

# Haalbaarheidsstudie TEO, TED en geothermie-retour

Vruchtenbuurt in Den Haag





**Datum** 28 juni 2018

**Referentie** 68166/BaS/20180628

**Betreft** Haalbaarheidsstudie TEO, TED en geothermie-retour - Vruchtenbuurt in Den Haag

**Behandeld door** de heer F. Niewold

**Gecontroleerd door** de heer B. Scholten en de heer R. Dirx

**Vrijgegeven door** de heer R. Dirx

**Versienummer** Concept 2

#### **OPDRACHTGEVER**

Dunea

de heer E. Hekhuizen

Postbus 756

2700 AT Zoetermeer

T 088 - 347 53 97

e.hekhuizen@dunea.nl

## INHOUDSOPGAVE

<b>1 Samenvatting</b>	<b>5</b>
1.1 Uitgangspunten wijk	5
1.2 Warmtebronnen en energetische haalbaarheid	5
1.3 Financiële haalbaarheid	6
1.4 Conclusie en vervolg	7
<b>2 Inleiding</b>	<b>8</b>
2.1 Achtergrond en doelstellingen	8
2.2 Plan van Aanpak	8
2.2.1 Inventarisatie uitgangspunten	8
2.2.2 Quickscan energieconcepten	9
2.2.3 Financiële analyse	9
2.3 Leeswijzer	9
<b>3 Inventarisatie</b>	<b>10</b>
3.1 Stakeholderanalyse	10
3.2 Kenmerken Gebied en gebouwen	11
3.2.1 Gebied	11
3.2.2 Gebouwen	13
3.3 Kenmerken energieverbruik voor warmtelevering en tapwater	16
<b>4 Quickscan</b>	<b>20</b>
4.1 Quickscan WKO	20
4.1.1 Bodemopbouw	20
4.1.2 Geohydrologie	20
4.1.3 Concept	21
4.2 Quickscan TEO	22
4.2.1 Eigenschappen oppervlaktewater	22
4.2.2 Productie locatie en concept TEO-systeem	24
4.2.3 Energetische potentie en randvoorwaarden TEO in de Vruchtenbuurt	26
4.3 Quickscan TED	28
4.3.1 Eigenschappen rivierwater	28
4.3.2 Productie locatie en concept TED	29
4.3.3 Energetische potentie en randvoorwaarden TED in de Vruchtenbuurt	30
4.4 Quickscan geothermie-retour	32
4.4.1 Eigenschappen geothermie-retour	33
4.4.2 Productie locatie en concept geothermie-retour	33
4.4.3 Energetische potentie en randvoorwaarden geothermie-retour in de Vruchtenbuurt	34
4.5 Samenvatting quickscan	36
<b>5 Business case</b>	<b>37</b>
5.1 Methode	37

5.2 Energetische Uitgangspunten	37
5.3 Financiële analyse	39
5.3.1 Uitgangspunten financiële analyse	39
5.3.2 CAPEX, OPEX, omzet en eenmalige inkomsten en subsidies	40
5.3.3 Resultaat financiële analyse	41
5.4 Conclusie	43
<b>6 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>44</b>
6.1 energetische haalbaarheid	44
6.2 Financiële haalbaarheid	44
6.3 Aanbevelingen	45
<b>7 Afkortingen</b>	<b>47</b>



# 1 Samenvatting

Deze haalbaarheidsstudie is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de technische en financiële haalbaarheid van een duurzame collectieve warmtevoorziening in de wijk Vruchtenbuurt in Den Haag.

## 1.1 UITGANGSPUNTEN WIJK

In Figuur 1.1 is de wijk Vruchtenbuurt weergegeven binnen de gele polygoon. De Vruchtenbuurt wordt gekarakteriseerd als een jaren 20/30 wijk met een mix van voornamelijk grondgebonden woningen, appartementen en portiekflats. Daarnaast bevat de Vruchtenbuurt een kleinschalig winkelgebied en een klein aantal utiliteitsgebouwen (onderwijs). In de huidige studie ligt de demarcatie van de Vruchtenbuurt op de Thorbeckelaan, Laan van Meerdervoort, Laan van Eik en Duinen, Mient, Kamperfoeliestraat en Oude Haagweg. Het totale gasverbruik van de kleinverbruiksaansluitingen in dit gebied was in 2017 circa 7,2 miljoen Nm<sup>3</sup>/jaar voor ongeveer 4.700 aansluitingen (Bron: Stedin, <https://www.stedin.net/zakelijk/open-data/verbruiksgegevens>). Dit komt neer op een gemiddelde warmtebehoefte van ongeveer 1.550 Nm<sup>3</sup>/jaar gas of 50 GJ<sub>th</sub>/jaar per aansluiting. De spreiding per aansluiting is echter groot aangezien er zowel grondgebonden woningen van ruim 200 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak als appartementen van een klein 50 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak aanwezig zijn.



Figuur 1.1 | De wijk Vruchtenbuurt in Den Haag. Bron: Google Earth.

## 1.2 WARMTEBRONNEN EN ENERGETISCHE HAALBAARHEID

In deze studie zijn 3 varianten onderzocht voor warmteproductie: TEO, thermische energie uit rivierwater (TED) en geothermie-retour.

### TEO

TEO staat voor thermische energie uit oppervlaktewater. In het oosten van de wijk Vruchtenbuurt is het Mient-Circuit gesitueerd. Daarnaast lopen er kanalen langs de Valkenboskade en de Loosduinsekade. De huidige inrichting van het Mient-Circuit en de omliggende oppervlaktewatersystemen en kunstwerken bevatten de capaciteit om meer dan 500 woningen aan te sluiten op basis van het huidige gasverbruik.

### Thermische energie uit rivierwater (TED)

TED staat voor thermische energie uit drinkwater. In dit geval is de term niet volledig dekkend is omdat het hier gaat om voorgezuiverd rivierwater dat in de duinen wordt geïnfiltrerd om drinkwater mee te maken. De rivierwaterleiding van Dunea ten noordwesten van de Vruchtenbuurt de warmtebron. Rivierwater met een gemiddeld debiet van 900 m<sup>3</sup>/h en een gemiddelde temperatuur van tussen de 5 - 22 °C stroomt door de leiding. Bij een  $\Delta T$  van 6 °C en een benutting van het volledige debiet zouden er ruim 1.500 woningen aangesloten kunnen worden op basis van het huidige gasverbruik. Aanvullend studie is wel vereist om de effecten in het duingebied te onderzoeken bij het afkoelen van rivierwater.

### Geothermie-retour

De geothermie-retourleiding is onderdeel van het aardwarmte doublet en de bijbehorende bovengrondse geothermische installatie HAL. Het water in de retourleiding met een temperatuur van circa 55 °C en een debiet van 150 m<sup>3</sup>/h is een potentiële warmtebron voor de warmtelevering in de Vruchtenbuurt. Bij uitkoppeling van warmte met een  $\Delta T$  van 35 °C kunnen er ruim 1100 woningen worden aangesloten op basis van het huidige gasverbruik.

## 1.3 FINANCIËLE HAALBAARHEID

Op basis van de energetische en financiële uitgangspunten en randvoorwaarden beschreven in hoofdstuk 3, 4 en 5 is de financiële haalbaarheid onderzocht van de 3 varianten: TEO, TED en geothermie-retour voor aansluiting van circa 500 - 600 woningen. De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in Tabel 1.1. TEO en TED zijn op basis van de uitgangspunten in de huidige studie haalbaar (IRI > 0). Geothermie-retour is in die zin niet haalbaar (IRI < 0) maar in deze case zijn nog diverse optimalisaties mogelijk (tracé uitwerking en GJ tarief).

Tabel 1.1 | Resultaat financiële analyse voor de 3 varianten TEO, TED en geothermie-retour.

Parameter	Eenheid	TEO	TED	Geothermie-retour
Projectrendement (IRR)	%			
Vereist projectrendement (RRR)	%			
Projectlooptijd	jaar	30	30	30
Netto contante waarde (NPV)	€			

Bij dit resultaat moet expliciet vermeld worden dat de volledige BZK-subsidie van 8.500 €/woning en een aansluitbijdrage (BAK) van 2.500 €/woning is meegenomen als eenmalige inkomsten. Investeringskosten van eventuele isolerende maatregelen zijn niet meegenomen in de financiële analyse.

#### 1.4 CONCLUSIE EN VERVOLG

Vanuit energetisch oogpunt hebben thermische energie uit rivierwater en geothermie-retour een grotere potentiële aansluitcapaciteit van TEO. Er zal wel aanvullend onderzoek moeten plaatsvinden om de potentiële capaciteit van thermische energie uit rivierwater en geothermie-retour te kunnen garanderen.

Aan de hand van de huidige uitgangspunten in deze haalbaarheidsstudie lijken TEO en thermische energie uit rivierwater het meest interessant vanuit financieel oogpunt. Geothermie-retour wordt niet haalbaar geacht uitgaande van de huidige uitgangspunten. Specifiek bij geothermie-retour is de invoedprijs van warmte op de leiding van HAL naar de technische ruimte 3 €/GJ. Dit is een gevoelige parameter in de OPEX van de producent. Indien er de mogelijkheid is tot onderhandeling in de prijs, bestaat de kans dat geothermie-retour wel haalbaar wordt. Daarnaast hebben de investeringskosten in de transportleidingen van de HAL naar de Vruchtenbuurt een grote invloed op het projectrendement. De verwachting is dat bij een opschaling van de warmtebehoefte (tot 1100 woningen) en het aantal aansluitingen en een lagere invoedprijs het projectrendement toeneemt. Daarbij dient wel de kanttekening gemaakt te worden dat bij een opschaling van de warmtebehoefte, de kosten van het warmtenet naar alle waarschijnlijk zal toenemen. Dit is niet onderzocht in de huidige haalbaarheidsstudie.

## 2 Inleiding

### 2.1 ACHTERGROND EN DOELSTELLINGEN

In 2016 is een werkgroep in de Vruchtenbuurt gestart met een project rondom duurzame warmte. Warm in de Wijk is een bewonersinitiatief om de Vruchtenbuurt in Den Haag van het aardgas af te krijgen en over te laten stappen op duurzame warmte. Een duurzame collectieve warmtevoorziening is hierbij een mogelijkheid. Eén van de activiteiten is het ontwikkelen van een koplopersproject, waarbij een eerste deel van de wijk (500 huishoudens) van het gas af gaat. Het bewonersinitiatief wil het koplopersproject indienen om in aanmerking te komen voor de BZK-subsidie “aardgasvrije wijken”.

Naar aanleiding van het overleg van d.d. 20 februari 2018 is afgesproken om de haalbaarheid te vergelijken van drie varianten voor een duurzame collectieve warmtevoorziening:

1. thermische energie uit oppervlaktewater (TEO);
2. thermische energie uit rivierwater (TED)\*;
3. warmte uit de retour van geothermie (geothermie-retour).

\*TED staat voor thermische energie uit drinkwater. In dit geval is de term niet volledig dekkend is omdat het hier gaat om voorgezuiverd rivierwater dat in de duinen wordt geïnfiltrerd om drinkwater mee te maken.

Belangrijke vragen zijn hierbij: kan en mag een bodemenergiesysteem (WKO) gerealiseerd worden op de projectlocatie? En wat zijn de randvoorwaarden voor TED, TEO en het aansluiten op de retour van geothermie? Wat is de energetische en financiële haalbaarheid van TEO, TED en geothermie-retour.

### 2.2 PLAN VAN AANPAK

#### 2.2.1 Inventarisatie uitgangspunten

Met de inventarisatie zullen de benodigde gegevens bij de diverse relevante stakeholders worden opgehaald. Hierbij zal het schetsontwerp en de kosten van het warmtenet (van opwekker tot en met de afnemers, inclusief afgiftesets in de woningen) aangeleverd worden door Alliander DGO. Vervolgens zullen de energieconcepten worden opgesteld voor de drie varianten waarbij de bodempotentie van de WKO als voorwaarde zal worden meegenomen in de varianten met TEO en TED.

Verder worden de gebiedskenmerken geïnventariseerd bij de gemeente, waterschap, provincie en andere belanghebbenden. Belangrijke gegevens zijn:

- kenmerken watersysteem en/of kunstwerk (gemaal);
- bodemopbouw en omgevingsbelangen grondwater;
- identificeren potentiële afnemers energie (warmte en/of koude);
- inventarisatie huidige/toekomstige energievraag beoogde afnemers;
- eigenschappen TEO, TED en geothermie retour;
- uitgangspunten financiële analyse.



### 2.2.2 Quickscan energieconcepten

Op basis van de inventarisatie van de uitgangspunten worden de energetische concepten voor de 3 varianten opgesteld. Het initiële uitgangspunt is dat 500 woningen worden aangesloten op een duurzame warmtebron. Hierbij worden de kenmerken van de wijk gekoppeld aan de locatie van de duurzame warmtebron. In de energieconcepten komt de energievraag van de afnemers en de potentie en capaciteit van de duurzame bron samen. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat er een warmteverlies van het warmtenet ingecalculeerd wordt om de daadwerkelijk benodigde energiebehoefte en capaciteit van de duurzame bron in te kunnen schatten en zo de haalbaarheid te kunnen verifiëren.

### 2.2.3 Financiële analyse

In de financiële analyse worden de kosten en baten voor de verschillende varianten (CAPEX, OPEX en omzet) inzichtelijk gemaakt op haalbaarheidsniveau met een nauwkeurigheid van +/- 20% om de total cost of ownership (TCO) te bepalen. Dit met uitzondering van het warmtenet, hierbij wordt een nauwkeurigheid van -30 /+75% aangehouden volgens opgaven Alliander. Hieruit volgt uiteindelijk een project rendement (IRR), netto contante waarde (NCW) en verdisconteerde terugverdiensijd (VTVT).

## 2.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 1 is de samenvatting van dit rapport gegeven. Hoofdstuk 2 beschrijft de achtergrond, doelstellingen en plan van aanpak van het haalbaarheidsonderzoek. Hoofdstuk 3 geeft de inventarisatie van de uitgangspunten voor de Vruchtenbuurt weer. In dit hoofdstuk worden alle belangrijke gegevens benodigd voor de quickscan en de business case beschreven. De Quickscan voor WKO, TEO, TED en geothermie-retour worden gepresenteerd in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de financiële analyse van de 3 systemen. In hoofdstuk 6 zijn de conclusies en aanbevelingen weergegeven.

## 3 Inventarisatie

### 3.1 STAKEHOLDERANALYSE

#### **Woningbezitters, huurders en Vereniging van Eigenaars (VvE)**

Het is belangrijk dat de manier en inpassing van warmtelevering overeenkomt met de wensen en eisen van de gebouweigenaren en de inpasbaarheid in de woningen. De VvE zorgt voor de gemeenschappelijke belangen van de eigenaren van de appartementen.

#### **Alliander Duurzame Gebiedsontwikkeling (DGO)**

Alliander DGO is in 2013 opgericht, als dochteronderneming van netwerkbedrijf Alliander, met als doel open netwerken te realiseren voor transport en distributie van duurzame en lokale energie. Alliander DGO heeft als partner bij het project Warm in de Wijk input geleverd aan deze studie.

#### **Stedin**

Stedin is een regionale netbeheerder van het stroomnetwerk en gasnetwerk van Den Haag. Stedin kan de rol als netbeheerder van het warmtenet in de vruchtenbuurt op zich nemen.

#### **Dunea**

Dunea produceert en levert aan circa 1,3 miljoen klanten drinkwater in het westelijk deel van Zuid-Holland. Dunea is eigenaar van de rivierwaterleiding die langs de Vruchtenbuurt loopt. De rivierwaterleiding is een potentiële warmtebron voor de warmtelevering in de Vruchtenbuurt.

#### **Haagse aardwarmtecentrale Leyweg (HAL)**

HAL is een bedrijf opgericht ten behoeve van de herontwikkeling en het langjarig beheren van het aardwarmte doublet en de bijbehorende bovengrondse geothermische installatie. De aandeelhouders van HAL zijn Hydreco Geomec B.V., Perpetuum Energy Partners B.V. en het Energiefonds Den Haag. Het water in de retourleiding is een potentiële warmtebron voor de warmtelevering in de Vruchtenbuurt.

#### **Hoogheemraadschap van Delfland**

Hoogheemraadschap van Delfland is verantwoordelijk voor het kwalitatieve en kwantitatieve beheer van het regionale oppervlaktewater in Den Haag. Voor het brengen van water in of het onttrekken van water uit een oppervlaktewaterlichaam is het waterschap bevoegd gezag voor eventuele vergunningverlening. Het oppervlaktewater in onder andere het Mient-Circuit is een potentiële warmtebron voor de warmtelevering in de Vruchtenbuurt.

#### **Provincie Zuid-Holland**

De gedeputeerde staten van de provincie Noord-Brabant is volgens artikel 6.4 van de Waterwet bevoegd gezag voor grondwateronttrekkingen en infiltraties ten behoeve van bodemenergiesystemen, zoals warmte- en koude opslagsystemen. In het geval van een koppeling met de rivierwaterleiding (TED) of oppervlaktewater (TEO) is een WKO-systeem nodig om de warmte op te slaan.

### Gemeente Den Haag

De gemeente is regievoerder van de energietransitie van de stad en faciliteert in dit onderzoek. Daarnaast is de gemeente Den Haag eigenaar en bevoegd gezag van de openbare ruimte. Bij de realisatie van het project zijn voorzieningen in de openbare ruimte nodig (kabels, leidingen, inlaat en uitlaatwerk en bronnen), waar de gemeente bevoegd gezag is.

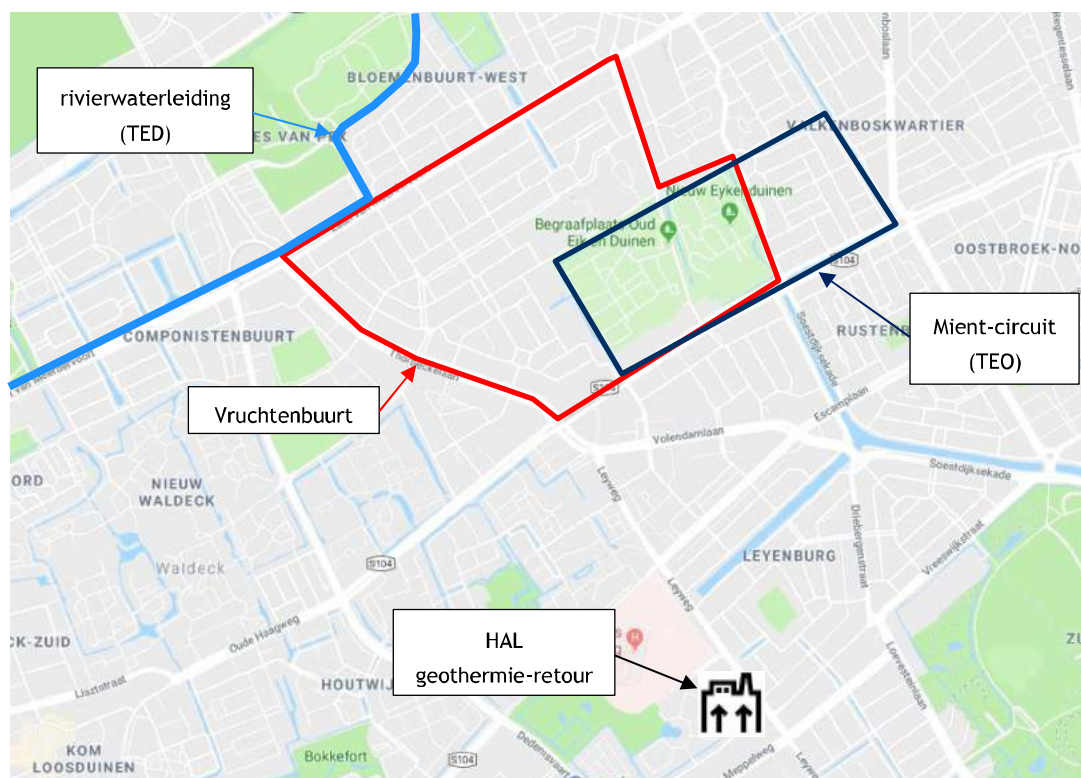
### IF Technology

IF Technology is gespecialiseerd in het ontwerpen, toepassen, realiseren en beheren van projecten met bodemenergie, geothermie en energie uit oppervlaktewater. In deze hoedanigheid voert IF Technology de huidige haalbaarheidsstudie TEO, TED en geothermie-retour voor de Vruchtenbuurt in Den Haag uit.

## 3.2 KENMERKEN GEBIED EN GEBOUWEN

### 3.2.1 Gebied

De Vruchtenbuurt is een wijk in Den Haag, die bestaat uit de buurten Vruchtenbuurt en Eykenduynen (zie Figuur 3.1). Aan de oostkant van de wijk is het meeste oppervlaktewater te vinden, waaronder het Mient-Circuit. Ten noordwesten van de wijk loopt een rivierwaterleiding van Dunea langs de Vruchtenbuurt. De centrale van de Haagse Aardwarmte Leyweg (HAL) ligt op ~1.200 m ten zuiden van de Vruchtenbuurt.



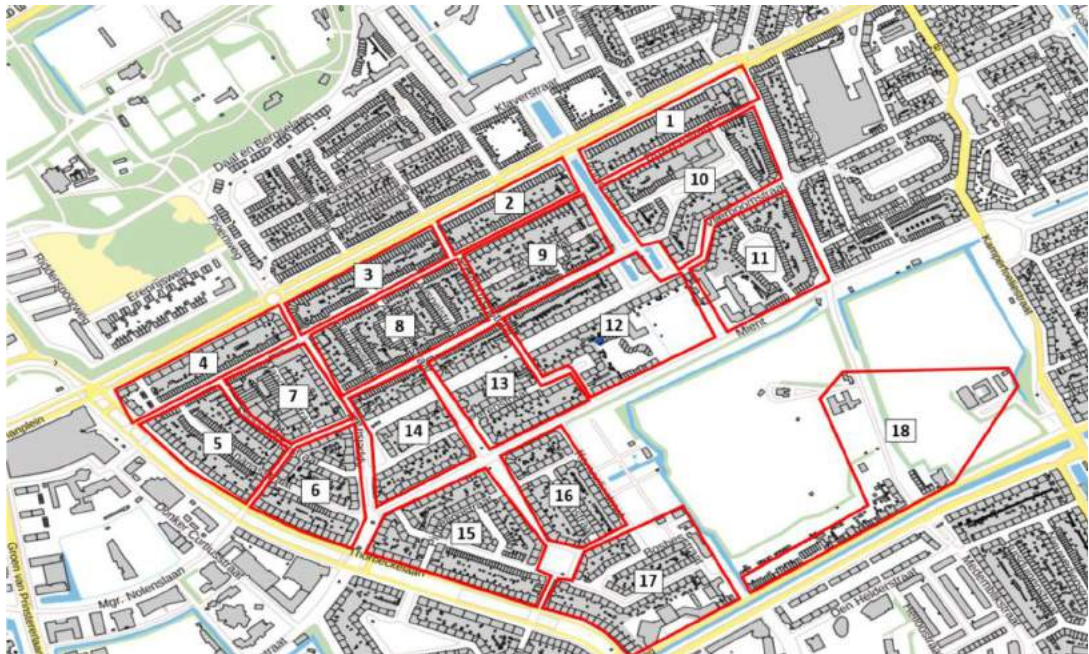
Figuur 3.1 | Plattegrond Vruchtenbuurt met het oppervlak van de wijk in de rode polygoon. De locaties van de 3 potentiële warmtebronnen TEO, TED en geothermie-retour bevinden zich ten oosten, ten noordwesten en ten zuiden van de Vruchtenbuurt.

Om in een later stadium van de studie de quickscan van de verschillende duurzame warmtebron varianten te kunnen uitvoeren en vervolgens de financiële haalbaarheid inzichtelijk te kunnen maken is de Vruchtenbuurt in 18 kleinere buurtjes opgedeeld. Daarnaast verschaft het inzicht in de energiedichtheid van de warmtevraag in de wijk. In Figuur 3.2 en Figuur 3.3 is de verdeling van buurtjes weergegeven, waarbij de buurtjes genummerd zijn ter identificatie. Het verdelen van de buurtjes heeft indicatief plaatsgevonden.



*Figuur 3.2 | Verdeling buurtjes in de Vruchtenbuurt. Bron: Google Earth.*





Figuur 3.3 | Verdeling buurtjes in de Vruchtenbuurt genummerd. Bron: BAG-viewer.

### 3.2.2 Gebouwen

De gebouwen in de Vruchtenbuurt in Den Haag hebben vooral een woonfunctie. Het grootste percentage bestaat daarvan uit portiekflats, maar er bevinden zich ook een ruim aantal eengezinswoningen. Daarnaast heeft de wijk een winkelfunctie, waarbij woningen zich vaak boven de winkels bevinden. In de Vruchtenbuurt zijn onder andere ook een aantal gebouwen aanwezig met een onderwijs- of bijeenkomstfunctie. In Figuur 3.4 en Figuur 3.5 zijn de plattegronden van de buurten Vruchtenbuurt en Eykenduinen in de wijk Vruchtenbuurt weergegeven met de bouwjaar van de gebouwen. Hierbij is te zien dat het grootste gedeelte van de buurt Vruchtenbuurt tussen 1929 - 1935 is gebouwd. Het grootste gedeelte van de buurt Eykenduinen is tussen 1934 - 1937 gebouwd.

In Figuur 3.6 en Figuur 3.7 zijn de plattegronden van de buurten Vruchtenbuurt en Eykenduinen in de wijk Vruchtenbuurt weergegeven met de gebruiksoppervlakte van de woning. De gemiddelde woonoppervlakte in de buurt Vruchtenbuurt is 115 m<sup>2</sup>. De gemiddelde woonoppervlakte in de buurt Eykenduinen is 105 m<sup>2</sup>.



Figuur 3.4 | Plattegrond van de buurt Vruchtenbuurt met een overzicht van de bouwjaren van de gebouwen. Bron: <http://www.weetmeer.nl/buurt/s-Gravenhage/Vruchtenbuurt/05181953/bagview>.



Figuur 3.5 | Plattegrond van de buurt Eykenduinen met een overzicht van de bouwjaren van de gebouwen. Bron: <http://www.weetmeer.nl/buurt/s-Gravenhage/Eykenduinen/05181983/bagview>.



Figuur 3.6 | Woningoppervlakte van de buurt Vruchtenbuurt. Bron: <http://www.weetmeer.nl/buurt/'s-Gravenhage/Vruchtenbuurt/05181953/bagview>.



Figuur 3.7 | Woningoppervlakte van de buurt Eykenduinen. Bron: <http://www.weetmeer.nl/buurt/'s-Gravenhage/Eykenduinen/05181983/bagview>.

### 3.3 KENMERKEN ENERGIEVERBRUIK VOOR WARMTELEVERING EN TAPWATER

In de huidige studie is een inventarisatie gemaakt van de warmtevraag van de gebouwen in de Vruchtenbuurt. De warmtevraag is gebaseerd op de verbruiksgegevens van netbeheerder Stedin, waarbij er expliciet naar het gasverbruik is gekeken. Het gasverbruik is vervolgens vertaald naar een warmtevraag. Gemiddeld gezien wordt circa 2 - 8% van het totale gasverbruik gebruikt voor koken. De overige 92 - 98% wordt gebruikt voor ruimteverwarming en warm tapwater. In de huidige situatie is de warmtevraag niet gecorrigeerd voor de benodigde functie, maar wordt ervan uitgegaan dat het totale gasverbruik voor warmte benodigd is.

De verbruiksgegevens van netbeheerder Stedin zijn geaggregeerd. Dit betekent dat per regel minimaal 10 aansluitingen zijn samengevoegd om de anonimiteit te waarborgen. De gegevens zijn gerangschikt op postcode (waarbij postcodes samengevoegd of opgeknipt kunnen zijn). Op basis van de postcodes in de Vruchtenbuurt is een analyse van het jaarverbruik over 2016 gemaakt. Per postcode zijn onder andere het aantal aansluitingen, soort aansluiting en het standaard jaarverbruik per aansluiting onttrokken. Er is gekozen voor het overzicht van 2016 om twee redenen:

- 1 De gemiddelde jaartemperatuur van 2016 is met 10,7 °C gelijk aan het gemiddelde van de afgelopen 6 jaar (zie Tabel 3.1). Echter kan er vanuit worden gegaan dat wanneer de temperatuur lager zou zijn, dit de business case versterkt, omdat er meer omzet gegenereerd kan worden.
- 2 Er zijn ook bewoners die op eigen initiatief energiebesparende maatregelen toepassen. In de meer recentere jaaroverzichten van het gasverbruik worden dus ook de meest recente energiebesparende maatregelen van de gebouwen zoveel mogelijk meegenomen. Het valt namelijk op in Tabel 1 dat ondanks dat de gemiddelde jaartemperaturen niet per definitie afnemen, het gasverbruik in de Vruchtenbuurt wel afneemt.

In Tabel 3.2 is een overzicht van het standaard jaarverbruik van gas voor de verschillende buurtjes weergegeven. Er zijn 3 aparte tabellen weergegeven waarbij er op buurtnummer, energiedichtheid per buurt [ $\text{m}^3$  gas /  $\text{m}^2$  gebiedsoppervlakte] en standaard jaarverbruik per aansluiting [ $\text{m}^3$  gas / aansluiting] is gesorteerd.

Het is belangrijk om een goed overzicht te hebben van zowel de totale warmtevraag van de buurtjes als ook het aantal aansluitingen en de energiedichtheid. De energiedichtheid van een wijk bepaald in grote mate de haalbaarheid van een duurzame collectieve warmtevoorziening. Dit komt doordat de kosten van het warmtenet per woning/aansluiting onder andere afhangen van de afstanden tussen de aansluitingen en dus van de energiedichtheid in een wijk. Daarnaast zijn het aantal aansluitingen ook belangrijk om de omzet met betrekking tot de totale vaste kosten voor aansluiting op een warmtenet te kunnen bepalen.

Om een voorbeeld te geven: het valt op dat buurtje 3 op de 2<sup>e</sup> plaats staat qua SJV/aansluiting. In eerste instantie lijkt dit één van de meest interessante buurtjes om aan te sluiten. Echter als er wordt gekeken naar de energiedichtheid valt het op dat er relatief weinig aansluitingen (107 aansluitingen) zijn. Daardoor komt het buurtje qua energiedichtheid pas op de 13<sup>e</sup> plaats.

Er kan voorzichtig onder voorbehoud worden geconcludeerd op basis van de gegevens van netbeheerder Stedin dat een warmtenet voor buurtje 3 relatief duur zal zijn, omdat er minder omzet zal worden gegenereerd met bijv. de BAK, vaste leveringskosten, meterhuur en afleversethuur. Aan de andere kant weegt de locatie en afstand tot de duurzame warmtebron ook



mee. Daarom kan er niet op voorhand gezegd worden dat buurtje 3 minder interessant is om aan te sluiten dan een andere buurt.

De waarden die in Tabel 3.2 zijn weergegeven, kunnen enigszins geverifieerd worden met Figuur 3.8, waarin het gemiddelde gasverbruik per woning volgens de Warmte Atlas is weergegeven. Bijv. als er naar buurtje 1 wordt gekeken, is op basis van de gegevens van netbeheerder Stedin een gemiddeld gasverbruik van ~2.000 m<sup>3</sup>/aansluiting geconstateerd. De gegevens van de Warmte Atlas laat zien dat het meest voorkomende gasverbruik tussen de 1.600 en 2.400 m<sup>3</sup>/aansluiting ligt. Er moet expliciet vermeld worden dat er alleen woningen zijn meegenomen in Figuur 3.8.

De gemiddelde woonoppervlakte (GO) is een berekende waarde op basis van het SJV/aansluiting in het buurtje, het totale gemiddelde gasverbruik in de wijk en de gemiddelde woonoppervlakte van de woningen in de Vruchtenbuurt. Het gemiddelde gasverbruik per aansluiting in de Vruchtenbuurt is 1.612 m<sup>3</sup>. De gemiddelde woonoppervlakte voor de woningen in de buurt Vruchtenbuurt is 115 m<sup>2</sup> en voor de buurt Eykenduinen 105 m<sup>2</sup> (bron: Buurtkompas | www.weetmeer.nl). Voorbeeld: Voor buurtje 1 in de Vruchtenbuurt is de gemiddelde woonoppervlakte berekend met:

$$GO_{\text{buurtje}_1_{\text{gemiddeld}}} = \frac{(2.039 \text{ m}^3/\text{aansluiting})}{(1.612 \text{ m}^3/\text{aansluiting})} \times 115 \text{ m}^2 = 142 \text{ m}^2$$

Tabel 3.1 | Gasverbruik van de wijk Vruchtenbuurt per jaar volgens netbeheerder Stedin. De gemiddelde jaartemperatuur in De Bilt volgens het KNMI is weergegeven ter indicatie.

Jaar	2017	2016	2015	2014	2013	2012	GEMIDDELDE
<b>Gasverbruik SJV [m3/jaar]</b>							
Eykenduinen	2.053.714	2.065.978	2.178.357	2.175.280	2.263.136	2.302.980	2.173.241
Vruchtenbuurt	5.171.077	5.171.077	5.265.981	5.458.122	5.659.919	5.737.825	5.410.667
Totaal	7.224.791	7.237.055	7.444.338	7.633.402	7.923.055	8.040.805	7.583.908
Gemiddelde jaartemperatuur [°C]	11,0	10,7	10,9	11,7	9,8	10,3	10,7

Tabel 3.2 | Gasverbruik van de wijk Vruchtenbuurt per buurtnummer volgens netbeheerder Stedin. Rood geeft een bovenwaarde aan en geel is een onderwaarde. Er is gesorteerd op buurtnummer, energiedichtheid en standaard jaarverbruik per aansluiting.

*Gesorteerd op buurtnummer	2017																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Buurtnummer*</b>	297.649	210.809	204.220	353.242	391.569	446.656	315.888	415.875	406.134	549.679	179.619	475.731	441.423	503.589	769.234	415.287	592.196	136.424
Standaard Jaarverbruik (SJV) [m3]	146	112	107	209	226	284	192	228	279	358	174	316	339	337	497	300	414	96
Aantal aansluitingen [-]	2.039	1.882	1.909	1.690	1.733	1.573	1.645	1.824	1.456	1.535	1.032	1.505	1.302	1.494	1.548	1.384	1.430	1.421
SJV/aansluiting [m3/unit]	142	131	133	117	120	109	114	127	101	107	72	105	91	104	108	96	99	99
GO gemiddeld [m2/woning]	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Energieverbruik woning [kWh/m2]	15500	12500	15500	17000	25000	21500	35000	28500	40000	33000	45000	30500	28000	45000	24500	50000	50000	50000
Gebiedsovervalkte [m2]	19,2	16,9	13,2	20,8	15,7	17,9	14,7	11,9	14,3	13,7	5,4	10,6	14,5	18,0	17,1	17,0	11,8	2,7
Energiedichtheid SJV per m2 [m3/m2]	Energiedichtheid na 15 jaar (daling met 22,5% t.o.v. van referentiejaar 2016)																	
SJV/aansluiting [m3/unit]	1.580	1.459	1.479	1.310	1.343	1.219	1.275	1.414	1.128	1.190	800	1.167	1.009	1.158	1.200	1.073	1.109	1.101
Energieverbruik woning [kWh/m2]	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109

\*Gesorteerd op energiedichtheid SJV per m2

*Gesorteerd op energiedichtheid SJV per m2	2017																	
	4	1	14	6	15	16	2	5	7	13	9	10	3	8	17	12	11	18
<b>Buurtnummer</b>	353.242	297.649	503.589	446.656	769.234	415.287	210.809	391.569	315.888	441.423	406.134	549.679	204.220	415.875	592.196	475.731	179.619	136.424
Standaard Jaarverbruik (SJV) [m3]	209	146	337	284	497	300	112	226	192	339	279	358	107	228	414	316	174	96
Aantal aansluitingen [-]	1.690	2.039	1.494	1.573	1.548	1.384	1.882	1.733	1.645	1.302	1.456	1.535	1.909	1.824	1.430	1.505	1.032	1.421
SJV/aansluiting [m3/unit]	117	142	104	109	108	96	131	120	114	91	101	107	133	127	99	105	72	99
GO gemiddeld [m2/woning]	17000	15500	28000	25000	45000	24500	12500	25000	21500	30500	28500	40000	15500	35000	50000	45000	33000	50000
Gebiedsovervalkte [m2]	20,8	19,2	18,0	17,9	17,1	17,0	16,9	15,7	14,7	14,5	14,3	13,7	13,2	11,9	11,8	10,6	5,4	2,7
Energiedichtheid SJV per m2 [m3/m2]																		

\*Gesorteerd op SJV/aansluiting

*Gesorteerd op SJV/aansluiting	2017																	
	1	3	2	8	5	4	7	6	15	10	12	14	9	17	18	16	13	11
<b>Buurtnummer</b>	297.649	204.220	210.809	415.875	391.569	353.242	315.888	446.656	769.234	549.679	475.731	503.589	406.134	592.196	136.424	415.287	441.423	179.619
Standaard Jaarverbruik (SJV) [m3]	146	107	112	228	226	209	192	284	497	358	316	337	279	414	96	300	339	174
Aantal aansluitingen [-]	2.039	1.909	1.882	1.824	1.733	1.690	1.645	1.573	1.548	1.535	1.505	1.494	1.456	1.430	1.421	1.384	1.302	1.032
<b>SJV/aansluiting [m3/unit]*</b>	142	133	131	127	120	117	114	109	108	107	105	104	101	99	99	96	91	72
GO gemiddeld [m2/woning]	15500	15500	12500	35000	25000	17000	21500	25000	45000	40000	45000	28000	28500	50000	50000	24500	30500	33000
Gebiedsovervalkte [m2]	19,2	13,2	16,9	11,9	15,7	20,8	14,7	17,9	17,1	13,7	10,6	18,0	14,3	11,8	2,7	17,0	14,5	5,4
Energiedichtheid SJV per m2 [m3/m2]																		



Figuur 3.8 | Gemiddeld gasverbruik per woning volgens de Warmte Atlas. Bron:  
<http://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>.

## 4 Quickscan

### 4.1 QUICKSCAN WKO

#### 4.1.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw in de directe omgeving van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket;
- boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen.

De bodem op de projectlocatie in Den Haag is geschematiseerd in een aantal watervoerende pakketten en scheidende lagen. De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 4.1

Tabel 4.1 | Bodemopbouw op de projectlocatie Vruchtenbuurt in Den Haag.

diepte [m-mv]	lithologie	geohydrologie
0 - 20	matig grof zand en klei	deklaag
20 - 55	matig grof zand	1 <sup>e</sup> watervoerend pakket
55 - 65	klei	1 <sup>e</sup> scheidende laag
65 - 250	matig fijn tot matig grof zand met veel kleilagen en klei bijmengingen	2 <sup>e</sup> /3 <sup>e</sup> watervoerend pakket
> 250	klei en fijn zand	hydrologische basis

Op basis van provinciaal beleid is het toepassen van een open bodemenergiesysteem in het eerste watervoerende pakket in principe niet toegestaan in verband met de bescherming van ondiepe belangen. Voor het bodemenergiesysteem dient uitgeweken te worden naar het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket.

#### 4.1.2 Geohydrologie

In Tabel 4.2 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een bodemenergiesysteem in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten/ risico's of belemmeringen nader toegelicht.

##### 1 Bodem

De hoeveelheid te plaatsen bronfilters is onzeker door de aanwezigheid van vele kleilagen en zandlagen met kleibijmenging en de heterogeniteit van de bodem. Dit vergroot het risico op verstopping van de bronnen door het aantrekken van fijne deeltjes.

##### 2 Zoet-/zoutgrensvlak

Het brak-/zoutgrensvlak ligt bovenin het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. Verziltning van het grondwater is conform provinciaal beleid niet toegestaan. Daarnaast kan menging van brak en zout grondwater leiden tot bronverstopping. De bronfilters moeten daarom onder het brak-/zoutgrensvlak geplaatst worden. Hierdoor is het bovenste gedeelte van






het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket (circa 65 - 100 m-mv) niet geschikt voor het plaatsen van bronfilters.

### 3 Grondwatergebruikers

Ter plaatse van Groene Mient (aan de Mient) is een gesloten bodemenergiesysteem gerealiseerd. Bij de positionering van bronnen voor een open bodemenergiesysteem dient hier rekening mee gehouden te worden.

Tabel 4.2 | Technische en juridische aspecten bodemenergiesysteem voor projectlocatie Vruchtenbuurt in Den Haag.

onderwerp	toelichting
<b>bodemopbouw</b>	
doorlaatvermogen	1 veel kleilagen of kleilige bijmengingen in het pakket
dikte pakket	voldoende dik
<b>grondwater</b>	
grondwaterstand	circa 3 m-mv
stijghoogte 2 <sup>e</sup> /3 <sup>e</sup> watervoerend pakket	circa 4 m-mv
grondwaterstroming	5 m/jaar in zuidoostelijke richting
zoet-/brak/zout-overgangen	2 zoet-/brakgrensvlak: 60 m-mv en brak-/zoutgrensvlak: 85 m-mv
gas	geen afwijkende gasdruk
deeltjes	1 door fijne zandlagen en kleibijmengingen risico op deeltjesverstopping
redox	geen redoxovergang in opslagpakket
temperatuur opslagpakket	13 °C
<b>vergunbaarheid</b>	
bodemenergieplan	niet gelegen in bodemenergieplan of interferentiegebied
grondwatergebruikers	3 geen open bodemenergiesysteem binnen 250 m van de locatie, een gesloten bodemenergiesysteem aanwezig binnen de Vruchtenbuurt
zettingen	noemenswaardige zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	geen beschermde natuur binnen Vruchtenbuurt
archeologie	niet gelegen in archeologisch waardevol gebied
aardkundig waardevol gebied	niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	geen grondwaterverontreinigingen verwacht die aandachtspunt vormen voor een open bodemenergiesysteem in het 2 <sup>e</sup> /3 <sup>e</sup> watervoerende pakket
waterkering	niet gelegen in of nabij een waterkering
aanwezigheid spoor	geen spoor binnen 250 m
 geschikt, geen belemmering of aandachtspunt  aandachtspunt of risico  hoog risico of belemmering	

#### 4.1.3

#### Concept

De omvang van de warmtevraag in de Vruchtenbuurt is groot genoeg om met één of meerdere doublet(ten) te leveren. Indien er meerdere doubletten toegepast worden zal er voldoende afstand tussen de bronnen moeten zijn om thermische kortsluiting te voorkomen. De capaciteit van een doublet is circa 75 m<sup>3</sup>/h per bron, dit kan lokaal variëren waardoor er in praktijk minder bronnen noodzakelijk kunnen zijn. In Tabel 5.3 zijn de eigenschappen van één of meerdere WKO-doubletten te zien, die voortkomen uit de quickscan van de ondergrond in de Vruchtenbuurt.

Tabel 4.3 | Bronafstand tussen de warme bronnen en de koude bronnen.

Eigenschappen doublet	Eenheid	Waarde
Maximale boordiepte	[m]	75
Boordiameter	[mm]	800
Debiet per bron	[m <sup>3</sup> /h]	75
Filterlengte	[m]	30
Vollasturen per seizoen	[h]	1.500
Oriëntatie warme en koude bronnen	[-]	geclusterd

De bronafstand tussen het koude cluster en warmte cluster op basis van een debiet van 75 m<sup>3</sup>/uur per bron, filterlengte van 30 m, 1.500 vollasturen per seizoen en het clusteren van de koude en warme bronnen (alle koude bronnen bij elkaar en alle warme bronnen bij elkaar) is weergegeven in Tabel 4.4.

Tabel 4.4 | Bronafstand tussen de warme bronnen en de koude bronnen.

Aantal doubletten	Max. debiet	Max. waterverplaatsing	Bron afstand
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /seizoen]	[m]
1	75	112.500	110
2	150	225.000	160
3	225	337.500	195
4	300	450.000	225
5	375	562.500	250
6	450	675.000	275

In Tabel 4.4 is uitgegaan van het clusteren van alle koude en warme bronnen. Hier zit wel een belangrijk aandachtspunt bij. Als alle bronnen geclusterd worden, kunnen de hydrologische effecten groot zijn, mogelijk ook naar boven toe. Om dit te beperken kan het verstandig zijn hooguit 4 bronnen te clusteren. Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden van een WKO-systeem met meerdere doubletten wordt geadviseerd een geohydrologisch onderzoek uit te laten voeren.

## 4.2 QUICKSCAN TEO

Om te kunnen beoordelen of een TEO-systeem haalbaar is, zijn de gegevens van het aanwezige oppervlaktewater belangrijk. Hiermee kan een inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid energie die onttrokken kan worden. Verder kan de minimale afstand tussen het onttrekkings- en lozingspunt berekend worden. Uiteindelijk kan met deze gegevens een inschatting worden gemaakt van de investeringskosten van het TEO-systeem.

### 4.2.1 Eigenschappen oppervlaktewater

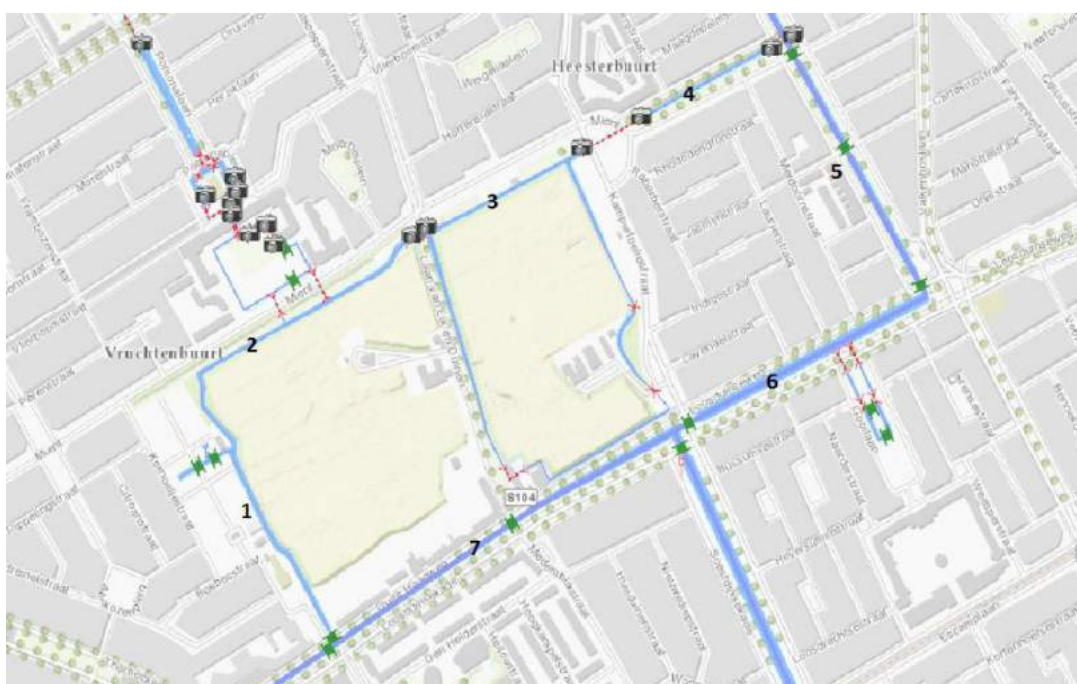
#### Mient-Circuit

Het oppervlaktewater dat gebruikt kan worden voor het TEO-systeem is het water in het Mient-Circuit dat aan de oostkant van de Vruchtenbuurt ligt (zie Figuur 4.1). Het Mient-Circuit is een klein onderdeel van het Haagse boezemwater. De capaciteit van het circuit wordt bepaald op basis van de afmetingen van de watergangen. Op basis van de gegevens van lengte, breedte en leggerdiepte

van de verschillende trajecten (1 t/m 7) in het circuit is het volume per traject bepaald. Hierbij is uitgegaan van 90% van de leggerdiepte in verband met mogelijke verondieping.

Op basis van het volume in het circuit is de warmtecapaciteit van het circuit op jaarbasis bepaald (0,25 GJ/m<sup>3</sup>/jaar). Bij deze warmtecapaciteit hoort een verblijftijd in het circuit van 7 dagen. Deze verblijftijd is te realiseren met een debiet van 0,048 m<sup>3</sup>/s (2,9 m<sup>3</sup>/min).

Bij de bepaling van de capaciteit is uitgegaan van een maximale temperatuursdaling van het water van 3 °C bij onttrekking over een periode van 5 maanden. Bij deze berekening is ervan uitgegaan dat het Mient-Circuit niet wordt beïnvloed door het grote Haagse circuit.



Figuur 4.1 | Plattegrond Mient-Circuit (bron: Hoogheemraadschap van Delfland, persoonlijke communicatie, 3 mei 2018).

Tabel 4.5 | Eigenschappen Mient-Circuit (bron: Hoogheemraadschap van Delfland, persoonlijke communicatie, 3 mei 2018).

Nr.	omschrijving	lengte [m]	breedte [m]	leggerdiepte [m]	volume [m <sup>3</sup> ]	capaciteit [GJ/jaar]
1	Bosbesstraat	318	8	1	2.290	572
2	Mient (west)	350	7	1	2.205	551
3	Mient (midden)	145	6	1	783	196
4	Mient (oost)	235	5	1	1.058	264
5	Valkenboskade	417	11	1,9	7.844	1.961
6	Loosduinsekade (oost)	433	15	1,45	8.476	2.119
7	Loosduinsekade (west)	600	8	1,45	6.264	1.566
<b>Totaal</b>		<b>2,498</b>			<b>28.919</b>	<b>7.230</b>

### Het grote Haagse Circuit

Het grote circuit van de Loosduinsekade en de Valkenboskade stroomt op zijn eigen wijze met debieten die veel groter dan van het Mient-Circuit. In het algemeen kunnen er 3 situaties onderscheiden worden:

**1 Bij wateroverlast stroming van Loosduinsekade richting Valkenboskade:**

In de situatie met wateroverlast wordt het water uit de Haagse regio afgevoerd via het gemaal Drs. P.H. Schoute in het Verversingskanaal naar de Noordzee. De maximale capaciteit van het gemaal is ongeveer 12 m<sup>3</sup>/s. Het debiet door de Valkenboskade richting het Verversingskanaal (zwarte pijlen in Figuur 4.2) ligt in dit soort situaties dan maximaal rond de 5 m<sup>3</sup>/s. Het gemaal Schouten draait minder dan 10% van de tijd en dan maar een zeer beperkte tijd op maximumcapaciteit.

**2 Het circulatiegemaal (UNIPER-gemaal) aan geeft stroming van Valkenboskade richting Loosduinsekade:**

In het geval dat de elektriciteitscentrale in Den Haag (De Constant Rebecqueplein) functioneert, wordt het grote Haagse circuit gebruikt als koelcircuit. Dit circuit wordt aangedreven door het UNIPER gemaal dat is gesitueerd aan het einde van de Beeklaan naast het Verversingskanaal. Het gemaal pompt het water vanuit het Verversingskanaal via een duiker (orde 750 meter) naar de Valkenboskade (bij de Hanenburglaan). Daarna stroomt het water via onder andere de Loosduinsekade, Soestdijksekade, Troelstrakade en Neherkade (rode pijlen in Figuur 4.2) door de Haagse binnenstad weer richting het Verversingskanaal en de elektriciteitscentrale. De capaciteit van het UNIPER-gemaal is ongeveer 2 m<sup>3</sup>/s, het gemaal draait slechts een beperkte tijd. In augustus 2017 was dat ongeveer 30% van de tijd, meestal in de avonduren.

**3 Bij doorspoelen Westland stroming van Loosduinsekade richting Valkenboskade:**

In het geval het Westland wordt doorgespoeld, wordt het gemaal 't Westambacht langs de Escamplaan gebruikt. Dit gemaal heeft een maximum capaciteit van ongeveer 5 m<sup>3</sup>/s. Het water komt via de Veenendaalkade, de Troelstrakade (groene pijlen in Figuur 4.2), Neherkade naar de Haagse binnenstad en dan via gemaal Drs. P.H. Schoute naar de Noordzee. Dit water stroomt in dat geval dus niet langs het Mient-Circuit.

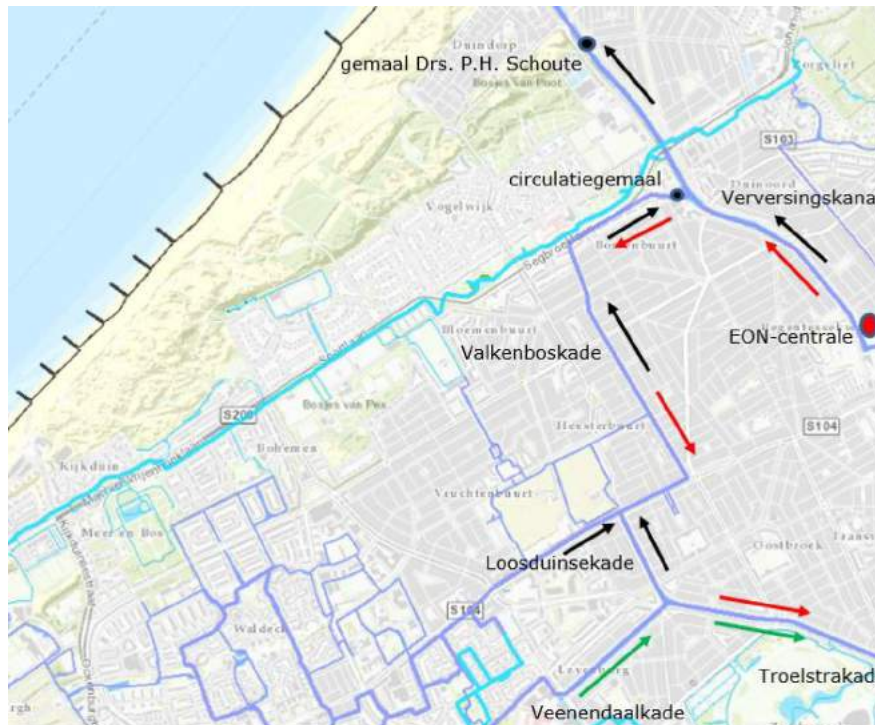
Indien het grote Haagse circuit wordt gebruikt voor de elektriciteitscentrale of in het geval van wateroverlast dan levert dit een situatie op waarbij het in het Mient-Circuit afgekoelde water niet meer retourneert naar het innamepunt. Het debiet in het grote Haagse circuit zijn namelijk significant groter dan het debiet in het Mient-Circuit. In dat geval zou kunnen worden overwogen om het temperatuurverschil tussen inname en lozing in het Mient-Circuit te verhogen of het onttrekkingsdebiet te verhogen. Daarmee kan een groter vermogen aan warmte worden onttrokken uit het oppervlaktewater. Op basis van de beschikbare gegevens in de huidige studie levert dat ongeveer 30% meer capaciteit op. Dit is goed te regelen, omdat dit kan via de aansturing van het UNIPER-gemaal (Hoogheemraadschap van Delfland, persoonlijke communicatie, 3 mei 2018).

#### 4.2.2 Productie locatie en concept TEO-systeem

In het meest gunstige geval zit het TEO-systeem zo dicht mogelijk bij het WKO-systeem en de afnemers van energie. In Figuur 4.3 is een potentiële locatie voor het TEO-systeem weergegeven bij het Mient-Circuit. Op deze locatie wordt een gedeelte van het Mient-Circuit verbonden door een duiker van ongeveer 30 m. De duiker zou kunnen dienen als barrière tussen het onttrekkings- en lozingspunt, zodat er geen thermische kortsluiting plaatsvindt. Warm oppervlaktewater kan worden onttrokken vanuit het Mient-Circuit, waarbij het afgekoelde oppervlaktewater wordt geloosd via de duiker. De duiker doet in dat geval dienst als persleiding en het oppervlaktewater wordt naar de



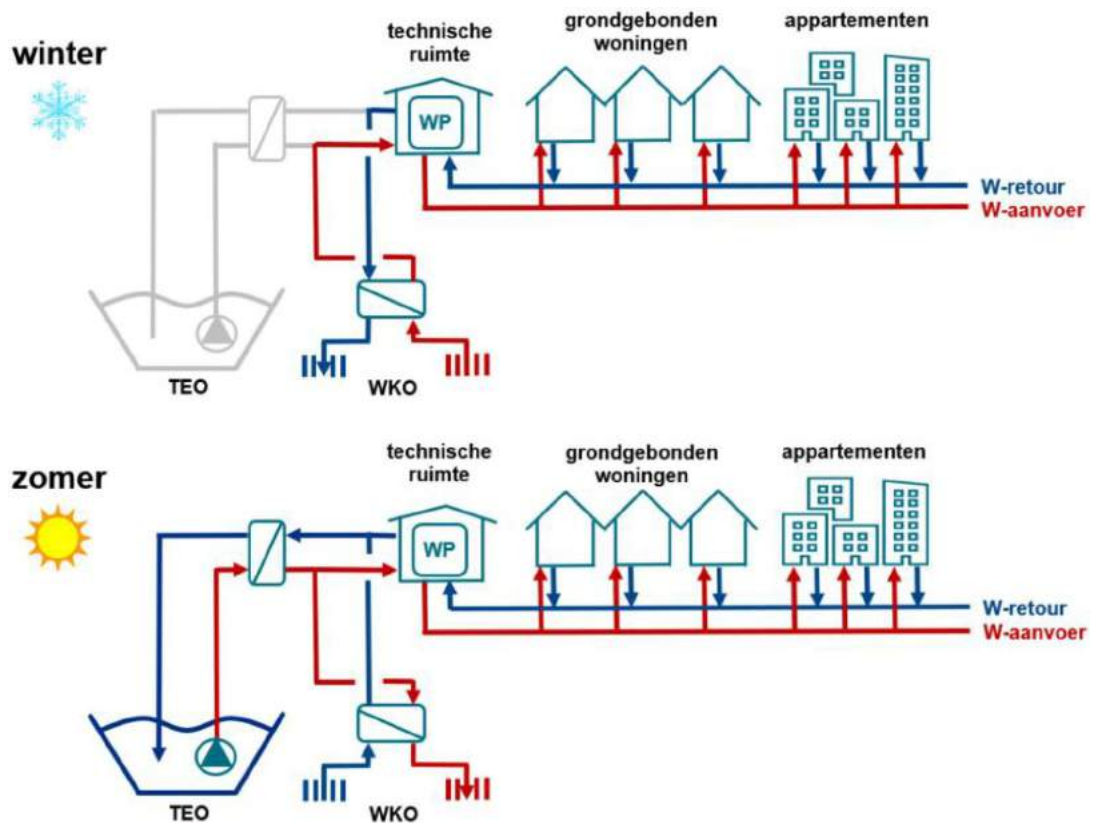
andere kant van de duiker geperst. Het Mient-Circuit wordt gecirculeerd in de richting van de rode pijlen.



Figuur 4.2 | Plattegrond Den Haag Vruchtenbuurt e.o. met stromingsrichting oppervlaktewater in verschillende situaties.



Figuur 4.3 | Potentiële productie locatie TEO: de duiker bij de productie locatie kan ingezet worden als persleiding voor circulatie van oppervlaktewater in het Mient-Circuit. Het oppervlaktewater bij het onttrekkingspunt zal op die manier niet worden beïnvloed door terugstromend lozingswater.



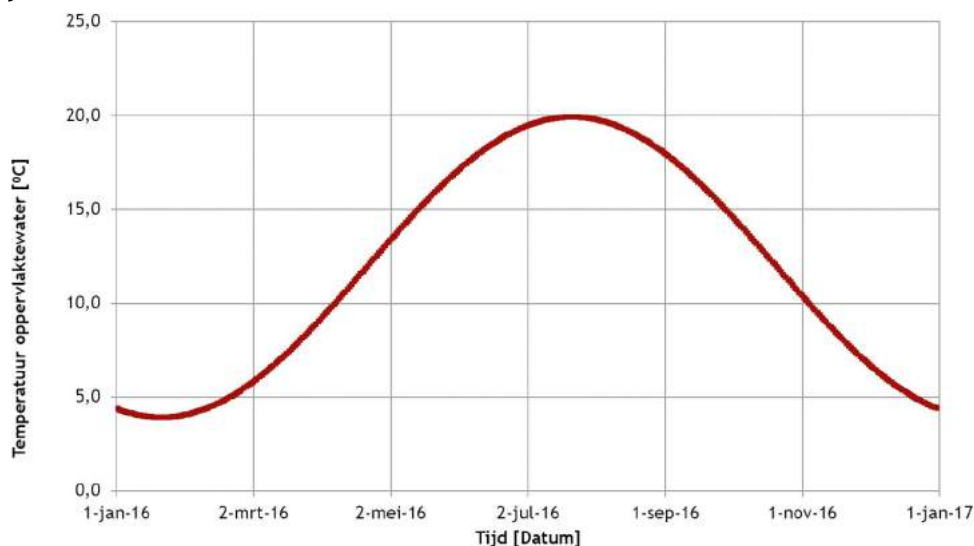
Figuur 4.4 | Principeschema TEO systeem in de winter en zomer (grijs = niet in bedrijf). Winter: het TEO-systeem is uitgeschakeld, omdat er alleen warmtevraag is. Het WKO-systeem levert warmte uit de warme bron die door de warmtepomp wordt opgewaardeerd naar 70 °C. Zomer: het TEO-systeem is ingeschakeld, warmte kan aan de warmtepomp geleverd worden om de woningen van warmte of tapwater te voorzien, daarnaast wordt de warmte uit het oppervlaktewater gebruikt om de WKO te laden/regenereren.

#### 4.2.3 Energetische potentie en randvoorwaarden TEO in de Vruchtenbuurt

De temperatuur van het oppervlaktewater in het Mient-Circuit is niet bekend. Uit verschillende studies van oppervlaktewater in Nederland is gebleken dat de gemiddelde oppervlaktewatertemperatuur schommelt tussen de 4 - 20 °C. Voor het laden van de WKO met warmte is per jaar gemiddeld 2000 uur (vollast) beschikbaar. Dit gemiddelde mag over een langere periode wordt behaald om de WKO in balans te brengen (5 jaar). In Figuur 4.5 is de temperatuur van het oppervlaktewater uitgezet als functie van de tijd over een kalenderjaar. De gemiddelde temperatuur wordt gebruikt in de energetische analyse om het moment van laden (oppervlaktewater onttrekken) en de hoeveelheid energie die geladen kan worden in het WKO-systeem te bepalen.

Op basis van de eigenschappen van het Mient-Circuit is het maximaal mogelijke debiet van het Mient-Circuit zonder invloed van het grote Haagse Circuit circa 200 m<sup>3</sup>/h, voordat er thermische kortsluiting plaatsvindt. Dit is op basis van een maximale  $\Delta T$  van 6 °C bij het onttrekkings- en lozingspunt en een minimale lozingstemperatuur van 12 °C. Indien de invloed van het grote Haagse Circuit wordt meegenomen kan de capaciteit met circa 30% toenemen naar gemiddeld 260 m<sup>3</sup>/h. In realiteit zal dit betekenen dat het TEO-systeem op een capaciteit van meer dan 260 m<sup>3</sup>/h ontworpen moet worden, omdat de invloed van het grote Haagse Circuit niet altijd aanwezig is. Bij

wateroverlast of het in werking zijn van het UNIPER-gemaal kan het debiet groter dan 260 m<sup>3</sup>/h zijn om meer warmte te laden.



Figuur 4.5 | Aanname van de oppervlaktewater temperatuur nabij het TEO onttrekkingspunt in het Mient-Circuit.

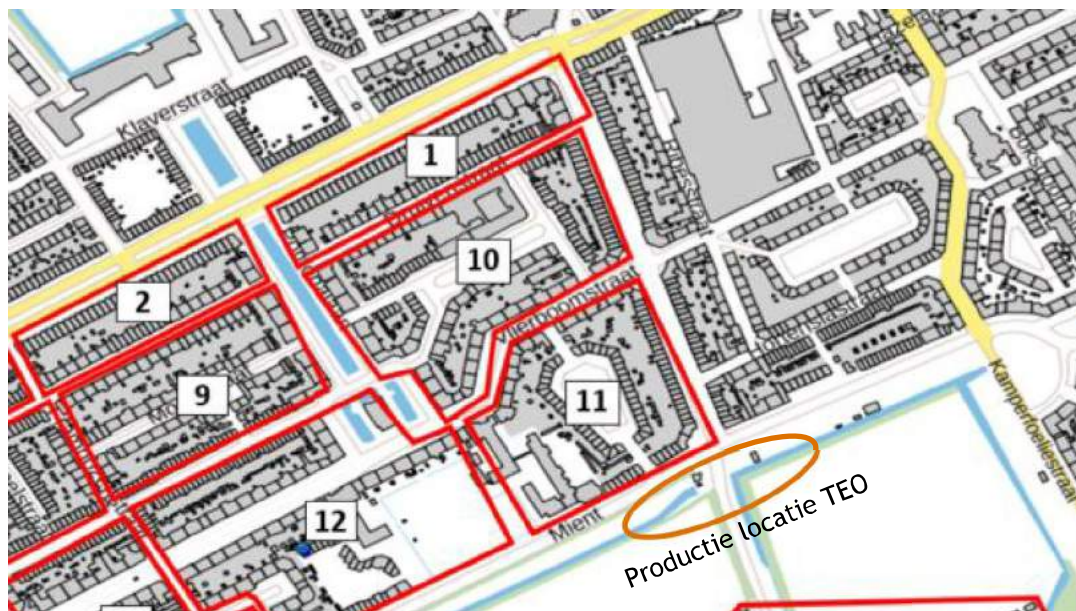
Als er wordt uitgegaan van een monovalent systeem betekent dat er maximaal ongeveer 7.800 MWh<sub>th</sub> geproduceerd kan worden met een TEO-systeem. Dit zal altijd moeten gebeuren met behulp van een WKO-systeem en een warmtepomp. De benodigde capaciteit van het WKO-systeem is daarbij ongeveer 300 m<sup>3</sup>/h. Dit zou kunnen door 4 bronnen van 75 m<sup>3</sup>/h te clusteren. Met de aanname dat er minimaal 10% warmteverlies in het distributienet plaatsvindt, komt dit neer op ongeveer 7.100 MWh<sub>th</sub> aan warmtelevering. In Tabel 4.6 is een overzicht weergegeven van de mogelijke aansluitingen. Daarbij zijn buurtje 10 en 11 volledig aangesloten en buurtje 1 voor 26%. Dit komt neer op ongeveer 7.100 MWh<sub>th</sub> en 570 aansluitingen. In Figuur 4.6 is te zien dat buurtje 1, 10 en 11 een gunstige ligging hebben ten opzichte van het TEO-systeem.

Op basis van de gegevens van het oppervlaktewater (TEO) en de ondergrond (WKO) kan er worden geconcludeerd dat de capaciteit van TEO-systeem de limiterende factor is op de warmtelevering.

Tabel 4.6 | Aantal mogelijke aansluitingen bij een monovalent TEO-systeem. Buurtje 1, 10 en 11 hebben een gunstige ligging ten opzichte van een TEO-systeem.

Buurt nummer	Aansluitpercentage	SJV gas	Energie verbruik	Energie verbruik	Aantal aansluitingen	Verbruik per aansluitingen
[#]	[%]	[m3]	[GJ]	[MWh]	[#]	[GJ/aansl.]
1	26%	77.389	2.450	680	38	65
10	100%	549.679	17.399	4.833	358	49
11	100%	179.619	5.685	1.579	174	33
<b>Totaal</b>		<b>806.687</b>	<b>25.534</b>	<b>7.093</b>	<b>570</b>	





Figuur 4.6 | Buurt 1, 10 en 11 hebben een gunstige ligging ten opzichte van het TEO systeem.

### 4.3 QUICKSCAN TED

TED staat voor thermische energie uit drinkwater. Om te kunnen beoordelen of een TED-systeem haalbaar is, zijn de gegevens van het rivierwater en de leiding belangrijk. Hiermee kan een inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid energie en het vermogen dat onttrokken kan worden. Uiteindelijk kan met deze gegevens een inschatting worden gemaakt van de investeringskosten van het TED-systeem.

#### 4.3.1 Eigenschappen rivierwater

De temperatuur en het debiet van het water in de rivierwaterleiding in de periode 2012 - 2018 is weergegeven in Tabel 4.7 (Dunea, persoonlijke communicatie, 16 april 2018). In Figuur 4.7 is de rivierwaterleiding van Dunea weergegeven ten opzichte van de Vruchtenbuurt. De stromingsrichting langs de Vruchtenbuurt loopt van noordoost naar zuidwest.

Tabel 4.7 | Temperatuur en debiet van rivierwater Dunea in de rivierwaterleiding die ten noordwesten van de Vruchtenbuurt loopt (bron: Dunea, persoonlijke communicatie, 16 april 2018).

Jaar	Gemiddelde van Temperatuur [°C]	Min van Temperatuur [°C]	Max van Temperatuur [°C]	Gemiddelde van debiet [m <sup>3</sup> /h]	Min van debiet [m <sup>3</sup> /h]	Max van debiet [m <sup>3</sup> /h]
2012	11,92	0	24,43	895	400	1231
2013	11,34	0	25,23	910	400	1201
2014	13,76	0	29,28	933	400	1223
2015	12,87	0	25,65	901	400	1199
2016	14,02	4,46	28,14	908	400	1187
2017	13,06	1,61	24,48	871	404	1195
2018	6,38	-1,16	18,87	839	400	1179
<b>Eindtotaal</b>	<b>12,51</b>	<b>-1,16</b>	<b>29,28</b>	<b>900</b>	<b>400</b>	<b>1231</b>



Figuur 4.7 | Locatie rivierwaterleiding Dunea ten opzichte van de Vruchtenbuurt in Den Haag. De rode pijlen geven de stromingsrichting van het rivierwater aan.

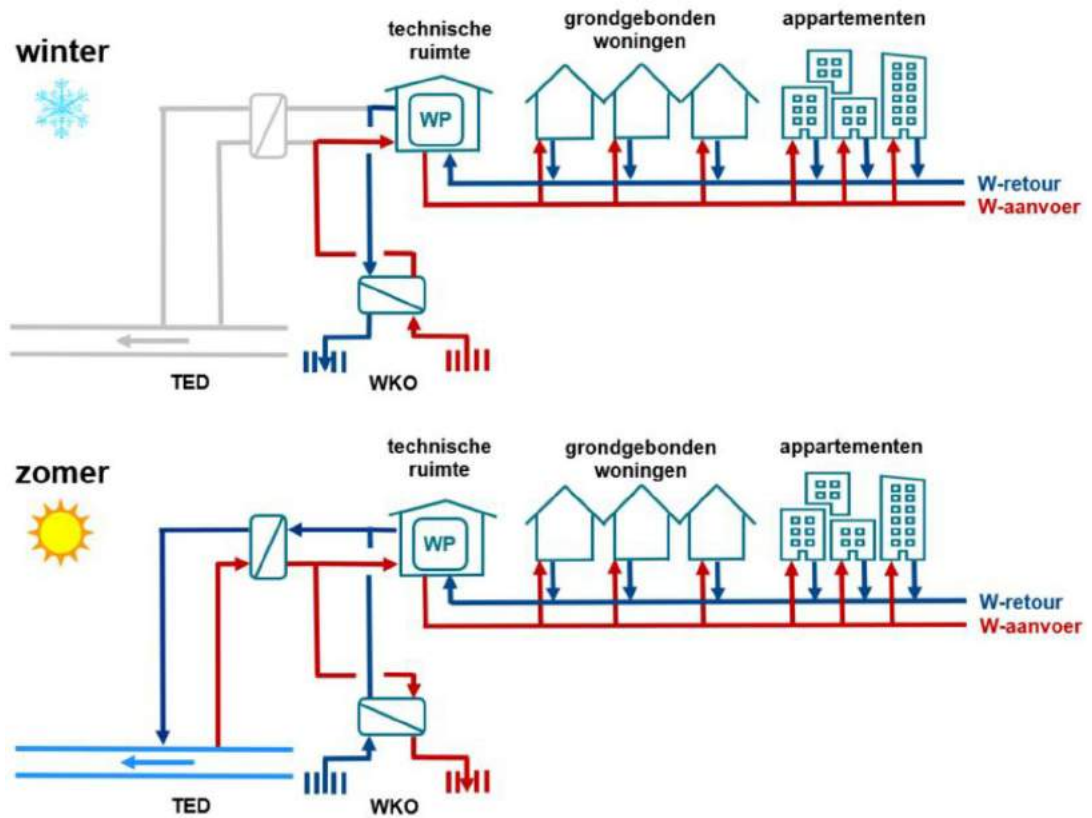
#### 4.3.2 Productie locatie en concept TED

In het meest gunstige geval zit het TED-systeem zo dicht mogelijk bij het WKO-systeem en de afnemers van energie. In Figuur 4.8 zijn 2 potentiële locaties voor het TED-systeem weergegeven in de buurt van de rivierwaterleiding. Uitkoppeling van warmte kan direct bij de rivierwaterleiding plaatsvinden via een warmtewisselaar, waarbij het afgekoelde rivierwater direct wordt teruggevoerd naar de leiding.



Figuur 4.8 | Potentiële productie locatie TED: de productie locatie ligt bij voorbaat zo dicht mogelijk bij de rivierwaterleiding. Bij TED1 en TED2 is er op het eerste gezicht ruimte om een technische ruimte te realiseren.





Figuur 4.9 | Principeschema TED-systeem in de winter en zomer (grijs = niet in bedrijf). Winter: het TED-systeem is uitgeschakeld, omdat er alleen warmtevraag is. Het WKO-systeem levert warmte uit de warme bron die door de warmtepomp wordt opgewaardeerd naar 70 °C. Zomer: het TED-systeem is ingeschakeld, warmte kan aan de warmtepomp geleverd worden om de woningen van warmte of tapwater te voorzien, daarnaast wordt de warmte uit het rivierwater gebruikt om de WKO te laden/regenereren.

#### 4.3.3 Energetische potentie en randvoorwaarden TED in de Vruchtenbuurt

De temperatuur van het water in de rivierwaterleiding is bekend. De gemiddelde temperatuur schommelt tussen de 5 - 22 °C. In Figuur 4.10 is de temperatuur van het rivierwater uitgezet als functie van de tijd over een kalenderjaar. De gemiddelde temperatuur (temperatuur afgeleide) wordt gebruikt in de energetische analyse om het moment van laden (rivierwater onttrekken) en de hoeveelheid energie die geladen kan worden in het WKO-systeem te bepalen.

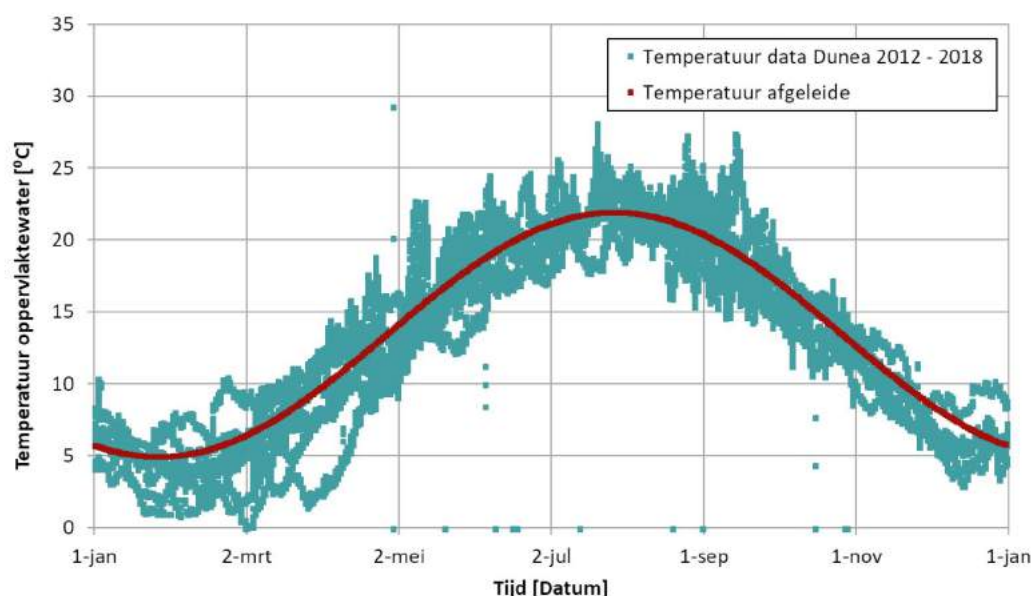
Op basis van de eigenschappen van de rivierwaterleiding is het gemiddeld maximaal mogelijke debiet circa 900 m<sup>3</sup>/h (zie Tabel 4.7). Als er gekeken wordt naar de periode mei - september waarbij de hoogste temperaturen in de rivierwaterleiding voorkomen is het gemiddelde debiet zelf 940 m<sup>3</sup>/h. Het laden/regenereren van de WKO bij een systeem met een grote warmtevraag en geen of kleine koudevraag gebeurt voornamelijk in deze periode.

De randvoorwaarden voor warmte-uitkoppeling vanuit de rivierwaterleiding zijn:

- maximale opwarming tot 15 °C (niet van toepassing);
- maximale afkoeling zijn nog geen kader voor;
- alleen veranderingen in temperatuur van het rivierwater toegestaan;

Verder stelt Dunea dat wanneer voldaan wordt aan de ontwerputgangspunten en de volgende eisen de kwaliteit van het retourwater voldoende geborgd is:

- gebruik van een dubbelwandige warmtewisselaar met lekdetectie;
- gebruik van systeemwater zonder (chemische) additieven;
- overdruk aan rivierwaterzijde van warmtewisselaar t.o.v. systeemwater;
- continue bewaking (en alarmering) ten behoeve van lekdetectie;
- controle op lekkage bij periodiek spoelen;
- filteren van het secundaire systeemwater;
- rivierwater buiten gebruiksperiodes over een kortsluitleiding circuleren (voorkomen stilstand).



Figuur 4.10 | Temperatuur van het rivierwater als functie van de tijd (groen). In het rood is de aanname van de gemiddelde rivierwater temperatuur nabij het TED onttrekkingspunt van de rivierwaterleiding weergegeven gebruikt in de modellering van de energetische potentie.

De maximale potentie van TED is op basis van een maximale  $\Delta T$  van 6 °C bij het onttrekkings- en lozingspunt en een minimale lozingstemperatuur van 12 °C berekend. Als er wordt uitgegaan van een monovalent systeem betekent dat er maximaal ongeveer 25.500 MWh<sub>th</sub> geproduceerd kan worden met een TED-systeem. Dit zal altijd moeten gebeuren met behulp van een WKO-systeem en een warmtepomp. De benodigde capaciteit van het WKO-systeem is ongeveer 700 m<sup>3</sup>/h. Er zullen dan meerdere clusters gemaakt moeten worden. Bijvoorbeeld: vier clusters van vier bronnen (die onderling ongeveer 255 m uit elkaar liggen) en twee clusters van twee bronnen (die onderling 180 m uit elkaar liggen en 220 m van de clusters met vier bronnen). Je hebt dan een oppervlakte van minimaal 475 m bij 255 m nodig. Op zich is de Vruchtenbuurt qua oppervlakte groot genoeg, alleen is de praktische inpassing niet gegarandeerd. Een geohydrologisch onderzoek is noodzakelijk om hier meer duidelijk over te geven. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het WKO-systeem de limiterende factor is op de warmtelevering. Met de aanname dat er 10% warmteverlies in het distributienet plaatsvindt, komt dit neer op warmtelevering van ongeveer 23.000 MWh<sub>th</sub>. In Tabel 4.8 is een overzicht weergegeven van de mogelijke aansluitingen. Daarbij zijn buurtje 3 t/m 8 volledig aangesloten en buurtje 14 voor 97%. Dit komt neer op ongeveer 23.000 MWh<sub>th</sub> en 1.573

aansluitingen. In Figuur 4.11 is te zien dat deze buurtjes een gunstige ligging hebben ten opzichte van het TED-systeem.

Tabel 4.8 | Aantal mogelijke aansluitingen bij een monovalent TED-systeem. Buurtje 3 t/m 8 en 14 hebben een gunstige ligging ten opzichte van een TED-systeem.

Buurt nummer	Aansluitpercentage	SJV gas	Energie verbruik	Energie verbruik	Aantal aansluitingen	Verbruik per aansluitingen
[#]	[%]	[m3]	[GJ]	[MWh]	[#]	[GJ/aansl.]
3	100%	204.220	6.464	1.796	107	60
4	100%	353.242	11.181	3.106	209	53
5	100%	391.569	12.394	3.443	226	55
6	100%	446.656	14.138	3.927	284	50
7	100%	315.888	9.999	2.777	192	52
8	100%	415.875	13.164	3.657	228	58
14	97%	488.481	15.462	4.295	327	47
<b>Totaal</b>		<b>2.615.931</b>	<b>82.802</b>	<b>23.001</b>	<b>1.573</b>	



Figuur 4.11 | Buurt 3 t/m 8 en 14 hebben een gunstige ligging ten opzichte van het TED systeem en de potentiële productie locaties.

#### 4.4 QUICKSCAN GEOTHERMIE-RETOUR

Om te kunnen beoordelen of warmte-uitkoppeling vanuit de geothermie-retour haalbaar is, zijn de gegevens van water in de retourleiding belangrijk. Hiermee kan een inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid energie die onttrokken kan worden. Uiteindelijk kan met deze gegevens een inschatting worden gemaakt van de investeringskosten van het geothermie-retour systeem.



#### 4.4.1 Eigenschappen geothermie-retour

Het debiet en de temperatuur van het water in de geothermie-retourleiding zijn 150 m<sup>3</sup>/h en 55 °C (Hydreco, persoonlijke communicatie, 20 februari 2018). In de huidige studie wordt ervan uitgegaan dat dit debiet en deze temperatuur constant zijn gedurende het jaar. In Figuur 4.12 is de locatie van de geothermie centrale van de Haagse Aardwarmte Leyweg weergegeven ten opzichte van de Vruchtenbuurt. De centrale ligt ongeveer 1.600 m hemelsbreed ten zuiden van de Vruchtenbuurt.



Figuur 4.12 | Locatie Haagse Aardwarmte Leyweg (HAL) ten opzichte van de Vruchtenbuurt in Den Haag. Hemelsbreed ligt de geothermie centrale ongeveer 1.600 m ten zuiden van de Vruchtenbuurt. Het adres van het ketelhuis is Zuidwoldestraat 1 in Den Haag.

#### 4.4.2 Productie locatie en concept geothermie-retour

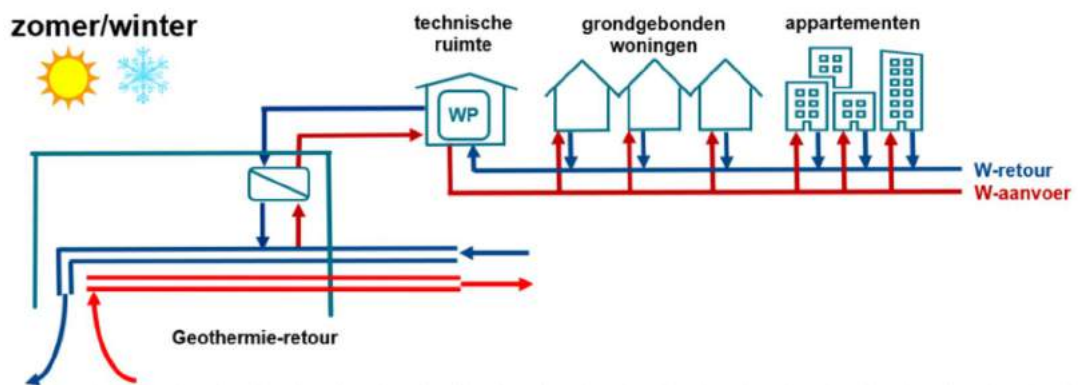
In het meest gunstige geval zit de productie locatie voor de warmtelevering in de Vruchtenbuurt zo dicht mogelijk bij het uitkoppelpunt van de geothermie-retourleiding en de afnemers van energie. In Figuur 4.13 is een potentiële productie locatie voor het geothermie-retour systeem weergegeven aan de zuidkant van de Vruchtenbuurt. Uitkoppeling van warmte zal bij de



geothermie centrale moeten plaatsvinden. In Figuur 4.14 is het prinsipeschema weergegeven voor warmtelevering vanuit de geothermie-retourleiding. De warmte wordt uitgekoppeld vanuit de retourleiding in de geothermie centrale van HAL via een warmtewisselaar. Het warme water van circa 50 - 55 °C gaat via een transportleiding richting de technische ruimte, waar de temperatuur wordt opgevaardeerd naar 70 °C met een warmtepomp. Vervolgens wordt de warmte gedistribueerd naar de gebouwen.



Figuur 4.13 | Potentiële productie locatie geothermie-retour ter hoogte van de Thorbeckelaan. De productie locatie ligt bij voorbaat zo dicht mogelijk bij de geothermie centrale van HAL.



Figuur 4.14 | Prinsipeschema geothermie-retour systeem. De warmte wordt uitgekoppeld vanuit de retourleiding in de geothermie centrale van HAL via een warmtewisselaar. Het warme water van circa 50 - 55 °C gaat via een transportleiding richting de technische ruimte, waar de temperatuur wordt opgevaardeerd naar 70 °C met een warmtepomp. Vervolgens wordt de warmte gedistribueerd naar de gebouwen.

#### 4.4.3

#### Energetische potentie en randvoorwaarden geothermie-retour in de Vruchtenbuurt

De temperatuur van het water in de geothermie-retourleiding is 55°C. Het debiet in deze leiding is ongeveer 150 m<sup>3</sup>/h. De temperatuur en het debiet worden gebruikt in de energetische analyse om de energetische potentie voor de Vruchtenbuurt te duiden.

De randvoorwaarden voor warmte-uitkoppeling vanuit de geothermie-retourleiding zijn:

- uitkoppeling op locatie ketelhuis Leyweg;
- kosten voor aansluiting (leidingen en warmtewisselaars) voor rekening van de Vruchtenbuurt;

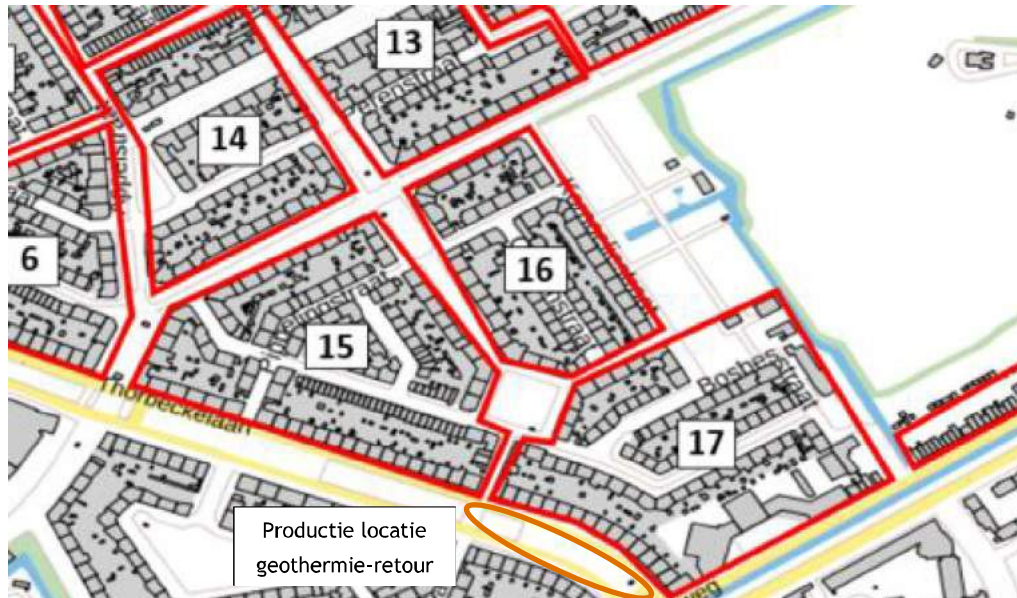
Verder geeft Hydreco Geomec het volgende aan (Hydreco Geomec, persoonlijke communicatie, 8 mei 2018):

- warmtewisselaar(s) kunnen in het ketelhuis geplaatst worden;
- leiding kan mogelijk door oude afvoerleiding van waterschap gelegd worden;
- prijsindicatie uitkoppeling 3 €/GJ uitgaande zonder leveringszekerheid of back-up bij nog nader te bepalen minimale afname met groeimodel;
- bij gewenste back-up kunnen er afspraken gemaakt worden via HAL met Eneco;
- indien uitkoeling tot 20 °C gegarandeerd kan worden kan de duurzame warmte voor een lagere prijs aangeboden worden door Eneco, omdat voor HAL uitkoeling belangrijk is;
- op basis van verwachte afname door Eneco is de gewogen retourtemperatuur bepaald op > 55 °C. Uiteraard is het wenselijk dat ook Eneco zijn retourwater zo ver mogelijk afkoelt i.v.m. de optimalisatie van de geothermie bron. Indien in de toekomst Eneco tot onder de 55 °C zal afkoelen is de inzet van een warmtepomp een technische oplossing om de temperatuur weer op het gewenste niveau te krijgen. Op deze wijze kan een gegarandeerde aanvoertemperatuur aangeboden worden. Of dit zou kunnen voor de eerder aangegeven prijsindicatie van 3 €/GJ dient verder onderzocht te worden, omdat er dan een gegarandeerde afname en uitkoeling door de Vruchtenbuurt vastgelegd moet worden.

De maximale potentie van geothermie-retour is op basis van een maximale  $\Delta T$  van 35 °C bij het onttrekkings- en lozingspunt bij de geothermie-retourleiding berekend. Als er wordt uitgegaan van een monovalent systeem betekent dat er maximaal ongeveer 17.200 MWh<sub>th</sub> geproduceerd kan worden met een geothermie-retour systeem. Dit zal altijd moeten gebeuren met behulp van een warmtepomp. Met de aanname dat er 10% warmteverlies in het distributienet plaatsvindt, komt dit neer op warmtelevering van ongeveer 15.600 MWh<sub>th</sub>. In Tabel 4.9 is een overzicht weergegeven van de mogelijke aansluitingen. Daarbij zijn buurtjes 15, 16 en 17 volledig aangesloten. Dit komt neer op ongeveer 15.600 MWh<sub>th</sub> en 1.211 aansluitingen. In Figuur 4.15 is te zien dat deze buurtjes een gunstige ligging hebben ten opzichte van het geothermie-retour systeem.

Tabel 4.9 | Aantal mogelijke aansluitingen bij een monovalent geothermie-retour systeem. Buurtje 15, 16 en 17 hebben een gunstige ligging ten opzichte van het geothermie-retour systeem.

Buurt nummer	Aansluitpercentage	SJV gas	Energie verbruik	Energie verbruik	Aantal aansluitingen	Verbruik per aansluitingen
[#]	[%]	[m3]	[GJ]	[MWh]	[#]	[GJ/aansl.]
15	100%	769.234	24.349	6.763	497	49
16	100%	415.287	13.145	3.651	300	44
17	100%	592.196	18.745	5.207	414	45
<b>Totaal</b>		<b>1.776.717</b>	<b>56.238</b>	<b>15.622</b>	<b>1.211</b>	



Figuur 4.15 | Buurt 15, 16 en 17 hebben een gunstige ligging ten opzichte van het geothermie-retour systeem en de potentiële productie locatie.

#### 4.5 SAMENVATTING QUICKSCAN

In Tabel 4.10 is een overzicht gegeven van de quickscan en de potentie van de 3 systemen: TEO, TED en geothermie-retour in de Vruchtenbuurt.

Tabel 4.10 | Overzicht van de quickscan en de potentie van de 3 systemen: TEO, TED en geothermie-retour. Potentiële warmtelevering en besparing gasverbruik is afgerond.

Systeem	Potentiële warmtelevering [MWh/jaar]	Aantal aansluitingen [#]	Aansluiting buurtnummer [#]	Besparing gasverbruik [m <sup>3</sup> /jaar]	Limiterende factor
TEO	7.100	570	1 (26%), 10 (100%), 11 (100%)	800.000	Oppervlaktewater debiet en $\Delta T$ (TEO)
TED	23.000	1.573	3 t/m 8 (100%), 14 (97%)	2.600.000	Ondergrond (WKO inpassing)
Geothermie-retour	15.600	1.211	15 (100%), 16 (100%), 17 (100%)	1.800.000	Geothermie-retour (debiet en temperatuur)

## 5 Business case

Aan de hand van de geïnventariseerde data, die zijn beschreven in hoofdstuk 3 en de quickscans van de verschillende systemen in hoofdstuk 4, zijn de business cases (BC) doorgerekend. De business case is opgesplitst in drie onderdelen:

- methode;
- uitgangspunten;
- financiële analyse.

Indien aannamen of kentallen gebruikt worden die niet afkomstig zijn uit hoofdstuk 3 zal dit expliciet vermeld worden.

### 5.1 METHODE

In de business case zal het uitgangspunt zijn dat er meer dan 500 woningen worden aangesloten op de duurzame warmtebron. Daarbij zullen in eerste instantie de buurtjes die het dichtst bij de specifieke duurzame warmtebron liggen als eerste worden aangesloten. Dit kan betekenen dat er een bepaald percentage van een buurtje of meerdere buurtjes worden aangesloten om het aantal woningen te kunnen aansluiten. Daarbij worden de CAPEX, OPEX, omzet en eventuele subsidies inzichtelijk gemaakt. Daaruit volgt uiteindelijk een project rendement (IRR) op basis van het total cost of ownership (TCO) principe.

Vervolgens zal er indien nodig een financiële optimalisatie plaatsvinden, waarbij er is gestuurd op een projectrendement van rond de 8%. De optimalisatie betreft het inzetten van een gasketel om de piek van de warmtevraag op te vangen. De optimalisatie wordt veroorzaakt doordat de investering in de gasketel (€/kW) lager zal zijn dan de meer investering in een warmtepomp (€/kW) bij een monovalent systeem. Bij een monovalent systeem verzorgt de warmtepomp de gehele warmtevraag.

### 5.2 ENERGETISCHE UITGANGSPUNTEN

Bij de toepassing van TEO, TED en/of geothermie-retour zijn er verschillende concepten mogelijk. Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken zijn de systeemconcepten van deze 3 systemen vanaf de uitkoppeling vanuit de technische ruimte op het warmte distributienet hetzelfde. In het algemeen kunnen we het totale systeem in 4 onderdelen onderscheiden:

- bron;
  - TEO (inclusief WKO, leidingwerk, appendages, pompen, warmtewisselaars);
  - TED (inclusief WKO, leidingwerk, appendages, pompen, warmtewisselaars);
  - geothermie-retour (inclusief leidingwerk, appendages, pompen, warmtewisselaars);
- technische ruimte (warmtepompen, gasketel en/of back-up, uitkoppeling);
- warmte distributienet: 2-pijps, aanvoer/retour 70/40 °C;
- aansluitingen woningen;

In Tabel 5.1 zijn de specifieke input en output parameters per variant weergegeven. In de huidige financiële analyse is het scenario opgenomen dat de warmtebehoefte met 1,5% per jaar afneemt in de huidige maatschappij. Dit kan een resultaat zijn van onder andere bewustwording van warmtegebruik door de burger, opwarming van het klimaat en isolatiemaatregelen in de woningen. Dit scenario is in de business case opgenomen als een eenmalige vermindering van de



warmteproductie en de warmtebehoefte van 22,5% na 15 jaar exploitatie. Voor exploitatie wordt dit alleen verrekend in het leveringstarief voor elektriciteit en gas. De inschatting is dat een vermindering in de warmtebehoefte geen invloed zal hebben O&M kosten en managementkosten. Voor de omzet wordt de vermindering in warmtebehoefte verrekend in het leveringstarief. Vastrecht, meterhuur en afleversethuur blijven constant.

Tabel 5.1 | Energetische input en output (I/O) parameters voor de 3 varianten: TEO, TED en geothermie-retour. De bron staat in dit geval voor oppervlaktewater, rivierwater of geothermie-retourwater.

Parameter	Eenheid	TEO	TED	Geothermie-retour
<b>Bron</b>				
Minimale uitkoeling bron (I)	°C	3,0	3,0	35,0
Maximale uitkoeling bron (I)	°C	6,0	3,0	35,0
Minimale lozingstemperatuur bron (I)	°C	12,0	12,0	20,0
Minimale onttrekkingstemperatuur bron (I)	°C	15,0	15,0	55,0
Infiltratietemperatuur koude WKO (I)	°C	7,0	7,0	n.v.t.
Maximaal debiet bron (O)	m <sup>3</sup> /h	300	540	55,0
Maximaal debiet WKO (O)	m <sup>3</sup> /h	260	270	n.v.t.
Aantal WKO doubletten (O)	-	4	5	n.v.t.
Gemiddelde infiltratietemperatuur warmte (O)	°C	16,3	17,1	n.v.t.
<b>Technische ruimte</b>				
Maximale COP warmtepomp (O)	-	3,6	3,9	4,0
Seasonal Performance Factor (SPF) warmtepomp (O)	-	3,4	3,5	4,0
Warmte productie totaal (I)	MWh/jaar	8.030	10.470	8.670
Warmte aandeel warmtepomp	MWh/jaar	7.944 (98,9%)	10.355 (98,9%)	8.573 (98,9%)
Warmte aandeel gasketel	MWh/jaar	86 (1,1%)	111 (1,1%)	92 (1,1%)
% van warmte productie totaal in jaar 1 t/m 15 (I)	%	100	100	100
% van warmte productie totaal in jaar 16 t/m 30 (I)	%	77,5	77,5	77,5
Vermogen productie totaal (I)	MW	3,70	4,82	3,99
Vermogen aandeel warmtepomp (I)	MW	2,59 (70%)	3,37 (70%)	2,79 (70%)
Vermogen aandeel gasketel (I)	MW	1,11 (30%)	1,45 (30%)	1,20 (30%)
<b>Distributienet</b>				
Aanvoertemperatuur distributienet (I)	°C	70,0	70,0	70,0
Retourtemperatuur distributienet (I)	°C	40,0	40,0	40,0
Tracélengte (I/O) <sup>1</sup>	m	3.333	3.783	3.605
Warmteverlies distributienet (I/O) <sup>1</sup>	MWh/jaar	1.230	1.470	1.270
<b>Aansluitingen woningen</b>				
Aantal aansluitingen (I/O) <sup>1</sup>	-	554	605	580
Warmtebehoefte woningen (I)	MWh/jaar	6.800	9.000	7.400
% van warmtebehoefte woningen in jaar 1 t/m 15 (I)	%	100	100	100
% van warmtebehoefte woningen in jaar 16 t/m 30 (I)	%	77,5	77,5	77,5

<sup>1</sup> Input/output van Alliander DGO

## 5.3 FINANCIËLE ANALYSE

### 5.3.1 Uitgangspunten financiële analyse

Voor de financiële berekeningen is rekening gehouden met de energetische uitgangspunten gegeven in Tabel 5.1 en de financiële uitgangspunten gegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 | Uitgangspunten financiële analyse.

Parameter	Eenheid	Waarde
<b>Algemeen</b>		
Vereist projectrendement (RRR)	%	
Aandeel eigen vermogen	%	100
Vennootschapsbelasting (schijf 1 tot 200 k€)	%	20,0
Vennootschapsbelasting (schijf 2)	%	25,0
<b>CAPEX</b>		
Indexering investeringskosten	%	2,0
Project looptijd	jaar	30
Afschrijving	jaar	15
Startjaar investering	jaar	0
Herinvestering bron	jaar	> 30
Herinvestering WKO	jaar	> 30
Herinvestering gasketel	jaar	15
Herinvestering warmtepomp	jaar	15
Herinvestering warmtewisselaar	jaar	15
Herinvestering aansluitkosten	jaar	> 30
Herinvestering warmtenetwerk	jaar	> 30
Herinvestering uitkoppelingskosten	jaar	> 30
<b>OPEX</b>		
Indexering operationele kosten	%	2,0
Startjaar operatie	jaar	1
Netbeheerder elektriciteit	-	Stedin
<b>Omzet</b>		
Indexering operationele kosten	%	2,0
Startjaar omzet	jaar	1
Tarief warmte levering <sup>1</sup>	€/GJ	18,96
Tarief vastrecht <sup>1</sup>	€/jaar	255,80
Tarief meterhuur <sup>1</sup>	€/jaar	20,96
Tarief afleversethuur <sup>1</sup>	€/jaar	108,40
<b>Subsidies en eenmalige inkomsten</b>		
Bijdrage aansluitkosten (BAK)	€/aansluiting	2.500
Energie-investeringsaftrek (EIA)	%	13,5 van CAPEX duurzame investeringen
BZK-subsidie	€/aansluiting	8.500
Startjaar inkomsten	jaar	0

<sup>1</sup> De tarieven zijn gebaseerd op de warmtetarieven van NUON. Tarief warmte levering is circa 5% lager dan de maximale prijs voor warmte levering volgens de ACM. Vastrecht en meterhuur zijn gelijk aan de tarieven van ACM. Tarief afleversethuur is niet gereguleerd door de ACM, daarom is het tarief dat NUON rekent gehanteerd.

### Tarieven

De gehanteerde tarieven in de OPEX berekening voor elektriciteit, gas en warmte zijn weergegeven in Tabel 5.4. De elektriciteitsprijs en de gasprijs is inclusief energiebelasting en opslag duurzame energie. De warmteprijs voor geothermie-retour is J (zie randvoorwaarden geothermie-retour in paragraaf 4.4.3).

Tabel 5.4 | Tarieven elektriciteit, gas en warmte voor de 3 varianten TEO, TED en geothermie-retour.

Parameter	Eenheid	TEO	TED	Geothermie-retour
Elektriciteit	€/MWh	65	65	65
Gas	€/m <sup>3</sup>	0,46	0,46	0,46
Warmte	€/GJ	n.v.t.	n.v.t.	3

### 5.3.3

#### Resultaat financiële analyse

In Tabel 5.5 is het financiële resultaat voor de 3 varianten weergegeven. Het valt op dat de verdisconteerde terugverdientijd voor geothermie-retour meer dan 30 jaar is. Dit komt doordat er van een vereist project rendement (RRR) is uitgegaan. In Figuur 5.1, Figuur 5.2 en Figuur 5.3 zijn de kasstromen grafisch weergegeven voor TEO, TED en geothermie-retour respectievelijk.

Tabel 5.5 | Resultaat financiële analyse voor de 3 varianten TEO, TED en geothermie-retour.

Parameter	Eenheid	TEO	TED	Geothermie-retour
Projectrendement (IRR)	%	8,7	10,2	11,8
Netto contante waarde (NPV)	€	1.200	1.200	1.200
Verdisconteerde terugverdientijd (DPP)	jaar	10	10	10

#### 5.4 CONCLUSIE

Op basis van de financiële analyse en de uitgangspunten in deze haalbaarheidsstudie lijken de 2 varianten TEO (If en rivierwaterleidingen TED (IRR haalbaar te zijn. Geothermie-retour (If is aan de hand van de uitgangspunten in deze studie niet haalbaar. Wel zijn hier nog diverse optimalisaties te behalen door detaillering van het distributienet en het GJ tarief. Er moet wel expliciet vermeld worden dat voor alle varianten de maximale subsidie (8.500 €/aansluiting) en BAK (2.500 €/aansluiting) in acht is genomen bij het geschetste projectrendement. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de BZK-subsidie noodzakelijk is om het project haalbaar te maken.

In deze fase zijn een aantal uitgangspunten vastgelegd om de vrijheidsgraden in het financiële en energetische model te beperken. Belangrijke aandachtspunten in de huidige haalbaarheidsstudie zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden. Voorbeelden van parameters die het resultaat en de haalbaarheid van de business case kunnen beïnvloeden zijn:

- scenario warmtebehoefte (aantal afnemers in nog niet gemaximaliseerd);
- aandeel gasketel/warmtepomp (vermogen 30/70%);
- scenario en fasering aansluiting (100% fase 1, maar beperkt aantal afnemers);
- GJ-prijs bron geothermie-retour ( onderhandelbaar);
- vereist projectrendement ( itgangspunt voor totaal).



## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 ENERGETISCHE HAALBAARHEID

In Tabel 6.1 is een overzicht gegeven van de quickscan en de potentie van de 3 systemen: TEO, TED en geothermie-retour in de Vruchtenbuurt. Vanuit energetisch oogpunt kunnen bij alle 3 de varianten minimaal 500 woningen worden aangesloten op de duurzame warmtebron en in aanmerking komen voor de BZK-subsidie.

Tabel 6.1 | Overzicht van de quickscan en de potentie van de 3 systemen: TEO, TED en geothermie-retour. Potentiële warmtelevering en besparing gasverbruik is afgerond.

Systeem	Potentiële warmtelevering [MWh/jaar]	Aantal aansluitingen [#]	Aansluiting buurtnummer [#]	Besparing gasverbruik [m <sup>3</sup> /jaar]	Limiterende factor
TEO	7.100	570	1 (26%), 10 (100%), 11 (100%)	800.000	Oppervlaktewater debiet en ΔT (TEO)
TED	23.000	1.573	3 t/m 8 (100%), 14 (97%)	2.600.000	Ondergrond (WKO inpassing)
Geothermie-retour	15.600	1.211	15 (100%), 16 (100%), 17 (100%)	1.800.000	Geothermie-retour (debiet en temperatuur)

### 6.2 FINANCIËLE HAALBAARHEID

Op basis van de energetische en financiële uitgangspunten en randvoorwaarden beschreven in hoofdstuk 3, 4 en 5 is de financiële haalbaarheid onderzocht van de 3 varianten: TEO, TED en geothermie-retour voor aansluiting van circa 500 - 600 woningen. De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in Tabel 6.2. TEO en TED zijn op basis van de uitgangspunten in de huidige studie haalbaar (IRR > 8%). Geothermie-retour is in die zin niet haalbaar (IRR < 8%). Bij dit resultaat moet expliciet vermeld worden dat de volledige BZK-subsidie van 8.500 €/woning en een aansluitbijdrage (BAK) van 2.500 €/woning is meegenomen als eenmalige inkomsten. Investeringskosten van eventuele isolerende maatregelen zijn niet meegenomen in de financiële analyse. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de BZK-subsidie noodzakelijk is om het project haalbaar te maken.

Tabel 6.2 | Resultaat financiële analyse voor de 3 varianten TEO, TED en geothermie-retour.

Parameter	Eenheid	TEO	TED	Geothermie-retour
Projectrendement (IRR)	%	*		
Vereist projectrendement (RRR)	%			
Projectlooptijd	jaar			
Netto contante waarde (NPV)	€			

### 6.3 AANBEVELINGEN

#### Onderhandelingen en afstemming met stakeholders

De huidige haalbaarheidsstudie kan gebruikt worden als uitgangspunt bij onderhandelingen en afstemming met stakeholders om een duurzame collectieve warmtevoorziening in de Vruchtenbuurt naar een volgende fase te brengen. Dit kunnen producenten en/of leveranciers zijn, maar ook afnemers. Het betrekken van de bewoners en het communiceren van de manier van afrekenen kan bewoners over de streep trekken om deel te nemen aan een dergelijk project.

#### Onderzoek keteltemperatuur

Het kan verstandig zijn om in een vroeg stadium te gaan onderzoeken of een keteltemperatuur van 70 °C haalbaar is zonder isolerende maatregelen. Indien dit het geval is, zal dit de haalbaarheid en wellicht de participatie positief beïnvloeden.

#### Gevoeligheidsanalyse

In deze fase zijn een aantal uitgangspunten vastgelegd om de vrijheidsgraden in het financiële en energetische model te beperken. Belangrijke aandachtspunten in de huidige haalbaarheidsstudie zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden. In een vervolgstudie wordt aanbevolen om een gevoeligheidsanalyse toe te passen op de uitgangspunten in deze haalbaarheidsstudie. Parameters die een grote invloed op het projectrendement kunnen hebben zijn:

- Scenario warmtebehoefte;
  - in de huidige haalbaarheidsstudie is aangenomen dat tijdens de eerste termijn van 15 jaar van het project de warmtebehoefte 100% is en tijdens de tweede termijn van 15 jaar de warmtebehoefte 78,5% is. Een ander scenario heeft invloed op het resultaat van de business case.
- Aandeel vermogen gasketel/warmtepomp;
  - het aandeel vermogen gasketel/warmtepomp is voor alle 3 de varianten 30/70. Het projectrendement kan geoptimaliseerd worden indien het aandeel gasketel groter mag worden. In het geval van geothermie-retour kan de business case wellicht omdraaien van niet haalbaar naar haalbaar.
- Scenario en fasering aansluiting;
  - in de huidige haalbaarheidsstudie is aangenomen dat de aansluiting 100% is vanaf jaar 1, daarnaast is ook de aanname gemaakt dat alle gasaansluiting worden vervangen voor een aansluiting op het warmtenet. Fasering en een lager aansluitpercentage zal het projectrendement negatief beïnvloeden.
- Opschaling aansluitingen;
  - De business case zijn uitgevoerd aan de hand van een aantal aansluitingen tussen 500 - 600 woningen. TEO wordt gelimiteerd door de bron, daardoor is opschaling niet mogelijk. TED en geothermie-retour hebben meer potentie vanuit energetisch oogpunt. Zeker in het geval van geothermie-retour wordt verwacht dat opschaling een positieve invloed op het projectrendement heeft, vanwege de hoge initiële investering van de transportleiding tussen de HAL en de Vruchtenbuurt.
- GJ-prijs bron geothermie-retour;
  - de GJ-invoedprijs van geothermie-retour is J. Hydreco/HAL heeft aangegeven dat deze prijs onderhandelbaar is tussen gratis en Het gratis invoeden van warmte kan resulteren in een boost voor het projectrendement.
- Vereist projectrendement.

- het vereiste projectrendement geeft de grens aan tussen haalbaar en niet haalbaar. Vervolgstudies zullen moeten uitmaken welke mogelijkheden beschikbaar zijn om van een niet haalbare business en haalbare business case te maken.

#### **All-electric**

Een duurzame collectieve warmtevoorziening met een warmtenet is niet de enige oplossing om een wijk gasloos te maken. Het kan interessant zijn om de vergelijking met een all-electric oplossing te maken en hierbij de TCO voor de vruchtenbuurt inzichtelijk te maken.

#### **Onderzoek meekoppelkansen**

In de huidige business cases is nog geen onderzoek gedaan naar eventuele andere maatschappelijke kosten en baten. Indien de aanleg van productiemiddelen of het warmtenet tegelijkertijd met rioolvervanging of andere geplande werkzaamheden kan plaatsvinden kan dit een financieel voordeel opleveren. Ook kan het tracé van de HAL-retour verder worden onderzocht, als optimalisatie kan onderzocht worden of een aanwezige ongebruikte leiding kan worden gebruikt om de transportleidingen in te leggen. Daarnaast beperkt deze studie zicht tot de vruchtenbuurt, als er op het tracé nog andere potentiële afnemers van warmte te vinden zijn zal de onrendabele top afnemen.

## 7 Afkortingen

BC	business case
BVO	bruto-vloeroppervlakte
CAPEX	capital expenditures
EOR	equivalent opwekkingsrendement
IRR	internal rate of return (project rendement)
ISDE	investeringssubsidie duurzame energie
LBK	luchtbehandelingskast
LSC	Lake Source Cooling
NCW	netto contante waarde
OPEX	operating expenditures
RRR	required rate of return (vereist projectrendement)
SO	schetsontwerp
TCO	total cost of ownership
TED	thermische energie uit drinkwater
TEO	thermische energie uit oppervlaktewater
TVTV	verdisconteerde terugverdientijd
TR	technische ruimte

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37  
6824 BE Arnhem  
Postbus 605  
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555  
E [info@iftechnology.nl](mailto:info@iftechnology.nl)  
I [www.iftechnology.nl](http://www.iftechnology.nl)

NL60 RABO 0383 9420 47  
KvK Arnhem 09065422  
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**