



Luchtfoto van Zilverkamp

Doel:

Het doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in passende warmtesystemen voor Zilverkamp, zodat hierop een onderbouwd principebesluit kan worden genomen over het realiseren van een al- of niet collectief warmtenet in de wijk Zilverkamp.

En of het nodig is om dit warmtenet uit te breiden naar de aangrenzende wijken in Arnhem, om te komen tot een rendabele exploitatie van het warmtesysteem.

Scope:

De Geografische scope is een warmtenet voor de wijk Zilverkamp, waarin 2.753 woningen en 30 utiliteitsgebouwen zijn gesitueerd, Voor dit vastgoed is de warmtevraag bepaald, die met behulp van het warmtenet afgedekt moet kunnen worden.

Resultaten:

Alle potentiële lokale warmtebronnen zijn onderzocht, zoals geothermie, TEO en individuele warmtepompen i.c.m. een verzwaring van het E-net. De conclusie is dat de meest geschikte duurzame warmtebron voor deze wijk TEO (Thermische Energie uit Oppervlaktewater). Met deze TEO warmte uit de naastgelegen Nederrijn onttrokken en via een warmtenet naar de gebouwen getransporteerd. Omdat door deze rivier veel water stroomt (een groot debiet heeft), is het effect van het onttrekken van warmte uit deze rivier gering. Daardoor is het mogelijk om ook 's winters warmte uit te onttrekken uit de rivier en zijn additionele WKO (warmte-koude-opslag) bodemsystemen dus overbodig. Een warmtenet is betrouwbaar te exploiteren. Om ook de beoogde grootschalige TEO-installatie (t.b.v. de onttrekking van warmte uit de rivier) betrouwbaar te kunnen exploiteren, zal door RWS nog het nodige onderzoek dienen te worden uitgevoerd naar alle buitendijkse elementen. Dit warmtesysteem is ook effectief. Met een CO2 besparing van het TEO systeem dat oploopt van 35% tot 100% in 2050.

Conclusies:

De financiële resultaten zijn uitgewerkt in een over-all businesscase. Deze business case toont aan dat, uitgaande van tarieven van de ACM, de realisatie van een warmtenet voor het verwarmen van Zilverkamp haalbaar zijn, zelfs zonder uitbreiding naar Arnhem-Zuid.

Het verdient aanbeveling, mede gezien de beoogde nieuwe warmtewetgeving, om als gemeente de regie te houden op de ontwikkeling en exploitatie van het warmtenet door middel van een Warmtebedrijf. En hierbij stelselmatig samen te werken met partijen WNL, Liander en woningbouwcorporatie Woonwaarden en (op termijn) lokale (bewoners)organisaties, ter vergroting van het draagvlak binnen Zilverkamp.

Colofon

Datum: 22 nov 2024

Contactpersoon: Sander Markus
E-mail: Sander.markus@dep.nl
Tel: +316 110 88 296

Onderwerp: Onderzoek duurzame warmteoplossing Zilverkamp

Projectnummer: ECP-229

Gecontroleerd door: Sander Markus

Klant: Gemeente Lingewaard

Auteur(s) DEP: Rob Bremer, Nico Büskens, Alwin van der Ven, Tom Assendelft

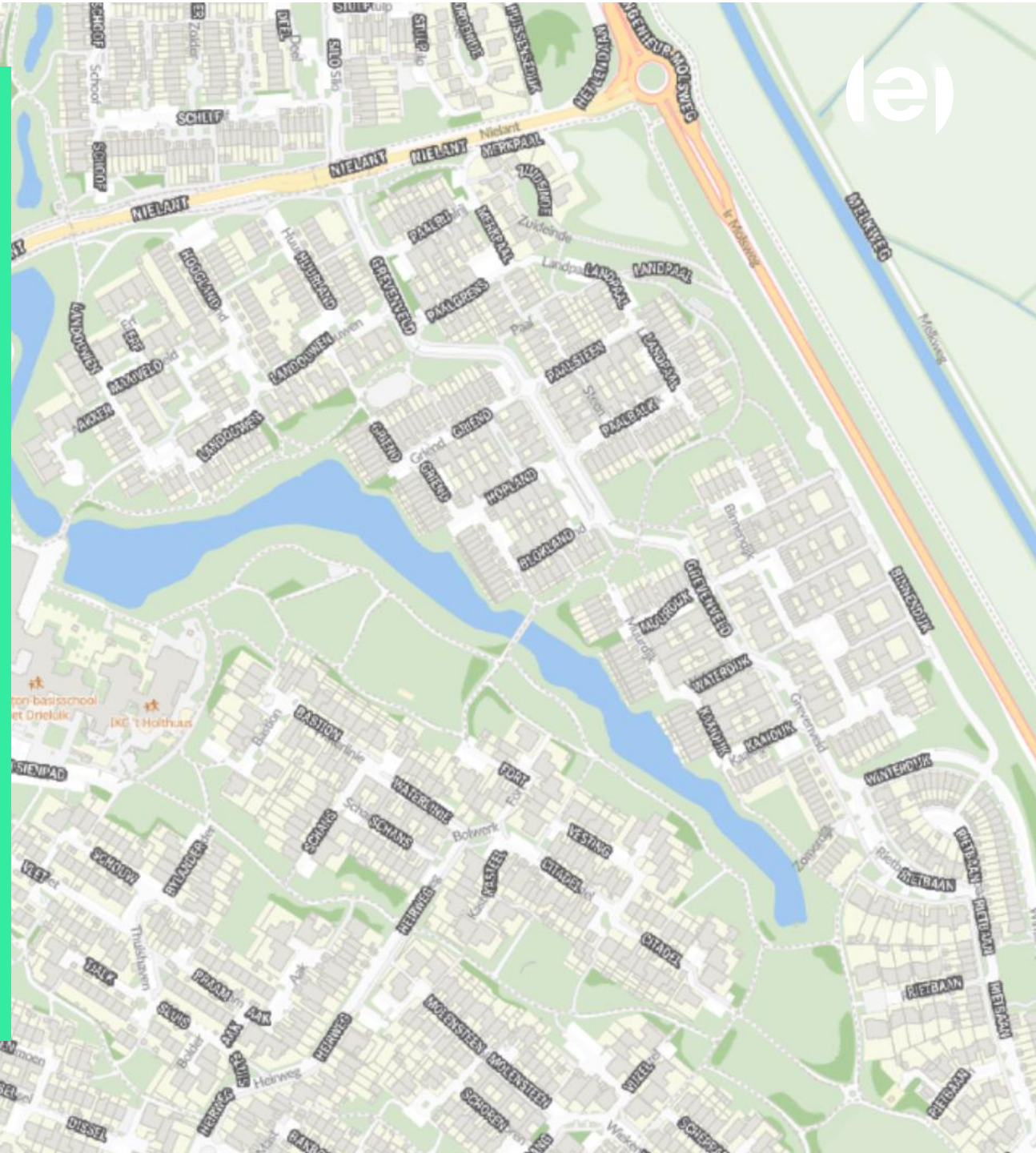
Qirion B.V. KvK-nummer 09119276

Bezoekadres Dijkgraaf 4, 6921 RL Duiven

Telefoon: (088) 191 00 00

Postadres: Locatiecode 2NA8120, Postbus 50, 6920 AB Duiven

www.dep.nl
contact@dep.nl



Doelstelling:

Het doel van de opdracht is om inzicht te krijgen in mogelijk passende warmtesystemen in de wijk Zilverkamp. Op basis hiervan kan de gemeente Lingewaard een onderbouwd principebesluit nemen over de start van de projectontwikkeling voor een, al dan niet te ontwikkelen collectieve, duurzame warmteoplossing.

Context:

De gemeente Lingewaard heeft als ambitie uitgesproken om in 2050 aardgasvrij te kunnen verwarmen, met als tussenstap 20% van de gemeente aardgasvrij in 2030. De wijk Zilverkamp in de gemeente Lingewaard is aangemerkt tot proeftuin voor aardgasvrije wijk (PAW). De laatste jaren zijn er verschillende studies gedaan naar duurzame warmteoplossingen voor de wijk Zilverkamp. In eerder uitgevoerde studies is vooral gekeken naar de techniek en de bron van warmte, de 'Wat' in de warmtetransitie. Op basis van deze onderzoeken kan er nog geen geschikte keuze voor de technische oplossing worden gemaakt en of een warmtenet een kansrijk initiatief voor de wijk zou zijn. In de onderzoeken ontbreken nog potentiële (bron)locaties buiten de wijken en zijn de systeemconfiguraties niet altijd volledig, voor een goede vergelijking is aanvullend onderzoek gewenst.

Scope:

De scope van het onderzoek is de wijk Zilverkamp in de gemeente Lingewaard inclusief alle woningen, appartementen en utiliteitsgebouwen. De tijdshorizon is tot 2030, maar de economische levensduur van energie-infrastructuur varieert per component van 15 tot 30 jaar.

Onderzoek Duurzame Warmteoplossing Zilverkamp



Toelichting werkwijze

Een haalbaarheidsstudie warmtenet is een aanpak om kansrijke gebieden voor collectieve warmte en mogelijke warmtebronnen in beeld te brengen. Hiermee kan een ontwerp van een warmtesysteem opgezet worden. De haalbaarheid van een warmtesysteem brengt in beeld, door een business case op te stellen, wat de uiteindelijke kosten voor de gebouweigenaren zullen zijn (transparant exclusief en inclusief subsidies), met daarbij een gevoeligheidsanalyse om de robuustheid te toetsen.

Warmtevraag

Geografische scope, warmtevraag in de wijk Zilverkamp inschatten op basis van daadwerkelijk aardgasverbruik.

Warmtebronnen

De potentiële warmtebronnen in en in directe omgeving worden in beeld gebracht. De eigenaren van deze bronnen worden benaderd om de kansrijkheid te bepalen. De bronnen worden vergeleken met behulp van een bronnenstudie.

Warmtesysteemontwerp

De warmteketen wordt per onderdeel toegelicht welke componenten en op welke wijze deze technisch opereren. Hiervoor wordt een Proces Flow Diagram voor opgesteld.

Financiële resultaten

De gehele warmteketen wordt in een business case doorgerekend om te bepalen wat de kosten exclusief en inclusief subsidies voor de gebouweigenaren zullen zijn. Een gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de robuustheid, kansen en risico's in de warmteketen.

Doorkijk

Welke uitbreiding in de directe omgeving van Zilverkamp is er mogelijk. Welke lange termijn regionale koppeling met andere warmtesystemen zijn er mogelijk en welke kansen biedt dat.

Warmtevraag

dep.nl

Geografische scope



De geografische scope van het warmtenet omvat de wijk Zilverkamp.

- Aantal woningen: 2.753
- Aantal utiliteit: 30

De beschouwde bronnen liggen binnen en rondom de gemeente Lingewaard.



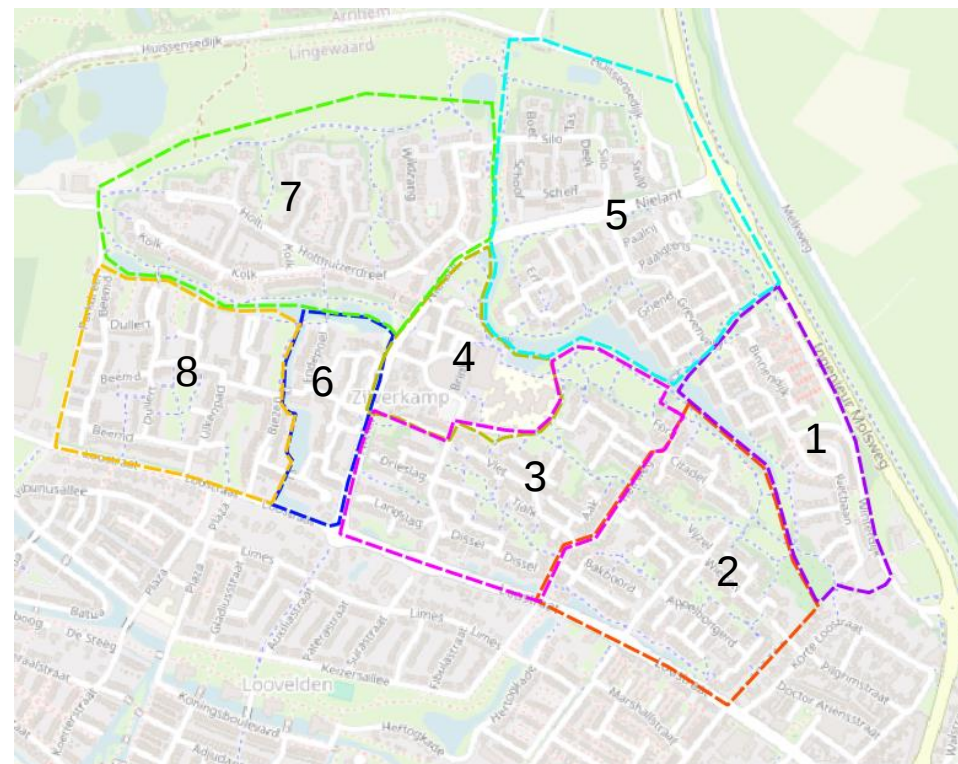
Aansluittempo warmtevraag



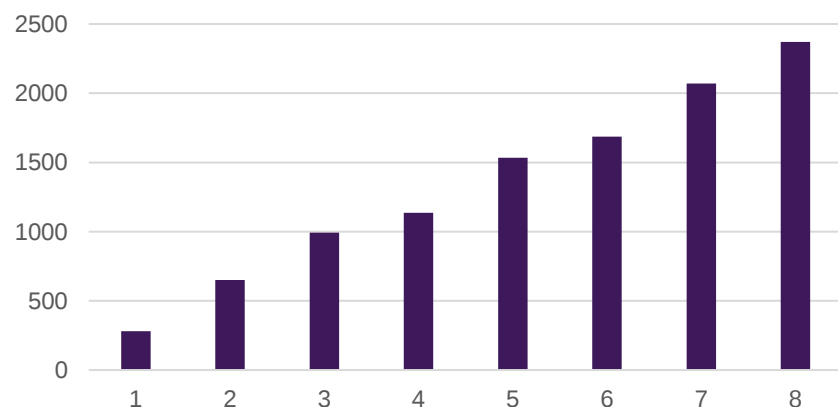
De figuur rechts geeft de aansluitvolgorde van de deelgebieden in de wijk de Zilverkamp.

Er wordt gestart met het aansluiten van woningen het dichtstbij de TEO bron. Vervolgens worden de deelgebieden die daarna het dichtst bij de start van de transportleiding liggen aangesloten.

De onderstaande tabel en grafiek laten het aantal gerealiseerde aansluitingen per jaar zien die uit deze opdeling van deelgebieden volgen. Hierbij wordt uitgegaan van een participatiegraad van 85% van de woningen.



Volloop aansluitingen Zilverkamp per jaar



Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8
Fase	1	2	3	4	5	6	7	8
Aantal woningen aangesloten	281	368	344	142	399	153	384	300
Cumulatief	281	650	994	1135	1534	1687	2070	2370

Warmtevraag



De warmtevraag is gebaseerd op het aardgasverbruik in de jaren 2020 t/m 2022 zoals vermeld is bij het CBS. Het aardgasverbruik is vervolgens omgezet naar een warmtevraag. Het totaal jaarlijkse bronverbruik is de uiteindelijk benodigde warmte vanuit de bron (inclusief leidingnetverliezen).

In deze studie wordt uitgegaan van een participatiegraad van 85% van de woningen. In de gevoeligheidsanalyse wordt gevarieerd met de participatiegraad van 70% tot 100% om de financiële impact en robuustheid te bepalen.

	100% participatiegraad				85% participatiegraad			
Gebouwtype	Aantal gebouwen	Totaal gasverbruik (m3)	Totaal warmtevraag (GJ)	Totaal bronverbruik (GJ)	Aantal gebouwen	Totaal gasverbruik (m3)	Totaal warmtevraag (GJ)	Totaal bronverbruik (GJ)
Woning	2.753	3.343.854	102.314	127.894	2.340	2.842.275	86.968	108.710
Utiliteit	30	122.953	3.958	4.947	30	122.953	3.958	4.947
Totaal	2.783	3.466.807	106.272	132.841	2.370	2.965.228	90.926	113.657

Warmtebronnen

dep.nl



Potentiële warmtebronnen Zilverkamp

Kenmerken en conclusies

Door het raadplegen van eerder opgestelde rapportages en een onderzoek van Dep zijn de **dikgedrukte** bronnen aangewezen als kansrijk:

1. Individuele warmtepompen

Warmtepompen (WP) die bij bewoners inpandig geplaatst worden. Hiermee wordt met elektriciteit water warmte (en/of koude) gemaakt. Goed opschaalbaar

Conclusies

1. Individuele WP met 70 °C weinig aanpassingen, slecht rendement
2. **Individuele WP met 50 °C vereist isolatie**
3. **Individuele WP met 35°C: verregaande isolatie én inpandige aanpassingen, goed rendement**

2. TEO (thermische energie uit oppervlaktewater)

Hiervoor zijn de Nederrijn en het Zwanewater als potentiële wateren geïdentificeerd

Conclusies

1. **Nederrijn is groot genoeg en is opschaalbaar**
2. Zwanewater is te klein en vereist daarnaast nog een andere warmtebron

3. Geothermie

Warmte uit de ondergrond, wordt opgewaardeerd met een warmtepomp. Er zijn 2 potentiële locaties (3* en 7*) geïdentificeerd

Conclusies

1. Locatie 3 (bij Elst) is wel groot genoeg, maar wordt eerder lokaal ingezet (o.a. tuinbouw)
2. Locatie 7 (Bergerden) is te klein en vereist daarnaast nog een andere warmtebron

** bron: Lokale potentiestudie geothermie LOAN, IF Technology*

4. Zonthermie

Collectorveld met zonnecellen, waarin water wordt verwarmd en aan het warmtenet levert. Optie in combinatie met dagopslag óf met seizoensopslag. Ruimtebeslag is te groot

Conclusies

1. Zonthermie met dagopslag levert vooral in de winter te weinig warmte
2. Zonthermie met seizoensopslag kan hier niet door te geringe capaciteit bodemwarmteopslag

5. Buurtwarmtepomp

Collectieve warmtepompen die op centrale locaties in de wijk staan. Hiermee wordt met elektriciteit water warm gemaakt, dat via een warmtenet naar de woningen gaat

Conclusies

1. Buurtwarmtepompen kunnen Zilverkamp ook 's winters verwarmen
2. Indien nodig worden meerdere geplaatst (goed opschaalbaar)

Potentiële warmtebronnen

Individuele warmtepompen

Individuele lucht-water warmtepompen zijn makkelijk te schalen aan de grootte van de wijk. Ze worden in pandig bij bewoners geplaatst en het volledige vermogen wordt elektrisch geleverd. Zo is er geen sprake van gasverbruik voor de vraagpieken. Om een snelle overgang naar de warmtepomp te bereiken, dient actief beleid gevoerd te worden vanuit de gemeente.

Er worden twee opties onderscheiden; een warmtepomp met een warmtebrontemperatuur van 70°C en van 50°C.

Conclusies:

De **Individuele warmtepomp (70°C)** is schaalbaar in te zetten (schaalbaar: elke woning kan een eigen warmtepomp installeren). De warmtebron temperatuur van 70°C zorgt ervoor dat er minimale in pandige aanpassingen nodig zijn. Vanwege de hoge afgifte temperatuur is een sCOP beperkt tot circa 2,5.

De **Individuele warmtepomp (50°C)** is eveneens makkelijk schaalbaar in te zetten. De lagere afgifte temperatuur zorgt voor een hogere sCOP dan de 70°C warmtepomp, waardoor deze bron efficiënter warmte opwekt. Wel zorgt de lagere temperatuur ervoor dat er in pandige of bouwkundige aanpassingen nodig zijn, zoals vervanging van radiatoren voor LT radiatoren of vloerverwarming en grondige isolatiemaatregelen.

Aandachtspunt bij deze bronnen is de potentiële netcongestie.

	Individuele warmtepomp Hoge Temperatuur	Individuele warmtepomp Lage Temperatuur
Max. vermogen basisbron (kW)	Schaalbaar	Schaalbaar
Temperatuur warmtebron	70°C	50°C
Aansluitpotentie (WEQ)	Schaalbaar	Schaalbaar





Potentiële warmtebronnen

TEO

Voor thermische energie uit oppervlaktewater zijn de Nederrijn en het Zwanewater onderzocht als bron.

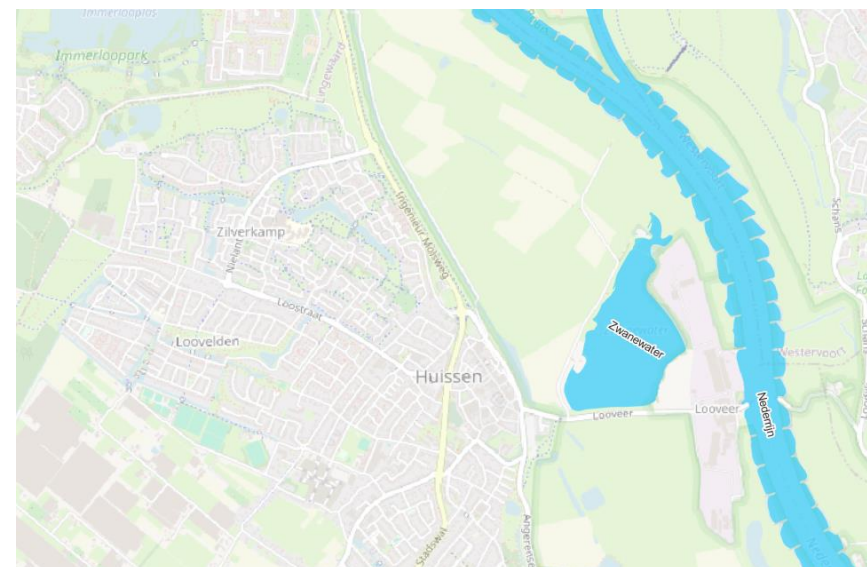
Van de Nederrijn is temperatuur – en debietdata opgehaald om een inschatting te kunnen maken van het beschikbare vermogen. Op basis hiervan is te concluderen dat er uit de Nederrijn genoeg warmte onttrokken kan worden om de wijk Zilverkamp van warmte te voorzien. Er is potentie om, door het aanleggen van een grootschalig warmtenet, een veel groter gebied van warmte te voorzien met de Nederrijn als bron. De maximaal theoretische technische potentie is vrijwel onbeperkt.

Voor het Zwanewater is additioneel onderzoek nodig om het exacte vermogen te bepalen. Om de potentie te bepalen is een temperatuur profiel van de stratificatie in het meer is nodig. Deze is op locatie onbekend (RWS kon ook geen typisch temperatuurprofiel van een vergelijkbaar meer aanleveren).

De onttrekkingsregels in het Zwanewater wijken af van andere oppervlakte wateren waar gekeken wordt naar aquathermie, omdat dit een plas in de categorie ‘matig grote en grote diepe meren’ betreft. Hierbij geldt dat het temperatuurverschil tussen het geloosde water en de ontvangende waterlaag niet meer dan 3 °C mag zijn.

In een eerder uitgevoerd onderzoek door IF Technology* is het Zwanewater als potentiële TEO warmtebron onderzocht. Echter is hier geen rekening mee gehouden dat dit een groot diep meer betreft.

	Nederrijn	Zwanewater
Max. vermogen basisbron (kW)	Schaalbaar	n.t.b.
Temperatuur warmtebron	LT – seizoens-afhankelijk	LT – seizoens-afhankelijk
Vollasturen	3.500	n.t.b.
Aansluitpotentie (WEQ)	2.783	n.t.b.



Potentiële warmtebronnen

Geothermie

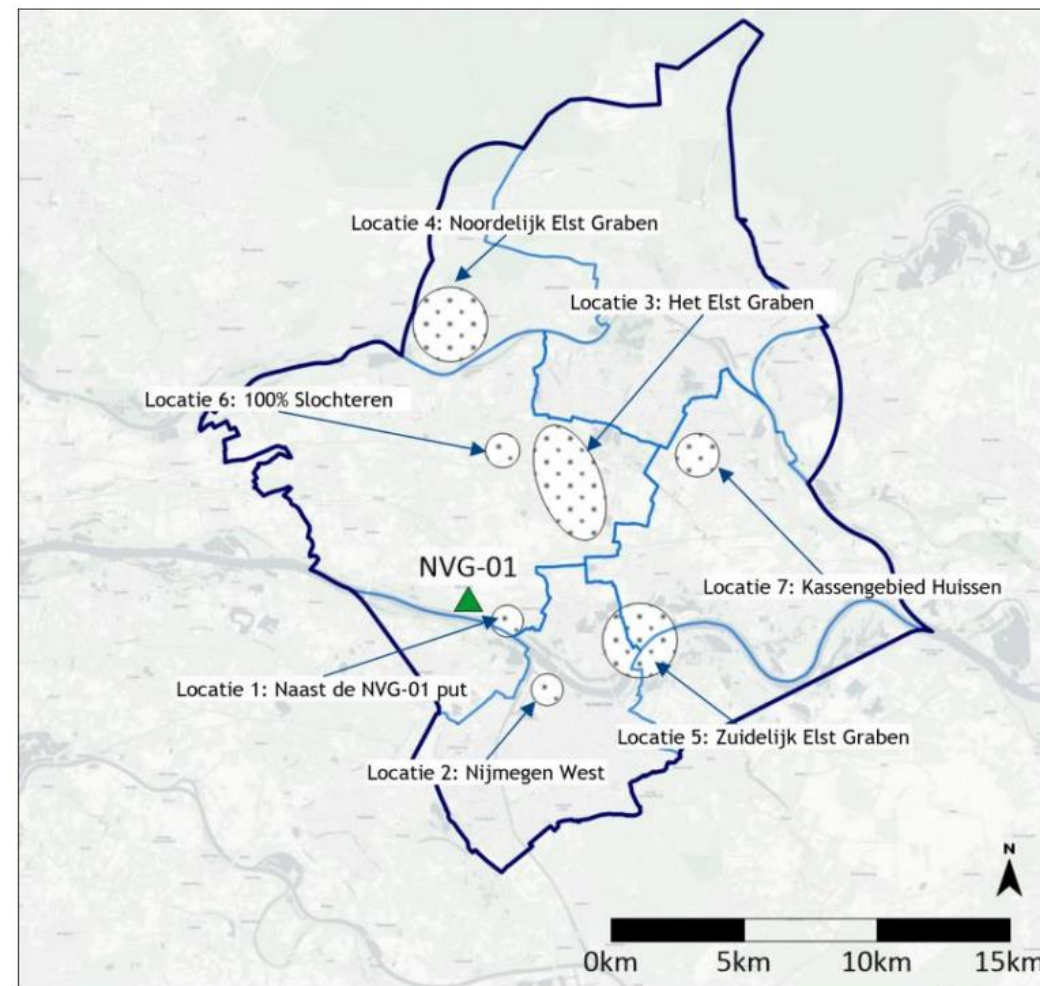
In een eerder uitgevoerd onderzoek door IF Technology* zijn een aantal potentiële locaties in de omgeving Lingewaard onderzocht voor geothermie.

Kansrijke geothermie locaties:

Locatie 3 wordt in het rapport van IF Technology als kansrijk geacht voor geothermie. De bron produceert genoeg inzetbare warmte om de hele wijk Zilverkamp van warmte te voorzien. Echter, deze bron is ook als kansrijk aangewezen voor Elst en voor het tuindersgebied NextGarden.

Locatie 7 is onzekerder, maar wordt door de ligging dicht bij de wijk Zilverkamp ook meegenomen in deze bronnenstudie. Locatie 7 produceert niet genoeg warmte om de hele wijk van warmte te voorzien. Bij gebruik van deze bron moeten er dus meerdere bronnen op het net worden aangesloten.

	Locatie 3	Locatie 7
Max. vermogen basisbron (kW)	8.500	1.661
Temperatuur warmtebron	46	43
Vollasturen	3.500	3.500
Aansluitpotentie (WEQ)	3.089	604



Potentiële warmtebronnen

Zonthermie

Voor zonthermie wordt een collectorveld met zonnecollectoren gebruikt. Er zijn twee opties geïdentificeerd, een optie met dagopslag en een optie met seizoensopslag. Zonthermie is eerder onderzocht door innoforte*. De data in de tabel komt hiervandaan.

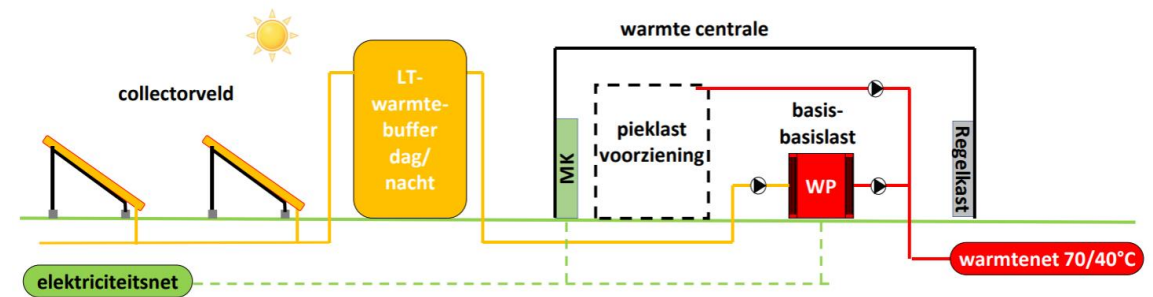
Conclusies:

Zonthermie + dagopslag produceert niet genoeg vermogen om de gehele wijk Zilverkamp van warmte te voorzien. Omdat in deze optie alleen dag opslag is meegenomen, zal deze bron in de wintermaanden niet genoeg warmte produceren om de gebouwen van warmte te voorzien. Hier zou de bron gebruikt kunnen worden voor het verwarmen van tapwater.

Zonthermie + seizoensopslag produceert ook niet genoeg vermogen om de gehele wijk Zilverkamp van warmte te voorzien. Wel kan deze bron ook in de wintermaanden voorzien in de verwarming van gebouwen, door seizoensopslag d.m.v. een HTO**, pitstorage of andere seizoensbuffering.

Een groter oppervlak voor het collectorveld zal leiden tot een hogere aansluitpotentie.

Beide bronnen zijn niet haalbaar omdat het zonnepark vanwege beschermd natuurgebied in een eerder stadium is afgefallen.



	Zonthermie + dagopslag	Zonthermie + seizoensopslag
Max. vermogen basisbron (kW)	13.889	13.889
Temperatuur warmtebron	MT	MT
Vollasturen	700	700
Aansluitpotentie (WEQ)	998	998

15 • *Duurzame warmtebronnen voor Lingewaard Bronnenboekje – Innoforte
 • **HTO lijkt niet kansrijk in dit gebied: Hoge temperatuuropslag NEXTgarden, IF Technology, TNO

Potentiële warmtebronnen

Buurtwarmtepomp

Een buurtwarmtepomp wordt op een centrale locatie in een wijk gezet. In de technische ruimte van de buurtwarmtepomp wordt warmte gemaakt door meerdere lucht-water warmtepompen te gebruiken. Pieken in de warmtevraag worden opgevangen door gaspieketels.

Conclusies:

De **Buurtwarmtepomp** is schaalbaar in te zetten. Afhankelijk van het aantal buurtwarmtepompen dat wordt ingezet, kan de gehele wijk Zilverkamp hiermee van warmte worden voorzien.

De Buurtwarmtepomp zal in de operationele fase minder rendabel zijn dan een ontwikkeld TEO systeem. Als tussenfase (transitiemiddel) kan een buurtwarmtepomp een goede optie zijn, gezien het systeem sneller te ontwikkelen is dan veel andere bronnen.



	Buurtwarmtepomp
Max. vermogen basisbron (kW)	Schaalbaar
Temperatuur warmtebron	70°C
Aansluitpotentie (WEQ)	Schaalbaar

Bronnenstudie Matrix



Onderstaande matrix geeft een kwantitatief overzicht van een aantal technische aspecten van de verschillende bronnen. Mede hiermee zijn de verschillende bronnen beoordeeld. Een pdf van deze bronnenstudie matrix is te vinden in Bijlage A.

Afwegingsmatrix warmtebronnen Zilverkamp	Geothermie locatie 3	Geothermie locatie 7	TEO Nederrijn	TEO Zwanewater	TEO Zwanewater + watergangen	Individuele warmtepomp	Individuele warmtepomp	Zonthermie + dagopslag	Zonthermie + seizoenopslag	Buurtwarmtepomp
Technische eigenschappen										
Technical readiness level (TRL)	8	8	8	8	8	8	9	7	7	9
Max. vermogen basisbron (kW) [grof]	8.500	1.661	Schaalbaar	2.100	4.200	Schaalbaar	Schaalbaar	13.889	13.889	Schaalbaar naar aantal Wpen en aantal MESSen
Temperatuur Warmtebron	46	43	LT-seizoensafhankelijk	LT-seizoensafhankelijk	LT-seizoensafhankelijk	70	55	LT/MT	LT/MT	70
Opwaardering nodig (j/n)	j	j	j	j	j	n	n	j	j	n
Realistisch inzetbare warmte basisbron (GJ/jaar) [grof]	107.100	20.930	74.414	18.810	37.620	Schaalbaar	Schaalbaar	35.000	35.000	Schaalbaar naar aantal Wpen en aantal MESSen
Max theoretische warmte (GJ/jaar) [grof]			142.178.000	739.279	739.279					
Vollasturen	3.500	3.500	3.500	2.500	2.500	8.760	8.760	700	700	3.500
Aansluitpotentie (aantal woningenequivalent) [1WEQ=1,67kW basislast of 10 kW aansluitvermogen, 33GJ]	2.797	547	1.943	491	982	Schaalbaar	Schaalbaar	998	998	Schaalbaar
Buffering										
Seizoensbuffering noodzakelijk (j/n)	n	n	n	j/n	j/n	n	n	n	j	n
Piekvoorziening										
Type piekvoorziening	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Elektriciteit	Elektriciteit	Gas	Gas	Gas
locatie mogelijkheden piekkel	ntb centrale locat	ntb centrale locat	ntb centrale locatie	ntb centrale locatie	ntb centrale locatie			ntb centrale locatie	ntb centrale locatie	In het gebouw van de buurtwarmtepomp
Duurzaamheid										
sCOP WP (opwarmen tot 75 graden) incl WKO*	4,6	4,6	3,9	3,0	4,0	3,0	3,5	3,9	3,9	2,7
elektrische aansluitvermogen (kW)	1.848	361	Schaalbaar	700	1.050	Schaalbaar	Schaalbaar	3.561	3.561	Schaalbaar
*uitgangspunt COP berekening									sCOP is inclusief tussenkomst WKO (COP warmtepomp 70% Carnotrendement; pompefficiëntie WKO: COP 23 voor zowel laden als ontladen)	
CO2 uitstoot										
CO2 uitstoot per GJ (elektriciteit) bij E-mix 2030 (0,186 kg/kWh*)	11	11	13	17	13	17	15	13	13	19
CO2 uitstoot per GJ (piekvoorziening) (aardgas: 2,085 kg/ Nm3 WTW** elektricit	68	68	68	68	68	52	52	68	68	68
(Typische) dekkingsgraad duurzamebron	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %
(Typische) dekkingsgraad piekvoorziening	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %
CO2 uitstoot warmte per GJ (kg CO2)	20	20	21	25	21	22	20	21	21	26
*PBL rapportage nationale energieverkenning 2017										
**CO2emissiefactoren.nl										
ter vergelijking huidige aardgasketel (68 kg CO2 / GJ)										
Inpassing in omgeving										
Afstand bron tot onderzoeksgebied (hemelsbreed tot buurtgrens) (m)	4.800	1.850	500	750	750	-	-	200	200	-
Afstand bron tot onderzoeksgebied (langs openbare weg tot warmteoverdrachtstations in de wijk) (m)	6.300	3.100	500	1.200	1.200	-	-	200	200	-
Continuïteit (beschikbaarheid)	Jaarrond beschikbaar	Jaarrond beschikbaar	Niet beschikbaar als temperatuur Nederrijn < 6C			Jaarrond beschikbaar	Jaarrond beschikbaar	Dag-nacht cyclus opvangen met warmtebuffer	Dag-nacht cyclus en seizoenafhankelijk	Jaarrond beschikbaar

Warmtesysteem- ontwerp

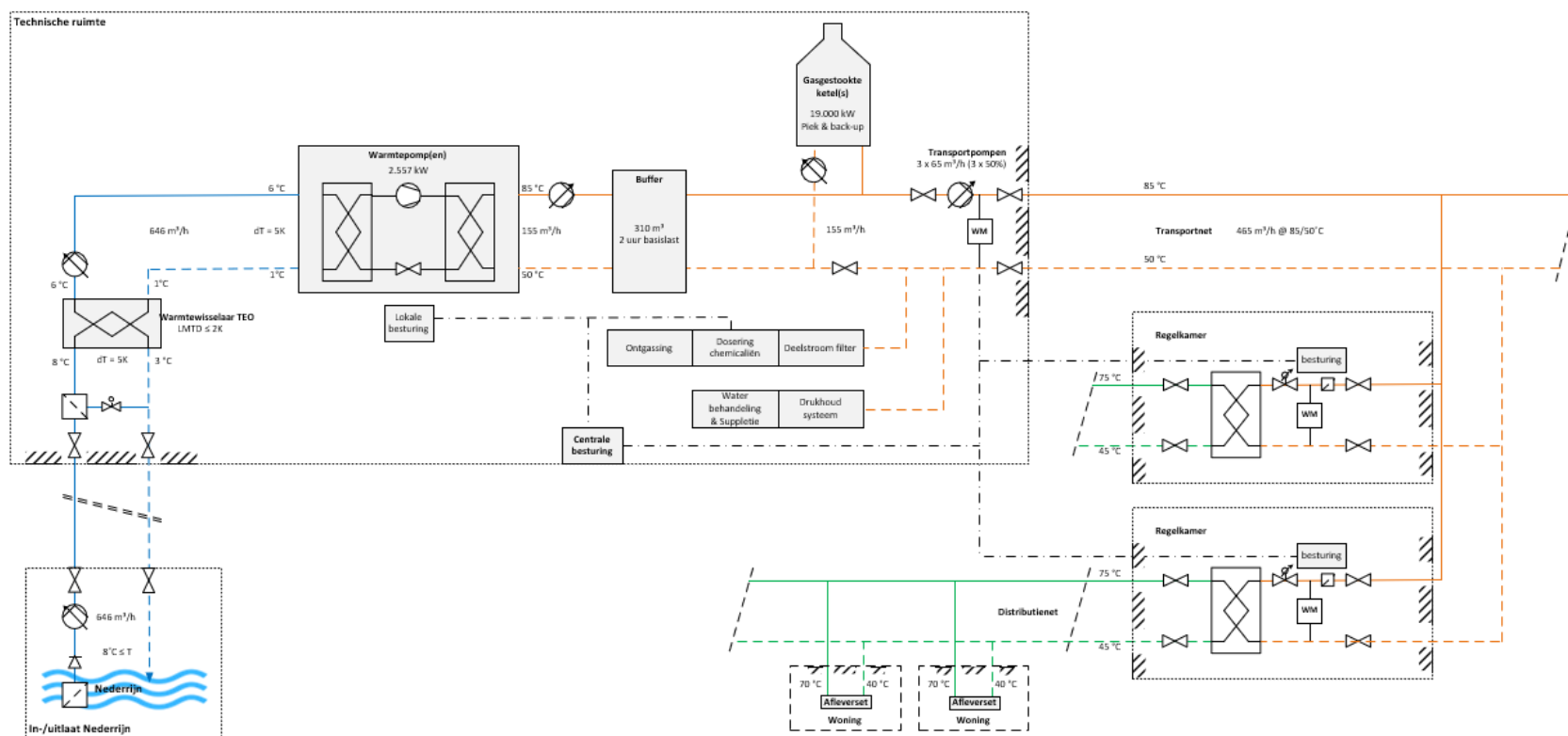
dep.nl

Beschrijving integraal energiesysteem



De warmte is afkomstig uit de Nederrijn waaruit deze het gehele jaar onttrokken kan worden. De onttrokken warmte heeft een te lage temperatuur om direct inzetbaar te zijn en dient daarom opgewaardeerd te worden. Opwaardering van de warmte gebeurt met een water-water warmtepomp waarna de warmte via het transportnet naar regelkamers wordt getransporteerd. Vanuit daar wordt de warmte via een distributienet naar de klanten getransporteerd. Bij klanten worden afleversets geplaatst waarmee de warmte wordt afgenomen.

Uitgangspunt voor het warmtenet is een MT-systeem (zie toelichting voor deze keuze slide 24). Het gekozen MT-systeem geeft garantie voor 70°C aanvoer en 40°C retour voor de achterste aansluiting in het warmtenet. Door de keuze voor dit temperatuurregime worden aanpassingen aan de klantzijde beperkt. Een hoge mate van isolatie is niet noodzakelijk maar wel te adviseren om de warmtevraag per woning verder te verkleinen. Het huidige afgiftesysteem (CV-installatie) kan doorgaans gebruikt worden en behoeft dus geen aanpassingen en er kan tapwater geleverd worden. Wanneer er wordt gekozen voor een lager temperatuurregime zijn deze aanpassingen aan de klantzijde noodzakelijk wat extra (hoge) kosten met zich meebrengt. Door de keuze van een MT-systeem is de benodigde aanvoertemperatuur bij de bron 85 °C voor het transportsysteem.



NB. Het gehele warmtesysteem is financieel meegenomen in de business case.
Het uitwerkingsniveau verschilt per onderdeel.

TEO systeem



De Locatie van het TEO systeem is gebaseerd op de rapportage “Collectief warmtenet met Aquatermie: Gemeenten Lingewaard en Arnhem, concept versie 1.1, 29 maart 2024”)

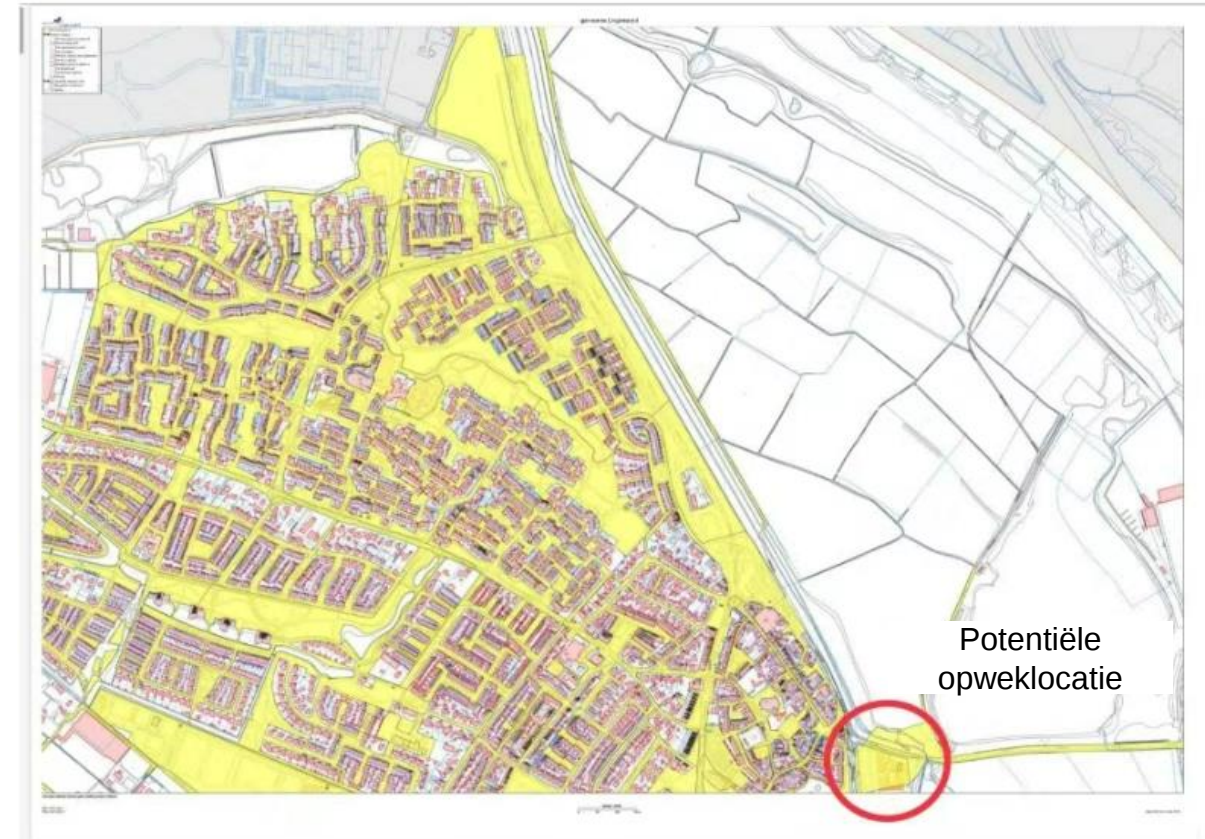
Een TEO-systeem bestaat uit:

- In- en uitlaat constructie in de Nederrijn
- Bronleidingen naar de opwekinstallatie
- Opweklocatie: gebouw, warmtepompen en gaspiekketels en alle andere benodigde techniek om de warmte te kunnen transporteren.

Aandachtspunten:

- De opweklocatie bevindt zich in de beschermingszone van de primaire waterkering.*
- De opweklocatie bevindt zich in natura 2000 gebied (aerius berekening benodigd om te bepalen of dat hier kan gerealiseerd worden)*
- De opweklocatie staat buitendijks ingetekend in het gebied dat als dient als eerste overloopgebied*

* Zie bijlage 2 voor nadere toelichting



Figuur 1 - Mogelijke bronlocatie Zilverkamp

Beschrijving In-/Uitlaat Nederrijn



In het schema wordt de onttrekking van energie uit de Nederrijn weergegeven.

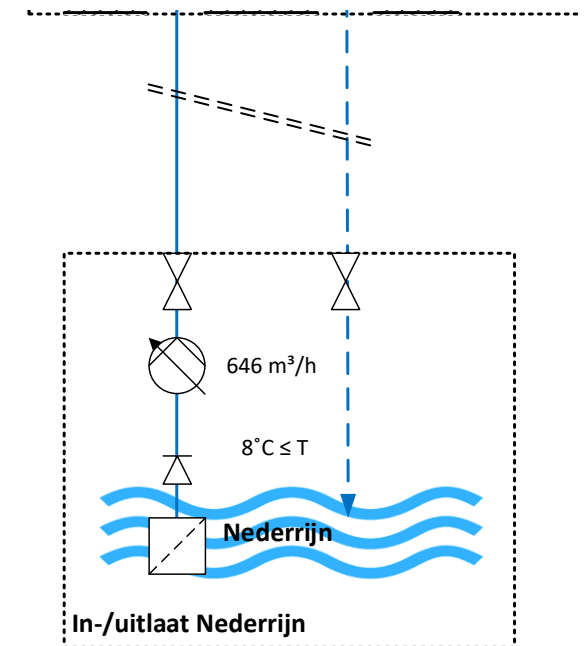
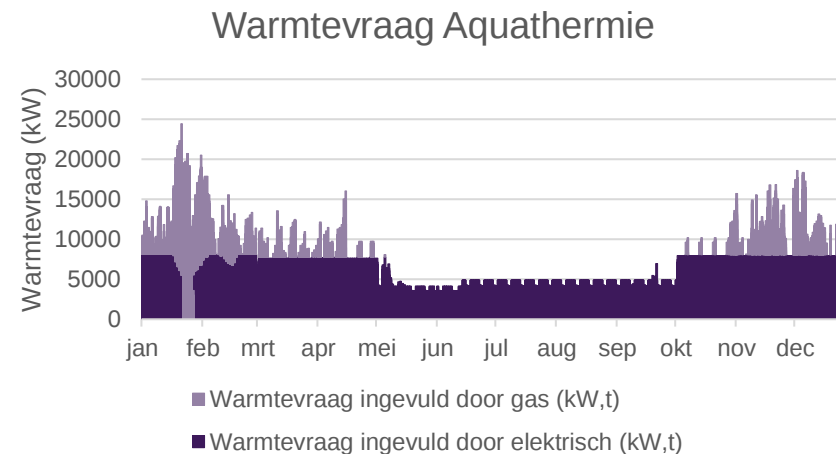
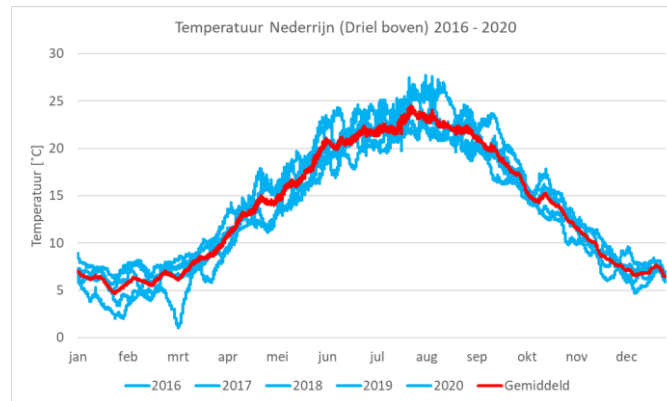
Om te voldoen aan de warmtevraag wordt maximaal 646 m³/h onttrokken bij een temperatuur boven de 8°C. Onderstaande figuur laat zien de gemiddelde temperatuur van de Nederrijn op enkele punten in het jaar onder de 8°C komt.

Bij een lagere temperatuur dan deze 8°C kunnen de warmtepompen nog op deellast draaien. Als de aanvoertemperatuur onder de 5°C komt draait de installatie volledig op gas.

Bij een temperatuur lager dan 5°C komt de retourtemperatuur in de warmtepomp onder de 0 °C en is er bevroeringsgevaar in het circuit. De grafiek 'warmtevraag aquathermie' laat zien dat in een gemiddeld jaar eind januari de warmtevraag volledig door gas wordt ingevuld.

De uitkoppeling is een aparte stroom met dubbele filtering, ter bescherming van de installatie.

De exacte locatie van de retourleiding wordt in een later stadium bepaald.



* Bron: Syntraal

Beschrijving Technische ruimte



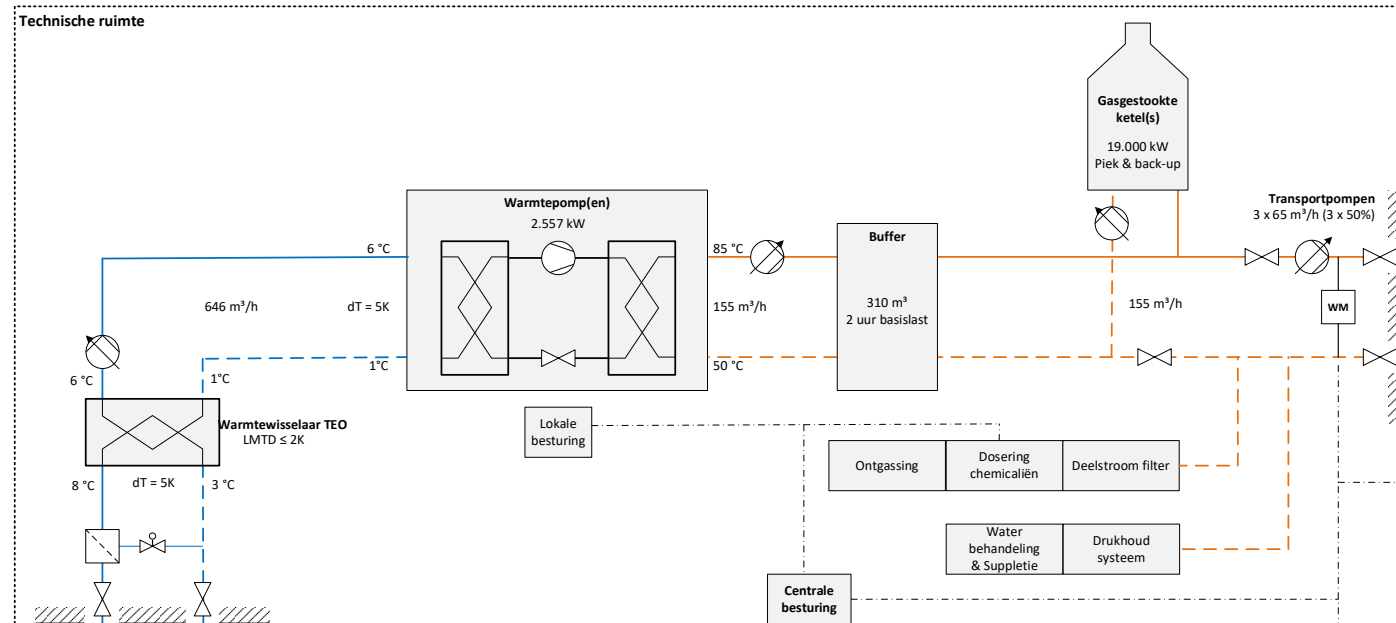
De figuur rechts geeft de technische ruimte van de TEO-installatie weer.

Nadat het lage-temperatuur water uit de Nederrijn is onttrokken wordt het gescheiden gehouden van het bronnet middels een warmtewisselaar.

De warmtepompen (tenminste twee) werken met een vermogen van 2.557 kW. In verband met de hoge temperatuursprong vanuit de bron zullen dit ten minste twee warmtepompen zijn, welke in serie geschakeld staan.

De buffer van 310 m³ zorgt voor een hogere dekingsgraad. Door deze de pieken op vangt voor de warmtepomp(en).

Er staan gasgestookte ketels met een totaal vermogen van 19.000 kW. Een van de ketels dient om de piekvermogens op te vangen, en dienen als back-up bij uitval van de TEO bron of warmtepompen. De drie transportpompen pompen vervolgens het opgewarmde water naar het transportnet.



Beschrijving Regelkamer & Afleverset



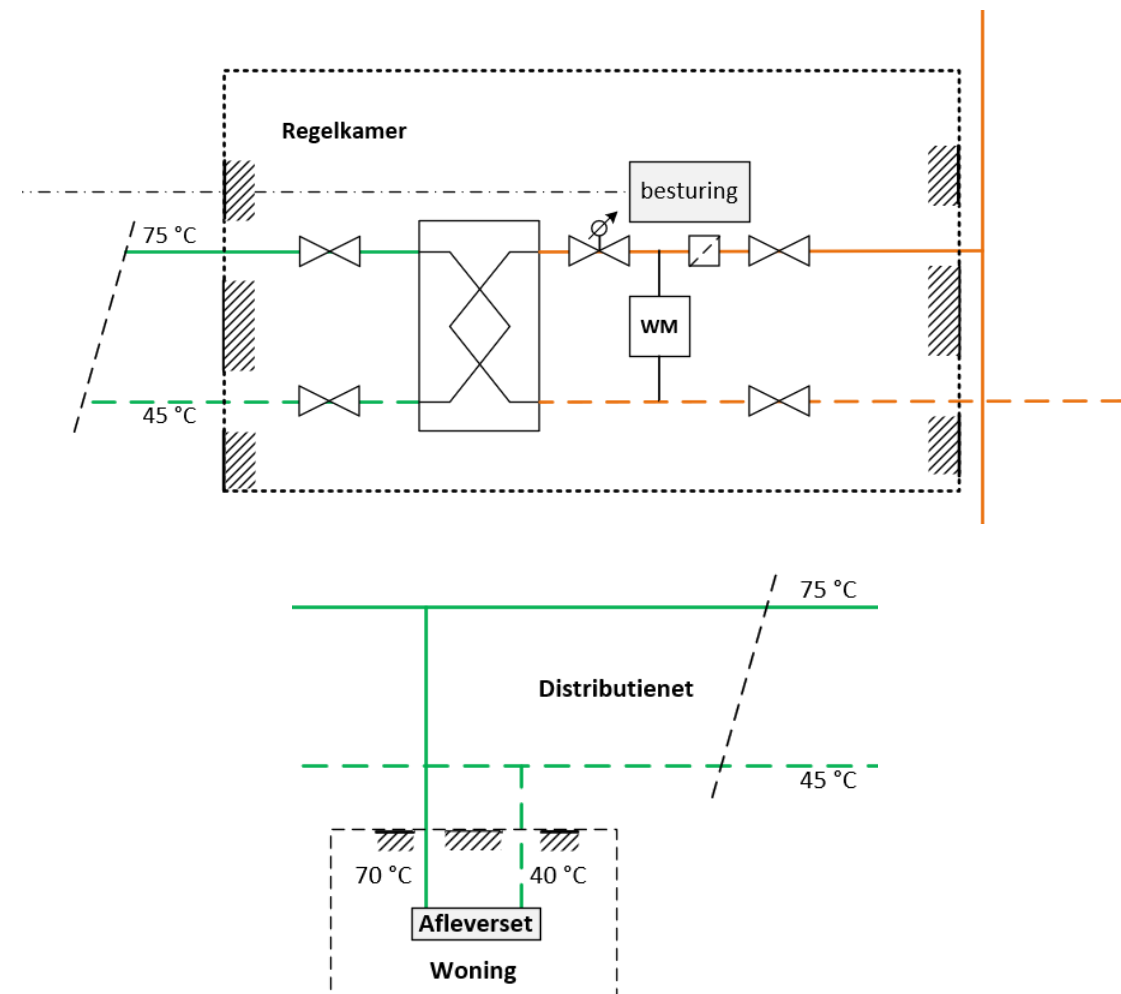
Regelkamers voor het distributietnet:

Het transportnet komt uit bij de regelkamers. Vanuit daar wordt de warmte via een distributienet getransporteerd naar de afleversets van de klanten.

Het water met een temperatuur van 85°C uit het transportnet wordt hier in de regelkamer door een warmtewisselaar hydraulisch gescheiden van het distributienet. Distributiepompen in de regelkamer pompen water in het distributienet rond.

Woning:

In de woning kan via de afleverset warmte geleverd worden ten behoeve van warm tapwater en ruimteverwarming. Om het warmtenet zo efficiënt mogelijk te opereren is het van belang dat het water met een zo laag mogelijke retourtemperatuur vanuit de woning terug komt. Het water vanuit de woning dient met maximaal 40°C retour te komen. Hiervoor dient de Cv-installatie waterzijdig ingeregeld te worden.

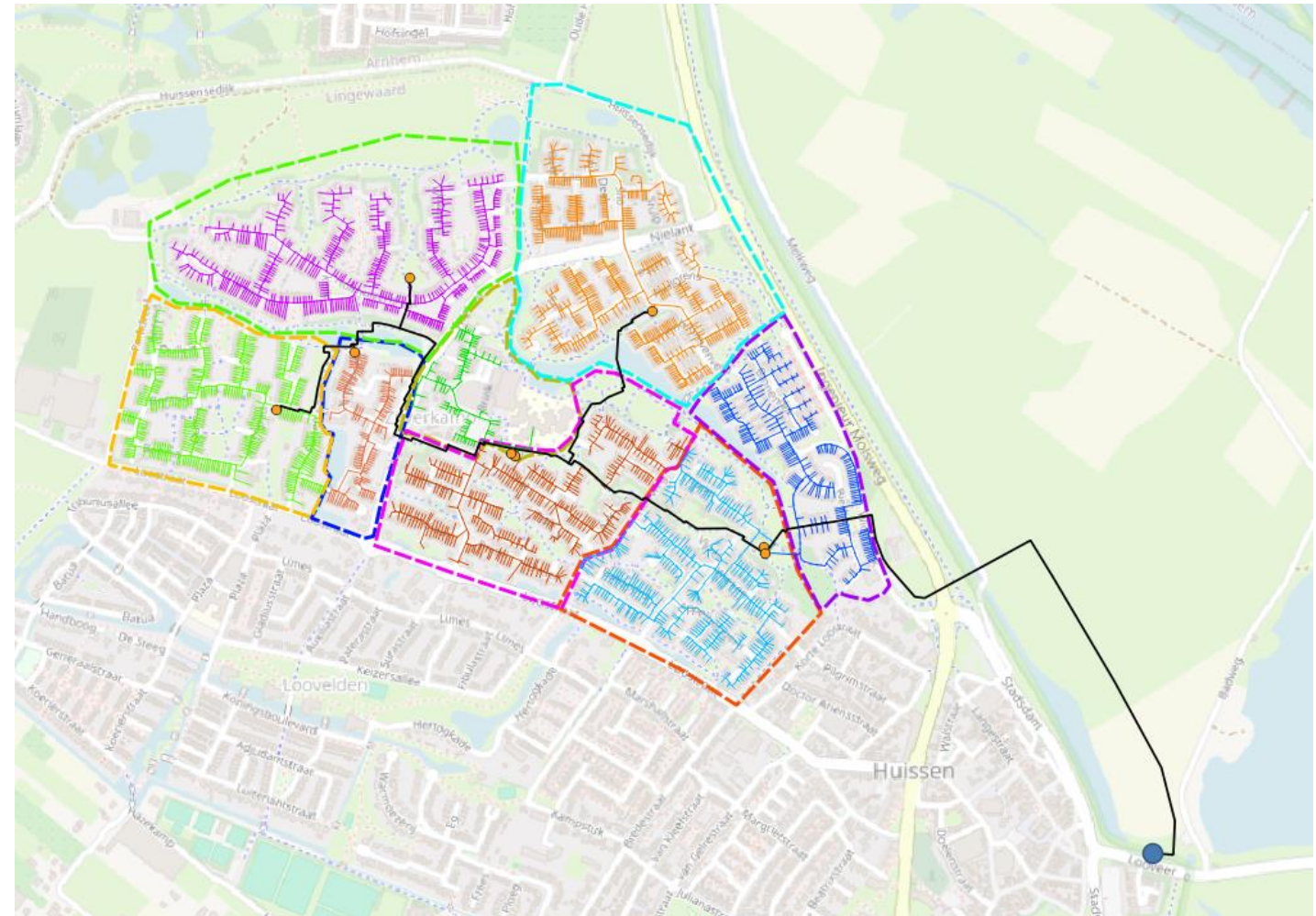


Concept ontwerp warmtenet

Transportnet, regelstations, distributienet en aansluitleidingen

Vanaf de TEO opweklocatie ligt het transportnet (zwart) tot aan de regelstations (indicatieve locaties oranje stippen). Distributienetten liggen vanaf de regelstations tot aan de woningen.

Voor de doorrekening van het netontwerp van de transportleiding en de distributienetten, zie bijlage 3.



Systeem temperatuurkeuzes

Toelichting kritische temperaturen en benodigde maatregelen

Energiebesparing is
altijd aan te raden

In bestaande bouw adviseren wij een 70-40 graden (aanvoer-retour) temperatuur aan te bieden aan de woningen. Bij dit temperatuurregime kan tapwater op juiste temperatuur worden bereid, zonder dat er additionele tapwater verwarmingssystemen benodigd zijn in de woning. Voor ruimteverwarming is deze temperatuur met minimale aanpassingen (zoals waterzijdig inregelen) voldoende om woningen warm te krijgen.

Temperatuur
afgiftesysteem

Individueel systeem

Collectief systeem



Isolatie

dep.nl



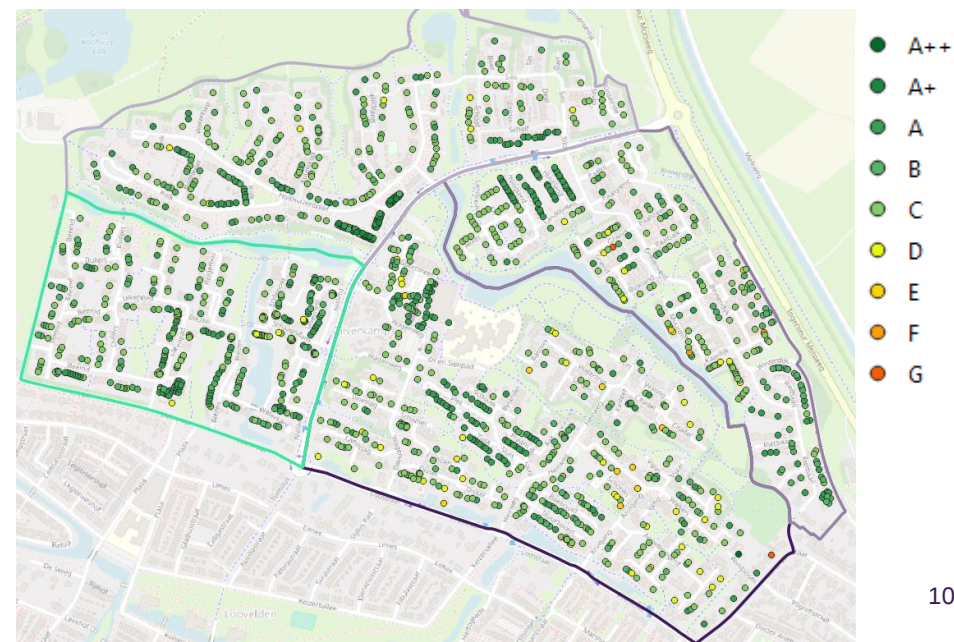
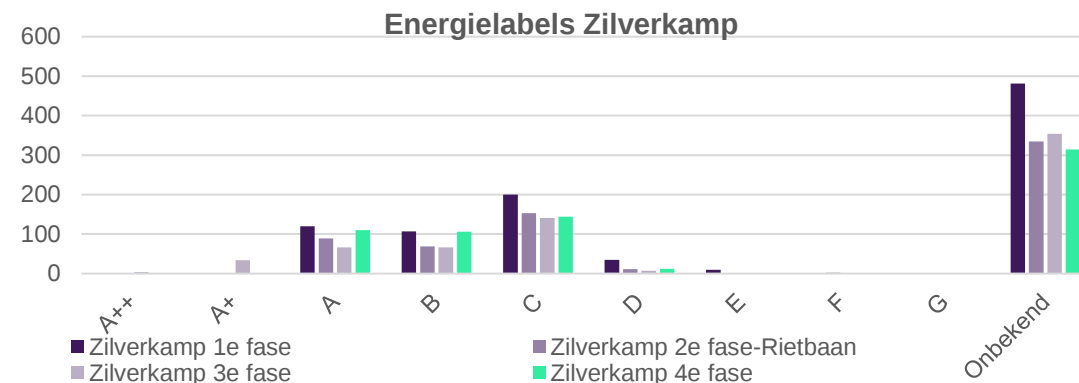
Isolatie Zilverkamp

Besparingspotentieel

Het besparingspotentieel in aantallen is beperkt. Er zijn circa 640 woningen die nog geïsoleerd kunnen worden naar een label C, of er zijn 1.400 woningen die nog naar label B geïsoleerd kunnen worden. Afhankelijk van naar welk niveau geïsoleerd wordt is de **besparingspotentie** in totale jaarlijkse warmtevraag respectievelijk naar label C 2% of naar label B 6% van de totale woningen.

Van de 2.773 woningen hebben 1.304 een onbekend energielabel. Op basis van postcode 6 aardgasverbruiksdata zijn de onbekende energielabels gematcht naar vergelijkbaar gasverbruik in de bekende labels.

Energielabel	Aantal bekend	Aantal gematcht	Isoleren naar label C	Isoleren naar label B
A++	5	5	5	5
A+	34	429	429	429
A	367	447	447	447
B	346	480	480	1.855
C	637	746	1.375	
D	65	332		
E	11	84		
F	2	9		
G	2	204		
Onbekend	1.304	37	37	37
Eindtotaal	2.773	2.773	2.773	2.773



Isolatie Zilverkamp

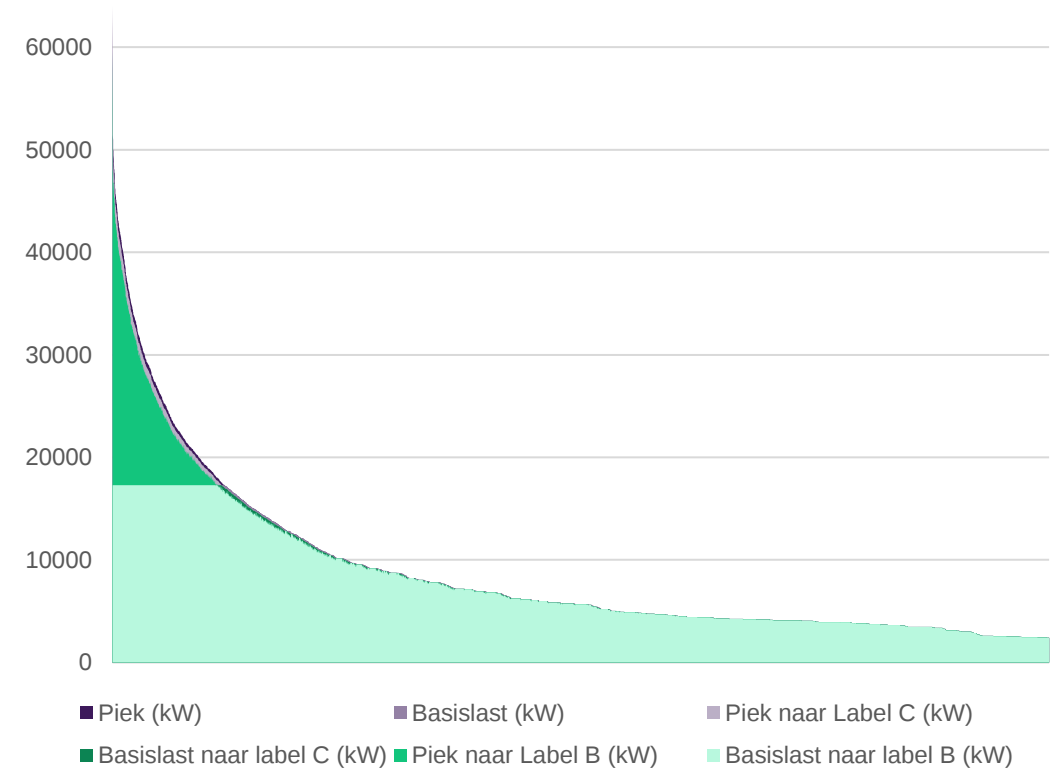
Impact Dekkingsgraad

Verdere isolatie reduceert de pieken in de vraag van ruimteverwarming. Waardoor de basislastbronnen, bij een gelijkblijvend vermogen, een relatief groter deel van de warmtevraag kunnen leveren. In andere woorden, de dekkinggraad van de basislastbronnen neemt toe wanneer de piekvraag afneemt.

Hiernaast is dit effect in een hypothetisch voorbeeld geïllustreerd. Waarbij de basislast een dekkinggraad 87% levert. Na een reductie van de warmtevraag door isolatie naar label C stijgt de dekkinggraad naar 87,6% en door isolatie naar label B stijgt de dekkinggraad naar 88,5%.



Jaarbelastingduurkromme



CO₂-uitstoot

dep.nl

CO₂-Uitstoot

TEO Zilverkamp met warmtebuffer en all-electric



In de figuren hiernaast staat de CO₂-uitstoot van de drie beschouwde weergegeven. De all-electric optie is het minst CO₂-intensief, gevolgd door het TEO-systeem en de gasreferentie is het meest CO₂-intensief

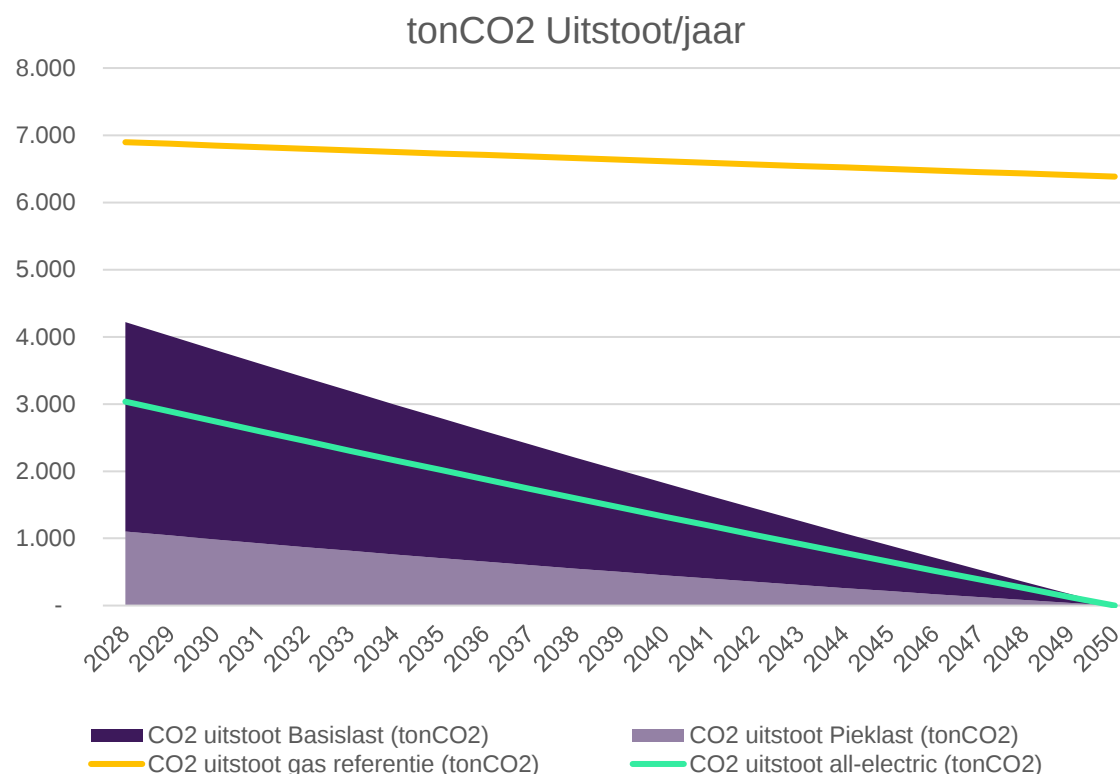
Uitgangspunten in de bepaling van de CO₂-uitstoot zijn:

- Warmtevraag reductie van 0,35%/jaar wegens klimaatopwarming (ook voor all-electric)
- Warmtevraag voor all-electric gaat uit van 6% lagere warmtevraag (gelijk aan besparingspotentieel van alle woningen naar label B)
- Elektriciteit heeft in 2024 een emissiefactor van 0,328kgCO₂/kWh
- Elektriciteit heeft in 2050 geen CO₂-uitstoot en dit loopt lineair naar beneden vanaf 2024
- Aardgas heeft een emissiefactor van 2,134kg CO₂/Nm³ -> 60,67 kgCO₂/GJ
- De gasmix voor de piekvoorziening van het TEO-systeem loopt lineair naar 0 CO₂-uitstoot in 2050
- Het TEO-systeem bevat een buffer van 700 m³

Opmerkingen:

- Voor het TEO-systeem en de referentie case lager zullen uitvallen
- Aardgas in het TEO-systeem kan vervangen worden door een duurzaam gas
- Er kan altijd gekozen worden voor een alternatieve, gasloze piekvoorziening

tonCO ₂	Basislast	Pieklast	TEO totaal	Referentie gas	All-electric
Cumulatieve uitstoot t/m 2050	35.166	11.928	47.094	152.656	34.067



Samenvatting CO₂ besparing

Conclusies

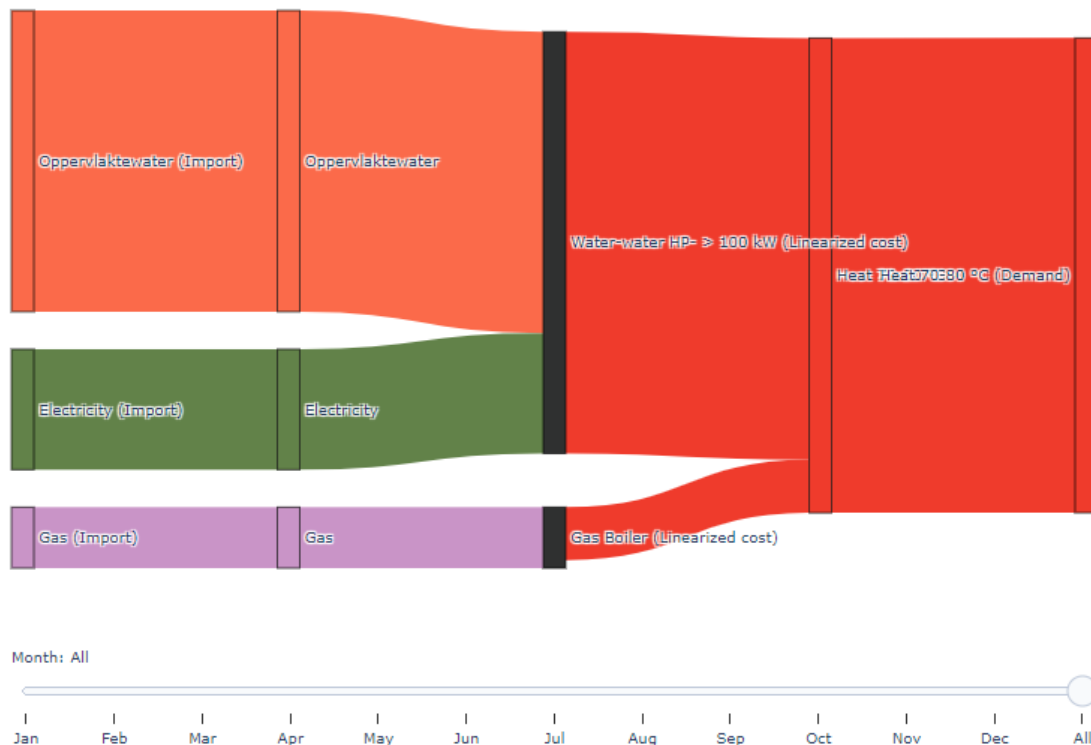
- Het toevoegen van een buffer aan het TEO systeem in Zilverkamp zorgt voor een verhoging van de dekkinggraad van 87% naar 94%.
- Door verdere isolatie van de woningen stijgt de dekkinggraad naar 95,5%.
- Verdere verduurzaming naar 100% CO₂ reductie zal kunnen worden bereikt door het aardgas te vervangen met een duurzaam gas of naar elektriciteit.
- Middels de inzet van warmtebuffers daalt de warmteprijs

Uitkomsten:

	Zilverkamp TEO*	Zilverkamp TEO + buffer*
Kosten warmte (EUR per GJ) (all-in: CAPEX, OPEX en inkoop energie en rendement (IRR)).	22,84 – 30,09	21,67 – 29,36
CO₂ besparing huidige E-mix	35%	40%
CO₂ besparing 2050	88,5%	95,5%
CO₂ besparing door verduurzamen piekvoorziening	100%	100%

1a. Warmtesysteem Zilverkamp

Warmtesysteem Zilverkamp met TEO uit de Nederriijn



* Voor de uitgangspunten van de simulaties, zie bijlage 5

Uitkomsten:

Tabel: uitkomsten Scenario 1a*

Life-cycle cost (EUR)	3.029.000 – 3.990.000
Warmtekosten GJ (EUR)	22,84 – 30,09
CO ₂ uitstoot scenario (ton CO ₂)	4.200
CO ₂ uitstoot huidige aardgas situatie (ton CO ₂)	6.436
CO ₂ besparing (huidig – 2050)	35% - >88,5%**
Dekkingsgraad TEO (huidig – 2050)	87% - >88,5%**

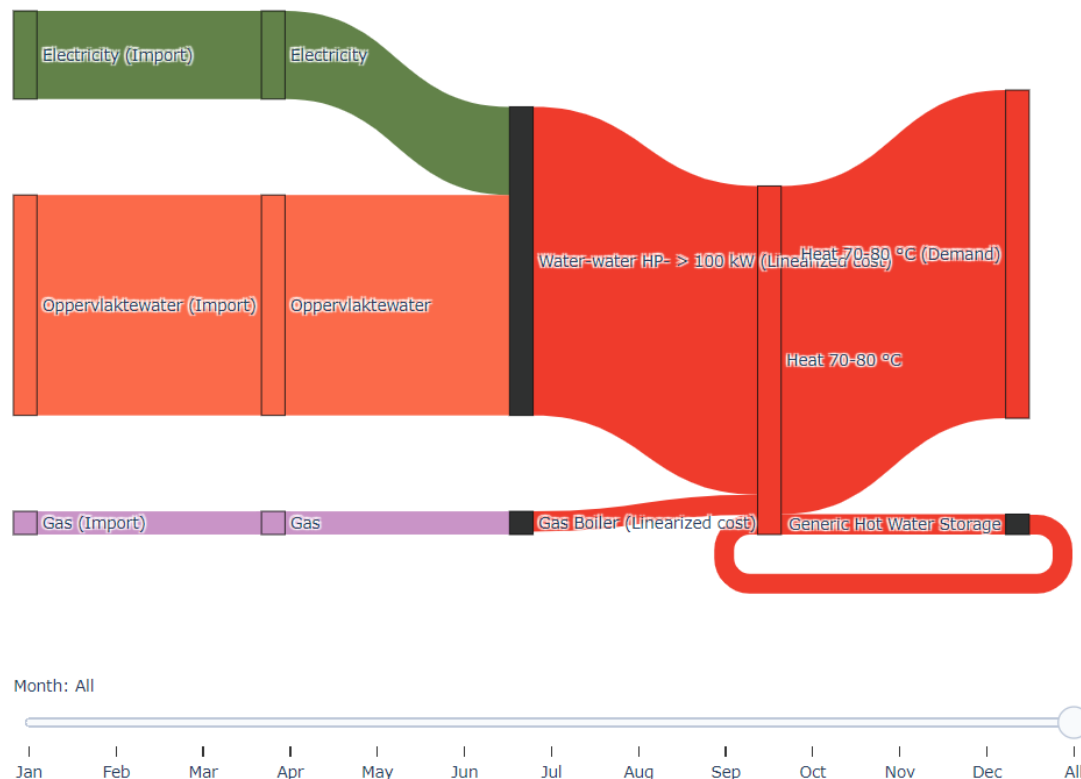
In het eerste scenario is het warmtesysteem gesimuleerd voor de wijk Zilverkamp.

De TEO installatie die de warmte verzorgt is zo groot gekozen dat het 87% van de warmtevraag kan voorzien. Deze zal door isolatie naar 88,5% stijgen in 2050. De rest wordt opgevangen door piekketels. Verdere verduurzaming zal kunnen worden bereikt door het aardgas te vervangen met een duurzaam gas of naar elektriciteit.

**door verduurzaming van de elektriciteitsmix zal de CO₂ besparing toenemen in de toekomst. Daarbij zal door isolatie van woningen naast de jaarvraag ook de vermogensvraag verminderd worden, waardoor de duurzame bron een grotere dekingsgraad kan halen.

1b. Warmtesysteem Zilverkamp met opslag

Warmtesysteem Zilverkamp met TEO uit de Nederrijn



* Voor de uitgangspunten van de simulaties, zie bijlage 5

Uitkomsten:

Tabel: uitkomsten Scenario 1b*

Life-cycle cost (EUR)	2.879.000 – 3.893.000
Warmtekosten GJ (EUR)	21,67 – 29,36
CO ₂ uitstoot scenario (ton CO ₂)	3.836
CO ₂ uitstoot huidige aardgas situatie (ton CO ₂)	6.436
CO ₂ besparing (huidig – 2050)	40% - >95,5%**
Dekkingsgraad TEO (huidig – 2050)	94% - >95,5%**

In dit scenario is een warmtebuffer met een inhoud van 700 m³ aan het systeem toegevoegd. De warmtebuffer zorgt voor een toename in de dekkingsgraad van 87% naar 94%. Door verdere isolatie stijgt de dekkingsgraad naar 95,5%. Verdere verduurzaming zal kunnen worden bereikt door het aardgas te vervangen met een duurzaam gas of naar elektriciteit. De kosten per GJ nemen af door de inzet van een warmtebuffer.

**door verduurzaming van de elektriciteitsmix zal de CO₂ besparing toenemen in de toekomst. Daarbij zal door isolatie van woningen naast de jaarvraag ook de vermogensvraag verminderd worden, waardoor de duurzame bron een grotere dekkingsgraad kan halen.

Financiële resultaten

dep.nl



Financieel resultaat

Conclusie

Voor het project is een business case (hierna BuCa) opgesteld. Met de uitkomst van de BuCa in combinatie met ACM gemaximeerde tarieven worden de investeringen met een geschat rendement van 6% afgedekt. Om de kosten voor het aanleggen van het warmtenet te bekostigen, kunnen er verschillende subsidies worden aangevraagd. Deze kunnen van de resultaten worden afgetrokken, wat resulteert in een netto BAK (bijdrage aansluitkosten).

Netwerk	Particulier	Woningcorporatie
Uitkomst BuCa	€ 15.776 (+ 5.132; - 3.208)	€ 15.776 (+ 5.132; - 3.208)
SDE ++	€ - 3.519	€ - 3.519
WIS	€ - 3.500 (+ 3.500; - 1.972)	€ - 3.000 (+ 3.000; 0)
EIA	€ - 2.100	€ - 2.100
PAW	€ - 1.477	€ - 1.477
SAH	-	€ -1.704 (+ 1.704; - 2.096)
Netto BAK	€ 5.180 (+ 8.632; - 5.180)	€ 3.976 (+ 9.863; - 3.976)

Uitkomst BuCa De uitkomst zet de onrendabele top op 0 en daarmee rekent de business case rond. De uitkomst bestaat uit de Aansluitbijdrage (AB) welke door de ACM gemaximeerd is en een Kostendekkende bijdrage (KDB).

SDE++ fase 3 (bij inschrijving) reduceert de BAK met 3.910 EUR / aansluiting **Warmte Infrastructuursubsidie (WIS)**, is gemaximeerd op 6.000 EUR/woning voor huurwoningen en op 7.000 EUR/woning voor particuliere woningen.

EIA (Energie-investeringsaftrek) reduceert de BAK met 2.100 EUR / aansluiting

PAW (Programma Aardgasloze Wijken): reeds uitgekeerde subsidie: 3,5 Miljoen; verdeeld over het aantal woningen met een participatiegraad 85% komt dit uit op 1.477 EUR / woning.

Netto BAK Dit bedrag wordt gevraagd per woning door de investeerder in het netwerk. Deze komt tot stand door de uitkomst te verminderen met subsidies voor het warmtebedrijf.

De gebouweigenaar maakt in de woning ook kosten, dit zijn de gebouwkosten. Hieronder vallen kosten zoals: verwijderen gasinstallatie, aansluiten huisinstallatie op afleverset, waterzijdig inregelen en elektrisch-koken. Particuliere woningeigenaren en woningcorporaties kunnen subsidies krijgen waar een groot deel van de kosten mee afgedekt kunnen worden.

Gebouw	Particulier	Woningcorporatie
Inpandige kosten	€ 3.670 ¹	€ 3.670
ISDE	€ -3.775	
SAH		€ -1.200
Netto gebouwkosten	€ -105	€ 2.470

Inpandige kosten verwijderen gasinstallatie, aansluiten huisinstallatie op afleverset, waterzijdig inregelen en elektrisch-koken. De kosten voor woningen met individuele ketels worden ingeschat op gemiddeld 3.700 EUR op basis van ervaringsgetallen. Dit zijn de grondgebonden woningen, zowel in particulier als woningcorporatie bezit, en de flats met individuele gasketels.

ISDE subsidie voor particulieren is 3.775 EUR per woning.

SAH voor woningcorporatie woningen 40% van de kosten voor gebouw aanpassingen (max. 1.200) en 30% kosten aansluiten op warmtenet maximaal per woning

Netto gebouwkosten Inpandige kosten voor de huiseigenaar na aftrek van subsidies

¹gebouwkosten zie bijlage 4

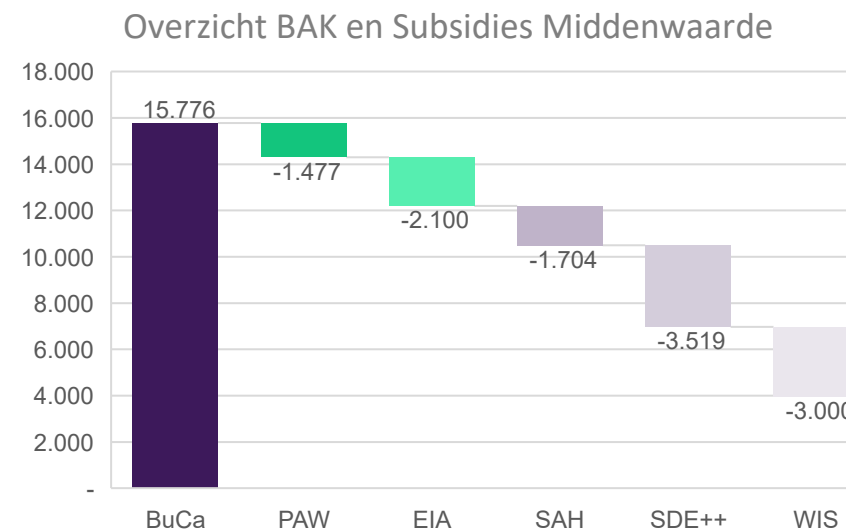
Financieel resultaat



De uitkomst uit de business case is een bijdrage van 15.776,- EUR. Dit kan gereduceerd worden middels subsidies. In het figuur rechtsboven worden mogelijke uitkomsten van subsidie gunningen gegeven. De PAW is een al gegunde subsidie, de EIA is een subsidie waarvan vrijwel zeker is dat die gegund gaat worden. De SAH, SDE++ en WIS subsidie zijn minder zeker en vereisen tijdige aanvraag binnen de gestelde voorwaarden om gegund te worden. Daarnaast zijn de hoogtes van de SAH en de WIS nog variabel.

Linksonder in het figuur wordt de impact op de BAK van subsidies weergegeven tot de verwachte netto BAK waarde van 3.976,- EUR voor woningcorporaties.

Het is van zeer groot belang voor de haalbaarheid dat men zich inzet om de mogelijke subsidies gegund te krijgen.



Uitkomsten Businesscase

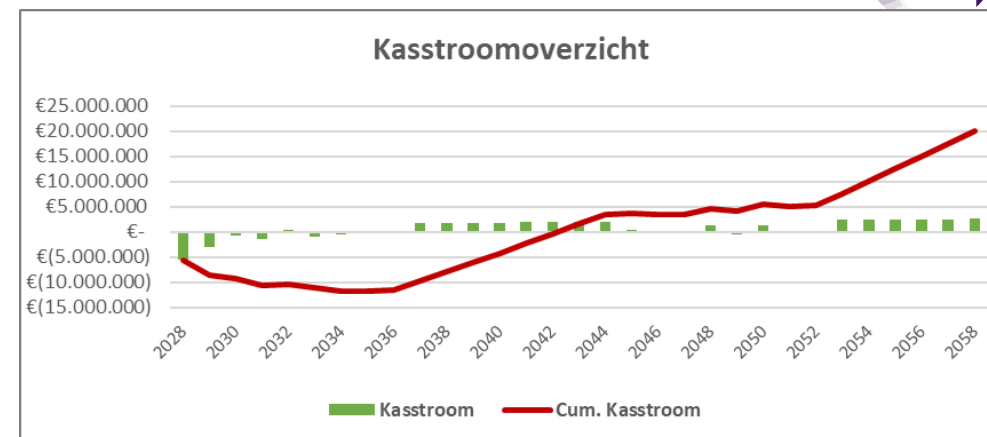
Totaal resultaat

We gaan uit van een business case van 30 jaar. De typisch figuur van het cumulatieve kasstroomoverzicht (het verschil tussen inkomsten en uitgaven) laat het eerste jaar een dip zien (het jaar waarin wordt geïnvesteerd), waarna het langzaam (de jaren waarin de inkomsten worden geïnd) uiteindelijk leidt tot een positieve businesscase. Oftewel de kosten gaan voor de baten uit. Uiteindelijk komt de Business Case Netto Contant na 30 jaar uit op nul. De kostendekkingsbijdrage (KDB) wordt zo gekozen dat de Businesscase netto contant op nul uitkomt (NCW=0). Dit betekent dat in dit geval een rendement van 6% behaald wordt, gelijk aan de WACC.

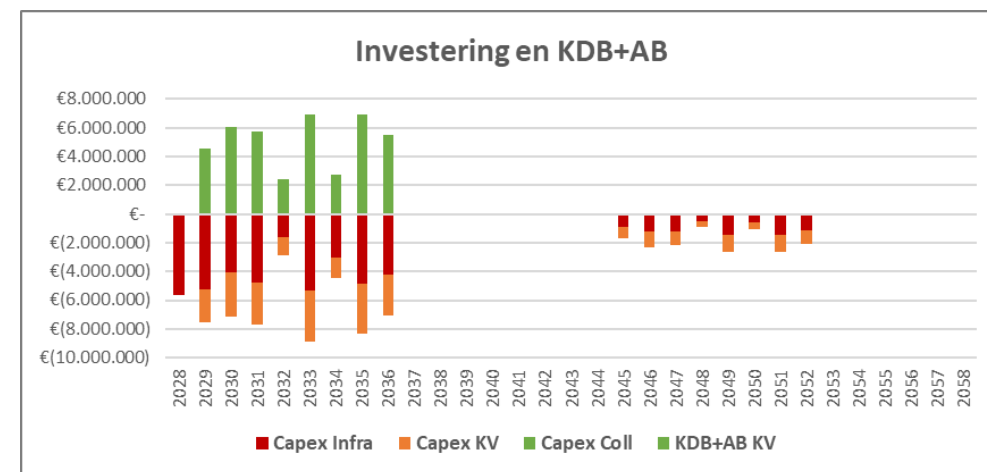
Samenvatting resultaten	Totalen	Investering per aansluiting	
Bruto investering	€ 55.003.198	Bruto investering	€ 23.208
KDB (kostendekkingsbijdrage)	€ 27.104.420	KDB (kostendekkingsbijdrage)	€ 11.436
AB (aansluitbijdrage)	€ 10.238.528	AB (aansluitbijdrage)	€ 4.339
Netto investering	€ 17.615.250	Netto investering	€ 7.433
IRR (internal rate of return)	6,00 %		
NCW (netto contante waarde)	0		
Terugverdiëntijd (in jaren)	15		
Vereist projectrendement	6,00 %		

De benodigde Bruto BAK (Bruto Bijdrage Aansluitkosten) (KDB + AB) komt uit op **circa 15.776 EUR per woning**.

Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen grondgebonden- en gestapelde woningen.



In de kasstromen is te zien dat in het eerste jaren netto geïnvesteerd wordt, waarna door een netto marge deze investering wordt terugverdiend. Na 15 jaar vinden er herinvesteringen in afleversets en warmtepompen plaats.



In de eerste jaren wordt er geïnvesteerd en wordt de Bruto BAK als inkomsten in de BuCa opgenomen. Na 15 jaar vinden herinvesteringen plaats in afleversets en warmtepompen.



Risico-gevoeligheidsanalyse

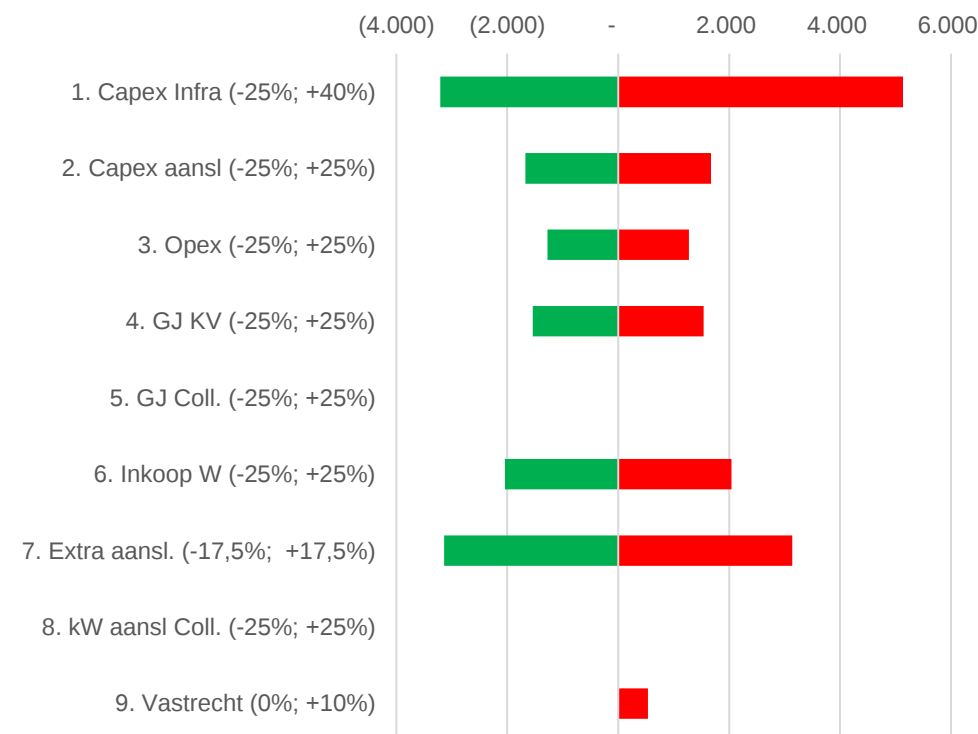
Impact op de Bruto BAK (bruto bijdrage aansluitkosten)

Van een aantal parameters wordt de impact weergegeven bij een afwijking (zowel positief als negatief) op de kosten voor de aansluitbijdrage (BAK) per woning.

Korte uitleg per risico/kans parameter

1. De ingeschatte investeringen in de netwerken en opwekinstallatie vallen in de praktijk hoger/lager uit.
Hierbij is uitgegaan van een gevoeligheid van +50% tot -30% voor de opwekinstallatie en een gevoeligheid van +30% tot -20% voor de distributienetten.
2. De inschatting voor de investering van het aansluiten van een gebouw/woning valt hoger/lager uit. Nu is gerekend met p85; de kosten kunnen zowel hoger of lager uitpakken.
3. Operationele kosten (pompenergie, beheer en onderhoudskosten) vallen hoger/lager uit.
4. Inschatting van de warmtevraag valt hoger/lager uit. De isolatie van woningen kan sneller en/of grondiger plaatsvinden dan ingeschat met een autonome isolatiesnelheid van 0,35% / jaar.
5. N.v.t.
6. Inkoop warmteprijs (elektriciteit en/of aardgas) valt duurder/goedkoper uit.
7. Participatiegraad pakt hoger/lager uit. In de base case is uitgegaan van een participatiegraad van 85%. De boven - en ondergrenzen zorgen voor een participatiegraad van circa 100% en 70% respectievelijk.*
8. N.v.t.
9. Variatie in het vastrecht. Deze kan alleen lager uitkomen dan het ACM tarief.

Sensitivities: Extra benodigde AB+KDB in
€/aansluiting (op tijdstip t=0)



De uitkomst van de business case komt neer op € 15.776, uit de gevoeligheidsanalyse komt een maximale afwijking van € -3.208 tot € +5.132

*In het model is de basiswaarde 85%, om op 70 respectievelijk 100% participatie te komen is gerekend met 17,5% t.o.v. 85%.



Subsidies

Overzicht van de beschikbare subsidies

- **SAH:** Subsidie Aardgasloze Huurwoning, vaak door woningcorporaties aangevraagd. Per woning ontvangt u maximaal 5.000 EUR (4.132 EUR Excl. BTW) subsidie. [Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen \(SAH\) \(rvo.nl\)](#).
- De SAH vergoedt 40% van de aanpassingen in de woning. U ontvangt maximaal een subsidiebedrag van 1.200 EUR (992 EUR Excl. BTW) per woning voor deze in pandige woningkosten. Dit is ook het maximale bedrag dat de SAH vergoedt voor woningen die al op een warmtenet zijn aangesloten.
- De SAH vergoedt 30% van de aansluitkosten van een woning op een warmtenet. U ontvangt maximaal 3.800 EUR (3.140 EUR Excl. BTW) subsidie per woning voor de aansluitkosten.
- **ISDE:** Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing, deze kunnen particuliere woningeigenaren ontvangen voor de kosten die gemaakt worden bij de overstap op een warmtenet. De subsidie voor een aansluiting op een warmtenet bedraagt 3.775 EUR (3.120 EUR Excl. BTW). [ISDE: Aansluiting op een warmtenet woningeigenaren \(rvo.nl\)](#).
- **EIA:** Voor de investeerder in de distributie vanaf de bron t/m de afleverset is de mogelijkheid van het verkrijgen van een EIA. [Energie-investeringsaftrek \(EIA\) \(belastingdienst.nl\)](#).
- **WIS:** Warmte Infrastructuur Subsidie, is een subsidie die een investeerder in een warmtenet kan aanvragen om een onrendabele top met ca. 6000 EUR/aansluiting (4.959 EUR Excl. BTW) af te dekken (voor huurwoningen, voor overige kleinverbruikersaansluitingen is het bedrag maximaal 7.000 EUR/aansluiting).
- **PAW:** Programma Aardgasvrije Wijken. [aardgasvrijewijken.nl](#)
- **SDE++:** Subsidie Duurzame Energie. Dit is een exploitatiesubsidie die het verschil tussen de kostprijs van de techniek en de gemiddelde marktvergoeding voor de opgewekte energie. [rvo.nl/subsidies-financiering/sde](#)



Warmtesysteem en kosten

Overzicht CAPEX en OPEX per onderdeel van het warmtesysteem



Gebouw

Aansluiting

Warmtenetwerk

Opwek

CAPEX

- Verwijderen gasinstallatie
- Aansluiten CV op afleverset
- Elektrisch-koken
- Inregelen radiatoren
- Overig: evt. vervangen radiatoren en buizen

OPEX

- Beheer en onderhoudskosten

CAPEX

- Woning-aansluitleiding
- Binnen-aansluitleiding
- Afleverset

OPEX

- Beheer en onderhoudskosten

CAPEX

- Leidingen
- Aanleg

OPEX

- Beheer onderhoudskosten

CAPEX

- TEO installatie
- Eventueel grondaankoop

OPEX

- inkoop elektriciteit en aardgas
- beheer onderhoudskosten

Leverancierskosten

OPEX

- Administratie

OPEX

- inkoop warmte



Investeringskosten voor opwekinstallatie

Gebruikte aannames voor investeringskosten

De investeringskosten voor de TEO installatie zijn gebaseerd op de standaard kostenkentallen die door het PBL worden gepubliceerd. Deze kostenkentallen zijn geschaald naar de grootte van de TEO installatie. Aanbeveling is om in de vervolg fase net als de netwerken een locatie bepaling voor het gebouw voor de opwek en een ontwerp te laten maken van de opwek, met daarnaast de uitwerking van de in- en uitlaat constructie door RWS.

	Kosten opwekinstallatie	Eigenschappen opwekinstallatie	Kosten opwekinstallatie totaal (EUR)
TEO installatie	1.116 (EUR/kW)	6.200 kW	6.920.898
HWC	160 (EUR/kW)	19.000 kW	3.040.000
Leiding naar Nederrijn	1.000 (EUR/m)	1.000 m	1.000.000
Totaal:			10.960.898

Daarnaast zijn ook de ontwikkelkosten (DEVEX) kosten meegenomen in onderstaande tabel. Deze zijn geschat op 250.000 EUR.

	Kosten opwekinstallatie	EUR/aansluiting
Opwekinstallatie	10.960.898	4.625
DEVEX kosten	250.000	105
Totaal:	11.210.898	4.730



Investeringskosten voor netwerk

Gebruikte aannames voor investeringskosten

De investeringskosten voor het transportnet en distributienetten zijn ingeschat op basis van de lengtes, diameters en ligging onder welk type bestrating. De totale benodigde distributienetlengte is 17,6 kilometer tracé en 3,5 kilometer transportnet, de kosten voor het netwerk zijn hieronder weergegeven.

	Investeringskosten warmtenetwerk (EUR)	Investeringskosten per aansluiting (EUR)
Transportnet	5.436.200	2.294
Distributienet	17.861.218	7.536
Regelkamers	1.600.000	675
Totaal:	24.897.418	10.505

Daarnaast zijn er aansluitleidingen vanaf de leiding in de straat tot en met de doorgang van de vloer in de woning. Inpandig zijn er aanpassingen nodig: leidingen inpandig vanaf doorgang vloer naar afleverset en plaatsen beugel afleverset. Alle investeringskosten bij elkaar zijn in deze tabel uitgedrukt per woning:

	Opsplitsing kosten (EUR)
Transportnet	2.294
Distributienet	7.536
Regelkamers	675
Aansluitleiding	5.970
Afleverset	2.000
Gemiddelde kosten per aansluiting:	18.475 EUR / aansluiting



Productiekosten warmte

Gebruikte aannames voor de productiekosten warmte

In de business case wordt gerekend met een all-in inkoopprijs van warmte per bron. Op basis van het type opwekker worden de inkoopkosten bepaald. Voor de warmtepompen zijn dit de inkoopkosten van de benodigde hoeveelheid elektriciteit per geproduceerde GJ. Voor de gasketels worden de inkoopkosten van het gasverbruik per geproduceerde GJ bepaald.

Prijsopbouw warmteprijs	Prijs EUR/GJ
Bovengrens (geen SDE++)*	15,70
Bovengrens (SDE++ fase 3)***	9,70

Prijsopbouw piekinstallatie	Prijs EUR/GJ
Warmteproductie gaspiek**	25,83

De warmteprijs van de warmtepompen is ingeschat op 15,70 Euro per GJ (exclusief SDE) (dit zijn de inkoopkosten voor elektriciteit, inclusief energiebelasting en netwerkkosten)

De warmteprijs van de piekinstallatie is ingeschat op 25,83 Euro per GJ. (dit zijn de inkoopkosten voor aardgas inclusief energiebelasting en netwerkkosten)

De warmte van de TEO bron zal circa 90% van de warmte volumevraag invullen en de piekinstallatie 10%. Dit is op basis van ervaring en wordt veel gehanteerd in het vakgebied omdat dit de meest interessante afweging is tussen duurzaamheid en financiën. Deze verhouding wordt bereikt door de basisbron te dimensioneren op 1/3 van de piekvraag en de piekinstallatie op 2/3 van de piekvraag.

Op basis van de door PBL uitgegeven basis- en correctiebedragen voor een TEO installatie met een subsidie intensiteit van 255 EUR/t CO₂ (fase 3)***. Voor de warmteprijs komt dit uit op een SDE++ bijdrage van 6 EUR/GJ.

*elektriciteitstarief: inschatting een derde van de gasleveringsprijs, in deze studie dus 0,15EUR/kWh (hier bovenop komen de tarieven voor Energiebelasting en netwerk.)

** gasleveringsprijs bedraagt 80% van het tarief van gereguleerde tarief zoals vastgesteld door ACM, in deze studie 0,45EUR/m³ kale leveringsprijs. (hier bovenop komen de tarieven voor Energiebelasting en netwerk.)

***Brochure SDE 2024 ([rvo.nl](https://www.rvo.nl)) (2024)



Warmtetarieven op basis van ACM

Gebruikte aannames voor warmtetarieven

Uitgangspunt voor de tarieven is het niet meer dan anders (NMDA) principe, dit betekend dat de jaarlijkse kosten voor warmte niet hoger mogen zijn dan de kosten voor aardgas en kosten voor aardgasketel. Dit principe wordt door de ACM gehanteerd om jaarlijks de maximum warmtepreizen te publiceren die wettelijk voor woningen gelden.

Voor woningen wordt in de business case gerekend met de ACM tarieven van 2024, voor verdere toelichting hierop zie [Tarieven warmte en koude | ACM.nl](#):

- Jaarlijks vastrecht: €582,82 per jaar incl. BTW (€ 481,67 excl. BTW)
- Warmteverkoopprijs EUR/GJ: € 46,69 per GJ incl. BTW (€ 38,59 excl. BTW).*
- Meettarief per jaar: € 31,68 per jaar incl. BTW (€ 26,18 excl. BTW)
- Huur afleverset per jaar voor een woning: €145,38 per jaar incl. BTW (€ 120,15 excl. BTW)

In het business case model wordt daarnaast uitgegaan van een eenmalige bijdrage op moment van aansluiten.

Deze bijdrage is opgesplitst in Aansluitbijdrage (AB) welke in principe geldt voor een aansluiting als er al een warmtenet aanwezig is en een Kostendeckingsbijdrage (KDB) welke als sluitpost voor de business case wordt gehanteerd (het gedeelte van de investeringen die niet afgedekt kunnen worden met alle bovenstaande tarieven en AB over een looptijd van 30 jaar. De eenmalige bijdrage die betaald wordt zijn beide posten AB en KDB opgeteld.

* Conform de ACM methodiek valt er circa 32-33m³ gas in een GJ warmte.

Doorkijk

dep.nl



Doorkijk

De doorkijk bevat:

- Het organisatorische kader
- Mogelijkheden koude levering
- Individuele warmtepomp
- Uitbreidbaarheid van TEO-warmtenet Zilverkamp
 - Naar de directe omgeving voor meer warmteafzet
 - Naar de regio voor koppeling van bronnen en buffers
 - Case studie om nut en noodzaak van koppeling in de regio van bronnen en buffers
- CO₂-uitstoot van warmteoplossingen

Organisatorisch kader

dep.nl



Verkenning organisatorisch kader

Op basis van gesprekken met de diverse stakeholders

Gesprekken zijn gevoerd met de opdrachtgever Gemeente Lingewaard (wethouder en beleidsambtenaar) en diverse andere stakeholders, waaronder de directeur van WNL (Warmte Netwerk Lingewaard), de gebiedsregisseur van netbeheerder Liander, de directeur en manager verduurzaming van wooncorporatie Woonwaarden, de voorzitter van CDZ (Coöperatie Duurzaam Zilverkamp) en de directeur van Lingezege Energy.

In al deze gesprekken werd de wil tot verduurzaming van Zilverkamp uitgesproken, waarbij een warmtenet wordt gezien als mogelijke oplossingsrichting. Dit onder de voorwaarden dat deze oplossing technisch robuust is en voor de huurders en bewoners financieel betaalbaar is in vergelijking met bijvoorbeeld een all-electric warmtepomp oplossing.

Conclusies en aanbevelingen

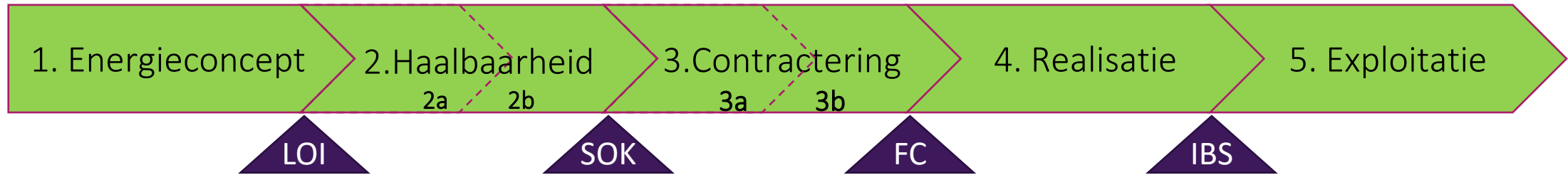
De algemene conclusie, mede op basis van de resultaten van het technisch/financiële deel van dit onderzoek, is dat het in principe mogelijk is om als gemeente Lingewaard een warmtenetwerk in Zilverkamp te ontwikkelen en te exploiteren.

Het verdient aanbeveling, mede gezien de beoogde nieuwe warmtewetgeving, om als gemeente de regie te houden op de ontwikkeling en exploitatie van het warmtenet door middel van een Warmtebedrijf. En hierbij stelselmatig samen te werken met partijen WNL, Liander en woningbouwcorporatie Woonwaarden en (op termijn) lokale (bewoners)organisaties, ter vergroting van het draagvlak binnen Zilverkamp voor deze collectieve warmtevoorziening.

Energieprojectfasen ontwikkeling en exploitatie warmtenet



Van grof naar gedetailleerd: techniek, financieel, organisatorisch, juridisch



1. Energie concept: **Ideeën-fase:**

initiatiefnemer: Toets toepassing beoogd energieconcept

2a. Haalbaarheidsfase (verkenningfase): **Start met LOI:**

Stakeholders: Quick scan, technisch, financieel, organisatorisch / risico's, overall BuCa

2b. Haalbaarheidsfase (verkenningfase): ná besluit overall BuCa

Stakeholders: Schetsontwerp, juridisch kader/ subsidies / risico's, overall BuCa, individuele BuCa's

3a. Contracteringsfase: **Start met SOK:**

Projectteam: Voorlopig ontwerp, subsidies/vergunningen, aanbesteding/risico's, Individuele BuCa's, besluitvorming

3b. Contracteringsfase: ná toekenning subsidie en vergunningen,

Projectteam: Definitief ontwerp, bestek t.b.v. aanbesteding en contracten exploitatiefase, **Sluit met Financial Close**

4. Realisatiefase: Ná Financial Close (ondertekening Contracten) en Aanbesteding: **Bestek:**

aannemer(s), directievoerder, omgevingsmanager, uitvoering en oplevering & in bedrijfstelling

5. Exploitatiefase: warmteleveringscontract: **In Bedrijf Stelling**

warmteketenpartners: bron-productie-transport-levering-afname / Operations, Beheer & Onderhoud

Inzet gemeente Lingewaard ten aanzien van vorm warmtenet



Mogelijke vormen warmtenet in de ontwikkelingsfase en de exploitatiefase



Inzet Gemeente:

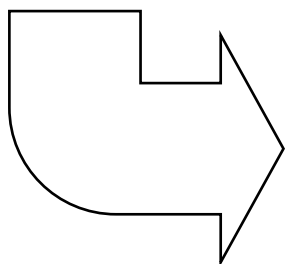
- Facilitator
- (Mede)eigenaar warmtebedrijf
- (co)financier
- (Integrale) aanbesteder

Ontwikkeling Warmtenet door (combinatie van) :

- Provincie / Gemeente (publiek)
- Gemeente / ontwikkelaar (publiek/particulier)
- Consortium warmteketen (particulier/(publiek)
- Integraal warmtebedrijf (particulier)

Exploitatie door een van onderstaande vormen :

- Provinciaal Warmtebedrijf
- Gemeentelijk Warmtebedrijf
- Lokaal Warmtebedrijf
- Warmtebedrijf (commercieel energieconcern)



Besluitvormingstraject:

- Gesprekken met andere gemeenten
- Interne afstemming binnen gemeente Lingewaard
- Afstemming met de besturen partners
- Intentieverklaring

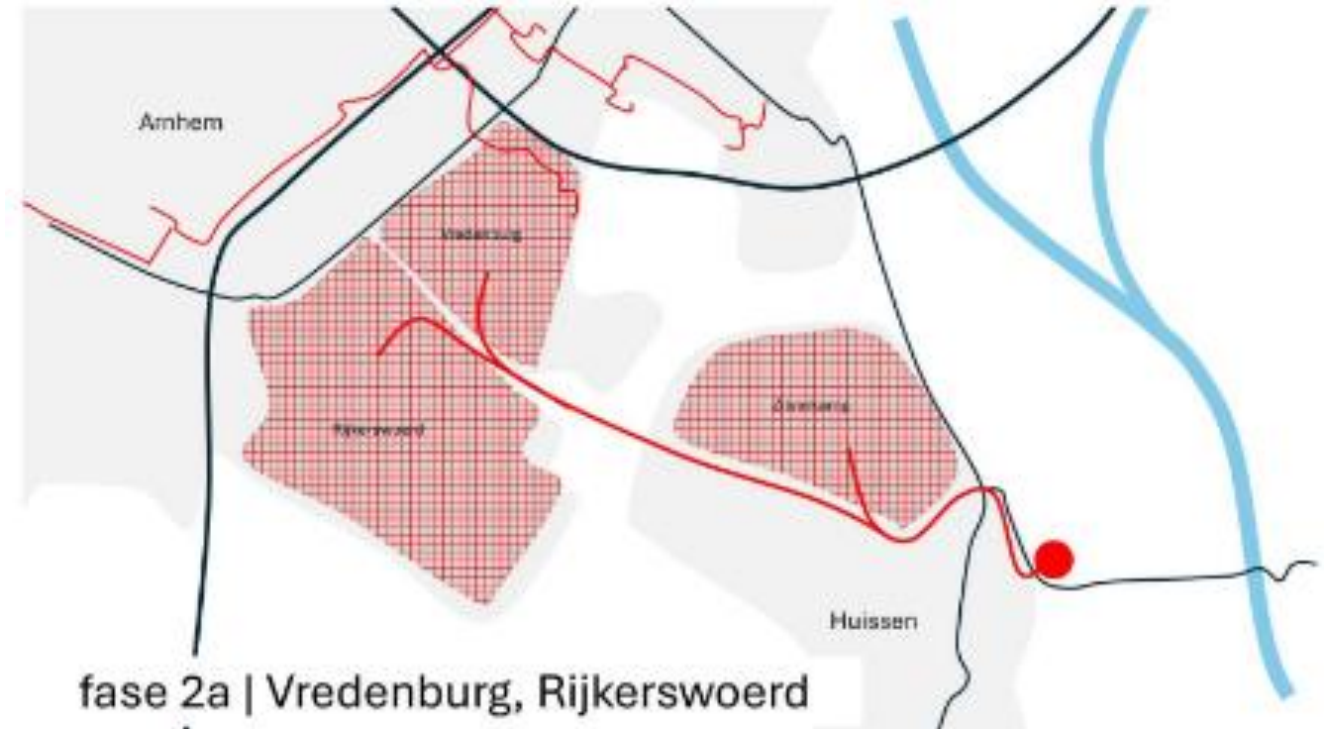
Uitbreidbaarheid TEO - Zilverkamp

dep.nl

Doorkijk naar uitbreidbaarheid naar directe omgeving

Niveau uitbreidbaarheid directe omgeving

Nabij Zilverkamp zijn de buurten Vredenburg en Rijkerswoerd (gemeente Arnhem) als potentiële uitbreidingsmogelijkheden om warmte af te zetten geïdentificeerd in het traject 'Warmte uit Water'. De financiële en technische haalbaarheid van deze uitbreidbaarheid dient nog getoetst te worden.



Doorkijk naar uitbreidbaarheid naar de omgeving

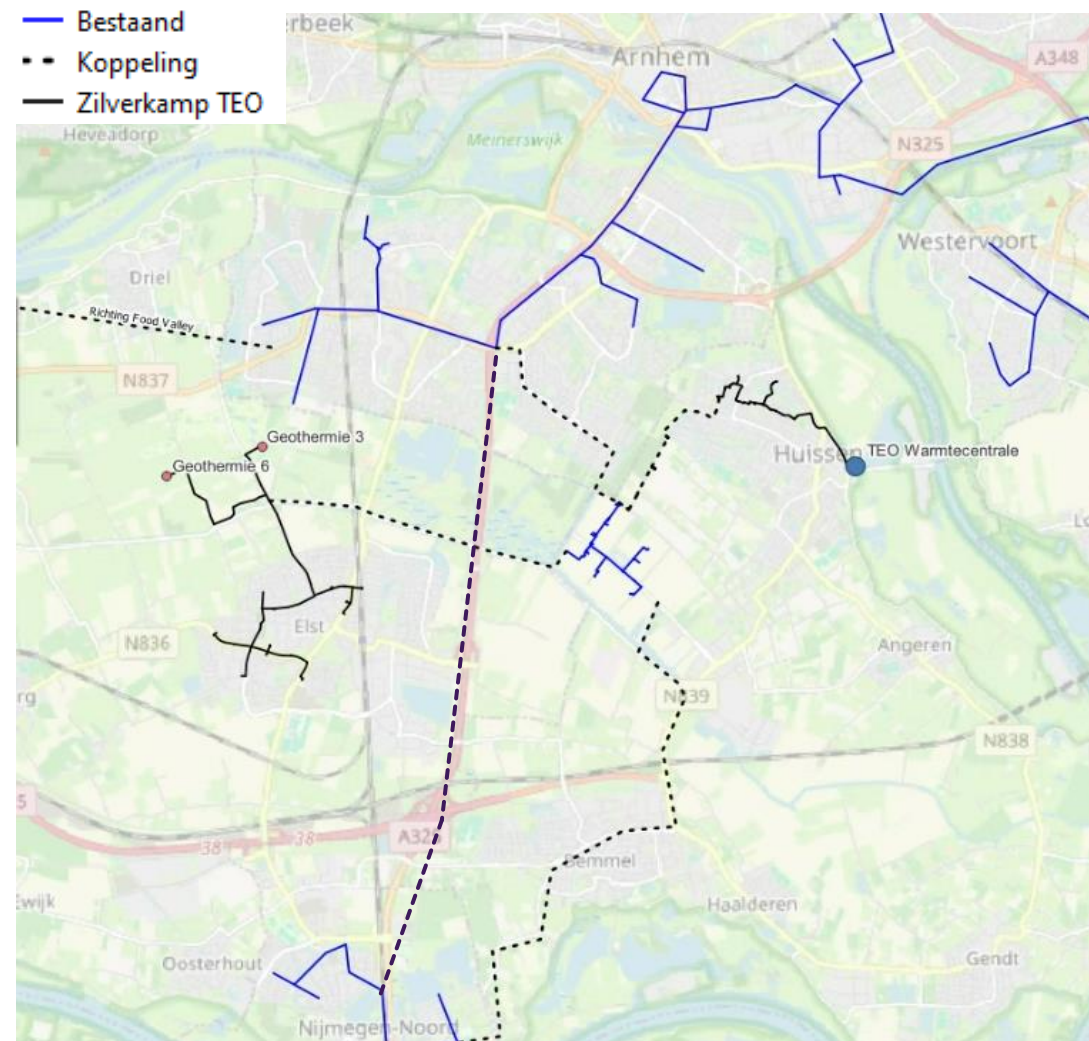
Uitbreiding warmtesysteem en regionale koppeling



Koppeling warmtesystemen regionaal

1. Potentiële koppelingen tussen warmtegebieden
 - Zilverkamp koppelen aan Arnhem, Bergerden, Elst en/of Nijmegen.
2. Wat is de nut en noodzaak van de koppelingen
 - Overcapaciteit benutten van een bron of bronnen tussen warmtegebieden, waardoor koppeling de warmte duurzamer of goedkoper wordt.
 - Groter systeem zorgt voor extra gelijktijdigheidsvoordeel. Meer warmteafzet betekent meer ongelijktijdigheid.
 - Robuustheid van het systeem neemt toe: redundantie in bronnen. Bij uitval kan deze opgevangen worden door andere bronnen in het grotere systeem.

Om de nut en noodzaak van een regionale koppeling te demonstreren wordt er één regionale koppeling uitgediept middels simulaties in een case-study.

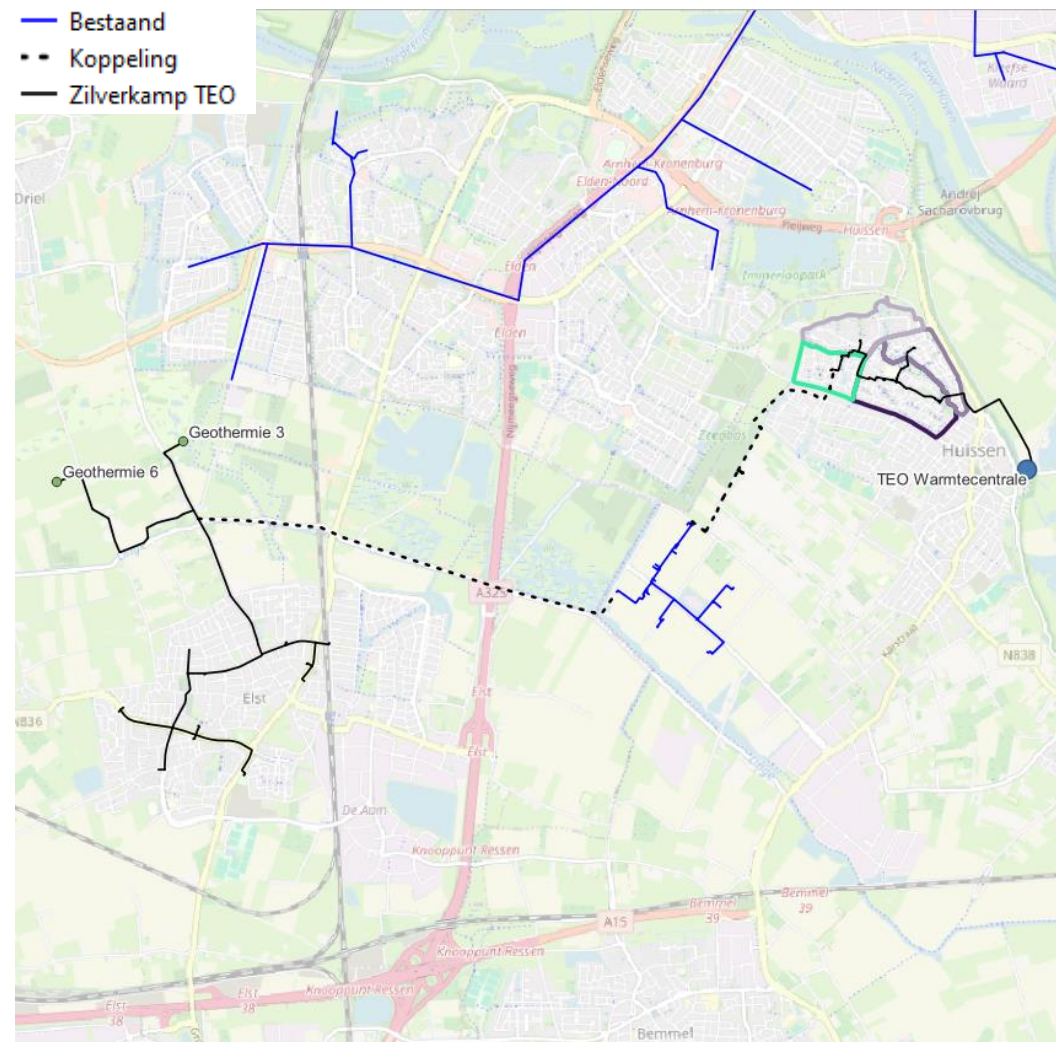


Case-studie van regionale koppeling

Nut en noodzaak van regionale koppelingen

Motivatie voor het koppelen van Zilverkamp met Elst

Er is gekozen om de warmtegebieden Zilverkamp en Elst te koppelen omdat er in beide gebieden verkenningen zijn naar inzet van duurzame warmtebronnen welke het merendeel van de warmtevraag kan bedienen (het zijn beide basisbronnen, waar de piek middels een piekbron wordt ingevuld). Daarnaast zijn de bestaande warmtenetten Arnhem en Bergerden voor nu te complex met teveel onzekerheden om op deze wijze door te kunnen rekenen. Beide moeten nog ontwikkeld worden, waardoor we een blanco sheet hebben betreffende de kosten van de bronnen en inkoop energie, we zijn niet afhankelijk van vertrouwde gegevens over onder andere prijzen van bijvoorbeeld een AVR en inkoopprijzen van het tuinders collectief.





Case-studie van regionale koppeling

Nut en noodzaak van regionale koppelingen

Hoe is de regionale koppeling gesimuleerd en wat levert het op

Voor demonstratie doeleinden zijn twee geïsoleerde systemen Elst en Zilverkamp gekozen om door te rekenen. Om het effect van koppelen van warmtesystemen te illustreren zijn de beide warmtenetten met de TEO in Zilverkamp en de Geothermie in Elst separaat doorgerekend, om zo de situatie vóór koppeling te simuleren. Hierna zijn de systemen gesimuleerd na koppeling van beide netwerken. Dit resulteert in dekkingsgraden, prijzen, CO₂ uitstoot van de productie van warmte in beide systemen separaat en de situatie na koppeling.

- 1a. Warmtesysteem Zilverkamp met TEO uit de Nederrijn
- 1b. 1a inclusief opslagsysteem
- 2. Warmtesysteem Elst met Geothermie (locatie 3)
- 3a. Warmtesystemen Zilverkamp en Elst gekoppeld met dezelfde uitgangspunten als bij 1 en 2
- 3b. 3a inclusief opslagsysteem

Scenario's 1a en 1b zijn onder het deel CO₂ besparing uitgewerkt, als onderdeel van het warmtesysteemontwerp. Gedetailleerde uitwerking van scenario's 2, 3a en 3b staan in bijlage 5.

Samenvatting

Conclusies

- Het toevoegen van een buffer aan het TEO systeem in Zilverkamp zorgt voor een verhoging van de dekkinggraad van 87% naar 94%.
- Door het koppelen van de Zilverkamp met gemeente Elst ontstaat een goedkoper warmtesysteem per GJ.
- De combinatie van de bronnen Geothermie en TEO zorgt voor een efficiënte invulling van de warmtevraag. Geothermie voorziet de basislast, TEO de middenlast en de piekketels de pieken.
- Bij de koppeling van Elst en Zilverkamp zorgt het vergroten van de buffer in het systeem ervoor dat dezelfde dekkinggraad behaald kan worden zonder de TEO installatie uit te breiden.

* Voor de uitgangspunten van de simulaties, zie bijlage 5

Uitkomsten:

Tabel: uitkomsten Scenarios*

	1a. Zilverkamp TEO	1b. Zilverkamp TEO + buffer	2. Elst Geothermie	3a. Zilverkamp + Elst	3b. Zilverkamp + Elst + buffer
Kosten warmte per GJ	22,84 – 30,09	21,67 – 29,36	21,47 – 27,14	20,50 – 26,81	19,35 – 25,77
CO₂ besparing huidige E- mix	35%	40%	39%	42%	45%
CO₂ besparing 2050	88,5%	95,5%	90%	90%	99%

Koude levering

dep.nl



Koudelevering aan woningen

Mogelijkheden en kosten van levering van koeling

De gebouwde omgeving krijgt steeds meer te maken met hittestress. De koelvoorziening voor woningen kan niet worden ingevuld door het middentemperatuur-warmtenet, hiervoor zijn drie alternatieven geschetst:

- 1. Bronnetsysteem aanleggen:** hierbij moet de radiatoren in de woningen vervangen worden met Lage Temperatuur (LT) radiatoren (i.c.m. convectoren) en moet er een extra koudenet gelegd worden, dit vergt extra investeringskosten. Daarnaast vergt dit extra ruimte in de ondergrond, dit dient serieus bekeken te worden.
 - Een grove inschatting voor de kosten per aansluiting van een extra koude netwerk, mits deze tegelijk aangelegd zal worden: een derde van de kosten van MT-warmtenet (18.475 euro) = 6.700 euro.
 - Daarnaast zijn radiatoren niet geschikt voor koeling, hiervoor moet gekeken worden richting LT radiatoren met convectie of vloerverwarming. Vloerverwarming past niet in alle woningen. Meer innovatieve oplossingen voor koeling met bestaande radiatoren zijn convectoren die naast de radiator geplaatst kunnen worden (orde grootte minimaal 5.000 euro) of LT-radiatoren plaatsen met convectoren.
 - Totaal aanvullende kosten komen op **minimaal 11.700 euro per aansluiting**.
- 2. Airconditioning:** een alternatief is in elke woning een airconditioning installeren (lucht-lucht. Kosten voor een airconditioning systeem liggen in de orde grootte van **3.800euro tot 7.200euro**
- 3. Passieve koeling:** het vergroenen van de openbare ruimte en investeren in zonnewering. Deze oplossingen zorgen voor het voorkomen van benodigde koeling en is een verstandigere keuze vanuit het perspectief in het voorkomen van hittestress. Groen en schaduw zorgt voor minder opwarming van het stedelijke gebied, waar airconditioning de warmte die vrijkomt bij koeling in de omgeving blaast.

Conclusie koeling

Actieve koeling (bronnetsysteem dubbel aanleggen of inzet van airconditioning per woning) is prijzig en/of niet uitvoerbaar. Passieve koeling kan daarentegen een goede oplossing zijn om de hittestress te verlagen. Ook hier moet gekeken worden naar wat er kan in combinatie met het beschermd stadsgezicht.

Risicoanalyse

dep.nl

Risicoanalyse



Voor het uitgewerkte concept zijn de risico's gekwalificeerd naar waarschijnlijkheid en impact op de haalbaarheid van het warmtnet. Voor de gevonden risico's worden mitigerende maatregelen beschreven. De waarschijnlijkheid en impact van de risico's zijn opnieuw gekwantificeerd na implementatie van de mitigerende maatregelen.

Om de risico's te identificeren heeft er een risicosessie met de opdrachtgever plaatsgevonden.

De risico's zijn geïdentificeerd aan de hand van de RISMAN methodiek.

De ingevulde risicomatrix is te vinden in Bijlage 6.

Conclusies & Aanbevelingen

dep.nl

Conclusies en aanbevelingen

Conclusies



In dit onderzoek is getoetst of het financieel, technisch en organisatorisch mogelijk is een duurzame warmteoplossing voor de wijk Zilverkamp te realiseren.

- Voor het warmtenet is een TEO systeem in de wijk Zilverkamp met de Nederrijn als bron het meest kansrijk. Uit de Nederrijn kan voldoende warmte onttrokken worden om de hele wijk van warmte te voorzien. Daarnaast is het technisch mogelijk om deze warmte uit het water te onttrekken en naar de afnemers te transporteren. Er zijn geen technische belemmeringen gevonden om het warmtenet te realiseren.
- Met een BAK van circa 3.976 euro voor woningcorporatie woningen en 5.180 euro voor particuliere woningen. De berekende BAK ligt onder het maximum dat door de ACM is gesteld voor nieuwe warmteaansluitingen op bestaande netten (5.250,24 euro), hieruit kan dus geconcludeerd worden dat het warmtenet in deze fase een **haalbare business case** heeft.
- Vanuit organisatorisch oogpunt zijn er voldoende mogelijkheden om een vervolgfase te starten

Verder geldt er dat:

- Voor Zilverkamp wordt uitgegaan van een afgiftetemperatuur in de woningen van 70 graden en 40 graden retour. Hierdoor worden de benodigde woningaanpassingen tot een minimum beperkt.
- Dit is een BAK die qua orde grootte overeenkomt met de maximaal gestelde BAK vanuit de ACM voor het aansluiten van woningen op een bestaand warmtenet.
- Ten opzichte van het alternatief All-electric is dit qua investering een stuk lager. De benodigde investeringskosten voor all-electric liggen tussen de 30.000 en 50.000 Euro.
- Middels een TEO systeem in Zilverkamp kan een CO₂ besparing van initieel ca. 35% behaald worden (o.b.v. de huidige energiemix), welke verder verduurzaamd naar 100% in 2050 door verduurzaming van de energiemix in Nederland.
- Door inzet van een warmtebuffer van circa 700m³ warmtebuffer (8 buffers 7meter hoog) kan een initiële CO₂ besparing behaald worden van 40%, welke verduurzaamd naar 100% in 2050 door verduurzaming van de energiemix in Nederland.
- Verdere verduurzaming naar 100% kan bereikt worden door in de toekomst de gaspiekketels te voeden met duurzaam gas of te vervangen door een elektrische piekinstallatie.

Conclusies en aanbevelingen (2/2)



Aanbevelingen

Voor de vervolgfase worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Geadviseerd wordt om met de belanghebbende partijen (bijv. gemeente, woningcorporatie, warmtebedrijf. etc.) toe te werken naar een Letter Of Intent (LOI)
2. Parallel aan, of na het opstellen van de LOI wordt geadviseerd het ontwerp van het warmtenet en de technische installaties nader uit te werken en de financiële, technische en organisatorische haalbaarheid van dit ontwerp wederom te toetsen. Wanneer ook dit haalbaar lijkt wordt geadviseerd om een SamenwerkingsOvereenkomst (SOK) op te stellen.
3. De infrastructuur is op schetsontwerp niveau uitgewerkt. De TEO opwek installatie is op basis van kentallen (PBL advies SDE++ aan RVO) in de vorm van EUR/kW TEO installatie geschaald naar Zilverkamp. Dit is een vrij grove benadering van de daadwerkelijke kosten en dient in een vervolg traject serieus uitgewerkt worden, waarbij de locatie van de opwek zoals geschetst vanuit het traject warmte uit water heroverwogen dient te worden middels een locatiestudie.
4. In de business case zijn maximale ACM tarieven gehanteerd, hier kan van worden afgeweken door bijvoorbeeld te kiezen voor een korting op het vastrecht.
5. Tot slot wordt geadviseerd om de ontwikkelingen rond de Wet Collectieve Warmte (WCW) te volgen, deze wet heeft grote impact op de manier waarop warmtenetten in de toekomst geregeld en bestuurd dienen te worden.

Bijlages

dep.nl

Bijlages

Inhoud Bijlages

- Bijlage 1: Bronnenmatrix
- Bijlage 2: Omgevingstoets
- Bijlage 3: Doorrekening tot een netontwerp
- Bijlage 4: Gebouwzijdige kosten
- Bijlage 5: Uitgangspunten simulaties
- Bijlage 6: Risicoanalyse



Bijlage 1: Bronnenstudie

Meegestuurd in Bijlage als 'Bronnenstudie Zilverkamp_v4'



Bijlage 2: Omgevingstoets (1/3)

Openstaand aandachtspunt

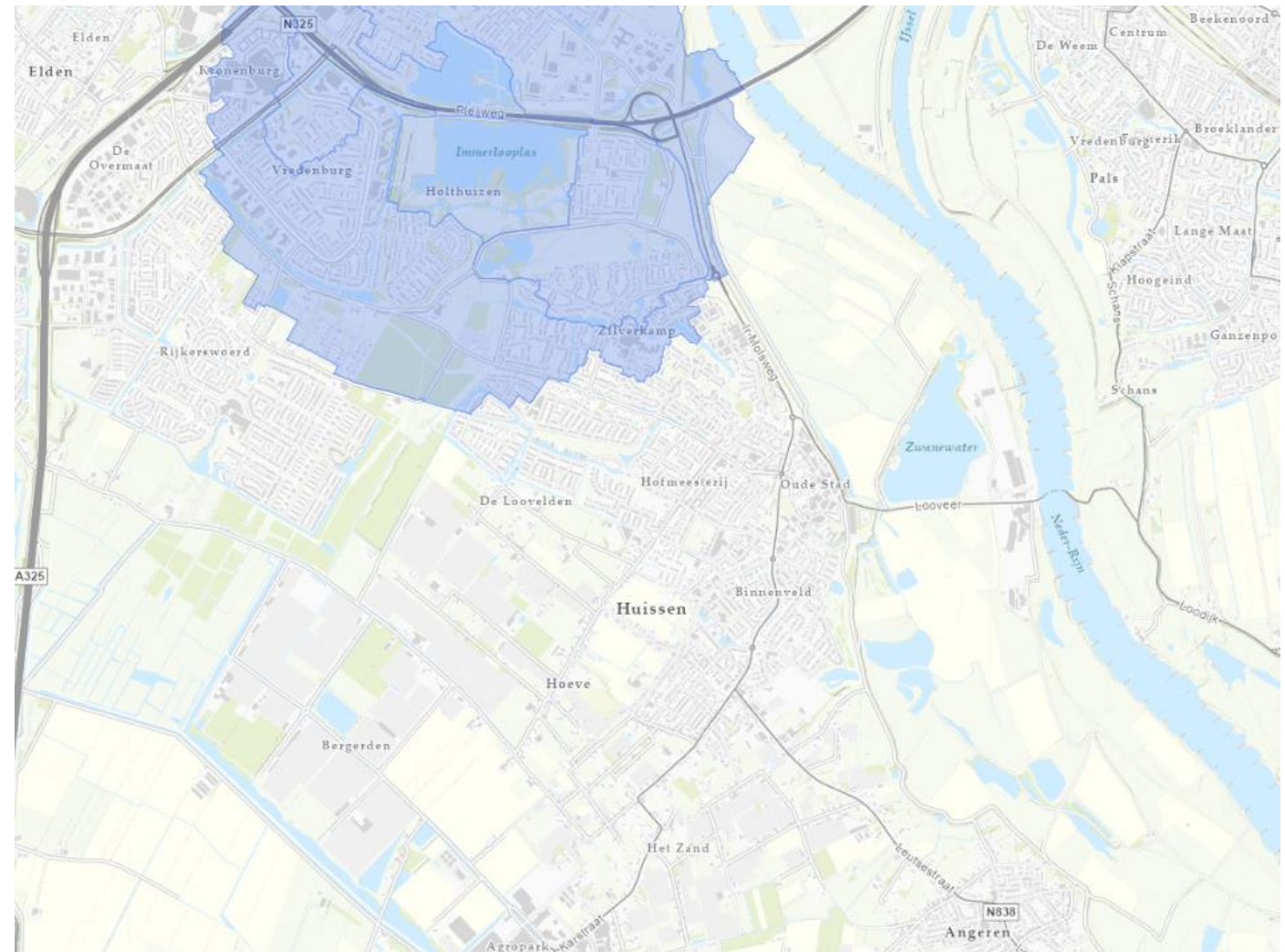
De opwekinstallatie is nu binnen de beschermingszone van een primaire waterkering beoogd. Tevens moet het transportnet de primaire waterkering kruisen om Zilverkamp te bereiken. Wat de optimale ligging van de opwekinstallatie en het tracé dient in latere studies verder uitgediept te worden.

Voor deze studie is er aangenomen dat de transportleiding in de uiterwaarde aangelegd kan worden en middels een boring de dijk kan doorkruizen tot aan het terrein van het Shell tankstation.



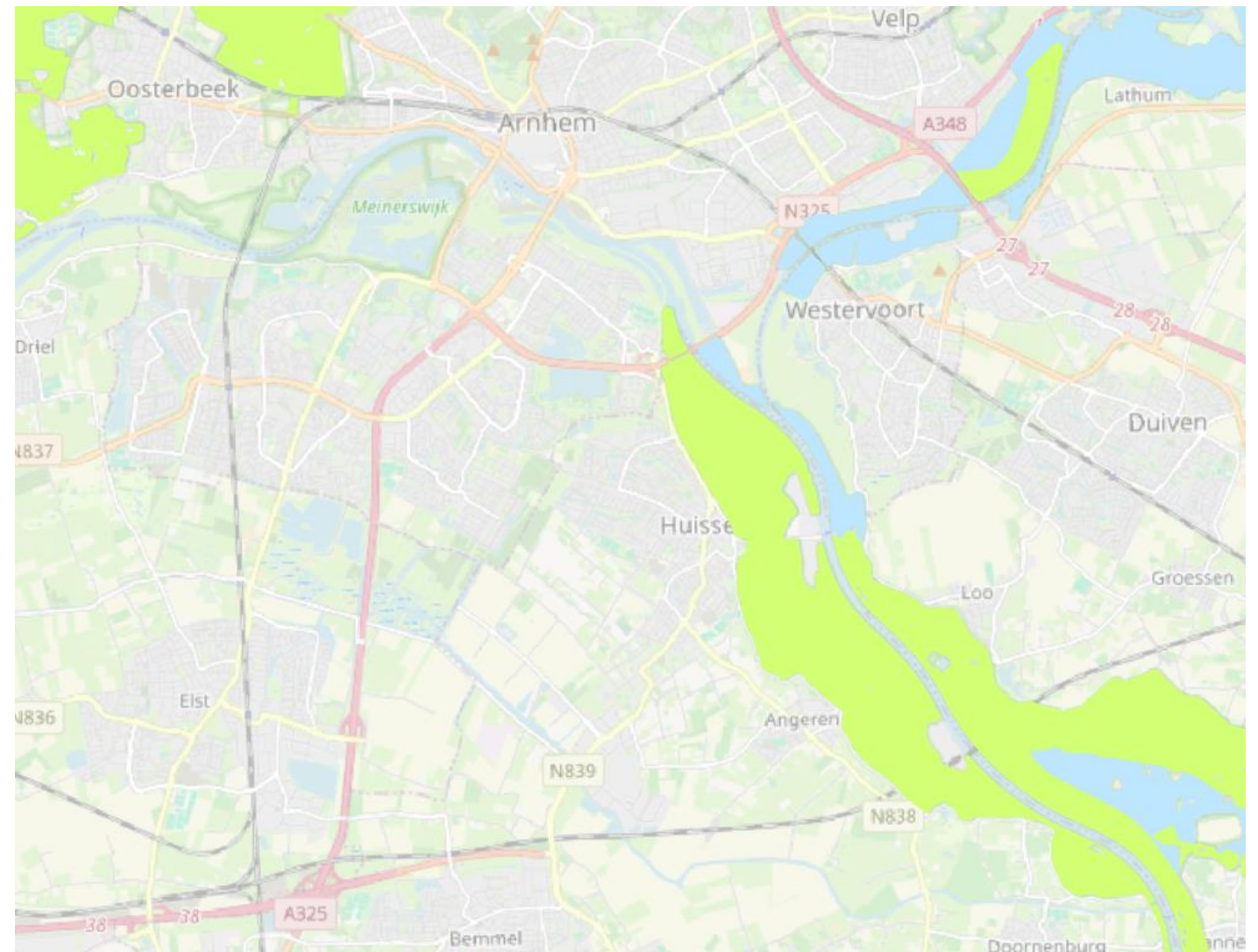
Bijlage 2: Omgevingstoets (2/3)

Drinkwaterbeschermingsgebieden



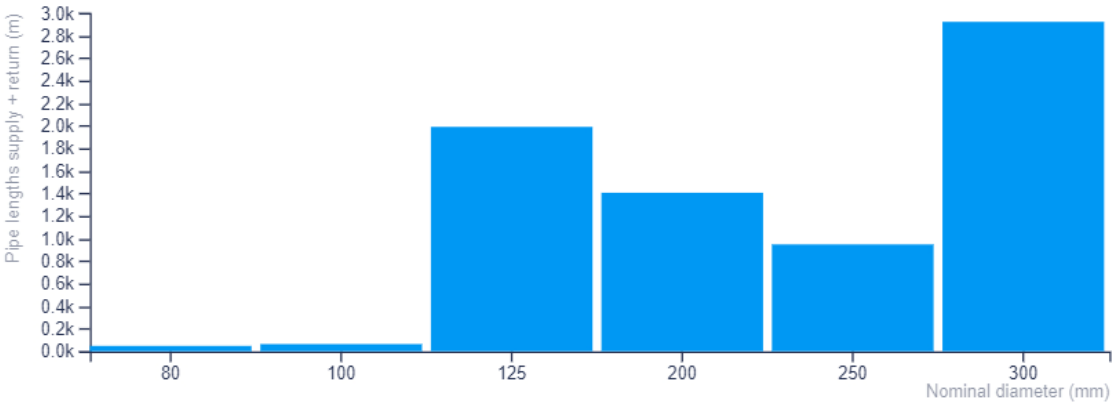
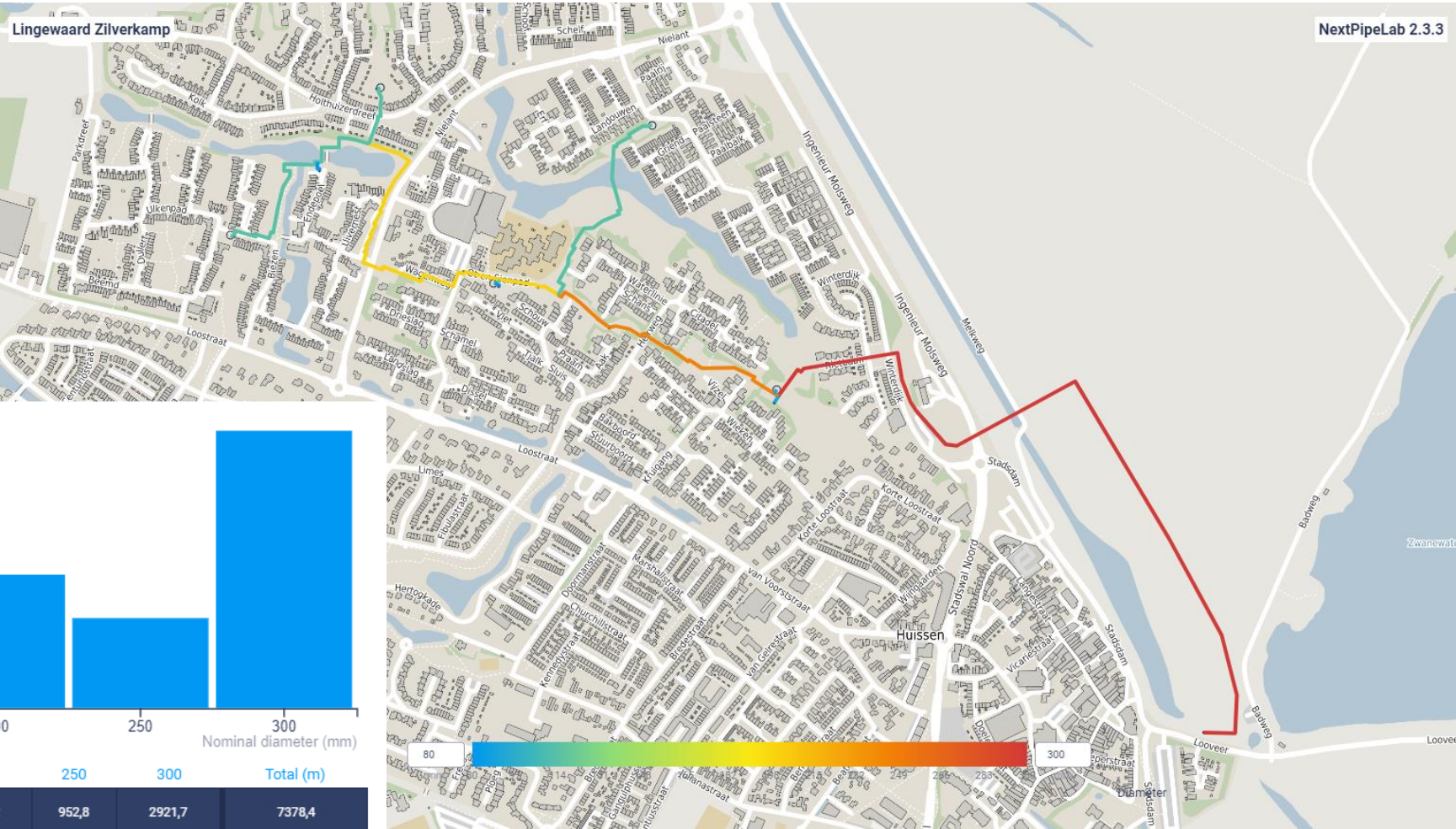
Bijlage 2: Omgevingstoets (3/3)

Natura2000 - gebieden



Bijlage 3: Doorrekening tot een netontwerp (1/2)

Transportnet



LEGEND

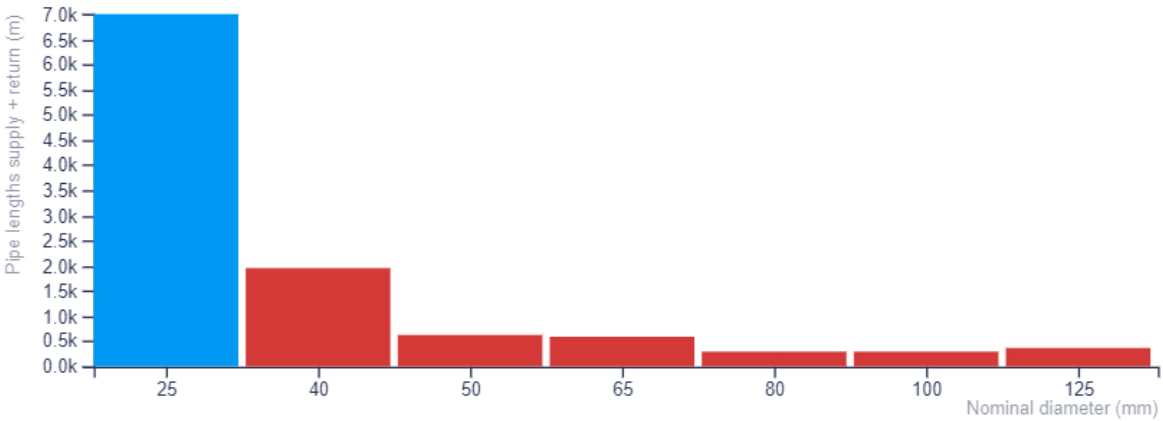
● Transportleiding

80	100	125	200	250	300	Total (m)
54,8	56,4	1985,5	1407,2	952,8	2921,7	7378,4
54,8	56,4	1985,5	1407,2	952,8	2921,7	7378,4

Bijlage 3: Doorrekening tot een netontwerp (2/2)



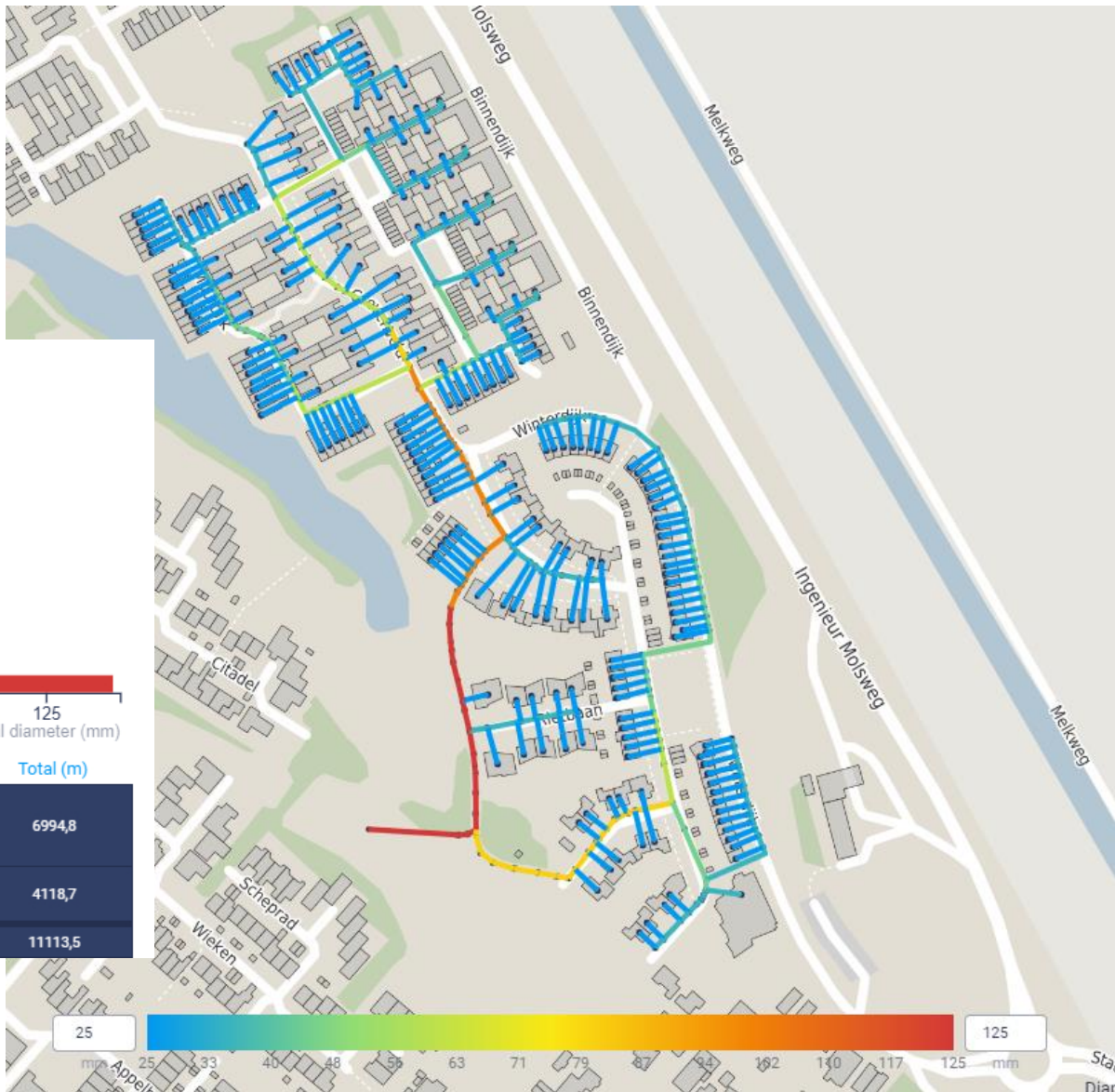
Voorbeeld van 1 van de distributienetten



LEGEND

- Aansluitleiding
- Transportleiding

25	40	50	65	80	100	125	Total (m)
6994,8							6994,8
	1950	620	580	312,1	302,3	354,3	4118,7
6994,8	1950	620	580	312,1	302,3	354,3	11113,5



Bijlage 4: Gebouwzijdige kosten

Indicatieve opzet



4. Kosten klantzijde (verwijderen gas, aanpassingen CV en E-koken)											
			Kosten materiaal	Opslag	Aantal uren	Uurtarief arbeid	Kosten arbeid	Opslag	totaal	subtotalen	onderdeel van
4a verwijderen gasinstallatie										€ 257	
Verwijderen ketel + afdoppen overbodige leidingen en dakdoorvoer	1	€ 47,00	€ 47		2	€ 66,00	€ 132		€ 179		installateur
Verwijderen gasmeter (kosten netbeheerder per 1 maart 2021)	1	€ 0,00	€ 0						€ -		netbeheerder (bijvoorbeeld Stedin/Liander/ Enexis)
Verwijderen leidingwerk binneninstallatie gas	1	€ 12,00	€ 12		1	€ 66,00	€ 66		€ 78		installateur
4b aanpassingen CV										€ 912	
Leiding voor CV diameter: 22mm > aantal meter tracé (inclusief koppelingen)	3	€ 24,00	€ 72		1,5	€ 66,00	€ 99		€ 171		installateur
Leiding koudewater diameter: 15mm > aantal meter tracé	1	€ 9,00	€ 9		0,5	€ 66,00	€ 33		€ 42		installateur
koppeling aan koudwater en warmtapwater leiding incl inlaatcombinatie en condensafvoer	2	€ 30,00	€ 60		1	€ 66,00	€ 66		€ 126		installateur
Leiding warmwater diameter: 15mm > aantal meter tracé	6	€ 9,00	€ 54		3	€ 66,00	€ 198		€ 252		
Aantal sparingen steen/beton		€ 30,00	€ 0		0	€ 66,00	€ 0		€ -		
expansievat plaatsen (default: reeds aanwezig)		€ 71,00	€ 0				€ 0		€ -		
Inbedrijf stelling afleveren en ontlichten binneninstallatie			€ 0		1,5	€ 66,00	€ 99		€ 99		installateur
Aansluiten kamerthermostaat (meerkosten indien nieuwe kabel nodig)	1	€ 12,00	€ 12		1	€ 66,00	€ 66		€ 78		installateur
Voorziening 230 Volt voeding + WCD	1	€ 12,00	€ 12		2	€ 66,00	€ 132		€ 144		installateur
4c E-koken										€ 1.237	
Aanleggen separate groep t.b.v. elektrisch koken	1	€ 177,00	€ 177		3	€ 66,00	€ 198		€ 375		installateur
verzekering aanvragen bij de netbeheerder	1	€ 383,00	€ 383				€ 0		€ 383		
pannenset	1	€ 118,00	€ 118				€ 0		€ 118		installateur
Inductie kookplaat 4 pits (2 x 1-fase kookgroep 16A)	1	€ 295,00	€ 295		1	€ 66,00	€ 66		€ 361		installateur
4d inregelen (incl. flowreducer t.b.v. T-retour)										€ 1.264	
Appendages op radiatoren plaatsen t.b.v. T-ret. inregelen	8	€ 59,00	€ 472		8	€ 66,00	€ 528		€ 1.000		installateur
			€ 0		4	€ 66,00	€ 264		€ 264		
4e overige stelposten										€ -	
asbest saneren		€ 118,00	€ 0				€ 0		€ -		Bouwkundig
			€ 0				€ 0		€ -		
			€ 0				€ 0		€ -		
										€ 3.670	

Bijlage 5: Uitgangspunten simulaties (1/2)

Scenario specifieke uitgangspunten



1. Zilverkamp	CAPEX (EUR/kW)	Inkoopkosten (EUR/kWh)	Beheer en Onderhoud	Vermogen	Rendement
TEO (elektriciteit)	1.100	0,17 – 0,27	3% per jaar	6.300 kW	sCOP 3,5
Piek & back-up (gas)	160	0,09 – 0,10	3% per jaar	18.500 kW	87%
2. Elst	CAPEX (EUR/kW)	Inkoopkosten (EUR/kWh)	Beheer en Onderhoud	Vermogen	Rendement
Geothermie (elektriciteit)	2.500	0,15 – 0,25	3% per jaar	8.500 kW	sCOP 4,5
Piek & back-up (gas)	160	0,08 – 0,09	3% per jaar	25.500 kW	87%
3a. Zilverkamp + Elst	CAPEX (EUR/kW)	Inkoopkosten (EUR/kWh)	Beheer en Onderhoud	Vermogen	Rendement
Geothermie & TEO (elektriciteit)	2.500 & 1.100	0,16 – 0,26	3% per jaar	8.500 kW & 7.500	sCOP 4,5 & 3,5
Piek & back-up (gas)	160	0,08 – 0,10	3% per jaar	25.500 & 18.500 kW	87%
3b. Zilverkamp + Elst	CAPEX	Inkoopkosten (EUR/kWh)	Beheer en Onderhoud	Vermogen	Rendement
Geothermie & TEO (elektriciteit)	2.500 & 1.100 EUR/kW	0,16 – 0,26	3% per jaar	8.500 & 6.300 kW	sCOP 4,5 & 3,5
Piek & back-up (gas)	160 EUR/kW	0,08 – 0,10	3% per jaar	25.500 & 18.500 kW	87%
Warmtebuffer	1000 EUR/m3	-	1% per jaar	-	

Bijlage 5: Uitgangspunten simulaties (2/2)

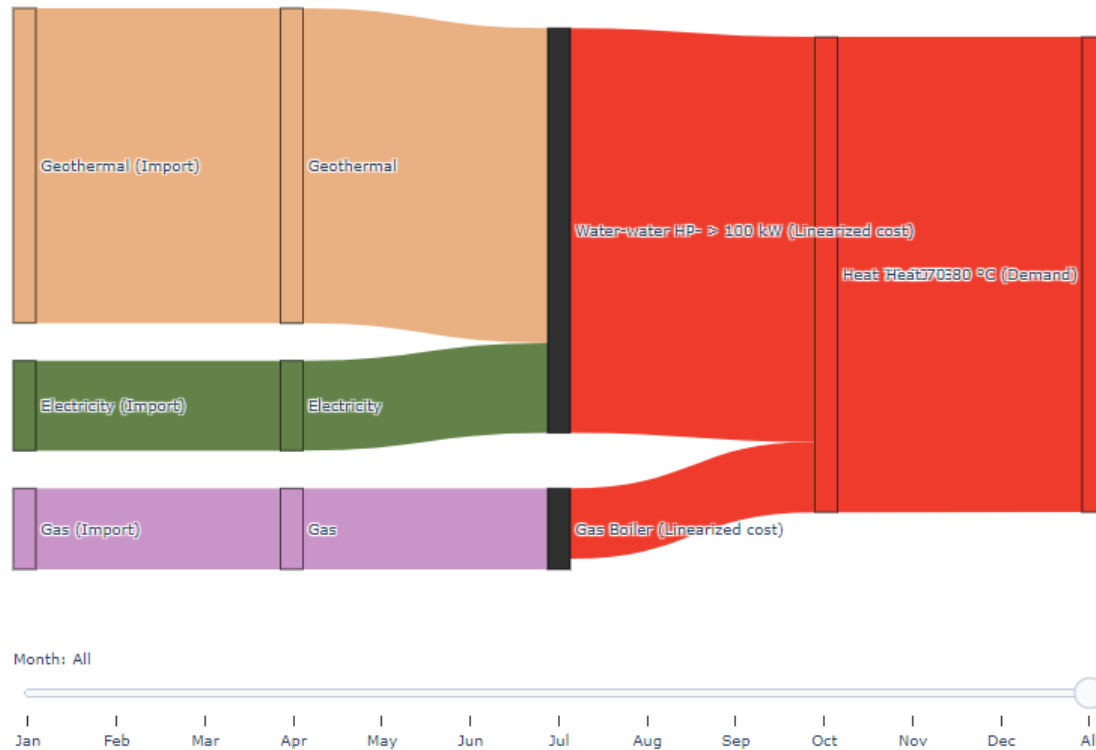


Algemene uitgangspunten

- CO2 intensiteit:
 - Elektriciteitsmix huidig: 0,328 kgCO₂/kWh
 - Elektriciteitsmix 2050: 0 kgCO₂/kWh
 - Gas 2024: 0,218 kgCo2/kWh
 - Gasmix 2050: 0,218 kgCo2/kWh (in 2050 moet gekeken worden naar duurzaam gas (inzet groengas of waterstof))

Bijlage 5: Warmtesysteem Elst

Warmtesysteem Elst met Geothermie (locatie 3)



75

* Voor de uitgangspunten van de simulaties, zie bijlage 5

*** bron: Lokale potentiëstudie geothermie LOAN, IF Technology

Uitkomsten:

Tabel: uitkomsten Scenario 2*

Life-cycle cost (EUR)	4.293.000 – 5.427.000
Kosten per GJ (EUR)	21,47 – 27,14
CO ₂ uitstoot scenario (ton CO ₂ -eq)	5.900
CO ₂ uitstoot huidige aardgas situatie (ton CO ₂)	9.707
CO ₂ besparing (huidig – 2050)	39% - >90%**
Dekkingsgraad TEO (huidig – 2050)	85% - >90%**

Om een koppeling tussen Elst en Zilverkamp door te rekenen is eerst een doorrekening gemaakt van Elst individueel.

Hierbij is de geothermie bron, locatie 3 uit het onderzoek van IF Technology*** genomen. Deze bron heeft een vermogen van 8.500 kW.

Vervolgens is de warmtevraag van de gemeente Elst zo gekozen dat een dekkingsgraad van 85% wordt behaald. Dit betekent dat niet de gehele gemeente Elst onderdeel uitmaakt van dit scenario.

**door verduurzaming van de elektriciteitsmix zal de CO2 besparing toenemen in de toekomst. Daarbij zal door isolatie van woningen naast de jaarvraag ook de vermogensvraag verminderd worden, waardoor de duurzame bron een grotere dekkingsgraad kan halen.

10-12-2024

Bijlage 5: Koppeling Zilverkamp en Elst

Warmtesystemen Zilverkamp en Elst gekoppeld met dezelfde uitgangspunten als bij 1 en 2

Uitkomsten:

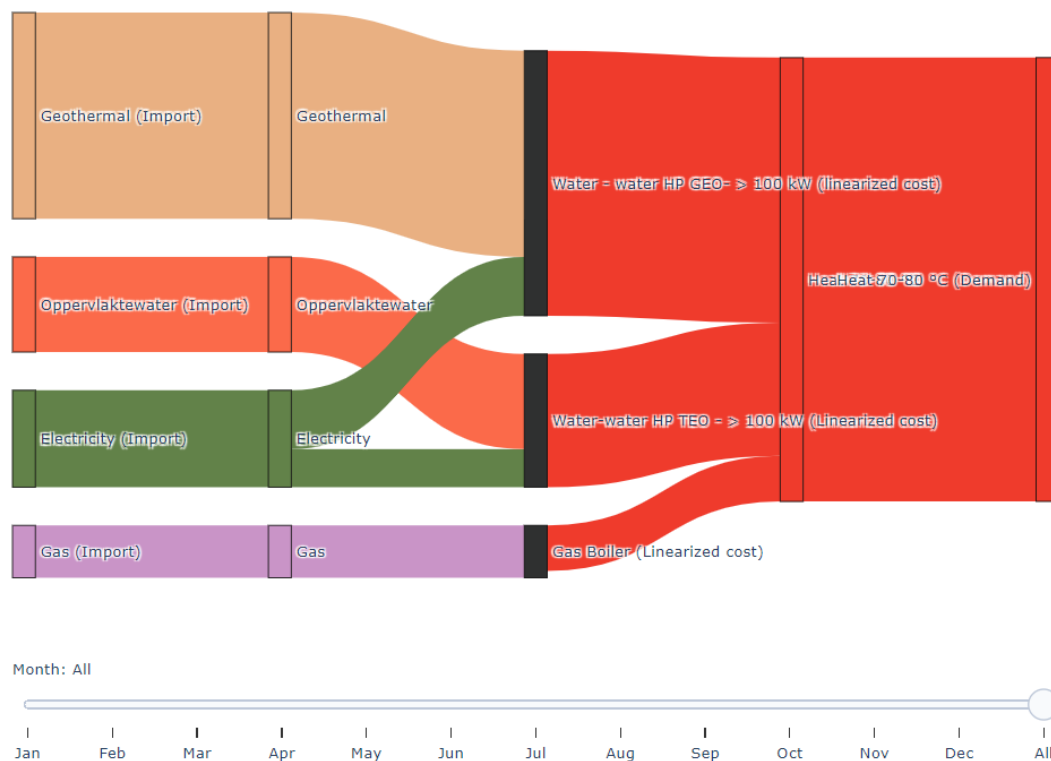
Tabel: uitkomsten Scenario 3a*

Life-cycle cost (EUR)	6.859.000 – 8.971.000
Kosten per GJ (EUR)	20,50 – 26,81
CO ₂ uitstoot scenario (ton CO ₂ -eq)	9.500
CO ₂ uitstoot huidige aardgas situatie (ton CO ₂)	16.240
CO ₂ besparing (huidig – 2050)	42% - >90%**
Dekkingsgraad TEO (huidig – 2050)	86% - >90%**

In dit scenario worden de warmtesystemen van Zilverkamp en Elst gekoppeld. Hierbij is de TEO installatie groter gemaakt, om zo de 85% dekkingsgraad te blijven behalen.

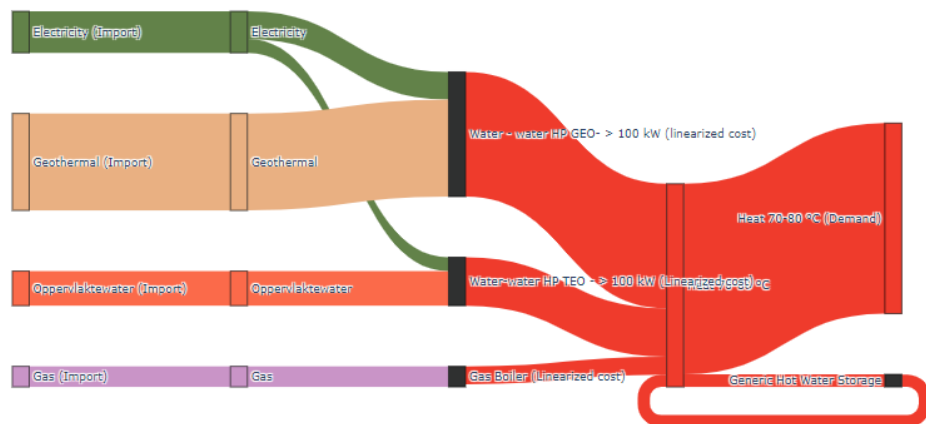
De koppeling tussen Elst en Zilverkamp laat zien dat zowel de geothermie bron als de TEO bron beter benut worden. De geothermie bron, die het hele jaar door op vollast kan draaien, wordt volledig benut.

De TEO bron vult de middenlast in en de gasgestookte pieketels vangen de pieken op.



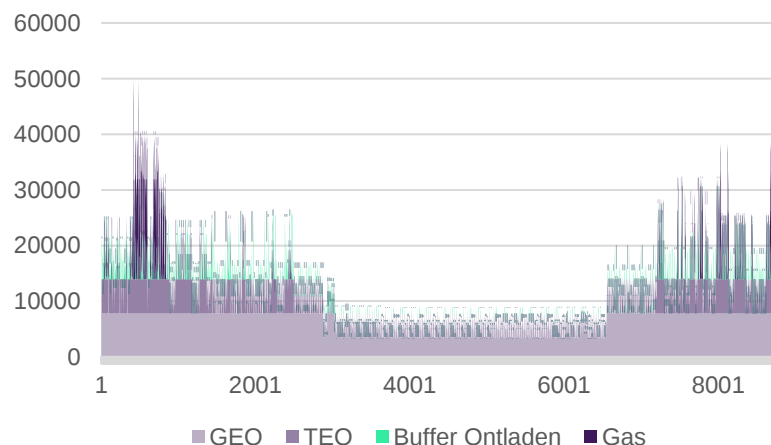
Bijlage 5: Koppeling Zilverkamp en Elst + Warmtebuffer

Warmtesystemen Zilverkamp en Elst gekoppeld met dezelfde uitgangspunten als bij 1 en 2



Month: All

Warmteprofiel Elst + Zilverkamp (kW)



77

* Voor de uitgangspunten van de simulaties, zie bijlage 5

Uitkomsten:

Tabel: uitkomsten Scenario 3b*

Life-cycle cost (EUR)	6.499.000 – 8.641.000
Kosten per GJ (EUR)	19,35 – 25,77
CO ₂ uitstoot scenario (ton CO ₂ -eq)	8.900
CO ₂ uitstoot huidige aardgas situatie (ton CO ₂)	16.240
CO ₂ besparing (huidig – 2050)	45% - >99%**
Dekkingsgraad TEO (huidig – 2050)	90% - >99%**

In dit scenario is een buffervat toegevoegd aan het systeem. Dit zorgt ervoor dat de TEO installatie geschaald kan blijven op enkel de wijk Zilverkamp. De installatie hoeft bij de koppeling niet vergroot te worden om een dekkingsgraad van 90% te halen. Er hoeft in dat geval enkel een buffervat van 1.500 m³ aan het systeem te worden toegevoegd.

**door verduurzaming van de elektriciteitsmix zal de CO₂ besparing toenemen in de toekomst. Daarbij zal door isolatie van woningen naast de jaarvraag ook de vermogensvraag verminderd worden, waardoor de duurzame bron een grotere dekkingsgraad kan halen.

10-12-2024

Bijlage 6: Risicoanalyse

Meegestuurd in Bijlage als 'Risicosessie Lingewaard V1.0'

