



# Aardgasvrij De Banne Amsterdam

Viermasterstraat en Banne Buiksloot



Datum: 19 november 2018  
Projectnr: 1639  
Status: Definitief  
Auteur: Runa Lentz

## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
Conclusie en aanbevelingen .....	7
1 Inleiding .....	9
2 Plan van aanpak.....	10
3 Uitgangspunten .....	11
3.1 Projectinformatie .....	11
3.2 Beleidskader Stadgenoot.....	11
3.3 Beleidskader Amsterdam .....	12
4 Huidige situatie.....	13
4.1 Huidige situatie De Banne .....	13
4.1.1 Gebouwtypen De Banne.....	14
4.2 Huidige situatie Viermasterstraat .....	15
4.2.1 Kenmerken flatgebouwen Viermasterstraat .....	15
4.2.2 Huidig energiegebruik en –kosten Viermasterstraat .....	17
4.2.3 Planmatig onderhoud Viermasterstraat.....	18
5 Inventarisatie aardgasvrije routes De Banne .....	19
5.1 Aardgasvrij in relatie tot strategisch vastgoedbeleid.....	19
5.2 Aardgasvrij op woningniveau .....	20
5.3 Aardgasvrij op gebouwniveau .....	22
5.3.1 Strategie ‘Midden temperatuur’ .....	22
5.3.2 Strategie ‘Lage temperatuur’ .....	23
5.4 Aardgasvrij op gebiedsniveau.....	25
5.5 Meest perspectiefrijke aardgasvrije warmtevoorziening De Banne .....	28
6 Uitwerking meest perspectiefrijke warmtevoorziening Viermasterstraat.....	30
6.1 Meest perspectiefrijke warmtevoorziening .....	30
6.2 Technische en ruimtelijke consequenties .....	30
6.2.1 Bouwkundige maatregelen.....	31
6.2.2 Ventilatiesysteem .....	31
6.2.3 Warmte- en warm watervoorziening .....	32
6.3 Energiegebruik.....	34
7 Financiële analyse Viermasterstraat .....	35
7.1 Investeringskosten.....	35
7.2 Jaarlijkse energiegerelateerde kosten.....	35

7.3	Levensduurkosten .....	36
7.4	Financieringsvormen .....	38
Bijlage 1:	Energieverbruik en -kosten Viermasterstraat (huidige situatie) .....	40
Bijlage 2:	Tabel gebouweigenschappen De Banne.....	41
Bijlage 3:	Uitgangspunten energiegebruik na maatregelen .....	44
Bijlage 4:	Uitsplitsing kostenraming .....	45
Bijlage 5:	Uitgangspunten Levensduurkosten .....	46

## Samenvatting

Banne Buiksloot, oftewel De Banne, is een woonwijk in Amsterdam Noord met als voornaamste bouwperiode de jaren '60 en '70. Binnen het 'Project Aardgasloze Wijken' van de gemeente Amsterdam is De Banne in 2017 geselecteerd als één van de drie wijken. Woningcorporatie Stadgenoot is voor De Banne als trekker aangesteld. Stadgenoot wil graag in kaart brengen welke mogelijkheden er zijn om de gebouwen in De Banne aardgasvrij te maken. Hiervoor is het complex 'Viermasterstraat' geselecteerd als testcase, omdat de collectieve cv-ketels hier binnenkort vervangen dienen te worden. In deze rapportage is dan ook eerst inzichtelijk gemaakt wat de meest perspectiefrijke aardgasvrije oplossingen zijn voor de gebouwen in De Banne, en is vervolgens specifiek gekeken naar de gebouwen van het complex Viermasterstraat.

### Plan van aanpak

Om te komen tot aardgasvrije woningen in De Banne is een studie gedaan naar maatregelen op woningniveau, gebouwniveau en gebiedsniveau. Op woningniveau is gekeken naar de randvoorwaarden in de woningen voor het toepassen van een aardgasvrije warmtevoorziening en -warmtapwaterbereiding. Op gebouwniveau is gekeken naar het bestaande type warmte- en warmtapwatervoorziening en mogelijke aardgasvrije warmtebronnen. Met gebiedsniveau bedoelen we de mogelijkheid van een aardgasvrije voorziening voor meerdere gebouwen samen, waarbij mogelijke gebiedsoplossingen zijn benoemd zonder daar in de uitwerking dieper op in te gaan, omdat deze oplossing wat betreft de beoordeling van de toepasbaarheid van verschillende warmtebronnen een ander type studie vraagt.

### Gebouwtypen De Banne

Om onderscheid te maken tussen de woningen in De Banne en de mogelijkheden te beschrijven op woning- gebouwen- en gebiedsniveau zijn gebouwtypen vastgesteld, op basis van woningtype, de bouwperiode (vanwege de kwaliteit van de isolatie) en het type warmtevoorziening en warm tapwaterbereiding. Dit heeft geresulteerd in de onderstaande 4 gebouwtypen:

- Type 1: Bouwjaar 1968-1989, collectief gasgestookt, meerlaags, corporatiebezit
- Type 2: Bouwjaar 1968-1989, individueel gasgestookt, meerlaags, gemengd corporatie- en particulier bezit
- Type 3: Bouwjaar 1968-1989, individueel gasgestookt, grondgebonden, gemengd corporatie- en particulier bezit
- Type 4: Bouwjaar 1995-2014, individueel gasgestookt, meerlaags, gemengd corporatie- en particulier bezit

### Aardgasvrije strategieën

Naast de gebouwtypen zijn twee strategieën geselecteerd voor het aardgasvrij maken van de gebouwen in De Banne:

#### 1. Aardgasvrij met beperkte verduurzaming (Strategie 'Midden temperatuur'):

- Focus op middellange termijn met een beoogde levensduurverlenging van circa 20 jaar en kleine impact op de gebouwen.
- Keuze voor verduurzamingsmaatregelen met een technische levensduur van circa 20 jaar. Aangezien bouwkundige maatregelen en bepaalde onderdelen van installatietechnische maatregelen (distributie- en afgiftesystemen, kanaalwerk, etc.) veelal een langere technische levensduur hebben, liggen deze dus niet voor de hand.
- Aanvoertemperatuur van verwarming kan worden teruggebracht tot ongeveer 70°C.

- Uitvoering in bestaande toestand vaak mogelijk.
- Stapsgewijze uitvoering mogelijk door het opnemen van de maatregelen in het MJOB.

## 2. Aardgasvrije renovatie met grootschalige verduurzaming (Strategie 'Lage temperatuur'):

- Focus op lange termijn met een beoogde levensduurverlenging van circa 40 jaar en maximale duurzaamheid.
- Keuze voor verduurzamingsmaatregelen met een technische levensduur van circa 40 jaar. Hierdoor zijn ook bouwkundige maatregelen en installatietechnische maatregelen zoals nieuwe distributie- en afgiftesystemen en nieuw kanaalwerk mogelijk.
- Aanvoertemperatuur van verwarming kan worden teruggebracht tot ongeveer 40°C.
- Uitvoering niet mogelijk in bestaande toestand vanwege vergaande aanpassingen.
- Uitvoering vindt niet stapsgewijs plaats maar gedurende één grootschalige renovatie.
- Grote daling energielasten voor bewoners mogelijk.

### **Aardgasvrije oplossingen De Banne**

#### 'Midden temperatuur' oplossing per gebouwtype

Binnen deze strategie ligt het vanwege de beoogde levensduurverlenging van 20 jaar voor de hand om het huidige distributiesysteem in de gebouwen (mits in goede staat) te handhaven. Hierom is voor de woningen van gebouwtype 2, 3 en 4 een individuele aansluiting op stadswarmte van Nuon de meest perspectiefrijke aardgasvrije oplossing. Voor de woningen met een collectieve warmtevoorziening (gebouwtype 1) is, wanneer het distributienet in goede staat verkeert, ofwel een collectieve aansluiting op stadswarmte een geschikte oplossing, ofwel het plaatsen van een collectieve midden-temperatuur luchtwarmtepomp.

#### 'Lage temperatuur' oplossing per gebouwtype

Binnen deze strategie wordt in gebouwen met een individuele warmtevoorziening en voldoende ruimte in de woning idealiter een individuele LT-warmtepomp per woning geplaatst. Voor gebouwen met een bestaande collectieve warmtevoorziening kan, indien de benodigde ruimte in de woning niet beschikbaar is, alternatief gekozen worden voor een collectieve LT-warmtepomp. Wat betreft warm tapwater dient er dan gekozen te worden tussen het plaatsen van een individuele booster-warmtepomp of een (kleinere, maar minder energiezuinige) individuele elektrische boiler in de woning. De meest voor de hand liggende warmtebron voor De Banne binnen deze strategie is een WKO of bodemwarmtewisselaar. Een WKO voor woningen vraagt aandacht voor het herstellen van een onbalans van het grondwater door een grotere warmte- dan koude-onttrekking, maar een bodemwarmtewisselaar vraagt bij bestaande bouw een groter ruimtebeslag. Voor de grondgebonden woningen is een WKO-installatie qua schaalgrootte niet geschikt, en ligt een bodemwarmtewisselaar als warmtebron meer voor de hand.

### **Aardgasvrije oplossing Viermasterstraat**

De Viermasterstraat behoort tot gebouwtype 1. Uit de inventarisatie blijkt dat de gebouwen matig geïsoleerd zijn. Onderhoud aan de bouwkundige onderdelen staat pas in de periode 2025-2035 op de planning, in tegenstelling tot de installaties die al vanaf 2020 onderhoud of vervanging behoeven.

In onderstaande tabel zijn de ruimtelijke en financiële consequenties van de invulling van de aardgasvrije strategieën 'Midden temperatuur' ('MT') en 'Lage temperatuur' ('LT') voor de Viermasterstraat samengevat.

Viermasterstraat	Strategie 'Midden temperatuur'		Strategie 'Lage temperatuur'	
	<i>Ruimtelijke consequenties Viermasterstraat</i>			
Bouwkundige maatregelen	Beperkte na-isolatie (spouwisolatie) en vervangen dubbele beglazing door HR++-beglazing		Vergaande isolatie (prefab buitengevels met hoogwaardige isolatie, vervangen dak door geïsoleerd dak), nieuwe ramen met driedubbele beglazing	
Ventilatievoorziening	Handhaven mechanische ventilatie		CO <sub>2</sub> -gestuurde gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning	
Warmtedistributie- en afgiftesysteem	Nieuw individueel distributienet, handhaven afgiftesysteem		Nieuw laagtemperatuur afgiftesysteem (convectoren of vloerverwarming), individueel distributienet.	
	<i>Warmtevoorziening Viermasterstraat</i>			
Variant	<b>Stadswarmte</b>	<b>Coll. Lucht WP</b>	<b>Coll. WP+WKO</b>	<b>Indiv. Combi-WP+WKO</b>
Warmtevoorziening	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Collectieve MT-luchtwarmtepomp	Collectieve LT warmtepomp	Individuele LT combi-warmtepomp
Warm tapwater	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Collectieve MT-luchtwarmtepomp	Individuele booster-warmtepomp	Individuele LT combi-warmtepomp
Warmtebron	Stadswarmte	Lucht	WKO	WKO
	<i>Financiële consequenties Viermasterstraat</i>			
Energiekosten na maatregelen	€ 1.230	€ 740	€ 600	€ 610
Verskil t.o.v. huidige situatie	+€ 40	-€ 450	-€ 590	-€ 580
Totale investering per woning incl. BTW	€ 20.000	€ 30.800	€ 62.900	€ 60.800
Totale investering complex incl. BTW	€ 4.849.100	€ 7.449.300	€ 15.211.400	€ 14.719.500
Levensduurkosten 20 jaar incl. BTW	€ 41.900	€ 43.700	n.v.t.	n.v.t.
Levensduurkosten 40 jaar incl. BTW	n.v.t.	n.v.t.	€ 82.100	€ 78.600

Voor de strategie 'MT' blijkt uit de financiële analyse van de energiekosten na het treffen van bovenstaande maatregelen dat de bewoners van de Viermasterstraat er alleen met de variant 'MT' met een collectieve luchtwarmtepomp financieel op vooruit gaan. Daarentegen zijn de investeringskosten per woning van de variant 'MT' met stadswarmte circa €10.000 lager, en zullen de onderhoudskosten voor Stadgenoot omlaag gaan ten opzichte van de huidige situatie vanwege het wegvallen van het onderhoud van de collectieve gasketels.

Voor de strategie 'LT' bedragen de investeringskosten circa € 60.000 per woning. De onderhoudskosten voor Stadgenoot zullen bij beide varianten, als gevolg van het toevoegen van installaties, hoger worden dan nu het geval is. De beoogde levensduur is verschillend per strategie, dus er is gekozen om de levensduurkosten voor de varianten binnen de strategie 'MT' over 20 jaar te berekenen, en voor de 'LT'-varianten te kijken naar de levensduurkosten over 40 jaar. De levensduurkosten van de varianten zijn binnen de strategieën 'MT' en 'LT' ongeveer even hoog.

## Conclusie en aanbevelingen

De keuze tussen de aardgasvrije strategie 'Midden temperatuur' en de strategie 'Lage temperatuur' zal per gebouw in De Banne gemaakt moeten worden aan de hand van de beoogde levensduurverlenging van het gebouw (20 jaar of 40 jaar) en of er op korte termijn grootschalig onderhoud staat gepland.

### Strategie 'MT'

Indien er sprake is van een beoogde levensduurverlenging van 20 jaar en geen grootschalige renovatie op korte termijn staat gepland, wordt de strategie 'MT' geadviseerd. Voor het treffen van de bijbehorende maatregelen wordt idealiter aangesloten bij een natuurlijk vervangingsmoment, zoals onderhoud of mutatie. Het voordeel van de variant 'MT' met stadswarmte hierbij is dat kan worden begonnen met het afnemen van warmte op hoge temperatuur, waarbij er na het treffen van de verduurzamingsmaatregelen om de isolatie te verbeteren minder warmte zal hoeven te worden afgenomen. De verduurzamingsmaatregelen kunnen dan conform de volgorde uit het MJOB worden getroffen. Nadeel is dat de energielasten voor de bewoner met deze variant hoog blijven. Voor de variant 'MT' met collectieve luchtwarmtepomp dienen eerst de verduurzamingsmaatregelen te worden getroffen alvorens de warmtepomp te plaatsen. Voordeel van deze variant is dat de energielasten voor de bewoners omlaag gaan.

### Strategie 'LT'

Indien er sprake is van een beoogde levensduurverlenging van 40 jaar en/of een geplande grootschalige renovatie op korte termijn staat gepland, wordt de strategie 'LT' geadviseerd. Conform de uitgangspunten van strategie 'LT' adviseren we het toepassen van individuele warmtepompen bij voldoende grote woningen, of een collectieve warmtevoorziening als er nu een collectieve warmtevoorziening in de gebouwen is. Daarnaast wordt aanbevolen om de maatregelen zoveel als mogelijk per gebouw uit te voeren, zodat de transitie naar aardgasvrij in relatief afgebakende stukken kan plaatsvinden en het aantal eventuele benodigde uithuisplaatsingen tegelijkertijd beperkt kan blijven. Tenslotte dient opgemerkt te worden dat het mogelijk is om een gebouw eerst met strategie 'MT' stapsgewijs te verduurzamen, en vervolgens het gebouw met een grootschalige renovatie verder te verduurzamen met de strategie 'LT'. Dit betekent wel dat het gebouw geschikt moet zijn voor een langere levensduurverlenging dan 40 jaar.

### Aardgasvrij op gebiedsniveau

Hoewel de gebiedsgerichte maatregelen niet verder zijn uitgewerkt binnen deze studie lijkt de schaalgrootte en bouwdichtheid van De Banne voldoende groot voor een rendabele collectieve warmtevoorziening. Ook blijkt dat de technische levensduur van de huidige warmtevoorzieningen in de complexen elkaar niet sterk ontloopt. Daarom leent De Banne zich voor een aardgasvrije oplossing met meerdere complexen samen of op (deel)gebiedsniveau. Hiertoe dient eerst per gebouw gekozen worden voor de strategie 'MT' of 'LT'. Met dit overzicht kunnen deelgebieden worden geselecteerd op basis van bouwtypen. Vervolgens kan een marktverkenning worden gedaan met meerdere marktpartijen voor de deelgebieden, waarbij een ruimte-efficiënte en collectieve oplossing wordt gezocht.

### Aardgasvrij Viermasterstraat

Voor het complex Viermasterstraat staat geen grootschalig onderhoud gepland, waardoor de uitvoering van de strategie 'MT' het meest voor de hand ligt. Wel is in dit complex het geplande onderhoud aan het warmtedistributiesysteem reden om over te gaan op individuele warmtedistributie. Binnen de strategie 'MT' is de variant met stadswarmte passend vanwege de mogelijkheid om geleidelijk op midden-temperatuur over te kunnen gaan. De installaties dienen conform het MJOB namelijk eerder te worden vervangen dan dat de

bouwkundige maatregelen worden getroffen. Hierbij is het wel voorwaardelijk dat er bindende afspraken gemaakt kunnen worden met Nuon over de toekomstige verduurzaming van het stadswarmtenet, de hoogte van de (toekomstige) warmtetarieven en de lengte van de contracten/afsluitmogelijkheden.

Alternatief zou een tijdelijke collectieve aansluiting op stadswarmte kunnen worden geplaatst, met een distributienet en individuele afleversets in eigendom van Stadgenoot, zodat Stadgenoot de energiekosten zelf kan bepalen en verrekenen. Na bijvoorbeeld 15 jaar kan dan alsnog een collectieve warmtepomp worden geplaatst, nadat de verduurzamingsmaatregelen zijn getroffen.



## 1 Inleiding

Woningcorporatie Stadgenoot richt zich op dit moment op de transitie naar aardgasvrij vastgoed in De Banne, Amsterdam Noord. Deze wijk is geselecteerd als één van aardgasvrij te maken wijken uit het Project Aardgasloze Wijken van de gemeente Amsterdam. In deze buurt is één complex van Stadgenoot, De Viermasterstraat, binnenkort toe aan het vervangen van de collectieve ketels. Om die reden wil Stadgenoot voor dit complex een ruimtelijke, technische en financiële analyse laten uitvoeren van de alternatieven voor aardgas voor deze gebouwen. Daarbij wil Stadgenoot tevens een doorkijk krijgen naar aardgasvrije oplossingen voor de overige complexen in De Banne.

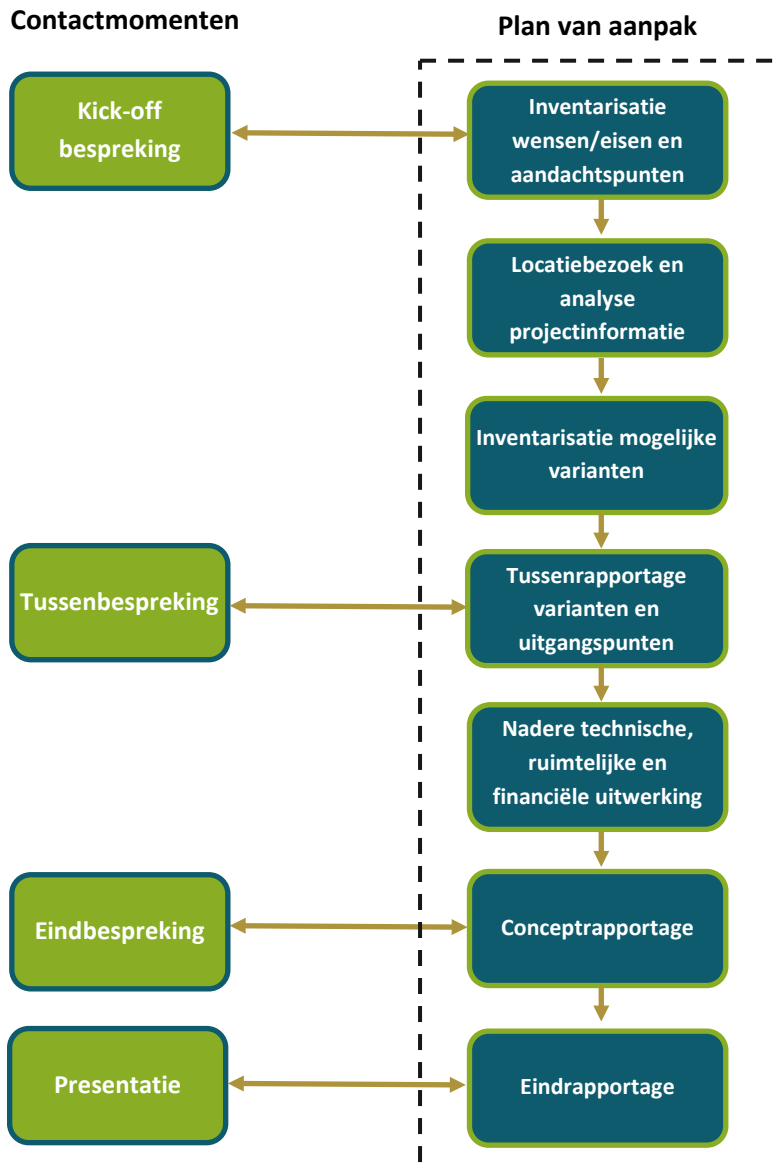
Deze rapportage bestaat uit een analyse van de technische gegevens van de gebouwen van het complex Viermasterstraat en de analyse van de huidige situatie in De Banne. Hiermee is gekomen tot een verkenning van de meest perspectiefrijke aardgasvrije warmtevoorziening per gebouwtype in De Banne. Vervolgens zijn deze aardgasvrije oplossingen voor de Viermasterstraat verder uitgewerkt op het gebied van technische- en ruimtelijke consequenties, het effect op het energiegebruik en de bijbehorende levensduurkosten.

### Leeswijzer

- In hoofdstuk 2 is het plan van aanpak voor dit onderzoek beschreven.
- In hoofdstuk 3 staat de aangeleverde input en de beleidskaders die als uitgangspunten dienden.
- In hoofdstuk 4 wordt de huidige situatie in De Banne beschreven, waarbij is ingezoomd op de Viermasterstraat. Op basis van de gebouweigenschappen zijn 4 gebouwtypen in De Banne vastgesteld die nog niet aardgasvrij zijn.
- In hoofdstuk 5 zijn twee strategieën gekozen als route naar aardgasvrij en is per strategie de meest perspectiefrijke oplossing per gebouwtype beschouwd.
- In hoofdstuk 6 worden de meest perspectiefrijke oplossingen voor het complex 'Viermasterstraat' beschreven en toegelicht wat betreft technische en ruimtelijke consequenties.
- In hoofdstuk 7 worden deze varianten vergeleken wat betreft exploitatiekosten en levensduurkosten en worden financieringsvormen benoemd.
- In hoofdstuk 8 worden vervolgstappen aangegeven voor de Viermasterstraat.

## 2 Plan van aanpak

Het onderzoek volgt onderstaand plan van aanpak:



Allereerst is voor De Banne, waar de Viermasterstraat onderdeel van uitmaakt, ten behoeve van de inventarisatie van de mogelijke varianten een quickscan van het gebied uitgevoerd. Hier zijn 4 gebouwtypen uit voort gekomen. Vervolgens is voor het complex 'Viermasterstraat' van Stadgenoot een analyse uitgevoerd van de technische eigenschappen en de huidige staat.

Op basis van de inventarisatie van de huidige situatie van De Banne en de Viermasterstraat is vervolgens bekeken met welke aardgasvrije duurzame warmtevoorzieningen voor De Banne het mogelijk is om aardgasvrij te worden, en wat daarvan de voor- en nadelen zijn gezien de huidige situatie.

Tenslotte is per gebouwtype de meest perspectiefrijke oplossing beschouwd voor een renovatie van de complexen naar aardgasvrij. Na de tussenbespreking op 2 november volgt de nadere technische, ruimtelijke en financiële uitwerking, die aan deze rapportage zal worden toegevoegd.

## 3 Uitgangspunten

### 3.1 Projectinformatie

Voor deze verkenning is de volgende projectinformatie als uitgangspunt gehanteerd:

- Visie en strategie CO<sub>2</sub>-neutraal Stadgenoot;
- Tekeningen van het complex op de Viermasterstraat;
- Collectieve energierekeningen van de afgelopen 3 jaar van de Viermasterstraat;
- EPA-W bestanden van de Viermasterstraat;
- MJOB's van de Viermasterstraat;
- De door Stadgenoot ingevulde tabel met daarin per aanwezig complex in De Banne dat (deels) in corporatiebezit is, o.a. de volgende algemene gebouweigenschappen:
  - Adres;
  - Bouwjaar;
  - Energie-index/Energielabel;
  - Aantal woningen;
  - Aantal woonlagen;
  - Gemiddelde GBO woning;
  - Type warmte- en tapwatervoorziening (gas/stadsverwarming/etc.), individueel of collectief;
  - Type distributie- en afgiftesysteem (stijgleidingen/circulatieleidingen/individuele afleverset/etc.);
  - Ventilatievoorziening (natuurlijk/mechanisch/gebalanceerd), collectief of individueel.

Voorts is er op 27 augustus 2018 een bezoek gebracht aan de wijk Banne Buiksloot en in het bijzonder de Viermasterstraat om de huidige staat van dit complex te inspecteren en de technische mogelijkheden te inventariseren.

### 3.2 Beleidskader Stadgenoot

In de 'Visie en strategie CO<sub>2</sub>-neutraal' worden de belangrijkste prioriteiten van Stadgenoot verwoord voor de periode 2018-2050:

1. Een CO<sub>2</sub>-neutrale vastgoedportefeuille in 2050.
2. Energieneutraliteit wordt niet voor de gehele portefeuille haalbaar ingeschat.
3. Alle woningen moeten klaargemaakt worden voor midden/lage temperatuurverwarming.
4. Voorkeur voor collectieve installaties in complexen vanwege eenvoudigere omschakeling naar andere warmtebron.
5. Aansluiten op een warmtenet indien beschikbaar, mits betaalbaar en duurzaam.

Daarbij staat betaalbaarheid en woningkwaliteit centraal. Investerings moeten voor Stadgenoot haalbaar zijn en de totale woonlasten van huurders mogen niet stijgen. CO<sub>2</sub>-neutraal moet daarbij ook hand in hand gaan met comfortbeleving, zo mogen extra isolatie of het overgaan op warmtepompen niet leiden tot geluidsoverlast. Tevens geeft Stadgenoot in haar visie aan zoveel mogelijk de natuurlijke momenten (mutaties en planmatig onderhoud) te willen aangrijpen voor het treffen van grootschalige ingrepen.

Deze prioriteiten en kaders worden meegenomen als uitgangspunten in dit onderzoek.

### 3.3 Beleidskader Amsterdam

Ook de gemeente Amsterdam voert een actief duurzaamheidsbeleid en heeft de ambitie om in 2040 aardgasvrij te zijn. De stappen die de gemeente (samen met de betrokken partijen) zet om Amsterdam aardgasvrij te maken staan beschreven in het strategiedocument 'Naar een stad zonder aardgas' uit 2016. In dat jaar nam de gemeente Amsterdam het initiatief voor het sluiten van een Amsterdamse City Deal. Het ging daarbij om het maken van afspraken met corporaties, NUON, WPW en Alliander over de gezamenlijke ambities in de verduurzaming van de warmtevoorziening.

Daarnaast is het 'Project Aardgasloze Wijken' opgestart. In dit project wil de gemeente in de praktijk ervaring opdoen met gebiedsgericht werken in de bestaande bouw. In 2017 is gestart met het selecteren van 3 aardgasloze wijken, waaronder De Banne. Doelstelling is om in 2020 102.000 woningen aardgasvrij te hebben gemaakt.

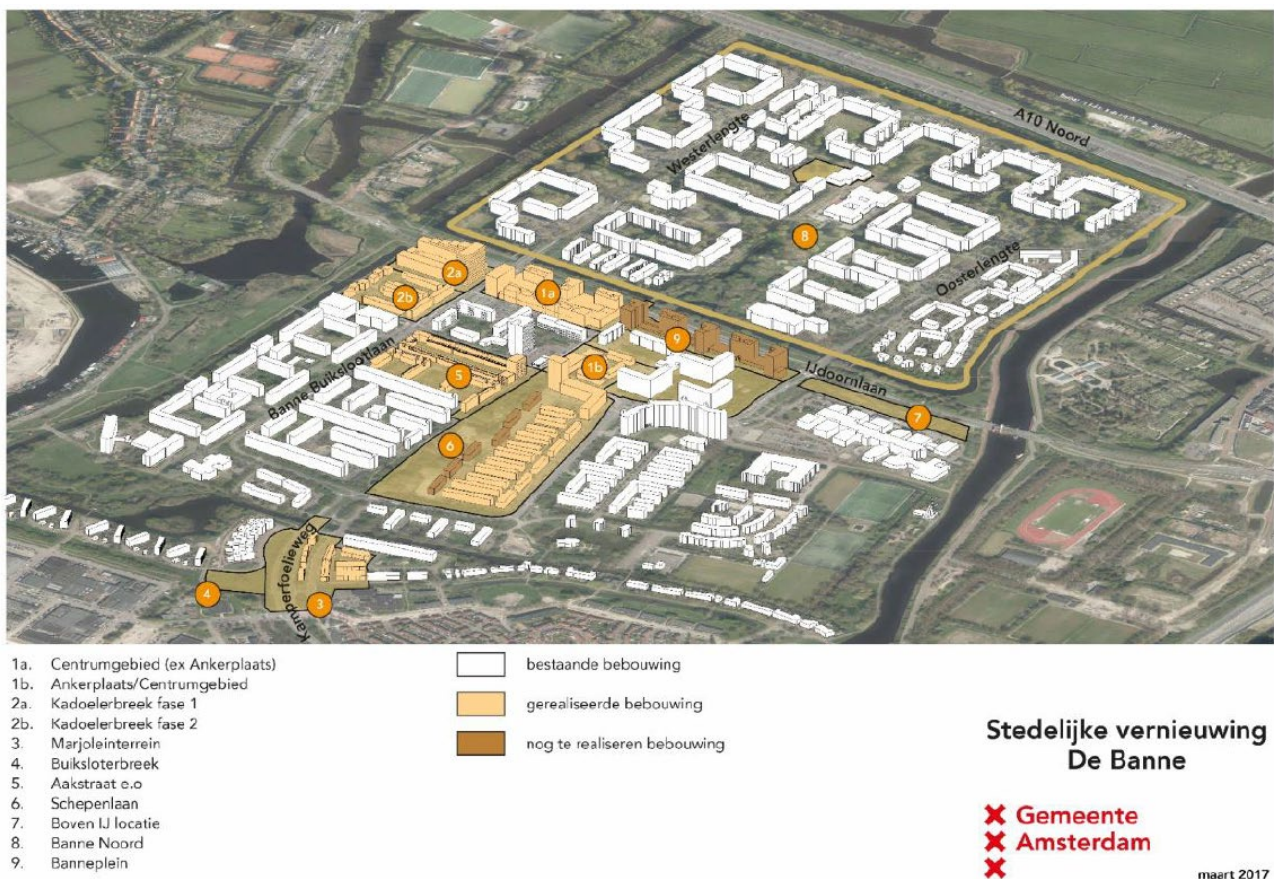
De gemeente werkt op die manier intensief samen met woningcorporaties, warmtebedrijven en netbeheerder Liander om gezamenlijk en per gebied te kijken wat de slimste mogelijkheden zijn om zo snel mogelijk aardgasvrij te worden. Omdat de gemeente een groot tekort aan beschikbaarheid van financiering en fondsen met kennis van zaken signaleert, voorziet de gemeente in meerdere subsidie- en investeringsmogelijkheden, bedoeld voor koplopers die voor bestaande panden de overstap maken naar aardgasvrij wonen. Onder meer het Amsterdam aardgasvrij en het Amsterdams Klimaat- en Energiefonds (AKEF).

## 4 Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie in wijk De Banne beschreven, waarbij we komen tot een selectie van gebouwtypen. Vervolgens wordt ingezoomd op het complex 'Viermasterstraat' van Stadgenoot, voor een analyse van de huidige technische eigenschappen en het MJOB.

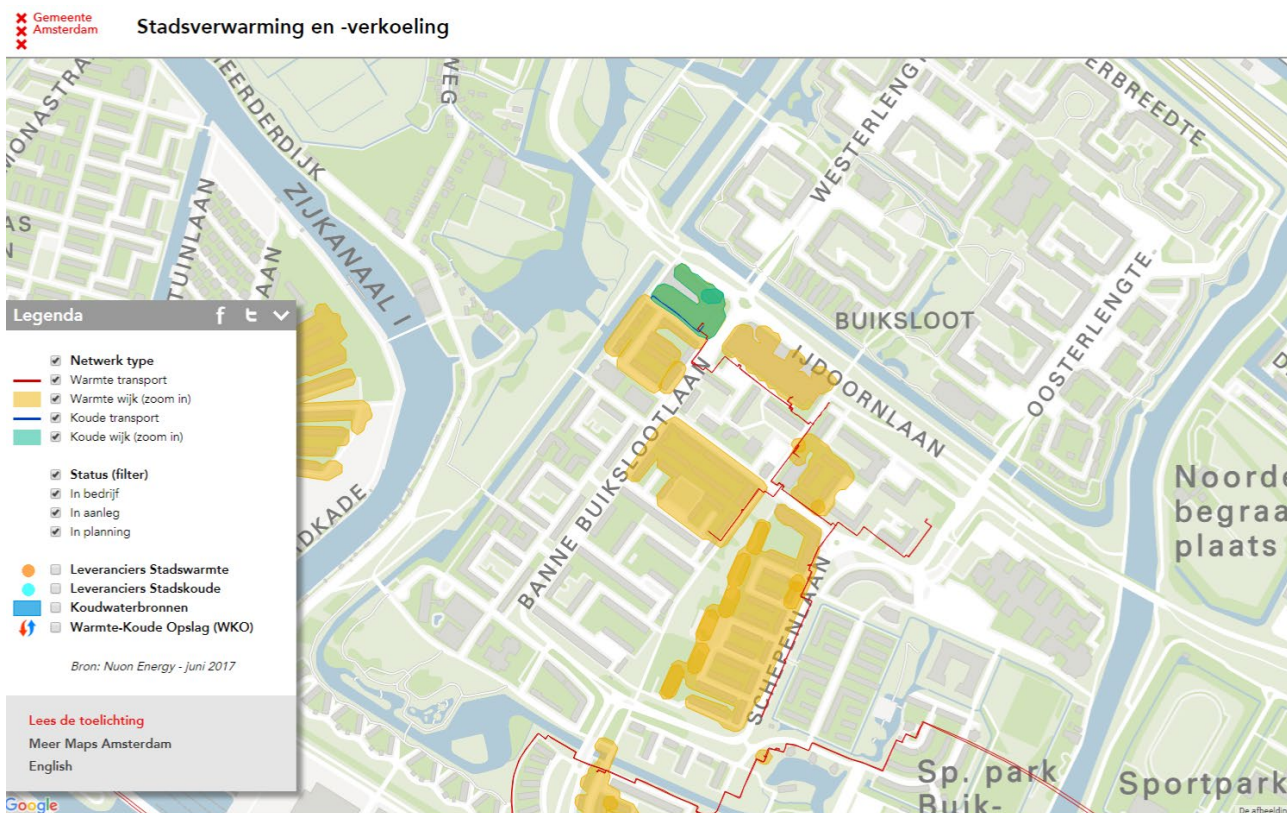
### 4.1 Huidige situatie De Banne

Banne Buiksloot, oftewel De Banne, is een woonwijk in Amsterdam Noord, met als voornaamste bouwperiode de jaren '60 en '70. Er woonden in 2015 circa 14.000 mensen en er waren destijds ruim 5.800 woningen. De woningen zijn voor 67% in corporatiebezit; naast Stadgenoot zijn ook de Alliantie, Eigen Haard, Rochdale, Ymere en Woonzorg Nederland als woningcorporatie vertegenwoordigd. Daarnaast zijn er een aantal woningblokken met koopwoningen, waaronder ook grondgebonden eengezinswoningen (17% van de woningen in de wijk).



Figuur 1 – Stedelijke vernieuwing Banne Zuid

In Banne Zuid is en wordt volop gebouwd aan nieuwe woningen. Het gaat om nieuwbouw van appartementengebouwen langs de IJdoornlaan, nieuwbouw van eengezinswoningen ten zuiden van de Statenjachtstraat en herinrichting van het Koopvaardersplantsoen. Deze nieuwbouw (in bovenstaande afbeelding weergegeven in geel en oranje) is volledig aangesloten op het Amsterdams ('stadsverwarming') warmtenet van Nuon. Dit deel van het warmtenet is reeds in bedrijf. Het betreffen circa 1.000 wooneenheden. Ook het Boven IJ ziekenhuis (cijfer 7 op bovenstaande kaart) is sinds juli 2018 aangesloten op dit warmtenet.



Figuur 2 – Huidige warmtenet van Nuon in De Banne Zuid

In de Banne Noord is alleen sprake van bestaande bouw. Uit een rapportage van Liander blijkt dat de gas-distributieleidingen in de Banne Noord voor 90% vervangen dienen te worden bij grondroering, en dat het elektriciteitsnet van Banne Noord bij grondroering geheel zal worden vervangen. Om die redenen wordt voor Banne Noord een 'big-bang'-scenario overwogen, waarbij de gehele infrastructuur in één jaar tijd wordt vervangen en alle woningen aansluiten op het warmtenet van NUON.

#### 4.1.1 Gebouwtypen De Banne

Uit de ingevulde tabel (zie Bijlage 2) met eigenschappen van de gebouwen in De Banne blijkt dat het corporatiebezit in De Banne vrij homogeen is. De helft van de complexen is van corporaties, de andere helft is gedeeltelijk bezit van corporaties en gedeeltelijk in particulier bezit, waarbij de eigenaren zijn verenigd in een VvE. Van de 33 complexen is twee derde gebouwd in de periode eind jaren '60 en midden jaren '70. Van de tien overige complexen stammen twee uit de jaren '90 en acht zijn tussen 2000 en 2014 gebouwd. Van deze acht zijn de meest recente vier complexen op het warmtenet van Nuon aangesloten. In alle overige complexen worden de woningen en het warmtapwater met gas verwarmd.

De energielabels van de complexen lopen wel uiteen: deze variëren van label E tot A. Wat betreft de gebouw-grootte zijn alle gebouwen meerlaags, behalve de eenlaags corporatiewoningen op de Binnenvaart en de Fokkemast. Drie kwart van de complexen bestaat uit twee of meer bouwlagen, waarvan de hoogste 15 lagen hoog is. De gemiddelde gebruiksoppervlakte van de corporatiewoningen varieert tussen de 53m<sup>2</sup> en de 86m<sup>2</sup>, de woningen in particulier bezit variëren in grootte tussen de 70m<sup>2</sup> en de 220m<sup>2</sup>.

De technische levensduur van de huidige warmtevoorzieningen in alle complexen ontloopt elkaar niet sterk: uit de inventarisatie van de plannen van de corporaties, zoals opgenomen in de presentatie van de eerste

workshop over De Banne, blijkt dat de huidige ketels van de corporatiewoningen in de periode 2020-2031 vervangen dienen te worden. Uitzondering hierop is de VvE Trellerhof, waar de individuele cv-ketels in 2017 zijn vervangen.

Voor het vaststellen van gebouwtypen op basis van deze informatie zijn de bouwperiode (vanwege de kwaliteit van de isolatie), en de manier van verwarmen van de woning en het warmtapwater, geselecteerd als bepalend voor de meest perspectiefrijke aardgasvrije oplossing. Daarbij is met het oog op de besluitvorming opgenomen of het om gebouwen in volledig bezit van de corporatie gaat of gebouwen die van particulieren of gedeeltelijk van een corporatie zijn. Voor de grondgebonden woningen in De Banne maken we geen onderscheid in bouwjaar, omdat het feit dat de woningen grondgebonden zijn de meest bepalende eigenschap van dit bouwtype is voor de aardgasvrije oplossing. De gebouwen (waaronder ook grondgebonden woningen) die zijn aangesloten op stadswarmte laten we buiten beschouwing in deze studie, omdat die gebouwen al aardgasvrij zijn.

Bovenstaande heeft geresulteerd in 4 gebouwtypen. In onderstaande tabel zijn deze gebouwtypen weergegeven.

Tabel 1 – Gekozen gebouwtypen De Banne

Gebouwtype	Bouwjaar	Warmtevoorziening	Aantal bouwlagen	Bezit
1	1968-1989	Gas collectief	meerlaags	100% corporatie
2	1968-1989	Gas individueel	meerlaags	Corporatie en particulier
3	1968-2011	Gas individueel	grondgebonden	Corporatie en particulier
4	1995-2014	Gas individueel	meerlaags	Corporatie en particulier

## 4.2 Huidige situatie Viermasterstraat

### 4.2.1 Kenmerken flatgebouwen Viermasterstraat

Het complex Viermasterstraat stamt uit 1968 en bestaat uit vijf flatgebouwen. De gebouwen bestaan uit vijf bouwlagen en in totaal 242 woningen (2-, 3- en 4-kamerappartementen), waarbij de begane grond bestaat uit de 2-kamerwoningen, bergingsruimte, postvakkenruimte en een C.V. ruimte.



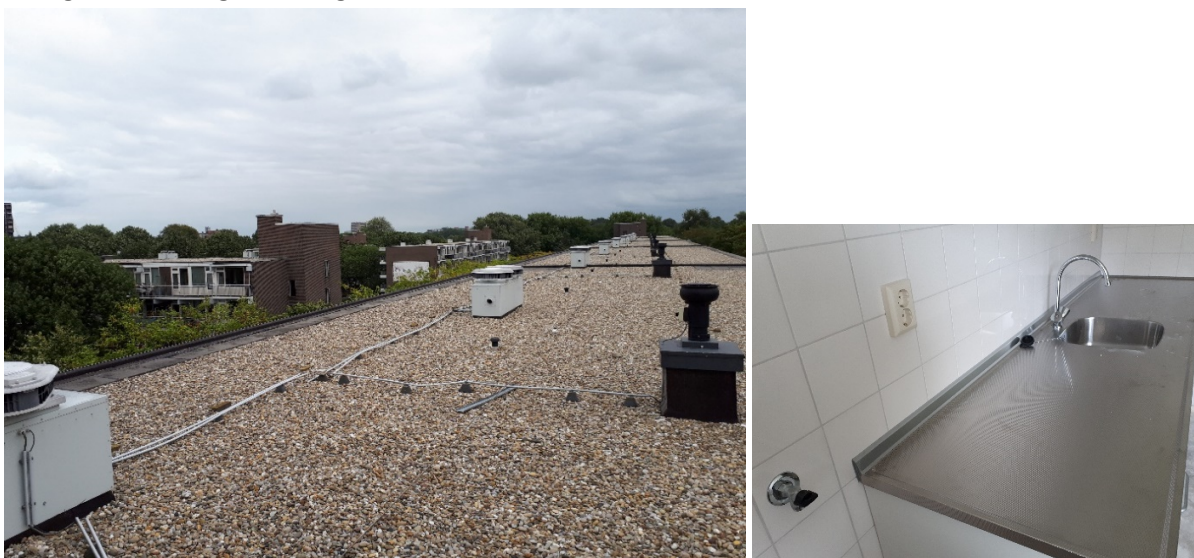
Figuur 3 – Locatie Flatgebouwen Viermasterstraat met bouwbloknummers

De ruimteverwarming wordt in alle gebouwen voorzien door middel van meerdere collectieve gasketels, welke opgesteld staan in een centrale technische ruimte op de begane grond. Vanuit deze collectieve ketels wordt de warmte met meerdere stijgleidingen door de woningen naar de verschillende radiatoren in de woningen gedistribueerd. Het warmteverbruik wordt gemeten middels verdampingsmeters op de radiatoren. Het warm tapwater wordt voorzien door middel van een aparte collectieve gasketel en boilervat.



*Figuur 4 – vlnr het collectieve boilervat, sandwichpanelen, stijgleidingen en verdampingsmeter*

De gebouwen van het complex Viermasterstraat worden met dakventilatoren centraal mechanisch geventileerd, waarbij er natuurlijke toevoer van buitenlucht plaatsvindt middels roosters in de gevels en de afvoer plaatsvindt middels afvoerpunten in de keuken, het toilet en de badkamer, aangesloten op ventilatiekanalen die de binnenlucht naar buiten brengen. Daarnaast is er in elke woning een kookgasaansluiting aanwezig.



*Figuur 5 – Dakventilatoren en kookgasaansluiting*

In onderstaande tabel worden de bouwkundige en installatietechnische kenmerken van het flatgebouw weergegeven. De kenmerken zijn gebaseerd op de verstrekte documentatie en de visuele inspectie van 28 september 2018. De weergegeven isolatiewaarden zijn gebaseerd op de in de EPA-W vermelde waarden.



Tabel 2 – Kenmerken woningen flatgebouwen complexen ‘Viermasterstraat’

Viermasterstraat e.o.		Kenmerken	Toelichting
<i>Bouwkundig</i>			
R <sub>c</sub> -waarde gevel	[m <sup>2</sup> *K/W]	1,69, panelen met R <sub>c</sub> 0,9-1,3	Bakstenen gevel en sandwichpanelen aanwezig
R <sub>c</sub> -waarde dak	[m <sup>2</sup> *K/W]	2,5	-
R <sub>c</sub> -waarde vloer	[m <sup>2</sup> *K/W]	0,15	Ongeïsoleerde vloer boven bergingen en onder benedenwoningen
U-waarde ramen	[W/m <sup>2</sup> *K]	1,8 en 2,9	HR++ aan zuidwestzijde, dubbelglas noordoostzijde
U-waarde deur	[W/m <sup>2</sup> *K]	2,0 en 3,4	Eén van beide buitendeuren is ongeïsoleerd
Luchtdichtheid	[dm <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup> ]	1,7*	Zeer beperkte tochtwering/kierdichting
<i>Installatietechnisch</i>			
Ventilatie	[-]	Natuurlijke toevoer, collectieve mechanische afvoer	Toevoer middels klepramen/ventilatieroosters, afvoer middels dakventilatoren
Warmteopwekking	[-]	Collectieve gasketel	Remeha Quinta 85 HR gasketels (2006)
Afgifte warmte	[-]	Stijgleidingen i.c.m. HT radiatoren	-
Warm tapwater	[-]	Collectieve gasketel i.c.m. circulatienet	Iapesa GX500R/Rendamax (2014)
Elektriciteitsaansluiting	[-]	Individueel: 1x30A	-
EI-index gemiddeld	[-]	1,85	Energielabel D conform WWS-tabel

\* Op basis van bouwjaar en visuele inspectie

#### 4.2.2 Huidig energiegebruik en –kosten Viermasterstraat

In tabel 3 wordt het gemiddelde energiegebruik per woning en de daarbij behorende gemiddelde energiekosten voor de complexen van Viermasterstraat samengevat. Voor de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar Bijlage 1.

Tabel 3 – Gemiddelde energiegebruik en -kosten Viermasterstraat 2016

Energieverbruik en -kosten gemiddeld per woning		
<i>Gemiddeld energiegebruik 2016</i>		
Gasverbruik	[m <sup>3</sup> gas]	1.186
Elektriciteitsverbruik	[kWh]	2.271
<i>Gemiddelde energiekosten 2016</i>		
Gaskosten incl. meetkosten	[€/jaar]	819
Elektriciteitskosten incl. vastrecht en netbeheer*	[€/jaar]	669
Gemeenschappelijk elektraverbruik	[€/jaar]	78
Heffingskorting	[€/jaar]	-373,00
<b>Totaal (incl. BTW)</b>	<b>[€/jaar]</b>	<b>1.193</b>

\*Elektratarieven niet bij ons bekend, opgenomen kosten op basis van 0,19€/kWh, 24€/jaar vastrecht, €251,96 €/jaar netbeheer.



Figuur 6 – Balkons op het Korvetpad en kWh-meter met 1x30A aansluiting in de woning

#### 4.2.3 Planmatig onderhoud Viermasterstraat

Voor de vijf gebouwen van de Viermasterstraat staat op de korte termijn geen grootschalige renovatie of groot onderhoud op de planning. Wel zijn van alle gebouwen de collectieve gasketels voor warmte- en warmtapwater aan vervanging toe in de periode 2019-2023.

In onderstaande tabel worden per gebouw de onderhouds- en vervangingsmomenten weergegeven van de meest relevante bouwkundige en installatietechnische onderdelen uit de MJOB's weergegeven.

Tabel 4 – Onderhouds- en vervangingsmomenten Viermasterstraat

	Blok 93	Blok 92	Blok 91	Blok 89	Blok 87
<i>Bouwkundige onderdelen</i>					
Buitenkozijnen	2025	-	-	-	2027
Buitenramen	-	-	-	-	-
Buitengevel	2033	2033	2033	2033	2033
Dakbedekking	-	-	-	-	-
<i>Installatietechnische onderdelen</i>					
Ventilatie	2027/2030	2027/2030	2027/2030	2027/2030	2027/2030
Collectieve CV-voorziening	2021	2021	2021	2021	2021
Collectieve WW-voorziening	2022	2019	2022	2022	2022
Warmte-distributie	2020/2030	2020/2030	2020/2030	2020/2030	2020/2030

Uit bovenstaande tabel blijkt dat in de gebouwen van het complex Viermasterstraat de installaties het eerst aan vervanging toe zijn, en dat de bouwkundige onderdelen zoals ramen en gevels niet op de planning staan, of pas tussen 2025 en 2035.

## 5 Inventarisatie aardgasvrije routes De Banne

Om een goede afweging te kunnen maken tussen de mogelijkheden om het complex Viermasterstraat en de overige complexen in De Banne aardgasvrij te maken, is het allereerst van belang om de overgang naar gasloos te zien in relatie tot het strategisch vastgoedbeleid. Dit aangezien het strategisch vastgoedbeleid in een zeer belangrijke mate bepaalt welke maatregelen meer of minder voor de hand liggen.

### 5.1 Aardgasvrij in relatie tot strategisch vastgoedbeleid

Grofweg kan worden gesteld dat er - elk met hun eigen levensduurverlenging- 4 strategische keuzes mogelijk zijn om tot een aardgasvrije woningvoorraad in De Banne te komen. Deze betreffen:

1. Aardgasvrij zonder verdere verduurzaming (handhaven MJOB, levensduurverlenging van 10-15 jaar);
2. Aardgasvrij met beperkte verduurzaming binnen planmatig onderhoud (levensduurverlenging van +/- 20 jaar);
3. Aardgasvrije renovatie met grootschalige verduurzaming (levensduurverlenging van +/- 40 jaar);
4. Inzetten op (sloop-/)nieuwbouw zonder aardgas (levensduurverlenging meer dan 40 jaar).

De strategische keuze voor een van deze strategieën is dus grotendeels afhankelijk van het strategisch vastgoedbeleid van de eigenaren van de complexen en woningen in De Banne. Indien bijvoorbeeld de functionaliteit van een complex al niet meer goed aansluit op de wensen en eisen van deze tijd, ligt het meer voor de hand om deze gebouwen met de kleinst mogelijk ingreep gasloos te maken en ze vervolgens nog maar tijdelijk te handhaven, of om in te zetten op sloop-nieuwbouw. Strategie 4 (sloop-nieuwbouw) spreekt voor zich, de drie overige strategieën kunnen als volgt worden omschreven:

#### 1. Aardgasvrij zonder verdere verduurzaming (Strategie 'Hoge temperatuur'):

- Focus op korte termijn met een beoogde levensduurverlenging van circa 15 jaar en minimale impact op de gebouwen.
- Handhaven MJOB.
- Aansluiten op het stadswarmtenet van Nuon, of een hybride tussenoplossing (warmtepomp met gasketel als piekvoorziening) plaatsen. Met een hybride oplossing wordt het gebouw niet aardgasvrij, met een aansluiting op het stadswarmtenet wel.
- Geen aanpassing afgiftesysteem nodig. Aanvoertemperatuur van verwarming blijft >70°C.
- Geen verduurzamingsmaatregelen in gebouwen, geen daling energielasten bewoners.
- Uitvoering in bestaande toestand vaak mogelijk.

#### 2. Aardgasvrije oplossing met beperkte verduurzaming (Strategie 'Midden temperatuur'):

- Focus op middellange termijn met een beoogde levensduurverlenging van circa 20 jaar en kleine impact op de gebouwen.
- Keuze voor verduurzamingsmaatregelen met een technische levensduur van circa 20 jaar. Aangezien bouwkundige maatregelen en bepaalde onderdelen van installatietechnische maatregelen (distributie- en afgiftesystemen, kanaalwerk, etc.) veelal een langere technische levensduur hebben, liggen deze dus niet voor de hand.
- Aanvoertemperatuur van verwarming kan worden teruggebracht tot ongeveer 70°C.
- Uitvoering in bestaande toestand vaak mogelijk.
- Stapsgewijze uitvoering mogelijk.

- Beperkte daling energielasten voor bewoners.

### 3. Aardgasvrije oplossing met grootschalige verduurzaming (Strategie 'Lage temperatuur'):

- Focus op lange termijn met een beoogde levensduurverlenging van circa 40 jaar en maximale duurzaamheid.
- Keuze voor verduurzamingsmaatregelen met een technische levensduur van circa 40 jaar. Hierdoor zijn ook bouwkundige maatregelen en installatietechnische maatregelen zoals nieuwe distributie- en afgiftesystemen en kanaalwerk mogelijk, waardoor de complexen op nieuwbouwniveau gebracht kunnen worden.
- Aanvoertemperatuur van verwarming kan worden teruggebracht tot ongeveer 40°C.
- Uitvoering niet mogelijk in bestaande toestand vanwege vergaande aanpassingen.
- Uitvoering vindt niet stapsgewijs plaats maar gedurende één grootschalige renovatie.
- Grote daling energielasten voor bewoners mogelijk.

Op basis van het strategisch vastgoedbeleid kan voor elk complex een keus worden gemaakt tussen één van deze drie strategieën om aardgasvrij te worden.

Met strategie 1 worden de woningen niet klaar gemaakt voor midden- of lage-temperatuurverwarming. Deze strategie moet daarom worden gezien als tussenoplossing. Omdat het beleid van Stadgenoot is om alle woningen voor te bereiden op midden- of lage-temperatuurverwarming, focussen we ons in deze studie op strategie 2 en 3. Strategie 2 noemen we 'Midden temperatuur' en strategie 3 duiden we aan als 'Lage temperatuur'.

Strategie 2 en 3 lichten we hieronder verder toe, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen bijbehorende maatregelen, en de consequenties daarvan op woningniveau, gebouwniveau en gebiedsniveau. Op woningniveau kijken we naar de randvoorwaarden in de woningen voor het toepassen van de strategie. Daarbij wordt ingegaan op het passende afgiftesysteem en de nodige bouwkundige aanpassingen. De impact op gebouwniveau betekent dat we kijken naar het type warmtevoorziening (is er een collectieve warmtevoorziening in het gebouw of een individuele warmtevoorziening per woning?) en de aardgasvrije warmtebronnen. Met gebiedsniveau bedoelen we de mogelijkheid van een warmtevoorziening voor meerdere gebouwen samen. Deze oplossing vraagt wat betreft de beoordeling van de toepasbaarheid van de verschillende warmtebronnen een ander type studie. Om die reden worden de mogelijke gebiedsoplossingen benoemd, zonder daar in de uitwerking dieper op in te gaan.

De volgende paragrafen hebben betrekking op alle complexen in De Banne, en niet alleen op de Viermasterstraat.

## 5.2 Aardgasvrij op woningniveau

Bij bovenstaande beschrijving van strategie 'Midden temperatuur' (MT) en strategie 'Lage temperatuur' (LT) is gesteld dat de strategie MT past bij een levensduurverlenging van 20 jaar, en strategie LT bij een levensduurverlenging van 40 jaar.

Om te zorgen dat de woningen na een aardgasvrije transitie comfortabel kunnen worden verwarmd op midden-temperatuur of lage-temperatuur, is het nodig om verduurzamingsmaatregelen te treffen. De

mogelijke verduurzamingsmaatregelen voor strategie ‘Midden temperatuur’ zijn echter relatief beperkt door de scope van 20 jaar. De technische levensduur van de meeste bouwkundige en installatietechnische verbeteringsmaatregelen is immers langer dan 20 jaar. De mogelijke verduurzamingsmaatregelen voor de strategie ‘Lage temperatuur’ zijn vanwege de beoogde levensduurverlenging van 40 jaar uitgebreider.

In onderstaande tabel zijn de mogelijke verduurzamingsmaatregelen van beide strategieën op woningniveau weergegeven.

Tabel 5 – Verduurzamingsmaatregelen strategie ‘Midden temperatuur’ en ‘Lage temperatuur’ op woningniveau

	Strategie ‘Aardgasvrij midden temperatuur’	Strategie ‘Aardgasvrij lage temperatuur’
Verduurzamingsmaatregelen		
Bouwkundige maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beperkte na-isolatie (spouwisolatie, dakisolatie, etc.)</li> <li>• Vervangen enkele/dubbele beglazing door HR++-beglazing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergaande isolatie (bijv. prefab buitengevels met hoogwaardige isolatie, vervangen dak door geïsoleerd dak, etc.)</li> <li>• Nieuwe ramen met drievoudige beglazing</li> </ul>
Ventilatievoorziening	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-gestuurde mechanische ventilatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-gestuurde gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning</li> </ul>
Warmtedistributie- en afgiftesysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handhaven bestaand distributie- en afgiftesysteem ((stijg)leidingen, radiatoren, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieuw laagtemperatuur afgiftesysteem (convectoren of vloerverwarming)</li> </ul>
Warm tapwater-distributiesysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handhaven bestaand (collectief of individueel) distributiesysteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanbrengen nieuwe individuele warm tapwatervoorziening</li> </ul>
Aanvoertemperatuur verwarming	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimaal 70°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimaal 40°C</li> </ul>

Het treffen van de maatregelen uit tabel 5 vraagt om ruimtelijke inpassing en een bepaalde bouwtijd, en levert voordelen op wat betreft de energielasten, het ervaren comfort en de keuzevrijheid van bewoners.

In onderstaande tabel zijn per strategie de bijbehorende voor- en nadelen van de maatregelen benoemd op woningniveau.

Tabel 6 – Voor- en nadelen verduurzamingsmaatregelen strategieën op woningniveau

	Strategie ‘Midden temperatuur’	Strategie ‘Lage temperatuur’
Voor- en nadelen		
Ruimtelijke inpassing	+ Geen inpassing nodig individuele warmte- en/of warmwatervoorziening	- Inpassing individuele warmte- en/of warm watervoorziening aandachtspunt
Bouwtijd	+ Relatief kort (uitvoering in bewoonde toestand soms mogelijk)	- Relatief lang (tijdelijk uithuisplaatsing soms noodzakelijk)
Energielasten bewoner	- Beperkt gedaald	+ Grote daling
Comfort bewoner	- Beperkte comfortverhoging	+ Grote(re) comfortverhoging (o.a. minder kans op tochtklachten en geluidshinder buiten)
Keuzevrijheid bewoner	- Geen keuzevrijheid t.a.v. warmteleverancier	+ Keuzevrijheid t.a.v. warmteleverancier (enkel in geval van individuele warmtevoorziening)

Uit tabel 6 blijkt dat de optie ‘Lage temperatuur’ op woningniveau ingrijpender is qua bouwtijd en inpassing maar meer voordelen oplevert op het gebied van keuzevrijheid, comfort en energielasten.

## 5.3 Aardgasvrij op gebouwniveau

Voor de beschrijving van de consequenties op gebouwniveau gaan we in op de aardgasvrije warmtevoorziening in het gebouw. Door het verschil in aanvoertemperatuur tussen de strategie 'MT' en 'LT' ontstaat ook een verschil in de mogelijke typen warmtevoorziening. Allereerst gaan we in op de warmtevoorziening voor de strategie 'Midden temperatuur'.

### 5.3.1 Strategie 'Midden temperatuur'

Op gebouwniveau dient voor een transitie naar aardgasvrij gekozen te worden voor een nieuw type warmtevoorziening, waarbij de aanvoertemperatuur maximaal 70°C bedraagt. Het bestaande warmtedistributie- en afgiftesysteem kan worden gehandhaafd, indien de technische conditie daarvan nog toereikend is.

Er zijn grofweg twee routes mogelijk naar de strategie 'Midden temperatuur' (levensduurverlenging van 20 jaar):

1. Het gebouw aansluiten op een midden-temperatuurwarmtenet.
2. Het op gebouwniveau plaatsen van een collectieve midden-temperatuurwarmtepomp met een aanvoertemperatuur van 70°C.

Beide routes lichten we hieronder toe.

#### **1. MT warmtenet**

Aangezien er een hoog-temperatuurwarmtenet met een aanvoertemperatuur van 80-120°C aanwezig is van Nuon, is het mogelijk die warmte te benutten door er d.m.v. bijmenging 70°C van te maken. We zien nu een trend ontstaan waar bestaande warmtenetten verduurzamen door naar een lagere (midden)temperatuur gaan, een toekomstscenario dat ook door Nuon gekozen zou kunnen worden.

Er wordt als aansluiting op het warmtenet een collectieve afleverset geplaatst in het gebouw, of een individuele afleverset per woning. De keuze voor een collectieve- of individuele afleverset kan het beste worden gemaakt op basis van het huidige warmtedistributie-systeem. Wanneer in een gebouw nu een collectieve cv-ketel staat (gebouwtype 1), is het vanuit financieel oogpunt en ruimtelijke/technische inpassing aantrekkelijk om deze te vervangen door een collectieve afleverset, terwijl er bij cv-ketels in de woning (gebouwtypen 2 t/m 4) beter per woning een individuele afleverset kan worden geplaatst. Op die manier is de aanpassing van het distributiesysteem namelijk minimaal, wat past bij de levensduurverlenging van 20 jaar.

#### **2. Collectieve MT warmtepomp**

Met een midden-temperatuurwarmtepomp is het mogelijk om een aanvoertemperatuur van 70°C in de woningen te bereiken. Dergelijke midden-temperatuurwarmtepompen zijn op dit moment (nog) niet beschikbaar als individuele warmtevoorziening per woning. Daarom is binnen deze route alleen een collectieve MT-warmtepomp mogelijk als warmtevoorziening. Dit betekent dat (met het oog op het handhaven van huidige distributiesystemen) deze route minder voor de hand ligt voor gebouwtype 2, 3 en 4, waar het distributiesysteem zou moeten worden aangepast en er een centrale technische ruimte moet worden gemaakt.

Als warmtebron kan gebruik worden gemaakt van de lucht, bodem (met bodemwarmtewisselaars) of grondwater (met warmte/koudeopslag, oftewel WKO). Gezien de technische levensduur van bodemwarmtewisselaars of een WKO circa 40 jaar is, en de investeringskosten relatief hoog, is een

collectieve MT luchtwarmtepomp het meest perspectiefrijk voor de strategie 'MT' met een levensduurverlenging van 20 jaar.

Nadeel is dat er met deze oplossing over het algemeen een aanvoertemperatuur van 60 tot 65°C in plaats van 70°C wordt gerealiseerd. Om met een dergelijke aanvoertemperatuur een comfortabel binnenklimaat te kunnen realiseren, zal de energetische kwaliteit van het complex naar alle waarschijnlijkheid toch ingrijpender verbeterd moeten worden dan het toepassen van de in tabel 5 beschreven na-isolatie. Eventueel kan voor een beter rendement aanvullend een zon-thermisch dak worden toegepast, waarbij zonnecollectoren op het dak worden geplaatst en de warmtepomp gebruik maakt van de warmte van het boilervat van dit systeem.

In onderstaande tabel zijn de voor- en nadelen van de routes 'MT Warmtenet' en 'Collectieve MT warmtepomp' beschreven.

Tabel 7 – Voor- en nadelen routes gebouwniveau strategie 'Midden temperatuur'

		1. MT warmtenet	2. Collectieve MT warmtepomp
Ruimtelijke inpassing	Bij collectieve gasketel	+ Kan in bestaande centrale technisch ruimte	+ Kan in bestaande centrale technisch ruimte
	Bij individuele gasketels	+ Geen centrale technische ruimte benodigd	- Nieuwe centrale technische ruimte benodigd
Technische inpassing	Bij collectieve gasketel	+ Handhaving bestaand distributienet	+ Handhaving bestaand distributienet
	Bij individuele gasketels	- Nieuw distributienet benodigd	- Nieuw distributienet benodigd
Onderhoud en beheer distributiesysteem/ Wijze van verrekenen energiegebruik		+ Bij indiv. afleversets onderhoud, beheer en verrekenen door exploitant - Bij collectieve afleverset onderhoud, beheer en verrekenen door Stadgenoot	- Onderhoud, beheer en verrekenen door Stadgenoot

### 5.3.2 Strategie 'Lage temperatuur'

Binnen de strategie aardgasvrij met 'Lage temperatuur' (levensduurverlenging 40 jaar) dient ook gekozen te worden voor een nieuw type warmtevoorziening, waarbij de aanvoertemperatuur maximaal 40°C bedraagt.

Anders dan bij de strategie 'Midden temperatuur', dient het bestaande warmtedistributie- en afgiftesysteem te worden vervangen, en dient er een aanvullende voorziening te komen voor het verwarmen van het tapwater.

Er zijn hiervoor drie routes mogelijk op gebouwniveau:

1. Het gebouw aansluiten op een LT-warmtenet (nu niet aanwezig in De Banne) met een warmtapwatervoorziening per woning.
2. Het op gebouwniveau plaatsen van een collectieve laag-temperatuurwarmtepomp met een warmtapwatervoorziening per woning.
3. Het plaatsen van een individuele laagtemperatuur combi-warmtepomp

Deze LT-voorzieningen worden hieronder toegelicht.

### **1. LT-warmtenet**

Wanneer er een lage temperatuur-warmtenet aanwezig is, is het mogelijk die warmte te benutten voor ruimteverwarming door een afleverset in het gebouw of in de woningen te plaatsen, gecombineerd met een individuele warmtepomp of eventueel elektrische boiler als warmtapwatervoorziening. Helaas is er op dit moment geen laagtemperatuur-warmtenet aanwezig in De Banne. Daarom is deze route op gebouwniveau op dit moment niet mogelijk. In paragraaf 5.4 wordt verder ingegaan op deze route op gebiedsniveau.

### **2. Collectieve LT-warmtepomp op gebouwniveau**

Als laagtemperatuur warmtevoorziening kan per gebouw een laag temperatuurwarmtepomp worden toegepast die met warmte uit de lucht, grondwater of de bodem een aanvoertemperatuur van 40°C realiseert. Om de woningen op 40°C te verwarmen is een aanzienlijk beter geïsoleerde schil van de gebouwen vereist, en moet het huidige warmteafgiftesysteem (de radiatoren) wordt gewijzigd naar vloerverwarming of laagtemperatuur-convectoren. Ook moet een aanvullende voorziening getroffen te worden om de temperatuur van het warmtapwater op te waarden tot een legionellaveilige temperatuur. Dit warmtapwater kan, indien er voldoende ruimte in de woning is, het best decentraal worden opgewarmd door het in de woning plaatsen van een (booster)warmtepomp met boilervat of eventueel een elektrische boiler.



*Figuur 7 – Boilervat van boosterwarmtepomp voor warmtapwater*

Voordeel van een boosterwarmtepomp of elektrische boiler is namelijk dat het overall energetisch rendement van de warmtevoorziening aanzienlijk hoger wordt dan wanneer de aangevoerde 40°C in de complexen door een collectieve warmtapwatervoorziening wordt opgehoogd tot 70°C. Als gevolg van de aanzienlijke energetische verbetering wordt de levensduur van de complexen bovendien verlengd en worden de energielasten voor de bewoners aanzienlijk verlaagd. Voor alle bouwtypen heeft (bij ruimteverwarming op lage temperatuur) een individuele boosterwarmtepomp of elektrische boiler in de woning daarom de voorkeur boven een collectieve warmtapwatervoorziening.

### **3. Individuele LT combi-warmtepomp**

Het voordeel van individuele warmtepompen t.o.v. een collectieve warmtepomp is dat er geen distributieverliezen zijn en het energetisch rendement van individuele voorzieningen het hoogst is. Deze oplossing levert de laagste energielasten voor bewoners op, maar vraagt wel inpassing van een individuele warmtepomp in iedere woning. Een combi-warmtepomp kan zowel in de ruimteverwarming als in het warmtapwater voorzien.



Wat betreft de keuze voor de warmtebron past bij deze strategie een levensduurverlening van 40 jaar, en kan er dus een infrastructuur worden geplaatst voor een andere warmtebron op gebouwniveau dan lucht. De toepassing van warmte uit grondwater ('WKO') of de bodem ('bodewarmtewisselaar' of 'bodemplus') als voordeel dat het energetisch rendement hoog is en de bron tevens als koeling voor de woningen kan worden gebruikt in de zomer. Dat maakt een WKO of bodewarmtewisselaar binnen deze strategie aantrekkelijker dan een luchtwarmtepomp, ondanks dat de investeringskosten voor een luchtwarmtepomp aanzienlijk lager zijn. Hierbij moet worden opgemerkt dat de toepassing van een WKO voor woningen aandacht vraagt met het oog op het waarborgen van de temperatuurbalans van het grondwater: er wordt (tenzij er koude wordt geleverd aan overige gebouwen met een grote koelvraag) meer verwarmd dan gekoeld, waardoor een onbalans in de grondwatertemperatuur ontstaat die moet worden hersteld. Daarom heeft de toepassing van een bodewarmtewisselaar voor woningen vaak de voorkeur, maar deze vraagt bij bestaande bouw een groter ruimtebeslag vanwege het boren van een bodemplus per woning.

In onderstaande tabel zijn de voor- en nadelen van de collectieve- en individuele LT-warmtepompen benoemd.

Tabel 8 – Voor- en nadelen routes gebouwniveau optie 'Lage temperatuur'

		Collectieve LT warmtepomp met indiv. tapwatervoorz.	Individuele LT combi-warmtepomp
Mogelijke warmtebronnen		Lucht, bodem of grondwater	Lucht, bodem of grondwater
Ruimtelijke inpassing	Bij collectieve gasketel	+ In bestaande centrale technische ruimte	- Inpassing buiten-units luchtwarmtepomp, WKO of bodewarmtewisselaars aandachtspunt
	Bij individuele gasketels	- Nieuwe centrale technische ruimte benodigd	
Technische inpassing		- Nieuw distributienet en afgiftesysteem benodigd	+ Geen distributienet en/of individuele afleversets benodigd
Onderhoud en beheer		- Centraal én decentraal onderhoud	- Decentraal onderhoud

## 5.4 Aardgasvrij op gebiedsniveau

De schaalgrootte en bouwdichtheid van De Banne is voldoende groot voor een rendabele collectieve warmtevoorziening. Ook is in paragraaf 4.1 gesteld dat de technische levensduur van de huidige warmtevoorzieningen in de complexen elkaar niet sterk ontloopt. Daarom kan ervoor gekozen worden om de aardgasvrije oplossing op gebiedsniveau te zoeken.

### Midden-temperatuur

Binnen de strategie 'MT' is het op gebiedsniveau mogelijk aan te sluiten op een midden-temperatuurwarmtenet. Dit kan het warmtenet van Nuon zijn, zoals beschreven in paragraaf 5.3.1 onder 'MT Warmtenet', maar er kan ook een nieuw warmtenet worden gerealiseerd met een andere warmtebron.

Mogelijke warmtebronnen voor een MT-warmtenet in De Banne betreffen:

- Stadswarmte Nuon
- (Ondiepe) Geothermie
- Zon-thermische opslag

- Biomassacentrale

De keuze om wel of niet aan te sluiten op het warmtenet van Nuon kan per gebouw gemaakt worden, omdat het warmtenet al in De Banne aanwezig is. Bij een nieuw aan te leggen warmtenet met een andere bron ligt dat anders, en is juist collectiviteit en schaalgrootte nodig voor de exploitant om het warmtenet rendabel te maken. Een centraal warmtenet brengt namelijk hoge voorinvesteringskosten met zich mee, die terugverdiend moeten worden met de verkoop van warmte aan een aanzienlijke hoeveelheid gebruikers.

#### Lage-temperatuur

Binnen de strategie 'LT' op gebiedsniveau is aansluiten op een laag-temperatuurwarmtenet met een aanvoertemperatuur van 40°C (een 'LT warmtenet') of 12°C (een 'bronnet') mogelijk. Zoals beschreven in paragraaf 5.3.2 is een dergelijke warmtenet nu niet aanwezig in De Banne. Een nieuw te realiseren LT-warmtenet is alleen rendabel bij voldoende schaalgrootte, een voldoende hoge bouw- of renovatiesnelheid en snelle fasering.

Mogelijke warmtebronnen voor een LT-warmtenet in De Banne betreffen:

- (Ondiepe) Geothermie
- Zon-thermische opslag

Een 'bronnet' is een warmtenet waarbij de warmtetemperatuur gelijk is aan de bron. Dat betekent een aanvoertemperatuur van ongeveer 12°C. Deze warmte wordt met een collectief systeem uit het grondwater of uit de bodem onttrokken. Per complex of per woning wordt de temperatuur vervolgens middels een collectieve respectievelijk individuele warmtepomp naar 40 °C opgewaardeerd ten behoeve van ruimteverwarming en naar 60 °C ten behoeve van warmtapwater.

In onderstaande tabel worden deze bronnen vergeleken op het gebied van duurzaamheid, energetische kwaliteit, mate van geschiktheid voor nieuwbouw en onderhoud en beheer.

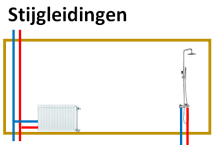
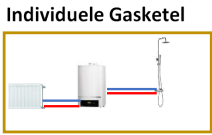


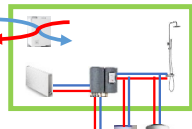



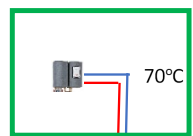
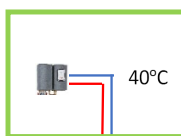
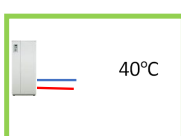
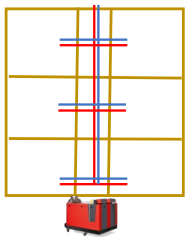


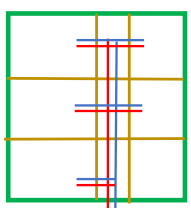
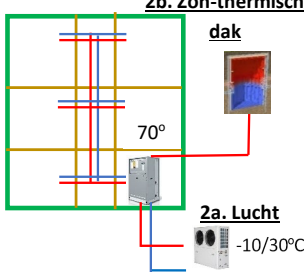
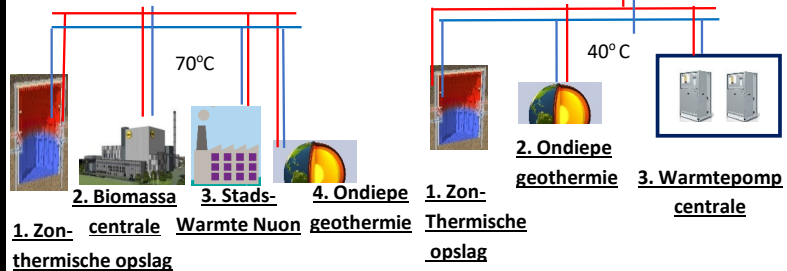
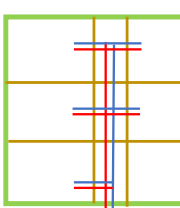
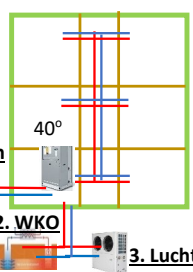
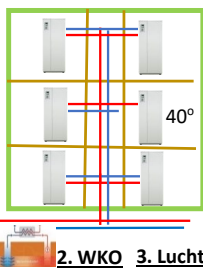

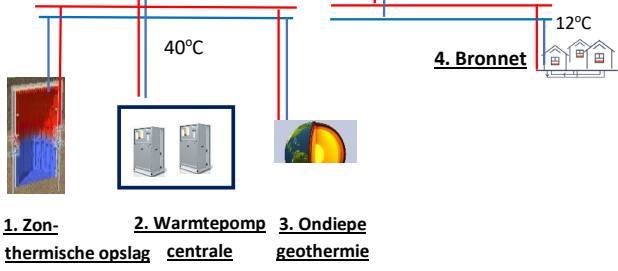
Tabel 9 – Voor- en nadelen bronnen voor midden-, laagtemperatuur warmtenet en Bronnet

Warmtebron	MT warmtenet		LT warmtenet		Bronnet
	Stadswarmte Nuon	Biomassa-centrale	Ondiepe geothermie	Zon-thermische opslag	WKO/Bodem
Mate van duurzaamheid	-	+/-	++	++	+(+)*
Omvang warmteverliezen (opslag en distributie)	-	+/-	+	+	+++
Geschikt voor nieuwbouw	+/-	+/-	+	+	+
Onderhoud en beheer	++	-	+	+	+
Overige aandachtspunten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betaalbaarheid bewoners</li> <li>• Duur contracttermijn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veiligheid</li> <li>• Fijnstof-uitstoot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruimtelijke inpassing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruimtelijke inpassing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij WKO: voorkomen onbalans</li> </ul>

\*Mede afhankelijk van de aard van de door de warmtepomp gebruikte elektriciteit.

In onderstaande afbeelding zijn de geïnventariseerde mogelijkheden samengevat. Deze kunnen gelezen worden op woningniveau, gebouwniveau en gebiedsniveau.

Schematische weergave aardgasvrije varianten Gebouwtipe 1 t/m 4

	Hogetemperatuur	Middentemperatuur (levensduurverlenging 20 jaar, 70°C)	Lagetemperatuur (levensduurverlenging 40 jaar, 40°C)
Woningniveau	<p><b>Huidige situatie</b></p> <p>Type 1: </p> <p>Type 2,3,4: </p>	<p><b>Mogelijkheden</b></p> <p>Bestaande Stijpleidingen Mechanische ventilatie </p> <p>Afleverzet Mechanische ventilatie </p>	<p><b>Mogelijkheden</b></p> <p>1. Afleverzet + ind. ww-voorziening 2. Individuele combi-warmtepomp</p> <p>Gebalanceerde ventilatie  </p> <p>1A BoosterWP 1B. E-boiler</p>
Complexniveau	<p>Individuele warmtevoorziening </p> <p>Individuele warmtevoorziening grondgebonden woning </p> <p>Type 2 en 4 Type 3</p>	<p>Individuele afleverzet MT warmtenet </p> <p>70°C</p>	<p>1. Individuele afleverzet LT warmtenet </p> <p>40°C</p> <p>2. Individuele LT warmtepomp </p> <p>40°C</p>
Gebiedsniveau	<p>Type 1: <b>Collectieve warmtevoorziening</b> </p> <p>90°C</p> <p>Huidige aardgasvrije infra </p> <p>Industriële restwarmtenet (Nuon) </p>	<p>1. MT warmtenet </p> <p>70°C</p> <p>2. Collectieve MT warmtepomp 2b. Zon-thermisch </p> <p>70° dak 2a. Lucht -10/30°C</p> <p>1. Zon-thermische opslag 2. Biomassa 3. Stads- Warmte Nuon 4. Ondiepe geothermie 1. Zon-Thermische opslag 3. Warmtepomp centrale </p>	<p>1. LT warmtenet </p> <p>40°C</p> <p>2. Collectieve LT warmtepomp </p> <p>40° 1. Bodem 2. WKO 3. Lucht</p> <p>3. Individuele LT warmtepomp </p> <p>40° 1. Bodem 2. WKO 3. Lucht</p> <p>4. Bronnet </p> <p>12°C</p> <p>1. Zon-thermische opslag 2. Warmtepomp centrale 3. Ondiepe geothermie </p>

## 5.5 Meest perspectiefrijke aardgasvrije warmtevoorziening De Banne

De keuze tussen de strategie 'Midden temperatuur' en de strategie 'Lage temperatuur' zal per gebouw gemaakt moeten worden aan de hand van de beoogde levensduurverlenging van het gebouw (20 jaar of 40 jaar).

Uit bovenstaande inventarisatie en vergelijking komen per strategie de volgende maatregelen als kansrijk naar voren:

### Strategie 'Midden temperatuur'

Voor deze strategie is een levensduurverlenging van 20 jaar het uitgangspunt. Met het oog op die termijn is het zinvol het huidige distributiesysteem in de gebouwen (mits in goede staat) te handhaven. Hierom is voor de woningen met een individuele warmtevoorziening per woning en de grondgebonden woningen (gebouwtype 2, 3 en 4), een individuele aansluiting op stadswarmte van Nuon de meest passende optie.

Voor woningen met een collectieve warmtevoorziening (gebouwtype 1) is, naast een collectieve aansluiting op stadswarmte van Nuon, vanwege de aanwezige centrale warmtevoorziening ook de plaatsing van een collectieve midden-temperatuur luchtwarmtepomp mogelijk.

### Strategie 'Lage temperatuur'

Een individuele combi-warmtepomp per woning heeft, wanneer er voldoende ruimte voor beschikbaar is in (en om) de woning, voor de strategie 'Lage temperatuur' energetisch de voorkeur boven een collectieve warmtepomp in het gebouw. Dit geldt voor alle bouwtypen. Deze combi-warmtepomp levert zowel de ruimteverwarming als warm tapwater. Indien die ruimte niet beschikbaar is kan voor gebouwtype 1 alternatief gekozen worden voor een collectieve LT-warmtepomp (voor de andere bouwtypen is dit niet zinvol vanwege het huidige individuele distributiesysteem). Wat betreft warm tapwater dient er dan gekozen te worden tussen het plaatsen van een individuele booster-warmtepomp of een (kleinere, maar onzuinige) individuele elektrische boiler in de woning, waarbij de beschikbare ruimte in de woning doorslaggevend is.

De meest voor de hand liggende bron binnen deze strategie is een WKO of bodemwarmtewisselaar. Een WKO is niet geschikt voor een grondgebonden woning, omdat een WKO-bron voor één woning een te grote investering vraagt. Daarom ligt voor gebouwtype 3 een bodemwarmtewisselaar als warmtebron meer voor de hand.

### Conclusie per bouwtype

In onderstaande tabel zijn per bouwtype bovenstaande opmerkingen samengevat, inclusief een bandbreedte van de benodigde investeringskosten.

Tabel 10 – Meest perspectiefrijke aardgasvrije oplossing op gebouwniveau per bouwtype

	Strategie 'Midden temperatuur'				Strategie 'Lage temperatuur'			
	Gebouwtype 1	Gebouwtype 2	Gebouwtype 3	Gebouwtype 4	Gebouwtype 1	Gebouwtype 2	Gebouwtype 3	Gebouwtype 4
Bouwjaar	1968-1989	1968-1989	1968-2011	1995-2014	1968-1989	1968-1989	1968-2011	1995-2014
Warmtevoorziening	Gas collectief	Gas individueel	Gas individueel	Gas individueel	Gas collectief	Gas individueel	Gas individueel	Gas individueel
Aantal bouwlagen	meerlaags	meerlaags	grondgebonden	meerlaags	meerlaags	meerlaags	grondgebonden	meerlaags
Bezit	Corporatie	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier	Corporatie	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier
Warmtevoorziening	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C <b>OF</b> Collectieve LuchtWP	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Individuele LT Combi-WP <b>OF</b> Collectieve LT WP	Individuele LT Combi-WP	Individuele LT Combi-WP	Individuele LT Combi-WP
Warm tapwater	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C <b>OF</b> Collectieve LuchtWP	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Aansluiten op stadswarmte Nuon 70°C	Individuele Combi-WP <b>OF</b> Individuele booster-warmtepompen /individuele elektrische boilers	Individuele LT Combi-WP	Individuele LT Combi-WP	Individuele LT Combi-WP
Warmtebron	Stadswarmte /Lucht	Stadswarmte	Stadswarmte	Stadswarmte	WKO/Bodem	WKO/ Bodem	Bodem	WKO/ Bodem
Bandbreedte investeringskosten per woning incl BTW	€ 20.000 – € 30.000	€ 20.000 – € 30.000	€ 15.000 – € 25.000	€ 20.000 – € 30.000	€ 65.000 – € 80.000	€ 60.000 – € 75.000	€ 20.000 – € 50.000	€ 60.000 – € 75.000

## 6 Uitwerking meest perspectiefrijke warmtevoorziening Viermasterstraat

In dit hoofdstuk worden de meest perspectiefrijke warmtevoorzieningen voor de Viermasterstraat toegelicht en nader uitgewerkt. Daarbij wordt ten eerste ingegaan op de bouwkundige en installatietechnische maatregelen die genomen moeten worden en de wijze waarop deze ruimtelijk ingepast kunnen worden. Vervolgens wordt ingegaan op het indicatieve resterende energiegebruik na de realisatie van de verduurzamingsmaatregelen.

### 6.1 Meest perspectiefrijke warmtevoorziening

Zoals beschreven in paragraaf 4.1.1. behoort het Viermasterstraat-complex tot gebouwtype 1, met één collectieve warmte- en warmtapwatervoorziening per gebouw en met alle woningen in eigendom van de woningcorporatie. In tabel 10 is voor dit gebouwtype samengevat dat het bij het kiezen voor de strategie 'Midden-temperatuur' het meest voor de hand ligt om het gebouw aan te sluiten op stadsverwarming of een collectieve luchtwarmtepomp te plaatsen. Bij de keuze voor de strategie 'Lage-temperatuur' ligt de keuze voor individuele combi-warmtepompen per woning, of een collectieve warmtepomp in combinatie met ofwel individuele booster-warmtepompen ofwel individuele elektrische boilers het meest voor de hand, met als bijbehorende warmtebron een WKO of bodemwarmtewisselaar.

Voor de Viermasterstraat volgen we deze vier sporen als meest perspectiefrijk. Om een eerlijke vergelijking te maken tussen de 'LT'-variant met een collectieve warmtepompen versus de 'LT'-variant met een individuele combi-warmtepomp kiezen we wel voor één type bron. Voor de Viermasterstraat heeft de keuze voor een WKO-installatie het voordeel dat de vijf gebouwen op één gezamenlijke warmte- en koudebron kunnen worden aangesloten. Het toepassen van bodemwarmtewisselaars vraagt hier een groter ruimtebeslag. Wat betreft de keuze tussen de boosterwarmtepomp of elektrische boiler kiezen we hier voor de boosterwarmtepomp, vanwege de energetisch betere prestatie en de relatief grote woningen (het ruimtebeslag van een elektrische boiler is kleiner).

Daarbij gaan we vanwege het geplande onderhoud aan het warmtedistributienet voor de Viermasterstraat uit van het plaatsen van individuele afleversets in de woningen, en dus het aanpassen van het collectieve warmtedistributienet in de gebouwen naar individuele distributienetten in de woningen.

Hieruit volgen onderstaande sporen voor de Viermasterstraat:

- 'MT' met stadswarmte en individuele afleversets;
- 'MT' met collectieve luchtwarmtepomp en individuele afleversets;
- 'LT' met collectieve warmtepomp met WKO, individuele afleversets en individuele boosterwarmtepompen;
- 'LT' met individuele combi-warmtepompen met WKO.

### 6.2 Technische en ruimtelijke consequenties

In tabel 11 worden per strategie de bouwkundige en installatietechnische verduurzamingsmaatregelen weergegeven, die horen bij de vastgestelde meest perspectiefvolle warmtevoorzieningen. Na de tabel volgt de toelichting op de weergegeven maatregelen.

Tabel 11 – Bouwkundige en installatietechnische maatregelen Viermasterstraat per strategie

	Strategie 'Midden temperatuur'		Strategie 'Lage temperatuur'	
<i>Bouwkundige maatregelen</i>				
Na-isolatie gevel	Spouwmuurisolatie ( $R_c \geq 1,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ )		Nieuwe geïsoleerde geveldelen ( $R_c \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ )	
Na-isolatie dak	N.v.t.		Nieuwe dakisolatie ( $R_c \geq 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ )	
Na-isolatie vloer	N.v.t.		Begane grondvloerisolatie en/of plafondisolatie bergingen ( $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ )	
Luchtdichtheid	Handhaven		Verhogen luchtdichtheid ( $Q_v; 10 \leq 0,4 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ )	
Ramen	HR++ beglazing i.c.m. kunststofkozijnen ( $U_w \leq 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) aan de noordoostzijde		HR+++-beglazing (drievoudig) i.c.m. kunststofkozijnen ( $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ )	
<i>Installatietechnische maatregelen</i>				
	'MT' Stadswarmte	'MT' Coll. LuchtWP	'LT' Coll. WP+WKO	'LT' Indiv. WP+WKO
Ventilatie	Handhaven mechanische ventilatie		CO <sub>2</sub> -gestuurde gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning	
Warmteafgifte-systeem	Individueel distributienet in woningen		Laagtemperatuur vloerverwarming en/of convectoren (40°C)	
Ruimteverwarming	Individuele afleversets stadswarmte	Collectieve luchtwarmtepomp i.c.m. individuele afleversets	Collectieve LT warmtepomp met WKO i.c.m. individuele afleversets	Individuele LT combi-warmtepomp met WKO
Warm tapwater	Individuele afleversets stadswarmte		Booster warmtepomp	
Koken	Elektrisch			

### 6.2.1 Bouwkundige maatregelen

Om een aardgasvrije en midden- of laagtemperatuur warmtevoorziening te kunnen realiseren dient de energetische kwaliteit van de bouwkundige schil van het complex verbeterd te worden. Binnen de strategie 'MT' volstaat het om op het in het MJOB vastgestelde moment voor onderhoud aan de gevels, de spouwmuren (na) te vullen met spouwmuurisolatie. Het verbeteren van de isolatie van de daken is niet voorzien in het MJOB en wordt in de inspectierapporten van Topdak niet binnen 20 jaar geadviseerd. Daarom wordt deze isolatiemaatregel binnen de strategie 'MT' niet opgenomen. Wel worden de ramen op het in het MJOB gekozen moment vervangen door glas met HR++-isolatie in kunststof kozijnen.

Voor de strategie 'LT' dient de schilkwiteit ingrijpender verbeterd te worden door het vervangen van de huidige gevels door nieuwe geprefabriceerde gevels met hoogwaardige isolatie en drievoudige beglazing. Daarnaast dient ook de isolatiewaarde van de vloeren verhoogd te worden door het aanbrengen van plafondisolatie van de bergingen op de begane grond, en het vervangen van de vloer door een geïsoleerde vloer bij de woningen op de begane grond (er is geen kruipruimte onder de woningen). Bovendien dient de isolatiewaarde van de daken verhoogd worden door de daken te vervangen door beter geïsoleerde daken en, alhoewel verder niet beschouwd in dit onderzoek, bij voorkeur ook tegelijk PV-panelen te plaatsen.

### 6.2.2 Ventilatiesysteem

Voor de strategie 'LT' is (CO<sub>2</sub>-gestuurde) gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning gewenst voor het comfortabel kunnen verwarmen van de woningen op lage temperatuur.

De gebalanceerde ventilatie kan individueel per woning worden voorzien door het aanbrengen van een gebalanceerde ventilatie-unit, welke geplaatst kan worden boven een verlaagd plafond in bijvoorbeeld de gang van de woning, of door het plaatsen van enkele decentrale warmteterugwin-units per vertrek (bijvoorbeeld de woonkamer en (hoofd)slaapkamer). Een alternatief is om, conform de huidige situatie, meerdere centraal opgestelde luchtbehandelingskasten op het dak te plaatsen waar vandaan de ventilatielucht middels luchttoevoer- en luchtafvoerkanalen via schachten naar de verschillende ruimten worden gebracht.

Daarbij dienen binnen de strategie 'LT' de huidige hoogtemperatuur radiatoren in alle complexen vervangen te worden door een laagtemperatuur systeem (bijvoorbeeld ClimaRad of Climate Booster) of vloerverwarming.

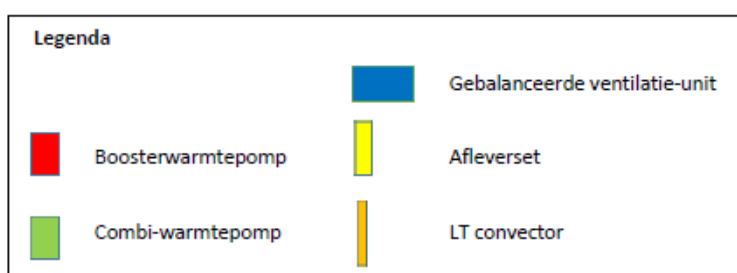
### 6.2.3 Warmte- en warm watervoorziening

Ten behoeve van de warmteopwekking kan in het geval van een collectieve warmtepomp gebruik worden gemaakt van dezelfde centrale technische ruimte als nu wordt gebruikt voor de collectieve gasketel (op de begane grond). Daarnaast zal binnen alle varianten elke woning van een individuele afleverset worden voorzien.

In de strategie 'MT' wordt in warmtapwater voorzien door de stadswarmte of de collectieve luchtwarmtepomp. Ten behoeve van het warmtapwater voor de strategie 'LT' met een collectieve warmtepomp, zullen individuele boosterwarmtepompen worden geplaatst. Deze boosterwarmtepomp kan bijvoorbeeld in de gang of keuken worden geplaatst, nabij de warmtapwaterpunten. Binnen de strategie 'LT' met een individuele combi-warmtepomp voorziet deze warmtepomp in zowel de ruimteverwarming als de warm tapwaterbereiding. Deze combi-warmtepomp dient bij voorkeur geplaatst te worden in een aparte (nog te realiseren) ruimte grenzende aan de leidingschacht.

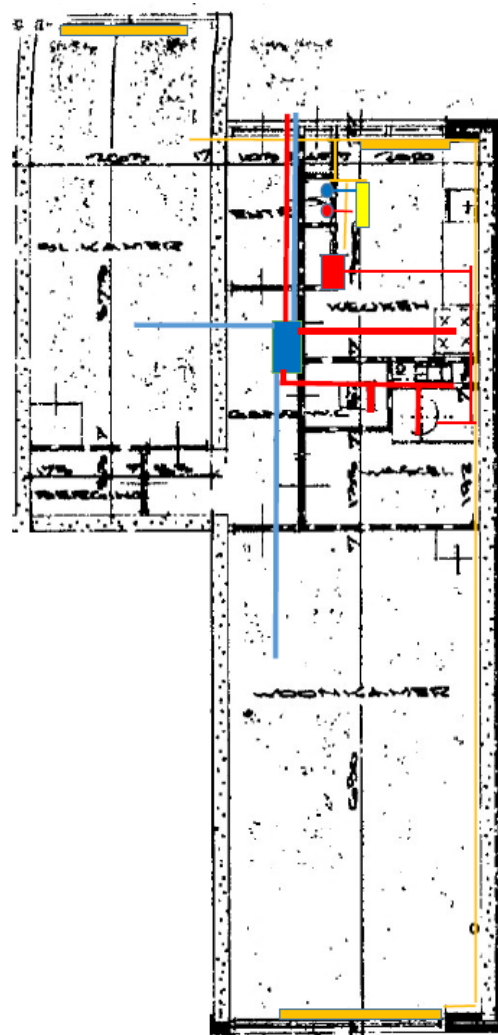
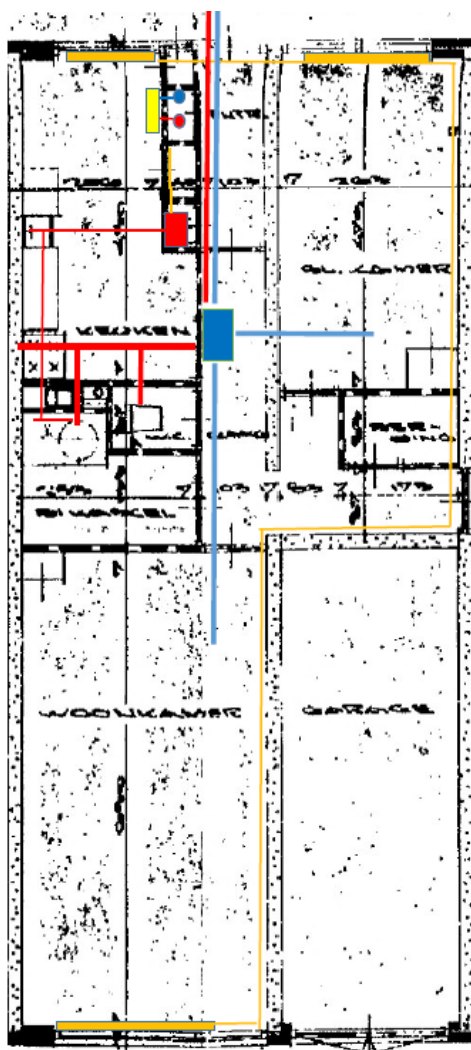
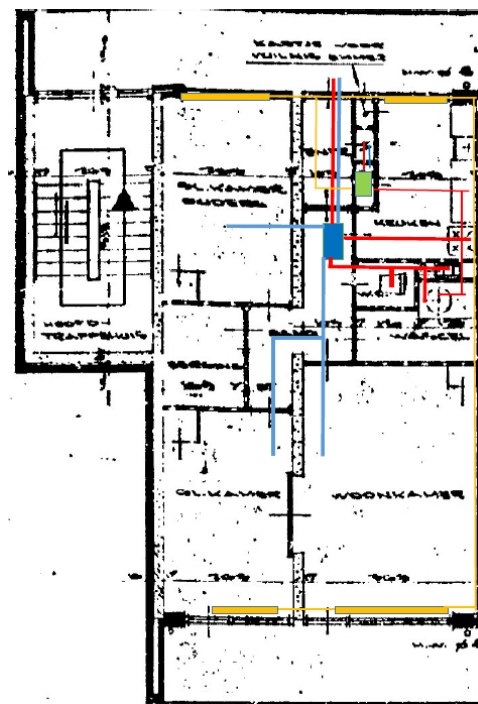
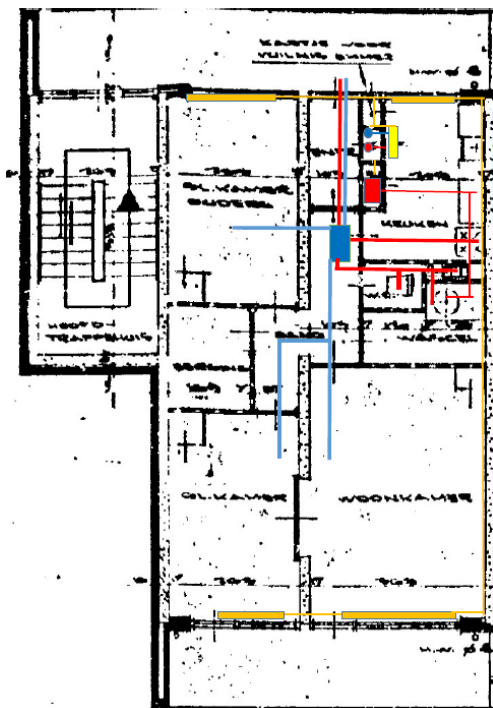
Daarnaast zal zowel voor de 'MT' als 'LT'-strategie het collectieve distributienet aangepast dienen te worden, omdat de warmte niet meer via de stijgleidingen de woningen binnen komt maar via een individuele afleverset in de woning. Binnen de woningen komt een individueel distributienet zodat het gehele afgiftesysteem vanuit de afleverset gevoed kan worden met warmte. Dit vergt een aanpassing van zowel het collectieve distributienet in het gebouw als het distributienet in de woningen. Tenslotte zal de huidige kookgasaansluiting vervangen moeten worden door een aansluiting voor elektrisch koken, en de elektriciteitsaansluiting verzaard.

In onderstaande afbeeldingen is een mogelijke ruimtelijke inpassing van de installaties binnen de strategie 'LT' weergegeven op enkele woningplattegronden.





Figuur 8 – Linksboven: 3-kamerwoning 'LT' Coll. WP met boosterWP, Rechtsboven: 'LT' Indiv. combi-warmtepomp Onder: 3-kamer en 2-kamer benedenwoning, 'LT' Coll. WP met boosterWP



### 6.3 Energiegebruik

In onderstaande tabel wordt per variant het indicatieve gemiddelde energiegebruik en -kosten weergegeven na de realisatie van de verduurzamingsmaatregelen. Hierbij is aangenomen dat de warmtevraag op woningniveau voor ruimteverwarming als gevolg van de verduurzamingsmaatregelen met 30% is afgenomen bij toepassing van de strategie 'MT' en met 50% bij toepassing van de strategie 'LT', ten opzichte van de huidige situatie. De hieruit voortkomende warmtevraag komt ongeveer overeen met warmtevraag van soortgelijke woningen die eveneens vergaand zijn gerenoveerd en wordt om die reden als aannemelijk gezien. Voor een uitsplitsing van de warmtevraag en de overige gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 3. Uit onderstaande tabel blijkt dat de strategie 'MT' met stadswarmte de bewoners geen besparing op de energiekosten oplevert.

Tabel 12 – Gemiddelde energiegebruiken en -kosten vóór en na verduurzaming Viermasterstraat

		Huidige situatie	'MT' Stadswarmte	'MT' Coll. LuchtWP	'LT' Coll. WP+WKO	'LT' Indiv. Combi-WP+WKO
<i>Collectief energiegebruik</i>						
E-verbruik warmtevoorziening	[kWh]	17.943	-	146.683	65.238	-
<i>Individueel energiegebruik</i>						
Gasgebruik t.b.v. warmtevoorziening	[m <sup>3</sup> ]	1.186	-	-	-	-
Elektriciteitsgebruik t.b.v. warmtevoorziening	[kWh]	202	-	1.648	733	550
Elektriciteitsgebruik overig <sup>1</sup>	[kWh]	2.069	2.269	2.945	2.775	2.876
<b>Totaal E-verbruik</b>	<b>[kWh]</b>	<b>2.271</b>	<b>2.269</b>	<b>4.593</b>	<b>3.508</b>	<b>3.426</b>
<i>Collectieve warmtekosten</i>						
Warmtekosten variabel	[€]	-	€ 33.918	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Warmtekosten vast <sup>2</sup>	[€]	-	€ 41.443	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<b>Totale energiekosten</b>	<b>[€]</b>	<b>-</b>	<b>€ 75.361</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<i>Collectieve energiekosten</i>						
Gaskosten t.b.v. warmtevoorziening	[€]	€ 73.173	-	-	-	-
Elektriciteitskosten t.b.v. warmtevoorziening	[€]	€ 2.153	-	€ 17.602	€ 7.829	-
Netbeheerkosten <sup>3</sup>	[€]	€ 4.800	€ 4.800	€ 7.200	€ 7.200	€ 4.800
<b>Totale energiekosten</b>	<b>[€]</b>	<b>€ 80.126</b>	<b>€ 4.800</b>	<b>€ 24.802</b>	<b>€ 15.029</b>	<b>€ 4.800</b>
<i>Energiekosten per woning</i>						
Warmtekosten (collectief)	[€]	-	€ 847	-	-	-
Gaskosten (collectief)	[€]	€ 819	-	-	-	-
Elektriciteitskosten (collectief)	[€]	€ 78	€ 54	€ 279	€ 169	€ 54
Elektriciteitskosten (individueel)	[€]	€ 296	€ 334	€ 462	€ 430	€ 554
<b>Totale energiekosten</b>	<b>[€]</b>	<b>€ 1.193</b>	<b>€ 1.234</b>	<b>€ 741</b>	<b>€ 599</b>	<b>€ 607</b>
<b>Per m<sup>2</sup></b>	<b>[€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>€ 16</b>	<b>€ 17</b>	<b>€ 10</b>	<b>€ 8</b>	<b>€ 8</b>

<sup>1</sup> Huidig huishoudelijk e-verbruik + e-verbruik (booster)warmtepomp + e-verbruik gebal. ventilatie + e-verbruik elektrisch koken.

<sup>2</sup> Exclusief de eenmalige vooruitbetaling vastrecht voor de aflevering voor een periode van 15 jaar á €1.775,54

<sup>3</sup> Op basis van inschatting á € 4.800 en 50% hogere collectieve netbeheerkosten bij collectieve warmtepomp

## 7 Financiële analyse Viermasterstraat

### 7.1 Investeringskosten

In tabel 13 worden de indicatieve investeringskosten per woning samengevat van de verschillende verduurzamingsmaatregelen. De weergegeven prijzen zijn inclusief BTW en prijspeil 2018. Voor een uitsplitsing van de investeringskosten en de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 4.

Tabel 13 – Investeringskosten aardgasvrije verduurzaming (incl. BTW)

	'MT' Stadswarmte	'MT' Coll. LuchtWP	'LT' Coll.WP+WKO	'LT' Indiv. Combi- WP+WKO
Bouwkundige maatregelen	€ 7.000	€ 7.000	€ 19.000	€ 19.000
Installatietechnische maatregelen	€ 6.800	€ 14.200	€ 24.290	€ 22.890
<b>Subtotaal</b>	<b>€ 13.800</b>	<b>€ 21.200</b>	<b>€ 43.290</b>	<b>€ 41.890</b>
Onvoorzien (20%)	€ 2.760	€ 4.240	€ 8.658	€ 8.378
<b>Totaal per woning incl BTW*</b>	<b>€ 20.038</b>	<b>€ 30.782</b>	<b>€ 62.857</b>	<b>€ 60.824</b>
<b>Totaal complex incl BTW*</b>	<b>€ 4.849.100</b>	<b>€ 7.449.300</b>	<b>€ 15.211.400</b>	<b>€ 14.719.500</b>

\*Exclusief verhuisvergoeding die bij de varianten 'LT' van toepassing zal zijn.

De investeringskosten om het complex aardgasvrij te krijgen en op midden-temperatuur te kunnen verwarmen bedragen in totaal circa € 5.000.000 tot € 7.500.000. De kosten om het complex zodanig te renoveren dat het op lage temperatuur verwarmd kan worden bedragen circa € 15.000.000. Daarbij variëren de investeringskosten per woning tussen de circa € 20.000 tot € 30.000 (varianten 'MT') en circa € 60.000 (varianten 'LT'). Dit betreffen de meerkosten bij een grootschalige renovatie, en is dus nog exclusief eventuele overige aanpassingen aan de woningen. Ook een verhuisvergoeding voor de bewoners is niet meegenomen in deze kostenraming. Uit de tabel blijkt dat de variant 'LT' met een collectieve warmtepomp in combinatie met een WKO de hoogste investeringskosten per woning en complex vraagt.

### 7.2 Jaarlijkse energiegerelateerde kosten

In tabel 14 worden de gemiddelde jaarlijkse energiegerelateerde kosten (in jaar 1) weergegeven na het realiseren van alle verduurzamingsmaatregelen en vergeleken met de huidige energiegerelateerde kosten. De energiegerelateerde kosten bestaan daarbij uit de jaarlijkse energiekosten en de jaarlijkse onderhoudskosten. Daarbij zijn de energiekosten direct voor de bewoner, terwijl de kosten voor onderhoud en beheer in eerste instantie voor Stadgenoot zijn maar via de huur of servicekosten aan de bewoner doorberekend kunnen worden. De weergegeven kosten zijn per woning(eenheid), exclusief BTW en prijspeil 2018. Voor een uitsplitsing van de energiegerelateerde kosten en de gehanteerde uitgangspunten voor onderhoud wordt verwezen naar bijlage 5.

Tabel 14 – Gemiddelde jaarlijkse energiegerelateerde kosten per woning na verduurzaming (incl. BTW)

	MT Stadswarmte	MT Coll LWP	LT Coll WP+WKO	LT Indiv combiWP+WKO
<i>Energiekosten voor bewoner</i>				
<b>Energiekosten (afgerond)</b>	€ 1.230	€ 740	€ 600	€ 610
Vershil t.o.v. huidige situatie	+€ 40	-€ 450	-€ 590	-€ 580
<i>Onderhoudskosten voor Stadgenoot</i>				
<b>Onderhoudskosten installaties</b>	€ 25	€ 95	€ 205	€ 140
<i>Totaal energiegerelateerde kosten</i>				
<b>Energiegerelateerde kosten</b>	€ 1.255	€ 835	€ 805	€ 750

Uit de tabel kan worden opgemaakt dat de meeste aardgasvrije strategieën leiden tot substantieel lagere jaarlijkse energiegerelateerde kosten. Van de strategie 'MT' met stadswarmte profiteren de bewoners financieel niet, de verbeterde isolatie zal hier alleen voor comfortverbetering zorgen. Van de overige strategieën varieert het jaarlijkse voordeel van de bewoners ten opzichte van de huidige situatie tussen de circa € 450 ('MT' met een collectieve luchtwarmtepomp) en circa € 600 (met de strategie 'LT') per jaar. De onderhoudskosten voor Stadgenoot zullen, als gevolg van het toevoegen van installaties, hoger worden dan nu het geval is, behalve bij de strategie 'MT' met stadswarmte, waar de onderhoudskosten voor de collectieve gasketels wegvallen.

### 7.3 Levensduurkosten

De investeringskosten enerzijds en de jaarlijkse energiegerelateerde kosten anderzijds zeggen echter nog niets over de totale levensduurkosten. De energiegerelateerde kosten in de voorgaande paragraaf zijn op te vatten als een 'momentopname' voor jaar 1 na het treffen van de verduurzamingsmaatregelen. Doordat de gasprijs in de afgelopen jaren harder is gestegen dan de elektriciteitsprijzen en inflatie en het de verwachting is dat deze trend zich in de toekomst voortzet, zal het verschil in energiegerelateerde kosten ten opzichte van de huidige situatie nog aanzienlijk groter worden. Daar komt bij dat bij de strategie 'MT' in de toekomst een tweede stap gezet zal moeten worden om de flatgebouwen energetisch verder te verbeteren of om over te gaan tot sloop/nieuwbouw.

Om deze kosten inzichtelijk te maken, zijn de levensduurkosten over de gehele levensduur na de aardgasvrije transitie berekend. De levensduurkosten zijn daarbij als netto contante waarde weergegeven. De netto contante waarde (NCW) vertegenwoordigt de som geld, die nu nodig is om gedurende de levensduur de kapitaalslasten van de investeringen alsmede de energie-, onderhoudskosten te kunnen betalen. De levensduurkosten omvatten hiermee dus alle investeringen, kosten en opbrengsten ongeacht de partij die de kosten betaalt dan wel die de revenuen incasseert. Om inzichtelijk te maken hoe de levensduurkosten verdeeld zouden zijn in het geval daarvoor geen financiële vergoeding van de bewoner zou worden teruggevraagd, zijn deze ook uitgesplitst naar levensduurkosten voor Stadgenoot (investerings- en onderhoudskosten) en de levensduurkosten voor de bewoner (energiekosten).

De beoogde levensduur is verschillend per strategie. De strategie 'MT' beoogt een levensduurverlenging van 20 jaar, en de strategie 'LT' een levensduur van 40 jaar na renovatie. Om een zuivere vergelijking te maken tussen de varianten is er dus voor gekozen om voor de varianten binnen de strategie 'MT' de levensduurkosten over 20 jaar te berekenen, en voor de 'LT'-varianten de levensduurkosten over 40 jaar. Dat

betekent dat we in deze berekening voor de 'LT'-varianten een vervangingsinvestering na 20 jaar meenemen van 40% van de investering in installaties.

Voor het netto contant maken van de levensduurkosten is uitgegaan van een jaarlijkse gasprijsstijging (en de daaraan gekoppelde warmteprijsstijging bij warmtelevering) van 4%, een jaarlijkse elektriciteitsprijsstijging van 2%, een jaarlijkse inflatie van 2% en een discontovoet van 5%. In tabel 15 en 16 worden de resulterende levensduurkosten voor een gemiddelde woning weergegeven. Voor een uitsplitsing van de onderhouds- en energiekosten wordt verwezen naar bijlage 5.

*Tabel 15 – Levensduurkosten per woning na 20 jaar, na toepassen aardgasvrije strategie (incl. BTW)*

	<b>MT Stadswarmte</b>	<b>MT Coll LWP</b>	<b>LT Coll WP+WKO</b>	<b>LT Indiv combiWP+WKO</b>
Investering (Stadgenoot)	€ 20.000	€ 30.800	nvt	nvt
Onderhoud (Stadgenoot)	€ 400	€ 1.500	nvt	nvt
Energie (bewoner)	€ 21.500	€ 11.400	nvt	nvt
<b>Totaal</b>	<b>€ 41.900</b>	<b>€ 43.700</b>	<b>nvt</b>	<b>nvt</b>

*Tabel 16 – Levensduurkosten per woning na 40 jaar, na toepassen aardgasvrije strategie (incl. BTW)*

	<b>MT Stadswarmte</b>	<b>MT Coll LWP</b>	<b>LT Coll WP+WKO</b>	<b>LT Indiv combiWP+WKO</b>
Investering (Stadgenoot)	nvt	nvt	€ 65.700	€ 63.500
Onderhoud (Stadgenoot)	nvt	nvt	€ 4.200	€ 2.800
Energie (bewoner)	nvt	nvt	€ 12.200	€ 12.300
<b>Totaal</b>	<b>nvt</b>	<b>nvt</b>	<b>€ 82.100</b>	<b>€ 78.600</b>

Uit bovenstaande tabellen kan worden opgemaakt dat de levensduurkosten van de 'LT' strategieën hoger zijn dan van de 'MT' strategieën. De totale levensduurkosten van de strategie 'LT' met een individuele combi-warmtepomp zijn van de aardgasvrije 'LT'-varianten het laagst. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in alle berekeningen geen rekening is gehouden met eventuele subsidies op de voorgestelde verduurzamingsmaatregelen.

In onderstaande tabel is, om de levensduurkosten van de twee strategieën ook naast elkaar te kunnen plaatsen, voor de strategie 'LT' de levensduurkosten na 20 jaar berekend, waarbij voor de strategie 'LT' slechts de helft van de investeringskosten is meegenomen omdat die eigenlijk over 40 jaar moeten worden afgeschreven.

*Tabel 17 – Levensduurkosten per woning na 20 jaar, na toepassen aardgasvrije strategie (excl. BTW)*

	<b>MT Stadswarmte</b>	<b>MT Coll LWP</b>	<b>LT Coll WP+WKO</b>	<b>LT Indiv combiWP+WKO</b>
Investering (Stadgenoot)	€ 20.000	€ 30.800	€ 31.400	€ 30.400
Onderhoud (Stadgenoot)	€ 400	€ 1.500	€ 3.200	€ 2.200
Energie (bewoner)	€ 21.500	€ 11.400	€ 9.200	€ 9.400
<b>Totaal</b>	<b>€ 41.900</b>	<b>€ 43.700</b>	<b>€ 43.800</b>	<b>€ 42.000</b>

Uit deze vergelijking blijkt dat de levensduurkosten na 20 jaar (bij het rekenen van 50% van de investeringskosten voor de strategie 'LT') van alle varianten ongeveer even hoog zijn. De grootste verschillen in deze vergelijking bestaan tussen de energiekosten voor de bewoners en de investeringskosten.

De strategie 'MT' met stadswarmte levert lagere onderhoudskosten voor Stadgenoot op omdat het onderhoud van de warmtevoorziening voor rekening van de warmte-exploitant komt, maar relatief hoge energielasten voor de bewoner.

Binnen de strategie 'MT' is de variant met stadswarmte passend voor de Viermasterstraat vanwege de mogelijkheid om geleidelijk op midden-temperatuur over te kunnen gaan. De installaties dienen conform het MJOB namelijk eerder te worden vervangen dan dat de bouwkundige maatregelen worden getroffen. Hierbij is het wel voordelig dat er bindende afspraken gemaakt kunnen worden met Nuon over de toekomstige verduurzaming van het stadswarmtenet, de hoogte van de (toekomstige) warmtetarieven en de lengte van de contracten/afsluitmogelijkheden.

Alternatief zou een tijdelijke collectieve aansluiting op stadswarmte kunnen worden geplaatst, met een distributienet en individuele afleversets in eigendom van Stadgenoot, zodat Stadgenoot de energiekosten zelf kan bepalen en verrekenen. Na bijvoorbeeld 15 jaar kan dan alsnog een collectieve warmtepomp worden geplaatst nadat de verduurzamingsmaatregelen zijn getroffen.

Met het toepassen van de variant 'MT' met een collectieve luchtwarmtepomp of de aardgasvrije strategie 'LT' komen de baten van de verduurzamingsmaatregelen wel bij de bewoner te liggen, maar komen de kosten van de verduurzamingsmaatregelen volledig voor rekening van Stadgenoot. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de huidige wettelijke mogelijkheden om met deze zogenaamde 'split incentive' om te gaan.

## 7.4 Financieringsvormen

Binnen het wettelijke kader zijn er voor woningcorporaties momenteel twee mogelijkheden om de investeringen in het energetisch verbeteren van bestaande woningen terug te verdienen. Enerzijds kan dit door het verhogen van de kale huurprijs door een toename in het aantal WWS-punten als gevolg van de verbeterde energie-index na renovatie. Anderzijds kan dit door het vragen van een Energieprestatievergoeding (EPV) aan de bewoners.

Daarbij zal een verhoging van het aantal WWS-punten, indien dit door Stadgenoot beleidsmatig al als wenselijk wordt beschouwd, onvoldoende zijn om de totale investeringskosten terug te verdienen door een verhoging van de kale huurprijs.

Om EPV te mogen vragen, is het (vooralsnog) voordelig dat de woningen Nul-Op-de-Meter (NOM) zijn. De gedachte hierachter is dat de bewoners van een NOM-woning geen energierekening meer hebben en de woningcorporatie in plaats daarvan maandelijks een vergoeding in rekening brengt die gelijk is aan de energierekening die de bewoner anders (in de huidige referentiesituatie) zou hebben. Bij hogere flats dan 3 à 4 bouwlagen is het beschikbare dakoppervlak doorgaans te klein om de vereiste hoeveelheid extra elektriciteit voor de warmtepompen op te wekken met PV-panelen. Bij het complex Viermasterstraat zal waarschijnlijk dan ook gezocht moeten worden naar andere mogelijkheden voor het vergroten van de eigen duurzame elektriciteitsopwekking (zoals bijvoorbeeld een PowerNest met een gebouwgebonden windturbine, of PV-panelen op de gevel).

Met andere woorden: met dit maatregelenpakket en binnen de huidige wettelijke kaders zal het voor Stadgenoot lastig worden om de investeringskosten in het aardgasvrij verduurzamen van de complexen terug

te verdienen. Wel is er op dit moment een subsidieregeling beschikbaar waarop Stadgenoot aanspraak kan maken bij het aardgasvrij verduurzamen van de complexen. Daarnaast bestaat er ook nog de mogelijkheid om de aardgasvrije warmtevoorziening te outsourcen aan een zogenoemde Esco (Energy Service Company). Onderstaand wordt hierop kort ingegaan.

### **ISDE-subsidie**

De Investeringsubsidie Duurzame Energie (ISDE) is bedoeld voor het stimuleren van duurzame energieopwekking d.m.v. een warmtepomp, zonneboilers, biomassaketels of pelletkachels, en kan worden aangevraagd door zowel particulieren als woningcorporaties en zakelijke gebruikers. De hoogte van de subsidie is afhankelijk van het type warmteopwekker waarvoor subsidie wordt aangevraagd en loopt tot 31 december 2020. Er is nog niet besloten over een voortzetting van de regeling, dus deze termijn is voor de Viermasterstraat een aandachtspunt. Nu kan voor individuele warmtepompen in combinatie met een WKO een subsidie worden verkregen van circa € 2.500 per warmtepomp. Ook voor collectieve warmtepompen (tot een vermogen van 70 kW) kan er subsidie worden aangevraagd. Ten behoeve van de strategie 'LT' met een collectieve warmtepomp in combinatie met WKO zou er bijvoorbeeld subsidie aangevraagd kunnen worden indien er meerdere van dergelijke warmtepompen (in cascade) worden opgesteld. In dat geval zou er per warmtepomp (van 70 kW) een maximale subsidie verkregen kunnen worden van € 8.500. Deze subsidie maakt het dus aantrekkelijker om individuele warmtepompen te plaatsen.

### **Outsourcing**

Een alternatieve financieringsconstructie is om de energievoorziening te outsourcen aan een externe partij (Esco). De schaalgrootte van het complex Viermasterstraat en de homogene woningtypologie is in principe geschikt voor outsourcing. Alternatief zou ook voor meerdere complexen samen een Esco gezocht kunnen worden. Het voordeel van outsourcing is dat de verplichtingen en risico's bij deze externe partij worden neergelegd en het onderhoud en beheer volledig buiten Stadgenoot komt te liggen. Nadeel van het outsourcen van de energievoorziening is wel dat dergelijke partijen hogere winstmarges hanteren dan de rendementsdoelstellingen van de woningcorporatie, waardoor eventuele financiële voordelen vaak weer gedeeltelijk teniet worden gedaan. Ook is outsourcing over het algemeen meer geschikt bij het kiezen voor de strategie 'LT', omdat doorgaans een exploitatietermijn van 30 jaar wordt nagestreefd.

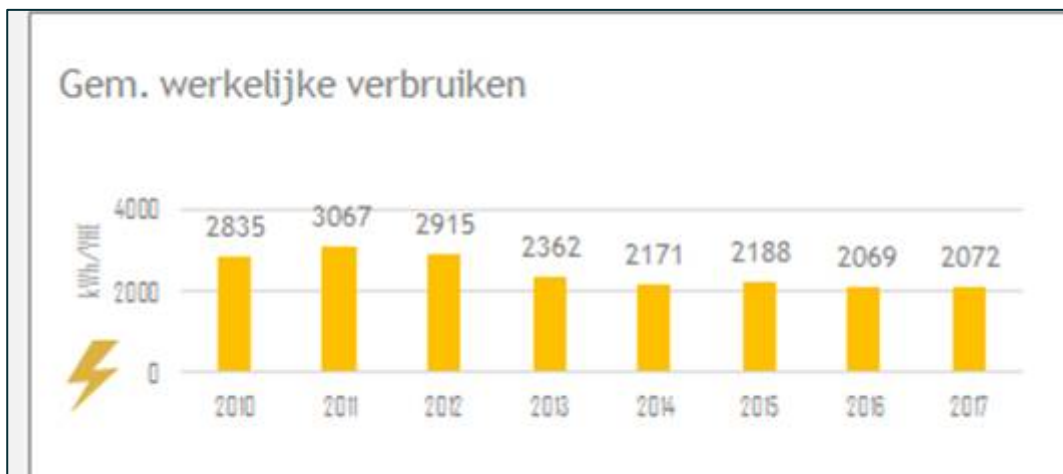
Wanneer wordt gekozen voor het outsourcen van de energievoorziening dient een keuze te zijn gemaakt voor het type aardgasvrije warmtevoorziening. Alternatief zou Stadgenoot ervoor kunnen kiezen om voor de Viermasterstraat een marktuitvraag te doen aan meerdere partijen. Deze partijen komen dan met een suggestie voor de aardgasvrije warmtevoorziening en doen een aanbieding voor de exploitatie. Hiermee kan op relatief kleine schaal ervaring worden opgedaan met de energietransitie in de praktijk en kunnen de 'lessons learned' direct worden ingezet voor andere vergelijkbare complexen in De Banne.

## Bijlage 1: Energieverbruik en -kosten Viermasterstraat (huidige situatie)

Vanwege de verstrekte specificatie van Techem voor het gebouw van Korvetpad 2 is dit gebouw als referentiegebouw voor de Viermasterstraat gekozen. Van dit gebouw is echter in het gestuurde overzicht 'Overzicht voor Installaties' geen historie opgenomen. De uitgangspunten zijn dus op basis van het jaar 2016 vastgesteld.

Korvetpad 2 jaar 2016			
105.568 m3 aardgas			
€ 73.173,32 totale kosten	105568 m3 aardgas	totaal	
€ 926,24 bijkomende kosten			
79% CV	83398,72 m3 aardgas	937,06 m3	per woning
21% Warmwater	22169,28 m3 aardgas	249,09 m3	per woning
<b>gemiddelde verbruik</b>			<b>1186,16 m3 per woning</b>
€ 57.806,92 Kosten CV € 731,73 bijkomende kosten CV <b>€ 58.538,65 TOTAAL CV</b> € 194,51 bijkomende kosten warm water € 15.366,40 Kosten warm water <b>€ 15.560,91 TOTAAL WW</b>			
<b>€ 58.538,65 TOTAAL CV</b> 20% Vaste kosten € 11.707,73 € 131,55 per woning 80% Verbruikskosten € 46.830,92 € 526,19 per woning <b>€ 15.560,91 TOTAAL WW</b> 20% Vaste kosten € 3.112,18 € 34,97 per woning 80% Verbruikskosten € 12.448,73 € 139,87 per woning <b>€ 5.747,54 OVERIGE KOSTEN</b> individueel elektraverbruik* € 296,00 per woning			
<b>gemiddelde verbruikskosten</b>			<b>€ 1.193,16 per woning</b>

\*het individuele elektraverbruik van 2016 is vastgesteld op basis van onderstaande verstrekte gegevens:





## Bijlage 2: Tabel gebouweigenschappen De Banne

Gebouwtypes	1	2	3	4	5
Bouwjaar	1968-1989	1968-1989	1968-2011	1995-2014	2012-2014
Warmtevoorziening	Gas collectief	Gas individueel	Gas individueel	Gas individueel	Stadswarmte
Aantal bouwlagen	meerlaags	meerlaags	grondgebonden	meerlaags	meerlaags
Bezit	alleen corporatie	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier	Corporatie en particulier

Complex	Eigenaar	adressen	Bouwjaar	Gemiddelde energie index	Aantal bouwlagen	Aantal verhuur-eenheden (woningen en BOG)	Gemiddelde gebruiks-oppervlakte	Type warmte-voorziening	Type warmtapwater-voorziening	Type afgifte-systeem	Type ventilatie-voorziening
Binnenvaart	Stadgenoot	Binnenvaart 7 t/m 52	1976	1,91	1	46	65	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
VvE Achtersteven	VVE met Stadgenoot	Achtersteven 2-64, Midscheeps 115-137, Tussendek 1-96, Westerlengte 71-193	1977	1,48	4	169	83	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
VvE Midscheeps	VVE met Stadgenoot	Midscheeps 1-111	1977	1,48	4	67	82	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
VvE Voorsteven	VVE met Stadgenoot	Voordek 2-64, Voorsteven 3-105, Westerlengte 3-65	1977	1,48	4	137	83	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Overslag e.o	Stadgenoot	Overslag 2-132, Overslaghof 1-285, Westerlengte 4-68	1976	1,43	4	242	76	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
VVE Pinasstraat	VVE met Stadgenoot	Karveelstraat 5, 7H, 13 en 17, Pinasstraat 1-32	1967	1,30	2	25	86	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Viermasterstraat eo	Stadgenoot	Banne Buikslootlaan 2-64, Klipperstraat 1-142, Korvetpad 2-10, Viermasterstraat 2-224	1968	1,84	5	248	73	Gas collectief (HR)	Gas collectief (HR)	decentraal	radiatoren (HT)
Dekschuitstraat	Rochdale	Dekschuitstraat, Lichterstraat, Tjalkstraat	jaren 60	C	5	333		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)

Complex	Eigenaar	adressen	Bouwjaar	Gemiddelde energie index	Aantal bouwlagen	Aantal verhuureenheden (woningen en BOG)	Gemiddelde gebruiksoppervlakte	Type warmtevoorziening	Type warmtapwatervoorziening	Type afgiftesysteem	Type ventilatievoorziening
Schepenlaan	Rochdale	Galjoenstraat	2012	A	3	10		Stadswarmte	SV-unit Nuon	nvt	radiatoren (HT)
Banne centrum	Rochdale	Bezaanjachtplein (oneven)	2013	A	4	51		Stadswarmte	SV-unit Nuon	nvt	radiatoren (LT)
de Slinger	Rochdale	Lucien Gaudinstraat	1996	B	8	156		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Ecowijk	Rochdale	Henk Oomspad, Paavo Nurmipad, Jim thorpepad	jaren 2000	A	2	35		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Bezaanjachtplein	Rochdale	Bezaanjachtplein, Banneplein	jaren 70, renovatie 2017	A/B	5	244		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Staghof	Rochdale	Vlaggermast, Staghof, Stenghof, Masthof, Reling	jaren 70, renovatie 2010	B/C	4	615		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Zeevaarthof	Rochdale	Zeevaarthof, Westerlengte	jaren 70, renovatie 2008	B/C	4	176		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Fokkemast	Rochdale	Fokkemast	jaren 70	C	1	28		Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Statenjachtstraat	VvE met de Alliantie	Statenjachtstraat 388-556	1968	1,83	8	50	69	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Treilerhof	VvE met de Alliantie	Aakstraat 161-209, Botterstraat 190-280, Treilerhof 3-78	1967	1,63	4	51	80	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Loggerhofhof	VvE met de Alliantie	Loggerhof 5-155, Botterstraat 88-178	1967	1,31	4	42	75	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Marjoleinstraat	VvE met de Alliantie	Marjoleinstraat 13-141 145-169	1989	1,36	4	25	53	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
VvE Bramzeilhof	VvE met Ymere	Grootzeil 1-211 en Bramzeilhof 2-174	1976	1,81 - 2,10	4	194	82	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
VvE Grootzeilhof	VvE met Ymere	Spinaker 1-227 en Grootzeilhof 2-174	1976	1,81 - 2,10	4	200	82	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)

Complex	Eigenaar	adressen	Bouwjaar	Gemiddelde energie index	Aantal bouwlagen	Aantal verhuureenheden (woningen en BOG)	Gemiddelde gebruiksoppervlakte	Type warmtevoorziening	Type warmtapwatervoorziening	Type afgiftesysteem	Type ventilatievoorziening
Kadoele Breek (2075)	Ymere	Banne Buikslootlaan 131-147, Blazerpad 1, Crabschuytstraat 2-242, Ijdoornlaan 1701-1837	2010	0,81 - 1,2	15	204	96	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Banne Zuid Nieuwbouw (2023)	Ymere	Banne Buikslootlaan 170-196, Aakpad 1-21, Statenjachtstraat 317-369, Aakhof 1-11	2009	0,81 - 1,2	BG	66	122	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
Koopvaardersplantsoen (2024)	Ymere	Koopvaardersplantsoen 2-22, Statenjachtstraat 253-315	2009	0,81 - 1,2	9	40	81	Gas individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren (HT)
FCL-000040	Eigen Haard	Schepenlaan, Amsterdam Noord, fase 2a	2014	A	2,5	25	60,88	Stadswarmte Coll/individueel	Stadswarmte afleverset	Stadswarmte	radiatoren MT
FCL-000407	Eigen Haard	Statenjachtstraat 182-356	1969	C/D	9	88	62,92	Gas Individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren HT
FCL-000408	VvE Beheer Amsterdam	Jesse Owenshof 1-85	1995	B/C	4à6	20	94	Gas Individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren HT
FCL-001159	VVE Slapend	Schepenlaan 71-143 e.o.	2012	B	6	55	50	Stadswarmte	Stadswarmte afleverset	Stadswarmte	radiatoren MT
FCL-001329	Eigen Haard	Statenjachtstraat 2-178	1969	D	8	88	61,45	Gas Individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren HT
FCL-610017	Eigen Haard	Statenjachtstraat 600-824	1975	E	14	112	58	Gas Collectief VR	Gas collectief VR	Collectief	radiatoren HT
FCL-101064	Eigen Haard VvE Beheer BV	Fokkezeil 1-141/ Spinakerhof 2-174	1976	C	4	126	77	Gas Individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren HT
FCL-101065	Eigen Haard VvE Beheer BV	Bramzeil 3-145	1976	D	4	61	80	Gas Individueel (HR)	Gas individueel (HR)	nvt	radiatoren HT

## Bijlage 3: Uitgangspunten energiegebruik na maatregelen

Huidige warmtevraag Viermasterstraat vóór treffen maatregelen

Collectieve warmtevraag		
Totaal (incl. warmteverliezen) <sup>1</sup>	[GJ]	3.087
Warmteverliezen <sup>2</sup>	[GJ]	325
Totaal (excl. warmteverliezen)	[GJ]	2.762
Per woning (excl. warmteverliezen)	[GJ]	31
Individuele warmtevraag		
Ruimteverwarming	[GJ]	24
Warm tapwater	[GJ]	7,3
<b>Totaal</b>	<b>[GJ]</b>	<b>31</b>

<sup>1</sup> Uitgaande van 1 m<sup>3</sup> gas = 34,2 GJ

<sup>2</sup> Uitgaande van 50% circulatieverlies warm tapwater

Nieuwe warmtevraag na treffen maatregelen

		MT Stadswarmte	MT Coll. LWP	LT Coll. WP+WKO	LT Indiv. WP+WKO
Individuele warmtevraag					
Ruimteverwarming <sup>1</sup>	[GJ]	16,6	16,6	11,9	11,9
Warm tapwater	[GJ]	7,3	7,3	7,3	7,3
Totaal	[GJ]	24	24	19	19
Collectieve warmtevraag					
Totaal (excl. warmteverliezen)	[GJ]	1.479	1.479	1.057	1.057
Warmteverliezen <sup>2</sup>	[GJ]	0	370	117	0
<b>Totaal (incl. warmteverliezen)</b>	<b>[GJ]</b>	<b>1.479</b>	<b>1.848</b>	<b>1.174</b>	<b>1.057</b>

<sup>1</sup> Uitgaande van warmtevraagbesparing van 30% voor de varianten 'MT' en 50% voor de varianten 'LT'

<sup>2</sup> Uitgaande van distributieverlies van 20% bij 'MT' en 10% bij 'LT'

### Uitgangspunten nieuw energiegebruik en kosten

SPF collectieve luchtwarmtepomp (RV)	3,5
SPF collectieve luchtwarmtepomp (TW)	3
SPF collectieve bodemwarmtepomp	5
SPF boosterwarmtepomp	5
Rendement E-boiler	80%
SPF individuele luchtwarmtepomp (RV)	3,5
SPF individuele luchtwarmtepomp (TW)	3
SPF individuele warmtepomp icm WKO (RV)	6
SPF individuele warmtepomp icm WKO (TW)	4
Extra E-verbruik gebalanceerde ventilatie	100 kWh/woning
E-verbruik elektrisch koken	200 kWh/woning
Collectieve elektriciteitsprijs	0,12 €/kWh (incl. BTW)
Extra collectieve netbeheerkosten MT	50%
Extra collectieve netbeheerkosten LT	50%
Warmteprijs Nuon	22,94 €/GJ (incl. BTW)
Individuele elektriciteitsprijs	0,19 €/kWh (incl. BTW)
Vastrecht warmte Nuon	465,65 €/kWh (incl. BTW)
Vastrecht elektriciteit	24 €/jaar (incl. BTW)
Netbeheer elektriciteit (> 1x10A t/m 3x25A)	€ 251,96 €/jaar (incl. BTW)
Heffingskorting	-€ 373,33 €/jaar (incl. BTW)

## 8 Bijlage 4: Uitsplitsing kostenraming

		MT Stadswarmte	MT Coll. LWP	LT Coll. WP+WKO	LT Indiv. combiWP+WKO
<i>Bouwkundige maatregelen</i>					
Buitengevelisolatie	[€]	-	-	€ 7.800	€ 7.800
Spouwmuurisolatie	[€]	€ 400	€ 400	-	-
Na-isolatie dak <sup>1</sup>	[€]	-	-	€ 300	€ 300
Na-isolatie vloer boven bergingen	[€]	-	-	€ 300	€ 300
Na-isolatie vloer begane grond	[€]	-	-	€ 500	€ 500
HR++ beglazing	[€]	€ 6.600	€ 6.600	-	-
HR+++ (drievoudige) beglazing	[€]	-	-	€ 10.100	€ 10.100
<i>Subtotaal bouwkundig excl. BTW</i>	[€]	€ 7.000	€ 7.000	€ 19.000	€ 19.000
<i>Installatietechnische maatregelen</i>					
Gebalanceerde ventilatie (CO2-gestuurd)	[€]	€ 0	€ 0	€ 2.500	€ 2.500
CO2-sturing mechanische ventilatie	[€]	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
LT verwarming (convectoren)	[€]	€ 0	€ 0	€ 2.590	€ 2.590
Individueel warmtedistributienet	[€]	€ 1.400	€ 1.400	€ 1.400	€ 1.400
Individuele SV-aansluiting (BAK) <sup>2</sup>	[€]	€ 4.000	-	-	-
Collectieve luchtwarmtepomp <sup>3</sup>	[€]	-	€ 11.400	-	-
Collectieve warmtepomp WKO <sup>3</sup>	[€]	-	-	€ 13.400	-
Boosterwarmtepomp	[€]	-	-	€ 3.000	-
Individuele combiwarmtepomp met WKO	[€]	-	-	-	€ 15.000
Verzwaren elektriciteitsaansluiting <sup>4</sup>	[€]	€ 1.000	€ 1.000	€ 1.000	€ 1.000
Elektrische kookplaat	[€]	€ 400	€ 400	€ 400	€ 400
<i>Subtotaal installatietechnisch excl. BTW</i>	[€]	€ 6.800	€ 14.200	€ 24.290	€ 22.890
<i>Totale investeringskosten</i>					
Subtotaal per woning/wooneenheid	[€]	€ 13.800	€ 21.200	€ 43.290	€ 41.890
Onvoorzien (20%)	[€]	€ 2.760	€ 4.240	€ 8.658	€ 8.378
<b>Totaal per woning(eenheid) incl. BTW</b>	[€]	<b>€ 20.038</b>	<b>€ 30.782</b>	<b>€ 62.857</b>	<b>€ 60.824</b>
<b>Totale investeringskosten complex incl. BTW</b>	[€]	<b>€ 4.849.100</b>	<b>€ 7.449.300</b>	<b>€ 15.211.400</b>	<b>€ 14.719.500</b>

<sup>1</sup> Wanneer gelijktijdig met vervanging dakbedekking

<sup>2</sup> Inclusief WIOR 2.0 korting, exclusief de eenmalige vooruitbetaling vastrecht voor de aflevering voor een periode van 15 jaar á €1.775,54

<sup>3</sup> Incl. distributienet en aflevering, bouwkundige voorzieningen, etc.

<sup>4</sup> 3x25A., incl. nieuw aansluitkabel

### Uitgangspunten bouwkundige kosten excl. BTW:

Buitengevelisolatie (incl. afwerking, steenstrips, etc.)	280	€/m <sup>2</sup>
Spouwmuurisolatie	23	€/m <sup>2</sup>
HR++ beglazing (incl. kunststofkozijnen)	380	€/m <sup>2</sup>
Drievoudige beglazing (incl. kunststofkozijnen)	580	€/m <sup>2</sup>
Dakisolatie (excl. dakbedekking, aanpassen dakopstanden, etc.)	20	€/m <sup>2</sup>
Begane grondvloerisolatie (incl. verwijderen en aanbrengen vloerbedekking)	50	€/m <sup>2</sup>
Isolatie vloer (boven bergingen)	35	€/m <sup>2</sup>

## Bijlage 5: Uitgangspunten Levensduurkosten

### Uitsplitsing energiegerelateerde kosten

		MT Stadswarmte	MT Coll LWP	LT Coll. WP+WKO	LT Indiv combiWP+WKO
<i>Energiekosten</i>					
Warmtekosten	[€]	€ 847	€ 0	€ 0	€ 0
Elektriciteit	[€]	€ 334	€ 660	€ 518	€ 554
Vaste kosten	[€]	€ 54	€ 81	€ 81	€ 54
Totaal energiekosten	[€]	€ 1.230	€ 740	€ 600	€ 610
Huidige energiekosten	[€]	€ 1.334	€ 1.334	€ 1.334	€ 1.334
Verschil t.o.v. huidige situatie	[€]	-€ 100	-€ 590	-€ 730	-€ 720
<i>Onderhoudskosten</i>					
Mechanische/Gebalanceerde ventilatie	[€]	€ 25	€ 25	€ 50	€ 50
Collectieve warmtepomp <sup>1</sup>	[€]	€ 0	€ 70	€ 80	-
Individuele combi-warmtepomp <sup>1</sup>	[€]	-	-	-	€ 90
Individuele (booster)warmtepomp <sup>1</sup>	[€]	-	-	€ 75	-
Totaal onderhoudskosten	[€]	€ 25	€ 95	€ 205	€ 140
<i>Totale exploitatiekosten</i>					
<b>Totaal jaar 1</b>	<b>[€]</b>	<b>€ 1.255</b>	<b>€ 835</b>	<b>€ 805</b>	<b>€ 750</b>

<sup>1</sup> Uitgaande van 0,5% van de investeringskosten

### Uitgangspunten berekening netto contante waarde

Gas-/warmteprijsstijging	4%
Elektriciteitsprijsstijging	2%
Inflatie	2%
Discontovoet	5%