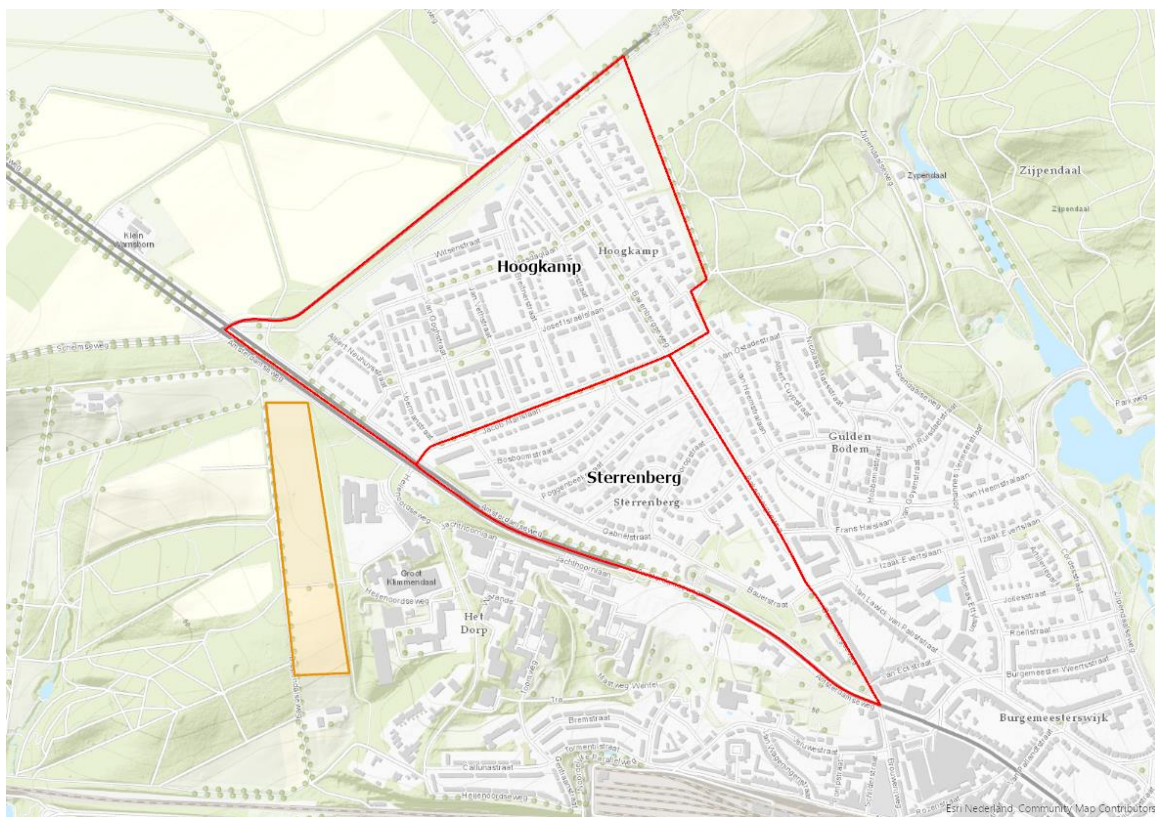


De onderzoeksvragen betreffen:

- 1 **isolatieniveau:** welk isolatieniveau en type afgiftesysteem is bij de twee verschillende distributietemperaturen gewenst en wat is hierbij het verschil in kosten voor isolatie en afgiftesysteem in de woning?
- 2 **systemoptimalisatie:** wat betekenen de drie temperatuurscenario's voor het ontwerp en kosten van het energiesysteem?
- 3 **volloopriscio en aansluitiscio:** wat betekenen de drie temperatuurscenario's voor het aantal aan te sluiten woningen? Wat is de impact van faseren op systeemontwerp, kosten, opbrengsten en de business case?
- 4 **emissiereductie:** Wat betekenen de drie temperatuurscenario's voor de CO₂-uitstoot?

Afbeelding 1.1 geeft de locatie van de wijken (rode omkadering) en de beoogde locatie voor de zonneweide (oranje omkadering) weer.

Afbeelding 1.1 Weergave studiegebied



2 WERKZAAMHEDEN

De werkzaamheden van Witteveen+Bos en IF laten zich als volgt specificeren:

- stap 1: update uitgangspunten, toetsing inpasbaarheid en haalbaarheid;
- stap 2: optimalisatie ontwerp energiesysteemvarianten;
- stap 3: beschouwing van de businesscase vanuit de exploitatie en kosten voor bewoner;
- stap 4: rapportage resultaten, bespreking en bewonersbijeenkomst.

3 VARIANTEN EN SCENARIO'S

In overleg met de gemeente zijn drie verschillende energieconcepten (varianten) in het onderzoek uitgewerkt:

- variant 1: 70 °C concept;
- variant 2: 50 °C concept;
- variant 3: 50-70 °C stooklijn concept.

Er is gerekend met drie scenario's van volloop (tempo waarin de aansluitingen plaatsvinden):

- ontwikkeling energievoorziening en realisatie van de aansluitingen in drie jaar (snel);
- ontwikkeling energievoorziening en realisatie van de aansluitingen in vijf jaar (basisvariant);
- ontwikkeling energievoorziening en realisatie van de aansluitingen in tien jaar (langzaam).

En er zijn nog aansluitscenario's onderscheiden met % woningen van de wijk die daadwerkelijk aansluit:

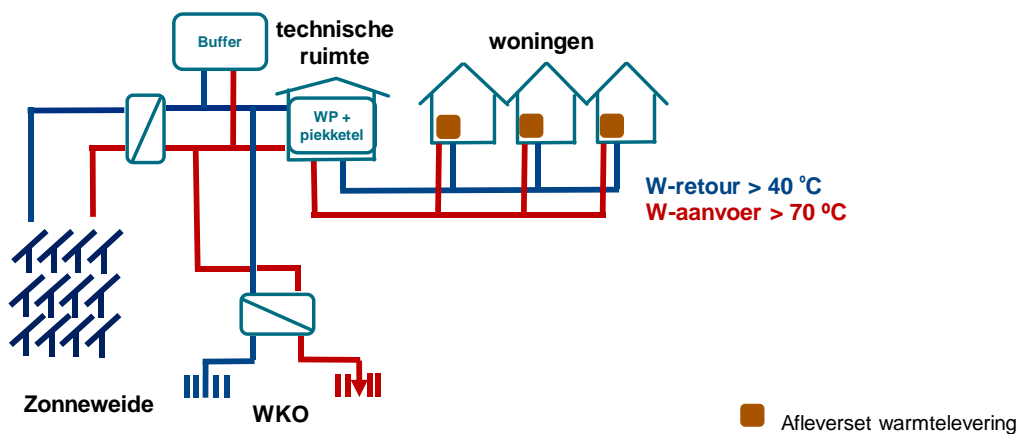
- 70 % sluit aan: 877 woningen (pessimistisch scenario);
- 85 % sluit aan: 1.052 woningen (basisvariant);
- 100 % sluit aan: 1.238 woningen (optimistisch scenario).

3.1 Toelichting varianten

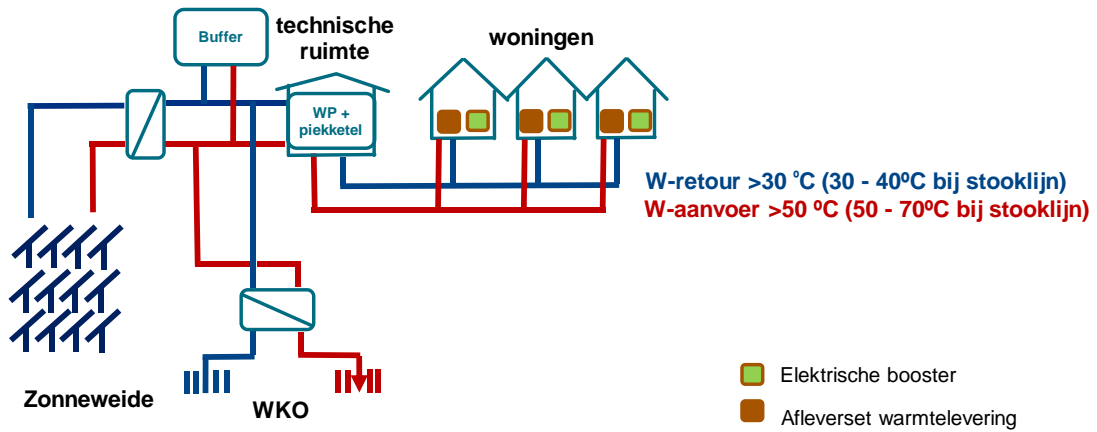
Het energieconcept bestaat uit de volgende elementen (zie ook afbeelding 3.1 en afbeelding 3.2):

- warmte uit de zonneweide wordt met warmtepompen opgewaardeerd naar 70 °C en via een warmtedistributienet geleverd aan de woningen;
- in de woningen wordt een afleverset geplaatst, waarmee de warmte wordt overgedragen aan de CV-installatie ten behoeve van verwarming en warm tapwater;
- overtollige warmte uit de zonneweide (in de zomer) wordt opgeslagen in de bodemopslag, waardoor deze warmte in de winter benut kan worden;
- als piekvoorziening en tevens back-up zal een collectieve gasgestookte ketel worden ingezet. De bijdrage hiervan in de warmtevraag zal beperkt zijn (circa 15 %). Doelstelling is om de gasgestookte ketels op termijn te vangen door een duurzaam alternatief, zoals bijvoorbeeld hernieuwbaar gas of waterstof;
- in Variant 1 is de aanvoertemperatuur voldoende hoog om per woning warm tapwater te bereiden;
- voor Variant 2 en Variant 3 is voor na verwarming van warm tapwater per individueel huishouden een E-booster voorzien. De E-booster zal ingezet worden als doorstroomboiler;
- een korte termijn buffer wordt ingezet om kortstondige variatie in vraag en aanbod op te vangen en een robuustste en stabiele warmtelevering te waarborgen.

Afbeelding 3.1 Schematische weergave Variant 1 (70 °C)



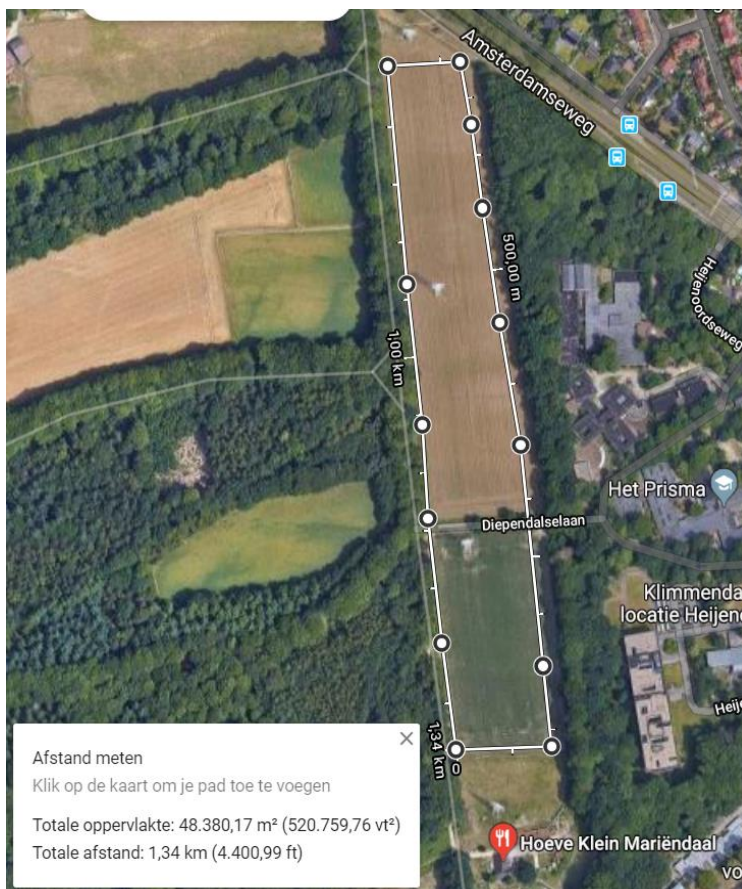
Afbeelding 3.2 Toelichting Variant 2 (50 °C) en Variant 3 (50-70 °C)



3.2 Gegevens zonneweide

Als warmtebron voor het energieconcept wordt zonnewarmte ingevangen en opgeslagen, wanneer de warmte op dat moment niet direct kan worden benut. Hiervoor is een zonneweide voorzien op de locatie, zoals weergegeven in afbeelding 3.3.

Afbeelding 3.3 Overzicht zonneweide



Er is 48.400 m² beschikbaar grondoppervlak. Rekening houdend met zaken als de hoogspanningskabels van TenneT en schaduwverlies door bomen kan er jaarlijks 13.800 MWh aan warmte worden gewonnen.

Per variant zijn de volgende energiehoeveelheden uit de zonneweide nodig:

- variant 1: 13.900 MWh;
- variant 2: 11.400 MWh;
- variant 3: 13.300 MWh.

Hieruit kan worden afgeleid dat Variant 1 en Variant 3 rondom de maximale hoeveelheid liggen, terwijl er in Variant 2 nog restcapaciteit beschikbaar is.

Het uitgangspunt voor de zonneweide is dat lage temperatuur warmte wordt ingevangen (gemiddeld 20-25 °C). De keuze voor lage temperatuur heeft twee redenen:

- de opbrengst van warmte uit de zonneweide is bij lage temperatuur significant hoger dan bij hoge temperatuur. Hierdoor kunnen ook in het voor- en najaar en zelfs in de winter relatief veel draaiuren worden gemaakt voor het 'oogsten' van zonnewarmte;
- overtollige warmte wordt opgeslagen in de bodem. De maximale infiltratietemperatuur bedraagt vanuit de vergunning Waterwet 25 °C.

De gemiddelde temperatuur uit de zonneweide zal jaarrond 20-25 °C bedragen. In de zomerperiode kan het voorkomen dat bij weinig warmtevraag het aanbod van warmte uit de zonneweide kortstondig (tijdens piek zonuren) hoger is dan door de bodemopslag verwerkt kan worden. In dat geval zal de temperatuur uit de zonneweide kortstondig oplopen. De korte termijn buffer (Hocosto) zal deze extra warmte overdag bufferen, waarna de warmte in de avond en de nacht wordt overgedragen aan de bodemopslag.

3.3 Fysieke en juridische inpasbaarheid WKO

Zonnewarmte is vooral in de zomer beschikbaar, waarbij de warmtevraag beperkt is. Om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen wordt gebruik gemaakt van seizoensopslag in de bodem. Voor de aanleg van het bodemopslagsysteem (WKO) gelden de volgende fysieke en juridische aspecten:

- uitgangspunt is dat de bronnen binnen de grenzen van de woonwijk worden gerealiseerd;
- voor de inpassing van de bronnen dient rekening te worden gehouden met de thermische en hydrologisch effecten. Hieruit volgen de hiernaast weergegeven zoekgebieden voor de bronnen;
- een WKO is vergunning plichtig in het kader van de Waterwet (provincie Gelderland is bevoegd gezag);
- het project is geïntroduceerd bij de Provincie. Provincie staat positief tegenover dit initiatief. Wel dient rekening te worden gehouden met een maximale infiltratietemperatuur van 25 °C;
- bij de vergunningaanvraag dient een effectenstudie en een m.e.r.-beoordeling te worden uitgevoerd. Dit vormt de basis voor toetsing van de vergunning;
- de afstand tussen de warmte en koude bronnen dient minimaal 135 m te bedragen.

Vanuit de energetische analyse blijkt dat maximaal acht doubletten (16 bronnen) benodigd zijn. De bronnen zijn inpasbaar binnen de wijk. In de eindrapportage zijn zoekgebieden aangewezen, waarbinnen de bronnen gerealiseerd kunnen worden.

4 WONINGSCHOUW

4.1 Geschouwde woningen

Er zijn vier woningen in Hoogkamp nader onderzocht. De gegevens staan in tabel 4.1 en de locatie in afbeelding 4.1.

Tabel 4.1 Kenmerken geschouwde woningen

Straat	Type woning	Bouwjaar	Gebruiksoppervlakte
Voermanstraat	tussenwoning	~1934	129 m ²
Josef Israelslaan	benedenwoning	~1927	77 m ²
Mesdaglaan	hoekwoning	~1938	158 m ²
Mauvestraat	tussenwoning	~1935	137 m ²

Afbeelding 4.1 Locatie geschouwde woningen (verwijzing naar straten)



4.2 Isolatieopgave en isolatiekosten

Per scenario is een pakket aan renovatiemaatregelen vastgesteld, zie tabel 4.2. Dit pakket is nodig om de woning te kunnen verwarmen met de temperatuur van het concept. De investeringskosten voor deze woningrenovatie staan in tabel 4.3.

Tabel 4.2 Benodigde maatregelen per variant

Type maatregel	Maatregelen	Variant 1 (70 °C)	Variant 2 (50 °C)
isolatie	vloerisolatie	-	minimaal 120 mm
	dakisolatie	minimaal 80 mm	minimaal 120 mm
	gevelisolatie	spouwmuurisolatie alleen bij hoek- of vrijstaande woningen	spouwmuurisolatie in alle gevallen
	glas/kozijnvervangng	enkel bij enkelglas	minimaal HR++ in alle gevallen
warmteafgifte	radiatoren aanpassen	minimaal Type 21	Type 21 t/m Type 33

Tabel 4.3 Investeringskosten woningrenovatie¹

Woning	Renovatie naar 70 °C		Renovatie naar 50 °C	
	Originele staat [EUR]	Huidige staat [EUR]	Originele staat [EUR]	Huidige staat [EUR]
Voermanstraat	7.000 - 11.000	niet van toepassing	14.000 - 20.000	6.000 - 9.000
Josef Israelslaan	2.000 - 3.000	niet van toepassing	9.000 - 13.000	6.000 - 10.000
Mesdaglaan	14.000 - 20.000	8.000 - 12.000	20.000 - 30.000	12.000 - 18.000
Mauvestraat	9.000 - 13.000	3.000 - 4.000	17.000 - 25.000	11.000 - 16.000

* inclusief installatiekosten, inclusief 6 % omzetbelasting, inclusief onzekerheidsmarge van 20 %.

4.3 Kosten aanpassingen gasloze woning

Om de woning volledig aardgasloos te maken, dienen nog een aantal maatregelen te worden genomen. Het belangrijkste aandachtspunt is daarbij het gasfornuis. Bij het vervangen van het gasfornuis is het gebruikelijk deze te vervangen voor een inductiekookplaat. Om over te stappen op een inductiekookplaat en de woning volledig gasloos te maken zijn de volgende maatregelen nodig:

- 1 inpassen van inductiekookplaat (of inductiefornuis);
- 2 aanschaf van inductiepannen;
- 3 aanleg van een nieuwe groep in de meterkast;
- 4 aanleg van een perilex stopcontact (speciaal type stopcontact gebruikt bij inductie installaties);
- 5 aanleg van een nieuwe kabel van nieuwe groep in meterkast naar stopcontact;
- 6 verwijderen van de gasmeter en aansluitleiding (via netbeheerder);
- 7 verwijderen van de gasketel en overige.

Wanneer wordt gekozen voor een inductiekookplaat met een vermogen kleiner dan 7,4 kW, volstaat het om een extra groep in de meterkast aan te leggen. In de meeste gevallen is een dergelijk vermogen voldoende. Vermogens groter dan 7.4 kW komen vooral voor bij inductiefornuizen, waarbij de kookplaat wordt gecombineerd met een of meer ovens. Wanneer wordt gekozen voor een aansluiting van meer dan 7,4 kW, dient gecontroleerd te worden of de woning een driefase aansluiting heeft. Daarnaast dient de groepenkast geschikt te worden gemaakt voor een driefase aansluiting met een krachtgroep of driefase kookgroep.

¹ 'Originele staat' is conform de bouwtekeningen bij een woning waar nog geen aanvullende maatregelen zijn getroffen.

'Huidige staat' is inclusief verbouwingen en reeds door bewoners getroffen maatregelen

Kosten maatregelen

De kosten voor de verschillende maatregelen zijn opgenomen in tabel 4.4

Tabel 4.4 Kosten woning gasloos maken

Maatregel -	Gemiddelde kosten (inclusief omzetbelasting) (EUR)
aanschaf en installatie inductiekookplaat + inductiepannen	1.500
aanleg nieuwe kabel + kookgroep (<7.4 kW) + stopcontact	600
verwijderen gasmeter en aansluiting (via netbeheerder)	720 (wordt mogelijk 360)
verwijderen CV ketel + overige	680
totale gemiddelde kosten van maatregelen	3.500

5 BUSINESSCASE

Tabel 5.1 geeft de totale investeringskosten en tabel 5.2 de jaarlijkse exploitatiekosten. De investeringskosten zijn berekend op basis van de volgende uitgangspunten:

- de huidige tarieven uit de Warmtewet (gereguleerd door ACM) gelden als vertrekpunt voor de tarieven, maar hierbij is de prijsontwikkeling voor warmte op basis van de gasprijs losgelaten. De warmteprijs wordt geïndexeerd met inflatie, wat op termijn een voordeel oplevert voor de bewoners;
- looptijd 30 jaar;
- rendementseis van 4 % (coöperatieve organisatievorm zonder winstoogmerk);
- SDE+ subsidie voor de zonnewarmte is verdisconteerd;
- bedragen zijn exclusief omzetbelasting.

Tabel 5.1 Totale investeringskosten (bij 100 % aansluitingen)

Onderdeel	Variant 1 (70 °C) [EUR]	Variant 2 (50 °C) [EUR]	Variant 3 (50-70 °C) [EUR]
WKO systeem	4.200.000	3.100.000	4.000.000
energiecentrale	2.000.000	2.000.000	2.000.000
HT warmtepompen	1.900.000	850.000	1.900.000
pieketels	670.000	610.000	670.000
zonneweide	6.100.000	4.600.000	5.800.000
buffer	110.000	110.000	110.000
warmtenet en aansluitingen	14.000.000	13.000.000	13.000.000
afleversets	1.500.000	3.000.000	3.000.000
nuts	67.000	67.000	67.000
onvoorzien	3.000.000	2.800.000	3.100.000
engineering & advies	950.000	950.000	950.000
totaal	34.000.000	32.000.000	35.000.000

Deze investeringskosten zijn geraamd voor de totale energievoorziening, met als uitgangspunt dat alle woningen (100 %) worden aangesloten op de collectieve energievoorziening. In het geval er minder

woningen aansluiten, zullen de totale investeringskosten lager uitvallen, omdat bepaalde kosten mede afhankelijk zijn van het aantal woningaansluitingen.

Tabel 5.2 Jaarlijkse exploitatiekosten (bij 100 % aansluitingen)

Onderdeel	Variant 1 (70 °C) [EUR]	Variant 2 (50 °C) [EUR]	Variant 3 (50-70 °C) [EUR]
onderhoud, beheer, storingsopvolging	410.000	380.000	440.000
projectmanagement, administratie, facturatie	99.000	99.000	99.000
verzekering zonneweide	90.000	67.000	86.000
elektriciteitskosten variabel	350.000	250.000	290.000
vaste kosten elektriciteit	5.600	5.600	5.600
transportkosten elektriciteit	85.000	71.000	77.000
gaskosten variabel	140.000	120.000	140.000
vaste kosten gas	2.700	2.700	2.700
transportkosten gas	17.000	15.000	17.000
totaal	1.200.000	1.000.000	1.200.000

Op basis van de investeringskosten en jaarlijkse kosten is de basisvariant van de businesscase berekend (zie tabel 5.3), met de volgende uitgangspunten:

- 85 % van de woningen sluit aan in een periode van vijf jaar;
- kosten voor na-isolatie en vervanging van het afgiftesysteem zijn niet meegenomen (deze vallen deels in de onrendabele top van de businesscase);
- bedragen zijn exclusief omzetbelasting.

Doordat in de basisvariant van de businesscase wordt gerekend met een aansluitpercentage van 85 %, zijn de berekende investerings- en exploitatiekosten, zoals weergegeven in tabel 5.3 lager dan vermeld in tabel 5.1 en tabel 5.2, waarin de kosten zijn weergegeven op basis van 100 % aansluitingen.

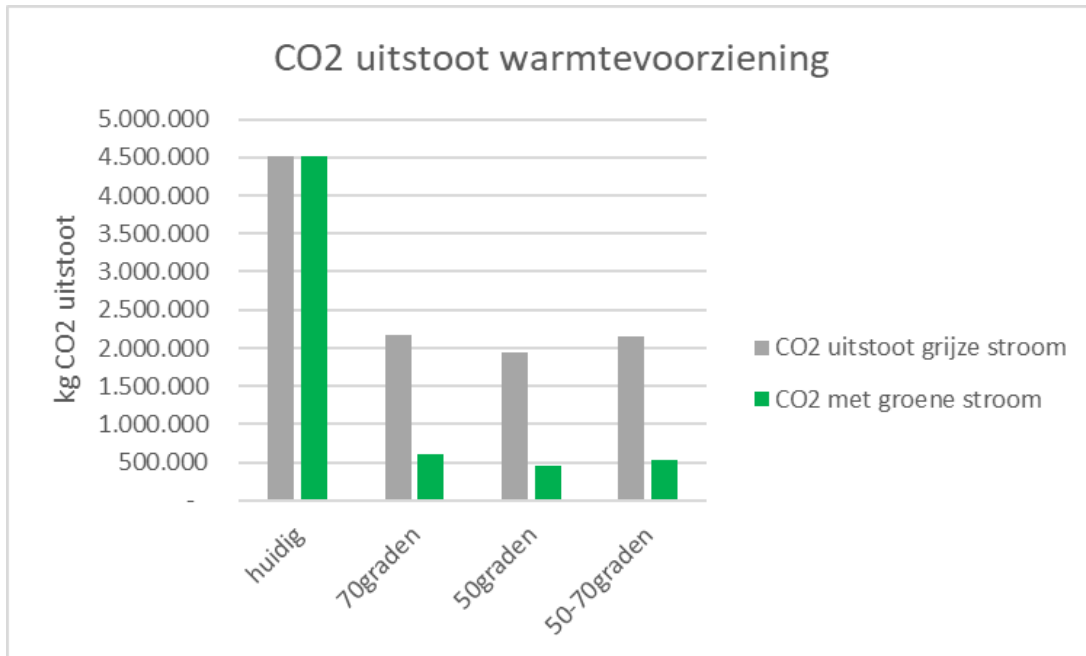
Tabel 5.3 Businesscase (basisvariant)

Onderdeel	Variant 1 (70 °C) [EUR]	Variant 2 (50 °C) [EUR]	Variant 3 (50-70 °C) [EUR]
investeringskosten	33.000.000	30.000.000	34.000.000
jaarlijkse kosten	1.100.000	880.000	1.200.000
omzet (excl. SDE+)	1.600.000	1.400.000	1.500.000
SDE +	370.000	370.000	370.000
Onrendabele top			
onrendabele top totaal (exclusief omzetbelasting)	22.000.000	20.000.000	24.000.000
onrendabele top per woning (exclusief omzetbelasting)	21.000	19.000	23.000
onrendabele top per woning (inclusief 21 % omzetbelasting)	25.000	23.000	28.000

6 EMISSIEREDUCTIE

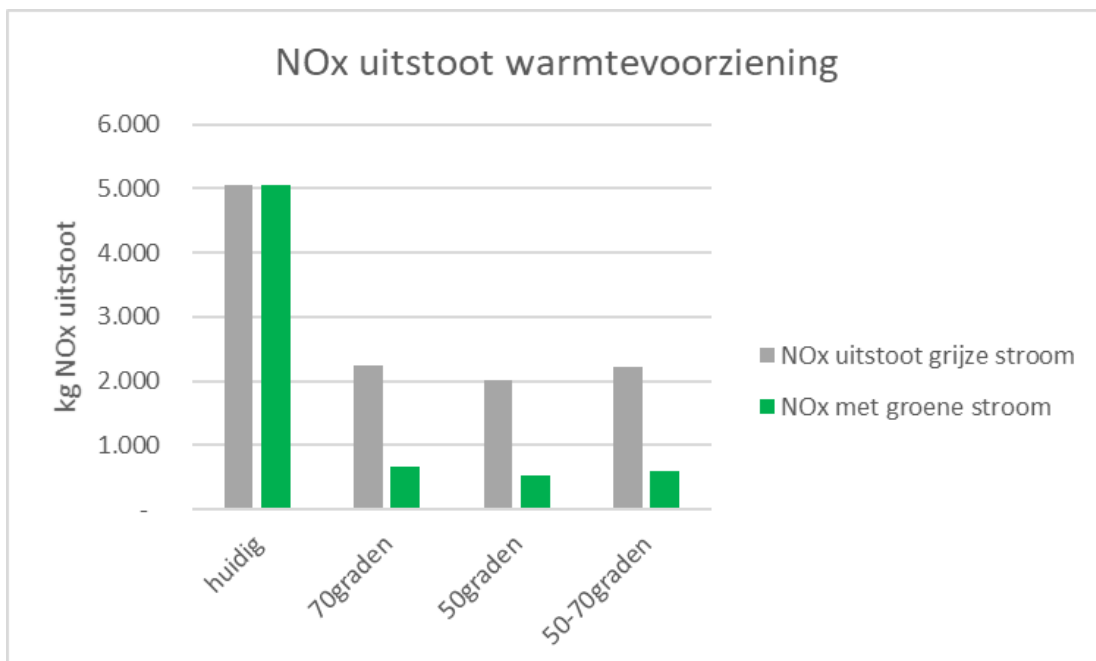
De CO₂-emissies van de verschillende varianten zijn berekend. Dit staat grafisch weergegeven in afbeelding 6.1. Ten opzichte van de huidige situatie vindt er in alle varianten een substantiële reductie plaats, waarbij de verschillen tussen de varianten relatief beperkt zijn.

Afbeelding 6.1 CO₂-uitstoot warmtevoorziening



Een soortgelijk beeld is zichtbaar voor de NO_x-uitstoot, zie afbeelding 6.2.

Afbeelding 6.2 NO_x-uitstoot warmtevoorziening



7 CONCLUSIES EN ADVIES

7.1 Conclusies

Technische haalbaarheid

- in alle varianten kan er met de beoogde locatie voor de zonneweide voldoende warmte worden ingevangen om in de warmtebehoefte van Hoogkamp en Sterrenberg te voorzien;
- in de ondergrond binnen de woonwijk is er voldoende bodempotentieel beschikbaar voor de inpassing van de benodigde acht doubletten;
- de thermische en hydrologische effecten zijn naar verwachting acceptabel (op basis van een maximale infiltratietemperatuur van 25 °C). Dit dient geverifieerd te worden middels een effectenstudie ten behoeve van de vergunningaanvraag;
- inpassing van een piekkel leveret een verbetering op van de businesscase en kan fungeren als back-up voor de warmtevoorziening. Op termijn dient ook de piekvoorziening verduurzaamd te worden;
- inpassing van bronnen, kabels en leidingen in het gebied vereist nader onderzoek;
- locatie van de centrale technische ruimte dient nader bepaald te worden. Vooralsnog is rekening gehouden met een locatie zo dicht mogelijk bij de zonneweide;
- variant 1 levert de hoogste flexibiliteit ten aanzien van de eigenschappen voor de aan te sluiten woningen (zoals mate van isolatie, afgiftesystemen en benodigde temperatuur voor warm tapwater).

Businesscase

- de onrendabele top per woning bedraagt EUR 21.000 voor Variant 1, EUR 19.000 voor Variant 2 en EUR 23.000 voor Variant 3, exclusief omzetbelasting en aanvullende subsidies (wel inclusief SDE+ voor de zonneweide);
- Variant 2 heeft de laagste onrendabele top, maar daarbij is nog geen rekening gehouden met aanvullende kosten voor isolerende maatregelen;
- indien aanvullende kosten voor isolerende maatregelen integraal worden meegenomen, zal Variant 1 leiden tot de laagste kosten voor de bewoners ten opzichte van de andere varianten. Indien de onrendabele top volledig ten laste bij de bewoners wordt gebracht in de vorm van een aansluitbijdrage, komt dit neer op een bedrag van EUR 25.000 per woning, inclusief omzetbelasting;
- de jaarlijkse kosten voor de bewoners bedragen EUR 1.800 inclusief omzetbelasting. Dit bedrag bestaat uit vastrecht voor aansluiting op het warmtenet en de verbruikskosten voor de hoeveelheid afgenomen warmte. Dat ligt in dezelfde ordegrootte als de huidige kosten voor gasgestookte CV-installaties;
- doordat in de businesscase de kosten voor warmte niet gekoppeld zijn aan de ontwikkeling van de gasprijs, zal op termijn een financieel voordeel voor de bewoners ontstaan, bij de huidige verwachting van een stijgende gasprijs. Dit financieel voordeel leidt overigens niet tot het terugverdienen van de aansluitbijdrage;
- er is gerekend met een projectrendement van 4 %, uitgaande van coöperatief bezit van de collectieve warmtevoorziening. Bij uitbesteding aan (semi-)commerciële marktpartijen zal worden gerekend met een hogere rendementseis, wat leidt tot een verhoging van de onrendabele top. In het eindrapport is een gevoeligheidsanalyse opgenomen, waarbij dit effect inzichtelijk is gemaakt.

Milieuvoordeel

- de varianten scoren ten aanzien van energieprestatie en milieuvoordeel in ordegrootte gelijk;
- de CO₂-reductie bedraagt 52-57 % bij gebruik van grijze stroom (landelijke mix) en loopt op tot 87-90 % bij gebruik van groene stroom;
- de NO_x-reductie bedraagt bij gebruik van grijze stroom 56-60 % en loopt op tot 87-90 % bij toepassing van groene stroom.

Overall

Uit de studie volgt dat de onderzochte varianten technisch uitvoerbaar zijn, maar dat er in alle gevallen sprake is van een relatief hoge onrendabele top, die naar verwachting niet zonder meer door bewoners te financieren is.

7.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om:

- de resultaten van de businesscase voor te leggen aan de buurt-/wijkverenigingen en het dilemma van de relatief hoge onrendabele top te bespreken. Denkbare richtingen zijn:
 - resultaten terugleggen aan de landelijke politiek, met name in het kader van de betaalbaarheid van de energietransitie;
 - inventariseren van aanvullende subsidiemogelijkheden en slimme financieringsconstructies;
 - verdisconteren van de aansluitbijdrage in de maandelijkse kosten/bijdragen aan de energiecoöperatie;
- voor verdere uitwerking van de warmtevoorziening uit te gaan van Variant 1 (70 °C):
 - dit concept brengt de laagste investerings- en exploitatiekosten met zich mee;
 - voor de bewoners levert dit de laagste kosten op, rekening houdend met kosten voor na-isolatie;
 - er zijn geen aanvullende maatregelen nodig voor lokaal na verwarmen van warm tapwater;
 - vergelijkbaar milieuvoordeel met duurdere varianten;
- de bewoners te stimuleren om de woningen (verder) te isoleren, gebruik te maken van laagtemperatuur verwarming en elektrisch te gaan koken, zodat de woningen van de gasvoorziening ontkoppeld kunnen worden en op termijn de aanvoertemperatuur vanuit het warmtenet verder verlaagd kan worden.