

Haalbaarheid TEO en WKO in Everdingen

Haalbaarheidsstudie aansluiten woningen Everdingen op collectief energiesysteem





Datum 5 april 2022
Referentie 70379/FN/20220405
Betreft Haalbaarheidsstudie aansluiten woningen Everdingen op collectief energiesysteem
Behandeld door T. van der Velden
Gecontroleerd door F. Niewold

Versienummer Definitief v1

OPDRACHTGEVER

Energiecoöperatie Huibertstroom UA
Graaf Florisstraat 4b
4121 EL Everdingen
T 06 4185 9301
bestuur@huibertstroom.nl

Contactpersonen:
Ide Engelsma
Jan van Dockum

Managementsamenvatting

Energiecoöperatie Huibertstroom heeft zich o.a. ten doel gesteld om het energiegebruik in Everdingen te verduurzamen. Uit een eerdere verkenning blijkt dat het toepassen van thermische energie uit de nabijgelegen rivier de Lek (TEO) in combinatie met een warmte en koudeopslagsysteem (WKO) kansrijk is. Het voorliggende rapport is een vervolg op deze studie, waarin het technisch potentieel van een collectief TEO- en WKO-systeem is onderzocht. Daarnaast is inzichtelijk gemaakt of het technisch potentieel omgezet kan worden in een rendabel project.

De technische haalbaarheid is getoetst aan de hand van het beschikbare potentieel van het oppervlaktewater, de capaciteit voor bodemopslag en de warmtevraag van de gebouwen. Vervolgens is de benodigde techniek om oppervlaktewater, bodem en gebouwen te verbinden onderzocht.

De kern van Everdingen bestaat uit 328 woningen en enkele utiliteitsgebouwen zoals een school en kerk. De totale energievraag van deze gebouwen bedraagt 4.619 MWh. Het warmtenet onderzocht in deze haalbaarheidsstudie levert 70 °C aan de woningen. Dit wordt een MT-warmtenet genoemd. Deze temperatuur zorgt voor de meeste toegankelijkheid voor “alle” woningen om comfortabel warm te worden. IF Technology maakt de aanname dat alle gebouwen met een label C of hoger voldoende geïsoleerd zijn om aan te sluiten op het systeem. In sommige gevallen kan een lager label ook voldoende zijn. Dit moet per situatie beoordeeld worden.

Na het inventariseren van de energiebehoefte (vraag) is onderzocht of de bodem en het oppervlaktewater genoeg energie kunnen leveren (aanbod). De bodem onder Everdingen bevat twee watervoerende pakketten die juridisch geschikt zijn voor WKO. Dit zijn het 1^e en 2^e watervoerende pakket. Het 1^e pakket heeft een maximale capaciteit van 70-100 m³/uur en het 2^e pakket een maximale capaciteit van 200-250 m³/uur. Als oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van het water in rivier de Lek. Op basis van de watertemperaturen en stroomsnelheden in de Lek is geconcludeerd dat de rivier genoeg potentie biedt om te functioneren als energiebron.

Het uitgewerkte energieconcept voor de kern van Everdingen:

- De warmteproductie wordt volledig centraal geregeld en vervolgens via een 2-pijpsnet gedistribueerd naar de gebouwen.
- In de centrale energiecentrale staan warmtepompen en gasketels opgesteld. De warmtepompen leveren 96% van de totale energievraag en de gasketels 4%.
- Het energieconcept bevat één WKO-doublet dat gerealiseerd wordt in het 2^e watervoerende pakket. Dit doublet wordt uitgelegd op een debiet van 100 m³/uur.
- Het toekomstige TEO-systeem wordt uitgelegd op een debiet van 80-100 m³/uur.

De financiële haalbaarheid van het bovenstaande concept is onderzocht aan de hand van een business case. In de business case zijn de kosten en baten voor het realiseren en exploiteren van WKO, TEO en het warmtenet inzichtelijk gemaakt. Ook is de onrendabele top inzichtelijk gemaakt. Uit de analyse blijkt dat het project t/m de afleverset een onrendabele top heeft van circa € 8.700 per woning bij een gewenst projectrendement van 4,0%. Hierbij is aangenomen dat het warmtebedrijf geen winstogmerk heeft en wordt opgezet als een coöperatie door en voor bewoners. Er zijn echter ook kosten die na de afleverset in de woning gemaakt moeten worden. Deze worden ingeschat

op € 14.000 - 19.000. Deze kosten hebben onder andere te maken met aansluiting op de binneninstallatie, elektrisch koken, isolatie.

In de gevoeligheidsanalyse is aangetoond dat vooral de warmteprijs indexering een belangrijke invloed heeft op het projectresultaat. Dit omdat de verkoop van warmte de belangrijkste inkomstenbron is van de exploitant. Ook toont de analyse aan dat het verkrijgen van SDE++-subsidie voor aquathermie een bijzonder positief effect heeft op de business case. Men kan stellen dat de SDE++ subsidie essentieel is voor het slagen van het project.

Conclusie

Al met al kan er geconcludeerd worden dat het technisch haalbaar is om de gebouwen in Everdingen te voorzien van duurzame energie door middel van een collectief TEO- en WKO-systeem. Of het project ook financieel aantrekkelijk is moet nader worden onderzocht door de betrokken partijen. De kosten om Everdingen aardgasvrij te maken met een collectief warmtenet zijn relatief hoog. Dit komt met name doordat de warmtedichtheid relatief laag is. Er zijn weinig grote flatgebouwen, waar een grote slag gemaakt kan worden. Echter kan de opzet van een coöperatie zonder winstoogmerk de kosten juist weer verlagen voor de bewoners. Op dit moment kan niet worden uitgesloten of een individuele aanpak goedkoper is. Dit hangt ook af van de mogelijke subsidies en financiering die verschillen per aanpak. Er wordt geadviseerd om in ieder geval een vergelijking te maken met twee alternatieve individuele oplossingen: gas (huidig) en lucht-/waterwarmtepomp vanuit het bewonersperspectief.

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Leeswijzer	8
2	Technische haalbaarheid	9
2.1	inventarisatie warmtevraag	9
2.2	Geohydrologisch onderzoek	15
2.2.1	Juridisch kader	15
2.2.2	Bodemopbouw	17
2.2.3	Technische en juridische aspecten	18
2.2.4	Conclusie	24
2.3	Hydrologisch onderzoek	25
2.3.1	Uitgangspunten	25
2.3.2	Technische en juridische aspecten	26
2.4	Juridisch kader	32
2.4.1	Watervergunning	32
2.4.2	Keurvergunning	32
2.4.3	Omgevingsvergunning	32
2.4.4	Mogelijk benodigde vergunningen bij realisatie van infra in de openbare ruimte	33
3	Energieconcept	34
3.1.1	Algemeen	34
3.1.2	Warmteproductie	34
3.1.3	WKO-installatie	36
3.1.4	TEO-installatie	37
3.1.5	Locatie technische ruimte	39
3.1.6	Distributie warmte van WKO naar technische ruimte	40
3.1.7	Distributie warmte van TEO naar technische ruimte	40
3.1.8	Distributie warmte van TR naar woningen	41
3.1.9	Demarcatie	41
3.2	Principeschema en schetsontwerp	41
3.3	Variant zonder WKO-systeem	43
3.4	Energetische analyse	45
4	Financiële haalbaarheid	47
4.1	Business Case	47
4.1.1	Uitgangspunten financiële analyse	47
4.1.2	Investerings- en exploitatiekosten	47
4.1.3	Exploitatiemodel	48
4.1.4	Mogelijkheden om onrendabele top te financieren - niet verwerkt in Business case	51
4.2	Gevoeligheidsanalyse	52
4.2.1	Resultaat	53
4.3	Kosten Woningaanpassingen	54
5	Conclusie	57

5.1 Conclusie	57
5.2 Aanbevelingen	57
Bijlage 1 Technisch	59
1.1 Woningen in de kern van Everdingen	59
1.2 Jaarbelastingduurkromme	60
1.3 Analyse TEO-systeem	61
1.4 Afwegingstabel energieconcept bestaande bouw	62
1.5 Variant op principetekening	63
Bijlage 2 Financieel	66
2.1 Uitgangspunten financiële analyse	66
2.2 Uitgangspunten Kosten woningaanpassing	67

1 Inleiding

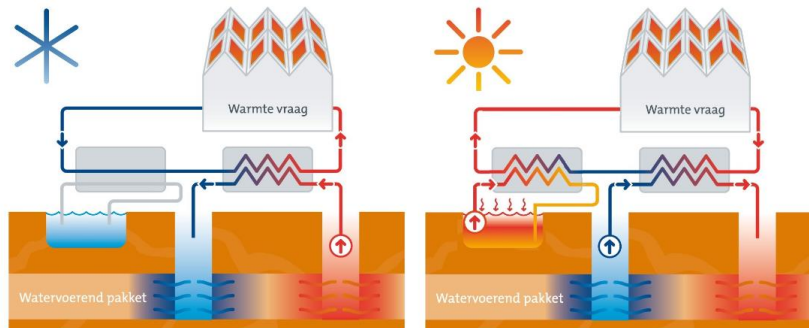
1.1 ACHTERGROND

De Nederlandse overheid wil in 2030 49% minder CO₂ uitstoten ten opzichte van 1990. In 2050 moet dat 95% minder zijn. Dit is nodig om de temperatuur op aarde niet verder te laten stijgen dan anderhalve graad. Bij deze temperatuurstijging lijken de gevolgen van klimaatverandering nog beheersbaar. Om de doelstelling te halen heeft de overheid samen met bedrijven en organisaties maatregelen afgesproken. Deze staan in het Klimaatakkoord. In de gebouwde omgeving moet in 2050 7 miljoen woningen en 1 miljoen andere gebouwen van het aardgas af zijn. Als eerste stap moeten in 2030 de eerste 1,5 miljoen bestaande woningen verduurzaamd zijn. Dit betekent een combinatie van isoleren en gebruiken van duurzame warmte en elektriciteit.

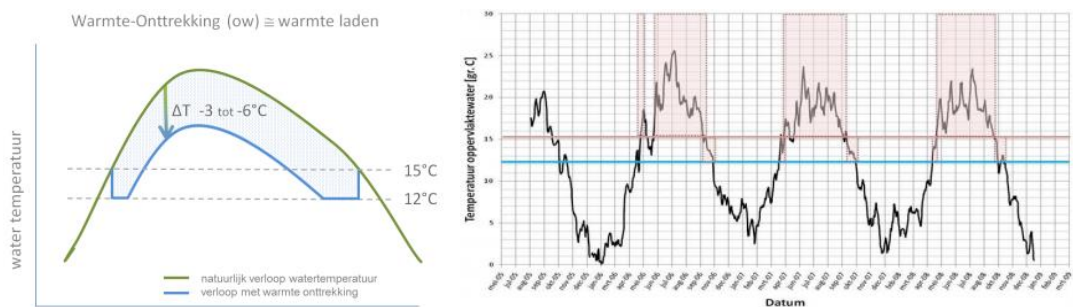
Om dit doel te halen is op lokaal niveau veel actie vereist van publieke en private partijen en burgers. Daarvoor moeten betrouwbare en betaalbare technische oplossingen ontwikkeld worden, die kunnen rekenen op draagvlak binnen de gemeenschap. De energietransitie voor een gebied is maatwerk. Er is niet één optimale technische oplossing voor heel Nederland, zoals dit bij aardgas het geval was. In de energietransitie spelen o.a. beschikbaarheid, betaalbaarheid, ruimte, duurzaamheid en betrouwbaarheid van de technische oplossing een rol.

Energiecoöperatie Huibertstroom heeft zich o.a. ten doel gesteld om het energiegebruik in Everdingen te verduurzamen. Uit een eerdere verkenning blijkt dat het toepassen van thermische energie uit de nabijgelegen rivier de Lek (TEO) in combinatie met een warmte en koudeopslagsysteem (WKO) kansrijk is. Om te onderzoeken of dit collectieve energiesysteem geschikt is voor de woningen in Everdingen heeft Huibertstroom aan IF Technology gevraagd om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren. In het voorliggende rapport wordt onderzocht wat het technisch potentieel is van het TEO- en WKO-systeem. Daarnaast wordt inzichtelijk gemaakt of het technisch potentieel omgezet kan worden in een rendabel project.

In Figuur 1.1 is de globale werking van TEO met WKO schematisch weergegeven. In de winter wordt de opgeslagen warmte in de WKO gebruikt om de gebouwen te verwarmen. In de zomer wordt de warmte uit het oppervlaktewater gebruikt om in warmtapwater te voorzien en om warmte in de WKO op te slaan. In Figuur 1.2 is het principe van warmte onttrekking (laden van WKO) weergegeven. In dit voorbeeld is een situatie geschetst waarbij warmte wordt onttrokken bij een oppervlaktewatertemperatuur van 15 °C.



Figuur 1.1 | Schematische weergaven van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) met warmte- en koudeopslag (WKO).



Figuur 1.2 | Principe van warmte onttrekking. (Links) Boven een temperatuur van 15 °C is het effectief om warmte te winnen. (rechts) Voorbeeld van cyclus van oppervlaktewatertemperatuur gedurende 4 jaar.

1.2 LEESWIJZER

De managementsamenvatting biedt direct inzicht in de belangrijkste resultaten. Het onderliggende rapport biedt de benodigde onderbouwing voor belanghebbenden. In Hoofdstuk 2 is onderzocht of een TEO-systeem in combinatie met een WKO-systeem technisch haalbaar is in Everdingen. Hierbij zijn de kenmerken van het gebied en de gebouwen weergegeven in paragraaf 2.1. Vervolgens is in paragraaf 2.2 en 2.3 respectievelijk de haalbaarheid van het gebruik van de bodem en het oppervlaktewater beschreven. Met behulp van de verzamelde gegevens is in paragraaf 3 een voorkeurs-energieconcept opgesteld.

In hoofdstuk 3 is de financiële haalbaarheid voor het opgestelde energieconcept onderzocht door middel van een business case. De totale kosten en opbrengsten zijn per concept inzichtelijk gemaakt in paragraaf 3.1. Aanvullend is in paragraaf 3.2 de gevoeligheid van enkele parameters op het projectrendement berekend. Op basis van de resultaten van het onderzoek wordt in hoofdstuk 4 een beknopte conclusie met aanbevelingen gegeven.

2 Technische haalbaarheid

In dit hoofdstuk heeft IF Technology de technische haalbaarheid onderzocht van een WKO-systeem in combinatie met een TEO-systeem voor de kern van Everdingen. In de eerste paragraaf wordt de warmtevraag voor Everdingen bepaald. Hiervoor zijn onder andere gegevens geraadpleegd uit het technisch plan van de energiecoöperatie Huibertstroom en de NMU. De tweede paragraaf behandelt het uitgevoerde geohydrologisch onderzoek van de bodem. Zo komen belangrijke technische en juridische aspecten naar voren en wordt een inschatting gegeven van de bodemcapaciteit. Om in de toekomst energie uit de rivier de Lek te kunnen winnen is het belangrijk om een goed beeld te hebben van de mogelijke risico's. Daarom wordt in paragraaf 3 een hydrologisch onderzoek uitgevoerd. Op basis van de verzamelde informatie in dit hoofdstuk kan een voorkeursenergieconcept worden opgesteld in paragraaf 4. Dit concept fungeert in het volgende hoofdstuk als uitgangspunt voor het uitwerken van de business case.

Huibertstroom heeft in het verleden verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de haalbaarheid van een duurzaam systeem voor het dorp Everdingen. Om niet in herhaling te vallen qua werkzaamheden zal IF Technology voortborduren op de voorgaande onderzoeken van Huibertstroom. De aangeleverde informatie wordt in overleg met de projectgroep overgenomen of aangepast naar de huidige inzichten.

2.1 INVENTARISATIE WARMTEVRAAG

In het technisch plan deelt de energiecoöperatie Huibertstroom het dorp Everdingen grofweg op in drie gedeeltes¹. Daarvan behoort alleen de kern tot de scope van het voorliggende onderzoek. De woningen in de kern liggen namelijk relatief dicht op elkaar, waardoor deze meer geschikt zijn om aan te sluiten op een collectief energiesysteem. In Figuur 2.1 is de kern weergegeven met een rode polygoon. Dit gebied heeft een oppervlak van circa 25 tot 30 hectare. In Bijlage 1 is op gedetailleerdere wijze aangegeven welke woningen wel en niet behoren tot de kern. We willen hier expliciet vermelden dat dit een uitgangspunt voor het haalbaarheidsonderzoek is voor een collectief warmtenet. Dat wil dus niet zeggen dat huizen aan de rand in een volgende fase wel meegenomen worden.

¹ Bron: Van Lek water naar warm water (Technisch plan versie 14 juni 2021)



Figuur 2.1 | Afbeelding van het dorp Everdingen. In dit project ligt de focus op de huizen in de kern van het dorp.

Bepalen van gasverbruik:

Voor het inventariseren van het gasverbruik heeft IF Technology het waardevolle technisch plan van Huibertstroom en de NMU ter harte genomen. Daarnaast hebben wij zelf gasverbruik gegevens van Stedin geraadpleegd ter controle. Als eerste stap in de controle hebben wij gekeken hoe de verschillende postcodes in Everdingen gelegen zijn. Dit hebben wij gedaan met behulp van de Warmteatlas, zie afbeelding in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 | PC6 verdeling Everdingen. Bron: Warmteatlas.nl.

Vervolgens hebben wij de volgende stappen ondernomen:

1. Bepaald welke postcodes/adressen allemaal liggen in de kern met behulp van onze interne GIS-tool.
2. Totale gasverbruik van alle postcodes berekend - input kleinverbruikdata Stedin².
3. Bepaald hoeveel verblijfsobjecten buiten de kern vallen.
4. Totaal gasverbruik verminderd met verblijfsobjecten buiten de kern.

Uit onze berekeningen kwam een totaal gasverbruik (alle postcodes) van 623.000 m³/jaar. Echter zijn hierin ook nog een aantal gebouwen meegenomen die niet in de kern liggen. Dit komt doordat meerdere postcodes zowel binnen als buiten de kern liggen.

Om te bepalen welke utiliteitsgebouwen en woningen buiten de kern vallen hebben we wederom onze GIS-tool geraadpleegd. In totaal zijn er 6 postcodes, waarbij er één of meerdere adressen buiten de kern vallen. In Tabel 2.1 is voor de utiliteitsbouw aangegeven wat het gasverbruik (m³) was in de hele postcode en welk gedeelte daarvan verbruikt is in de kern. Conclusie: correctie gasverbruik voor de utiliteitsbouw is (78.163 m³ - 27.237 m³ =) 50.926 m³ per jaar.

Voor de woningbouw is het aantal woningen buiten de kern vermenigvuldigd met het gemiddelde verbruik van het adres. Op deze manier zijn wij tot het een schatting gekomen dat de woningen buiten de kern een verbruik hebben van 22.700 m³/jaar. Door het totale gasverbruik van alle postcodes te verminderen met de bepaalde gascorrecties krijgt de kern van Everdingen een verbruik van circa 550.000 m³/jaar. In de vervolgstappen van dit onderzoek dient deze waarde als uitgangspunt.

Tabel 2.1 Berekening correctie gasverbruik utiliteit PC6 -> kern.

Postcode	Aantal in PC6-gebied	Aantal in kern	Oppervlakte totaal in PC6-gebied	Oppervlakte totaal in kern	Totaal verbruik PC6-gebied (m ³ /jaar)	Totaal verbruik kern (m ³ /jaar)
Gebr_bijeenkomstfunctie	4	3	1800	614	20.474	9.682
Gebr_celfunctie	0	0	0	0	-	-
Gebr_gezondheidszorgfunctie	0	0	0	0	-	-
Gebr_industriefunctie	3	0	2716	0	23.727	-
Gebr_kantoorfunctie	1	0	483	0	8.042	-
Gebr_logiesfunctie	0	0	0	0	-	-
Gebr_onderwijsfunctie	1	1	421	421	7.873	7.873
Gebr_sportfunctie	2	1	968	353	14.118	5.754
Gebr_winkelfunctie	1	1	270	270	3.929	3.929
Gebr_overige_gebruiksfunctie	35	29	721	479	-	-
Totaal			7379	2137	78.163	27.237

² Gasgegevens zijn alleen op postcode 6-niveau bekend. Hierdoor is een precieze berekening per adres niet mogelijk.

Tabel 2.2 | Berekening correctie gasverbruik woningen PC6 -> kern.

Postcode	Aantal in PC6-gebied	Aantal in kern	Vershil PC6-gebied - kern	Gemiddeld gasverbruik woningtype	Correctie gasverbruik PC6 -> kern (m3/jaar)
appartement	4	2	2	900	1800
tussenwoning/geschakeld	112	112	0	1350	0
twee-onder-een-kap	58	56	2	1650	3300
hoekwoning	86	86	0	1600	0
vrijstaande woning	80	72	8	2200	17600
totaal	340	328	12		22.700

Bepalen van warmtevraag:

Op basis van het gasverbruik kan ook de warmtevraag bepaald worden. IF Technology berekent dit normaal gesproken met een gemiddeld rendement van 90% en de calorische bovenwaarde van aardgas. Echter, in dit rapport kiezen wij ervoor om te rekenen met de omzettingfactor bepaald in het technisch plan. Met als reden dat deze omzettingfactor gedetailleerder is bepaald dan de standaard rekenmethode van IF Technology. Zo wordt er onderscheid gemaakt in het rendement voor ruimteverwarming, tapwaterproductie en koken. In het technisch plan wordt gerekend met een waarde van 30,3 MJ/m³ t.o.v. het initiële aardgasverbruik. Dit komt neer op een gemiddeld rendement van 86%.

Woningequivalent:

Naast woningen zijn er ook een tweetal utiliteiten in de kern van Everdingen. Om de woningen en utiliteit met elkaar te kunnen vergelijken rekent IF Technology met woningequivalenten (weq). Door het oppervlak van de utiliteit te delen door het gemiddelde woonoppervlak krijgen we één weq. Voor Everdingen is dit 127 m²/weq.

Energielabels woningen Everdingen

Om het meest optimale energieconcept voor Everdingen te bepalen is het belangrijk om een goed beeld te hebben van de status van de woningen. Als de woningeigenaren al veel energiebesparende maatregelen hebben getroffen is het namelijk mogelijk om de woningen met lagere temperaturen te verwarmen. Als de woningen in Everdingen minder energiezuinig zijn dan is juist een hogere verwarmingstemperatuur nodig.

De huidige status van een woning bepalen kan met behulp van een energielabel. Deze wordt toegekend aan een woning op het moment van verkopen of als de eigenaar deze zelf aanvraagt. Wel is het belangrijk om te vermelden dat een energielabel alleen een indicatie geeft. Voor een navolgend onderzoek wordt het daarom aangeraden om een gedetailleerder onderzoek te doen naar de status van de woningen.

Naast een analyse over het energiegebruik heeft Huibertstroom ook een inschatting gemaakt welke energielabels de woningen hebben. De inschatting van Huibertstroom staan weergegeven in Tabel 2.4. Uit de resultaten van Huibertstroom komt naar voren dat 44% van de woningen een energielabel van C of hoger scoort en 56% een lagere energielabel. In het huidige onderzoek doen we een aanname dat woningen met een energielabel van C of hoger naar alle waarschijnlijkheid in staat

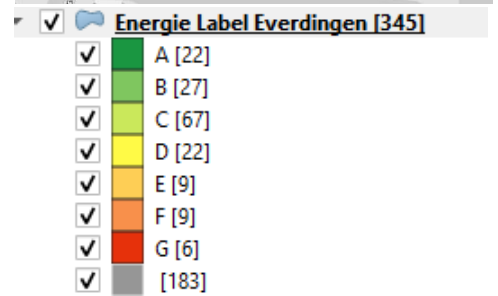
zijn om verwarmd te kunnen worden met 70 °C. In dit geval moet een deel van de woningen met een lager energielabel energiebesparende maatregelen moeten toepassen, voordat er verwarmd kan worden met 70 °C. In deze beoordeling is niet bekend welke woningen met label D of lager al extra geïsoleerd zijn.

Tabel 2.3 | Gegevens over de woningen & utiliteit in de kern van Everdingen.

Parameter	Eenheid	Waarde
Kenmerken woningen		
Aantal woningen in de kern	-	328
Gemiddeld woonoppervlak	m ²	127
Bouwjaar mediaan	-	1970
type woningen		
Vrijstaand	%	23% (74 woningen)
2-onder-1 kap	%	18% (60 woningen)
Hoekwoning	%	25% (82 woningen)
Tussenwoning	%	34% (112 woningen)
Meegenomen utiliteit		
Gebr_bijeenkomstfunctie	m ²	614
Gebr_celfunctie	m ²	0
Gebr_gezondheidszorgfunctie	m ²	0
Gebr_industriefunctie	m ²	0
Gebr_kantoorfunctie	m ²	0
Gebr_logiesfunctie	m ²	0
Gebr_onderwijsfunctie	m ²	421
Gebr_sportfunctie	m ²	353
Gebr_winkelfunctie	m ²	270
Gebr_overige_gebruiksfunctie	m ²	479 (grotendeels garageboxen, niet meegenomen)
Totaal	m ²	1658
Aantal woningequivalenten	-	13
Gasverbruik (woningen en utiliteit)		
Totaal aantal woningequivalenten	-	341
Gemiddeld gasverbruik per weq	m ³ /jaar	1612
Totaal gasverbruik	m ³ /jaar	550.000
Gemiddeld warmtebehoefte per weq	MWh/jaar	13,5 (=48,8 GJ/jaar)
Totaal warmtebehoefte	MWh/jaar	4.619 (=16,6 TJ/jaar)

Tabel 2.4 | Energielabels woningen in de kern van Everdingen. (bron: technisch plan, van Lekwater naar warm water)

Energielabel	Huibertstroom	
A+	1%	
B	20%	44%
C	23%	
D	3%	
E	14%	56%
F	15%	
G	24%	



2.2 GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK

2.2.1 Juridisch kader

Bij het toepassen van een open bodemenergiesysteem dient aan alle wettelijke eisen voldaan te worden met betrekking tot de zorg- en vergunningplicht ten aanzien van het gebruik van de bodem, het gebruik van grondwater en het vrijkomen en afvoeren van grond en grondwater. Een overzicht van de benodigde vergunningen en meldingen, inclusief doorlooptijden, is hieronder weergegeven en in Tabel 2.5 samengevat. De (toekomstige) vergunninghouder is verantwoordelijk voor het aanvragen van de benodigde vergunningen en toestemmingen en voor het voldoen van eventuele leges, precario of degeneratievergoedingen.

M.e.r.-beoordelingsplicht

Voor elke vergunningaanvraag voor een open bodemenergiesysteem in het kader van de Waterwet dient een formele m.e.r.-beoordeling uitgevoerd te worden. Voor systemen met een waterverplaatsing van meer dan 1.500.000 m³/jaar wordt een separate notitie opgesteld waarin de belangen en (milieu)effecten zijn omschreven. De proceduretijd voor het beoordelen van deze notitie en het opstellen van het m.e.r.-beoordelingsbesluit door het bevoegd gezag bedraagt zes weken. Indien besloten wordt dat geen m.e.r.-procedure doorlopen hoeft te worden kan de vergunningaanvraag Waterwet, voorzien van een effectenstudie en een kopie van het m.e.r.-beoordelingsbesluit, ingediend worden. Voor systemen met een waterverplaatsing van minder dan 1.500.000 m³/jaar geldt een vormvrije m.e.r.-beoordeling en hoeft bij het indienen van de vergunningaanvraag Waterwet geen m.e.r.-beoordelingsbesluit toegevoegd te worden. De m.e.r.-beoordeling kan plaatsvinden parallel aan de procedure van de vergunningaanvraag Waterwet. Middels een korte notitie bij de vergunningaanvraag Waterwet wordt het initiatief aangemeld voor de m.e.r.-beoordeling. In dit geval is de waterverplaatsing minder dan 1.500.000 m³/jaar.

Waterwet

Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van een open bodemenergiesysteem is vergunningplichtig in het kader van de Waterwet. Hiervoor dienen de effecten van het open bodemenergiesysteem in een effectenstudie te worden gekwantificeerd. Het bevoegd gezag voor deze vergunning is de provincie Utrecht. Gedeputeerde Staten van de provincie Utrecht hebben de beoordeling van de Waterwet neergelegd bij de RUD Utrecht (Regionale Uitvoeringsdienst). De proceduretijd voor het aanvragen van de vergunning Waterwet bedraagt circa 8 weken. In het geval van complexe omgevingsbelangen kan de provincie hiervan afwijken en de uitgebreide procedure (6 maanden) van toepassing verklaren.

Belangrijke aandachtspunten uit het beleid van de provincie Utrecht zijn:

- De infiltratietemperatuur in de bronnen mag niet hoger zijn dan 25°C en niet lager dan 5°C.
- Het veroorzaken van een warmteoverschot in de bodem is niet toegestaan.
- De productiviteit bedraagt per seizoen gemiddeld ten minste 0,00465 MWh/m³ geretourneerd grondwater (dit betekent dat het temperatuurverschil tussen het onttrokken en geïnfiltrateerde water minimaal 4°C is).
- Verzilting van zoet grondwater is niet toegestaan.
- De bronnen van een open bodemenergiesysteem moeten zich in één watervoerend pakket bevinden.
- Open bodemenergiesystemen mogen elkaar niet negatief beïnvloeden.
- Andere belangen binnen het invloedsgebied van het open bodemenergiesysteem mogen niet nadelig worden beïnvloed (zoals grondwateronttrekkingen, gesloten bodemenergiesystemen, verontreinigingen, natuur, landbouw, archeologie, bebouwing en infrastructuur).
- Open bodemenergiesystemen zijn niet toegestaan in waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden en boringvrije zones.

Lozingen

Bij realisatie en het onderhoud van de bronnen komt grondwater vrij. Dit grondwater moet geloosd worden. Mogelijkheden om te lozen zijn op het riool, op oppervlaktewater of deels via een filter in de bronnen injecteren. Hiervoor moet een vergunning worden aangevraagd bij het bevoegd gezag. De aanvraag van de vergunning voor lozen dient in een later stadium uitgevoerd te worden als de periode van uitvoering bekend is.

Werkwater

Tijdens het boren van de grondwaterbronnen dient in het boorgat een overdruk te worden gecreëerd t.o.v. maaiveld, waardoor het boorgat in stand blijft. Hiervoor wordt (werk)water in het boorgat gepompt. Volgens de regels van het BRL SIKB protocol 2101 dient het werkwater van goede kwaliteit te zijn, waarbij de waterkwaliteit aan de geldende streefwaarden voldoet. Dit betekent dat alleen drinkwater en grondwater (geen oppervlaktewater) in aanmerking komen voor gebruik als werkwater bij de boring. Bij gebruik van grondwater dient hiervoor een vergunning (of melding) te worden aangevraagd bij het bevoegd gezag.

Omgevingsvergunning

Volgens de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (WABO) Artikel 2.1 is voor het bouwen van een bouwwerk een vergunning vereist. Voor de aanleg van putbehuizingen (als zijnde bouwwerk) moet, afhankelijk van de gemeente, mogelijk een omgevingsvergunning worden aangevraagd bij de gemeente.

Mogelijk benodigde vergunningen bij realisatie van infra in de openbare ruimte

Vergunning kabels en leidingen

Voor het aanleggen van kabels en leidingen in de openbare ruimte moet een vergunning worden aangevraagd bij de gemeente. In de aanvraag dient middels maatvoering het exacte tracé aangegeven te worden.

Zakelijk recht van opstal

Indien bronnen, putbehuizingen en leidingen van het open bodemenergiesysteem gelegen zijn in de openbare ruimte, dient vaak notarieel een zakelijk recht van opstal tussen de gemeente en de (toekomstige) eigenaar te worden gevestigd. Hiervoor dient een opstalakte te passeren bij de notaris nadat de omgevingsvergunning is verleend.

Bouwplaatsvergunning en tijdelijke verkeersmaatregel

Voor het boren van bronnen en de aanleg van putbehuizingen en leidingwerk waarbij (tijdelijk) gebruik wordt gemaakt van de openbare ruimte als bouwterrein, zijn mogelijk een bouwplaatsvergunning en een tijdelijke verkeersmaatregel vereist. Deze vergunning/maatregel moeten worden aangevraagd bij de gemeente.

Tabel 2.5 | Benodigde vergunningen en acties voor een open bodemenergiesysteem in de openbare ruimte in Everdingen

vergunning/melding	bevoegd gezag	doorlooptijd
m.e.r.-beoordelingsplicht	provincie Utrecht	6 weken (mogelijk parallel aan procedure Waterwet)
Waterwet	provincie Utrecht	8 weken (reguliere procedure) of 6 maanden (uitgebreide procedure)
lozingen	Rijkswaterstaat/ waterschap Rivierenland/ gemeente Vijfheerenlanden	afhankelijk van de gekozen optie (verwachting maximaal 8 weken)
werkwater	waterschap Rivierenland/ Vitens	afhankelijk van de gekozen optie (verwachting maximaal 8 weken)
Omgevingsvergunning	gemeente Vijfheerenlanden	8 weken (reguliere procedure) of 6 maanden (uitgebreide procedure)
vergunning kabels en leidingen	gemeente Vijfheerenlanden	nader af te stemmen
zakelijk recht van opstal	eigenaar installaties/ notaris	nader af te stemmen
bouwplaatsvergunning en tijdelijke verkeersmaatregel	gemeente Vijfheerenlanden	nader af te stemmen

2.2.2

Bodemopbouw

De bodemopbouw in de kern van Everdingen en in de directe omgeving is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINoloket;
- Boorbeschrijvingen van omliggende open bodemenergiesystemen.

De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 2.6.

Tabel 2.6 | Verwachte bodemopbouw op de locatie

diepte [m-mv] *	lithologie	geohydrologie
0 - 10	klei, matig fijn tot matig grof zand, leem en veen	deklaag
10 - 60	matig fijn tot uiterst grof grindig zand	1 ^e watervoerend pakket
60 - 80	klei, leem en fijn zand	1 ^e scheidende laag
80 - 170	matig grof tot zeer grof zand met enkele kleilagen	2 ^e watervoerend pakket
> 170	klei en fijn zand	hydrologische basis

* het maaiveld varieert tussen circa 1 - 3 m+NAP (op de Lekdijk circa 8,5 m+NAP)

Bodemgeschiktheid

De bodem is geschematiseerd in twee watervoerende pakketten. Het tweede watervoerende pakket is vanuit technisch oogpunt zeer geschikt voor de toepassing van een open bodemenergiesysteem. In het eerste watervoerende pakket is de toepassing van een open bodemenergiesysteem ook goed mogelijk, maar dit pakket is vanwege de geringe diepte technisch minder geschikt voor een open bodemenergiesysteem.

De bodemopbouw van het eerste watervoerende pakket is geschikt voor het toepassen van doubletten met een maximale capaciteit van circa 70 tot 100 m³/uur. In het tweede watervoerende pakket is de maximaal haalbare capaciteit onzeker, omdat weinig open bodemenergiesystemen in dit pakket gerealiseerd zijn in de omgeving van de projectlocatie. Op basis van ervaringen in Utrecht is de verwachting dat in het tweede watervoerende pakket doubletten met een capaciteit van circa 200 tot 250 m³/uur gerealiseerd kunnen worden.

2.2.3 Technische en juridische aspecten

In Tabel 2.7 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een open bodemenergiesysteem in het eerste en in het tweede watervoerende pakket. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen nader toegelicht en is beschreven of aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Tabel 2.7 | Technische en juridische aspecten open bodemenergiesysteem op de projectlocatie

onderwerp	1 ^e	2 ^e	toelichting
bodemopbouw			
doorlaatvermogen	✓	✓	geschikt
dikte pakket	✓	✓	voldoende dik
doorboren veenlagen/bruinkoollagen	✓	✓	wel aanwezig, geen risico op verstopping verwacht
opbarsten bron	⚠	✓	1 risico op opbarsting als gevolg van ondiepe filterstelling in het 1 ^e watervoerende pakket
grondwater			
grondwaterstand	✓	✓	1,4 m+NAP (1,0 - 1,7 m+NAP) (bron: peilbuis B38F0661)
stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket	⚠	⚠	2 1,5 m+NAP (1,4 - 1,6 m+NAP) (bron: peilbuis B39A0324)
stijghoogte 2 ^e watervoerend pakket	✓	✓	0,3 m-NAP (bron: REGIS)
artesisch grondwater	⚠	⚠	2 mogelijk aanwezig
grondwaterstroming	✓	✓	1 ^e : 25 m/jaar in zuidwestelijke richting 2 ^e : 5 - 10 m/jaar in westelijke richting
zoet/brak/zout-overgangen	✓	✓	zoet-/brakgrensvlak: circa 200 m-mv, brak-/zoutgrensvlak: > 200 m-mv, geen beïnvloeding verwacht
gas	✓	✓	geen afwijkende gasdruk
deeltjes	✓	✓	geen verhoogd risico op verstoppende bodemdeeltjes
redox	⚠	✓	3 mogelijk redoxovergang in 1 ^e watervoerende pakket
temperatuur opslagpakket	✓	✓	1 ^e : 11 °C 2 ^e : 12,5 °C
belangen			
bodemenergieplan of interferentiegebied	✓	✓	niet gelegen in bodemenergieplan of interferentiegebied
grondwateronttrekkingen	✓	✓	geen permanente grondwateronttrekkingen aanwezig binnen circa 1.000 m
open bodemenergiesystemen	✓	✓	geen open bodemenergiesystemen aanwezig binnen circa 1.000 m
gesloten bodemenergiesystemen	✓	✓	geen gesloten bodemenergiesystemen aanwezig binnen circa 1.000 m
zettingen	✓	✓	noemenswaardige zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	✓	⚠	4 gedeeltelijk gelegen binnen strategische grondwatervoorraad
natuurbelangen	⚠	✓	5 beschermde natuur aanwezig rondom de projectlocatie
archeologie	⚠	⚠	6 gebied van archeologische waarde aanwezig
aardkundig waardevol gebied	✓	✓	niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	✓	✓	geen grondwaterverontreinigingen bekend
waterkering	⚠	⚠	7 primaire waterkering aanwezig ten noorden van projectlocatie
spoor	✓	✓	geen spoor aanwezig binnen circa 1.000 m
begraafplaats	⚠	✓	8 begraafplaatsen aanwezig binnen projectlocatie
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ⚠ aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering			

1. Opbarsten bronnen

Het eerste watervoerende pakket bestaat voornamelijk uit grofzandige afzettingen, waardoor de doorlatendheid relatief hoog is. Echter, door de ondiepe ligging van het pakket bestaat de kans op opbarsting en is het maximaal haalbare debiet beperkt tot circa 70 - 100 m³/uur. Opbarsting treedt op wanneer de druk in de bron groter wordt dan de tegendruk van de bodem. Wanneer de bodem rond de bron opbarst is de bron niet meer bruikbaar. Daarom dienen de bronfilters voldoende diep gerealiseerd te worden om opbarsting van de bronnen te voorkomen. Geadviseerd wordt om bronfilters in het eerste watervoerende pakket vanaf een diepte van circa 20 m-mv te plaatsen.

2. Artesisch grondwater

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket bedraagt gemiddeld circa 1,5 m+NAP. De maaiveldhoogte aan de zuidkant van Everdingen bedraagt circa 0,5 - 1,0 m+NAP, waardoor de stijghoogte hier boven maaiveld uitkomt. Om instorten van het boorgat tijdens het boren te voorkomen dient voldoende overdruk op het boorgat te worden gehouden. Door verhoogd op te stellen in combinatie met eventueel het toepassen van verzwarende boorspoeling kan deze overdruk gecreëerd worden. Daarnaast moet in de laaggelegen gebieden in het ontwerp van de bronkopconstructie en/of putbehuizing rekening worden gehouden met artesisch grondwater, zodat onderhoud aan de bronnen goed uitgevoerd kan worden.

3. Redox

Een redoxgrens is een overgang van (sub)oxisch (zuurstof- en nitraatrijk, ijzerloos) grondwater naar gereduceerd (ijzerrijk en zuurstof- en nitraatloos) grondwater. Bij menging van (sub)oxisch grondwater met gereduceerd grondwater vinden redoxreacties plaats, waarbij ijzer(hydr)oxiden worden gevormd. Deze ijzer(hydr)oxiden, beter bekend als roest, zetten zich af in de bronnen, het verbindend leidingwerk en de warmtewisselaars. De neerslag van ijzer(hydr)oxiden in het grondwatersysteem leidt tot verstopping van de bronnen, wat grote nadelige gevolgen heeft voor de werking van het open bodemenergiesysteem. Deze problematiek is vaak moeilijk beheersbaar.

Om ijzerverstopping te voorkomen worden open bodemenergiesystemen daarom zo ontworpen dat alleen (sub)oxisch of alleen gereduceerd grondwater verpompt wordt. Dit betekent dat de bronfilters bij voorkeur in een watervoerend pakket zonder redoxgrens of op voldoende afstand van de redoxgrens worden geplaatst.

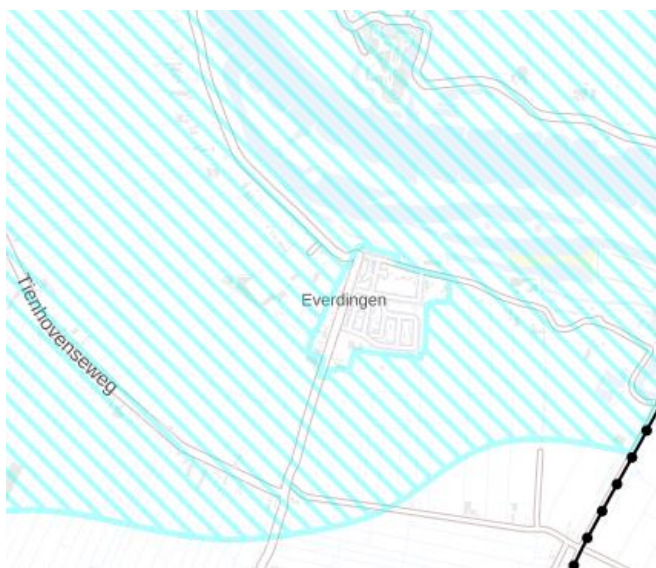
Vanwege de ondiepe ligging is in het eerste watervoerende pakket sprake van een verhoogd risico op de aanwezigheid van een redoxovergang. Bij het onderzoek naar de ligging van de redoxgrens wordt gelet op (1) de aanwezigheid van afsluitende lagen, (2) de kleur van het bodemmateriaal in boorbeschrijvingen en (3) de samenstelling van het grondwater.

Op basis van beschikbare boorbeschrijvingen lijkt over het hele projectgebied een scheidende deklaag aanwezig te zijn. Op basis van de kleurovergangen in de boorbeschrijvingen is het eerste watervoerende pakket grijs van kleur, wat een indicatie van een gereduceerd pakket is. Uit de beschikbare waterkwaliteitsgegevens blijkt dat het eerste watervoerende pakket gereduceerd grondwater bevat.

Op basis van de beschikbare informatie wordt verwacht dat het eerste watervoerende pakket gereduceerd is en dat de deklaag voldoende weerstand biedt, waardoor het aantrekken van een redoxgrens en daarmee het risico op bronverstopping door menging van (sub)oxisch grondwater met gereduceerd grondwater klein is.

4. Grondwaterbescherming

De woonkern van Everdingen wordt omringd door een gebied dat de provincie Utrecht heeft aangewezen als matig kwetsbare strategische grondwatervoorraad (zie Figuur 2.3). Binnen de gebieden met strategische grondwatervoorraad is het niet toegestaan om een open bodemenergiesysteem dieper dan het eerste watervoerende pakket aan te leggen. Buiten de matig kwetsbare strategische grondwatervoorraad is gebruik van het tweede watervoerende pakket wel toegestaan. Hierdoor is het alleen binnen de woonkern van Everdingen toegestaan om een open bodemenergiesysteem te realiseren in het tweede watervoerende pakket.



Figuur 2.3 | Ligging van de matig kwetsbare strategische grondwatervoorraad

5. Natuurbelangen

Ten noorden van Everdingen liggen de Everdinger Waarden en de Lek. Deze zijn aangewezen als gebieden van Natuurnetwerk Nederland (zie Figuur 2.4). Binnen deze gebieden is het in principe niet toegestaan om een open bodemenergiesysteem te realiseren. Aanbevolen wordt om (zoekgebieden voor) bronlocaties buiten de natuurgebieden aan te wijzen.

Als gevolg van een open bodemenergiesysteem kunnen schommelingen in de grondwaterstand optreden. Deze kunnen aanwezige natuurwaarden negatief beïnvloeden en zijn niet wenselijk. Grondwaterschommelingen kunnen met name optreden bij een bodemenergiesysteem in het eerste watervoerende pakket. Bij de oriëntatie van de bronnen kan hiermee rekening gehouden worden, zodat het effect op de grondwaterstand beperkt wordt. Vanwege de afsluitende werking van de eerste scheidende laag, zijn grondwaterschommelingen als gevolg van een bodemenergiesysteem in het tweede watervoerende pakket zeer gering. Bij de vergunningaanvraag Waterwet dienen de effecten op natuurbelangen nader gekwantificeerd te worden.



Figuur 2.4 | Natuurnetwerk Nederland rond Everdingen

6. Archeologie

Binnen Everdingen zijn enkele zones van hoge archeologische waarde aangewezen (zie Figuur 2.5). De realisatie en exploitatie van een open bodemenergiesysteem kunnen de eventueel aanwezige archeologische waarden negatief beïnvloeden. Binnen de zones van archeologische waarde dient door middel van archeologisch onderzoek aangetoond te worden dat de aanleg en exploitatie van een open bodemenergiesysteem de archeologische waarden niet schaadt. Aanbevolen wordt om (zoekgebieden voor) bronlocaties in een vroeg stadium te overleggen met de gemeente Vijfheerenlanden.

Grondwaterschommelingen als gevolg van de exploitatie van een open bodemenergiesysteem kunnen een negatieve invloed uitoefenen op archeologische waarden. Bij de oriëntatie van bronnen kan hiermee rekening gehouden worden, zodat het effect op de grondwaterstand beperkt wordt. Grondwaterstandsveranderingen zullen groter zijn bij een open bodemenergiesysteem in het eerste watervoerende pakket dan in het tweede watervoerende pakket. Bij de vergunningaanvraag Waterwet dienen de effecten op archeologische waarden nader gekwantificeerd te worden.



Figuur 2.5 | Gebieden van hoge archeologische waarde

7. Waterkering

Aan de noordkant wordt Everdingen begrensd door de Lekdijk, een primaire waterkering. Zonder vergunning van Waterschap Rivierenland is het niet toegestaan om de bronnen voor het beoogde open bodemenergiesysteem te realiseren binnen het waterstaatswerk of de bijbehorende beschermingszones (zie Figuur 2.6). Geadviseerd wordt om de bronnen buiten de beschermingszone te realiseren. Bij de aanvraag van de vergunning Waterwet moet de potentiële zetting ter hoogte van de waterkering gekwantificeerd worden. Gezien de geringe zettingsgevoeligheid van de ondergrond, is het risico op eventuele ontoelaatbare zettingen als gevolg van het beoogde open bodemenergiesysteem klein.



Figuur 2.6 | Ligging van de primaire waterkering en bijbehorende beschermingszones

8. Begraafplaats

Binnen Everdingen zijn twee begraafplaatsen aanwezig. Grondwaterschommelingen als gevolg van een open bodemenergiesysteem zijn niet wenselijk ter plaatse van een begraafplaats. Door rekening te houden met de oriëntatie van bronnen in het eerste watervoerende pakket, wordt het effect op de grondwaterstand beperkt. Vanwege de afsluitende werking van de eerste scheidende laag, zullen grondwaterschommelingen als gevolg van een bodemenergiesysteem in het tweede watervoerende pakket zeer gering zijn, waardoor de begraafplaatsen hierbij niet voor belemmeringen zullen zorgen. Bij de vergunningaanvraag Waterwet dienen de hydrologische effecten ter plaatse van de begraafplaatsen nader gekwantificeerd te worden.

2.2.4

Conclusie

Op basis van het geohydrologisch onderzoek concluderen wij dat beide watervoerende pakketten toereikend zijn. De uiteindelijke keuze tussen de pakketten moet gebaseerd worden op het benodigde debiet. Als het benodigde debiet tussen de 70-100 m³/h ligt gaat de voorkeur naar het 1^e watervoerende pakket. Bij een hoger debiet gaat de voorkeur naar het 2^e watervoerende pakket. De keuze voor het 1^e of 2^e watervoerende pakket is uiteindelijk een financieel/technische afweging. Waarbij risico en redundantie wordt afgewogen tegen kosten van aanleg, exploitatie en beheersmaatregelen. De keuze voor het watervoerende pakket wordt nader toegelicht in paragraaf 3.1.3.

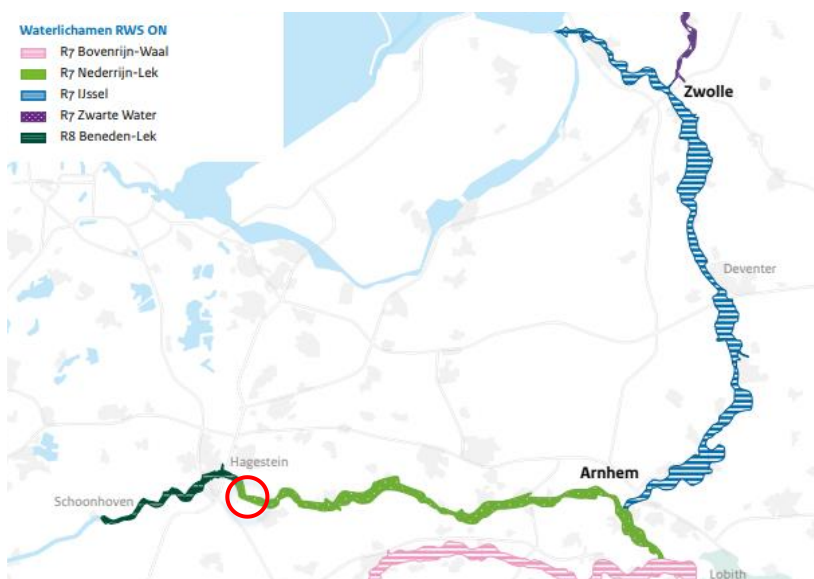
2.3 HYDROLOGISCH ONDERZOEK

In de zomer kan het oppervlaktewater van rivier de Lek opwarmen tot een temperatuur van 25°C. De grote hoeveelheid energie in het oppervlaktewater vormt een potentiële energiebron voor de gebouwen in de buurt. In deze paragraaf worden de technische en juridische aspecten behandeld die van toepassing zijn voor dit project.

2.3.1 Uitgangspunten

Het belangrijkste uitgangspunt bij het beoordelen van een koudwaterlozing is dat de waterkwaliteit niet verslechtert en de ecologie niet nadelig wordt beïnvloed. Het kenniscentrum voor de waterschappen (STOWA) heeft dit jaar (2021) een eerste beoordelingskader opgesteld, waarin per type watergang wordt omschreven onder welke voorwaarden een TEO-systeem gerealiseerd mag worden³.

In dit project ligt de focus op rivier de Lek. De onderstaande afbeelding is afkomstig van Rijkswaterstaat en maakt inzichtelijk dat de Lek tot watertype R7 behoort⁴.



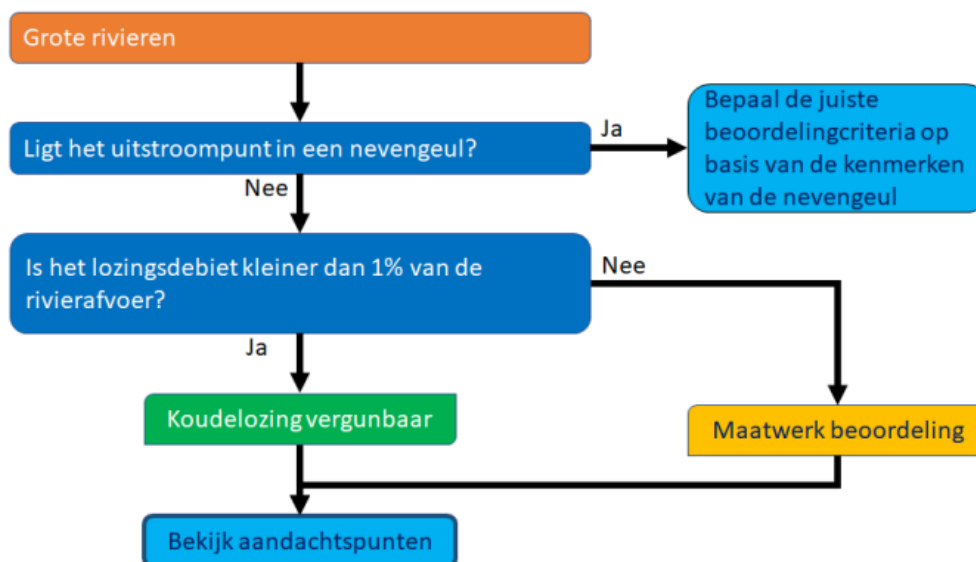
Figuur 2.7 | Verschillende type waterlichamen in Oost-Nederland. Bron afbeelding: Rijkswaterstaat.

³ Bron: STOWA, 2021. Beoordelingskader voor TEO-systemen. Geraadpleegd op 12-10-2021, van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202021/STOWA%202021-30%20koudelozingen.pdf>

⁴ Bron: Rijkswaterstaat, 2021. KRW-leidraad. Geraadpleegd op 12-10-2021.

Beoordelingscriteria voor watertype R7:

De onderstaande afbeelding is afkomstig uit het rapport van STOWA (2021).



Figuur 2.8 | Koudelozing beoordelingskader voor grote rivieren. Bron: STOWA (2021)

In de beoordelingscriteria voor grote rivieren (R7) komen twee criteria naar voren. Te beginnen bij de locatie van de uitstroomput. Deze is niet gelegen in de nevengeul, waardoor geen verdere acties benodigd zijn. De ecologische gevoeligheid in grote rivieren is over het algemeen beperkt. Daarom focust de beoordelingscriteria zich voornamelijk op het lozingsdebiet van het TEO-systemen. Het lozingsdebiet in Everdingen is kleiner dan de 1% rivierafvoer en daarmee vergunbaar.

In het kort: Het TEO-systeem in Everdingen voldoet aan de richtlijnen van het kader voor vergunningverlening koudelozingen (STOWA).

2.3.2 Technische en juridische aspecten

In Tabel 2.7 zijn de technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een TEO-systeem in rivier de Lek. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen met potentiële beheersmaatregelen toegelicht.

Tabel 2.8 | Technische en juridische aspecten thermische energie uit oppervlaktewatersysteem op de projectlocatie.

onderwerp			toelichting
constructie			
mogelijkheden voor inpassing in- uitlaat-constructie	⚠	1	Er zijn in Nederland nog weinig TEO-systemen gerealiseerd in grote rivieren. Dit geeft het TEO-systeem in Everdingen een innovatief karakter met meerdere onzekerheden. Een daarvan zijn de locaties voor de inpassing van in- uitlaatconstructies.
noodzaak pomp	⚠	2	inlaat ligt >100 m van technische ruimte, pomp noodzakelijk
oppervlaktewater			
typering waterlichaam (KRW-systematiek) en functie	✅		De Lek behoort tot de watertype R7. Dit houdt in dat het een langzaam stromende rivier is met zand/klei grond. De Lek is een belangrijke vaarroute binnen Nederland.
verbinding met andere waterlichamen	✅		De Lek is in verbinding met een stuk uiterwaarde. Middels een gestuurde boring gaan we onder dit gebied door, waardoor het TEO-systeem niet/nauwelijks impact heeft op dit gebied.
stroming, snelheid en richting	✅		Rivier de Lek stroomt van oost-Nederland naar west-Nederland. De dichtstbijzijnde waterafvoer meting is bij sluis Hagestein. Hier heeft de Lek een gemiddeld debiet van 8 m ³ /s ⁵ . Omgerekend is dit 28.000 m ³ /uur.
temperatuur oppervlaktewater	✅		Het oppervlaktewater schommelt jaarrond tussen de 2,5 °C - 26,5 °C ⁶
periode warmte laden	✅		Er mag gedurende het gehele jaar warmte onttrokken worden aan de Lek.
type oeverbescherming	⚠	3	Er zijn meerdere kribben aanwezig rondom Everdingen. In overleg met Rijkswaterstaat moet overlegd worden wat wel en niet mogelijk is omtrent het bouwen op kribben.
waterpeil en peilverschillen	⚠	4	Het waterpeil kan variëren tussen 1,65 m en 3,75 m ⁷
belangen			
waterenergieplan	✅		Geen waterenergieplan aanwezig in de Lek bij Everdingen.
gebruikers oppervlaktewater (sport en recreatie)	⚠	5	De lek is een belangrijke vaarroute. Het TEO-systeem mag op geen enkele manier deze vaarroute verstoren of andersom.
aanwezige en/of beoogde TEO-systemen	✅		Op dit moment zijn er geen andere TEO-systemen bekend in de buurt van Everdingen. Daarnaast is doorstroom van de Lek dusdanig groot dat toekomstige TEO-systemen in de buurt van Everdingen weinig/geen impact zullen hebben.
lozingen (bijv. warmtelozingen industrie)	✅		Geen andere lozingen bekend in de omgeving.

⁵ Bron: <https://waterinfo.rws.nl/#!/kaart/waterafvoer/>

⁶ xls-file met watertemperaturen rivier de Lek 2018 - aangeleverd door Huibertstroom

⁷ xls-file met waterstanden rivier de Lek 2018 - aangeleverd door Huibertstroom

natuurbelangen en ecologie	!	6	Tussen het dorp en de Lek in ligt een stuk uiterwaarde dat is bestempeld tot beschermd natuurgebied. Hierdoor zijn strengere regels van toepassing op het TEO-systeem als het in of uitlaatpunt hier wordt gerealiseerd.	
aanwezigheid waterkering/andere constructies (bijv. duikers)	!	7	De leidingen van het TEO-systeem zullen door/over/onder de waterkering (dijk) van Everdingen moeten. Waterschap Rivierenland is bevoegd gezag van de waterkering en daarmee vergunningverlener voor het passeren van de waterkering.	
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt		!	aandachtspunt of risico	✗ hoog risico of belemmering

Uit Tabel 2.8 komen meerdere aandachtspunten naar voren gekomen waar rekening mee gehouden dient te worden. Een korte toelichting bij de aandachtspunten:

1. Mogelijkheden voor inpassing in-uitlaatconstructie

De voorkeur binnen dit project gaat uit naar een TEO-systeem, waarbij water uit de lek wordt onttrokken en geloosd⁸. Een belangrijke vraag die bij dit concept beantwoord moet worden is, waar de in- en uitlaatconstructies komen. Wij adviseren om deze constructies in de Lek te realiseren, buiten het natuurgebied van Utrechts Landschap.

Dan de vraag hoe het water uit de lek wordt gewonnen. Vooral de locatie van het inlaatpunt is hierbij cruciaal. Met de volgende twee aspecten moet rekening gehouden worden:

- Het inlaatpunt moet altijd onder water liggen.
- Het inlaatpunt mag **niet** op de bodem liggen om het te beschermen tegen vervuiling.
- Het inlaatpunt moet makkelijk onderhouden kunnen worden.

Op basis van de bovenstaande punten trekt IF Technology de conclusie dat het verstandig is om de inlaatlocatie aan het wateroppervlak te realiseren. Uit opgevraagde gegevens bij Rijkswaterstaat blijkt dat de waterhoogte typisch fluctueert tussen 1,5 - 3,75 m+NAP per jaar. Om altijd gebruik te kunnen maken van het oppervlaktewater is het verstandig om een drijvend inlaatpunt te realiseren. Dit inlaatpunt zou dan haaks op een krib gerealiseerd kunnen worden. Ter visualisatie heeft IF Technology een afbeelding toegevoegd Figuur 2.9, waarop een soortgelijke constructie is weergegeven voor een andere toepassing. In elk geval betekent dat dit een maatwerk ontwerp vraagt voor de specifieke situatie in de Lek.

Het uitlaatpunt kan aan de andere kant van de krib worden gerealiseerd. Door de sterke stroming en het kleine onttrekkingsdebiet t.o.v. het doorstroomdebiet in de Lek is de kans op thermische interferentie minimaal.

⁸ Meer toelichting volgt in paragraaf 2.5.3



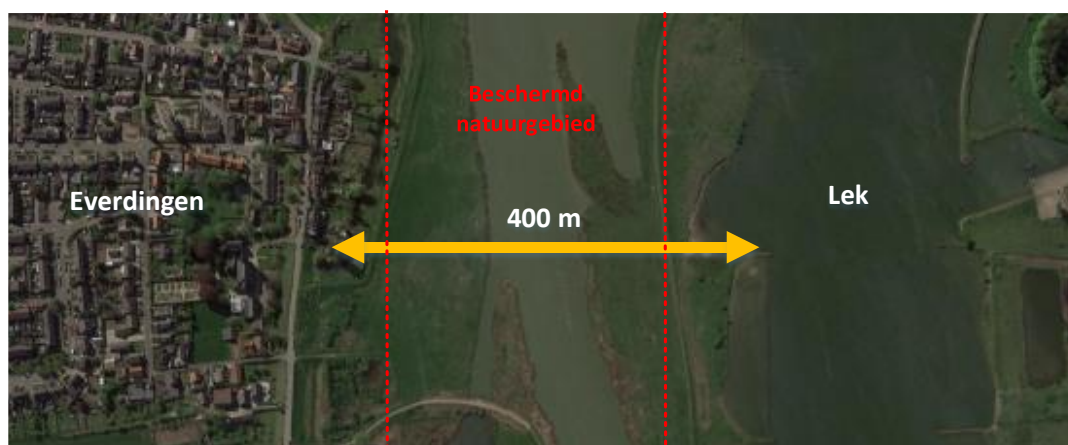
Figuur 2.9 | De loopbrug naar de watertaxi geeft een voorbeeld van hoe een TEO-inlaat constructie eruit zou kunnen zien. De constructie kan meebewegen bij verschillende waterhoogtes.

Of het juridisch mogelijk is om deze constructies op een krib te realiseren moet nader onderzocht worden. IF Technology adviseert daarom om in een vroeg stadium Rijkswaterstaat te betrekken bij de ontwikkeling, zodat alle eisen worden meegenomen in het definitieve ontwerp.

2. Noodzaak pomp bij inlaat

Zoals zichtbaar in Figuur 2.10 moet het oppervlaktewater een grote afstand afleggen naar de technische ruimte, waar de warmte wordt afgegeven. Om het water deze afstand te laten overbruggen is het noodzakelijk om een pomp te verwerken in het systeem. In veel andere TEO-systemen wordt gebruik gemaakt van aanzuigende pompen die op het vaste land gerealiseerd worden. Bijvoorbeeld in de technische ruimte. In dit project is dit niet mogelijk. De grote schepen in de Lek zorgen namelijk voor golflslag, waardoor het waterpeil in een korte periode sterk fluctueert. Doordat de pomp op enkele momenten niet volledig in het water hangt, zuigt het lucht naar binnen in plaats van water. Dit leidt tot storingen met als gevolg dat de wateraanvoer stagneert.

Om dit probleem te voorkomen adviseren wij om een pomp op de inlaatlocatie te realiseren. Denk daarbij aan een onderwaterpomp. Welke type het best past op de projectlocatie moet in een nader onderzoek bepaald worden en verder worden afgestemd met Rijkswaterstaat. Door de pomp aan een drijvende constructie te bevestigen wordt zowel de noodzaak voor een pompput als het risico van golflslag opgelost.



Figuur 2.10 | Door de grote afstand tussen Everdingen en de Lek is een pomp noodzakelijk om het water te distribueren.

3. Type oeverbescherming

Een belangrijk onderdeel van de oeverbescherming zijn de kribben. Een krib is een korte stenen dam in de rivierbedding met als functie om erosie in de buitenbochten tegen te gaan.



In het door ons voorgestelde concept wordt het TEO-systeem gerealiseerd op een van deze kribben. Rijkswaterstaat is bevoegd gezag. Daarom is het van belang dat de inpassing/ontwerp van het TEO-systeem samen met Rijkswaterstaat gebeurt.

4. Waterpeil en peilverschillen

Zoals al eerder omschreven blijkt uit opgevraagde gegevens van Rijkswaterstaat dat de waterhoogte typisch fluctueert tussen 1,5 - 3,75 m+NAP per jaar. Deze informatie moet vooral worden meegenomen in de afweging voor de beste inlaatlocatie. De ontwerp waterstanden moeten worden gebaseerd op maximale en minimale waterstanden.

5. Gebruikers oppervlaktewater

De Lek fungeert als belangrijke vaarroute tussen oost- en west-Nederland. Zowel voor sport, recreatie als voor de beroepsvaart. Het is dan ook belangrijk dat de gebruikers op geen enkele wijze hinder ondervinden van het toekomstige systeem. Bij TEO systemen zijn er twee soorten risico's waar rekening mee gehouden moet worden:

1. Stroming veroorzaakt door het TEO-systeem.
2. Het gevaar dat watergebruikers botsen met de TEO-installaties.

Gezien de beperkte grootte van het systeem zal het stromingseffect op de gebruikers verwaarloosbaar zijn. De kans dat gebruikers botsen op de TEO-installaties is wel aanwezig. Ter preventie is het belangrijk om de constructie zo dicht mogelijk tegen de krib aan te plaatsen. Daarnaast adviseren wij om met Rijkswaterstaat om tafel te gaan, zodat ontwerpeisen kunnen worden vastgesteld.

6. Natuurbelangen en ecologie

Tussen Everdingen en de Lek ligt een stuk uiterwaarde dat in verbinding staat met de Lek. Zowel de Lek als de uiterwaarde behoren tot de beschermde natuurgebieden (Natuur Netwerk Nederland (NNN)), waarbij de uiterwaarde in het beheer is van Utrechts Landschap en de Lek in beheer van Rijkswaterstaat. IF Technology adviseert om het TEO-systeem alleen in de Lek te realiseren, waarmee het beschermde natuurgebied zo min mogelijk wordt aangetast.

Met behulp van een gestuurde boring kunnen leidingen worden aangelegd tussen Everdingen en de Lek. Gestuurde boringen gaan vaak tot een diepte van circa 5 tot 10 meter m-mv. Op deze wijze zullen er geen leidingen/installaties/etc. in het beschermde gebied geplaatst worden, waarmee de impact van de TEO-installaties op dit gebied minimaal is.

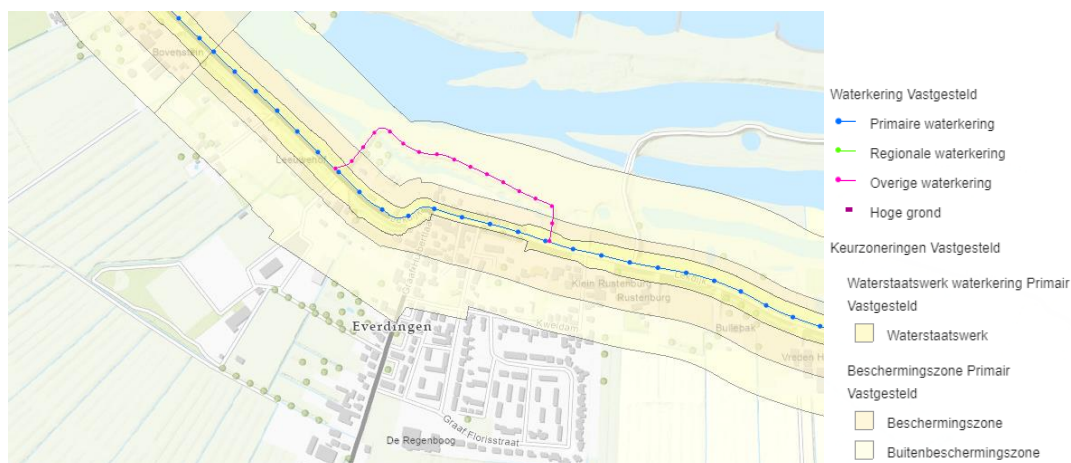
De kleine hoeveelheid koude dat geloosd zal worden door het TEO-systeem heeft ook een geringe impact op de ecologie. In een vervolgstudie is het verstandig om nader te onderzoeken hoe de toekomstige krib zo milieuvriendelijk ontworpen kan worden. Hiermee is het zelfs mogelijk om de toekomstige ecologische waarde in het gebied te vergroten.

7. Aanwezigheid waterkering

De verschillende waterkeringen ten noorden van Everdingen zijn weergegeven in Figuur 2.11. Het doorbreken van deze waterkering is onder strenge voorwaarden mogelijk. Aan welke voorwaarden allemaal moet worden voldaan wordt bepaald door Waterschap Rivierenland. Aangezien het wel of niet mogen doorbreken van de waterkering een doorslaggevend aspect is in dit project wordt het aangeraden om dit onderwerp tijdig door te nemen met Waterschap Rivierenland.

De natuurbelangen meewegend lijkt een gestuurde boring de meest logische keuze voor een dijkdoorkruising. De minimale diepte voor het passeren van de winterdijk is 10 m en voor de zomerdijk 6 m (E-mail, 18 maart 2021, Waterschap Rivierenland).

Daarnaast worden in de toekomst dijkversterkingen voorzien in Everdingen. Het wordt geadviseerd om de gestuurde boring te maken op een locatie waar geen damwanden worden voorzien (E-mail, 14 september 2021, Waterschap Rivierenland).



Figuur 2.11 | Ligging van de primaire waterkering en bijbehorende beschermingszones

2.4 JURIDISCH KADER

Voor de thermische lozing van water op een oppervlaktewaterlichaam dient een Watervergunning aangevraagd te worden. Afhankelijk van de locatie en de eisen van het bevoegd gezag moet mogelijk ook een keurvergunning aangevraagd worden (binnen de beschermingszone van een waterstaatswerk). Daarnaast zijn, afhankelijk van het concept en de locatie, meerdere gemeentelijke vergunningen van toepassing. In Tabel 2.9 is opgenomen welke vergunningen relevant zijn.

2.4.1 Watervergunning

Het onttrekken/terugbrengen van water uit een oppervlaktewaterlichaam en het toevoegen/afnemen van thermische energie (thermische lozing) is vergunningplichtig in het kader van de Waterwet. Het bevoegd gezag voor deze vergunning is Rijkswaterstaat. Op de aanvraag in het kader van de Waterwet is bij een TEO-installatie over het algemeen de uitgebreide procedure van toepassing. De proceduredtijd voor het aanvragen van de vergunning bedraagt circa 6 maanden.

Voor de aanvraag vergunning Waterwet dient een effectenstudie opgesteld te worden waarin:

- a) de eigenschappen van de waterlichamen worden beschreven;
- b) de energetische uitgangspunten van het TEO-systeem worden gepresenteerd;
- c) een uitwerking van het in- en uitlaatwerk wordt gegeven met daarbij een technische omschrijving;
- d) de thermische effecten van de lozing in kaart gebracht worden.

2.4.2 Keurvergunning

Voor het oppervlaktewatersysteem moet mogelijk een keurvergunning worden aangevraagd voor het aanbrengen van kunstwerken (constructie voor het onttrekken en lozen van het oppervlaktewater). De keurvergunning wordt aangevraagd bij Waterschap Rivierenland.

Daarnaast moet ook een vergunning voor de horizontale gestuurde boringen (HDD) worden aangevraagd. Tevens bij Waterschap Rivierenland. Aan welke eisen deze HDD moet voldoen staat omschreven in de keur. Een citaat uit de keur:

“Een horizontaal gestuurde boring (HDD-techniek) is alleen toegestaan als uit het werk/boorplan met daarbij relevant grondonderzoek, kwelweglengte-, sterkte- en muddruk-berekeningen (conform een adequate methode zoals de NEN3650-serie) blijkt dat de waterkerende functie van de waterkering gegarandeerd blijft.”

Voor de overige wetgeving zie de link in toegevoegde voetnoot⁹.

2.4.3 Omgevingsvergunning

Volgens de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (WABO) Artikel 2.1 is voor het bouwen van een bouwwerk een vergunning vereist. Voor de aanleg van in- en uitlaatconstructies, eventueel een losstaande technische ruimte en overige benodigde bouwwerken moet, afhankelijk van de gemeente, mogelijk een omgevingsvergunning worden aangevraagd bij de gemeente.

⁹ Bron: https://simcms.waterschaprivierenland.nl/_flysystem/media/5.19-kabels-en-leidingen-per-24-01-2020.pdf

2.4.4 Mogelijk benodigde vergunningen bij realisatie van infra in de openbare ruimte

Iedere gemeente hanteert andere eisen voor de noodzakelijke gemeentelijke vergunningen bij een TEO-systeem. Tevens zijn de eisen afhankelijk van het type TEO-systeem. Aan de volgende vergunningen worden gedacht:

Vergunning kabels en leidingen

Voor het aanleggen van kabels en leidingen in de openbare ruimte moet een vergunning worden aangevraagd bij de gemeente. In de aanvraag dient middels maatvoering het exacte tracé aangegeven te worden.

Zakelijk recht van opstal

Indien in- en uitlaatconstructies, kabels en leidingen van het TEO-systeem (deels) gelegen zijn buiten het eigen terrein (openbare ruimte, bestaande steigers, waterkering etc.), dient vaak notarieel een zakelijk recht van opstal tussen de grondeigenaar en de (toekomstige) eigenaar van het TEO-systeem te worden gevestigd. Hiervoor dient een opstalakte te passeren bij de notaris nadat de omgevingsvergunning is verleend.

Bouwplaatsvergunning en tijdelijke verkeersmaatregel

Voor de aanleg van in- en uitlaatconstructies en leidingwerk waarbij (tijdelijk) gebruik wordt gemaakt van gemeentegrond en de Lek, zijn mogelijk een bouwplaatsvergunning en een tijdelijke verkeersmaatregel vereist. De vergunningen/maatregelen op het vaste land moeten in samenwerking met de gemeente worden verkregen. Maatregelen/vergunning met betrekking tot rivier de Lek moeten bij Rijkswaterstaat verkregen worden.

Tabel 2.9 | Overzicht mogelijk benodigde vergunningen TEO-systeem

vergunning/melding	bevoegd gezag	doorlooptijd
watervergunning (thermische lozing)	Rijkswaterstaat	6 maanden
keurvergunning	Rijkswaterstaat/ Waterschap Rivierenland	8 weken
omgevingsvergunning	Gemeente Vijfheerenlanden	6 maanden (uitgebreide procedure)
vergunning kabels en leidingen	gemeente Vijfheerenlanden	8 weken
zakelijk recht van opstal	gemeente Vijfheerenlanden	n.t.b.
bouwplaatsvergunning en tijdelijke verkeersmaatregel	Gemeente Vijfheerenlanden & Rijkswaterstaat.	8 weken

3 Energieconcept

3.1.1 Algemeen

Op dit moment heeft het gros van de Nederlanders thuis een cv-ketel hangen, waarmee op individueel niveau warmte wordt opgewekt. Dit concept is vrij algemeen bekend, maar zeker niet de enige mogelijkheid om een huis te verwarmen. Zo worden steeds meer woningen in Nederland op warmtenetten aangesloten. Een warmtenet functioneert als één grote cv-installatie, waarbij op een centrale locatie grote hoeveelheden warm water wordt bereid. Deze warmte wordt vervolgens gedistribueerd naar de woningen.

Het centraal produceren van warmte zal in dit project echter niet met cv-ketels plaatsvinden, maar met warmtepompen die zijn aangesloten op het Warmte Koude Opslag (WKO)-systeem en Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO)-systeem. Omdat de huidige studie zich richt op het gasloos maken van woningen zal er enkel warmte uit het oppervlaktewater onttrokken worden om de warmte op te slaan in de WKO. Dit wordt ook wel regeneratie genoemd. Regeneratie betekent dat er in de zomer warmte uit het oppervlaktewater wordt opgeslagen in de warme bron van de WKO. In de winter wordt deze warmte onttrokken uit de WKO om de huizen te verwarmen.

In dit rapport is een energetisch voorkeursconcept uitgewerkt. Dit concept geldt voor nu als basis uitgangspunt voor verdere berekeningen, maar kan in een later stadium nog geoptimaliseerd en in meer detail uitgewerkt worden. Samen met de randvoorwaarden binnen een project bepaalt het concept voor een groot deel de financiële, technische en juridische haalbaarheid.

3.1.2 Warmteproductie

Het dimensioneren van het energieconcept begint bij de warmtevraag van de woningen. De totale warmtevraag is bepaald in paragraaf 2.1 op 4.619 MWh/jaar. De lengte van het hoofdtracé van het warmtenet is bepaald op 2.700 meter. Daarnaast wordt er aangenomen dat een weq een aansluitleiding heeft van gemiddeld 15 meter. Dit betekent dat 5.115 meter aansluitleiding nodig is. Het warmteverlies is berekend volgens de relatie¹⁰:

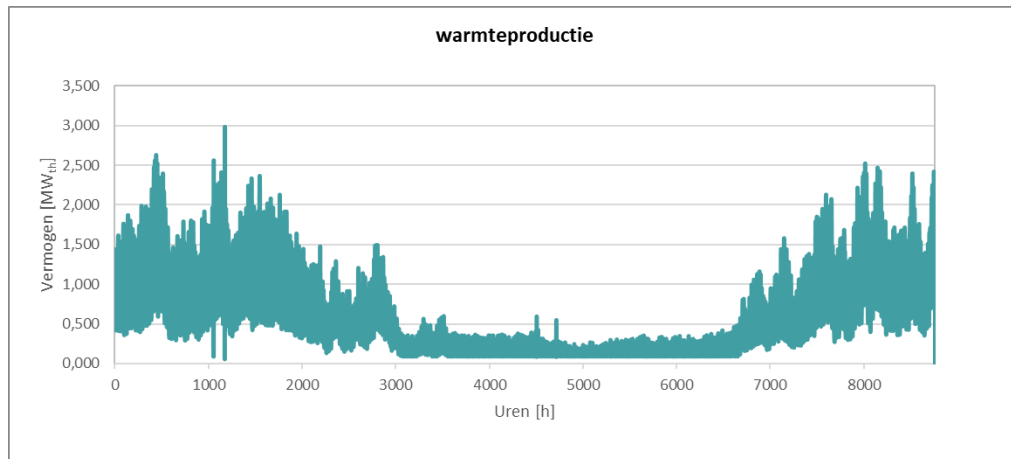
$$\text{Jaarlijkse warmteverlies [\%/jaar]} = 17 * \text{lineair warmtedichtheid}^{-0,5}$$

De lineaire warmtedichtheid is $4.619 / (2.700 + 5.115) = 0,59$ MWh/(jaar m). Dit zorgt ervoor dat het warmteverlies ca. 22% is. Ervan uitgaande dat deze relatie gebaseerd is op oudere bestaande warmtenetten met hogere temperaturen en een minder lokale warmtebron gaan wij uit van 15% warmteverlies per jaar. De warmteproductie is 5.434 MWh/jaar.

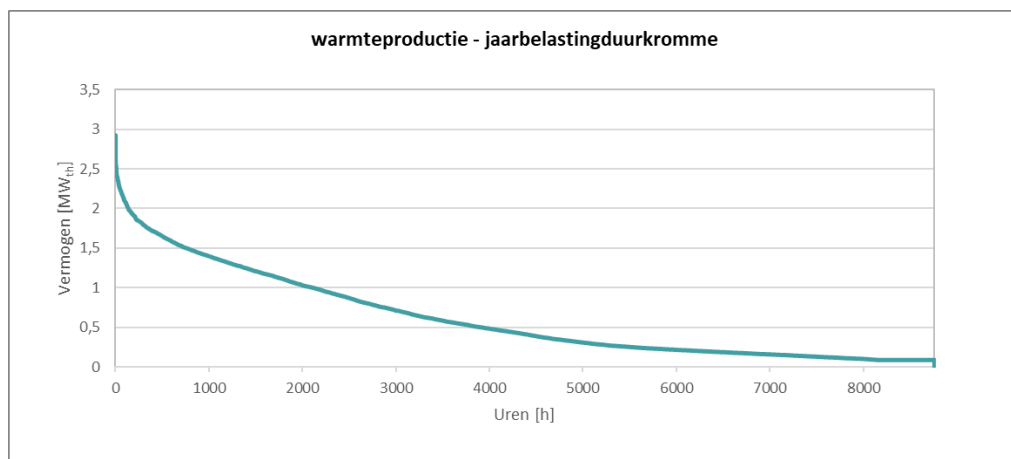
De warmteproductie over de tijd en als jaarbelastingduurkromme zijn respectievelijk weergegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2. De warmteproductie is gebaseerd op een werkelijk geanonimiseerd profiel van een vergelijkbaar warmtenet in Nederland. In Figuur 3.2 is te zien dat de piekwarmteproductie 2,92 MW en op weinig momenten voorkomt. In de basisberekening wordt uitgegaan dat 50% (1,46 MW) van het piekvermogen geleverd wordt door een piekvoorziening en 50% (1,46 MW) door warmtepompen. Dit komt neer op 95% (5.181 MWh/jaar) warmteproductie door warmtepompen en

¹⁰ Nussbaumer, T., & Thalman, S. (2014). Status Report on District Heating Systems in IEA Countries. Zurich: IEA bioenergytask 32.

5% door piekvoorziening (253 MWh/jaar). Het uitgangspunt is dat de piekvoorziening wordt geleverd met een gasketel. Volgens Stedin kunnen er problemen ontstaan in het MS- en LS-net.



Figuur 3.1 | Warmteproductie als functie van de tijd.



Figuur 3.2 | Warmteproductie - jaarbelastingduurkromme.

In Tabel 3.1 is de benodigde warmtepomp berekend op basis van de aanvoertemperatuur van het warmtenet. De productietemperatuur ligt hoger dan de aanvoertemperatuur vanwege warmteverlies in het warmtenet. De pinchpoint temperatuur is het kleinste temperatuurverschil in de warmtewisselaar van de warmtepomp. De hoogte van de infiltratietemperatuur van de koudebron en de verdampertemperatuur zijn de meest voorkomende temperatuurtrajecten bij WKO-systemen. Dit zijn voor deze haalbaarheidsstudie de uitgangspunten. In het ontwerptraject zijn er optimalisatiemogelijkheden, zoals verlaging van de temperatuur van het warmtenet en selectie van de warmtepomp met een hoger Carnot rendement, lagere pinchpoint of lagere verdampertemperatuur.

Tabel 3.1 | Berekening warmtepomp.

Parameter	eenheid	waarde
Aanvoertemperatuur warmtenet	°C	70
Productietemperatuur warmtenet	°C	75
Pinchpoint temperatuur condensor	°C	2,5
Condensortemperatuur warmtepomp	°C	77,5
Infiltratietemperatuur koudebron WKO	°C	7
dT warmtewisselaar WKO	°C	1
Pinchpoint temperatuur verdamper	°C	2,5
Verdampertemperatuur warmtepomp	°C	3,5
Carnot rendement	%	60%
COP warmtepomp	-	2,84
Vermogen condensor warmtepomp	MW	1,46
Vermogen verdamper warmtepomp	MW	0,94
Vermogen compressor warmtepomp	MW	0,52

3.1.3 WKO-installatie

De eerste stap in het uitwerken van een energieconcept is het bepalen van de benodigde grootte van de WKO-bronnen. Deze grootte is van twee dingen afhankelijk:

1. De warmte-/vermogensvraag van de woningen;
2. Het energieconcept > Hoeveel procent gaat het WKO-systeem leveren van het vermogen.

In de winter is het maximale vermogen geleverd door de WKO aan de warmtepompen 0,94 MW. De ontwerp dT van de WKO is 8 °C voor warmtelevering bij TEO. Dit geldt bij een WKO onttrekkings-temperatuur warme bron van 15 °C en injectietemperatuur koude bron van 7 °C. Dit komt neer op een maximaal benodigd debiet van ca. 100 m³/h. Op basis van dit debiet adviseren wij het 2^e watervoerende pakket te benutten. In Tabel 3.2 is een afweging gemaakt van deze keuze. Een WKO in het 2^e watervoerende pakket heeft minder risico's en meer leveringszekerheid.

Tabel 3.2 | Afweging gebruik watervoerend pakket WKO.

Parameter	eenheid	waarde	waarde
Watervoerende pakket		1e	2e
Capaciteit	m ³ /h	70 - 100	200 - 250
Diepte	m-mv	10 - 60	80 - 170
Kosten		+	-
Redundantie/leveringszekerheid/flexibiliteit		-	+
Technische en juridische risico's (zie Tabel 2.7)		-	+

De keuze voor het 1^e watervoerende pakket kan in een latere fase worden heroverwogen. Dit is dan grotendeels een afweging tussen kosten en duurzaamheid. De consequenties zouden dan kunnen zijn dat het systeem minder duurzaam is, door een lager debiet van de WKO en dus een hoger percentage levering met de piekvoorziening.

3.1.4 TEO-installatie

Naast een WKO-douplet is er ook een TEO-systeem nodig. Dit TEO-systeem heeft twee functies:

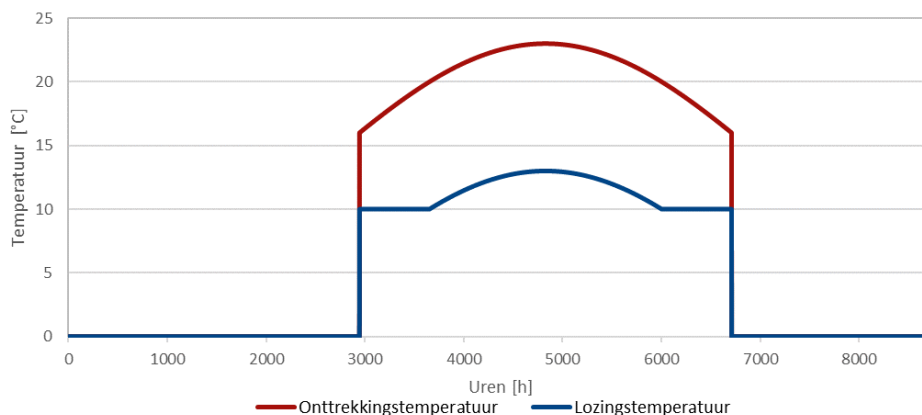
- 1 warmte leveren aan de warmtepompen (directe warmtelevering);
- 2 warmte laden in het WKO-systeem (warmteopslag).

De grootte van het TEO-systeem bij grote rivieren geeft meer flexibiliteit dan overige wateren bij koudelozingen. In Figuur 2.8 is weergegeven dat er geen temperatuur eisen worden gesteld aan een koudelozing bij grote rivieren bij TEO. In deze haalbaarheidsstudie optimaliseren we naar het kleinste mogelijke debiet met TEO. We gaan ervanuit dat dit zorgt voor het meest kostenefficiënte systeem. Het vermogen van het TEO-systeem heeft namelijk invloed op het ontwerp van het TEO-systeem t/m de technische ruimte. Indien we leidingwerk, pompen en warmtewisselaars zo klein mogelijk kunnen houden scheelt dat kosten, zonder dat leveringszekerheid wordt aangetast. In Tabel 3.3 staan de eigenschappen van het TEO-systeem. In bijlage 1.3 is een analyse van het TEO-systeem beschreven.

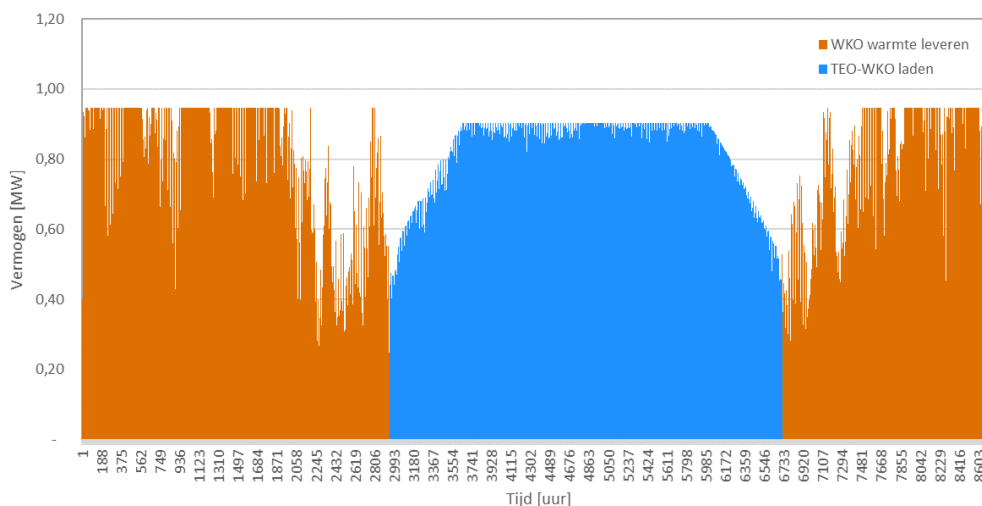
Tabel 3.3 | Eigenschappen TEO-systeem.

Parameter	eenheid	waarde
dT oppervlaktewater minimaal	°C	6
Minimale temperatuur oppervlaktewater lozing	°C	10
dT oppervlaktewater maximaal	°C	10
WKO warmte laden	m ³ /h	88
TEO warmte laden	m ³ /h	78
WKO warmte leveren	m ³ /h	97
TEO warmte leveren	m ³ /h	75
Max TEO leveren/laden	m ³ /h	78
Max WKO leveren/laden	m ³ /h	97

De inzet van TEO (directe warmtelevering en WKO laden) en WKO (warmte leveren en laden) wordt grotendeels bepaald door de eigenschappen van het TEO-systeem. Hoe langer men warmte kan winnen uit het oppervlaktewater, hoe minder WKO benodigd is en andersom. Het profiel voor de TEO-systeem temperatuur voor onttrekking en lozing is weergegeven in Figuur 3.3. In Figuur 3.4 is het jaarprofiel voor WKO warmte leveren en WKO warmte laden vanuit TEO weergegeven. In dit geval wordt er ca. 2.900 MWh/jaar vanuit de WKO geleverd en 2.900 MWh/jaar in de WKO geladen door TEO. De TEO warmte laden is maximaal 0,9 MW. Bij een dT van 10 °C zorgt dit voor een TEO debiet van 78 m³/h.



Figuur 3.3 | TEO-systeem temperatuur onttrekking en lozing.



Figuur 3.4 | WKO warmte leveren en WKO laden met warmte uit TEO.

In Figuur 3.5 heeft IF Technology een eerste schetsontwerp gemaakt. Het TEO-systeem zal op een krib gerealiseerd worden. De grootte van het TEO-systeem is circa 80 - 100 m³/h.

Inlaatconstructie:

Aangezien het waterpeil in de Lek gedurende het jaar verschilt is het belangrijk dat de inlaatconstructie van het TEO-systeem flexibel kan meebewegen. Daarom adviseren wij om een drijvende inlaatconstructie te realiseren. Om het vaarverkeer niet te hinderen is ervoor gekozen om de constructie haaks te plaatsen op de krib. Aan het einde van de inlaatarm zit een onderwaterpomp bevestigd, waardoor het water naar de technische ruimte gedistribueerd wordt.

Locatie en type warmtewisselaar(s):

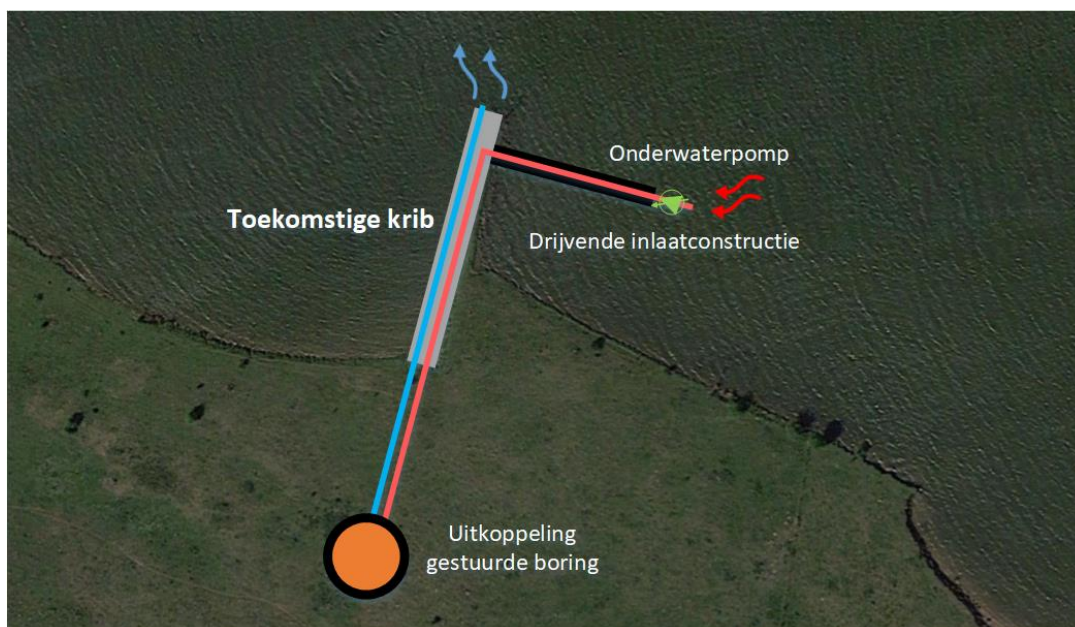
De volgende twee opties zijn mogelijk:

1. Direct: de warmte overdragen door warmtewisselaars in de Lek te plaatsen.
2. Indirect: de warmte overdragen door warmtewisselaars in een technische ruimte op land.

In dit onderzoek concentreren we op optie 2. Het plaatsen van warmtewisselaars in de Lek op deze schaal is niet realistisch. Optie 1 wordt vaak toegepast bij kleinschalige systemen, zoals woonboten tot enkele woningen.

Uitlaatconstructie:

Het afgekoelde water wordt aan het uiteinde van de krib weer terug geloosd in de Lek. Gezien de stroming in de Lek is de kans op thermische interferentie tussen de in- en uitlaatpunten klein. De minimale stroming is ca. $10 \text{ m}^3/\text{s}$, wat overeenkomt met $36.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Het TEO-systeem is maximaal $100 \text{ m}^3/\text{h}$. De definitieve locaties en inpassingen van het TEO-systeem moeten in later stadium in overleg met Rijkswaterstaat bepaald worden. Met behulp van Delft3D simulaties kunnen dan ontwerpberekeningen gemaakt worden thermische interferentie te berekenen.



Figuur 3.5 | In- en uitlaatconstructies voor het TEO-systeem. Beide worden gerealiseerd op een nieuw te ontwikkelen krib.

3.1.5

Locatie technische ruimte

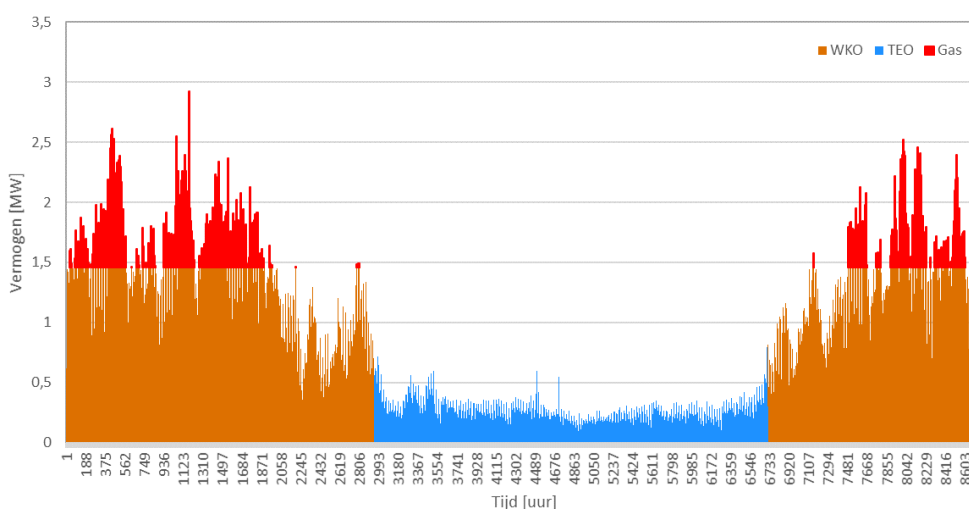
Een centrale technische ruimte (TR) is nodig om de lage temperatuur warmte vanuit WKO en TEO naar de juiste temperatuur op te waarden. Voor het bepalen van de locatie van deze ruimte en het aantal technische ruimtes is het belangrijk om een goede balans te vinden tussen de volgende aspecten:

- De productie van warmte zoveel mogelijk collectief uitvoeren om schaalvoordelen en andere technische en financiële voordelen te bereiken.
- Warmte zo dicht mogelijk bij de eindgebruiker produceren om leidingverliezen te minimaliseren (dit komt ten goede aan de duurzaamheid van het project).
- Het is financieel gunstig om de TR zo dicht mogelijk bij de TEO- en WKO-systemen te realiseren, aangezien dit leidingwerk bespaart.

Rekening houdend met de bovenstaande aspecten is in het voorkeursconcept gekozen om één collectieve technische ruimte te realiseren. Doordat alle woningen op één TR zijn aangesloten worden productievoordelen behaald. Zo profiteert een collectief systeem van een lagere gelijktijdigheid. Dit werkt als volgt: omdat niet elke woning tegelijkertijd een piekvermogen van het collectieve

systeem zal vragen, kan het totale collectief opgestelde vermogen kleiner zijn dan de som van de piekvermogens van de individuele woningen. Dit scheelt kosten in zowel het benodigd opgesteld vermogen van warmtepompen als van de WKO.

Het resultaat van Tabel 3.3 zorgt voor het warmteproductieprofiel in Figuur 3.6. Deze is gelijk aan Figuur 3.1 met een verdeling in het deel gas, WKO en TEO levering. Het deel met WKO en TEO levering is inclusief opwekking met de warmtepomp en daarmee de levering aan het warmtenet.



Figuur 3.6 | Warmteproductieprofiel voor Everdingen. Dit is de warmteproductie door de gasketel of warmtepompen.

Dan de locatie: IF Technology adviseert om de technische ruimte in het midden van de wijk te plaatsen. Dit zorgt ervoor dat de distributieafstanden en leidingwerk tussen de TR en woningen beperkt blijven en daarmee ook de bijbehorende warmteverliezen. In Figuur 3.8 heeft IF Technology in afstemming met Huibertstroom een indicatieve voorkeurslocatie weergegeven waar de TR geplaatst zou kunnen worden. De exacte locaties zijn nog niet bepaald en zullen in elke fase telkens heroverwogen moeten worden. In het vervolgproces moet er ook aandacht aan geluid- en milieuhinder en inpassing in de leefomgeving besteed worden.

3.1.6 Distributie warmte van WKO naar technische ruimte

Het warmtenet tussen de WKO-bronnen en technische ruimte zal op brontemperatuur zijn, wat inhoudt dat het warmtenet een gemiddelde aanvoertemperatuur heeft van ca. 15-17 °C en een gemiddelde retourtemperatuur van 7 °C. In de TR zal de warmte worden opgewaardeerd naar 75°C, waarmee ruimteverwarming en warm tapwater geleverd kunnen worden. Dit wordt een midden temperatuur (MT-) warmtenet genoemd. In Bijlage 1.4 is beschreven waarom een MT-warmtenet voor nu de meest logische keuze lijkt.

3.1.7 Distributie warmte van TEO naar technische ruimte

Met behulp van een gestuurde boring wordt het distributienet tussen het TEO-systeem en technische ruimte aangelegd. Het warme water uit de lek gaat naar de TR toe en geeft hier zijn warmte af. Vervolgens wordt het afgekoelde water geloosd in de Lek. De gewonnen warmte wordt of direct gebruikt in de warmtepompen of gedistribueerd naar het WKO-systeem.

3.1.8 Distributie warmte van TR naar woningen

Het net tussen de TR en de afnemers bestaat uit twee pijpen (2-pijpsnet). Namelijk een aanvoerleiding (70 °C) en een retourleiding (40 °C). De woningen worden voorzien van een warmtewisselaar (afleverset). Via deze warmtewisselaar wordt de warmte vanuit het 2-pijpsnet overgebracht naar de woning.

3.1.9 Demarcatie

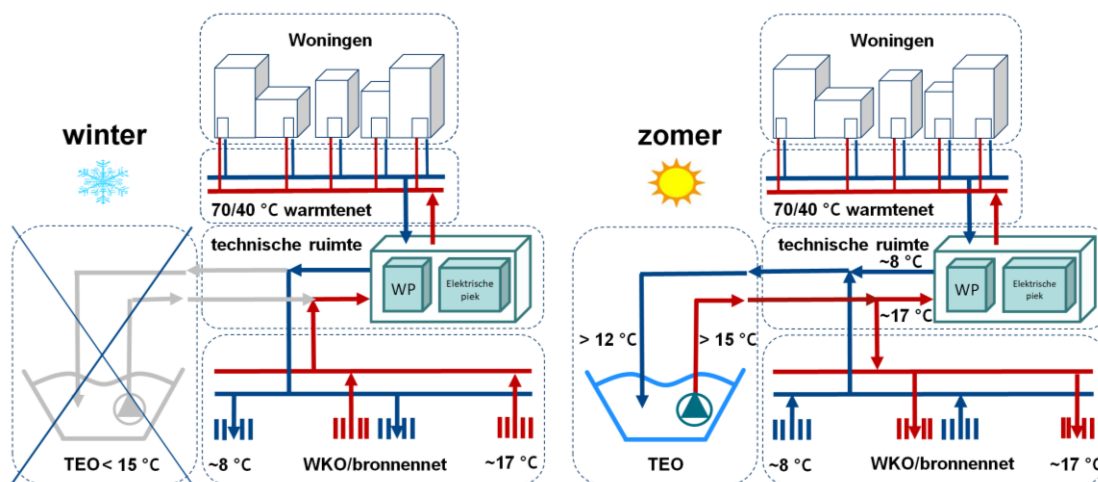
De demarcatie van het beschreven concept loopt van de bron (TEO-systeem) en opslag (WKO-systeem) tot en met de afleversets in de woningen. Dit betekent dat de warmteleverancier verantwoordelijk is voor het ontwerp, realisatie en exploitatie van de volgende onderdelen:

- TEO-systeem, inclusief aanpassingen krib;
- WKO-systeem;
- Warmtenet op brontemperatuur tussen WKO en TR's;
- Collectieve warmtepompen met buffervaten;
- Piekvoorziening (dient ook als back-up);
- 2-pijps distributiesysteem;
- Afleversets in de panden;

In sommige gevallen zijn er ook aanpassingen na de afleverset nodig bij woningen, bijvoorbeeld aanvullende isolatie, aanpassingen Cv-installatie en elektrisch koken. Hoewel deze evenzo belangrijk zijn, wordt deze wel buiten de demarcatie geplaatst van het warmtebedrijf.

3.2 PRINCIPESHEMA EN SCHETSONTWERP

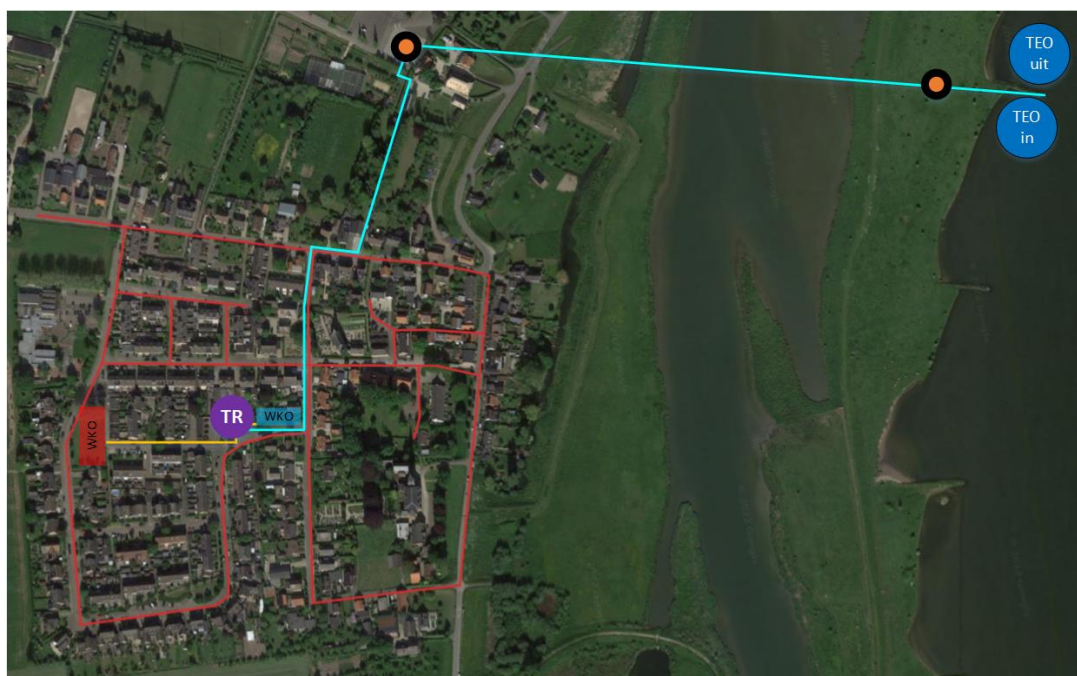
In Figuur 3.7 is het prinsipeschema van een collectieve WKO en TEO voor de winter en de zomer weergegeven. De seizoenen ten temperaturen zijn indicatief om een bepaalde situatie te schetsen. In de winter is het TEO-systeem uitgeschakeld. In de zomer wordt het oppervlaktewater gebruikt als bron van warmte om de WKO te laden/regenereren. Het kan ook voorkomen dat er een warmtevraag in de gebouwen is en het TEO-systeem aan het laden is. In dat geval wordt de warmte uit het oppervlaktewater direct ingezet om de gebouwen te verwarmen.



Figuur 3.7 | Prinsipeschema 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 °C). Het WKO-systeem levert warmte uit de warme bronnen die door de warmtepomp wordt opgewaardeerd naar 70 °C. Zomer: het TEO-systeem is ingeschakeld, warmte kan aan de warmtepomp

geleverd worden om de gebouwen van warmte en/of tapwater te voorzien, daarnaast wordt de warmte uit het oppervlaktewater gebruikt om de WKO te laden/regenereren. Naast warmtepompen zijn er ook elektrische ketels aanwezig in de technische ruimte. Op de piekmomenten in het jaar springen de E-ketels bij om aan de warmtevraag te voldoen. Daarnaast fungeren de E-ketels als back-up. WP = warmtepomp.

Om een beeld te krijgen bij de verschillende onderdelen van het concept en om de mogelijke inpassingen te visualiseren is een schetsontwerp gemaakt in Figuur 3.8. Het betreft een eerste schets ter indicatie, maar gezien de beperkte ruimte in de ondergrond en de bovengrondse inpassing van de systemen en installaties wordt aangeraden om deze schets tijdig verder uit te werken tot een voorontwerp. In Bijlage 1.5 zijn in overleg met Huibertstroom alternatieve locaties van TEO-systeem, WKO, technische ruimte en twee alternatieven schetsontwerpen beschreven.



Figuur 3.8 | Schetsontwerp collectieve WKO en TEO. Indicatief zijn locaties aangegeven voor de inlaat en uitlaat van het TEO-systeem (blauwe cirkel). Hetzelfde geldt voor de zoeklocaties van de WKO-bronnen (blauwe/rode blokken). De TEO-leidingen (blauw) en WKO-leidingen (geel) staan in verbinding met de TR waar de warmte wordt overgedragen. In de technische ruimtes wordt het water opgewaardeerd naar de gewenste temperatuur en gedistribueerd naar de woningen (rode leidingen). Het figuur is slechts een voorbeeld van het systeem (haalbaarheidsniveau) en betreft geen ontwerp. In de engineering-fase wordt nadrukkelijk naar inpassing van de verschillende onderdelen gekeken.

Hieronder zijn de verschillende onderdelen van het concept toegelicht:

1. **TEO-systeem (blauw):** de warmtebron is energie uit oppervlaktewater. De warmte wordt in de zomer onttrokken uit het oppervlaktewater. Het TEO-systeem bestaat onder andere uit een inlaat, een uitlaat, leidingwerk, pompen, filters, warmtewisselaars en regelkasten. In de afbeelding zijn indicatieve in/uitlaatlocaties weergegeven. Voor de componenten van het TEO-systeem in de TR is een minimale ruimte van enkele tientallen vierkante meters benodigd.
2. **WKO-zoekgebieden (rood en blauw):** het opslagsysteem is een WKO-systeem. De warmte uit het oppervlaktewater wordt in de zomer opgeslagen in de bodem. In de winter wordt deze warmte gebruikt om de gebouwen te verwarmen. Via de gele leidingen wordt het water naar

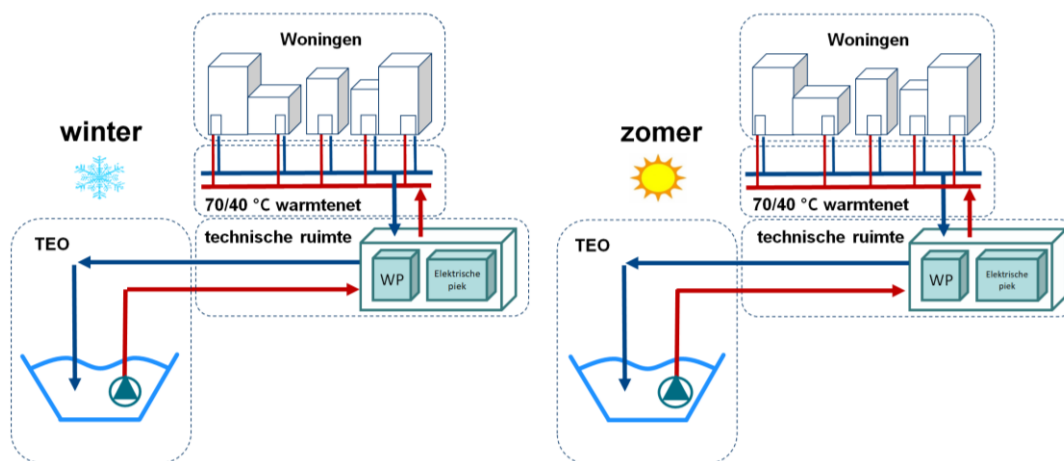
de TR gedistribueerd. In de afbeelding zijn twee zoeklocaties weergegeven, voor respectievelijk een koude en een warme bron. De benodigde afstand tussen de warme bron en koude bron is circa 200 meter.

3. **Technische ruimte (paars):** In de technische ruimte wordt warmte geproduceerd voor het gebruik van ruimteverwarming en warmtapwater. In de winter komt de aanvoertemperatuur vanuit de WKO-bronnen. In de zomer wordt de benodigde aanvoertemperatuur direct geleverd door het TEO-systeem. Op basis van het aantal woningen dat is aangesloten op de TR's is de indicatieve omvang bepaald. De TR zal circa 300 m² in beslag nemen. Dit is inclusief de benodigde techniek van de WKO en TEO.
4. **2-pijps distributienet (rood):** Vanuit de TR wordt een 2-pijps distributienet aangelegd naar de woningen toe. De woningen worden allemaal voorzien van een warmtewisselaar (afleverset) waarmee de warmte kan worden afgenomen.

3.3 VARIANT ZONDER WKO-SYSTEEM

In het voorkeursconcept wordt één WKO-doublet gerealiseerd en vindt regeneratie plaats doormiddel van TEO. In het Technisch plan van Huibertstroom zijn verschillende alternatieven al omschreven. Om niet in herhaling te vallen focust IF Technology zich op één variant die nog niet is genoemd. Namelijk het TEO-systeem gedurende het hele jaar laten draaien en geen gebruik maken van een WKO-systeem. In Figuur 3.9 is een prinsipeschema weergegeven van het beoogde systeem.

Net als in het voorkeursenergieconcept wordt een gedeelte van het vermogen met piekketels opgevangen. Voor nu worden dezelfde verhoudingen aangenomen als in het voorkeursconcept. Namelijk 50% van het vermogen met het TEO-systeem en 50% met de piekketel.



Figuur 3.9 | Principeschema TEO in de winter en zomer). Zowel in de zomer als in de winter levert het TEO-systeem warmte aan de technische ruimte. Op enkele extreem koude dagen in het jaar is het TEO-systeem instaat om alle warmte te leveren. Op de piekmomenten in het jaar springen de E-ketels bij om aan de warmtevraag te voldoen. Daarnaast fungeren de E-ketels als back-up. WP = warmtepomp.

Voordelen systeem zonder WKO:

- Geen investeringskosten in het WKO-systeem.
- Minder complex door minder onderdelen.
- De grootste kosten met betrekking tot het TEO-systeem zitten in de éénmalige ontwikkelingskosten van onder andere de nieuwe krib, gestuurde boring en ontwerp van de inlaatconstructie.

Als het TEO-systeem meer warmte (GJ's) gaat leveren dan nemen de investeringskosten per geleverde GJ af. Dit kan schaalvoordeel opleveren.

Nadelen van systeem zonder WKO:

- In vergelijking met het voorkeursconcept is de seizoensprestatiefactor (SPF) lager. Dit houdt in dat het rendement in de warmtepompen lager is, waardoor het systeem minder scoort op duurzaamheid.
- In de winter zal het systeem met een lagere dT draaien om bevrozing van het water te voorkomen. Dit resulteert in een hoog benodigd debiet van het TEO-systeem, waardoor grotere leidingen en een krachtigere pomp nodig zijn.
- In een extreem koud jaar zou het kunnen voorkomen dat gedurende de winterperiode het TEO-systeem enkele momenten niet kan draaien. Dit om te voorkomen dat het water bevriest. De piekvoorziening moet dit opvangen.
- Bij een systeem inclusief WKO heeft de WKO ook een back-up functie. Bij een defect in de zomer aan het TEO-systeem, kan warmtelevering door blijven gaan met de WKO.
- Vooralsnog is SDE++ niet beschikbaar voor TEO zonder WKO. Dit maakt het financieel onaantrekkelijk om een systeem zonder WKO toe te passen.

In de business case wordt gefocust op het omschreven voorkeursenergieconcept.

3.4 ENERGETISCHE ANALYSE

De energetische uitgangspunten van het energieconcept zijn weergegeven in Tabel 3.4, waarbij er van afnemer naar bron is geredeneerd. De getallen in deze tabel zijn een indicatie op basis van het uitgewerkt concept.

Tabel 3.4 | Energetische uitgangspunten

parameter	eenheid	Concept 1
gebouwen/afnemers		
aantal woningequivalenten	-	341
warmtebehoefte gebouwen	MWh/jaar	4.619
warmtenet		
temperatuur warme leiding (aanvoer)	°C	75
temperatuur koude leiding (retour)	°C	40
warmteverlies warmtenet ¹¹	%	15
technische ruimte		
Seasonal Performance Factor (SPF) warmtepomp ¹²	-	2,8 - 3,0
warmteproductie totaal	MWh/jaar	5.434
vermogen productie totaal	MW	2,92
aandeel warmtepomp vermogen	%	50
aandeel piekvoorziening vermogen (E-ketel)	%	50
aandeel warmtepomp energie	%	95
aandeel piekvoorziening energie	%	5
bron en opslag (TEO en WKO)		
minimale uitkoeling oppervlaktewater	°C	6
maximale uitkoeling oppervlaktewater	°C	10
minimale lozingstemperatuur oppervlaktewater	°C	10
minimale onttrekkingstemperatuur oppervlaktewater	°C	16
Gemiddelde infiltratietemperatuur koude WKO	°C	7
minimaal benodigd debiet TEO	m ³ /h	80 - 100
Energielevering TEO-systeem	MWh	3.500
minimaal benodigd debiet WKO	m ³ /h	100
aantal WKO-doubletten	-	1
gemiddelde infiltratietemperatuur warmte WKO	°C	18,5
temperatuur warme leiding WKO	°C	15
Elektriciteitsverbruik		
Totaal elektriciteitsverbruik	MWh _e	2.120

¹¹ Het warmteverlies is gebaseerd op kengetallen voor distributieverliezen voor gebied- en centrale systemen per woning opgenomen in de Uniforme Maatlat versie 4.2 en omgerekend naar een percentage t.o.v. de warmtelevering.

<https://www.expertisecentrumwarmte.nl/documenten/uniforme+maatlat+documenten/default.aspx#folder=1960155>

¹² SPF is de gemiddelde COP gedurende een jaar. Het is de verhouding tussen nuttig geleverde warmte en benodigde elektriciteit van de warmtepomp. Zie Tabel 3.1 voor de berekening van de COP.

Toelichting tabel

- De COP is berekend met de gegevens in Tabel 3.1. Dit geldt voor de situatie met warmtelevering uit de WKO. Bij directe levering met TEO is de COP nog iets hoger, omdat de aanvoertemperatuur vanuit TEO hoger is. Dit zorgt voor een gemiddelde COP van 2,9.
- De infiltratietemperatuur in de koude bron bij warmtelevering uit de WKO is 7 °C. Dit heeft te maken met de gekozen eigenschappen van de warmtepomp en een zo groot mogelijk dT tussen warme en koudebron. De verdampertemperatuur is 3,5 °C. De ontwerp dT tussen warme en koude bron is 8 °C.
- De infiltratietemperatuur in de warme bron bij warmte laden met TEO is 18,5 °C. Dit is de gemiddelde temperatuur waarmee het oppervlaktewater in de WKO wordt geladen.

4 Financiële haalbaarheid

In hoofdstuk 3 is een energieconcept technisch uitgewerkt. Gebaseerd op deze uitwerking wordt in dit hoofdstuk een business case (BuCa) opgesteld. Uit de business case komt naar voren wat de investeringskosten (CAPEX) en exploitatiekosten (OPEX) zijn om de kern van Everdingen te voorzien van duurzame energie. Uit het BuCa model komen naast de kosten ook de opbrengsten naar voren.

Dergelijke systemen zoals in Everdingen hebben over het algemeen een onrendabele top. Dit houdt in dat het project niet genoeg omzet genereert om de kosten met een gewenst rendement te dekken. Daardoor zijn extra financiële middelen nodig om het gewenste projectrendement te halen. Met deze business case wordt de grootte van dit onrendabele deel inzichtelijk gemaakt en worden er suggesties gedaan voor subsidies waarmee dit onrendabele deel (deels) gedekt kan worden.

Aangezien de resultaten van de business case afhankelijk zijn van veel uitgangspunten en variabelen, bevat dit hoofdstuk ook een gevoeligheidsanalyse. Uit deze analyse wordt duidelijk welke invloed verschillende parameters hebben op de uitkomst van de business case. Op basis daarvan kan geconcludeerd worden welke parameters de meeste en welke de minste invloed hebben. Met die kennis is het mogelijk om prioriteiten te stellen met betrekking tot het uitwerken van de kansen en risico's voor het project.

4.1 BUSINESS CASE

4.1.1 Uitgangspunten financiële analyse

In de financiële uitwerking is rekening gehouden met de energetische uitgangspunten weergegeven in tabel 2.3 en de financiële uitgangspunten in de bijlage in Tabel 1.1. De gehanteerde kostenkennaltallen, waar geen bron vermeld is in dit project, zijn gebaseerd op kennis en ervaring van IF Technology op basis van gerealiseerde projecten, uitgevoerde onderzoeken, offertes en begrotingen van ontwerpen. Aangezien het hier de haalbaarheidsfase betreft, dient er rekening gehouden te worden met een onzekerheidsmarge van +/- 25%. In nakomende fasen zal steeds verder worden toegevoerd naar een definitief concept, waarmee de onzekerheidsmarge moet afnemen. Alle genoemde bedragen zijn exclusief BTW.

4.1.2 Investerings- en exploitatiekosten

Tabel 4.1 geeft inzicht in de initiële investeringen (CAPEX) en operationele kosten (OPEX). De CAPEX kosten zijn alle investeringen die eenmalig plaatsvinden aan het begin van het project. De OPEX zijn terugkerende kosten op jaarbasis. Denk daarbij aan elektriciteitsverbruik, kosten in verband met onderhoud en beheer van de systemen en managementkosten. Zowel de CAPEX en OPEX waarden geven een indicatie van de kostenopbouw voor het project.

Op basis van Tabel 4.1 valt nog niets te zeggen over de organisatie van de warmtevoorziening. Er zullen één of meerdere partijen moeten komen die het systeem gaan ontwikkelen, realiseren en exploiteren, waarbij de exploitatie ook weer in verschillende handen kan komen met verschillende eigenaren van het systeem. Voor een beslissing over het eigenaarschap en de verschillende rollen in de keten van warmtelevering is het in dit haalbaarheidsonderzoek te vroeg. Er kan wel gekeken worden tegen welke financiële voorwaarden realisatie van de WKO, TEO en het warmtenet haalbaar is. In het exploitatiemodel wordt hier dieper op ingegaan.

Tabel 4.1 | Kosten realisatie en exploitatie WKO, TEO en warmtenet.

Parameter	Eenheid	Waarde
CAPEX		
Distributie (warmtenet)	€	3.620.000
Distributie (WKO)	€	100.000
Distributie (TEO)	€	260.000
Gestuurde boring (INPUT IDE)	€	175.000
WKO/open bodemenergiesysteem	€	270.000
TEO/regeneratiesysteem	€	270.000
Warmtepompen collectief (inclusief TSA, pompen, etc.)	€	990.000
collectieve gasketel als piekvoorziening en back-up	€	150.000
Afleversets	€	440.000
Gebouw TR (regelkasten, appendages, etc.)	€	330.000
aansluitkosten nutsvoorzieningen	€	20.000
ontwerp- & advieskosten (15%)	€	990.000
Onvoorzien (10%)	€	660.000
Verzekeringen (2%)	€	130.000
Totaal	€	8.400.000
OPEX		
elektriciteit variabel distributie	€/jaar	24.000
elektriciteit variabel WKO	€/jaar	372.000
elektriciteit variabel TEO	€/jaar	30.000
elektriciteit variabel warmtepompen	€/jaar	10.000
elektriciteit vaste kosten	€/jaar	37.000
gas variabel piekvoorziening	€/jaar	33.000
gas vaste kosten	€/jaar	10.000
onderhoud en beheer distributie	€/jaar	42.000
onderhoud en beheer WKO	€/jaar	5.000
onderhoud en beheer TEO	€/jaar	16.000
onderhoud en beheer warmtepompen collectief	€/jaar	30.000
onderhoud en beheer gasketel	€/jaar	6.000
onderhoud en beheer afleversets	€/jaar	9.000
management/administratie/facturatie	€/jaar	68.000
Totaal	€/jaar	690.000

4.1.3

Exploitatiemodel

In Tabel 4.2 zijn de inkomsten (omzet) voor een exploitant weergegeven door middel van warmtelevering aan de bewoners. De autoriteit consument & markt” (ACM) bepaalt jaarlijks de maximale kleinverbruikerstarieven voor warmte en koude. Bij het calculeren van de omzet is de aanname gemaakt dat de tarieven voor de toekomstige gebruikers op 90% zitten van de ACM-tarieven prijspeil 2022.

Tabel 4.2 | Opbrengsten exploitatie WKO, TEO en warmtenet uitgaande van de maximale tarieven voor warmte in 2022 vastgesteld door de ACM¹³.

Parameter	Eenheid	Waarde
warmtelevering	€/jaar	741.000
vastrecht warmte	€/jaar	125.000
meetkosten	€/jaar	7.000
huur afleverset	€/jaar	33.000
totaal	€/jaar	907.000

Met behulp van de berekende CAPEX, OPEX en omzet kan ook de onrendabele top met een gegeven projectrendement worden bepaald. In Tabel 4.3 staan de belangrijkste financiële waarden uit dit onderzoek weergegeven, namelijk het projectrendement (IRR), de weighted average cost of capital (WACC), de onrendabele top en de netto constante waarde (NCW).

Te beginnen bij het projectrendement en de WACC. De WACC geeft aan hoeveel de investeerders beloond worden voor hun financiële bijdrage aan het project. De WACC wordt uitgedrukt in een percentage en bestaat grofweg uit twee componenten. Zo wordt het project gefinancierd met eigen vermogen en vreemd vermogen. Op het eigen vermogen wordt rendement betaald aan aandeelhouders en over het vreemd vermogen wordt rente betaald over leningen. De formule is als volgt:

$$WACC = \left(\frac{E}{E+D} R_e \right) + \left(\frac{D}{E+D} R_d \right) (1 - T_c)$$

Re = Kosten van het Eigen Vermogen (de dividendbetaling aan aandeelhouders);

Rd = Kosten van het Vreemd Vermogen (het rentebedrag dat over leningen betaald moet worden);

E = Marktwaaarde van het Eigen vermogen;

D = Marktwaaarde van het Vreemd Vermogen;

E/(E+D)= Percentage van de financiering van het Eigen Vermogen;

D/(E+D)= Percentage van de financiering van het Vreemd Vermogen;

Tc = Percentage vennootschapsbelasting.

Het projectrendement zegt iets over het te verwachten rendement op een investering. Dit rendement wordt bepaald door alle kasstromen (kosten en opbrengsten) gedurende het project te verdisconteren. In de Business case is het projectrendement gelijkgesteld aan de WACC. Dit wil dus zeggen dat het project precies genoeg rendeert om te voldoen aan de financiële verplichtingen van de investeerders.

De onrendabele top geeft aan hoeveel extra inkomsten aan het begin van het project benodigd zijn om het gewenste projectrendement te halen en daarmee de WACC kosten te dekken. Zonder deze initiële investeringen zal het project een te laag projectrendement kennen en niet aantrekkelijk zijn voor realisatie. De Netto Constante Waarde (NCW) van een investering is een methode om te bepalen of een investering rendabel gaat zijn, rekening houdend met inflatie en de disconteringsvoet. In de business case is toegerekend naar een NCW waarde van 0 euro, wat inhoudt dat het

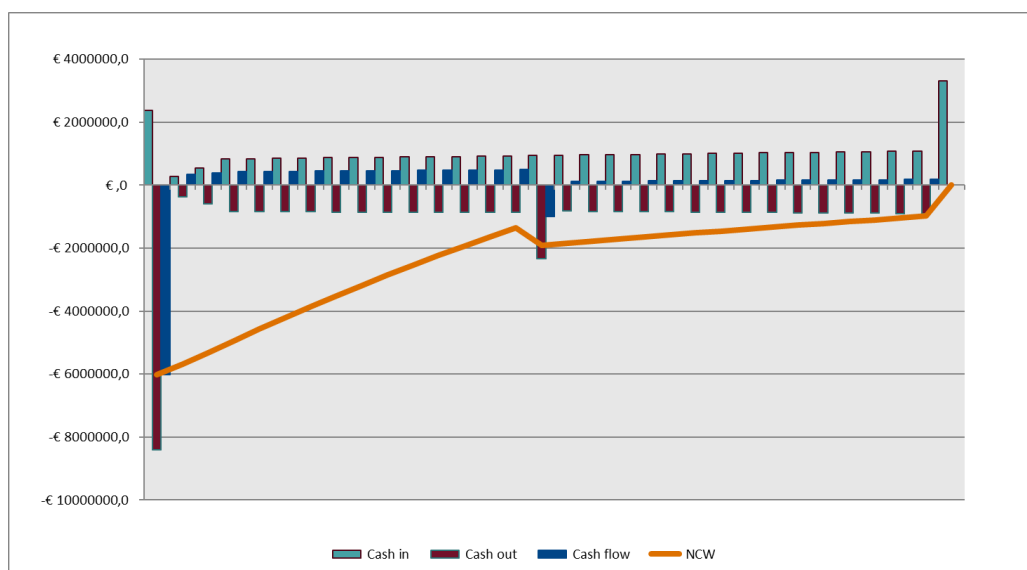
¹³ Bron: <https://www.acm.nl/sites/default/files/documents/tarievenbesluit-warmte%202022.pdf>

project precies genoeg oplevert om te voldoen aan de WACC. In de berekening van de totale onrendabele top is SDE++ meegerekend. Hieronder is uitgelegd wat dit betekent voor het project.

Tabel 4.3 | Financiële output business case.

variant	Eenheid	Waarde
projectrendement (IRR)	%	4,0
Weighted average cost of capital (WACC) ¹⁴	%	4,0
onrendabele top	€/WEQ	8.715
totale onrendabele top	M€	2.380.000
netto contante waarde (NCW) ¹⁵	M€	0

Als de verschillende inkomende en uitgaande geldstromen gedurende 30 jaar in een grafiek worden gezet dan ontstaat Figuur 4.1. Opvallend is de piek “cash in” na 30 jaar. Deze wordt veroorzaakt door de restwaarde van het totale systeem na 30 jaar exploitatie.



Figuur 4.1 | Kasstromen gedurende 30 jaar.

SDE++ 2022

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat stimuleert met de subsidie Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE++) de ontwikkeling van duurzame energievoorzieningen in Nederland. In 2021 is de eerdere SDE+-regeling verbreed naar de SDE++. In het eindadvies SDE++ 2021 is aquathermie (waarvan TEO onderdeel is) opgenomen. Het budget voor de openstellingsronde is dit jaar verhoogd naar € 8 miljard.

¹⁴ De WACC is met de volgende uitgangspunten berekend: Aandeel eigen vermogen is 30% en aandeel vreemd vermogen is 70%. Vereist rendement op eigen vermogen is 7,5% en rente op lening is 2,5%. Het rendement berekenen we dan als volgt: $15\% * 0,3 + 2,5\% * 0,7 = 4,0\%$. Deze waarden staan ook weergegeven in bijlage 2 financieel.

¹⁵ De netto contante waarde is berekend met een disconteringsvoet van 4,0%, gelijk aan de WACC.

In Tabel 4.4 zijn de uitgangspunten voor de business case weergegeven.¹⁶ Op dit moment zijn in het conceptadvies voor 2021 een basisbedrag, vollasturen en looptijd subsidie weergegeven. Het correctiebedrag wordt altijd achteraf vastgesteld. Het voorlopige correctiebedrag voor 2021 is 0,029.

Per techniek wordt de 'onrendabele top' gesubsidieerd. Dit is het verschil tussen de kostprijs van de techniek die de CO₂ reduceert (het 'basisbedrag') en de marktwaarde van het product dat de techniek oplevert (het 'correctiebedrag').

Tabel 4.4 | Uitgangspunten SDE++ 2022 eindadvies.

variant	Eenheid	Waarde
basisbedrag	€/kWh	0,1159
vollasturen	uur	3.500
Looptijd subsidie	M€	15
correctiebedrag (voorlopig 2022) ¹⁷	€/kWh	0,0348
basislast warmtepomp	MW	1,46
subsidieerbare warmte	MWh	5.110
subsidie	€/jaar	445.000

De openstellingsronde van de SDE++ kent 4 fases. Tijdens de eerste fase kan alleen subsidie aangevraagd worden voor projecten met een subsidiebehoefte tot een bepaald subsidiebedrag/ton CO₂. Tijdens de volgende fases wordt dit maximale subsidiebedrag/ton CO₂ stapsgewijs opgehoogd. Er mogen ook projecten worden ingediend met een lagere subsidiebehoefte dan het vastgestelde maximum voor de betreffende techniek. Marktpartijen worden op deze manier geprikkeld om projecten voor een lagere prijs in te dienen en daarmee meer kans te maken op subsidie. Thermische energie uit oppervlaktewater is als één van de laatste technieken gerangschikt. In de praktijk betekent dit dat om in aanmerking te komen voor het volledige subsidiebedrag er pas aan het eind een aanvraag kan worden ingediend. Dit maakt de kans op gunning kleiner, omdat er een beperkt budget beschikbaar wordt gesteld.

4.1.4 Mogelijkheden om onrendabele top te financieren - niet verwerkt in Business case

De onrendabele top zal op een bepaalde manier gedekt moeten worden, anders zullen er geen partijen gevonden kunnen worden die het systeem willen realiseren en exploiteren. Er zijn verschillende manieren om dit te doen, waarbij vooral wordt gekeken naar beschikbare subsidies. Enkele belangrijke opties om de onrendabele top te dekken zijn hieronder gegeven:

- EIA: De energie-investeringsaftrek heeft betrekking op projecten waarbij wordt geïnvesteerd in duurzame technologieën. De EIA houdt in dat de gemaakte winst, op een duurzaam project, minder wordt belast als dit wordt geherinvesteerd in een ander duurzaam project. Met het toepassen van de EIA-belastingregeling kan een fiscaal voordeel behaald worden op de hoeveelheid belasting die moet worden afgedragen. Dit kan oplopen tot 11% besparing op de investeringskosten. In de huidige business case hebben we het gewenste projectrendement voor belasting berekend. Door de grote onrendabele top wordt er weinig winst gemaakt en is het zeer de vraag of er gebruik gemaakt kan worden van de EIA. Het wordt aanbevolen om dit in

¹⁶ <https://www.vemw.nl/-/media/VEMW/Downloads/Public/Nieuwtjes/PBL%20SDE2022%20basisbedragen.ashx>

¹⁷ https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/11/pbl_2021_voorlopige_correctiebedragen_2022_SDEplusplus.pdf

een latere fase bij een meer gedetailleerde business case waarin fiscaliteit is meegenomen nader uit te werken.

- Programma Proeftuinen Aardgasvrije Wijken (PAW): om bestaande wijken aardgasvrij 'ready' te maken stelt het rijk een subsidie beschikbaar via het programma PAW. Er zijn inmiddels verschillende inschrijfrondes geweest, waarbij de gemiddelde beschikbaar gestelde subsidie € 4.000.000 per wijk van gemiddeld 500 woningen bedroeg. Dit komt neer op een gemiddelde subsidie van € 8.000 per woning. Niet alle projecten die zich inschrijven krijgen daadwerkelijk de subsidie toegewezen. De exacte toezeggingscriteria worden niet gegeven, maar in de aanvraag is het belangrijk om aan te tonen dat het een stapsgewijze aanpak betreft, waarbij isoleren een integraal onderdeel is van het project. Het ziet er naar uit dat er op dit moment geen nieuwe PAW ronde wordt georganiseerd. De kans wordt dan ook klein geacht dat dit project gebruik kan maken van deze subsidie.
- Bijdrage aansluitkosten (BAK): de onrendabele top kan deels gedekt worden door een aansluitbijdrage te vragen aan de bewoners. Deze mag in 2022 volgens de Warmtewet maximaal € 4.031- per aansluiting exclusief btw bedragen. De vraag is echter of het wenselijk is om bewoners met zo'n grote aansluitbijdrage te confronteren. Veel bewoners zullen alleen kunnen en willen aansluiten als ze daar niet te grote investeringen voor moeten doen. Welk bedrag wel redelijk is om aan de bewoners te vragen zal in het toekomstige traject, het liefst samen met de bewoners, vastgesteld moeten worden.
- NieuweWarmteNu! (NWN!): De NWN! versnelt de realisatie van Duurzame Collectieve Warmtesystemen (DCW's) door gezamenlijk financieringsknelpunten aan te pakken, kosten- en risicoreductie te bewerkstelligen en een vliegwiel op gang te brengen.
- Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie (MOOI 22): In dit project kan wellicht gebruik worden gemaakt van de MOOI subsidie. Deze innovatiesubsidie is bedoeld voor een consortium waar projecten worden gerealiseerd die bijdragen aan de klimaatdoelstellingen. De MOOI 2022 voor de gebouwde omgeving heeft een budget van € 39,4 miljoen en heeft onder andere als thema de realisatie van duurzame warmtenetten op lage of midden temperatuur. Om in aanmerking te komen voor de subsidie is het belangrijk dat de betrokken partijen hun verschillende expertises en perspectieven samenbrengen in een veelal cross-sectoraal samenwerkingsverband. Zie een uitgebreidere omschrijving op de site van RVO¹⁸.
- Naast bovenstaande manieren om de onrendabele top te financieren, is het ook mogelijk om het onrendabele deel van de investering te verlagen door een lager gewenst projectrendement te accepteren. Aangezien dit project geïnitieerd wordt door een Energiecoöperatie is het vrij aannemelijk dat er lagere dividenden richting aandeelhouders worden geaccepteerd dan bij een financieel gedreven organisatie.

4.2 GEVOELIGHEIDSANALYSE

De business case kent meerdere gevoeligheden. Deze aspecten zijn belangrijk, omdat kleine aanpassingen hierin al snel leiden tot grote verschillen over 30 jaar. De parameters die zijn onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in

Tabel 4.5. Hieronder zijn de onderzochte parameters beschreven en waarom deze zijn gekozen:

- Warmteprijs indexering: de warmte prijs is een onzekere factor voor de komende jaren. Op dit moment is de warmteprijs sterk afhankelijk van de gasprijs volgens het Niet Meer Dan Anders (NMDA) principe vastgesteld door de Autoriteit Consumenten & Markt (ACM). De verwachting is dat deze vergelijking in de toekomst steeds minder relevant wordt, omdat gas geen referentie meer is.

¹⁸ Bron: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/mooi>

- Percentage maximum tarief: de ACM bepaalt ook ieder jaar het maximum tarief dat een exploitant in rekening mag brengen voor vastrecht, meetkosten, huur afleverset en GJ's warmte. In de base case is uitgegaan van 90% van dit maximum (prijspeil 2022), maar in de praktijk kan ook een korting op dit maximum gegeven worden om zo de bewonerslasten omlaag te brengen. Dit betekent wel dat de exploitant minder inkomsten krijgt en daarmee zal het rendement afnemen.
- Aansluitpercentage: wijken met verschillende stakeholders (bewoners) op één lijn krijgen voor het aansluiten op een warmtenet is een enorme opgave. Berekeningen van huidige warmtenetten laat zien dat er minimaal tussen 60-90% aansluitpercentage moet zijn om financieel rendabel te worden. Hoe lager de warmtedichtheid, hoe hoger het aansluitpercentage moet zijn. In Everdingen zijn weinig meergezinswoningen, dus is een hoog aansluitpercentage vereist. Het aansluitpercentage is het aantal woningen dat wordt aangesloten op het warmtenet. In de base case wordt uitgegaan van 80% aansluitpercentage.
- SDE++ 2022 aquathermie: de SDE++ voor aquathermie is in 2020 voor het eerste vergeven. Zoals toegelicht in Paragraaf 3.1.5 is het daadwerkelijk verkrijgen van de subsidie echter allerminst zeker. Daarom is ook een scenario zonder SDE++ 2022 meegenomen, omdat de impact te laten zien.
- Afnemende warmtevraag: in de toekomst zal volgens de huidige rekenmodellen de opwarming van de aarde doorzetten. Dit betekent dat de verwachting is dat er minder warmteverbruik in de toekomst gaat plaatsvinden. Verder worden bewoners steeds bewuster van de noodzaak van verduurzamen en is er het feit dat in veel gevallen steeds meer mensen op zich zelf wonen en het verbruik per aansluiting dus omlaag gaat. Dit wordt ook teruggezien in de trend van het gasverbruik van de afgelopen jaren. In de base case is rekening gehouden met een gemiddelde afname van de warmtevraag met 1%/jaar.
- Pieklevering gas: de base case gaat uit van een bivalent systeem. Dit houdt in dat tijdens koudere momenten in het jaar gas bijgestookt wordt. Het voordeel hiervan is dat de "dure" warmtepomp niet het totale vermogen hoeft te leveren. De "goedkope" gasketel springt namelijk bij op de enkele piekmomenten in het jaar. De gasketel wordt dus slechts ingezet op sporadische momenten wanneer het buiten koud is en de warmtepomp niet meer genoeg vermogen kan leveren. De hoeveelheid gas die verbruikt wordt blijft relatief beperkt.
- Volloopscenario: het aanleggen van een warmtenet inclusief de TEO en WKO is een omvangrijk project dat niet in één jaar gerealiseerd kan worden. In de base case is uitgegaan van 3 jaar. Door goede organisatie zou dit wellicht sneller kunnen, wat een grote impact op de business case heeft.
- Onvoorziene kosten: een aquathermieproject brengt risico's en onzekerheden met zich mee. De huidige business case is een verkenning en vergt een verdieping. De post onvoorzien laat zien wat het effect is van een verkeerde inschatting van de CAPEX.
- Elektriteitsprijs indexering: de ontwikkeling van de elektriteitsprijs is net als de ontwikkeling van de warmteprijs en gasprijs speculatief. Voor een exploitant brengt de onzekerheid in de elektriteitsprijs risico's met zich mee.

4.2.1 Resultaat

In Tabel 4.5 zijn de parameters van de gevoeligheidsanalyse met de onderzochte brandbreedte en het resultaat op de onrendabele top weergegeven. Het uitgangspunt van een gewenst projectrendement van 4,0% blijft gehandhaafd. Deze moeten ook in perspectief geplaatst worden met de waarschijnlijkheid van voorkomen.

De twee uiterste waarden van het projectrendement in de gevoeligheidsanalyse zijn: SDE++ en de warmteprijns indexering. Om een projectrendement van 4,0% te behalen is er meer of minder aanvullende subsidie nodig om de onrendabele top te financieren.

De SDE++ subsidie kan een groot deel van de operationele kosten van de business case dekken en heeft dus een grote positieve invloed op het rendement. Het belang van deze subsidie is groot, als deze niet toegekend wordt, moet er naar andere financieringsmogelijkheden gekeken worden.

Ook de indexering van de warmteprijs laat een grote spreiding zien. Dit omdat de verkoop van warmte de belangrijkste inkomstenbron van de exploitant is. Als een exploitant hier onvoldoende aan kan verdienen over een periode van 30 jaar zal de onrendabele top stijgen. Ook een relatief kleine korting (10%) op het maximum tarief dat de exploitant kan vragen voor de warmte zorgt voor een behoorlijke daling van het projectrendement. Een afname van de warmtevraag laat daarentegen een kleinere spreiding zien en heeft dus minder impact op de case als geheel.

Tabel 4.5 | Parameters gevoeligheidsanalyse. Onrendabele top in basisconcept is €2.380.000.

Brandbreedte gevoeligheden	Eenheid	Uitgangspunten basisconcept	min (ongunstig)	max (gunstig)	Onrendabele top ¹⁹ (M€)	Onrendabele top (M€)
warmteprijns indexering	%	2%	0%	4%	5,3	-1,7
percentage maximum tarief ACM	%	90%	80%	100%	3,8	0,9
Aansluitpercentage	%	80%	70%	90%	2,5	2,2
SDE++ aquathermie	ja/nee	ja	nee	ja	6,3	2,4
veranderende warmtevraag	%/jaar	1%	2%	0%	2,6	2,1
vermogen pieklevering gas	%	50%	30%	70%	2,9	3,7
volloopsценario	jaar	3	5	1	2,5	2,3
onvoorziene kosten	% CAPEX	10%	20%	0%	3,0	1,7
elektriciteitsprijs indexering	%	2%	0%	4%	0,5	5,0
projectrendement	%	4,0%	6,25%	3,0%	3,6	1,6

4.3 KOSTEN WONINGAANPASSINGEN

In bovenstaande berekening zijn de woningaanpassingen nog niet meegenomen. Deze zijn voor elke woning anders en hangen met name af van type woning en mate van isolatie van de woning. In Tabel 5.2 t/m Tabel 5.16 in bijlage 2.2 zijn de investeringen per woningtype en label weergegeven. De waarden komen uit het datapakket eindgebruikerskosten van TNO.

Voor de situatie in Everdingen zijn de totale kosten erg lastig te bepalen. Dit komt omdat de huidige staat van de woning gekoppeld met het woningtype niet bekend is. Hiervoor moeten we een aanname maken op basis van de data die beschikbaar is. In Tabel 4.6 en is de verdeling van type woning en energielabel weergegeven. In Tabel 4.7 en

¹⁹ De onrendabele top geeft aan hoeveel extra inkomsten aan de voorkant van het project benodigd zijn om het gewenste projectrendement te halen en daarmee te voldoen aan de financiële beloning van de investeerders (WACC). In het basisconcept is de onrendabele top € 2.380.000

Tabel 4.8 zijn de totale kosten woningaanpassing weergegeven voor minimale verbetering naar label C en label D respectievelijk. Dit zijn de kosten gebaseerd op 328 woningen. De totale kosten bij minimale verbetering naar label C zijn € 6,4 miljoen. De gemiddelde kosten per woning bedragen daarmee € 19.500. Deze kosten zijn in dit geval inclusief BTW. De totale kosten bij minimale verbetering naar label D zijn € 4,7 miljoen. De gemiddelde kosten per woning bedragen daarmee € 14.200.

Een deel van de kosten kunnen worden gedekt door subsidie. De ISDE subsidieert € 3.325 voor een aansluiting op een warmtenet.²⁰ Daarnaast kan een woningeigenaar ook voor isolatie maatregelen ISDE subsidie aanvragen. De hoogte van het subsidiebedrag is afhankelijk van het type maatregel en het oppervlak van de isolatiemaatregel.²¹ Volgens Milieu Centraal wordt ca. 30% van de kosten van isolatie gesubsidieerd.²²

Tabel 4.6 | Verdeling type woning over energielabel. De getallen zijn afgerond.

Type woning	aantal	A	B	C	D	E	F	G
Totaal	328	1%	20%	23%	3%	14%	15%	24%
twee-onder-een-kap	56	1	11	13	2	8	8	13
appartement	2	0	0	0	0	0	0	0
tussenwoning/geschakeld	112	1	22	26	3	16	17	27
hoekwoning	86	1	17	20	3	12	13	21
vrijstaande woning	72	1	14	17	2	10	11	17

Tabel 4.7 | Verdeling totale kosten woningaanpassing naar minimaal label C per type woning en energielabel. De getallen zijn afgerond.

Type woning	A	B	C	D	E	F	G	Totaal
twee-onder-een-kap	€ 5.000	100.000	187.000	32.000	193.000	222.000	413.000	1.152.000
appartement	€ -	3.000	5.000	1.000	4.000	5.000	11.000	29.000
tussenwoning/geschakeld	€ 10.000	199.000	357.000	64.000	331.000	364.000	695.000	2.020.000
hoekwoning	€ 8.000	153.000	267.000	42.000	211.000	272.000	462.000	1.415.000
vrijstaande woning	€ 6.000	128.000	281.000	43.000	260.000	323.000	737.000	1.778.000
Totaal	€ 29.000	583.000	1.097.000	182.000	999.000	1.186.000	2.318.000	6.394.000

²⁰ <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/woningeigenaren/voorwaarden-woningeigenaren/aansluiting-op-een-warmtenet>

²¹ <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/woningeigenaren/voorwaarden-woningeigenaren/isolatiemaatregelen>

²² <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/isoleren-en-besparen/alles-over-isoleren/>

Tabel 4.8 | Verdeling totale kosten woningaanpassing naar minimaal label D per type woning en energielabel. De getallen zijn afgerond.

Type woning		A	B	C	D	E	F	G	Totaal
twee-onder-een-kap	€	5.000	100.000	114.000	15.000	98.000	142.000	342.000	816.000
appartement	€	-	3.000	3.000	-	3.000	4.000	9.000	22.000
tussenwoning/geschakeld	€	10.000	199.000	229.000	30.000	202.000	246.000	619.000	1.535.000
hoekwoning	€	8.000	153.000	176.000	23.000	139.000	198.000	377.000	1.074.000
vrijstaande woning	€	6.000	128.000	147.000	19.000	145.000	191.000	574.000	1.210.000
Totaal	€	29.000	583.000	669.000	87.000	587.000	781.000	1.921.000	4.657.000

5 Conclusie

5.1 CONCLUSIE

In dit rapport is het technisch potentieel onderzocht van een collectief TEO- en WKO-systeem, waarmee de woningen in de kern van Everdingen voorzien worden van warmte. Daarnaast is inzichtelijk gemaakt of het technisch potentieel omgezet kan worden in een rendabel project.

Op basis van dit onderzoek acht IF Technology de toepassing van een collectief TEO- en WKO-systeem technisch mogelijk voor het dorp Everdingen. Zo komt uit het geohydrologisch naar voren dat beide watervoerende pakketten toereikend zijn, waarbij het 1^e watervoerende pakket een maximale capaciteit heeft van 70-100 m³/uur en het 2^e watervoerende pakket een capaciteit van 200-250 m³/uur. Ook de rivier de Lek biedt genoeg potentieel voor het realiseren van een TEO-systeem. Wel zullen er nog technische en juridische verdiepingsslagen moeten plaatsvinden om het TEO-systeem daadwerkelijk te kunnen realiseren.

In dit rapport is een mogelijk energieconcept uitgewerkt, waarin een collectieve energiecentrale de warmte produceert voor de woningen. De investeringskosten van dit uitgewerkte collectieve systeem bedraagt circa € 9.500.000 en de operationele kosten zijn € 700.000. Daar staat tegenover dat de exploitant een omzet heeft van € 900.000 op jaarbasis. Zonder extra subsidies van de overheid (zoals de SDE ++) of een aansluitbijdrage van de bewoners rendeert dit project niet genoeg om het gewenste rendement te bereiken. De onrendabele top van het project t/m de afleverset in de woning bedraagt € 2,4 miljoen wat neerkomt op ca. € 8.700 per WEQ exclusief BTW. Een belangrijke vervolgstap is dan ook om inzichtelijk te maken hoe de onrendabele top in de toekomst gedeekt gaat worden.

Daarnaast zijn er ook woningaanpassingen nodig om de woning geschikt te maken voor een aansluiting op het warmtenet. De gemiddelde kosten per woning worden ingeschat op € 14.000 - 19.000 inclusief BTW.

Al met al is de totale onrendabele top een aanzienlijk bedrag. Zonder externe financiering middels subsidies, rijksbijdrage, bewonersbijdrage, verlagen projectrendement warmtebedrijf en een hoog aansluitpercentage is het project zeer moeilijk haalbaar. Echter moeten de kosten van het aardgasvrij maken van de woning wel in het juiste perspectief geplaatst worden. In de volgende paragraaf gaan we daar dieper op in.

5.2 AANBEVELINGEN

De eerste haalbaarheid van een oplossing met TEO en WKO is onderzocht. Wij bevelen de volgende stappen in chronologische volgorde aan:

- Een meer gedetailleerde berekening van enkele veel voorkomende alternatieven in beeld brengen vanuit het perspectief van bewoners. Wij adviseren om in ieder geval een vergelijk met aardgas (huidig) en lucht-/waterwarmtepomp te maken.
- Participatie, communicatie en draagvlak worden na deze haalbaarheidsstudie een belangrijk onderdeel. Het is belangrijk om zo veel mogelijk bewoners te betrekken en op die manier vragen, onzekerheden, wensen, risico's, mogelijkheden, onmogelijkheden, criteria etc. in beeld te krijgen. Is er genoeg draagvlak vanuit de gemeenschap om het project levensvatbaar te

maken? Organiseer bewonersavonden of videomeetings om de bewoners te informeren. Creëren van draagvlak bij bewoners door informeren. Een hoog aansluitpercentage is essentieel voor een collectief warmtenet. Het collectieve warmtenet moet een meerwaarde zijn voor de bewoners. Daarover moeten ze betrokken worden. Wat zijn de voordelen? Wat zijn de nadelen? Welke alternatieven zijn er? En wat kosten deze alternatieven? Uit de gesprekken met bewoners volgt wat er leeft en wat er nodig is om het draagvlak te vergroten.

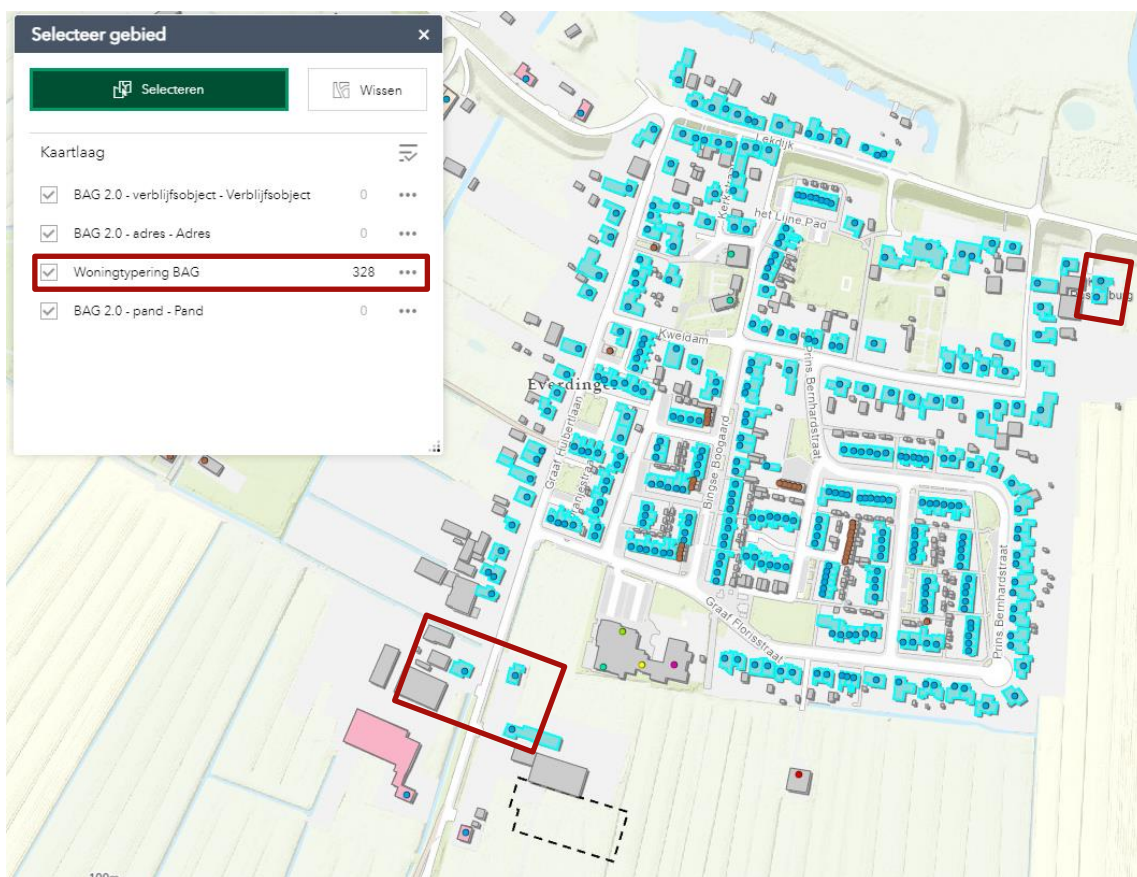
- Stakeholdermanagement: Breng het proces en de planning t/m realisatie grof in kaart. Betrek alle relevante stakeholders bij het project. Welke rol hebben zij in het project? De gemeente Vijfheerenlanden heeft Everdingen als koploper aangewezen. Welke rol gaat de gemeente Vijfheerenlanden op zich nemen als regisseur van de warmte transitie? Hoe gaat het wijkuitvoeringsplan eruit zien?
- Aan de slag: Start met no-regret maatregelen. Isoleren van woningen met behulp van ISDE subsidie. Deze maatregelen staan los van een collectief of individuele aanpak en zou onderdeel moeten worden van het wijkuitvoeringsplan. Onderzoek en organiseer mogelijkheden voor collectieve aanpakken. Sommige maatregelen zijn relatief eenvoudig uit te voeren. Veel bewoners zijn op dit moment nog steeds niet op de hoogte of onvoldoende geïnformeerd.
- Risicomanagement: De eerste haalbaarheid (technisch, financieel, juridisch en organisatorisch) is onderzocht en de stakeholders zijn bekend. Organiseer één of meerdere werksessies waarbij een risicoanalyse wordt gedaan. Welke risico's hebben prioriteit, welke zijn zwaarwegend om in een vroeg stadium te beheersen, welke zijn dealbreakers? Dit helpt om risico's in perspectief te plaatsen. Dit gaat ook helpen bij het vergroten van draagvlak.
- Financiering: Op zoek gaan naar financiering door middel van subsidies zoals PAW, NWN!, MOOI, SDE++, ISDE etc.

Bijlage 1 Technisch

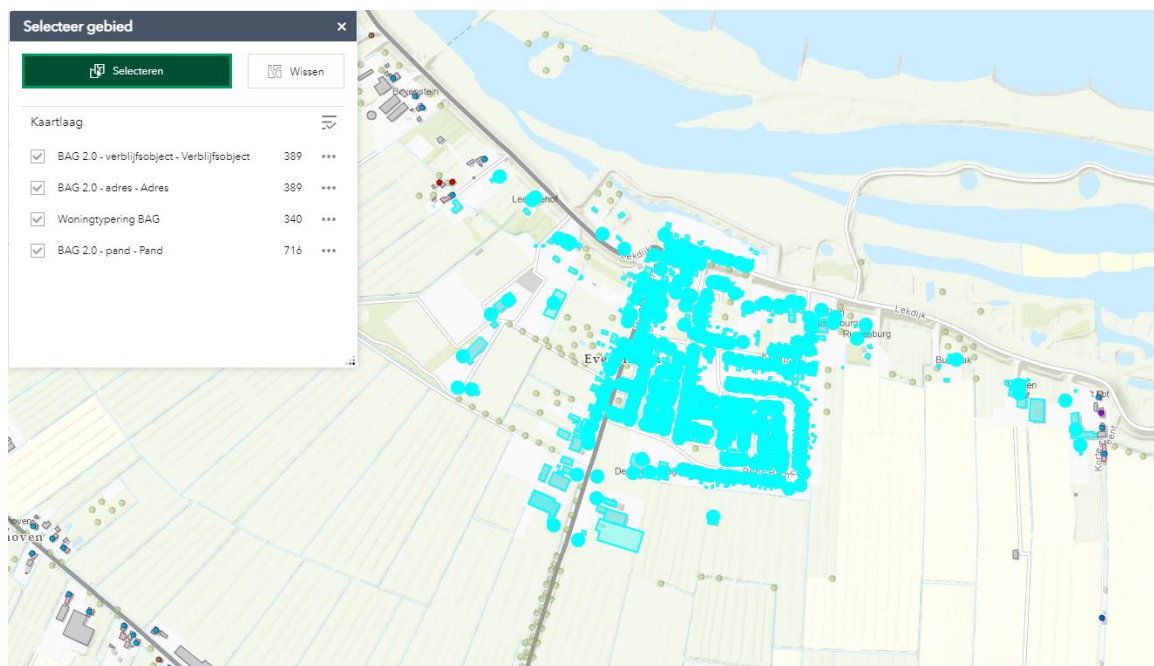
1.1 WONINGEN IN DE KERN VAN EVERDINGEN

Met behulp van een BAG tool zijn het aantal woningen in de kern van Everdingen inzichtelijk gemaakt. In het technisch rapport opgesteld door Huibertstroom komt naar voren dat de kern 328 woningen telt. IF Technology heeft in de onderstaande afbeelding weergegeven om welke woningen dit gaat. Naast de woningen zijn er ook een tweetal utiliteitsgebouwen meegenomen in dit onderzoek. Namelijk de kerk en basisschool de Regenboog.

Discussiepunt: IF Technology stelt ter discussie of het wel verstandig is om de onderste huizen in de kern van Everdingen mee te nemen in het collectieve systeem. Deze woningen liggen namelijk relatief ver van elkaar. Dit resulteert in veel extra leidingwerk, waar weinig woningen op zijn aangesloten. Hetzelfde geldt voor de twee woningen helemaal rechts gelegen.

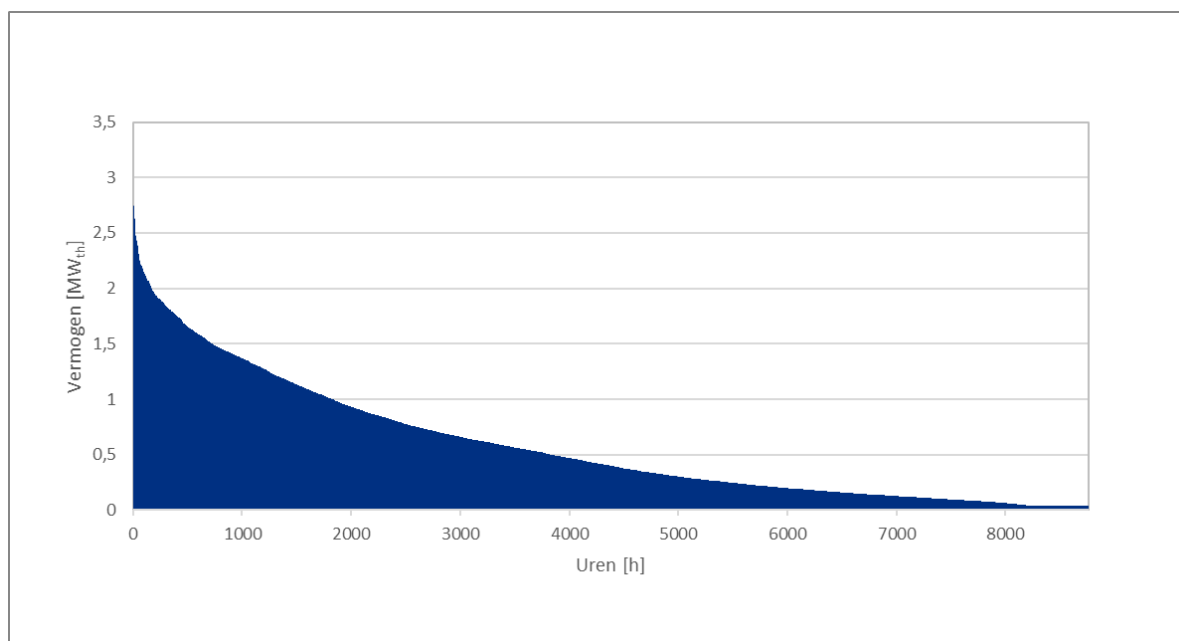


Onderstaand een afbeelding met daarin alle woningen die behoren tot de postcodes. Sommige postcodes vallen namelijk zowel in als buiten de kern.



1.2 JAARBELASTINGDUURKROMME

In de onderstaande figuur is de jaarbelastingduurkromme weergegeven voor dit project. Op basis van deze grafiek kan bepaald worden hoeveel energie het systeem kan leveren met het opgestelde vermogen. In dit project heeft IF Technology ervoor gekozen om de warmtepompen uit te leggen op 55% van het vermogen. Hiermee leveren de warmtepompen 96% van de benodigde energie.



1.3 ANALYSE TEO-SYSTEEM

Het TEO-systeem is een onderdeel van het grotere integrale systeem en heeft invloed op de grote van het WKO-systeem. In de optimalisatie van het TEO-systeem wordt het WKO-systeem ook overwogen.

In onderstaande tabellen is steeds gevarieerd met één parameter in drie stappen:

Stap 1: dT oppervlaktewater minimaal - dit is het minimale temperatuurverschil tussen onttrekking en lozing van het TEO-systeem.

Stap 2: minimale temperatuur oppervlaktewater lozing - dit is de laagste temperatuur waarmee oppervlaktewater teruggebracht wordt in het water.

Stap 3: dT oppervlaktewater maximaal - dit is het maximale temperatuurverschil tussen onttrekking en lozing van het TEO-systeem.

In het groen zien we het meest optimale systeem waarbij het TEO-debiet laag is en daarnaast de som van TEO-debiet en WKO-debiet. In de laatste van de drie tabellen is weergegeven dat het debiet lager wordt bij een hogere dT oppervlaktewater maximaal. Dit wordt in dit geval veroorzaakt door de temperatuur van het oppervlaktewater in de modellering. Deze is maximaal 23 °C in de zomer. Echter er is de mogelijkheid dat de temperatuur in een koud jaar op 20 °C blijft steken, daarom adviseren we hier om van maximaal 10 °C dT oppervlaktewater uit te gaan.

Al met al kan geconcludeerd worden dat er geen hele extreme debiet verschillen ontstaan, waardoor de gevoeligheid van deze drie parameters beperkt is.

dT oppervlaktewater minimaal	°C	4	5	6	7	8
Minimale temperatuur oppervlaktewater lozing	°C	10	10	10	10	10
dT oppervlaktewater maximaal	°C	10	10	10	10	10
WKO warmte laden	m3/h	78	83	88	94	102
TEO warmte laden	m3/h	71	74	78	83	91
WKO warmte leveren	m3/h	100	99	97	93	89
TEO warmte leveren	m3/h	76	79	75	39	39
Max TEO	m3/h	76	79	78	83	91
Max WKO	m3/h	100	99	97	93	91
SOM TEO en WKO	m3/h	177	178	175	176	181
dT oppervlaktewater minimaal	°C	6	6	6	6	6
Minimale temperatuur oppervlaktewater lozing	°C	12	11	10	9	8
dT oppervlaktewater maximaal	°C	10	10	10	10	10
WKO warmte laden	m3/h	86	83	88	93	103
TEO warmte laden	m3/h	99	87	78	71	65
WKO warmte leveren	m3/h	88	92	97	101	106
TEO warmte leveren	m3/h	53	45	75	76	70
Max TEO	m3/h	99	87	78	76	70
Max WKO	m3/h	99	92	97	101	106
SOM TEO en WKO	m3/h	198	179	175	177	177

dT oppervlaktewater minimaal	°C	6	6	6	6	6
Minimale temperatuur oppervlaktewater lozing	°C	10	10	10	10	10
dT oppervlaktewater maximaal	°C	8	9	10	11	12
WKO warmte laden	m3/h	107	96	88	83	79
TEO warmte laden	m3/h	92	84	78	74	71
WKO warmte leveren	m3/h	100	98	97	96	95
TEO warmte leveren	m3/h	75	75	75	75	75
Max TEO	m3/h	92	84	78	75	75
Max WKO	m3/h	100	98	97	96	95
SOM TEO en WKO	m3/h	192	182	175	171	170

1.4 AFWEGINGSTABEL ENERGIECONCEPT BESTAANDE BOUW

Grofweg zijn er drie energieconcepten mogelijk om de woningen in Everdingen van warmte te voorzien, zie onderstaand figuur. In dit rapport wordt alleen de MT-70°C variant behandeld. Een korte toelichting waarom de andere twee varianten minder geschikt lijken voor dit project.

LT variant:

In deze variant wordt er een lage temperatuurnet aangelegd door de wijk. Dit net bevat water met een temperatuur van circa 30 °C tot 50 °C, waarmee de woningen worden verwarmd. In dit concept krijgen alle woningen een individuele boosterwarmtepomp, waarmee het aangeleverde ruimteverwarming van 50 °C wordt verwarmd naar 65 °C ter gebruik van tapwater. Dit concept is over het algemeen vrij kostbaar, aangezien het leidingwerk naar de woningen goed geïsoleerd moet zijn (vergelijkbaar aan de 70 °C variant) en de woningen ook nog worden voorzien van een boosterwarmtepomp. Een ander nadeel is de toepasbaarheid. Veel woningen in Everdingen voldoen nog niet aan energielabel A of B, waardoor verdere verduurzaming van de woningen noodzakelijk is. Dit zorgt ervoor dat dit concept op de korte termijn zeer beperkt toegepast kan worden. Dit is een risico voor het aansluitpercentage.

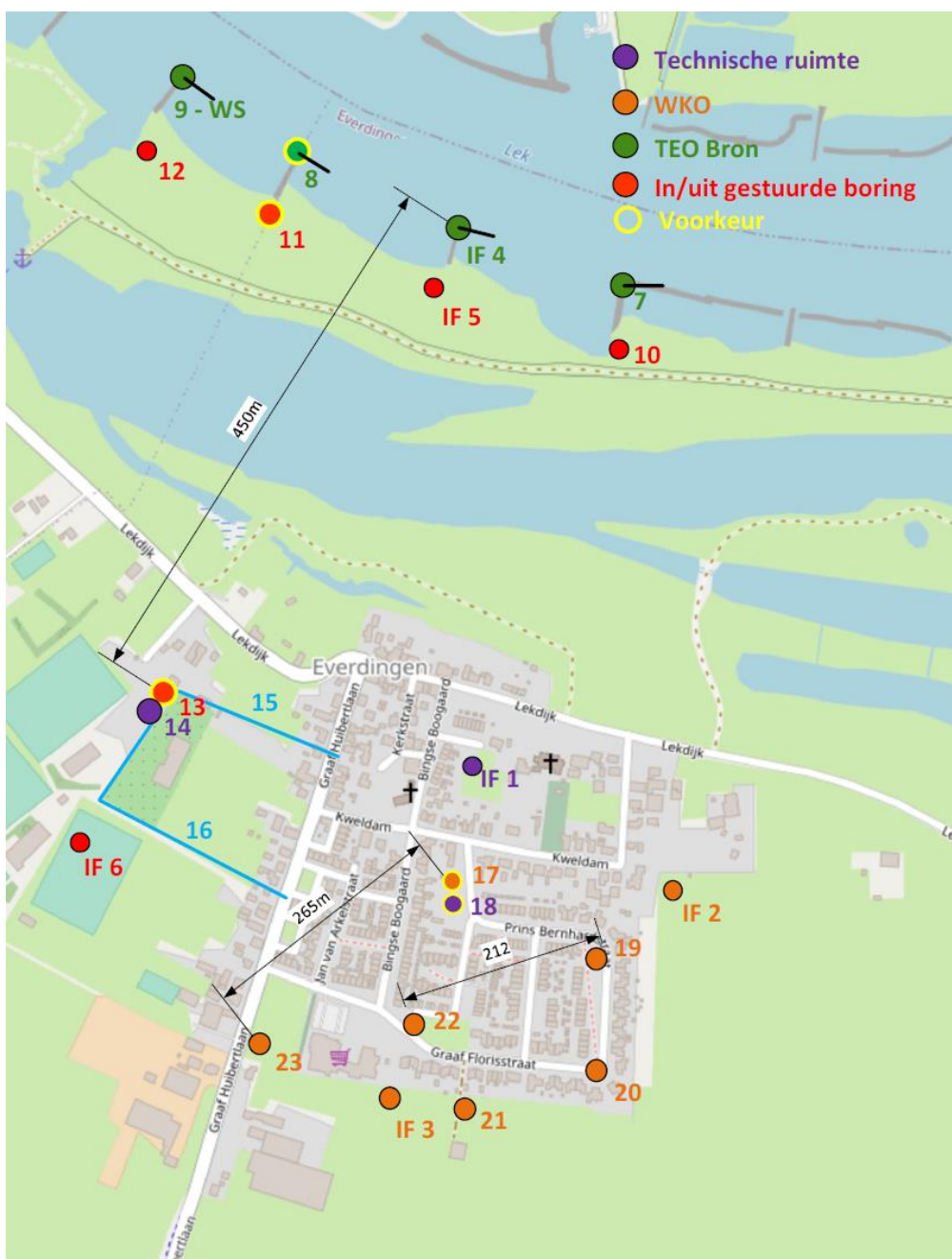
ZLT variant:

In de Zeer Lage Temperatuur variant krijgt de wijk een bronnet waar water doorheen stroomt van circa 7 °C tot 15 °C. Elke woning krijgt een individuele combiwarmtepomp waarmee zowel ruimte-water als tapwater geproduceerd kan worden. Dit concept wordt voornamelijk toegepast in nieuwbouwwoningen, aangezien het concept vrij duurzaam is en de woningen al goed geïsoleerd zijn. Grootste nadeel van dit concept zijn de kosten. De kosten zitten dan voornamelijk in de individuele warmtepompen die erg drukken op de totale CAPEX van het systeem. Ander nadeel is de organisatorische complexiteit van dit concept. Zo moet bepaald worden wie in het bezit is van de combiwarmtepompen en wie verantwoordelijk is voor het onderhoud.

Bron	WKO	Infrastructuur	Energiecentrale	Aansluiting	Woningtype	Afgiftesysteem
TEO - grote wateren	Ja	MT - 70 °C	MT warmtepomp	Afleverzet	Label C en beter	Reguliere radiatoren
		LT - 50 - 30 °C	LT warmtepomp	Afleverzet en boosterwarmtepomp Booster afleverzet	Label A/B Label A/B	LT-verwarming LT-verwarming
		ZLT - 20 °C	Warmtewisselaar	Individuele warmtepomp individuele HT warmtepomp	Label A/B Label C en beter	LT-verwarming Reguliere radiatoren

1.5 VARIANT OP PRINCIPETEKENING

In het laatste gesprek met Huibertstroom (7 maart 2022) zijn de locaties van de TR en WKO-bronnen besproken met enkele wijzigingen in de tekening als gevolg. In Figuur 5.1 zijn een aantal mogelijke (voorkeurs)locaties van de verschillende onderdelen van de duurzame oplossing van een collectief TEO-systeem weergegeven. In Figuur 3.8 zijn de voorkeurslocaties van Huibertstroom verwerkt in het schetsontwerp. Ook de leidingwerkafstanden in de BuCa zijn afgestemd op deze nieuwe locaties. Als alternatieven hebben we twee extra principetekeningen gemaakt. Een waarbij de TR op de oude locatie staat en één waarbij de TR bij het voetbalveld staat.



Figuur 5.1 | Mogelijke (voorkeurs)locaties van onderdelen duurzame oplossing met collectief TEO-systeem.

Oude locatie TR:



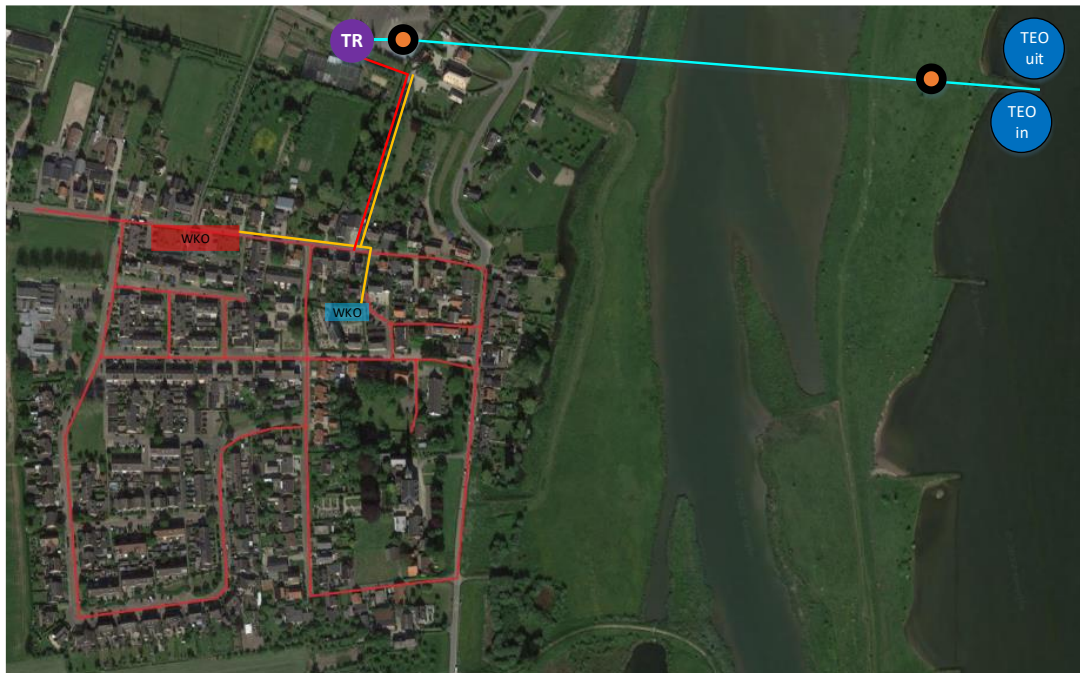
Voordeel van dit alternatief is:

- Op het veld in de bovenstaande afbeelding is meer ruimte.
- WKO is relatief flexibel in te passen.

Nadeel van dit alternatief is:

- Het benodigde meter leidingwerk van de WKO-bronnen naar TR is groter i.v.m. beschermingszone waterkering.

TR bij voetbalveld:



Voordeel van dit alternatief is:

- Bij het voetbalveld is meer ruimte en kan de TR makkelijker worden ingepast.
- Bewoners hebben weinig/geen last van TR.

Nadeel van dit alternatief is:

- Circa 400 meter extra niet-geïsoleerd leidingwerk nodig.
- Circa 100 meter extra geïsoleerd leidingwerk nodig.

Bijlage 2 Financieel

2.1 UITGANGSPUNTEN FINANCIËLE ANALYSE

Tabel 1.1 | *Uitgangspunten financiële analyse.*

parameter	eenheid	waarde
Algemeen		
vereist rendement op eigen vermogen	%	15
rente op lening	%	2,5
aandeel eigen vermogen	%	30
aandeel vreemd vermogen	%	70
Projectrendement (IRR)	%	4,0
disconteringsvoet	%	4,0
CAPEX		
indexering investeringskosten	%	2,0
project looptijd	jaar	30
startjaar investering	jaar	0
Levensduur/afschrijving		
Distributie (warmtenet)	jaar	50
Distributie (WKO)	jaar	50
Distributie (TEO)	jaar	50
Gestuurde boring (INPUT IDE)	jaar	50
WKO/open bodemenergiesysteem	jaar	30
TEO/regeneratiesysteem	jaar	30
Warmtepompen collectief (inclusief TSA, pompen, etc.)	jaar	15
collectieve gasketel als piekvoorziening en back-up	jaar	15
Afleversets	jaar	15
Gebouw TR (regelkasten, appendages, etc.)	jaar	30
Herinvestering		
Distributie (warmtenet)		100%
Distributie (WKO)		100%
Distributie (TEO)		100%
Gestuurde boring (INPUT IDE)		100%
WKO/open bodemenergiesysteem		100%
TEO/regeneratiesysteem		100%
Warmtepompen collectief (inclusief TSA, pompen, etc.)		70%
collectieve gasketel als piekvoorziening en back-up		70%
Afleversets		100%
Gebouw TR (regelkasten, appendages, etc.)		100%
OPEX		
indexering operationele kosten	%	2,0
startjaar operatie	jaar	1
volloopscenario	jaren	3

elektriciteitsprijs zakelijk	€/kWh	0,17
gasprijs zakelijk	€/m ³	0,68
omzet		
indexering omzet	%	2,0
startjaar omzet	jaar	1
volloopscenario	jaren	3
tarief als percentage van het maximum volgens warmtewet 2022	%	100
aansluitpercentage	%	90

2.2 UITGANGSPUNTEN KOSTEN WONINGAANPASSING

In Tabel 5.2 t/m Tabel 5.16 zijn de investeringen per woningtype en label weergegeven. De waarden komen uit het datapakket eindgebruikerskosten van TNO. Onderstaande varianten S3e en S3h zijn bepaald in het datapakket voor vijf woningtypen: 2 onder 1 kap, appartementen, rijwoning tussen, rijwoning hoek en vrijstaand.

Code	Naam strategie	Variantcode	Warmtebron of -installatie	Schillabel
S3	Warmtenet met LT-bronnen	S3e	TEO+WKO, levering 70 oC	B+
S3	Warmtenet met LT-bronnen	S3h	TEO+WKO, levering 70 oC	D+

Bovenstaande varianten leveren twee tabellen op voor elk woningtype. Vervolgens is voor verbetering naar label C een interpolatie gemaakt. In het huidige onderzoek wordt aangenomen dat de woningen naar minimaal label C moeten verbeteren om met een 70 °C warmtenet uit te kunnen.

Tabel 5.2 | 2 onder 1 kap.

Verbetering naar label B	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	3.149	4.391	5.300	5.218	5.218
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	7.103	15.388	21.443	20.899	20.899
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	2.576	2.576	2.576	2.576	2.576
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	20.171	29.699	36.662	36.036	36.036

Tabel 5.3 | 2 onder 1 kap.

Verbetering naar label D	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	1.542	1.542	2.010	2.581	3.702
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	0	0	3.120	6.926	14.399
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	0	0	0	0	0
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	8.886	8.886	12.474	16.852	25.445

Tabel 5.4 | 2 onder 1 kap.

Verbetering naar label C (geïnterpo- leerd)	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	2.345	2.967	3.655	3.900	4.460
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	3.551	7.694	12.281	13.913	17.649
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	14.528	19.293	24.568	26.444	30.740

Tabel 5.5 | appartement.

Verbetering naar label B	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.307	1.307	2.507	2.938	3.083	3.489	4.010
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272
isolatie	0	0	4.396	7.267	8.237	10.941	14.417
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	2.576	2.576	2.576	2.576	2.576
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	7.531	7.531	15.703	19.005	20.120	23.229	27.226

Tabel 5.6 | appartement.

Verbetering naar label D	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.307	1.307	1.307	1.307	1.724	2.066	2.739
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272
isolatie	0	0	0	0	2.779	5.060	9.545
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	0	0	0	0	0
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	7.531	7.531	7.531	7.531	10.727	13.350	18.508

Tabel 5.7 | appartement.

Verbetering naar label C (geïnterpo- leerd)	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.307	1.307	1.907	2.122	2.404	2.778	3.375
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272	3.272
isolatie	0	0	2.198	3.634	5.508	8.000	11.981
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	7.531	7.531	11.617	13.268	15.423	18.290	22.867

Tabel 5.8 | rijwoning tussen.

Verbetering naar label B	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	2.969	4.311	4.344	4.256	4.256
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	5.908	14.850	15.073	14.489	14.489
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	2.576	2.576	2.576	2.576	2.576
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	18.797	29.080	29.337	28.665	28.665

Tabel 5.9 | rijwoning tussen.

Verbetering naar label D	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	1.542	1.542	2.061	2.293	3.389
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	0	0	3.458	5.004	12.312
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	0	0	0	0	0
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	8.886	8.886	12.862	14.640	23.044

Tabel 5.10 | rijwoning tussen.

Verbetering naar label C (geïnterpo- leerd)	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	2.256	2.926	3.202	3.275	3.823
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	2.954	7.425	9.265	9.746	13.400
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	13.841	18.983	21.100	21.653	25.855

Tabel 5.11 | rijwoning hoek.

Verbetering naar label B	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	2.878	3.608	3.578	4.015	3.971
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	5.300	10.164	9.964	12.880	12.588
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	2.576	2.576	2.576	2.576	2.576
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	18.098	23.692	23.461	26.814	26.478

Tabel 5.12 | rijwoning hoek.

Verbetering naar label D	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	1.542	1.542	1.885	2.388	2.767
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	0	0	2.285	5.636	8.165
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	0	0	0	0	0
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	8.886	8.886	11.514	15.368	18.275

Tabel 5.13 | rijwoning hoek.

Verbetering naar label C (geïnterpo- leerd)	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	2.210	2.575	2.731	3.201	3.369
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	2.650	5.082	6.124	9.258	10.376
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	13.492	16.289	17.487	21.091	22.377

Tabel 5.14 | vrijstaand.

Verbetering naar label B	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	3.784	4.584	5.385	6.014	7.320
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	11.342	16.676	22.010	26.204	34.910
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	2.576	2.576	2.576	2.576	2.576
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	25.045	31.180	37.314	42.137	52.149

Tabel 5.15 | vrijstaand.

Verbetering naar label D	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	1.542	1.542	2.257	2.690	4.713
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	0	0	4.765	7.654	21.139
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	0	0	0	0	0
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	8.886	8.886	14.366	17.688	33.196

Tabel 5.16 | vrijstaand.

Verbetering naar label C (geïnterpo- leerd)	A	B	C	D	E	F	G
afsluitbijdrage gasnet	0	0	0	0	0	0	0
bijdrage aansluitkosten warmtenet	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
btw	1.542	1.542	2.663	3.063	3.821	4.352	6.016
inductiekookplaat en pannenset	500	500	500	500	500	500	500
installatie aanpassen	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392	4.392
isolatie	0	0	5.671	8.338	13.387	16.929	28.024
lt-afgifte	0	0	0	0	0	0	0
uitgespaarde hr-ketel	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776	-1.776
ventilatiesysteem aanpassen	0	0	1.288	1.288	1.288	1.288	1.288
woningaanpassing koken	500	500	500	500	500	500	500
Totaal	8.886	8.886	16.966	20.033	25.840	29.912	42.673

IF Technology **Creating energy**

