

Onderzoek duurzame warmtebronnen

Gemeente Opmeer





Datum 5 januari 2024

Referentie PR10233/FN/20240105

Betreft Onderzoek duurzame warmtebronnen - Gemeente Opmeer

Behandeld door Casper Schutte, Max de Kruijf

Gecontroleerd door Frank Niewold

Versienummer Definitief 1.0

OPDRACHTGEVER

Gemeente Opmeer

Klaproos 1, 1716 VS Opmeer

Postbus 199, 1715 ZK Spanbroek

Contactpersoon: R. Nigten & M. Brattinga

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doel onderzoek en aanpak	5
1.3 Leeswijzer	5
2 Projectinventarisatie	6
2.1 Projectgebied	6
2.2 Isolatiegraad gebouwen	7
2.3 Warmtevraag	9
2.3.1 Warmtevraagdichtheid	10
2.3.2 Toekomstige warmtevraag	11
3 Omgevingsbronnen warmte en koude	13
3.1 Omgevingsbronnen voor individuele oplossingen	13
3.1.1 Aardgas	14
3.1.2 Groengas	14
3.1.3 Waterstof	14
3.1.4 Lucht-/luchtwarmtepomp	14
3.1.5 Ventilatie-warmtepomp(boiler)	14
3.1.6 Bodem water-/waterwarmtepomp	15
3.1.7 PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp	15
3.2 Omgevingsbronnen voor collectieve oplossingen	16
3.2.1 Warmtenetten	17
3.2.2 Opslagtechnieken	17
3.2.3 Aardgas	18
3.2.4 TEO	18
3.2.5 TEA	19
3.2.6 Zonthermie	19
3.2.7 Geothermie	19
3.2.8 Biomassa	20
3.2.9 Groengas	21
3.2.10 Restwarmte	21
4 Afweging omgevingsbronnen	22
4.1 Beoordelingscriteria	22
4.2 Afweging	22
5 Uitwerking opties	26
5.1 Collectieve opties	26
5.2 Individuele opties	27
5.3 Afweging individueel of collectief	29
5.4 Vervolgstappen collectieve oplossing	29
5.5 Vervolgstappen individuele oplossing	31
6 Conclusie en aanbeveling	32
6.1 Conclusie	32
6.3 Aanbevelingen	33
Bijlage 1 Bepalen (toekomstige) warmtevraag	34
1.1 Huidige warmtevraag	34

1.2 Toekomstige warmtevraag	34
Bijlage 2 Warmtenetten	36
2.1 MT-warmtenet (70 °C aanvoer)	36
2.2 LT-warmtenet (50 °C aanvoer)	36
2.3 ZLT-warmtenet (10-30 °C aanvoer)	37
Bijlage 3 Opslagtechnieken warmte en koude	38
3.1 Warmte- en koudeopslag (WKO)	38
3.2 Ecovat	39
3.3 Hocosto	40
3.4 Midden- en hoge temperatuur opslag (MTO & HTO)	40
3.5 Zoutbatterij voor warmte	41
3.6 Basaltbatterij	42
Bijlage 4 Omgevingsbronnen warmte en koude	43
4.1 Individueel: voortzetting aardgas	43
4.2 Individueel: groen gas	44
4.3 Individueel: waterstof	44
4.4 Individueel: hybride warmtepomp	45
4.5 Individueel: lucht-/waterwarmtepomp (volledig elektrisch)	45
4.6 Individueel: lucht-/luchtwarmtepomp	46
4.7 Individueel: ventilatie-warmtepomp(boiler)	46
4.8 Individueel: bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp	47
4.9 Individueel: pt of pvt gekoppeld aan boiler of warmtepomp	48
4.10Collectief: aardgas	50
4.11Collectief: thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	50
4.12Collectief: thermische energie uit afvalwater (TEA)	52
4.13Collectief: lucht-/waterwarmtepomp	53
4.14Collectief: droge koeler	54
4.15Collectief: zonthermie	55
4.16Collectief: geothermie	56
4.17Collectief: biomassa	56
4.18Collectief: groen gas	57
4.19Collectief: restwarmte	57
Bijlage 5 Bodem en belangen	58
Bijlage 6 Beoordelingscriteria	60

1 Inleiding

1.1 AANLEIDING

De Transitievisie Warmte (TVW) voor de gemeente Opmeer is augustus 2021 vastgesteld. Als vervolg hierop wil de gemeente graag inzicht krijgen in de meest kansrijke warmtebronnen. Dit moet een logisch vervolg zijn op de TVW en het provinciale onderzoek van IF Technology over de haalbaarheid van geothermie in Noord-Holland. De focus in dit onderzoek ligt op de kernen Hoogwoud, Opmeer en Spanbroek inclusief het bedrijventerrein.

1.2 DOEL ONDERZOEK EN AANPAK

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in kansrijke warmtebronnen en de mogelijkheden voor duurzaam verwarmen te onderzoeken.

De volgende vragen zijn hierbij van belang:

- 1 Wat is de huidige & toekomstige warmtevraag?
- 2 Welke duurzame warmtebronnen en opslagmogelijkheden zijn mogelijk toepasbaar?
- 3 Zijn er mogelijke (clusters) geschikt voor een collectief warmtenet?
- 4 Welke duurzame warmteoplossingen zijn kansrijk voor de collectieve gebieden?
- 5 Waar zijn individuele oplossingen beter geschikt en welke zijn dan het meest geschikt?

Om te komen tot een onderbouwd antwoord op de onderzoeksvragen wordt de volgende aanpak gehanteerd: eerst wordt de warmtevraag in beeld gebracht. Hierbij wordt gekeken naar zowel de huidige als de toekomstige vraag. Parallel hieraan wordt ook een bronnenonderzoek uitgevoerd, om in beeld te brengen welke omgevingsbronnen aanwezig zijn in en rondom Opmeer. De duurzame energiebronnen voor warmte die aanwezig en haalbaar zijn rondom Opmeer worden op basis van criteria tegen elkaar afgewogen. In een werksessie worden de resultaten besproken en bepaald wat de meest kansrijke opties zijn. De meest kansrijke opties worden daarna verder uitgewerkt.

1.3 LEESWIJZER

Dit rapport is in verschillende hoofdstukken ingedeeld:

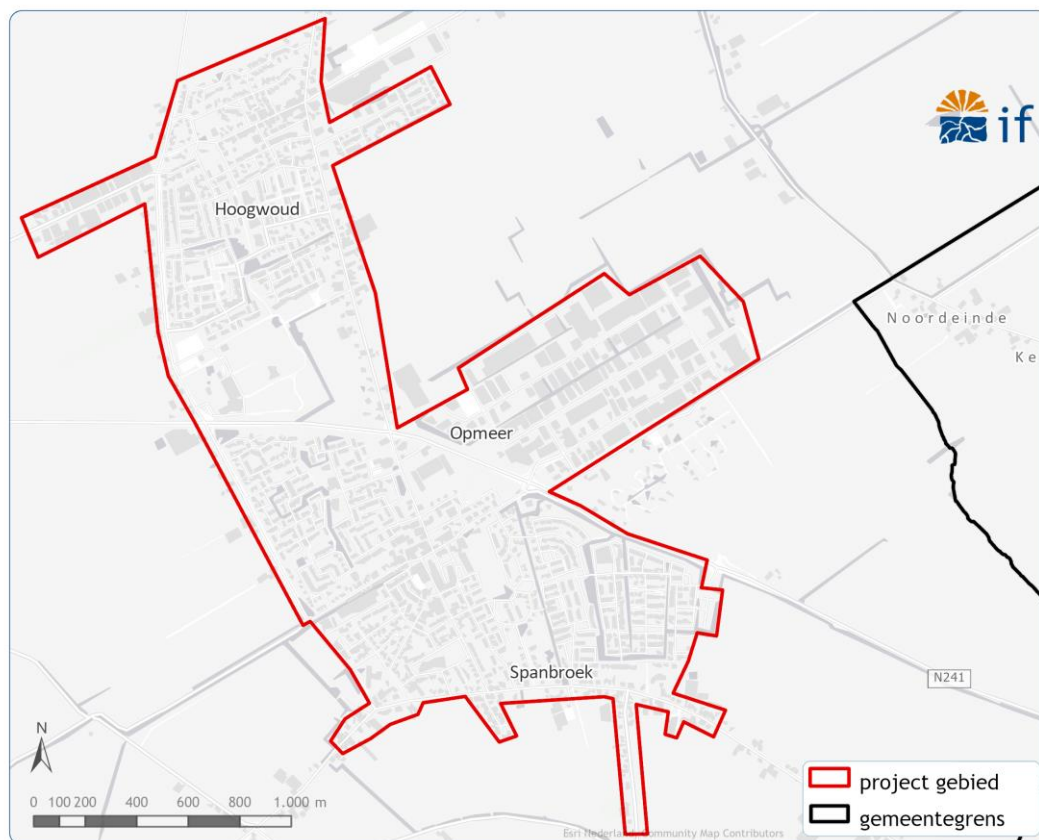
- In hoofdstuk 2 worden de bouwkundige en energetische uitgangspunten opgesteld.
- In hoofdstuk 3 worden mogelijke warmtebronnen besproken. Hierbij worden individuele en collectieve opties bekeken.
- De verschillende opties worden in hoofdstuk 4 tegen elkaar afgewogen op basis van verschillende criteria.
- De meest kansrijke opties worden in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt.
- Als laatste volgen in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen.

2 Projectinventarisatie

Om tot een onderbouwde keuze te komen voor het energieconcept is het belangrijk om de projectkarakteristieken scherp te hebben. Daarom wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de bouwkundige aspecten en energetische uitgangspunten van het projectgebied. Op basis van deze uitgangspunten wordt onderzocht waar een collectief systeem haalbaar lijkt en waar een individuele oplossing het beste lijkt te zijn.

2.1 PROJECTGEBIED

Het projectgebied betreft de kernen Hoogwoud, Opmeer en Spanbroek inclusief het bedrijventerrein De Veken, allen gelegen in de gemeente Opmeer. Deze gebieden in de gemeente Opmeer zijn gekozen omdat daar de grootste kans is dat een collectief systeem een mogelijkheid is. Zie Figuur 2.1 voor de afbakening van het projectgebied.



Figuur 2.1 | Projectgebied met Hoogwoud, Opmeer en Spanbroek inclusief het bedrijventerrein.

In het projectgebied bevinden zich verschillende functies: wonen, werken en recreëren. In Tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de verblijfsfuncties en aantallen op basis van het Basisregister Adressen en Gebouwen (BAG). Ook is een uitsplitsing gemaakt in bouwjaar en de verschillende type woningen.

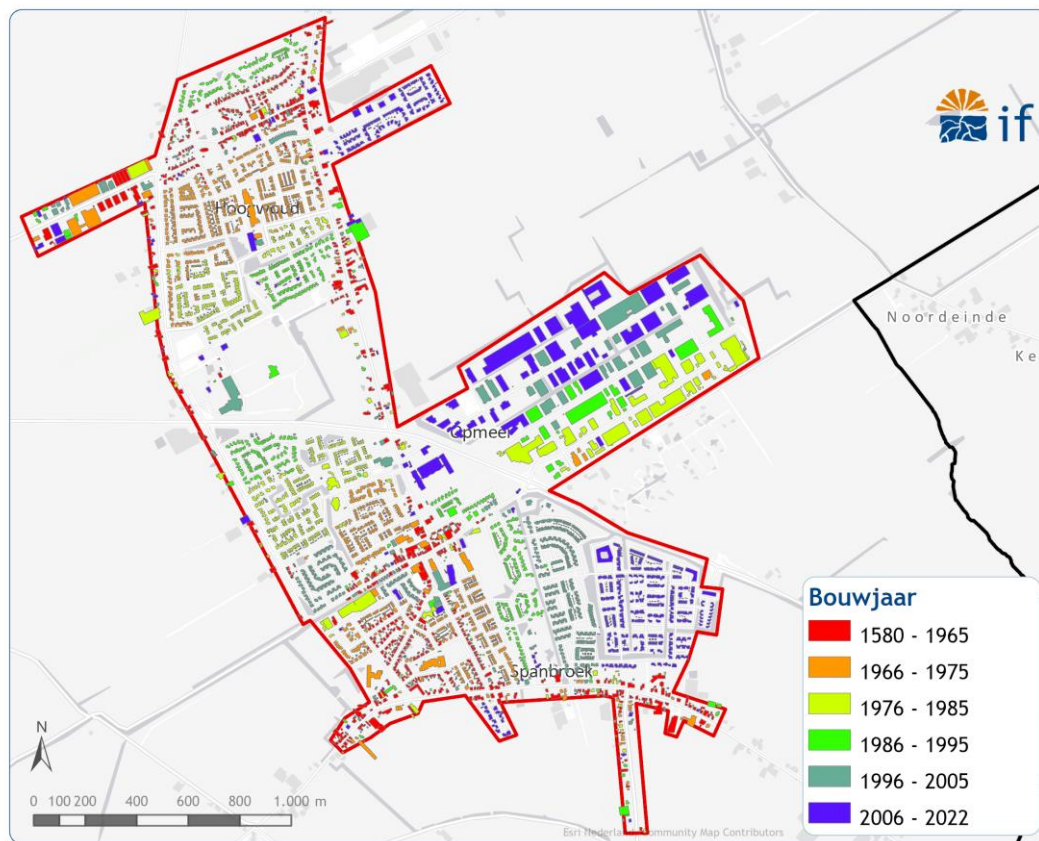
Tabel 2.1 | Verschillende verblijfsobjecten op basis van functie en uitsplitsing woningen in type en bouwjaar.

Parameter	Waarde
Verblijfsobjecten	
Woningen	4.332
Bijeenkomstfunctie	34
Gezondheidszorgfunctie	12
Industriefunctie	265
Kantoorfunctie	32
Logiesfunctie	3
Onderwijsfunctie	6
Sportfunctie	8
Winkelfunctie	55
TOTAAL	4.747
Bouwjaar woningen	
Voor 1965	683 (15.8%)
1966-1975	1.023 (23.6%)
1976-1985	633 (14.6%)
1986-1995	530 (12.2%)
1996-2005	541 (12.5%)
2005-2023	922 (21.3%)
Type woning	
Appartement	882 (20.4%)
Tussenwoning	767 (17.7%)
Twee-onder-een-kap	1.289 (29.8%)
Hoekwoning	505 (11.7%)
Vrijstaande woning	889 (20.5%)

2.2 ISOLATIEGRAAD GEBOUWEN

Om de bestaande bouw met duurzame bronnen te kunnen verwarmen moeten de woningen voldoende geïsoleerd zijn. Zowel het bouwjaar als het (beschikbare) energielabel van een woning geven een goede indicatie van de huidige isolatiegraad. Echter, deze zijn niet alles bepalend: een heel oud huis kan immers grondig verbouwd zijn tot huidige isolatiestandaarden en een hoger energielabel is ook te halen door het plaatsen van zonnepanelen, wat niets verbeterd aan de isolatiegraad. Maar over het algemeen geven deze parameters wel een goede algemene indicatie van de staat van woningen.

In Figuur 2.2 is het bouwjaar van de gebouwen te zien. Hierin is te zien dat de woningen van voor 1965 vooral gelegen zijn langs oude wegen en dijken zoals de Spanbroekerweg. Verder valt op dat de gebouwen met hetzelfde bouwjaar geclusterd liggen. Dit is te verklaren doordat er per keer hele buurten worden aangelegd waardoor ze hetzelfde bouwjaar hebben. De uniformiteit in bouwjaar van nabijgelegen gebouwen maakt het makkelijker om ze te verduurzamen. In Opmeer Zuid liggen de nieuwste woningen die zijn gebouwd na 2015. Op het bedrijventerrein de Veken liggen gebouwen gebouwd tussen 1970 en 2022.



Figuur 2.2 | Bouwjaar gebouwen in projectgebied. Bron: BAG

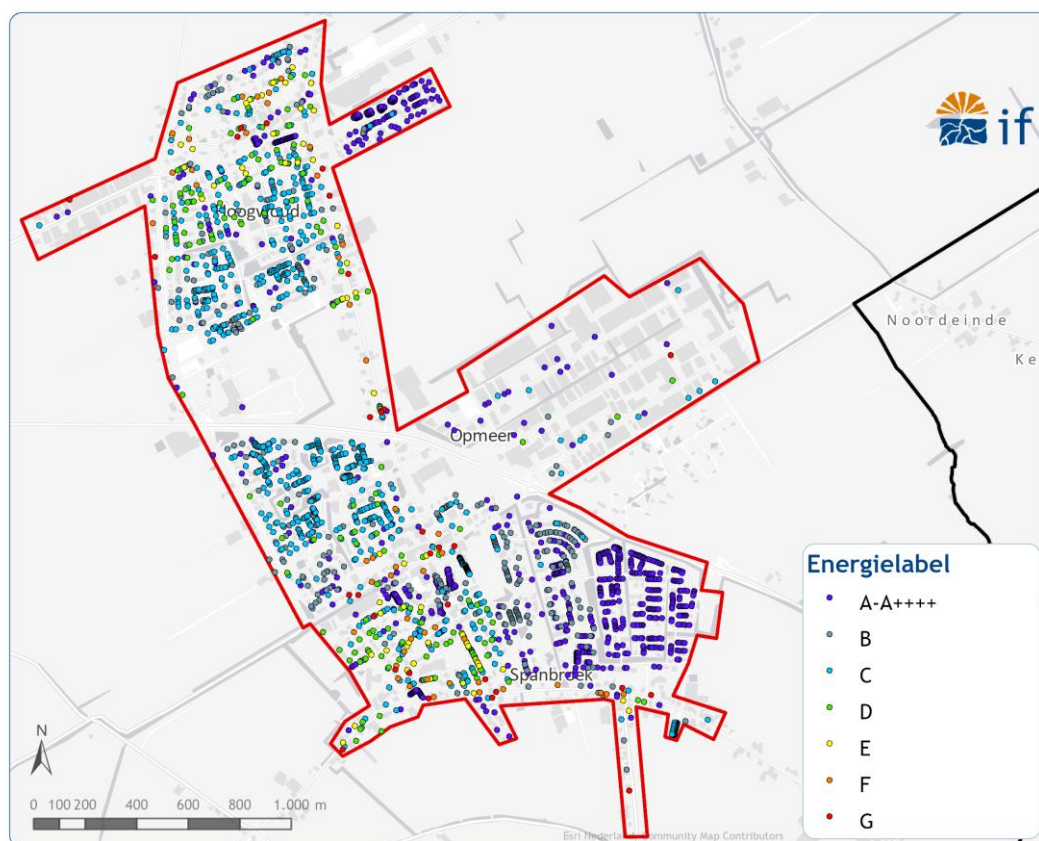
De beschikbare energielabels van de woningen en overige gebouwen zijn zichtbaar in Tabel 2.2 en in Figuur 2.3. Hierin is te zien dat de meeste gebouwen energielabel A, B of C hebben. Dit betekent dat de meeste gebouwen een redelijke isolatiegraad hebben. De gebouwen met een energielabel D of lager komen grotendeels overeen met de gebouwen met een bouwjaar van voor 1965.

52% van de gebouwen heeft geen energielabel. Vooral bij de gebouwen met een andere functie dan wonen zijn weinig energielabels beschikbaar. We schatten in dat de energielabels van omliggende woningen een goede voorspeller zijn voor de woningen zonder energielabel. Dit geldt vooral voor alle gebieden met woningen met hetzelfde bouwjaar omdat die waarschijnlijk op dezelfde manier zijn gebouwd.

Tabel 2.2 | Energietabels van gebouwen in het projectgebied. Bron: RVO.

Energietabel	
A++++	23 (0.5%)
A+++	29 (0.6%)
A++	3 (0.1%)
A+	7 (0.1%)
A	830 (16.9%)
B	454 (9.3%)
C	705 (14.4%)
D	154 (3.1%)

E	61 (1.2%)
F	47 (1.0%)
G	31 (0.6%)
Onbekend	2.564 (52.2%)



Figuur 2.3 | Energielabels gebouwen in het projectgebied. Bron: RVO.

2.3 WARMTEVRAAG

Een energielabel geeft een eerste indicatie voor het gasverbruik van woningen, maar ook andere factoren zijn bepalend, zoals grootte van de woning, type woning en gezinssamenstelling. Het gasverbruik van kleinverbruikers is openbaar te raadplegen via de gasnetbeheerder, wat een beeld geeft op postcode zes niveau. Voor een deel van de grootverbruikers is het gasverbruik aangeleverd door de gemeente en de rest is geschat op basis van kentallen. IF Technology heeft voor het projectgebied het gasverbruik inzichtelijk gemaakt. Bedrijven met industrie functie gebruiken gas voor ruimteverwarming maar sommige gebruiken gas ook in het productieproces. In een vervolg zal beter inzichtelijk gemaakt moeten worden welk deel van het gasverbruik van de bedrijven waarvoor gebruikt wordt. Dan kan ook onderzocht worden of het mogelijk is om het gasverbruik voor het productieproces te vervangen door andere warmtebronnen. Naast het vervangen van het gasverbruik met een duurzame warmtebron is een andere mogelijkheid om elektriciteit te gebruiken, dit zal in een vervolgonderzoek moeten blijken.

Het totale aardgasverbruik bedraagt circa 9.000.000 kuub gas (m³) per jaar voor het projectgebied. Op basis van het gasverbruik is de warmtevraag geschat, zie Bijlage 1 voor een toelichting op de methode. In Tabel 2.3 zijn de resultaten van de warmtevraag inventarisatie weergegeven.

Tabel 2.3 | Warmtevraag projectgebied op basis van gasverbruik.

Parameter	Aantallen	Aardgas		Warmtevraag	
		Totaal	Gemiddeld	Totaal	Gemiddeld
Verblijfsobjecten	(-)	m ³ aardgas	m ³ aardgas	GJ/jaar	GJ/jaar
Woningen	4.332	6.100.000	1.410	197.400	46
Bijeenkomstfunctie	34	71.000	2.170	2.200	66
Gezondheidszorgfunctie	12	71.000	6.480	2.200	198
Industriefunctie	265	2.400.000	9.080	73.700	278
Kantoorfunctie	32	104.000	3.250	3.200	101
Logiesfunctie	3	131.000	65.350	4.000	2000
Onderwijsfunctie	6	16.000	2.680	500	82
Sportfunctie	8	43.000	5.320	1.300	163
Winkelfunctie	55	115.000	2.140	3.500	65
Totaal	4.747	9.000.000	1.910	288.000	61

2.3.1 Warmtevraagdichtheid

De businesscase van een collectief systeem wordt beter als het projectgebied een hoge warmtevraagdichtheid heeft en een grote warmtevraag. Een hoge warmtevraagdichtheid houdt in dat er in een klein gebied veel vraag is naar warmte. Dit drukt de investeringskosten van het distributienet, maar schept wel de mogelijkheden voor veel afnemers van warmte en/of koude.

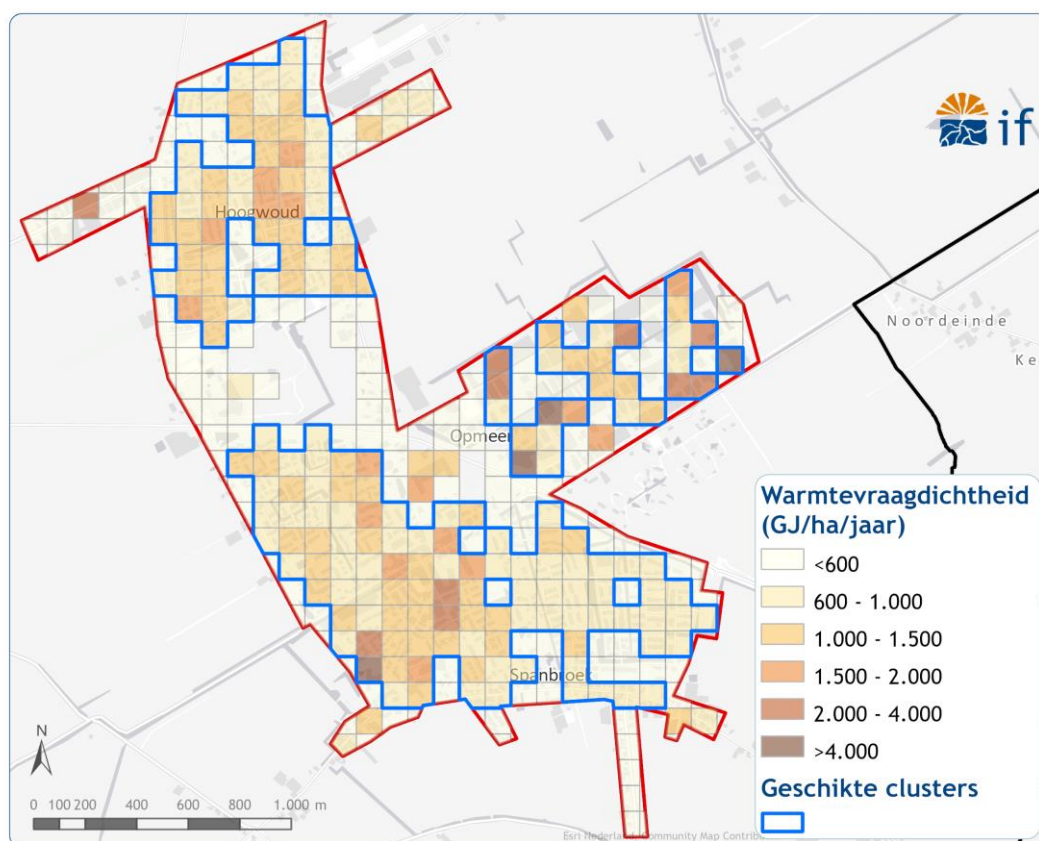
Om te bepalen waar mogelijk collectieve systemen geschikt zijn hebben we de warmtevraagdichtheid bepaald en gekeken of er clusters zijn waarbij de totale warmtevraag groot genoeg is. Cluster zijn bepaald als aangrenzende gebieden waarbinnen de warmtevraagdichtheid hoog genoeg is. Op basis van onze kennis en ervaring hanteren we een minimale warmtevraagdichtheid van 600 GJ/ha/jaar en een minimale totale warmtevraag van 6.000 GJ/jaar.

NB. Als aan deze voorwaarden is voldaan is een collectief systeem alleszins een zekerheid. Het is een minimale randvoorwaarde om niet te snel een collectief systeem af te schrijven in een haalbaarheidsfase. Als er echter zelfs niet aan deze minimale voorwaarden wordt voldaan is het onwaarschijnlijk dat een collectief systeem financieel concurrerend met individuele oplossingen is.

In Figuur 2.4 is de warmtevraagdichtheid met daarbij de gevonden geschikte clusters weergegeven. Er is te zien dat meerdere geschikte clusters zijn gevonden. Eén grote in Hoogwoud, één grote in Opmeer en Spanbroek en meerdere kleine clusters in De Veken. Tabel 2.4 geeft een overzicht van de gemiddelde warmtevraagdichtheid en totale warmtevraag van de clusters. Voor bedrijventerrein De Veken hebben we het hele gebied gezamenlijk genomen en niet per los cluster weergegeven.

Tabel 2.4 | Gemiddelde warmtevraagdichtheid en totale warmtevraag per geschikt cluster.

	Gemiddelde warmtevraagdichtheid (GJ/ha/jaar)	Totale warmtevraag (GJ/jaar)
Hoogwoud	1.100	58.000
Opmeer en Spanbroek	1.070	107.000
De Veken	1.160	72.000



Figuur 2.4 | Warmtevraagvraagdichtheid per grid van 100x100 meter gebouwen in Opmeer.

2.3.2 Toekomstige warmtevraag

Het is de verwachting dat de huidige warmtevraag van de gebouwen in de toekomst gaat veranderen. Door verduurzaming en extra isolatie van de gebouwen zal de toekomstige warmtevraag afnemen. In Bijlage 1 is uitgelegd hoe de toekomstige warmtevraag is ingeschat. Er is daarbij gekeken naar twee toekomst scenario's:

- 1 Gebouwen worden verwarmd met lage temperatuur warmte (ca. 45 °C).
- 2 Gebouwen worden verwarmd met midden temperatuur warmte (ca. 70 °C).

Gebouwen moeten beter geïsoleerd zijn om met een lage temperatuur verwarmd te kunnen worden ten opzichte van midden temperatuur. Deze betere isolatie zorgt voor een lagere warmtevraag. In Tabel 2.5 is weergegeven wat de verwachte warmtevraag is van de gebouwen in Opmeer als er verwarmd wordt met midden of lage temperatuur.

Tabel 2.5 | Gasverbruik en warmtevraag van gebouwen in Opmeer voor en na verduurzaming van de woningen.

Parameter	Totaal verbruik	Warmtevraag
	m ³ aardgas	GJ/jaar
Verbruik gebouwen zonder verduurzaming	9.000.000	288.000
Verbruik gebouwen na verduurzaming voor MT-warmte	8.500.000	271.000
Verbruik gebouwen na verduurzaming voor LT-warmte	8.000.000	256.000

Naast de afname in warmtevraag vanwege isolatie zal de warmtevraag ook afnemen vanwege het opwarmende klimaat. Op basis van het meest waarschijnlijke klimaatscenario wordt verwacht dat de warmtevraag tot 2050 met gemiddeld 15% afneemt¹. In Tabel 2.6 is de verwachte warmtevraag van de gebouwen in Opmeer in 2050 inclusief het effect van klimaatverandering weergegeven.

Tabel 2.6 | Gasverbruik en warmtevraag van gebouwen in 2050 in Opmeer na verduurzaming van de woningen en inclusief het effect van klimaatverandering.

Parameter	Totaal verbruik	Warmtevraag
	m ³ aardgas	GJ/jaar
Verbruik gebouwen na verduurzaming voor MT-warmte inclusief effect klimaatverandering	7.200.000	230.000
Verbruik gebouwen na verduurzaming voor LT-warmte inclusief effect klimaatverandering	6.800.000	217.000

¹ Agentschap NL (2012). Pilot effect klimaatverandering op energiegebruik en besparingsconcepten bij woningen. De resultaten uit het rapport zijn gecorrigeerd voor het verstrijken van tijd sinds dat het rapport is uitgebracht.

3 Omgevingsbronnen warmte en koude

Om Opmeer op een duurzame wijze van warmte te voorzien kunnen verschillende energiebronnen gebruikt worden. In deze studie is gekeken naar de toepassing van groengas, biomassa, waterstof, bodemenergie, geothermie (warmte uit de aarde), aquathermie (warmte uit water), zonthermie, aerothermie (warmte uit buitenlucht) en industriële restwarmtestromen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen individuele en collectieve bronnen. Daarnaast hebben we ook verschillende manieren om warmte en koude op te slaan bekeken.

3.1 OMGEVINGSBRONNEN VOOR INDIVIDUELE OPLOSSINGEN

In deze paragraaf behandelen we verschillende bronnen waarmee woningen individueel verwarmd kunnen worden. Enkele technieken kunnen naast warmte ook koeling leveren aan de woningen. Voor de volledigheid is het scenario voortzetting aardgas ook genoemd. De volgende individuele oplossingen zijn beschouwd:

1. referentie: voortzetting aardgas;
2. individueel groen gas;
3. waterstof;
4. hybride warmtepomp;
5. individueel lucht-/waterwarmtepomp;
6. individueel lucht-/luchtwarmtepomp;
7. individueel ventilatiewarmtepomp(boiler);
8. individueel bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp;
9. PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp.

In Bijlage 4 is een algemene beschrijving gegeven van bovenstaande technieken. Hierin is omschreven hoe de technieken werken en zijn verschillende positieve en negatieve aspecten benoemd. In Tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de haalbaarheid en potentie van de verschillende technieken in het projectgebied. Onder de tabel staat voor sommige technieken een toelichting bij de specifieke situatie in Opmeer. Ook wordt toegelicht als een techniek niet geschikt wordt geacht als oplossing en daarom in het vervolg van het onderzoek verder niet wordt meegenomen.

Tabel 3.1 | Samenvattingstabel individuele energiebronnen in Opmeer.

Technieken	Technische haalbaarheid	Maximale potentie
Energiebronnen - individueel		Eenheid: GJ/jaar
☒ Aardgas	Goed	Praktisch onbeperkt
☒ Groen gas	Onzeker	Theoretisch 293.000
☒ Waterstof	Heel onzeker	Afhankelijk van beschikbaarheid elektriciteit
Hybride warmtepomp	Goed - minimale isolatie nodig	Onbeperkt
Lucht-/waterwarmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Onbeperkt
Lucht-/luchtwarmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Onbeperkt
Ventilatie-warmtepomp(boiler)	Haalbaar voor een deel van de woningen	Verschilt per woning maar sowieso niet genoeg voor gasloos
Bodem water-/waterwarmtepomp	Goed - mogelijk isolatie nodig	Nader te bepalen

PT of PVT gekoppeld aan boiler of
warmtepomp

Goed - mogelijk isolatie nodig

Afhankelijk van beschikbaar
dakoppervlak

3.1.1 Aardgas

☒ Omdat de CO₂ uitstoot bij verbranding van aardgas groot is beschouwen we dit niet als een haalbaar scenario om Opmeer op een duurzame manier te verwarmen. Dit scenario valt dus af als duurzame eindoplossing. Echter in de overgangperiode tot aan de eindoplossing is het goed mogelijk om deels aardgas te blijven gebruiken.

3.1.2 Groengas

☒ Om de potentie van groengas in het projectgebied te onderzoeken hebben we gebruik gemaakt van warmteatlas.nl van het RVO. Daar wordt geschat dat in de hele gemeente Opmeer 70,6 GJ/ha/jaar aan warmte met groengas opgewekt kan worden. Dit komt voor de hele gemeente uit op 293.000 GJ en komt voornamelijk uit gras en groenvoerdergewassen Reststromen. Dat zou voldoende zijn om te voldoen aan de warmtevraag van het projectgebied. Kantekening hierbij is wel dat dit een theoretische hoeveelheid is en dat in de praktijk dus wel alle reststromen verzameld moeten worden om deze hoeveelheid te bereiken. Daarnaast zullen ook andere plaatsen in de gemeente Opmeer gebruik willen maken van deze reststromen.

Vanwege de mogelijk beperkte en onzekere beschikbaarheid van groengas en de verwachte grote vraag vanuit de industrie en mobiliteit achten we groengas niet geschikt voor het volledig duurzaam verwarmen van Opmeer. Belangrijk hierbij is dat de Rijksoverheid aangeeft dat groengas voor 2030 nog niet grootschalig beschikbaar zal zijn voor de gebouwde omgeving.

3.1.3 Waterstof

☒ Waterstof zit op dit moment nog in de onderzoeksfase voor de toepassing in de gebouwde omgeving. Daarnaast is een belangrijk aspect voor het duurzaam toepassen van waterstof dat er veel duurzame elektriciteit beschikbaar is wat nu nog niet het geval is. Mocht er in de toekomst meer groene waterstof beschikbaar komen dan worden toepassingen voor industrie en zware mobiliteit verwacht. Daarom achten wij waterstof op dit moment niet een realistische optie.

3.1.4 Lucht-/luchtwarmtepomp

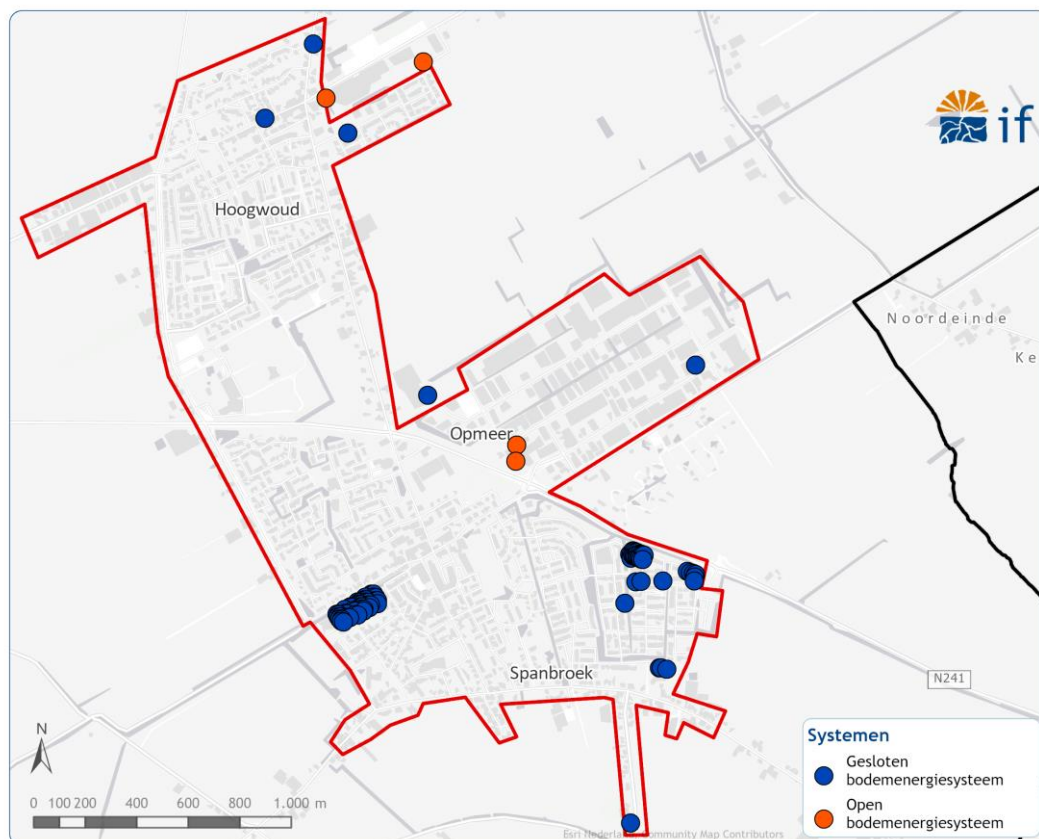
De lucht-/luchtwarmtepomp is niet erg geschikt om hele woningen van warmte en koude te voorzien. Er moeten veel leidingen aangelegd worden om alle kamers van warmte te voorzien en de warmtepomp is minder geschikt voor hele koude winterdagen. Het is echter wel een mogelijke toevoeging aan een warmte en koudesysteem om losse kamers snel te verwarmen of koelen. Bijvoorbeeld een werkkamer op zolder of in de garage.

3.1.5 Ventilatie-warmtepomp(boiler)

Het is afhankelijk van het type ventilatiesysteem in de woningen of een ventilatie-warmtepomp of boiler toegepast kan worden. 26% van de gebouwen in Opmeer is gebouwd tussen 1980 en 2000 en is daarmee waarschijnlijk geschikt voor een ventilatiewarmtepomp of boiler. Per woning moet onderzocht worden of in hoeverre een ventilatiewarmtepomp of boiler toereikend is om in de warmtevraag te voorzien. De ventilatie-warmtepomp(boiler) is niet in staat om een volledig gasloos van warmte te voorzien en daarom blijft er altijd een andere warmtebron zoals cv-ketel of lucht-/waterwarmtepomp nodig.

3.1.6 Bodem water-/waterwarmtepomp

Op dit moment zijn er op meerdere locaties in het projectgebied bodemlussen gerealiseerd of staan bodemlussen gepland. Zie Figuur 3.1 voor een overzicht van de bestaande en geplande bodemlussen. De bodemlussen zijn gerealiseerd of gepland bij woningen die recent zijn gebouwd of worden opgeleverd.



Figuur 3.1 | Bestaande bodemenergiesystemen in en rondom het projectgebied.

Als bodemlussen dichtbij elkaar liggen dan is er kans dat ze elkaar negatief beïnvloeden, interferentie genaamd. Hoe meer ruimte er dus is in de omgeving van woningen hoe kleiner de kans dat er interferentie optreedt. In het vervolg moet de kans op interferentie specifiek voor Opmeer onderzocht worden. Het gaat hierbij zowel om het negatief beïnvloeden van de bestaande lussen als nieuwe lussen onderling.

3.1.7 PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp

De meeste woningen in Opmeer zijn grondgebonden woningen. Dat betekent dat er veel dakoppervlak beschikbaar is voor het plaatsten van PT- of PVT-panelen. De meeste woningen zijn echter niet heel goed geïsoleerd dus voor die woningen zal het niet mogelijk zijn om gasloos te verwarmen met alleen PT of PVT panelen.

3.2 OMGEVINGSBRONNEN VOOR COLLECTIEVE OPLOSSINGEN

Naast individuele mogelijkheden zijn er ook technieken toepasbaar waarbij de woningen zijn aangesloten op een collectief systeem om warmte te leveren. Dit collectieve systeem houdt in dat warmte op een centrale plek wordt opgewekt en vervolgens via een warmtenet naar de huizen wordt gedistribueerd. Het opwekken van de warmte kan op allerlei verschillende manieren plaatsvinden. Zo kan warmte worden opgewekt door gebruik te maken van een warmtepomp en een warmtebron (warmtebronnen: aquathermie, buitenlucht en zon), door de warmte direct uit de grond te halen (geothermie) of doormiddel van verbranding (biomassa, groengas).

In de volgende paragrafen is eerst de werking van het warmtenet en verschillende opslagtechnieken beschreven. Daarna zijn de volgende verschillende warmtebronnen besproken:

1. aardgas;
2. thermische energie uit oppervlaktewater (TEO);
3. thermische energie uit afvalwater (TEA) + WKO;
4. lucht-/waterwarmtepomp;
5. droge koeler + WKO;
6. zonthermie + buffer;
7. geothermie;
8. biomassa;
9. groen gas;
10. restwarmte.

In Bijlage 4 is een algemene beschrijving gegeven van bovenstaande technieken. Hierin is omschreven hoe de technieken werken en zijn verschillende positieve en negatieve aspecten benoemd.

In Tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de haalbaarheid en potentie van de verschillende collectieve technieken in het projectgebied. Onder de tabel staat voor sommigen technieken een toelichting bij de specifieke situatie in Opmeer. Ook wordt toegelicht als een techniek niet geschikt wordt geacht als oplossing en daarom in het vervolg van het onderzoek verder niet wordt meegenomen.

Tabel 3.2 | Samenvattingstabel collectieve energiebronnen in Opmeer.

Technieken	Technische haalbaarheid	Maximale potentie
Energiebronnen - collectief		Eenheid: GJ/jaar
☒ Aardgas	Goed	Praktisch onbeperkt
TEO + WKO	Goed	Laag en alleen kleinschalig
TEA + WKO	Goed	12.300
lucht-/waterwarmtepomp	Goed	Oneindig
Droge koeler + WKO	Goed	Oneindig - afhankelijk van beschikbare ruimte voor droge koelers
Zonthermie + buffer	Goed - veel ruimte nodig (66 ha)	4.320 GJ/ha grond
Geothermie	OGT geschikt	16.200 - 21.600 per doublet
	Diepere geothermie geschikt	108.000 - 183.600 per doublet
☒ Biomassa	Potentie onzeker	Theoretisch 23
☒ Groengas	Potentie onzeker	Theoretisch 293.000
☒ Restwarmte	Onzeker	Laag

3.2.1 Warmtenetten

De verschillende collectieve warmtebronnen kunnen allen als input dienen voor verschillende type warmtenetten. Onderscheidend daarbij is de locatie waar de (lage) temperatuur van de bron verder wordt opgewekt naar een bruikbare temperatuur. Bij een midden temperatuur (MT - ca. 70°C) warmtenet gebeurt dit bij de bron, waarna de warmte op midden temperatuur naar de afnemers wordt getransporteerd. Bij een lage temperatuur (LT - ca. 45°C) warmtenet vindt de opwekking deels plaats nabij de bron en deels bij de afnemer. Bij een zeer lage temperatuur (ZLT - 10-25°C) warmtenet (ook wel brontemperatuur warmtenet) wordt de bronwarmte rechtstreeks naar de afnemers getransporteerd en pas daar wordt de warmte verder opgewaardeerd. Zie Bijlage 2 voor een uitgebreidere beschrijving van de verschillende warmtenetten.

3.2.2 Opslagtechnieken

Bij sommige collectieve oplossingen wordt gebruik gemaakt van een opslagtechniek van warmte en koude zoals WKO. Daarom is in Bijlage 3 een algemene omschrijving gegeven van verschillende opslagtechnieken. Hieronder is toegelicht hoe goed de verschillende opslagtechnieken toepasbaar zijn in de gemeente Opmeer.

WKO

In Bijlage 5 is het uitgevoerde vooronderzoek en toetsing haalbaarheid WKO weergegeven. Hierin worden de mogelijkheden van de toepassing van WKO op locatie omschreven. De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn als volgt:

- Zowel het eerste watervoerende pakket (van circa 30 tot 65 m-mv) als het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket (van circa 80 tot 230 m-mv) zijn geschikt voor open bodemenergiesystemen. Vanwege de beperkte dikte is het eerste watervoerende pakket geschikt voor een open bodemenergiesysteem met een beperkte broncapaciteit. Verwacht wordt dat de bodemeigenschappen in het gecombineerde tweede- en derde watervoerend pakket voldoende zijn voor een maximale broncapaciteit van circa 200 tot 250 m³/uur.
- Er zijn nog de volgende aandachtspunten:
 - 1 Mogelijke aanwezigheid van het brak-zoutgrensvlak en/of een redoxovergang in het tweede- en derde watervoerende pakket kan ervoor zorgen dat een deel van het pakket niet gebruikt kan worden om bronfilter te stellen.
 - 2 De fijnzandigheid kan toenemen in de diepere delen van het gecombineerde tweede- en derde watervoerende pakket wat kan zorgen voor een lagere broncapaciteit.
 - 3 In Noord-Holland kan op grote diepte nog een relatief hoge gasdruk aangetroffen worden. Hier dient bij het ontwerp rekening mee gehouden te worden anders kan het leiden tot bronverstopping.
 - 4 Er bevinden zich in het projecten gebied al een aantal open bodemenergiesystemen en meerdere bodemlussen, zie Figuur 3.1.

Ecovat

Voor het plaatsen van een Ecovat is veel ruimte nodig. Daar zal een plek voor moeten worden gevonden in en rondom de woonkernen.

HoCoSto

Het is mogelijk om een HoCoSto te plaatsen als er genoeg ruimte gevonden kan worden.

MTO & HTO

MTO systemen zijn vooral geschikt als er bronnen met MT-warmte beschikbaar zijn. De haalbaarheid van een MTO systeem in de bodem is vergelijkbaar met de haalbaarheid van een WKO. Daarom is een MTO systeem in Opmeer goed haalbaar.

Het enige HTO systeem op dit moment in Nederland ligt relatief dichtbij Opmeer in de Middenmeer. De haalbaarheid van een HTO systeem is echter locatie specifiek. De bodem moet namelijk specifieke eigenschappen hebben met verschillende zand en kleilagen. In een vervolg onderzoek kan onderzocht worden wat de haalbaarheid van HTO systemen in Opmeer is. Dit is interessant om te onderzoeken als er mogelijk een groot zonthermie of geothermie systeem komt.

Zoutbatterij voor warmte

Deze techniek is op dit moment nog vol in ontwikkeling. Het wordt daarom op korte tijd niet als realistische oplossing beschouwd voor Opmeer.

Basaltbatterij

De Basaltbatterij is op dit moment allen nog maar in proefopstelling gebouwd en wordt daarom binnen afzienbare tijd niet als realistisch beschouwd voor Opmeer.

3.2.3

Aardgas

☒ Omdat de CO₂ uitstoot bij verbranding van aardgas groot is beschouwen we dit niet als een haalbaar scenario Opmeer op een duurzame manier te verwarmen. Dit scenario valt dus af als duurzame eindoplossing. Echter in de overgangperiode tot aan de eindoplossing is het goed mogelijk om deels aardgas te blijven gebruiken als piekvoorziening.

3.2.4

TEO

In de omgeving van Opmeer zijn geen grote oppervlaktewateren die gebruikt kunnen voor grote TEO installaties. Er zijn verschillende kleine sloten waar kleine systemen mogelijk gerealiseerd kunnen worden. In totaal is er in het projectgebied een theoretische potentie in totaal van ongeveer 73.000 GJ/jaar. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alle kleine slootjes gebruikt worden wat niet realistisch is. In de praktijk zullen er mogelijk een aantal kleinere TEO installaties gerealiseerd worden waarmee een deel van de theoretische potentie bereikt wordt. Om de potentie optimaal te benutten is het nodig om een WKO systeem te koppelen aan het TEO systeem.

De locatie met de meest geschikte sloten lijkt Opmeer Zuid in het oosten van Spanbroek bij de nieuwbouwwoningen. De sloten hebben daar een verwacht vermogen van ongeveer 12.500 GJ/jaar.

Behalve binnen het projectgebied zijn er ook een paar sloten vlak buiten het project gebied die mogelijk gebruikt kunnen worden. Zo heeft bijvoorbeeld de sloot langs de Koninginneweg en Hogeweg met een lengte van 1,2 km en breedte van zo'n 7 meter breed een geschatte potentie van 3.600 GJ/jaar. Er zal echter een leiding langs de hele sloot aangelegd moeten worden wat het systeem erg duur maakt. Kleine systemen zijn meestal moeilijk financieel rendabel te krijgen. Per specifiek systeem zal onderzocht moeten worden of het haalbaar is maar voor systemen kleiner dan 400 woningen (12.000 - 18.000 GJ/jaar) is dat meestal moeilijk.

Het is interessant om de optie van TEO in gedachten te houden bij (grote) nieuwbouwwontwikkelingen. TEO systemen kunnen in combinatie met WKO en een ZLT warmtenet namelijk geschikt zijn voor

nieuwbouwwoningen. Het voordeel van een ZLT warmtenet is dat er ook koeling mee geleverd kan worden wat bij nieuwbouwwoningen steeds belangrijker wordt. Daarnaast is de aanleg van een warmtenet goedkoper bij nieuwbouw omdat het gelijk aangelegd kan worden met het riool en andere leidingen.

3.2.5 TEA

Er zijn twee mogelijke rioolgemalen met daartussen leidingen waar warmte afgetapt kan worden. Het eersteemaal ligt in Hoogwoud op het kruispunt van de Graaf Willemstraat en Herenweg. Op basis van de aquathermieviewer² kan geconcludeerd worden dat hetemaal een theoretische potentie heeft van 3.820 GJ/jaar. Dit is als het TEA-systeem gecombineerd wordt met een WKO.

Van het eersteemaal loopt een leiding richting het tweedeemaal op het kruispunt van de Lindengracht en Lijster tussen Opmeer en Spanbroek. Op basis van de aquathermieviewer kan geconcludeerd worden dat hetemaal een theoretische potentie heeft van 8.500 GJ/jaar. Dit is als het TEA-systeem gecombineerd wordt met een WKO.

Vanaf het tweedeemaal loopt een leiding zuidelijk richting de Spanbroekerweg waarin water uit beide gemalen wordt afgevoerd. Ergens uit deze leiding kan dus de gecombineerde warmte van 12.300 GJ/jaar worden gewonnen. Dit is dus bij lange na niet voldoende om heel Opmeer van warmte te voorzien maar het kan wel een deel van de woningen van duurzame warmte voorzien. Het is lastig om een TEA systeem van dit kleine formaat financieel rendabel te krijgen.

Het is interessant om TEA als optie in gedachten te houden bij de aanleg van nieuwbouwwijken. Daarbij geldt dezelfde redenatie als voor TEO, zie paragraaf 3.2.4.

3.2.6 Zonthermie

Om aan de huidige warmtevraag van Opmeer te voldoen is ongeveer 66 ha grond nodig met zonnecollectoren. Als er gekozen wordt voor PT-panelen dan zal er ook ruimte gezocht moeten worden voor een Ecovat of HoCoSto. Bij PVT-panelen kan WKO toegepast worden als seizoensopslag. De gemeente heeft aangegeven onderzoek te doen naar de mogelijkheden van zonneparken voor elektriciteit in regionaal verband. In plaats van zonneparken voor elektriciteit zou ook gekeken kunnen worden naar zonthermie velden (PT of PVT). Het voordeel hiervan is dat de warmte lokaal wordt opgewerkt en direct geleverd wordt aan Opmeer. Alleen de bewoners van Opmeer profiteren er van. Bij elektriciteit wordt het gevoed aan het elektriciteitsnet en wordt het ook gebruikt in andere gebieden. Het gegeven dat de warmte lokaal wordt opgewekt en gebruikt kan helpen om de bewoners meer verbondenheid te laten voelen met de zonthermie velden. Dit kan bijdragen aan het draagvlak van een collectieve oplossing.

3.2.7 Geothermie

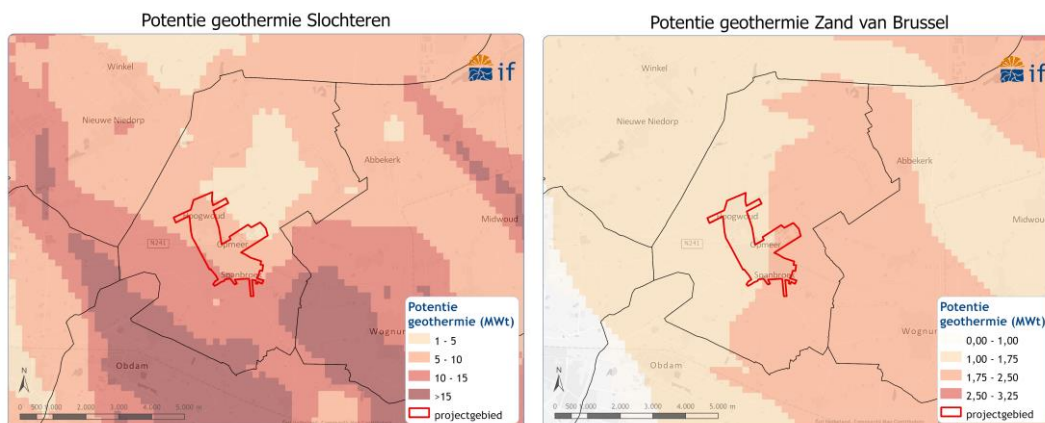
Recentelijk is er in 2022 door IF Technology een potentieonderzoek geothermie uitgevoerd voor de provincies Noord-Holland en Flevoland. Deze studie biedt op lokaal en regionaal niveau inzicht in de potentie voor de toepassing van aardwarmte. De resultaten van dit onderzoek vormen een verdieping ten opzichte van de landelijke tool ThermoGIS en zijn daardoor geschikt om de potentie voor geothermie in de gemeente Opmeer te bepalen. Uit het potentieonderzoek blijkt dat delen van het projectgebied geschikt zijn voor zowel diepe geothermie als ondiepe geothermie (Figuur 3.2).

² <https://aquathermieviewer.nl/>

Diepe geothermie kan worden benut uit het Slochteren Formatie-reservoir, gelegen op een gemiddelde diepte van 2.350 meter, met een temperatuur van ongeveer 95 °C en een retourtemperatuur van 35 °C. Als voorbeeld: met behulp van één doublet kan binnen de gemeente een vermogen van 12 tot 17 MWt worden bereikt, wat bij 2.500 tot 3.000 vollasturen een potentiële warmtelevering van 108.000 tot 183.600 GJ/jaar mogelijk maakt. Dit zou een aanzienlijk deel van de warmtevraag kunnen dekken, vooral als er een aanzienlijk aantal woningen wordt aangesloten op een aardwarmte-gevoed warmtenet. De haalbaarheid van aardwarmte in een woonwijk neemt doorgaans toe met de hoeveelheid woonequivalenten.

Voor ondiepe geothermie is het Zand van Brussel Laagpakket het beoogde reservoir, gelegen op een gemiddelde diepte van 800 meter, met een temperatuur van circa 30 °C en een retourtemperatuur van 10 °C. Met een doublet kan binnen de gemeente een vermogen van 1,8 tot 2,1 MWt worden bereikt, wat bij 2500 tot 3000 vollasturen een potentiële warmtelevering van 16.200 tot 21.600 GJ/jaar mogelijk maakt. Hoewel dit een lagere warmteproductie is in vergelijking met diepe geothermie, biedt ondiepe geothermie een meer schaalbare optie voor kleinere warmteafnames. Dit betekent dat een rendabel aardwarmte-gevoed warmtenet kan worden gerealiseerd met minder aangesloten woningen.

Deze berekeningen zijn globale inschattingen waarbij factoren zoals periodieke warmte-afname nog niet zijn uitgewerkt. De inpassing van een of meerdere doubletten is hierbij niet geoptimaliseerd voor de lokale situatie en warmteafnemer(s). Voor een gedetailleerde bepaling van de lokale potentie, de mogelijkheden voor de integratie van een systeem, en het in kaart brengen van de kansen en onzekerheden, zowel bovengronds als ondergronds, en de business case adviseren we om aanvullend onderzoek te doen.



Figuur 3.2 | Potentiekarten uit potentieonderzoek geothermie Noord-Holland en Flevoland van IF Technology 2022. Links: potentie voor diepe geothermie. Rechts: potentie voor ondiepe geothermie.

3.2.8

Biomassa

Om de potentie van biomassa in het projectgebied te onderzoeken hebben we gebruik gemaakt van warmteatlas.nl van het RVO. Daar wordt geschat dat in de hele gemeente Opmeer 0,0054 GJ/ha/jaar aan warmte met biomassa opgewekt kan worden. Dit komt voor de hele gemeente uit op 23 GJ. Dit is erg weinig en niet genoeg om één woning van warmte te voorzien.

☒ Vanwege de beperkte beschikbaarheid van biomassa en de verwachte grote vraag vanuit de industrie beschouwen we deze optie als niet geschikt. De optie wordt daarom verder niet meegenomen in dit onderzoek.

3.2.9 Groengas

☒ Voor de collectieve toepassing van groengas geldt hetzelfde als voor de individuele toepassing van groengas. In theorie is er genoeg potentie in heel de gemeente Opmeer om het projectgebied van warmte te voorzien. Het is echter onzeker of er ook werkelijk zoveel potentie is en daarnaast zijn er ook andere nadelen zoals besproken in paragraaf 3.1.2. Daarom achten wij een collectief systeem met groengas niet geschikt als oplossing.

3.2.10 Restwarmte

☒ Er zijn in Opmeer geen grote restwarmtebronnen beschikbaar. Er zijn enkele kleine bronnen beschikbaar zoals een supermarkt die een beetje lage temperatuur restwarmte kunnen leveren. Deze bronnen kunnen gebruikt worden als aanvulling bij een warmtenet maar zijn niet genoeg om als enige bron te dienen.

4 Afweging omgevingsbronnen

De mogelijke warmteoplossingen beschouwd in dit onderzoek worden onderling vergeleken. Om een volledige afweging te maken worden ze langs meerdere afwegingscriteria gescoord. In deze zogeheten multicriteria analyse (MCA) ontstaat een overzicht van hoe de verschillende technieken zich op bepaalde aspecten tot elkaar verhouden.

4.1 BEOORDELINGSCRITEIA

De volgende criteria zijn gebruikt om de omgevingsbronnen met elkaar te vergelijken, zie Bijlage 6 voor een uitgebreidere beschrijving van de criteria:

- 1 potentie (alleen bij collectieve bronnen);
- 2 duurzaamheid in de vorm van CO₂ uitstoot;
- 3 inpasbaarheid in de openbare ruimte;
- 4 ruimtelijke impact in/rondom de gebouwen;
- 5 betrouwbaarheid en comfort van de techniek;
- 6 toekomstbestendigheid;
- 7 faseerbaarheid;
- 8 akoestiek en visueel;
- 9 betaalbaarheid (financieel);
- 10 juridisch en beleidsmatig.

4.2 AFWEGING

In Tabel 4.1 en Tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de vergelijking van de verschillende omgevingsbronnen op basis van de verschillende criteria. Bij de collectieve energieconcepten is het uitgangspunt geweest dat de technieken worden gecombineerd met een MT-net. Dit houdt in dat door het warmtenet, water stroomt met een temperatuur van 70 °C. Indien een ander type warmtenet wordt gekozen kan dit enkele (kleine) wijzigingen in de scores met zich meebrengen. Voor de collectieve optie geothermie is uitgegaan van geothermie op een diepte van 2.350 meter. Hiermee wordt warmte geproduceerd met een temperatuur van 95 °C en dus zal het warmtenet ook warmte vervoeren met deze temperatuur. Er is gekozen voor gekozen om alleen diepe geothermie mee te nemen omdat ondiepe geothermie eigenlijk alleen interessant wordt als diepe geothermie niet mogelijk is.

Bij de individuele technieken komen de lucht-/waterwarmtepomp, hybride warmtepomp en bodemwarmtewisselaar met warmtepomp goed naar voren. Dit zijn technieken die al veel worden toegepast bij woningen. Met de lucht-/waterwarmtepomp en bodemwarmtepomp is het mogelijk om gebouwen gasloos te verwarmen. Bij de hybride warmtepomp wordt er voor een deel nog gas gebruikt. Bodemwarmtepompen zijn naast het verwarmen ook in staat om passief te koelen. Dit houdt in dat er weinig elektriciteit nodig is om gebouwen te koelen in de zomer.

Wat betreft de collectieve technieken komt de collectieve lucht-/waterwarmtepomp het beste naar voren.

Voor toekomstige nieuwbouwprojecten zijn TEO met WKO en TEA met WKO een goede optie, waarbij geldt dat nader onderzoek nodig is om de precieze haalbaarheid ervan te toetsen en te bepalen hoeveel woningen er mee verwarmd/gekoeld kunnen worden. TEO en TEA zijn in ieder geval niet toereikend om heel Opmeer van warmte en koude te voorzien.

Voor de bestaande bouw scoort geothermie na de collectieve lucht-/waterwarmtepomp het beste. Het verschil met de vorige drie opties is dat het bij geothermie om een groot systeem gaat dat bijna nog niet is toegepast voor de verwarming van woningen. Dat brengt meer onzekerheden en organisatorische uitdagingen met zich mee wat zich vertaalt in lagere scores op een aantal onderdelen.

Tabel 4.1 | Scores voor afwegingscriteria voor alle omgevingsbronnen die op individueel niveau worden toegepast.

	hybride warmtepomp		lucht-/waterwarmtepomp		lucht-/luchtwarmtepomp		ventilatiewarmtepomp(boiler)		bodemwarmtewisselaar met warmtepomp		PT of PVT met boiler of warmtepomp	
Criteria	Beoordeling	Toelichting	Beoordeling	Toelichting	Beoordeling	Toelichting	Beoordeling	Toelichting	Beoordeling	Toelichting	Beoordeling	Toelichting
Duurzaamheid	1	In het concept wordt gebruik gemaakt van aardgas.	3	Tapwater wordt met relatief hoge SPF geproduceerd. De SPF voor ruimteverwarming en koeling ligt lager.	1	De techniek kan alleen niet voldoen in de gehele warmtevraag en wordt daarom gekoppeld met cv-ketel.	1	De techniek kan alleen niet voldoen in de gehele warmtevraag en wordt daarom gekoppeld met cv-ketel.	4	Zowel ruimteverwarming, tapwater als koeling kunnen met hoge SPF geleverd worden.	1	De techniek kan alleen niet voldoen in de gehele warmtevraag en wordt daarom gekoppeld met cv-ketel.
Inpasbaarheid	5	In de openbare ruimte wordt geen techniek geplaatst.	5	In de openbare ruimte wordt geen techniek geplaatst.	5	In de openbare ruimte wordt geen techniek geplaatst.	5	In de openbare ruimte wordt geen techniek geplaatst.	3	In de openbare ruimte is mogelijk ruimte nodig voor het aanleggen van de bodemlussen.	5	In de openbare ruimte wordt geen techniek geplaatst.
Ruimtelijke impact	2	In de woning wordt de WP geplaatst ter grootte van een cv-ketel. Buiten de woning hangt de buitenunit die gekoppeld is aan de WP.	1	In de woning wordt de WP geplaatst ter grootte van een koelkast. Buiten de woning hangt de buitenunit die gekoppeld is aan de WP.	1	Er is ruimte nodig voor een buitenunit en in elke kamer komt een binnenunit. Tussen beide moeten leidingen aangelegd worden.	2	In de woning wordt de WP en/of boiler geplaatst. Daarnaast is er ruimte nodig voor de cv-ketel.	3	In de woning wordt de WP geplaatst ter grootte van een koelkast. De bodemlussen staan in verbinding met de WP.	2	In de woning wordt de WP geplaatst ter grootte van een koelkast. De PVT-panelen op het dak staan in verbinding met de WP.
Betrouwbaarheid	5	De techniek is in voldoende mate getest op de bestaande bouw en wordt op grote schaal toegepast in Nederland.	5	De techniek is in voldoende mate getest op de bestaande bouw en wordt op grote schaal toegepast in Nederland.	5	De techniek is in voldoende mate getest op de bestaande bouw en wordt op grote schaal toegepast in Nederland.	2	De techniek is relatief nieuw en daardoor nog niet veel toegepast.	4	Bodemsystemen worden in de bestaande bouw minder toegepast.	3	PVT-panelen zijn relatief nieuw en worden op dit moment in mindere mate toegepast in de bestaande bouw. PT panelen worden wel al heel lang toegepast.
Toekomstbestendigheid	4	In de toekomst zal aardgas uitgefaseerd worden om woningen mee te verwarmen dus hybride warmtepompen zijn dan geen optie meer	5	Een lucht-/waterwarmtepomp kan in de toekomst gebruikt blijven worden.	5	Een lucht-/luchtwarmtepomp kan in de toekomst gebruikt blijven worden.	5	Een ventilatiewarmtepomp(boiler) kan in de toekomst gebruikt blijven worden.	4	Na 30 jaar is de bodem meestal afgekoeld waardoor het functioneren van deze techniek erg achteruit gaat.	4	Een PT of PVT paneel met boiler of warmtepomp kan in de toekomst gebruikt blijven worden. Er wordt echter wel geconcentreerd in dakoppervlak met PV panelen.
Faseerbaarheid	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.	4	Elke woningeigenaar kan zelfstandig bepalen wanneer hij de overstap wil maken. Daarbij moet mogelijk wel eerst een aanpassing aan het elektriciteitsnet gedaan worden.
Akoestiek & visueel	2	De buitenunit is zichtbaar en produceert geluid.	2	De buitenunit is zichtbaar en produceert geluid.	2	De buitenunit is zichtbaar en produceert geluid.	2	De binnenunit produceert geluid wat in de woning te horen is.	5	Techniek niet te zien of te horen.	3	De PVT-panelen zijn zichtbaar maar produceren geen geluid.
Betaalbaarheid (financieel)	5	Investeringskosten liggen laag, maar de operationele kosten zijn hoger.	4	Investeringskosten liggen laag, maar de operationele kosten zijn hoger.	4	Investeringskosten liggen laag, maar de operationele kosten zijn hoger. Daarnaast zijn er waarschijnlijk ook nog kosten voor een ander verwarmingssysteem	4	Investeringskosten liggen laag, maar de operationele kosten zijn hoger. Let op! extra installatie nodig voor tapwaterverwarming afhankelijk van gekozen optie.	2	De investeringskosten liggen hoog maar de operationele kosten zijn laag. Indien een woning een grote koelvraag heeft wordt de betaalbaarheid gunstiger t.o.v. alternatieven.	1	De investeringskosten liggen hoog en de operationele kosten zijn grotendeels gelijk aan de lucht-oplossingen. Let op! extra installatie nodig voor tapwaterverwarming afhankelijk van gekozen optie.
Juridisch en beleidsmatig	5	Geen juridische of beleidsmatige belemmeringen	5	Geen juridische of beleidsmatige belemmeringen	5	De enige mogelijke belemmering is de plaatsing van een buitenunit in het beschermde stadsgezicht in Brouwershaven.	5	Geen juridische of beleidsmatige belemmeringen	4	Op dit moment zijn er geen juridische of beleidsmatige belemmeringen. Er geldt wel een meldingsplicht voor de bodemlus	5	Geen juridische of beleidsmatige belemmeringen

Tabel 4.2 | Scores voor afwegingscriteria voor alle omgevingsbronnen die op collectief niveau worden toegepast.

Criteria	TEO + WKO		TEA + WKO		lucht-/waterwarmtepomp		droge koelers + WKO		PVT of PT + buffer		Geothermie	
	Beoordeling	Taalachting	Beoordeling	Taalachting	Beoordeling	Taalachting	Beoordeling	Taalachting	Beoordeling	Taalachting	Beoordeling	Taalachting
Potentie	2	Er kunnen enkele honderden woningen met TEO + WKO worden verwarmd. Er is dus niet genoeg potentie voor heel Opmeer.	2	Er kunnen enkele honderden woningen met TEA + WKO worden verwarmd. Er is dus niet genoeg potentie voor heel Opmeer.	5	Door het plaatsen van genoeg warmtepompen kan aan alle warmtevraag voldaan worden.	4	Er is ruimte nodig voor het plaatsen van genoeg droge koelers om aan de warmtevraag te voldoen. De potentie van WKO is groot genoeg.	3	Er is erg veel ruimte nodig om genoeg warmte te leveren voor heel Opmeer. Ook moet er ruimte gezocht worden voor de buffers.	4	Er is waarschijnlijk genoeg potentie om een groot deel van Opmeer met geothermie te verwarmen.
Duurzaamheid	4	Door de opslag van warmte in de bodem, draait de warmtepomp met een hoog rendement in de winterperiode.	4	Door de opslag van warmte in de bodem, draait de warmtepomp met een hoog rendement in de winterperiode.	2	De SPF is van alle collectieve varianten het laagste. Dit met als reden dat de buitenlucht als energiebron wordt gebruikt.	3	Door de opslag van warmte in de bodem, draait de warmtepomp met een hoog rendement in de winterperiode.	4	Door de opslag van warmte in de bodem, draait de warmtepomp met een hoog rendement in de winterperiode.	5	Met diepe geothermie wordt warmte met hoge temperatuur naar boven gehaald wat gelijk gebruikt kan worden. Er is dus geen warmtepomp nodig.
Inpasbaarheid	3	Naast de WKO-bronnen zijn er veel leidingen in het gebied nodig.	3	Naast de WKO-bronnen zijn er leidingen in het gebied nodig.	2	De bron moet dicht bij de afnemers geplaatst worden, daarmee is de impact op de openbare ruimte groter dan andere alternatieven.	2	Naast de WKO-bronnen en droge koelers zijn er veel leidingen in het gebied nodig.	1	Ergens in de wijk moet een groot stuk grond of dakoppervlak beschikbaar worden gesteld om alle panelen op te plaatsen. Naast de buffers zijn er veel leidingen in het gebied nodig.	3	Naast de Geothermie-bronnen zijn er veel leidingen in het gebied nodig.
Ruimtelijke impact	5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset.	5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset.	5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset.	5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset.	5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset.	5	In de woningen bevindt zich alleen een afleverset.
Betrouwbaarheid	3	Betrouwbare techniek, maar nog in mindere mate toegepast.	3	Betrouwbare techniek, maar nog in mindere mate toegepast.	4	Betrouwbare techniek, maar nog in mindere mate op collectieve schaal toegepast.	2	Deze configuratie wordt doorgaans niet toegepast in de bestaande woningbouw.	2	Deze configuratie wordt doorgaans niet toegepast in de bestaande woningbouw.	2	Risicovolle techniek.
Toekomstbestendigheid	5	De oppervlaktewateren blijven in de toekomst beschikbaar.	4	Er is een mogelijkheid dat de gemalen verdwijnen in de toekomst.	5	Een lucht-/water warmtepomp kan in de toekomst gebruikt blijven worden.	5	Droge koelers + WKO kunnen in de toekomst gebruikt blijven worden.	3	Grond in Nederland is schaars en daarom is er veel concurrentie voor beschikbare ruimte.	4	Een geothermiesysteem kan in de toekomst gebruikt blijven worden. Na tientallen jaren zal de grond wel afkoelen en op een gegeven moment niet meer gebruikt kunnen worden als warmtebron.
Faseerbaarheid	3	De bronnen kunnen gefaseerd worden aangelegd aan de hand van de ontwikkelsnelheid. Veel leidingwerk moet wel vooraf aangelegd worden.	3	De bronnen kunnen gefaseerd worden aangelegd aan de hand van de ontwikkelsnelheid. Veel leidingwerk moet wel vooraf aangelegd worden.	4	De collectieve lucht-/water warmtepompen met leidingwerk kunnen per gebied aangelegd worden.	3	De bronnen kunnen gefaseerd worden aangelegd aan de hand van de ontwikkelsnelheid. Veel leidingwerk moet wel vooraf aangelegd worden.	3	De panelen kunnen gefaseerd worden aangelegd aan de hand van de ontwikkelsnelheid. Veel leidingwerk moet wel vooraf aangelegd worden.	2	De geothermiebronnen en leidingwerk worden in het eerste jaar aangelegd.
Akoestiek & visueel	5	Techniek niet te zien of te horen.	5	Techniek niet te zien of te horen.	2	De collectieve lucht-/water warmtepompen zijn zichtbaar en produceren geluid.	3	De droge koelers zijn zichtbaar, maar produceren minder geluid dan de collectieve lucht-/water WP.	4	De panelen zijn (hoogstwaarschijnlijk) zichtbaar, maar produceren geen geluid.	4	De geothermiebronnen zijn bovengronds te zien maar produceren geen geluid.
Betaalbaarheid (financieel)	3	TEO is een relatief goed betaalbare techniek maar de kleine schaal in Opmeer verhoogt de kosten.	3	TEA is een relatief goed betaalbare techniek maar de kleine schaal in Opmeer verhoogt de kosten.	4	Collectieve systemen profiteren van schaalvoordelen. Of een collectief systeem financieel gunstiger is dan losse systemen moet nader onderzocht worden in een haalbaarheidsstudie.	1	WKO-systemen gekoppeld aan droge koelers is niet de meest voor de hand liggende optie, aangezien de woningen alleen een warmtevraag hebben. De alternatieven zijn daarmee eerder aan te raden.	1	PT of PVT panelen zijn erg duur. Daarnaast moet er ook geïnvesteerd worden in buffers.	3	Geothermie is een dure techniek maar wordt goedkoper bij een groot genoeg schaal.
Juridisch en beleidsmatig	3	Er moet voor WKO en TEO een vergunning aangevraagd worden.	4	Er moet voor WKO een vergunning aangevraagd worden en voor de TEA moeten afspraken met het waterschap gemaakt worden.	5	Hiervoor zijn geen juridische of beleidsmatige belemmeringen.	4	Voor WKO is een vergunning nodig.	3	Beleidsmatig is er weerstand tegen P(V)T-velden op de grond vanuit de landelijke overheid.	2	Voor Geothermie zijn vergunningen nodig.

5 Uitwerking opties

Op basis van de projectinventarisatie en de beschikbaarheid van omgevingsbronnen zijn er mogelijke opties opgesteld. Hierbij zijn zowel individuele- als collectieve opties benoemd. We bespreken eerst de mogelijke collectieve opties en daarna de individuele. Vervolgens benoemen we verschillende aspecten waaraan gedacht moet worden bij de keuze tussen een individuele of collectieve oplossing. Het hoofdstuk eindigt met een beschrijving van mogelijke te nemen stappen bij zowel de collectieve oplossing als de individuele.

5.1 COLLECTIEVE OPTIES

Als collectieve oplossing zien we voor Opmeer twee meest geschikte opties. De eerste gaat uit van meerdere kleinere warmtenetten die mogelijk aan elkaar gekoppeld kunnen worden. De kleinere warmtenetten worden gevoed met collectieve lucht-/waterwarmtepompen. In de tweede is een groot warmtenet voorzien met een geothermie systeem als bron. Hieronder volgt een uitgebreidere beschrijving van de opties.

1 Kleinschalige warmtenetten met collectieve lucht-/waterwarmtepompen. In deze optie worden er meerdere kleinere MT-warmtenetten gerealiseerd met elk zo'n 150 tot 400 woningen. Het voordeel van meerdere kleinere warmtenetten is dat ze gefaseerd aangelegd kunnen worden en dat niet alle woningen in Opmeer gelijk aangesloten hoeven te worden. De warmtenetten kunnen aan elkaar gekoppeld worden om te functioneren als back-up voor elkaar. De warmtenetten worden gevoed met warmte van collectieve lucht-/waterwarmtepompen. Deze warmtepompen functioneren zonder WKO en halen warmte uit de buitenlucht waarmee ze gelijk 70 °C produceren.

Op bedrijventerrein De Veken kan mogelijk een los ZLT-warmtenet aangelegd worden. Dit kan gekoppeld worden aan WKO bronnen. Met zo'n ZLT-warmtenet is het mogelijk om koude te leveren aan de gebouwen. Per gebouw wordt dan een warmtepomp geplaatst waarmee warmte geproduceerd wordt om te verwarmen. Per gebouw kan dan ook bepaald worden welke temperatuur de warmte nodig heeft om een gebouw op het gewenste temperatuur niveau te krijgen. Het effectiviteit van een ZLT-warmtenet hangt erg af van de benodigde koudevraag op het bedrijventerrein. Hoe groter de koudevraag, hoe effectiever dit is. Bij een beperkte koudevraag zou het doortrekken van het MT-warmtenet ook een optie zijn.

Het voordeel in combinatie met een collectief net in de bestaande bouw is dat het ZLT-warmtenet gebruikt kan worden om de retourleiding van het MT-warmtenet verder uit te koelen. Dit wordt ook wel een gecascadeerd warmtenet genoemd.

2 Grootschalig warmtenet met geothermie. In deze optie wordt er een grootschalig warmtenet aangelegd in Opmeer waaraan een groot deel van de gebouwen gekoppeld worden. Er wordt een diep geothermie doublet gerealiseerd waaruit warmte met maximaal 95 °C wordt gehaald. Deze warmte wordt direct in het warmtenet gevoed en geleverd aan de woningen en overige gebouwen. In de gebouwen zijn geen extra isolatiemaatregelen nodig en ze kunnen direct gekoppeld worden aan het warmtenet. Voor de winter zal er een piekvoorziening geregeld moeten worden om in de warmtevraag op koude dagen te kunnen voorzien. Dit kan in het begin een gasketel zijn en in de toekomst een elektrische ketel of lucht-/waterwarmtepomp.

Een mogelijke extra optie is om een HTO toe te voegen. Hiermee kan de warmte die in de zomer niet wordt gebruikt opgeslagen worden en gebruikt worden in de winter. Hierdoor kan er meer

warmte uit het geothermiedoublet nuttig gebruikt worden en kunnen er meer gebouwen aangesloten worden op het warmtenet. De mogelijkheden van een HTO moeten in het vervolg onderzocht worden. Deze optie heeft minder effect op netcongestie dan bij een lucht-/waterwarmtepomp als piekvoorziening.

Een voorwaarde voor een succesvolle uitvoering van deze optie is dat er genoeg warmtevraag wordt aangesloten op het warmtenet. Om dat te bereiken moet een groot deel van de woningen en utiliteit aangesloten worden. Naast het aansluiten van de huidige bebouwing is het ook een mogelijkheid om nieuwe bedrijven met een grote warmtevraag aan te trekken. Kassen zijn een voorbeeld van bedrijven met een grote warmtevraag. Door de extra warmtevraag van de nieuwe bedrijven is het eerder mogelijk om een geothermiedoublet te realiseren. De mogelijke aanleg van een geothermiedoublet kan dus gebruikt worden om meer economische activiteit in de gemeente Opmeer te genereren.

Een geothermiesysteem is pas rendabel als er veel afnemers aangesloten zijn op een warmtenet. Het aanleggen van een groot warmtenet kost echter tijd. Een mogelijkheid daarom is om eerst voor de optie met collectieve lucht-/waterwarmtepompen te gaan. Per wijk kan dan een warmtenet aangelegd worden die gelijk gevoed kan worden met een warmtepomp. Als na 15-30 jaar in heel Opmeer gekoppelde warmtenetten liggen dan kan het geothermiesysteem gerealiseerd worden en als warmtebron dienen voor het grootschalige warmtenet. De lucht-/waterwarmtepompen die dan nog niet afgeschreven zijn kunnen mogelijk dienen als piekvoorziening. Door eerst kleinere warmtenetten te realiseren is het mogelijk om toe te werken naar een grootschalig collectief systeem dat efficiënt verwarmd kan worden met geothermie³.

5.2 INDIVIDUELE OPTIES

Er zijn meerdere individuele opties mogelijk en per gebouw zal bepaald moeten worden welke optie het beste is. Daarbij kunnen onderstaande uitgangspunten gehanteerd worden. Een belangrijk onderscheid tussen de verschillende opties is of ze wel of niet nog gebruik maken van gas voor de verwarming. Voor het helemaal gasloos verwarmen zijn er gezien de isolatiegraad van de meeste woningen twee opties:

- 1 **Lucht-/waterwarmtepomp.** Met een lucht-/waterwarmtepomp wordt er volledige elektrisch voorzien in de warmtevraag. Er is een boilervat aanwezig dat zorgt voor warm tapwater. Afhankelijk van het isolatieniveau en het warmte afgiftesysteem kan besloten worden of er een lage of hoge temperatuur warmtepomp wordt aangeschaft voor verwarmen. Voor woningen met minimaal energielabel B en vloerverwarming kunnen zeer waarschijnlijk met een lage temperatuur warmtepomp verwarmd worden. Het voordeel van lage temperatuur verwarming is dat het elektriciteitsverbruik lager ligt. Hoge temperatuur warmtepompen zijn een optie voor woningen met een minder goed isolatieniveau of zonder lage temperatuur warmte afgifte systemen. Het is ook een mogelijkheid om eerst te investeren in isolatie en lage temperatuur afgifte systemen en daarna een lage temperatuur warmtepomp aan te schaffen. De prijs van een lucht-/waterwarmtepomp ligt tussen de €10.000 en €14.000.
- 2 **Bodemwarmtewisselaar met warmtepomp.** Het voordeel van deze optie ten opzichte van de lucht-/waterwarmtepomp is dat er passief gekoeld kan worden. Met een lucht-/waterwarmtepomp wordt actief gekoeld maar dat kost meer elektriciteit. Met een

³ Zie optie 4 op pagina over mogelijke groeimodellen van het PAW

<https://aardgasvrijewijken.nl/kennisbank/handleiding+stappenplan+leidraad/mogelijke+groeimodellen/default.aspx>

bodemwarmtepomp ligt het elektriciteitsverbruik bij koelen een stuk lager. Verder is een bodemwarmtepomp iets efficiënter en daardoor ligt het elektriciteitsverbruik lager. Een ander voordeel is dat er geen buitenunit nodig is waar ruimte voor gezocht moet worden en die mogelijk geluidsoverlast veroorzaakt. Er is echter wel ruimte nodig voor het aanleggen van de bodemwarmtewisselaar waarbij de bestaande beplanting of bestrating tijdelijk weg moet. Net zoals bij lucht-/waterwarmtepompen kan gekozen worden voor een lage of hoge temperatuur warmtepomp of eerst voor isolatie. De investeringen van een bodemwarmtewisselaar met warmtepomp liggen een stuk hoger rond de €18.000 - € 30.000. Het nadeel van het grootschalig inzetten van bodemwarmtepompen is dat er interferentie kan ontstaan in de ondergrond, waardoor systemen minder efficiënt werken. Daarnaast is er ook een risico voor verontreiniging in de bodem als de kleilagen op veel plekken wordt doorboord.

Naast de opties om volledig elektrisch gasloos in de warmtevraag te voorzien zijn er ook opties die alleen zorgen voor een gedeeltelijke reductie in het gasverbruik. Dit zijn technieken waarnaast dus nog steeds een cv ketel aanwezig is. Het voordeel van de aanwezigheid van de cv ketel is dat die gebruikt kan worden op dagen dat het erg koud is. Hierdoor is het voor deze technieken niet nodig om eerst extra te isoleren voordat ze toegepast kunnen worden. Dit zijn dus mogelijk slimme keuzes als de gebouwen op dit moment een relatief slechte isolatiegraad hebben. Een ander voordeel is dat deze technieken meestal goedkoper zijn dan de gasloze opties. Een nadeel is dat er nog steeds vastrecht voor gas betaald moet worden omdat er nog steeds een gasaansluiting nodig is. Een ander nadeel is dat bewoners minder geneigd zijn om over te stappen naar een collectief warmtenet. De volgende opties zijn mogelijk voor een reductie in gasverbruik:

- 1 **De hybride warmtepomp.** Dit is eigenlijk een lucht-/waterwarmtepomp maar dan zonder een boilervat en elektrisch element. De hybride warmtepomp kan kleiner gedimensioneerd worden dan een volledige elektrische warmtepomp omdat de gasketel kan bijspringen op extra koude dagen. De gasketel zorgt ook nog voor warm tapwater. De hybride warmtepomp neemt minder ruimte in. Een hybride warmtepomp kan zorgen voor een reductie van gasverbruik van 50-60%. Een hybride warmtepomp kost rond de €5.000 - €8.000. Sommige hybride warmtepompen zijn all-electric ready. Dit houdt in dat het later nog mogelijk is om er een volledig elektrische warmtepomp van te maken en dus gasloos te voorzien in de warmtevraag.
- 2 **Een ventilatie-warmtepomp(boiler).** Deze optie is alleen mogelijk als er mechanische ventilatie aanwezig is en er nog geen warmteterugwinning aanwezig is. De optie met een boiler kan warm tapwater verzorgen en een ventilatiewarmtepomp zorgt voor verwarming. Het voordeel van deze techniek is dat het hele jaar door warmte wordt geleverd. Gemiddeld wordt er met een ventilatie-warmtepomp(boiler) ongeveer 15% gas bespaard. Een ventilatiewarmtepomp kost ongeveer €4.000 - €5.000.
- 3 **PT of PVT met warmtepomp of boiler.** Deze optie is gunstig als er geschikt dakoppervlak beschikbaar is. Het voordeel is dat er geen buitenunit nodig is die geluidsoverlast kan veroorzaken. Een nadeel van deze techniek is dat de productie voornamelijk plaatsvindt in de zomer. De reductie in gasverbruik hangt af van het aantal geplaatste panelen. In theorie zou er genoeg PVT panelen geplaatst kunnen worden om in de hele warmtevraag te voorzien maar dat is praktisch meestal niet haalbaar en het is erg duur waardoor de terugverdientijd erg lang is.
- 4 **Lucht-/luchtwarmtepomp.** Deze techniek is geschikt om kamers te verwarmen en koelen die niet vaak gebruikt worden. Het voordeel van deze techniek is dat een kamer snel verwarmd of gekoeld kan worden. Op andere momenten hoeft een kamer dan niet standaard warm of koel gehouden te worden wat energie bespaard. Een nadeel van deze techniek is dat er leidingen tussen de buitenunit en kamer aangelegd moeten worden. Een lucht-/luchtwarmtepomp heeft prijzen vanaf €2.500 afhankelijk van het aantal kamers dat er mee verwarmd of gekoeld moet worden.

Als er gekozen wordt voor één van bovenstaande vier opties dan kan er tijdens de levensduur van de techniek geïnvesteerd worden in isolatie en lage temperatuur afgifte systemen. Als de levensduur van de techniek na 15-30 jaar op is dan kan op dat moment heroverwogen worden wat dan het beste is. Dan kan er ook gekozen worden voor een volledige elektrische optie of mogelijk worden aangesloten bij een collectieve optie.

5.3 AFWEGING INDIVIDUEEL OF COLLECTIEF

Een aantal belangrijke aspecten voor afweging tussen een collectieve of individuele oplossing zijn benoemd in hoofdstuk 3 en 4. Dit zijn onder andere duurzaamheid, betaalbaarheid, faseerbaarheid, akoestiek en visueel, en inpasbaarheid in de openbare ruimte en woning. Er zijn echter ook nog een aantal andere aspecten die belangrijk zijn bij het maken van een keuze. Hieronder is een opsomming gegeven van andere aspecten die belangrijk zijn om mee te nemen in een afweging:

- **Rol gemeente.** De gemeente kan bij zowel individuele als collectieve oplossingen verschillende rollen op zich nemen met een verschil in betrokkenheid. Bij collectieve oplossingen zijn er meer mogelijkheden om actief betrokken te zijn en daarbij een grotere rol te spelen in de warmtevoorziening. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het (deels) eigenaarschap van het warmtenet. Met het wetsvoorstel Wet collectieve warmte (WCW) is het uitgangspunt dat consumenten beschermd worden tegen hoge tarieven, biedt het meer transparantie en komen toekomstige warmtebedrijven voor meer dan 50% in handen van (lokale) overheden. Op deze manier is er meer publieke sturen die bijdraagt aan de duurzaamheid, betaalbaarheid en leveringszekerheid.
- **Gelijke verdeling kosten.** Bij een collectieve oplossing worden de kosten voor de aanleg van het systeem gelijkmatiger verdeeld over alle afnemers. Dit is voordelig voor bewoners voor wie individuele oplossingen erg duur zijn. Maar het kan ook nadelig zijn voor bewoners met goedkope opties voor individuele oplossingen. Het is daarom belangrijk te onderzoeken welke schaalvoordelen een collectief systeem opleveren tegen een individuele aanpak.
- **Netcongestie.** Bij individuele oplossingen moet mogelijk het laagspanningsnet in de wijken verzwakt worden. Bij een collectieve oplossing hoeft er alleen een verzwaring te komen naar de technische ruimtes. Er zijn dan mogelijk ook minder verdeelstations in de wijken nodig. Netcongestie kan ook niet los gezien worden van andere toekomstige ontwikkelingen zoals lokale opslag van elektriciteit en mobiliteit.

5.4 VERVOLGSTAPPEN COLLECTIEVE OPLOSSING

Er komt veel kijken bij de aanleg van een collectief systeem met warmtenet en warmtebron. We gaan voor de vervolgstappen uit van een scenario met uiteindelijk een grootschalig warmtenet gevoed met geothermie. Op de weg naar het grootschalige warmtenet worden eerst kleinschaligere warmtenetten met collectieve lucht-/waterwarmtepompen gerealiseerd. Om een succesvol grootschalig warmtenet met geothermie te realiseren zal daar door de gemeente na al op voorbereid moeten worden. Vanuit de gemeente gezien zijn er een aantal stappen die genomen moeten worden en keuzes die gemaakt moeten worden om tot een duurzame collectieve oplossing te komen. Het is belangrijk voor de gemeente om van te voren te bepalen welke informatie ze nodig hebben om een afgewogen keuze te maken om volledig voor geothermie te gaan. Als bekend is wat nodig is voor deze beslissing kan er namelijk onderzoek gedaan worden naar die specifieke punten. Hieronder bespreken we een aantal stappen die aangeraden worden aan de gemeente om te zetten en onderzoeken die nuttig kunnen zijn om te helpen bij de keuze.

- **Energievisie.** We adviseren om een lokale energievisie Opmeer op te stellen als vervolg op de Transitievisie Warmte. Eind 2021 is de Transitievisie Warmte (TVW) vastgesteld. In de TVW worden een aantal zaken benoemd die zijn veranderd of zaken die juist nog niet zijn besproken die beter toegelicht moeten worden in de energievisie:
 - **Oplossing per wijk.** In de TVW staat dat het voor sommige wijken geschikter is om een individuele all-electric oplossing toe te passen. Ook zijn er wijken waar zowel een collectieve als individuele oplossing als geschikt wordt gezien. Als de gemeente echter kiest om een grootschalig warmtenet met geothermie aan te leggen dan moet opnieuw gekeken worden naar welke wijken daar op aan worden gesloten. Collectiviteit voor heel Opmeer wordt dan eerder een randvoorwaarde. In de visie moet goed onderzocht worden of een keus voor een individueel systeem juist een averechts effect heeft.
 - **Elektriciteit.** De TVW behandelt alleen de warmtevoorziening. Het is echter belangrijk om ook integraal de opwek en het gebruik van elektriciteit mee te nemen. Gezien de problemen met netcongestie is het belangrijk om het effect van de warmtevoorziening op het elektriciteitsnet mee te nemen in de visie. Daarnaast ook na te denken over elektriciteitsopslag en mobiliteit.
 - **Beschikbaarheid energiedragers.** In de motie van 16 februari 2023 draagt de raad het college op om onderzoek te laten doen naar de mogelijkheden van geothermie als warmtebron. In 2021 is er een motie geweest die oproept om duidelijkheid te verschaffen over welke energiedragers beschikbaar komen ter vervanging van aardgas. In dit onderzoek hebben we gevonden dat groengas en waterstof zeer waarschijnlijk niet beschikbaar komen als vervanging van aardgas. Voor geothermie zijn er echter wel mogelijkheden als bron. Deze bevindingen kunnen opgenomen worden in de energievisie zodat er duidelijkheid wordt verschaft.
 - **Startwijken.** In de TVW worden twee startwijken genoemd in Opmeer om te beginnen met de warmtetransitie. Als er echter gekozen wordt voor een grootschalig warmtenet met geothermie wijzigen waarschijnlijk de meest geschikte startwijken. Zie het punt hieronder over Startwijken kleinschalige warmtenetten over een vervolgonderzoek dat hiervoor uitgevoerd kan worden.
 - **Rol gemeente.** De gemeente heeft meerdere mogelijkheden in de rol die het kan spelen bij een collectieve oplossing. Zo kan het een faciliterende rol op zich nemen maar ook een meer sturende rol. Verder kan de gemeente er voor kiezen om voor een deel of volledig eigenaar te worden van het warmtenet. In de wet collectieve warmte (WCW) is ook een grotere rol weggelegd voor publieke partijen bij warmte infrastructuur. Het is echter nog onbekend wanneer de wet precies in werking treedt. Het wetsvoorstel moet nog aan de Tweede Kamer worden aangeboden.
- **Communicatie naar bewoners.** Voor het creëren van draagvlak is het belangrijk om al vroeg in het proces bewoners te betrekken. Daarnaast is het voor het slagen van een collectieve oplossing belangrijk dat zoveel mogelijk bewoners aansluiten. Als de gemeente bewoners niet inlicht over het plan van een collectieve oplossing zal een deel van de bewoners een individuele oplossing realiseren. Dit verlaagt de kans dat ze later overstappen op een collectieve oplossing. Ook al is het positief dat bewoners zelf aan de slag gaan. Een duidelijke toekomstvisie vanuit de gemeente richting de bewoners draagt bij aan het voorkomen van verkeerde keuzes.
- **Vervolgonderzoek geothermie.** Uit deze verkenning komt naar voren dat geothermie goed toepasbaar lijkt in Opmeer. Er zijn echter nog wel onzekerheden en daarom adviseren we om in een vervolgonderzoek gedetailleerder onderzoek te doen. Daarbij moet gekeken worden naar zowel de ondergrondse mogelijkheden als de bovengrondse toepassing. Wat voor energieconcept

wordt het beste geacht en hoeveel warmtevraag is er dan nodig om het project rendabel te krijgen. Dit onderzoek kan als basis dienen voor het schetsen van een stip op de horizon in de energievisie. Hoe moet de uiteindelijke warmtevoorziening eruit zien.

- **Onderzoek bedrijventerrein De Veken.** Uit het onderzoek dat voor u ligt blijkt dat het aansluiten van bedrijventerrein De Veken op het geothermiesysteem waarschijnlijk belangrijk is voor de realisatie. Het is daarom belangrijk om verdiepend onderzoek te doen naar wat de precieze warmte- en koudevraag is van de bedrijven die geleverd kan worden via een warmtenet. Als bedrijven weten dat er mogelijk een warmtenet komt met warmte van 95 °C kunnen ze daar mogelijk rekening mee houden bij toekomstige investeringen. Een ander mogelijkheid is om cascadering toe te passen voor het bedrijventerrein. Dit houdt in dat de warmte met maximaal 95 °C wordt geleverd aan de woningen. De retourtemperatuur is dan bijvoorbeeld 50 °C en die warmte kan dan gebruikt worden op het bedrijventerrein. Op die manier wordt geothermische warmte effectiever gebruikt. Een bedrijventerrein heeft wel echt andere eigenschappen dan woningen. Om de energietransitie ook daar te laten slagen is samenwerking op een bedrijventerrein essentieel. Het kan zijn dat er al een organisatievorm bestaat, maar ook dat het nog opgezet moet worden. We adviseren om De Veken parallel mee te nemen als een aparte wijk en te onderzoeken hoe de bedrijven tegenover de transitie staan.
- **Startwijken kleinschalige warmtenetten.** In een vervolgonderzoek kan bepaald worden wat de beste wijken zijn om te starten met kleinschalige warmtenetten met collectieve lucht-/waterwarmtepompen. Het succesvol realiseren van een warmtenet in één wijk kan dienen als vliegwiel om daarna de andere warmtenetten aan te sluiten. Als geothermie geen geschikte optie is dan zijn de kleinschalige warmtenetten met collectieve warmtepompen ook een goed alternatief om de woningen duurzaam te verwarmen. Hierbij kan gedacht worden aan een wijk die het technisch het meest eenvoudig aan te sluiten is en financieel het meest rendabel is. Bijv. een wijk waarbij de woningen heel erg uniform zijn en relatief dicht op elkaar liggen. Maar er kan ook juist voor een wijk gekozen worden waarbij de gasketels aan vervanging toe zijn.

5.5 VERVOLGSTAPPEN INDIVIDUELE OPLOSSING

Ook bij de keuze voor een individuele oplossing is er een mogelijke rol weggelegd voor de gemeente. Hieronder worden een aantal mogelijke stappen beschreven.

- **Energievisie.** Net zoals hierboven beschreven bij de collectieve oplossing is het belangrijk dat de gemeente een energievisie opstelt waarin ze beschrijven hoe de toekomstige warmtevoorziening er volgens hen uit moet zien. Ook bij individuele oplossingen zijn er keuzes te maken om bijvoorbeeld in te zetten op een specifieke techniek.
- **Informereren en faciliteren.** De gemeente kan bewoners helpen bij het overstappen op een duurzame individuele techniek. Dit kan onder andere met behulp van informatie, collectieve inkoop van warmtepompen en advies. Op deze manier kan de overstap versneld worden. Een wijkgerichte aanpak is hierbij mogelijk.
- **Subsidies en leningen.** Mocht de gemeente een specifieke techniek graag uitgerold zien dan kan daar op gestuurd worden met subsidiemogelijkheden en leningen. Hiervoor zal een visie en beleid ontwikkeld moeten worden.
- **Bodemenergieplan.** Als alle bewoners overstappen op een bodemwarmtewisselaar met warmtepomp kan er negatieve interferentie optreden in de bodem. Het kan daarom verstandig zijn om een bodemenergieplan op te stellen om een efficiënt en optimaal gebruik van de bodem te garanderen.

6 Conclusie en aanbeveling

6.1 CONCLUSIE

De gemeente Opmeer heeft gevraagd om meer inzicht te verschaffen in kansrijke warmtebronnen in de gemeente. De focus lag hierbij op de kernen Hoogwoud, Opmeer en Spanbroek. Uit de inventarisatie van de huidige en toekomstige warmtevraag komt naar voren dat (grote) gebieden mogelijk geschikt zijn voor een collectief warmtenet. Voor zo'n collectief warmtenet worden twee warmtebronnen geschikt geacht:

- Collectieve lucht-/waterwarmtepompen met kleinschalige warmtenetten.
- Geothermie met een grootschalig warmtenet.

Met de collectieve lucht-/waterwarmtepompen kunnen kleinschalige warmtenetten van 150 tot 400 woningen voorzien worden van warmte. De tweede mogelijkheid is een geothermiesysteem aangezien de bodem in Opmeer hiervoor erg goed geschikt is. Voor een rendabel geothermie systeem is het nodig dat een groot deel van Opmeer wordt aangesloten op het warmtenet. Het gaat hierbij zowel om de woningen als utiliteit en de bedrijven op bedrijventerrein De Veken. Het is echter lastig om in één keer een grootschalig warmtenet in zijn geheel te realiseren. Daarom zien wij een combinatie van de bovenstaande twee scenario's als geschikte optie. Hierin wordt begonnen met het aanleggen van kleinschalige warmtenetten met collectieve lucht-/waterwarmtepompen. Na 15-30 jaar als dan een groot deel van de gebouwen is aangesloten op een warmtenet wordt een geothermiesysteem gerealiseerd die het warmtenet van warmte kan voorzien. Het is nog geen zekerheid dat een geothermiesysteem haalbaar is, dat zal in een vervolgonderzoek beter uitgezocht moeten worden.

Voor de gebieden waar een collectief warmtenet niet geschikt is zijn er individuele oplossingen mogelijk. Om volledig zonder gas de woning te verwarmen zijn de volgende opties een mogelijkheid:

- individuele lucht-/waterwarmtepomp;
- bodemwarmtewisselaar met warmtepomp.

Er zijn echter ook technieken die er niet voor zorgen dat een woning volledig gasloos te verwarmen is maar die wel zorgen voor een (forse) reductie van het gasverbruik. Dit zijn:

- hybride warmtepomp;
- ventilatie-warmtepomp(boiler);
- PT of PVT met warmtepomp of boiler;
- lucht-/luchtwarmtepomp.

De hybride warmtepomp is hierbij de meest bekende en maakt de overstap later naar een volledig elektrische lucht-/waterwarmtepomp het makkelijkst. De andere technieken zorgen echter ook voor een reductie in gasverbruik en kunnen geschikt zijn afhankelijk van de situatie per woning of gebouw.

6.3 AANBEVELINGEN

Middellange termijn

Op basis van dit onderzoek adviseren we de gemeente om een lokale energievisie op te stellen als vervolg op de transitievisie warmte. Hierin wordt gedetailleerder uitgewerkt hoe de warmtevoorziening in de kernen er uit komt te zien en welke rol de gemeente daarin neemt. Als er voor gekozen wordt om een geothermie systeem te gaan realiseren in Opmeer is het belangrijk om hier snel duidelijk beleid voor te maken. Voor een succesvol geothermie systeem is het namelijk nodig dat een groot deel van Opmeer aansluit op het warmtenet. Als bewoners geen duidelijkheid krijgen zullen ze overstappen op een individuele oplossing wat nadelig is voor het collectieve systeem.

Korte termijn

Om de mogelijkheden van geothermie in Opmeer duidelijker te krijgen adviseren we om zo snel mogelijk een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren specifiek voor de gemeente Opmeer. In dit onderzoek wordt in meer detail gekeken naar de lokale ondergrondse situatie en de mogelijke bovengrondse koppeling. De focus van het haalbaarheidsonderzoek ligt op de technische en financiële haalbaarheid. Dit betekent dat dit in meer detail uitgezocht moet worden. Daarnaast is het ook verstandig om de juridische- en organisatorische haalbaarheid op een lager detailniveau te onderzoeken om risico's of no go's in een vroeg stadium te ontdekken.

In het technische onderzoek wordt de combinatie van vraag (bovengrond) en aanbod (ondergrond) op elkaar afgestemd. En welke energieconcept het meest voor de hand ligt. In het financiële onderzoek wordt duidelijk of geothermie ook een kosteneffectieve optie is. Hierbij wordt duidelijker hoe groot een warmtenet moet zijn om een geothermie systeem te kunnen realiseren. Daarnaast kan in het onderzoek ook gekeken worden naar de kosten voor bewoners en hoe dit zich verhoudt tot individuele oplossingen. De gemeente kan het onderzoek gebruiken om te besluiten of ze in gaan zetten op het aanleggen van een grootschalig warmtenet met geothermie.

Om dit goed te kunnen beoordelen is het nodig om daar ook een alternatief tegenover te stellen. We adviseren om hiervoor de eerdere uitgangspunten uit de Transitievisie Warmte te gebruiken met de individuele aanpak. Op die manier wordt duidelijk welk vervolgspoor in de nieuwe lokale energievisie voor Opmeer verder uitgewerkt moet worden. Dit kan uiteindelijk ook een combinatie van collectief en individueel worden.

Bijlage 1 Bepalen (toekomstige) warmtevraag

In deze bijlage wordt toegelicht hoe de huidige en toekomstige warmtevraag van het projectgebied is ingeschat.

1.1 HUIDIGE WARMTEVRAAG

De huidige warmtevraag wordt bepaald op basis van het gasverbruik. Het gasverbruik van kleinverbruikers is openbaar te raadplegen via de netbeheerder, wat een beeld geeft op postcode zes niveau. We hebben voor het projectgebied het gasverbruik inzichtelijk gemaakt. Dit aardgas wordt grotendeels door een gasketel gebruikt om water te verwarmen, ter functie van ruimteverwarming en bereiden van warmtapwater. Daarnaast kan aardgas gebruikt worden om mee te koken. Om te bepalen wat de warmtevraag van de woningen is, moet het aardgasverbruik in kuub omgezet worden naar warmtevraag in MWh of GJ. Deze omzettingfactor is in dit rapport als volgt tot stand gekomen:

- Het uitgangspunt is de veelgebruikte HR104 combiketel.
- 78% van het aardgas wordt gebruikt voor verwarming (CBS, 2018).
 - Bij de productie van ruimteverwarming is het gemiddelde rendement 104% (op basis van een HR-combiketel en de onderste verbrandingswaarde van aardgas. Bron: ACM).
- 20% van het aardgas wordt gebruikt voor tapwaterbereiding (CBS, 2018).
 - Bij de productie van tapwater is het gemiddelde rendement 72% (op basis van HR-combiketel en de onderste verbrandingswaarde van aardgas. Bron: ACM).
- 2% van het aardgas wordt gebruikt voor koken (CBS, 2018). In de toekomst vindt dit elektrisch plaats.
- Calorische onderwaarde (verbrandingswaarde) van aardgas is 31,65 MJ/m³.

Door de fracties verwarming en tapwaterbereiding te vermenigvuldigen met het rendement en de calorisch onderwaarde van aardgas ontstaat een factor waarmee de warmtevraag bepaald kan worden. Het resultaat is factor $\frac{30,3 \text{ MJ/m}^3}{31,65 \text{ MJ/m}^3} = 0,96$ voor de omzetting van aardgas naar warmtevraag.

1.2 TOEKOMSTIGE WARMTEVRAAG

Door verduurzaming van woningen neemt de warmtevraag af. Betere isolatie zorgt ervoor dat minder warmte verloren gaat en daardoor neemt de warmtevraag af. De hoeveelheid afname van de warmtevraag hebben we gebaseerd op de verwachte sprong in energielabels. Het gebruik maken van energielabels is geen perfecte methode vanwege de volgende redenen:

- De methode voor het vaststellen van een energielabel van een woning is de afgelopen jaren een paar keer gewijzigd. De beschikbare energielabels zijn daarom niet allemaal met dezelfde methode vastgesteld.
- Behalve het niveau van isolatie wordt een energielabel ook beïnvloedt door duurzame energie opwek zoals bijvoorbeeld zonnepanelen.

Ondanks dat de methode niet perfect is geeft het wel een indicatie voor de afname in warmtevraag. Dezelfde methode is ook toegepast in de Startanalyse van het PBL⁴.

We hebben de verwachte afname in warmtevraag bepaald voor twee scenario's:

- 1 Woningen worden verwarmd met lage temperatuur warmte (ca. 45 °C).
- 2 Woningen worden verwarmd met midden temperatuur warmte (ca. 70 °C).

Woningen moeten beter geïsoleerd zijn om met een lage temperatuur verwarmd te kunnen worden ten opzichte van midden temperatuur. Deze betere isolatie zorgt voor een lagere warmtevraag. Voor de verwarming op lage temperatuur wordt minimaal energielabel B nodig geacht en voor verwarming op midden temperatuur energielabel D. De woningen die op dit moment nog een te laag energielabel hebben zullen voor aanvang van het project verduurzaamd moeten worden. Het gaat daarbij vooral om maatregelen die effect hebben op de schil van de woning, zoals: gevel-, vloer-, spouwmuur- en dakisolatie, of vervanging van ramen. Deze maatregelen zorgen er namelijk voor dat het label verandert en de temperatuur voor ruimteverwarming omlaag kan bij een gelijkblijvend comfort. Tabel 6.1 laat de energiebesparing van de woningen zien door de sprong te maken naar energielabel B of D⁴.

Tabel 6.1 | Energiebesparing door woning verder te verduurzamen en daarmee een beter energielabel te verkrijgen.

Huidige energielabel	Beoogd energielabel	Energiebesparing
Verwarmen met midden temperatuur warmte		
G	D	11%
F	D	11%
E	D	8%
Onbekend	D	16%
Verwarmen met lage temperatuur warmte		
G	B	20%
F	B	23%
E	B	22%
D	B	16%
C	B	9%
Onbekend	B	26%

We hebben geen afname in warmtevraag bepaald voor utiliteit. Het is namelijk lastig te voorspellen hoeveel de afname voor de verschillende utiliteitsfuncties zal zijn.

⁴ PLB, Bepaling energiebesparing door isolatie van woningen in de startanalyse 2020, 12 november 2022.

Bijlage 2 Warmtenetten

Om collectieve duurzame warmte te realiseren is een verbindingsnet nodig, die de verschillende afnemers met de bron verbindt. Dit wordt ook wel het warmtenet genoemd, alhoewel het net niet per se op hoge temperatuur hoeft te zijn. Afhankelijk van de aanwezige bronnen en afnemers moet er een keuze gemaakt worden in het type warmtenet. In Tabel 6.2 is een overzicht gegeven van de verschillende type warmtenetten op basis van temperatuurregimes. Warmtenetten zijn in meer categorieën in te delen (zoals 'generaties' warmtenetten) maar over het algemeen geldt dat warmtenetten steeds meer modulair en lokaal ontwikkeld worden. Dit maakt de initiële investering minder groot ten opzichte van traditionele hoge temperatuur warmtenetten en maakt het mogelijk om meerdere bronnen te koppelen.

Tabel 6.2 | Overzicht verschillende warmtenetten.

Concept	Omschrijving	Temperatuur aanvoer/retour	Koudelevering mogelijk?
1	Hoge temperatuur net	120-90/80-50	Nee
2	Midden temperatuur net	75-60/45-35	Nee
3	Lage temperatuur net	50-40/30-25	Nee
4	Brontemperatuur net	25-15/15-8	Ja

Er zijn grofweg 4 temperatuur-bereiken te definiëren van warmtenetten: Hoge temperatuur ($>75^{\circ}\text{C}$), midden temperatuur ($55-75^{\circ}\text{C}$), lage temperatuur ($30-55^{\circ}\text{C}$) en brontemperatuur ($10-30^{\circ}\text{C}$). Omdat de benodigde elektriciteit voor de warmtepomp exponentieel is aan de verhoging van de temperatuur is het onwenselijk om een warmtenet boven de 75°C te hebben indien de brontemperatuur niet in dit bereik valt. Daarom wordt in deze bijlage alleen een omschrijving gegeven van een midden temperatuur, lage temperatuur en brontemperatuur warmtenet.

2.1 MT-WARMTENET (70°C AANVOER)

Bij een warmtenet op midden temperatuur wordt alle warmte centraal opgewekt en met water op een temperatuur van 60°C tot 75°C naar de woningen getransporteerd. Via een afleverset in de woning wordt tapwater geleverd en worden de ruimtes verwarmd. Traditioneel zijn afgiftesystemen van de cv-installatie op hoge temperaturen uitgelegd. Hoe hoger de afgifte temperatuur van het warmtenet hoe minder aanpassingen aan het afgiftesysteem benodigd zijn.

De minimumtemperatuur van het warmtenet is 60°C , waarmee voldaan kan worden aan legionella wetgeving met betrekking tot het bereiden van warmtapwater. Het warmtenet blijft ook in de zomer op temperatuur zodat tapwater in de woningen geleverd kan worden. Collectieve koeling is niet mogelijk in dit concept.

2.2 LT-WARMTENET (50°C AANVOER)

Een warmtenet met een centrale opwek en een aanvoertemperatuur van 30°C tot 50°C wordt geclassificeerd als lage temperatuur. Dit warmtenet is voornamelijk geschikt voor bebouwing dat over een lage temperatuur afgiftesysteem beschikt, oudere bebouwing zal verder geïsoleerd moeten worden en het afgiftesysteem zal moeten worden aangepast. Voor warmtapwaterbereiding moet de temperatuur worden opgehoogd om legionella te voorkomen, dit kan met een boosterwarmtepomp

of volledig elektrische booster. Individueel onderscheid is mogelijk door voor oudere huizen de temperatuur voor ruimteverwarming ook op te hogen door middel van een warmtepomp. Er is geen levering van koude mogelijk met het lage temperatuur warmtenet.

2.3 ZLT-WARMTENET (10-30 °C AANVOER)

Een warmtenet op zeer lage temperatuur, ook wel een net op brontemperatuur genoemd, heeft een aanvoertemperatuur van 10 °C tot 30 °C. Deze aanvoertemperatuur is niet hoog genoeg om warmtapwater mee te bereiden en gebouwen mee te verwarmen. De warmte wordt door middel van individuele warmtepompen opgewaardeerd tot bruikbare temperaturen. In dit systeem kan evenals bij LT-warmtenetten ruimteverwarming op een lagere temperatuur worden opgewekt dan het warmtapwater om de duurzaamheid te vergroten. Dit moet dan wel worden toegelaten door de isolatiegraad en het afgiftesysteem van het gebouw. Individueel onderscheidt is mogelijk. Naast het leveren van warmte is een ZLT-warmtenet ook geschikt voor het leveren van koude.

Bijlage 3 Opslagtechnieken warmte en koude

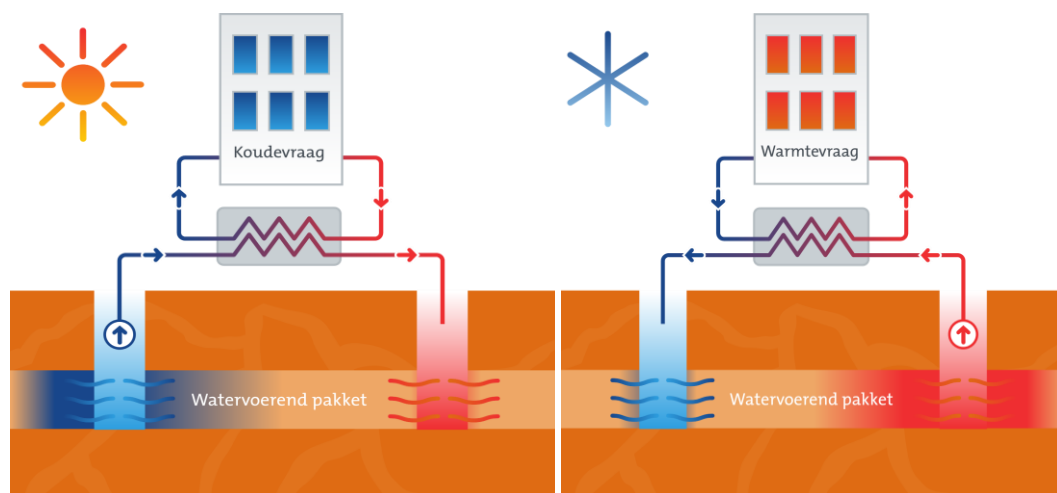
Warmte of koude uit een energiebron is niet altijd beschikbaar op het moment dat er vraag naar is. Sommige energiebronnen leveren bijvoorbeeld de meeste warmte in de zomer terwijl er juist in de winter de meeste vraag is. Andersom geldt hetzelfde voor koude. Daarom is het soms nuttig om een vorm van (seizoen)opslag toe te voegen aan een energiesysteem waardoor de vraag en aanbod van warmte en koude met elkaar in balans kunnen worden gebracht. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar. In de onderstaande paragrafen worden de volgende technieken beschreven:

- 1 warmte- en koudeopslag (WKO);
- 2 Ecovat;
- 3 HoCoSto;
- 4 HTO;
- 5 Zoutbatterij voor warmte;
- 6 Basaltbatterij.

3.1 WARMTE- EN KOUDEOPSLAG (WKO)

Warmte- en koudeopslag (WKO), ook wel open bodemenergie genoemd, bestaat uit bronnen die grondwater onttrekken en infiltreren. Energie in de vorm van warmte en koude wordt opgeslagen in een ondergrondse watervoerende laag. Deze energie wordt vervolgens onttrokken om te verwarmen (in combinatie met warmtepompen) of te koelen. In Figuur 6.1 is de globale werking van een WKO schematisch weergegeven. In de winter wordt de opgeslagen warmte in de WKO gebruikt om de gebouwen te verwarmen. In de zomer wordt koeling geleverd en warmte opgeslagen in de WKO.

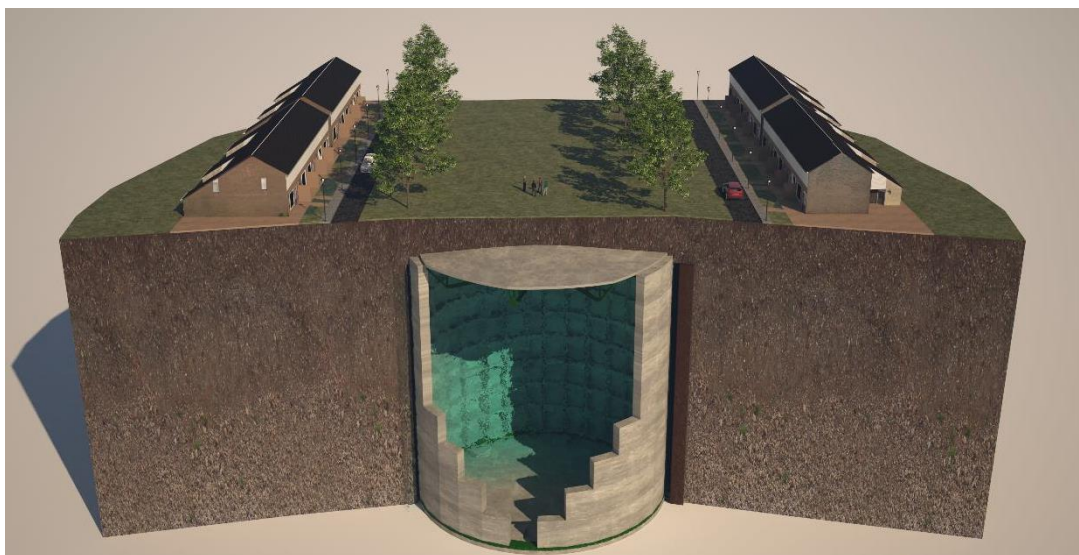
WKO is geen pure bron van energie. Dat wil zeggen dat alle warmte of koude die uit de bodem wordt gehaald er ook weer ingestopt moet worden. Als WKO bijvoorbeeld wordt gebruikt om woningen van warmte te voorzien in de winter dan moet er op een ander moment (de zomer) weer warmte in de bodem gestopt worden. Dit wordt ook wel regeneratie genoemd.



Figuur 6.1 | Schematische weergave van een warmte- en koudeopslag (WKO).

3.2 ECOVAT

Ecovat is een fabrikant die hoge temperatuur opslagsystemen ontwerpt en realiseert. In Figuur 6.2 wordt het principe van dit opslagsysteem gegeven. Een Ecovat is een groot, ondergronds, betonnen vat, gevuld met water, waarin warmte kan worden opgeslagen. Warmte kan worden opgeslagen tot een temperatuur van 90 °C. Opslagvolumes variëren van 1.500 m³ (maat S) tot en met circa 100.000 m³ (maat XXL). Door de omvang blijven opslagverliezen relatief beperkt. Het opslagverlies bij een vat van 100.000 m³ bedraagt circa 5% en voor een vat van 20.000 m³ bedraagt het opslagverlies 9%. Binnen het gebruikelijke Ecovat concept is circa de helft van de opgeslagen warmte afkomstig van PT panelen/zonnecollectoren. De andere helft wordt opgeslagen met een combinatie van een warmtepomp en een elektrisch verwarmingselement. Mogelijke bronnen voor de warmtepomp zijn buitenlucht of (grond)water. De warmtepompen en het elektrisch element worden slim geschakeld aan de hand van beschikbare duurzame energie vanuit wind- en zonneparken en aan de hand van actuele prijzen voor energie op zowel de SPOT markt als de onbalansmarkt.



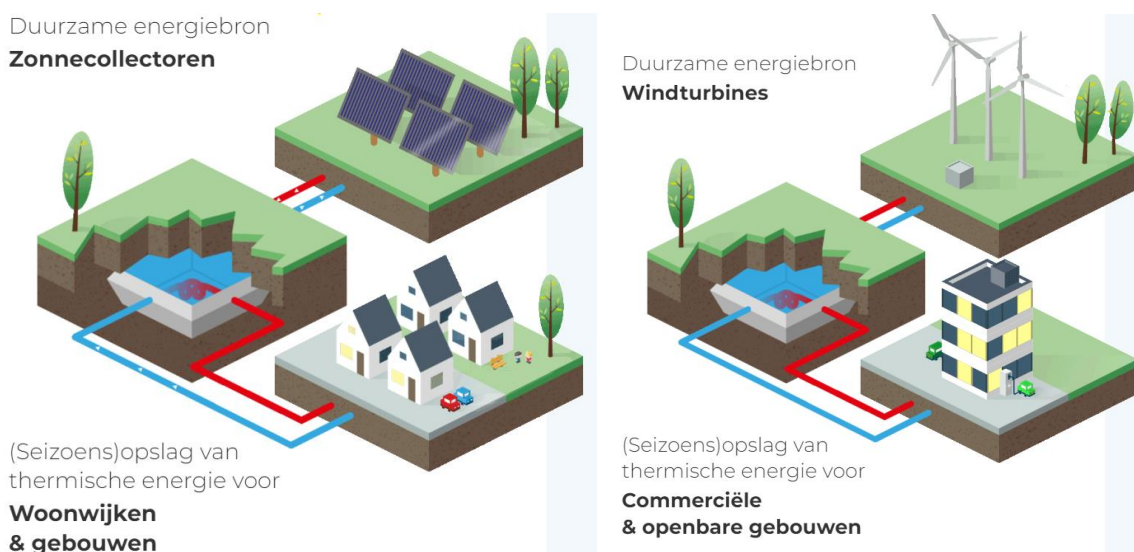
Figuur 6.2 | Artist impression van een Ecovat (bron: Ecovat)

In het Ecovat ontstaat een gelaagdheid. Onder in het Ecovat is het relatief koud en boven in het Ecovat wordt de maximale opslagtemperatuur bereikt. Warmte wordt onttrokken via warmtewisselaars die op verschillende dieptes langs de wanden zijn geplaatst. Het grote voordeel hiervan is dat de gelaagdheid die in het vat aanwezig is, veel beter blijft gehandhaafd. Hierdoor blijft de gelaagdheid in stand en zullen er geen of minder mengverliezen optreden. Naast warmte kan Ecovat ook koude leveren door onder in het vat 'koude te onttrekken' met warmtewisselaars.

Met een Ecovat kan direct bruikbare warmte en koude geleverd worden aan de gebouwen, zonder dat er warmte opwekinstallaties in de gebouwen aanwezig hoeven te zijn. Het opslagsysteem heeft daarnaast een hoog opslagrendement en is daarmee een duurzame opslagtechniek. Nadeel is dat dit een (zeer) dure opslagmethode is in vergelijking met alternatieve vormen van opslag (investeringskosten van enkele miljoenen euro's). Ook is er veel ruimte nodig in de openbare ruimte voor de realisatie van het ondergrondse vat.

3.3 HOCOSTO

Het opslagsysteem van producent HoCoSto heeft grote overeenkomsten met het concept van Ecovat in paragraaf 3.2 in deze bijlage. HoCoSto maakt ook gebruik van zonnecollectoren of windturbines in combinatie met warmtepompen om een ondergrond opslagsysteem van warm water te voorzien, zie Figuur 6.3. Een belangrijk verschil tussen HoCoSto en Ecovat is de constructie van de buffer. Ecovat maakt gebruik van een betonnen constructie, terwijl HoCoSto een grotendeels metalen constructie gebruikt.



Figuur 6.3 | Werking HoCoSto systeem. Bron: www.HoCoSto.com

Voor- en nadelen

Het systeem heeft ook dezelfde voor- en nadelen als een Ecovat: relatief efficiënte manier om hoge temperatuur warmte op te slaan tegenover grote investeringskosten (enkele miljoenen euro's) en ruimtelijke impact.

3.4 MIDDEN- EN HOGE TEMPERATUUR OPSLAG (MTO & HTO)

Anders dan bij het WKO-systeem wordt er bij midden of hoge temperatuur opslag (MTO/HTO) warmte met een hogere temperatuur opgeslagen. In de zomer wordt grondwater onttrokken uit de lauwe/koude bron. Dit grondwater wordt opgewarmd waarna het wordt geïnjecteerd in de hete/warme bron. In de winter draait het systeem om. Dan wordt warm water onttrokken uit de warme bron, welke gebruikt wordt om gebouwen te verwarmen, waarna het retourwater weer geïnjecteerd wordt in de koude bron.

Bij MTO liggen de opslagtemperaturen tussen de 25 °C en 50 °C en bij HTO tussen de 40 °C en 95 °C. In theorie zijn zelfs nog hogere opslagtemperaturen mogelijk. Vanuit de Waterwet mag maximaal 25 °C worden opgeslagen in een watervoerend pakket. Voor de toepassing van MTO en HTO dient momenteel een uitzondering op de regels gemaakt te worden door de provincie. Met MTO- en HTO-systemen kunnen grote hoeveelheden warmte worden opgeslagen, terwijl het ruimtegebruik aan het oppervlak beperkt is. Bij grootschalige systemen worden bronnen in een stervorm geplaatst om energieverliezen te beperken. Bij een stervorm worden warme bronnen in het midden geplaatst en

worden de koude bronnen in een cirkel om de warme bronnen geplaatst. Het opslagrendement ligt typisch tussen de 50% en 80%.

Naast het verschil in temperatuur tussen MTO en HTO zijn er meer verschillen. Het belangrijkste verschil is het gebruik van materialen. Vanwege de hogere temperaturen bij HTO zijn namelijk andere materialen nodig bij de aanleg van het systeem. Dit verhoogt de kosten. Een MTO systeem kan grotendeels worden aangelegd met dezelfde materialen als een WKO systeem.

Voor- en nadelen

MTO en HTO zijn vooral een interessante techniek bij grote overschotten van een midden hoge temperatuur warmtebron. Dit is bijvoorbeeld het geval bij warmtebronnen zoals geothermie en zonthermie die in de zomermaanden niet het volledige warmteaanbod kwijt kunnen. Deze warmte kan in de winter gebruikt worden. Afhankelijk van de temperaturen die weer naar boven gehaald worden kan het mogelijk zijn dat de warmte direct gebruikt kan worden en niet eerst opgewaardeerd hoeft te worden met warmtepompen.

Nadeel van MTO en HTO zijn de lagere opslagrendementen, de hoge kosten voor ontwikkeling en het beleids- en juridische traject waarbij uitzonderingen op de geldende Waterwet verkregen moeten worden. Op dit moment is er één HTO gerealiseerd in Nederland. Deze is gelegen in de Middenmeer in Noord-Holland. De techniek is nog vol in ontwikkeling en er lopen op dit moment meerdere onderzoeken om nieuwe HTO systemen te ontwikkelen.

3.5 ZOUTBATTERIJ VOOR WARMTE

Een zoutbatterij is een vorm van thermochemische energieopslag waarbij een reactie optreedt tussen een zouthydraat en waterdamp. Door waterdamp in de batterij te stoppen treedt de reactie vanzelf op en komt er warmte vrij. Dit proces kan omgekeerd worden waardoor waterdamp vrijkomt als warmte wordt toegevoegd. De tweede reactie kost evenveel energie als de eerste en daarom is het systeem verliesvrij. De zoutbatterij kan op verschillende groottes worden toegepast. In 2023 is een praktijkstudie begonnen met een zoutbatterij in een woonhuis⁵.

Er loopt ook een onderzoek om zoutbatterijen op grotere schaal toe te passen⁶. Het idee hierbij is dat industriële restwarmte wordt geladen in de zoutbatterijen. Deze worden daarna met vrachtwagens vervoerd naar een warmtenet in de buurt waar de warmte uit de batterijen wordt gehaald en afgegeven aan het warmtenet. Het voordeel hiervan is dat er tijdens het transport veel minder warmte verloren gaat dan het geval zou zijn als via een warmtenet in de vorm van water getransporteerd zou worden. Ook hoeft er nu geen duur warmtenet aangelegd te worden. Een nadeel is dat er vrachtwagens nodig zijn voor vervoer welke zelf ook energie gebruiken. Ook kan er overlast ondervonden worden van de vrachtwagens bij het afleveren aan het warmtenet.

⁵ <https://www.deingenieur.nl/artikel/een-zoutbatterij-voor-thuis>

⁶ https://www.tue.nl/nieuws-en-evenementen/nieuwsoverzicht/25-04-2022-hoe-de-eindhovense-warmtebatterij-miljoenen-woningen-snel-gasvrij-kan-maken?li_fat_id=8fcf985a-29a2-436a-bea1-01e950dbe287&cHash=592f0d1958031a207dded2465143aa2b

Voor- en nadelen

De techniek is nog volop in ontwikkeling en niet nog niet op de markt te verkrijgen. Er wordt al 12 jaar door de Universiteit Eindhoven aan het concept gewerkt. Dit geeft aan dat het waarschijnlijk moeilijk is om het systeem goed werkend te krijgen ondanks de ogenschijnlijke simpele werking⁷.

Voordelen van het systeem zijn het feit dat de opgeslagen warmte niet verloren gaat zoals bij warm water in een buffer. Vooral bij de opslag over meerdere dagen, weken of maanden is dit verschil heel groot. Een ander voordeel is dat de opslag relatief compact is en minder ruimte inneemt dan opslag in water. Ook is de verwachting dat de kosten vergeleken met thuisaccu's voor elektriciteit een factor tien lager liggen⁷.

3.6 BASALTBATTERIJ

Een nieuw concept voor energieopslag is een basaltbatterij⁸. Hierin wordt energie in de vorm van elektriciteit opgeslagen en eruit gewonnen in de vorm van warmte. In 2019 is een eerste proefopstelling gerealiseerd door bedenker Cees van Nimwegen. Dit bestaat uit een grote hoeveelheid basalt met daar doorheen spiralen en het geheel is geïsoleerd met steenwol (de proefopstelling bestond uit 40 m³ basalt). Als in de zomer duurzame elektriciteit over is wordt dat door de spiralen geleid. Daardoor warmt het basalt op tot een temperatuur van wel 500 °C. In de winter kan deze warmte eruit gehaald worden om gebruikt te worden voor tapwater of verwarming. De verwachting is dat het systeem 30 tot 35 meegaat zonder onderhoud. Warmte kan langer dan een half jaar worden opgeslagen met 80% rendement en per kubieke meter basalt is er een opslagcapaciteit van 300 kWh. Nadelen van het systeem zijn dat het veel ruimte inneemt en het is een nieuw concept dat nog amper is toegepast. Er moet nog meer onderzoek gedaan worden om te onderzoeken of de gestelde eigenschappen hierboven van de bedenker kloppen.

⁷ <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20220429-is-warmteopslag-in-zoutbatterij-de-oplossing>

⁸ <https://www.warmte365.nl/nieuws/superbatterij-met-basalt-werkt-als-straalkachel-69a5b1.html>

Bijlage 4 Omgevingsbronnen warmte en koude

In deze bijlage wordt een algemene beschrijving gegeven van verschillende energiebronnen voor warmte en koude. Ook worden voor- en nadelen van de verschillende technieken benoemd. Aardgas is meegenomen ter referentie. De volgende individuele en collectieve energiebronnen zijn beschreven:

Individuele energiebronnen

- 1 voortzetting aardgas;
- 2 groen gas;
- 3 waterstof;
- 4 hybride warmtepomp;
- 5 lucht-/waterwarmtepomp;
- 6 lucht-/luchtwarmtepomp;
- 7 ventilatie-warmtepomp(boiler);
- 8 bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp;
- 9 PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp.

Collectieve energiebronnen

- 10 aardgas;
- 11 thermische energie uit oppervlaktewater (TEO);
- 12 thermische energie uit afvalwater (TEA);
- 13 droge koeler;
- 14 lucht-/waterwarmtepomp;
- 15 zonthermie;
- 16 geothermie;
- 17 biomassa;
- 18 groen gas;
- 19 restwarmte.

4.1 INDIVIDUEEL: VOORTZETTING AARDGAS

Het is niet voor niets dat aardgas al jarenlang wordt gebruikt als energiebron. Aardgas heeft namelijk een aantal grote voordelen ten opzichte van overige energiebronnen. Aardgas is relatief makkelijk en goedkoop te winnen, heeft een hoge energiedichtheid en is makkelijk te transporteren over grote afstanden. De hoge temperaturen die ontstaan tijdens de verbranding wordt in veel gevallen ingezet om water te verwarmen. Daarmee zijn relatief gemakkelijk grote vermogens en hoge temperaturen te behalen, wat aardgas een flexibele warmtebron maakt.

Aardgas is echter ook een fossiele brandstof, wat betekent dat bij verbranding CO₂ vrijkomt. De toename van CO₂ in de atmosfeer zorgt voor een opwarming van het klimaat, met heftige gevolgen voor mens, dier en planeet.

4.2 INDIVIDUEEL: GROEN GAS

Groen gas is de duurzame variant van aardgas en wordt gemaakt door biogas op te waarderen tot het dezelfde kwaliteit heeft als aardgas. Groen gas wordt schoon geproduceerd en is hernieuwbaar. Groen gas kan worden ingevoerd op het normale gasnet en is bruikbaar voor iedereen met een gasaansluiting. Omdat groen gas dezelfde eigenschappen heeft als aardgas, is het niet nodig apparaten aan te passen.

Hoewel groengas een grote theoretische potentie kent in Nederland (tot meer dan 10 miljard m³ in 2050) is de huidige productie nog beperkt (0,2 miljard m³ in 2020)⁹. Afgezet tegen de 11 tot 12 miljard m³ aardgas die momenteel in de gebouwde omgeving gebruikt wordt, is dit een klein volume. De groengassector heeft de ambitie om in 2030 twee miljard m³ te produceren, waarvan het merendeel naar de gebouwde omgeving zou kunnen. Deze ambitie is echter deels gebaseerd op de doorbraak van technologieën zoals superkritisch watervergassen. Het is nog onzeker of deze technologieën goed genoeg werken. De beschikbaarheid van de biomassaströmen (zoals mest) voor de vergisting is gelimiteerd. Na 2030 wordt bovendien een groeiende vraag naar groengas verwacht vanuit industrie en mobiliteit, gezien de beperkte verduurzamingsalternatieven in deze sectoren.

4.3 INDIVIDUEEL: WATERSTOF

De productie van (groene) waterstof¹⁰ vindt plaats met behulp van de techniek elektrolyse. Bij het toepassen van elektrolyse wordt water doormiddel van elektriciteit gescheiden in waterstof en zuurstof. De vrijgekomen waterstof dient als energiedrager en kan bijvoorbeeld worden ingezet als verbrandingsmiddel. Het verbranden van waterstof levert net als aardgas veel warmte met hoog haalbare temperaturen op, waarmee stoffen of materialen opgewarmd kunnen worden. Waterstof wordt gezien als een veelbelovende duurzame brandstof omdat het aardgas kan vervangen met beperkte benodigde aanpassingen aan het gasnet, afgifteapparatuur en de gebouwde omgeving. Daarnaast komen er geen schadelijke stoffen vrij tijdens het verbrandingsproces van waterstof. Het nadeel van waterstof is dat de duurzaamheid volledig afhankelijk is van de productiewijze. Op dit moment wordt waterstof (vooral) gemaakt met behulp van aardgas (grijs), waarbij CO₂ vrijkomt. Volgens het Expertise Centrum Warmte ligt het voor de hand dat waterstof in eerste instantie vooral toegepast wordt waar andere alternatieven ingewikkeld en kostbaar zijn, zoals in de industrie en mobiliteit. Op grote schaal gebruik in de gebouwde omgeving ligt op korte termijn dus niet voor de hand.

Op dit moment wordt er vanuit het Programma Aardgasvrije Wijken (PAW) onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van waterstof in Stad aan 't Haringvliet op het eiland Goeree-Overflakkee¹¹. Er wordt onderzocht of het mogelijk is om de 650 huizen in het dorp te verwarmen met lokaal opgewekte waterstof. Het plan is om de waterstof op te wekken met duurzame elektriciteit van zonnepanelen en windmolens uit de omgeving. Daarna wordt het via het bestaande gasnet vervoerd naar de woningen. De eerste knelpunten die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen zijn dat het erg duur is, er nog geen wet- en regelgeving voor waterstof is en de beslissingsvrijheid van huiseigenaren sterk wordt ingeperkt. Als het gasnet voor waterstof gebruikt worden hebben huiseigenaren namelijk niet meer de keuze om op aardgas te blijven verwarmen.

⁹ Bron: <https://groengas.nl/groen-gas/wat-is-groen-gas/>

¹⁰ <https://www.shell.nl/energy-and-innovation/waterstof/waterstof-grijs-blauw-groen.html>

¹¹ <https://www.aardgasvrijewijken.nl/proeftuinen+op+de+kaart/stad+aan+t+haringvliet+goeree-overflakkee/2074963.aspx?t=PAW-in-de-praktijk-Stad-aan-%E2%80%99t-Haringvliet>

4.4 INDIVIDUEEL: HYBRIDE WARMTEPOMP

De hybride warmtepomp bestaat uit een kleine elektrische lucht-/waterwarmtepomp in combinatie met een cv-ketel op gas. De installatie bestaat uit een binnen- en een buitenunit. Tot een buitenluchttemperatuur van circa 2 °C wekt de warmtepomp de benodigde warmte op. Is het kouder of als er warmtapwater nodig is, dan springt de gasketel bij. Voordeel van dit systeem is dat het goed toepasbaar is in minder goed geïsoleerde woningen. Nadeel is dat de woningen nog steeds afhankelijk zijn van aardgas.

4.5 INDIVIDUEEL: LUCHT-/WATERWARMTEPOMP (VOLLEDIG ELEKTRISCH)

De lucht-/waterwarmtepomp gebruikt de buitenlucht als energiebron. Lucht op buitentemperatuur wordt langs een warmtewisselaar (de buitenunit, zie Figuur 6.4) geleid waar de energie onttrokken wordt. Aan de binnenkant stroomt koudemiddel vanuit een in pandig distributienet langs deze warmtewisselaar en zo wordt de energie uit de lucht overgedragen aan het koudemiddel. De energie komt vervolgens bij de warmtepomp terecht, waar de warmte verder wordt opgewaardeerd om ruimteverwarming en warmtapwater te produceren. Ook koude kan met een lucht-/waterwarmtepomp actief worden opgewekt door de warmtepomp.



Figuur 6.4 | Voorbeeld buitenunit lucht-/waterwarmtepomp, enkele woning (links) of meerdere appartementen (rechts).

Lage temperatuur of hoge temperatuur

Er zijn al veel lucht-/waterwarmtepompen geïnstalleerd in Nederland. De meeste hiervan produceren warmte op lage temperatuur, maximaal 50-55 °C. Goed geïsoleerd huizen met de juiste afgifte systemen kunnen hiermee verwarmd worden. Een geïntegreerde of losse boiler gekoppeld aan de warmtepomp zorgt voor het tapwater. Een nadeel van deze warmtepompen is dat de woningen een minimaal niveau van isolatie nodig hebben om met deze temperatuur verwarmd te kunnen worden. Er zijn echter ook lucht-/waterwarmtepompen die hogere temperaturen kunnen leveren tot wel 85 °C. Deze warmtepompen produceren warmte op dezelfde temperaturen als een cv-ketel en daarom hoeft er niets aangepast te worden in woningen met betrekking tot isolatie en afgiftesystemen. Hier hoeven dus geen hoge kosten voor gemaakt te worden als woningen slecht geïsoleerd zijn. Een nadeel van de hoge temperatuur warmtepompen is dat ze duurder zijn en minder efficiënt. Daardoor ligt het elektriciteitsverbruik hoger wat tot hogere jaarlijkse kosten in gebruik leidt.

Voor- en nadelen

Een lucht-/waterwarmtepomp heeft als voordeel dat deze flexibel en gefaseerd ingezet kan worden. Per woning kan het systeem geplaatst worden zonder dat dit voorinvesteringen zoals grootschalige warmtenetten of collectieve warmtebronnen vergt. Aandachtspunt is dat de warmtepomp gebruik maakt van de buitenlucht als bron. Daarbij moet lucht worden aangezogen wat geluid produceert. Voor het rendement is er een directe afhankelijkheid van de temperatuur van de lucht, waarbij op erg koude dagen relatief veel elektriciteit nodig is om te verwarmen en op warme dagen juist relatief veel elektriciteit om te koelen. Dit zorgt er verder voor dat als dit scenario op grote schaal wordt toegepast er een (forse) druk op het elektriciteitsnet ontstaat.

4.6 INDIVIDUEEL: LUCHT-/LUCHTWARMTEPOMP

Een lucht-/luchtwarmtepomp lijkt erg op een lucht-/waterwarmtepomp zoals beschreven in paragraaf 4.5 in deze bijlage. Naast verwarmen kunnen lucht-/luchtwarmtepompen ook koelen. In koelstand staan lucht-/luchtwarmtepompen ook wel bekend als airco's. In verwarmingsstand werken door buitenlucht aan te zuigen en met de warmtepomp deze lucht op te warmen naar hogere temperaturen. Daarna wordt deze warme lucht in de woning geblazen om de ruimte te verwarmen. Er wordt dus geen gebruik gemaakt van warm water in radiatoren en vloerverwarming zoals bij een lucht-/waterwarmtepomp. Zoals aangegeven kunnen lucht-/luchtwarmtepompen ook koelen. Dan wordt warme lucht uit de woning aangezogen, afgekoeld en weer als gekoelde lucht teruggeblazen. De onttrokken warmte wordt de buitenlucht in geblazen.

Voor- en nadelen

Het voordeel van lucht-/luchtwarmtepompen is dat ze door de simpele werkingen relatief goedkoop zijn. Het nadeel is dat ze minder efficiënt zijn dan een lucht-/waterwarmtepomp en daardoor meer elektriciteit gebruiken. Verder moet er bij een lucht-/luchtwarmtepompen vanaf de buitenunit leidingen worden aangelegd naar alle kamers die verwarmd/gekoeld moeten worden. Dit kan veel werk en een grote investering zijn voor grote woningen met veel kamers.

Het voordeel van de lucht-/luchtwarmtepomp is dat een kamer snel opgewarmd of gekoeld kan worden. Het blazen van de lucht wordt wel als minder comfortabel beschouwd dan verwarmen met radiatoren of vloerverwarming. De lucht-/luchtwarmtepomp is daarom ook meestal niet geschikt om hele woningen van warmte en koude te voorzien. Het is wel een goede aanvulling in sommige kamers zoals een kantoor die maar een aantal momenten in het jaar kort verwarmd of gekoeld moeten worden.

4.7 INDIVIDUEEL: VENTILATIE-WARMTEPOMP(BOILER)

Dit type warmtepomp of warmtepompboiler haalt warmte uit ventilatielucht van het mechanische ventilatiesysteem in de woning. De ventilatielucht is namelijk op kamertemperatuur als het wordt weggezogen uit bijvoorbeeld de keuken of badkamer. Hieruit kan warmte gewonnen worden en daarmee wordt voorkomen dat de warmte via de ventilatie wordt geloosd in de buitenlucht. Je hebt bij deze warmtepomp dus geen buitenunit. De ventilatiewarmtepomp kan gebruikt worden voor het verwarmen van de woning en een warmtepompboiler is geschikt om warm tapwater te produceren. Of een woning geschikt is voor dit type warmtepomp is volledig afhankelijk van het ventilatiesysteem dat aanwezig is in de woning. Doorgaans kan ervan uit worden gegaan dat woningen die gebouwd zijn tussen 1980 en 2000 gebruik maken van een mechanisch ventilatiesysteem en dus geschikt zijn.

Woningen die daarna gebouwd zijn hebben meestal een ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Hiermee wordt al voorkomen dat warmte in de buitenlucht wordt geloosd.

Voor- en nadelen

Voordeel van de ventilatiewarmtepomp is dat geen buitenunit benodigd is. Nadeel is dat het niet mogelijk is om met alleen een ventilatiewarmtepomp gasloos te verwarmen. De ventilatiewarmtepomp voegt namelijk geen warmte van buiten de woning toe. Alle warmte uit de ventilatielucht moet op een andere manier geleverd worden aan de woning. Een combinatie met een gasketel blijft dus noodzakelijk. Met een ventilatiewarmtepomp wordt gemiddeld 15% van de CO₂ bespaard¹².



Figuur 6.5 | Visualisatie van de ventilatie-warmtepomp. Bron: <https://www.kemkens.nl/warmtepompen/ventilatielucht-warmtepomp/>

4.8 INDIVIDUEEL: BODEMWARMTEWISSELAAR WATER-/WATERWARMTEPOMP

Deze individuele brine-/waterwarmtepomp maakt gebruik van aardwarmte als energiebron. Doorgaans wordt een buizensysteem in de ondiepe ondergrond (tot maximaal 250 m-mv) gebracht, waarmee de warmte uit de aarde wordt onttrokken. Als dit op individueel niveau plaatsvindt dan wordt gebruik gemaakt van zogenoemde verticale bodemplussen, zie ook Figuur 6.6.

Lage en hoge temperatuur

Net zoals bij de lucht-/waterwarmtepompen geldt dat brine-/waterwarmtepompen lage en hoge temperatuur warmte kunnen produceren, zie paragraaf 4.5 in deze bijlage. De meeste toegepaste brine-/waterwarmtepompen produceren warmte op lage temperatuur van maximaal 50-55 °C maar er zijn ook warmtepompen die hoge temperaturen kunnen leveren tot maximaal 85 °C. Het voordeel van de hoge temperatuur is dat er geen isolatie of aanpassing in de afgiftesystemen in de woning

¹² <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/ventilatiewarmtepomp/>

nodig is. Een nadeel is dat de kosten van de warmtepomp hoger liggen en dat ze minder efficiënt zijn waardoor ze meer elektriciteit gebruiken.



Figuur 6.6 | Installatie bodemwarmtewisselaars. Links boring, rechts de gesloten lus voordat deze de grond in gaat.

Voor- en nadelen

De bodem als warmtebron gebruiken heeft als voordeel dat een hoog rendement gehaald kan worden (temperatuurschommelingen in de bodem zijn minder groot dus ook bij extreme buitentemperaturen kan efficiënt energie onttrokken worden) én dat het ook mogelijk is om de gebouwen zeer efficiënt te koelen. Nadeel is dat de aanleg van de bodemlussen een relatief grote investering vraagt en er ruimte moet zijn om de bodemlus te realiseren. Worden veel lussen in eenzelfde gebied gerealiseerd, zoals bij rijtjeswoningen, dan ontstaat onderlinge interferentie bij de lussen. Er ontstaat dan risico op verregaande afkoeling van de bodem en daarmee geleidelijke afname van de efficiëntie van de lussen.

4.9 INDIVIDUEEL: PT OF PVT GEKOPPELD AAN BOILER OF WARMTEPOMP

Met zonthermie wordt er warmte gegenereerd door warmte van de zon op te vangen middels thermische zonnepanelen. Er wordt hier onderscheidt gemaakt tussen Photo Thermische (PT) panelen en PhotoVoltaic Thermal (PVT) panelen. Met PT panelen kan alleen warmte opgewekt worden en met PVT panelen kan naast warmte ook elektriciteit opgewekt worden. PVT panelen leveren dus elektrische- en thermische energie. Een ander verschil is dat PT panelen in de zomer warmte van wel 90 °C kunnen produceren waar PVT panelen meestal een maximale temperatuur van 20-30 °C bereiken. Verder is het zo dat PT panelen alleen warmte produceren als de zon schijnt terwijl PVT panelen ook in het donker werken. Dit komt doordat PVT panelen ook warmte uit de lucht en regen halen. Vanwege de verschillen worden beide type panelen meestal op een andere manier toegepast.

PT panelen in combinatie met een boiler

PT panelen, ook wel zonnecollectoren genoemd, werken meestal in combinatie met een boiler, ook wel een zonneboiler genoemd. De PT panelen produceren warmte wat wordt opgeslagen in het boilervat. Als het nodig is wordt het water daarna verder verwarmd met een elektrisch element of cv-ketel. Het water uit het boilervat wordt gebruikt om te douchen en in de keuken. Doordat PT panelen warmte op een hoge temperatuur produceren is het in de zomer meestal niet nodig om het water extra na te verwarmen. In de winter als het langer donker is, is het niet mogelijk om zonder elektrisch element of extra cv-ketel al het warme water te leveren. Met een zonneboiler is het

mogelijk om per jaar zo'n 50% van de tapwatervraag te leveren¹³. Daarmee wordt dus zo'n 50% op het gasverbruik bespaart dat gebruikt wordt voor tapwater. De tapwatervraag is ongeveer 20% van het totale gasverbruik.

PVT panelen in combinatie met een warmtepomp

PVT panelen produceren warmte met een lagere temperatuur en worden daarom vaak ingezet in combinatie met een warmtepomp. In Figuur 6.7 is een opstelling met PVT en warmtepomp gevisualiseerd. De warmtepomp verhoogt de temperatuur waarna het water gebruikt kan worden om een woning te verwarmen. Het is ook mogelijk om te koelen met dit systeem doordat de warmtepomp koel water produceert en de warmte via het PVT paneel afgeeft aan de buitenlucht.



Figuur 6.7 | PVT-paneel gekoppeld aan warmtepomp. Bron: Qsilence

Andere opstellingen

Behalve bovengenoemde opstellingen van PT-panelen met boilers en PVT panelen met warmtepompen zijn ook andere combinaties mogelijk. Zo kan aan een PVT paneel een combiwarmtepomp gekoppeld worden met een geïntegreerde boiler zodat ook warm tapwater geleverd kan worden. Verder bestaan er ook zonneboilercombi's waarmee naast tapwater ook verwarming geleverd wordt met behulp van PT panelen. Afhankelijk van de situatie per woning zal onderzocht moeten worden wat de beste opstelling is.

Voor- en nadelen

Het voordeel van deze technieken is dat er geen buitenunit nodig is zoals bij een lucht-/waterwarmtepomp. De buitenunit wordt doorgaans als minder prettig ervaren, aangezien deze goed zichtbaar is en geluid produceert. Het nadeel van deze techniek is de mismatch tussen het moment van productie en vraag naar warmte. De PVT en PT panelen produceren vooral warmte in de zomer. De vraag naar ruimteverwarming is dan erg laag of afwezig. In de winter wanneer de vraag het hoogste is dan is de productie juist het laagst. Om in de winter daarom genoeg warmte te produceren zijn erg veel panelen nodig die in de zomer niet nuttig gebruikt kunnen worden. Bij de toepassing van veel panelen is er veel dakoppervlak nodig. Een nadeel is dat er een geschikt dak moet zijn met een goede huisoriëntatie voor het plaatsen van deze panelen. Verder is de techniek van PVT panelen relatief nieuw en daardoor nog relatief duur. Zeker als er genoeg panelen geplaatst moeten worden

¹³ <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-warm-water/zonneboiler/>

om een woning gasloos van warmte te voorzien. Daarnaast moeten woningen vergaand geïsoleerd zijn om volledig van het gas af te kunnen. In de bestaande bouw komen dan ook vaak hybride concepten voor, waarbij bijvoorbeeld een PVT met warmtepomp wordt aangevuld door een traditionele gasketel.

4.10 COLLECTIEF: AARDGAS

Om warmtenetten financieel rendabel te krijgen worden op dit moment vaak gasketels toegepast als piekvoorziening. Dit houdt in dat de gasketel tijdens de koudste momenten van het jaar een gedeelte van het vermogen levert. Ondanks dat in de toekomst alle gebouwen gasloos verwarmd moeten worden, is het wel belangrijk om de optie aardgas mee te nemen bij de collectieve oplossingen. Net als de individuele hybride warmtepomp kan een collectieve gasketel namelijk wel een tussenoplossing bieden om collectieve systemen nu van de grond te krijgen. In de toekomst kunnen dan mogelijk andere energiebronnen (denk aan groen gas, waterstof of elektrische boiler) als piekvoorziening worden ingezet.

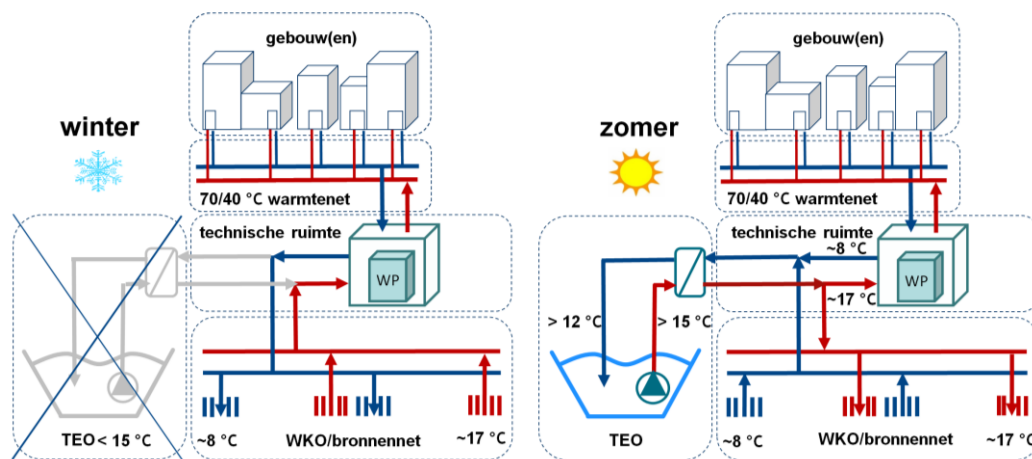
4.11 COLLECTIEF: THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER (TEO)

Met de techniek aquathermie wordt warmte gewonnen uit water. Een veel toegepaste variant is de winning van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). Een TEO-systeem kan toegepast worden in combinatie met WKO of zonder een vorm van opslag, ook wel monovalent genoemd.

In combinatie met WKO

In veel gevallen wordt de techniek TEO gecombineerd met seizoenopslag: een bodemenergiesysteem (warmte-/koude opslag, WKO). In de zomer levert het TEO-systeem direct warmte aan de woningen en daarnaast wordt warmte opgeslagen in de bodem (in het WKO-systeem). In de winterperiode staat het TEO-systeem uit en wordt de opgeslagen warmte in het WKO-systeem naar de woningen gedistribueerd.

De woningen worden bij een collectief WKO- en TEO-systeem voorzien van warm water via het distributienet. Een schematische weergave van een collectief WKO en TEO-systeem is weergegeven in Figuur 6.8. In de schematische weergaven is als uitgangspunt (MT-net) genomen, maar dit kan ook een ander type warmtenet zijn.



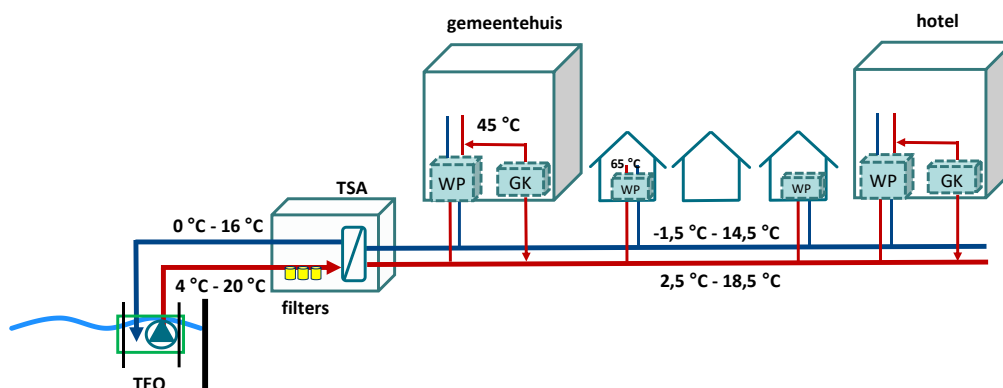
Figuur 6.8 | Principeschema collectieve WKO en TEO in de winter en zomer (grijs = niet in bedrijf). Winter: het TEO-systeem is uitgeschakeld, omdat het oppervlaktewater te koud is ($< 15^{\circ}\text{C}$). Het WKO-systeem levert warmte uit de warme bronnen die door de warmtepomp wordt opgewaardeerd. Zomer: het TEO-systeem is ingeschakeld, warmte kan aan de warmtepomp geleverd worden om de gebouwen van tapwater te voorzien, daarnaast wordt de warmte uit het oppervlaktewater gebruikt om de WKO te laden/regenereren. WP = warmtepomp.

Een collectief WKO en TEO-systeem is inmiddels een bekende techniek in Nederland. Tientallen systemen van verschillende groottes zijn gerealiseerd en een veelvoud zijn in een onderzoeksfase. Aandachtspunten zijn de grote investeringen die gedaan moeten worden en de ecologische impact op het oppervlaktewater. Naast de WKO en TEO is ook het warmtenet een grote kostenpost. Ook faseerbaarheid is maar beperkt mogelijk, waarbij er bovendien een bepaalde garantie van afname moet zijn voor überhaupt tot realisatie overgegaan kan worden.

Monovalent TEO-systeem

Een monovalent TEO-systeem houdt in dat het warmtenet jaarrond van warmte wordt voorzien vanuit het TEO-systeem zonder tussenkomst van opslagsystemen zoals WKO. Monovalente TEO-systemen worden doorgaans toegepast bij grote rivieren of projecten gelegen aan de zee omdat deze waterlichamen in de winter over het algemeen hogere temperatuur hebben dan kleinere lokale wateren.

In Figuur 6.9 is een principetekening gegeven van een monovalent TEO-systeem gekoppeld aan een zeer laag temperatuur (ZLT)-net. Het is ook mogelijk om een centrale technische ruimte met warmte opwekkers te realiseren, die gekoppeld is aan een LT of MT-net.

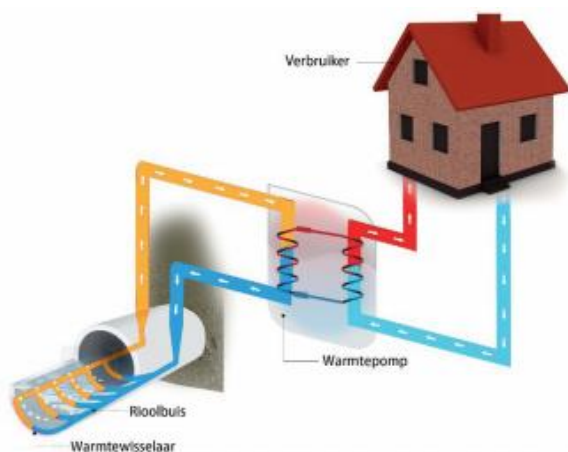


Figuur 6.9 | Principeschema monovalent TEO. In een rivier of de zee wordt water ingenomen. In een centrale technische ruimte wordt het water gefilterd en langs een tegenstroomapparaat (TSA) gepompt om de warmte over te dragen aan het distributienet. Elk pand heeft zijn eigen warmtepomp, waarmee ruimteverwarming en mogelijk warmtapwater geproduceerd kan worden. Het gemeentehuis en hotel zijn ter illustratie van utiliteit. WP = warmtepomp, GK = gasketel.

4.12 COLLECTIEF: THERMISCHE ENERGIE UIT AFVALWATER (TEA)

Een andere mogelijke toepassing van aquathermie is het toepassen van thermische energie uit afvalwater (TEA). Het concept is hetzelfde als beschreven in paragraaf 4.10 in deze bijlage alleen wordt bij TEA gebruik gemaakt van de warmte uit afvalwater. Er zijn de afgelopen jaren veel nieuwe technieken ontwikkeld om de warmte die wordt toegevoegd aan het afvalwater terug te winnen en daarmee opnieuw te gebruiken. Het principe van TEA is vrij eenvoudig. Het afvalwater stroomt over een warmtewisselaar en geeft haar warmte af aan een transportvloeistof die door de warmtewisselaar stroomt. Deze vloeistof transporteert de warmte naar de afnemer. De temperaturen zijn dan nog relatief laag, afhankelijk van het seizoen en van de afkomst van het afvalwater. Een warmtepomp brengt de temperatuur vervolgens naar een bruikbaar niveau.

Er zijn verschillende locaties om warmte uit te koppelen. De afvalwaterketen begint bij de gebouwen en eindigt bij de lozing van schoon water op het oppervlaktewater. Hiertussen bevinden zich uitgebreid stelsel van riolering, transportgemalen, rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en effluentleidingen. Figuur 6.10 geeft een illustratie van een TEA-systeem waarbij de warmte gewonnen wordt in de riolering, ook wel riothermie genoemd.



Figuur 6.10 | Principeschema TEA/riothermie. Bron: STOWA: Portfolio thermische energie uit afvalwater.

TEA met/zonder WKO

De techniek TEA kan zowel met WKO als zonder WKO worden toegepast. Als het in combinatie met WKO wordt toegepast dan liggen de investeringskosten hoger, maar is het rendement van de warmtepompen ook hoger. Ook is het mogelijk met WKO om in de winter meer warmte te leveren.

4.13 COLLECTIEF: LUCHT-/WATERWARMTEPOMP

Bij het inzetten van collectieve lucht-/waterwarmtepompen wordt de buitenlucht direct ingezet als energiebron om bruikbare warmte te produceren. Lucht op buitentemperatuur wordt langs een warmtewisselaar geleid waar de energie onttrokken wordt. Aan de binnenkant van de warmtepomp stroomt een koudemiddel vanuit het in pandig distributienet langs deze warmtewisselaar en zo wordt de energie uit de lucht overgedragen aan de warmtepomp. Afhankelijk van het type en samenstelling van de warmtepompen kunnen temperaturen van tussen de 40 tot 80 °C geproduceerd worden. Zie Figuur 6.11 ter illustratie. De lucht-/waterwarmtepomp is vergelijkbaar met de individuele lucht-/waterwarmtepomp uit paragraaf 4.5 in deze bijlage. Het verschil is dat een collectieve lucht-/waterwarmtepomp niet direct levert aan woningen maar dat de warmte wordt ingevoed op een warmtenet.

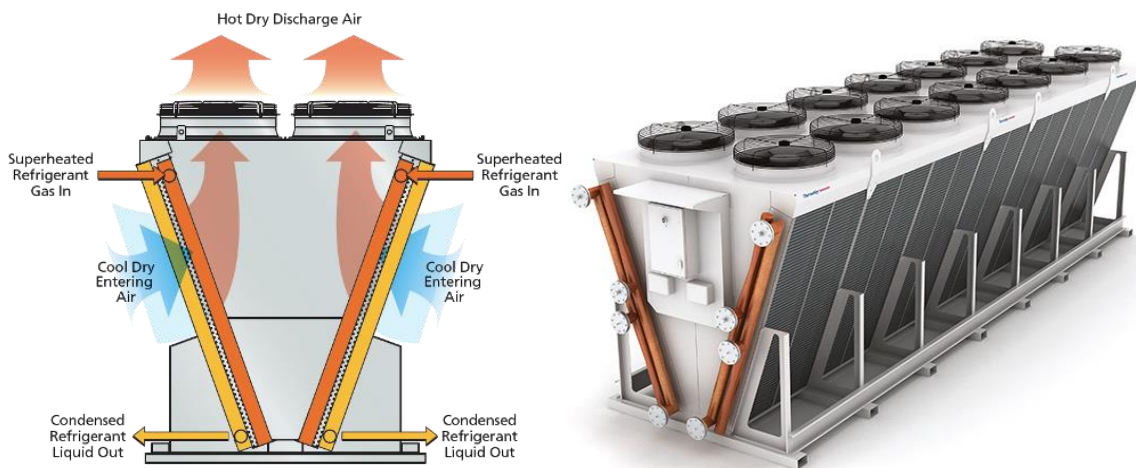


Figuur 6.11 | Plaatsing van een collectieve lucht-/waterwarmtepomp.

De collectieve lucht-/waterwarmtepomp heeft als voordeel dat deze flexibel en gefaseerd ingezet kan worden. Daarnaast kan de lucht-/waterwarmtepomp jaarrond warmte leveren, waardoor seizoensopslag niet nodig is. Het rendement van een lucht-/waterwarmtepomp is daarentegen afhankelijk van de buitentemperatuur. Daarmee is het rendement zeker tijdens piekmomenten in de winter aan de lage kant. De energetische prestaties van de lucht-/waterwarmtepomp liggen hierdoor lager dan bij de alternatieve energietechnieken.

4.14 COLLECTIEF: DROGE KOELER

Het gebruik van buitenlucht kan ook i.c.m. seizoensopslag worden toegepast. Aangezien buitentemperaturen meestal niet veel hoger dan 30 °C komen, is een koppeling op een WKO-systeem voor de hand liggend. De WKO wordt dan in de zomer geladen met een droge koeler welke warmte uit de buitenlucht invangt middels hetzelfde principe als een lucht-/waterwarmtepomp. Ook een droge koeler heeft een buitenunit waar thermische energie wordt afgevangen. In Figuur 6.12 is de werking van de droge koeler weergegeven.



Figuur 6.12 | De droge koeler: links de werking toegelicht en rechts een praktijkvoorbeeld. Let op! in de linker afbeelding wordt warmte afgegeven, terwijl in dit project juist koude lucht wordt afgezogen.

Het voordeel van een droge koeler t.o.v. een lucht-/waterwarmtepomp is dat een droge koeler een lagere geluidsproductie heeft en het energetisch rendement van de installatie hoger is door de combinatie met seizoensopslag. Nadeel is dat er dus ook seizoensopslag gerealiseerd moet worden, waardoor de kosten toenemen en meer infrastructuur in de openbare ruimte gerealiseerd moet worden.

4.15 COLLECTIEF: ZONTHERMIE

Zonthermie is het genereren van warmte door het opvangen van zonne-energie middels thermische zonnepanelen. Het verschil met de individuele techniek beschreven in paragraaf 4.9 in deze bijlage is dat er in een collectief systeem heel veel zonnepanelen bij elkaar worden opgesteld. Er zijn twee gangbare technieken om deze warmte te winnen, er kan warmte direct uit zonnestraling worden gewonnen middels Photo Thermische (PT) panelen, of er kan een thermische module achter een PV-paneel (PVT-panelen) worden opgesteld om zo indirect warmte uit de atmosfeer te halen. PVT panelen leveren dus elektrische- en thermische energie. Daarnaast is een verschil dat PT panelen in de zomer warmte van wel 90 °C kunnen produceren waar PVT panelen meestal maximale een temperatuur van 20-30 °C bereiken.

Potentie

PT- of PVT-collectoren worden in groten getale opgesteld, waar een groot stuk grond voor nodig is. Voornamelijk in de zomer worden grote hoeveelheden warmte gevangen door de PT-collectoren. Deze warmte wordt dan direct geleverd aan gebouwen of bij weinig warmtevraag opgeslagen. Door het toepassen van een vorm van opslag kan het hele jaar warmte worden geleverd. De potentie van zonthermie hangt rechtstreeks samen met de beschikbare oppervlakte aan ruimte. In theorie kunnen genoeg collectoren geplaatst worden om te voldoen aan een warmtevraag, als men bereid is de openbare ruimte daarvoor te benutten. Per hectare grond is er een mogelijke opbrengst van ca. 4.320 GJ aan warmte¹⁴. Deze opbrengst is gelijk voor PT- en PVT-panelen. Het heeft uiteraard niet de voorkeur om openbaar gebied te gebruiken voor het plaatsen van collectoren. Bestaand dakoppervlak benutten voor deze toepassing is echter alleen een realistische optie als er een groot

¹⁴ DE Delft (april 2021). Potentieel zonthermie - RES-regio Rivierenland.

aaneengesloten dakoppervlak beschikbaar is. Anders raakt het systeem versnipperd over meerdere daken wat het organisatorisch heel moeilijk maakt voor een collectief systeem. Bij grootschalig inzet van zonthermie is het dus onontkoombaar om een aaneengesloten stuk land of dak aan te wijzen als productielocatie.

Buffer

Voor de beste benutting van de warmte uit zonnepanelen is een buffer nodig. Als de temperatuur van de geproduceerde warmte onder de 25 °C ligt, zoals grotendeels bij PVT-panelen, dan kan een WKO gebruikt worden als seizoensopslag. Bij PT-panelen liggen de temperaturen echter veel hoger en is een Ecovat een betere oplossing. Hier kan de warmte op hoge temperatuur worden opgeslagen waarna het in de winter direct toegepast kan worden in woningen of nog een klein beetje opgewaardeerd moet worden met warmtepompen.

Voor- en nadelen

Het toepassen van zonthermie is een kostbare operatie. Niet alleen moeten vele collectoren geplaatst worden, ook moet land aangekocht worden. Voordeel is dat warmte op relatief hoge temperatuur gewonnen kan worden bij PT-panelen. Afhankelijk van het energieconcept kunnen de woningen in de zomer direct met deze temperatuur verwarmd worden of moet de warmtepomp nog een kleine extra sprong maken. Doordat er minder gebruik gemaakt wordt van warmtepompen is het elektriciteitsgebruik laag. Het voordeel van PVT-panelen is dat er naast warmte tegelijkertijd ook elektriciteit geproduceerd wordt. Op deze manier wordt efficiënt met de ruimte omgegaan.

4.16 COLLECTIEF: GEOTHERMIE

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is het gebruik van warmte uit de diepe ondergrond vanaf 500 meter en dieper voor het verwarmen van huizen, gebouwen en lichte industrie. Afhankelijk van de diepte kan geothermie een warmtenet direct voorzien van warmte met een temperatuur van circa 70-90 °C. Geothermie op dieptes tussen de 500 en 1.500 meter wordt ook wel ondiepe geothermie (OGT) genoemd. Met OGT kunnen temperaturen tussen de 30 °C en 50 °C behaald worden. Geothermie is niet op elke locatie toepasbaar. De toepasbaarheid wordt namelijk bepaald door de bodemgesteldheid en samenstelling. Een geothermiesysteem scoort erg goed op het gebied van duurzaamheid, maar is erg kostbaar om te realiseren. De potentie van geothermie vanaf ongeveer 1.500 meter ligt tussen de 160.000 en 690.000 GJ/jaar afhankelijk van de ondergrond en diepte (bron: IF Technology, 72125/JK/20221110_PR). De potentie van OGT ligt lager en is daarmee ook geschikter voor toepassingen met kleinere warmtenetten.

4.17 COLLECTIEF: BIOMASSA

Biomassa kan op collectieve schaal worden toegepast om water te verwarmen. De biomassa dient hierbij als brandstof en kan bestaan uit houtsnippers, houtpallets en afvalhout. De verbranding van biomassa levert dezelfde warmwatertemperatuur als een cv-ketel, zodat er in de gebouwen geen aanpassing nodig is van de radiatoren. De toepasbaarheid van deze techniek is dan ook het grote voordeel. Nadeel van dit systeem is dat het de biodiversiteit en voedselproductie kan bedreigen¹⁵. Daarnaast is het beperkt beschikbare biomassa in Nederland hard nodig als duurzame brandstof in de industrie, omdat het een van de weinige manieren is om de zeer hoge temperaturen te bereiken die nodig zijn voor bepaalde industriële processen.

¹⁵ <https://www.unitedconsumers.com/blog/energie/biomassa.jsp>

4.18 COLLECTIEF: GROEN GAS

De productie van warm water met groen gas (biogas) lijkt grotendeels op het proces met biomassa. Het verschil zit in het gebruik van de bronnen. Groen gas maakt namelijk gebruik van natte reststromen zoals mest, gft en agrarische reststromen.

De toepassing van groen gas kan op verschillende manieren in een energieconcept verwerkt worden. In paragraaf 4.2 in deze bijlage (bij de individuele concepten) wordt groengas ingevoerd op het normale gasnet, zodat het voor alle particulieren via het reguliere gasnet beschikbaar komt. In deze paragraaf (collectief concept) wordt juist aandacht besteed aan een variant waarbij op collectieve basis warmte wordt geproduceerd. Dit houdt in dat de energiebron (producent van groen gas) direct verbonden wordt aan één collectieve groen-gascentrale. Daarmee is in de woningen dus geen warmte opwekkingsinstallatie nodig. De woningen zijn aan de groen-gascentrale gekoppeld middels een warmtenet.

Net als bij biomassa is het grote voordeel van deze variant dat de woningen direct op een duurzame wijze verwarmd kunnen worden. Ondanks dit voordeel is er ook veel kritiek op groen gas. Een nadeel is bijvoorbeeld dat bij verbranding van groen gas CO₂ vrijkomt en er discussie is of het klimaatneutraal is. Daarnaast is het beperkt beschikbare groen gas in Nederland hard nodig als duurzame brandstof in de industrie, omdat het een van de weinige manieren is om de zeer hoge temperaturen te bereiken die nodig zijn voor bepaalde industriële processen.

4.19 COLLECTIEF: RESTWARMTE

Restwarmte is warmte die vrijkomt bij bedrijvigheid en die niet meer binnen het bedrijf zelf kan worden gebruikt. Denk hierbij bijvoorbeeld aan productieprocessen, datacenters, supermarkten of afvalverbrandingsinstallaties. Zonder aansluiting op een warmtenet wordt deze warmte geloosd en niet nuttig gebruikt. Vooral de industrie heeft grote hoeveelheden restwarmte beschikbaar. Het voordeel van deze restwarmte is dat het meestal warmte op een hoge temperatuur is. Deze warmte kan gelijk gebruikt worden in de gebouwde omgeving zonder dat de temperatuur verhoogd hoeft te worden met een warmtepomp.

Bijlage 5 Bodem en belangen

Een verkenning naar de haalbaarheid van bodemenergiesystemen in de gemeente Opmeer is uitgevoerd.

BODEMOPBOUW

De ondergrond bestaat uit afwisselende lagen van zand, klei, leem en veen, en kan worden onderverdeeld in twee watervoerende pakketten. Het eerste watervoerende pakket (van circa 30 tot 65 m-mv) bestaat uit matig fijn tot zeer grof zand, terwijl het gecombineerde tweede- en derde watervoerende pakket (van circa 80 - 230 m-mv) bestaat uit matig grof tot zeer grof zand, met enkele sporen van klei en veen.

Bodemgeschiktheid

Open bodemenergiesysteem

Beide watervoerende pakketten zijn geschikt voor open bodemenergiesystemen. Vanwege de beperkte dikte van het eerste watervoerende pakket is dit pakket geschikt voor een open bodemenergiesysteem met een beperkte broncapaciteit. Het gecombineerde tweede- en derde watervoerend pakket is goed geschikt voor een open bodemenergiesysteem. Verwacht wordt dat de bodemeigenschappen in het gecombineerde tweede- en derde watervoerend pakket voldoende zijn voor een maximale broncapaciteit van circa 200 tot 250 m³/uur.

Mogelijke aanwezigheid van het brak-zoutgrensvlak en/of een redoxovergang in het tweede- en derde watervoerende pakket kan ervoor zorgen dat een deel van het pakket niet gebruikt kan worden om bronfilter te stellen. Daarnaast blijkt bij andere projecten uit de regio dat fijnzandigheid kan toenemen in de diepere delen van het gecombineerde tweede- en derde watervoerende pakket. Deze factoren kunnen de haalbare broncapaciteit verlagen.

Gesloten bodemenergiesysteem

De bodemlussen van een gesloten bodemenergiesysteem kunnen worden gerealiseerd in zowel zand- als kleilagen. De thermische eigenschappen van zandlagen zijn beter dan die van kleilagen. Huidige gesloten systemen in de gemeente Opmeer zijn ontwikkeld tussen de 125 en 200 m diepte. Diepere bodemlussen zijn bodem technisch mogelijk, maar de keuze van boorpartijen neemt af als dieper dan 200 m-mv geboord moet worden.

TECHNISCHE EN JURIDISCHE ASPECTEN

De omliggende bodemenergiesystemen en grondwatergebruikers zijn geïnventariseerd met behulp van de WKO-tool. In Opmeer zijn twee open bodemenergiesystemen bekend, samen met enkele grondwateronttrekkingen. De dieptes van deze onttrekkingen zijn momenteel onbekend en moeten worden opgevraagd bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Indien deze onttrekkingen zich in het eerste watervoerende pakket of het gecombineerde tweede- en derde watervoerende pakket bevinden, dient hier mogelijk rekening mee te worden gehouden bij de implementatie van een open bodemenergiesysteem. Er zijn tevens meerdere gesloten bodemlussen aanwezig in Opmeer, daarom moet bij de toepassing van zowel open als gesloten bodemenergiesystemen rekening worden gehouden met mogelijke interferentie.

De mogelijke aanwezigheid van redoxovergangen en de brak-zoutgrens in het gecombineerde tweede- en derde watervoerende pakket moet nader bepaald worden bij het ontwerpen van een open bodemenergiesysteem. Op basis hiervan kan bepaald worden waar het bronfilter geplaatst kan worden en welke broncapaciteit haalbaar is.

In Noord-Holland kan op grote diepte nog een relatief hoge gasdruk aangetroffen worden. Hier dient in het ontwerp rekening mee gehouden te worden door de bronpomp diep genoeg te hangen en voldoende druk in het systeem aan te houden zodat het gas in oplossing blijft. Ontgassing kan leiden tot bronverstopping.

In Opmeer is de Opmeerder Wuiver ten oosten van Hoogwoud aangemerkt als Natuur Netwerk Nederland-gebied. Ten zuiden van Spanbroek bevindt zich een aandachtsgebied voor aardkundige waarden. Binnen de gemeente zijn meerdere aandachtsgebieden voor archeologie geïdentificeerd. Bij de inpassing van een bodemenergiesysteem moet hiermee rekening worden gehouden.

Volgens de WKO-tool zijn er geen verdere restricties, zoals bodemenergieplannen, drinkwaterbeschermingsgebieden, beperkingen als gevolg van provinciaal beleid of dieptebegrenzings.

CONCLUSIE

Op basis van deze verkenning is de projectlocatie in Opmeer geschikt voor de toepassing van bodemenergiesystemen. Binnen het studiegebied zijn op dit moment twee open bodemenergiesystemen en meerdere gesloten bodemenergiesystemen ontwikkeld.

Een open bodemenergiesysteem is mogelijk in het eerste watervoerende pakket en het gecombineerde tweede- en derde watervoerende pakket. Afhankelijk van de beoogde broncapaciteit en een nadere uitwerking van de verwachte bodemopbouw kan een afweging gemaakt worden welk watervoerend pakket het meest geschikt is voor het beoogde bodemenergiesysteem. Bij het ontwerpen van het bodemenergiesysteem moeten bovengenoemde technische en juridische aspecten worden overwogen en nader worden bepaald.

Bijlage 6 Beoordelingscriteria

In deze bijlage zijn de beoordelingscriteria beschreven.

- 1 **Potentie.** In hoeverre zijn de bronnen beschikbaar en toereikend om te voldoen in de energievraag in het projectgebied.
- 2 **Duurzaamheid in de vorm van CO₂ uitstoot.** Het einddoel is om met een oplossing zo min mogelijk CO₂ uit te stoten, totdat we dit terug kunnen brengen naar nul. Afhankelijk van verschillende energiestromen zal de uitstoot per oplossing verschillen. In het vergelijk op hoofdlijnen gaat het daarbij om de relatieve verschillen tussen oplossingen.
- 3 **Inpasbaarheid in de openbare ruimte.** Openbare ruimte in steden en dorpen is schaars, zowel ondergronds als bovengronds. Een duurzame warmtevoorziening gaat hier zo efficiënt mogelijk mee om en moet goed in te passen zijn in de beschikbare ruimte.
- 4 **Ruimtelijke impact in/rondom gebouwen.** Een deel van de warmtevoorziening komt terecht in woningen en gebouwen. Hoe groter dit deel is, hoe meer impact dit heeft voor bewoners en gebouw eigenaren. Daarmee is dit criterium ook een belangrijke graadmeter voor het draagvlak onder toekomstige warmteafnemers.
- 5 **Betrouwbaarheid.** Er zit veel beweging in de warmtemarkt en er worden constant nieuwe technieken en oplossingen geïntroduceerd. Het is belangrijk om mee te nemen hoe volwassen een oplossing is: gaan we pionieren of gaan we voor een volwassen en bewezen betrouwbare techniek?
- 6 **Toekomstbestendigheid.** Een oplossing met veel afhankelijkheden, van beschikbaarheid van bronnen of andere omgevingsfactoren zal minder makkelijk leveringszekerheid over de gehele projectperiode kunnen garanderen en is daarmee minder toekomstbestendig.
- 7 **Faseerbaarheid scenario.** Lopen investeringen gelijk op met het aansluiten van de woningen dan beperkt dit de benodigde voorinvestering. Hoe lager de voorinvestering, des te lager het financiële risico van investerende partijen.
- 8 **Akoestiek en visueel.** De hoorbaarheid en zichtbaarheid van een oplossing zijn belangrijke aspecten over hoe de techniek gewaardeerd wordt door bewoners. Het gaat hierbij zowel om geluid en zichtbaarheid binnen en rondom de woning als in de openbare ruimte.
- 9 **Investeringskosten (CAPEX) scenario.** Kosten bepalen uiteraard hoe een oplossing scoort ten opzichte van andere oplossingen. In een vergelijk op hoofdlijnen gaat het er dan vooral om hoe de scenario's zich relatief tot elkaar verhouden met betrekking tot (orde grootte) kosten, zonder dat daarbij absolute getallen genoemd hoeven te worden. In de verdiepende vergelijking tussen oplossingen geeft een business case meer detailinzicht in de werkelijke kosten.
- 10 **Juridische en beleidsmatig.** Hiermee wordt beoordeeld of een oplossing ook juridisch en beleidsmatig haalbaar is. Is er bepaalde wet- en regelgeving of zijn er belangen van stakeholders die de realisatie van de oplossing in de weg staan? Denk bijvoorbeeld aan een natuurbelang van een oppervlaktewater waarmee wordt uitgesloten dat aquathermie toegepast kan worden of beleid van de overheid om bepaalde technieken te ontmoedigen in de toepassing voor verwarming.

IF Technology **Creating energy**



IF Technology **Creating energy**