



DWA

Scenariostudie aardgasvrij Udenhout

Gemeente Tilburg

Colofon

Datum

16 april 2026

Projectnummer

22457

Status

Definitief

Opdrachtgever

Gemeente Tilburg

Uitgevoerd door

DWA B.V.

Postbus 2073

2800 BE Gouda

E-mailadres nikki.vande.rijdt@dwa.nl

Telefoonnummer 06 – 145 083 88

Auteurs

Nikki van de Rijdt

Boyd Hooghiemstra

Andor van Dijk

Foto's Udenhout

Beeldbank gemeente Tilburg

Werkgroep en meedenkgroep

Deze rapportage is tot stand gekomen dankzij de medewerking van bewoners en een aantal belangrijke partners van gemeente Tilburg. Wij danken hen voor de constructieve feedback in verschillende bijeenkomsten.

Inhoudsopgave

0

Samenvatting en voorkeursscenario

In kaart en handelingsperspectief

1

Inleiding

- 1.1 Scenariostudie naar een aardgasvrij Udenhout
- 1.2 Doel van de studie
- 1.3 Proces gemeente
- 1.4 Leeswijzer

2

Proces, participatie en stakeholders

- 2.1 Sessies met meedenkgroep en werkgroep
- 2.2 Wensen en zorgen van bewoners en ondernemers
- 2.3 Invloed op selectie van warmteoplossingen

3

Analyse van Udenhout

- 3.1 Dorpsanalyse
- 3.2 Warmtebronnen
- 3.3 Gekozen voorbeeldwoningen

4

Scenario-ontwikkeling

- 4.1 Groslijst warmteoplossingen
- 4.2 Selectie van kansrijke scenario's
- 4.3 Kwalitatieve scenariostudie

5

Multicriteria-analyse en beoordelingsmatrix

- 5.1 Toelichting op beoordelingscriteria en wegingsfactoren
- 5.2 Resultaten van de MCA: beoordelingsmatrix
- 5.3 Gekozen voorkeursscenario

6

Uitwerking voorkeursscenario

- 6.1 Technische uitwerking voorbeeldwoningen (maatregelenpakketten)
- 6.2 Financiële uitwerking (kostenramingen, indicatieve businesscase, gevoeligheidsanalyse)
- 6.3 Randvoorwaarden en haalbaarheid
- 6.4 Subsidiemogelijkheden en financiering

7

Aanbevelingen en vervolgstappen

- 7.1 Advies voor opstellen WUPe
- 7.2 Suggesties voor communicatie en participatie
- 7.3 Planning en besluitvorming



Bijlagen

- 1. Kaarten kern Udenhout
- 2. Scenario's
- 3. Groslijst van warmteoplossingen
- 4. Uitgangspuntennotitie
- 5. Toelichting van de scores van de multicriteria-analyse
- 6. Uitwerking voorkeursscenario

Begrippenlijst

Aardgasvrij

Situatie waarin geen aardgas meer wordt gebruikt voor verwarming, warm water en koken.

Warmteoplossing

Techniek of systeem om gebouwen te verwarmen zonder aardgas, zoals warmtepompen of warmtenetten. Ze leveren ook warmtapwater. Daarnaast is koken ook niet op aardgas, maar bijvoorbeeld elektrisch.

Aquathermie (TEO/TEA)

Warmtewinning uit oppervlaktewater (TEO) of afvalwater (TEA).

Bodemwarmtepomp

Warmtepomp die warmte uit de bodem haalt via een bodemcollector.

Ecologische check (quickscan)

Onderzoek naar de aanwezigheid van beschermde soorten vóór werkzaamheden.

Hybride warmtepomp

Combinatie van een warmtepomp en cv-ketel op gas; bespaart gas, maar heeft biogas of aardgas nodig.

Individuele warmtepomp

Techniek die per woning warmte uit een warmtebron haalt en gebruikt voor verwarming.

Isolatie

Maatregelen aan dak, gevel, vloer en glas om warmteverlies te beperken.

Laagtemperatuur (LT) warmtenet

Warmtenet met een temperatuur van 30–50°C, vereist goede isolatie van woningen.

Begrippenlijst

Luchtwarmtepomp

Warmtepomp die warmte uit de buitenlucht haalt via een buitenunit.

Middentemperatuur (MT) warmtenet

Warmtenet met een temperatuur van 60–70°C, geschikt voor minder goed geïsoleerde woningen.

PVT-warmtepomp

Warmtepomp die warmte uit zonnepanelen met een thermische opwek (PVT-panelen) haalt.

TCO

De Total Cost of Ownership (TCO) geeft inzicht in totale kosten over de levensduur van een scenario. De TCO bestaat uit vier hoofdonderdelen: investeringskosten, energiekosten, onderhoudskosten en herinvesteringen. Bij het berekenen van de TCO moeten we er rekening mee houden dat inkomsten of uitgaven in de toekomst minder waard zijn dan op dit moment. Daar moeten we voor compenseren, dit noemen we disconteren.

Ventilatiewarmtepomp

Warmtepomp die warmte uit ventilatielucht terugwint.

Voorbeeldwoning

Een veelvoorkomende combinatie van woningtype en bouwperiode waar de resultaten voor berekend worden.

Voorkeursscenario

Een combinatie van warmteoplossingen om Udenhout van verwarming, warm water en koken te voorzien.

Warmtenet

Collectief systeem waarbij warmte via leidingen naar meerdere gebouwen wordt getransporteerd.

WKO (warmte-koudeopslag)

Opslagsysteem in de bodem voor warmte en koude, gebruikt voor seizoensopslag.

Zeerlaagtemperatuur (ZLT) warmtenet

Warmtenet met een temperatuur van 10–30°C, met warmtepomp in de woning en/of in de wijk en/of per complex.



0 | Samenvatting

Voorkeursalternatief voor Udenhout

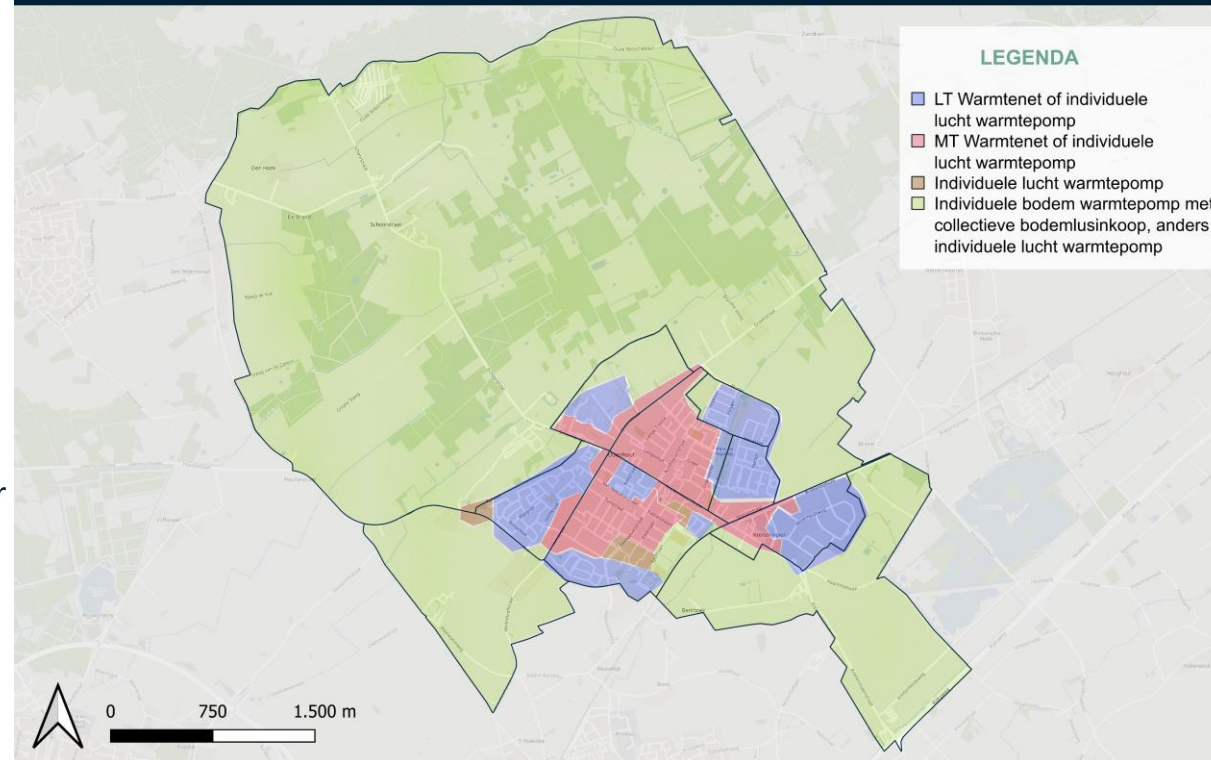
De gemeente onderzoekt hoe Udenhout aardgasvrij kan worden. Deze scenariostudie laat zien welke oplossingen technisch, financieel en praktisch mogelijk zijn.

Bewoners en lokale organisaties hebben meegedacht in een meedenk- en werkgroep. Hun wensen en zorgen zijn meegenomen in de keuzes in het proces. Er is gekeken naar de woningen, utiliteit en bedrijven, warmtevraag en beschikbare warmtebronnen. In verschillende stappen zijn warmteoplossingen onderzocht (zoals warmtenetten en warmtepompen). De uitkomst is het voorkeursscenario. Dit is een combinatie van warmteoplossingen voor Udenhout.

Voor de kern liggen er kansen voor een warmtenet op basis van een hoog-over businesscase en de vergelijking op bewonerskostenniveau. Het eerste gesprek met het Warmtebedrijf Tilburg B.V. was positief en er worden haakjes gezien met nieuwbouw en herontwikkeling als startmotor voor het warmtenet. De eerste reactie van de meedenkgroep was 50/50 over wel of niet een warmtenetontwikkeling voor kern Udenhout.

Op plekken met voldoende ruimte (in het buitengebied of andere vrijstaande woningen) is een individuele bodemwarmtepomp interessant. De hoge investering is te reduceren door collectief de boringen voor de bronnen te organiseren.

De derde warmteoplossing is de individuele buitenluchtwarmtepomp. Deze is voor veel woningen toepasbaar. De uitdagingen bij deze oplossing zijn beschikbare netcapaciteit. Aandachtspunt is goed installatie, instellingen en



onderhoud voor minimaliseren geluidproductie.

Bedrijven en utiliteit zijn meegenomen in de analyse op basis van openbare gegevens. Er is maatwerk nodig voor verdere uitwerking, omdat bedrijven specifieke processen hebben waar specialistische techniek voor nodig kan zijn.

De uitkomsten van deze scenarioanalyse, de gesprekken met meedenkgroep, werkgroep en het Warmtebedrijf Tilburg B.V. geven aanknopingspunten voor verder onderzoek naar een collectieve oplossing voor de kern Udenhout.

Hiernaast wordt een tabelweergave gegeven van de uitkomsten van de scenariostudie. In de tabel is een overzicht gegeven over welke voorbeeldwoningen passen bij welke technieken.

De tabel vormt de basis voor de vlekkenkaart op de vorige pagina. Bij verschillen is de tabel leidend over de vlekkenkaart. Dit omdat de grenzen van de vlekken in deze fase nog niet definitief zijn, en dus nog kunnen wijzigen. Daarnaast kunnen individuele afwijkingen van het beeld, dat in de tabel geschetst wordt, voorkomen.

Vanaf hoofdstuk 3 is te lezen hoe de voorbeeldwoningen tot stand zijn gekomen, hoe de warmteoplossingen zijn gekozen en beoordeeld én hoe het voorkeursscenario is uitgewerkt. Dit alles is onderbouwing voor de tabel hiernaast.

Voorbeeldwoning	3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering, MT cluster	3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering, LT cluster	4c. Bodemwarmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)	5. Luchtwarmtepomp - individueel
Vrijstaand <1974	✗	✗	✓	✓
Vrijstaand 1975 – 2005	✗	✗	✓	✓
Geschakeld < 1974	✓	✓	?	?
Geschakeld 1975 – 2005	✓	✓	?	?
Gestapeld 1975 – 1991	✓	✓	✗	✗

✓: De voorbeeldwoning past bij de techniek

?: De voorbeeldwoning past wel of niet bij de techniek. Dit is afhankelijk van de ruimte voor bodemlus(sen) of buitenunit, en toelaatbaarheid van geluidsproductie van de buitenunit

✗: De voorbeeldwoning past niet bij de techniek



1 | Inleiding

1. Inleiding

1.1 Een scenariostudie naar een aardgasvrij Udenhout

Binnen het wijkuitvoeringsplan voor de energievoorziening (hierna WUPe) onderzoekt de gemeente Tilburg de mogelijkheden voor Udenhout om over te stappen op duurzame en warmteoplossingen. De bevindingen van deze studie vormen een belangrijke basis voor het WUPe Udenhout en bieden een richting voor de volgende stappen in de warmtetransitie in Udenhout.

Udenhout heeft een diverse gebouwvoorraad en actieve bewonersgroepen die graag meedenken richting een toekomst zonder aardgas. In deze scenariostudie onderzoekt DWA, in samenwerking met de gemeente, de betrokken partners (in de werkgroep) en de actieve bewoners (verenigd in een meedenkgroep) met welke warmteoplossingen Udenhout van het aardgas kan afstappen. We zoeken hét voorkeursscenario dat aansluit bij de specifieke kenmerken en ambities van het dorp en haar bewoners, waarbij verschillende technische, financiële en sociale criteria samenkomen en het voorkeursscenario daarmee bepalen. Het voorkeursscenario bestaat uit meerdere warmteoplossingen passend bij de verschillende bebouwing in Udenhout.

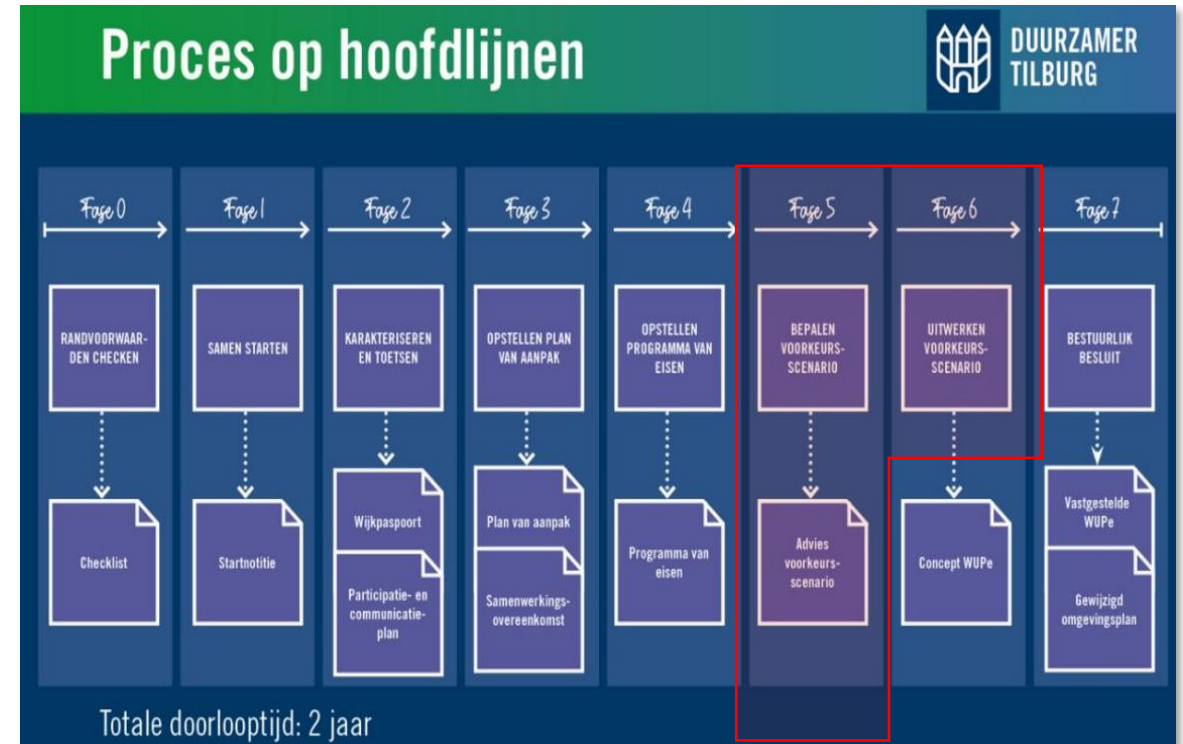
1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van deze scenariostudie is om in nauwe samenwerking met de gemeente Tilburg en lokale stakeholders tot een goed onderbouwd en breed gedragen richtinggevend voorkeursscenario te komen voor het aardgasvrij maken van Udenhout. De diversiteit en variatie in de fysieke kenmerken van de gebouwde omgeving in Udenhout maakt dat er niet één oplossing voor heel het dorp passend is, maar dat de oplossing waarschijnlijk een mix van mogelijkheden wordt. Het **richtinggevend voorkeursscenario** beschrijft wat deze mix van warmteoplossingen voor Udenhout is en hoe deze alternatieven technisch en financieel zijn uitgewerkt.

1.3 Proces gemeente

De gemeente Tilburg volgt een zorgvuldig opgebouwd proces dat bestaat uit zeven fasen binnen het WUPe voor Udenhout. Dit proces start met het checken van randvoorwaarden (0) en gaat via een aantal fasen naar het bepalen van een voorkeursscenario (5) en het uitwerken van het voorkeursscenario (6) en eindigt met het bestuurlijk besluit (7). Deze scenariostudie vormt de kern van fase 5 en 6 (rood gekaderd).

In deze fasen worden, op basis van technische, financiële en sociale afwegingen én participatie met bewoners en stakeholders, verschillende warmteoplossingen onderzocht en uitgewerkt tot een gedragen voorkeursscenario voor Udenhout. Deze gefaseerde aanpak zorgt ervoor dat de gemeente het proces transparant, participatief en goed onderbouwd vormgeeft, met oog voor lokale wensen en inzichten.



1.4 Leeswijzer

Alle hoofdstukken vormen samen een logisch stappenplan van analyse naar keuze en uitwerking. In hoofdstuk 1 heb je gelezen waarom deze scenariostudie is gemaakt en hoe het proces is aangepakt. Ook las je een korte samenvatting van de technische analyse. Hoofdstuk 2 legt uit hoe bewoners, ondernemers en andere betrokkenen hebben meegedacht. De wensen en zorgen die hier naar voren kwamen, spelen een belangrijke rol bij de keuzes voor warmteoplossingen in de volgende hoofdstukken. Hoofdstuk 3 geeft een beeld van Udenhout: hoe het dorp is opgebouwd, welke typen woningen er staan en welke voorbeeldwoningen zijn gekozen voor de berekeningen. Deze informatie vormt de basis voor hoofdstuk 4. Daarin onderzoeken, vergelijken en selecteren we verschillende mogelijke warmteoplossingen. Daarna laat hoofdstuk 5 met een multicriteria-analyse zien hoe de scenario's zijn beoordeeld en welke optie op basis hiervan het beste past bij Udenhout.

Dit voorkeursscenario hebben we verder uitgewerkt in hoofdstuk 6. Hier laten we de uitkomsten voor de voorbeeldwoningen zien: technisch, financieel en wat dit betekent voor bewoners en de omgeving en randvoorwaarden. Tot slot beschrijven we aanbevelingen en vervolgstappen voor het WUPe proces van de gemeente.



2 | Proces, participatie en stakeholders

2. Proces, participatie en stakeholders

In dit hoofdstuk staat hoe bewoners, ondernemers en stakeholders zijn betrokken bij de scenariostudie en wat dit voor het proces betekent. Hierin staat ook dat er zorgen (zoals kosten, benodigde maatregelen en praktische uitvoerbaarheid) en wensen (zoals duidelijkheid en keuzevrijheid) zijn ingebracht en hoe deze direct hebben meegestuurd in de selectie van warmteoplossingen. De volgende alinea's komen aan bod:

2.1 Sessies met meedenkgroep en werkgroep

2.2 Wensen en zorgen van bewoners en ondernemers

2.3 Invloed op selectie van warmteoplossingen



2.1 Sessies met meedenkgroep en werkgroep

DWA en de gemeente organiseerden verschillende sessies met de werkgroep van stakeholders en met de meedenkgroep van actieve bewoners. In deze sessies haalden we waardevolle lokale kennis op en brachten we belangen en perspectieven samen. Ook reflecteerden we gezamenlijk op de mogelijke warmteoplossingen.

Door inwoners, ondernemers en betrokken organisaties actief te betrekken, ontstaat er inzicht in de kenmerken van Udenhout, de situatie in de woningen en de aandachtspunten in het dorp. De dialoog in deze sessies zorgt ervoor dat de gemeente en DWA een helder beeld krijgen van wat lokaal speelde en welke randvoorwaarden bij de uitwerkingen belangrijk waren.

2.2 Wensen en zorgen van bewoners en ondernemers

In de sessies gaven de werkgroep en meedenkgroep aan wat zij belangrijk vonden bij de overstap naar een warmteoplossing. Tijdens de sessies verzamelden we actief de wensen, zorgen en perspectieven van bewoners, ondernemers en andere betrokkenen. Dit deden we door de interactieve sessies via een Mentimeter, kaartjes in volgorde leggen en gesprekken.

De werkgroep en meedenkgroep spraken onder andere zorgen uit over kosten, werkzaamheden in en om de woning, technische haalbaarheid en keuzevrijheid. Ook benoemden zij praktische wensen, zoals duidelijkheid over planning en inzicht in maatregelen. We benadrukken dat elke eigenaar altijd zelf de keuze heeft over het eigen gebouw. De wensen en zorgen zijn in dit rapport verwerkt in de uitwerkingen.

2.3 Invloed op selectie van warmteoplossingen

De opgehaalde wensen en zorgen hadden direct invloed op de keuze voor de warmteoplossingen die werden doorgerekend. Tijdens de eerste gezamenlijke bijeenkomst zijn, op basis van technische haalbaarheid en lokale context, vijf kansrijke warmteoplossingen geselecteerd vanuit een groslijst van circa vijftien oplossingen.

Oplossingen die technisch niet uitvoerbaar bleken of onvoldoende potentie hadden zijn uitgesloten, zie 4.1.

In de periode na de eerste sessie zijn in samenspraak met de gemeente nog drie extra warmteoplossingen toegevoegd die de meedenkgroep had aangedragen. Daarmee kwamen we tot een lijst van acht verschillende warmteoplossingen die gelden als de bouwstenen om het voorkeursscenario te bepalen voor Udenhout.

Deze keuzes zijn tijdens de sessie onderbouwd en toegelicht, zodat voor alle betrokkenen duidelijk is waarom bepaalde opties wel of niet zijn meegenomen.

Deze acht warmteoplossingen zijn via een multicriteria-analyse vertaald naar een voorkeursscenario waarin drie warmteoplossingen in detail zijn doorgerekend.



3 | Analyse van Udenhout

Wat speelt er in Udenhout?

3. Analyse van Udenhout

In dit hoofdstuk staat de analyse van Udenhout die als fundament dient voor de rest van het onderzoek. Hierin staat hoe de warmtevraag, woningtypen, bouwperioden, sociale kenmerken en beschikbare warmtebronnen de randvoorwaarden bepalen voor passende warmteoplossingen. Ook staat hierin welke representatieve voorbeeldwoningen worden gebruikt om maatregelen, technische inpasbaarheid en kosten door te rekenen. Dit hoofdstuk vormt zo de basis voor de scenario-ontwikkeling en uitwerking in hoofdstuk 4, 5 en 6. De volgende alinea's komen aan bod in dit hoofdstuk:

3.1 Dorpsanalyse

3.2 Warmtebronnen

3.3 Gekozen voorbeeldwoningen

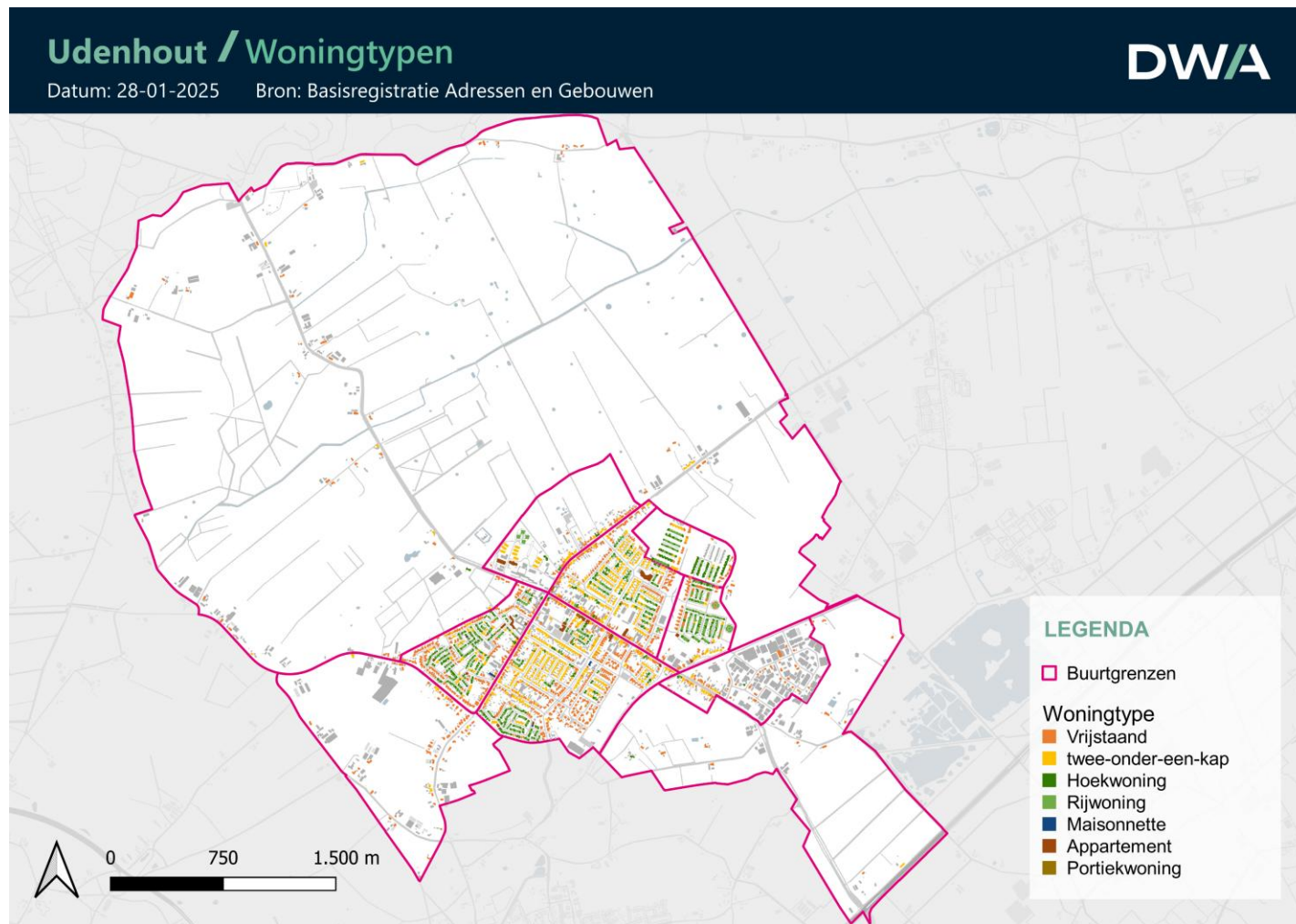


3.1 Dorpsanalyse

De dorpsanalyse brengt de fysieke, sociale en energetische kenmerken van Udenhout in beeld. De analyse kijkt naar woningtypen, bouwperioden, energievraag, mogelijke warmtebronnen en ruimtelijke mogelijkheden. Zo ontstaat inzicht in wat technisch haalbaar is binnen het dorp. De analyse maakt ook zichtbaar waar beperkingen liggen. Daarnaast laat de dorpsanalyse verschillen tussen deelgebieden zien, zoals de dorpskern, het buitengebied en het bedrijventerrein. Deze verschillen helpen bij het ontwikkelen van gerichte oplossingen en ondersteunen een onderbouwde keuze voor een voorkeursscenario. De analyse richt zich op drie hoofdvragen:

- Welke technische, sociale en economische aandachtspunten spelen in Udenhout?
- Wat is de warmtevraag van woningen en gebouwen in het dorp?
- Welke (boven)lokale warmtebronnen zijn beschikbaar en kansrijk?

Hiermee ontstaat een beeld van lokale kansen en uitdagingen voor de warmtetransitie. Het aandeel koopwoningen, de bewonersopbouw en de dorpsidentiteit bepalen in belangrijke mate de mogelijke ontwikkeling van de warmtetransitie. Een aanpak met duidelijke stappen, praktische maatregelen en ruimte voor verschillen tussen huishoudens sluit hier op aan.



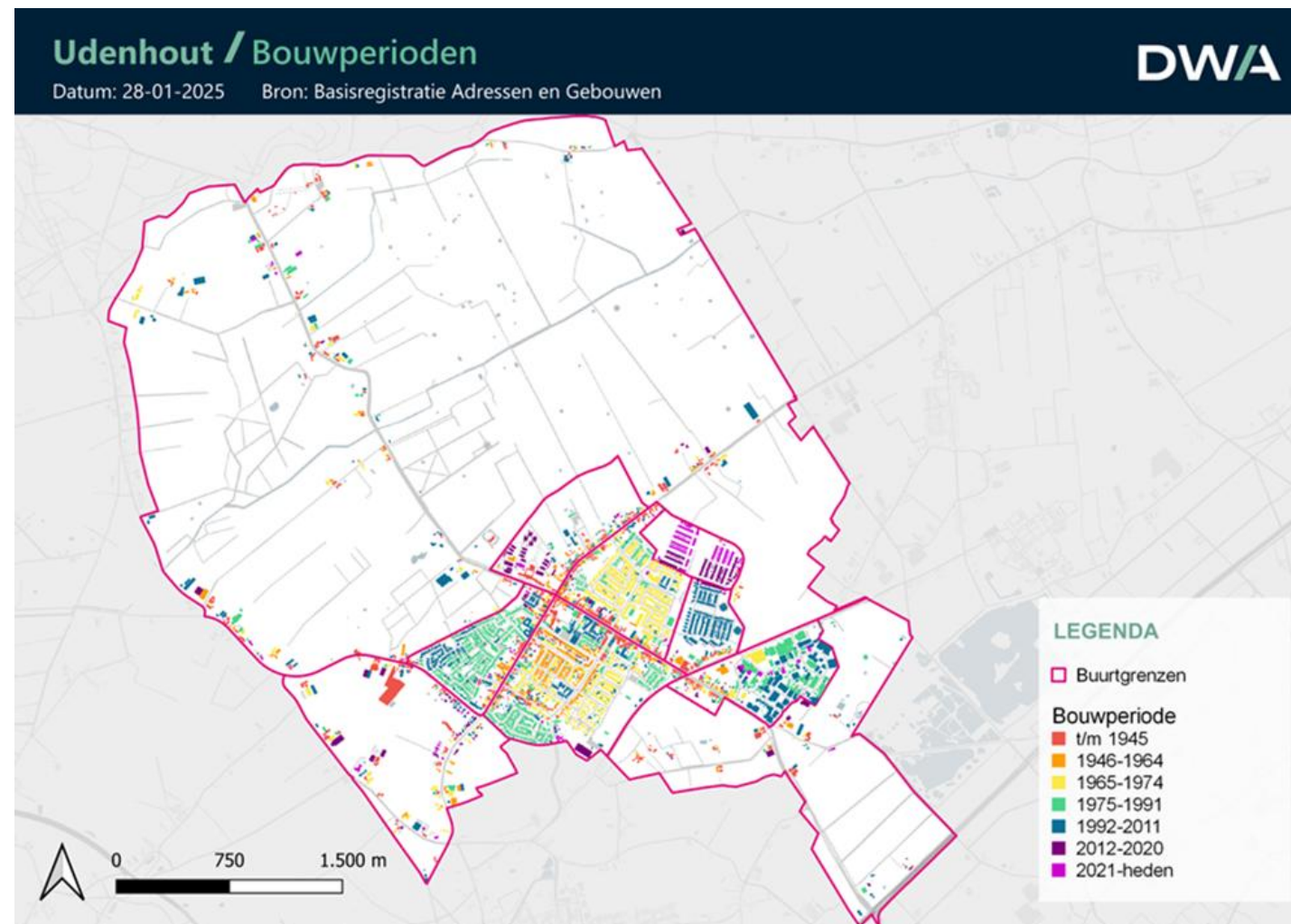
Udenhout telt 8.810 inwoners (2025), met een gemiddeld aantal bewoners per huishouden van 2,4 personen. De bevolking bestaat vooral uit gezinnen, stellen en oudere huishoudens. De groei van het dorp blijft beperkt maar stabiel (+6% sinds 2013). De schaal en stabiliteit zorgen voor een overzichtelijke dorpsstructuur waarin sociale netwerken en lokale initiatieven relatief sterk zijn.

De bewonersopbouw is gemengd. Huishoudens verschillen in leeftijd, financiële ruimte en technische kennis. Daardoor verschillen ook de mogelijkheden en behoeften rond verduurzaming. Sommige bewoners kunnen relatief snel investeren in maatregelen, terwijl anderen meer behoefte hebben aan ondersteuning.

Het aantal adressen met woonfunctie in Udenhout is circa 3.500. Van deze adressen hebben circa 3.330 woningen een aardgas aansluiting. Bijvoorbeeld de nieuwbouwwijk Den Bogerd en een aantal woningen in het buitengebied met een propaantank hebben geen aansluiting.

In het dorp staan veel verschillende woningtypen, zoals vrijstaande woningen, twee-onder-één-kapwoningen, rijwoningen, hoekwoningen en een kleiner aantal appartementen. De meeste woningen zijn gebouwd tussen 1965 en 1991, al komen ook oudere en nieuwere woningen voor. Door deze mix verschillen woningen in isolatieniveau en warmtevraag.

Ongeveer 73% van de woningen zijn koopwoningen. Het hoge aandeel koopwoningen betekent dat besluiten over verduurzaming grotendeels bij individuele bewoners liggen. Het tempo van verduurzaming kan daardoor per huishouden verschillen. Tegelijk laten initiatieven zoals energiecoöperatie Udenhout en de Green Deal Udenhout zien dat lokaal initiatief en betrokkenheid rond duurzaamheid aanwezig zijn.



De gemiddelde WOZ-waarde bedraagt circa € 472.000,- (2025). Dit ligt boven het gemiddelde van Tilburg en kan wijzen op een relatief sterke investeringspositie van bewoners.

De woningwaarde zegt echter niet direct iets over de beschikbare middelen van huishoudens. Bij oudere bewoners zit een groot deel van het vermogen vaak in de woning.

Historische eisen Bouwbesluit

De historische eisen van het *Bouwbesluit* geven inzicht in de oorspronkelijke bouwkwaliteit van woningen uit verschillende bouwperiodes. Deze eisen, zoals de isolatiewaarden voor vloeren, gevels en daken (Rc-waarden), en de U-waarde van glas, bepalen in grote mate de mate van warmteverlies en daarmee de energie-efficiëntie van een gebouw. Woningen zijn tussen oplevering en nu naar verwachting nog verbeterd, alleen kunnen we dit niet uit de openbaar beschikbare data opmaken. Daarom kiezen we de historische eisen als conservatief uitgangspunt. Dit betekent dat we uitgaan van het gebouw zoals het oorspronkelijk is gebouwd volgens het bouwbesluit, maar dan wel met dubbel glas. Daarmee krijgen we een totaalpakket aan isolatiemaatregelen voor een situatie waarin er niks verbeterd is sinds de bouw. We gebruiken dit uitgangspunt om de maatregelen voor de nieuwe warmteoplossing te bepalen. Hiermee gaan we uit van een worst-case-scenario.

Door deze normen te koppelen aan de bouwjaren van woningen in Udenhout, ontstaat een beeld van waar de grootste verduurzamingsopgaven liggen. Woningen gebouwd vóór 1975 zijn bijvoorbeeld gebouwd met enkelglas en lage isolatiewaarden. De aanname is vervolgens dat hier dus nog meer moet gebeuren dan bij nieuwere woningen.

Bouwperiode	Isolatiewaarde van vloer boven kruipruimte Rc [m ² *K/W]	Isolatiewaarde van gevel Rc [m ² *K/W]	Isolatiewaarde van dak [m ² *K/W]	Glas U-waarde [W/m ² K]
<1930	0,15	0,19	0,22	Enkelglas U=5,1
1930 t/m 1965	0,33	0,35	0,33	Enkelglas U=5,1
1965 t/m 1974*	0,17	0,43	0,86	Enkelglas U=5,1
1975 t/m 1982	0,52	1,3	1,3	Deels enkel U=5,1 Deels dubbel U=2,9
1983 t/m 1987	1,3	1,3	1,3	Deels enkel U=5,1 Deels dubbel U=2,9
1988 t/m 1991	1,3	2	2	Deels enkel U=5,1 Deels dubbel U=2,9
1992 t/m 2005	2,5	2,5	2,5	Dubbelglas U=2,9
2006 t/m 2013	2,5	2,5	2,5	Dubbelglas U=2,9
2014	3,5	3,5	3,5	HR ⁺⁺ -glas U=1,8
2015 t/m 2020	3,5	4,5	6,0	HR ⁺⁺ -glas U=1,8
2021 t/m nu	3,7	4,7	6,3	HR ⁺⁺ -glas U=1,8
*Sinds 1965 worden er eisen gesteld aan de energetische kwaliteiten van woningen. Bij woningen voor 1965 maken we onderscheid tussen woningen met spouw en zonder spouw, spouwmuren worden sinds circa 1930 toegepast.				

Huidige warmte- en koudevraag Udenhout

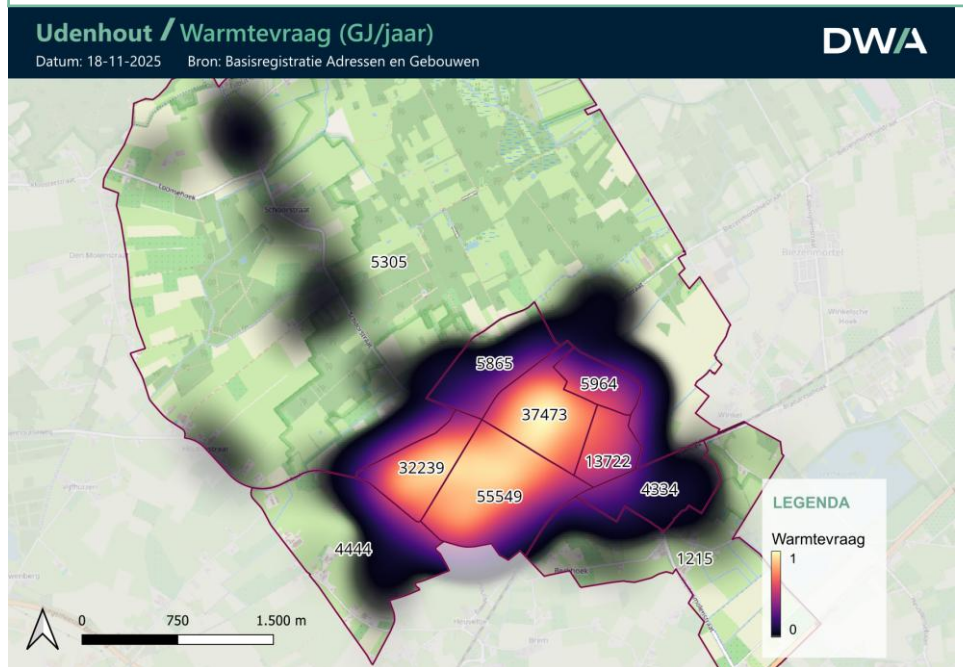
De warmtevraag geeft inzicht in de hoeveelheid warmte die jaarlijks nodig is voor het verwarmen van gebouwen en woningen. We kijken hierbij naar de woningen met een aardgasaansluiting (3.330). De dorpskern en dichtbebouwde buurten hebben een hogere warmtevraag dan het buitengebied en de delen met lintbebouwing. Deze verschillen hangen samen met factoren als gebouwdichtheid, bouwjaar, isolatieniveau en type bebouwing.

De heatmap hiernaast toont duidelijk aan dat het overgrote deel van de warmtevraag vanuit woningen zich in de buurten Zeshoeven, Achthoeven en De Kuil bevindt (samen goed voor 75% van de warmtevraag vanuit de woningen). De spreiding van de warmtevraag is een belangrijk uitgangspunt voor het bepalen van mogelijke collectieve warmteoplossingen binnen de scenariostudie. Het helpt om warmtenetten te richten op gebieden met hoge concentraties, en individuele oplossingen zoals warmtepompen te overwegen voor gebieden met lagere warmtevraag en meer verspreide bebouwing. Daarnaast valt het ook op dat de warmtevraag van bedrijven en utiliteit hoger is dan de woningen, waarbij het goed is om te vermelden dat de woningen zijn gebaseerd op data vanuit de netbeheerder en de bedrijven op inschattingen door het ontbreken van openbare data. De koudevraag van bedrijven en utiliteit is zeer veel groter dan van de woningen. De meeste bestaande woningen zijn op dit moment nog niet ingericht op koeling. Bedrijven vaak wel, denk aan koeling op kantoor.

De totale warmtevraag van de woningen in Udenhout bedraagt circa 154.700 GJ per jaar. Voor de beeldvorming: gemiddeld gebruikt een Nederlandse woningen ongeveer 44 GJ per jaar per woning.

Zie de bijlage uitgangspuntennotitie voor de achterliggende berekening bij de warmte- en koudevraag.

Huidige warmte- en koudevraag	GJ per jaar
Warmtevraag woningen	154.700
Warmtevraag verspreide bedrijven en utiliteit	133.500
Warmtevraag bedrijventerrein Kreitenmolen	176.700
Koudevraag woningen	16.400
Koudevraag verspreide bedrijven en utiliteit	63.600
Koudevraag bedrijventerrein Kreitenmolen	62.500



Toekomstige warmte- en koudevraag Udenhout

De toekomstige warmte- en koudevraag zijn een gevolg van de effecten van isolatie en klimaatverandering. Door te isoleren neemt de warmtevraag van gebouwen af. Daarnaast zorgt ook de verandering van het klimaat, met als gevolg steeds minder koudeperiodes, voor minder warmtevraag. Bij elkaar leidt dit naar verwachting tot een afname van de warmtevraag van circa 25% in 2035, ten opzichte van nu.

Tegelijkertijd zorgt de klimaatverandering voor steeds langere en warmere zomers. Dit maakt het belang van koeling steeds groter. De verwachting is dat de koudevraag met circa 15% toeneemt in 2035, ten opzichte van nu. In de uitgangspuntennotitie wordt toegelicht hoe deze toe- en afnamewaarden tot stand komen. In de tabel rechts worden de toekomstige warmte- en koudevraag weergegeven.

Toekomstige warmte- en koudevraag	GJ/jaar
Warmtevraag woningen	116.000
Warmtevraag verspreide bedrijven en utiliteit	100.100
Warmtevraag bedrijventerrein Kreitenmolen	132.500
Koudevraag woningen	18.900
Koudevraag verspreide bedrijven en utiliteit	73.100
Koudevraag bedrijventerrein Kreitenmolen	79.300

3.2 Warmtebronnen Udenhout

In deze paragraaf beschrijven we de potentie en kansrijkheid van lokale warmtebronnen in Udenhout. Hier staat eerst een toelichting. Daarna volgt een tabel met een overzicht van de warmtebronnen, de kansrijkheid, geschatte potentie en temperatuurniveau.

Bodemenergie en omgevingswarmte

Bodemwarmte en omgevingswarmte zijn kansrijk in Udenhout. Beide hebben meer dan voldoende potentie en zijn geschikt voor lage temperatuurtoepassingen. Bodemwarmte biedt een constante temperatuur en daarmee een hogere efficiëntie, terwijl omgevingswarmte lagere aanlegkosten kent. Geothermie daarentegen is voor Udenhout als niet kansrijk beoordeeld: de schaal van Udenhout is te beperkt voor een financieel haalbare toepassing van een systeem op geothermie. Een combinatie met een ander afzetgebied (bijvoorbeeld Berkel-Enschot of Oisterwijk) kan dit mogelijk interessanter maken. Echter zijn de afstanden voor een warmtenet dan nog steeds groot, wat een uitdaging is voor een haalbare businesscase.

Aquathermie

Binnen de categorie aquathermie zijn twee bronnen als kansrijk beoordeeld: de influentleiding TEA Groenstraat en het rioolgemaal Groenstraat. Beide bronnen bieden potentie voor laagtemperatuurwarmte op basis van de bureaustudie.

Een derde bron, het waterlichaam in park Ter Roomley, is niet kansrijk vanwege het beperkte thermische potentieel. De Leemkuilen is geen kansrijke bron, doordat deze ver weg en in een beschermd natuurgebied liggen. Hier is onttrekking niet toegestaan.

Restwarmte

De restwarmtebronnen in Udenhout bieden interessante mogelijkheden, vooral als er al een warmtenet wordt aangelegd. De PLUS aan de Amerlaan en de Jumbo aan de Kreitenmolenstraat zijn enigszins kansrijk, maar kleine bronnen. De meest opvallende bron is de Chocolaterie Albert, met een relatief hoog potentieel en een geschikt temperatuurniveau (MT). Deze bron is technisch zeer interessant, maar de locatie op het industrieterrein aan de buitenrand vraagt extra aandacht voor de praktische haalbaarheid. Het is vaak lastig om bij restwarmte een garantie te geven dat er op de lange termijn altijd genoeg warmte geleverd kan worden.

Overige warmtebronnen

Andere bekeken warmtebronnen zijn zonthermie, warmte uit sportvelden en groen gas. Voor zonthermie en sportveldwarmte is veel ruimte nodig. In het gebiedsperspectief Udenhout wordt gesteld dat de sportvelden mogelijk gaan verplaatsen. Dat biedt een kans om dit nader te onderzoeken. Binnen het Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst wordt groen gas alleen ingezet als piekvoorziening of voor gebouwen die echt niet volledig duurzaam verwarmd kunnen worden. Bijvoorbeeld als aanvulling bij een hybride warmtepomp.

Warmtebron	Kansrijk?	Geschatte potentie	Toelichting	Temperatuur niveau	Informatiebron
Bodemenergie en omgevingswarmte					
Geothermie	Nee	Onbekend GJ 20+ MW	Kleinste uitvoering is naar verwachting te groot en kostbaar voor alleen Udenhout.	HT	Algemene kennis DWA over type bron
Bodemwarmte, Open en Gesloten BodemEnergieSysteem (met regeneratievoorziening, bijvoorbeeld koeling)	Ja	Groot, maar beperkt door diepterestrictie per bron en rekening houdend met interferentie	Constante temperatuur zorgt voor hogere efficiëntie, grotere aanlegkosten.	ZLT	Algemene kennis DWA over type bron
Omgevingswarmte (buitenlucht)	Ja	Onbeperkt	Variabele temperatuur zorgt voor lagere efficiëntie, lagere aanlegkosten.	ZLT	Algemene kennis DWA over type bron
Aquathermie					
Influentleiding TEA Groenstraat (aanvoerleiding naar rioolgemaal)	Ja. In beide bronnen komt dezelfde warmte uit de riolering samen. Dat betekent dat óf de influentleiding óf het rioolgemaal toegepast kan worden, niet beide.	11.620 GJ met WKO* onbekend kW	Theoretisch maximale potentie in combinatie met WKO. Onttrekking bij influent vaak onwenselijk voor waterschap omdat temperatuurverlaging zuiveringsproces beïnvloed. En potentie bij RWZI doet afnemen.	ZLT	Aquathermieviewer Aquathermie
Rioolgemaal Groenstraat		15.030 GJ met WKO* 292 kW		ZLT	Aquathermieviewer
Waterlichaam park ter Roomley	Nee	1.000 GJ zonder WKO onbekend kW	Potentie te klein om uitkoppeling rendabel te maken.	ZLT	Aquathermieviewer
Waterlichaam de Leemkuilen	Nee	200.000 GJ zonder WKO	Onttrekking in natuurgebied niet toegestaan. Afstand tussen bron en Udenhout erg groot. Potentie waarschijnlijk lager dan geschat doordat het stilstaand water betreft.		Aquathermieviewer

Zie ook hoofdstuk 2.2.2 van de uitgangspuntennotitie voor toelichting over de bronnen.

* Onder voorbehoud dat WKO mogelijk is, zonder WKO is de potentie 5.322 GJ (influent) en 9.445 GJ (gemaal)

Warmtebron	Kansrijk?	Geschatte potentie	Toelichting	Temperatuur niveau	Informatiebron
Restwarmte					
PLUS Ammerlaan	Enigszins	5.271 GJ 500 kW	Mogelijk kansrijk om aan te sluiten als bij een van de bronnen er een warmtenet komt. Erg kleine bron.	ZLT	Bronnenregister Innoforte
Jumbo Kreitenmolenstraat	Enigszins	5.401 GJ 488 kW	Mogelijk kansrijk om aan te sluiten als bij een van de bronnen er een warmtenet komt. Erg kleine bron.	ZLT	Bronnenregister Innoforte
Chocolatier Albert	Ja	54.529 GJ 3.817 kW	Zeer interessant door MT-warmte, relatief ver van het centrum en leveringsgarantie aandachtspunt.	MT	Bronnenregister Innoforte
Overige warmtebronnen					
Warmte uit sportvelden	Enigszins	1,5 GJ/m ² /jaar	Kansrijkheid afhankelijk van beschikbare ruimte en plannen om sportvelden te vernieuwen. Circa twintig voetbalvelden (14,6 ha) nodig voor de totale warmtevraag.	ZLT	Algemene kennis DWA over type bron – leverancier Finovi
Zonthermie	Ja	4,2 GJ/m ² /jaar	Kansrijkheid afhankelijk van beschikbare ruimte en afstand tot warmtevraag. Circa 5 ha nodig voor de totale warmtevraag.	ZLT	DIN CERTCO – referentie Stockholm, zie bijlage 1 van uitgangspuntennotitie
Groen gas	Matig	Onduidelijk, onvoldoende voor heel Udenhout	Verwachte toekomstige schaarste zorgt voor hoge kosten. Er is sprake van lokale productie aan de noordoostzijde van de stad Tilburg. Groen gas wordt enkel ingezet als piekvoorziening.	HT	Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst

Zie ook hoofdstuk 2.2.2 van de uitgangspuntennotitie voor toelichting over de bronnen.

3.3 Gekozen voorbeeldwoningen

Voor deze scenariostudie selecteren we vijf voorbeeldwoningen die samen een goede afspiegeling vormen van de woningvoorraad in Udenhout. De voorbeeldwoningen zijn gebaseerd op de analyse van Udenhout en de Historische eisen van het Bouwbesluit zoals beschreven in paragraaf 3.1.

Voor elke voorbeeldwoning wordt later uitgewerkt welke verduurzamingsmaatregelen nodig zijn om de verschillende oplossingen toe te passen, zoals aanpassingen aan dak, gevels, vloeren, installaties en ventilatie. We doen dit per scenario en per voorbeeldwoning, zodat helder wordt welke maatregelen nodig zijn om de warmteoplossingen toe te passen. Daarbij gaan we uit van de oorspronkelijke isolatiestaat van de woningen en beschrijven we stap voor stap welke verbeteringen mogelijk zijn.

De gebouwde omgeving in Udenhout kent een grote variatie in fysieke kenmerken. Daardoor is het uitdagend om met een beperkt aantal voorbeeldwoningen toch een representatief beeld van de woningvoorraad te schetsen. Met onze aanpak is het gelukt om 88,1% van alle woningen onder te brengen in vijf voorbeeldwoningen, waarbij we zoveel mogelijk nuance behouden.

De selectie is bepaald door een variatie in bouwperiode en woningtype, zodat de diversiteit goed wordt meegenomen. De voorbeeldwoningen zijn samengesteld uit groeperingen van woningtypen en bouwperiodes met vergelijkbare kenmerken.

De woningtypen zijn gegroepeerd op basis van gemiddeld woonoppervlak en het aantal bouwdelen dat in contact staat met de buitenlucht. Dit leidt tot drie categorieën:

- **vrijstaand** (vrijstaande woningen);
- **geschakeld** (rijwoningen, hoekwoningen, twee-onder-één-kap-woningen);
- **gestapeld** (appartementen, maisonnettewoningen, portiekwoningen).

De bouwperiodes zijn ingedeeld op basis van wijzigingen in het Bouwbesluit die impactvol zijn, wat resulteert in drie categorieën (zie onderstaande tabel).

Door het Bouwbesluit als uitgangspunt te nemen kiezen we voor heldere, maar conservatieve aannames. Het resultaat schetst daarmee een uiterste situatie waarin alle isolatiemaatregelen nog uitgevoerd zouden moeten worden. In de praktijk zal dit verschillen, maar bewoners kunnen hiermee wel goed zien welke maatregelen zij al hebben genomen en welke nog nodig zijn.

Impactvolle wijzigingen in isolatie-eis volgens Bouwbesluit	Bouwperiodes
Geen of niet geïsoleerde spouwmuur Oorspronkelijk enkel glas en inmiddels vervangen voor dubbel glas (meestal. Daarom gaan we hiervan uit.)	Periode vóór 1945 1946 t/m 1964 1965 t/m 1974
Dubbelglas of deels dubbel glas Geïsoleerde spouwmuur	1975 t/m 1991 1992 t/m 2005
HR⁺⁺-glas Geïsoleerde spouwmuur	2006 t/m 2014 2015 t/m 2020 2021 tot heden

De combinatie van woningtypen en bouwperiodes levert negen mogelijke combinaties op. Daaruit zijn vijf voorbeeldwoningen gekomen. We hebben de vier meest voorkomende en representatieve combinaties gekozen, aangevuld met de meest voorkomende gestapelde woning met dubbel glas (5,2% van het totaal).

Hiermee is voor elk woningtype in Udenhout een herkenbare voorbeeldwoning beschikbaar. In de tabel hieronder staat de beschrijving van de meegenomen voorbeeldwoningen. Op de volgende pagina staan foto's voor de beeldvorming. In bijlage 2 van de uitgangspuntennotitie staat de oorspronkelijke staat van alle bouwdelen beschreven.

Voorbeeldwoning	Omschrijving oorspronkelijke staat	Bouwperiodes	Woningtypen	Aandeel van totaal aantal woningen in Udenhout
Voorbeeld 1	Vrijstaand, geen of niet geïsoleerde spouwmuur	< 1945 1946–1964 1965–1974	Vrijstaande woningen	11,8% (389)
Voorbeeld 2	Vrijstaand, (deels) dubbelglas	1975–1991 1992–2005	Vrijstaande woningen	9,6% (318)
Voorbeeld 3	Geschakeld, geen of niet geïsoleerde spouwmuur	< 1945 1946–1964 1965–1974	Twee-onder-één-kap, hoekwoningen, rijwoningen	28,3% (933)
Voorbeeld 4	Geschakeld, (deels) dubbelglas	1975–1991 1992–2005	Twee-onder-één-kap, hoekwoningen, rijwoningen	33,2% (1.092)
Voorbeeld 5	Gestapeld, (deels) dubbelglas	1975–1991	Appartementen, maisonnettes, portiekwoningen	5,2% (172)

Hieronder staan foto's van voorbeelden van de voorbeeldwoningen in Udenhout. Deze zijn willekeurig gekozen.

Voorbeeld 1:



Voorbeeld 2:



Voorbeeld 3:



Voorbeeld 4:



Voorbeeld 5:



Bron foto's: Google Maps



4 | Scenario-ontwikkeling

Hoe komen we tot de verschillende scenario's?

4. Scenario-ontwikkeling

In dit hoofdstuk staat hoe de volledige lijst met mogelijke warmteoplossingen is teruggebracht tot een selectie van acht oplossingen die passen bij de kenmerken van Udenhout. Hierin staat welke technische, ruimtelijke en financiële criteria zijn gebruikt, en hoe input uit participatie de keuzes heeft aangescherpt. De scenario's die in dit hoofdstuk worden ontwikkeld vormen de basis voor de multicriteria-analyse en beoordeling in hoofdstuk 5. In dit hoofdstuk staan de volgende alinea's:

- 4.1 Groslijst warmteoplossingen
- 4.2 Selectie van kansrijke scenario's
- 4.3 Kwalitatieve scenariostudie



4.1 Groslijst warmteoplossingen

Als startpunt hebben we een uitgebreide groslijst opgesteld met alle mogelijke warmteoplossingen voor Udenhout. De groslijst is een brede lijst: van individuele technieken zoals lucht- en bodemwarmtepompen tot (kleinschalige) collectieve systemen. We sluiten op voorhand geen oplossingen uit, ook al is een toepassing in de gebouwde omgeving van Udenhout zeer onwaarschijnlijk, zoals waterstof en geothermie.

We kiezen bewust voor deze brede inventarisatie van mogelijkheden om die ook te bespreken met de werkgroep van stakeholders en de meedenkgroep, zodat er allerlei mogelijke oplossingen worden meegenomen. Hiernaast staat de lijst van oplossingen. In bijlage 2 staat voor elke oplossing een schets voor hoe de oplossing er in het huis, of bij collectieve oplossingen in de omgeving uit ziet. De oplossingen variëren in temperatuurniveau van ZLT tot MT. HT oplossingen staan niet in de lijst. Dit komt omdat er geen HT warmtebronnen zijn. HT is doorgaans inefficiënt en zorgt voor een hoge warmtevraag en kosten.

Elektrisch

1. Luchtwarmtepomp – individueel (lucht-waterwarmtepomp)
2. Bodemwarmtepomp – individueel (water-waterwarmtepomp)
3. PVT-warmtepomp
4. Ventilatiewarmtepomp
5. Airco met boiler (lucht-luchtwarmtepomp)
6. Infrarood panelen met boiler

Warmtenet/klein collectief

7. Middentemperatuur warmtenet (MT-warmtenet (60-70°C))
8. Laagtemperatuur warmtenet (LT-warmtenet (30-50°C))
9. Bronnet met warmtepomp (ZLT-warmtenet (10-30°C) - individuele opwaardering)
10. Bronnet met warmtepomp (ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering)
10. Bodemwarmtepomp voor kleine groep woningen (mini/klein collectief)

Duurzame gassen

11. Cv-ketel met groengas
12. Cv-ketel met waterstof
13. Hybride warmtepomp met groengas

4.2 Selectie van kansrijke scenario's

Tijdens de eerste sessie met de werkgroep van stakeholders en de meedenkroep zijn deze oplossingen uitgebreid toegelicht en is er aandacht besteed aan de technische haalbaarheid en lokale toepasbaarheid van de oplossingen. Via een stemronde en gezamenlijke afweging ontstond een goed onderbouwde selectie van vijf kansrijke warmteoplossingen. Op die manier werken we van *grof naar fijn*. In overleg met de gemeente zijn nog drie aanvullende warmteoplossingen (3a, 3b en 4a) toegevoegd. Daarmee is de scenariostudie uiteindelijk uitgevoerd met **acht** verschillende warmteoplossingen als bouwstenen voor het richtinggevende voorkeursscenario. Rechts de gekozen warmteoplossingen - de bouwstenen voor een scenario. In bijlage 3 staan schematische tekening van de warmteoplossingen.

Op de volgende pagina lees je het stappenplan voor de selectie van warmteoplossingen naar een voorkeursscenario voor Udenhout.

#	Warmteoplossingen
1	MT-warmtenet (60-70°C)
2	LT-warmtenet (30-50°C)
3a	ZLT-warmtenet (10-30°C) – individuele opwaardering
3b	ZLT-warmtenet (10-30°C) – collectieve opwaardering
4a	Bodemwarmtepomp – klein collectief
4b	Bodemwarmtepomp – individueel
5	Luchtwarmtepomp – individueel
6	Hybride warmtepomp groengas – individueel

Stappenplan voor de selectie van warmteoplossingen naar een voorkeursscenario voor Udenhout

Stap 1 Analyse woningkenmerken in hoofdstuk 3

In hoofdstuk 3 zijn de fysieke kenmerken van de bebouwing in Udenhout geanalyseerd. Hierbij kijken we naar woningtype (vrijstaand, geschakeld, gestapeld), bouwjaar en bouwkundige eigenschappen zoals isolatieniveau en dichtheid. We gaan uit van het isolatieniveau van het Bouwbesluit, zie uitleg bij de voorbeeldwoningen. Deze kenmerken zijn bepalend voor de financiële en technische uitwerking voor de inpasbaarheid van bepaalde warmteoplossingen voor een woning. In de resultaten wordt goed zichtbaar welke isolatiemaatregelen worden genomen. Voor een individuele woning kan een bewoner maatregelen die al genomen zijn “wegstrepen” uit de resultaten.

Stap 2 Koppeling aan warmteoplossing in de tabel pagina 34

Op basis van de woningkenmerken koppelen we de bebouwing aan één of meerdere warmteoplossingen. Bijvoorbeeld: vrijstaande woningen zijn financieel minder geschikt voor collectieve oplossingen, maar wel voor individuele oplossingen. Rijwoningen zijn bijvoorbeeld beter geschikt voor collectieve oplossingen, maar individuele oplossingen kunnen ook. Hiermee wordt duidelijk welke woningen (theoretisch) in aanmerking komen voor welke warmteoplossingen.

Stap 3 Filteren geschikte gebouwen en visualisatie op kaart op pagina 35

Voor elk scenario filteren we welke gebouwen in Udenhout technisch passen bij de warmteoplossingen. Dit doen we op basis van de geanalyseerde woningkenmerken. Zo ontstaat een selectie van gebouwen die *technisch geschikt* zijn voor een bepaalde oplossing. Deze visualisaties vormen niet het eindbeeld, maar geeft input om tot het eindbeeld en voorkeursscenario te komen. Er is in deze filtering en visualisaties nog geen rekening gehouden met externe beperkingen (bijvoorbeeld bodemrestricties, netcongestie, aanwezigheid warmtebron).

Stap 4 Scenariostudie

Nu is in beeld hoe de warmteoplossingen bij de bebouwing van Udenhout past. Nu gaat het om de selectie van de oplossingen die samen het voorkeursscenario gaan vormen. Dit doen we met behulp van de opgehaalde kennis in de analyses in paragraaf 4.3.

In hoofdstuk 5 gaan we door met een multicriteria-analyse met de weging die door de meedenkgroep wordt gegeven.

Koppeling aan warmteoplossing

De uitgangspunten, zoals gesteld in de uitgangspuntennotitie bijlage 4, worden in de tabel hieronder gekoppeld aan de verschillende warmteoplossingen.

Warmteoplossing	Temperatuur niveau net	Vrijstaande woningen	Geschakeld	Gestapeld	Bedrijven	Bouwjaar**	Wenselijk energielabel**
1. MT-warmtenet (60-70°C)	60-70°C	-	✓	✓	✓	Voor 2006	Label B of lager
2. LT-warmtenet (30-50°C)	30-50°C	-	✓	✓	✓	Na 1965	Label A of hoger
3a. ZLT-warmtenet (10-30°C) - individuele opwaardering	10-30°C*	-	✓	-	✓	-	Label E of hoger
3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering	10-30°C*	-	✓	✓	✓	-	Label E of hoger
4a. Bodemwarmtepomp - klein collectief	30-50°C	✓	✓	✓	✓	Na 1965	Label A of hoger
4b. Bodemwarmtepomp - individueel	30-50°C	✓	✓	-	✓	Na 1965	Label A of hoger
5. Luchtwarmtepomp - individueel	30-50°C	✓	✓	-	✓	Na 1965	Label A of hoger
6. Hybride WP groen gas - individueel****	60-70°C	✓	✓	-	✓	Voor 1970	Label B of lager

* Bij een ZLT-warmtenet kan per woning of wijkcentrale bepaald worden met welk temperatuurniveau de woning wordt verwarmd.

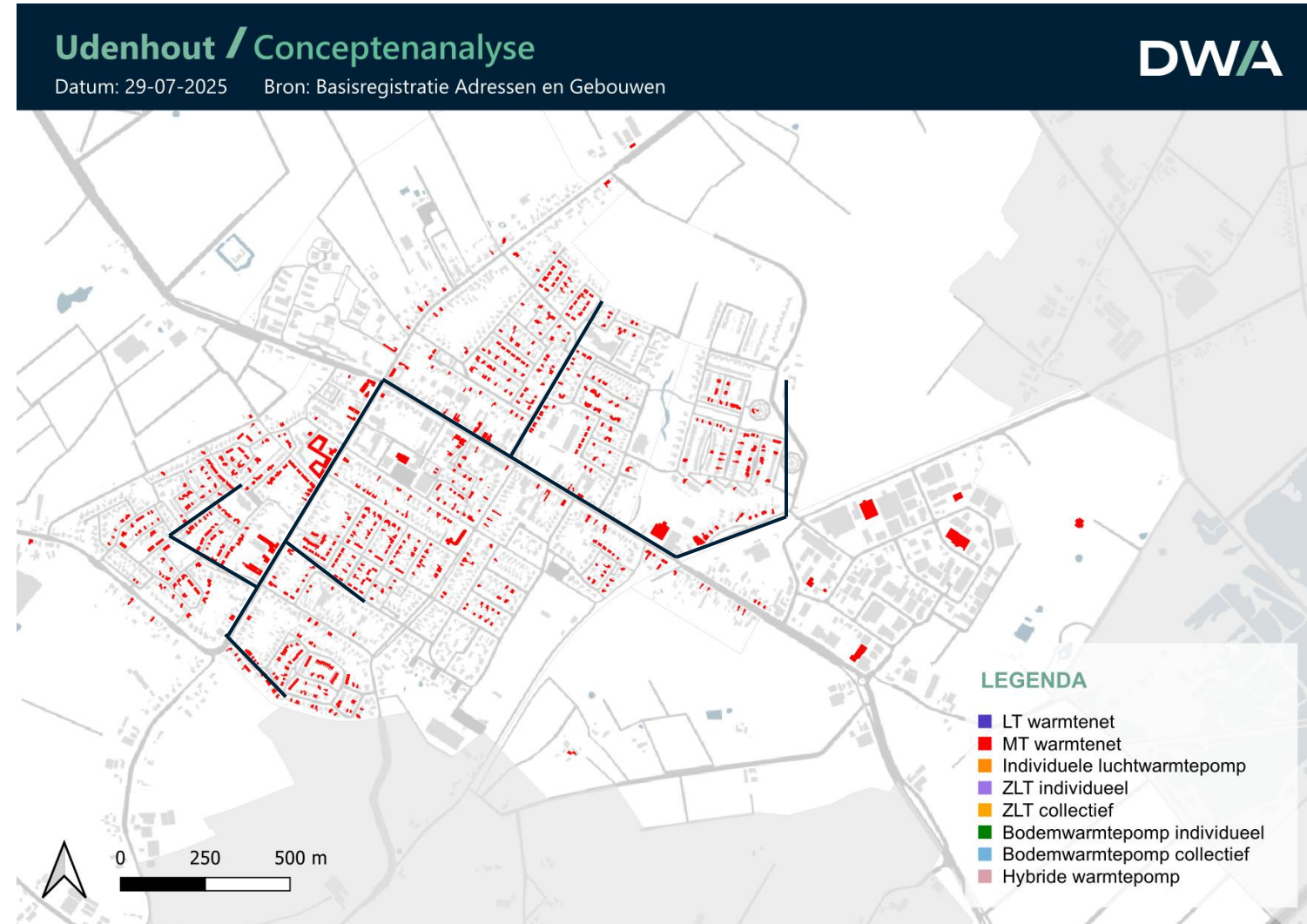
** Dit is een wens en geen eis. Bijvoorbeeld: we zetten een MT-warmtenet liever in voor woningen met label B of lager dan voor woningen met A of hoger) die makkelijker op andere oplossingen kunnen.

*** De woningen die op basis van deze criteria bij het scenario horen, zijn zichtbaar in de kaart op bijlage 2.

**** Alleen voor woningen waar een warmtepomp of warmtenet ongeschikt is omdat er hogere temperaturen nodig zijn, bijvoorbeeld erg oude of monumentale woningen of industrie.

Filteren geschikte gebouwen en visualisatie op kaart

Op basis van de voorgaande tabel is voor iedere warmteoplossing een kaart gemaakt waarop de gebouwen die voor de oplossing in aanmerking komen volgens de uitgangspunten zijn gearceerd. Daarmee wordt duidelijk welke gebieden interessant zijn voor de oplossingen. Dit is een eerste indicatie geweest die geholpen heeft bij het vormen van het voorkeursscenario en bijbehorende vlekkenkaart (te zien in hoofdstuk 6.1). De kaarten voor alle warmteoplossing zijn te zien in bijlage 2, hiernaast wordt een voorbeeld gegeven voor een MT-warmtenet.



4.3 Scenariostudie

In dit onderdeel voeren we een kwalitatieve en kwantitatieve analyse uit van de geselecteerde warmteoplossingen. Dit doen we op basis van de criteria die de gemeente heeft gesteld. De analyse is bedoeld om de kansrijkheid en impact van elk scenario inzichtelijk te maken, zowel financieel, technisch als maatschappelijk. Deze brede analyse vormt de basis voor het uitvoeren van een multicriteria-analyse (MCA) en het bepalen van het voorkeursscenario dat het beste aansluit bij de lokale context van Udenhout. Dit doen we op basis van de gemiddelde woning in Udenhout, voortgekomen uit de buurtanalyse. In de volgende stap gaan we de uitwerking van het voorkeursscenario op voorbeeldwoningniveau doen.

Kwalitatief

Het kwalitatieve deel richt zich op een reeks kwalitatieve factoren. Denk hierbij aan de **ruimtelijke inpassing** van installaties en infrastructuur, de **beschikbaarheid van duurzame bronnen**, de mogelijkheden voor **koeling**, en de **impact op ecologie en ondergrondse ruimte**. Ook wordt gekeken naar de haalbaarheid vanuit **organisatorisch en juridisch perspectief**, zoals vergunningen, netcongestie en de vorming van een warmtegemeenschap. Deze kwalitatieve analyse biedt een breder perspectief op de uitvoerbaarheid en wenselijkheid van elk scenario.

Kwantitatief

Het kwantitatieve deel richt zich op het doorrekenen van de financiële en milieutechnische impact van de warmteoplossingen. Voor elke oplossing wordt een analyse gemaakt van de **Total Cost of Ownership (TCO)** over een periode van 30 jaar. Deze bevat alle investeringskosten voor de warmteoplossing voor woningeigenaar en de warmteontwikkelaar (bij collectieve oplossing), jaarlijkse onderhouds- en energielasten en kosten voor eventuele aanpassingen aan de woning. Daarnaast wordt de **CO₂-uitstoot** berekend, zowel tijdens de levensduur van het systeem als bij de productie van installaties en isolatiematerialen.

Ook voor de **eindgebruikerskosten** is een TCO-berekening gemaakt. In de tabel op de volgende pagina is te zien dat deze verschilt bij collectieve oplossingen van de eerdere TCO-berekening. De eerste, algemene, TCO-berekening geeft de totale kosten weer voor de eigenaar van het systeem. Bij individuele oplossingen is de eindgebruiker ook de eigenaar van het systeem, daarom zullen beide TCO-berekeningen (algemene en voor eindgebruiker) gelijk zijn. Bij collectieve oplossingen is dit niet geval.

Bij een collectieve warmteoplossing is de **eindgebruiker niet de eigenaar** van het systeem. Het **warmtebedrijf** is de eigenaar, die het systeem ontwikkeld, betaald en exploiteert. Dit betekent dat het warmtebedrijf verantwoordelijk is voor warmteopwekking en levering, inclusief bijbehorende kosten. Vervolgens betaald de eindgebruiker (bewoner) een **tarief voor de afgenomen warmte**.

Dit warmtetarief is doorgaans niet gelijk aan de kosten voor warmteopwekking. Het warmtetarief is hoger, zodat het warmtebedrijf de eerder gemaakte (investerings)kosten voor een deel terug kan verdienen. Dit gebeurt deels via het warmtetarief, daarnaast rekent het warmtebedrijf een eenmalige **bijdrage aansluitkosten** (BAK).

Door toepassing van het warmtetarief en de BAK zien de investeringskosten er vanuit het oogpunt van de eindgebruiker er anders uit dan vanuit de eigenaar. Dit zien we terug in de vergelijking van TCO's, bijvoorbeeld bij warmteoplossing 1 (MT-warmtenet) op de volgende pagina. Te zien is dat de investeringskosten vanuit de eindgebruiker gezien lager zijn dan vanuit de eigenaar, maar de jaarlijkse lasten hoger. Hierdoor komen beide TCO's ook niet gelijk uit.

Deze resultaten zijn gebaseerd op de gemiddelde woning in Udenhout. Dit is dus niet een van de voorbeeldwoningen, maar alle woningen samen. Dit geeft een eerste beeld om op hoog-over niveau een beeld te krijgen van meerdere criteria voor veel oplossingen.

De resultaten worden gebruikt om de kwantitatieve criteria van verschillende oplossingen te kunnen beoordelen in de multi-criteria analyse. De uitkomsten van deze tabel zijn dus de onderbouwing voor die analyse.

Voor gemiddelde woning in Udenhout	1. MT-warmtenet (60-70°C)	2. LT-warmtenet (30-50°C)	3a. ZLT-warmtenet (10-30°C) - individuele opwaardering	3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering	4a. Bodemwarmte pomp - klein collectief	4b. Bodemwarmtepomp - individueel	5. Lucht-warmtepomp - individueel	6. Hybride warmtepomp groen gas - individueel
Financieel								
TCO 30 jaar	€ 120.600,-	€ 117.000,-	€ 114.000,-	€ 108.900,-	€ 81.600,-	€ 95.700,-	€ 89.400,-	€ 105.600,-
▪ Investering	€ 49.400,-	€ 60.400,-	€ 59.700,-	€ 56.300,-	€ 52.600,-	€ 60.000,-	€ 42.000,-	€ 28.200,-
- Warmtesysteem	€ 32.500,-	€ 30.400,-	€ 29.700,-	€ 26.300,-	€ 22.600,-	€ 30.000,-	€ 12.000,-	€ 11.300,-
- Woningaanpassingen	€ 16.900,-	€ 30.000,-	€ 30.000,-	€ 30.000,-	€ 30.000,-	€ 30.000,-	€ 30.000,-	€ 16.900,-
▪ Jaarlijkse lasten	€ 1.920,-	€ 1.570,-	€ 1.640,-	€ 1.500,-	€ 1.370,-	€ 1.370,-	€ 1.800,-	€ 2.940,-
- Vaste jaarlijkse lasten	€ 570,-	€ 570,-	€ 570,-	€ 570,-	€ 570,-	€ 570,-	€ 570,-	€ 900,-
- Variabele jaarlijkse lasten	€ 1.350,-	€ 1.000,-	€ 1.070,-	€ 930,-	€ 800,-	€ 800,-	€ 1.230,-	€ 2.040,-
Eindgebruikerskosten 30 jaar	€ 109.400,-	€ 114.400,-	€ 110.200,-	€ 98.500,-	€ 81.600,-	€ 95.700,-	€ 89.400,-	€ 105.600,-
- Investering	€ 40.400,-	€ 52.900,-	€ 63.200,-	€ 39.600,-	€ 52.600,-	€ 60.000,-	€ 42.000,-	€ 28.200,-
- Jaarlijkse lasten	€ 2.300,-	€ 2.050,-	€ 1.570,-	€ 1.960,-	€ 1.370,-	€ 1.370,-	€ 1.800,-	€ 2.940,-
Uitstoot								
CO₂-uitstoot per jaar	1.910	1.410	1.370	1.390	910	970	1.470	2.670

TCO

Het LT-warmtenet heeft de hoogste TCO voor de eindgebruiker, wat betekent dat deze over 30 jaar het duurst is. De bodemwarmtepomp – klein collectief scoort het laagst. Ook de collectieve ZLT-warmtenet variant scoort goed op TCO. Dit betekent dat collectieve systemen niet automatisch financieel aantrekkelijk zijn voor eindgebruikers. Klein collectieve oplossingen, zoals een bodemwarmtepomp, bieden financieel meer perspectief omdat zij schaalvoordelen benutten.

CO₂-uitstoot

De hybride warmtepomp geeft de meeste uitstoot. Beide varianten van de bodemwarmtewarmtepomp scoren aanzienlijk beter, met de laagste uitstoot in de tabel. De CO₂-uitstoot van het energiegebruik wordt berekend op basis van het verbruik van elektriciteit en warmte. Het uitgangspunt is dat elektriciteit in de toekomst CO₂-neutraal wordt opgewekt. In dat geval vervalt de bijbehorende uitstoot. Voor warmtenetten geldt daarnaast dat de warmtebron duurzaam moet zijn. Alleen wanneer zowel de elektriciteitsvraag als de warmtebron duurzaam zijn, is sprake van een (nagenoeg) CO₂-neutrale oplossing. De resultaten van CO₂-uitstoot laten zien hoe groot de opgave wordt om neutraal te worden.

Eindgebruikerskosten

De individuele bodemwarmtepomp klein collectief heeft de laagste eindgebruikerskosten. De collectieve varianten LT, MT en ZLT met collectief opwaarderen scoren hier minder goed, door de combinatie van hoge investeringen en vaste lasten. Als eindgebruikerskosten over 30 jaar doorslaggevend zijn voor bewoners, is de individuele bodemwarmtepomp klein collectief of individuele luchtwarmtepomp op dit moment gunstig.

Investeringskosten en jaarlijkse lasten

Over 30 jaar kijken is erg lang voor bewoners. Daarom kijken we ook naar investeringskosten en jaarlijkse lasten.

Het LT-warmtenet kent de hoogste investeringskosten, vooral door de benodigde woningaanpassingen. De hybride warmtepomp en individuele luchtwarmtepomp hebben lagere investeringskosten. Collectieve systemen hebben doorgaans een gemiddeld investeringsniveau, waarbij de kosten voor het warmtesysteem lager zijn dan bij individuele varianten.

De MT-warmtenetoplossing heeft de hoogste jaarlijkse lasten, vooral door hoge vaste kosten. De collectieve ZLT-warmtenetoplossing scoort hier het laagst, wat gunstig is voor bewoners op lange termijn. Individuele oplossingen hebben een gemiddeld niveau van jaarlijkse lasten, afhankelijk van het energieverbruik en onderhoud.

Scenariostudie – kwalitatieve resultaten

De kwalitatieve criteria zijn vastgesteld op basis van de inhoudelijke kenmerken van de verschillende uitgangspunten die de gemeente bij de start van de studie heeft meegegeven. De oplossingen zijn per criterium beoordeeld en de kleuren laten zien hoe de opties, ten opzichte van elkaar, op deze criteria scoren. Dit vormt de basis, naast de MCA met de weging van de bewoners, voor het onderzoek naar het voorkeursscenario. Hieronder staat de tabel, op de volgende pagina's staat de toelichting.

Score	Toelichting
	Geen
	Klein, direct mogelijk
	Klein tot medium
	Medium
	Medium tot groot
	Groot, onmogelijk

	1. MT-warmtenet (60-70°C)	2. LT-warmtenet (30-50°C)	3a. ZLT-warmtenet (10-30°C) - individuele opwaardering	3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering	4a. Bodemwarmte pomp - klein collectief	4b. Bodemwarmtepomp – individueel	5. Lucht-warmtepomp - individueel	6. Hybride warmtepomp groen gas - individueel
Nationale kosten	Groot	Groot	Medium	Medium	Klein	Klein	Medium	Klein
Benodigde aanpassingen	Minimaal	Medium	Groot	Medium	Groot	Medium	Medium	Minimaal
Beschikbaarheid bronnen	Voldoende, met inzet warmtepomp	Voldoende, met inzet warmtepomp	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Onbeperkt	Onbeperkt
Mogelijkheid seizoensopslag	Mogelijk	Mogelijk	Onmogelijk	Mogelijk	Onmogelijk	Onmogelijk	Onmogelijk	Onmogelijk
Koeling mogelijk?	Koudenet of airco nodig	Koudenet of airco nodig	Direct mogelijk	Direct mogelijk met koudenet vanaf wijkcentrale	Direct mogelijk	Direct mogelijk	Direct mogelijk	Bepikt mogelijk
Ruimte ondergrond	Groot	Groot	Groot	Groot	Minimaal	Minimaal tot geen	Geen	Geen
Netcongestie	Medium tot groot	Medium	Klein tot medium	Klein	Klein	Klein	Medium	Klein tot medium
Effect openbare ruimte	Groot	Groot	Medium	Medium tot groot	Geen	Geen	Geluid	Geluid
Ecologische effecten	Zie toelichting mogelijke ecologische effecten door Isoleren/renoveren/moderniseren bebouwing op gebouwgebonden soorten.							

Uitleg voor de score van de tabel

Nationale kosten

Deze zijn gewogen op basis van de berekende TCO en daarbij ook rekening gehouden met netverzwaring. De nationale kosten verschillen doordat warmtenetten grootschalige infrastructuur vereisen naast een netverzwaring, wat hoge investeringen meebrengt (MT en LT scoren daarom rood). De netverzwaring is nodig door ontwikkeling in het elektragebruik van bewoners door bijvoorbeeld auto opladen en zonnepanelen. Individuele warmtepompen vragen minder collectieve infrastructuur, waardoor de totale maatschappelijke kosten lager zijn. Bodemgebonden oplossingen zijn efficiënter, wat leidt tot lagere nationale kosten dan luchtwarmtepompen. De hybride warmtepomp met groen gas is goedkoper in aanleg maar minder efficiënt in warmteproductie, waardoor ze qua TCO in het midden uitkomen.

Benodigde aanpassingen aan de woning

Warmtenetten (MT en LT) vragen beperkte tot grote interne aanpassingen afhankelijk van het temperatuurniveau; MT vraagt nauwelijks maatregelen, LT juist fors meer. Individuele warmtepompen vereisen goede isolatie en lage temperatuurafgifte, waardoor deze vaak ingrijpende woningaanpassingen vragen. Hybride systemen hebben minder eisen en scoren daarom beter (minder impact).

Beschikbaarheid van bronnen

Warmtenetten zijn afhankelijk van bronnen, die in Udenhout beperkt beschikbaar en mogelijk moeilijk aan te sluiten zijn. Voor individuele installaties zijn bronnen vrijwel onbeperkt (lucht/water). Bodemgebonden warmtepompen zijn lokaal altijd mogelijk, maar vragen voldoende ruimte en bodemgeschiktheid. Daarnaast is de dieptebependingen voor boringen een aandachtspunt.

Mogelijkheid voor seizoensopslag

Warmtenetten kunnen seizoensopslag makkelijker inpassen, afhankelijk van het systeemontwerp. Individuele warmtepompen kunnen dit niet, omdat ze geen grootschalige opslagmogelijkheden hebben. Bodemgebonden systemen gebruiken de bodem als natuurlijke buffer, maar dit is geen volwaardige seizoensopslag voor grote volumes warmte. Hierdoor scoren individuele systemen laag.

Koeling mogelijk?

De mogelijkheid tot koelen is afhankelijk van de warmteoplossing, daarnaast geldt altijd dat ook het afgiftesysteem in de woning geschikt moet zijn om koeling af te geven. Warmtenetten op MT- en LT-temperatuur bieden geen koeling zonder aanvullend koudenet of airco. Individuele bodemwarmtepompen kunnen passief koelen en scoren daarom goed. Luchtwarmtepompen bieden actieve koeling, maar dit vraagt extra energie. Nog niet alle hybride systemen kunnen ook koeling leveren, de systemen die dit wel kunnen leveren net als luchtwarmtepompen actieve koeling, wat extra energie vraagt.

Ruimte ondergrond

Warmtenetten vereisen veel ondergrondse infrastructuur, wat betekent dat zij zwaar scoren op ruimtegebruik. Bodemwarmtepompen vergen beperkte ondergrond (boringen), maar individueel of klein collectief kan dit nog steeds impact hebben. Luchtwarmtepompen en hybride warmtepompen gebruiken geen ondergrondse ruimte en scoren daarom goed. De score zegt iets over hoeveel invloed het gebruik van ondergrondse ruimte heeft op de verdere planvorming en uitwerking van de oplossing, hoe slechter de score, hoe groter de impact. Hoeveel uitdagingen dit oplevert, is afhankelijk van de status van de ondergrond op die specifieke plek in Udenhout.

Netcongestie

Individuele luchtwarmtepompen en hybride systemen gebruiken elektriciteit op piekmomenten en kunnen daardoor bijdragen aan congestie. Bodemwarmtepompen zijn efficiënter en veroorzaken minder piekbelasting. Warmtenetten leiden tot vrijwel geen extra belasting op het elektriciteitsnet vanuit de woningen. Daarentegen zorgen warmtenetten voor netbelasting vanuit de warmtecentrale(s). Met slimme inzet van buffering blijft de bijdrage aan netcongestie beperkt.

De verwachting is dat bij MT-warmtenetten deze buffering niet opweegt tegen het extra vermogen dat nodig is voor productie van warmte op een hoger temperatuurniveau dan LT-warmte. De boosters voor tapwater in de woningen bij LT-warmtenetten hebben een gematigde netimpact, zeker in combinatie met tapwaterbuffers.

Effect op openbare ruimte

Warmtenetten vragen forse ingrepen in de straten (aanleg van leidingen), wat tijdens aanleg tijdelijk tot grote overlast in de openbare ruimte leidt. Luchtwarmtepompen kunnen geluid veroorzaken, wat als effect wordt beschouwd maar niet als fysieke ingreep in de openbare ruimte. Bodemwarmtepompen en individuele systemen hebben geen of minimale impact buiten het perceel. Het aanleggen van een bodemlus voor bodemwarmtepomp vraagt tijdelijk wel de nodige beschikbare ruimte tijdens plaatsing.

Ecologische effecten

Udenhout valt onder het Soortenmanagementplan van de gemeente Tilburg. Dit plan is van toepassing op gebouwbewonende diersoorten: de huismus, gierzwaluw, gewone-, ruige- en kleine dwergvleermuis, laatvlieger en gewone grootoorvleermuis. Voor andere beschermde soorten geldt de reguliere ontheffingsprocedure. Werkzaamheden mogen alleen plaatsvinden als de gunstige staat van instandhouding van deze soorten niet in het geding is. Er moet altijd een Ecologische check (quickscan) en een Ecologisch werkprotocol opgesteld en goedgekeurd worden door de gemeente voorafgaand aan de werkzaamheden. Hieronder volgen mogelijke ecologische effecten en mogelijke maatregelen die van toepassing kunnen zijn op verschillende technieken.

Mogelijke ecologische effecten

- Verstoring, beschadiging of verlies van nest- en verblijfplaatsen door boren, leidingdoorvoer of isolatiewerkzaamheden (met name bij spouw en dak).
- Verstoring van rust door geluid/trillingen van de warmtepomp, met name bij vleermuizen.
- Verstoring van vliegroutes door plaatsing van buitenunits of leidingen.
- In het geval van warmtenetten: kans op verstoring van foerageergebieden door graafwerkzaamheden, verlichting of verwijdering van groen bij aanleg.

- Positief: bij juiste uitvoering kunnen extra verblijfplaatsen worden gerealiseerd, wat de populatie ten goede komt.
- Positief bij warmtenetten: bij natuurinclusieve uitvoering kan het aanbod aan verblijfplaatsen en de kwaliteit van het leefgebied juist toenemen.

Mogelijke maatregelen

Tijdens de werkzaamheden dient er buiten kwetsbare periodes (broedseizoen en kraam- en zomer- en winterverblijf) gewerkt te worden. Verblijfsplaatsen moeten worden behouden of gecompenseerd. Beperken van verstoring door geluids- en trillingsbronnen van warmtepompen zodanig plaatsen dat ze geen verstoring veroorzaken bij verblijfplaatsen van beschermde soorten. Beperken van lichtverstoring door het voorkomen van extra verlichting bij installatie die vliegroutes of verblijfplaatsen van vleermuizen kan verstoren. Beheren van groen door groenstructuren (struiken, bomen) te behouden of te compenseren, omdat deze belangrijk zijn als foerageergebied en dekking. Bij een gefaseerde uitvoering bij grootschalige projecten wordt ervoor gezorgd dat door fasen nooit meer dan 10% van het aanbod aan verblijfplaatsen in een deelgebied tegelijk wordt aangetast. Na de werkzaamheden wordt verwacht dat de effecten en de effectiviteit van de maatregelen worden gemonitord en aan de gemeente worden gerapporteerd.

Samenvattend

In het volgende hoofdstuk gaan we met behulp van een MCA met de weging van bewoners de warmteoplossingen wegen om tot een voorkeursscenario te komen. In dit hoofdstuk hebben we de eigenschappen van de warmteoplossingen bekeken. Deze informatie nemen we mee om de bewoners te informeren en hun MCA uitslag kracht bij te zetten. Hier kunnen we het volgende over samenvatten en concluderen.

MT- en LT-warmtenetten scoren het hoogst op nationale kosten. Ze vragen ook veel ruimte in de ondergrond, zorgen voor hoge netbelasting en er zijn onvoldoende natuurlijke bronnen beschikbaar. Dit maakt ze kostbaar en ruimtelijk ingrijpend. Ontwikkeling van nieuwe bronnen voor MT- en LT-warmtenetten is complex, ruimtelijk ingrijpend en kostbaar, wat deze opties in de Udenhoutse context weinig realistisch maakt. Op basis hiervan vallen de MT- en LT-warmtenetten feitelijk af.

Individuele oplossingen zoals de luchtwarmtepomp en hybride warmtepomp hebben minder impact op de openbare ruimte en vragen minimale ondergrondse ruimte dan collectieve oplossingen. Koeling is (passief of actief) vaak mogelijk. Daar staat tegenover dat zij sterk bijdragen aan netcongestie en geen mogelijkheid bieden voor seizoensopslag. Dit wil zeggen dat de oplossingen passend zijn, mits het

elektriciteitsnet het toelaat en de inpasbaarheid binnen de specifieke woning gerealiseerd kan worden.

ZLT-warmtenetten (individueel en collectief) en bodemwarmtepompen vragen vaak grotere woningaanpassingen. Daarintegen is er betere bronbeschikbaarheid en relatief minder impact op de openbare ruimte. Ook functioneert de bodem als het ware een seizoensopslag. De varianten scoren gunstig op netbelasting. Overal sluiten deze oplossingen goed aan bij de ruimtelijke en energetische randvoorwaarden van Udenhout.

De grootste knelpunten voor de selectie van warmteoplossingen zitten in:

- **hoge investerings- en nationale kosten** bij grootschalige warmtenetten;
- **ruimtelijke impact** en **ondergrondse ruimtebeslag**, vooral bij collectieve systemen;
- **netcongestie**, vooral bij minder efficiënte of minder flexibele oplossingen;
- **ZLT- en LT-bronbeschikbaarheid**, dus opwaardering met warmtepompen nodig bij de collectieve oplossingen;
- **uitdaging in seizoensopslag** bij veel individuele systemen.



5 | Multicriteria-analyse en beoordelingsmatrix

Bepalen van het voorkeursscenario

5. Multicriteria-analyse en beoordelingsmatrix

In dit hoofdstuk staat hoe alle scenario's voor warmteoplossingen zijn beoordeeld via een multicriteria-analyse (MCA). Hierin staat welke criteria zijn gebruikt, hoe deze zijn gewogen en hoe elke oplossing scoort op onder andere kosten, CO₂, ruimtebeslag, flexibiliteit en netimpact. De MCA vormt de vertaalslag van de analyses uit eerdere hoofdstukken naar een onderbouwde keuze voor het voorkeursscenario dat wordt uitgewerkt in hoofdstuk 6. De volgende alinea's komen aan bod in dit hoofdstuk:

- 5.1 Toelichting op beoordelingscriteria en wegingsfactoren
- 5.2 Resultaten van de MCA: beoordelingsmatrix
- 5.3 Gekozen voorkeursscenario



5.1 Toelichting op beoordelingscriteria en wegingsfactoren

Gekozen criteria

Voor het vergelijken van de verschillende warmteoplossingen is gewerkt met een brede set aan beoordelingscriteria. In totaal zijn vijftien criteria samen met de bewonersgroep besproken en gerangschikt op belangrijkheid. Op basis hiervan zijn tien criteria en hun weging geselecteerd om de warmteoplossingen inhoudelijk en gedetailleerd te beoordelen. In Bijlage 5 – Toelichting van de scores van de multicriteria-analyse staat de toelichting van de score gegeven door de meedenkgroep. Vijf criteria zijn afgefallen, omdat deze door bewoners als minst belangrijk zijn beoordeeld: koeling, zicht, bovengrondse ruimte, milieu-impact van materialen en ondergrondse ruimte. Deze criteria zijn daarom niet meegenomen in de verdere detailbeoordeling. Tegelijkertijd is geborgd dat essentiële randvoorwaarden en technische aandachtspunten voor de verschillende warmteoplossingen wel zijn meegenomen. Deze zijn uitgewerkt in hoofdstuk 5 en 6, zodat een zorgvuldige en goed onderbouwde afweging tussen de warmteoplossingen mogelijk blijft.

Extra variant bodemwarmtepomp

De variant 4a bodemwarmtepomp – klein collectief valt af omdat het systeem in Udenhout minder voordelen biedt door de dieptebeperking in

de bodem van 62 meter. Daardoor werkt het principe “klein collectief” niet. Er ontstaan beheer- en eigendomsuitdagingen voor particuliere eigenaren, terwijl er geen technisch voordeel tegenover staat. Variant 4c bodemwarmtepomp – individueel (collectief georganiseerd) biedt dezelfde financiële voordelen, maar is wél haalbaar. Hierbij krijgt iedere woningeigenaar een eigen bodemwarmtepomp, waarbij de boringen gezamenlijk worden georganiseerd om financieel voordeel te behalen. Deze conclusie is getrokken na extra overleg met een fabrikant van dergelijke systemen (Itho Daalderop).

Door de dieptebeperking in Udenhout is het delen van de bodemlus vooral een organisatorisch vraagstuk en niet het technisch en fysiek delen van de bodemlus. Hoewel het technisch mogelijk is om bodemlussen te delen, verdwijnt het voordeel daarvan door de beperkte boordiepte van maximaal 62 m en de complexiteit rondom eigendom en beheer. Zonder dieptebeperking kan één bodemlus dieper worden geboord om voldoende capaciteit te leveren voor meerdere woningen, bijvoorbeeld 200–250 meter in plaats van 100–150 meter. In Udenhout is dit echter niet mogelijk en zijn zelfs voor één woning vaak meerdere bodemlussen nodig, ook bij rijwoningen. Hierdoor wegen de uitdagingen van gedeeld eigendom en beheer bij koopwoningen niet op tegen de mogelijke voordelen. De grootste winst zit daarom in het gezamenlijk plannen en uitvoeren van de boringen, waardoor de kosten per bron dalen, terwijl eigendom en beheer per woning overzichtelijk blijven.

5.2 Resultaten van de MCA: beoordelingsmatrix

Score	Toelichting
5	Zeer gunstig
4	Gunstig
3	Neutraal
2	Slecht
1	Zeer slecht

Aspect	Weegfactor	1. MT-warmtenet (60-70°C)	2. LT-warmtenet (30-50°C)	3a. ZLT-warmtenet (10-30°C) - individuele opwaardering	3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering	4a. Bodemwarme pomp - klein collectief	4b. Bodemwarmtepomp - individueel	4c. Bodemwarmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)	5. Individuele lucht warmtepomp	6. Individuele hybride warmtepomp
Kosten (eindgebruikerskosten 30 jaar)	5	1	2	2	3	5	2	4	5	4
Betrouwbaarheid (leveringszekerheid en veiligheid, effect bij uitval)	4	4	4	3	4	2	3	3	3	3
Energieverbruik en bijbehorende CO ₂ -uitstoot	3	2	4	4	4	5	5	5	4	1
Afhankelijkheid, keuzevrijheid en verantwoordelijkheid	3	2	2	3	2	3	4	3	4	4
Flexibiliteit moment van aansluiting en snelheid van realisatie	3	2	2	3	2	3	4	3	4	5
Invloed op elektriciteitsnet	2	3	5	5	4	5	5	5	1	2
Geluid	2	3	5	4	5	4	4	4	2	2
Lokale duurzame bron (warmte of elektrisch)	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Toekomstige warmtebronnen en warmtetechnieken	1	2	2	5	4	3	2	2	3	3
Ruimte in de woning	1	5	3	1	3	1	1	1	1	3
Score		63	80	81	85	93	87	91	88	81

Dit is het resultaat van de weging van de meedenk- en werkgroep en de scores op basis van de door DWA uitgevoerde scenariostudie. Dit is als het ware de vertaling van de wensen van de bewoners. De toelichting per score staat in bijlage 5. In deze tabel is te zien dat 4a bodemwarmtepomp klein collectief het beste scoort, maar valt af zoals op vorige pagina

toegelicht. Daarmee wordt variant 4c Bodemwarmtepomp - individueel (collectief georganiseerd) de best scorende variant. Van de collectieve varianten scoort 3b ZLT-warmtenet met collectieve opwaardering het beste. Daarna scoort 5 luchtwarmtepomp individueel het beste.

5.3 Resultaat MCA: Gekozen voorkeursscenario

Het resultaat van de Multicriteria-analyse (MCA) is het voorkeursscenario voor Udenhout met een combinatie van individuele en collectieve oplossingen. Dit voorkeursscenario is vastgesteld op basis van de MCA-resultaten in combinatie met aanvullende inhoudelijke inzichten uit de analyse. De inzichten laten zien dat verschillen in bebouwing, ruimtelijke opzet en technische randvoorwaarden bepalend zijn voor de geschiktheid van verschillende warmteoplossingen.

Het voorkeursscenario omvat:

- 3b. ZLT warmtenet (10–30°C) – collectieve opwaardering
- 4c. bodemwarmtepomp – individueel (collectief georganiseerd)
- 5. luchtwarmtepomp – individueel

Voor de kern van Udenhout is gekeken of een collectieve oplossing toegevoegde waarde heeft naast individuele oplossingen. DWA en de gemeente achten het van meerwaarde om inwoners in de kern deze extra keuzemogelijkheid te bieden. Van de collectieve varianten scoort **3b. ZLT warmtenet (10–30°C) – collectieve opwaardering** het beste in de MCA. De bebouwde kom vormt een samenhangend gebied met verschillende, maar goed te clusteren bouwperiodes.

Een ZLT warmtenet bestaat uit een distributienet met een lage temperatuur,

waarbij de warmte per woning (of per cluster) met een warmtepomp wordt opgewaardeerd naar het temperatuurniveau dat past bij de woningeigenschappen van dat cluster. Het net zelf wordt één keer aangelegd en is in die zin niet flexibel aanpasbaar, maar het systeem als geheel biedt wél flexibiliteit doordat per cluster via wijkstations kan worden aangesloten op verschillende woningtypen en isolatieniveaus. Dit maakt deze oplossing geschikt voor de kern van Udenhout, waar sprake is van geclusterde bouwperiodes. De warmtebronnen bestaan uit een combinatie van bronnen uit de bronnenanalyse en een WKO-systeem.

Naast de kern heeft Udenhout ook een buitengebied. Voor dit gebied zijn de leidingen van collectieve oplossingen die gekoppeld is aan een warmtenet in de kern erg kostbaar. In het buitengebied is in veel gevallen voldoende ruimte beschikbaar voor bodemoplossingen. Op basis van de MCA komt **4c. bodemwarmtepomp – individueel (collectief georganiseerd)** hier als passende optie naar voren. Door de aanleg van de bodemlussen gezamenlijk te organiseren, kunnen de kosten per bron worden verlaagd. De analyse laat zien dat deze optie op basis van totale kosten over de levensduur (TCO) vergelijkbaar scoort met de individuele luchtwarmtepomp voor een gemiddelde woning in Udenhout, maar beter presteert op andere criteria, zoals geluid, efficiëntie en de impact op het elektriciteitsnet.

Voor woningen die buiten de collectieve optie vallen, en voor bewoners die de voorkeur geven aan een individuele oplossing, bekijken we de **5. luchtwarmtepomp – individueel**.

Op basis van de resultaten van de MCA wordt in het volgende hoofdstuk de warmteoplossingen van dit voorkeursscenario verder uitgewerkt voor de voorbeeldwoningen.



6 | Uitwerking voorkeursscenario

Per voorbeeldwoning

6. Uitwerking voorkeursscenario

In dit hoofdstuk staat de uitwerking van dit gekozen voorkeursscenario voor Udenhout. Hierin staat welke warmteoplossingen waar toegepast kunnen worden, welke maatregelen per voorbeeldwoning hiervoor nodig zijn en welke kosten, subsidies en technische randvoorwaarden daarbij horen. Ook staat hierin welke gevoeligheden optreden bij andere energieprijzen. De resultaten zijn een momentopname van de huidige kennis en op basis van dit onderzoek. We laten de resultaten zien van de meest voorkomende voorbeeldwoning, de geschakelde woning gebouwd tussen 1975 en 2005. De uitleg over de maatregelen en berekeningen is voor alle voorbeeldwoningen hetzelfde. Alleen de getallen verschillen per voorbeeldwoning. Om herhaling te voorkomen hebben we daarom één keer toegelicht. De uitwerkingen van de bewonerskosten per voorbeeldwoning staan in bijlage 6. In dit hoofdstuk staan de volgende alinea's:

- 6.1 Systeembeschrijving voorkeursscenario
- 6.2 Technische uitwerking voorbeeldwoningen (maatregelenpakketten)
- 6.3 Financiële uitwerking: businesscase, bewonerskosten en gevoeligheidsanalyse
- 6.4 Randvoorwaarden en haalbaarheid
- 6.5 Subsidiemogelijkheden en financiering



6.1 Systeembeschrijving richtinggevend voorkeursscenario

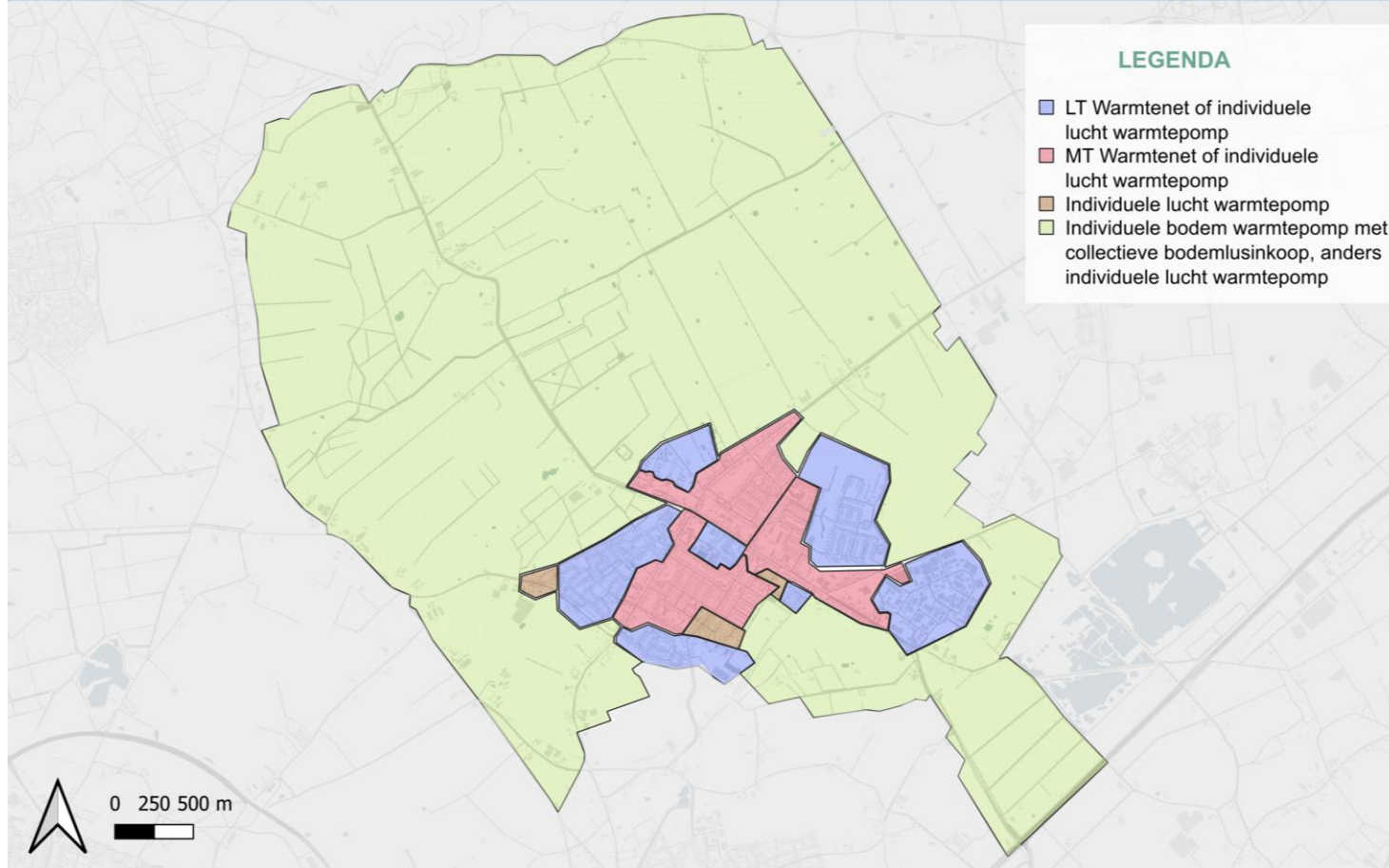
Het voorkeursscenario is een combinatie van verschillende technieken, verdeeld op basis van de best beschikbare techniek voor ieder voorbeeldwoning. Hiermee is een vlekkenkaart opgesteld, waarop (grofweg) te zien is welke technieken waar toegepast kunnen worden. Op de kaart is te zien dat voor het buitengebied individuele oplossingen de voorkeur krijgen.

Uit de MCA blijkt dat de collectieve ZLT-warmtenet-variant het beste aansluit bij de kenmerken van het dorpshart van Udenhout, zowel qua kosten, netbelasting als ruimtelijke inpassing. Daarom is een ZLT-warmtenet daar een kansrijke optie. Tegelijkertijd blijft een individuele luchtwarmtepomp voor alle woningen — ook binnen het dorpshart — een volwaardige en toepasbare alternatief voor bewoners die liever individueel verduurzamen. Voor een ZLT-warmtenet geldt dat het lokaal opgewaardeerd wordt met wijkcentrales naar een LT-warmtenet (50 graden) en een MT-warmtenet (70 graden). Op die manier kan de temperatuur waarmee de warmte aan de woningen wordt geleverd verschillen per cluster, zodat het temperatuurniveau bij de behoefte van de woningen past. Voor het centrum van Udenhout krijgt een ZLT-warmtenet de voorkeur, met warmtecentrales per cluster. Op die manier kan de temperatuur waarmee de warmte aan de woningen wordt geleverd verschillen per cluster, zodat het temperatuurniveau bij de behoefte van de

woningen past. Dit warmtenet kan gevoed worden vanuit de restwarmte- en aquathermiebronnen (rioolwater en looswater van de RWZI) die in hoofdstuk 3.2 als kansrijk zijn aangewezen, in combinatie met warmte uit omgevingswarmte en eventueel bodemwarmte.

Voor sommige delen van het centrum, bij de vrijstaande woningen, wordt een individuele oplossing voorzien. De afstand tussen woningen is hier te groot om een warmtenetaansluiting financieel aantrekkelijk te maken. In een vervolgonderzoek voor het warmtenet wordt in meer detail gekeken naar welke woningen geschikt zijn voor de oplossing. Het zou kunnen dat er vrijstaande woningen aan de backbone liggen, waardoor deze toch aangesloten kunnen worden.

Het alternatief van een individuele luchtwarmtepomp is vaak mogelijk. Deze scoorde goed in de MCA op het kosten aspect (TCO), maar brengt ook uitdagingen met betrekking tot netcongestie en ruimte in de woning.



Oplossing

Aantal woningen (totaal 3.330)

3b. ZLT: collectief opgewaardeerd naar LT	Circa 1.670, 7 clusters
3b. ZLT: collectief opgewaardeerd naar MT	Circa 1.450, 3 clusters
5. Individuele luchtwarmtepomp	Circa 80
4c. Individuele bodemwarmtepomp (collectief georganiseerd)	Circa 130

6.2 Technische uitwerking voorbeeldwoningen (maatregelenpakketten)

Maatregelenpakket per techniek en woningtype

Voor iedere combinatie van techniek en voorbeeldwoning is een maatregelenpakket vastgesteld dat nodig is om de woning op het gewenste temperatuurniveau te kunnen verwarmen. In totaal zijn er drie pakketten te onderscheiden: de huidige situatie, isolatiepakket middentemperatuur (70°C) verwarming en isolatiepakket lage temperatuur (50°C). Bij isolatiepakket lage temperatuur (50°C) wordt meer geïsoleerd, waardoor deze geschikt is voor verwarming met lagere temperatuur. Welk pakket vereist is, hangt af van de techniek.

- 1 Buitenluchtwarmtepomp, individueel: isolatiepakket lage temperatuur (50°C)
- 2 Bodemwarmtepomp individueel (collectief georganiseerd): isolatiepakket lage temperatuur (50°C)
- 3 ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering, LT-cluster: isolatiepakket lage temperatuur (50°C)
- 4 ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering, MT-cluster: isolatiepakket middentemperatuur (70°C)

De technieken onder het pakket '70°C' kunnen ook met het pakket '50°C'. In de berekening gaan we uit van het pakket '70°C'.

Hoe de pakketten tot stand zijn gekomen

Deze pakketten zijn vastgesteld op basis van analyse van Udenhout, het Bouwbesluit geldend bij het bouwjaar en kennis en ervaring van DWA. In de resultaten laten we de verschillende posten binnen de maatregelen zien (bijvoorbeeld kosten voor glas en voor spouwmuurisolatie), zodat bewoners kunnen 'wegstrepen' welke maatregelen al zijn uitgevoerd. Voor de pakketten zie bijlage 2 van de uitgangspuntennotitie (bijlage 4).

Toelichting van de pakketten

De voorbeeldwoningen laten zien wat er gemiddeld mogelijk is binnen dit woningtype. Deze pakketten gaan uit van een vaste startsituatie: de woning wordt beschouwd zoals die oorspronkelijk is gebouwd volgens het Bouwbesluit van de betreffende bouwperiode (met bijvoorbeeld het toen geldende isolatieniveau), maar dan wel altijd met dubbel glas. Inwoners kunnen hiervan afwijken, omdat de feitelijke staat van een woning verschilt door eerdere isolatiemaatregelen, verbouwingen of onderhoud. Daardoor kunnen de beoogde maatregelen en kosten per woning anders uitvallen. Op pagina 57 en 58 staan visualisaties van de pakketten. Op de volgende pagina's een toelichting van de pakketten die zijn doorgerekend.

Afgiftesysteem

In het isolatiepakket lage temperatuur (50°C) hebben wij LT-convectoren in plaats van radiatoren opgenomen. Dit zijn varianten op radiatoren die geschikt zijn voor verwarming op lage temperatuur, omdat ze de warme lucht actief de ruimte in blazen. Hoewel vloerverwarming of behoud van de huidige radiatoren soms ook mogelijk is, is het onzeker of bestaande radiatoren voldoende warmte leveren bij 50°C. Daarnaast is het aanleggen van vloerverwarming ingrijpend door hoge kosten en veel aanpassingen. LT-convectoren vormen daarom de gekozen middenweg: ze geven aan dat aanpassing van het afgiftesysteem nodig is, ze passen beter in bestaande bouw doordat ze vaak op dezelfde plek en op de bestaande leidingen aangesloten kunnen worden. Daarom hebben wij deze keuze gemaakt

Als een bewoner het comfort van vloerverwarming wil, toch al een verbouwing op de planning heeft staan, of goed wil kunnen koelen, kan voor vloerverwarming gekozen worden.

Voor verwarming met het isolatiepakket middentemperatuur (70°C) kan het nodig zijn om sommige radiatoren te vervangen voor een groter type, radiator type 33. Die hebben meer afgifteoppervlak en zorgen ervoor dat de woning comfortabel warm wordt op middentemperatuur.

In sommige woningen is dit echter niet nodig, vooral wanneer al voldoende bouwkundige isolatiemaatregelen zijn getroffen. In woningen uit de jaren '90–2000, die vaak al redelijk geïsoleerd zijn en waar verdere bouwkundige verbetering ingewikkeld kunnen zijn, kan het beter inpasbaar zijn om juist wel het afgiftesysteem aan te passen.

Isolatie

In de pakketten nemen wij relevante isolatiemaatregelen op die passen bij temperatuur van de warmtetechniek en het bouwjaar: gevelisolatie, dakisolatie, vloerisolatie, kierdichting en glasvervanging. De **keuze voor de isolatiematerialen** hangt af van beschikbare ruimte, budget, persoonlijke voorkeur, beschikbaarheid en duurzaamheid. Biobased isolatiematerialen zijn duurzaam, maar in bestaande spouwmuren met mogelijke vochtproblemen niet altijd geschikt vanwege hun vochtopnemend vermogen.

We gaan ervan uit dat woningen momenteel al dubbel glas hebben. Als er toch enkel glas aanwezig is, adviseren wij altijd **HR++-glas** toe te passen in de bestaande kozijnen. Mocht het kozijn ook aan vervanging toe zijn, dan adviseren we **triple glas met geïsoleerde kozijnen**. In de berekeningen gaan we hier niet van uit.

De toepasbaarheid van **vloerisolatie** hangt af van de bereikbaarheid van de kruipruimte. Bij sommige woningen is de kruipruimte slechts deels toegankelijk, bijvoorbeeld met een betonnen vloer in de gang en een houten vloer in de woonkamer. In zulke gevallen kunnen extra kosten ontstaan om de kruipruimte bereikbaar te maken of om alternatieve isolatie toe te passen.

Wanneer de zolder/bovenste verdieping wordt bewoond of verwarmd, levert **dakisolatie** merkbaar meer comfort op en verlaagt het energieverbruik. Wordt deze ruimte nauwelijks gebruikt of niet verwarmd, dan is isolatie minder urgent. In de maatregelenpakketten voor Udenhout is dakisolatie opgenomen in het laagtemperatuurpakket (50°C), omdat goede isolatie daar essentieel is om het systeem efficiënt te laten werken.

Ventilatie

Goede ventilatie is belangrijk om een gezond binnenklimaat te behouden en vochtproblemen te voorkomen, vooral wanneer woningen beter geïsoleerd worden. Daarom nemen wij ventilatiemaatregelen gericht op luchtkwaliteit en comfort op in de pakketten. Of ventilatiemaatregelen energiebesparing oplevert, hangt af van de huidige staat, het gebruiksgedrag en het gekozen systeem. In de praktijk zien we dat ventilatie vaak niet wordt aangepast bij verduurzaming.

Welke ventilatieoplossing het beste gekozen kan worden is maatwerk per woning in verband met gewenste investeringen, comfortniveau en de mogelijkheden om doorvoeren/kanalen logisch in huis te plaatsen.

Appartementen

Bij appartementen geldt dat een deel van de maatregelen niet individueel uitgevoerd kan worden. Denk hierbij aan het aanpassen van gemeenschappelijke ventilatiekanalen, het isoleren van de buitenschil van het complex of het vervangen van collectieve installaties. Voor dit soort ingrepen is altijd afstemming met medebewoners en gezamenlijke besluitvorming via de VvE noodzakelijk. De maatregelenpakketten in dit document gaan uit van de maatregelen op het niveau van het individuele appartement. De exacte maatregelen die voor het gehele gebouw of complex nodig zijn, zijn altijd maatwerk.

Visualisatie van de maatregelenpakketten

De maatregelenpakketten geven een helder overzicht van wat er gemiddeld

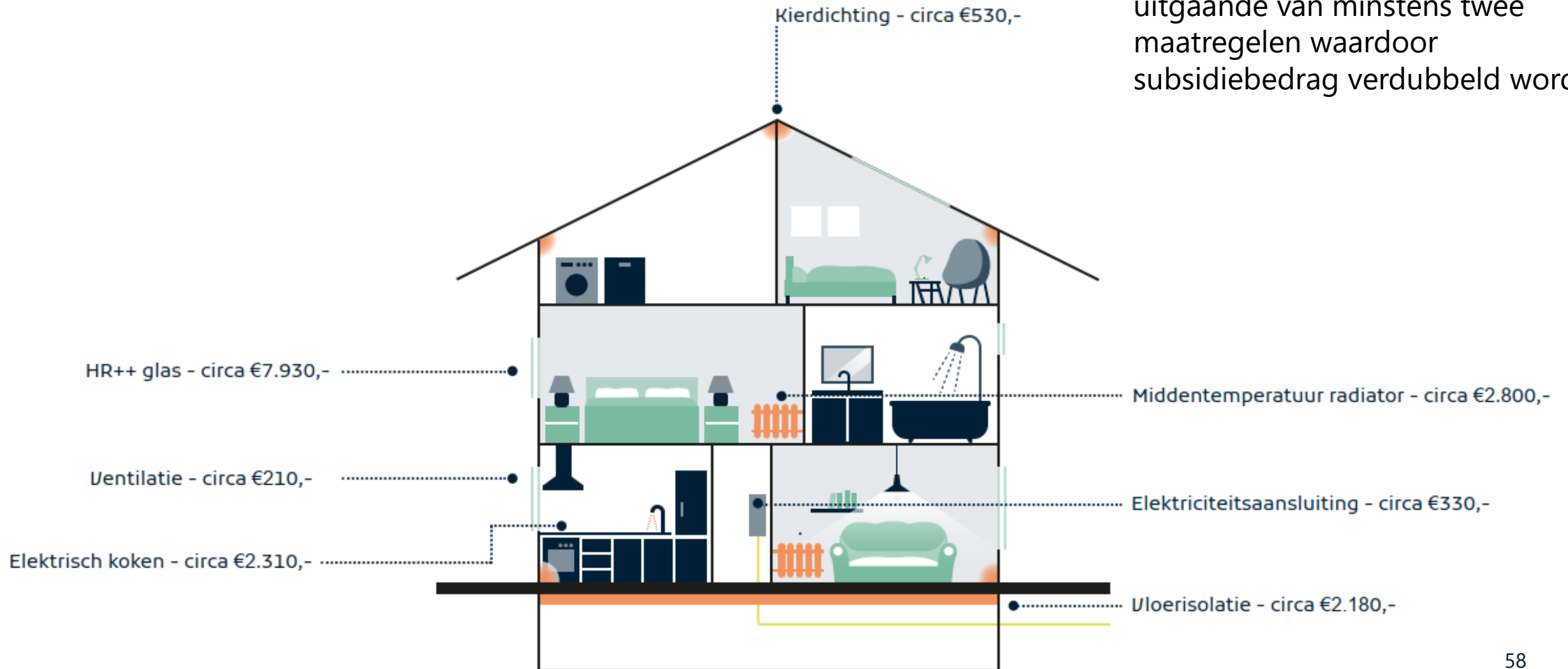
nodig is om woningen geschikt te maken voor de verschillende warmteoplossingen. Voor warmtepompen worden de maatregelen uit het isolatiepakket 50°C toegepast, omdat deze technieken werken met lage temperatuurverwarming. Voor warmtenetten op middentemperatuur hoort het isolatiepakket middentemperatuur (70°C), inclusief waar nodig de vervanging van radiatoren door een groter type. Deze pakketten zijn gebaseerd op voorbeeldwoningen en laten zien wat er technisch en praktisch meestal nodig is binnen dit woningtype. In de praktijk wijkt iedere woning echter af in staat, indeling en eerder uitgevoerde maatregelen. Daarom blijft de uiteindelijke toepassing van de pakketten altijd maatwerk: per woning moet worden bepaald welke maatregelen precies nodig zijn voor een goed functionerende, comfortabele en toekomstbestendige warmteoplossing.

Op de volgende twee pagina's zijn de maatregelenpakketten visueel weergegeven. Ze laten in één oogopslag zien welke maatregelen horen bij het isolatiepakket lage temperatuur (50°C) en het isolatiepakket middentemperatuur (70°C), en welke kosten hiermee gemiddeld samenhangen. De weergegeven bedragen zijn gebaseerd op de uitgangspunten uit de kostentabellen in de uitgangspuntennotitie en vormen een realistische inschatting op basis van marktgemiddelden. In deze bedragen is, waar van toepassing, de ISDE-subsidie al verrekend. De visuals geven daarmee een toegankelijk beeld van de typische maatregelen én de bijbehorende orde-grootte van de kosten.

DWA/A Geschakelde woning 1975 - 2005

- 3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering, MT-cluster

ISOLATIEPAKKET MT

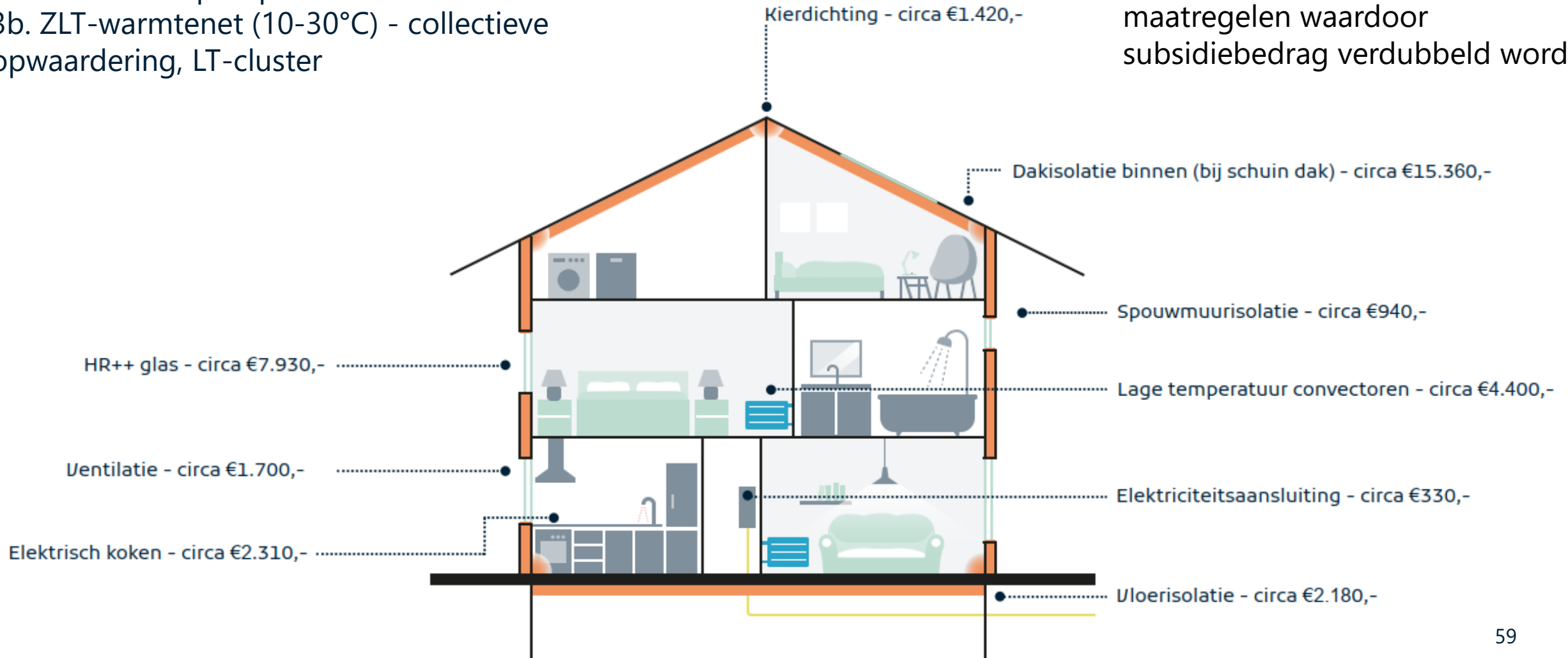


Totaal € 16.290,-
Inclusief landelijke subsidies,
uitgaande van minstens twee
maatregelen waardoor
subsidiebedrag verdubbeld wordt.

DWA/A Geschakelde woning 1975 - 2005

- 4c. Bodemwarmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)
- 5. Luchtwarmtepomp – individueel
- 3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering, LT-cluster

ISOLATIEPAKKET LT



Totaal € 36.570,-
Inclusief landelijke subsidies,
uitgaande van minstens twee
maatregelen waardoor
subsidiebedrag verdubbeld wordt.

Maatregelen bij afwijking van voorbeeldwoningen

Niet alle woningen in Udenhout vallen binnen de gekozen voorbeeldwoningen. Toch kunnen ook eigenaren van deze woningen aan de hand van de informatie in dit rapport al een beeld vormen van de voorwaarden en gevolgen van de verschillende technieken voor hun woning.

- De werking van de techniek blijft in alle gevallen gelijk, ongeacht het type woning waarin deze wordt toegepast. Dit betekent dat de onderliggende principes en mechanismen altijd hetzelfde blijven, waardoor deze beschrijving overgenomen kan worden.
- De praktische beperkingen, evenals de voor- en nadelen van de toegepaste techniek, blijven ongewijzigd en zijn toepasbaar op verschillende soorten woningen. Dit maakt het mogelijk om ervaringen en inzichten van een voorbeeldwoning toe te passen op een woning die buiten de voorbeeldwoningen valt.
- De isolatiepakketten geven een beeld van het benodigde isolatieniveau dat correspondeert met de gebruikte technieken. Dit inzicht is waardevol omdat het ook bruikbaar is voor andere typen woningen, er ontstaat een idee van het isolatieniveau dat behaald moet worden.

- De financiële uitkomsten kunnen moeilijk direct geïnterpreteerd worden voor afwijkende woningen die buiten de voorbeeldcategorieën vallen. In zulke gevallen kan het meest vergelijkbare woningvoorbeeld als richtlijn dienen om een redelijke inschatting van de kosten en baten te maken, wat helpt bij het nemen van gefundeerde beslissingen.
- Hoewel de technieken zelf constant zijn, kunnen de effecten binnen de woning verschillen. Dit hangt sterk af van het type woning, zoals de constructie, beschikbare ruimte en isolatiewaarde, waardoor er per woning specifieke aanpassingen en verwachtingen bestaan. Eigenaren kunnen op basis van de techniekbeschrijving zelf bepalen wat de praktische effecten van de techniek voor hun woning zijn.
- Net als voor de voorbeeldwoningen geldt dat er gerekend is met gemiddelde waarden. We rekenen dus naar gemene deler. Voor iedere woning zal in een latere fase specifiek onderzoek gedaan moeten worden om tot maatwerkadvies te komen.

6.3 Financiële uitwerking: businesscase, bewonerskosten en gevoeligheidsanalyse

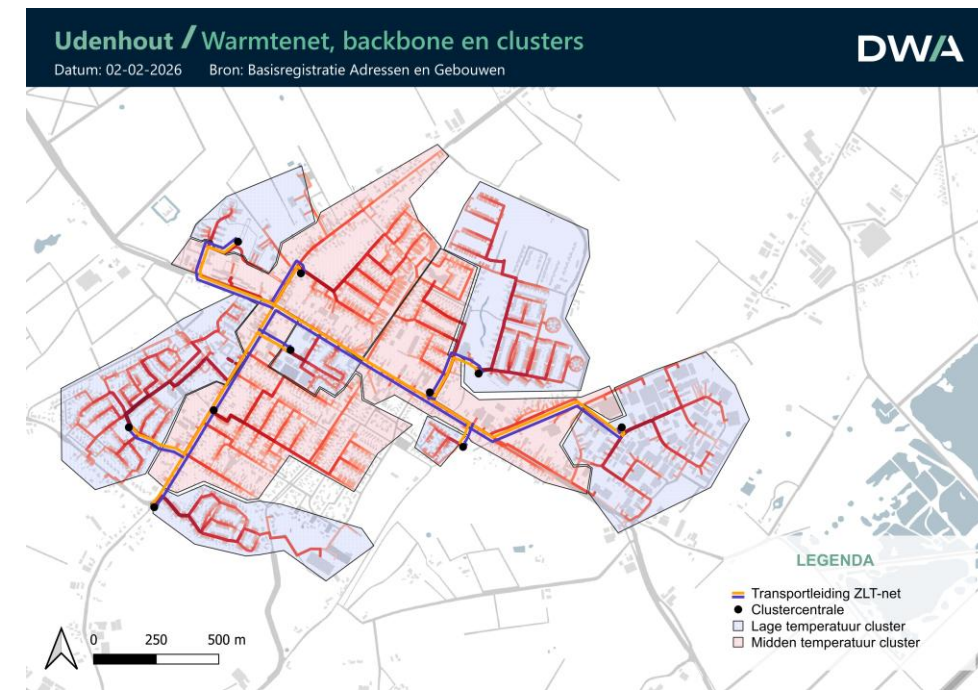
In deze paragraaf staat de financiële uitwerking van de indicatieve businesscase voor het ZLT-warmtenet (10-30°C) – collectieve opwaardering, de bewonerskosten voor de verschillende oplossingen in het voorkeurscenario en de gevoeligheidsanalyse. De manier van berekenen is voor alle voorbeeldwoningen hetzelfde. Om herhaling te voorkomen tonen we in dit hoofdstuk alleen de resultaten voor de meest voorkomende voorbeeldwoning, de geschakelde woning 1975-2005. De uitgewerkte kosten voor alle andere voorbeeldwoningen zijn te vinden in bijlage 6. Alle genoemde kosten zijn inclusief btw, subsidies worden daarin als losse post beschreven.

Indicatieve businesscase ZLT-warmtenet (MT-/LT-clustercentrales)

We houden in deze eerste berekening één BAK aan voor alle clusters, zodat alle woningen in Udenhout die meegenomen zijn hetzelfde betalen ongeacht de temperatuur in hun cluster. Uit de indicatieve businesscase komt een bijdrage aansluitkosten (BAK) die is gebruikt als input voor de bewonerskostenberekening die verderop wordt toegelicht. Er is gerekend met een aansluitpercentage van 80% en er is uitgegaan van een bron dichtbij het netwerk, bijvoorbeeld een combinatie van ZLT-/LT-bronnen die in 3.2 zijn beschreven. Meer uitgangspunten achter de businesscase-berekening zijn terug te vinden in hoofdstuk 2.6.1 van de uitgangspuntennotitie.

De belangrijkste uitkomsten van de indicatieve businesscase berekening zijn als volgt:

- BAK per woning: € 13.500,-;
- BAK niet-woningen: € 150,-/kW geleverde warmte;
- ACM maximum 2026 voor warmtetarief en vastrecht.

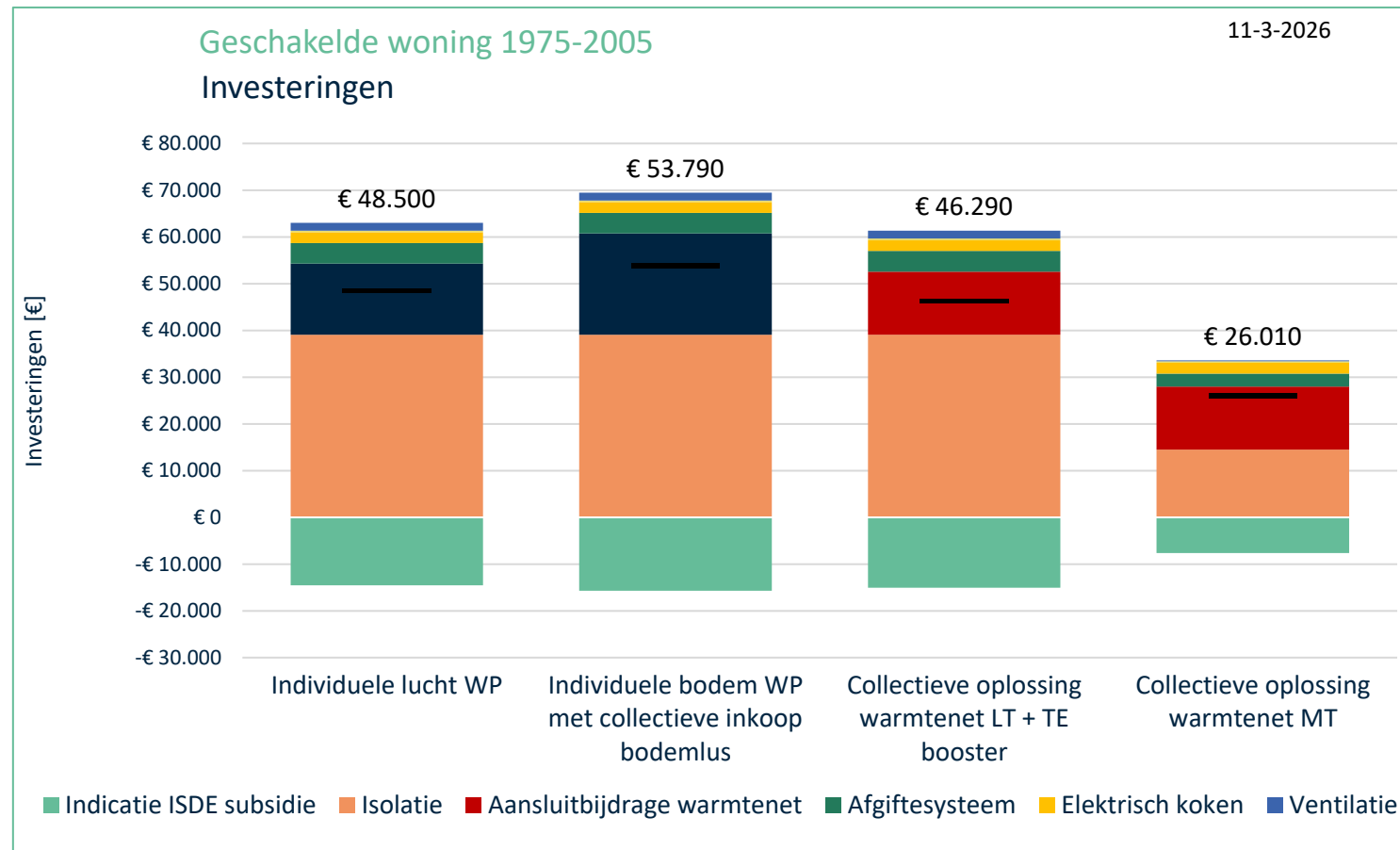


Bewonerskosten

Onderstaand worden de resultaten voor de bewonerskosten voor een woningeigenaar op woningwoningniveau besproken.

De eerste vraag is vaak 'Wat zijn de **investeringskosten**?'. In de grafiek rechts worden deze weergegeven voor de meest voorkomende voorbeeldwoning. Hierin zijn de kosten voor onder andere isolatie, installatie en warmteafgiftesystemen én landelijk beschikbare subsidies opgenomen.

Te zien is dat de investering voor aansluiten op een MT-warmtenet het laagst is. Uitgebreid isoleren, wat nodig is voor de andere opties, brengt meer kosten met zich mee. De investeringskosten van de individuele oplossingen zijn vrijwel gelijk, en zijn hoger dan die van beide collectieve oplossingen.



Totaalbedragen in de grafiek zijn de kosten minus de beschikbare landelijke subsidie, die als negatieve waarde wordt weergegeven.

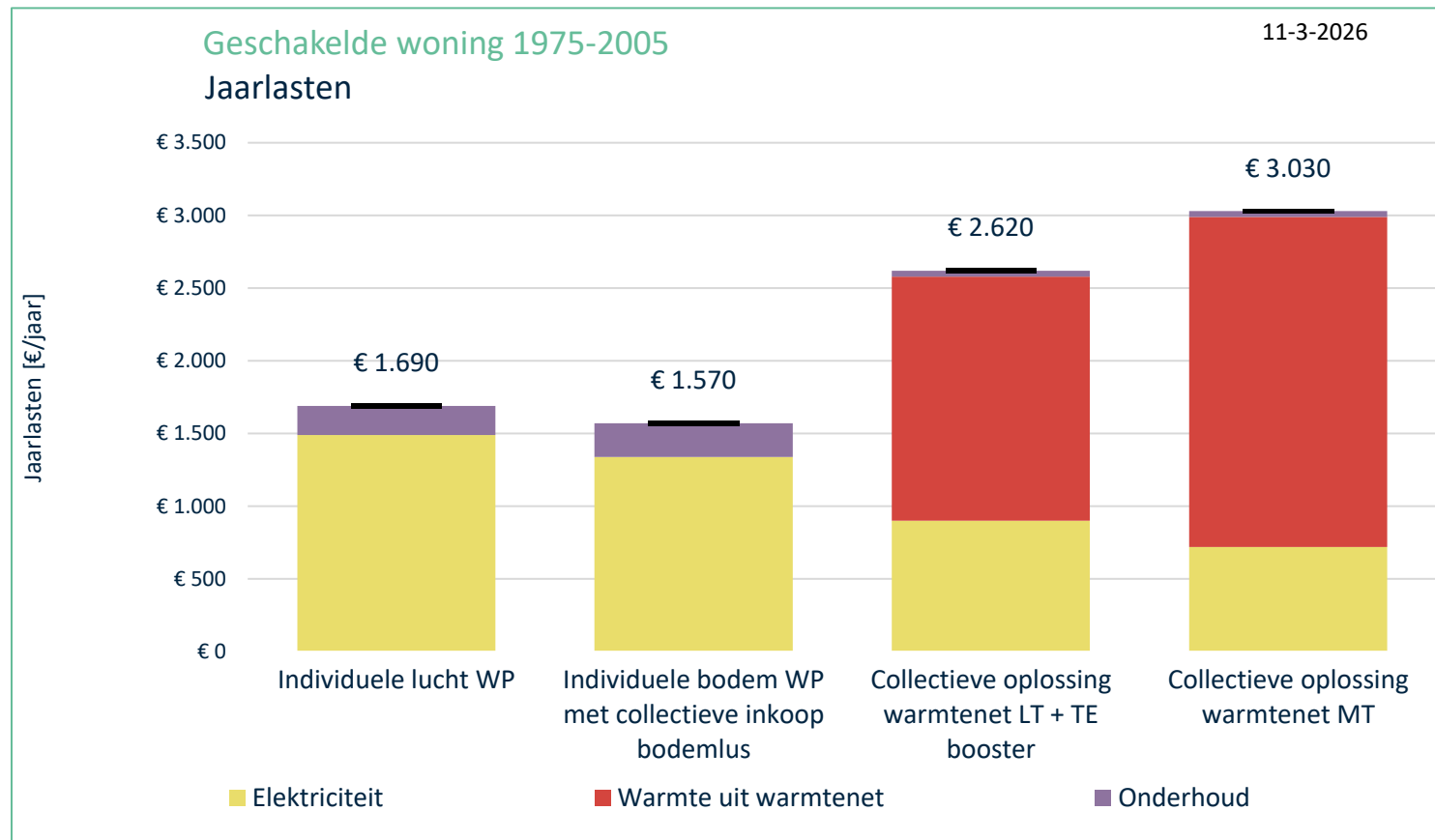
Naast verschillende investeringskosten brengen de oplossingen ook verschillende **jaarlasten** met zich mee. Voor particuliere eigenaren is dit belangrijk omdat ze hun investering willen terugverdienen, voor huurders omdat ze niet meer willen gaan betalen.

Uit de vergelijking blijkt dat de individuele oplossingen lagere jaarlasten hebben dan de collectieve oplossingen. De optie met een bodemwarmtepomp heeft de laagste jaarlasten.

De optie met een aansluiting op het MT warmtenet heeft de hoogste jaarlasten, door vaste kosten en doordat we uitgaan van slechter geïsoleerde woningen.

In de jaarlasten zitten verschillende onderdelen. Zie de tabel op de volgende pagina. De onderdelen zijn: een deel vaste kosten (vastrecht elektra en/of warmte), onderhoudskosten en een deel energiekosten. Op de energiekosten heeft de bewoner het meeste invloed, namelijk door energieverbruik te verminderen of verhogen.

In de jaarlasten zit ook het huishoudelijk energiegebruik en het vastrecht van elektra. Dit is voor alle oplossingen hetzelfde en geeft geen verschil tussen de oplossingen.

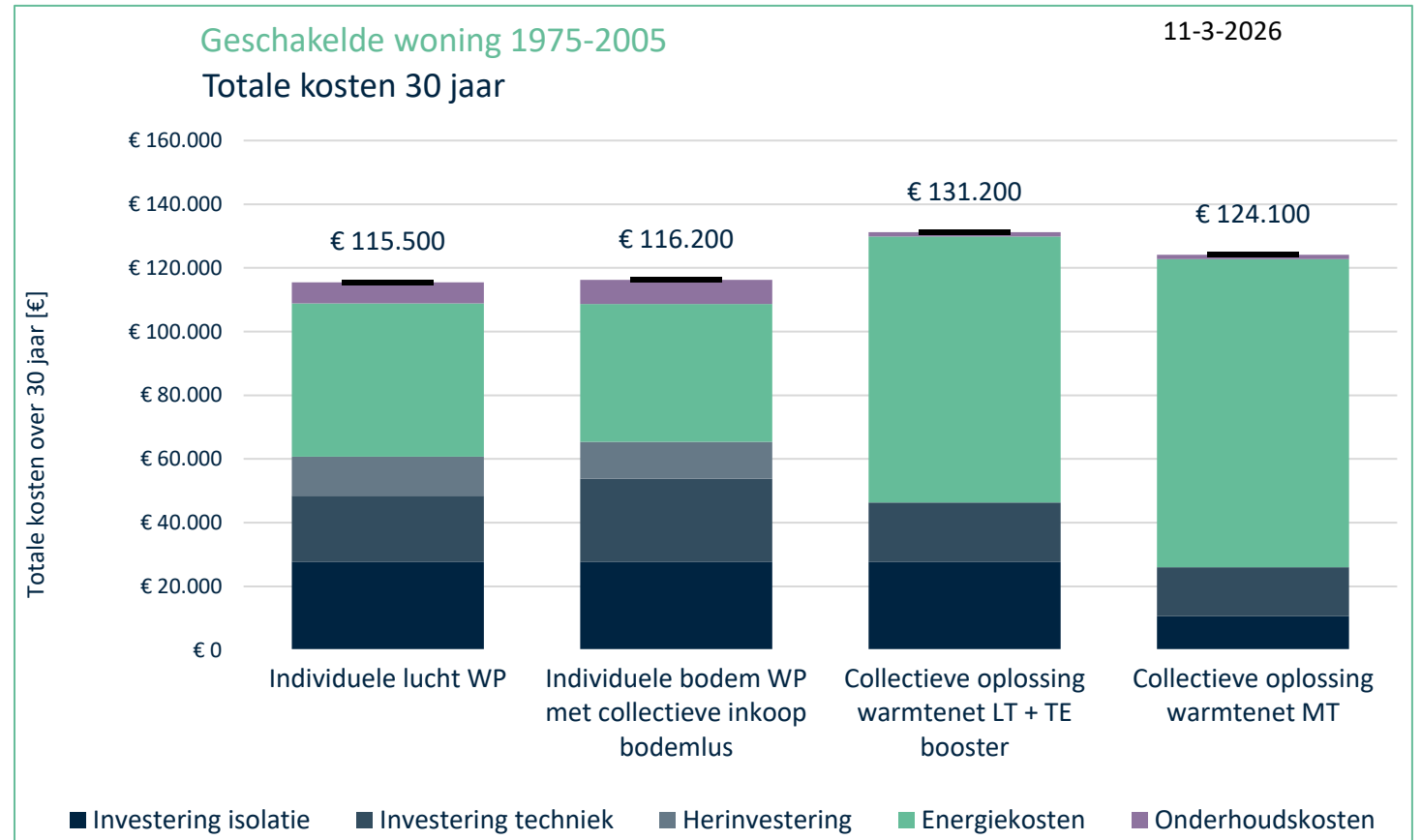


Kostenpost	Lucht WP	Bodemlus gedeeld	Warmtenet LT + TE booster	Warmtenet MT
Totale warmtekosten warmtenet	–	–	€ 1.680	€ 2.270
• Vaste kosten warmte	–	–	€ 530	€ 830
• Energiekosten warmte	–	–	€ 1.150	€ 1.440
Totale elektriciteitskosten	€ 1.490	€ 1.340	€ 900	€ 720
• Vaste kosten	€ 480	€ 480	€ 480	€ 480
• Variabel – verwarming/koken	€ 820	€ 660	€ 230	€ 50
• Variabel – huishoudelijk	€ 200	€ 200	€ 200	€ 200
Onderhoud	€ 200	€ 230	€ 40	€ 40
Totaal jaarlasten	€ 1.690	€ 1.570	€ 2.620	€ 3.030

Om de gecombineerde investeringskosten en jaarlasten in één oogopslag te kunnen vergelijken, gebruiken we de **TCO (total cost of ownership)**. Hierin wordt duidelijk wat de **kosten over een periode van dertig jaar** zijn. Hiermee wordt het voordeel van lagere jaarlasten duidelijk en of deze afwegen tegen een hogere investering vooraf. Ook het effect van o.a. inflatie zit hierin verwerkt, het is dus niet mogelijk om deze kosten simpelweg door dertig te delen.

In de resultaten zien we dat de totale kosten redelijk dicht bij elkaar uitkomen, waarbij de bodemwarmtepomp de laagste kosten heeft en de LT-warmtenetaansluiting de hoogste kosten heeft.

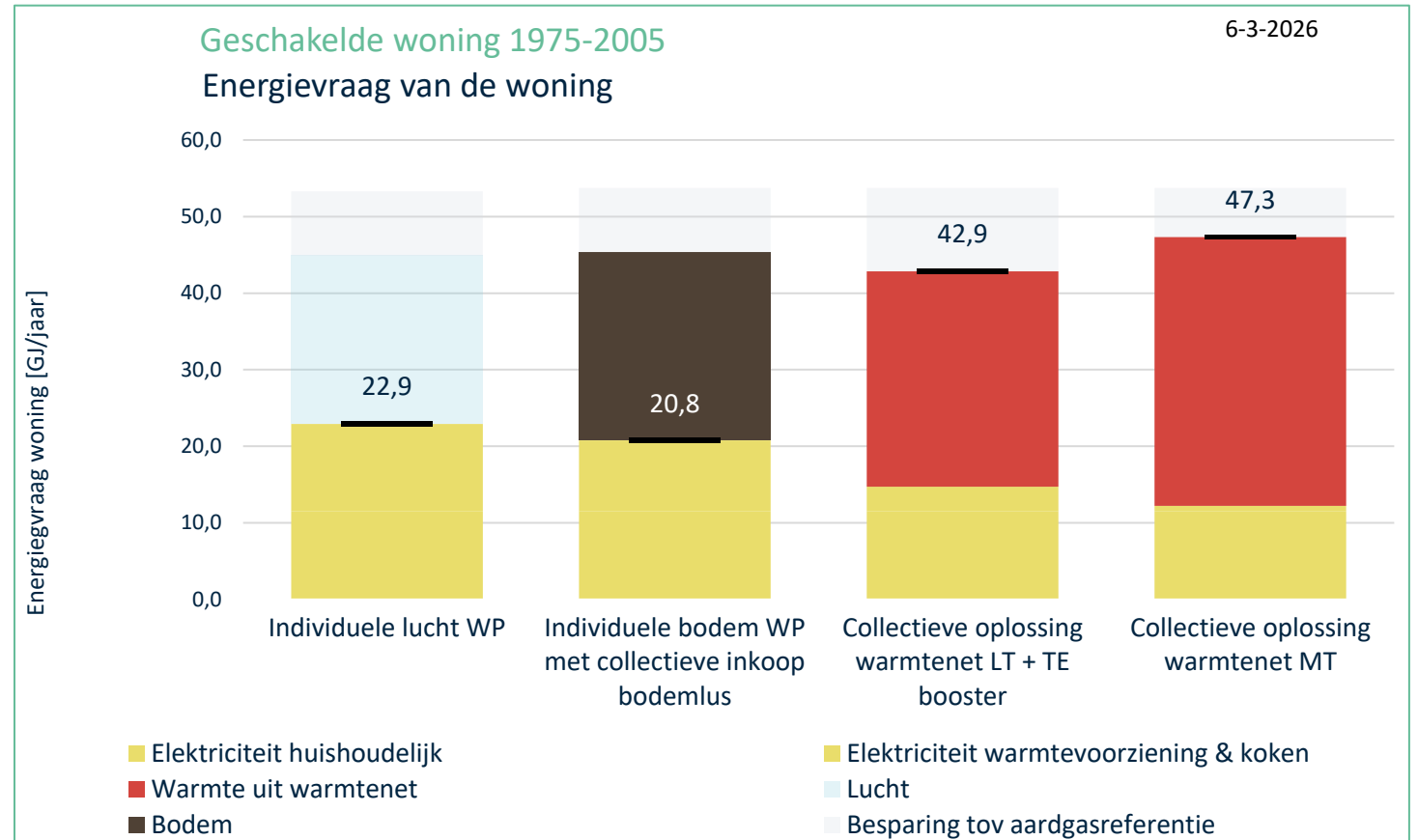
Bij het beoordelen van de resultaten is het belangrijk om rekening te houden met het feit dat niet alle woningtypen voor iedere warmteoplossing in aanmerking komen.



De grafiek hiernaast laat zien **hoeveel energie** iedere oplossing nodig heeft, en uit welke bronnen deze energie gehaald wordt. Het is belangrijk om te realiseren dat alleen elektriciteit en warmte uit het warmtenet kosten met zich meebrengen. Dan wordt het al snel duidelijk dat de warmtenet opties de hoogste energiekosten hebben, zoals ook te zien was in de voorgaande grafiek met jaarlasten.

Daarnaast brengen de oplossingen een verhoging van de lokale netbelasting met zich mee. Dit draagt bij aan de **netcongestie problematiek** die in Nederland speelt. De oplossingen die meer elektriciteit verbruiken, hebben een grotere netbelasting. In dit geval zijn dat de individuele oplossingen. De bodemwarmtepomp is efficiënter dan de luchtwarmtepomp, dus die veroorzaakt doorgaans minder netbelasting. Individuele woningen zijn aangesloten op het laagspanningsnet.

De warmtecentrales van de collectieve oplossingen hebben, om het benodigd vermogen te kunnen ontvangen, een directe aansluiting op het middenspanningsnet nodig. Dat betekent dat pieken ook direct op het middenspanningsnet terecht komen.



Uit eerdere berekeningen is gebleken dat de maximale piekbelasting vanuit warmtecentrales kleiner is dan de som van de pieken van individuele oplossingen. Daarnaast geeft een collectief systeem de mogelijkheid om grootschalig te bufferen, waardoor pieken verkleint en verplaatst kunnen worden. Een collectieve oplossing biedt dus meer mogelijkheden om piekbelasting van het net te voorkomen, en daarmee netcongestie tegen te gaan. Bij een individuele warmtepomp kan hierop beperkt worden ingespeeld door slim het voorraadvat te vullen.

Verschillende uitkomsten per voorbeeldwoning

In de volgende pagina's werken we de resultaten uit voor één voorbeeldwoning: de geschakelde woning uit 1975–2005. Dit voorbeeld is representatief voor een groot deel van Udenhout. De patronen die we laten zien voor energievraag, kosten en CO₂-uitstoot zijn vergelijkbaar voor andere voorbeeldwoningen; de absolute bedragen verschillen wel per voorbeeld. Zo hebben vrijstaande woningen of oudere woningen, vooral woningen van vóór 1974, gemiddeld meer isolatie nodig om op 50°C of 70°C goed te kunnen verwarmen.

De berekeningen zijn gebaseerd op de isolatiepakketten lage temperatuur (50°C) en middentemperatuur (70°C), en op de technische uitgangspunten uit de uitgangspuntennotitie, zoals de warmtevraagberekening, isolatieniveaus per bouwperiode, rendementswaarden van systemen en de financiële uitgangspunten uit de businesscase.

Voor collectieve oplossingen is in de kosten ook de BAK (bijdrage aansluitkosten) meegenomen. Deze BAK is bepaald met een 30-jarige businesscase waarin alle investeringen in het warmtenet, de centrale opwek, herinvesteringen, onderhoud en de warmtetarieven worden meegenomen. De vrijstaande woningen zijn daarbij bewust niet meegenomen: deze woningen liggen vaak verder uit elkaar, vereisen langere leidingen en hebben een hogere warmtevraag per aansluiting. Hierdoor zouden de kosten per

woning veel hoger uitvallen, wat zou leiden tot een onevenredige verhoging van de BAK voor alle aansluitende woningen.

Verschillende uitkomsten voor bedrijven

Voor bedrijfsgebouwen wordt een vergelijkbare systematiek toegepast, maar dan op basis van het benodigde warmtevermogen (€/kW) van elk gebouw. Kleinere bedrijfspanden in woongebouwen kunnen vaak dezelfde isolatieaanpak en bijbehorende kosten volgen als woningen, terwijl grotere bedrijfsgebouwen specifiek maatwerk vereisen.

Voor bedrijfsgebouwen wordt de BAK berekend op basis van het aansluitvermogen in plaats van per woning, met dezelfde tarieven van € 150,-/kW geleverde warmte. Omdat er geen openbare gegevens beschikbaar zijn over het warmte- en koudeverbruik van bedrijven, is hiervoor een inschatting gemaakt op basis van kentallen. Kleinere bedrijfspanden in woongebouwen kunnen vaak dezelfde isolatieaanpak volgen als woningen, terwijl grotere bedrijfsgebouwen maatwerk vereisen. Omdat bedrijfsprocessen van buitenaf lastig zijn in te schatten, zijn ze in beperkte mate meegenomen in de totale warmtevraag.

Gevoeligheidsanalyse

In de volgende pagina's worden de volgende gevoeligheidsanalyses beschreven:

- afwijkend energiegebruik bij individuele oplossing
- indexatie van alle energiekosten
- effect verlaagd warmtetarief op de BAK
- afzetgebied warmtenet: wat als het gebied met een warmtenet groter of kleiner wordt?

Gevoeligheidsanalyse: afwijkend energiegebruik bij individuele oplossing

In de berekening zijn we uitgegaan van een bepaald energiegebruik. Deze tekstuele analyse besteedt aandacht aan wat er gebeurt als een bewoner meer of minder energie gebruikt bij een individuele oplossing.

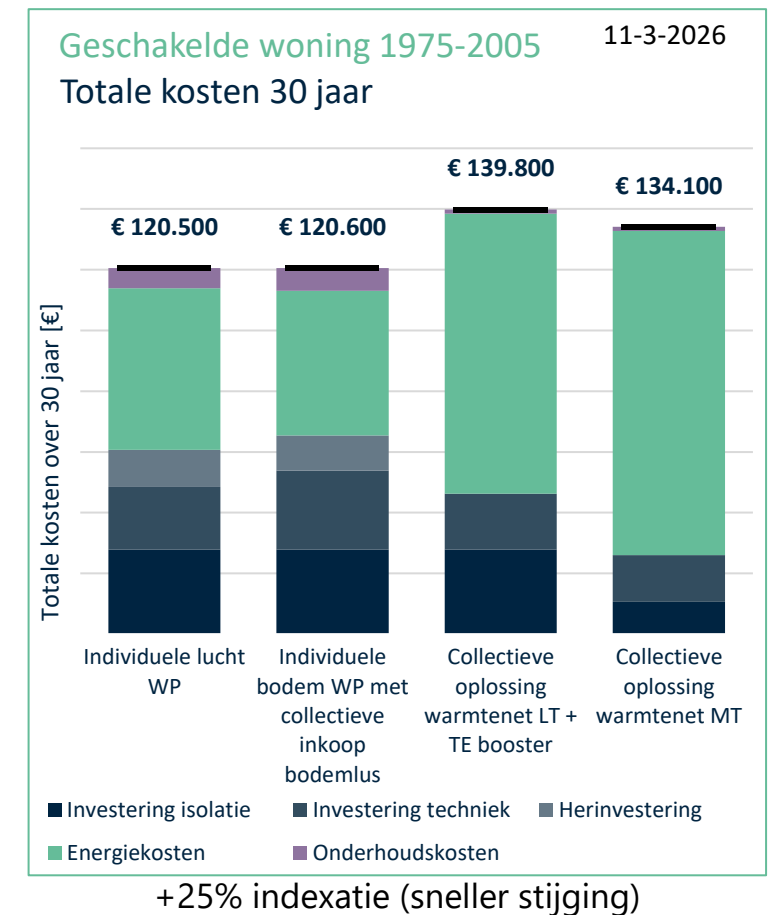
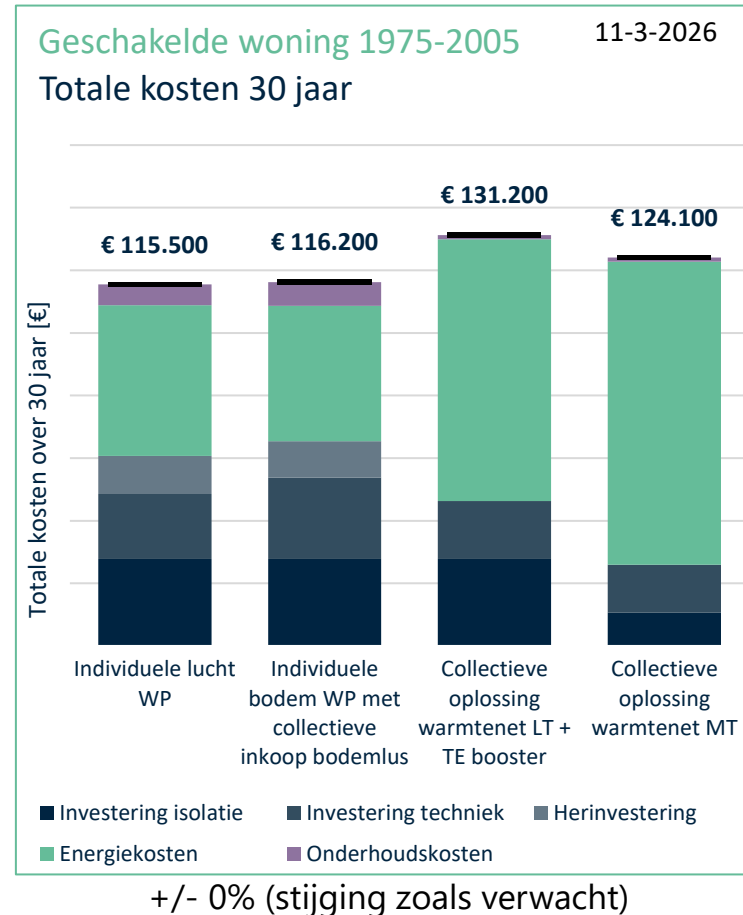
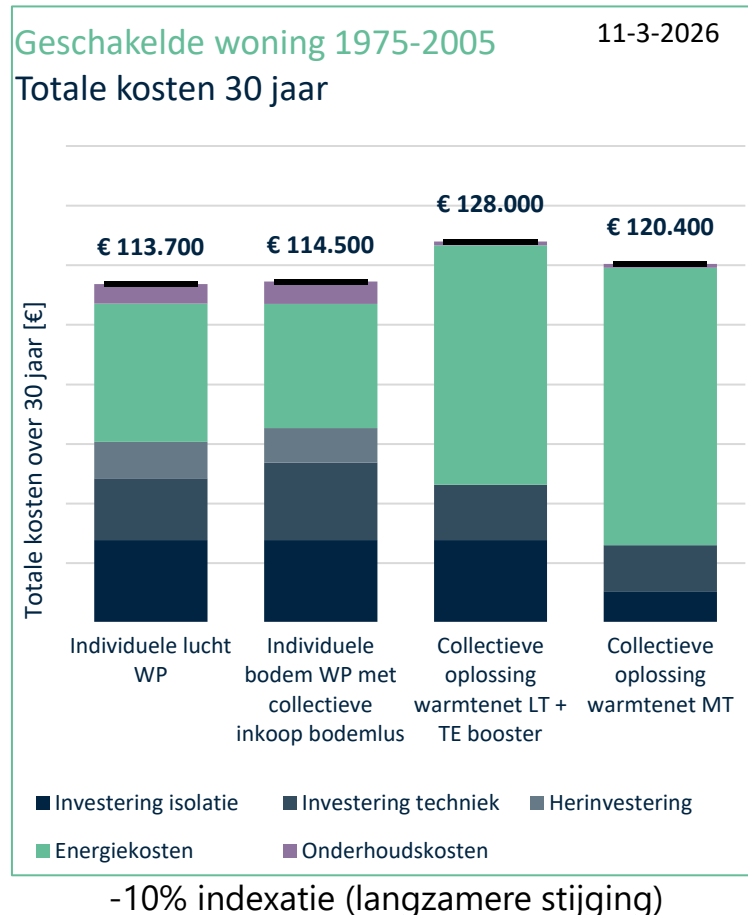
De investeringskosten vooraf veranderen uiteraard niet, het effect ten opzichte van andere oplossingen hangt dus vooral af van de kosten voor warmte(productie). Een individuele warmtepompoplossing heeft doorgaans relatief hoge investeringskosten, maar lage kosten voor warmte(productie). Dat is voordelig wanneer de warmtevraag groter is dan verwacht. De totale kosten over 30 jaar stijgen dan minder ten opzichte van andere oplossingen, waarbij de energiekosten relatief hoger zijn.

Als de warmtevraag kleiner is dan verwacht, is dit relatief gezien onvoordelig voor warmtepompoplossingen. Omdat de investeringskosten relatief hoog zijn en er maar weinig warmte geleverd hoeft te worden, kan het voordeliger zijn om een andere oplossing te kiezen. Een warmtenetoplossing kan dan mogelijk voordeliger zijn, als de aansluitkosten relatief laag zijn ten opzichte van de investeringskosten in een warmtepompoplossing.

Gevoeligheidsanalyse indexatie van alle energiekosten

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse laten we, door uitgangspunten aan te passen, het effect zien als aspecten zich anders ontwikkelen dan verwacht. In de onderstaande analyse laten we zien wat er gebeurt als de energietarieven (elektra en warmte) langzamer of sneller stijgen dan verwacht. Te zien is dat de totale kosten over 30 jaar circa 1,5% tot 3%

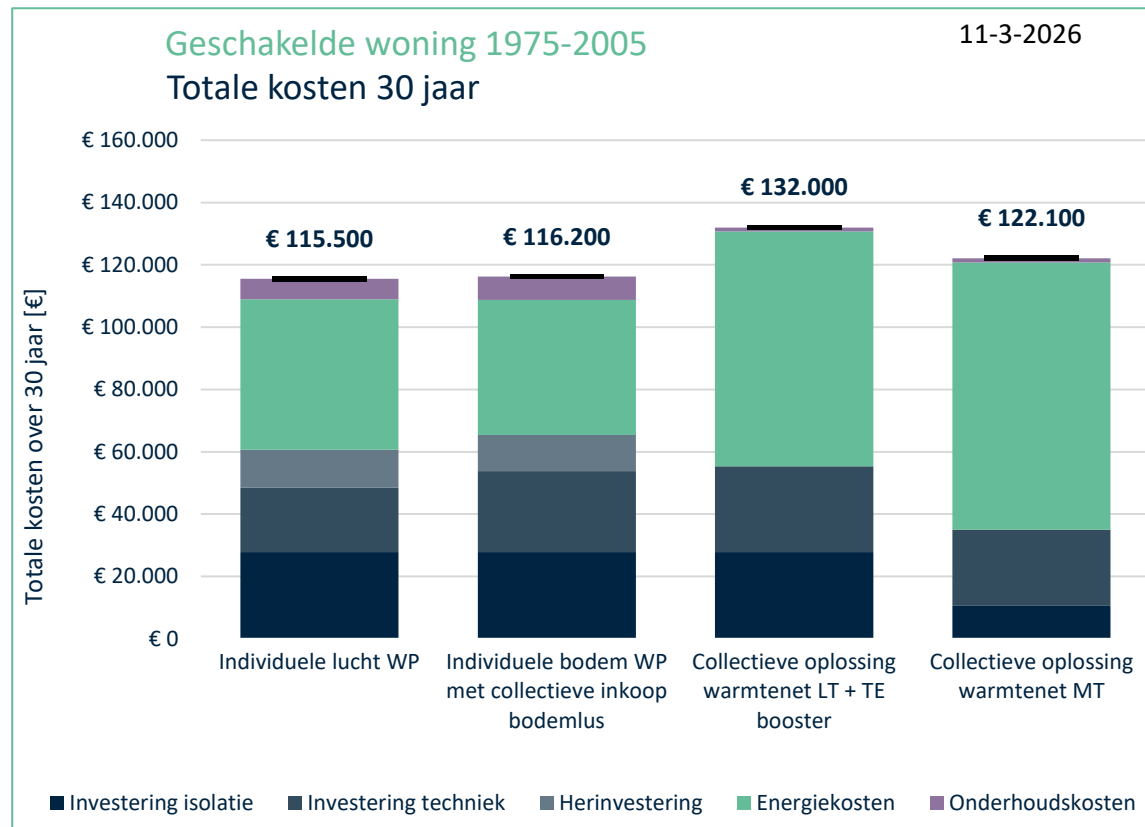
dalen als de stijging 10% langzamer gaat dan verwacht, en circa 4% tot 8% stijgt als de stijging 25% sneller gaat. Bij de collectieve oplossingen is de invloed aanzienlijk groter dan bij de individuele oplossingen, dit is logisch omdat de energiekosten daar een groter deel van de totale kosten vormen. Desalniettemin heeft de ontwikkeling van de energietarieven (zeer) beperkt invloed op de totale kosten.



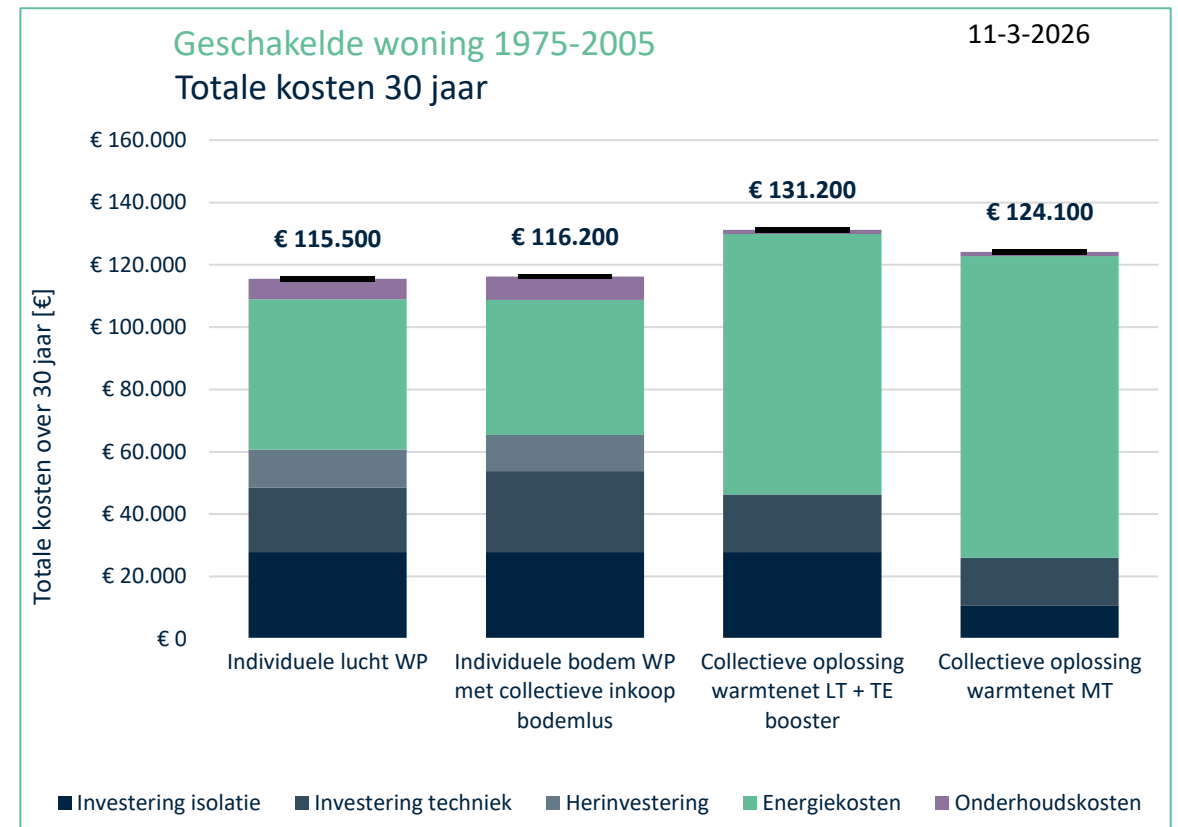
Gevoeligheidsanalyse effect verlaagd warmtetarief op de BAK

Het gekozen warmtetarief waarmee gerekend is, is het maximale tarief dat door de ACM (Autoriteit Consument en Markt) wordt toegestaan. In de onderstaande analyse laten we zien wat het effect op de BAK (en daarmee de totale kosten over 30 jaar) is als er een lager warmtetarief wordt gehanteerd (85% van het ACM maximum). Omdat er minder inkomsten zijn voor de exploitant voor het warmtenet, zal er een hogere BAK gerekend

moeten worden om de businesscase rond te krijgen. Voor een LT-aansluiting maakt dit de totale kosten over 30 jaar groter, voor een MT-aansluiting juist kleiner. Dit komt omdat het aandeel energiekosten in de totale kosten bij MT groter is. Een reductie van de energiekosten heeft hier dus een groter effect. Dit effect blijkt groot genoeg te zijn om de hogere BAK te compenseren. Bij een LT-aansluiting is dit niet het geval.



85% ACM tarief, BAK € 22.500,-



100% ACM tarief, BAK € 13.500,-

Gevoeligheidsanalyse afzetgebied warmtenet: wat als het gebied met een warmtenet groter of kleiner wordt?

Dat hangt sterk af van de eigenschappen van het deelgebied dat wordt toegevoegd of weggenomen. Een gebied met grote dichtheid en warmtevraag komt de haalbaarheid van een warmtenet ten goede. De toevoeging van bijvoorbeeld een aantal bestaande hoogbouw appartementencomplexen zal naar verwachting leiden tot een lagere BAK voor alle aangeslotenen aan het warmtenet. Het wegnemen van zo'n gebied kan de BAK juist verhogen.

Een gebied met lage dichtheid en warmtevraag, bijvoorbeeld een ruime nieuwbouwwijk met vrijstaande woningen, brengt waarschijnlijk meer kosten dan voordeel mee. Het kan daarom verstandig zijn om zo'n wijk niet op het warmtenet aan te sluiten, vooral wanneer deze ver(der) weg ligt van gebieden met betere eigenschappen. Uiteraard hangt dit samen met de mogelijkheid voor alternatieven, eigenschappen van de warmtebron, van het warmtenet en wensen van bewoners.

Om tot het afzetgebied van een warmtenet te komen moeten doorgaans een aantal afwegingen worden gemaakt.

- Welke omvang past bij de warmtebron(nen)?
- Blijft de gemiddelde dichtheid van het totale gebied met deze uitbreiding groot genoeg?

- Hoe groot is het aandeel van de woningen dat hier naar verwachting daadwerkelijk zal aansluiten?
- Hoe belangrijk is het dat hier een warmtenet komt? Zijn er ook kansrijke alternatieven?
- Wat is de maximaal toelaatbare hoogte van de bijdrage aansluitkosten (BAK) voor het gehele gebied?

Afsluiting gevoeligheidsanalyses

De analyse laat zien dat energieverbruik van de bewoners, de onvoorspelbare stijging of daling van energiekosten, het aantal woningen bij aansluiting van het warmtenet en bijbehorend afzet gebied, en de hoogte van de energietarieven en de BAK effect hebben op de resultaten. Voor alle voorbeeldwoningen geldt onderstaande:

Individuele oplossingen, zoals (lucht- of bodem)warmtepompen, kennen hoge investeringskosten en lage jaarlasten door efficiency en zijn daardoor gunstig bij een relatief hoge warmtevraag.

De analyse laat zien dat de kosten voor collectieve oplossingen te optimaliseren zijn door te spelen met de warmtetarieven en de BAK en de detaillering van het aansluitgebied.

6.4 Randvoorwaarden en haalbaarheid

In deze paragraaf staat welke punten belangrijk zijn om het voorkeursscenario in Udenhout verder te ontwikkelen en uit te voeren. We noemen het ruimtebeslag openbare ruimte en een toets van wetgeving. Deze randvoorwaarden helpen de gemeente om te bepalen wat er nodig is voor het voorkeursscenario.

Ruimtebeslag openbare ruimte

Het warmtenet neemt ruimte in de openbare ruimte in. **Bovengronds** gaat het hierbij om uitkoppelingen van warmtebronnen, warmtecentrales voor de clusters, bijbehorende transformatorhuisjes en eventueel piekvoorziening of warmtebuffers. Afhankelijk van de grootte van het net in de ordegrote van (enkele) zeecontainers. **Ondergronds** moet er een hoofdleiding van bronnen naar cluster-warmtecentrales gelegd worden, en distributieleidingen van cluster-warmtecentrales naar de woningen. Ook moet er een verzwaarde elektriciteitskabel naar de cluster-warmtecentrales gelegd worden. Voor het plaatsen hiervan moeten er aanzienlijke ingrepen aan het straatbeeld gedaan worden. Het is in dit geval verstandig om in goed overleg met de gemeentelijke afdeling Openbare Ruimte te plannen, zodat er mogelijk gecombineerd kan worden met andere ingrepen.

De individuele luchtwarmtepomp heeft een buitenunit. Deze wordt op eigen terrein geplaatst, maar is vanuit de openbare ruimte vaak wel te zien

én te horen. Het straatbeeld verandert daarmee dus wel, zeker wanneer er meerdere buitenunits dichtbij elkaar staan. Het plaatsen van de bodemlus van een bodemwarmtepomp vraagt aanzienlijke werkruimte tijdens plaatsing, maar daarna is er in het straatbeeld niks meer van te zien of horen. **Ondergronds** is er uiteraard wel ruimte voor de bodemlus nodig, maar aangezien deze verticaal de bodem in gaat is de ruimtevraag voornamelijk bij de aanleg. De boorvrachtwagen moet op de plek kunnen komen.

Mogelijkheden voor bewoners om te participeren in een collectief warmtenet

Het meenemen van de bewoners in de ontwikkeling is in alle gevallen essentieel. Een voldoende aansluitpercentage is nodig om de ontwikkeling van een warmtenet haalbaar te maken. Er zijn verschillende vormen van zeggenschap voor bewoners, hiervoor is geen eenduidige kant-en-klare oplossing. Hieronder worden grofweg twee lijnen van warmtenet ontwikkeling beschreven. Daarbij bedoelen we het gehele warmtesysteem, van de warmte ophalen bij de bron tot aan levering bij de consument. Bij een top-down-aanpak wordt het warmtenet ontwikkeld door het aangewezen publieke warmtebedrijf, waarbij bewoners worden betrokken via informatie- en participatiemomenten.

Bij een bottom-up-aanpak nemen de bewoners meer regie waarbij verschillende organisatie- en juridische vormen bestaan. Dit loopt uiteen van een bewonersadviesraad zonder verantwoordelijkheid, samenwerken

met een eigenaar van het warmtenet, eigenaar of aandeelhouder worden via een warmtegemeenschap. Een belangrijke stap is het verzamelen van een groep bewoners die interesse hebben en een keuze in de rol van de gemeente om de ontwikkeling te ondersteunen. 'Warmtegemeenschap' is een term die in de nieuwe Warmtewet wordt geïntroduceerd. Een warmtegemeenschap is een warmtebedrijf van, voor en door de eindgebruikers. Dat betekent dat het eigendom en de zeggenschap over het warmtenet liggen bij de eindgebruikers van het warmtenet. Zo is het een democratische en lokale organisatievorm voor warmtenetten. Bij meer dan 1500 woningen (zoals in Udenhout) vindt er aanwijzing van warmtebedrijf door gemeente plaats. De bottom-up-aanpak kan dan vormgegeven worden in de vorm van inspraak in het warmtebedrijf.

Toets wetgeving

We geven een beknopt overzicht van betrokken wetgeving. Bij de transitie naar een aardgasvrij Udenhout, is onder meer de volgende [wetgeving](#) van toepassing:

- Wet collectieve warmte (Wcw, inwerkingtreding: 1 januari 2027);
- Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw); (inwerkingtreding verwacht 1 juli 2026)
- Omgevingswet;
- Energiewet (vooral voor beheer en aanpassingen infrastructuur).

De **Wcw** geeft gemeenten de regie in collectieve warmte-oplossingen. Concreet betekent dit onder meer dat de gemeente een warmtekavel moet

aanwijzen voor de gebieden waarin collectieve warmte wordt voorzien. Per warmtekavel wordt vervolgens een warmtebedrijf aangewezen.

De gemeente kan besluiten deze gebieden aan wijzen om van het gas af te gaan. Deze bevoegdheid is geregeld in de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (**Wgiw**). De aanwijzing wordt vastgelegd in het omgevingsplan. Zorgvuldigheid, betaalbaarheid en participatie zijn hierbij kernbegrippen. De Wgiw regelt ook dat gemeenten uiterlijk eind 2027 een warmteprogramma moeten hebben dat voldoet aan de meest actuele eisen.

De **Omgevingswet** (en onderliggende Wet- en regelgeving, zoals Wet natuurbescherming) regelt zowel voor de collectieve als voor de individuele oplossingen aan welke eisen moet worden voldaan om een omgevingsvergunning te verkrijgen. In het geval van individuele warmtepompen is het mogelijk dat geen omgevingsvergunning vereist is. Dit betekent voor de WUPe dat bewoners relatief snel en zelfstandig kunnen overstappen zonder lange procedures.

De Wcw is nog niet van kracht. Naar verwachting treedt deze wet op 1 januari 2027 in werking. In de tussenliggende tijd wordt de onderliggende Wet- en regelgeving nog verder uitgewerkt: het Besluit collectieve warmte is inmiddels gepubliceerd en ter toetsing voorgelegd aan de ACM. Daarnaast wordt ook nog een ministeriële regeling uitgewerkt. Als het Besluit en de ministeriële regeling gereed zijn, kan de Wcw in werking treden.

6.5 Subsidiemogelijkheden en financiering

In deze paragraaf lees je welke subsidies zijn meegenomen in de berekeningen. We leggen uit welke landelijke regelingen gelden voor isolatie en de warmteoplossingen.

Toegepaste subsidies in de berekening

In de berekening van zowel kosten voor isolatiemaatregelen als techniek zijn de beschikbare landelijke subsidies verwerkt. Daarnaast zijn er nog gemeentelijke subsidies waar bewoners (mogelijk) in aanmerking voor komen. Deze zijn in de huidige resultaten niet meegenomen. Naar verwachting is het effect hiervan voor iedere warmteoplossing vergelijkbaar en dat de conclusie hierdoor dus niet zal veranderen. De toepasbaarheid verschilt wel per specifieke woning door de randvoorwaarden van de subsidie zoals WOZ waarde lager dan € 429.300 (peildatum 01.01.2022) en slecht energielabel of 2 bouwdelen slecht geïsoleerd. De gemeente besteedt aandacht aan de gemeentelijke subsidie.

De toegepaste landelijke subsidies zijn als volgt.

Naam	Waarde	Toelichting
ISDE	€ 5.000,- tot € 15.900,-/woning	Beschikbaar voor de woningeigenaar. Afhankelijk van benodigde isolatiemaatregelen, zie uitgangspuntennotitie voor meer details over de subsidies paragraaf 2.4.2 van de uitgangspuntennotitie.
ISDE ⁺⁺	€ 4,80/GJ	Alleen beschikbaar bij warmtenetten (collectieve oplossing). Beschikbaar voor de ontwikkelaar van een warmtenet.
Warmtenet investeringssubsidie (WIS)	€ 6.000,-/woning	Alleen beschikbaar bij warmtenetten (collectieve oplossing). Beschikbaar voor de ontwikkelaar van een warmtenet.



7 | Aanbeveling en vervolg

Subtitel

7. Aanbeveling en vervolg

In dit hoofdstuk staan mogelijke vervolgstappen en aanbevelingen voor het ontwikkelen van het voorkeursscenario. Hiermee vormt dit hoofdstuk de overgang van inhoudelijke analyse naar de WUPe voor Udenhout. Hierin komen de volgende paragrafen aan bod:

7.1 Advies voor opstellen WUPe

7.2 Suggesties voor communicatie en participatie

7.3 Planning en besluitvorming



7.1 Advies voor opstellen WUPe

Op basis van deze analyse, de eerste terugkoppeling van Warmtebedrijf Tilburg B.V. en de meedenk- en werkgroep adviseren wij om in het WUPe op te nemen om verder te onderzoeken of en hoe een warmtenet in de kern van Udenhout mogelijk is. De gemeente heeft de conceptresultaten besproken met Warmtebedrijf Tilburg B.V.; zij zien duidelijke potentie voor een collectief warmtenet in (delen van) Udenhout. Daarbij gaven zij aan dat nieuwbouw als startmotor kan fungeren en dat het corporatiebezit van circa 20–25% aansluitmogelijkheden biedt die de businesscase versterken. Tegelijkertijd moet nog het nodige worden onderzocht. Ook vanuit het oogpunt van netcongestie kan een collectieve oplossing gunstig zijn om verder te verkennen. Wij adviseren daarom dat de gemeente in gesprek blijft met Warmtebedrijf Tilburg en gezamenlijk optrekt in het vervolgproces rond de ontwikkeling van het warmtenet.

Andere bekeken warmtebronnen in het onderzoek zijn zonthermie, warmte uit sportvelden. Voor zonthermie en sportveldwarmte is veel ruimte nodig. In het gebiedsperspectief Udenhout wordt gesteld dat de sportvelden mogelijk gaan verplaatsen. Dat biedt een kans om dit nader te onderzoeken.

7.2 Suggesties voor communicatie en participatie

De participatie in Udenhout met een beperkt aantal bewoners van Udenhout geeft een eerste indicatie dat mensen niet direct afwijzend zijn ten opzichte van een warmtenet in Udenhout. Dat bewoners waren verdeeld: ongeveer de helft is positief over verder onderzoek naar een warmtenet en de andere helft heeft zorgen of twijfels. Dat betekent dat de gemeente in het vervolgtraject aandacht moet blijven besteden aan duidelijke communicatie, betrokkenheid en transparantie.

De gemeente is hierbij al goed op weg door actief te reflecteren op eerdere participatie- en communicatiemomenten en deze structureel onderdeel te maken van de volgende stappen. De bewoners vroegen tijdens de meedeenkmomenten naar concrete informatie, over bijvoorbeeld financieringsmogelijkheden, voorbeelden van verduurzaming uit Udenhout en zo laagdrempelig mogelijk vertellen van de resultaten van dit onderzoek en de WUPe aan het hele dorp. Dit kan bijvoorbeeld door een inloopmoment en eenvoudige visualisaties. In het geval van een warmtenet, zal naarmate de ontwikkeling vordert, de participatie nadrukkelijker aanwezig moeten zijn, door het belang van duidelijke informatie en de te realiseren aantal aansluitingen.

7.3 Planning en besluitvorming

Voor de planning en besluitvorming vertaalt de gemeente de uitkomsten naar het WUPe. Daarbij moet rekening worden gehouden met de actuele en aankomende wetgeving, zoals aangestipt onder de toets wetgeving. In het vervolgproces zal de gemeente keuzes moeten maken over het tempo van de uitwerking, de momenten van bestuurlijke besluitvorming, de rolverdeling tussen gemeente, warmtebedrijf en bewoners, en de benodigde aanvullende onderzoeken (zoals detailstudies, netimpactanalyse en juridische toetsing). Hierbij is het belangrijk om ook de stakeholders in het dorp te blijven betrekken, zoals netbeheerder en de woningcorporatie.



Bijlagen

Bijlagen

1. Kaarten kern Udenhout
2. Scenario's
3. Groslijst van warmteoplossingen
4. Uitgangspuntennotitie
5. Toelichting van de scores van de multicriteria-analyse
6. Uitwerking voorkeursscenario



Bijlage 1 – Kaarten kern Udenhout

Woningtypen en bouwperiode in de kern van Udenhout

Deze kaarten laten zien dat er een gevarieerde mix is van woningtypen en bouwperiodes. Deze eigenschappen geven een eerste beeld over de isolatieopgave en de ruimtelijke kansen voor warmteoplossingen.

Udenhout / Woningtypen

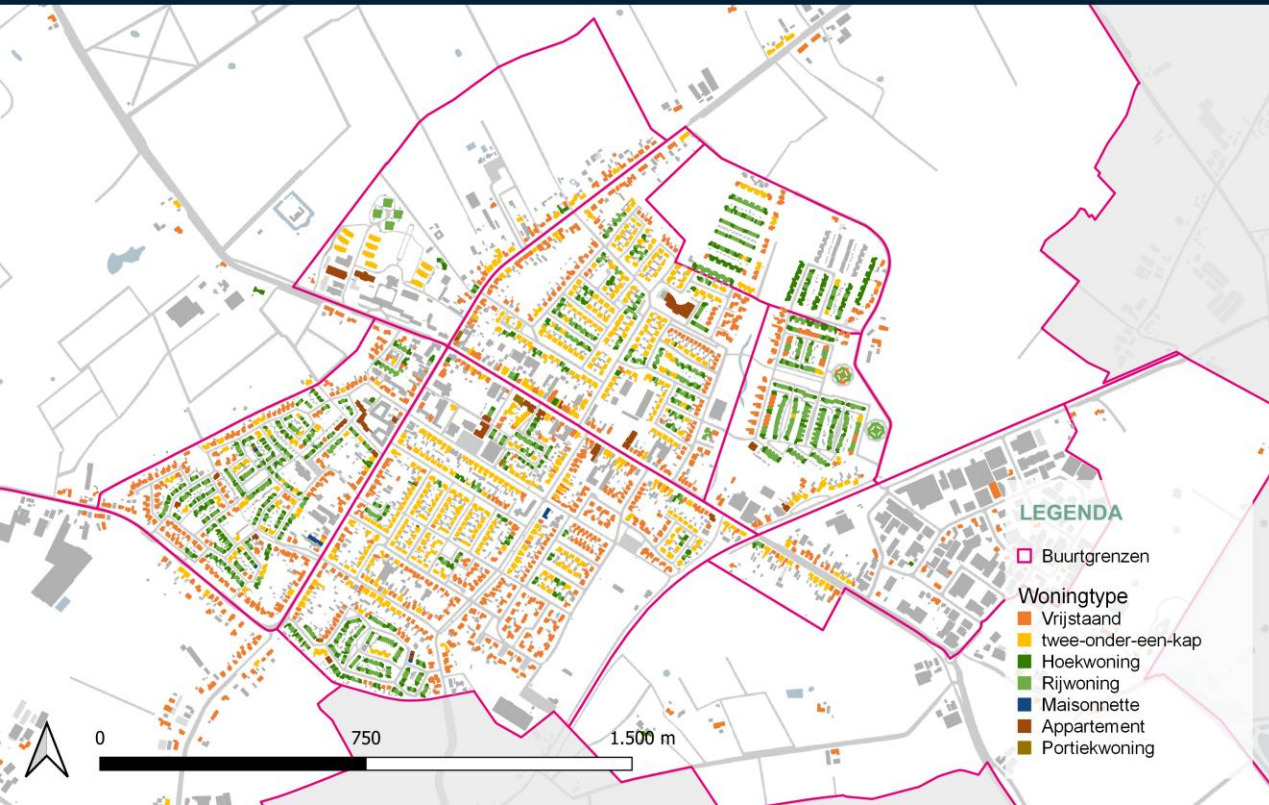
Datum: 28-01-2025 Bron: Basisregistratie Adressen en Gebouwen

DWA

Udenhout / Bouwperiodes

Datum: 28-01-2025 Bron: Basisregistratie Adressen en Gebouwen

DWA

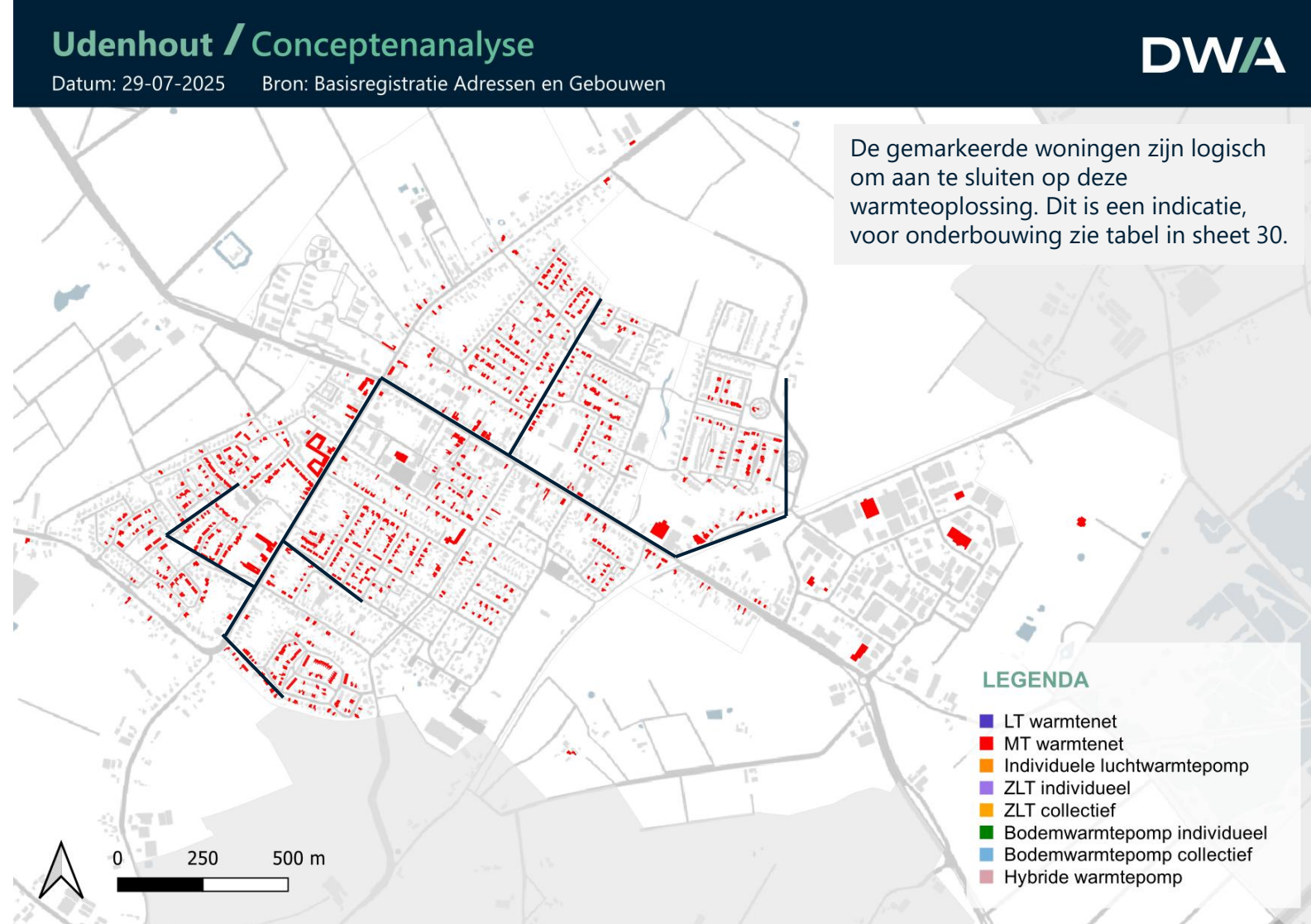




Bijlage 2 – Scenario's

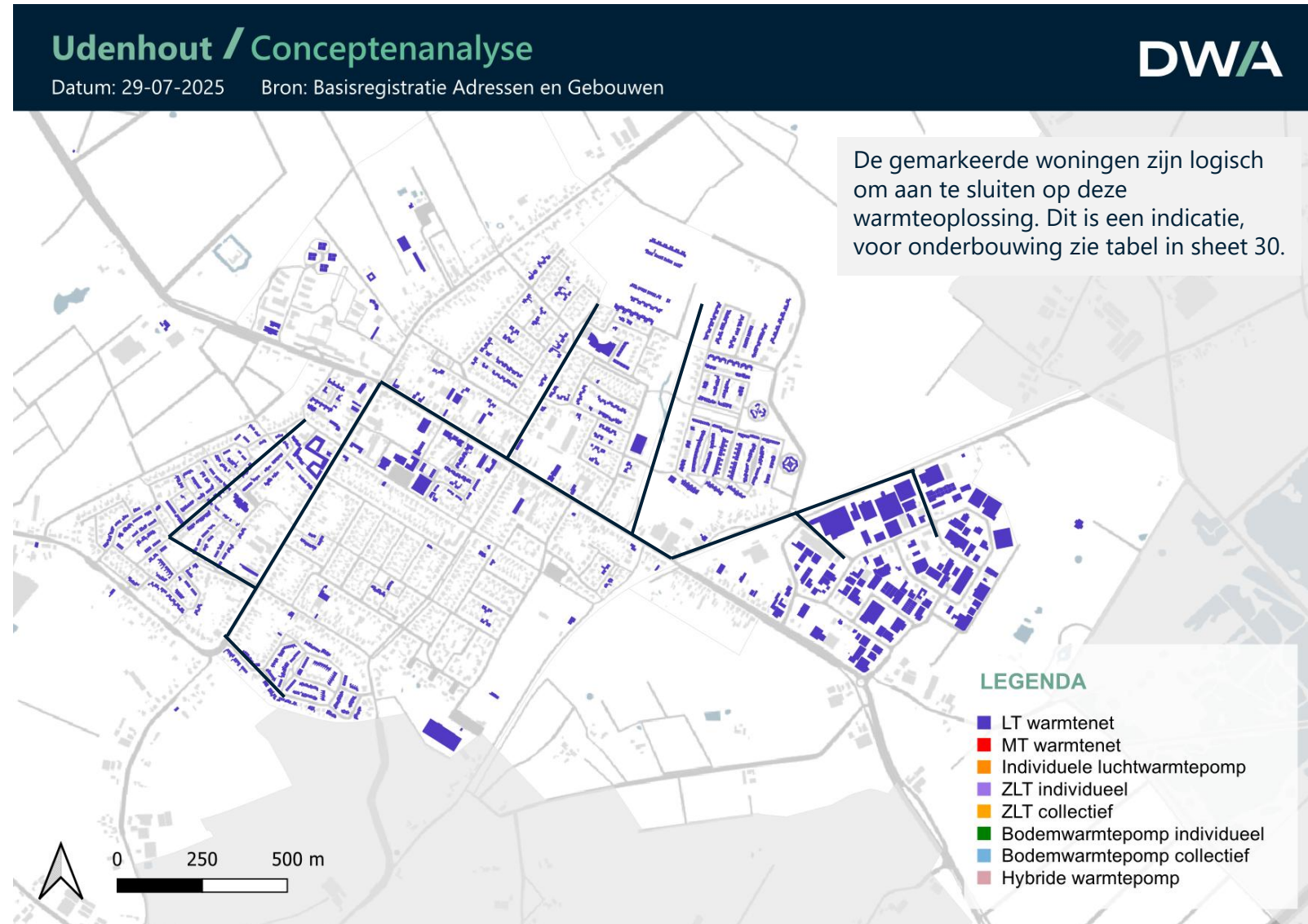
1. MT-warmtenet (60-70°C)

- Indicatieve backbone en selectie
- Na bepalen definitieve backbone nogmaals selecteren
- Daarin ook gebouwen langs backbone meenemen



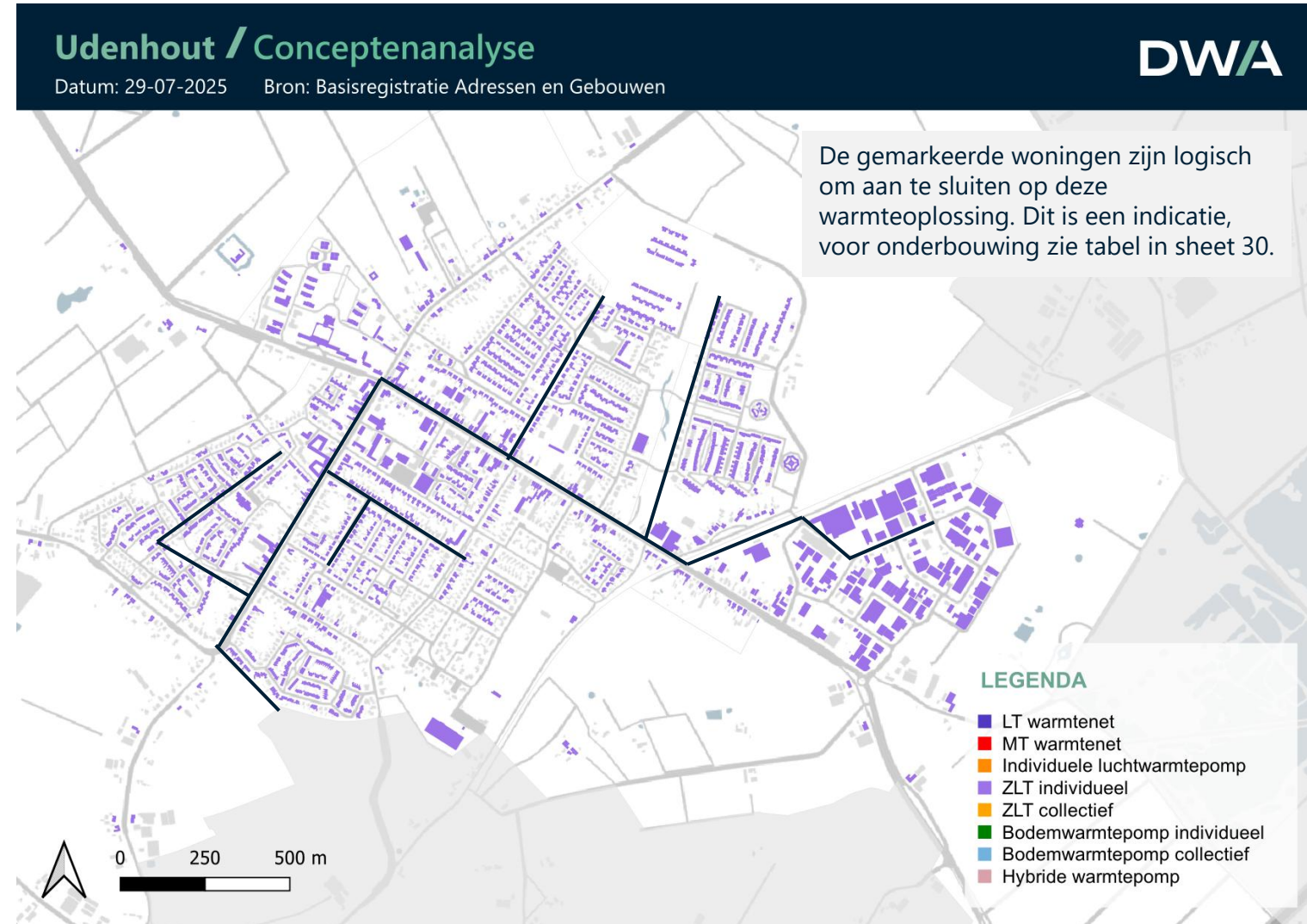
2. LT-warmtenet (30-50°C)

- Indicatieve backbone en selectie
- Na bepalen definitieve backbone nogmaals selecteren
- Daarin ook gebouwen langs backbone meenemen



3a. ZLT-warmtenet (10-30°C) - individuele opwaardering

- Niet geschikt voor vrijstaande woningen en gestapelde bouw
- Indicatieve backbone en selectie
- Na bepalen definitieve backbone nogmaals selecteren



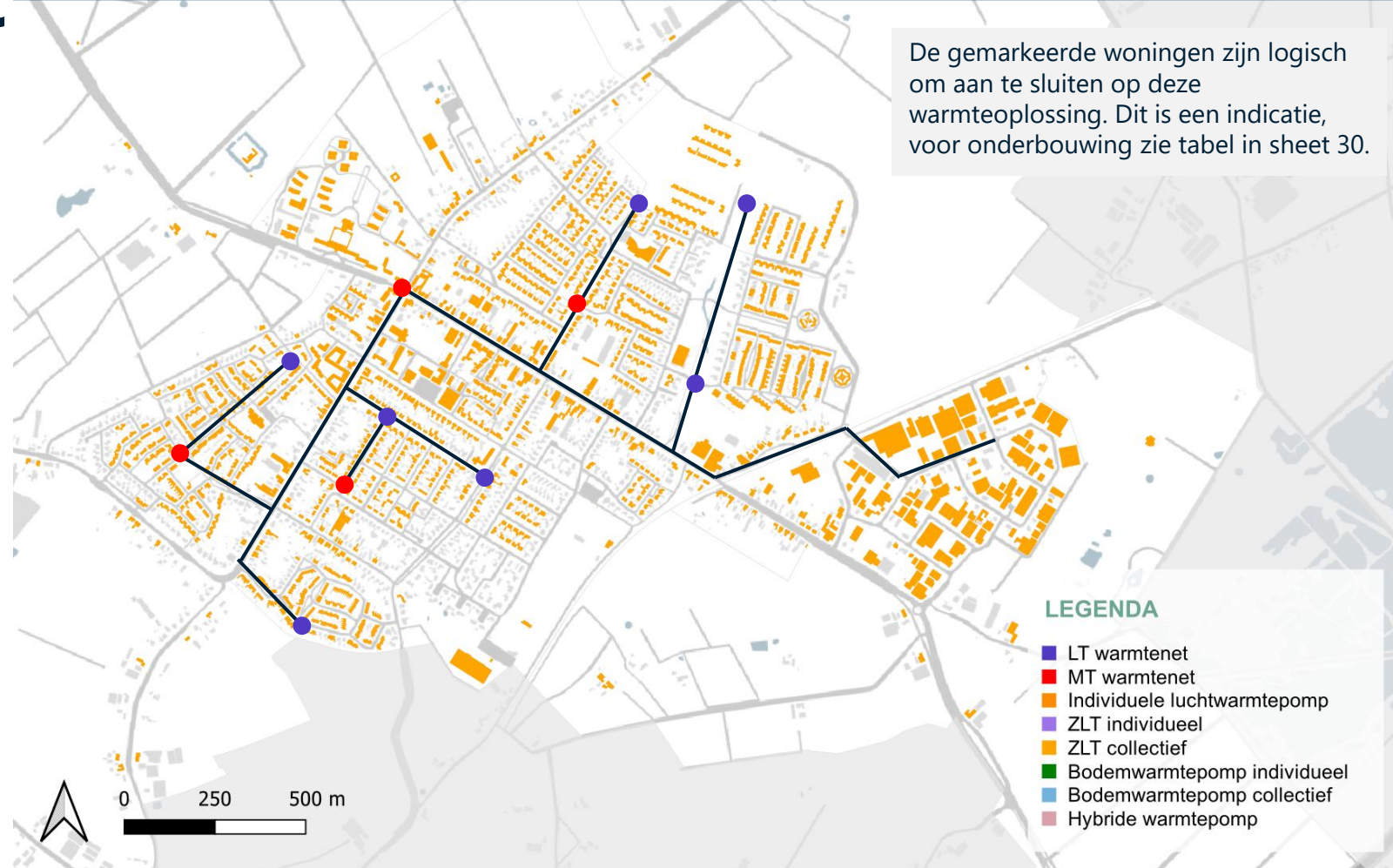
Udenhout / Conceptanalyse

Datum: 29-07-2025

Bron: Basisregistratie Adressen en Gebouwen

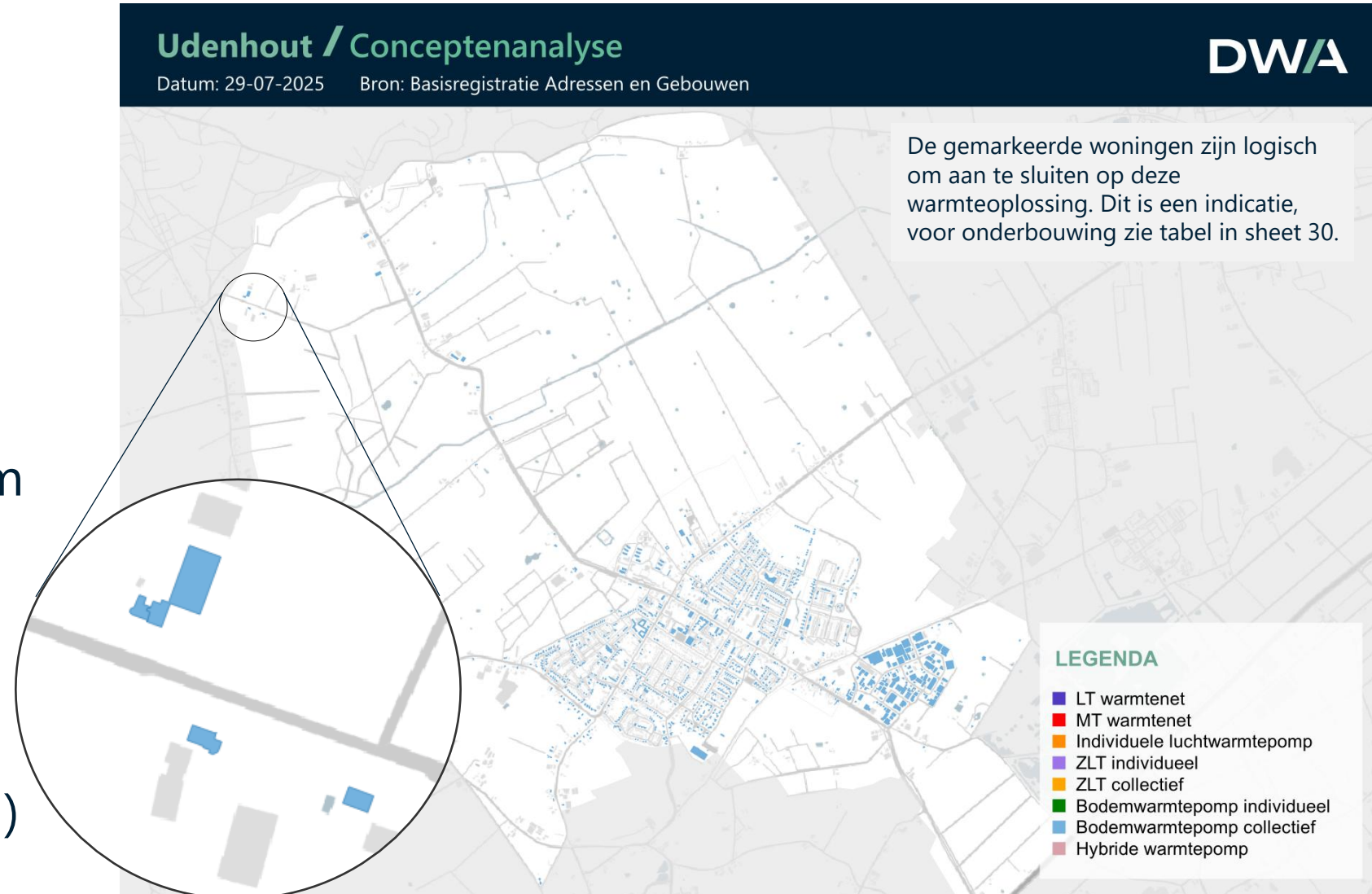
3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering

- Indicatieve backbone, wijkcentrales en selectie
- Na bepalen definitieve backbone nogmaals selecteren



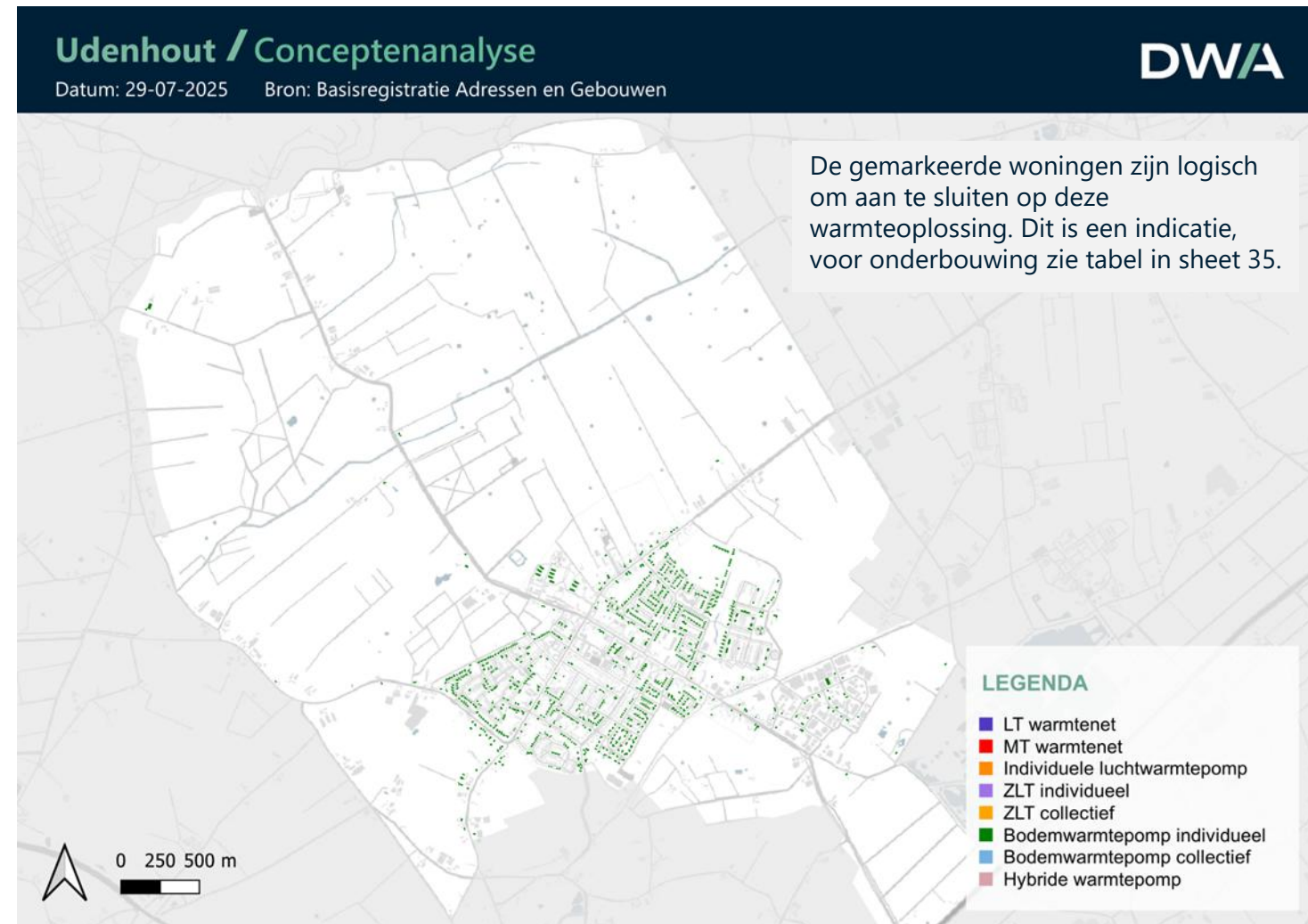
4a. Bodem- warmtepomp - klein collectief

- Toepasbaar in buitengebied
- Ruimtebeslag in centrum zeer waarschijnlijk beperkende factor
- Wel mogelijk voor gestapelde bouw (portiek/appartementen)



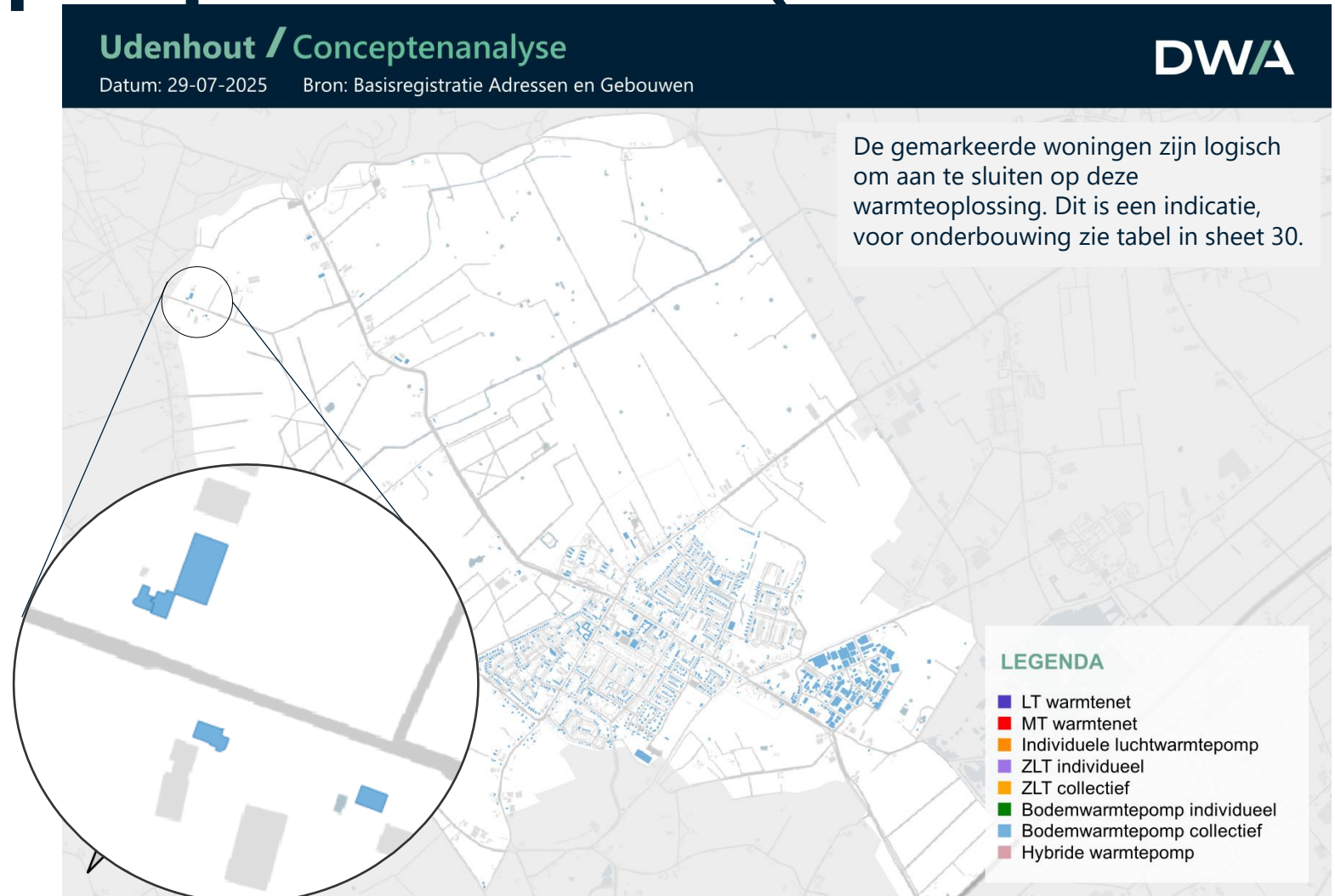
4b. Bodem- warmtepomp - individueel

- Toepasbaar in buitengebied
- Ruimtebeslag in centrum zeer waarschijnlijk beperkende factor
- Niet geschikt voor gestapelde bouw



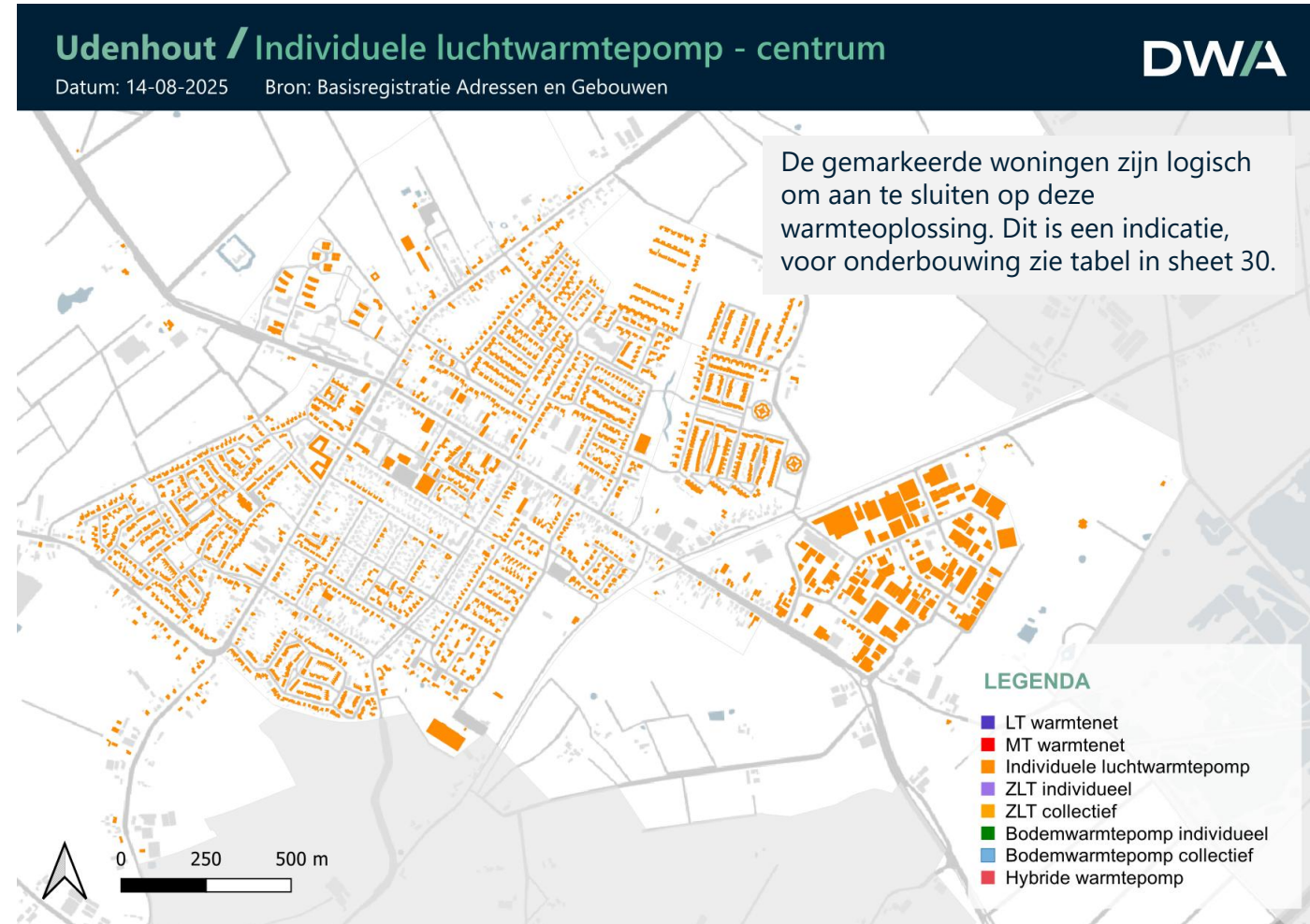
4c. Bodemwarmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)

- Individuele bodemwarmtepomp met collectief organiseren aanleg bodembron
- Toepasbaar in buitengebied
- Ruimtebeslag in centrum zeer waarschijnlijk beperkende factor
- Niet geschikt voor gestapelde bouw



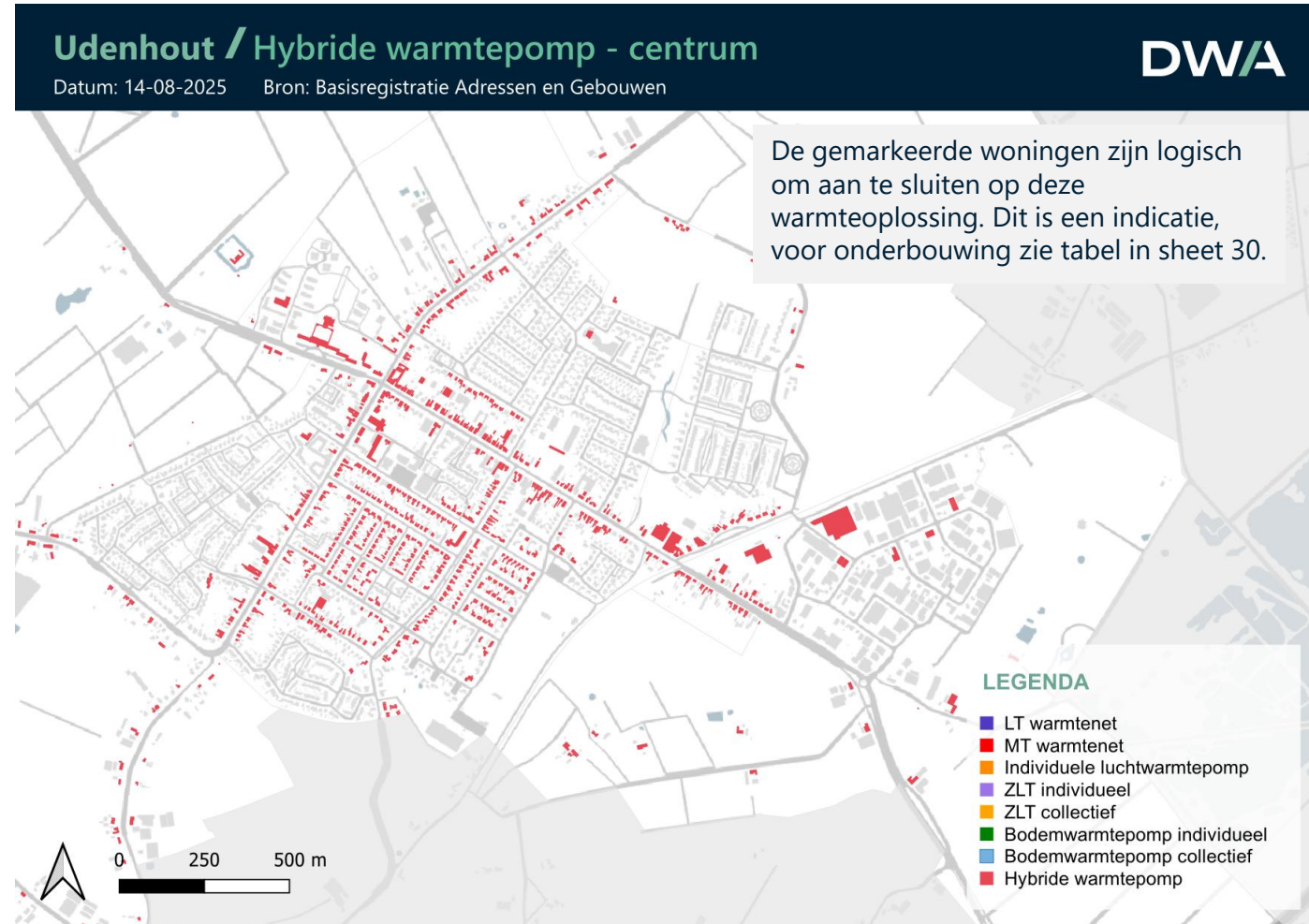
5. Luchtwarmtepomp - individueel

- Toepasbaar in buitengebied
- Ruimtebeslag en geluidsproductie zeer waarschijnlijk beperkende factor in centrum
- Niet altijd geschikt voor gestapelde bouw



6. Hybride warmtepomp groen gas - individueel

- Vooral geschikt voor gebouwen die moeilijk te isoleren zijn, door de beperkte beschikbaarheid. Voor goed te isoleren woningen zijn meer andere oplossingen mogelijk.
- Hybride kan een back-up oplossing zijn als later blijkt dat een gebouw toch niet aan de eisen van andere oplossingen kan voldoen

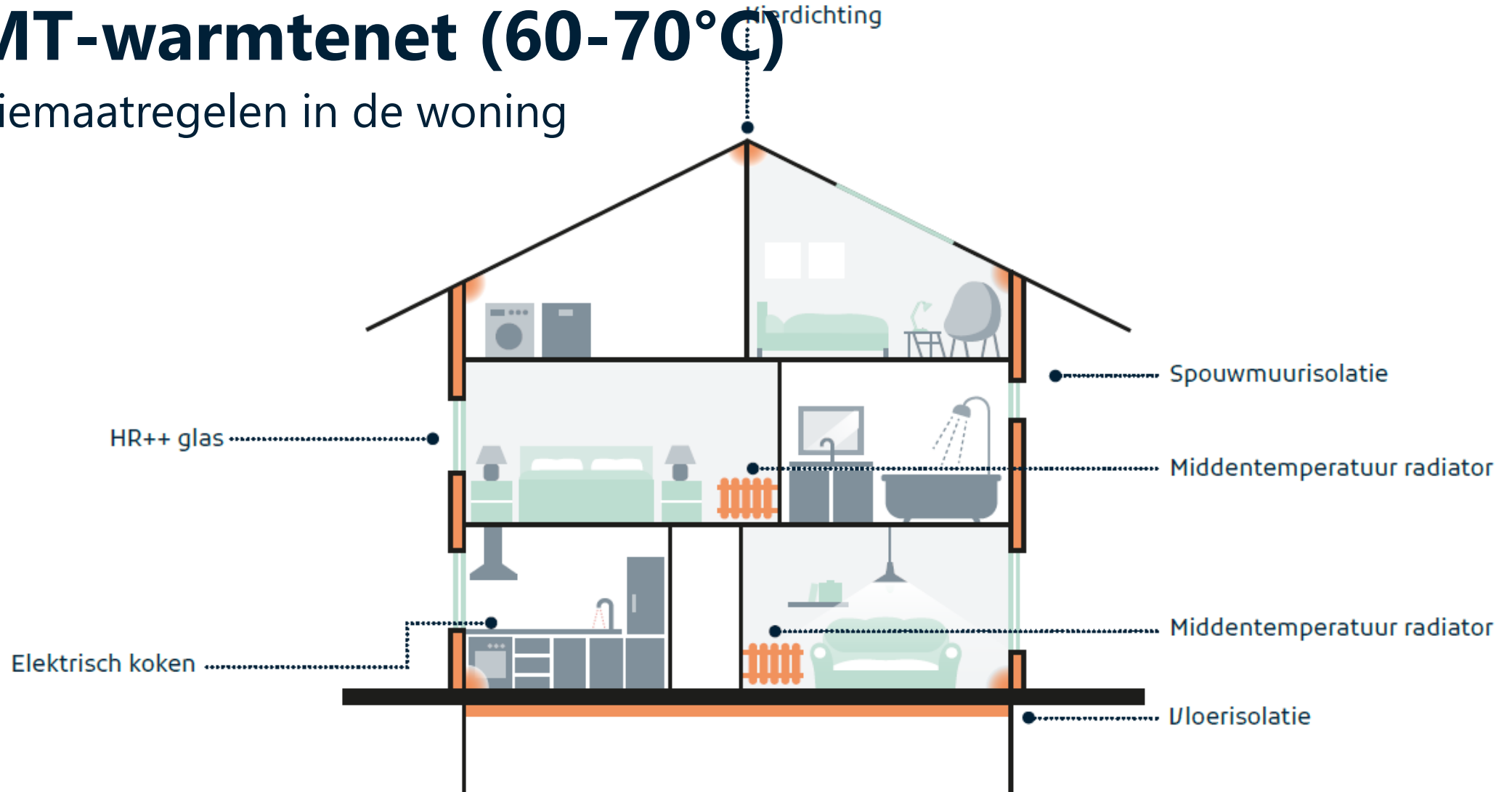




Bijlage 3 – Groslijst van warmteoplossingen

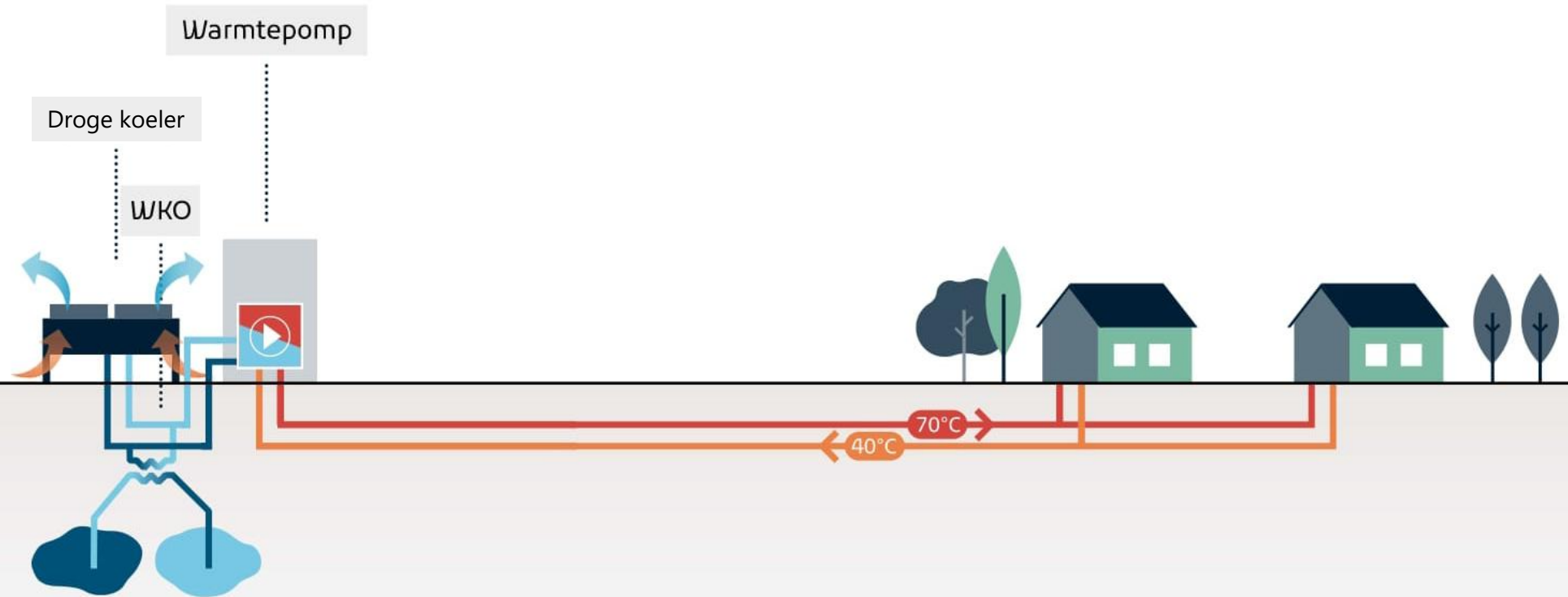
1. MT-warmtenet (60-70°C)

Isolatiemaatregelen in de woning



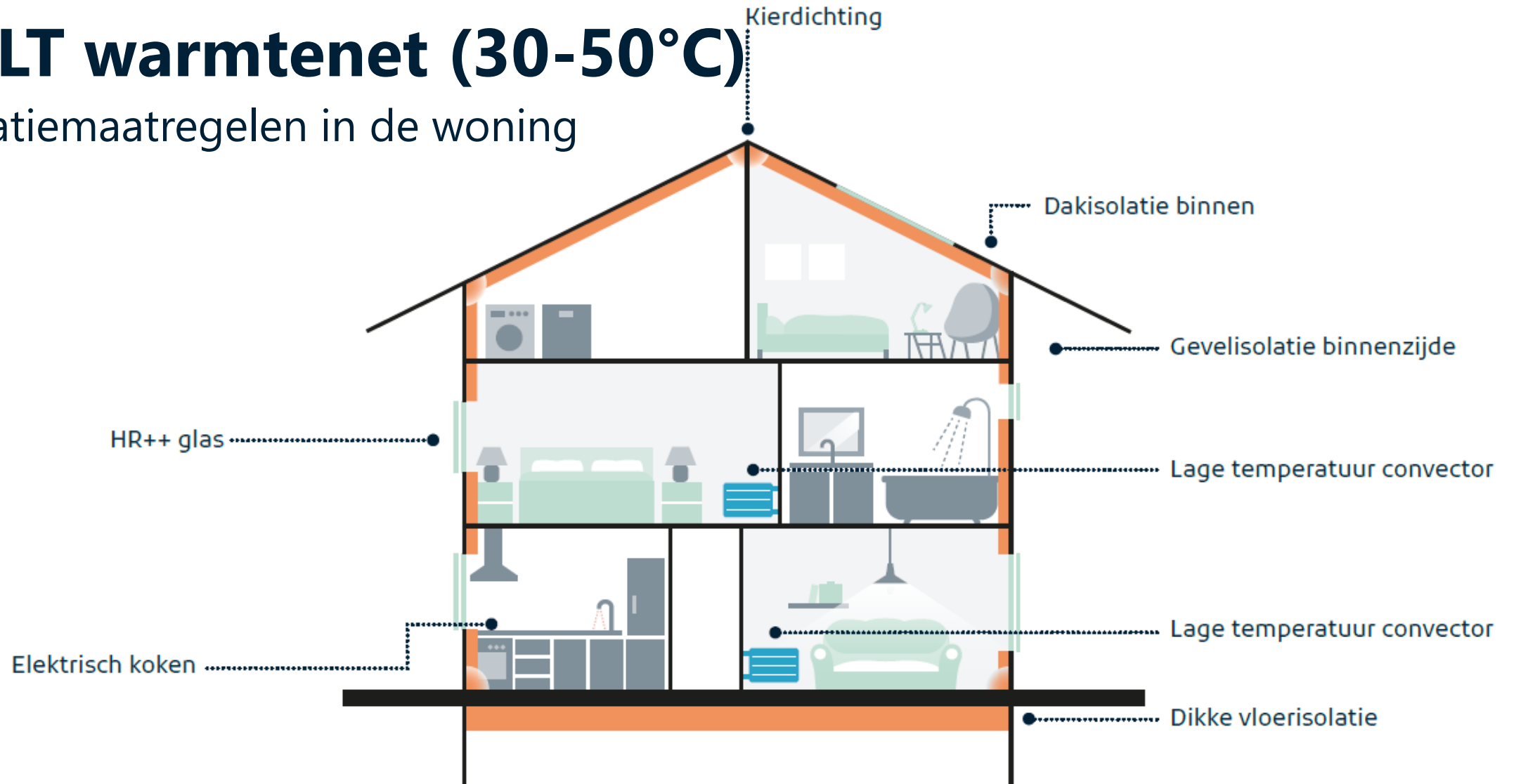
1. MT-warmtenet (60-70°C) met luchtwarmtepomp en WKO

Voorbeeld van warmtebron



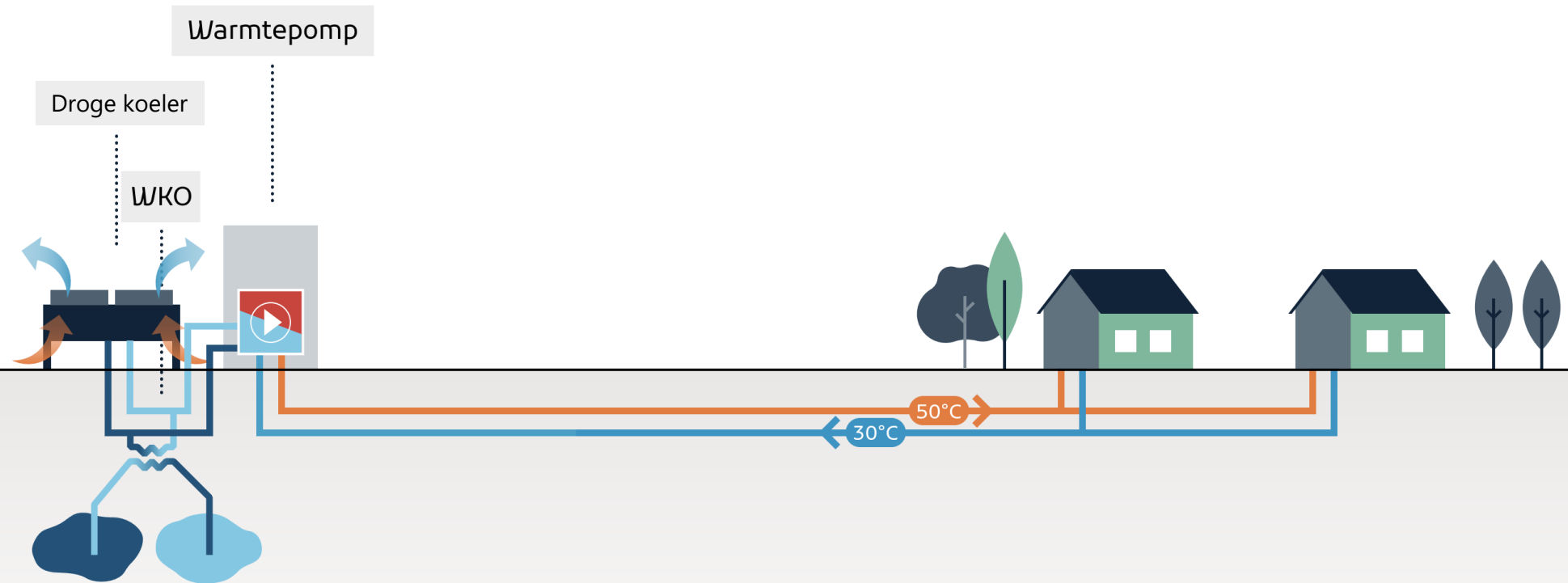
2. LT warmtenet (30-50°C)

Isolatiemaatregelen in de woning



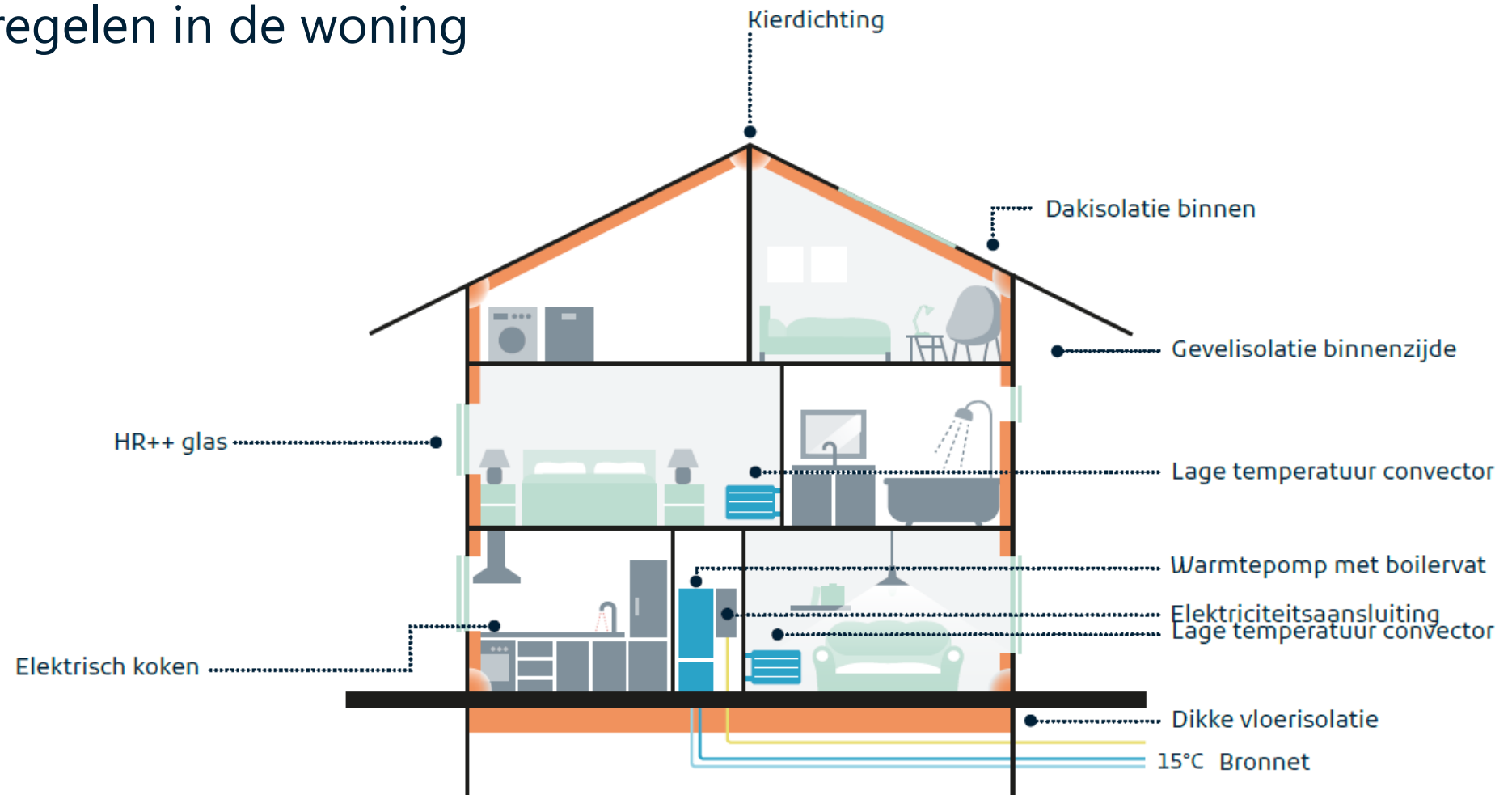
2. LT warmtenet met luchtwarmtepomp en WKO

Voorbeeld van warmtebron



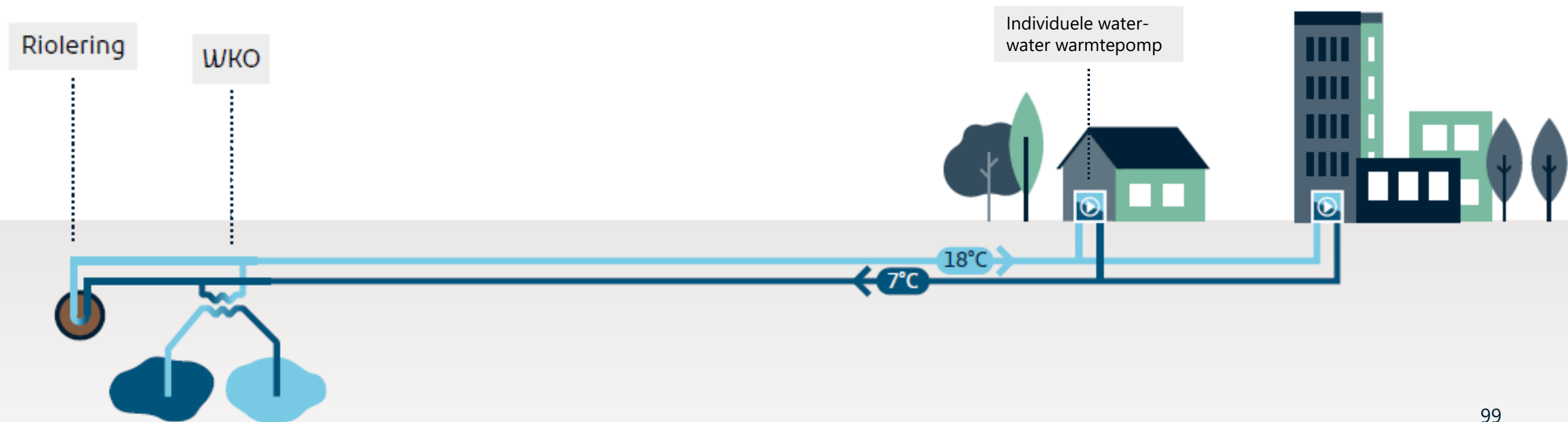
3a. ZLT warmtenet (10-30°C) – individuele opwaardering

Isolatiemaatregelen in de woning



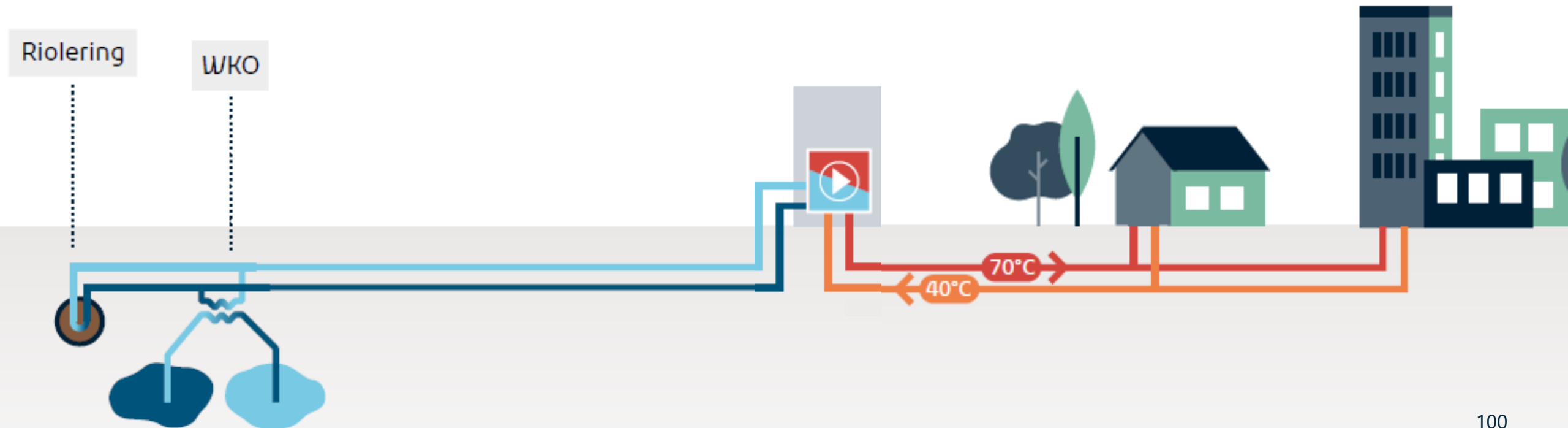
3a. ZLT warmtenet (10-30°C) – individuele opwaardering met aquathermie en WKO

Voorbeeld van warmtebron

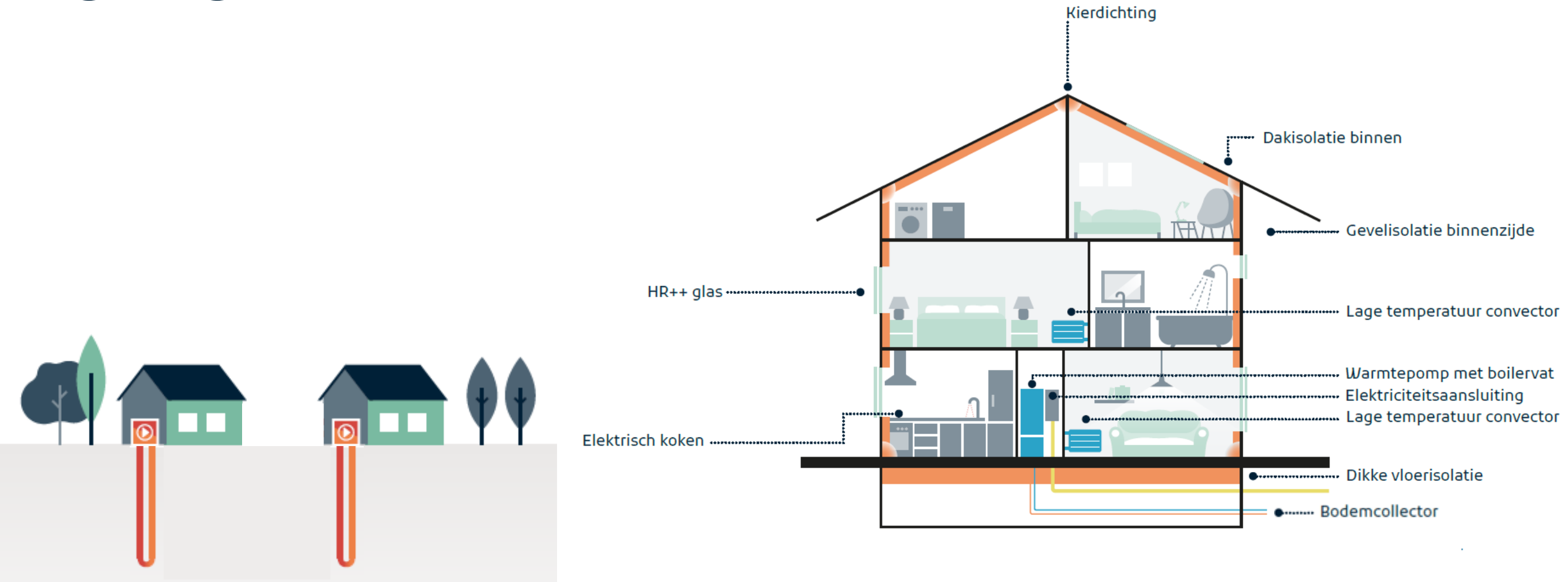


3b. ZLT-warmtenet (10-30°C) - collectieve opwaardering met aquathermie en WKO

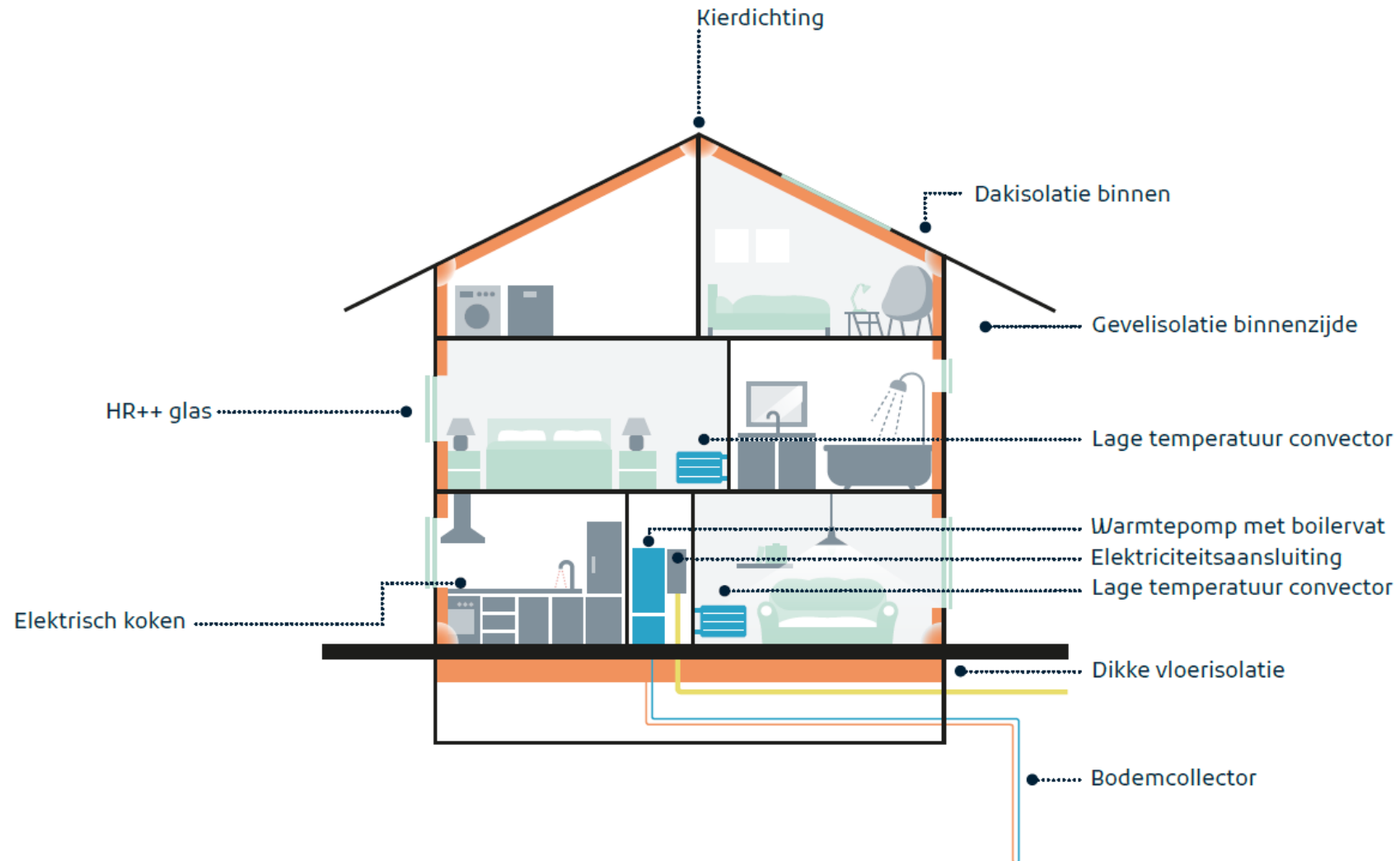
Voorbeeld van warmtebron



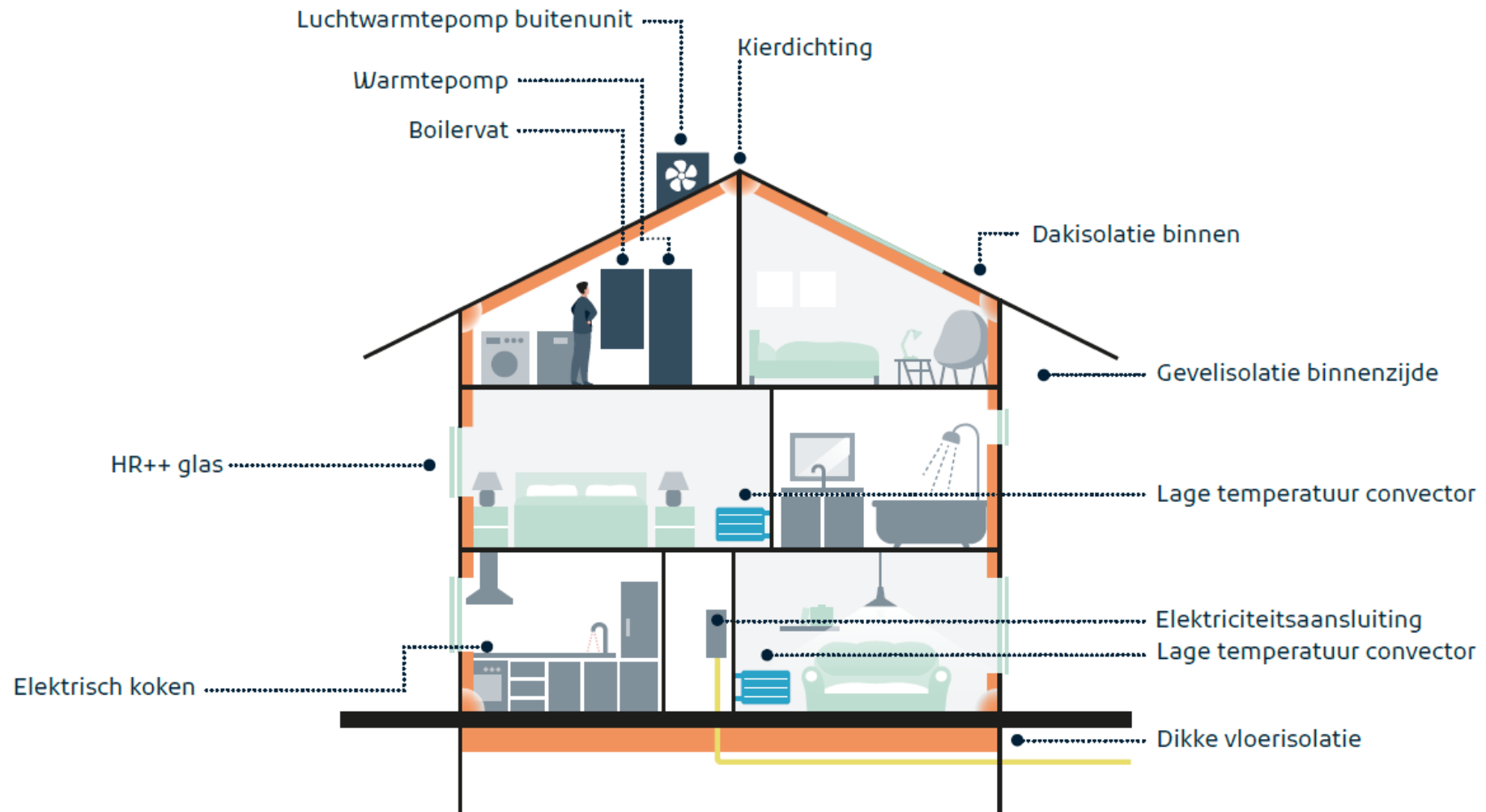
4c. Bodemwarmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)



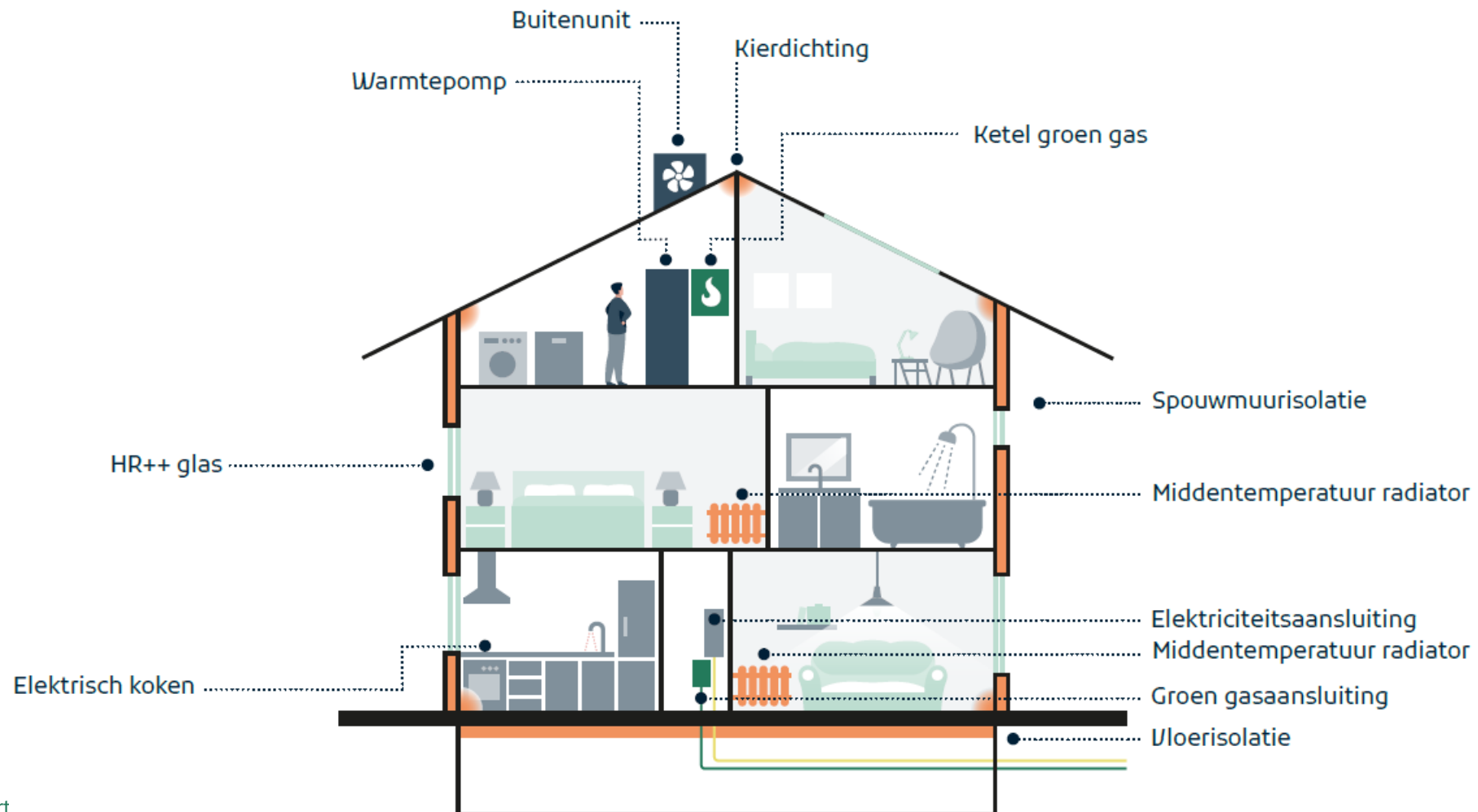
4b en 4c. Bodemwarmtepomp - individueel



5. Luchtwarmtepomp - individueel



6. Hybride warmtepomp groen gas - individueel





Bijlage 4 – Uitgangspuntennotitie

De uitgangspuntennotitie is als los pdf-bestand toegevoegd:

- [Bijlage rapportage_Uitgangspuntennotitie scenariostudie Udenhout_12-3-2026](#)
 - [Bijlage 4.1 uitgangspuntennotitie - tests zonthermie DIN CERTO_ Udenhout_12-3-2026](#)
 - [Bijlage 4.2 uitgangspuntennotitie - isolatiepakketten voorbeeldwoningen_ Udenhout_12-3-2026](#)



Bijlage 5 – Toelichting van de scores van de multicriteria-analyse

Scoren van de meedenk- en werkgroep

Criteria	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Totaal	Gemiddeld	Weging
Kosten	1	1	1	1	4	1	5
Betrouwbaarheid	2	2	3	3	10	2,5	4
Energieverbruik en bijbehorende CO2 uitstoot	3	3	2	9	17	4,25	3
Afhankelijkheid, keuzevrijheid en verantwoordelijkheid	4	4	6	4	18	4,5	3
Flexibiliteit moment van aansluiting en snelheid van realisatie	5	6	5	2	18	4,5	3
Invloed op elektriciteitsnet	8	5	4	12	29	7,25	2
Geluid	6	10	8	6	30	7,5	2
Lokale duurzame bron (warmte of elektrisch)	9	8	12	5	34	8,5	1
Toekomstige warmtebronnen en warmtetechnieken	9	8	7	10	34	8,5	1
Ruimte in de woning	4	13	11	7	35	8,75	1
Koeling	7	7	9	15	38	9,5	0
Zicht	12	12	10	8	42	10,5	0
Bovengrondse ruimte	11	9	13	11	44	11	0
Milieu-impact materialen	10	11	15	14	50	12,5	0
Ondergrondse ruimte	13	14	14	13	54	13,5	0

Aspect	Weegfactor	1. MT warmtenet	2. LT warmtenet	3a. ZLT warmtenet – individueel	3b. ZLT warmtenet – collectief	4a. Bodem warmtepomp – klein collectief	4b. Bodem warmtepomp – individueel	4c. Bodem warmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)	5. Individuele lucht warmtepomp	6. Individuele hybride warmtepomp
Kosten (Eindgebruikerskosten 30 jaar)	5	€ 120.300	€ 116.400	€ 114.000	€ 109.200	€ 95.100	€ 115.200	€ 95.100	€ 94.200	€ 103.200
Betrouwbaarheid (leveringszekerheid en effect bijuitval, hoe wordt het opgelost als er storing is) Collectief scoort beter door de garantie (denk aan aggregaat en noodstroom en warmtewet), MT net heeft buffer dus scoort beter, dan individueel.	4	Meer mensen die ervan last hebben als bron uitvalt. Maar wel minder lang last, vanwege leveringsverplichting en wetgeving.	Meer mensen die ervan last hebben als bron uitvalt. Maar wel minder lang last, vanwege leveringsverplichting en wetgeving.	Afhankelijk van de constructie. We gaan er nu vanuit dat de bewoner zelf het goed moet regelen, maar we hebben hem beter gescoort doordat er collectieve afspraken over gemaakt kunnen worden.	Meer mensen die ervan last hebben als bron uitvalt. Maar wel minder lang last, vanwege leveringsverplichting en wetgeving.	Je bent samen verantwoordelijk om goed te regelen wat er gebeurt bij uitval van je systeem. (als kan 1 punt beter dan individueel)	Je bent zelf verantwoordelijk om goed te regelen wat er gebeurt bij uitval van je systeem.	Je bent samen verantwoordelijk om goed te regelen wat er gebeurt bij uitval van je systeem. (als kan 1 punt beter dan individueel)	Je bent zelf verantwoordelijk om goed te regelen wat er gebeurt bij uitval van je systeem.	Je bent zelf verantwoordelijk om goed te regelen wat er gebeurt bij uitval van je systeem.
Energieverbruik en bijbehorende CO2 uitstoot (uitgerekend)	3	1.930	1.430	1.390	1.410	840	900	840	1.310	2.510
Afhankelijkheid, keuzevrijheid en verantwoordelijkheid (bij individueel heb je meer keuzevrijheid, bij collectief heb je de keuze ja of nee, bij klein collectief heb je minder keuzevrijheid omdat je de bron niet kunt kiezen en warmtepomp eventueel wel). bij meer keuzevrijheid heb je ook meer afhankelijkheid. Verantwoordelijkheid is inherrent aan het keuze kunnen maken dus hiervoor maken we geen extra onderscheid in punten. Hoe meer keuzevrijheid hoe beter beoordeeld, door het individualisme in Nederland.	3	Nauwelijks keuzevrijheid en grote afhankelijkheid (je doet het samen)	Nauwelijks keuzevrijheid en grote afhankelijkheid (je doet het samen)	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp), maar iets meer afhankelijkheid dan volledig individueel omdat je de bron deelt	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp)	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp), maar iets meer afhankelijkheid dan volledig individueel omdat je de bron deelt	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp)	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp), maar iets meer afhankelijkheid dan volledig individueel omdat je de bron deelt	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp)	Meer keuzevrijheid (type/merk warmtepomp)
Flexibiliteit moment van aansluiting en snelheid van realisatie >> even checken of deze niet dezelfde score heeft al de bovenste. Individueel is afhankelijk van netverzwaring, collectief is afhankelijk van netwerk aanleggen. Net congestie. Dus flexibiliteit is bij individueel beter, collectief slechter en klein collectief ertussenin. Collectief heeft aanlooptijd en loopt dan vlot, bij individueel begint het vlot totdat het net tegen beperkingen aanloopt en dan duurt het lang.	3	Eenmalig aansluitmoment, organisatie en uitrol warmtenet duurt lang (3-5 jaar). Afhankelijk van verkrijgen zware aansluiting	Eenmalig aansluitmoment, organisatie en uitrol warmtenet duurt lang (3-5 jaar). Afhankelijk van verkrijgen zware aansluiting	Eenmalig aansluitmoment, organisatie en uitrol warmtenet duurt lang (3-5 jaar). Afhankelijk van snelheid netverzwaring op gebiedsniveau	Eenmalig aansluitmoment, organisatie en uitrol warmtenet duurt lang (3-5 jaar). Afhankelijk van verkrijgen meerdere middelzware aansluitingen	Flexibiliteit in aansluitmoment en aanlegssnelheid groot, kleiner dan bij individueel omdat je bron deelt. Wel afhankelijk van snelheid netverzwaring op gebiedsniveau	Flexibiliteit in aansluitmoment en aanlegssnelheid groot bij individueel. Wel afhankelijk van snelheid netverzwaring op gebiedsniveau	Flexibiliteit in aansluitmoment en aanlegssnelheid groot, kleiner dan bij individueel omdat je bron deelt. Wel afhankelijk van snelheid netverzwaring op gebiedsniveau	Flexibiliteit in aansluitmoment en aanlegssnelheid groot bij individueel. Wel afhankelijk van snelheid netverzwaring op gebiedsniveau	Flexibiliteit in aansluitmoment en aanlegssnelheid groot bij individueel. Wel afhankelijk van snelheid netverzwaring op gebiedsniveau

Aspect	Weegfactor	1. MT warmtenet	2. LT warmtenet	3a. ZLT warmtenet – individueel	3b. ZLT warmtenet – collectief	4a. Bodem warmtepomp – klein collectief	4b. Bodem warmtepomp – individueel	4c. Bodem warmtepomp - individueel (collectief georganiseerd)	5. Individuele lucht warmtepomp	6. Individuele hybride warmtepomp
Invloed op elektriciteitsnet >> collectief beter dan individueel, bodem beter dan lucht. Waarde geeft berekende piekvermogen weer per woning. Op basis van de rekenmethode uit NTA8800/ISSO7 is het piekvermogen bepaald voor de gemiddelde woning in Udenhout. Een hoger piekvermogen heeft meer impact op het elektriciteitsnet.	2	2,62	2,06	2,18	2,85	2,18	2,18	2,18	3,42	3,09
Geluid; in of bij de woning. En dan centraal buiten bij collectief wegen met + of - 1. lucht scoort slechter dan bodem, collectief scoort beter.	2	Centraal, waarschijnlijk lucht piek	Centrale warmtepomp, mogelijk bodembronnen. Droge koeler voor regeneratie	Centraal mogelijk bodembronnen, warmtepomp in woning. Droge koeler voor regeneratie	Centraal mogelijk bodembronnen, warmtecentrale in wijk. Droge koeler voor regeneratie.	Collectieve bodembronnen, individuele warmtepomp	Individuele bodembron, warmtepomp in woning	Individuele bodembron, warmtepomp in woning	Individuele luchtbron, warmtepomp in woning	Individuele luchtbron, warmtepomp in woning
Lokale duurzame bron (warmte of elektrisch); Locatie energiebron, collectief en individueel heeft geen verschil, we kijken naar de opwekking.	1	Waarschijnlijk lucht, direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Waarschijnlijk bodemwarmte met lucht direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Waarschijnlijk bodemwarmte met lucht direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Waarschijnlijk bodemwarmte met lucht direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Bodemwarmte, direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Bodemwarmte, direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Bodemwarmte, direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Lucht, direct dichtbij. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg	Lucht, direct dichtbij. Gas via gasnet, niet lokaal. Elektriciteit vanuit binnen gemeente Tilburg
Toekomstige warmtebronnen en warmtetechnieken; hoe uitbereikbaar dit is, ZLT en individueel scoren goed, MT warmtenet scoren slecht. Kunnen er later nog bronnen toegevoegd worden. Kun je later nog overstappen naar andere techniek? Bekeken vanuit de individuele woning vooral technische mogelijkheden, kostenoverweging hangt af van veel factoren.	1	Extra bronnen toevoegen alleen mogelijk door ook warmtecentrale uit te breiden. Overstap eigenlijk pas rendabel na einde levensduur warmtenet (30+ jaar)	Extra bronnen toevoegen alleen mogelijk door ook warmtecentrale uit te breiden. Overstap eigenlijk pas rendabel na einde levensduur warmtenet (30+ jaar)	Extra bronnen toevoegen overall mogelijk. Overstap eigenlijk pas rendabel na einde levensduur warmtenet (30+ jaar)	Extra bronnen toevoegen mogelijk, maar niet achter WOS. Overstap eigenlijk pas rendabel na einde levensduur warmtenet (30+ jaar)	Extra bronnen toevoegen niet mogelijk, ook niet nodig. Overstap na 15 jaar (einde levensduur warmtepomp)	Extra bronnen toevoegen niet mogelijk, ook niet nodig. Op den duur wordt het lastiger om meer bodemlussen aan te leggen, ook ivm de dieptebeperking zijn er meer lussen nodig voor hetzelfde vermogen zonder dieptebeperking. Overstap na 15 jaar mogelijk, investering bodembron gaat verloren.	Extra bronnen toevoegen niet mogelijk, ook niet nodig. Op den duur wordt het lastiger om meer bodemlussen aan te leggen, ook ivm de dieptebeperking zijn er meer lussen nodig voor hetzelfde vermogen zonder dieptebeperking. Overstap na 15 jaar mogelijk, investering bodembron gaat verloren.	Extra bronnen toevoegen niet mogelijk, ook niet nodig. Overstap na einde levensduur warmtepomp (15 jaar) mogelijk	Extra bronnen toevoegen niet mogelijk, ook niet nodig. Overstap na einde levensduur gasketel (15 jaar) mogelijk
Ruimte in de woning; alles met buffervat scoort slecht, LT warmtenet zit ertussenin. Buiteneenheid is hierin niet meegewogen	1	Afleverzet	Afleverzet + TE booster	Warmtepomp + vat	Afleverzet + evt. TE booster	Warmtepomp + vat	Warmtepomp + vat	Warmtepomp + vat	Warmtepomp + vat + buitendeel	Warmtepomp + gasketel + buitendeel



Bijlage 6 – Uitwerking voorkeursscenario

De volgende bijlagen zijn als losse pdf-bestanden opgesteld, en worden met dit rapport meegeleverd:

- Bewonerskostenmodel DWA – Geschakelde woning -1975 Udenhout_10-4-2026
- Bewonerskostenmodel DWA – Geschakelde woning 1975-2005 Udenhout_10-4-2026
- Bewonerskostenmodel DWA – Gestapelde woning 1975-1991 Udenhout_10-4-2026
- Bewonerskostenmodel DWA – Vrijstaande woning -1975 Udenhout_10-4-2026
- Bewonerskostenmodel DWA – Vrijstaande woning 1975-2005 Udenhout_10-4-2026

DWA



Wij maken
duurzaamheid
werkend!