

Kenmerken

Project	20459 Second opinion schetsplan Warmtenet Krugerlaan Gouda	Datum	5 september 2022
Auteur	Coline Benjamin	Co-lezer	Lambert den Dekker
Onderwerp	Bevindingen doorrekening concepten Warmtenet Krugerlaan	Status	Definitief
		Kenmerk	20459-198050

Bevindingen doorrekening concepten Warmtenet Krugerlaan

1 Inleiding en vraagstelling

De heer Fokke Goudswaard heeft, in samenwerking met de Energiecoöperatie en in overleg met tal van deskundigen, een schetsplan ontwikkeld voor een duurzame energievoorziening voor het zogenaamde 'Blok 3'. Dit betreft het gebied rondom de Krugerlaan en bestaat uit totaal circa 600 woningequivalenten. Het schetsplan omvat een beschrijving en onderbouwing van de techniekeuze. Uit het schetsplan blijkt dat er veel bronnen geraadpleegd zijn, maar ook met veel partijen gesproken is over de kansen en risico's. Naast het schetsplan is tevens een concept-businesscase opgesteld. U vraagt om een kritische blik op het ontwikkelde plan met bijbehorende businesscase aan de hand van een 'afvinklijst' met aspecten die in ieder geval beschouwd moeten worden. De ingevulde afvinklijst is als bijlage bij deze rapportage gevoegd.

Voorliggende rapportage geeft allereerst de aanpak die we gehanteerd hebben bij de schaduwberekening. Daarna geven we in hoofdstuk 3 een samenvatting van de resultaten van de doorrekening van de plannen aan de hand van de schaduwberekening. Vervolgens hebben we in hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies geformuleerd en op basis daarvan een advies met aandachtspunten voor het vervolg. In hoofdstuk 5 gaan we dieper in op de bevindingen per concept/plan.

2 Aanpak schaduwberekening

Om het ontwikkelde schetsplan kwalitatief goed te beoordelen is ervoor gekozen om schaduwberekeningen van de drie plannen (A, B en C) te maken. Onze schaduwberekening richt zich in hoofdlijnen op de belangrijkste onderdelen van een energieconcept. De schaduwberekening is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Uitgangspunten gemiddelde woning (vermogen en jaarlijkse warmtevraag).
- Uitgangspunten voor totaal aan te sluiten woningen (op te stellen vermogen en productie).
- Configuratie warmtecentrale.
- Configuratie WKO-systeem en aquathermie.
- Ruimtelijke consequenties.
- Energiegebruiken en energiekosten.
- Investeringskosten en onderhoud/beheerkosten.
- Aansluitkosten en tarieven.
- Balans van uitgaven en inkomsten.

De resultaten uit de drie afzonderlijke schaduwberekeningen worden zowel onderling als met de berekeningen van de energiecoöperatie met elkaar vergeleken.

3 Samenvatting

Onderstaand overzicht geeft de belangrijkste kenmerken van de verschillende concepten/plannen en de resultaten van onze doorrekening (schaduwberekening).

		Plan A	Plan B1	Plan B2	Plan B3	Plan C
Samenvatting van het energieconcept						
Collectieve installatie		MT-warmtepomp, wko en TEO	LT-warmtepomp, wko en TEO	LT-warmtepomp, wko en TEO	LT-warmtepomp, wko en TEO	MT-warmtepomp, warmtebuffer, wko en TEO
Warmtenet		70°C	40°C	55°C	55°C	70°C
Installatie in de woning		Afleverset	MT-warmtepomp 4-10 kW met boilervat	MT-warmtepomp 2-5 kW met boilervat	MT-luchtwarmtepomp 2-5 kW met boilervat	Afleverset
Capaciteit collectieve warmtepomp	kW	4.200	3.200	3.600	2.000	2.500
Capaciteit wko-systeem	m ³ /h	400	350	390	210	340
Benodigde warmte uit TEO	GJ	21.600	19.300	20.800	11.300	21.400
Warmtebuffer	m ³	-	-	-	-	1.000
Totaal COP (energetische rendement) van het energieconcept	-	2,08	2,04	2,25	2,53	2,40
Financiële samenvatting *)						
Investeringskosten collectief	€	19.200	15.300	16.200	12.200	16.400
Eenvoudige terugverdientijd collectieve installatie	jaar	33	75	47	26	20

*) Bij de financiële doorrekening is per concept/plan bepaald wat een redelijk bedrag is voor zowel het vaste als het variabele tarief. Dit is gedaan omdat met name bij plan B er naast de tarieven voor de warmtelevering vanuit het collectieve systeem er ook bijkomende kosten zijn als gevolg van de individuele warmtepompen in de woningen. Het gaat dan om elektriciteitskosten, onderhoudskosten en de aanschafkosten. Daarbij is steeds plan A als referentie aangehouden. Het GJ-tarief bij plan A is bijvoorbeeld 40 euro per GJ terwijl dit bij plan B1 verlaagd is naar 32,5 euro per GJ in verband met bijkomende elektriciteitskosten voor de gebruiker voor het naverwarmen met de individuele warmtepomp. Het uitgangspunt bij de verlaging van vastrecht en variabel tarief bij plan B is zodanig dat de totale kosten voor de bewoner bij al de concepten gelijk zijn. Daarmee is ook de terugverdientijd van de collectieve installatie bij de verschillende concepten vergelijkbaar.

Belangrijke maar ook onzekere parameters bij de financiële doorrekening zijn de energietarieven. In het schetsplan is gerekend met tarieven die ondertussen al weer gestegen zijn. Mogelijk dat op termijn de tarieven weer lager worden. Dit is echter onzeker. Daarom zijn de schaduwberendingen van de concepten/plannen met drie tariefsets doorgerekend. Onderstaande tabel geeft het resultaat.

	Laag	Middel	Hoog	Elektra middel, warmte hoog
Elektra kleinverbruik	0,21	0,28	0,45	0,28
Elektra grootverbruik	0,09	0,22	0,35	0,22
Warmte plan A en plan C (vergelijkbaar met warmtekosten cv-ketel met gasprijs van xx)	31,62 (0,95)	40 (1,20)	60 (1,80)	60 (1,80)
Warmte plan B3 (verlaagd in verband met aanvullende elektriciteitskosten op woningniveau ten behoeve van naverwarming met individuele warmtepomp)	22	32	47	57
Eenvoudige terugverdientijd				
Plan A	16	33	25	10
Plan B3	27	26	18	10
Plan C	11	20	15	7

Uit de resultaten blijkt dus dat niet alleen de absolute hoogte van invloed is op de terugverdientijd maar ook de verhoudingen tussen elektratarieven en warmtetarieven. De combinatie van bijvoorbeeld een gematigde prijsstijging van elektra en een hoge prijsstijging van warmte (lees: gas), zou het resultaat sterk verbeteren.

4 Conclusie en advies

Uit de schaduwberekeningen komt plan C het meest gunstig uit. Belangrijk aandachtspunt bij dit concept is of er ook bij langdurige koude perioden voldoende warmte geleverd kan worden. Bij de verdere uitwerking dient dit aspect verder doordacht en doorgerekend te worden. Afhankelijk van de gewenste grootte van de buffer dient ook nader onderzocht te worden welke uitvoeringsvorm daarbij past (bovengronds, ondergronds (HoCoSto), stalen vat, etc.).

Bij de doorrekening van de plannen is uitgegaan van de huidige situatie en nog geen rekening gehouden met verbetering van de woningen (isolatie, HR-glas, etc.). Dit betekent dat de warmtepompconcepten op termijn overcapaciteit krijgen. Hierdoor zouden er op termijn meer woningen aangesloten kunnen worden.

De eenvoudige terugverdientijd is bij de gehanteerde uitgangspunten relatief lang. Langer dan uit de berekeningen bij het schetsplan bleek. Bij verdere uitwerking van de financiële doorrekening zal blijken dat bij de huidige uitgangspunten de financiering een probleem wordt. De terugverdientijd kan verbeterd worden door de aansluitkosten te verhogen. Het nadeel hiervan is dat het aanbod voor woningeigenaren minder gunstig wordt. Woningeigenaren zullen dan mogelijk kiezen voor een individuele oplossing met luchtwarmtepompen omdat die oplossing per saldo goedkoper uitvalt indien de aansluitbijdrage substantieel verhoogd wordt. Een andere aspect waardoor de terugverdientijd verbeterd wordt, zijn subsidiemogelijkheden. De kans is groot dat er subsidie te krijgen is. Er zijn momenteel regelingen en er komen specifiek voor warmtenetten waarschijnlijk aanvullende subsidiemogelijkheden.

In het schetsplan is nog geen uitspraak gedaan over het ruimtebeslag en de positie van de hoofdonderdelen van het energieconcept. Met name de inpassing van een (grote) technische ruimte, de wko-bronnen en de voorzieningen voor het TEO-systeem in een bestaande omgeving, is complex. De openbare ruimte is beperkt en veelal volledig benut voor gebouwen en voorzieningen. Bij het vervolg zal in samenspraak met de buurt en de gemeente veel aandacht besteed moeten worden aan de ruimtelijke inpassing van de voorzieningen.

Ons advies is om een combinatie van plan A en plan C (toevoeging van een buffer waardoor de warmtepompcapaciteit afgeschaald kan worden) verder uit te werken. Daarbij zijn er de volgende belangrijke aandachtspunten:

Technische aandachtspunten:

- Optimaliseren warmtepomp en warmtebuffer.
- Inpassing en locatie van de technische ruimte, drie of vier bronparen, in- en uitlaatpunt van de TEO-uitkoppeling en warmtebuffer.
- Inpassing en civieltechnische voorzieningen voor de aanleg van het distributienet (in verband met de bodemgesteldheid).
- Beschikbaarheid van voldoende elektrisch vermogen voor de technische ruimte.

Financiële aandachtspunten:

- Verfijning financiële doorrekening (meerjarige exploitatieberekening met volloopsceario).
- Nadere onderbouwing van de verwachte ontwikkeling van de energietarieven.
- Uitwerking subsidiemogelijkheden en kans op verkrijgen van deze subsidies.
- Bepaling benodigde aansluitbijdrage en toets of deze niet te hoog wordt en daardoor in vergelijking met alternatieven niet aantrekkelijk meer is voor woningeigenaren.

Organisatorische/juridische aandachtspunten:

- Verder vormgeven van de ontwikkeling en exploitatie in samenspraak/samenwerking met partijen (bewoners, Woonpartners als eigenaar van de Zuidrandflats, netbeheerder, gemeente, etc.).
- Er is wetgeving in ontwikkeling met betrekking tot warmtenetten. Dit betreft met name de Wet Collectieve Warmtevoorzieningen en de Wet Gemeentelijke Instrumenten Warmtetransitie (met daarbij ook het Besluit Gemeentelijke Instrumenten Warmtetransitie). Het ziet er naar uit dat middels deze wetgeving gemeenten een nog belangrijker rol krijgen met betrekking tot de ontwikkeling van warmtenetten. De wetgeving zal bijvoorbeeld ook eisen stellen aan de integrale aanpak van warmtenetten en de (vergaande) rol van de gemeente. Het is aan te bevelen om dit samen met de gemeente goed te volgen en waar mogelijk en nodig te anticiperen op de wetgeving.
- Daarnaast komt er ook wetgeving waarbij vanaf 2026 bij vervanging van ketels over te gaan op hybride warmtepompen. Het kabinet bereidt normering voor zodat deze in 2026 in kan gaan. Voor woningen die niet geschikt zijn, of op korte termijn op een ander alternatief voor aardgas worden aangesloten (bijvoorbeeld een warmtenet), komt er waarschijnlijk een uitzonderingsmogelijkheid.

5 Bevindingen

De bevindingen uit ons onderzoek zijn hieronder per plan in een aantal relevante punten benoemd. Voor de achtergrond van deze bevindingen verwijzen wij naar het document “Business Case bij Schetsplan Warmtenet Krugerlaan e.o. versie 8” inclusief de schaduwberekeningen van DWA. Per plan is de berekening van de energiecoöperatie, hierna te noemen als basecase, vergeleken met de schaduwberekening van DWA.

5.1 Plan A

Concept

- Warmtebron: Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).
- Opslag: Warmte-koude opslag (WKO).
- Warmte-opwekker: Collectieve MT-warmtepompen (70°C), zonder separate piekvoorziening.
- Distributie: Warmtenet van 70°C met afleversets in de woning.

Op te stellen vermogen warmtepompcentrale

In onze schaduwberekening gaan wij uit van een gemiddelde woning van 125 m² met een matige gebouwschil. Hierbij hoort een vermogensvraag van circa 80 W/m². Dat resulteert in een gemiddelde vermogensvraag van 10 kW per woning voor ruimteverwarming. Voor warm tapwater gaan we uit van 25 kW. Dit hoort bij een woning met een gemiddelde tapwaterklasse.

We hebben de uitgangspunten nader geverifieerd. Het gemiddelde oppervlakte van een woning blijkt op basis van QGIS 108 m² te bedragen. Dit is een gemiddelde van de grondgebonden woningen (gemiddeld ca 137 m²) en van de Zuidrandflats (61 m²). De vermogensvraag hebben we gecontroleerd door een globale schilberekening te maken. Daaruit blijkt dat 80W/m² voor de gestapelde bouw voldoende is maar voor grondgebonden woningen met een matige schil te laag is. Gemiddeld genomen is een uitgangspunt van 92 W/m² meer passend bij de wijk. Doordat het gemiddelde oppervlak lager is, is het benodigde vermogen gemiddeld genomen gelijk aan het eerdere uitgangspunt van 10 kW per woning. Dit uitgangspunt hebben we dus aangehouden in de berekeningen.

Het op te stellen warmtepompvermogen per woning is in de basecase hoger aangenomen dan in de schaduwberekeningen. Dit is grotendeels te verklaren door de gehanteerde uitgangspunten voor de gelijktijdigheid van ruimteverwarming en warm tapwater per woning. In de schaduwberekeningen hanteren wij de ISSO 7 norm. Dit komt neer op een gelijktijdigheid van 0,6 voor ruimteverwarming. Voor warmtapwater hanteren we de zogenaamde ‘wortel n-methode’. Bij bijvoorbeeld 100 woningen is dan het uitgangspunt dat er 10 woningen gelijktijdig warm tapwater gebruiken met een vermogen van 25 kW. Vanuit de centrale opwekking gerekend komen wij in onze berekening uit op een gemiddelde vermogensvraag van circa 7 kW per woning.

Elektratarief en warmte-leveringstarieven

De huidige geopolitieke situatie in de wereld heeft een grote weerslag op de energietarieven en op de energiemarkt. In de schaduwberekening zien wij dat het elektratarief een zeer gevoelige parameter is op de terugverdientijd. Ook gegeven het feit dat de duurzame componenten in het plan grotendeels afhankelijk zijn van elektriciteit. In onze schaduwberekening hebben wij gerekend met een aanzienlijk hoger elektratarief van €0,22/kWh in plaats van €0,09/kWh in de basecase. Dit heeft grote consequenties voor de financiële haalbaarheid. Echter hebben wij ook de inkomstenkant aangepast door met een aanzienlijk hoger warmteleveringstarief te rekenen (€40/GJ in plaats van €31,62/GJ in de basecase).

Kostenraming

De investeringstotalen tussen de basecase en de schaduwberekening komen redelijk overeen. Het verschil zit met name in de opzet. In onze opzet zijn de hoofdcomponenten uitgesplitst. Per hoofdcomponent hebben we op basis van onze eigen kostenkengetallen de investeringskosten berekend. Hiermee hebben we een meer verfijndere kostenraming. Het is aan te bevelen om in een volgende fase op basis van een schetsontwerp een kostenraming op componentniveau te maken.

Onderhoudskosten

Uit de vergelijking valt ons op dat de gehanteerde onderhoudspercentages per onderdeel afwijken tussen de basecase en onze schaduwberekening. Waar wij uitgaan van een laag onderhoudspercentage voor het leidingwerk en een hoog percentage voor de installaties, zien wij juist het tegenovergestelde in de basecase berekening. Hierdoor komt de totaalsom van onderhoudskosten in onze raming hoger uit als de basecase berekening.

Ruimtebeslag

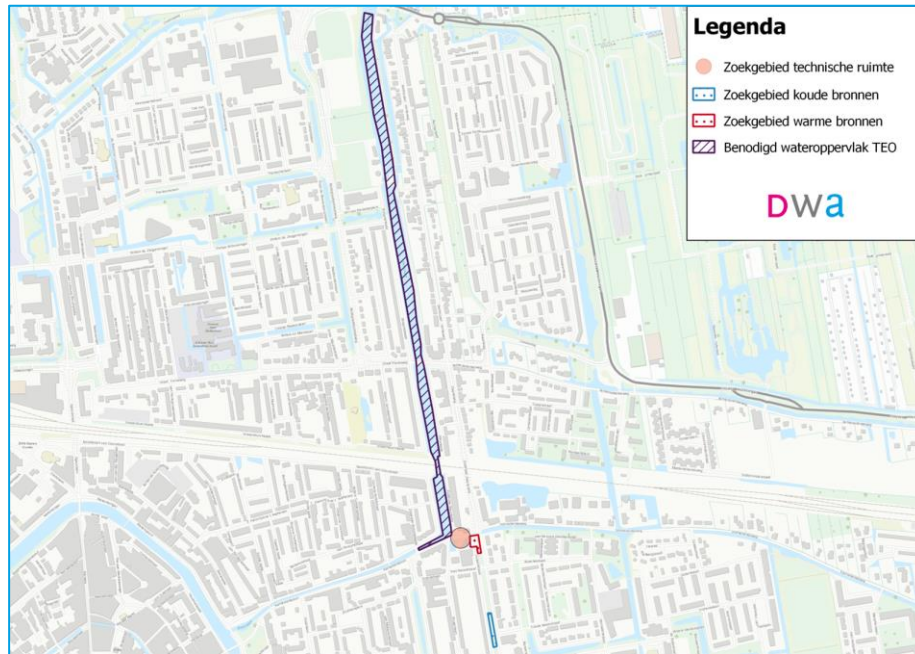
Er moet rekening gehouden worden met een centrale technische ruimte van ongeveer 200-250 m² nabij de bronnen en TEO uitkoppeling. In de berekening van de basecase zijn de kosten voor een technische ruimte van dermate omvang niet zichtbaar opgenomen. Verondersteld is dat deze in de totaalbedragen opgenomen zijn.

Verder moet er rekening worden gehouden met de inpassing van ongeveer 4 bronparen van 110 m³/h per bron. Zowel de inpassing van de technische ruimte, de bronnen als de TEO-uitkoppeling vraagt de nodige aandacht. De bronparen moeten onderling minimaal een afstand bewaken van ca. 100-150 m; afhankelijk van geohydrologisch onderzoek en aanvullende randvoorwaarden. Het in- en uitlaatpunt van het TEO-systeem moet op voldoende afstand van elkaar worden gepositioneerd om thermische kortsluiting te voorkomen.

Een zeer belangrijk aspect bij het vervolg is het bepalen van de locaties voor de verschillende hoofdonderdelen van het energiesysteem. Het heeft de sterke voorkeur om de technische ruimte voor de warmtepompen, de wko-bronnen en de in- en uitlaat van het TEO-systeem aan éénzelfde kant van de wijk te positioneren. Hiervoor zijn de volgende twee opties het meest voor de hand liggend:

- *Aan de noordkant van de wijk omdat daar de koppeling te maken is met warmtewinning (TEO) uit de Breevaart.*
- *Aan de zuidkant van de wijk omdat daar de koppeling te maken is met warmtewinning (TEO) uit de Hollandse IJssel.*

Onderstaande plaatjes geven een aanzet voor het zoeken naar de geschikte locaties voor genoemde onderdelen.



Naast de financiële uitwerking is de praktische uitwerking één van de belangrijkste uitdagingen voor het vervolg.

Bij het zoeken dient rekening gehouden te worden met de volgende uitgangspunten/randvoorwaarden:

- *Technische ruimte met warmtepompen:*
 - *Geen geluidsoverlast voor nabijgelegen woningen.*
 - *Voldoende elektrische voeding voor warmtepompen (circa 1.500 kW).*
 - *Bereikbaar met vrachtvervoer in verband met het plaatsen en op termijn vervangen van grote onderdelen.*
- *Voldoende ruimte in de omgeving van de technische ruimte voor het plaatsen van de wko-bronnen.*
- *Voldoende ruimte in de ondergrond voor leidingen van wko-bronnen, TEO-leidingen en het warmtenet naar de woningen.*
- *Voldoende ruimte voor een warmtebuffer (dit speelt niet zozeer bij plan A en B maar vooral bij plan C).*

Resultaat: eenvoudige terugverdiëntijd

Uit onze berekening komen wij uit op een terugverdiëntijd van 33 jaar. Dit is fors meer als de basecase berekening van 17 jaar. De parameters met het meeste invloed op dit verschil zijn de elektra- en warmtetarieven. Wij hebben in onze schaduwberekening geen rekening gehouden met subsidies en fiscale voordelen. Mogelijk dat met name een toekomstige SDE++ voor oppervlaktewater (TEO) een positief effect op de terugverdiëntijd zal hebben.

Gezien de relatief lange terugverdientijden is een verdere financiële uitwerking noodzakelijk. Daarbij is aandacht nodig voor:

- *Draagvlak en bereidheid om aan te sluiten. Bij het berekenen van de eenvoudige terugverdientijd is geen rekening gehouden met een volloops scenario. Het uitgangspunt is dat iedereen bij aanvang van de exploitatie aangesloten is. Hiervoor is draagvlak nodig in de wijk en bereidheid om aan te sluiten. Hiervoor is het nodig dat er een concreet plan ligt met daarbij een concrete propositie voor de woningeigenaren. De aansluitbijdrage en de tariefstelling zijn daarbij belangrijke aspecten. Om een sluitende businesscase te krijgen is het de verwachting dat bij de huidige doorrekening een hogere BAK nodig is. Dit dient dus nader uitgewerkt te worden.*
- *Aanscherping van de kostenramingen van zowel investeringskosten als onderhoudskosten. Daarbij dient rekening gehouden te worden met mogelijke extra kosten in verband met de bodemkwaliteit (slappe bodem, ondersteuning van grondleidingen). Deze kosten zijn nu nog onvoldoende in beeld.*
- *Inzicht in totale meerjarige exploitatie. Bij de berekening van de eenvoudige terugverdientijd wordt geen rekening gehouden met herinvesteringskosten. Daarnaast wordt ook geen rekening gehouden met prijsstijgingen van zowel kosten als inkomsten. Bij eenvoudige terugverdientijden groter dan 15 jaar is het daarom noodzakelijk om inzicht te krijgen in de meerjarige exploitatie over een termijn van 30 jaar of zelfs langer.*
- *Subsidies en fiscale voordelen. Bij de fiscale voordelen is belangrijk om ook de organisatie/exploitatievorm te betrekken. Er zijn op dit moment subsidiemogelijkheden (ISDE voor particuliere woningeigenaren die op een warmtenet aansluiten, SDE++ voor TEO-systeem en EIA voor exploitant die winst maakt en daardoor extra aftrekposten heeft). De verwachting is dat er vanuit het rijk aanvullende subsidies zullen komen voor de aanleg van warmtenetten. Dit is echter nog niet duidelijk.*
- *Financierbaarheid. De investeringskosten kunnen deels gedekt worden vanuit de aansluitbijdrage van de woningeigenaren. Daarnaast zal financiering nodig zijn. Dit brengt rente- en afschrijvingskosten met zich mee. Op basis van een financieringsberekening zal nagegaan moeten worden of er voldoende ruimte is in de exploitatie om de financieringslasten te dragen.*

5.2 Plan B

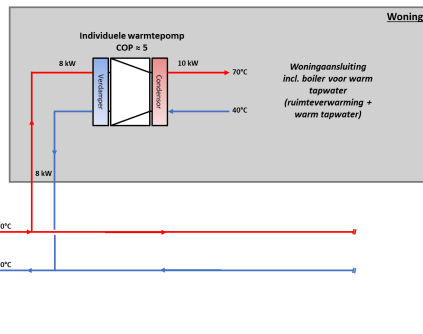
Concept

- Warmtebron: Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).
- Opslag: Warmte-koude opslag (WKO).
- Warmte-opwekker centraal: Collectieve warmtepompen tot 50°C (LT-warmtepomp).
- Distributie: Warmtenet van 50°C.
- Warmte-opwekker decentraal: In de grondgebonden woningen individuele booster warmtepompen (70°C). In de Zuidrandflats collectieve booster warmtepompen (70°C) inclusief inpandig distributienet naar de woningen.

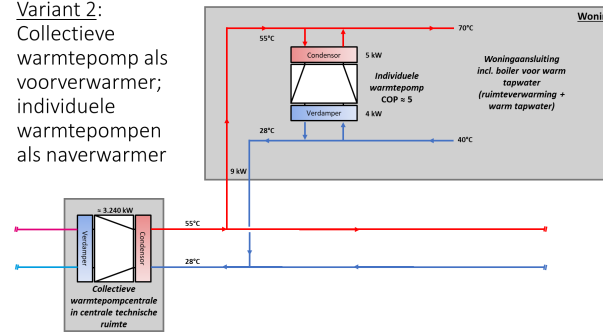
Kenmerkend bij plan B zijn de individuele MT-warmtepompen die aanvullend op de collectieve LT-warmtepomp warmte levert. Deze individuele warmtepompen kunnen op verschillende manieren uitgevoerd worden. We onderscheiden grofweg drie mogelijkheden:

Tabel 1 Drie varianten met betrekking tot de inpassing van individuele warmtepompen in de woning voor naverwarming

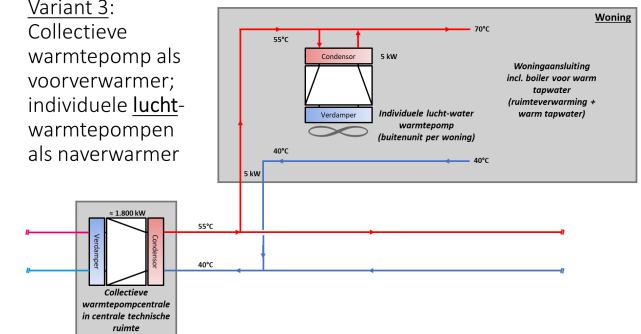
Variant 1:
Collectieve
warmtepomp als
bron voor
individuele
warmtepompen



Variant 2:
Collectieve
warmtepomp als
voorverwarmer;
individuele
warmtepompen
als naverwarmer



Variant 3:
Collectieve
warmtepomp als
voorverwarmer;
individuele **lucht**-
warmtepompen
als naverwarmer



In eerste instantie hebben we de eerste uitvoeringsvorm doorgerekend. Deze blijkt financieel (zeer) ongunstig uit te komen. We hebben daarom ook de andere uitvoeringsvormen doorgerekend. Daaruit blijkt dat ook de tweede uitvoeringsvorm relatief ongunstig is. De derde uitvoeringsvorm komt financieel gezien er het beste uit. Dit komt met name doordat de collectieve warmtepompinstallatie (inclusief wko en inclusief TEO) aanzienlijk kleiner kunnen worden (halvering). Daartegenover staat dan wel een hogere investering voor de individuele luchtwarmtepompen. Per saldo lijkt de derde uitvoeringsvorm het meest gunstig.

Het gekozen concept bij plan B heeft een aantal consequenties. De individuele MT-warmtepompen (70°C) voor de grondgebonden woningen zijn op dit moment moeilijk of niet verkrijgbaar vanwege de ongebruikelijke temperatuurniveaus (condensorzijdig ca. 70°C). Ook moeten deze warmtepompen gecombineerd worden met een tapwaterboilervat. Daarnaast zijn voorzieningen nodig om geluidsoverlast te voorkomen. Door deze aspecten zijn de individuele MT-warmtepompen (70°C) in aanschaf relatief groot en duur.

Op te stellen vermogen warmtepompcentrale

Omdat de centrale collectieve warmtepompen maar een halfproduct (LT 50°C) leveren kunnen deze kleiner worden gedimensioneerd. Uit onze schaduwberekening komen wij uit op een vermogensvraag van 2,0 MW voor het centraal te leveren aandeel. Dit is kleiner als het kental dat is gehanteerd in de basecase berekening. Dit verschil is te verklaren doordat we voor een andere uitvoeringsvorm gekozen hebben waarbij op woningniveau naverwarmd wordt met een luchtwarmtepomp.

Elektratarief en warmte-leveringstarieven

De huidige geopolitieke situatie in de wereld heeft een grote weerslag op de energietarieven en op de energiemarkt. In de schaduwberekening zien wij dat het elektratarief een zeer gevoelige parameter is op de terugverdiendtijd. Ook gegeven het feit dat de duurzame componenten in het plan grotendeels afhankelijk zijn van elektriciteit. In onze schaduwberekening hebben wij gerekend met een aanzienlijk hoger elektratarief van €0,22/kWh in plaats van €0,09/kWh in de basecase. Dit heeft grote consequenties voor de financiële haalbaarheid. Echter hebben wij ook de inkomstenkant aangepast door met een aanzienlijk hoger warmteleveringstarief te rekenen (€40/GJ in plaats van €31,62/GJ in de basecase).

Kostenraming

Zie opmerkingen bij plan A. Wij hebben in de kostenraming alleen gerekend met de componenten voor een centraal warmtenet. Dus exclusief kosten voor de boosterwarmtepompen (70°C) in de woningen en de Zuidrandflats.

Onderhoudskosten

Zie opmerkingen bij plan A. Wij hebben in de kostenraming alleen gerekend met de componenten voor een centraal warmtenet. Dus exclusief kosten voor de boosterwarmtepompen (70°C) in de woningen en de Zuidrandflats.

Ruimtebeslag

Er moet rekening gehouden worden met een centrale technische ruimte van ongeveer 200-250 m² nabij de bronnen en TEO uitkoppeling. In de berekening van de basecase zijn de kosten voor een technische ruimte van dermate omvang niet zichtbaar opgenomen. Verder moet er rekening worden gehouden met ongeveer 2 bronparen van 110 m³/h per bron. Zowel de inpassing van de bronnen als de TEO-uitkoppeling vraagt de nodige aandacht. De bronparen moeten onderling minimaal een afstand bewaken van ca. 100-150m; afhankelijk van geohydrologisch onderzoek en aanvullende randvoorwaarden. Het in- en uitlaatpunt van het TEO-systeem moet op voldoende afstand van elkaar worden gepositioneerd om thermische kortsluiting te voorkomen.

In de grondgebonden woningen moet ook rekening gehouden worden met een forse ruimtereservering voor de grote warmtepompinstallatie met warmtapwaterboiler. Wanneer de huidige gasketels in de Zuidrandflats worden ingezet in een andere functie, moet er rekening worden gehouden met aanvullende beschikbare ruimte(n) voor de collectieve MT-warmtepompen (70°C).

Zie verder ook de opmerkingen bij plan A met betrekking tot de praktische inpassing van zowel de technische ruimte als ook de infrastructuur.

Resultaat: eenvoudige terugverdientijd

Uit onze berekening komen wij uit op een terugverdientijd van 26 jaar (uitgaande van variant B3). Dit is fors meer als de basecase berekening van 11 jaar. De parameters met het meeste invloed op dit verschil zijn de elektra- en warmtetarieven. Wij hebben in onze schaduwberekening geen rekening gehouden met subsidies en fiscale voordelen. Mogelijk dat met name een toekomstige SDE++ voor oppervlaktewater (TEO) een positief effect op de terugverdientijd zal hebben. De investering- en onderhoudskosten van de boosterwarmtepompen (70°C) in grondgebonden woningen en de Zuidrandflats zijn nu niet meegenomen in de kostenraming. Als deze wel meegerekend worden is er geen sprake meer van een terugverdientijd.

Zie ook de opmerkingen bij plan A met betrekking tot de financiële uitwerking.

5.3 Plan C

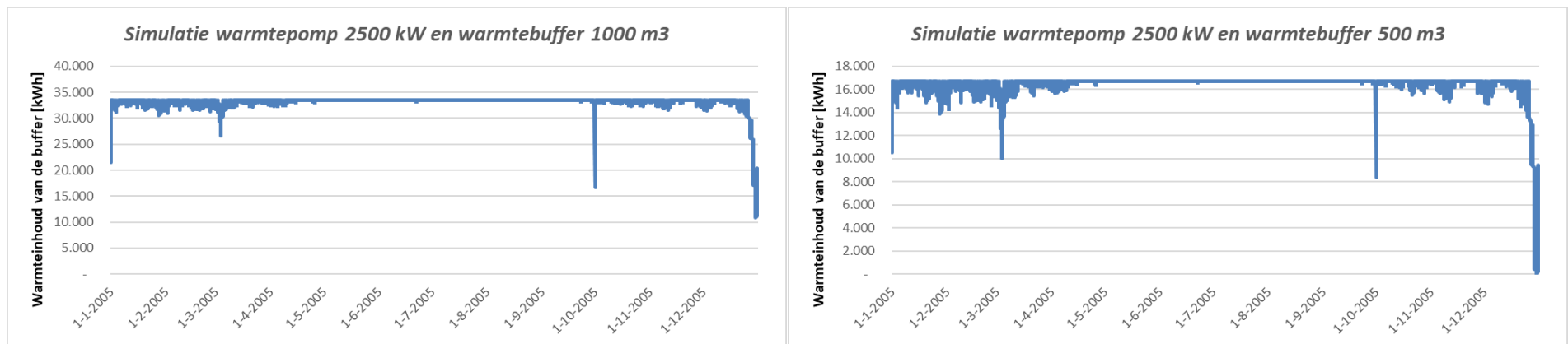
Concept

- Warmtebron: Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).
- Opslag: Warmte-koude opslag (WKO).
- Warmte-opwekker: Collectieve MT-warmtepompen (70°C) met buffervat van 1.000 m³.
- Distributie: Warmtenet van 70°C met afleversets in de woning.

Op te stellen vermogen warmtepompcentrale in relatie tot de grootte van de warmtebuffer

Zie opmerkingen bij plan A. Door de inzet van een buffervat van 1.000 m³ kan de centrale collectieve MT-warmtepomp(en) (70°C) kleiner gedimensioneerd worden (we gaan vooralsnog uit van een warmtepomp van max 2.500 kW). Het buffervat kan bij een gemiddeld klimaatjaar zonder extremen qua temperatuur in combinatie met de kleinere warmtepomp prima functioneren. Let op: bij een langdurige koude periode zal de buffer na ongeveer een dag leeg zijn en is de capaciteit van de kleinere warmtepomp niet toereikend.

We hebben plan C met onze simulatieberekening verder doorgerekend. Hierbij kunnen we het systeem op uurbasis doorrekenen. Daarbij gaan we er vanuit dat zodra er warmtepompcapaciteit beschikbaar is, deze in de warmtebuffer opgeslagen wordt. Zodra de warmtepompcapaciteit niet toereikend is wordt er warmte uit de buffer onttrokken. In onze simulatie kunnen we verschillende klimaatjaren doorrekenen. We hebben hierbij ook een klimaatjaar doorgerekend met een relatief koude periode. Onderstaande figuur geeft het resultaat van twee simulaties: één met een warmtebuffer van 500 m³ en één met een warmtebuffer van 1.000 m³. De figuur geeft de vulling van de warmtebuffer weer gedurende het gehele jaar. Als de warmtebuffer leeg is, kan er onvoldoende warmte geleverd worden. Duidelijk is dat dit optreedt bij een warmtebuffer van 500 m³. Bij een warmtebuffer van 1.000 m³ is dit niet het geval. Vandaar dat wij bij de schaduwberekening van plan C vooralsnog uitgaan van een combinatie van een warmtepomp van 2.500 kW en een warmtebuffer van 1.000 m³. Uiteraard zijn ook andere combinaties mogelijk. Dit zal bij de verdere uitwerking van het concept bepaald moeten worden.



Elektratarief en warmte-leveringstarieven

De huidige geopolitieke situatie in de wereld heeft een grote weerslag op de energietarieven en op de energiemarkt. In de schaduwberekening zien wij dat het elektratarief een zeer gevoelige parameter is op de terugverdientijd. Ook gegeven het feit dat de duurzame componenten in het plan grotendeels afhankelijk zijn van elektriciteit. In onze schaduwberekening hebben wij gerekend met een aanzienlijk hoger elektratarief van €0,22/kWh in plaats van €0,09/kWh in de basecase. Dit heeft grote consequenties voor de financiële haalbaarheid. Echter hebben wij ook de inkomstenkant aangepast door met een aanzienlijk hoger warmteleveringstarief te rekenen (€40/GJ in plaats van €31,62/GJ in de basecase).

Kostenraming

De investeringstotalen tussen de basecase en de schaduwberekening komen redelijk overeen. Het verschil zit met name in de opzet. In onze opzet zijn de hoofdcomponenten uitgesplitst en opgesteld volgens onze eigen kengetallen.

Onderhoudskosten

Uit de vergelijking valt ons op dat de gehanteerde onderhoudspercentages per onderdeel afwijken tussen de basecase en onze schaduwberekening. Waar wij uitgaan van een laag onderhoudspercentage voor het leidingwerk en een hoog percentage voor de installaties, zien wij juist het tegenovergestelde in de basecase berekening. Hierdoor komt de totaalsom van onderhoudskosten in onze raming hoger uit als de basecase berekening.

Ruimtebeslag

Er moet rekening gehouden worden met een centrale technische ruimte van ongeveer 200-250 m² nabij de bronnen en TEO uitkoppeling. In de berekening van de basecase zijn de kosten voor een technische ruimte van dermate omvang niet zichtbaar opgenomen. Verder moet er rekening worden gehouden met ongeveer 4 bronparen van 110 m³/h per bron. Zowel de inpassing van de bronnen als de TEO-uitkoppeling vraagt de nodige aandacht. De bronparen moeten onderling minimaal een afstand bewaken van ca. 100-150m; afhankelijk van geohydrologisch onderzoek en aanvullende randvoorwaarden. Het in- en uitlaatpunt van het TEO-systeem moet op voldoende afstand van elkaar worden gepositioneerd om thermische kortsluiting te voorkomen. Een buffervat van 1.000 m³ zal in de centrale technische ruimte een bepaalde ruimte benodigd hebben. Bij een diameter van 10 meter zal de buffervat ongeveer 12,7 meter hoog moeten worden. Dit vraagt om een fors extra ruimtebeslag in de technische ruimte.

Zie verder ook de opmerkingen bij plan A met betrekking tot de praktische inpassing van zowel de technische ruimte als ook de infrastructuur.

Resultaat: eenvoudige terugverdientijd

Uit onze berekening komen wij uit op een terugverdientijd van 20 jaar. Dit is meer als de basecase berekening van 13 jaar. De parameters met het meeste invloed op dit verschil zijn de elektra- en warmtetarieven. Wij hebben in onze schaduwberekening geen rekening gehouden met subsidies en fiscale voordelen. Mogelijk dat met name een toekomstige SDE++ voor oppervlaktewater (TEO) een positief effect op de terugverdientijd zal hebben.

Zie ook de opmerkingen bij plan A met betrekking tot de financiële uitwerking.

Bijlage 1 - Afvinklijst uit de offerte-aanvraag

In onderstaande lijst is conform de offerte-aanvraag een reactie vanuit DWA gegeven op de gestelde vragen vanuit de energiecoöperatie.

Afvinklijst behorend bij de offerte-aanvraag door Léon van der Meij - maart 2022

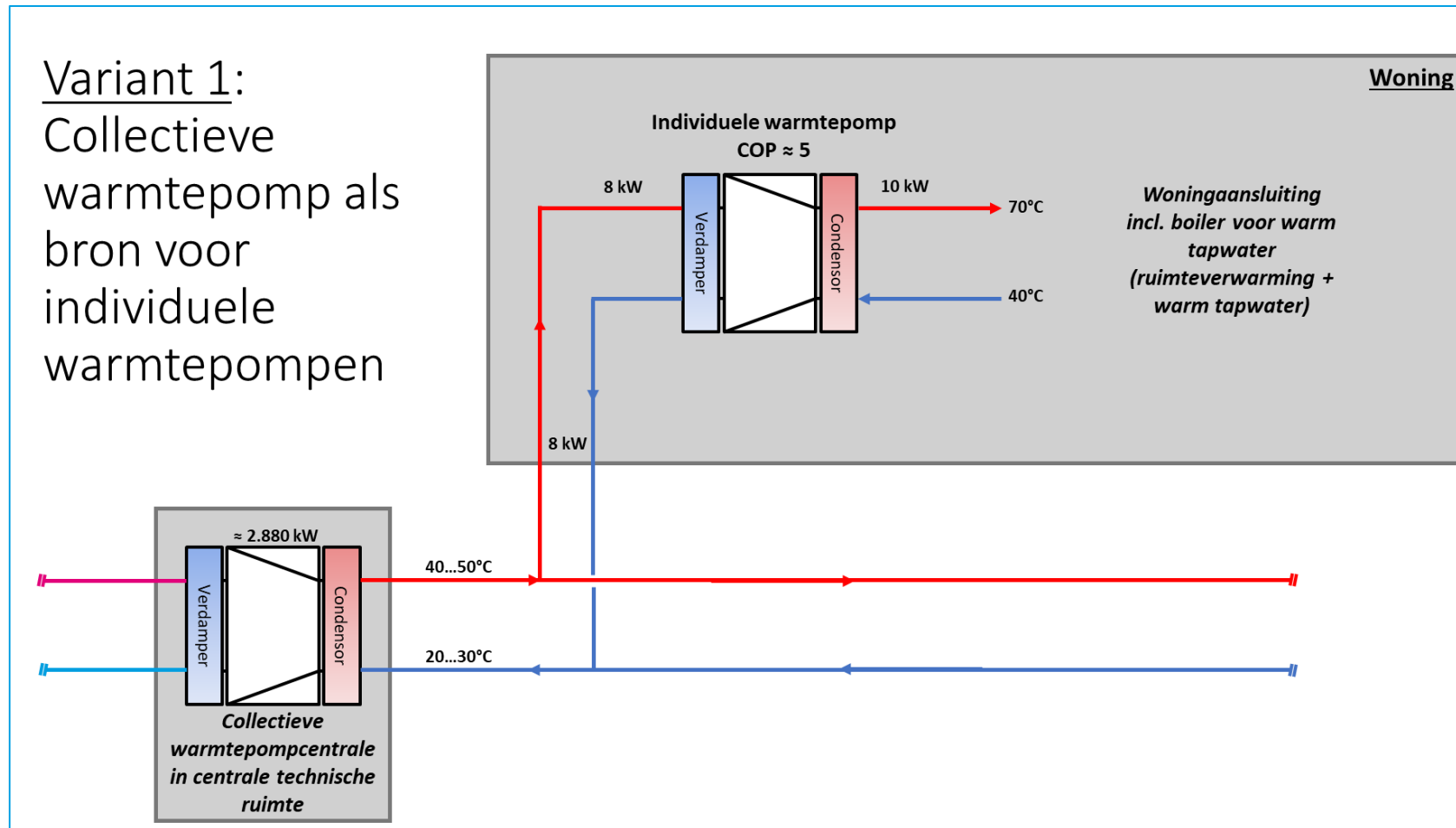
Omschrijving van de items uit de afvinklijst	Reactie DWA	Eventuele bronvermelding
Vermogensvraag per WEQ, ervan uitgaande dat de gekozen scope en de berekende warmtevraag juist zijn; Exceltabblad 'Schetsplan' cel E11 + noot 1 + kader K83	Als we uitgaan van een gemiddelde woning van 125 m ² en een matige gebouwschil hoort daar een vermogen bij van circa 80 W/m ² . Daarmee kom je op een vermogensvraag voor ruimteverwarming van gemiddeld 10 kW per woning. Voor warm tapwater gaan we uit van 25 kW. Dit hoort bij een woning met een gemiddelde tapwaterklasse. Voor het bepalen van het benodigde op te stellen vermogen kan uitgegaan worden van een gelijktijdigheid voor zowel ruimteverwarming als voor warm tapwater. Voor ruimteverwarming gaan we uit van een gelijktijdigheid van 0,6. Voor warmtapwater hanteren we de zogenaamde 'wortel n-methode'. Bij bijvoorbeeld 100 woningen is dan het uitgangspunt dat er 10 woningen gelijktijdig warm tapwater gebruiken met een vermogen van 25 kW.	ISSO-publicaties 7 (ontwerp warmtenetten) ISSO-publicatie 80 (collectieve installaties met warmtepompen in de woningbouw)
Te installeren WP-vermogen, uitgaande van volledige dekking van de warmtevraag, dus integrale jaarbelastingduurkromme; tabblad 'Schetsplan' cel E12 + noot 2 + tabblad 'Bijlage'	Op basis van de hiervoor genoemde uitgangspunten komen wij op een te installeren vermogen van 4.200 kW. Gemiddeld 7 kW per woning dus.	
Tabblad 'Schetsplan' cellen E 14, 15 en 16 + noot 3 over optimalisatie van draaiuren WP's; gehanteerde bronnen zijn vermeld in de toelichtingen	Wij hebben met ons eigen model de jaarbelastingduurkromme gesimuleerd. In dit model kunnen we de grootte van de warmtepomp variëren en zodoende het aantal vollasturen doorrekenen. Warmtepomp 1.000 kW: 24.048 GJ (74%), 6.680 vollasturen Warmtepomp 2.000 kW: 31.532 GJ (97%), 4.379 vollasturen Warmtepomp 3.000 kW: 32.367 GJ (99,9%), 2.997 vollasturen	
Ervaringscijfers inzake participatiegraad, tabblad 'Schetsplan' regel 22, inclusief indicatief de financiële gevolgen van onvolledige deelname	Er zijn vrijwel geen ervaringscijfers met betrekking tot de participatiegraad. Het aansluiten van woningen in een bestaande wijk op een nieuw aan te leggen warmtenet is een nieuwe ontwikkeling. In de meeste wijken waar dit nu speelt (Proeftuinen) is er een relatief groot aandeel corporatiebezit. Als daar afspraken mee gemaakt kunnen worden, is er in de basis al een participatiegraad van 30 tot soms wel 100%. Wijken met vrijwel alleen particulier woningbezit zijn daarom onzekerder als het gaat om de participatiegraad. Het is wel een belangrijke parameter in de businesscase. Als de participatiegraad lager is dan 100% heeft dat direct negatieve consequenties voor de businesscase. In uw situatie is het dus van groot belang om de Zuidrandflats als eerste aan te sluiten en het systeem vervolgens te laten groeien in noordelijke richting.	

	<p>Inzake de investeringen: alle kengetallen en bedragen, in onderlinge samenhang, tabblad 'Schetsplan' regels 23 t/m 32</p>	<p>Zie hiervoor onze 'schaduwberekeningen'. We hebben iets meer ingezoomd op de hoofdcomponenten en op basis van onze kengetallen een raming gemaakt. Op onderdelen wijkt deze af. Het totaal komt redelijk overeen met de berekening van Fokke Goudswaard.</p>									
	<p>Idem inzake O&M Operations and Maintenance: regels 33 t/m 36</p>	<p>Zie hiervoor ook onze 'schaduwberekeningen'. Ook deze kosten hebben we op basis van de hoofdcomponenten geraamd. Opvallend is dat de gehanteerde percentages bij onze berekening afwijken. Voor leidingwerk gebruiken wij een laag percentage en Fokke juist een hoog percentage. Voor de warmtecentrale is het precies andersom (wij hoog percentage van 5%, Fokke laag percentage). Door dit verschil zijn in onze berekening de jaarlijkse onderhoudskosten hoger.</p>									
	<p>Het gekozen bedrag voor de Bijdrage Aansluit Kosten</p>	<p>Een BAK van circa 6.325 euro is redelijk. Wel dient beseft te worden dat deze kosten niet terugverdiend worden vanuit het perspectief van de bewoner. De bewoner betaalt jaarlijkse kosten (vastrecht en variabel) die ongeveer gelijk zullen zijn aan de huidige kosten voor onderhoud aan de ketel, vervanging van de ketel en voor gas. Bij toepassing van een eigen warmtepompen zullen de jaarkosten voor energie en onderhoud lager zijn dan in de huidige situatie. Alleen zal de bewoner fors meer moeten investeren (warmtepomp, aanpassing afgiftesysteem, mogelijk ook schilverbetering).</p>									
	<p>Dekking van het piekdeel van de JBKD door de inzet van een houtketel die aan alle duurzaamheidseisen voldoet; zie tabblad 'Bijlage' regels 18 e.v.</p>	<p>Op zich is deze piekoplossing vanuit financieel oogpunt voordeliger dan de basisberekening met warmtepompen (plan A). Een houtketel heeft echter wel een aantal belangrijke aandachtspunten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maatschappelijke acceptatie. - Fijnstof, etc. - Transportbewegingen in de buurt. - Ruimte voor opslag van houtsnippers oid. - Regelbaarheid, korte in bedrijf tijd, opstart, etc. Bioketel wil je liever aanzetten en langere tijd in bedrijf houden. Evt combinatie met warmtebuffer. 									
	<p>Passage over de kosten bij de aangesloten klanten, zie 'Bijlage' regels 24 t/m 49</p>	<p>Zoals al aangegeven worden de totale kosten voor de bewoner bepaald door jaarlijkse vastrechtkosten, onderhoudskosten, energiekosten en afschrijvingskosten (investering / levensduur). Als we deze kosten voor gas (huidig), warmte en all-elektr (warmtepomp) heel globaal doorrekenen, komt daar het volgende uit. Hierbij is gerekend met een gasprijs van 1,50 per m³, met een warmteprijs van 40 euro per GJ en met een elektraprijs van 0,35 per kWh. Alle kosten exclusief btw.</p> <p>In deze tabel is geen rekening gehouden met schilverbetering. Bij de warmtepomp variant is dan ook gerekend met een lage COP omdat deze relatief hoge temperaturen moet leveren.</p> <p>Tabel 2</p> <table border="1" data-bbox="801 1334 1765 1417"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas</th> <th>Warmte</th> <th>All-elekt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Variabel gas, warmte of elektra</td> <td>2.362</td> <td>1.984</td> <td>1.378</td> </tr> </tbody> </table>		Gas	Warmte	All-elekt	Variabel gas, warmte of elektra	2.362	1.984	1.378	
	Gas	Warmte	All-elekt								
Variabel gas, warmte of elektra	2.362	1.984	1.378								

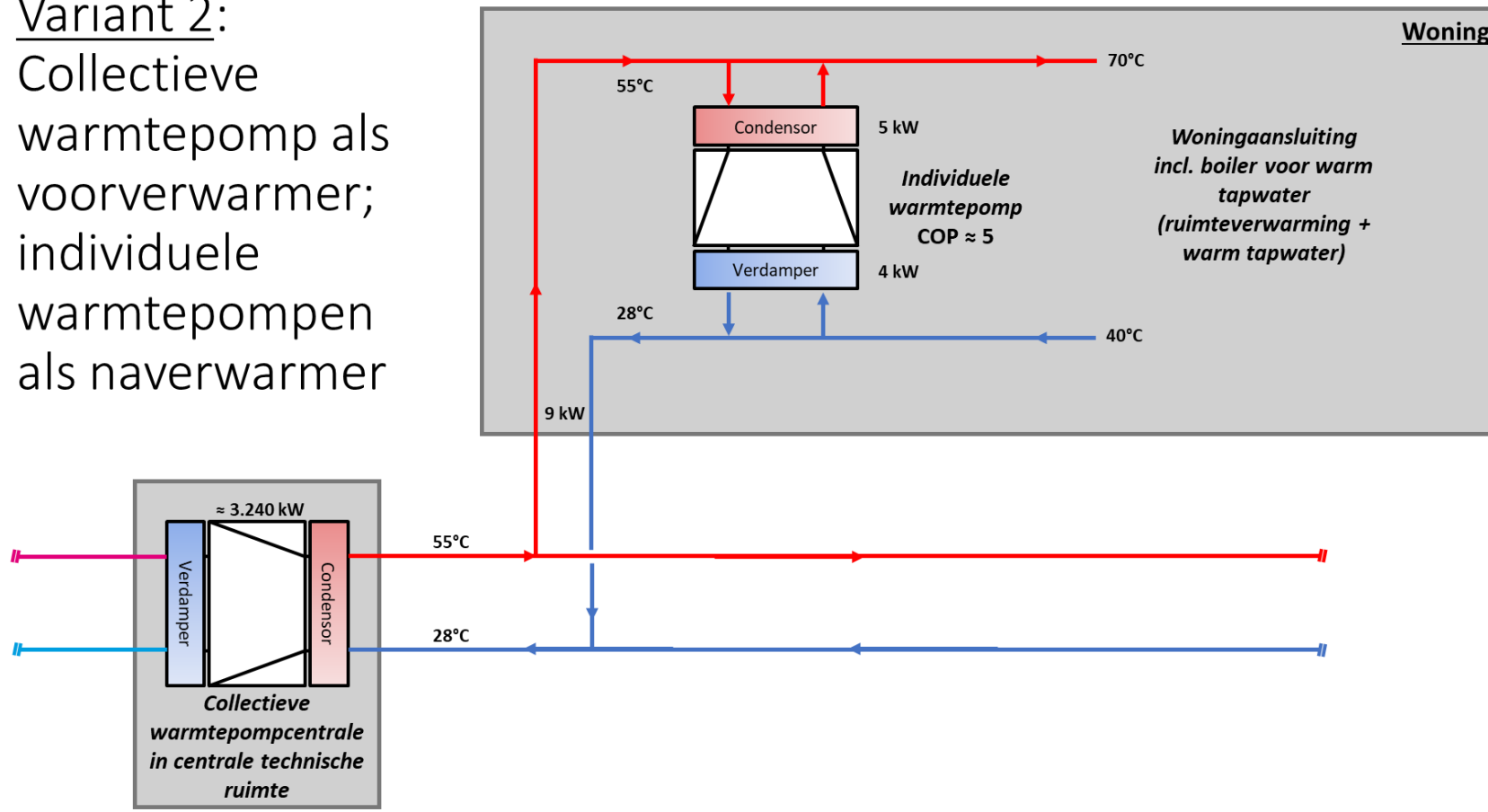
		<table border="1"> <tr> <td>Vastrecht gas</td> <td>250</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vastrecht warmte</td> <td></td> <td>459</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Onderhoud ketel of wp</td> <td>125</td> <td></td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Afschrijving ketel, BAK-warmte of wp</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>1.167</td> </tr> <tr> <td>Totaal kosten per jaar</td> <td>2.837</td> <td>2.643</td> <td>2.694</td> </tr> </table> <p>Uit de vergelijking blijkt dat de totale kosten voor de gebruiker bij aansluiting op een warmtenet lager zijn dan bij de huidige situatie met gas en ook (iets) lager zijn dan bij een all-elektric-alternatief met luchtwarmtepompen. De aansluitbijdrage (BAK) bij een warmtenet moet dus niet veel hoger dan 6.000 euro worden omdat dan het alternatief met luchtwarmtepompen interessanter wordt.</p>	Vastrecht gas	250			Vastrecht warmte		459		Onderhoud ketel of wp	125		150	Afschrijving ketel, BAK-warmte of wp	100	200	1.167	Totaal kosten per jaar	2.837	2.643	2.694	
Vastrecht gas	250																						
Vastrecht warmte		459																					
Onderhoud ketel of wp	125		150																				
Afschrijving ketel, BAK-warmte of wp	100	200	1.167																				
Totaal kosten per jaar	2.837	2.643	2.694																				
De mogelijkheid om met het bijplaatsen van WP van 4 kW elk in de koopwoningen de warmtevraag, de netverliezen en de aanvoertemperatuur aan te passen zoals aangegeven in tabblad 'Plan B' cellen E5, E7 en E11; zie ook de teksten hierover	Het concept zoals bij Plan B voorzien is niet voor de hand liggend. Een centrale warmtepomp produceert warmte van 50°C. Dit is op zich gunstig voor het rendement van deze warmtepompen én voor het reduceren van de warmteverliezen bij de distributie van de warmte. Vervolgens is dit voor de woningen een 'halfproduct'. Op woning of op blokniveau moet de warmte via een tweede warmtepompsysteem van 50°C naar 70°C opgewaardeerd te worden. Eigenlijk dus een tweetraps-warmtepompsysteem. Dit betekent dat de warmtepompen op woningniveau het maximaal benodigde vermogen moeten kunnen leveren (van gemiddeld 10 kW). Dit maakt dat Plan B een duur systeem wordt. De efficiency wordt per saldo ook niet beter omdat de boosterwarmtepompen op woning/blokniveau ook elektriciteit nodig hebben. De totale COP van de twee warmtepompsystemen is per saldo door inefficiency kleiner dan bij Plan A waarbij de warmte van 70°C door één warmtepompsysteem wordt geproduceerd.																						
De mogelijkheid om de winst van het piekscheren te boeken zoals is uitgerekend in tabblad 'Plan B'	Zoals hiervoor toegelicht is er op centraal niveau zeker sprake van een efficiënter warmtepompsysteem. Dit wordt echter teniet gedaan door de benodigde warmtepompsystemen op woning/blokniveau. Zowel energetisch als financieel is het totale systeem ongunstiger dan bij Plan A.																						
De mogelijkheid om met het bijplaatsen van een collectieve warmtebuffer in de vorm van een watervat van bijna 1.000 m ³ (zie 'Bijlage' cel M83) de winst van het piekscheren te boeken zoals aangegeven in 'Plan C' cellen E7, E12 en K26; zie ook de teksten hierover	Zie de toelichting boven deze tabel. Samengevat: de warmtepomp kan in combinatie met een warmtebuffer van 1.000 m ³ behoorlijk kleiner worden. Dit geldt echter alleen bij een gematigde klimaatjaar waarbij er geen extreme lange koude perioden zijn. Bij een extreem koude periode van circa twee dagen of langer, is de warmtebuffer 'leeg' en kan de verkleinde warmtepomp niet voldoende warmte leveren. Dat is dus een risico.																						
De mogelijkheid om de debieten en temperaturen als vereist te bereiken in een WKO op de aangegeven plek dan wel een andere plek onder het gebied in scope, tegen het eerder vermelde	Zoals eerder besproken is de ervaring in Gouda dat uit één doublet (combinatie van een warme en een koude bron) er maximaal 110 m ³ /h onttrokken kan worden. Voor het systeem betekent dit dat drie of vier doubletten nodig zijn. In onze kostenraming hebben we daar rekening mee gehouden.																						

	<p>investeringsbedrag; de noodzaak van meerdere doubletten; indien daarnaar een gespecialiseerd onderzoek moet worden aangevraagd, gaarne details</p>	<p>De inpassing van de benodigde warme en koude bronnen zal de nodige aandacht vragen omdat deze bronnen niet te dicht bij elkaar mogen liggen. De onderlinge afstand tussen warme en koude bronnen zal circa 100-150 meter bedragen.</p>	
	<p>De uitvoerbaarheid van voldoende warmte-onttrekking op maximaal 1.200 m vanaf het pompgebouw (dus de Breevaart) met maximale temperatuurdaling van 3 °C</p>	<p>Onze inschatting is dat een oppervlak van circa 22.000 m² nodig is (uitgaande van vrijwel stilstaand water). Bij een breedte van circa 20 meter is dus 1.100 meter Breevaart nodig. Qua inpassing vraagt dit aandacht. Met name de positionering van de in- en uitlaat moeten op voldoende afstand liggen om kortsluiting van warm en koud water te voorkomen.</p>	
	<p>Uw oordeel over de uitvoerbaarheid van de hoofdvariant en van Plan B en Plan C, zo nodig na herstel van geconstateerde fouten; alsmede over een eventueel Plan D waarin als extra collectieve dienstverlening de optie koeling wordt aangeboden</p>	<p>Zie de opmerkingen voorafgaand aan deze tabel met betrekking tot plan A, B en C. Het toevoegen van koudelevering is vanuit het opweksysteem geredeneerd goed mogelijk. Het vraagt echter wel een extra distributienet omdat de warmtelevering ook in de zomer nodig is voor warm tapwater. Ook vraagt het forse aanpassingen in de woning (afgiftesysteem).</p>	
	<p>Uw suggesties m.b.t. de scope d.i. het beoogde verzorgingsgebied</p>	<p>Het warmtenet leent zich vooral voor dichtbebouwde gebieden met veel hoogbouw. Het aansluiten van relatief veel grondgebonden woningen is vanuit het oogpunt van distributienet relatief duur. Anderzijds hebben deze woningen wel een relatief hoge warmtevraag. Dit is vanuit het oogpunt van "inkomsten" wel weer interessant. Bij het bepalen van de scope is ook de ruimtelijke inpassing van de technische ruimte, aantal bronnen, uitkoppeling TEO etc. een belangrijke afweging. In het geval van het warmtenet voor de Krugerlaan en omgeving is de ruimtelijke inpassing en daarmee de scope een van de belangrijkste vervolgvraagstukken.</p>	
	<p>Uw suggesties m.b.t. financiering (optioneel)</p>	<p>In de vervolgstappen is de financiële uitwerking een belangrijke fase. Daarbij zal er met name inzicht moeten komen met betrekking tot het aantal woningeigenaren die op korte termijn aan willen sluiten op een te ontwikkelen warmtenet (volloopsценario).</p>	
	<p>Uw suggesties m.b.t. de mogelijkheid hetzelfde template toe te passen op andere buurten/wijken nabij de Krugerlaan en nabij het Plassengebied (optioneel)</p>	<p>De schaduwberekening is als basisberekening goed bruikbaar in nabijgelegen wijken. Uiteraard moet deze altijd project- en gebiedsspecifiek worden ingevuld.</p>	

Bijlage 2 - Drie uitvoeringsvarianten van Plan B



Variant 2:
Collectieve
warmtepomp als
voorverwarmer;
individuele
warmtepompen
als naverwarmer



Variant 3:
Collectieve
warmtepomp als
voorverwarmer;
individuele lucht-
warmtepompen
als naverwarmer

