

Kenmerken

Project	21134 Programma van Eisen ontwerp energievoorziening RWZI Eindhoven	Datum	5 september 2023
Auteur	ing. B.B. Hooghiemstra	Co-lezer	ing. L.H. den Dekker T.A. Boschma MSc.
Onderwerp	Notitie schetsontwerp warmtenet RWZI Eindhoven	Status	Definitief
		Kenmerk	21134-746529

Notitie schetsontwerp warmtenet RWZI Eindhoven

Inhoudsopgave

1	Inleiding		3
	1.1	Indeling schetsontwerp	3
	1.2	Beschrijving totaalsysteem	3
2	Onderbouwing potentie		4
	2.1	Potentie warmtewinning uit effluent RWZI	4
	2.2	Potentie uit eerder onderzoek en huidig	5
3	Principe totaalsysteem, inclusief afweging koudelevering		6
	3.1	Uitgangspunten bij opbouw systeemconcept	6
	3.2	Afwegingen met betrekking tot koeling	7
	3.3	Inschatting investeringskosten koeling bestaande woning	8
	3.4	Totale kostenvergelijking inclusief levering koude	8
4	Zoekgebieden en potentiële locaties BWC's		10
	4.1	Uitgangspunten voor bepaling zoekgebieden	10
	4.2	Locaties Buurt Warmte centrales (BWC's)	12
5	Vergelijking met alternatieven		13
	5.1	Alternatieven voor duurzame warmte	13
	5.2	Vergelijking alternatieve technieken BWC	14
6	Samenvatting van hoofdonderdelen		17
	6.1	Uitkoppeling RWZI	17
	6.2	Transportnet	20
	6.3	Buurt Warmte centrales	20
	6.4	Distributienet	23
7	Risicodossier		24
	7.1	Uitkoppeling RWZI	24
	7.2	Transportnet	24
	7.3	BWC's	25
	7.4	Distributienet	25
8	Bijlagen		26

1 Inleiding

1.1 Indeling schetsontwerp

Voor u ligt de eerste aanzet voor het ontwikkelen van een warmtenet op basis van de RWZI in Eindhoven; het schetsontwerp. In dit schetsontwerp wordt het totaalsysteem beschreven en zijn de eerste keuzes gemaakt. Bijvoorbeeld: wat voor technieken willen we gebruiken, en waar moet het leidingnet komen te liggen? Hiernaast zijn knelpunten beschreven en de eerste verkennende overleggen met mogelijke toekomstige partners verwerkt in de schetsontwerpen.

Het schetsontwerp bestaat uit vijf documenten:

- Hoofddocument: beschrijving van het totaalconcept en een samenvatting
- Schetsontwerp uitkoppeling effluent RWZI
- Schetsontwerp transportnet
- Schetsontwerp Buurt warmte centrum
- Schetsontwerp distributienetten en woningaansluitingen

1.2 Beschrijving totaalsysteem

In noordoost Eindhoven staat één van de grootste rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) van Nederland. Bij deze RWZI wordt vrijwel continu lauw water geloosd op de Dommel (effluent). De Gemeente Eindhoven wil deze warmte inzetten voor het aardgasvrij maken van omliggende wijken. Uit eerdere verkenning blijkt dat er voor ongeveer 8.000 woningen warmte is. Eén van de eerste buurten die de gemeente aan wil sluiten is de Generalenbuurt. In het kader van de PAW heeft de gemeente hiervoor een subsidie toegekend gekregen. Voor het energiesysteem is een schetsontwerp gemaakt op basis waarvan een programma van eisen wordt samengesteld. Voorliggende document geeft een omschrijving van het totale energieconcept.



Afbeelding 1-1: Luchtfoto RWZI Eindhoven

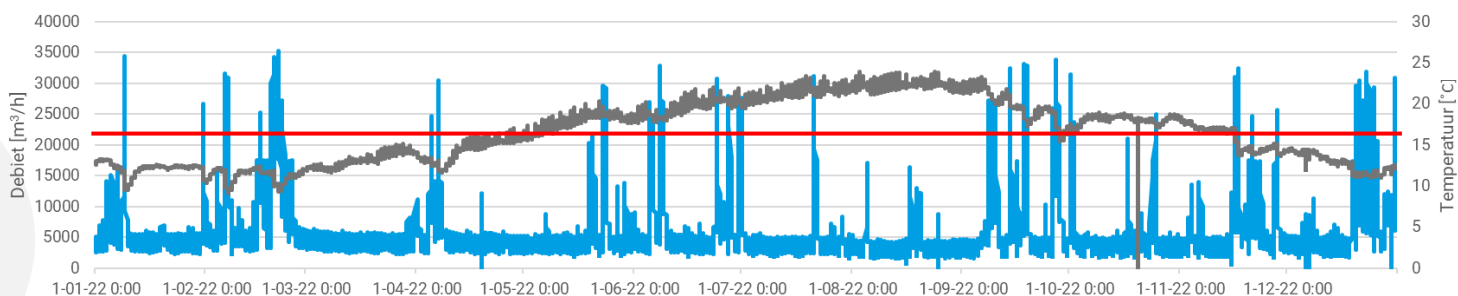
2 Onderbouwing potentie

2.1 Potentie warmtewinning uit effluent RWZI

Temperatuur en debiet effluent

De hoeveelheden en temperaturen van het effluent in 2022 zijn in figuur 2-1 weergegeven. Duidelijk is de grote variatie in beschikbaarheid van debiet (min. 2.500 tot 3000 m³/h). Daarnaast is de toename van temperatuur in de zomerperiode goed zichtbaar. Het effluent heeft in de zomer de hoogste temperatuur (20 tot 25°C). Omdat de warmte dan niet of beperkt nodig is, wordt deze warmte in de bodem opgeslagen (WKO). In de winter is de temperatuur van het effluent te laag (<10°C) en wordt de warmte uit de WKO onttrokken en door middel van warmtepompen opgewaardeerd. In tussenliggende perioden (voor- en najaar) kan de warmte uit het effluent rechtstreeks onttrokken en door middel van de warmtepompen opgewaardeerd worden.

Temperatuur en debiet effluent RWZI Eindhoven 2022



Figuur 2-1: Temperatuur en debiet effluent, inclusief lijn 16°C

Warmtepotentie effluent

Uitgangspunten voor de potentie van het effluent zijn als volgt:

- Voor het laden van een WKO willen we minimaal een temperatuur van 12°C. Uitgaande van een temperatuurverlies van 4 Kelvin over twee warmtewisselaars in het systeem (één bij de uitkoppeling en één bij de BWC's) betekent dit dat we vanaf een effluenttemperatuur van **16°C** de WKO's kunnen laden.
- Het beschikbare debiet fluctueert sterk. Om een zo continu mogelijke stroom te creëren, wordt uitgegaan van een maximaal te onttrekken debiet van **2.700 m³/h**. Hoewel hiermee niet de volledige warmtepotentie benut wordt, zorgt dit er wel voor dat dit bijna altijd beschikbaar is, waardoor de opgestelde pompen zo efficiënt mogelijk kunnen werken.

In tabel 2-1 zijn de verwachte hoeveelheden energie voor verschillende jaren weergegeven, inclusief de energie per WEQ, uitgaande van 8000 aansluitingen. De verwachte hoeveelheid laagtemperatuur warmte voor een gemiddelde woning bedraagt ongeveer 30 GJ. Voor de beoogde 8000 aansluitingen is dus ruim voldoende warmte beschikbaar.

Jaar	Energie [GJ]	Energie per woning [GJ/WEQ]	Opmerking
2019	144.121	18,0	Meetfouten in data: temperatuur effluent zakt in zomer terug naar 3 graden.
2020	390.556	48,8	
2021	388.704	48,6	
2022	402.461	50,3	

Tabel 2-1: Energiepotentie effluent RWZI Eindhoven

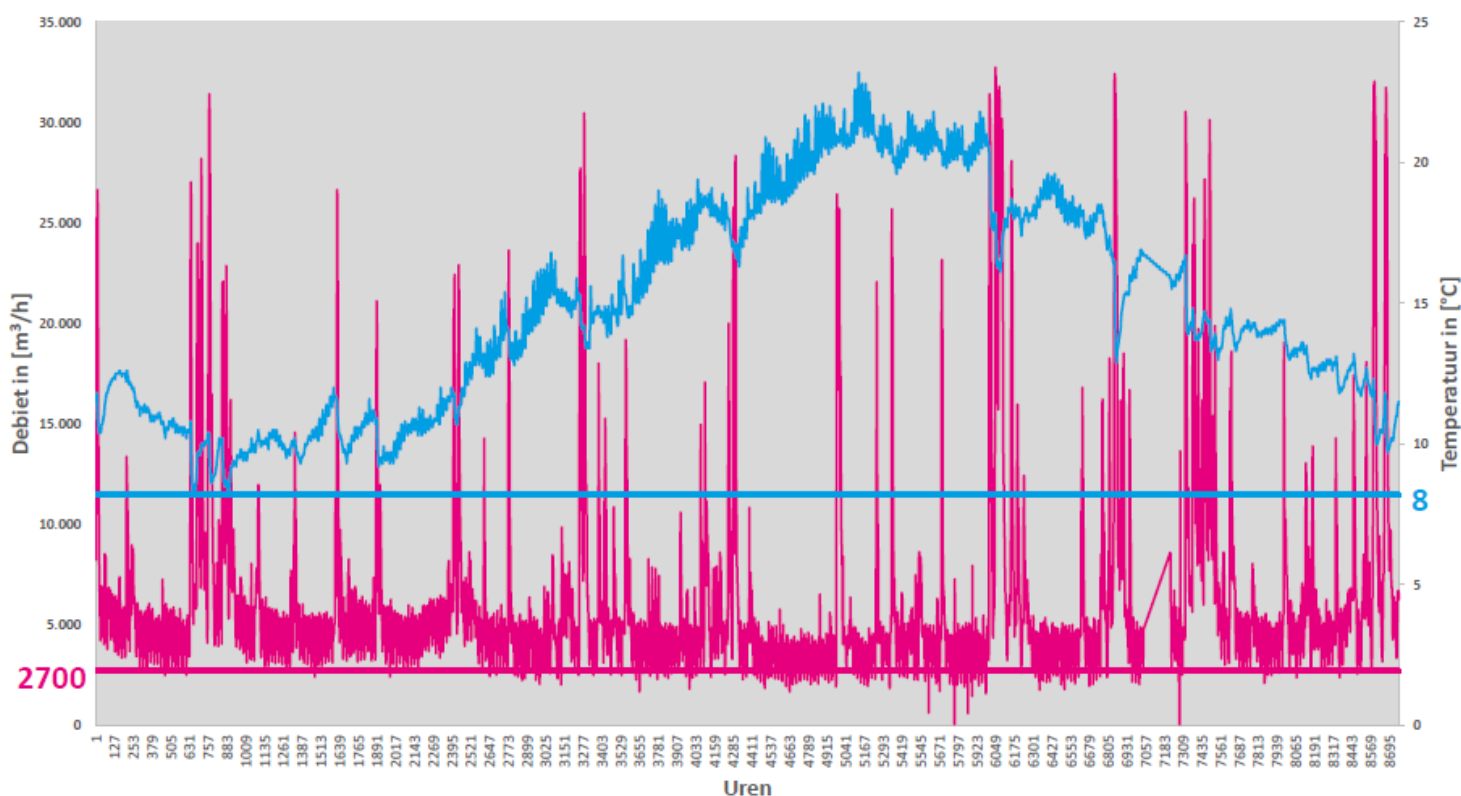
2.2 Potentie uit eerder onderzoek en huidig

Op basis van meetdata van een aantal jaar geleden zijn in 2018 de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 2.700 m³/h basisdebiet;
- Minimumtemperatuur effluent van 8°C.

Op basis van de recente gegevens kan geconcludeerd worden dat deze uitgangspunten nog steeds als uitgangspunten gehanteerd kunnen worden. Dit betekent dat ook het oorspronkelijke uitgangspunt om ongeveer 8.000 woningen aan te sluiten nog steeds gehanteerd kan worden.

2013 Temperatuur °C /Debiet profiel [m³/h]



Figuur 2-2: Meetdata effluent en temperatuurniveau effluent RWZI Eindhoven, 2013

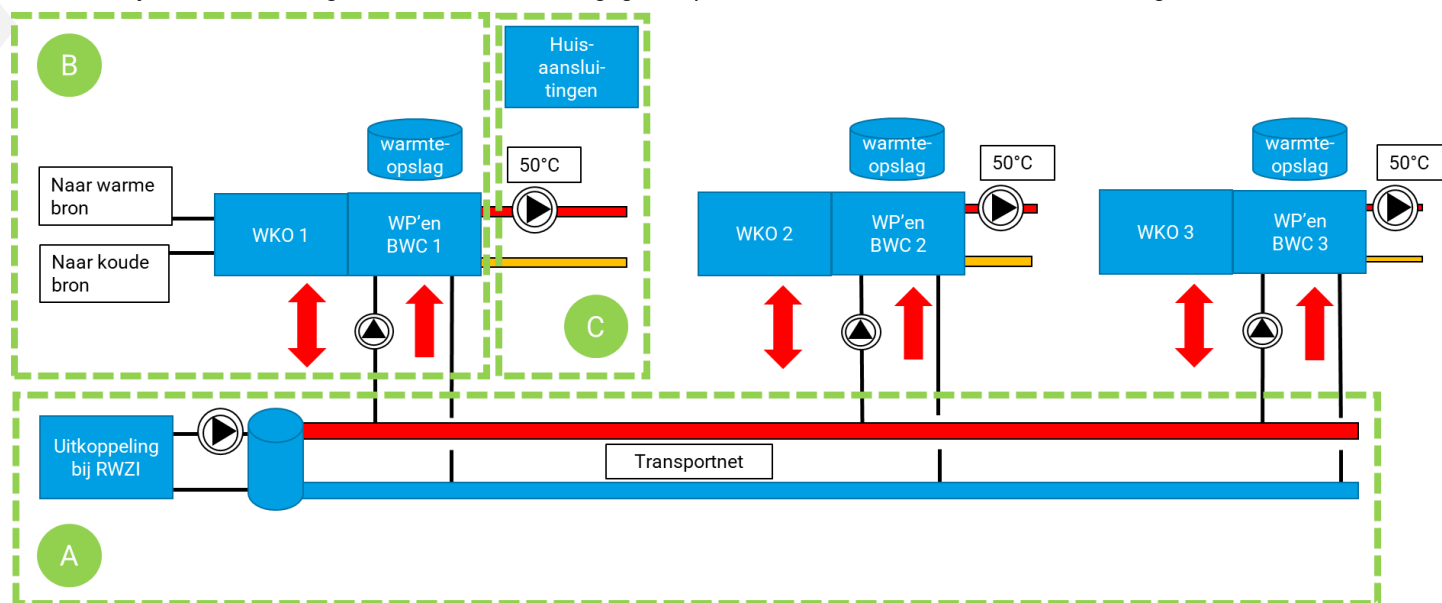
3 Principe totaalsysteem, inclusief afweging koudelevering

3.1 Uitgangspunten bij opbouw systeemconcept

Bij de opbouw van het systeemconcept zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Een warmtepompcentrale voor 8.000 woningen is eerder onderzocht en ruimtelijk niet of moeilijk inpasbaar. Het uitgangspunt is daarom meerdere warmtepompcentrales in het zoekgebied. Zie verder hoofdstuk 4.2 voor selectie van kansrijke posities voor deze warmtepompcentrales in het zoekgebied.
- Standaardisatie van warmtepompcentrales (Buurt Warmte centrales, BWC's).
- Warmte van de RWZI wordt via een transportnet naar de BWC's gedistribueerd.
- De temperatuur van het effluent is in de winter te laag om rechtstreeks te gebruiken als bron voor de warmtepompen in de BWC's. Dit betekent dat de warmte uit de RWZI die in de zomer een hogere temperatuur heeft, opgeslagen dient te worden in WKO's.
- WKO's kunnen los van de BWC's aangesloten worden of aan de BWC's gekoppeld worden. De functionaliteit is gelijk.
- Voordeel losse WKO's: meer flexibiliteit qua locaties.
- Nadeel losse WKO's: extra technische ruimtes nodig met 'eigen' voorzieningen per WKO-ruimte (bouwkundig, pompen/kleppen, regeltechnisch, elektrotechnisch, etc.) en daardoor hogere kosten realisatie en onderhoud.
- Keuze: WKO's gekoppeld aan BWC's: hierdoor willen we het modulaire concept zoals dat beschreven is in de PAW-aanvraag zo vele mogelijk behouden. Een buurt warmte centrale blijft hiermee een herhaalbaar en gestandaardiseerd concept, dat hiermee zélf warmte leveren wanneer dat noodzakelijk is, en gebruikt alleen het hoofdniet voor regeneratie van het systeem. Door een gestandaardiseerd concept toe te passen verwachten we dat de kosten lager zullen zijn dan wanneer iedere buurt warmtecentrale opnieuw ontwikkeld zal moeten worden.

De onderstaande figuur geeft de hoofdopzet van het systeemconcept weer. In eerste instantie met als uitgangspunt dat er geen koude geleverd wordt. Het is echter mogelijk om ook koude te gaan leveren vanuit het systeem. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op het nut en de noodzaak van koudelevering.



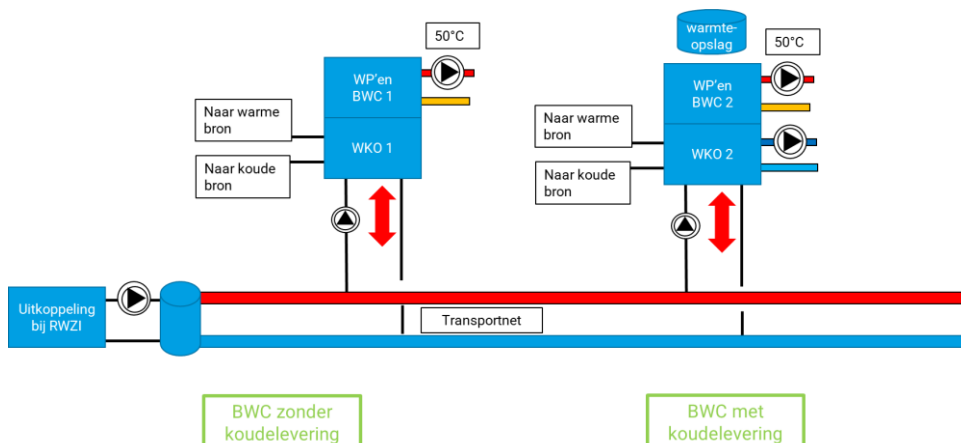
Figuur 3-1: Systeemopbouw met WKO's geplaatst bij buurt warmte centrales

3.2 Afwegingen met betrekking tot koeling

Bij het maken van de afweging met betrekking tot koeling zijn de volgende aandachtspunten overwogen:

- De eerste behoefte voor fase 1 is de levering van warmte aan de betreffende buurten, zodat deze buurten aardgasvrij kunnen worden. Koudelevering voor individuele woningaansluitingen is voor fase 1 geen doel. Wel houden we de mogelijkheid voor maatwerk ten behoeve van zakelijke aansluitingen nabij het hoofdtracé.
- De opzet van het systeem maakt het mogelijk om in de zomerperiode duurzame koude te leveren. In de WKO's van de BWC's is deze koude beschikbaar. Naast het warmtenet is er een koudenet nodig om de koude te leveren.
- Naast extra comfort heeft koudelevering als voordeel dat zomerwarmte uit de woning via de opslag in de WKO in de winter hergebruikt kan worden voor verwarming. Hierdoor is minder regeneratiewarmte uit de RWZI nodig en kan de beschikbare warmte van de RWZI per saldo voor meer woningen ingezet worden.
- De duurzame koude is zogenaamde hoogtemperatuur koeling. Laagtemperatuur koeling is niet mogelijk en niet wenselijk omdat dit leidt tot condensatie. Omgevingslucht heeft in de zomer een hoge luchtvochtigheid. Als deze lucht afkoelt condenseert de vochtige lucht. Hierdoor ontstaat ongewenste vochtige vloeren of slaat het vocht neer in de woning. In kantoorgebouwen, ziekenhuizen, etc. zijn de installatie uitgelegd op laagtemperatuur koeling en zijn er voorzieningen om het vocht op te vangen. Hierdoor zijn de installaties in dergelijke gebouwen aanzienlijk duurder dan in de woningbouw.
- Hoogtemperatuur koeling heeft dus niet hetzelfde resultaat als volledige airconditioning (laagtemperatuur koeling) maar zorgt er voor dat het binnenklimaat in de woning beter/comfortabel is dan in een woning die helemaal niet gekoeld wordt.
- Als er vanuit het systeem geen koude aangeboden wordt, zullen bewoners mogelijk in warme perioden individuele koelapparatuur installeren (airco's). Dit leidt tot extra elektragebruik. Omdat er steeds meer woningen zijn met zonnepanelen is de kans groot dat dit elektragebruik rechtstreeks vanuit de zonnepanelen geleverd wordt. Omdat de toename van zonnestroom tot ongewenste overschotten kan leiden, is de toename van extra elektriciteitsgebruik tijdens deze pieken vanuit het oogpunt van de balans in het elektriciteitsnet waarschijnlijk geen probleem.
- Het aansluitvermogen van een airco zal ongeveer 1 kW bedragen (daarmee kan ongeveer 3 kW koeling geleverd worden). Een aansluitvermogen van 1 kW kan geleverd worden met ongeveer drie zonnepanelen met een piekopbrengst van 330 Wp per paneel. Vanuit het oogpunt van netcongestie zal er dus niet zo snel een probleem optreden als gevolg van meer toepassing van airco's in de zomer. Voor definitieve uitspraken hierover zal uiteraard de netbeheerder geraadpleegd moeten worden.
- Per zomerdag zal er sprake zijn van een verbruik van 8 kWh bij 8 uur in bedrijf. Stel dat dit 50 dagen nodig is, zal er dus sprake zijn van een extra elektragebruik van ongeveer 400 kWh per jaar. Dit is ongeveer gelijk aan de jaaropbrengst van anderhalf zonnepaneel van 330 Wp ($800 \text{ vollasturen} \times 1,5 \times 330 \text{ Wp} = 400 \text{ kWh}$).
- Om koude te leveren aan de woningen zijn er extra voorzieningen nodig:
 - Extra distributienet (met bijbehorende pompen, etc.) vanaf de BWC naar de woningen; extra ruimtebeslag ondergrond.
 - Extra broncapaciteit WKO omdat in pieksituatie gelijktijdig koude geleverd moet worden aan de woningen als aan de RWZI; eventueel te voorkomen door RWZI bij hoge buitentemperaturen af te schakelen.
 - Aangepast afleverset in de woning.
 - Aanpassingen in de woninginstallatie om koude af te geven (koelconvectoren of vloerverwarming/koeling).

- Als er koude geleverd wordt, is er zoals genoemd minder regeneratiewarmte vanuit de RWZI nodig. De huidige berekeningen gaan uit van een regeneratiebehoefte van 22 GJ per woning. Als koeling geleverd wordt, vermindert de regeneratiebehoefte met maximaal ongeveer 5 GJ per woning. Dit zou betekenen dat ongeveer 2.500 extra woningen aangesloten kunnen worden (t.o.v. 8.000).



Figuur 3-2: Systeemopbouw Buurt Warmte centrales met koeling

3.3 Inschatting investeringskosten koeling bestaande woning

De koude die nodig is voor koeling is beschikbaar in de koude bronnen van de WKO's. Om deze koude naar de woningen te distribueren en om de woningen geschikt te maken om te kunnen koelen, zijn relatief hoge investeringskosten nodig. Deze zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Onderdeel	Kosten excl. btw	Toelichting	
Collectief:			
1	- Extra distributienet incl. pompen, etc. in BWC - Minderkosten regeneratie RWZI - Extra bronkosten voor piek in de zomer	3.500, - -/- 500, - PM	15 meter tracé x 200, - per meter
2	Aangepaste afleverset in woning	1.000, -	Appendages en regeling koeling
3	Aanpassingen warmte- en koudeafgifte in woning	3.000, - tot 5.000, -	Inschatting. Een Jaga-ventilatorconvector 615 W hoog temperatuur koeling kost 1232 euro bruto exclusief montage. Vloerverwarming in een bestaande woning ongeveer 3.000 euro.
Totaal extra kosten om koude te kunnen leveren		7.000, - tot 9.000, -	

Ter vergelijking met bovenstaande kosten: een airco van ongeveer 2,5 kW (binnen- en buitendeel) kost ongeveer €1.500, -. De jaarlijkse energiekosten zijn ongeveer €80, - per jaar hoger dan bij duurzame koeling (400 kWh x 0,20 per kWh zonnestroom). De meerkosten van duurzame koeling (5.500 tot 7.500 euro) hebben daarmee een lange terugverdientijd (>70 jaar).

3.4 Totale kostenvergelijking inclusief levering koude

De vergelijking zoals in hoofdstuk 3.3 weergegeven geldt voor een individuele woning. De 'waarde' van koudelevering vanuit de WKO's is echter dat er per saldo meer woningen op het systeem aangesloten kunnen worden. Om een goede totaalvergelijking te maken dient daarom het financiële effect bekeken te worden van een situatie met koudelevering (waarbij totaal 10.500 woningen aangesloten kunnen worden) en een situatie zonder koudelevering waarbij 8000 woningen aangesloten kunnen worden en dus 2500 woningen alternatief verwarmd moeten worden (luchtwarmtepompen). In onderstaande tabel wordt zichtbaar dat koeling van uit het systeem een

hogere prijs met zich mee brengt dan de koeling met individuele airco's. Dit komt deels door de lagere investeringskosten in de koeling, en deels door de lagere hoeveelheid huizen die een airco neemt; een deel van de woningen heeft immers mogelijk al een warmtepomp die ook kan koelen. Omdat de kosten van koelen vanuit het bestaande systeem op deze manier en het, zoals eerder benoemd in de afwegingen in paragraaf 3.2 géén doel is om de koelen, maar een doel is om aardgasvrij te gaan verwarmen in de woningen, wordt een verdere uitwerking van koeling in dit bestaande systeem niet meer gemaakt.

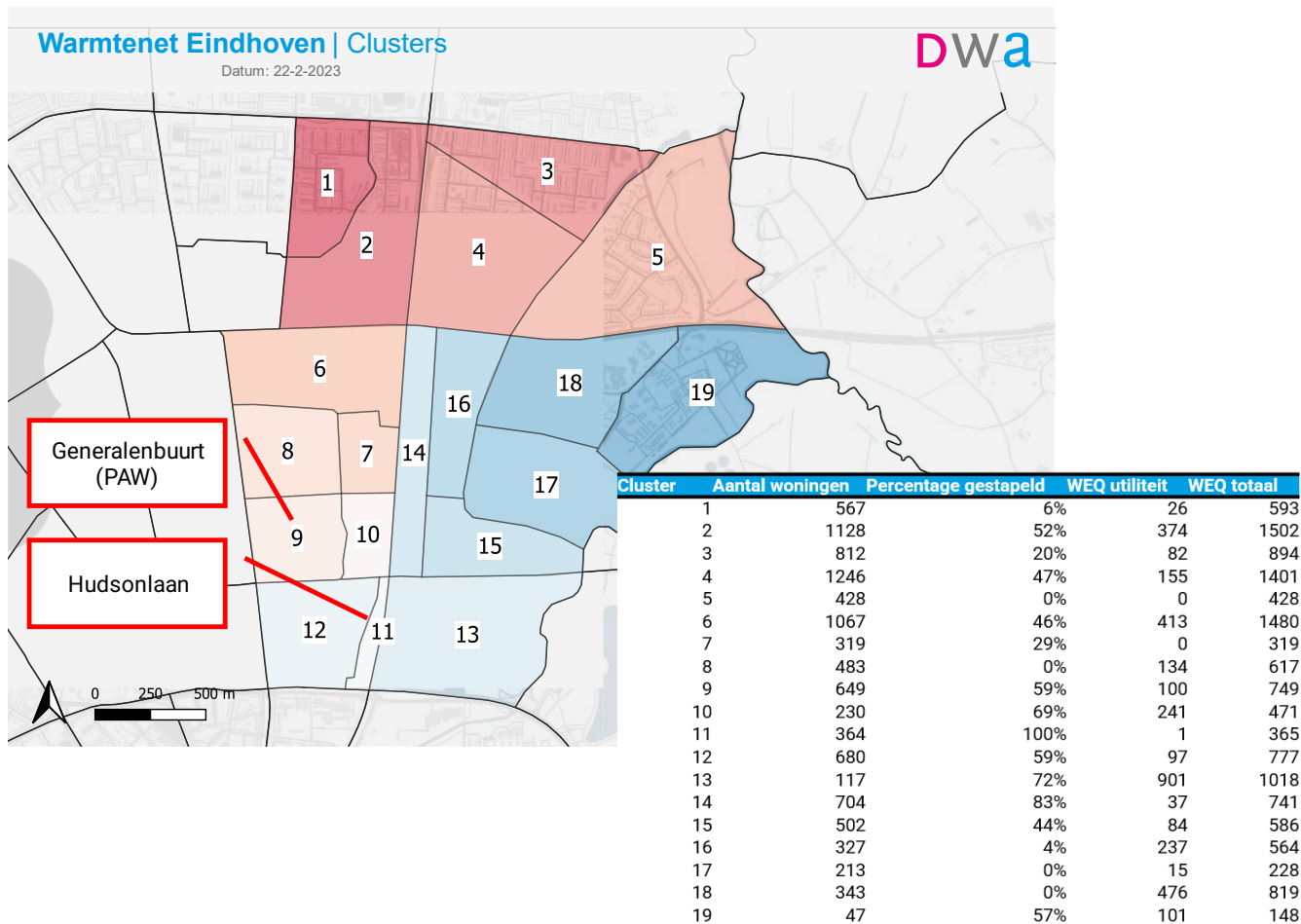
	Met koeling uit systeem	Met koeling van individuele airco	
Aantal woningen op totaal systeem RWZI	10.500	8.000	
Kosten koeling eenmalig per woning	7.000, - tot	1.500, -	
Extra energiekosten voor koeling per woning cumulatief en contant gemaakt over 30 jaar	9.000, -	1.500, -	
Aantal woningen met alternatief luchtwarmtepomp (die ook kan koelen)	-	2.500	
Meerkosten luchtwarmtepomp per woning (extra kosten t.o.v. alternatief met BWC's en RWZI)	-	9.000, -	Een systeem met een luchtwarmtepomp kost in totaal 450 euro/jaar/woning meer dan het systeem met de RWZI als bron (zie vergelijking alternatief.). Over de levensduur is dit cumulatief en contant gemaakt ongeveer 9000 euro/woning.
Totaal 10.500 woningen	74 tot 95 miljoen	48 miljoen	

4 Zoekgebieden en potentiële locaties BWC's

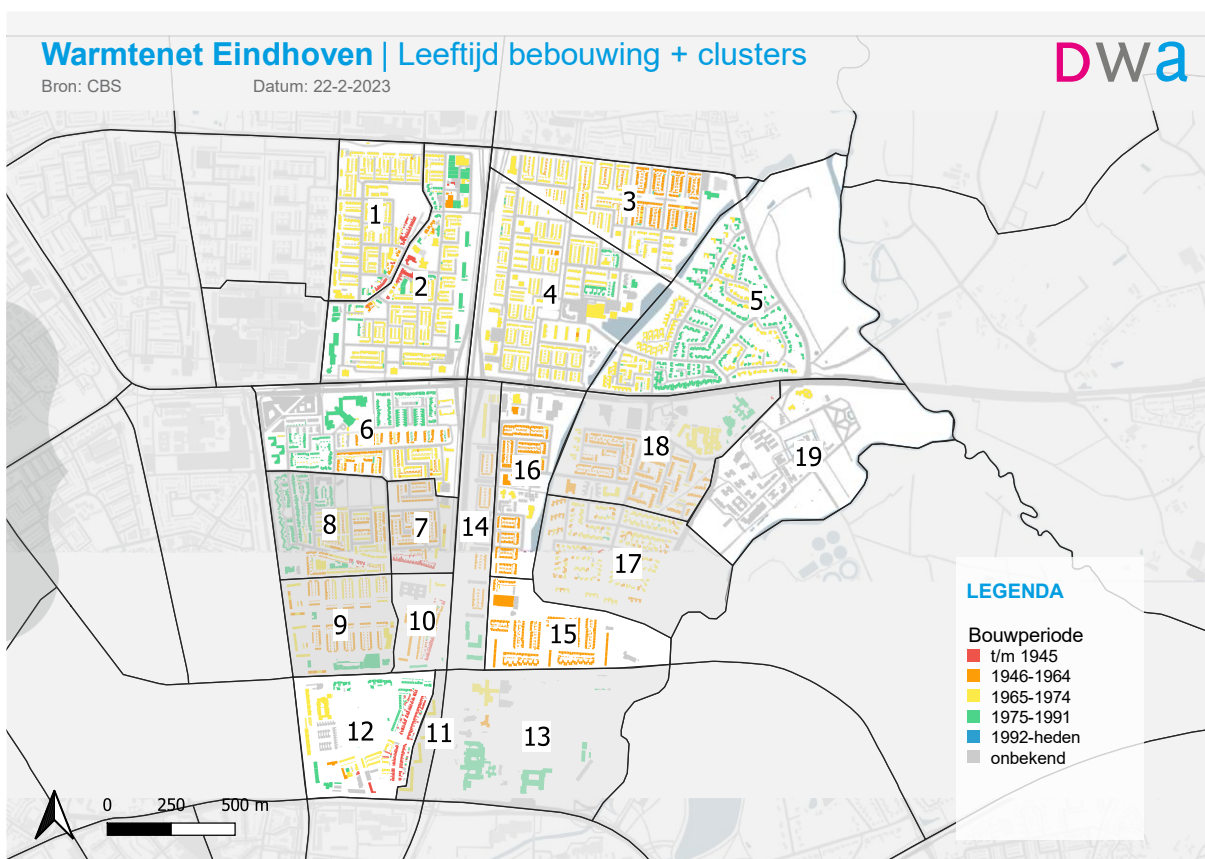
4.1 Uitgangspunten voor bepaling zoekgebieden

Bij de bepaling van potentiële zoekgebieden zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

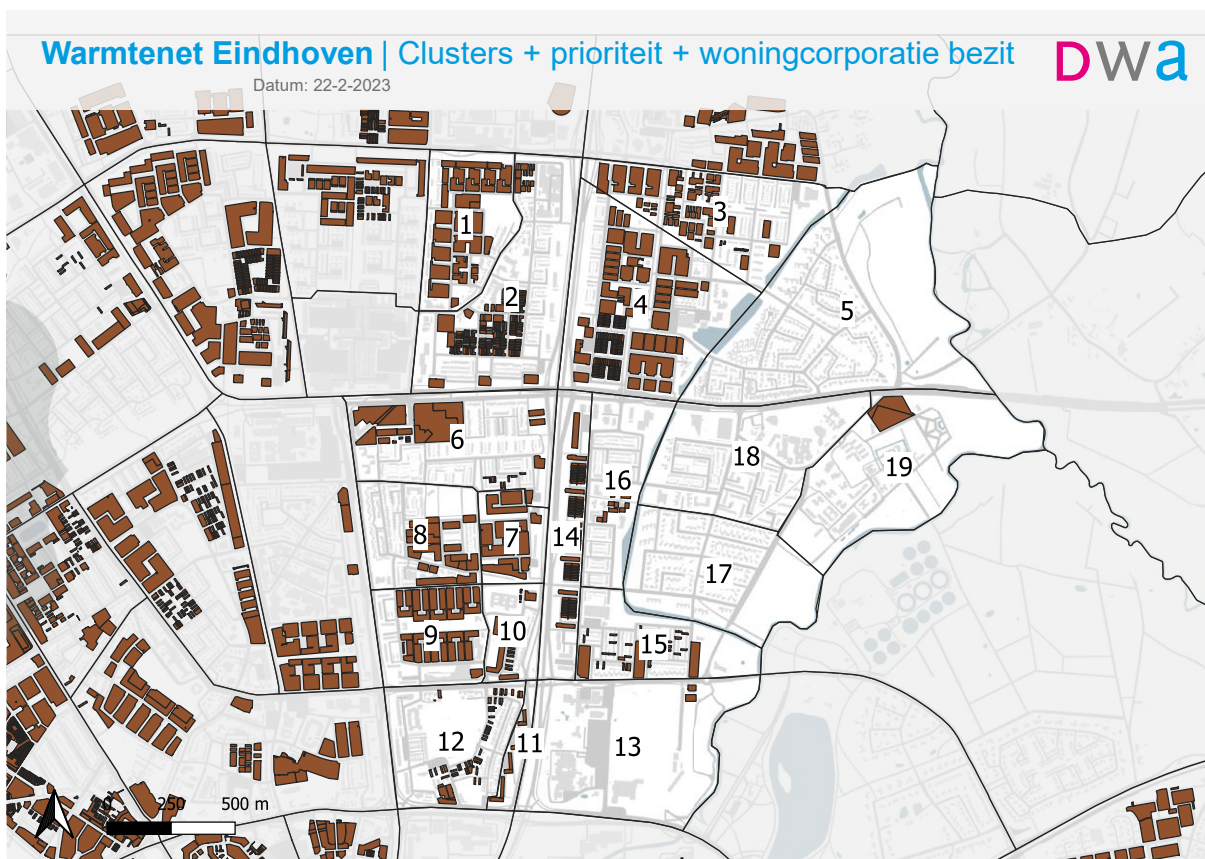
- Potentie is 8.000 WEQ;
- Gebied opgedeeld in clusters om zo woningaantallen aan elkaar te kunnen 'puzzelen';
- Gemeente heeft prioriteitsgebieden benoemd (1, 2 en 3);
- Prioriteitsgebieden:
 - Generalenbuurt;
 - Hudsonlaan.
- Op basis van scope van het project wordt mede het tracé van de hoofdleiding en de potentiële locaties van BWC's bepaald.



Afbeelding 4-1: Zoekgebied 8.000 woningen met twee 'startbuurten'.



Afbeelding 4-2: Bouwperiode woningen



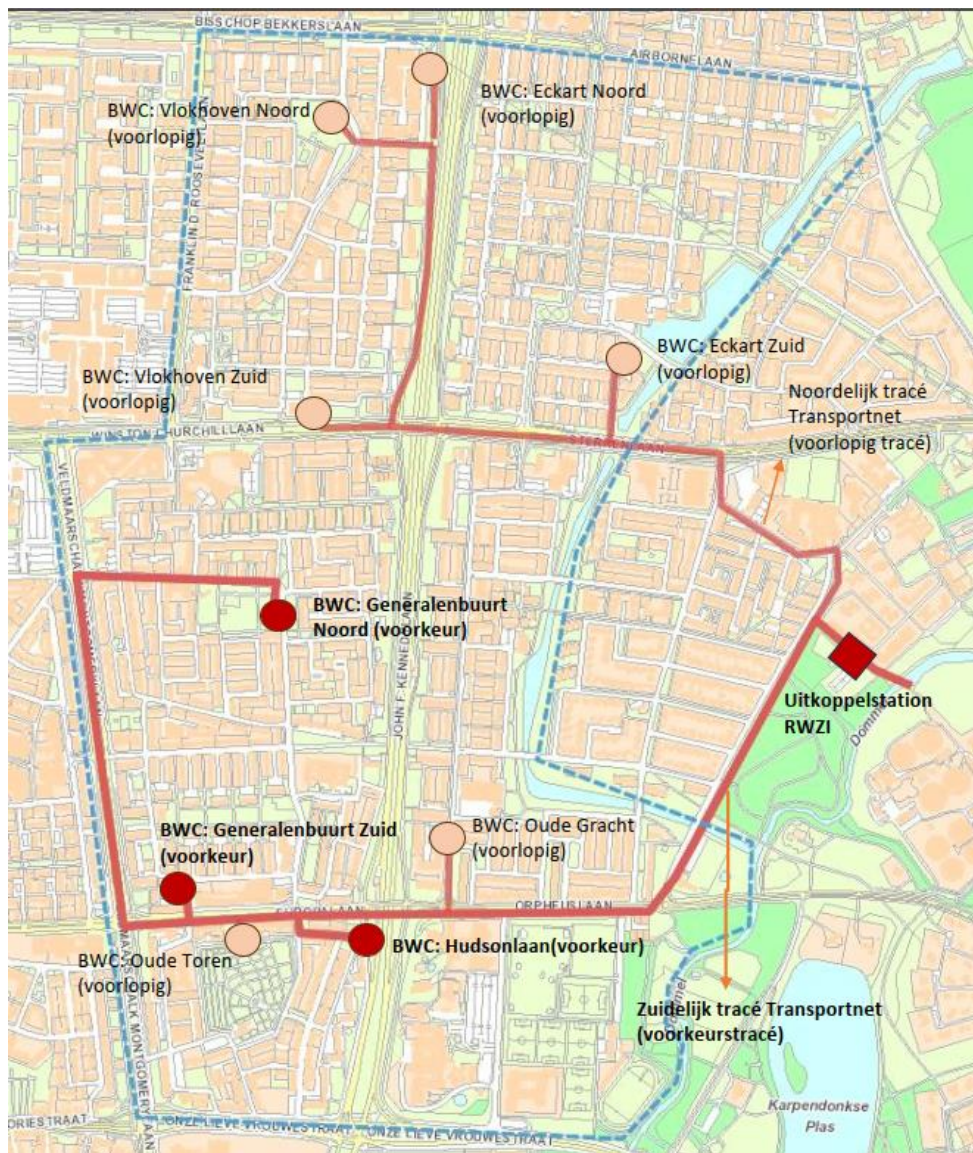
Afbeelding 4-3: Corporatiebezit binnen de buurten

4.2 Locaties Buurt Warmte centrales (BWC's)

Uitgangspunten buurt warmte centrales:

- Gemiddeld aantal aan te sluiten woningen: 1.000.
- Aantal mogelijke locaties: 8.

In afbeelding 4-4 zijn de beoogde locaties van de buurt warmte centrales weergegeven. Hierbij is er gekeken naar beschikbaarheid van locaties in de openbare ruimte, bereikbaarheid door middel van een hoofdtracé, en een leveringsgebied van ongeveer 1.000 woningen.



Afbeelding 4-4: Beoogde locaties BWC's

5 Vergelijking met alternatieven

In dit hoofdstuk wordt het eerder omschreven systeemconcept vergeleken met een aantal alternatieve technieken. Waar nodig wordt het huidige concept nogmaals uiteengezet.

5.1 Alternatieven voor duurzame warmte

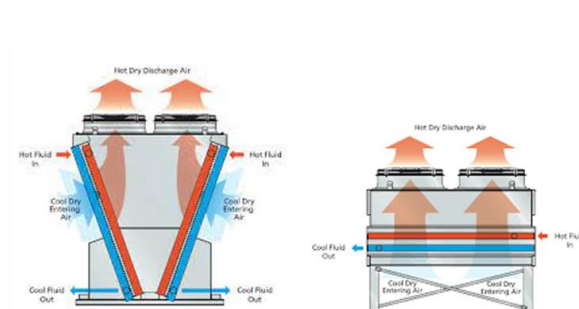
Collectieve warmtepompinstallaties met WKO (BWC's); regeneratie via transportnet met warmte uit RWZI

In dit systeem wordt de onbalans die ontstaat in de bodem door een grotere warmte dan koudevraag in de woningen geregenereerd met warmte uit de nabijgelegen RWZI. Dit betekent dat er een groot distributienet nodig is vanaf de RWZI naar de BWC's. Tegelijkertijd is dit bijna gratis warmte; de warmte is immers over bij de RWZI.

Collectieve warmtepompinstallaties met WKO (BWC's); regeneratie met warmte uit de buitenlucht

Wanneer het buiten warm is, wordt warmte met droge koelers (ventilatoren) uit de buitenlucht onttrokken en in de WKO geladen. De BWC kan volledig zelfstandig draaien, zonder leidingen vanuit de RWZI. Nadelen zijn: geluidsproductie midden in de wijk, ruimtebeslag en elektragebruik van de droge koelers.

Doordat er ten opzichte van de RWZI minder uren beschikbaar zijn om warmte te laden, is er een relatief hoge capaciteit nodig voor zowel de droge koelers als voor de WKO.



Afbeelding 5-1: Voorbeelden van droge koelers op daken of grondgebonden, toegepast voor regeneratie.

Individuele warmtepompen

Tot slot kunnen alle woningen ook individueel verwarmen. Een voordeel hiervan is dat iedereen zelf kan kiezen welk type warmtepomp gewenst is. Hier kleven enkele nadelen aan: de geluidsproductie die ontstaat door de gehele wijk (bij lucht-warmtepompen), het ruimtebeslag zowel in, als buiten de woning voor een individueel met voorraadvat om te douchen, en het benodigde aansluitvermogen van de individuele warmtepompen is in totaal hoger dan bij de collectieve warmtepompinstallaties.

5.2 Vergelijking alternatieve technieken BWC

Tijdens het uitwerken van de PAW-aanvraag is er gekeken naar het nut van toepassing van een centrale opwek systeem om de wijk zo aardgasvrij te maken. Voordelen hiervan zijn de mogelijkheid om de warmte relatief eenvoudig tot een hoger temperatuurniveau te verhogen, waardoor de woningen in de wijk ook aangesloten kunnen worden, zonder dat deze tot een extreem hoog niveau geïsoleerd moeten worden. Wanneer deze woningen op een zeer lage temperatuur verwarmd moeten worden zal een deel van de woningvoorraad sterk geïsoleerd moeten worden. Dit leidt weliswaar tot een lager energiegebruik, maar geeft ook een zeer grote impact voor de bewoners, waarbij zij mogelijk tijdelijk de woning moeten verlaten, en ook de huurbare oppervlakte verkleind kan worden wanneer er isolatie aan de binnenzijde van de woningen noodzakelijk is. Toch is er opnieuw een korte vergelijking gemaakt met de verschillende alternatieve technieken voor het verwarmen van de woningen, om deze ook up-to-date te houden. Hieruit wordt geconcludeerd dat de jaarlijkse kosten zeer waarschijnlijk het laagste zullen zijn wanneer er aansluiting plaats vindt op de RWZI in combinatie met het buurt warmte centrum, dat is voor deze buurten een belangrijk onderdeel van de overweging om voor deze techniek te kiezen, naast de al eerder genoemde voordelen uit de PAW-aanvraag.

In de onderstaande tabel worden de alternatieve technieken op verschillende aspecten vergeleken.

	Gasketel	Indiv. lu/wa WP	Indiv. bodem WP	Warmtenet RWZI	Warmtenet droge koelers
Geluidsproductie openbare ruimte	Nee	Ja, door hele wijk	Nee	Nee	Ja, centraal
Duurzame koeling mogelijk? ¹	Nee	Nee	Ja	Ja, extra net	Ja, extra net
Individuele keuzevrijheid	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
Distributienet in wijk noodzakelijk	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Transportnet naar BWC noodzakelijk	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee
Benodigde elektrische capaciteit (in verhouding)	Klein	Groot	Groot	Klein-gemiddeld	Gemiddeld
Benodigde debiet WKO zonder optimalisatie	-	-	-	500 m3/h	240 m3/h
Capaciteit regeneratie	-	-	-	Ca 3.500 kW	Ca 2.000 kW

Tabel 5-1: Vergelijking alternatieve technieken

Bij het maken van de vergelijking van de alternatieven zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

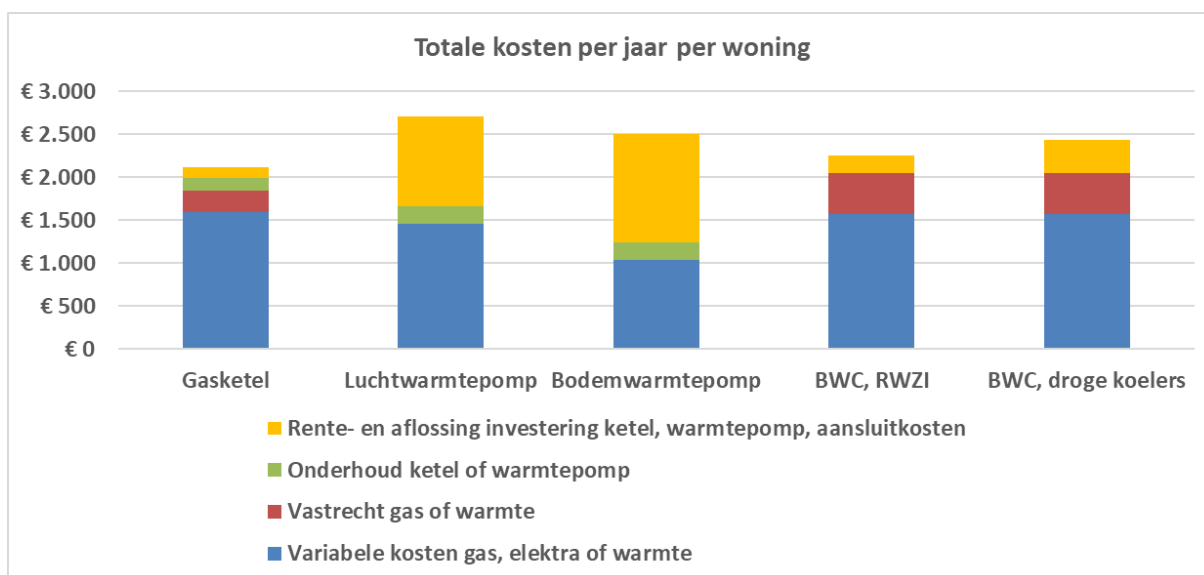
- Vergelijking voor een BWC van 1000 WEQ;
- Totale kosten per variant vanuit het perspectief van de bewoner:
 - Variabele kosten: elektriciteit individuele warmtepomp, afgenomen warmte, gas;
 - Vaste kosten: onderhoud individuele warmtepomp of gasketel, vastrecht gas, vastrecht warmte;
 - Eenmalige investeringskosten: omgerekend naar kapitaalslasten/hypotheeklast.
- Energietarieven (energieplafond):
 - Gastarief: 1,45 €/m3 incl. btw;
 - Elektriciteitstarief: 0,40 €/kWh incl. btw;
 - Warmtetarief: 45 €/GJ incl. btw.

¹ Voor "Specials" wordt koelen wel mogelijk

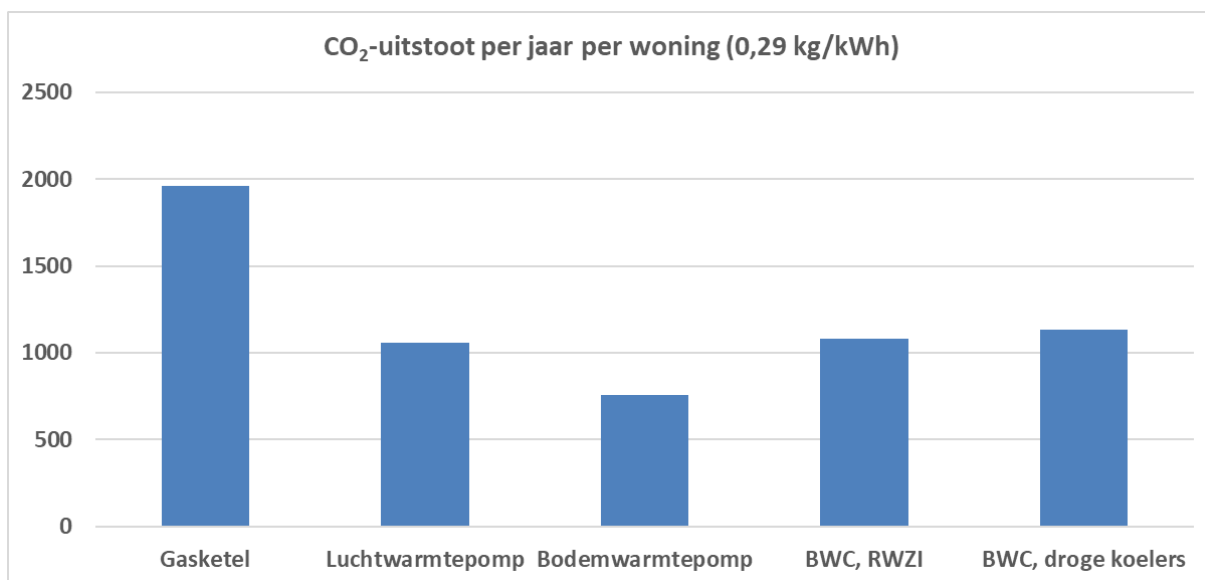
Kosten inclusief btw	Gasketel	Indiv. lu/wa WP	Indiv. bodem WP	Warmtenet RWZI	Warmtenet droge koelers
Eenmalige investeringskosten	1.500, -	15.000, -	17.500, -	10.000, -	13.700, -
Subsidie	-	2.500, -	2.500, -	6.000, -	6.000, -
Netto eenmalige investeringskosten		12.500, -	15.000, -	4.000, -	7.700, -
Kapitaalslasten (3%, 15 of 30 jaar)	126, -	1.047, -	1.256, -	204, -	393, -
Jaarlijks verbruik Elektraverbruik naverwarming tapwater	1.100 m3 389 kWh	3.650 kWh	2.600 kWh	33 GJ 389 kWh	33 GJ 389 kWh
Jaarlijkse energiekosten variabel Elektrakosten naverwarming tapwater	1.595, - 155, -	1.460, -	1.040, -	1.415, - 155, -	1.415, - 155, -
Vastrecht gas/ warmte	250, -	-	-	475, -	475, -
Onderhoud ketel/ individuele warmtepomp	150, -	200, -	200, -	-	-
Totaal kosten per jaar	2.120, -	2.705, -	2.500, -	2.250, -	2.440, -

Tabel 5-2: Overzicht totale kosten

Resultaten – jaarlijkse kosten



Figuur 5-1: jaarlijkse kosten verwarming alternatieve systemen

Resultaten – kg CO₂ uitstoot per woning per jaarFiguur 5-2: overzicht jaarlijkse CO₂-uitstoot verwarming, uitgaande van 0,29 kg CO₂/kWh

6 Samenvatting van hoofdonderdelen

In dit hoofdstuk zijn de hoofdonderdelen van het totaal systeem samengevat, inclusief de belangrijkste bevindingen. Uitwerkingen van keuzes en onderdelen en toelichting hierop is te vinden in de bijlagen per hoofdonderdeel. De volgorde van de hoofdstukken volgt de volgorde van de warmtestroom:

- 1 Uitkoppeling RWZI;
- 2 Transportnet;
- 3 Buurtwarmte centrale;
- 4 Distributienet.

6.1 Uitkoppeling RWZI

Onderzochte mogelijkheden

De uitkoppeling van de RWZI bestaat uit: een uitkoppeling, pompen en een aankoppeling aan het transportnet. Deze moeten ergens geplaatst worden. Figuur 6.1 geeft de kaders weer waarbinnen de onderdelen een plek moeten krijgen. Daarbij staan twee hoofdonderdelen min of meer vast:

- 1 De uitkoppeling van het effluent zal plaats moeten vinden aan het einde van de effluentgoot. De meest geschikte plaats is weergegeven in figuur 6.2 (na de beluchttingsplaten en kantelsluis).
- 2 Het tracé van het transportnet is voorsien over het terrein van Lunet (Woonpark Eckartdal) richting de Amazonenlaan.

Tussen deze twee punten zullen de eerder genoemde onderdelen en leidingen geplaatst moeten worden. Qua ruimtebeslag is er onderscheid te maken tussen:

- Componenten in of naast de effluentgoot (pompen en/of filters);
- Componenten in een technische ruimte (warmtewisselaars, pompen, etc.);
- Leidingtracés vanaf de effluentgoot richting de wijken (eerst effluentleidingen; na warmtewisselaar transportleidingen).

Het omkaderde deel in figuur 6.1 is de 'schuifruimte' voor deze onderdelen.



Figuur 6-1: Zoeklocatie uitkoppeling RWZI



Figuur 6-2: Luchtfoto RWZI Eindhoven, inclusief locatie onttrekking

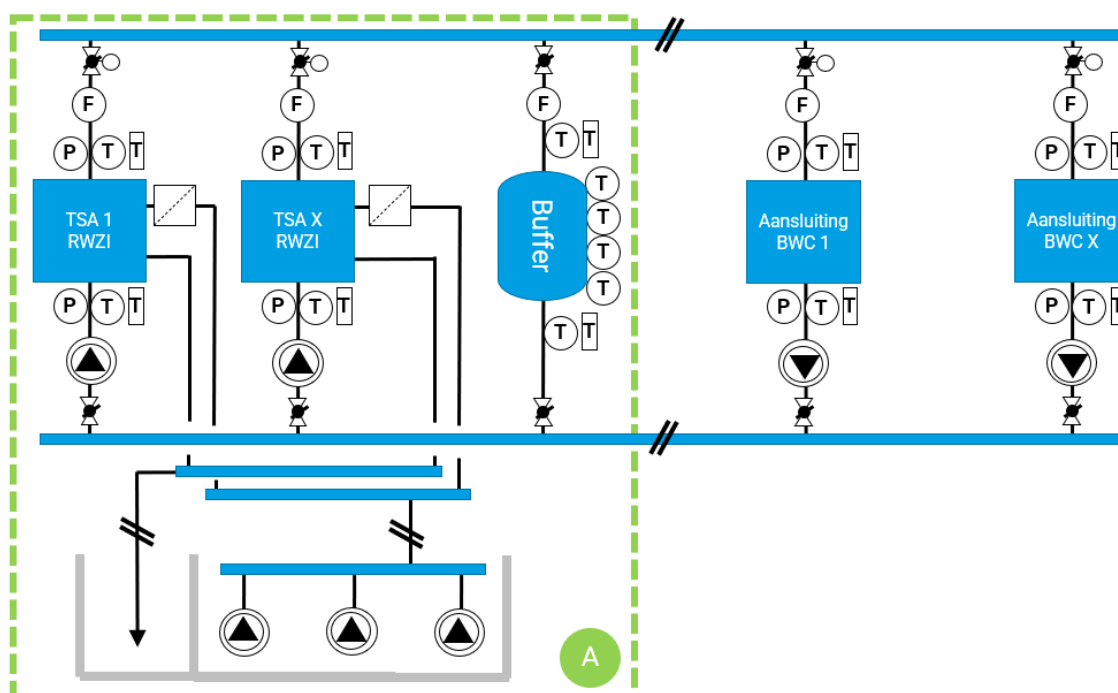
Systeemschema

In Figuur 6-3 is het principe schema schetsmatig weergegeven voor varianten waarbij de versnijdende pompen in de goot gehangen zijn. Voor de varianten met UVAR-korven hangen op de plek van de pompen UVAR-korven, gekoppeld aan pompen buiten de goot. Vervolgens is het systeemschema gelijk voor beide uitkoppelmogelijkheden.

De gehele uitkoppeling en verwerking van het effluent uit het RWZI zal tenminste bestaan uit de volgende onderdelen:

- 1 Uitkoppeling effluent;
- 2 Technische ruimte met warmtewisselaars etc.;
- 3 Kruising Dommel.

Deze onderdelen zullen verder uitgewerkt moeten worden in de praktische uitwerking in het VO of DO. In volgende paragrafen zijn de technische keuzes hiervoor weergegeven en uitgewerkt.

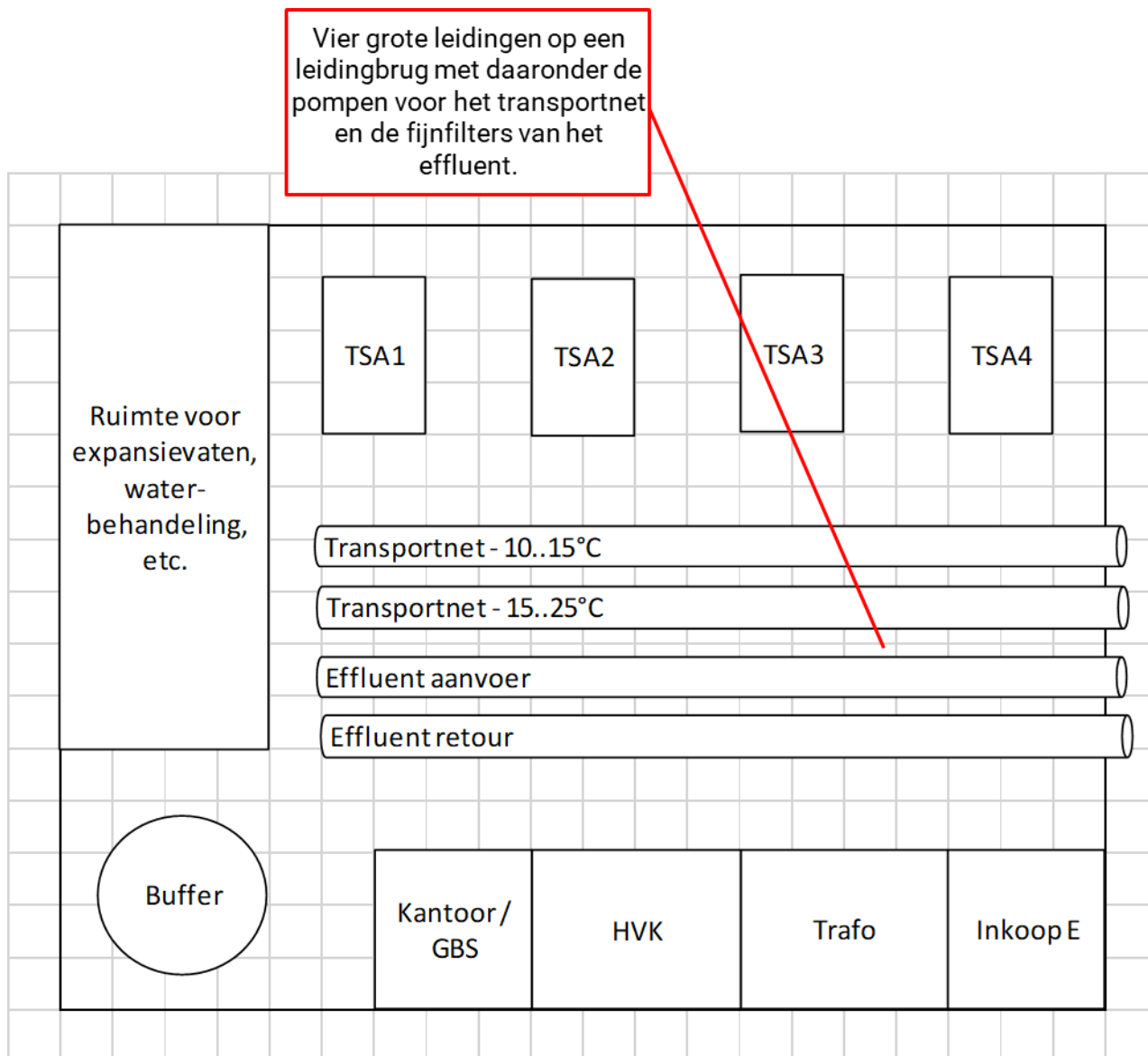


Figuur 6-3: Schetsmatig principe uitkoppeling RWZI met versnijdende pompen.

Dimensionering technische ruimte

In figuur 6-4 is een mogelijk ruimtebeslag van de technische ruimte weergegeven wanneer alle onderdelen grondgebonden uitgevoerd wordt.

Vervolgens is er een vlekkenplan opgesteld waarbij de verzamelleidingen op een leidingbrug geplaatst worden, met pompen en filtering er onder geplaatst. Hierdoor wordt de technische ruimte hoog (ongeveer 4 meter), maar kan er ook vloeroppervlak gespaard worden. Verwacht wordt dat het vloeroppervlak ongeveer 300 m² zal zijn. In de VO- en DO-fase zullen op basis van dimensionering en selectie van componenten de definitieve ruimte en de indeling daarvan bepaald worden.



Figuur 6-4: Schets footprint pompcentrale met leidingbruggen.

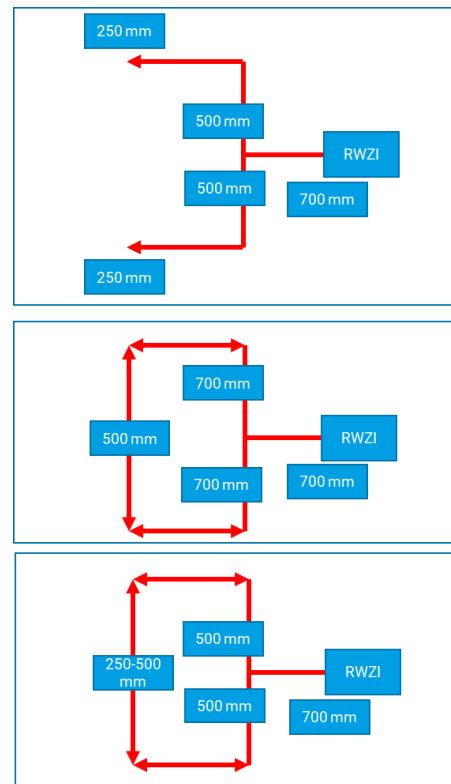
6.2 Transportnet

Bij het dimensioneren van het transportnet zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Tracé: startpunt RWZI en eindpunten BWC's;
- Diameter hoofdleidingen: startpunt 2.700 m³/h: 710 mm buitendiameter;
- Temperatuurniveau: 5 tot 25°C;
- Materiaal: HDPE, sterkteklasse: SDR-11, isolatie: niet noodzakelijk bij temperatuurregime;
- Principe: vertakt netwerk of ringvormig netwerk of combinatie;
- Hydraulisch principe: 'passief' net met 'haalpompen' bij de BWC's;
- Vervolg: simulatie net in Hysopt?
 - Onder andere check relatief kleine volumestroom door een grote buis;
 - Hoe moeten de 'haalpompen' bij de BWC's gedimensioneerd worden?

Bij het opstellen van het hydraulisch ontwerp zijn de volgende uitgangspunten overwogen:

- Transportnet is 'passief':
 - BWC's 'halen' water uit het net;
 - ZLT-pomp bij uitkoppeling RWZI 'brengt' water in het net o.b.v. vraag BWC's (waterbalans);
- Overweging: of toch het warmtenet 'actief' maken?
 - Geen 'haalpompen' nodig bij BWC maar vraag gestuurde tweewegkleppen;
 - 'Brengpomp' in transportnet (bij uitkoppeling RWZI) moet groot drukverschil over transportnet en tweewegkleppen bij BWC's te leveren (grote opvoerhoogte en dus groot elektrisch vermogen);
- Vervolg: simulatie net in Hysopt?
 - Onder andere check relatief kleine volumestroom door een grote buis
 - Hoe moeten de 'haalpompen' bij de BWC's gedimensioneerd worden?



Afbeelding 6-1: Mogelijke vormen leidingtracé

6.3 Buurt Warmte centrales

Bij het dimensioneren van de buurt warmte centrales zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

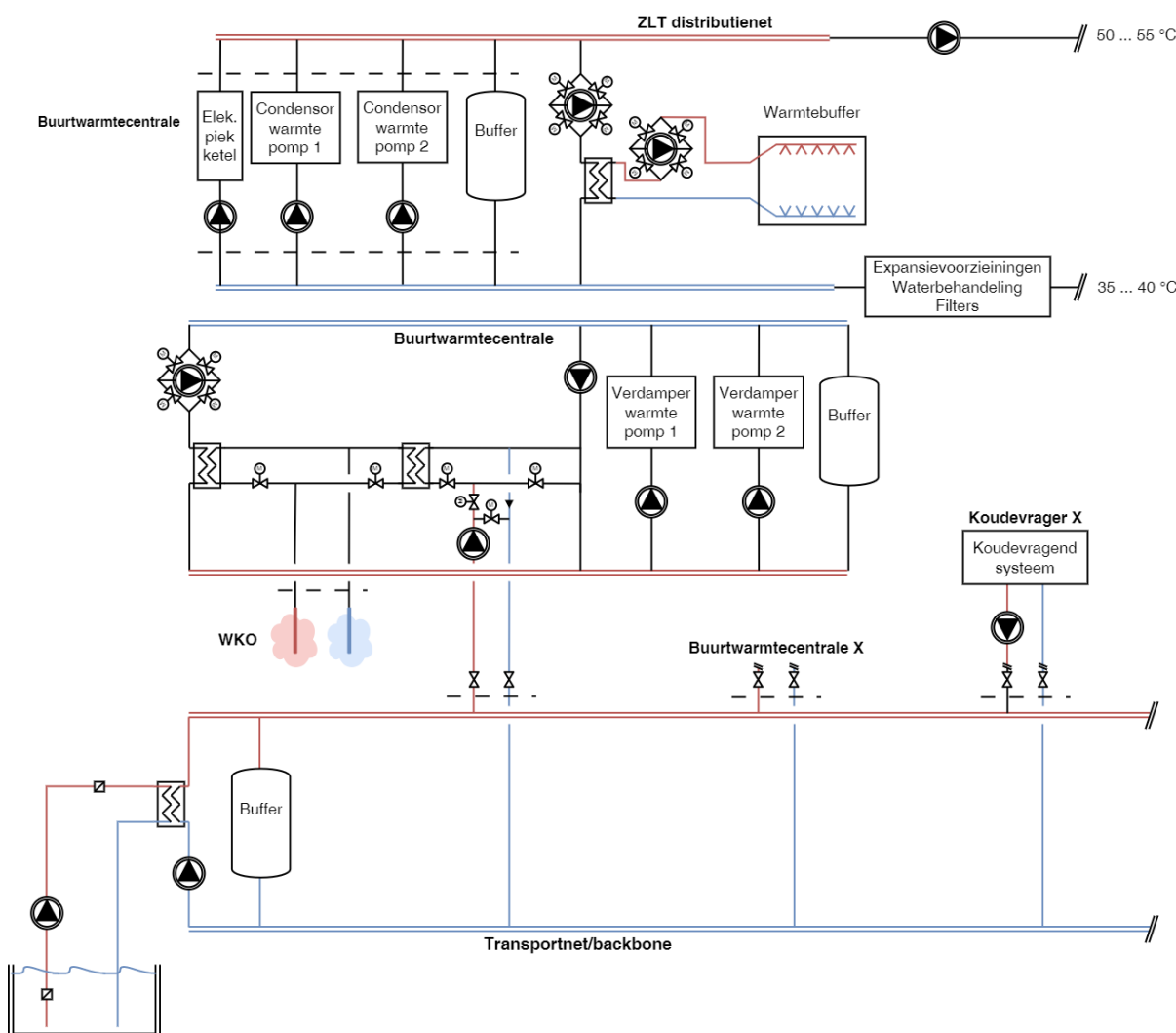
- Standaard opzet voor gemiddelde grootte: 1.000 woningen
 - Isolatie niveau van de woning (gemiddeld na verbetering):
 - o Gevel/dak: 2,0/4,0 m²K/W/ u-raam 1,6 W/m²K / Ventilatie type C (natuurlijke toevoer, mechanische afvoer)
 - Woningen (aantal/ oppervlak/ capaciteit ruimteverwarming):
 - o 400 appartementen, 80 m², 4,4 kW
 - o 200 rijwoningen 100 m², 5,8 kW
 - o 200 hoekwoningen 120 m², 7,7 kW
 - Geen koudelevering
- Totaal op te stellen centrale capaciteit inclusief gelijktijdigheden: 4.113 kW, 55/35°C, 175 m³/h, DN200
- Dimensionering hoofdcomponenten: Warmtepompen leveren 70% van benodigde vermogen met vier units. Als één unit uitvalt kan het elektrisch vermogen hiervan ingezet worden voor een elektrische ketel. Deze levert samen met de drie andere warmtepompen dan 60% van het piekvermogen. Dit is samen met de inhoud van de warmteopslag (ongeveer 0,6 m³ per woning) voldoende om de koude perioden van het klimaatjaar 2005 door te komen.

Bij het dimensioneren van de hoofdcomponenten zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Aansluiting op transportnet: 240 m³/h
- WKO: 240 m³/h (check of dit mogelijk is met twee doubletten; inpassing uitwerken in VO/DO)
 - delta T van 8K; koude en warme brontemperatuur van respectievelijk 10 en 18°C
- Warmtepompen: 2.900 kW (4x 725 kW)
- Elektrisch vermogen warmtepompen bij COP 4,5: 640 kW
- Totaal elektrisch vermogen voor warmtepompen, pompen, etc.: 715 kW
- Elektrische ketel: 640 kW (elektrisch vermogen dat beschikbaar komt bij volledige uitval van warmtepompen)
- Warmteopslag als piekvoorziening en voor sturing op lage energiekosten: 600 m³
 - Uitvoering als betonnen bak onder technische ruimte (200 m² x 3...3,5 m). Nog nader te onderzoeken en uit te werken of dit civieltechnisch mogelijk is tegen acceptabele kosten.
 - Slim regelalgoritme uit te werken waarmee de warmteopslag geladen wordt met warmtepompen op momenten dat de energieprijis laag is. Ook kunnen er afspraken gemaakt worden met de netbeheerder dat het maximumvermogen op bepaalde momenten niet benut zal worden.

Principeschema (geen bedrijfssituatie)

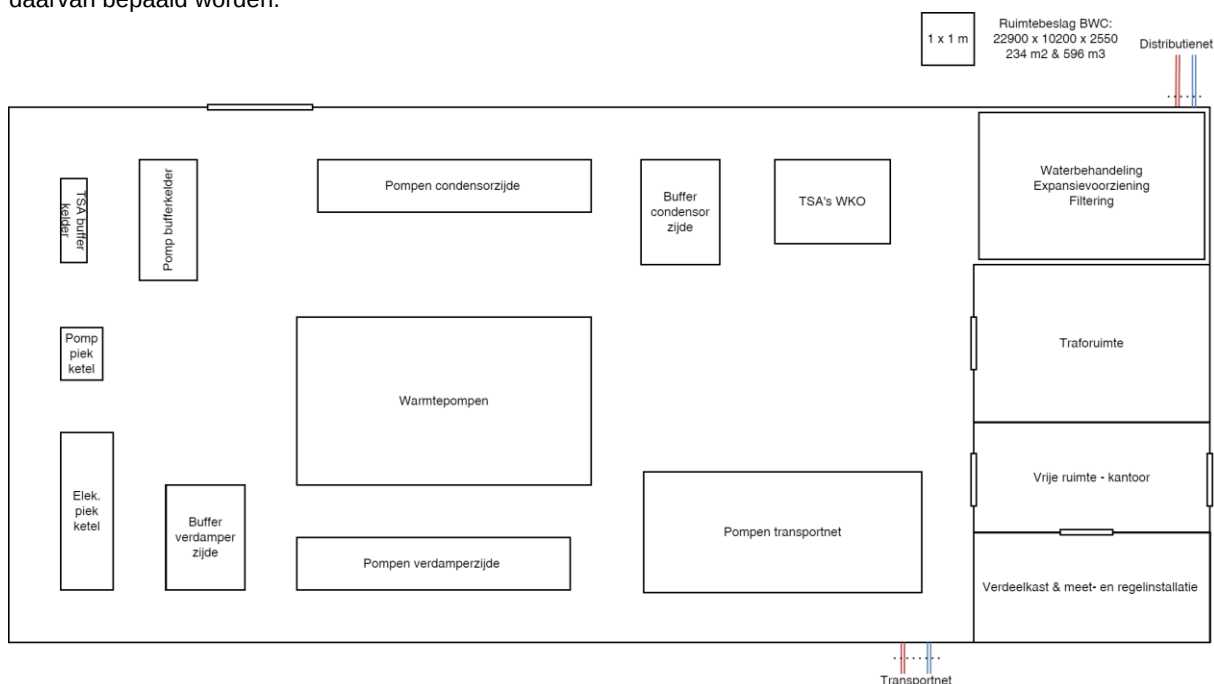
Hieronder is het principeschema van één BWC, aangesloten op het transportnet, weergegeven. De weergegeven warmtebuffer zal wanneer mogelijk onder de BWC gerealiseerd worden. Dit warmtebuffer is niet de seizoensopslag (WKO) maar is bedoeld om piekvraag op te kunnen vangen en zo de warmte zo duurzaam mogelijk met warmtepompen op te kunnen wekken, zonder dat er een extreem groot vermogen van de warmtepompen noodzakelijk is.



Figuur 6-5: Principeschema BWC

Dimensionering en indeling – bovenaanzicht

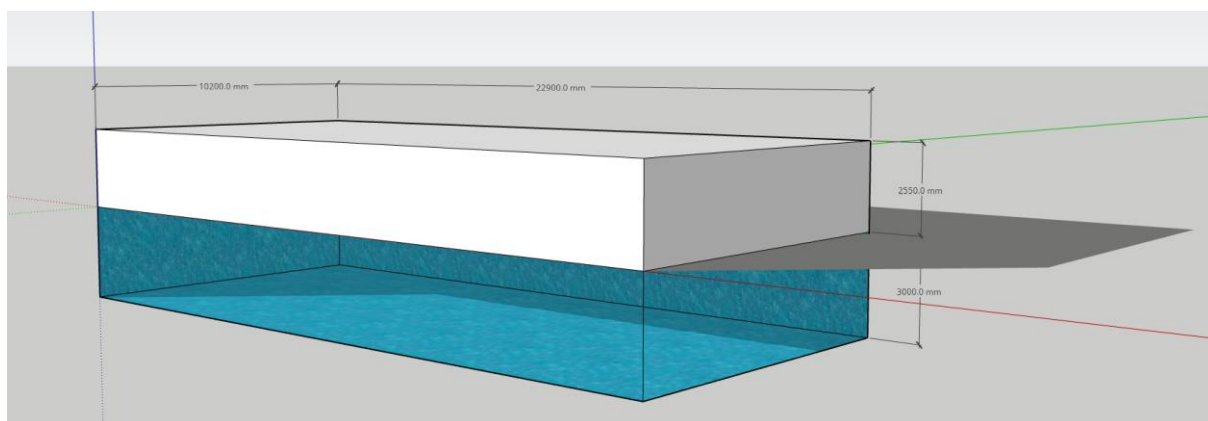
In figuur 6-6 wordt een schematische weergave van de dimensionering en positionering van de hoofdonderdelen in een BWC weergegeven. Verwacht wordt dat het vloeroppervlak ongeveer 235 m² zal zijn. In de VO- en DO-fase zullen op basis van dimensionering en selectie van componenten de definitieve ruimte en de indeling daarvan bepaald worden.



Figuur 6-6: Schematisch bovenaanzicht hoofdonderdelen BWC

Dimensionering en indeling – 3D aanzicht

In onderstaande afbeelding is te zien hoe de warmtebuffer onder de BWC mogelijk gerealiseerd kan worden. Door een buffer van 3 meter diep onder het systeem uit te werken kan er een buffer van 600 m³ beschikbaar gemaakt worden. Deze is beschikbaar voor tijdelijke opslag van warmte. Door de buffer onder een BWC te plaatsen kan het ruimtebeslag van de installatie beperkt worden.



Afbeelding 6-2: Schematisch 3D aanzicht buffer onder BWC

6.4 Distributienet

Het distributienet bestaat uit 4 hoofdonderdelen:

- 1 Uitkoppeling BWC;
- 2 Distributienet;
- 3 Woningaansluiting;
- 4 Afleverset.

Uitkoppeling BWC

Uitgangspunten voor aansluiting voor de BWC zijn:

- Tussenruimte tussen aankomende leidingen is minimaal 30 cm voor onderhoud van de leidingen.

Aandachtspunten voor aansluiting van de BWC zijn:

- Aantal leidingen
 - 2 WKO leidingen,
 - Warmtenet aanvoer en retour,
 - Transportnet aanvoer en retour.

Distributienet

Uitgangspunten voor het materiaal van de leidingen van het distributienet:

- Start van de tracés, uitgaande van de BWC: Stalen leidingen vanwege temperatuur niveau in het systeem en het grote debiet.
- Vertakkingen van het netwerk: voorkeur voor HDPE leidingen vanwege flexibiliteit in de wijk in een mogelijk drukke ondergrond.

Woningaansluiting

Voor zowel grondgebonden woningen als gestapelde bouw zijn verschillende mogelijkheden voor het benaderen en aansluiten van de woningen mogelijk. In Bijlage IV zijn deze uitgewerkt en de voor- en nadelen weergegeven. De aansluitmethoden zijn beoordeeld op:

- Locatie huidige Cv-ketel of afleverset in de woning;
- Aanwezigheid en geschiktheid kruipruimte of berging om warmte te verdelen;
- Ruimte voor interne verslepingen & leidingen;
- Kosten technische aansluiting;
- Zichtbaarheid van de leidingen aan buitenzijde;
- Organisatorische eenvoud.

Voor nu is het onmogelijk om één methode voor alle woningen te kiezen, wanneer woningen aangesloten worden zal de wijze van aansluiting samen met woningeigenaren bepaald moeten worden.

Afleverset

Voor de afleverset geldt:

- Standaardisatie voor locatie van afleversets is nog niet mogelijk.
- Afleversets worden dubbel gescheiden uitgevoerd; het water uit het distributienet stroomt niet door de woningen.
- Stroompunt noodzakelijk voor TE-booster. Deze zal los gemeten moeten worden om de elektriciteitslasten af te kunnen rekenen.



Afbeelding 6-3: Voorbeeld TE-booster binnenzijde en afgesloten (bron: Fortes)

7 Risicodossier

7.1 Uitkoppeling RWZI

Nummer	Risico	Gevolg	Kans	Mitigatiemaatregel
1	Geen mogelijkheid tot plaatsen uitkoppeling	Systeem niet mogelijk	Zeër klein	-
2	Geen mogelijkheid tot plaatsen pompcentrales	Systeem niet mogelijk	Zeër klein	-
3	Dommel kruisen niet mogelijk	Systeem niet mogelijk	Zeër klein	-
4	Effluent onvoldoende beschikbaar	Minder energie beschikbaar voor BWC's	Klein	Huidig systeem ontworpen met klein deel van effluentflow. BWC's ontworpen met WKO's, zodat effluent niet continu noodzakelijk is.
5	Effluent van onvoldoende hoge temperatuur	Minder energie beschikbaar voor BWC's	Klein	BWC's ontworpen met WKO's, zodat effluent niet continu noodzakelijk is.
6	Uitval pomp	Minder energie beschikbaar voor BWC's	Gemiddeld	Extra pompgroep opgenomen om flow te kunnen garanderen. BWC's ontworpen met WKO's, zodat effluent niet continu noodzakelijk is.
7	Vastlopen filter	Minder energie beschikbaar voor BWC's	Klein	Extra pompgroep opgenomen om flow te kunnen garanderen. BWC's ontworpen met WKO's, zodat effluent niet continu noodzakelijk is.
8	Stroomuitval	Minder energie beschikbaar voor BWC's	Klein	BWC's ontworpen met WKO's, zodat effluent niet continu noodzakelijk is.

7.2 Transportnet

Nummer	Risico	Gevolg	Kans	Mitigatiemaatregel
9	Geen ruimte om tracé aan te leggen	Tracé moet omgelegd worden, meer temperatuurverliezen in leidingnet.	Zeër klein	Goede tracéstudie uitgevoerd door de gemeente.
10	Te lage flow in transportnet door verlaat aansluiten BWC's	Meer energieverliezen in leidingnet	Klein	Mitigatiemaatregel opnemen in VO en uitvoering, bijvoorbeeld een korstleiding
11	Te klein gedimensioneerd transportnet	Vermogen voor regeneratie minder groot dan vooraf geschat.	Zeër klein	Goede tracéstudie en ontwerpfase uitvoeren. Mogelijk geen gevolgen door overcapaciteit regeneratiesysteem.
12	Lekkage transportnet	Tijdelijk geen energie beschikbaar voor BWC's	Zeër klein	BWC's ontworpen met WKO's, zodat effluent niet continue noodzakelijk is.

7.3 BWC's

Nummer	Risico	Gevolg	Kans	Mitigatiemaatregel
13	Geen locatie voor BWC mogelijk	Systeem niet mogelijk	Zeer klein	-
14	Geen WKO mogelijk	Systeem niet mogelijk	Zeer klein	Goede planning van gebruik ondergrond.
15	WKO loopt vast	Minder vermogen beschikbaar	Zeer klein	Warmtepompen en elektrische elementen zodanig gedimensioneerd dat er voldoende back-up vermogen is. Hiernaast hebben individuele woningen een elektrisch element in de afgifteset.
16	Warmtepomp valt uit	Tijdelijk onvoldoende vermogen voor verwarming woningen	Gemiddeld	Warmtepompen en elektrische elementen zodanig gedimensioneerd dat er voldoende back-up vermogen is. Hiernaast hebben individuele woningen een elektrisch element in de afgifteset.
17	Onvoldoende elektrisch vermogen beschikbaar	Uitstel van realisatie BWC	Klein	Vroegtijdig in proces van BWC ontwikkeling contact op nemen met netbeheerder.
18	Geen stroom beschikbaar	Systeem valt stil.	Zeer klein	-
19	Pompvoorzieningen vallen uit.	Tijdelijk onvoldoende vermogen voor verwarming woningen	Klein	Extra pompgroep opgenomen om flow te kunnen garanderen.
20	Interne buffer onvoldoende groot	Tijdelijk onvoldoende vermogen voor verwarming woningen	Zeer klein	In ontwerpfase voldoende zekerheidsmarge in vermogens opnemen.

7.4 Distributienet

Nummer	Risico	Gevolg	Kans	Mitigatiemaatregel
22	Elektrisch element afleverset werkt niet	Onvoldoende vermogen voor tapwateropwekking	Zeer klein	Aanvoertemperatuur van water is voldoende voor tapwater. Reparatie noodzakelijk voor legionella wetgeving.
23	Vermogen afleversets onvoldoende	Onvoldoende vermogen voor verwarmen woning	Klein	Goede aansluitvoorwaarden opstellen en afspreken.
24	Lekkage distributienet	Tijdelijk geen energie beschikbaar voor woningen.	Zeer klein	-
25	Geen ruimte om tracé aan te leggen	Tracé moet omgelegd worden, meer temperatuurverliezen in leidingnet	Zeer klein	Goede tracéstudie uitgevoerd door de gemeente.

8 Bijlagen

- I. Uitkoppeling effluent RWZI
- II. Schetsontwerp transportnet
- III. Schetsontwerp Buurt Warmte centrale
- IV. Schetsontwerp distributienetten en woningaansluitingen