

Warmte-koudevoorziening City-West

Nieuwegein



Datum: 29 januari 2021
Projectnummer: 1804
Status: Definitief
Auteur(s): Margriet Vlot
Dennis Weerdenburg (IF)
Stijn Verplak (IF)



Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Conclusie en aanbevelingen	6
1 Inleiding.....	7
2 Uitgangspunten.....	8
3 Achtergrond	9
3.1 Landelijk beleid	9
3.2 Gemeentelijk beleid	9
3.3 Nieuwegein City	10
4 Warmte-koudevoorziening	12
4.1 Algemeen WKO	12
4.2 Collectiviteit versus individueel	12
4.3 Koppelkansen	13
5 Regeneratieconcepten.....	15
5.1 Beschrijving regeneratieconcepten	15
5.2 Vergelijking concepten.....	20
6 Nadere uitwerking regeneratieconcepten	26
6.1 Energie.....	26
6.2 Ruimtelijk	26
7 Financiële analyse	27
7.1 Investeringskosten	27
7.2 Exploitatiekosten.....	27
7.3 Conclusie financiële analyse	27
8 Advies vervolgstappen en marktbenadering	29
Bijlage 1 – Kentallen warmte- en koudevraag	31
Bijlage 2 – Bodempotentieelstudie door IF Technology	32
Bijlage 3 – Uitgangspunten financiële analyse	33

Samenvatting

In City West te Nieuwegein zijn enkele nieuwbouwwontwikkelingen gaande. De gemeente Nieuwegein wil de binnenstad van Nieuwegein de duurzaamste binnenstad van Nederland maken. De ambities op het gebied van duurzaamheid zijn hoog: zowel op het gebied van energie als klimaatadaptatie, watergebruik, groen, mobiliteit en circulariteit.

Op het gebied van energie zijn in opdracht van de gemeente verkenningen uitgevoerd naar een geschikt energieconcept voor het gebied. Vanwege duurzaamheid, comfort en inpasbaarheid, lijkt een warmte-koudeopslagsysteem (WKO-systeem) voor het gebied het meest voor de hand liggend. In deze studie is onderzoek verricht naar de wijze waarop het WKO-systeem voor City West toegepast kan worden en op welke manier aanvullend aan de WKO-balansvoorzieningen kunnen worden getroffen.

Collectieve versus individuele WKO-systemen

IF Technology heeft onderzoek verricht naar het potentieel van de bodem in vergelijking met de verwachte warmte- en koudevraag. De bodem onder City West is goed bruikbaar voor WKO-systemen. Een collectief WKO-systeem voor alle drie de deelgebieden is technisch en financieel het meest gunstig: hierbij zijn 3 doubletten (bronneparen van een warme en koude bron) nodig in het tweede watervoerende pakket (75 tot 110 meter onder maaiveld). Omdat de deelgebieden echter verschillende eigenaars en/of ontwikkelaars hebben en ook op een ander moment ontwikkeld gaan worden, kan een geheel collectief systeem hier organisatorisch een grote uitdaging zijn.

Een semicollectief systeem, met een systeem per deelgebied, behoort daarom ook tot de opties. Hierbij dienen voor het gehele gebied 5 doubletten te worden gerealiseerd, ook in het tweede watervoerende pakket. Op deze manier is het technisch en financieel iets minder optimaal; er dient immers geïnvesteerd te worden in meerdere doubletten en er moet meer leidingwerk ingepast worden. Aan de andere kant zijn de eigenaren van de verschillende deelgebieden hiermee niet aan elkaar gebonden en kunnen zij eigen keuzes maken qua planning, techniek en inpassing. De verwachting is dat deze manier beter aan zal sluiten bij de wensen van de markt.

Een derde optie zou zijn om individuele systemen per gebouw te realiseren. Om voldoende warmte uit de bodem te kunnen halen, zal gebruik moeten worden gemaakt aan een mix van technieken qua bodemenergie: open systemen in het tweede en het derde watervoerende pakket en mogelijk ook gesloten bodemlussen. Dit heeft niet de voorkeur; vanuit energetisch, financieel en ruimtelijk oogpunt. Het advies is om deze situatie te proberen te vermijden en waar mogelijk systemen collectief te realiseren.

Om regie te houden op de benutting van en ordening in de bodem, wordt geadviseerd om vanuit de gemeente een bodemenergieplan te laten opstellen. Hierin kan de gemeente kaders geven waarbinnen partijen bronnen mogen realiseren. Daarmee is er ruimte voor huidige en toekomstige ontwikkelingen om gebruik te maken van bodemenergie. Hoewel deze studie betrekking heeft op City West, is het mogelijk ook verstandig het bodemenergieplan voor een groter gedeelte van City op te stellen, als de verwachting is dat daar ook ontwikkelingen gaan plaatsvinden.

Regeneratievoorzieningen

Voor City West zal naar verwachting de warmtevraag hoger zijn dan de koudevraag. De WKO-systemen dienen echter in thermische balans te zijn. Daarom dienen er regeneratievoorzieningen te worden getroffen die in de zomer warmte aan de bodem kunnen toevoegen. De volgende opties zijn hiervoor beschouwd:

1. Stadsverwarming
2. Droge koelers
3. Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)
4. Thermische energie uit afvalwater (TEA)
5. Restwarmte koelmachines winkelcentrum
6. Zonthermische panelen
7. Innovatieve regeneratiebron (bijv. asfaltcollectoren, warmtemuren)

Op kwalitatieve wijze zijn bovenstaande opties met elkaar vergeleken. De samenvatting van deze analyse wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 0.1 – Samenvatting vergelijking regeneratieconcepten

Concept	Voldoende potentie	Energetisch	Ruimtelijk	Geluid	Klimaatadaptatie	Flexibiliteit	Robuustheid
Stadsverwarming	✗*	—	~	+	~	+	+
Droge koelers	✓	~	—	—	+	+	~
TEO ¹	✓	+	—	+	+	—	~/+
TEA ²	✗	+	—	+	~	~	~
Restwarmte koelmachines	✗	+	~	+	+	—	~
Zonthermische panelen	✓	+	~	+	~/+	+	~/+

*Potentie is wel voldoende, maar Eneco ziet geen economisch perspectief in het aansluiten van stadsverwarming ten behoeve van regeneratie.

Op basis hiervan is gekozen dat de meest kansrijke concepten droge koelers en zonthermische panelen zijn. Voor de zonthermische panelen is naar PVT-panelen gekeken, omdat deze in hetzelfde paneel zowel warmte als elektriciteit opwekken. Gezien het schaarse dakoppervlak in City West, was deze gecombineerde functie voor de hand liggend. De optie TEO is afgefallen omdat, hoewel er voldoende potentie lijkt te zijn, het oppervlaktewater te ver weg ligt om haalbaar ruimtelijk en financieel in te kunnen passen. TEA is eventueel te combineren met droge koelers en PVT-panelen, mits dit ruimtelijk goed in te passen is. Voor het toepassen van TEA zou door een vervolgonderzoek meer duidelijkheid moeten komen over mogelijke exploitatie en eigendom van het systeem.

De twee concepten droge koelers en PVT-panelen zijn verder energetisch en financieel uitgewerkt. De droge koelers gebruiken meer energie en hebben als gevolg daarvan een hogere CO₂-uitstoot dan de PVT-panelen, zoals te zien in onderstaande tabel:

Tabel 0.2 – Elektriciteitsgebruik en CO₂-uitstoot regeneratieconcepten

	Droge koelers	PVT-panelen
Elektriciteitsgebruik per jaar (kWh)	101.000	29.600
CO ₂ -uitstoot per jaar ³ (kg)	47.900	14.100

Financieel zijn droge koelers echter qua investeringskosten en exploitatiekosten significant goedkoper dan PVT-panelen, zoals weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 0.3 – Investeringskosten regeneratieconcepten

	Droge koelers	PVT-panelen ¹
Investeringskosten totaal ¹	€ 220.000	€ 880.000
Investeringskosten per woning ²	€ 180	€ 700

¹Alleen het thermische deel.

²Inclusief installatie, distributie, etc.

Tabel 0.4 – Jaarlijkse exploitatiekosten regeneratieconcepten

	Droge koelers	PVT-panelen
Elektriciteitskosten	€ 10.100	€ 3.000
Onderhoudskosten	€ 4.400	€ 17.600
Totale exploitatiekosten	€ 14.500	€ 20.600

Beide concepten zijn toepasbaar als regeneratievoorziening voor de WKO-systemen in City West. Geadviseerd wordt de keuze tussen de twee concepten vrij te laten aan de ontwikkelaar en/of toekomstige exploitant, maar wel kaders mee te geven op het gebied van energieprestatie, CO₂-uitstoot, ruimtelijke

¹ Thermische Energie uit Oppervlaktewater

² Thermische Energie uit Afvalwater

³ O.b.v. 0,475 kg CO₂ per kWh, conform <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-emissiefactoren/>

inpassing en geluid. Door zo te sturen op prestaties, kan de ontwikkelaar of exploitant een duurzaam en efficiënt systeem aanleggen met ruimte voor eigen innovatie en oplossingen binnen de geschetste kaders.

Conclusie en aanbevelingen

Op basis van deze rapportage zijn de volgende conclusies te trekken:

- Een collectief WKO-systeem voor City West is energetisch en financieel het meest interessant. Qua planning en organisatie kan dit echter een uitdaging zijn.
- Een goed alternatief is een semicollectief WKO-systeem, met een WKO-systeem per deelgebied (Zadelstede, West en B1).
- Individuele bodemenergiesystemen hebben vanuit ruimtelijk, energetisch en financieel perspectief niet de voorkeur.
- Omdat de kans groot is dat een geheel collectief systeem niet haalbaar is voor het gebied, is het raadzaam vanuit de gemeente een bodemenergieplan op te stellen om optimale inpassing van bodemenergie te borgen.
- De meest kansrijke regeneratieconcepten voor de WKO-systemen zijn droge koelers en PVT-panelen.
- PVT-panelen kennen een lager energiegebruik en als gevolg daarvan lagere CO₂-uitstoot dan droge koelers. De investeringskosten en exploitatiekosten van PVT-panelen zijn wel significant hoger dan bij droge koelers.
- Thermische energie uit afvalwater (TEA) kan eventueel met PVT-panelen of droge koelers gecombineerd worden om op duurzame wijze regeneratie aan te vullen. Vervolgonderzoek hiernaar kan meer duidelijkheid bieden over exploitatie, eigendom en ruimtelijke inpassing.

Op basis hiervan worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Zet in op een collectief of semicollectief WKO-systeem. Als eerste stap is het belangrijk de interesse bij de ontwikkelaars te peilen voor een collectief systeem, met name bij deelgebied B1.
- Wanneer na het peilen van de interesse een geheel collectief systeem niet de voorkeur vanuit de ontwikkelaars blijkt, start met het opstellen van een bodemenergieplan om optimaal gebruik van de bodem te borgen.
- Wanneer een geheel collectief systeem wel een haalbare optie blijkt, wordt aanbevolen als gemeente een faciliterende rol in te nemen door gesprekken tussen partijen te stimuleren en eventueel ondersteuning te bieden bij uitwerking van het ontwerp van het WKO-systeem en de zoektocht naar een exploitant.
- Afhankelijk van het grondeigendom van het deelgebied, kan de gemeente in meer of mindere mate sturing uitoefenen op het energiesysteem. Geadviseerd wordt, waar mogelijk, te sturen op een duurzaam energiesysteem op basis van prestaties (rendementen, CO₂-uitstoot, etc.). Hiermee wordt ook enige vorm van vrijheid en ruimte van innovatie voor een toekomstige exploitant gelaten.
- Daarnaast wordt geadviseerd waar mogelijk koppelkansen te benutten: door het WKO-systeem met warmtepompen, PV-panelen en laadpalen te combineren, kan opgewekte elektriciteit efficiënter in het gebied gebruikt worden en pieken op het elektriciteitsnet worden gedempt.
- Met betrekking op het regeneratiesysteem kan dit rapport als kader worden meegegeven, waarbij droge koelers en PVT-panelen als kansrijke regeneratievoorziening worden gezien. Geadviseerd wordt de keuze tussen die twee opties vrij te laten aan de ontwikkelaar en/of toekomstige exploitant, maar wel kaders mee te geven op het gebied van energiestaat, CO₂-uitstoot, ruimtelijke inpassing en geluid.

1 Inleiding

De gemeente Nieuwegein is bezig met de herontwikkeling van de binnenstad, City genoemd. City Oost is al grotendeels in ontwikkeling, maar voor City West liggen veel keuzes nog open. Om op duurzame wijze vorm te geven aan deze herontwikkeling, is een integrale duurzaamheidsvisie opgesteld met aandacht voor de thema's: klimaatadaptatie, natuur, gezondheid, water, energie, mobiliteit en circulariteit. De gemeente heeft Merosch gevraagd nader in te gaan op het thema energie. Om op duurzame wijze het gebied te kunnen verwarmen en koelen, is door middel van eerdere onderzoeken de voorkeur voor een warmte-koudeopslagsysteem (WKO-systeem) uitgesproken. In dit rapport wordt onderzocht op welke manier dit systeem voor City West kan worden gerealiseerd, binnen de kaders en randvoorwaarden van het gebied.

Het doel van dit rapport is om geschikte warmte-koudesystemen in kaart te brengen en met elkaar te vergelijken, om zo te komen tot een onderbouwing van een geschikt systeem, met daarbij advies hoe dit systeem het beste ingericht en uitgerold kan worden in City West.

2 Uitgangspunten

De volgende documenten zijn als uitgangspunt voor deze rapportage gehanteerd:

- Koersdocument City 2017, vastgesteld door de raad op 23 november 2017, leidraad voor verdere ontwikkeling van City;
- Routekaart Energieneutraal Nieuwegein 2040 (vastgesteld door raad op 25 september 2017);
- Procesdocument City 2018, vastgesteld door de gemeenteraad in de raadsvergadering van november 2018. Toelichting Quality Team City Nieuwegein, co-creatieproces en besluitvormingsproces.
- KWR-eindrapport 'City Nieuwegein: klimaatadaptief en energieneutraal' d.d. februari 2019;
- Gebiedsopgave City 2019, vastgesteld door de gemeenteraad op 12 december 2019;
- Merosch rapportage 'Energievisie City' d.d. 15 oktober 2019;
- Merosch rapportage 'Effect van duurzaamheidsmaatregelen City-West op woonlasten' d.d. 13 december 2019;
- Merosch rapportage 'Notitie Duurzaamheid City' d.d. 3 april 2020;
- HU Quest studenten onderzoeksrapport 'Nieuwe Energie Nieuwegein' d.d. 23 juni 2020;
- Stratego Advies rapportage 'Tussen wens en wet; naar een integrale duurzaamheidsvisie voor City
- 'Nieuwegein West' concept 2.0, d.d. 1 juli 2020.

3 Achtergrond

In dit hoofdstuk wordt de achtergrond van het onderzoek geschetst: de landelijke en lokale kaders en uitgangspunten waarbinnen dit gebied ontwikkeld wordt.

3.1 Landelijk beleid

Gezien de klimaatverandering en het terugdringen van CO₂-uitstoot is het sinds enkele jaren landelijk vastgelegd dat nieuwbouwwoningen niet meer op aardgas mogen worden aangesloten. De warmtevoorziening van nieuwbouwwoningen dient op een andere, duurzame manier te worden ingevuld.

Voor de energieprestaties van nieuwbouwwoningen, zijn de BENG-eisen relevant. Per 1 januari 2021 zullen de BENG-eisen ingaan, als vervanging voor de EPG-methodiek. Hiermee wordt de energieprestatie van gebouwen uitgedrukt. De BENG bestaat uit de volgende parameters:

1. BENG 1 – De maximale energiebehoefte in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar;
2. BENG 2 – Het maximale primair fossiel energiegebruik, eveneens in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar;
3. BENG 3 – Het minimale aandeel hernieuwbare energie in procenten (%).

Naast deze drie eisen dienen woningen aanvullend te voldoen aan de TO_{juli}-eis, wat een maximale temperatuuroverschrijding van het gebouw borgt zodat woningen niet te veel opwarmen in de zomer. Wanneer een woning een actief koelsysteem heeft, wordt automatisch aan de TO_{juli}-eis voldaan. Wanneer dit niet aanwezig is, dienen (vaak) passieve koelmaatregelen te worden getroffen, zoals zonwering of zonwerend glas.

Met de BENG-eisen wordt gestuurd op zowel reductie van de warmtevraag (door bijv. isolatiemaatregelen) als het toepassen van energiezuinige systemen en gebruik van duurzame energie. De BENG-eisen zijn gedifferentieerd naar gebouwtype en naar de verhouding tussen het verliesoppervlak (A_{ls} ; alle oppervlakken die aan buitenlucht of grond grenzen) en het gebruiksoppervlak (A_g) van het gebouw, zie tabel 3.1

Tabel 3.1 - BENG-eisen voor appartementen en grondgebonden woningen

BENG-parameter		
Grondgebonden woning		
Maximale jaarlijkse energiebehoefte	[kWh/m ² /jaar]	$A_{ls}/A_g \leq 1,5 \rightarrow \leq 55$ $1,5 < A_{ls}/A_g \leq 3,0 \rightarrow \leq 55 + 30 \cdot (A_{ls}/A_g - 1,5)$ $A_{ls}/A_g \geq 3,0 \rightarrow \leq 100 + 30 \cdot (A_{ls}/A_g - 3,0)$
Maximaal jaarlijks fossiel energiegebruik	[kWh/m ² /jaar]	≤ 30
Aandeel duurzame energie	[%]	≥ 50
Temperatuuroverschrijding	[-]	$\leq 1,2$
Appartementen		
Maximale jaarlijkse energiebehoefte	[kWh/m ² /jaar]	$A_{ls}/A_g \leq 1,83 \rightarrow \leq 65$ $1,83 < A_{ls}/A_g \leq 3,0 \rightarrow \leq 55 + 30 \cdot (A_{ls}/A_g - 1,5)$ $A_{ls}/A_g \geq 3,0 \rightarrow \leq 100 + 30 \cdot (A_{ls}/A_g - 3,0)$
Maximaal jaarlijks fossiel energiegebruik	[kWh/m ² /jaar]	≤ 50
Aandeel duurzame energie	[%]	≥ 40
Temperatuuroverschrijding	[-]	$\leq 1,2$

3.2 Gemeentelijk beleid

De gemeente Nieuwegein wil in 2040 energieneutraal zijn. Hiertoe is een energiebespaartempo van 4,5% per jaar nodig en een groeitempo van 9% duurzame energie per jaar. Om in 2040 de benodigde energie duurzaam op te wekken, moet ingezet worden op het maximaal benutten van potentieel van duurzame bronnen en zijn slimme combinaties noodzakelijk.

Om hiertoe te komen heeft de gemeente o.a. afspraken gemaakt met woningcorporaties, worden zonneparken en windmolens gerealiseerd en wordt onderzoek gedaan naar bodemenergie. Daarnaast wordt ingezet op het duurzaam ontwikkelen van nieuwbouwprojecten.

Voor City Nieuwegein zijn de duurzaamheidsplannen verder uitgewerkt, onder andere in een koersdocument. Daar wordt in de volgende paragraaf op ingegaan.

3.3 Nieuwegein City

3.3.1 Ambities

De gemeente Nieuwegein wil in City de duurzaamste binnenstad van Nederland realiseren. Hiertoe wordt ingezet op vijf thema's:

- Mobiliteit
- Energie
- Sanitatie
- Klimaat en biodiversiteit
- Circulariteit

Deze vijf duurzame thema's hebben onderling ook raakvlakken en koppelkansen. Hoewel dit rapport de focus heeft op het thema energie, wordt waar relevant voor dit thema ook andere thema's aangestipt.

Om duurzame gebouwen te realiseren, wordt in Nieuwegein City (West) ingezet op beperking van de energievraag door goede isolatie en warmteterugwinning. Om voldoende duurzame, lokale elektriciteit te kunnen opwekken, zijn met name dakvlakken relevant. Door de vrij hoge bouwdichtheid in Nieuwegein City (west), is het dakoppervlak in verhouding met het gebruiksoppervlak echter beperkt. Daarnaast betekent toepassen van PV-panelen op daken minder ruimte voor groene daken en/of dakterrassen. Als gevolg daarvan is geadviseerd om terughoudend te zijn om in te zetten op geheel energieneutraal (gedefinieerd als 100% BENG-3). Een ambitie van BENG-3 75% wordt haalbaar geacht. Om dit te behalen dient, naast vraagbeperking en duurzame elektriciteitsopwekking, ook te worden ingezet op een duurzame warmte-koudevoorziening.

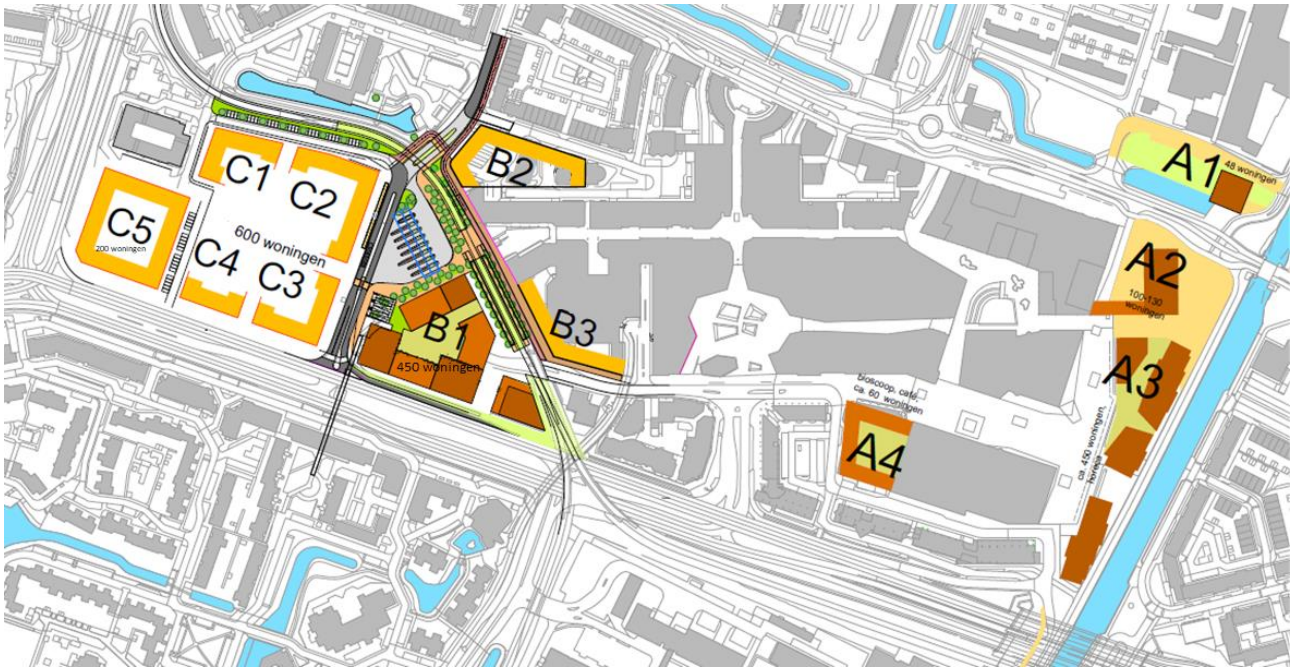
Door middel van eerdere onderzoeken is een eerste selectie gemaakt van kansrijke warmte-koudevoorzieningen voor City West. Een systeem wat gebruik maakt van warmte-koudeopslag in grondwater, ligt het meest voor de hand. Dit o.a. door het hoge rendement en de mogelijkheid tot het leveren van koeling (tegen een zeer laag energiegebruik). Warmtepompen worden ingezet om de warmte op te waarden tot geschikte temperaturen voor verwarming en warm tapwater.

3.3.2 Programma

In het westelijk gedeelte van Nieuwegein worden een aantal gebouwen ontwikkeld, op de drie locaties Zadelstede (C5), B1 en West (C1 t/m C4). Zie onderstaande kaart voor de ontwikkellocaties. De andere aangegeven ontwikkellocaties vallen buiten dit onderzoek, vanwege de ligging of het stadium van de ontwikkeling.

Qua ontwikkeling in de tijd, is de verwachting dat deelgebied B1 als eerst zal gaan ontwikkelen. Dit gebied is in handen van een belegger samen met een ontwikkelaar. West is nog in handen van de gemeente en zal via tenders in de markt worden gezet. Zadelstede wordt deels door een woningcorporatie ontwikkeld.

Figuur 3.1 – Ontwikkellocaties City (B1 en C1 t/m C5 worden in deze studie bekeken)



Op de genoemde locaties wordt het volgende programma ontwikkeld:

Tabel 3.2 – Programma City West

Locatie	Aantal woningen	GBO woningen (m ²)	Voorzieningen (m ²)
Zadelstede	200	14.200	2.250
B1	450	31.950	11.750
West (C1 t/m C4)	600	42.600	6.750
Totaal	1.250	88.750	20.750

De gemiddelde woninggrootte is 71 m² GBO.

4 Warmte-koudevoorziening

Om op duurzame wijze de gebouwen in City West te kunnen verwarmen en koelen, is na eerdere onderzoeken, een WKO-systeem als meest kansrijk gebleken. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de eigenschappen van een WKO-systeem en de verschillende keuzes en consequenties die daarbij horen.

4.1 Algemeen WKO

Een WKO-systeem maakt gebruik van bellen grondwater om warmte en koude op te slaan in de grond. In de zomer wordt koud water uit de bron gehaald om te koelen en wordt het opgewarmde water teruggepompt in de warme bron. In de winter wordt warm water uit de warme bron gehaald om te verwarmen en wordt het afgekoelde water in de koude bron teruggepompt.

Om geschikte temperaturen voor verwarming en warm tapwater te realiseren, is een warmtepomp nodig. De warmte uit de bron wordt in de warmtepomp door middel van elektriciteit opgewaardeerd tot 40 °C voor verwarming of zelfs hoger voor warm tapwater. Het rendement van dergelijk systeem is zeer hoog, met een coefficient of performance (COP) van 3 tot 6. Dat betekent dat met 1 joule elektriciteit, 3 tot 6 joule warmte kan worden gemaakt.

Een WKO-systeem bestaat uit één of meer koude en warme bronnen. De onttrokken warmte moet in balans zijn met de onttrokken koude. Anders zou de bodem opwarmen of afkoelen, wat niet wenselijk is. Bij het geplande programma in City West zal naar verwachting een hogere warmtevraag dan koudevraag zijn. In onderstaande tabel is de verwachte warmte- en koudevraag van de gebouwen per deelgebied weergegeven. De uitgangspunten waarop deze getallen gebaseerd zijn, zijn te vinden in bijlage 1.

Tabel 4.1 – Verwachte warmte- en koudevraag per deelgebied (gebouwzijdig)

Deelgebied	Warmtevraag ruimteverwarming (GJ)	Warmtevraag tapwater (GJ)	Koudevraag (GJ)
Zadelstede	1.520	1.000	650
B1	3.850	2.250	1.630
West (C1 t/m C4)	4.570	3.000	1.960

Door de hogere warmtevraag dan koudevraag, wordt er meer warmte dan koude uit de WKO onttrokken. Om de bodem weer in balans te brengen, dient extra warmte te worden toegevoegd. Dit wordt regenereren genoemd. De onbalans in de bodem bij City West bedraagt circa 8.000 GJ⁴ (er is dus 8.000 GJ per jaar nodig aan warmte om aan de bronnen toe te voegen). Voor City West zal het dus noodzakelijk zijn om een regeneratievoorziening te treffen. Er zijn verschillende concepten om die regeneratie te realiseren. Deze worden in het volgende hoofdstuk besproken.

Voor het WKO-systeem is door IF Technology een onderzoek naar het bodempotentieel gedaan waarin een inventarisatie van de technische en juridische haalbaarheid is opgenomen. Deze studie wordt bijgevoegd aan dit rapport in bijlage 2.

4.2 Collectiviteit versus individueel

Binnen de realisatie van een WKO-systeem is nog de afweging te maken in hoeverre WKO-bronnen aan elkaar gekoppeld worden of niet. Het voordeel van bronnen koppelen, is dat als het ware demping van de energievraag tussen de gebouwen optreedt en de aanwezige bodemenergie efficiënter benut wordt. Als gevolg daarvan, zijn minder bronnen nodig om het gebied van warmte te voorzien (zoals beschreven in de rapportage van IF). Het nadeel van gekoppelde bronnen kan zijn dat verschillende gebiedseigenaren hiermee aan elkaar gebonden zijn in een energiesysteem en daarmee minder flexibiliteit en keuzevrijheid

⁴ Op basis van de COP's zoals weergegeven in bijlage 1, is de warmte- en koudevraag aan de bodem bepaald. Daaruit volgt een onbalans van 8.000 GJ. Zie voor de precieze getallen het rapport van IF, pagina 11.

hebben. In deze paragraaf wordt een korte afweging gemaakt welke vorm het meest voor de hand voor City West zou liggen.

Op hoofdlijnen zijn er de volgende drie mogelijkheden:

1. Volledig collectief – alle deelgebieden op één collectief WKO-systeem
2. Semicollectief – per deelgebied één WKO-systeem
3. Individueel per eigenaar/gebouw – per gebouw of per eigenaar één WKO-systeem

Qua potentie van energie in de bodem in verhouding tot de energievraag, is het niet noodzakelijk om een volledig collectief systeem te realiseren. Bij een collectief systeem hoeven echter wel minder bronnen gerealiseerd te worden, wat ook minder investeringskosten betekent. Vanuit energetisch en financieel uitgangspunt, is deze variant het meest optimaal. Vanuit organisatorisch en flexibiliteitsoogpunt, is dit echter een lastiger optie. Omdat de ontwikkelingen niet tegelijkertijd ontwikkeld worden en niet in handen zijn van één partij, brengt een geheel collectief systeem veel uitdagingen en mogelijk kritische aandachtspunten met zich mee.

Bij een collectief systeem per deelgebied, wordt de complexiteit van meerdere eigenaren in één systeem verminderd. De bodem wordt iets minder optimaal benut, waardoor meer bronnen nodig zijn. Er kan echter wel meer fasering plaatsvinden, waardoor elk deelgebied in zijn eigen tempo kan lopen. Voor zover bekend, heeft deelgebied B1 één eigenaar (wel twee gecombineerde partijen), waarmee bijvoorbeeld deelgebied B1 in deze variant haar eigen WKO-systeem kan realiseren zonder afhankelijk te zijn van andere partijen. Om risico op ondoelmatig gebruik van de bodem te voorkomen, is het bij deze variant wel aan te raden voor alle deelgebieden een bodemenergieplan op te stellen. Op die manier wordt geborgd dat er voldoende ruimte en energie is voor iedereen, voor huidige en latere ontwikkelingen.

Een individueel systeem per eigenaar en/of gebouw is energetisch en financieel het minst optimaal. Om ervoor te zorgen dat elk gebouw voldoende energie uit de bodem kan halen, moet hier strakke regie op worden gevoerd. Dit kan in de vorm van een bodemenergieplan, maar mogelijk is hiervoor nog extra sturing nodig. Daarnaast zal moeten worden afgewisseld tussen het tweede en het derde watervoerende pakket om voldoende energie te kunnen onttrekken. Vanuit technisch en energetisch oogpunt is deze variant het minst wenselijk.

Op voorhand is variant 1 uit energetisch en technisch perspectief het best, maar lijkt variant 2 het meest haalbaar. Bij variant 2 is namelijk meer flexibiliteit in fasering en keuzevrijheid voor ontwikkelaars, maar worden toch ook voordelen van collectiviteit benut. Advies is om te verkennen in hoeverre collectiviteit bij de gebiedseigenaren past. Omdat deelgebied West in handen van de gemeente is, kan de gemeente hier al veel invloed uitoefenen op de uiteindelijke keuze. Op welke wijze de gemeente verder invulling aan deze keuze kan geven, wordt in hoofdstuk 8 besproken.

4.3 Koppelkansen

Kijkend naar de brede duurzaamheidsambities voor City-West, biedt een duurzame warmte-koudevoorziening mogelijk ook koppelkansen. In het gebied zal elektriciteit worden opgewekt door PV-panelen, die afhankelijk zijn van wanneer de zon schijnt. Om opgewekte elektriciteit meer lokaal in het gebied te kunnen gebruiken en pieken op het elektriciteitsnet te dempen, zijn er koppelmogelijkheden. Als eerste optie kunnen PV-panelen gekoppeld worden met laadpalen voor elektrische auto's. Op het moment dat de zon schijnt, kan er meer of sneller geladen worden en zo efficiënter van de elektriciteit gebruik gemaakt worden.

Ook kan er met warmtepompen sturing plaatsvinden op basis van beschikbare duurzame elektriciteit. Op het moment dat veel opgewekt wordt, kan het buffervat van de warmtepomp warm water gaan maken en opslaan, zodat die elektriciteit als het ware in het warme water opgeslagen worden.

Om de duurzaamheid van City-West een stap verder te brengen, wordt geadviseerd te kijken naar een integraal energiesysteem en mogelijke exploitanten hierop ook uit te vragen. De combinatie van systemen kan voordelen hebben voor zowel de exploitant (slimmere sturing van het systeem, efficiënter

energiegebruik) als de ontwikkelaar (minder groot aansluitvermogen nodig, kleinere trafo-ruimte). Aandachtspunt hierbij is wel dat de tarieven voor de bewoner niet te hoog zijn, zodat ook zij kunnen profiteren van het duurzame energiesysteem. Hiertoe wordt een korting van 10% tot 15% op de warmtewet (variabel tarief + vastrecht) geadviseerd.

5 Regeneratieconcepten

Om de WKO-bronnen in balans te houden, dient er te worden geregenereerd. Hiervoor zijn verschillende bewezen technieken. De volgende regeneratiebronnen worden met elkaar vergeleken om tot een geschikt concept te komen:

1. Stadsverwarming
2. Droge koelers
3. Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)
4. Thermische energie uit afvalwater (TEA)
5. Restwarmte koelmachines winkelcentrum
6. Zonthermische panelen
7. Innovatieve regeneratiebron (bijv. asfaltcollectoren, warmtemuren)

5.1 Beschrijving regeneratieconcepten

Elk concept wordt eerst kort beschreven. In 5.2 worden de concepten met elkaar vergeleken.

5.1.1 Concept 1: Stadsverwarming

In het gebied bevinden zich stadsverwarmingsleidingen van het warmtenet van Eneco. Als primaire energievoorziening ligt dit niet voor de hand vanwege de afwezigheid van koeling en de beperkte duurzaamheid. Als regeneratievoorziening, zou dit een mogelijke kanshebber kunnen zijn. Omdat voor het regenereren van de WKO-bronnen geen hoge temperaturen nodig zijn, zou het ook technisch mogelijk zijn de retourleiding van de stadsverwarming hiervoor toe te passen.

5.1.2 Concept 2: Droge koelers

Droge koelers zijn installaties die warmte of koude uit de lucht halen om in gebouwen of voor regeneratie te kunnen gebruiken. Het zijn vrij omvangrijke installaties die vaak op daken geplaatst worden. Omdat lucht als energiebron wordt gebruikt, worden er ventilatoren in de droge koeler gebruikt om grote hoeveelheden lucht te verplaatsen. Dit kan ook voor enig installatiegeluid zorgen.

Figuur 5.1 – Droge koeler (bron: Redenko)



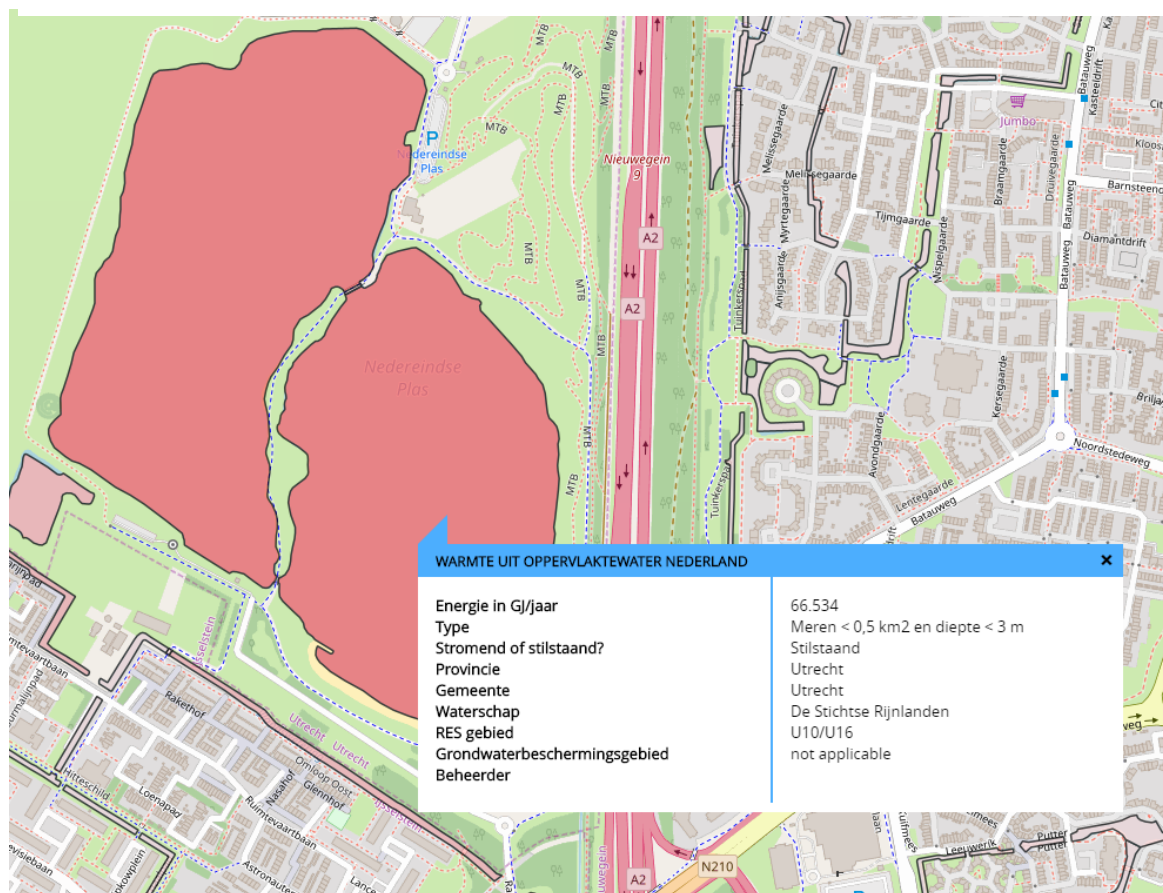
5.1.3 Concept 3: Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)

Een andere, vaak toegepaste bron voor regeneratie is oppervlaktewater. In de zomer (en een deel van de lente en herfst) is de temperatuur in de meeste oppervlaktewaterlichamen hoog genoeg om te kunnen gebruiken als regeneratiebron. Door warmte uit het oppervlaktewater te onttrekken, kan het waterlichaam iets afkoelen. Bij te kleine oppervlaktewaterlichamen (slootjes, vijvers) kan onvoldoende energie worden onttrokken zonder het water te veel af te koelen. Er is dus een bepaald volume water vereist. Daarnaast dient het oppervlaktewater enigszins in de buurt te zijn van de WKO-bronnen (indicatief < 500 meter), omdat anders veel (kostbaar) leidingwerk moet worden gelegd.

In de nabijheid van City West liggen twee waterlichamen die mogelijk te gebruiken zouden zijn: de Nedereindse plas en de Doorslag. De Nedereindse plas ligt op circa 1 km van het plangebied, met daartussen ook nog de snelweg A2. De Doorslag ligt op 600-700 meter van het plangebied. Beide locaties liggen vrij ver, wat de haalbaarheid van TEO bemoeilijkt.

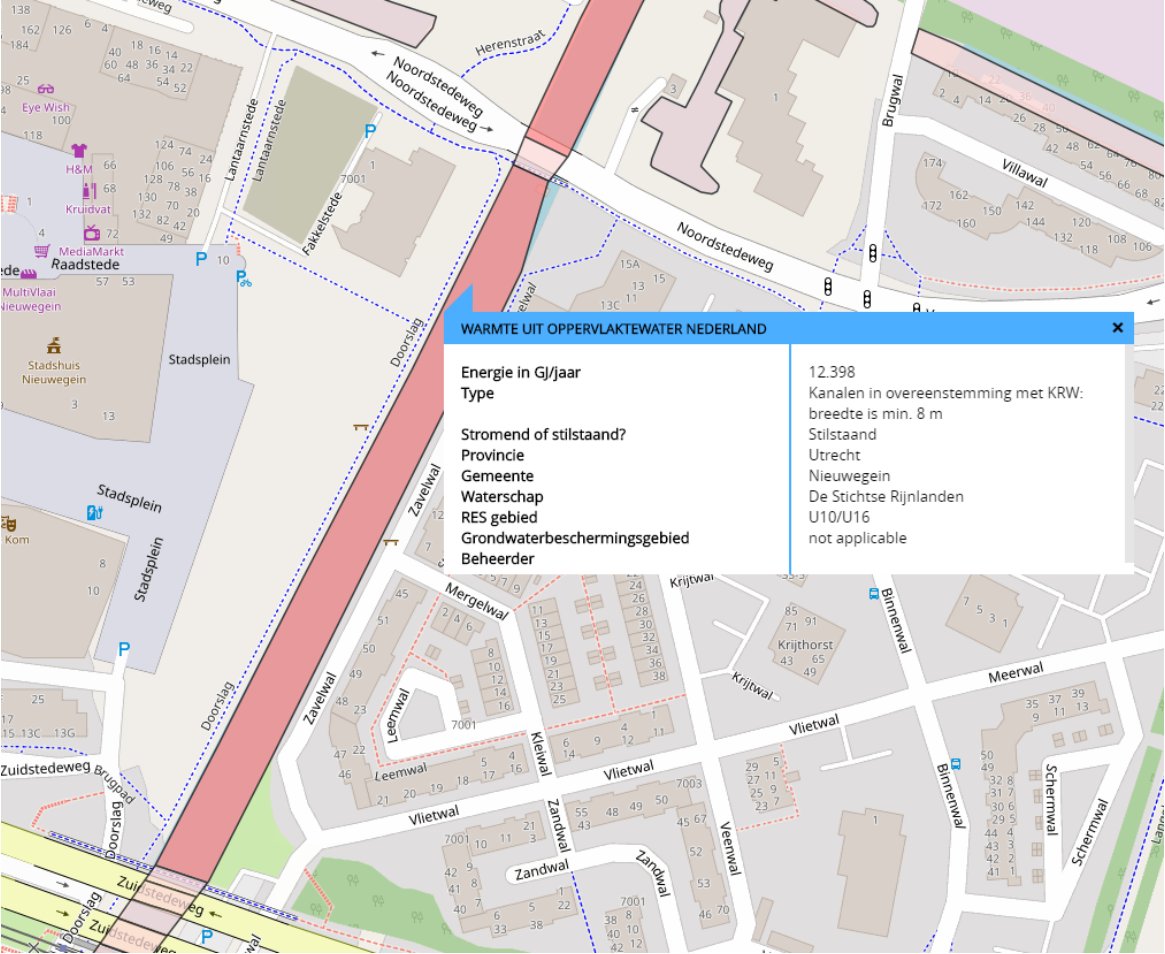
Via de 'Potentie Aquathermie' kaart van STOWA⁵, is een eerste quickscan gedaan van de warmtepotentie uit beide oppervlaktewaterlichamen (zie figuur 5.2 en 5.3). De Nedereindse plas heeft een warmtepotentie van 66.534 GJ per jaar. De Doorslag heeft een warmtepotentie van 12.398 GJ per jaar.

Figuur 5.2 – Energiepotentie Nedereindse plas



⁵ <https://stowa.geoapps.nl/Overzichtskaart#e5e9ea2b-d5bf-e811-a2c0-00155d010457>

Figuur 5.3 – Energiepotentie Doorslag



5.1.4 Concept 4: Thermische energie uit afvalwater (TEA)

Ook afvalwater bevat warmte welke gewonnen kan worden voor de toepassing van regeneratie. Die warmte gaat nu grotendeels verloren richting de afvalwaterzuivering. Via een warmtewisselaar in de leidingen zou warmte uit het afvalwater gewonnen kunnen worden. Er geldt ook hier dat voldoende volume beschikbaar moet zijn om voldoende warmte te kunnen winnen.

In City zijn plannen om afvalwater lokaal te verwerken en mogelijk ook in gebouwen toe te passen (bijvoorbeeld voor toiletspoeling). Wanneer het afvalwater lokaal verwerkt wordt, zou er ook lokaal warmte gewonnen kunnen worden. Er worden door LeAF verschillende concepten onderzocht om het afvalwater te verwerken. Hierbij wordt ook gekeken naar het toepassen van een douchewarmtewisselaar om direct warmte uit douchewater te winnen. Vanuit het oogpunt van energie, lijkt dit een goede en toepasbare eerste stap. Uit de afvalwaterstromen kan door opgave van LeAF, afhankelijk van het gekozen concept, 2.300 tot 4.200 GJ uit het grijze water aan energie gehaald worden. Hierbij is ervan uitgegaan dat in de gebouwen zelf douchewarmtewisselaars worden toegepast om warmte uit het douchewater gelijk nuttig te kunnen gebruiken en hiermee lokaal energie te besparen.

De waterzuiveringsinstallatie van Nieuwegein bevindt zich op enkele kilometers van het plangebied. Dit wordt als te ver gezien om te kunnen toepassen, vanwege kosten, inpasbaarheid leidingen, etc.

5.1.5 Concept 5: Restwarmte koelmachines winkelcentrum

Een koelmachine wordt (vanzelfsprekend) gebruikt om gebouwen te koelen. Bij utiliteitsfuncties, zoals een winkelcentrum of supermarkt, is er vaak een grote koelvraag aanwezig. Bij het koelen van de gebouwen, komt juist warmte vrij. Vaak wordt de warmte gewoon in de omgevingslucht vrijgelaten. Deze warmte zou echter ook geoogst kunnen worden en toegepast voor regeneratie van de WKO-bronnen. Het temperatuurniveau wat uit de koelinstallatie kan worden gebruikt ligt tussen de 20 °C – 45 °C.

Hoeveel energie er daadwerkelijk gebruikt kan worden, hangt af van een aantal factoren:

- aanwezig vermogen koeling
- vollasturen per jaar
- toegankelijkheid koelmachine en mogelijkheid tot warmtewinning

Daarnaast moet er overeenstemming zijn tussen de eigenaar van de koelinstallatie en de exploitant/eigenaar van het WKO-systeem incl. regeneratie. Om warmte te kunnen winnen, moeten mogelijk onderdelen aan de koelinstallatie toegevoegd worden, bijv. om de vrijgegeven warme lucht over te dragen aan een watergedragen systeem.

Om te kijken of dit een haalbare optie zou zijn, is een grove berekening op basis van kentallen uitgevoerd. City Plaza omvat circa 56.000 m² winkelloppervlak. Ingeschat wordt dat hiervoor een koelvraag van 500.000 tot 900.000 kWh bestaat⁶. De inschatting is⁷ dat uit de restwarmte van de koelmachines circa 1.200 tot 2.100 GJ warmte kan worden gewonnen, mits hierover afspraken met de eigenaren van installaties kan worden gemaakt.

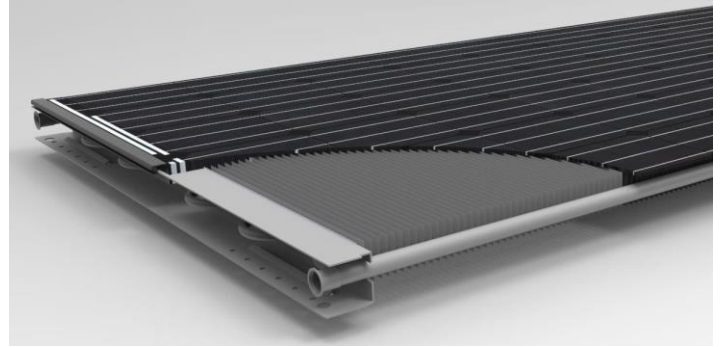
5.1.6 Concept 6: Zonthermische panelen

Zonthermische panelen oogsten de warmte van de zon. Daartoe dienen ze op een plek te liggen waar veel zon valt (en dus niet de schaduw). Er zijn verschillende soorten van deze panelen, waar het belangrijkste onderscheid zit tussen zonnecollectoren, die alleen thermische energie oogsten, of PVT-panelen, die naast thermische energie ook elektriciteit oogsten. De meest voor de hand liggende plek om dergelijke panelen te plaatsen, is op de daken.

⁶ Op basis van getallen conform de Uniforme Maatlat.

⁷ Op basis van een EER/COP van koelmachines van 3.

Figuur 5.4 – Voorbeeld van een zonnecollector (l) en een PVT-paneel (r)



5.1.7 Concept 7: Innovatieve regeneratiebron

Omdat de technieken snel veranderen, ook als gevolg van de toenemende markt van duurzame energiesystemen, wordt ook gekeken naar innovatieve regeneratiebronnen die nog minder toegepast worden, maar die mogelijk ook een goede optie zouden kunnen zijn.

Een voorbeeld hiervan zijn asfaltcollectoren. Hiermee wordt warmte uit de zon uit het opgewarmde asfalt gewonnen. Voordeel hiervan is dat ruimte meervoudig gebruikt kan worden: het oppervlak van de weg kan zo ook voor de energievoorziening gebruikt worden. Het asfalt zelf wordt door de collectoren ook minder heet in de zomer, wat goed is voor de levensduur. In Heerhugowaard zijn een aantal proefvlakken met asfaltcollectoren toegepast, zie figuur 5.5. Per m² asfalt kan circa 0,5 GJ per jaar (met een temperatuur van 20 °C) worden onttrokken⁸. Nadeel is wel dat bestaande wegen zouden moeten aangepast met deze techniek en dat er nog weinig ervaring met het product is.

Figuur 5.5 – Weg in Heerhugowaard wordt uitgerust met asfaltcollectoren



⁸ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Concept%20B6%20asfaltwarmte.pdf>

Daarnaast kan gedacht worden aan innovatieve vormen van zonnecollectoren zoals in een warmtemuur (solar wall). Hierbij worden zonnecollectoren verticaal tegen een muur/gebouw geplaatst om op die manier warmte te oogsten. In verticale stand valt er minder zonnestraling op de panelen dan wanneer ze onder een hoek op daken geplaatst worden. Zie figuur 5.6 van een voorbeeld van een dergelijke warmtemuur. Nadeel is ook hier dat er nog weinig ervaring is met dergelijke producten (zeker voor de Nederlandse situatie).

Figuur 5.6 – Voorbeeld van een warmtemuur



5.2 Vergelijking concepten

In deze paragraaf worden de verschillende concepten vergeleken op de punten:

- Energie/duurzaamheid
- Ruimtelijke consequenties
- Geluid
- Klimaatadaptatie
- Flexibiliteit
- Robuustheid
- Overige aandachtspunten

In paragraaf 6.2.8 wordt een samenvatting van de vergelijking gegeven.

5.2.1 Concept 1: Stadsverwarming

In de binnenstad van Nieuwegein zijn al stadsverwarmingsleidingen gerealiseerd. Afhankelijk van de locatie van de technische ruimte voor het WKO-systeem, zouden daar mogelijk nog enkele leidingen voor gerealiseerd kunnen worden. Er zijn verder geen extra installaties in het plangebied nodig, waarmee ruimtelijke inpassing beperkt is. Om de leidingen in te passen in de openbare ruimte, dient dit wel goed mee te worden genomen in alle ontwerpen.

Gebruik van stadsverwarming voor regeneratie zal niet voor extra geluid zorgen. Ook is er geen relatie met het thema klimaatadaptatie, o.a. door de beperkte ruimtelijke inpassing.

Qua flexibiliteit kan de aansluiting aan de stadsverwarming pas worden aangelegd als regeneratie echt mogelijk is. De aansluiting kan indien nodig ook redelijk eenvoudig worden vergroot. Daarmee is het een flexibele oplossing.

Omdat er al een bestaand stadsverwarmingsnet is, dienen alleen enkele extra leidingen en een aansluiting in de technische ruimte te worden gerealiseerd. De leidingen zullen ondergronds worden gelegd. Hiermee is het een robuuste oplossing, waar weinig onderhoud aan nodig is.

De stadsverwarming in Nieuwegein wordt grotendeels verwarmd door aardgas. Hoewel er plannen zijn de stadsverwarming te verduurzamen, zal dit langere tijd in beslag nemen. Momenteel wordt nog 80% van de warmte in het net geleverd door aardgas, de overige 20% komt van een biowarmteinstallatie (BWI). Eneco is bezig met de ontwikkeling van een tweede BWI en treft ook voorbereidingen voor de realisatie van een warmtepomp die warmte uit de RWZI Overvecht kan halen. Hiermee wil Eneco >50% verduurzaming van de stadsverwarming in 2025 realiseren. Mogelijk zal ook geothermie een belangrijke rol gaan spelen in de verduurzaming van het warmtenet. Het realiseren van bovenstaande initiatieven neemt echter de nodige tijd in beslag. Vooralsnog is de stadsverwarming dus nog niet erg duurzaam.

Gebruikmaking van de retour van de stadsverwarming kan als iets duurzamer worden gezien. Eneco heeft echter aangegeven geen economisch perspectief te zien in het gebruiken van stadsverwarming als regeneratie (zowel de aanvoer als retour) en staat hier niet voor open. Als regeneratievoorziening zal de stadsverwarming namelijk slechts een deel van het jaar worden gebruikt en zullen de vollasturen te laag zijn om voor Eneco interessant te zijn.

Een oplossing waarbij een groter deel van de warmtevraag in het gebied wordt ingevuld door de stadsverwarming, zou technisch gezien ook kunnen. Hierdoor zou het WKO-systeem kleiner ontworpen kunnen worden. In dit geval wordt echter veel warmte van Eneco afgenomen, wat een verslechtering van de duurzaamheidsprestaties zal betekenen. Als gevolg hiervan, zal het ook moeilijker zijn de ambities op het gebied van BENG te halen. Daarnaast is de verwachting dat dit, door aanleg van dubbele infrastructuur, financieel ook onvoordelig is. Door deze argumenten, wordt dit als weinig kansrijke optie gezien.

5.2.2 Concept 2: Droge koelers

Het rendement van een droge koeler ten behoeve van regeneratie is redelijk. Omdat warmte uit de lucht wordt gewonnen, dient de lucht een bepaalde temperatuur te hebben om warmte te kunnen oogsten. Daarnaast is er elektriciteit nodig om de ventilatoren in de droge koeler te laten draaien. Deze optie wordt daarom als redelijk duurzaam beschouwd. Er wordt warmte uit de lucht onttrokken in warmere periodes, waardoor hittestress (iets) wordt verminderd.

De ruimtelijke inpassingen van droge koelers is echter significant. De meest voor de hand liggende plek om deze installaties te plaatsen, is op het dak. Dakoppervlak is echter schaars omdat ook PV-panelen en groen op het dak wordt toegepast. Indicatief zal het benodigd oppervlak voor regeneratie (t.b.v. de droge koelers) bij het te ontwikkelen programma in City West rond de 100 tot 300 m² dakoppervlak (excl. distributieleidingen) zijn.

Omdat bij droge koelers een aanzienlijke hoeveelheid lucht wordt verplaatst, is er kans op geluidsoverlast als er geen aandacht aan ontwerp en plaatsing wordt toegepast. Als de droge koelers op daken worden toegepast waar geen verblijfsruimte is, zal de geluidsoverlast beperkt zijn (met waarden die voldoen aan het Activiteitenbesluit⁹, rond de 30-40 dB).

Vanwege het ruimtebeslag op daken van droge koelers, concurreert dit mogelijk met de toepassing van groene daken. Aan de andere kant wordt warmte uit de lucht onttrokken, waardoor de lucht plaatselijk iets wordt afgekoeld en hittestress iets wordt verminderd.

Toepassing van droge koelers is vrij flexibel, omdat het benodigde vermogen modulair uitgebreid kan worden met de ontwikkeling van het gebied. Hiermee is dit een flexibel concept wat goed toegepast kan worden zowel bij een collectief WKO-systeem als bij (deels) individuele WKO-systemen.

Droge koelers zullen af en toe onderhoud nodig hebben om de werking optimaal te houden. Daarnaast is de verwachting dat na 15 jaar onderdelen vervangen moeten worden. Tegelijkertijd worden droge koelers zeer veel toegepast, dus is er in de markt hier veel ervaring mee.

⁹ Zie voor het Activiteitenbesluit:

<https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/regelgeving/activiteitenbesluit/beschermingsniveau-0/kopie/>

5.2.3 Concept 3: Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)

TEO kan als een zeer duurzame vorm van regeneratie worden beschouwd. Omdat warmte uit oppervlaktewater wordt gehaald, koelt het oppervlaktewater iets af. Gezien de klimaatverandering is dit vaak gunstig voor het waterlichaam en de daarin aanwezige ecologie.

De ruimtelijke inpassing van TEO omvat zowel een in- en uitlaat in het waterlichaam als het verbindend leidingwerk naar de technische ruimte van het WKO-systeem. Uit oppervlaktewater kan een beperkte hoeveelheid energie per m³ worden onttrokken, omdat anders het retourwater te koud wordt. Meestal wordt een temperatuurverschil van 5-6 °C tussen onttrokken en geretourneerd water gehanteerd. Dit betekent dat er aanzienlijke hoeveelheden water moeten worden verpompt om er voldoende energie uit te halen. En als gevolg daarvan, zijn de TEO-leidingen vaak redelijk groot. Dit dient ingepast te worden in de ondergrond. Bij City West ligt de Nedereindse plas eigenlijk te ver van het plangebied om alle leidingen goed ruimtelijk te kunnen inpassen (nog los van de kosten daarvan die voornamelijk in de leidingen zitten). De Doorslag ligt iets dichterbij, maar ook dit betekent serieuze consequenties voor in te passen leidingen.

Geluidsoverlast zal vrijwel niet voorkomen bij gebruikmaking van TEO.

TEO heeft een beperkt positief effect op klimaatadaptatie, omdat waterlichamen iets worden afgekoeld en dus de opwarming van het gebied iets verminderd. Daarnaast zorgt TEO voor meer doorstroming in het waterlichaam.

Een installatie voor TEO is vaak vrij groot en het meest kostenefficiënt en energie-efficiënt als het als één installatie voor een groter gebied wordt uitgevoerd. Voor de ontwikkelingen in City West zou dus één TEO-installatie het meest voor de hand liggen. Modulair opbouwen met de fasering is daarmee niet mogelijk en er zou dus een collectief WKO-systeem vereist zijn. Ook is de TEO gebonden aan de locatie van het oppervlaktewater, wat ook de flexibiliteit vermindert.

Wanneer het systeem draait, is het vrij robuust. Jaarlijks moet wel klein onderhoud gepleegd worden om vervuiling van de warmtewisselaar te voorkomen, maar het systeem zelf is verder technisch niet heel complex.

Ander aandachtspunt is dat voor gebruik van het oppervlaktewater waarschijnlijk een vergunning bij het hoogheemraadschap moet worden aangevraagd.

Gezien de afstand van het oppervlaktewater tot het plangebied, wordt TEO niet als een haalbare optie voor regeneratie van de WKO-bronnen gezien.

5.2.4 Concept 4: Thermische energie uit afvalwater (TEA)

Ook TEA wordt als een zeer duurzame vorm van regeneratie gezien, vergelijkbaar met TEO. Warmte uit afvalwater kan nu efficiënt worden toegepast terwijl deze anders 'verloren' zou gaan onderweg naar de afvalwaterzuivering.

De ruimtelijke inpassing hangt af van het type afvalwaterzuivering dat zal worden toegepast. Hierbij is met name de plek(ken) waar het water wordt verzameld relevant. Om er warmte uit te kunnen winnen op de minst ruimtebelastende manier, is één verzamelpunt van het afvalwater van West het meest geschikt. Hier kan dan een warmtewisselaar worden toegepast. Verder zijn dan distributieleidingen van die warmtewisselaar naar de technische ruimte van het WKO-systeem nodig.

Er zal geen geluidsoverlast optreden als gevolg van de TEA-installatie. Er is ook geen effect op de klimaatadaptatie van het gebied.

Door de aard van het systeem, is TEA gebonden aan de plekken waar afvalwater wordt verwerkt. De warmtewinning is daarmee ook volgend aan de afvalwaterproductie van de gebouwen. Daarmee is het

systeem enigszins flexibel en kan het bij een collectief en semicollectief WKO-systeem worden toegepast. Bij individuele WKO-systemen lijkt dit echter niet haalbaar.

Systemen om warmte uit afvalwater te winnen voor de gebouwde omgeving worden in Nederland nog niet heel vaak toegepast, maar zijn technisch redelijk eenvoudig. Er dient alleen regelmatig onderhoud plaats te vinden, onder andere om vervuiling van de warmtewisselaar te voorkomen.

Omdat met TEA onvoldoende potentie uit het afvalwater kan worden gehaald om aan de volledige regeneratiebehoefte te voldoen, wordt TEA niet als de meest voor de hand liggende optie beschouwd. Wellicht kan TEA wel worden beschouwd voor een deelgebied (bijv. C1 t/m C4), mits de inpassing hiervan gunstig ligt ten opzichte van de technische ruimte(n) voor de WKO. Er dient in dat geval wel verder onderzoek naar de wijze van exploitatie en eigendom van het systeem te worden uitgevoerd.

5.2.5 Concept 5: Restwarmte koelmachines winkelcentrum

Bij dit concept wordt restwarmte van koelmachines gebruikt die anders in de lucht zou worden vrijgelaten en niet benut zou worden. In die zin is het dus een duurzaam concept.

Qua ruimtelijke benutting is dit afhankelijk van de locaties van de bestaande koelmachines. Mogelijk dienen aan die koelmachines extra componenten te worden toegevoegd om de warmte te kunnen overdragen (van lucht op water) en te benutten. Daarnaast dienen van die locaties leidingen naar de technische ruimte van het WKO-systeem te lopen. De koelmachines staan (voornamelijk) in het bestaande, meer oostelijke deel van City, wat aanzienlijke leidinglengtes betekent.

De koelmachines maken al geluid, maar het benutten van de restwarmte zal niet voor (extra) geluidsoverlast zorgen.

In de zomer wordt minder warmte de lucht in geblazen, wat een (beperkt) positief effect heeft op klimaatadaptie. Er is hierdoor minder bijdrage aan hittestress.

Om de warmte uit de koelmachines te kunnen gebruiken, dienen goede afspraken met de eigenaren van de machines gemaakt te worden en is het systeem daarmee gebonden aan de locatie(s) van de koelmachines. Ook is het oogsten van warmte volgend aan de koelbehoefte van de panden waarop de koelmachines zijn aangesloten. Hiermee is het systeem weinig flexibel en is een bepaalde mate van collectiviteit in het WKO-systeem nodig.

Omdat het grootste deel van de installatie (de koelmachines) een andere eigenaar hebben, is er dus geen regie op de koelmachines, het onderhoud, levensduur, etc. Het systeem is hiermee weinig robuust.

Omdat naar verwachting met de koelmachines onvoldoende potentie is om het hele WKO-systeem te regenereren (ook niet voor alleen deelgebied B1) en flexibiliteit en robuustheid zeer beperkt zijn, wordt deze optie als niet voor de hand liggend beschouwd.

5.2.6 Concept 6: Zonthermische panelen

Gebruik van zonnewarmte om te regenereren is een duurzame optie: er wordt warmte benut die anders niet benut zou worden en er is zeer weinig elektriciteit voor nodig. Omdat er een vrij groot oppervlak zou moeten worden gerealiseerd om voor dit gebied het gehele WKO-systeem te regenereren, wordt er wel vrij veel materiaal gebruikt, wat ook een zekere CO₂-uitstoot betekent.

Om voldoende te kunnen regenereren is vrij veel dakoppervlak nodig (indicatief 2.500 m², in vergelijking met ca. 9.000 m² dakoppervlak totaal in City West). Dakoppervlak is in het gebied ook hard nodig voor toepassing van groen of opwekken van elektriciteit. Wanneer PVT-panelen worden toegepast, kan het winnen van zonnewarmte worden gecombineerd met het winnen van elektriciteit en wordt ruimte veel efficiënter benut.

Zonthermische panelen zullen niet voor geluidsoverlast zorgen.

Door de panelen op daken te plaatsen, zullen daken iets minder opwarmen door de zon. Hiermee wordt hittestress (beperkt) tegengegaan. Als er echter zonthermische panelen in plaats van groene daken worden toegepast, heeft dit een negatief effect op klimaatadaptatie.

Zonthermische panelen kunnen in principe op elk dak worden geplaatst en het vermogen kan worden uitgebreid met de fasering van de ontwikkeling. Het is daarmee een flexibele oplossing, die zowel bij collectieve, als individuele WKO-systemen kan worden toegepast.

Dergelijke systemen worden vaak toegepast en hebben beperkt onderhoud nodig. Wel zal na enige tijd vervanging nodig zijn (circa 25-30 jaar).

5.2.7 Concept 7: Innovatieve bronnen

Hoewel ontwikkelingen op het gebied van duurzame energie snel kunnen gaan, lijkt er nog geen innovatieve bron die voorgaande opties voorbijstreeft om de WKO-bronnen te regenereren. Opties zoals asfaltcollectoren of warmtemuren kunnen een beperkte bijdrage leveren aan de regeneratie, maar kunnen niet voorzien in de regeneratievraag voor het gehele gebied.

Daarnaast vragen asfaltcollectoren zeer veel ruimte (indicatief 16.000 m² voor dit plangebied). Ook oplossingen als warmtemuren vragen veel ruimte.

Vooralsnog zijn dergelijke innovatieve bronnen dus nog geen 'gamechanger' en kunnen ze niet fungeren als regeneratievoorziening voor geheel City West. Mogelijk kunnen ze een aanvulling bieden of voor een special als pilot of voorbeeldrol voor duurzaamheid dienen. In deze studie worden ze in de verdere analyse daarom niet meegenomen.

5.2.8 Samenvatting concepten

In onderstaande tabel is een overzicht van de kwalitatieve analyse op verschillende aspecten weergegeven, zoals in bovenstaande paragrafen omschreven. Omdat het laatste concept meerdere type systemen omvat en vooralsnog niet een voor de hand liggende optie lijkt, is deze niet meegenomen in de tabel.

Concept	Voldoende potentie	Energetisch	Ruimtelijk	Geluid	Klimaatadaptatie	Flexibiliteit	Robuustheid
Stadsverwarming	✗*	—	~	+	~	+	+
Droge koelers	✓	~	—	—	+	+	~
TEO	✓	+	—	+	+	—	~/+
TEA	✗	+	—	+	~	~	~
Restwarmte koelmachines	✗	+	~	+	+	—	~
Zonthermische panelen	✓	+	~	+	~/+	+	~/+

*Potentie is wel voldoende, maar Eneco ziet geen economisch perspectief in het aansluiten van stadsverwarming ten behoeve van regeneratie.

Op basis van de kwalitatieve analyse, is een tweetal concepten uitgekozen om nader te onderzoeken: droge koelers en zonthermische panelen. Deze concepten hebben beiden voldoende potentie om het WKO-systeem te regenereren. Bij de zonthermische panelen wordt uitgegaan van PVT-panelen, omdat hiermee schaars dakoppervlak veel efficiënter gebruikt kan worden. Hoewel ook TEO voldoende potentie heeft, wordt deze variant niet haalbaar geacht omdat het oppervlaktewater te ver weg van het plangebied ligt om efficiënt en rendabel te kunnen benutten.

Combinaties tussen concepten zijn eventueel mogelijk, maar dit hangt af van de aard van het concept. Voor concepten waar op één centrale plaats warmte wordt geoogst die niet in het plangebied ligt (TEO, restwarmte koelmachines) ligt een combinatie minder voor de hand, omdat dit per definitie significant hogere investerings- en mogelijk ook exploitatiekosten zal betekenen. TEA kan eventueel gecombineerd worden met PVT-panelen of droge koelers, als dit ruimtelijk goed in te passen is en meer duidelijkheid is over eigendom en exploitatie.

Bij PVT-panelen en droge koelers is eventueel wel een combinatie mogelijk, waarbij bijvoorbeeld bij één deelgebied voor de droge koelers wordt gekozen en bij een ander deelgebied voor PVT-panelen, afhankelijk van het beschikbaar dakoppervlak.

6 Nadere uitwerking regeneratieconcepten

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op een aantal aspecten rondom de twee regeneratieconcepten droge koelers en PVT-panelen.

6.1 Energie

Om regeneratiewarmte te oogsten, is bij beide concepten elektriciteit nodig. Bij de droge koelers is het voornaamste om de ventilatoren te laten draaien, bij de PVT-panelen om de warmte rond te pompen. Het elektriciteitsverbruik brengt, afhankelijk van het soort ingekochte stroom, ook een CO₂-uitstoot mee. Omdat niet bekend is waar de stroom ingekocht zal worden, is uitgegaan van de uitstoot van de huidige elektriciteitsmix. In onderstaande tabel is het elektriciteitsgebruik en de CO₂-uitstoot van beide regeneratieconcepten weergegeven.

Tabel 6.1 – Elektriciteitsgebruik en CO₂-uitstoot regeneratieconcepten

	Droge koelers	PVT-panelen
Elektriciteitsgebruik per jaar (kWh)	101.000	29.600
CO ₂ -uitstoot per jaar ¹⁰ (kg)	47.900	14.100

Bij de droge koelers wordt als gevolg van het hogere elektriciteitsgebruik drie keer meer CO₂ uitgestoten dan bij de PVT-panelen.

6.2 Ruimtelijk

Bij zowel de droge koelers als de PVT-panelen ligt het het meest voor de hand deze op de daken te plaatsen. Hiermee kan maximale warmte uit zon of lucht gehaald worden en is er zo min mogelijk overlast (vooral in het geval van droge koelers).

Voor het gebied zijn nog geen uitgewerkte ontwerpen van de gebouwen bekend. Op basis van het draaiboek Nieuwegein City is daarom een inschatting gemaakt van hoeveel dakoppervlak in het gebied gerealiseerd gaat worden op basis van de footprint van de geprojecteerde gebouwen. Voor de nieuwbouwontwikkelingen in City West is dit circa 9.000 m² dakoppervlak. De lagere daken zullen ingezet worden voor groen en/of dakterrassen. Voorlopig uitgangspunt is dat circa de helft van de daken gebruikt kan worden voor energieopwekking (elektriciteit en warmte t.b.v. regeneratie), dus circa 4.500 m².

Bij droge koelers zal circa 100 tot 300 m² nodig zijn voor de droge koelers zelf. Om voldoende luchtstroom rondom de droge koelers te houden en toegang voor onderhoud e.d. te waarborgen, dient ook rondom de droge koelers nog ruimte aanwezig te zijn, waardoor ingeschat wordt dat circa 500 m² dakvlak nodig zal zijn. Dit is indicatief 5% van het aanwezige dakvlak in het gebied.

Voor de PVT-panelen zal circa 2.500 m² aan dakvlak nodig zijn om voldoende energie t.b.v. de regeneratie te kunnen opwekken. Voordeel echter is wel dat dit gecombineerd kan worden met de opwek van elektriciteit door PV-panelen. Verwachting is dat circa 4.500 m² van het dakvlak nodig is voor de opwek van voldoende duurzame elektriciteit, daarvan zou dus 2.500 m² als PVT-panelen kunnen worden gerealiseerd. Hoewel de PVT-panelen 25-30% van het totale dakoppervlak zullen beslaan, is ten behoeve van de regeneratie geen extra dakvlak vereist wat niet al benut zou worden door PV-panelen. Er moet echter wel opgemerkt worden dat binnen de huidige generatie PVT-panelen, de elektrische opbrengst lager is dan bij marktconforme hoogrendements PV-panelen.

¹⁰ O.b.v. 0,475 kg CO₂ per kWh, conform <https://www.co2emissiefactoren.nl/liijst-emissiefactoren/>

7 Financiële analyse

In de financiële analyse worden de investerings- en exploitatiekosten van de verschillende regeneratieconcepten met elkaar vergeleken om o.a. op basis hiervan een onderbouwde keuze te kunnen maken.

7.1 Investeringskosten

Het totale systeem om de gebouwen te verwarmen en te koelen bestaat uit:

- Het WKO-systeem incl. bronnen, distributie, warmtewisselaar in de gebouwen;
- Warmtepompen in de gebouwen (op gebouw- of woningniveau);
- Regeneratievoorzieningen

De eerste twee punten zijn niet afhankelijk van de keuze voor een bepaald regeneratieconcept. De investeringskosten voor het WKO-systeem per woning liggen tussen de € 1.000,- en € 3.000,- (excl. BTW). Voor de warmtepompen hangt het ervan af of er gekozen wordt voor een collectieve warmtepomp op gebouwniveau of individuele warmtepompen op woningniveau, waarbij de laatste optie de hoogste investeringskosten kent. De investeringskosten hiervoor kunnen tussen de € 6.000,- respectievelijk € 8.000,- (excl. BTW) per woning liggen.

De investeringskosten voor de verschillende regeneratieconcepten zijn in onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 7.1 – Investeringskosten regeneratieconcepten

	Droge koelers	PVT-panelen¹
Investeringskosten totaal ²	€ 220.000	€ 880.000
Investeringskosten per woning ²	€ 180	€ 700

¹Alleen het thermische deel.

²Inclusief installatie, distributie, etc.

Te zien is dat de investeringskosten voor de PVT-panelen aanzienlijk duurder zijn (vier keer duurder) dan die voor de droge koelers.

7.2 Exploitatiekosten

De exploitatiekosten van de regeneratiemogelijkheden bestaan uit de energiekosten om het systeem te laten draaien en de onderhoudskosten. Deze worden in onderstaande tabel weergegeven. De uitgangspunten waarop deze kosten gebaseerd zijn, worden weergegeven in bijlage 2.

Tabel 7.2 – Jaarlijkse exploitatiekosten regeneratieconcepten

	Droge koelers	PVT-panelen¹
Elektriciteitskosten	€ 10.100	€ 3.000
Onderhoudskosten	€ 4.400	€ 17.600
Totale exploitatiekosten	€ 14.500	€ 20.600

Hoewel het elektriciteitsgebruik van de PVT-panelen veel lager is dan bij droge koelers, is als gevolg van de hogere onderhoudskosten het toch het concept met de hoogste exploitatiekosten.

7.3 Conclusie financiële analyse

Regeneratie door middel van PVT-panelen is zowel duurder qua investeringskosten als qua exploitatiekosten dan regeneratie via droge koelers. Puur financieel gezien zijn droge koelers dus de meest voor de hand liggende oplossing. Daarmee wordt echter wel dakoppervlak bezet waar anders PV-panelen zouden kunnen worden toegepast (indicatief 500 m², waarmee met PV-panelen jaarlijks circa 70.000 kWh zou kunnen worden opgewekt). Daarnaast is het een minder duurzame oplossing door het hogere elektriciteitsgebruik.

Voor de toepassing van zowel droge koelers als PVT-panelen als regeneratievoorziening, zijn helaas geen subsidieregelingen beschikbaar. De subsidie SDE++ (Stimulering Duurzame Energieproductie) is niet van toepassing op deze technieken. Voor de warmtepompen zelf zou mogelijk wel gebruik gemaakt kunnen worden van de ISDE (InvesteringsSubsidie Duurzame Energie), waarmee aan een deel van de aanschafkosten van een warmtepomp (bij relatief kleine installaties) kan worden tegemoetgekomen.

8 Advies vervolgstappen en marktbenadering

Om tot de realisatie van een duurzaam en comfortabel energiesysteem te komen, wordt advies gegeven over de vervolgstappen.

Uit energetisch en financieel perspectief is een collectief systeem het meest wenselijk, maar dit biedt wel uitdagingen op het gebied van planning en organisatie. Vanwege de bodemcapaciteit is een collectief systeem niet noodzakelijk en kan er ook gedacht worden aan een collectief systeem per deelgebied (semicollectief) of eventueel zelfs per gebouw/eigenaar. Geadviseerd wordt om vanuit de gemeente een faciliterende rol aan te nemen voor het realiseren van (semi-)collectieve systemen. Hiertoe kan de gemeente in gesprek gaan met de verschillende ontwikkelende partijen. Vooral bij deelgebied B1 is het wenselijk zo vroeg mogelijk te peilen of er interesse in een collectief systeem bestaat en op welke manier, omdat deze ontwikkeling het verst in het proces is. Hierbij gaat het om vragen zoals:

- Is er bereidheid deel te nemen aan een collectief WKO-systeem?
- Wil de gebouweigenaar zelf energie aan de bewoner afrekenen of wil hij/zij dit uit handen geven aan een exploitant?
- In hoeverre wil de eigenaar invloed op het gekozen energiesysteem, zoals ondergronds (het WKO-systeem) als bovengronds (de warmtepompen die daarop worden aangesloten)?

Als die interesse er van alle partijen is, kan de gemeente haar rol verder invullen door het faciliteren van gesprekken en wellicht ondersteuning te bieden in de uitwerking naar een ontwerp van het systeem en/of een zoektocht naar een mogelijke exploitant. Als die interesse er niet van alle partijen is, wordt aanbevolen in te zetten op semicollectief systeem per deelgebied.

Parallel hieraan dient te worden geborgd dat, in het geval van semicollectieve of individuele systemen, voldoende potentie in de bodem is voor elke partij. Er wordt geadviseerd vanuit de gemeente hier regie op te nemen, door een bodemenergieplan op te stellen. Hiermee wordt de ordening van bronnen vastgelegd en kunnen toekomstige ontwikkelingen ook voldoende energie uit de bodem halen. Hoewel in deze studie naar alleen City-West is gekeken, is het mogelijk ook raadzaam dit bodemenergieplan voor een groter gebied op te stellen (bijv. geheel City) waar ook ontwikkelingen worden voorzien.

Naast een bodemenergieplan waarin de ordening van bronnen is geborgd, is het aan te bevelen vanuit de gemeente kaders te stellen op het gebied van energieprestatie e.d. om zo tot een duurzaam systeem te komen. Bij gebieden waar de gemeente geen eigendomspositie heeft (zoals bij deelgebied B1), kan de gemeente dit eventueel sturen bij een bestemmingsplanwijziging. Daarnaast is er ook nog enige sturing mogelijk door het toestaan van gebruik van openbaar gebied, alleen onder bepaalde voorwaarden. Bijvoorbeeld voor de realisatie van leidingen in openbaar gebied dient de ontwikkelaar toestemming van gemeente te krijgen, waardoor de gemeente hier een sturingsmogelijkheid heeft. Verder kan eventueel ook nog gedacht worden aan de eis om het systeem zo te realiseren dat het later gekoppeld kan worden aan een ander gebiedsenergiesysteem. Exploitanten kunnen hier een commerciële kans in zien.

Wanneer de gemeente wel eigenaar van het te ontwikkelen gebied is, kunnen meer kaders en eisen worden meegegeven aan de ontwikkelende partij. Belangrijke kaders waar op gelet moeten worden zijn:

- De energetische prestatie van het systeem (waarmee richting een WKO-systeem kan worden gestuurd omdat dit zeer efficiënt is);
- De aanwezigheid van koeling met een zeer goed rendement en/of die geen warmte uitstoot;
- Koppelkansen van het WKO-systeem met warmtepompen, laadpalen en PV-panelen om pieken in het elektriciteitsnet te reduceren;
- Aandacht voor tarieven van de toekomstige bewoners (met een korting op de warmtewet);
- Ruimtelijke inpassing;
- Geluid.

Hiermee kan richting een efficiënt en duurzaam WKO-systeem gestuurd worden, maar ook nog enige vrijheid voor innovatie aan de exploitant gelaten worden. Op basis van dit kader, kan later het programma van eisen voor het energiesysteem worden opgesteld. En op basis daarvan kan de ontwikkelende partij een concessie aan een marktpartij verlenen om het energiesysteem te realiseren en te exploiteren. De gemeente

kan hier wellicht ook nog een faciliterende rol aannemen om collectiviteit te stimuleren, bijvoorbeeld tussen Zadelstede en West.

Vanwege de potentie in de bodem waardoor volledige collectiviteit niet noodzakelijk is, wordt niet geadviseerd om vanuit de gemeente zelf een bodemenergiesysteem te realiseren of daartoe concessie te verlenen. De risico's die daarbij horen zijn in onze ogen niet nodig bij de realisatie van City-West, omdat er voldoende mogelijkheden lijken te zijn per deelgebied een goede oplossing te vinden en als gemeente daarin sturing te geven.

Samenvattend worden de volgende vervolgstappen geadviseerd:

1. Peilen van interesse in een collectief energiesysteem bij ontwikkelende partijen (met name bij deelgebied B1);
2. Een bodemenergieplan laten opstellen om goed gebruik van bodemenergie te borgen;
3. Zo veel mogelijk sturen (afhankelijk van grondpositie gemeente) op een duurzaam en goed systeem (energetische prestatie, koeling, koppelkansen/smart grid, betaalbaarheid voor de bewoners, ruimtelijke inpassing, geluid, etc.);
4. Eventueel faciliteren bij verdere uitwerking van het (semi-)collectieve bodemenergiesysteem.

Bijlage 1 – Kentallen warmte- en koudevraag

Om de warmte- en koudevraag zowel aan de gebouwszijde als de bodemzijde (met tussenkomst van warmtepomp) te bepalen, zijn de volgende uitgangspunten gebruikt.

Uitgangspunt	Waarde
Gemiddelde woninggrootte	71 m ² GBO
Warmtevraag woning per jaar	7 GJ
Tapwatervraag woning per jaar	5 GJ
Koudevraag woning per jaar	3 GJ
Warmtevraag kantoren per jaar	0,0522 GJ/m ²
Koudevraag kantoren per jaar	0,0238 GJ/m ²
Warmtevraag winkels per jaar	0,1008 GJ/m ²
Koudevraag winkels per jaar	0,0259 GJ/m ²
Tapwatervraag utiliteit	Lokaal elektrisch opgelost
COP warmtepomp verwarming	5,5
COP warmtepomp tapwater	3,0
COP/EER koude	10
Regeneratiecapaciteit PVT per jaar	3 GJ/m ²

Bijlage 2 – Bodempotentieelstudie door IF Technology

Deze bijlage wordt separaat bij dit rapport gevoegd.

Bijlage 3 – Uitgangspunten financiële analyse

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor de financiële analyse:

Elektratarief grootverbruik	€ 0,10 per kWh
Onderhoudskosten PVT-panelen	2% van de investeringskosten
Onderhoudskosten droge koeler	4% van de investeringskosten



Merosch

Merosch B.V.
Eendrachtsweg 3
2411 VL Bodegraven

T 0172 - 65 12 64
E info@merosch.nl
I merosch.nl

KVK 27311612
BTW NL8224.23.066.B01
IBAN NL80 TRIO 0197 8235 99

Zet koers naar morgen!

