



Warmtenet Oog voor Warmte

Schetsontwerp

Kopenhagen • 30/04/2026



Niels van der Veer

nv@planenergi.dk

www.planenergi.eu

Opdrachtgever	Gemeente Utrecht
Contactpersoon	Mila Verdonk
Projectnummer	26-010
Datum	30-04-2026
Versie	1.1
Auteur	Niels van der Veer
Studie	Niels van der Veer, Els van der Roest, Magdalena Komoszynska, Niels From
Gecontroleerd door	Tina Hartun Nielsen
Versie	Definitief



Agenda / Inhoud

1

Inventarisatie

2

Ruimtelijke inpassing

3

Systeemconcept

4

Eindevaluatie (multi criteria)



Inventarisatie



PlanEnergie

Projectoverzicht

Startpunt

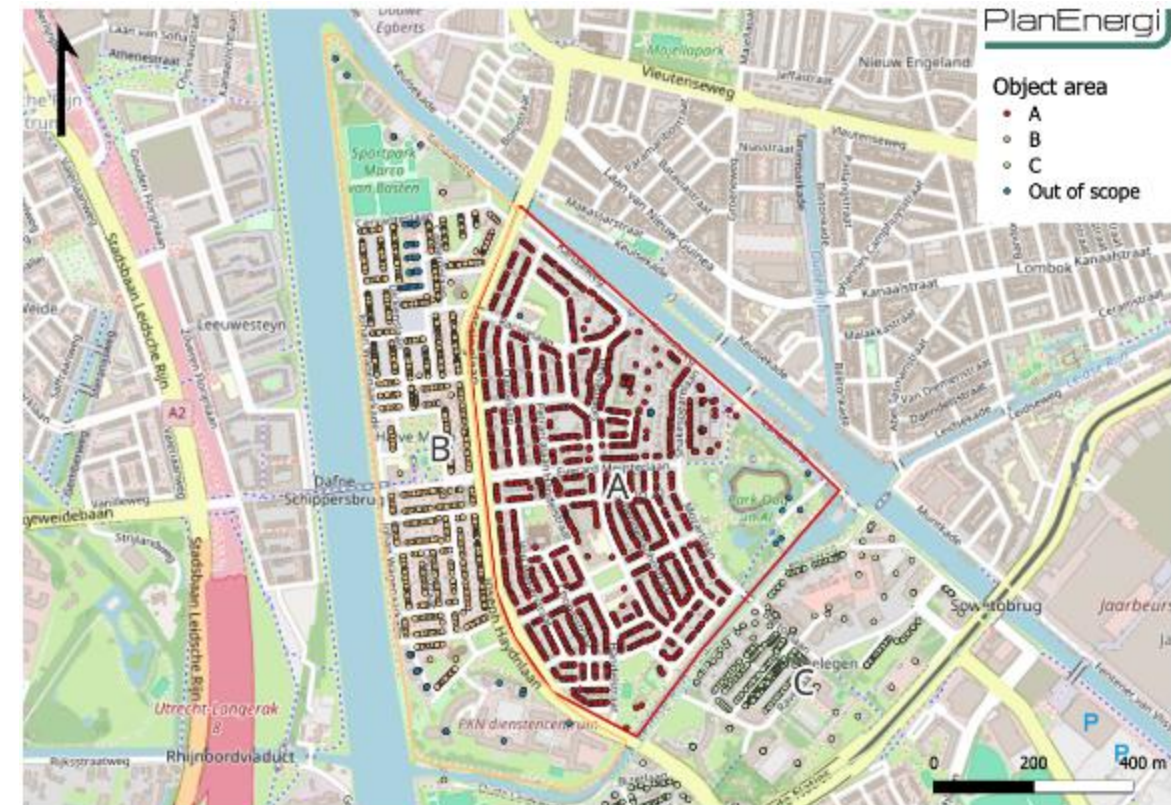
Een MT-warmtenet in de wijken Oog in Al & Halve Maan

De uitgangspunten

- Meerdere studies wijzen op een MT-warmtenet als voorkeursrichting
- Aquathermie (TEO) uit het Amsterdam-Rijnkanaal als primaire bron
- Overgang van haalbaarheidsstudie => technisch ontwerp en businesscase

Het plangebied

	Wijk	Oog in Al	Halve Maan
Potentiële aansluitingen		1,475	1,304
Gemiddeld bouwjaar		1946	1956



De 4 beoordelingscriteria

1. KOSTEN

De Total Cost of Ownership (TCO)

- CAPEX: bron, centrale, netwerk, aansluitingen
- OPEX: elektriciteit, gas (piek), onderhoud
- Netkosten: elektrische aansluiting & transporttarieven (Stedin)
- Gevoeligheid: energieprijzen, volloop, subsidies

Impact op bewoners en gebouwen

- Aansluitconcept (afleverset, geen/gedeeltelijke aanpassing)
- Temperatuurregime (70/40 vs 55/40 → effect op installaties)
- Naverwarming tapwater (indien nodig)
- Praktische haalbaarheid en acceptatie bewoners

4. WONINGAANPASSINGEN

2. DUURZAAMHEID

CO₂-uitstoot van de warmtevoorziening

- CO₂ op basis van elektriciteits- en gasgebruik (RVO/WIS/WcW methodiek)
- Aandeel hernieuwbare warmte (TEO)
- Impact van toekomstige elektriciteitsmix
- Toetsing aan WIS-norm 2030 (<25 kg CO₂/GJ) & afbouwpad WcW

Technische en ruimtelijke haalbaarheid

- Inpassing warmtecentrale (footprint, hoogte, geluid)
- TEO-installatie aan het kanaal (ruimtebeslag)
- Ondergrond: WKO / leidingen / congestie
- Nabijheid van elektra- en gasinfrastructuur

3. RUIMTELIJKE INPASSING



Warmtevraag & piekbelasting

Belangrijke uitgangspunten & bevindingen

Jaarlijkse warmtevraag

- Totale warmtevraag bepaald op basis van:
 - VIVET-dataset (referentiejaar 2020), geactualiseerd naar 2025 met CBS- en Liander/Stedin-statistieken
 - CBS-energiekentalen voor dienstensector
- Gedrag warmtegebruik sterk veranderd na 2020-2021, correctie toegepast voor structurele vraagreductie → -15% t.o.v. 2021

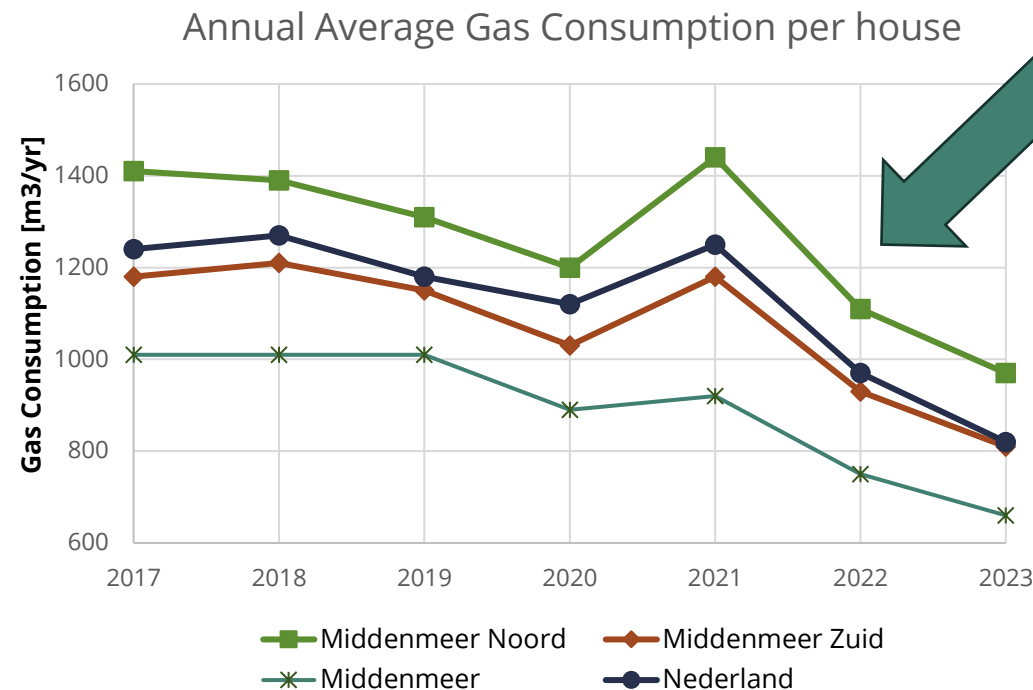
Piekvraag (opwek & netwerkdimensionering)

- Piekbelasting afgeleid uit de jaarlijkse warmtevraag op basis van Full Load Equivalent Hours (FLEQ): 2250
- Correcties voor simultaneïteiten in distributienet (DS 439:2024)

Resultaten

	Volloop	100%	80%
Jaarlijkse warmtevraag*		26,213 MWh	20,971 MWh
Piek vermogen		13.5 MW	10.9 MW

*Exclusief warmteverliezen distributienetwerk



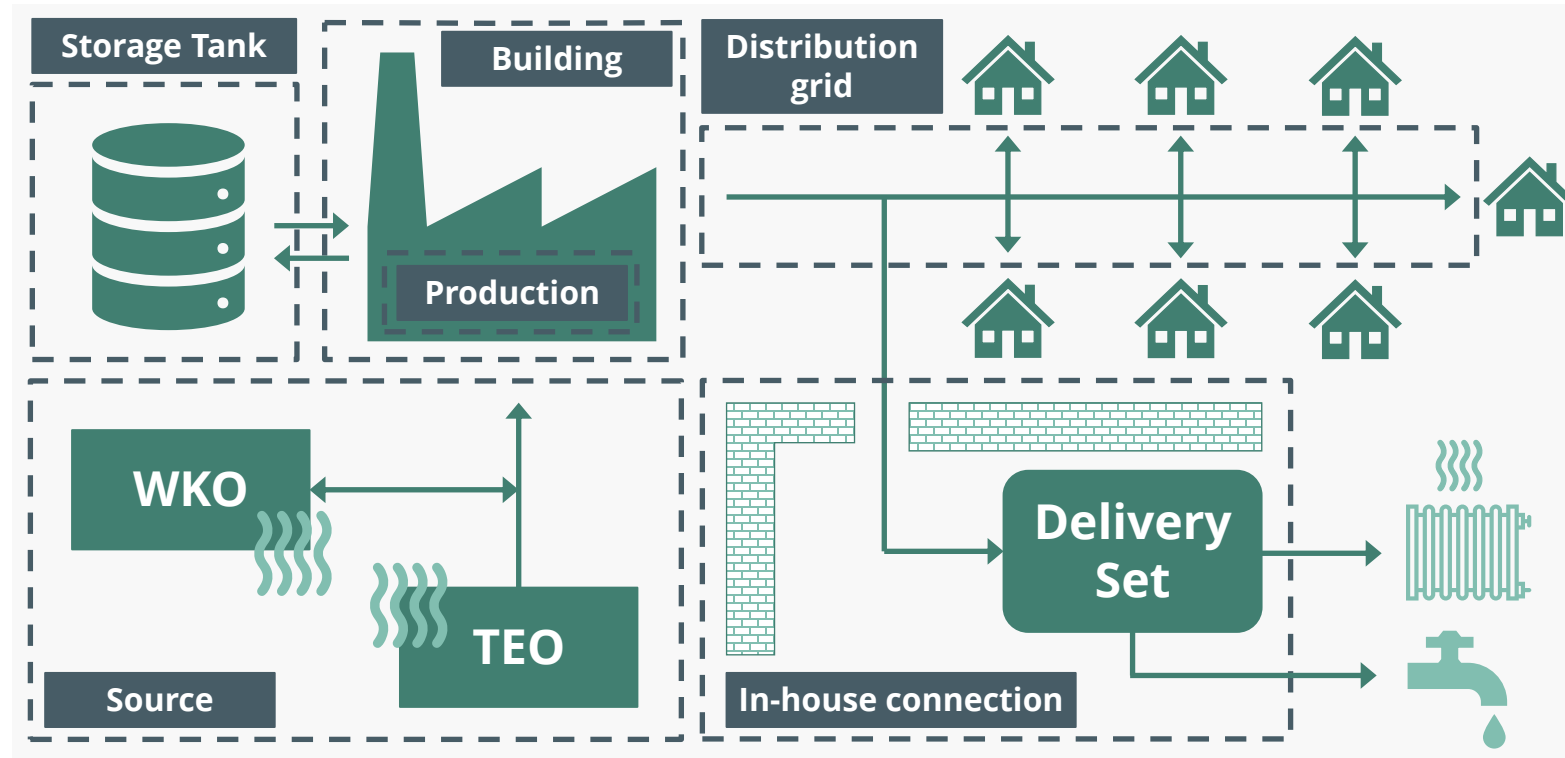
Bron: Centraal Bureau voor de Statistieken

Ruimtelijke Inpassing



Plan

De bouwstenen van een MT-warmtenet



Bron: <https://www.kelvin.nl/> (bewerkt)

Alles is technisch, economisch en beleidsmatig met elkaar verbonden

Een hybride opwekconcept met buffervat als batterij

De Deense ontwerpfilosofie: elektrificatie + flexibiliteit

Bij een piekvraag van bijvoorbeeld **10 MW**:

- 6 MW **warmtepomp**
(hoge CAPEX, lage OPEX)
- 10 MW **gasketel (backup/piek)**
(lage CAPEX, hoge OPEX)

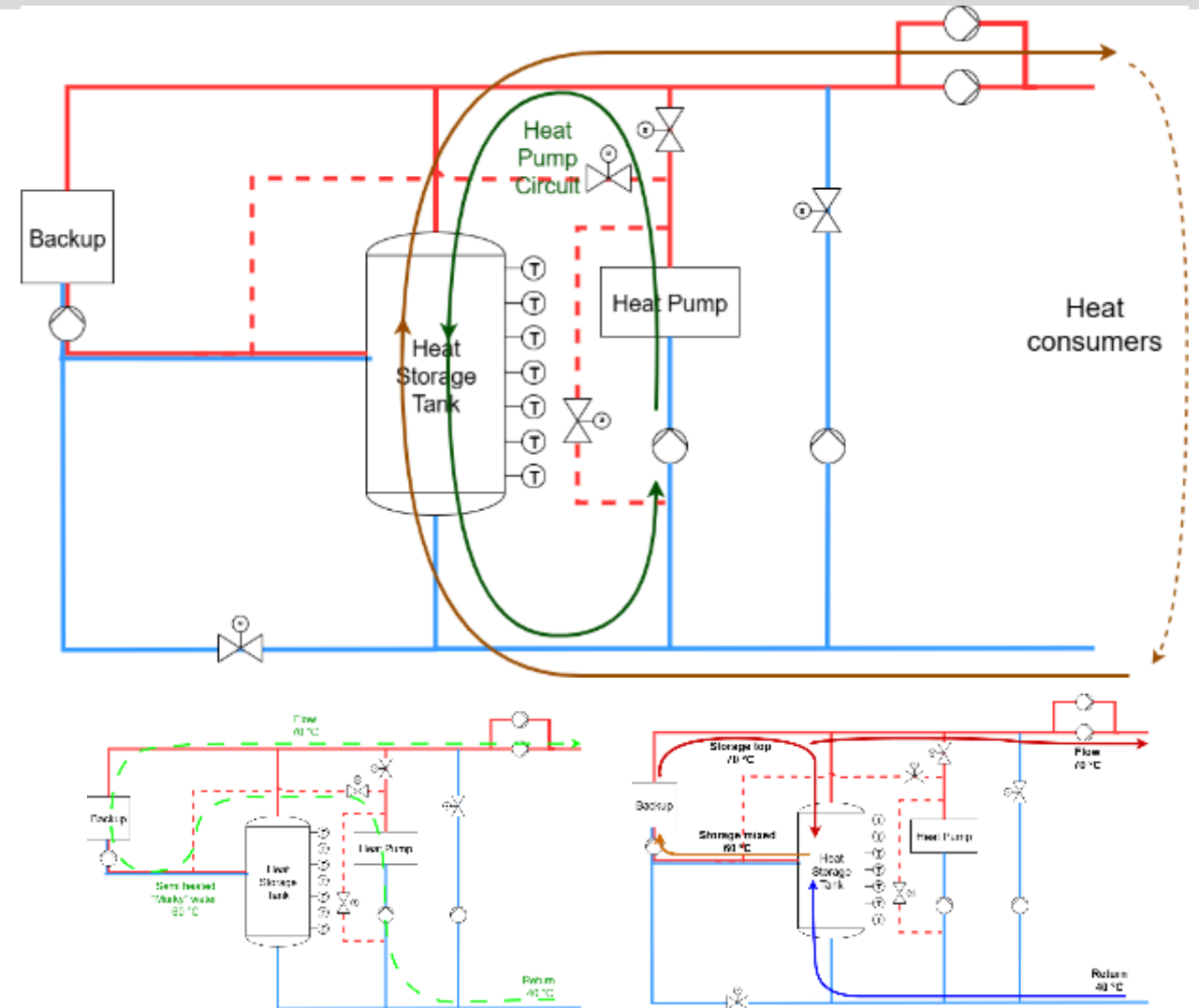
Resultaat: 60% warmtepomp levert 95% van de warmte

Waarom werkt dit?

- Buffervat ontkoppelt productie en vraag
- Warmtepomp draait op goedkope uren
- Ketel vangt pieken en onzekerheden op

Systeemvoordelen

- Altijd leveringszekerheid
- Flexibel opschalen (modulair)
- Mogelijkheid tot hogere temperaturen / cascadering
 - Kleinere leidingen mogelijk door hogere ΔT



Ruimtelijke inpassing (van de warmtecentrale)

GEBOUW, FOOTPRINT & GELUID

Warmtecentrale is ruimtelijk maatgevend

- ~600–800 m² footprint (afhankelijk van configuratie en stapeling)
- Hoogte: 1–2 bouwlagen (~4–8 m), uitbreiding mogelijk
- Geluid is kritische randvoorwaarde (nachtbedrijf, afstand tot woningen)
- Ontwerp wordt bepaald door: ruimte, geluid en uitbreidbaarheid

Beschikbaarheid bepaald haalbaarheid

- Elektriciteit: ~2–2.5 MWel aansluiting vereist
- Gas (piek/back-up): G1600 (~1.300–1.400 Nm³/h)
- Nabijheid infrastructuur = cruciaal voor locatiekeuze
- Netcongestie kan showstopper zijn

NUTS

BUFFERVAT

Flexibiliteit ↔ ruimtelijke impact

- ~3.000 m³ ≈ 120 MWh thermische opslag
- Essentieel voor efficiënte warmtepompopperatie
- Grootste visuele impact → architectonische inpassing nodig

Systeem spreid zich ruimtelijk uit

- TEO: ~150 m²+ aan het kanaal (bronlocatie vast)
- Centrale hoeft niet direct aan het kanaal te liggen
- WKO: 11–17 doubletten, volledig ondergronds
- Ondergrondse inpassing is complex en bepalend in Utrecht

TEO & WKO

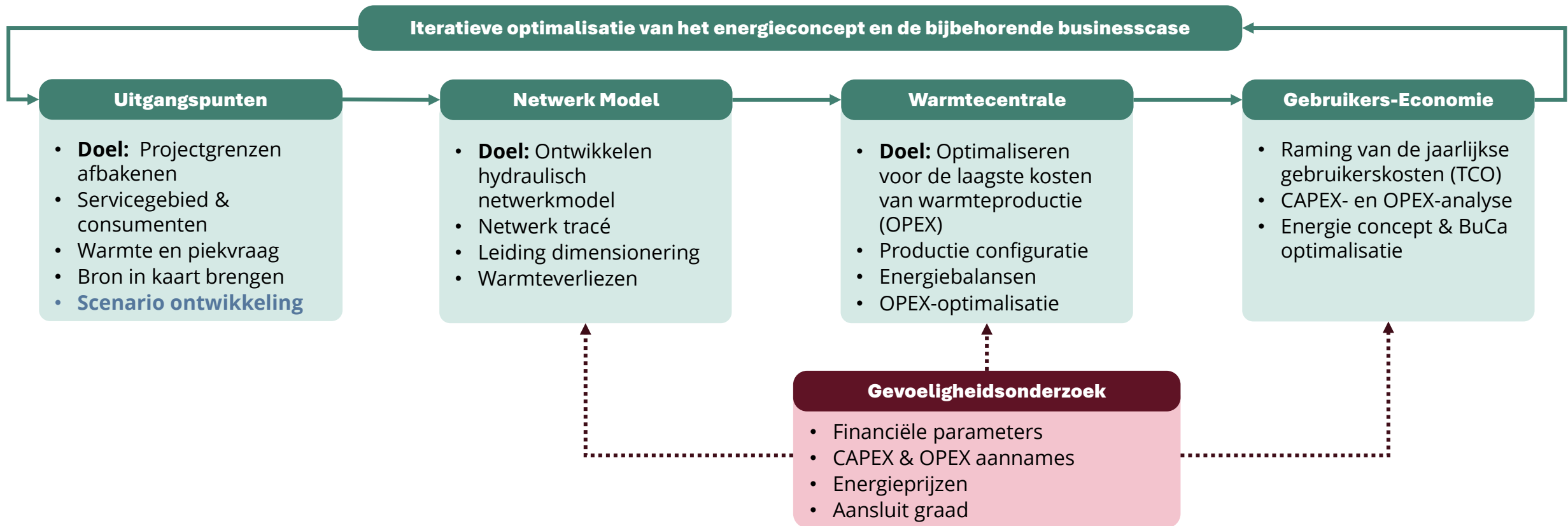


Systemconcept



Integrale ontwerp methodologie

Doel: Gebruik makend van uitgebreide praktijkervaring en kengetallen, het definiëren en dimensioneren van een systeemconcept dat leidt tot de best mogelijke business case / total cost of ownership (TCO)



Scenario's & Uitgangspunten

~2,800
WEQ
(potentie)

Disconto-
voet 3,5%

Nederlandse energieprijzen,
belasting, tarieven en
klimaatcondities 2025

Variabel
tarief

WIS 40% van
CAPEX
distributienet

Buffervat van
3,000 m3

80%
volloop

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
<u>Totaalconcept</u>	<i>Hybride</i>	<i>All-Electric</i>	<i>LMT (WP)</i>	<i>LMT (EB)</i>	<i>Lage lozing</i>	<i>Lucht-WP</i>
	<i>WP + piekkelstel (hybride MT)</i>	<i>100% centrale warmtepomp: geen piek</i>	<i>MLT + naverwarming met WP</i>	<i>MLT + naverwarming met EB</i>	<i>Hybride - TEO zonder WKO (lage lozing)*</i>	<i>Hybride, met lucht/water warmtepomp</i>
Distributienet						
Temperaturen	70/40°C	70/40°C	55/40°C	55/40°C	70/40°C	70/40°C
Tapwater nawarmen?	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee
Warmtecentrale						
Warmtepomp	W	W	W	W	W	L
TEO (min. lozing)*	12°C	12°C	12°C	12°C	4°C	-
WKO doubletten	11	17	11	11	-	-
Piek & Back-Up Ketel	Gas	-	Gas	Gas	Gas	Gas

Scenario 6: Break-Even Prijs voor een externe piek- en back-up voorziening

*scenario "Els"

Bron & Seizoensopslag

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

TEO

Primaire bron voor het systeem

- Warmteonttrekking via in-/uitlaat in het kanaal
- Grote en stabiele broncapaciteit beschikbaar
- Basisconcept: combinatie met seizoensopslag (WKO)

Kritische ontwerpkeuze: lozingstemperatuur

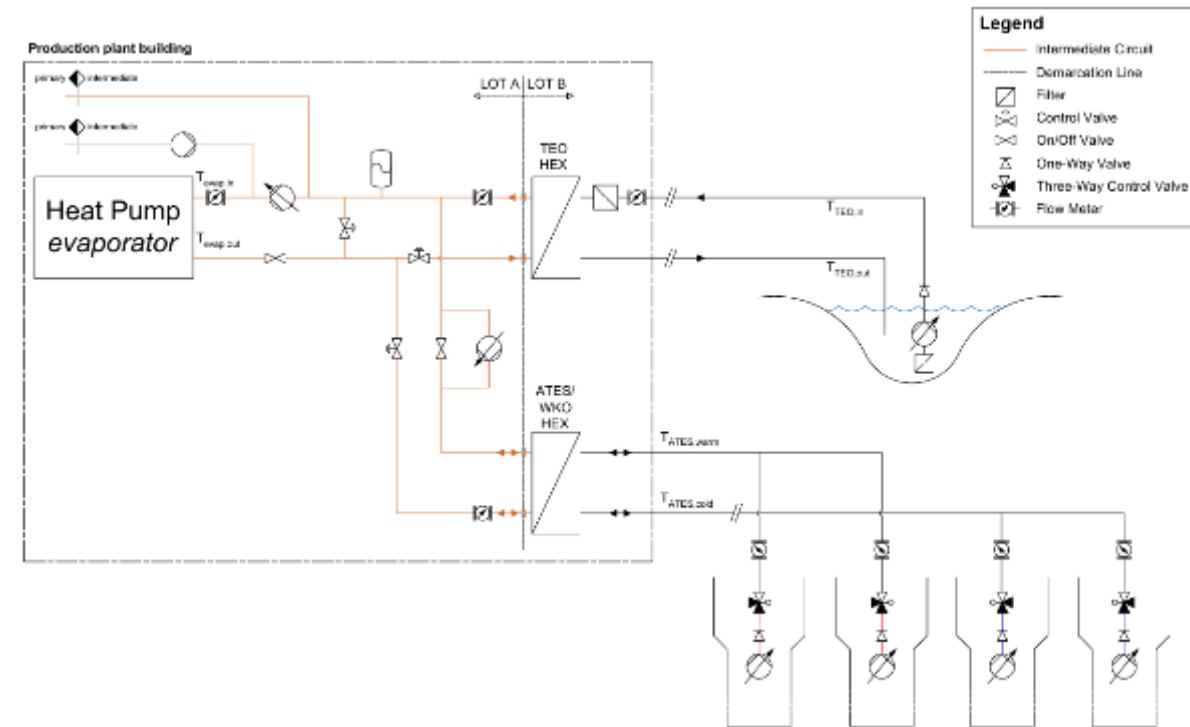
- $\sim 12^{\circ}\text{C}$ \rightarrow standaard oplossing (met WKO)
- $\sim 4^{\circ}\text{C}$ \rightarrow jaarrond TEO mogelijk (zonder WKO)
- \rightarrow Directe impact op systeemcomplexiteit en kosten

Opslag \leftrightarrow complexiteit trade-off

- Opslag van warmte op $\sim 15\text{--}17^{\circ}\text{C}$ voor wintergebruik
- In Utrecht: beperkte capaciteit per bron ($\sim 70\text{--}80\text{ m}^3/\text{h}$)
- \rightarrow Benodigd: 11–17 dubletten

Implicatie: Groot ondergronds ruimtebeslag, hoge investeringskosten, en complexe inpassing in stedelijke omgeving

WKO



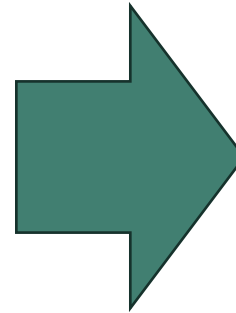
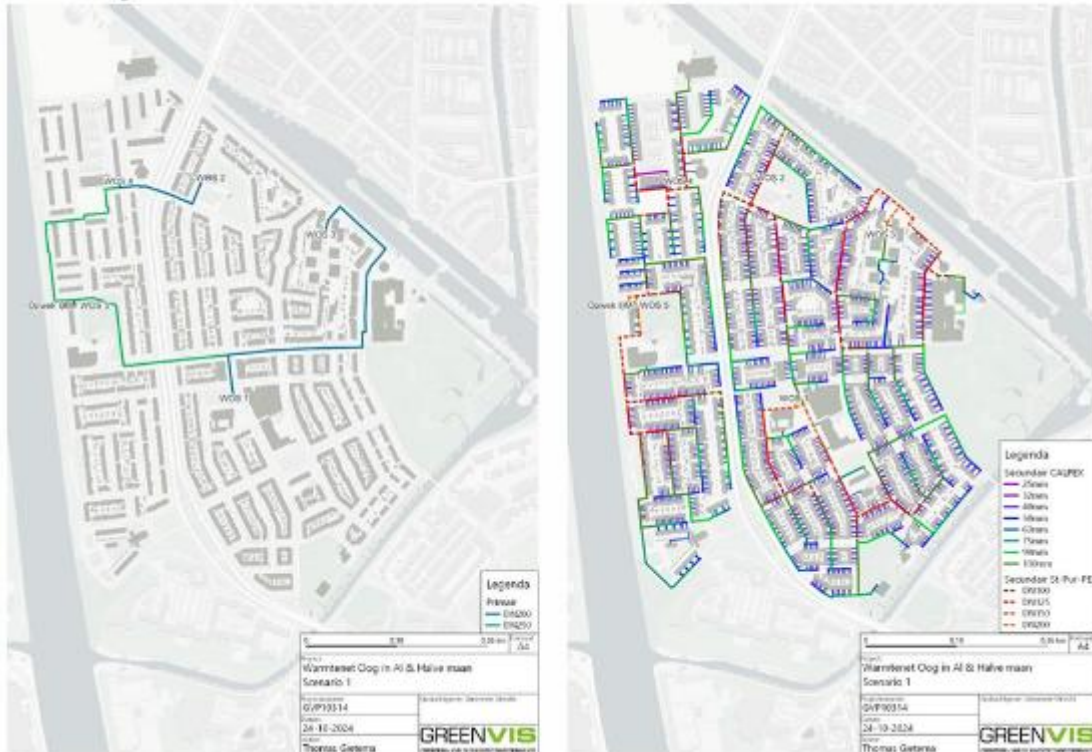
indicatieve schets TEO + WKO installatie bronkant warmtepomp

Een nieuwe ontwerpfilosofie

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie



- Warmteoverdrachtstations (WOS) zijn niet altijd nodig in robuuste netconcepten
- Extra overdracht betekenen onnodig exergieverlies en extra warmteverlies
- Moderne tools maken het mogelijk om drukzones en netten gericht te ontwerpen

Net-temperaturen & dimensionering

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

Uitgangspunten

- Hydraulisch netwerk gedimensioneerd met LeanHeat, conform Deense ontwerp praktijk en de relevante Deense/Europese normen en uitgangspunten
- Temperatuurregimes:
 - Variatie 1: 70 / 40 °C
 - Variatie 2: 55 / 40 °C
- Dimensionering gebaseerd op:
 - Ontwerppiek + toekomstige uitbreidingsvraag
 - Bepaalde drukverliezen en robuuste bedrijfsvoering
- Minimale leidingdiameter DN20, geeft ruimte voor optimalisatie in vervolgfase (VO → DO)
- Kostenraming in 2 delen
 - Directe Bouwkosten
 - Indirecte bouwkosten
- Isolatie: series 2 (uitgangspunt berekeningen)
- Type leiding: staal, single (geen twin)
 - Voor berekeningen bassiscenario, twin uiteraard mogelijk als optimalisatie

Distributienetwerk

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

Resultaten

Distributienet	70/40°C	55/40°C
Totale lengte <ul style="list-style-type: none">• Primair Tracé• Huisaansluitingen	12.5 km	11.1 km*
CAPEX distributienet (+/- 40%) <ul style="list-style-type: none">• Directe bouwkosten• Indirecte bouwkosten• Nader te specificeren (20%)• <u>Totale Kosten</u>	€11.5 M € 3.6 M €3.0 M <u>€ 18.1 M</u>	€13.0 M € 4.1 M € 3.4 M <u>€ 20.5 M</u>
Warmteverliezen <ul style="list-style-type: none">• Hoofd tracé• Service pipe• Totaal in %	1,524 MWh/j 1,436 MWh/j 11.5%	1,141 MWh/j 1,166 MWh/j 7.2%
O&M	90K €/j	87K €/j

**op basis van gemiddeld 10m/aansluiting & gemiddeld 3 huizen per huisaansluiting*

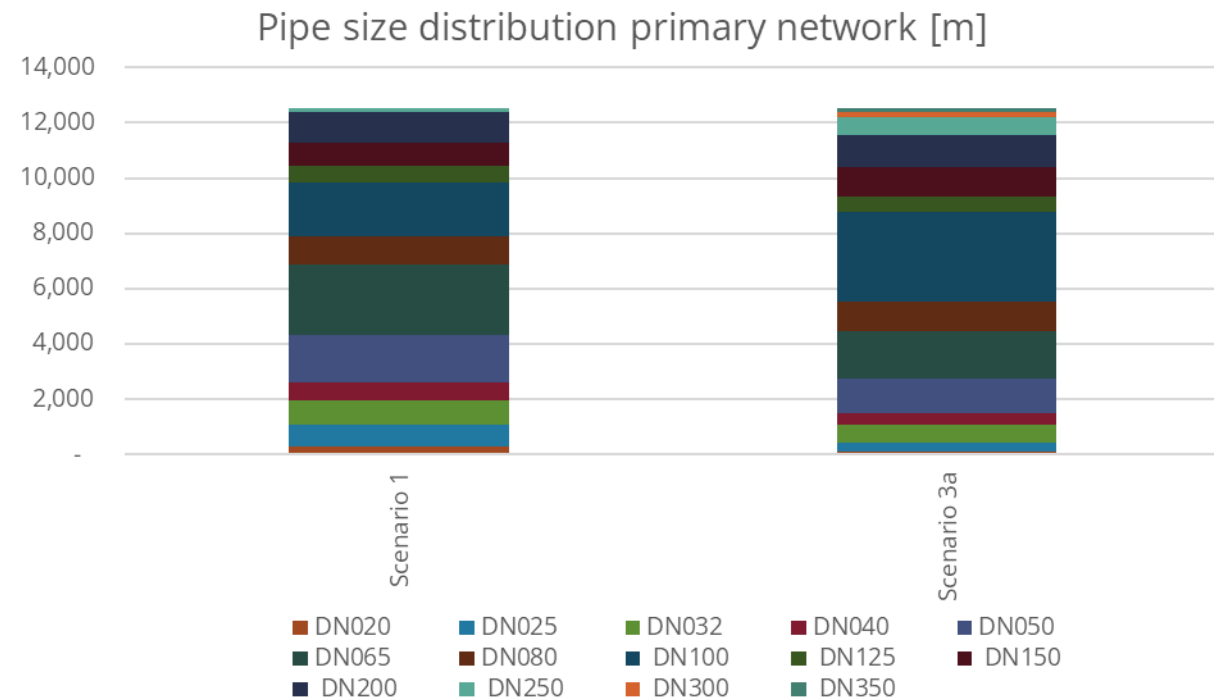
Leidinglengtes

 **Distributienetwerk**

 **Warmtecentrale**

 **Gebruikers economie**

DN	70/40	55/40
DN020	276	111
DN025	815	293
DN032	868	688
DN040	640	395
DN050	1,719	1,274
DN065	2,537	1,702
DN080	1,057	1,067
DN100	1,942	3,246
DN125	573	535
DN150	834	1,100
DN200	1,123	1,146
DN250	146	647
DN300	-	184
DN350	-	146
DN400	-	-
Totaal	12,532	12,532



Het 55/40 scenario heeft grotere leidingen nodig vanwege de kleinere delta T

Huisaansluitingen

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

Kostenraming huisaansluiting

De kosten voor huisaansluitingen zijn in deze fase geraamd op een vast bedrag per aansluiting in plaats van een bedrag per meter. Dit sluit aan bij de wijze waarop huisaansluitingen in de praktijk vaak worden aanbesteed en voorkomt schijnnaauwkeurigheid in deze ontwerpfase.

- Gemiddelde lengte huisaansluiting: **10 meter**
- Gemiddeld **3 woningen per huisaansluiting**
- Kosten exclusief indexatie, **staartkosten** en bijzondere omstandigheden
- Uitgangspunt is een aanboring op de hoofdleiding; in een vervolgfase wordt onderzocht of toepassing van T-stukken technisch en economisch gunstiger is.

Component	Indicatieve kosten
2 × Calpex 32/91 serviceleiding (gemiddeld 10 m) incl. graafwerk	€933
2 × aanboring DN25 op distributieleiding	€1.000
Totaal per aansluiting (excl. staartkosten)	€1.933



Resultaten van de simulaties & optimalisatie

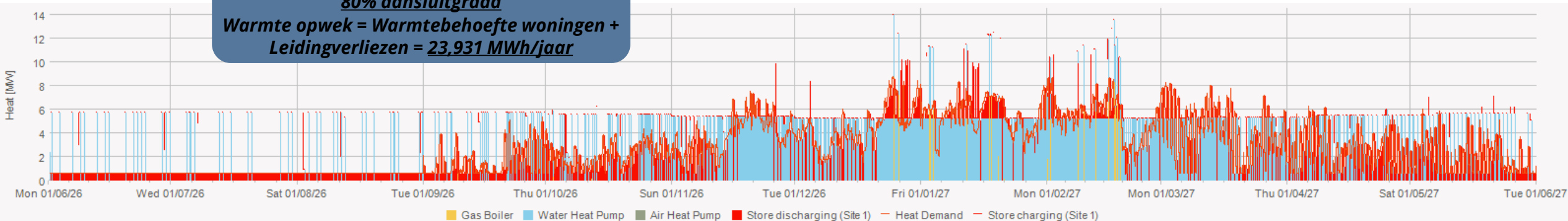
 Distributienetwerk

 **Warmtecentrale**

 Gebruikers economie

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
	Hybride	All-Electric	LMT (WP)	LMT (EB)	Lage lozing	Lucht-WP
Productieunits						
Warmtepomp	5.5 MW					
TEO	800 m3/h	800 m3/h	800 m3/h	800 m3/h	2,000 m3/h	-
WKO doubletten	11	17	11	11	-	-
Piek & Back-Up Ketel	~11 MW					

80% aansluitgraad
Warmte opwek = Warmtebehoefte woningen +
Leidingverliezen = 23,931 MWh/jaar



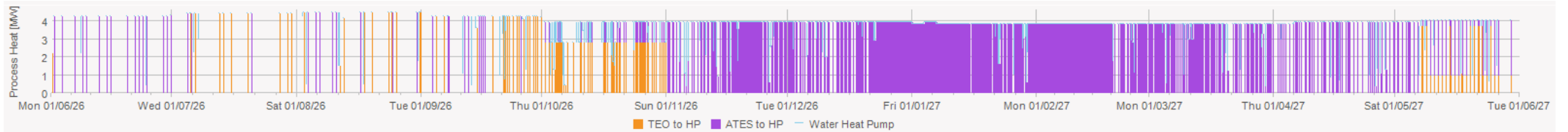
Simulatie Resultaten – Scenario 1

 Distributienetwerk

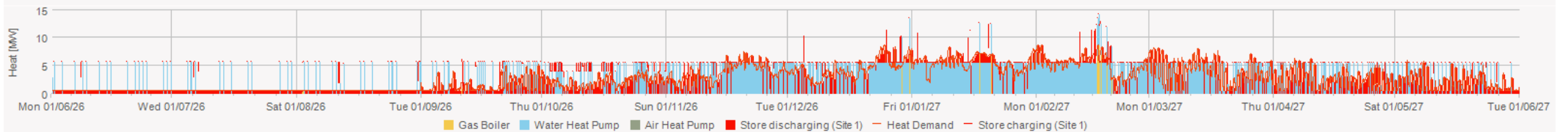
 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

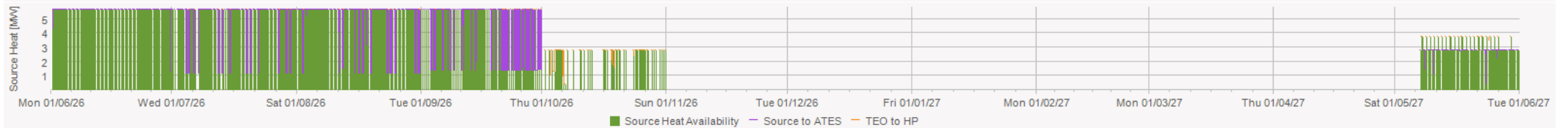
Bron naar opslag & wp



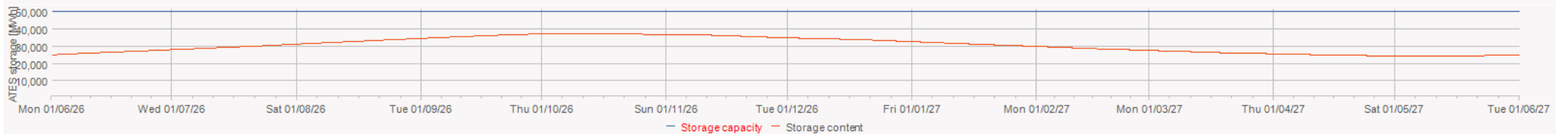
Productie & Vraag



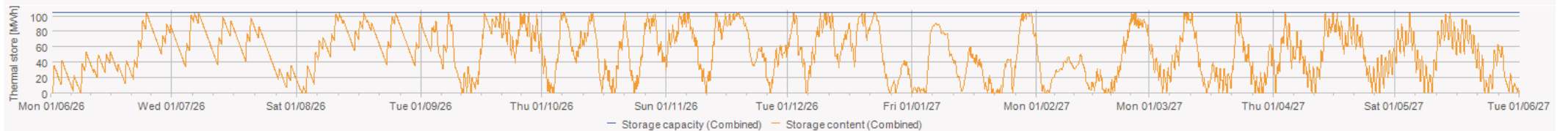
Bron



WKO vulgraad



Buffer vulgraad



Energetische Balansen

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
Energieconsumptie	<i>Hybride</i>	<i>All-Electric</i>	<i>LMT (WP)</i>	<i>LMT (EB)</i>	<i>Lage lozing</i>	<i>Lucht-WP</i>
Back-Up & Piek [Nm ³ /jr]	46,500	-	13,300	13,300	94,700	61,900
Warmtepomp [MWh _{el} /jr]	6,800	6,900	5,600	5,600	7,000	6,900
Na-verwarming [MWh _{el} /jr]	-	-	132	800	-	-
Energieproductie aandeel						
Back-up (GK/EB)	1.79%	-	0.5%	0.5%	3.66%	2.39%
Warmtepomp	98.2%	100.0%	99.5%	99.5%	96.3%	97.6%

Opmerkingen

- Gasinzet in alle scenario's zeer beperkt (<5% in theorie, iets hoger in praktijk) → sterk elektrificatieprofiel
- Scenario 4 & 5: hogere gasinzet door lagere TEO-temperaturen en meer piekvraag
- Scenario 4 (zonder WKO): meer elektriciteit nodig per MWh warmte → lagere systeem efficiëntie
- Naverwarming: warmtepomp duidelijk efficiënter dan elektrische oplossing



Energiekosten (OPEX)

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
Energiekosten*	<i>Hybride</i>	<i>All-Electric</i>	<i>LMT (WP)</i>	<i>LMT (EB)</i>	<i>Lage lozing</i>	<i>Lucht-WP</i>
Back-up (GB/EB)	€50K		€15K	€15K	€100K	€65K
Warmtepomp	€780K	€690K	€650K	€650K	€800K	€800K
El. connectie	€200K	€310K	€190K	€190K	€200K	€210K
Na-verwarming			€35K	€200K		
Totaal	€1,030K	€1,000K	€890K	€1,055K	€1,100K	€1,075K
Gem. El. Prijs [€/MWh]	€77	€61	€77	€77	€77	€78

*Warmtepompkosten: kale elektriciteitsprijs + energiebelastingen. Elektrische connectie: periodieke aansluittarieven & transportdienst (kW contract en kW max. maand). Reden voor splitsing is om ook casussen met warmtepomp + elektrische boiler te kunnen simuleren

Opmerkingen

- OPEX ligt in alle scenario's relatief dicht bij elkaar (\pm €200K verschil)
- All-electric: lagere energieprijs, maar hogere netkosten \rightarrow geen duidelijk voordeel
- S3a laagste OPEX, maar vereist extra CAPEX \rightarrow totaalbeeld onzeker
- S4 & S5 hogere OPEX door lagere efficiëntie / hogere inzet elektriciteit
- Netkosten zijn structureel belangrijk: alle varianten >1.75 MVA \rightarrow capaciteitsgedreven kosten

Investerings- en onderhoudskostenraming

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers economie

Investerings & onderhoudskosten op basis van de Deense Energy Technology Catalogus (ETC) & projectreferenties Nederland & Denemarken (zie aannames in Economie Sheet)

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
CAPEX (opwek)	<i>Hybride</i>	<i>All-Electric</i>	<i>LMT (WP)</i>	<i>LMT (EB)</i>	<i>Lage lozing</i>	<i>Lucht-WP</i>
Piek- en Back-Up	€1.1M	-	€1.1M	€1.1M	€1.1M	€1.1M
Warmtepomp	€4.5M	€9M	€4.5M	€4.5M	€4.5M	€6.9M
TEO	€2.5M	€2.5M	€2.5M	€2.5M	€3.9M	-
WKO	€8.2M	€11.5M	€8.2M	€8.2M	-	-
Na-verwarmen	-	-	€6.7M	€1.3M	-	-
Buffervat	€2.3M					
Onderhoud*						
Totaal**	€580K/jr	€640K/jr	€630K/jr	€600K/jr	€420K/jr	€340K/jr

*Kengetal gebaseerd op een vast en variabel jaarlijks bedrag. Bron ETC's + 50% marge (+ eigen ervaring kengetallen)

**Totale onderhoud incl. bron, opwek, netwerk en huisaansluitingen

Jaarlijkse gebruikerskosten hoofdscenario's

 Distributienetwerk

 Warmtecentrale

 Gebruikers Economie

Referentie

De alternatieve individuele oplossing

*Geen directe vergelijking! Maar schaal-indicatie (volgende slides)**

Cv-ketel: €2,100/year*

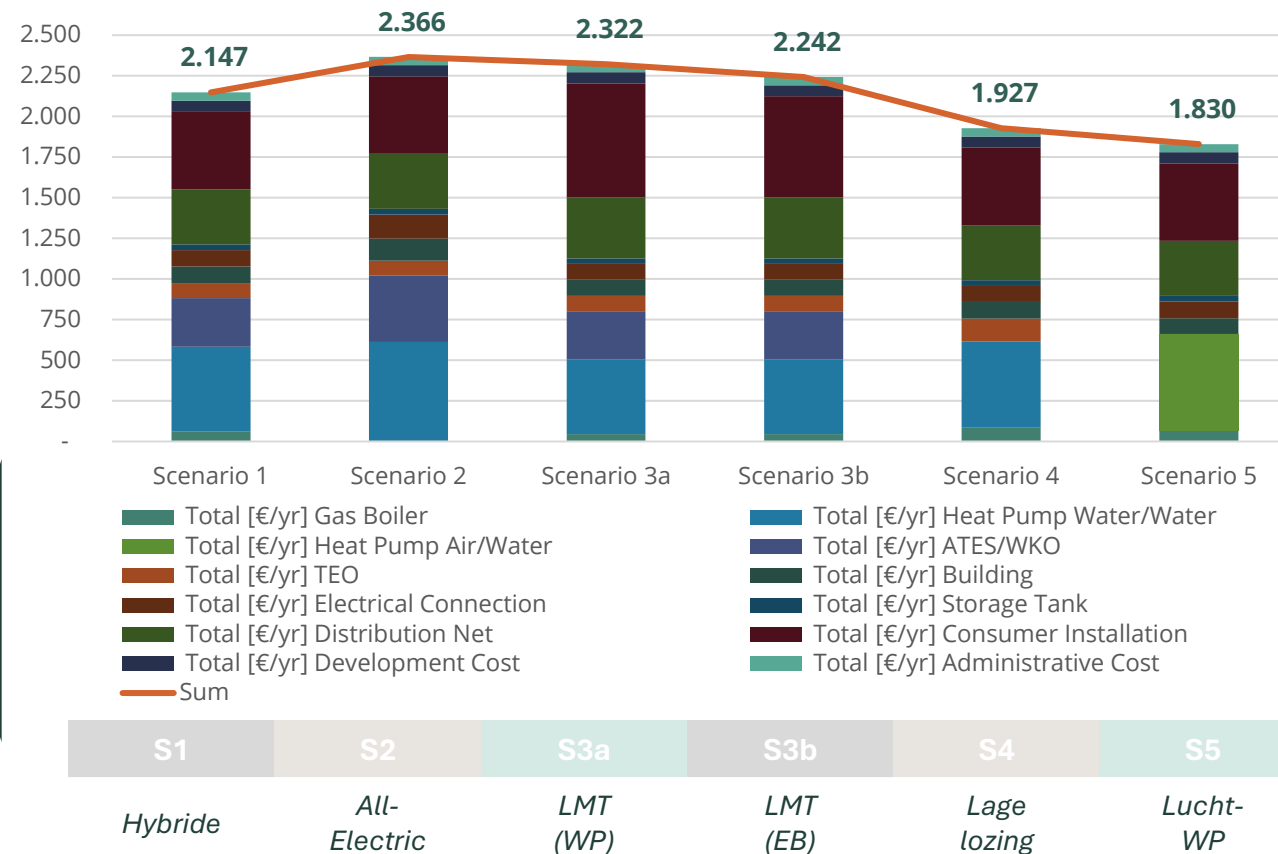
Warmtepomp: €2,070/year*

*brandstof + onderhoud + capex + discontovoet

Take away's

- Individuele oplossingen blijven **sterke benchmark (~€2,100/jaar)**
- Alleen **S1, S4 en S5** lijken laag genoeg voor een concurrerende business case
- **S4** heeft de beste TCO (aquathermie, zonder WKO), maar vraagt inzet op vergunningen
- **S5** is een robuust alternatief met vergelijkbare kosten en minder afhankelijkheden
- **S2 & S3** zijn structureel minder aantrekkelijk

Annualized cost district heating per consumer [€/yr]



De TCO-waarden zijn gebaseerd op ideale financiering, incl. WIS, en dienen primair voor scenariovergelijking en **niet** toetsing aan de individuele oplossing.

*De TCO zijn de kosten vanuit het warmtebedrijf (excl. BTW voor de eindgebruiker)

Benodigde BAK

Op basis van verschil met TCO

ACM tarieven

BuCa horizon 30 jaar

(1) Benodigde BAK & (2) Break-Even korting voor sluitende BuCa

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
Benodigde BAK (1)	<i>Hybride</i>	<i>All-Electric</i>	<i>LMT (WP)</i>	<i>LMT (EB)</i>	<i>Lage lozing</i>	<i>Lucht-WP</i>
Jaarlijkse rekening incl BTW	€1,975					
Jaarlijkse "tekort" voor BuCa	€541	€760	€719	€639	€321	€224
Benodigde BAK	€8,489	€12,509	€11,708	€10,229	€4,437	€2,652
Haalbaar?	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Break-Even BAK (2)						
Korting vastrecht	-	-	-	-	8.3%	26.4%

Maximale BAK → Maximale ACM = €5,251

- Alleen Scenario 4 en 5 zijn haalbaar binnen de maximale BAK
- Bij een BAK van €5,251 is een korting op het vastrecht van 8% & 26% haalbaar voor break-even van de BuCa
- Niet alleen de all-electric en LT-varianten zijn structureel te duur, maar ook het huidige scenario (zelfs met WIS)

Externe piek- en back-up voorziening

Uitgangspunten / Rationale

Wat zouden wij willen betalen als de piek- en back-up capaciteit extern wordt ingekocht i.p.v. lokaal wordt gerealiseerd?

1. Vermijden van lokale investering in piekvoorziening (CAPEX + OPEX)
2. Extra investering nodig voor koppeling met bestaand warmtenet
 - Aanname: ~2 km leiding (€1,250/m)

Resultaat

- De werkelijke warmteprijs voor de consumenten ligt tussen de €191 (S5) en €254 (S3a) per MWh aan warmte
- Wanneer geen extra investering nodig zou zijn (uitkoppeling is gratis), zou je in alle gevallen meer kunnen betalen dan je werkelijke warmteprijs
- Op basis van de aangenomen extra investering van €2.5M, ligt de prijs die je zou willen betalen zeer laag (€6-62/MWh), of is zelfs niet mogelijk (S3a)

Let wel, piek- en back-up voorziening is logischerwijs duurder dan de gemiddelde warmteprijs

	S1	S3a	S4	S5
BE-prijs [€/MWh]	<i>Hybride</i>	<i>LMT (WP)</i>	<i>Lage lozing</i>	<i>Lucht-WP</i>
Geen investering nodig	€326	€832	€219	€273
Extra investering koppeling	€6	<i>Niet mogelijk</i>	€62	€33
Warmteprijs* [€/MWh]	€231	€254	€203	€191

**gebaseerd op de werkelijke break-even warmteprijs voor consumenten bij €6,250 BAK*

**Back-up verbinding
2,000 Meter**

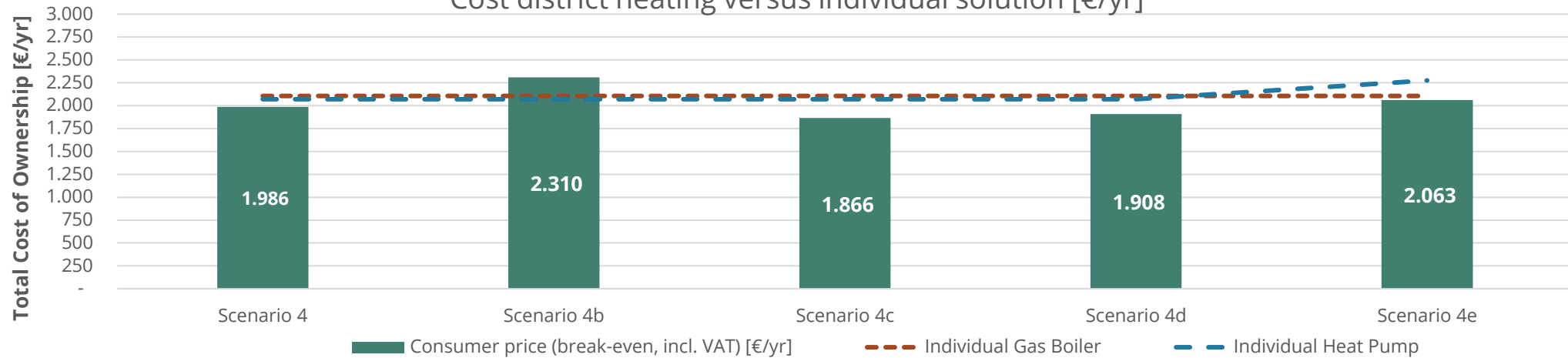
Koppeling tussen
warmtecentrale OvW en
bestaande centrale



Gevoeligheidsstudie (1/3)

Alternatieven op Scenario 4

Cost district heating versus individual solution [€/yr]

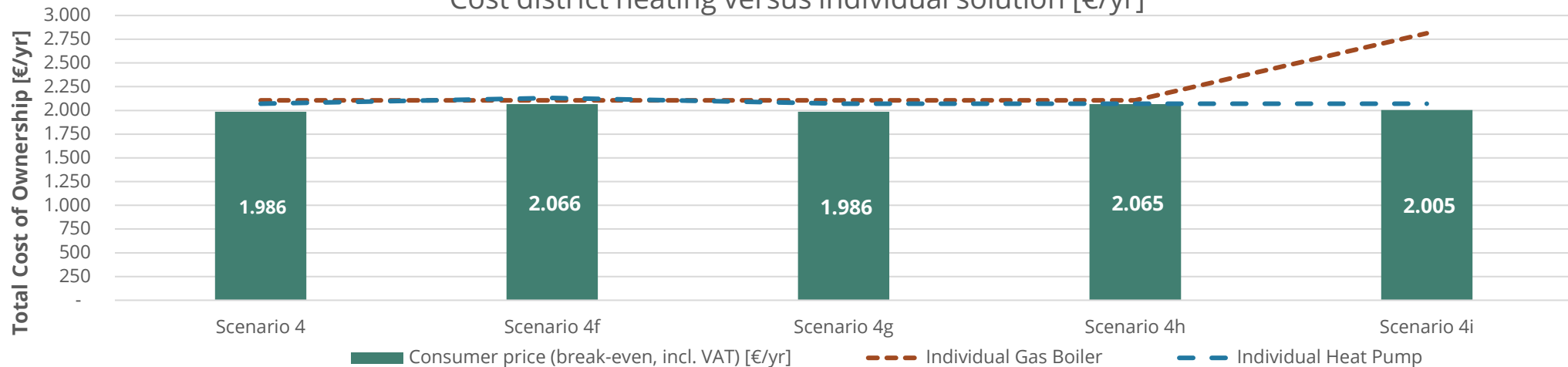


Scenario 4	4b	4c	4d	4e
Referentie	60% volloop	90% volloop	50-jarige lening op distributienet	Elektriciteitsprijzen x1.25
	Installatie op basis van 80% volloop. Prijs zal stijgen tot (net) boven het individuele alternatief	Reductie van ongeveer €120/jaar + 10% piek- en back-up nodig (WP te klein)	Kan een besparing leveren van €75/jaar op de rekening voor de gebruiker	Geen significante verhoging verwacht, en alternatief (individuele warmtepomp) wordt ook duurder.

Gevoeligheidsstudie (2/3)

Alternatieven op Scenario 4

Cost district heating versus individual solution [€/yr]

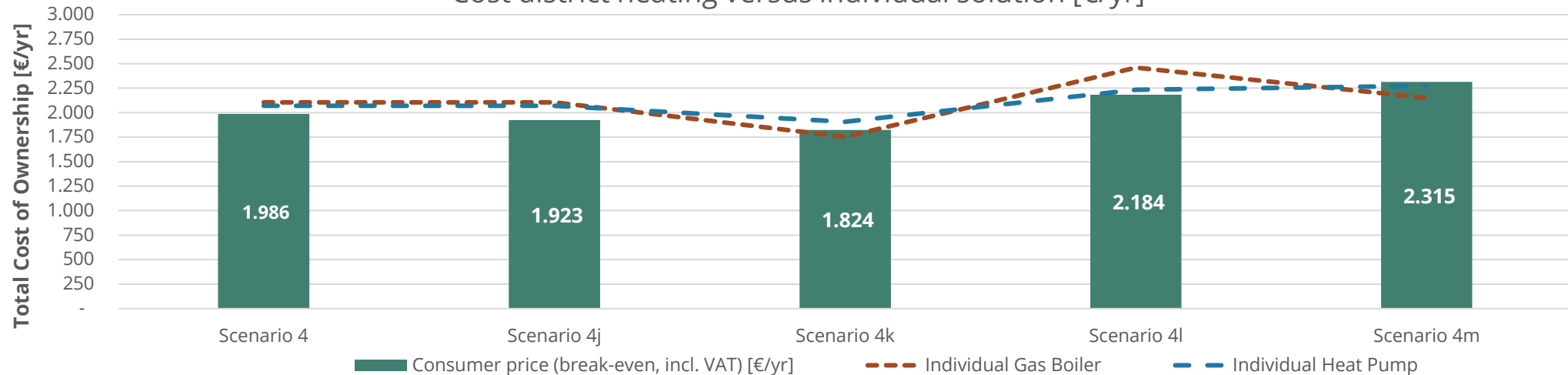


Scenario 4	4f	4g	4h	4i
Referentie	Elektriciteitsprijzen +€20/MWh (~+25%)	WIS naar 20%	TEO +50%	Gas Prijs x2
	~€80 per jaar per aansluiting meer, niet heel significant. Maar wel gevoeliger dan individuele warmtepomp	Lijkt de BuCa niet te breken (BAK nog steeds haalbaar binnen €6,250)	Reëel risico i.v.m. inpasbaarheid van dit scenario, maar niet heel gevaarlijk voor BuCa	Hoge onafhankelijkheid van gasprijs, zeker t.o.v. het individuele alternatief

Gevoeligheidsstudie (3/3)

Alternatieven op Scenario 4

Cost district heating versus individual solution [€/yr]



Scenario 4	4j	4k	4l	4m
Referentie	50% WIS subsidie	Warmtevraag -20%	Warmtevraag +20%	6% discontovoet
	10% meer WIS kan zeker een verschil maken	BuCa gaat niet gelijk onderuit als warmtevraag achteruit gaat (want minder OPEX)	Alternatief (vooral gas) stijgt sneller	Problematisch voor BuCa (9,100+ BAK)

De beoordeling



PlanEnergie

#1: Economie

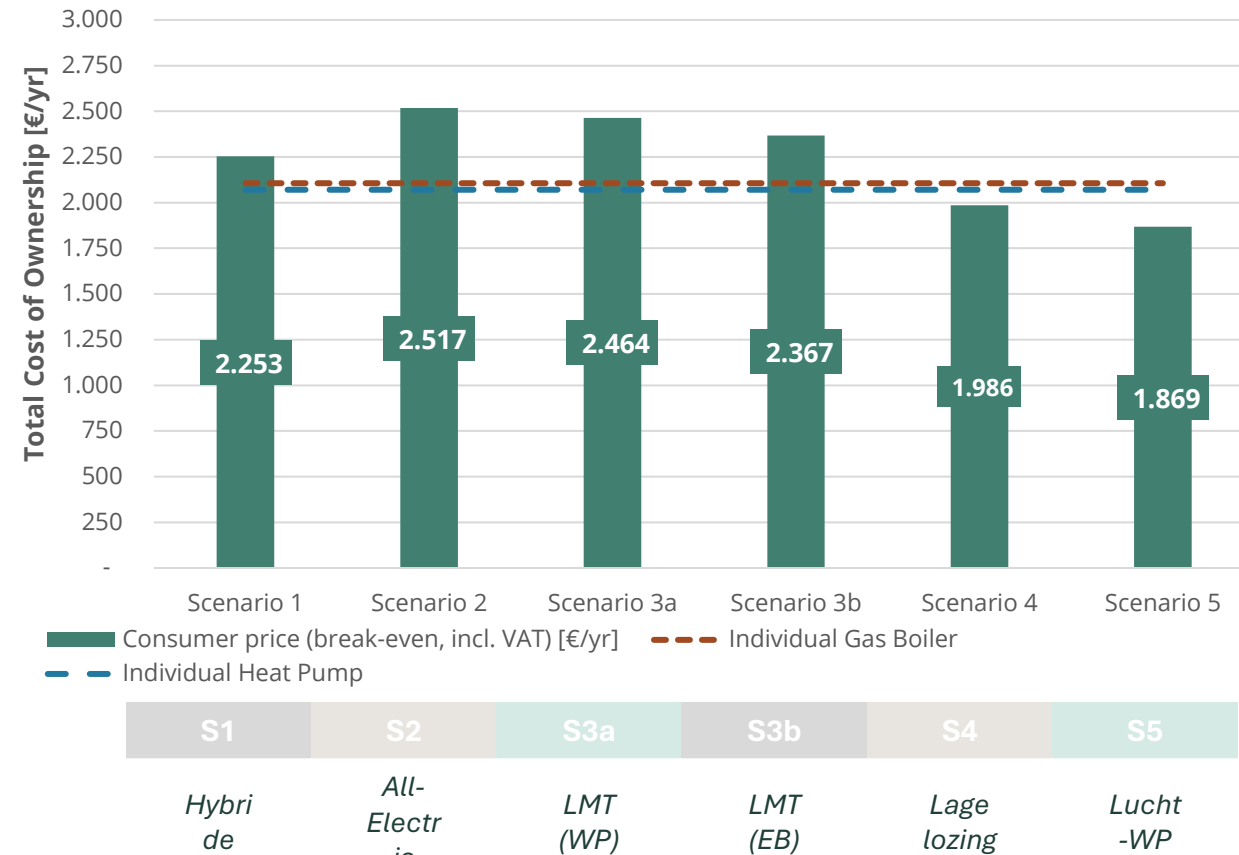
3 aspecten die samen worden bekeken

1. De TCO van de scenario's onderling
2. De kosten ten opzichte van de individuele oplossing
3. De benodigde BAK

Bevindingen

- S4 en S5 zijn economisch het sterkst (laagste totale kosten)
- S4 is de beste aquathermie-variant en enige scenario dat stand-alone concurrerend kan zijn met de individuele oplossing
- Alleen S4 en S5 zijn haalbaar binnen de BAK
- S2 en S3 zijn structureel duurder dan de individuele oplossing
- *Conclusie: een warmtenet is economisch haalbaar, mits de juiste scenario-keuze*

Cost district heating versus individual solution [€/yr]



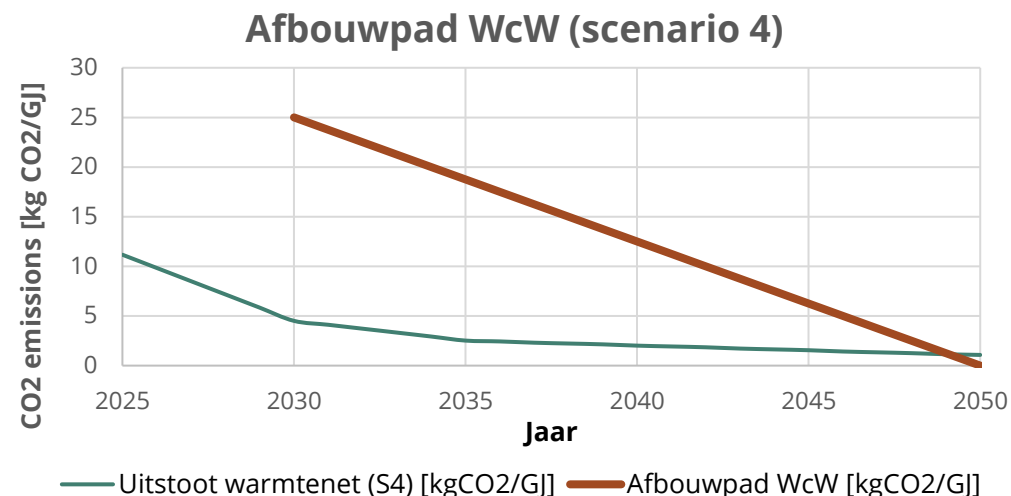
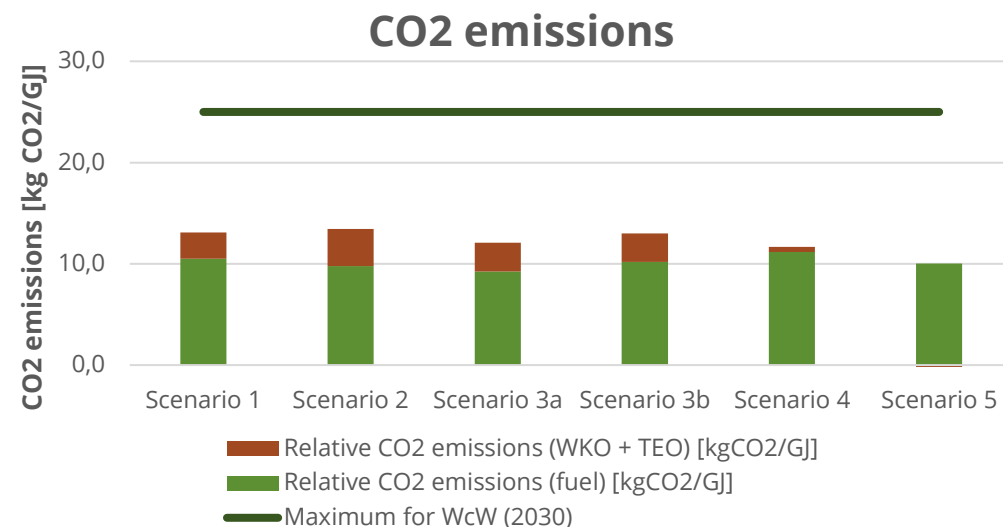
#2: Duurzaamheid (1/2)

Uitgangspunten

- CO₂-uitstoot gebaseerd op elektriciteits- en gasverbruik
- Kentallen volgens RVO 2025 (huidige situatie)
 - => toekomstige elektriciteitsmix leidt tot verdere CO₂-reductie
- WIS-criterium & Wcw: max. 25 kg CO₂/GJ warmte in 2030
- Aanvullend: CO₂-equivalenten van TEO en WKO (EXIOBASE-methode)
 - => om de "extra" systeemimpact t.o.v. een referentiescenario mee te nemen (zie bijlage 4)
- Afbouwpad WcW weggezet tegen uitstoot warmtenet incl. verwachte reductie CO₂ in elektriciteitsmix en biogasbijmenging gasnet

Bevindingen

- Alle scenario's hebben een hoog aandeel warmtepompen → lage CO₂-uitstoot
 - Voldoen ruimschoots aan de WIS-norm
 - Houden vrijwel allemaal tot minimaal 2049 aan de wet WcW
- Verschillen tussen scenario's zijn beperkt wanneer alleen naar brandstofgebruik wordt gekeken
- Door toevoeging van CO₂-equivalenten van TEO en WKO ontstaat een vollediger beeld van de systeemimpact
- In deze bredere benadering scoren scenario 4 en 5 duidelijk beter op duurzaamheid



#3: Ruimtelijke inpassing

Uitgangspunten

- Inpassing bepaald door: centrale, buffervat en bron (TEO/WKO)
- Belangrijke randvoorwaarden:
 - Ruimtebeslag (boven- en ondergronds)
 - Hoogte (visueel)
 - Geluid en afstand tot woningen
 - Beschikbaarheid nutsinfrastructuur

Bevindingen

- Ruimtelijke inpassing is in alle scenario's complex en bepalend voor haalbaarheid
- WKO (S1-S3) → groot ondergronds ruimtebeslag en complexe inpassing
- S4 & S5 → eenvoudiger systeem, maar nog steeds significante ruimtelijke impact
- S5 → **Wordt niet haalbaar geacht en valt af** vanwege ruimtelijke inpassing van de verdampers (~500-600 m²) en mogelijke geluidsoverlast
- Verschillen tussen scenario's zijn relevant, maar geen doorslaggevende factor (behalve S5)

#4: Woningaanpassingen

Uitgangspunten

- Aansluiting via afleverset (geen individuele ketel meer)
- Impact afhankelijk van:
 - Temperatuurregime (70/40 vs 55/40)
 - Noodzaak tot naverwarming tapwater
- 55/40 variant: uitgangspunt is dat iedereen zonder woningaanpassingen op 50°C kan verwarmen

Bevindingen

- 70/40°C (S1, S2, S4, S5) → minimale aanpassingen, goed inpasbaar
- 55/40°C
 - S3a: warmtepomp nodig, significant meer ruimte nodig
 - S3b: enkel een elektrische boiler nodig, vrij standaard inpasbaar
- Extra installaties leiden wel tot:
 - Hogere onderhoudskosten
 - Demarcatieproblemen (wie betaalt wat?)
 - Meer complexiteit in woningen
 - Lagere acceptatie

70/40°C – Hoger Temperatuur (S1, S4, S5)

Minimale aanpassingen

In de meeste woningen is alleen een afleverset voldoende.



- ✓ Snelle en eenvoudige inpassing
- ✓ Lage extra kosten
- ✓ Hoge acceptatie

55/40°C – Lager Temperatuur (S2, S3)

Extra installaties nodig

Vaak is aanvullende naverwarming voor tapwater noodzakelijk.



- ! Hogere kosten
- ! Meer complexiteit in de woning
- ! Lagere acceptatie

De totaalevaluatie (Multi criteria)

	S1	S2	S3a	S3b	S4	S5
	Hybride	All-Electric	LMT (WP)	LMT (EB)	Lage lozing	Lucht-WP
Totale kosten	3*	1	1	1.5	4	5
Duurzaamheid	2	1.5	3	2	4	5
Ruimtelijke inpassing	2	1.5	2	2	4	0
Woningaanpassingen	5	5	2	4	5	5
Totale Score	12	9	8	9.5	17	15

*0 = knock-off, 1-5 zeer slecht tot zeer goed (zie bijlage 3 voor de gedetailleerde specificatie)

Totale kosten: S4 en S5 meest concurrerend;

Duurzaamheid: Alle scenario's voldoende binnen huidige kaders, impact CO2 maakt het verschil

Ruimtelijke inpassing: Altijd complex; WKO grootste uitdaging, S5 niet haalbaar

Woningaanpassingen: LT-varianten verhogen kosten en verlagen acceptatie

Scenario 4 duidelijk de voorkeursvariant

Conclusie op de totale analyse

Is een warmtenet nog steeds een goed idee?

1

Scenario 2, 3 & 5 vallen definitief af en wordt niet meegenomen in verdere ontwikkelingen

- Scenario 2 & 3 zijn op basis van kosten niet concurrerend.
- Scenario 5 is qua ruimtelijke inpassing niet haalbaar en is daarom niet verder meegenomen in het buurtenergieplan.

2

Scenario 4 is het duidelijke voorkeursconcept

- Aquathermie (TEO) zonder WKO leidt tot de beste totale business case (TCO) binnen de onderzochte varianten.
- Het systeemconcept (warmtepomp + buffervat + piekvoorziening) is technisch robuust en bewezen schaalbaar.
- Alternatieven (S1, S5) blijven in theorie mogelijk, maar zijn afhankelijk van randvoorwaarden. Daarnaast wordt S5 onhaalbaar geacht.

3

De business case is sterk, maar niet vanzelfsprekend

- Een aantal scenario's zijn concurrerend met individuele oplossingen, maar wel binnen een beperkte bandbreedte.
- Kleine veranderingen in aannames (energieprijzen, netkosten, gebruik) hebben direct impact op de uitkomst.
- Dit vraagt om een zorgvuldige uitwerking in de volgende fase (VO → DO), met focus op risico's en optimalisatie.

4

Realisatie hangt af van randvoorwaarden, niet van techniek

- De grootste uitdagingen liggen in netcapaciteit, ruimtelijke inpassing en vergunningen, niet in het energieconcept.
- Subsidies (WIS) en beleidskeuzes zijn cruciaal om het project daadwerkelijk realiseerbaar te maken.
- Met de juiste randvoorwaarden is een warmtenet realistisch, uitvoerbaar en toekomstbestendig voor Utrecht.

PlanEnergi

Thank you!



Niels van der Veer

nv@planenergi.dk

www.planenergi.eu

Bijlage 1: Aandachtspunten vervolg

1. Netinfrastructuur & aansluitingen

Voor de elektriciteitsaansluiting geldt dat circa 1.75 MVA momenteel het limiet is voor een onderstation bij Stedin. Verdere optimalisatie en afstemming met de netbeheerder zijn noodzakelijk om te bepalen welke capaciteit daadwerkelijk beschikbaar en contracteerbaar is. Daarnaast hebben netkosten en contractvormen (transport- en vermogenscomponenten) een grote impact op de businesscase. Ook de gasinfrastructuur voor piek- en back-upvoorziening moet verder worden bevestigd, met name ten aanzien van capaciteit en drukniveau.

2. Systeemoptimalisatie

In de volgende fase is verdere optimalisatie van het energiesysteem nodig, met name ten aanzien van de dimensionering van het buffervat en de verhouding tussen warmtepompcapaciteit en piekvoorziening. Het doel hiervan is om de totale kosten van het systeem verder te verlagen en piekvermogens te beperken. Daarnaast dient het gekozen temperatuurregime (bijvoorbeeld 70/40°C) verder te worden geoptimaliseerd in relatie tot kosten, efficiëntie en comfort voor gebruikers.

3. Bron & vergunningen

Voor de aquathermiebron is de vergunning voor lage lozingstemperaturen (circa 2°C) een kritische randvoorwaarde, met name voor scenario 4. Hiervoor is afstemming met Rijkswaterstaat noodzakelijk, onder andere op het gebied van inname, lozing en ecologische impact. Tegelijkertijd moeten de kosten en technische haalbaarheid van grotere TEO-installaties verder worden uitgewerkt, omdat hier nog onzekerheden in zitten. Zowel de in- en uitlaat als de ondergrondse inpassing van de grotere leidingen

Bijlage 1: Aandachtspunten vervolg

4. Ruimtelijke inpassing

De definitieve locatiekeuze van de warmtecentrale vraagt verdere uitwerking, inclusief een gedetailleerd geluidsonderzoek voor nachtbedrijf en een zorgvuldige inpassing van het buffervat, met name vanwege de hoogte en visuele impact. Daarnaast moet de ondergrondse inpassing van WKO-systemen en leidingen verder worden uitgewerkt. Ook optimalisatie van het leidingtracé, bijvoorbeeld via twin pipe oplossingen, kan bijdragen aan kostenreductie en ruimtelijke efficiëntie.

5. Stysteemrisico's & gevoeligheden

Binnen scenario 4 is er een duidelijke gevoeligheid voor watertemperaturen en seizoensvariaties. In koudere winters kan het lastiger zijn om voldoende warmte te laden, wat kan leiden tot een hogere inzet van gas. Daarnaast blijven energieprijzen en nettarieven belangrijke onzekerheden binnen de businesscase. Ook moet rekening worden gehouden met mogelijke veranderingen in de warmtevraag, bijvoorbeeld als gevolg van verdere isolatie of veranderend gebruikersgedrag.

6. Vervolgstappen richting VO

In de vervolgfase dient het project verder te worden uitgewerkt richting een Voorlopig Ontwerp (VO), waarbij zowel de technische uitwerking als de businesscase verder worden verfijnd. Dit vormt tevens de basis voor een mogelijke subsidieaanvraag (zoals WIS). Parallel hieraan is verdere afstemming nodig met stakeholders, waaronder de gemeente, netbeheerder en bewoners, om tot een gedragen en uitvoerbaar plan te komen.

Bijlage 2: Temperatuurkeuze en ontwerpuitgangspunten

Functionele eisen bepalen de aanvoertemperatuur

De keuze voor de aanvoertemperatuur van het warmtenet volgt primair uit twee functionele eisen: tapwater en ruimteverwarming. Deze twee hebben een verschillend karakter en bepalen gezamenlijk het ontwerp.

Tapwater (normatief bepaald)

Voor tapwater gelden in Nederland duidelijke normen en richtlijnen, met name vanuit NEN 1006 en het Drinkwaterbesluit. In de praktijk wordt doorgaans uitgegaan van:

- Circa 65°C aan de secundaire zijde van de afleverset
- Zodat minimaal 60°C aan het tappunt wordt gegarandeerd

Deze eisen zijn relatief strikt in Nederland, met name in situaties met interne circulatie (zoals utiliteit, hoogbouw, scholen en kantoren). Hierdoor wordt het ontwerpuitgangspunt vaak bepaald door de zwaarste gevallen in het systeem, en niet door de gemiddelde woning.

Ruimteverwarming (technisch en gedragsafhankelijk)

Veel bestaande woningen in Nederland zijn ontworpen op aanvoertemperaturen van circa 65–75°C, mede door de historische instelling van HR-ketels (“gas-ziekte”).

In de praktijk is het vaak mogelijk om met hetzelfde afgiftesysteem (radiatoren) op lagere temperaturen te verwarmen, maar:

- Dit vraagt goede inregeling
- En/of aanvullende isolatie
- En brengt onzekerheid in comfortbeleving

Het 55/40°C scenario gaat er impliciet vanuit dat deze optimalisatie mogelijk is.

Bijlage 2: Temperatuurkeuze en ontwerpuitgangspunten

De keuze voor de aanvoertemperatuur van het warmtenet wordt in de basis bepaald door twee functionele eisen: tapwater en ruimteverwarming.

Voor tapwater gelden in Nederland duidelijke normen, onder andere vanuit de NEN 1006 en het Drinkwaterbesluit. In de praktijk wordt doorgaans uitgegaan van circa 65°C aan de secundaire zijde van de afleverset, zodat minimaal 60°C aan het tappunt wordt gehaald. Nederland is hierin relatief strikt, met name voor systemen met interne circulatie zoals in utiliteit en hoogbouw. Daardoor wordt het ontwerpuitgangspunt vaak bepaald door deze zwaardere toepassingen, en niet zozeer door de gemiddelde woning.

Voor ruimteverwarming ligt dit anders. Veel bestaande woningen zijn ontworpen op aanvoertemperaturen van circa 65–70°C, mede door de historische instelling van HR-ketels. In de praktijk kan met hetzelfde afgiftesysteem vaak wel op lagere temperaturen worden verwarmd, maar dit vraagt goede inregeling of aanvullende isolatie en brengt een zekere mate van onzekerheid met zich mee. Het 55/40°C scenario gaat er impliciet vanuit dat deze stap mogelijk is.

Vanuit deze twee eisen ontstaan in de praktijk twee hoofdvarianten voor een middentemperatuur-net. In de eerste variant levert het net zowel ruimteverwarming als tapwater direct. Dit vraagt een hogere aanvoertemperatuur (circa 70°C), maar heeft als voordeel dat er nauwelijks aanpassingen in woningen nodig zijn. In de tweede variant levert het net alleen ruimteverwarming op een lagere temperatuur (circa 55°C) en wordt tapwater lokaal naverwarmd. Dit leidt tot een efficiënter systeem met lagere netverliezen en meer toekomstbestendigheid, maar vraagt wel aanvullende installaties in de woning en kan impact hebben op acceptatie.

Bijlage 2: Temperatuurkeuze en ontwerpuitgangspunten

Belangrijk is dat temperaturen zoals 70°C of 55°C niet als vaste waarden moeten worden gezien, maar als de minimale temperatuur die nodig is om aan de functionele vraag te voldoen. In systemen met grootschalige warmtepompen is het verlagen van de aanvoertemperatuur juist een belangrijk uitgangspunt, zowel voor efficiëntie als voor het beperken van distributieverliezen.

Daarnaast moet onderscheid worden gemaakt tussen ontwerpcondities en de operationele praktijk. Een net kan bijvoorbeeld worden ontworpen op 70/40°C, maar zal in de praktijk in de zomer vaak op lagere temperaturen draaien, terwijl tijdens piekmomenten tijdelijk hogere temperaturen (tot circa 75–80°C) nodig kunnen zijn. Om hiermee om te gaan, wordt doorgaans gewerkt met een hybride opwekconcept (warmtepomp gecombineerd met een piek- en back-upketel) en een buffervat, zodat flexibel kan worden ingespeeld op variaties in vraag en aanbod.

Het 55/40°C scenario is vanuit systeemoptiek interessant. In de huidige berekeningen hoeft slechts circa 4% van de totale warmtevraag te worden naverwarmd voor tapwater. Daarnaast biedt dit concept de mogelijkheid om in de toekomst verder te verlagen naar nog lagere temperaturen (bijvoorbeeld richting 45–50°C), mits de gebouwvoorraad zich daarvoor leent. Tegelijkertijd kan de noodzaak voor aanvullende installaties in de woning in de beginfase leiden tot lagere participatie.

Voor de verdere analyse worden daarom twee duidelijke richtingen gehanteerd: een circa 70/40°C systeem met directe levering van tapwater, en een circa 55/40°C systeem met gescheiden tapwateroplossing. Een tussenvariant rond 60–70°C wordt niet apart beschouwd. Het 55/40°C scenario wordt volledig doorgerekend en meegenomen in de vergelijking. De uiteindelijke afweging tussen deze varianten is daarmee geen puur technische keuze, maar een integrale afweging waarin efficiëntie, kosten, complexiteit en acceptatie samenkomen.

Bijlage 3: Methodiek multi-criteria analyse

De multi-criteria analyse is gebruikt om de verschillende scenario's integraal te vergelijken op vier hoofdcriteria:

- Kosten
- Duurzaamheid
- Ruimtelijke inpassing
- Woningaanpassingen

Per criterium is een score toegekend van:

1 (zeer slecht) tot 5 (zeer goed)

Daarnaast geldt:

0 = knock-out (niet haalbaar binnen randvoorwaarden)

De scores zijn gebaseerd op de resultaten uit de technische en economische analyse en zijn bedoeld als relatieve vergelijking tussen scenario's, niet als absolute beoordeling.

Bijlage 3: Methodiek multi-criteria analyse

Criterion	Vergelijkingskader (waar kijken we naar?)	Score 5 (zeer goed)	Score 4 (goed)	Score 3 (neutraal)	Score 2 (slecht)	Score 1 (zeer slecht)	Score 0 (knock-out)
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> Totale systeemkosten (CAPEX + OPEX) Kosten voor eindgebruiker Benodigde BAK Vergelijking met individuele oplossing 	Laagste kosten, concurrerend met individueel alternatief, haalbaar binnen de gestelde BAK	Licht hoger dan alternatief, maar nog haalbaar	Duidelijk hoger, maar mogelijk met optimalisatie/subsidie	Significant duurder, beperkt haalbaar	Structureel ongunstig, niet concurrerend	Financieel niet realiseerbaar
Duurzaamheid	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-uitstoot (kg CO₂/Gj) Aandeel hernieuwbaar Toetsing aan WIS/Wcw, Incl. TEO & WKO CO₂-equivalenten 	Laagste CO ₂ -uitstoot, duidelijk toekomstbestendig	Lage uitstoot, klein verschil met beste	Voldoet aan norm, geen duidelijke voorsprong	Relatief hogere uitstoot binnen bandbreedte	Slecht presterend scenario	Voldoet niet aan norm
Ruimtelijke inpassing	<ul style="list-style-type: none"> Ruimtebeslag (boven- en ondergronds) Geluid Inpasbaarheid in stedelijke omgeving Nabijheid infrastructuur 	Goed inpasbaar, beperkte impact	Inpasbaar (gegeven de context) met aandachtspunten	Complex maar haalbaar	Significant ruimtebeslag / lastig inpasbaar (zowel boven- als ondergronds)	Zeer moeilijk inpasbaar	Praktisch niet haalbaar
Woningaanpassingen	<ul style="list-style-type: none"> Noodzaak aanpassingen Type installaties Impact op ruimte/comfort Acceptatie bewoners 	Minimale aanpassingen, standaard oplossing	Beperkte aanpassingen, goed inpasbaar	Merkbare aanpassingen, maar haalbaar	Ingrijpende aanpassingen nodig	Complex en slecht acceptabel	Praktisch niet uitvoerbaar

Bijlage 4: EXIOBASE tabellen gebruikt voor CO2 analyse

WKO

Component	CAPEX-aandeel	Factor		Bijdrage
HDPE leidingen, bronleidingen, appendages kunststof	50%	0.7	kgCO ₂ e/€	0.35
Pompen, warmtewisselaars, regeltechniek, elektra, broninstallaties	30%	0.5	kgCO ₂ e/€	0.15
Staal/metaalcomponenten, putkoppen, frames, afsluiters, headers	10%	2.75	kgCO ₂ e/€	0.275
Civil/boringen/installatie/overig	10%	0.375	kgCO ₂ e/€	0.0375
	100%			0.8125

TEO

Component	CAPEX-aandeel	Factor		Bijdrage
HDPE/kunststof leidingen	40%	0.7	kgCO ₂ e/€	0.28
Pompen, warmtewisselaars, E-installatie, regeltechniek	40%	0.6	kgCO ₂ e/€	0.24
Staal/RVS/metaalconstructies	15%	2.8	kgCO ₂ e/€	0.42
Beton/civil/inlaatconstructies	5%	0.3	kgCO ₂ e/€	0.015
	100%			0.955

Andere bijlagen

GIS-database (Excel)

Gebruikersdata, warmtevraag en woningstatistieken

Netwerkmodellen (shapefiles)

Tracé en dimensionering van het distributienet

Warmteverliesberekeningen (Excel)

Berekeningen en aannames voor netwerkverliezen

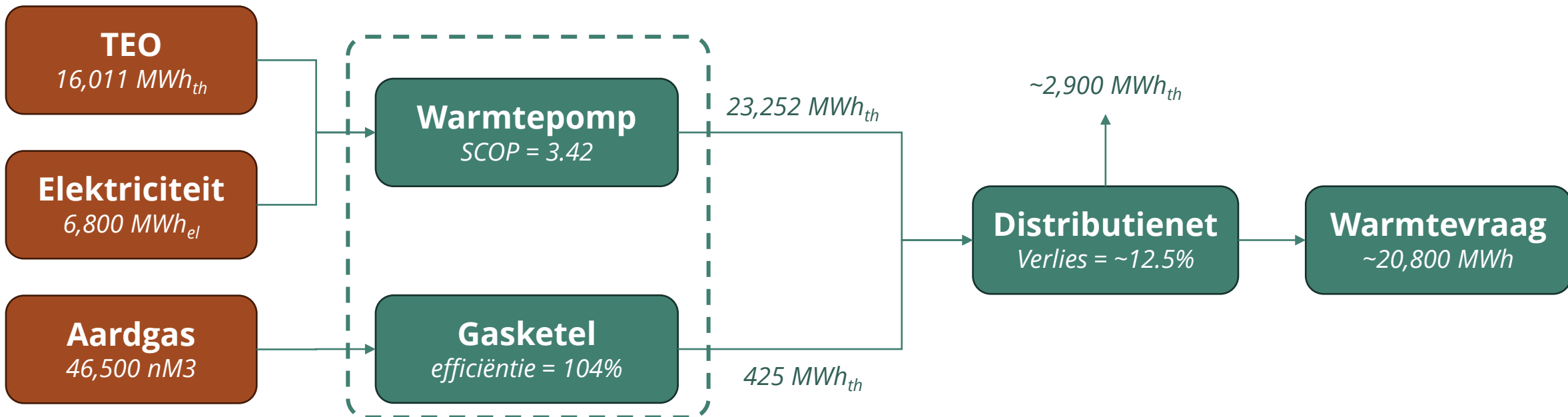
Economie / TCO-model (Excel)

Alle technische en economische parameters en uitgangspunten

EnergyPRO-modellen output sheets (PDFs)

Technische uitwerking van het energiesysteem (formules, optimalisaties en regelstrategieën)

Scenario 1



Scenario 4

