmingleidingen.

Tenslotte wordt berekend of de andere leidingmaterialen leiden tot een financiële besparing of een verlies. Voor de berekening van dit verlies is gerekend met een kostprijs van de geleverde lage temperatuur warmte van € 0,17 per m³ ae.

Aangegeven zijn de kosten en verliezen per 100 meter leiding.

	Kapitaallasten, inclusief 2% onderhoud	Minder kosten per jaar dan 1	Verlies aan opbrengst per jaar	Verlies in opbrengst, meer dan 1	Minder kosten minus verlies is opbrengst
1 Stadsverwarming leiding	€ 897	€ 0	€ 2.964	€ 0	
2 Geïsoleerde HDPE leiding	€ 687	€ 210	€ 3.294	€ 330	€ -119
3 Ongeïsoleerde HDPE leiding	€ 576	€ 320	€ 4.376	€ 1.412	€ -1.092

Het extra verlies aan energie, en hierdoor het verlies aan verkoopbare warmte, is in de HDPE leidingen, geïsoleerd en ongeïsoleerd, zo groot dat dit niet wordt goed gemaakt door de verminderde investeringslasten.

Een omslag wordt pas bereikt bij een warmtekostprijs van €0,10 per m³ ae bij deze prijs of lager is het zinvol om goedkoper leidingmateriaal toe te passen.

Wel is waar treedt in de ongeïsoleerde retourleiding een groter temperatuurverlies op doordat ongeïsoleerde HDPE is gebruikt, echter dit temperatuurverlies heeft geen invloed op de levering van de warmte bij de klant. Bij de invoer van deze retourwarmte in de warmtewisselaar zal de temperatuur circa 2 graden lager zijn dan wanneer een geïsoleerde stadsverwarmingleiding wordt gebruikt.

5 Conclusies

- 1 Om de regeling van de warmtelevering te optimaliseren verdient het aanbeveling om een buffer toe te passen. Hiermee kan meer warmte capaciteit worden geleverd aan afnemers dan de productiecapaciteit van De Meerlanden groot is. Deze buffer kan staan bij De Meerlanden of elders in het warmwater circuit. Om de volledige warmteproductie van De Meerlanden optimaal te kunnen benutten wordt een buffer van circa 1.000m³ aanbevolen.
- 2 Als warmte geleverd gaat worden aan meer glastuinbouwbedrijven zal een buffer moeten worden geplaatst aan de secundaire zijde van de warmtewisselaar om het regelgedrag van de levering te verbeteren en de leveringstemperatuur te stabiliseren. Deze buffers zijn beperkt in omvang, 100 tot 200 m³.
- 3 Om de flexibiliteit van de levering te vergroten en het risico, van niet of onvoldoende te kunnen leveren, te verkleinen zal voor nieuw aan te sluiten bedrijven de afspraak worden gemaakt dat de te leveren lage temperatuur warmte zoveel mogelijk als basislast wordt gebruikt en het overige deel van de warmtevraag door de eigen installatie van de kweker wordt geproduceerd.
- 4 De toepassing van zowel geïsoleerde als ongeïsoleerde HDPE is, ook bij het gebruik van lagere water temperaturen zoals hier, 45°C, economisch niet interessant. In het vervolg van dit project zal daarom voor de aanvoerleiding stadsverwarming leiding worden toegepast.
- 5 Het gebruik van andere leidingmaterialen wordt pas interessant als de warmte kostprijs lager wordt dan €0,10 per m³ ae.
- 6 De retourleiding kan wel in HDPE worden uitgevoerd omdat de procesgang niet negatief wordt beïnvloed als hierdoor een, beperkt, lagere retourtemperatuur wordt gerealiseerd.