



**DUURZAMER
TILBURG**

TILBURGS ENERGIESYSTEEM VAN DE TOEKOMST

27 maart 2025

Definitief, revisie 1.0

INHOUDSOPGAVE

MANAGEMENTSAMENVATTING	3
INLEIDING	7
DEEL 1: ENERGIESYSTEEMSTUDIE	9
DEEL 2: ONTWIKKELSTRATEGIE	27
DEEL 3: METHODOLOGIE EN UITGANGSPUNTEN.....	50
BIJLAGEN	56

COLOFON

Opdrachtgever

Gemeente Tilburg

Opstellers

Antea Group: Gijsbert Schuur

Generation.Energy: Frida Boone, Michiel Raats, Akhilesh Shisodia, Pieter van Os

CE-Delft: Sinan Senel, Joost van den Assum

Datum

27 maart 2025

MANAGEMENTSAMENVATTING

Inleiding

Tilburg heeft de ambitie om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dit betekent dat de stad de overstap moet maken van fossiele energie naar duurzame en hernieuwbare energie. De overgang van een centraal naar een decentraal systeem, de uitfasering van aardgas en de toename van warmtenetten zijn enkele van de veranderingen die nodig zijn. Ook neemt de vraag naar elektriciteit fors toe en het huidige elektriciteitsnetwerk is hier nog niet op voorbereid. Verder zal de vraag naar koeling toenemen en zullen nieuwe technieken en technologieën, zoals waterstof en energieopslag in batterijen, worden geïntroduceerd.

Het maken van deze eerste energiesysteemstudie voor 2050 is een stap om het denken over het Tilburgs energiesysteem van de toekomst beter te laten aansluiten bij de grote economische, mobiliteits- en woningbouwopgaven. Door energie en de energietransitie nadrukkelijker mee te nemen in toekomstige stedelijke ontwikkelingen, kunnen betere afwegingen en beslissingen worden genomen voor een duurzame, leefbare en aangename stad van de toekomst. Met behulp van deze energiesysteemstudie kan de gemeente sturing geven aan opgaven in de stad, zoals de planning en doorontwikkeling van de stad als geheel, diverse gebiedsontwikkelingen, en programma's rondom mobiliteit en verduurzaming van bedrijventerreinen.

Deze energiesysteemstudie schept daarnaast randvoorwaarden en kaders, en geeft inzicht in de ruimtevraag voor het Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst (TEvdt) in 2030, 2040 en 2050. De studie is agenderend voor ruimtelijke ontwikkelingen in de stad en levert input voor gemeentelijk beleid, zoals de Omgevingsvisie 2050 en het Warmteprogramma. Het biedt handelingsperspectief voor het integraal programmeren en uitvoeren van projecten.

Toekomstbeelden

Voor de toekomstbeelden zijn de toekomstige energievraag en -aanbod met elkaar gematcht, gebruik makend van dat wat nu wel al zeker is en dat wat met een slag om de arm wordt voorzien op basis van ambities, doelen en ontwikkelingen in Tilburg, de regio en daarbuiten. Zo wordt voorzien dat de stad een divers palet aan energiedragers nodig heeft om op robuuste wijze te verduurzamen. Op basis hiervan zijn de volgende richtinggevende keuzes gemaakt:

- Grootschalige uitrol van nieuwe warmtenetten in de stad;
- Verdere elektrificatie van de energievoorziening;
- Inzet van waterstof voor bedrijfsprocessen met hoge temperatuur en zwaar vervoer;
- Ontwikkeling van decentrale (collectieve) energiesystemen met behulp van lokale en regionale energiebronnen en -opslag.

Dit uit zich in de volgende toekomstbeelden.

Gebouwde Omgeving

In 2050 zal de gehele gebouwde omgeving door middel van hernieuwbare bronnen van energie worden voorzien. Door bestaande woningen en gebouwen te isoleren neemt de energievraag af. Warmtelevering speelt in 2050 een belangrijke rol voor het invullen van de energievraag van de gebouwde omgeving. Het aantal warmtenetaansluitingen is in 2050 verdriedubbeld. Ongeveer driekwart van de gebouwen is dan op een warmtenet aangesloten.

Ondanks de ontwikkeling van warmtenetten neemt de elektriciteitsvraag fors toe, naar 50% van het totale energieverbruik. Ca. 27% van de panden – vooral die in het buitengebied en in de dorpskernen - beschikt over een all-electric of hybride warmtepomp. Ook in de buurten waar de panden op een warmtenet worden aangesloten, neemt de elektriciteitsvraag toe, bijvoorbeeld bij lokale bronnetten die warmtepompen nodig hebben om aan de warmtevraag van de panden te voldoen.

De inzet van gas (groengas in 2050) zal veel kleiner (ongeveer 5%) zijn in vergelijking met de huidige situatie met aardgas. Groengas wordt met name gebruikt voor de warmtevoorziening binnen de ringbanen, daar waar geen alternatieven mogelijk zijn.

Bedrijventerreinen

In 2050 is aardgas vervangen door elektriciteit, warmte en waterstof. Het overgrote deel van het energiegebruik wordt ingevuld door verdere elektrificatie. Waterstof zal voor industriële processen boven 200°C en een deel van de zware mobiliteit worden gebruikt. Op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion en Kraaiven concentreren zich de bedrijven met processen boven 200°C en zware mobiliteit. De verwachting is dat hier een waterstofnetwerk wordt aangelegd. Dit hangt samen met de verwachte komst van Delta-Rhine-Corridor (DRC) in de periode 2035-2040.

In 2050 liggen op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion, Kraaiven, Het Laar en Katsbogten warmtenetten voor ruimteverwarming en waar mogelijk ook voor processen tot 200°C. Bedrijven met processen onder 200°C op de andere bedrijventerreinen hebben in 2050 hun proces geëlektrificeerd. Door deze vorm van diversificatie van energiedragers wordt het elektriciteitsnet ontlast.

Mobiliteit

In 2050 zijn motorbrandstoffen vervangen door elektriciteit, waterstof en CO₂-neutrale biobrandstoffen. Europese afspraken en beleid zijn hier de belangrijkste drijfveer voor. De verwachting is dat personenauto's en licht transport elektrisch zullen zijn. Van het zwaar transport zal ca. 40% elektrisch zijn, 40% rijdt op waterstof en 20% op biobrandstoffen.

De veranderende energievraag leidt tot een forse uitbreiding van de infrastructuur voor elektrisch laden, zowel in de gebouwde omgeving als op de bedrijventerreinen. Deze infrastructuur bestaat uit veel extra AC/DC-laadpalen in de gebouwde omgeving en op de bedrijventerreinen, snellaadpleinen op Vossenbergh en Kraaiven (of Loven) voor de logistieke bedrijven, waterstof- en biobranstoftankstations op bedrijventerreinen en langs (snel)wegen, mobiliteitshubs rond onder andere stations, en walstroomlocaties voor de

binnenvaart langs het Wilhelminakanaal bij containerterminal Vossenbergh en mogelijk bij Loven.

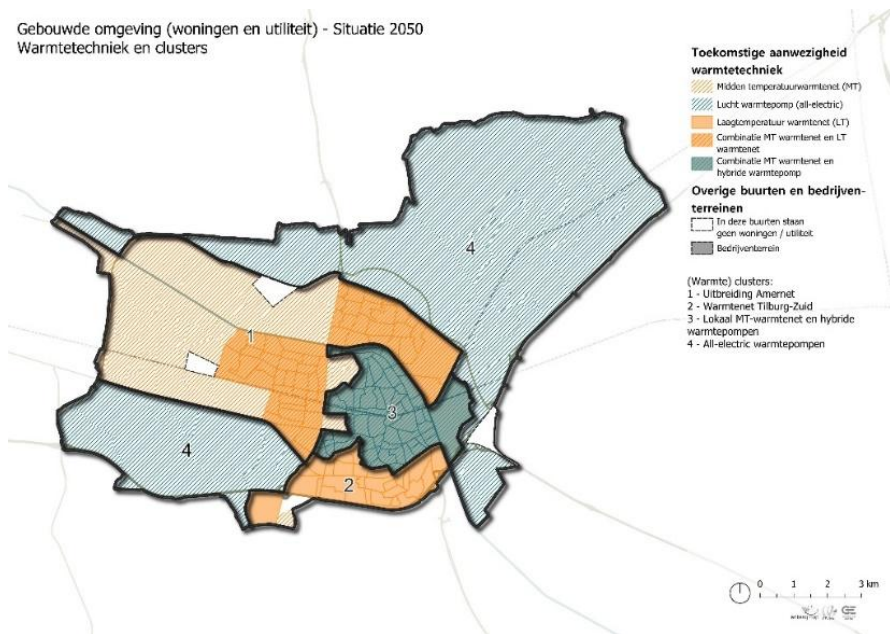
Ontwikkelstrategieën

Om in te kunnen spelen op veranderende situaties en inzichten zijn ontwikkelstrategieën uitgewerkt met alternatieven waarmee de gestelde doelen behaald kunnen worden.

Warmte

De aanleg van warmtenetten gebeurt in stappen. Nieuwbouw, verduurzaming van de corporatiewoningen en revitalisatie van bedrijventerreinen zijn een logische startmotor om ook de omringende bestaande bouw op het warmtenet aan te sluiten. De warmtenetten worden in drie clusters ontwikkeld:

1. **Uitbreiding bestaand regionaal warmtenet (Cluster 1):** in Tilburg-West en -Noord en binnen de ringbanen in de buurten rond de Veldhovenring en de Hart van Brabantlaan plus op de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven. In plaats van een uitbreiding van het regionale warmtenet, kan er ook voor worden gekozen om (bijvoorbeeld met warmtegemeenschappen) kleine of middelgrote warmtenetten te ontwikkelen.
2. **Warmtenet-Zuid (Cluster 2):** in en rond de herontwikkeling van Stappegoor met uitbreidingen naar de bestaande bouw in de omgeving buiten de ringbanen van Tilburg-Zuid en naar de bedrijventerreinen Katsbogten en Het Laar.
3. **Binnen de ringbanen en Tilburg-Oost (Cluster 3):** de helft van de panden op een lokaal warmtenet aangesloten. De andere helft van de panden krijgt een volelektrische of hybride (met groengas) warmtepomp.



Figuur 1: warmteclusters 2050

De warmtenetten worden door met name lokale bronnen gevoed. In de bronnenstrategie is op basis het bronnenregister en de voorziene ontwikkelingen een voorstel voor de inzet van de diverse warmtebronnen gedaan (o.a. aquathermie, geothermie en restwarmte). Voor alle drie clusters is de schaarse aan pieklastbronnen een aandachtspunt. Om dit te ondervangen kan energieopslag worden ingezet.

De boven- en ondergrondse ruimtelijke impact van warmtelevering is aanzienlijk. De basisinfrastructuur bestaat uit een warmtenet met warmteoverdrachtstations of energiecentrales, hulpwarmteketels, warmteonderstations en eventueel warmtebuffers. Daarnaast vragen de lokale warmtebronnen en -opslagen, zoals WKO en geothermie, veel ondergrondse ruimte.

Elektriciteit

De totale elektriciteitsvraag is in 2050 verdubbeld. Ondanks de inzet op alternatieven als warmte en waterstof is ruim de helft van de energievraag in 2050 elektrisch. De grootste toename van de vraag vindt plaats op de bedrijventerreinen als gevolg van elektrificatie van de processen en mobiliteit. Niet alleen de vraag naar elektriciteit neemt toe maar ook het aanbod. In 2050, wordt ruim 70% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag binnen de gemeentegrenzen opgewekt, grotendeels door zonnepanelen op daken. Lokaal opgewekte energie wordt op zo kort mogelijke afstand verbruikt.

Om de sterk toegenomen vraag en aanbod het hoofd te bieden, wordt het elektriciteitsnet verzaamd met dikkere kabels en meer trafostations en trafohuisjes. Hiervoor is veel extra ruimte nodig. Het aantal trafohuisjes verdubbelt en het aantal middenspanningstations neemt met 50-80% toe. Voor het opvangen van pieken en dalen in het aanbod en de vraag worden (batterij)opslagen gebouwd. Ook die vragen om veel extra ruimte, net als de laadpleinen voor het logistiek laden en de mobiliteitshubs.

Ondanks alle verzwaren van het systeem is elektriciteit ook in 2050 nog steeds een schaars goed. Een zo groot mogelijke systeemefficiëntie moet tekorten aan elektriciteit en netcongestie voorkomen. De mogelijkheden voor flexibiliteit en opslag wordt vergroot door inzet van een combinatie van energiemanagementsystemen (EMS), vraagsturing (batterij)opslagen, slimme warmtepompen en energiehubs.

Als de ontwikkeling van warmtenetten niet slaagt, dan wordt de vraag naar elektriciteit nog een stuk groter. In ruimtelijke planvormingsprocessen moet rekening worden gehouden met de inzet van alternatieven zoals een omvangrijker scenario voor elektriciteit. Waar mogelijk wordt dan alvast ruimte voor eventuele extra trafostations, batterijen, infra, etc. gereserveerd.

Waterstof en groengas

De waterstofvraag concentreert zich op de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven. Uitgangspunt is dat de benodigde waterstof wordt aangevoerd via een

aftakking van de Delta Rhine Corridor (DRC). Het beslismoment voor een aftakking van de DRC ligt in de periode 2025-2030. Als het besluit positief uitvalt, zal de DRC tussen 2035 en 2040 starten met de levering van waterstof. Alternatieven voor de DRC zijn de lokale productie van waterstof of de aanvoer per schip of per as.

Waterstof is beperkt beschikbaar en relatief duur. Daarom wordt waterstof niet ingezet in de gebouwde omgeving en slechts op de bedrijventerreinen die zijn gelegen in de directe omgeving van de DRC. Groengas is beperkt beschikbaar en wordt voorzien in een gedeelte van cluster 3.

INLEIDING

Waarom een energiesysteemstudie?

Tilburg heeft de ambitie om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Daarvoor moeten we, net als de rest van Nederland, de overstap van fossiele energie naar duurzame en hernieuwbare energie maken. We moeten tegelijkertijd onze infrastructuur aanpassen, want we zullen bijvoorbeeld veel meer elektriciteit nodig hebben en ons huidige elektriciteitsnetwerk is hier nog niet op toegerust. We gaan van een centraal naar een decentraal systeem, aardgas wordt uitgefaseerd en er komen meer warmtenetten. Ook de vraag naar koeling zal toenemen. Ook gaan we nieuwe technieken en technologie gebruiken, zoals rondom waterstof of bijvoorbeeld het opslaan van energie in batterijen. Dat alles maakt dat het plannen en ontwerpen aan het energiesysteem van overmorgen steeds belangrijker is geworden. We mogen dan wel niet precies weten welke grote technologische doorbraken of geopolitieke veranderingen er voor ons in het verschiet liggen, we hebben al vele decennia ervaring met het ontwerpen en plannen van hoe onze stad groeit en wat daar voor nodig is.

Het maken van deze eerste energiesysteemstudie voor 2050 is een stap om het denken over het Tilburgs energiesysteem van de toekomst beter te laten aansluiten bij onze grote economische, mobiliteits- en woningbouwopgave. Door energie en 'de energietransitie' hier nadrukkelijker in mee te gaan nemen kunnen we betere afwegingen en beslissingen nemen voor een duurzame, leefbare en aangename stad van de toekomst.

De komende jaren wordt steeds meer bekend over de (on)mogelijkheden ten aanzien van het toekomstige energiesysteem in Tilburg. Het is dan ook belangrijk om in verbinding met de opgaves en in continue afstemming met de omgeving, de weg of wijze te vinden die de klimaatneutrale ambitie mogelijk maakt. Het gaat om koers zoeken en koers uitzetten, met als belangrijkste resultaat een versnelling van de uitvoering van de energietransitie. Dit vraagt om inzicht, richting en sturing.

Met behulp van deze energiesysteemstudie kunnen we sturing gaan geven aan opgaves in de stad, zoals de planning en doorontwikkeling van de stad als geheel, diverse gebiedsontwikkelingen, maar ook programma's rondom mobiliteit en verduurzaming van bedrijventerreinen. Als gemeente hebben we een centrale en sturende rol hierin.

Doelstelling - een agenderende energiesysteemstudie

Deze energiesysteemstudie geeft richting, schept randvoorwaarden en kaders en geeft inzicht in de ruimtevraag voor het Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst (hierna: TEvdT) in 2030, 2040 en 2050.

De energiesysteemstudie is agenderend voor ruimtelijke ontwikkelingen in de stad. De studie en de hiermee samenhangende ontwikkelstrategie leveren input voor het gemeentelijk beleid, zoals de Omgevingsvisie 2050 en het Warmteprogramma, en bieden handelingsperspectief voor het integraal programmeren en uitvoeren van projecten.

De energiesysteemstudie beoogt het urgentiebesef, het draagvlak en de betrokkenheid voor de energietransitie te vergroten bij zowel de intern als extern betrokken partijen. Het moet voeding geven aan het gesprek tussen de betrokkenen. De toekomstbeelden in deze studie zijn daarvoor illustratief maar niet allesbepalend. Ontwikkelingen volgen elkaar snel op en de toekomstbeelden kunnen hierdoor veranderen. Het gaat vooral om de beweging die we met elkaar in gang moeten zetten om tot een robuust energiesysteem voor de toekomst te komen!

Deze energiesysteemstudie gaat niet in op de financiering of betaalbaarheid van de toekomstige energievoorziening en doet geen uitspraken over hoe de ontwikkelingen georganiseerd zijn of gaan worden (de governance).

Betrokken partijen en rollen

Deze energiesysteemstudie is tot stand gekomen in samenwerking met een groot aantal interne en externe partijen. In bijlage A is dit nader toegelicht. Om de grote opgave aan te gaan is samenwerking met anderen namelijk essentieel. Niet alleen met de collega-overheden, netbeheerders en woningcorporaties, ook met bedrijven, lokale energiecoöperaties, VvE's en sociale partners. We moeten deze partijen meenemen op onze reis naar het Tilburgse Energiesysteem van de Toekomst. Op deze manier creëren we een samenwerking waarin draagvlak, denkkraft en uitvoeringskracht ontstaat voor de maatregelen die uitgevoerd moeten worden.

Leeswijzer

Deze energiesysteemstudie bestaat uit drie delen, die worden geïllustreerd met kaarten in de bijlage:

- Deel I: de energiesysteemstudie, met hierin de leidende principes en de toekomstbeelden voor het energiesysteem in 2050.
- Deel II: de ontwikkelstrategie, met strategieën voor bronnen, opslag en infrastructuur en ontwikkelpaden voor dat toekomstig energiesysteem.
- Deel III: de methodologie, met de onderbouwing van de cijfers, de bronnen en de gekozen uitgangspunten.
- Bijlagen: betrokken partijen, kaarten, bronnenstrategie en doelenboom gemeente Tilburg.

Lijst van afkortingen

- TEvdT: Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst
- HT: hoge temperatuur (bij warmtenet)
- MT: midden temperatuur (bij warmtenet)
- LT: lage temperatuur (bij warmtenet)
- ZLT: zeer lage temperatuur (bij warmtenet)
- OBES: open bodemenergiesysteem
- GBES: gesloten bodemenergiesysteem
- TEA: thermische energie uit afvalwater
- TED: thermische energie uit drinkwater
- TEO: thermische energie uit oppervlaktewater
- WEQ: woningequivalent
- ATES: Aquifer Thermal Energy Storage, opslag van warmte in watervoerende ondergrondlagen
- PTES: Pit Thermal Energy Storage, opslag van warmte in grote geïsoleerde gegraven kuilen, die met heet water worden gevuld
- VvE: Vereniging van Eigenaren

DEEL 1: ENERGIESYSTEEMSTUDIE

1. DOELEN EN LEIDENDE PRINCIPES

1.1 Doelen

in oktober 2024 heeft de Tilburgse gemeenteraad de doelen voor het programma Energietransitie 2030 vastgesteld. Deze doelen zijn kaderstellend voor het Tilburgse Energiesysteem van de Toekomst. Het hoofddoel – conform het landelijke beleid – is om in 2050 CO₂-neutraal te zijn. De strategische doelen zijn als volgt geformuleerd:

- Energie besparen;
- Opwek hernieuwbare energie;
- Robuust energiesysteem;
- Rechtvaardig energiesysteem.

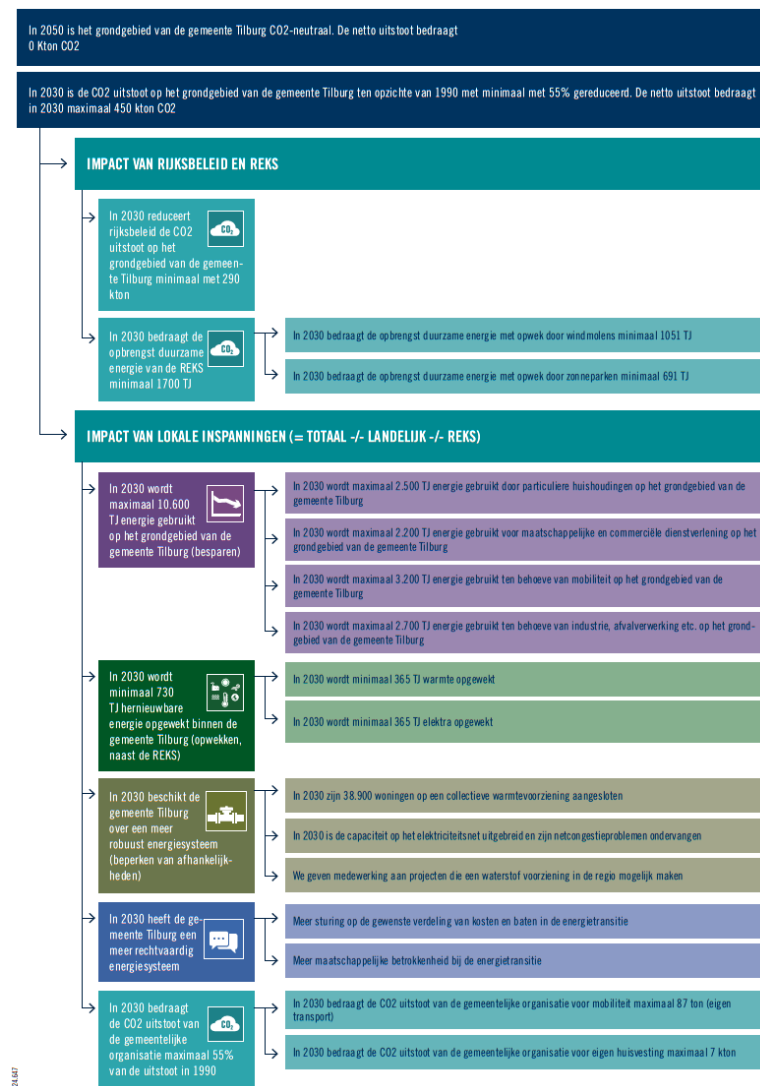
In de doelenboom (zie figuur 1 en bijlage B) zijn deze doelen verder uitgewerkt in uitvoeringsdoelen. Deze doelenboom geldt weliswaar tot 2030 maar de strategische doelstellingen zijn ook relevant voor het tijdvak tot 2050.

1.2 Leidende principes

Voor de energiesysteemstudie zijn de hierboven geformuleerde doelen de spreekwoordelijke punten op de horizon. Om daar te komen zijn leidende principes geformuleerd, die gezien kunnen worden als uitgangspunt voor het maken van keuzes over het toekomstige energiesysteem. De leidende principes voor Tilburg:

- Bieden richtsnoeren voor keuzemomenten om het toekomstbeeld van het energiesysteem in 2050 te bereiken;
- Doen recht aan de identiteit van Tilburg waar mogelijk;
- Geven sturing aan de strategieën voor bronnen, infrastructuur, opslag en energievraag;
- Bieden handelingsperspectief bij het maken van toekomstige keuzes.

De leidende principes volgen de structuur van de strategische doelen uit de doelenboom en zijn in samenspraak met de stakeholders ontwikkeld.



Figuur 1: Doelenboom

LEIDENDE PRINCIPES

Energie besparen

- Besparing: elke ontwikkeling in de fysieke leefomgeving wordt aangegrepen om energie te besparen, zowel in de gebouwde omgeving, op bedrijventerreinen, in de mobiliteit en in de landbouw.
- Vermindering piekvraag: individuele gebruikers werken mee aan het minimaliseren van pieken in het energieverbruik.
- Sturing piekvraag: actieve maatregelen worden ingezet om pieken in het energieverbruik te verminderen.

Robuust energiesysteem

- Diversificatie: om het elektriciteitssysteem te ontlasten en netcongestie te voorkomen zetten we voor de warmtevraag en de bedrijfsprocessen zoveel mogelijk in op alternatieve energiebronnen (warmte, duurzame gassen).
- Geen onnodige infrastructuur: er wordt zoveel mogelijk voortgebouwd op de bestaande (en geplande) infrastructuur. In buurten worden geen dubbele warmtenetwerken aangelegd.
- Voorrang voor collectief: collectieve energieoplossingen prevaleren boven individuele energieoplossingen.
- Schaarste: bij schaarste worden de duurzame energiebronnen volgens een prioriteringsladder verdeeld:
 - ✓ Warmte: de inzet van HT- en MT-bronnen is beperkt tot de bestaande bouw en industriële processen
 - ✓ Elektriciteit: volgens prioriteringsladder ACM (maatschappelijk prioriteren)
 - ✓ Waterstof: Industrie/bedrijven gaat voor mobiliteit (zwaar transport). Geen waterstof voor gebouwde omgeving
 - ✓ Groengas: volgens landelijke prioriteringsladder
- Ruimtelijke ordening: we maken zo efficiënt mogelijk gebruik van de ruimte, zowel boven- als ondergronds:
 - ✓ De energieopwek wordt op zo kort mogelijke afstand van de energievraag ontwikkeld teneinde het energietransport te minimaliseren.
 - ✓ bij de opwek van wind- en zonne-energie worden wind- en zonneparken bij voorkeur ruimtelijk geclusterd.
 - ✓ Om (tijdelijke) tekorten en overschotten in balans te brengen wordt ruimte voor lokale opslag en buffering gereserveerd.
 - ✓ Het energiesysteem is een volwaardig integraal onderdeel van de afwegingen voor ruimtelijke ordening en planvorming. Een optimale benutting van de energiepotentie in het gebied en meervoudig ruimtegebruik zijn hierbij het uitgangspunt
 - ✓ Bronnen voor gebouwgebonden bodemenergiesystemen, decentrale energiecentrales, trafo's en andere onderdelen voor het energiesysteem worden bij nieuwbouw inpassend op het private perceel geplaatst.

Opwek hernieuwbare energie

- Strategische autonomie: de inzet van lokale of regionale duurzame energiebronnen heeft de voorkeur boven (inter)nationale bronnen.
- Diversificatie van energiedragers: we ontwikkelen op robuuste wijze bronnen voor een breed pallet aan energiedragers (duurzame elektriciteit, duurzame warmte, groengas en groene waterstof)
- Maximaal aanbod: uit lokale bronnen ontwikkelen we een maximaal aanbod aan duurzame energie passend bij de hoogste vraagscenario's en bij de aanwezigheid of toekomstige infrastructuur (incl. opslag).
- Sturing piekopwek: Individuele opwekkers werken mee aan het minimaliseren van pieken in de energieopwek.

Rechtvaardig energiesysteem

- Betaalbaar en toegankelijk: voor de basisbehoefte is energie betaalbaar en toegankelijk voor iedereen
- Zo laag mogelijke maatschappelijke kosten:
 - Zo laag mogelijke kosten voor de eindgebruiker: eindoplossing is niet duurder dan alternatieve duurzame energieoplossingen.
 - Zo laag mogelijke kosten voor de energieketen: de eindoplossing maakt een businesscase voor gezonde bedrijfsvoering mogelijk
- Inclusiviteit: lokaal opgewekte energie is toegankelijk en aantrekkelijk voor lokale gebruiker
- Collectief belang: collectief belang gaat boven het individuele belang bij de te maken keuzes voor het energiesysteem.

2. TOEKOMSTBEELDEN 2050

2.1 Een blik in de toekomst

Een blik werpen op het Tilburgse energiesysteem van 2050 is vooruit kijken naar een toekomst die ongewis is. In de toekomstbeelden hebben we ons gebaseerd op wat we nu wel al met zekerheid weten en dat wat we met een slag om de arm voorzien, kleine en grote ontwikkelingen in Tilburg, de regio en daarbuiten. Verder hebben we de ambities en doelen die er door bijvoorbeeld de gemeente of andere overheden zijn geformuleerd, betrokken en gekeken hoe het Tilburgse energiesysteem van de toekomst er uit kan zien.

In de volgende paragrafen zien we dat in 2050 warmtenetten het overgrote deel van de stad Tilburg van warmte en soms ook koelte voorzien. Dat betekent dat de komende 25 jaar er in grote delen van de stad wordt geïnvesteerd in nieuwe, aanvullende warmtenetten en het uitbouwen of het nog beter benutten van het bestaande warmtenet. Die groei zal op tal van plekken parallel aan elkaar plaatsvinden, afhankelijk van de mogelijkheden en transformaties die in de stad tot stand komen. Dat maakt ook dat er verschillende keuzes gemaakt zullen worden van wijk tot wijk of buurt tot buurt.

Daarnaast zal het elektriciteitsnetwerk van Tilburg drastisch worden uitgebreid. Door de toename in vraag naar elektriciteit door bijvoorbeeld elektrische auto's, warmtepompen op plekken waar geen warmtenet kan worden gerealiseerd en de bedrijven, moet er veel meer capaciteit worden gerealiseerd dan voorheen. Deze uitbreidingen en verzwaringen spelen overal in Tilburg, van het hoogspanningsnet tot onderstations in de wijken en buurten. Voor de komende 15 jaar worden deze uitbreidingen al vrij gedetailleerd gepland en voorzien door netbeheerder Enexis, de periode na 2035 is nog een stuk minder duidelijk.

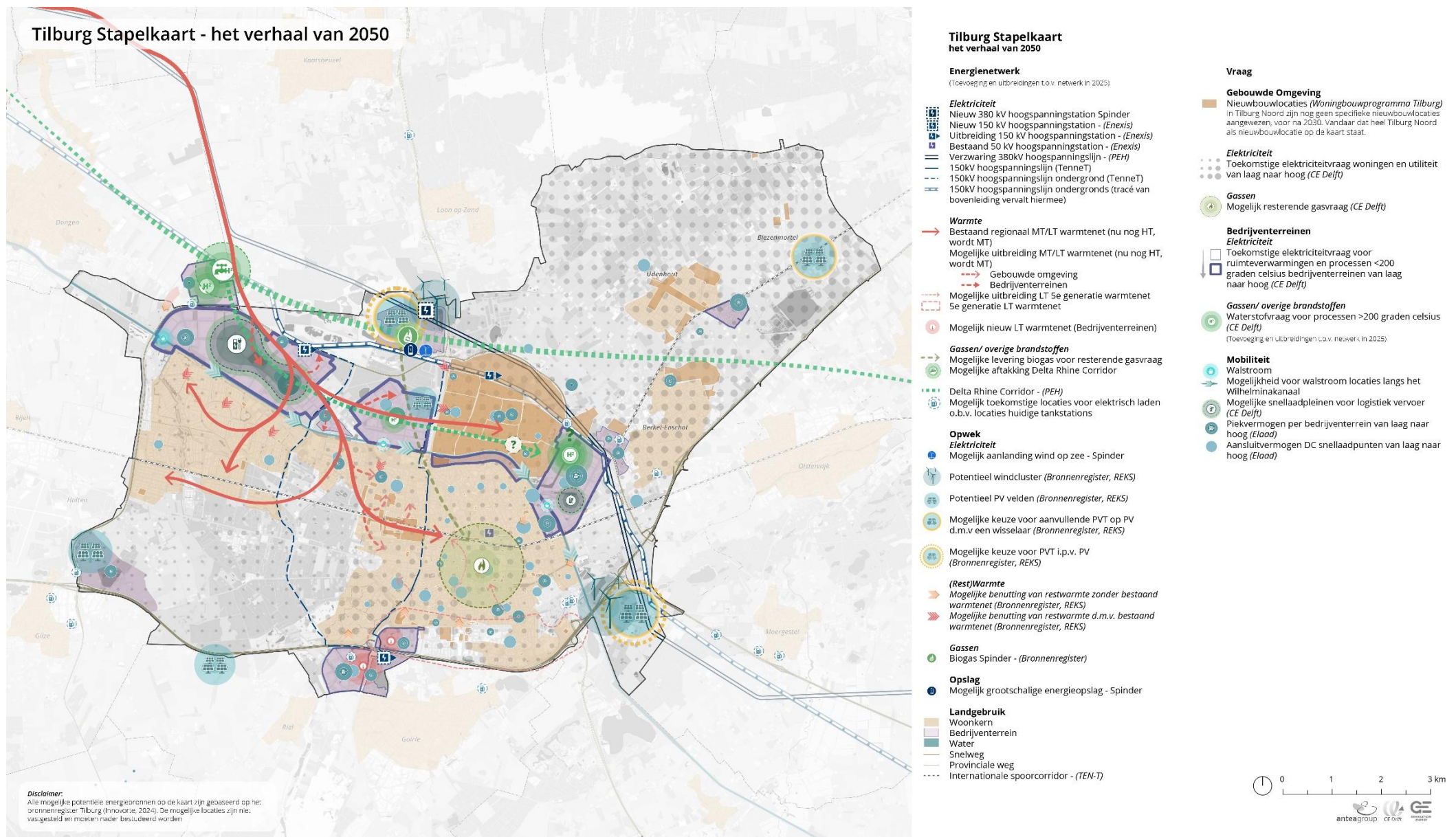
Wat ook nog niet uitgekristalliseerd is, zijn de mogelijkheden en onmogelijkheden rondom waterstof.

De Rijksoverheid voorziet dat met de zogenaamde Delta Rhine Corridor een belangrijke buisleiding wordt gerealiseerd voor het transport van waterstof vanaf de Rotterdamse haven door Noord-Brabant en Limburg. Deze corridor zal aan de noordzijde van Tilburg passeren waardoor het aannemelijk lijkt een deel van de industriële activiteiten op bedrijventerreinen in Tilburg-Noord van waterstof te voorzien. In welke mate en wanneer er waterstof voorhanden is, voor welke bedrijvigheid en hoe de infrastructuur hiervoor ingepland en aangelegd moet worden is echter nog erg onduidelijk.

Ook rondom groengas is nog onzekerheid, vooral inzake de politieke wenselijkheid van dergelijke bronnen. Wat vrij zeker is, is dat het een transitiebrandstof kan zijn, op weg naar een duurzame en uitstootvrije toekomst. En als we naar 2050 kijken ligt het voor de hand om in delen van het centrum, waar er niet altijd ruimte en mogelijkheden zijn voor warmtenetten of all-electric oplossingen, te werken met hybride oplossingen die groengas gebruiken. Dit kan via het bestaande gasnetwerk worden geleverd.

Het energiesysteem is een bundeling van de hierboven kort beschreven ontwikkelingen, zekerheden en onzekerheden. Het ontwikkelt zich ook continu in samenhang. Dat leidt tot een stapeling van ontwikkelingen die naar 2050 voorzien zijn. De hieronder opgenomen 'stapelkaart' geeft op een schematische wijze weer welk toekomstbeeld er voor het Tilburgs energiesysteem in 2050 geschetst kan worden. In de volgende hoofdstukken wordt er per sector stilgestaan bij het toekomstbeeld van 2050 en wordt in meer detail geschetst hoe het energiesysteem zich ontwikkelt.

Zie voor een uitgebreide analyse van de energiebronnen, -opslag en -infrastructuur de [Bronnenstrategie](#) in bijlage D.



Figuur 2: Integraal toekomstbeeld energiesystemen 2050

2.2 Toekomstbeeld 2050 gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving betreft alle woningen en utiliteitsgebouwen buiten de bedrijventerreinen. De gemeente verwacht dat in 2050 het aantal inwoners in Tilburg met 36.000 is toegenomen¹. Daarvoor zijn ca. 30.000 extra woningen nodig maar ook ruimte voor bedrijven, winkels, scholen en parken. Het aantal arbeidsplaatsen in de gemeente stijgt met ca. 25.000. De voorziene toename van het aantal woningen, arbeidsplaatsen en voorzieningen zal vooral binnen de bestaande gebouwde omgeving moeten plaatsvinden. Dit betekent dat bestaande woongebieden en bedrijventerreinen verdicht gaan worden: meer woningen en bedrijven op een hectare. Niet overal in de stad worden extra woningen en voorzieningen bijgebouwd.

De verdichting wordt geconcentreerd in gebieden in Tilburg-Noord, Tilburg-West & Kenniskwartier, Tilburg-Zuid (met name rond Stappegoor en het ETZ) en binnenstad, zie figuur 3¹. In de kaartbeelden 1 t/m 3 in bijlage C zijn de specifieke nieuwbouwlocaties tot 2030 te zien en de gebieden waar na 2030 gebouwd zal gaan worden.

Circa tweederde van de nieuwe arbeidsplaatsen zal buiten de bedrijventerreinen liggen. Dit betreft met name banen in het onderwijs en de zorg. Er vindt een verschuiving plaats naar banen in meer 'hoogwaardige' maak- en kennisindustrie.

In de inbreidingsgebieden worden woningen, voorzieningen en werkgelegenheid gemengd gebouwd. De linten en herdgangen vormen verbindingen en ringsnoeren tussen verschillende stedelijke gebieden. Door de verdichting neemt de schaarste in ruimte toe. Nieuwe concepten voor dubbel ruimtegebruik en woningsplitsing zullen nodig zijn om deze schaarste het hoofd te bieden.



Figuur 3: concentratiegebieden nieuwbouw (bron: Gemeente Tilburg)

¹ Prognose SRBT, gebruikt voor de actualisatie van de Omgevingsvisie 2040: <https://www.volkshuisvestingnederland.nl/documenten/publicaties/2023/04/21/woondeal-noordoost-brabant>. In 2026 resulteert dit in de Omgevingsvisie 2050.

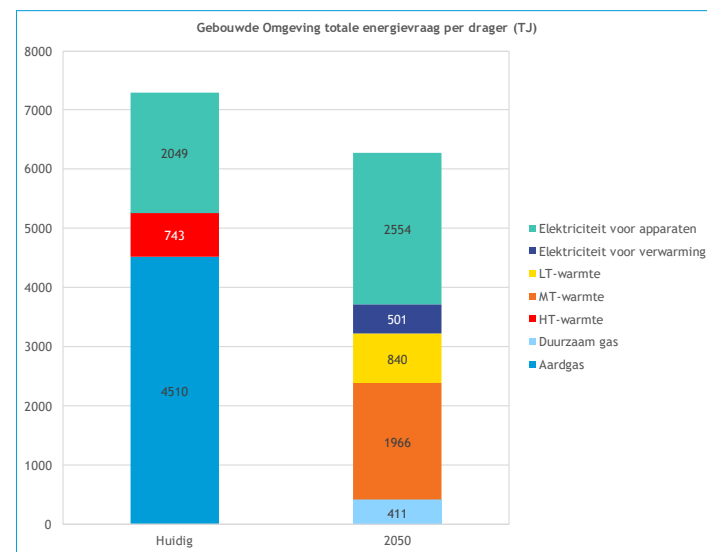
Energievraag gebouwde omgeving (excl. mobiliteit)

Op dit moment wordt 72% van de energievraag in de gebouwde omgeving gebruikt voor warmte en 28% voor elektrische apparaten en verlichting, zie figuur 4. De warmtevraag wordt grotendeels ingevuld door aardgas (ruim 85%). Hoewel 20% van de panden in Tilburg op een warmtenet aangesloten is, bedraagt het warmtegebruik maar ongeveer 15% van de totale warmtevraag. De kaart in figuur 5 laat zien in welke buurten gebouwen op het warmtenet aangesloten zijn (kaartbeeld 4 in Bijlage C). In sommige buurten zoals in Tilburg-Noord en -West zijn de gebouwen voor het koken ook aangesloten op aardgas of is slechts een deel van de gebouwen aangesloten op het warmtenet.

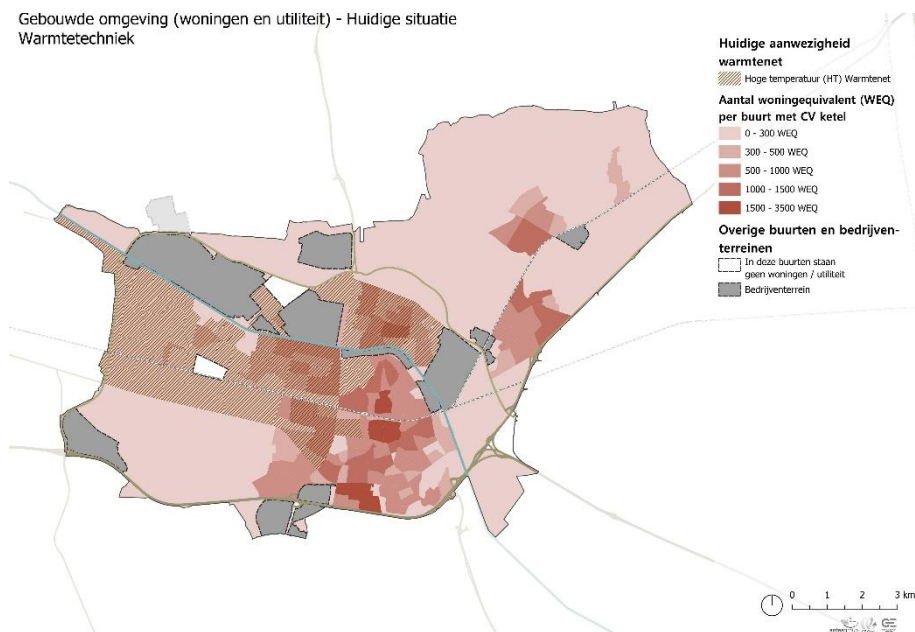
In 2050 zal de gehele gebouwde omgeving door middel van hernieuwbare bronnen van energie worden voorzien. Door bestaande woningen en gebouwen te isoleren tot midden temperatuur of lage temperatuur standaard neemt de energievraag af. Warmtelevering speelt in 2050 een belangrijke rol voor het invullen van de energievraag van de gebouwde omgeving. Aangenomen wordt dat ca. 73% van de gebouwen dan op een warmtenet aangesloten is (midden temperatuur (MT) of laagtemperatuur (LT) warmtenetten), zie hiervoor figuur 4 en de kaartbeelden 5 t/m 8 in bijlage C.

Ook de elektriciteitsvraag neemt fors toe, naar 50% van het totale energieverbruik. Ca. 27% van de panden beschikt namelijk over een all-electric of hybride warmtepomp. Ook in de buurten waar de panden op een warmtenet wordt aangesloten, neemt de elektriciteitsvraag toe, bijvoorbeeld bij lokale bronnetten die warmtepompen nodig hebben om aan de warmtevraag van de panden te voldoen. Zie kaartbeelden 9 en 10 in bijlage C. Wat nog niet in deze prognose is meegenomen, is de toename van airco's om aan de koeltevraag te voldoen. Onduidelijk is in welke mate dit gaat gebeuren maar hierdoor zal de elektriciteitsvraag nog verder toenemen (maximaal ca. 3%).

De inzet van gassen (groengas in 2050) zal veel kleiner (ongeveer 5%) zijn in vergelijking met de huidige situatie met aardgas. Gassen worden met name gebruikt voor de warmtevoorziening binnen de ringbanen, daar waar geen alternatieven mogelijk zijn.



Figuur 4: energievraag gebouwde omgeving (excl. mobiliteit)



Figuur 5: huidige situatie warmtetechniek gebouwde omgeving

Energiebronnen en infrastructuur gebouwde omgeving

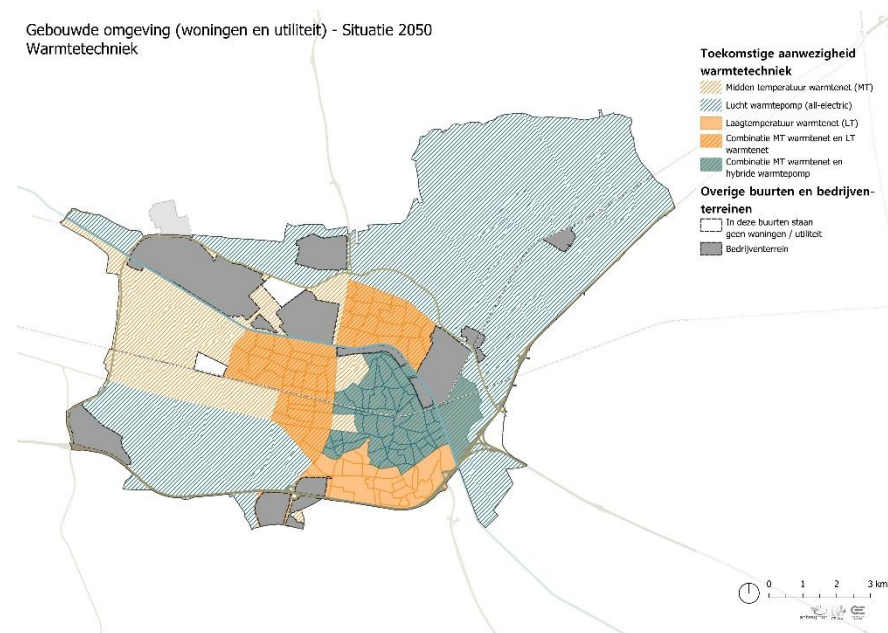
Het aantal warmtenetaansluitingen neemt toe van ca. 26.000 weq nu naar ca. 120.000 weq in 2050. Voor de buurten in en om het bestaande regionale warmtenet kan dit door dit warmtenet uit te breiden. Alternatief is om lokale netten te ontwikkelen die vervolgens op het regionale net kunnen worden aangesloten. De overige geschikte buurten worden in warmteclusters op lokale bronnen (aquathermie TEO/TEA/TED plus WKO, diepe en ondiepe geothermie, restwarmte) aangesloten. De warmtetechniek wordt per warmtecluster bepaald door de warmtevraag van de gebouwen (LT of MT) en de beschikbare bronnen. Zie voor de verschillende toekomstige warmtetechnieken figuur 6 (kaartbeeld 11 in bijlage C) .

In het centrum zal het, door een combinatie van beperkte ruimte in de boven- en ondergrond en weinig beschikbare bronnen, lastig zijn om warmtenetten aan te leggen. Aangenomen wordt dat in 2050 ongeveer de helft van de panden in het centrum door (hybride-) warmtepompen van warmte worden voorzien. De overige panden worden op kleinschalige MT/LT-warmtenetten aangesloten, gevoed door lokale warmtebronnen. De nieuwbouw sluit aan op de LT-retourleiding van deze warmtenetten of op lokale kleinschalige LT-netten, gevoed door lokale bronnen. In het centrum zal dus een grotere nadruk liggen op de verzwaring van het elektriciteitsnet dan in de gebieden waar een warmtenet komt te liggen.

Vooraf in de buitengebieden en de dorpskernen (Berkel-Enschot, Udenhout) neemt de elektriciteitsvraag fors toe door de inzet van elektrische warmtepompen. Het elektriciteitsnet zal vrijwel overal moeten worden verzwaid, in de ene buurt meer dan in de andere. Dit moet afgestemd worden met de netbeheerder.

Groengas gebruikt de bestaande aardgasinfrastructuur. Hiervoor hoeven geen nieuwe installaties te worden aangelegd in de gebouwde omgeving.

Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Situatie 2050
Warmtetechniek



Figuur 6: toekomstige situatie warmtetechniek gebouwde omgeving

Tilburgs warmtenet van de toekomst

In 2050 zien wij een Tilburgs warmtenet met 120.000 aansluitingen. De groei van het warmtenet zal modulair en clustergewijs plaatsvinden en doorgroeien naar het Tilburgs warmtenet van de toekomst.

Ruimtelijke impact energievoorziening gebouwde omgeving

De boven- en ondergrondse ruimtelijke impact van warmtelevering is aanzienlijk. De basisinfrastructuur bestaat uit een warmtenet met warmteoverdrachtstations of energiecentrales, hulpwarmteketels, warmteonderstations en eventueel warmtebuffers. Daarnaast vragen de lokale warmtebronnen en -opslagen, zoals WKO en geothermie, veel ondergrondse ruimte.

De ruimtelijke impact van de elektriciteitsinfrastructuur is vooral bovengronds. Het aantal MS/LS-trafohuisjes in de gebouwde omgeving neemt gemiddeld met een factor twee toe. Een deel kan inpandig worden geplaatst - vooral bij nieuwbouw in de stedelijke omgeving - maar het grootste deel zal in het openbare gebied moeten worden geplaatst.

Daarnaast vragen leidingen en leidingstraten voor bijvoorbeeld duurzame gassen om ruimte.

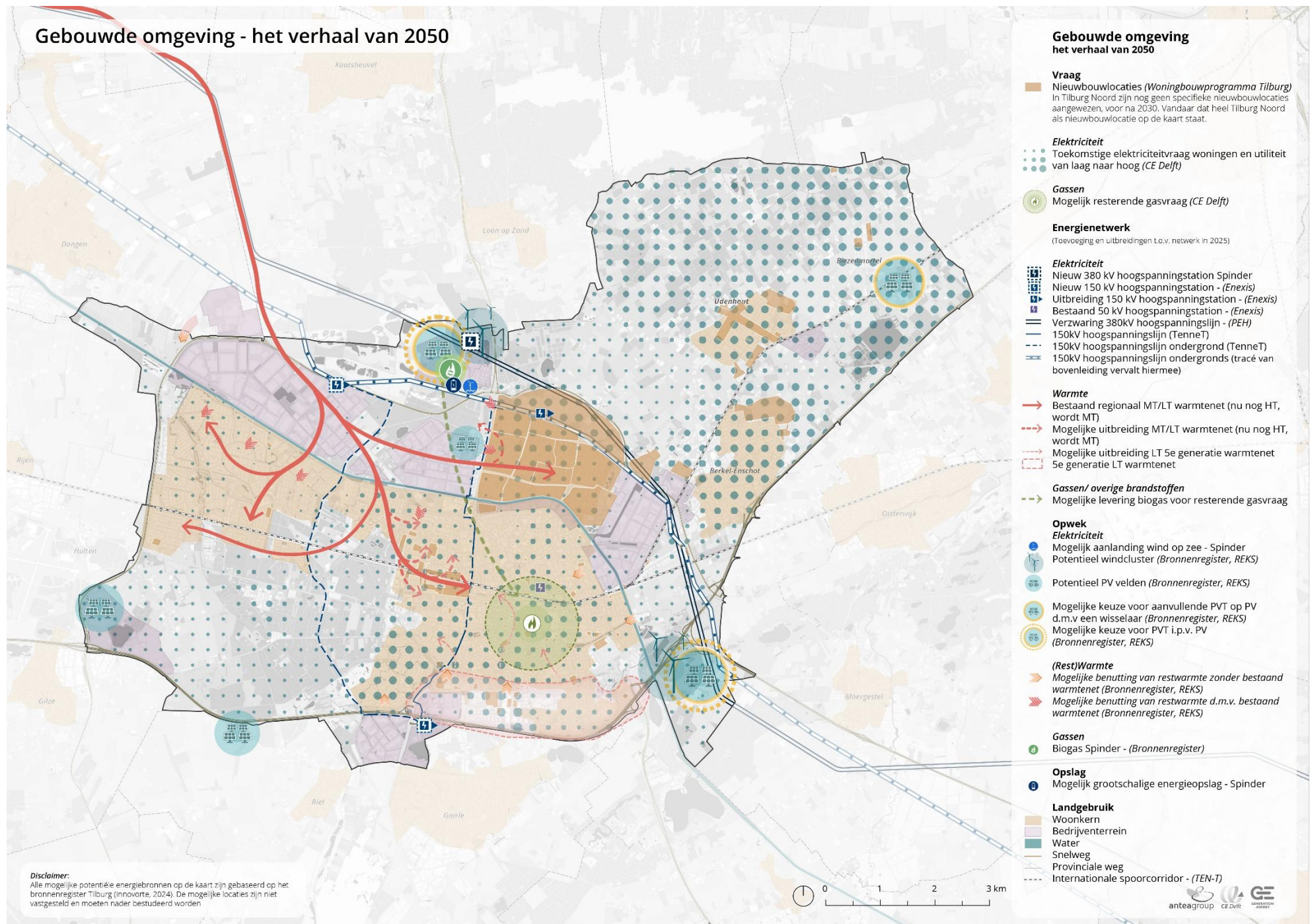
Toekomstbeeld 2050 gebouwde omgeving

De hiervoor beschreven ontwikkelingen in de gebouwde omgeving zijn met de uitgangspunten verbeeld in de figuur op de volgende pagina (figuur 7) en in het kaartbeeld 12 van bijlage C.

Samenvatting toekomstbeeld:

- Ca. 73% van de panden is aangesloten op een warmtenet en rest op een (hybride of vol-elektrische) warmtepomp.
- Maximaal 24.000 bestaande WEQ en 23.000 nieuwbouw-WEQ extra op het regionale warmtenet. Dit kunnen ook eerst kleine lokaal gevoede clusters zijn die vervolgens op het regionale warmtenet worden aangesloten.
- Ca. 45.000 WEQ op een warmtenet gevoed door lokale bronnen (TEO/TEA, OBES/GBES, geothermie en restwarmte).
- In het centrum lokaal MT-warmtenet voor ca. 50% van de panden. Verder een combinatie van (hybride) warmtepompen en groengas.

Gebouwde omgeving - het verhaal van 2050



Figuur 7: Toekomstbeeld gebouwde omgeving 2050

2.3 Toekomstbeeld 2050 bedrijventerreinen

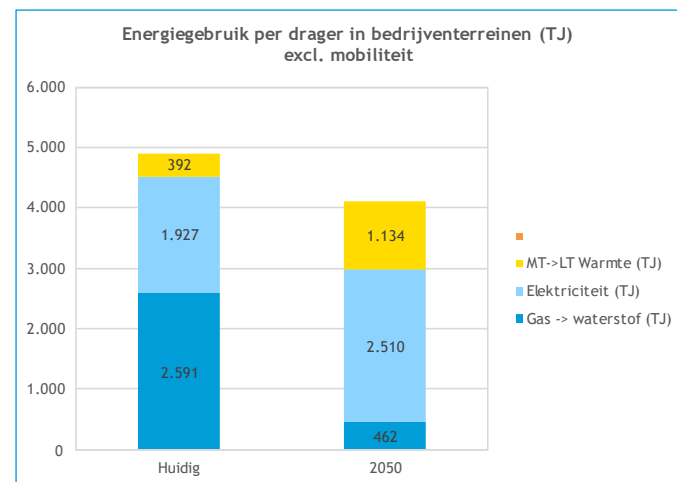
Tilburg telt elf bedrijventerreinen². Verwacht wordt dat in 2050 de bedrijvigheid op de bedrijventerreinen met 5% (+600.000 m² BVO) is gegroeid. Deze groei vindt plaats binnen de huidige begrenzing van de bedrijventerreinen, dus door middel van inbreiding en verdichting. Met de huidige beschikbare inzichten nemen we aan dat het type bedrijvigheid en de milieucategorieën in Tilburg in 2050 niet wezenlijk afwijken van wat er nu is. De milieucategorieën worden wel beter benut. Dat wil zeggen dat op bijvoorbeeld een bedrijfsterrein met een milieucategorie 5 ook daadwerkelijk een bedrijf uit deze categorie actief is. De focus ligt op distributiebedrijven, hightechbedrijven, chemie en maak- en procesindustrie. Ook de clustering van bedrijven is naar verwachting vergelijkbaar met de huidige situatie.

Energievraag bedrijventerreinen (excl. mobiliteit)

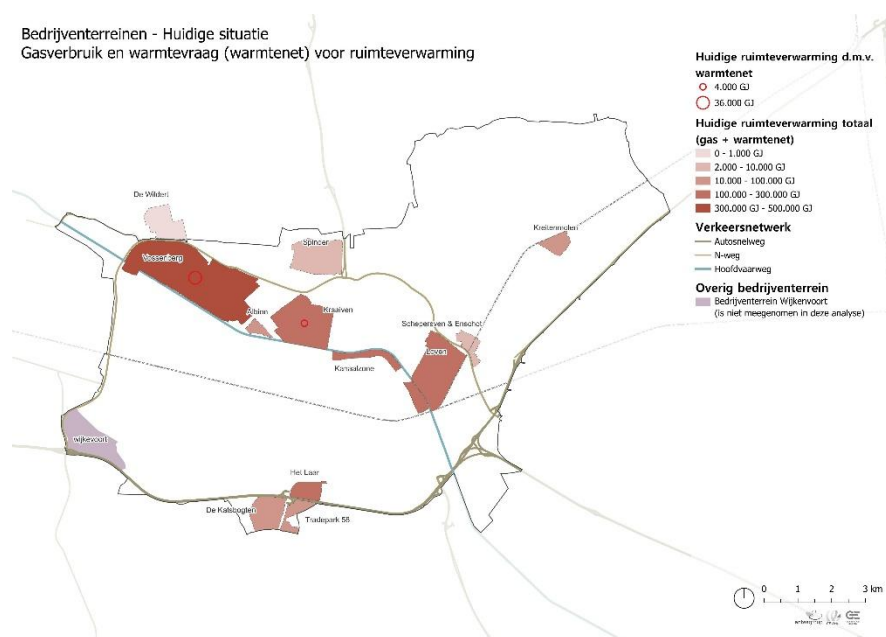
Momenteel is aardgas de belangrijkste energiedrager voor gebouwverwarming en processen op de Tilburgse bedrijventerreinen, zie figuur 8. Ca. 50% van de totale aardgasvraag op de Tilburgse bedrijventerreinen wordt gebruikt voor industriële processen, zie hiervoor kaartbeeld 13 in bijlage C. De overige 50% wordt gebruikt voor ruimteverwarming. Een deel van de bedrijven op de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven is op het regionale warmtenet aangesloten, zie figuur 9 en kaartbeeld 14 in bijlage C.

In 2050 is aardgas vervangen door elektriciteit, warmte en waterstof, zie figuur 10. Waterstof zal voor industriële processen boven 200°C worden gebruikt. Processen onder 200°C elektrificeren of maken gebruik van (opgewaardeerde) warmte uit een warmtenet.

² Vossenbergh, Albion, Kraaiven, Kanaalzone, Loven, Spinder, Katsbogten, Het Laar, Tradepark 58, Schepersven & Enschoot, Kreitenmolen. Wijkervoort is nog niet gerealiseerd en onbekend is wat de energievraag hier zal zijn.



Figuur 8: Totaal energieverbruik elf Tilburgse bedrijventerreinen (excl. mobiliteit)



Figuur 9: Huidige warmtevraag bedrijventerreinen voor ruimteverwarming

Ondanks de groei van de bedrijvigheid daalt de energievraag fors door isolatie van gebouwen, overige energiebesparende maatregelen en efficiëntieverbetering door onder andere elektrificatie van industriële processen.

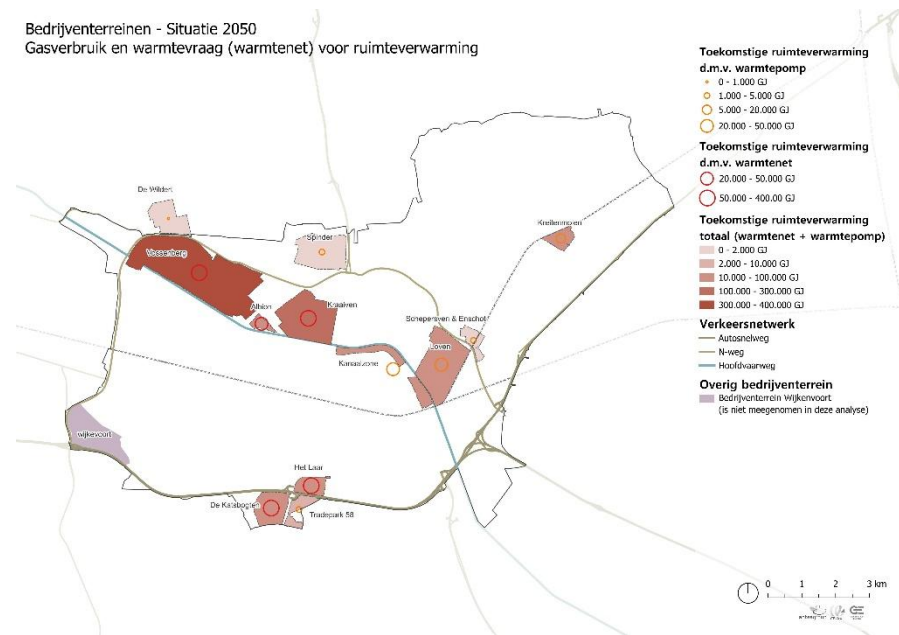
Bronnen en infrastructuur bedrijventerreinen

In 2050 liggen op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion, Kraaiven, Het Laar en Katsbogten warmtenetten voor ruimteverwarming en waar mogelijk ook voor processen tot 200°C. Voor Vossenbergh, Albion en Kraaiven wordt dit gerealiseerd door uitbreiding van het reeds bestaande warmtenet en voor Het Laar en Katsbogten door uitbreiding van Warmtenet-Zuid, zie figuur 10 (kaartbeeld 15 in bijlage C). Door op deze bedrijventerreinen in te zetten op warmte, wordt het elektriciteitsnet minder belast en hoeft minder te worden verzwakt. Ook worden bedrijven door deze vorm van diversificatie minder afhankelijk van één energiedrager.

Als alternatief voor de uitbreiding van bestaande warmtenetten, kunnen lokale warmteclusters, gevoed door lokale bronnen (aquathermie TEO/TEA, ondiepe en diepe geothermie, restwarmte) worden ontwikkeld. De warmtetechniek wordt per warmtecluster bepaald door de warmtevraag van de gebouwen (LT of MT) en de beschikbare bronnen. Deze warmteclusters kunnen ook met de omliggende gebouwde omgeving worden verbonden.

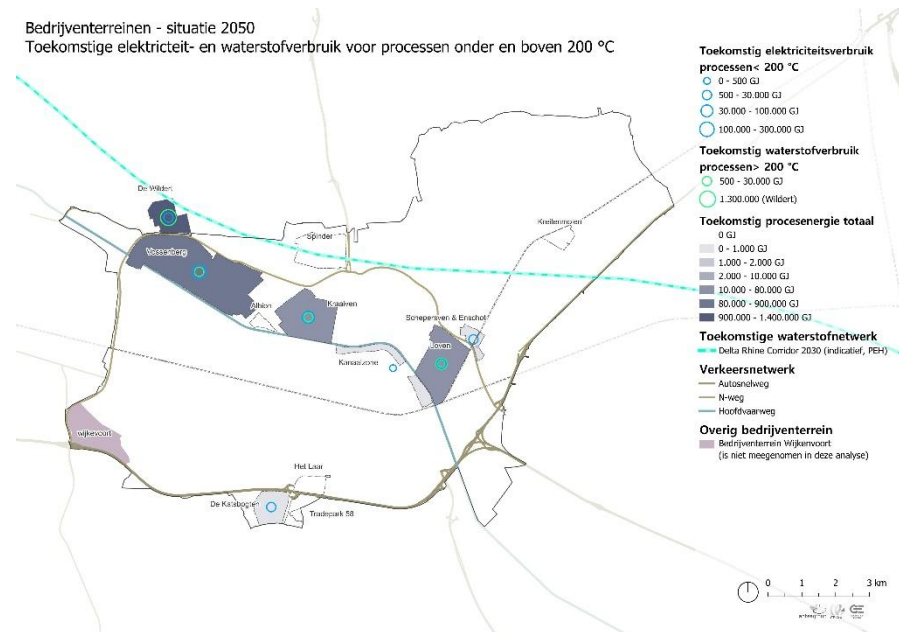
Omdat de processen van de bedrijven steeds efficiënter worden, zal de beschikbaarheid van restwarmte dalen. Restwarmte zal in de eerste plaats binnen het bedrijf worden hergebruikt voor processen of ruimteverwarming. Met name bij elektrificatie is slechts een kleine hoeveelheid beschikbaar voor uitkoppeling naar de omgeving. Bedrijven die gebruik maken van een verbranding door waterstof of groengas produceren nog wel restwarmte.

Bedrijventerreinen - Situatie 2050
Gasverbruik en warmtevraag (warmtenet) voor ruimteverwarming



Figuur 10: warmtevraag bedrijventerreinen voor ruimteverwarming in 2050

Bedrijventerreinen - situatie 2050
Toekomstige elektriciteits- en waterstofverbruik voor processen onder en boven 200 °C



Figuur 11: energievraag bedrijventerreinen voor processen in 2050

Op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion en Kraaiven concentreren zich de bedrijven met processen boven 200°C en zware mobiliteit. De verwachting is dat hier een waterstofnetwerk wordt aangelegd, zie ook figuur 11 (kaartbeeld 16 in bijlage C). Dit hangt samen met de verwachte komst van Delta-Rhine-Corridor (DRC) in de periode 2035-2040. Dit is het initiatief om meerdere ondergrondse buisleidingen aan te leggen tussen Rotterdam en de Duitse grens, via de industrie in Moerdijk en Geleen. Uitgangspunt is namelijk dat de Delta-Rhine-Corridor (DRC) ook Tilburg zal passeren. Ter hoogte van bedrijventerrein de Wildert in Dongen ontstaat de mogelijkheid voor een lokale aftakking ('kraantje'). Hier is de waterstofvraag meer dan het dubbele van dat in Tilburg. Van daaruit wordt de aftakking doorgelegd naar de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven. Mogelijk kan het waterstofnetwerk ook naar Loven worden doorgetrokken.

Bedrijven met processen onder 200°C op de andere bedrijventerreinen hebben in 2050 hun proces geëlektrificeerd. Op de Tilburgse bedrijventerreinen wordt dan fors meer lokale elektriciteit opgewekt door PV(T)-panelen op de daken van de bedrijven. Om de toegenomen vraag en aanbod van elektriciteit te kunnen verwerken, zal een groot deel van het elektriciteitsnet op de bedrijventerreinen zijn verzwakt. Met congestiemanagement en lokale opslag in batterijen en andere media en energiehubben worden pieken en dalen in de stroomvraag gebalanceerd. Ondanks deze maatregelen kan lokaal nog steeds sprake zijn van (tijdelijke) schaarste aan elektriciteit of netcongestie.

Ruimtelijke impact energievoorziening bedrijventerreinen

Met name op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion en Kraaiven vragen de systemen voor warmte, waterstof en elektriciteit om veel extra boven- en ondergrondse ruimte.

Specifiek betreft dit:

- Warmte: ondergronds warmtenet met warmteoverdrachtstations of energiecentrales, hulpwarmteketels, warmteonderstations en eventueel warmtebuffers. Als lokale warmtebronnen en -opslagen zoals OBES/GBES worden ontwikkeld, vragen deze veel ondergrondse ruimte;
- Waterstof: ondergronds buizenetwerk met bovengrondse regelinstallaties;
- Elektriciteit: ondergronds meer en dikkere kabels en bovengronds meer HS-MS en MS-LS trafostations, batterijopslagen (of andere media).

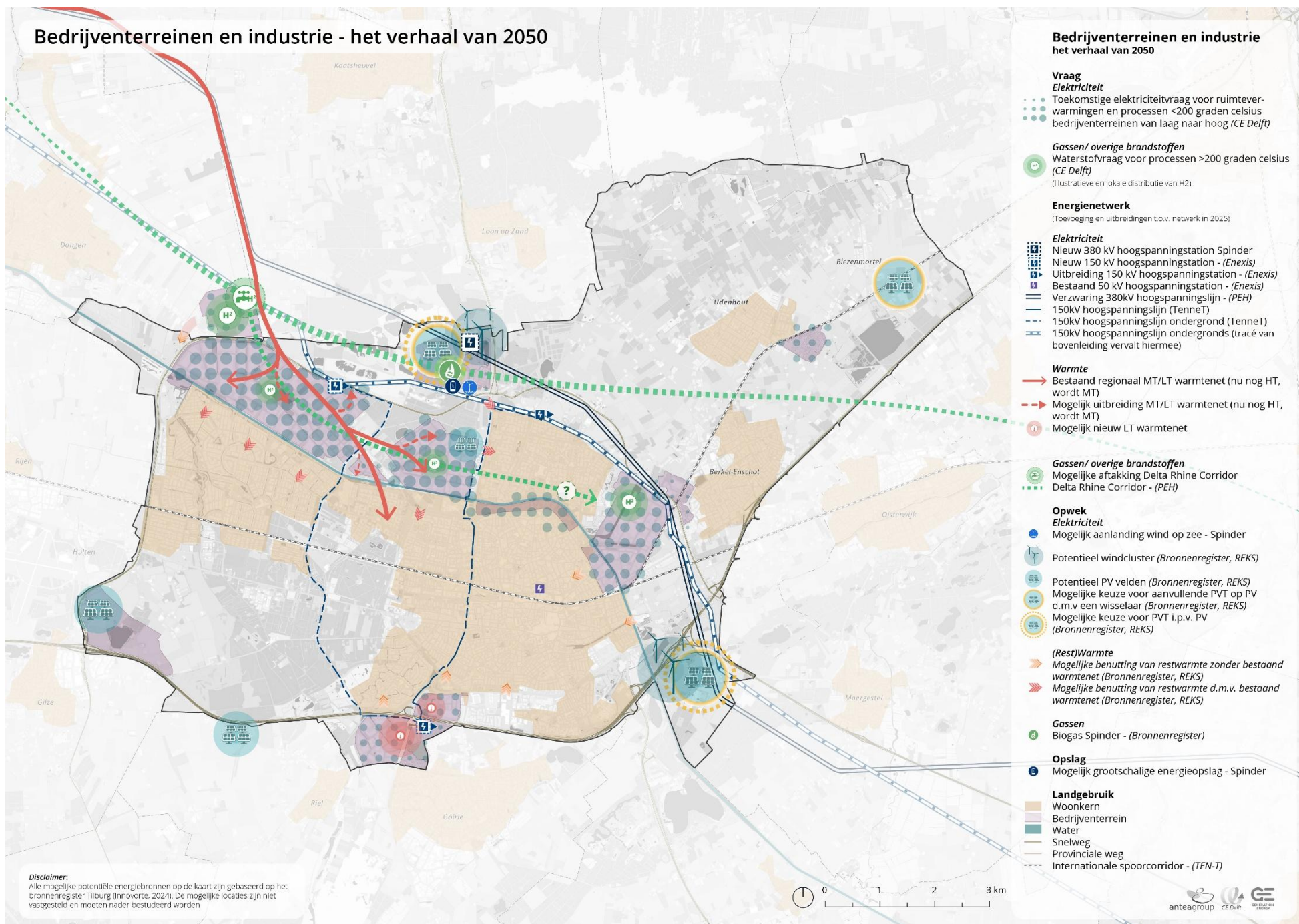
Omdat op de andere bedrijventerreinen alleen een warmte- en verzwakt elektriciteitsnetwerk komt te liggen (Katsbogten en Het Laar) of alleen elektriciteit (overige bedrijventerreinen) is de ruimtelijke impact daar minder.

Toekomstbeeld 2050 bedrijventerreinen

De hiervoor beschreven ontwikkelingen industrie en bedrijventerreinen zijn met de uitgangspunten verbeeld in de figuur op de volgende pagina (figuur 12) en in kaartbeeld 17 in bijlage C.

Samenvatting toekomstbeeld:

- Processen boven 200°C gebruiken waterstof (Vossenbergh, Albion, Kraaiven) dat wordt aangevoerd via een aftakking van de DRC.
- Processen onder 200°C elektrificeren of gebruiken warmte uit warmtenet.
- Warmtenetten op Vossenbergh, Albion, Kraaiven, Het Laar en Katsbogten.
- Ruimteverwarming op overige bedrijventerreinen d.m.v. elektrische warmtepompen.



Figuur 12: Toekomstbeeld bedrijventerreinen 2050

2.4 Toekomstbeeld 2050 mobiliteit

Omdat het aantal inwoners en de bedrijvigheid groeien, zal ook het aantal personen- en vrachtauto's toenemen, naar verwachting met respectievelijk 0,4% en 1% per jaar. Daarbij wordt rekening gehouden met de zogenaamde 'modal shift', het verschuiven van het gebruik van bijvoorbeeld de auto naar (deel)fietsen of (deel)scooters. In de sterk verdichte delen van het stedelijk gebied zal weinig ruimte zijn voor auto's en verwacht wordt dat men hier meer gebruik maakt van alternatieve vormen van vervoer.

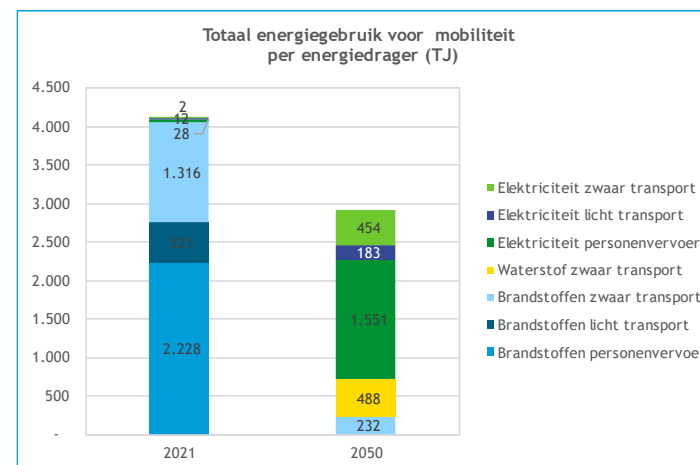
Energievraag mobiliteit

De huidige energievraag voor mobiliteit (personen- en vrachtvervoer) wordt het overgrote deel ingevuld door fossiele brandstoffen en voor een klein deel door elektriciteit, zie figuur 13.

In 2050 zijn motorbrandstoffen vervangen door duurzame alternatieven zoals elektriciteit, waterstof en CO₂-neutrale biobrandstoffen. Europese afspraken en beleid zijn hier de belangrijkste drijfveer voor. De verwachting is dat personenauto's en licht transport elektrisch zullen zijn. Van het zwaar transport zal op basis van een trendmatige elektrificatie, zoals opgenomen in landelijke scenario's³, ca. 40% elektrisch zijn, 40% rijdt op waterstof en 20% op biobrandstoffen. De verwachting is dat de binnenvaart volledig zal elektrificeren. Ondanks de toegenomen mobiliteit daalt de totale energievraag fors, vooral door de hogere energie-efficiency van elektrisch aangedreven motoren ten opzichte van de huidige verbrandingsmotoren.

Bronnen en infrastructuur mobiliteit

De veranderende energievraag leidt tot een forse uitbreiding van de infrastructuur voor elektrisch laden, zowel in de gebouwde omgeving als op de bedrijventerreinen.



Figuur 13: Energievraag mobiliteit

³ Zie bijvoorbeeld figuur 3 in [Klimaatneutraal wegverkeer in 2050](#)

Deze infrastructuur bestaat uit:

- Veel extra AC/DC-laadpalen in de gebouwde omgeving en op de bedrijventerreinen. Zie voor de ontwikkeling kaartbeelden 18 t/m 20 uit bijlage C;
- Snellaadpleinen op Vossenberghaven en Kraaiveld (of Loven) voor de logistieke bedrijven;
- Waterstof- en biobranstoftankstations op bedrijventerreinen en langs (snel)wegen;
- Mobiliteitshubs rond onder andere stations. Dit zijn knooppunten waar diverse vormen van vervoer bij elkaar komen en gelegenheid is om te laden.
- Walstroomlocatie voor de binnenvaart: langs het Wilhelminakanaal bij containerterminal Vossenberghaven en mogelijk bij Loven.

Op de detailkaarten in de bijlagen zijn per buurt de toename van het *aansluitvermogen* van de aanwezige snellaadpunten (DC) voor personenvervoer aangegeven en de toename van het *piekvermogen* van de snellaadpunten (DC) op bedrijventerreinen voor vrachtvervoer. De kaart laat zien hoe de aanwezigheid van distributiecentra de toename van het DC-laden bepaalt. De voorzieningen voor mobiliteit vragen om een aanzienlijke uitbreiding van de boven- en ondergrondse elektriciteitsinfrastructuur.

Ruimtelijke impact energievoorziening mobiliteit

Voor de laadpleinen voor het logistiek laden en de mobiliteitshubs vragen om veel extra ruimte. Meervoudig ruimtegebruik op de bestaande bedrijventerreinen kan hier uitkomst bieden.

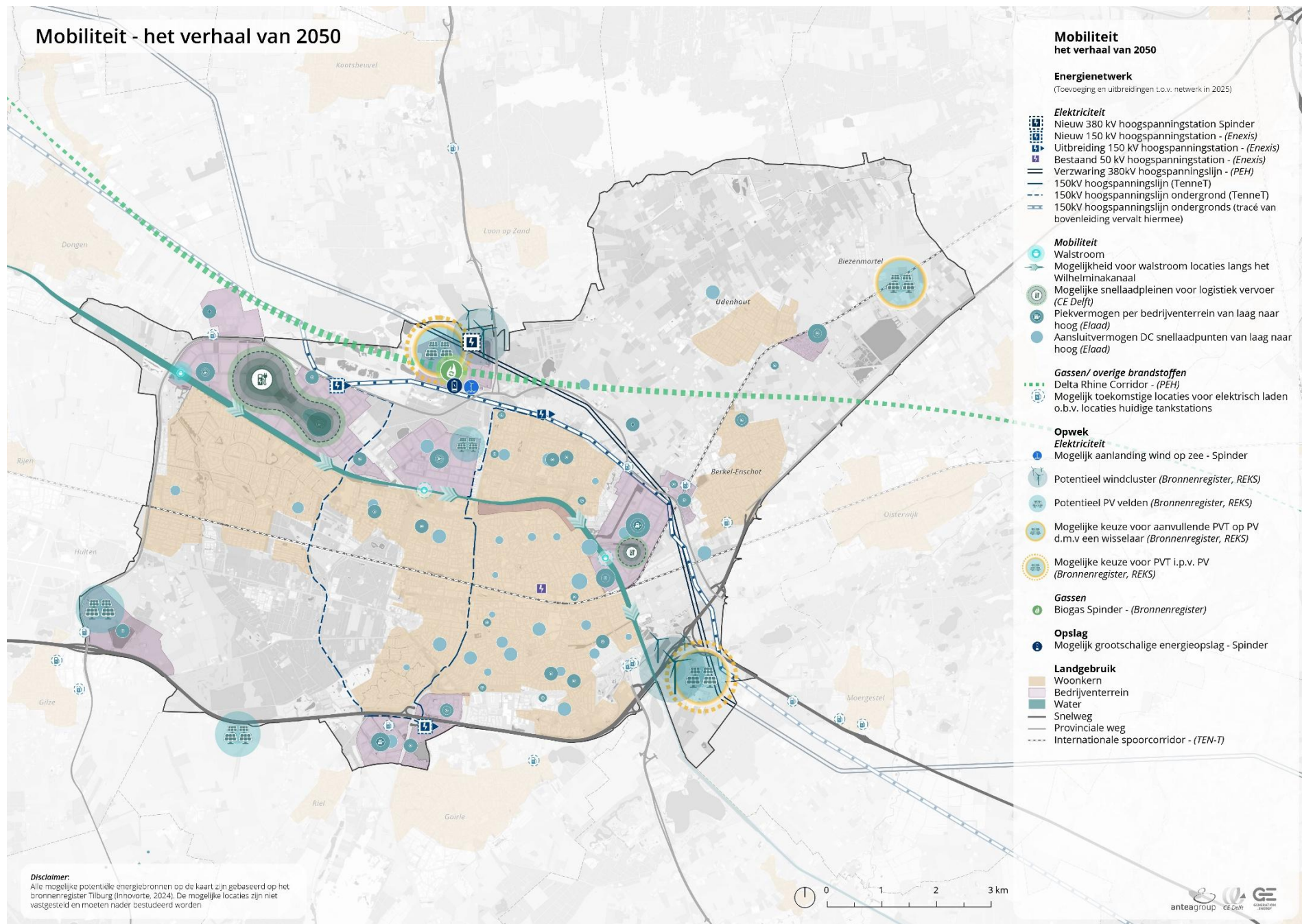
Om aan de waterstofvraag voor het zwaar vervoer te voldoen, zullen er op een aantal plaatsen waterstoftankstations staan. Logische locaties liggen nabij de logistieke centra op de bedrijventerreinen in het noordelijke deel van Tilburg.

Toekomstbeeld 2050 mobiliteit

De hiervoor beschreven ontwikkelingen voor mobiliteit zijn met de uitgangspunten verbeeld in de figuur op de volgende pagina (figuur 14) en in kaartbeeld 21 van bijlage C.

Samenvatting toekomstbeeld:

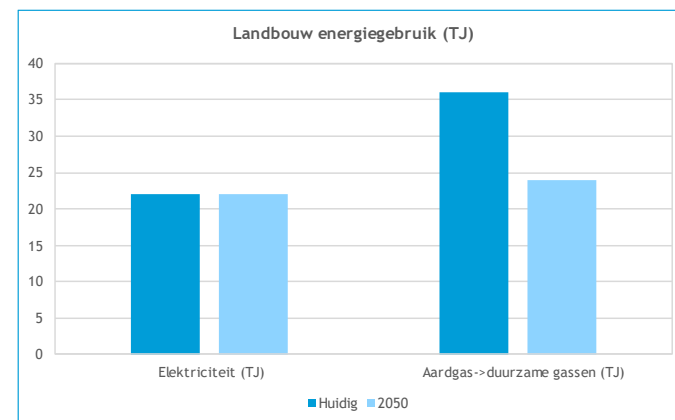
- Personenvervoer: elektrisch
- Licht transport: elektrisch, 50% laadt op bedrijventerreinen en 50% in de stad
- Zwaar transport: hoofdzakelijk elektrisch (40%) en waterstof (40%) en voor een klein deel biobrandstoffen (20%). 85% laadt op bedrijventerreinen en 15% langs de snelweg
- Binnenvaart: volledig elektrisch, walstroom op Vossenberghaven
- Snellaadpleinen voor logistiek op Vossenberghaven en Kraaiveld.
- Modal shift naar OV, fiets, etc. van 10%.



Figuur 14: Toekomstbeeld mobiliteit 2050

2.5 Toekomstbeeld landbouw

Het energieverbruik in de landbouwsector betreft voor ruim 60% aardgas en bijna 40% elektriciteit, zie figuur 15. Het energieverbruik in de landbouw is een fractie (0,3%) ten opzichte van de overige sectoren. Voor de huidige geografische ligging van landbouw en natuurgebieden binnen de gemeente, zie kaartbeeld 22 in bijlage C. In Tilburg zal de sector de komende jaren niet groeien maar eerder krimpen. Daarmee is de sector vanuit energetisch oogpunt dusdanig klein, dat de sector voor het Tilburgs energiesysteem van de toekomst in de rest van dit rapport ook niet meer als aparte sector besproken wordt.



Figuur 15: Energievraag landbouw

DEEL 2: ONTWIKKELSTRATEGIE

1. ONTWIKKELING VAN HET ENERGIESYSTEEM

1.1 Inleiding

De toekomstbeelden in de energiesysteemstudie laten per sector het eindbeeld – het punt op de horizon in 2050 – van het energiesysteem zien. In dit hoofdstuk wordt per energiedrager (warmte, elektriciteit, waterstof en groengas) aan de hand van onder meer een bronnen-, infra- en opslagstrategie geschetst hoe dit eindbeeld kan worden bereikt. Hiermee worden ook de verbindingen tussen de sectoren zichtbaar.

In het kader van deze energiesysteemstudie heeft de gemeente een onderzoek naar de beschikbare energiebronnen voor Tilburg laten doen. Deze zijn vastgelegd in een bronnenregister.⁴ Hierin is de technische- en ontwikkelpotentie van de beschikbare energiebronnen geanalyseerd voor alle energiedragers. In de volgende paragrafen is per energiedrager een bronnenstrategie uitgewerkt met een koppeling tussen de bronnen en de afname in 2050, met tussenstappen in 2030 en 2040.

Zie ook kaartbeelden 24 t/m 26 in bijlage C voor:

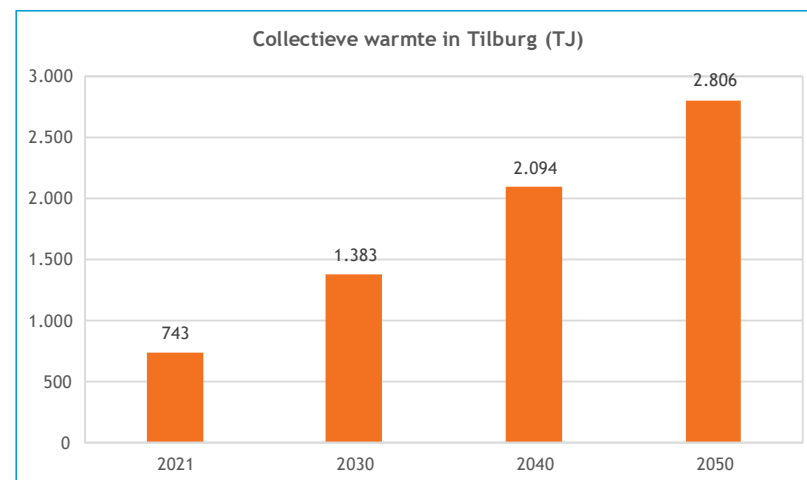
- De huidige ligging van het regionale warmtenet (2024);
- De locatie van potentiële energiebronnen op basis van het bronnenregister van Innoforte (2024). N.B: de potentiële bronnen, inclusief locatie, moeten nader bestudeerd worden om de daadwerkelijke potentie te leren kennen;
- De ontwikkelingen van het elektriciteitsnetwerk op basis van de investeringsplannen van Enexis en TenneT (2024);
- De ontwikkeling van het potentiële waterstofnetwerk uit het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) (2024).

⁴ Bronnenregister gemeente Tilburg, Innoforte, oktober 2024

1.2 Ontwikkeling energiesysteem voor collectieve warmte

Het warmtesysteem in 2050

In 2050 is ca. 73% van de gebouwde omgeving en de helft van de bedrijventerreinen op een warmtenet aangesloten. De totale warmtelevering via een collectief warmtenet zal stijgen van bijna 750 TJ nu tot circa 2.800 TJ in 2050, zie figuur 16.



Figuur 16: ontwikkeling levering collectieve warmte gebouwde omgeving en bedrijventerreinen

De woning of het gebouw bepaalt het temperatuurniveau van de benodigde warmte, zie tabel 1.

Bronnen- infra- en opslagstrategie ten aanzien van warmte

Om deze warmte te kunnen leveren worden warmtenetten aangelegd. In bijlage D is de bronnenstrategie in detail uitgewerkt met welke bronnen deze warmtenetten kunnen worden gevoed. Op basis van de leidende principes is de volgende strategie gevolgd:

- Er worden geen dubbele warmtenetten aangelegd want dit is technisch, ruimtelijk, financieel en qua governance niet wenselijk. Als er in de buurt al een netwerk ligt, blijven de betreffende panden op dat warmtenet aangesloten.
- Voor andere panden in de buurt of op het bedrijventerrein wordt dit bestaande warmtenet uitgebreid, met als alternatief kleinschalige lokale warmtenetten, gevoed door lokale bronnen, die eventueel later op het bestaande warmtenet worden aangesloten.
- Specifiek gaat dit om de buurten in Tilburg-West, Tilburg-Noord en binnen de ringbanen de buurten rond de Veldhovenring en de Hart van Brabantlaan plus de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion en Kraaiven.
- In de dorpen wordt geen aanleg van grootschalige warmtenetten voorzien; wel kunnen kleine lokale warmtenetten ontstaan, gevoed door lokale bronnen.

Op deze manier ontstaan er de volgende drie warmteclusters voor collectieve warmte, zie figuur 17 en kaartbeeld 27 in bijlage C. Vervolgens resteert een vierde warmtecluster met individuele all-electric warmtepompen. Welke bron vanuit de bronnenstrategie is ingezet per warmtecluster is te zien in kaartbeeld 28.

Uitbreiding bestaand warmtenet (cluster 1)

In de Reeshof zijn vrijwel alle woningen en gebouwen reeds op een (regionaal) warmtenet (MT-warmtenet) aangesloten. In Tilburg-West en -Noord en binnen de ringbanen in de buurten rond de Veldhovenring en de Hart van Brabantlaan plus

op de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven liggen ook vertakkingen van dit warmtenet maar het aantal aansluitingen is beperkt.

Streven is om op termijn over te stappen op duurzame warmtebronnen (in plaats van de huidige biomassa) en de temperatuur van het warmtenet te verlagen tot ca. 70°C (MT) met een retourwarmte van 40°C. Deze retourwarmte kan voor bijvoorbeeld de nieuwbouw of goed geïsoleerde bestaande bouw worden ingezet.

Tabel 1 - relatie tussen temperatuurniveau warmtenet en gebouwisolatie

Type warmtenet		Ruimteverwarming	Tapwaterbereiding
Hoge-temperatuur (HT)	90°C (>75°C)	Ook toepasbaar in slecht geïsoleerde woningen (label E/F/G)	Regulier vanuit het warmtenet
Midden-temperatuur (MT)	55° – 75°C	Ook toepasbaar in matig geïsoleerde woningen (afhankelijk van afgiftesysteem en temperatuurniveau vanaf label B - D)	Regulier vanuit het warmtenet
Lage-temperatuur (LT)	30 – 55°C	Toepasbaar in goed geïsoleerde woningen c.q. nieuwbouw en met lage-temperatuur radiatoren of vloerverwarming	Aanvullende voorzieningen nodig zoals een boosterwarmtepomp
Zeër lage temperatuur (ZLT)	10 – 30 °C	Met individuele warmtepomp voor verwarming. Meestal ook geschikt voor koeling.	Aanvullende voorzieningen nodig zoals een boosterwarmtepomp

De uitbreiding van het warmtenet In Tilburg-West en -Noord en binnen de ringbanen betreft in totaal 47.000 woningequivalenten (WEQ) waarvan 24.000 WEQ op het MT-warmtenet en 23.000 op de LT-retourleiding.

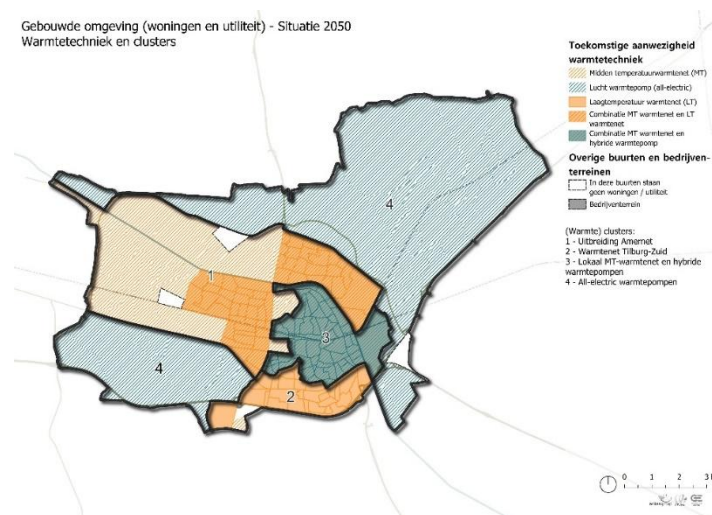
Alternatieve ontwikkelpaden

In plaats van een uitbreiding van het regionale warmtenet, kan in warmtecluster 1 er ook voor worden gekozen om (bijvoorbeeld met warmtegemeenschappen) kleine (1-20 weq) of middelgrote warmtenetten (20-1.500 weq) te ontwikkelen. De bronnenstrategie laat echter zien dat het benodigd opgesteld basislast- en pieklastvermogen van meerdere kleinschalige warmtenetten groter is dan dat van één groter collectief warmtenet. Om alsnog te profiteren van de schaalvoordelen van grotere warmtenetten kunnen deze kleinere warmtenetten op een later moment worden aangesloten op het regionale net.

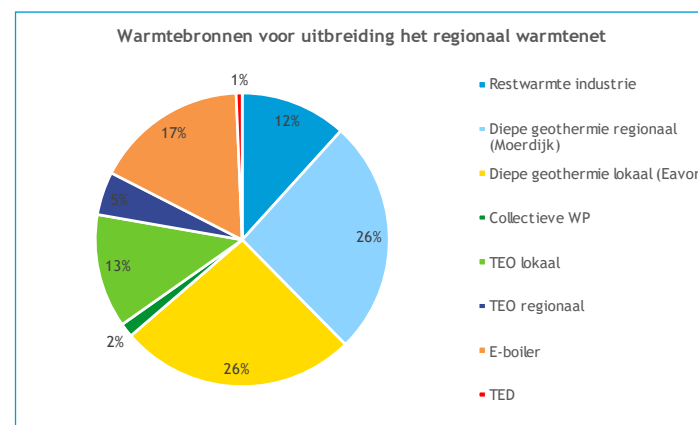
Op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Kraaiven en Albion worden alle bedrijven op het warmtenet aangesloten. De bronnenstrategie gaat ervan uit dat het warmtenet MT-warmte levert voor de processen tot 200°C en LT-warmte voor de ruimteverwarming. Randvoorwaarde voor de ruimteverwarming is dat de bedrijfsgebouwen voldoende geïsoleerd zijn (energielabel B).

Voor de processen zijn elektrische HT-warmtepompen nodig om de warmte op het gewenste temperatuurniveau te krijgen. Dit vraagt echter minder elektriciteit dan volledige elektrificatie van deze processen. Door deze vorm van diversificatie van energiedragers wordt het elektriciteitsnet ontlast.

Het warmtenet wordt gevoed door warmtebronnen binnen en buiten Tilburg. In figuur 18 zijn de beschikbare warmtebronnen hiervoor weergegeven. De bronnen in de regio Noord-Brabant worden tussen de gemeenten verdeeld. Er zijn voldoende warmtebronnen in de regio om in de basislast van het warmtenet te voorzien. Het grootste gedeelte van de warmtevraag wordt voorzien door geothermiebronnen in combinatie met TEO- bronnen met collectieve warmtepompen (bijvoorbeeld langs het Wilhelminakanaal). Op de meest koude dagen en in de piekuren is de basislast echter onvoldoende om alle panden van warmte te voorzien en is extra piekvermogen nodig.



Figuur 17: warmteclusters 2050



Figuur 18: warmtebronnen voor uitbreiding bestaande warmtenet

De pieklastbronnen zijn echter schaars. We zien de volgende opties:

- Restwarmte: de huidige restwarmtebronnen van de bedrijventerreinen kunnen ca. 20% van de pieklast dekken. De productie van restwarmte zal door efficiëntieverbetering dalen waardoor ook dit percentage daalt.
- E-boiler: de e-boiler in de regio Geertruidenberg en Moerdijk kan ca. 30% van de pieklast dekken. Een optie is een extra e-boiler in te zetten binnen de grenzen van Tilburg, bijvoorbeeld op één van de bedrijventerreinen in Tilburg-West. E-boilers zijn echter niet kostenefficiënt als de elektriciteitsprijs in de piekuren hoog is.
- Warmteopslag: door gebruik te maken van hoge-temperatuur- of midden-temperatuur-seizoensopslag (zoals een PTES), kan 10% tot 30% van de pieklast worden ingevuld.

Om in de pieklast te voorzien zijn al deze bronnen nodig. Dit is een cruciaal aandachtspunt in de ontwikkeling van dit warmtecluster.

De uitbreiding van het warmtenet gebeurt in stappen. Nieuwbouw en verduurzaming van de corporatiewoningen zijn een logische startmotor om ook de omringende bestaande bouw op het warmtenet aan te sluiten.

Basislast en pieklast

De basislast verwijst naar de constante, stabiele hoeveelheid warmte die nodig is om aan de dagelijkse behoeften van de aangesloten panden te voldoen. Dit omvat de verwarming van ruimtes en het leveren van warm water voor huishoudelijk gebruik. De basislast wordt meestal gedekt door duurzame en efficiënte warmtebronnen zoals geothermie of restwarmte, die continu beschikbaar zijn. Basislastbronnen zijn vaak kosteneffectief voor grootschalige warmteproductie maar vaak duur en (kosten)inefficiënt voor pieklasten.

De pieklast daarentegen is de extra hoeveelheid warmte die nodig is tijdens periodes van verhoogde vraag, zoals op zeer koude dagen of wanneer veel mensen tegelijkertijd warm water gebruiken. De pieklast is variabel en kan sterk fluctueren afhankelijk van de weersomstandigheden en het gebruikspatroon. Om aan deze tijdelijke verhoogde vraag te voldoen, worden vaak aanvullende warmtebronnen ingezet, zoals gasgestookte ketels of elektrische boilers. Deze bronnen kunnen snel reageren op veranderingen in de warmtevraag en zorgen ervoor dat het warmtenet betrouwbaar blijft. Vaak hebben ze hogere kosten per geproduceerde eenheid warmte. De pieklast bedraagt 20-25% van de totale warmtevraag.

Het beheer van basislast en pieklast is cruciaal voor de efficiëntie en duurzaamheid van een warmtenet. Door een goede balans te vinden tussen deze twee, kan een warmtenet optimaal functioneren en bijdragen aan een vermindering van de CO₂-uitstoot en een duurzamere energievoorziening.

Warmtenet-Zuid (cluster 2)

In en rond de herontwikkeling van Stappegoor wordt Warmtenet-Zuid ontwikkeld. De voorbereiding van deze ontwikkeling is al in een ver gevorderd stadium. Dit warmtenet wordt gevoed door lokale warmtebronnen (aquathermie (TEO/TED), WKO en restwarmte (van o.a. de ijsbaan) en zonthermie uit het buitengebied Tilburg, zie figuur 19. Er wordt nog onderzoek gedaan naar de inzet van (ondiepe) geothermie. De genoemde bronnen leveren warmte van lage of zeer lage temperatuur. Met elektrische warmtepompen – centraal of decentraal in de panden - wordt de warmte op het gewenste temperatuurniveau (LT of MT) gebracht.

Dit (Z)LT-warmtenet zal verder worden uitgebreid naar de bestaande bouw in de omgeving buiten de ringbanen van Tilburg-Zuid. Uiteindelijk zijn 20.000 WEQ op dit warmtecluster aangesloten. Ook wordt het warmtenet uitgebreid naar de bedrijventerreinen Katsbogten en Het Laar, waardoor nog 9.000 WEQ extra aangesloten wordt op het LT-warmtenet. In dit cluster zijn voldoende warmtebronnen beschikbaar om ruim 80% van de basislast van het lokale warmtenet te kunnen voeden. De rest van de basislast kan worden ingevuld door zonthermie te transporteren vanuit het buitengebied Zuidwest. De haalbaarheid van dit warmtetransport moet nader worden onderzocht.

Randvoorwaarde in dit warmtecluster is dat de woningen en bedrijfsgebouwen voldoende geïsoleerd zijn (LT-ready oftewel minimaal energielabel B). Net als bij warmtecluster 1 zijn ook in dit warmtecluster onvoldoende pieklastbronnen beschikbaar om de pieklast in te vullen. We zien de volgende opties:

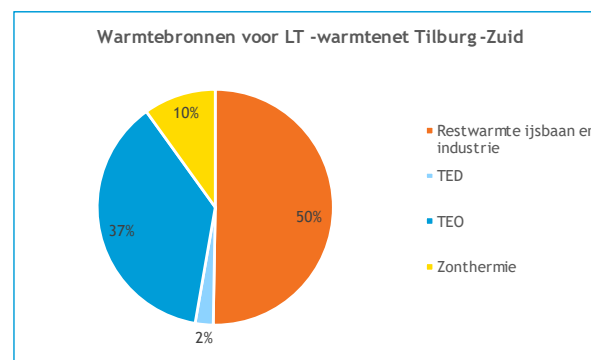
- Restwarmte: de huidige restwarmtebronnen van de bedrijventerreinen Het Laar en de Katsbogten en de ijsbaan kunnen ca. 20% van de pieklast dekken.
- Seizoensopslag van warmte in OBES-installaties. Hiermee kan ca. 25% van de piekvraag worden ingevuld.
- Het transporteren van warmte vanuit buurgemeenten ten zuiden van Tilburg of vanuit het buitengebied Tilburg-Noordwest.

Warmteopslag

De opslag van HT/MT-warmte kan boven- en ondergronds plaatsvinden (HTO en MTO). Over het algemeen zijn MT/HT-opslagtechnieken nog niet op grote schaal toegepast in Nederland, maar dat betekent niet dat deze technieken niet bewezen zijn. Het ruimtebeslag en de investeringskosten van deze technieken zijn belangrijke factoren die verder geanalyseerd moeten worden in een nadere studie over de warmtenetten in Tilburg. In de bronnenstrategie in de bijlage zijn de warmteopslagopties nader uitgewerkt en van kosten voorzien.

LT-warmte kan ondergronds in open bodemenergiesystemen (OBES, ook wel WKO genoemd) worden opgeslagen. In alle warmteclusters heeft dit een belangrijke functie als seizoensbuffer voor de basislastvoorziening. In warmtecluster 2 kunnen OBES ook voor de pieklast worden gebruikt.

Voor een goede energiebalans, een minimaal ruimtebeslag en een optimale werking van het WKO-systeem is het raadzaam om al tijdens de ontwikkeling van het warmtenet rekening te houden met koudelevering. Dit betekent ook dat er diversiteit moet zijn in de typen gebouwen die via het warmtenet van warmte en koude worden voorzien.



Figuur 19: Warmtebronnen voor Warmtenet-Zuid

De ontwikkeling van warmtecluster 2 start met de voorbereide plannen rond Stappegoor. Stapsgewijs wordt de omgeving en de bedrijventerreinen aangesloten. De infrastructuur groeit mee met deze verdere ontwikkeling. Het ontwikkeltempo is afhankelijk van diverse factoren:

- De beschikbaarheid van elektriciteit voor de warmtepompen en andere onderdelen van de energie-installaties;
- De voortgang van isolatie van de bestaande bouw;
- De businesscase van het warmteconcept voor het warmtebedrijf en de eindgebruiker;
- De bereidheid van de ondernemers op de bedrijventerreinen om aan te sluiten.

Binnen de ringbanen en Tilburg-Oost (cluster 3)

Binnen de ringbanen worden de buurten rond de Hart van Brabantlaan en Veldhovenring aangesloten op warmtecluster 1 (uitbreiding regionaal warmtenet). In de overige buurten is de aanleg van een MT/LT-warmtenet, gevoed door lokale warmtebronnen, de voorkeursoptie omdat dit het beste bij de lokale temperatuurvraag past. In warmtecluster 3 staan relatief oude panden die om MT-warmte vragen en op het MT-net kunnen worden aangesloten. Nieuwbouw en goed geïsoleerde bestaande bouw wordt op de retourleidingen (LT) aangesloten met als alternatief kleinschalige lokale LT-netten, gevoed door lokale bronnen.

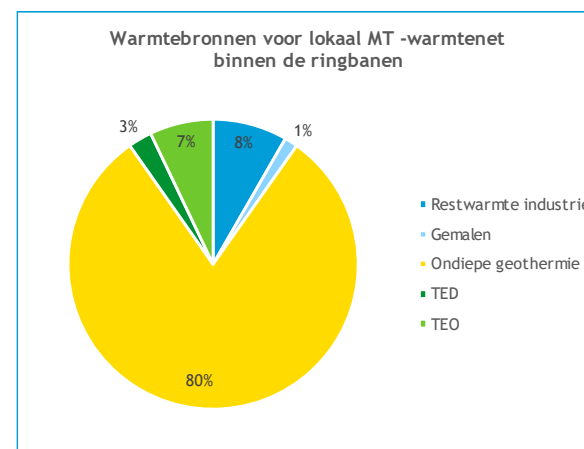
Op basis van een eerdere studie⁵ is het uitgangspunt in warmtecluster 3 dat de helft van de panden (17.000 WEQ bestaande bouw plus 8.000 WEQ nieuwbouw) op dit warmtenet worden aangesloten. De andere helft van de panden krijgt een volelektrische of hybride (met groengas) warmtepomp. De ontwikkeling van dit warmtecluster gebeurt in fasen. Nieuwbouw vormt de startmotor voor de ontwikkeling van het warmtenet. Hiermee kan dan ook de omliggende bestaande bouw worden aangesloten.

⁵ CE Delft (2024): CO2-monitor Tilburg Fase 2

Het warmtenet wordt gevoed door lokale warmtebronnen (ondiepe geothermie, aquathermie (TEA/TEO-WKO/TED) en restwarmte, zie figuur 20. Deze warmtebronnen kunnen de panden in het cluster in de basislast van warmte voorzien. Bij de bronontwikkeling moet rekening worden gehouden met het gebrek aan boven- en ondergrondse ruimte. Door de hoge bouwdichtheid in het centrum speelt dit een grotere rol dan in de andere warmteclusters. Ook voor de aanleg van warmtenetten is de ruimte in het straatprofiel vaak beperkt wat de aanleg lastig en kostbaar maakt.

Dit ruimtegebrek in het centrum compliceert ook de ontwikkeling van pieklastbronnen. Opties zijn:

- Restwarmte: de huidige beschikbare capaciteit beperkt zich tot enkele restwarmtebronnen van bedrijven voor maar ca. 1.750 WEQ.
- Seizoensopslag: dit vraagt om bovengrondse ruimte (opslagvaten) of ondergrondse ruimte (ATES). Onderzocht moet worden in hoeverre er in het centrum ruimte is voor deze opslagvoorzieningen.
- E-boiler: deze kunnen pieklasten opvangen, maar worden meestal gecombineerd met bovengrondse warmteopslag voor kostenefficiënte inzet. Onderzocht moet worden of er in het centrum voldoende ruimte en netcapaciteit is voor de realisatie van een E-boiler plus opslag.
- Groengas: dit resteert vooralsnog als meest realistische oplossing voor de pieklast.



Figuur 20: Warmtebronnen warmtenet binnen de ringbanen

In plaats van een MT/LT-warmtenet zou binnen de ringbanen ook een LT-warmtenet aangelegd kunnen worden. In de panden wordt dan met warmtepompen het water op de benodigde temperatuur gebracht. In dat geval zijn minder pieklastbronnen voor het warmtenet nodig maar het vraagt wel om een grotere verzwaring van het laagspanningsnet voor de energievoorziening van de warmtepompen. Ook vraagt het om betere woningsisolatie en dat is bij oudere woningen niet altijd haalbaar.

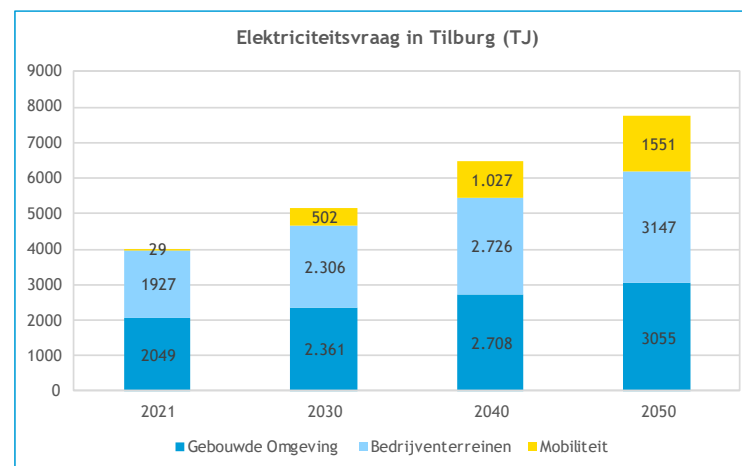
Het bovenstaande laat zien dat de aanleg van een warmtenet in cluster 3 verschillende ruimtelijke en technische uitdagingen kent. Het alternatief – geen warmtenet – is echter nog minder aantrekkelijk. In dat geval krijgen alle panden een (hybride) warmtepomp en dat vraagt om een veel grotere verzwaring van het LS-elektriciteitsnet. Dat is binnen de ringbanen een nog grotere uitdaging en ook is het plaatsen van grote aantallen luchtwarmtepompunits in de buitenruimte vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit niet wenselijk. Ook neemt de vraag naar groengas dan toe en de vraag is hoe lang en tegen welke prijs dit beschikbaar is.

1.3 Ontwikkeling energiesysteem voor elektriciteit

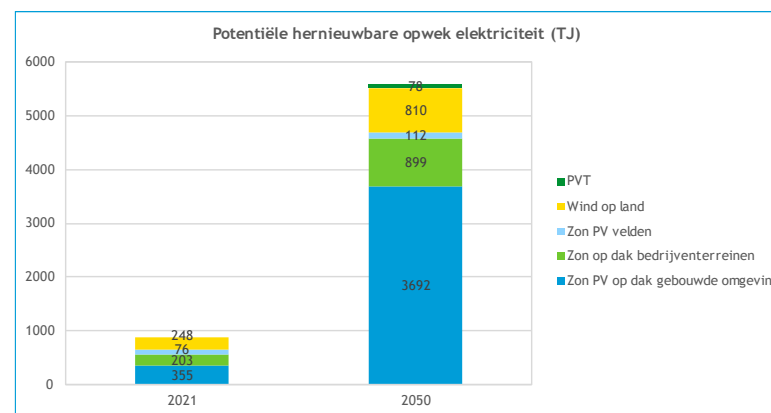
Het elektriciteitssysteem in 2050

De totale elektriciteitsvraag neemt enorm toe, van circa 4.000 TJ nu naar 7.750 TJ in 2050, zie figuur 21. De grootste toename van de vraag vindt plaats op de bedrijventerreinen als gevolg van elektrificatie van de processen en mobiliteit, en dan met name op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Kraaiven en Loven (figuur 21 en kaartbeeld 16 in bijlage C). In de gebouwde omgeving neemt de elektriciteitsvraag het sterkste toe in de gebieden waar geen warmtenetten komen te liggen waardoor elektrische warmtepompen nodig zijn. Dit betreft met name de dorpen Udenhout en Berkel-Enschot. Maar ook in de warmteclusters die met lokale warmtebronnen worden gevoed (met name de clusters 2 en 3) neemt de elektriciteitsvraag flink toe omdat daar elektrische warmtepompen nodig zijn om de warmte op het juiste temperatuurniveau te brengen.

Niet alleen de vraag naar elektriciteit neemt toe maar ook het aanbod. De lokale elektriciteitsproductie met wind en zon in Tilburg neemt toe van 880 TJ nu naar 5.600 TJ in 2050, dus een toename van ruim 600%, zie figuur 22. Decentrale opwek, zowel in Tilburg als daarbuiten, vormt de belangrijkste bron van het elektriciteitssysteem. In 2050, wordt ruim 70% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag binnen de gemeentegrenzen opgewekt.



Figuur 21: Toename elektriciteitsvraag tot 2050



Figuur 22: Potentiële opwek van elektriciteit in 2050

De grootste opwekpotentie van duurzame elektriciteit vinden we op de daken in de gebouwde omgeving waar technisch een toename van een factor 10 ten opzichte van 2021 mogelijk is. Daarnaast is de technische opwekpotentie op en rond de bedrijventerreinen erg groot. Met zonnepanelen op de daken, zonneparken en windturbines kan een toename van bijna 350% worden gerealiseerd. Welk deel van de opwekpotentie daadwerkelijk wordt benut is afhankelijk van onder andere de ruimte op het elektriciteitsnet. Wind en zon moeten in balans met elkaar ontwikkeld worden met voldoende oog voor de koppeling aan de vraag en de mogelijkheid voor tijdelijke opslag.

Om de sterk toegenomen vraag en aanbod het hoofd te bieden, wordt het elektriciteitsnet aanzienlijk verzaamd met dikkere kabels en meer trafostations en trafohuisjes. Door de grote rol van decentrale opwek worden ook de pieken en dalen in het aanbod van elektriciteit groter. Voor het opvangen van pieken en dalen in het aanbod en de vraag worden (batterij)opslagen gebouwd, op zowel kleine schaal bij woningen en bedrijven als grote schaal bij trafostations of energiehubbs. Grootschalige oplossingen zoals energiehubbs helpen ook bij het opvangen van het seizoensgebonden karakter van zonne-energie, waar de grootste toename wordt verwacht.

Ondanks alle verzwaringen van het systeem is elektriciteit ook in 2050 nog steeds een schaars goed. Een zo groot mogelijke systeemefficiëntie moet tekorten aan elektriciteit en netcongestie voorkomen. Dit wordt bereikt door:

- Lokaal opgewekte elektriciteit op zo kort mogelijke afstand te verbruiken. Dit voorkomt onnodig transport en daardoor hoeft het net minder te worden verzaamd;
- De mogelijkheden voor flexibiliteit en opslag te vergroten door de inzet van een combinatie van energiemanagementsystemen (EMS), vraagsturing, (batterij)opslagen, slimme warmtepompen en energiehubbs.

Bronnen-, infra- en opslagstrategie elektriciteit

Lokale opwek elektriciteit

De hernieuwbare elektriciteit wordt momenteel hoofdzakelijk opgewekt door zonnepanelen op daken en deels ook zonneparken (rond Biezenmortel en op Loven), gevolgd door windenergie (Spinder, Vossenbergh, Kraaiven).

In 2050 is de energieopwekking door zonnepanelen (vooral op daken van gebouwen) meer dan tien keer hoger dan de huidige capaciteit, terwijl de windenergieopwekking met een factor drie toeneemt. Verwacht wordt dat er in Tilburg tot 2050 op verschillende plaatsen energiehubbs met windturbines en/of zonneparken worden gerealiseerd. De zoekgebieden voor zonneparken liggen rond knooppunt de Baars, op de bedrijventerreinen Wijkevoort en Vossenbergh/Kraaiven en rond de Spinder en die voor windmolens rond de Spinder en knooppunt de Baars. Daarbij moet rekening worden gehouden met de beperkingen als gevolg van de radar van de vliegvelden in Gilze-Rijen en Eindhoven. Elektriciteit die niet lokaal kan worden opgewekt, moet van buiten de gemeente komen.

Verbinding Aanlanding Wind op Zee (VAWOZ)

Windenergie op zee speelt een grote rol voor de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening. De op de Noordzee opgewekte energie moet via stroomkabels en waterstofleidingen aan land worden gebracht en worden aangesloten op het hoogspanningsnet en waterstofnetwerk. Het Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee (VAWOZ) 2031-2040 onderzoekt dit voor de geplande 29 GW aan windenergie op zee die we tussen 2031 en 2040 willen realiseren. Tilburg is een kansrijke aanlandingslocatie vanwege het aanwezige 380kV-hoogspanningsstation van Tennet en de combinatie met het tracé van de Delta Rhine Corridor (DRC).

Uitgangspunt in deze studie is dat de VAWOZ daadwerkelijk in Tilburg aanlandt. Dit is met name voor het landelijke hoogspanningsnet relevant maar niet voor de beschikbaarheid van elektriciteit in Tilburg. Wel heeft de VAWOZ ruimtelijke consequenties omdat rond het aanlandingspunt op de Spinder extra batterijopslag nodig is voor het opvangen van pieken en dalen op het stroomnet.

Kanttekening is wel dat in december 2024 is besloten om de gelijkstroomkabels niet op te nemen in de huidige plannen voor de DRC, waardoor een mogelijke aanlanding pas ver na 2035 verwacht kan worden.

Netimpact en impact op de ruimte

In 2050 is het elektriciteitsnetwerk verdeeld in zes verzorgingsgebieden. De benodigde netuitbreidingen zijn afhankelijk van veel factoren en dus per gebied moet de lokale situatie van energievraag en aanbod bekeken worden. In tabel 2 geven we een indicatie van de netimpact van de warmtetransitie, elektrische voertuigen (EV's) en zon-PV op het elektriciteitsnet in de buurten. Deze impactanalyse is afkomstig uit het rapport van de netbeheerders voor een referentiewijk van 1.200 woningen met 7 transformatorstations en 4 km LS-net bekabeling.⁶

Tabel 2 - Impact van type warmtetechniek op het elektriciteitsnet

Type warmtetechniek	Impact op het aantal transformatorstations	Impact op LS- en MS-net bekabeling
Warmtepompen of LT-warmtenet	+85-115%	+95-150%
Hybride warmtepompen	+55-85%	+80-135%
HT/MT-warmtenet	+30-55%	+35-80%

Op basis van deze analyse kunnen we In Tilburg een groei tot 115% in het aantal transformatorstations en 150% in de LS- en MS-netbekabeling verwachten, zowel in de buitengebieden als in de stad.

⁶ [Impact warmtetransitie elektriciteit buurten](#)

In de volgende tabel is voor de warmteclusters de toename van het aantal middenspanningsstations berekend en de ruimtelijke impact. Het ruimtebeslag van een 10 kV MS-station bedraagt 360 m² en een 20kV MS-station gemiddeld 1.700 m² volgens Enexis⁷. Dat betekent dat er 15.000 á 29.000 m² aan bovengrondse ruimte moet worden gereserveerd in Tilburg voor netuitbreiding op het middenspanningsnet.

Tabel 3 – Verwachte uitbreiding van het aantal MS-stations in de warmteclusters

Warmtecluster	Aantal huidige 10 kV stations	2050		
		Aantal extra 10 kV stations	Aantal extra 20 kV stations	Ruimtebeslag (m²) Afgerond
1: uitbreiding MT-warmtenet	33	16 tot 24	1 tot 2	7.500 tot 12.000
2: LT-warmtenet	7	5 tot 7	0 tot 1	2.000 tot 4.000
3: hybride warmtepompen	16	7 tot 11	1	4.000 tot 5.500
4: elektrische warmtepompen	8	6 tot 8	1	4.000 tot 4.500
Totaal	64	34 tot 49	3 tot 5	17.500 tot 26.000

Als de warmtenetten niet gerealiseerd kunnen worden, is de impact nog groter. in het geval overal in plaats van warmtenetten op elektrische warmtepompen wordt overgestapt, neemt het aantal MS-stations met ca. 10% toe. Waarvoor nog 2.000 tot 3.500 m² extra ruimte moet worden gereserveerd.

⁷ [Brochure-midden-en-laagspanningsstations](#)

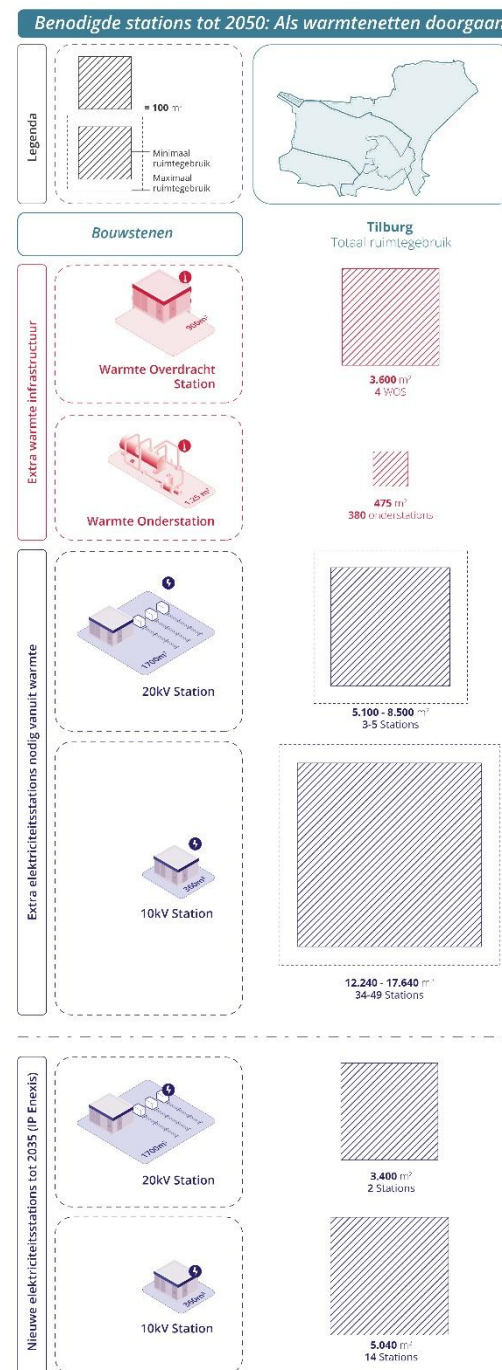
Op basis van bovenstaande analyse is er een vertaling gemaakt van de ruimtevraag richting 2050 voor de warmte- en elektriciteitsstations. In figuur 23 is het totale ruimtebeslag voor de stad gevisualiseerd. In Bijlage C is in de figuren Ruimte vraag 1 t/m 5 de ruimte vraag per warmtecluster verbeeld. Per cluster is er een bandbreedte weergegeven van het benodigde aantal stations en het ruimtegebruik (m²) in het geval dat de warmtenetten worden gerealiseerd en in het geval dat de warmtenetten niet gerealiseerd kunnen worden. Daarnaast is de ruimte vraag van de benodigde stations uit de investeringsplannen tot 2035 van Enexis toegevoegd. Het aantal stations is gebaseerd op het middenscenario van Enexis, dat rekening houdt met de realisatie van warmtenetten. In welke mate er rekening is gehouden met de extra benodigde elektriciteitsstations vanuit de warmtetransitie is echter onduidelijk. Om deze reden kan er wat overlap zitten tussen de aantallen stations uit deze analyse en de investeringsplannen van Enexis.

Toetsing aan netvisie Enexis

Volgens de huidige netvisie van Enexis (kaartbeelden 24 t/m 26 in de kaartenbijlage) zullen er voornamelijk in de buitengebieden rondom Berkel-Enschot en Udenhout zes middenspanningstations bijgebouwd worden richting 2030. Tussen 2030 en 2050 zullen er voornamelijk in het centrum tien middenspanningstations bijgebouwd worden. Dit wordt gedaan om het 50 kV station in het centrum te ontlasten. De netbeheerder kiest er bewust voor om ca. 15% van de nieuwe stations als 20 kV stations te bouwen om meer capaciteit te bieden voor het toekomstige energiesysteem.

Voor wat betreft het hoogspanningsnetwerk zullen er uitbreidingen plaatsvinden van de 150 kV stations en nieuwe bijgebouwd worden in de verzorgingsgebieden Zuid en West (kaartbeeld 29 in bijlage C). Daarnaast wordt er momenteel een 380 kV hoogspanningsstation bijgebouwd op de Spider.

Afhankelijk van de lokale situatie moet worden beoordeeld of de prognose van Enexis nog steeds voldoende is om in de capaciteitsvraag als gevolg van nieuwe ontwikkelingen in Tilburg te voorzien. Het verschil tussen onze schattingen en de plannen van Enexis kan oplopen tot 50% meer middenspanningsstations in Tilburg. Dit zou betekenen dat er tot 4.000 m² extra ruimte nodig is.



Op de kaarten 18 t/m 20 zijn per buurt de toename van het *aansluitvermogen* van de aanwezige snellaadpunten (DC) voor personenvervoer aangegeven en de toename van het *piekvermogen* van de snellaadpunten (DC) op bedrijventerreinen voor vrachtvervoer (bron: Elaad).

Opslag elektriciteit

Voor elektriciteitsopslag bieden batterijen mogelijkheden op verschillende schalen en voor diverse doeleinden. Grootschalige batterijopslagen zijn bijvoorbeeld interessant voor netbalanceren en congestiemanagement, maar ook om meer zonneparken te realiseren in congestiegebieden. Hoewel ze momenteel nog niet rendabel zijn, zal de businesscase van batterijen de komende jaren verbeteren.⁸ Op gebouw- of huishoudniveau worden thuisbatterijen al actief ingezet.

In de volgende tabel is een overzicht van de opties voor batterijopslag gegeven.

Tabel 5: Overzicht van batterijsystemen, bron: [RES Factsheet opslag elektriciteit](#)

	Batterijopslag bij opwekker/ verbruiker	Gridbatterij
Schaalniveau	Alle niveaus	Van buurtniveau tot hoogspanningsnet
Vermogen	0,3 - 10 MW	ca 0,3 - 3MW (buurtbatterij), 5 - 1000+ MW (grote gridbatterij)
Investeringskosten	500 €/kWh (stationaire batterij, >1 MW) tot 700 €/kWh (mobiele batterij)	ca. 700 €/kWh voor buurtbatterij, ca. 380 €/kWh voor grote gridbatterij (60 MW, 240 MWh)
Ruimtelijk impact	30 - 80 m²/MWh	ca. 25 m²/MWh voor gridbatterij

De capaciteit van batterijopslag in Nederland zal naar verwachting tot twintig keer toenemen in de periode tot 2030. Voor de realisatie van zonneparken of zonnepanelen op grote daken binnen een kleinere aansluiting, bijvoorbeeld op het bedrijventerrein Wijkevoort, kan batterijopslag uitkomst bieden.

⁸ [Omslagpunt grootschalige batterijopslag, CE Delft](#)

Op bedrijventerreinen kunnen gridbatterijen een interessante optie zijn. Uitgaande van een gemiddelde gridbatterij van 20 MW moet er meer dan €30 miljoen geïnvesteerd worden en bijna 2500 m² ruimte gereserveerd worden. Dit is mogelijk op bedrijventerreinen waar ruimte niet schaars is en waar de grootste toename in opwekkingscapaciteit wordt verwacht, zoals op Vossenbergen en Spinder.

Buurtbatterijen kunnen op de middellange termijn kansen bieden, gezien de sterke toename van zonne-energie in de gebouwde omgeving. Volgens het bronnenregister van Innoforte (2024) bedraagt de potentie van zonne-energie in de Tilburgse wijken ongeveer 11 MW. Uitgaande van 1 MW batterijcapaciteit per wijk betekent dit dat er per wijk tussen de €1,4 en €7 miljoen geïnvesteerd moet worden en tussen de 100 en 500 m² ruimte gereserveerd moet worden.

De rentabiliteit van batterijen bij netcongestie blijft onzeker, omdat netverlichtende maatregelen financieel nauwelijks worden gewaardeerd. Onder het huidige beleid verergeren thuis-, buurt- en systeembatterijen de netcongestie. Hoewel ze piekbelasting soms verlagen, leidt hun inzet op energiemarkten vaak juist tot extra belasting, bijvoorbeeld door inkoop van goedkope stroom bij overvloedige windenergie.

De wenselijkheid van een batterijsysteem hangt af van de balans tussen de extra netbelasting en de economische waarde voor de exploitant. Thuis- en buurtbatterijen zijn momenteel niet rendabel, verergeren congestie en brengen bij thuisgebruik ook veiligheidsrisico's met zich mee door een gebrek aan regelgeving.

Bij bedrijvenbatterijen en buurtbatterijen in nieuwbouwwijken is de situatie genuanceerder. Hun inzet kan de piekbelasting verhogen, maar bedrijvenbatterijen kunnen ook waarde creëren voor ondernemers. Daarnaast kunnen grootgebruikers zoals scholen, kantoren en winkels bij gebiedsontwikkeling mogelijk toch worden aangesloten op het net.

Energiehubs

In een energiehub werken gebruikers en producenten van energie samen en stemmen energieopwek, -transport, -conversie en -verbruik op elkaar af. Energiehubs zijn een belangrijk onderdeel van een robuust energiesysteem omdat ze vraag en aanbod van energie lokaal op elkaar afstemmen. Hierdoor wordt het elektriciteitsnet minder belast. Energiehubs gaan echter niet alleen over elektriciteit. De deelnemers kunnen ook samen warmte en duurzame gassen verbruiken en produceren en kijken naar mogelijkheden voor slimme sturing, flexibele opslag van energie en het omzetten van energie naar andere energievormen (conversie).

1.4 Ontwikkeling energiesysteem voor waterstof

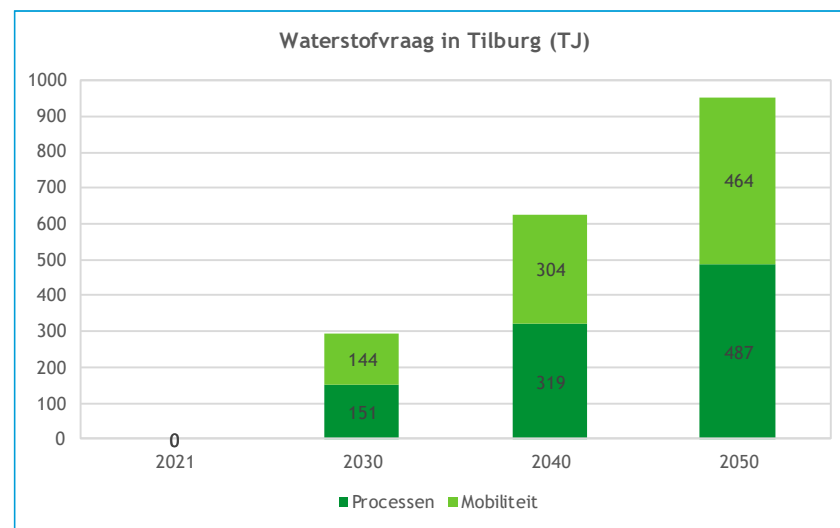
Het waterstofsysteem in 2050

De totale waterstofvraag neemt enorm toe: naar 950 TJ in 2050.

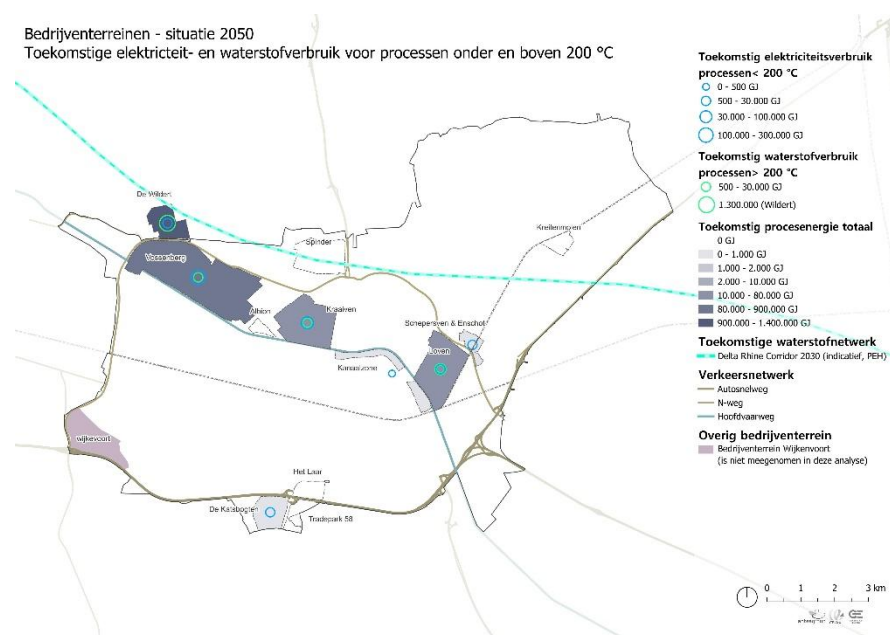
De vraag naar waterstof concentreert zich op de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven (zie figuur 23). Hier wordt waterstof verbruikt voor processen boven 200°C en voor een deel van het zwaar transport.

Bronnen-, infra- en opslagstrategie ten aanzien van waterstof

De benodigde waterstof wordt aangevoerd via de Delta Rhine Corridor (DRC). Dit is het initiatief om meerdere ondergrondse buisleidingen aan te leggen tussen Rotterdam en de Duitse grens, via de industrie in Moerdijk en Geleen. Het gaat vooralsnog om buisleidingen voor het transport van waterstof en CO₂. De Delta Rhine Corridor is in Nederland ongeveer 270 kilometer lang en doorkruist 29 gemeenten in de provincies Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg. Gasunie is initiatiefnemer van het project, mede namens BASF, OGE en Shell. Dit betekent dat Gasunie de ruimtelijke inpassing en aanleg voorbereidt.



Figuur 24: Toename waterstofvraag tot 2050



Figuur 25: Waterstofverbruik in 2050

Uitgangspunt in de bronnenstrategie is dat de DRC ook Tilburg zal passeren. Ter hoogte van bedrijventerrein de Wildert in Dongen komt de mogelijkheid voor een lokale aftakking ('kraantje'). Hier is de waterstofvraag meer dan het dubbele van dat in Tilburg. Van daaruit wordt de aftakking doorgelegd naar de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven.

De DRC wordt verwacht in de periode tussen 2035 en 2040. Vervolgens zal het waterstofnetwerk in Dongen/Tilburg zich stapsgewijs en vraaggestuurd ontwikkelen. De ruimtelijke impact van de DRC betreft een ondergrondse buisleidingenstrook van ca. 30-50 meter breed. Voor de aftakking zal dit ruimtebeslag minder zijn. Naast of vooruitlopend op de DRC kunnen bedrijven ook zelf waterstof op gaan wekken door het plaatsen van een elektrolyser. Dat kan bijvoorbeeld als het bedrijf zelf (of in een collectief) veel eigen stroom opwekt. Deze waterstof wordt dan lokaal opgeslagen. Waterstofopslag is nodig om de onbalans tussen vraag en aanbod van waterstof gedurende het jaar op te vangen. Maar dan zijn er kleinschalige opslagopties zoals in tanks onder hoge druk of als vloeistof (cryogeen) in geïsoleerde tanks of in ondergrondse tanks.

1.5 Ontwikkeling energiesysteem voor groengas

Groengas is een gasmengsel met dezelfde samenstelling en kwaliteit als aardgas en biedt daardoor een duurzaam alternatief. De ambitie van het Klimaatakkoord is om in 2030 ca. 2 miljard m³ groengas te produceren. Er zijn nog geen landelijke doelstellingen voor groengas in 2050, maar de verwachting is dat de productie zal toenemen. Volgens een scenario-analyse kan de groengasproductie in Noord-Brabant in 2030 vier- tot vijfmaal hoger zijn dan de huidige productiecapaciteit.⁹

De vraag naar groengas in Tilburg concentreert zich in de gebouwde omgeving en dan met name binnen warmtecluster 3 (binnen de ringbanen). Hier is groengas nodig om hybride warmtepompen te kunnen voeden voor de woningen en gebouwen die onvoldoende geïsoleerd kunnen worden, zoals monumentale gebouwen.

Bij ongewijzigd beleid is de Spinder ook in 2050 naar verwachting de enige locatie waar groengas wordt geproduceerd. De hoeveelheid die dan wordt opgewekt is vergelijkbaar met nu (ca. 50 TJ). Groengas wordt ingevoerd in het nationale gasnet en via dat net gedistribueerd naar de afnemers. Er is dus geen rechtstreekse verbinding tussen de productielocatie in Tilburg en de afnemers.

De verwachting is dat groengas in ieder geval tot 2050 beschikbaar zal zijn als transitiebrandstof voor warmtecluster 3 en als terugvaloptie voor bedrijven die waterstof nodig hebben. Hoe lang groengas daarna nog voorhanden is en wat de alternatieven dan zijn, is onbekend.

⁹ [CE Delft Scenariostudie groengasproductie rond 2030](#)

2. ONTWIKKELPADEN MET TE MAKEN KEUZES

2.1 Inleiding

De toekomstbeelden laten zien hoe het eindbeeld van het energiesysteem in 2050 eruit kan zien. De ontwikkelstrategie bevat de technische en ruimtelijke bouwstenen die nodig zijn om tot dit eindbeeld te komen. De ontwikkelpaden geven het proces weer met de mijlpalen en beslismomenten in het tijdvak naar 2050. Ontwikkelpaden bevatten:

- De beschikbare dragers per sector;
- De activiteiten die leiden tot het eindbeeld;
- De bijbehorende randvoorwaarden;
- De keuzes die daarvoor gemaakt moeten worden;
- De onderlinge samenhang en afhankelijkheden hiertussen;
- Alternatieve routes om in te kunnen spelen op veranderingen;
- Mijlpalen in de tijd.

Toekomstbeelden kennen nog veel onzekerheden: zaken die nu nog niet bekend zijn of buiten de invloedssfeer liggen van de gemeente of netbeheerders. Het is nu bijvoorbeeld nog niet volledig in te schatten hoe groot de realisatie van warmtenetten daadwerkelijk zal zijn, door onzekerheden over beschikbare warmtebronnen, marktordening en financiering. Ook over de verduurzamingswijze van de industrie is nog veel niet bekend. Om in te kunnen spelen op veranderende situaties en inzichten zijn in de ontwikkelpaden alternatieven opgenomen waarmee uiteindelijk toch de gestelde doelen behaald kunnen worden.

De ontwikkelpaden zijn uitgewerkt voor twee sectoren: 1) de gebouwde omgeving en 2) de industrie en bedrijventerreinen. Mobiliteit is in beide sectoren een integraal onderdeel: in de vorm van personenvervoer en licht transport voor de gebouwde omgeving en logistiek vervoer (licht en zwaar transport) voor industrie en bedrijventerreinen

Voor beide sectoren zijn aparte sporen uitgewerkt voor de energiedragers warmte, elektriciteit, waterstof en groengas. Deze sporen interacteren met elkaar en ook tussen de sectoren kunnen interacties plaatsvinden.

2.2 Ontwikkelpad 1: gebouwde omgeving (incl. mobiliteit)

Voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving, personenvervoer en licht transport (bedrijfsbusjes etc.) ligt de grootste opgave in het uitbreiden en aanleggen van warmtenetten en de versterking van de elektriciteitsinfrastructuur. In 2050 is de vraag naar collectieve warmte met een factor vier toegenomen en die naar elektriciteit met ruim een factor twee.

Isolatie

Isolatie is de eerste en randvoorwaardelijke stap in het ontwikkelpad voor de gebouwde omgeving. Panden met een energielabel D, E, F of G kunnen niet kostenefficiënt aardgasvrij worden gemaakt. Voor alle warmteoplossingen is energielabel C de minimale ondergrens en de panden op een LT-warmtenet of met een all-electric warmtepomp is de Standaard voor woningisolatie wenselijk. Nieuwbouw moet voldoen aan de eisen voor Bijna Energieneutraal (BENG) bouwen en vanaf 2030 volledig energieneutraal (ENG).

Ontwikkelpaden collectieve warmte

Met de aanleg en uitbreiding van collectieve warmtenetten wordt het grootste deel van de bestaande panden en de nieuwbouw in de gebouwde omgeving stap voor stap van duurzame warmte voorzien. De ontwikkelstrategie valt in drie delen uiteen:

1. De uitbreiding van het bestaande warmtenet (ontwikkelpad 1 van warmte). In verband met de aanstaande inwerkingtreding van de Wet collectieve warmte (Wcw) moet als één van de eerste stappen afspraken worden gemaakt over de governance van dit warmtenet;

2. De aanleg van lokale grootschalige warmtenetten (ontwikkelpaden 2 en 3 van warmte). De voorbereidingen voor de ontwikkeling van het Warmtenet-Zuid zijn al in volle gang.
3. De aanleg van lokale kleinschalige warmtenetten: dit kan een alternatief zijn voor de grootschalige warmtenetten van (1) en (2). Dit vraagt echter wel meer van het benodigde basis- en pieklastvermogen. Op een later moment kunnen deze kleinere warmtenetten mogelijk worden aangesloten op de grootschalige netten, zodat alsnog geprofiteerd kan worden van de schaalvoordelen van grotere warmtenetten.

Voor de genoemde vormen van warmtenet-ontwikkeling geldt dat de beslissing pas genomen kan worden als er aan alle technische, ruimtelijke, juridische en financiële randvoorwaarden is voldaan. De beschikbaarheid van stroom voor de verschillende systeemonderdelen is één van de cruciale technische randvoorwaarden. Een ander belangrijke randvoorwaarde is de leveringszekerheid van het toekomstige regionale warmtenet.

Nieuwbouw en verduurzaming vastgoed als startmotor

De ontwikkelingen voor de nieuwbouw en de verduurzaming van de woningen van de woningcorporaties zullen in veel buurten de startmotor zijn voor de ontwikkeling van het warmtenet. Warmtenet-Zuid en mogelijk ook het Kenniskwartier zijn hier de eerste voorbeelden van. De ervaring leert dat het zaak is om in deze gebieden tijdig het warmte- en energieconcept voor te bereiden omdat anders projectontwikkelaars en woningcorporaties hun eigen warmteoplossingen organiseren en niet deelnemen aan het warmtenet. Bij het wegvallen van deze partijen komt de ontwikkelpotentie van het warmtenet onder druk te staan.

Energieplanologie

Voor alle ontwikkelpaden is het cruciaal dat er voldoende boven- en ondergrondse ruimte is gereserveerd voor de bronnen, infra en opslagen van het energiesysteem. Ruimte is schaars en de ruimte voor het energiesysteem strijdt met de ruimtevraag voor andere functies. Het zo vroeg mogelijk meenemen van het energiesysteem in ruimtelijke planvormingsprocessen voorkomt inpassingsproblemen in de toekomst.

Afhankelijkheden

De belangrijkste afhankelijkheden in het ontwikkelpad voor collectieve warmte zijn:

- De afspraken over de governance van het bestaande warmtenet;
- Voldoende isolatie van de panden om van MT- of LT-warmte gebruik te kunnen maken;
- Bereidwilligheid van woning- en pandeigenaren om op een warmtenet te willen aansluiten (= volloopriscio);
- De beschikbaarheid van voldoende warmtebronnen, met name voor de pieklast.

Alternatieven

In de ontwikkelpaden zijn verschillende alternatieven opgenomen in geval in onvoldoende mate aan de randvoorwaarden kan worden voldaan:

- Als uitbreiding van het regionale warmtenet niet mogelijk is, kan worden teruggevallen op een lokaal warmtenet, gevoed door lokale warmtebronnen. Op basis van het bronnenregister zijn hiervoor voldoende warmtebronnen beschikbaar (Innoforte, 2024). Wel is de invulling van de piekvraag een belangrijk aandachtspunt. Uiteindelijk zou een dergelijk warmtecluster ook weer op het bestaande warmtenet kunnen aansluiten;
- Andersom kan uitbreiding van het bestaande warmtenet ook een alternatief zijn voor het lokale MT/LT-warmtecluster. Het warmtenet ligt op twee plaatsen al binnen de ringbanen en zou binnen de ringbanen verder kunnen worden uitgebreid mits er voldoende warmtebronnen gevonden worden om aan de extra vraag te voldoen;
- Als deze opties niet mogelijk zijn, dan resteren alleen nog elektrische warmtepompen, eventueel in combinatie met groengas (hybride). Groengas is echter een transitiebrandstof en is ook in de toekomst zeer beperkt beschikbaar. Volledig elektrificatie van de warmtevraag kan alleen als de elektriciteitsinfrastructuur nog verder versterkt wordt, tot een maximaal scenario. Dit vraagt om nog meer voorzieningen en ruimte dan in het basisscenario voor elektriciteit.

Ontwikkelpaden elektriciteit

Om in 2050 ca. 25.000 woningen op een elektrische warmtepomp aangesloten te hebben en al het personenvervoer en bedrijfsauto's elektrisch te laten rijden moet de elektriciteitsinfrastructuur flink worden verzaamd. Ook neemt de lokale elektriciteitsproductie toe en dit vraagt om meer opslag en flexibilisering van vraag en aanbod. Enexis en Tennet staan hiervoor aan de lat maar vragen wel om sturing van de gemeente. De mate van verzwarend is namelijk sterk afhankelijk van de inzet van andere energiedragers zoals warmte.

Tot 2035 staan de plannen en investeringen van Enexis en Tennet min of meer vast. Wel vragen de investeringen in met name het LS-net nog om een nauwe afstemming met de gemeente. Na 2035 is nog veel onzeker. Wel is de verwachting dat ook dan de beschikbare netcapaciteit nog steeds schaars is. Pas over 5 of 10 jaar wordt het duidelijk of de uitrol van collectieve warmtenetten slaagt. Zo niet, dan wordt de vraag om elektriciteit nog een stuk groter. Dit vraagt om een vorm van adaptieve ontwikkeling van het energiesysteem. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat in ruimtelijke planvormingsprocessen rekening wordt gehouden met de inzet van alternatieven zoals een omvangrijker scenario voor elektriciteit. Waar mogelijk wordt dan alvast ruimte voor eventuele extra trafostations, batterijen, infra, etc. gereserveerd. Ook is het van belang om innovaties zoveel mogelijk te omarmen.

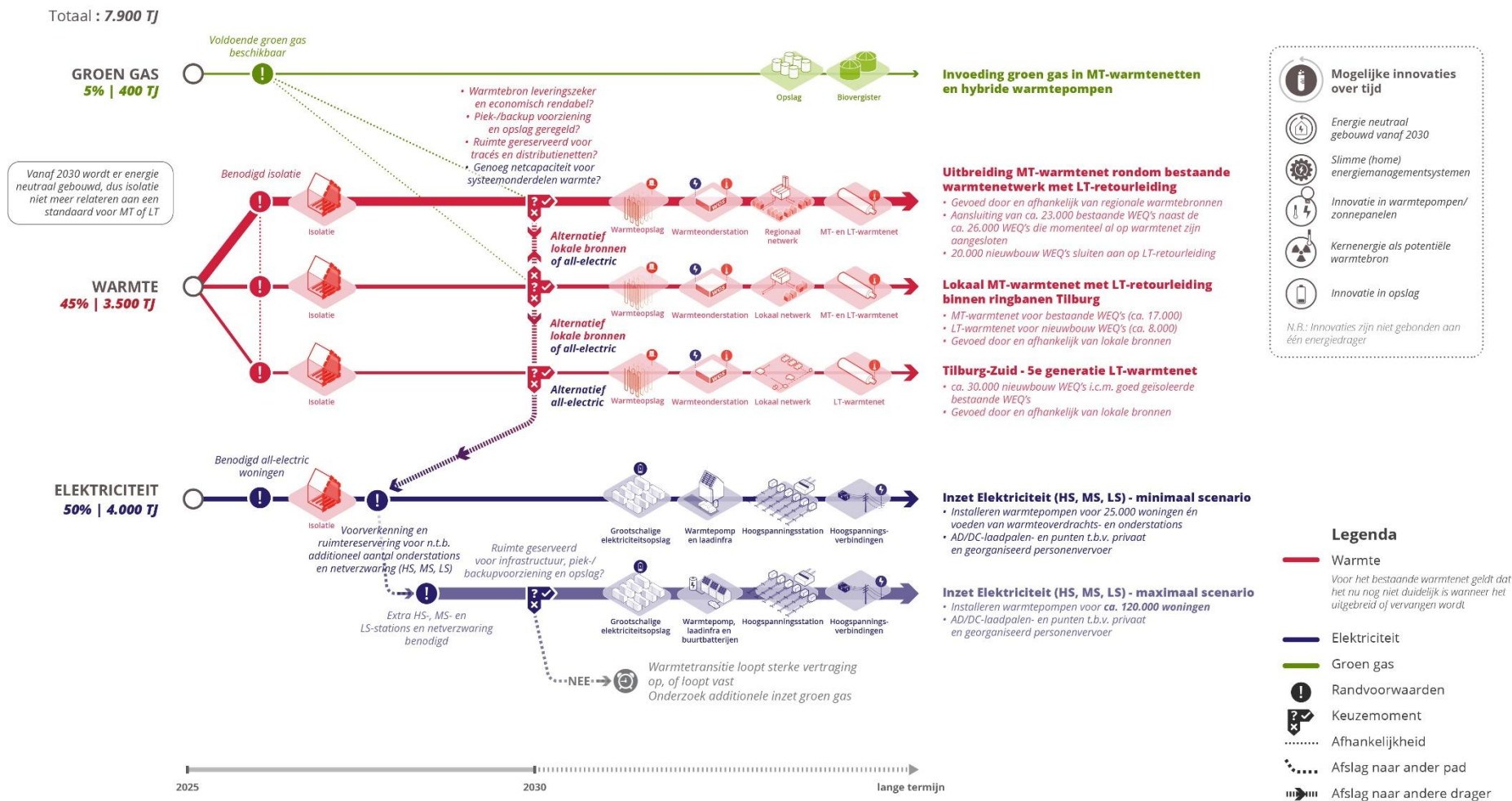
Afhankelijkheden

De belangrijkste afhankelijkheden in het ontwikkelpad voor elektriciteit zijn:

- Nationale wetgeving: met name de inwerkingtreding en uitwerking van de Wcw;
- De ontwikkeling van, en daarmee ook het ontwikkelpad voor warmte: dit hangt nauw samen met het ontwikkelpad voor elektriciteit. Als collectieve warmte niet van de grond komt, moet er worden toegewerkt naar een scenario met een additionele uitbreiding van het elektriciteitsnetwerk bovenop de bestaande plannen van Enexis. In dit geval spreken we van een maximaal scenario voor elektriciteit. De beslismomenten hiervoor liggen in de periode tussen 2030 en 2035, zodra bekend is of de plannen voor collectieve warmte slagen.

- De beschikbare ruimte: voor de uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur is veel extra ruimte nodig. Dit kan in conflict komen met andere opgaves die om ruimte vragen en ook leiden tot maatschappelijke weerstand. Zo vroeg mogelijk ruimtelijke afwegingen maken is cruciaal.

Het ontwikkelpad van de gebouwde omgeving is op de volgende pagina weergegeven in figuur 26. Zie hiervoor ook ontwikkelpad 1 in bijlage C.



Ontwikkelpad gebouwde omgeving & personenvervoer

N.B.: Pijldikten laten indicatief de invulling van de energievraag zien

Figuur 26: Ontwikkelpad gebouwde omgeving incl. mobiliteit

2.3 Ontwikkelpad 2 en 3 : bedrijventerreinen (incl. transport)

De verduurzaming van de bedrijventerreinen is sterk afhankelijk van elektriciteit. Elektriciteit wordt zowel voor ruimteverwarming, industriële processen en mobiliteit de dominante energiedrager. Volledige elektrificatie is echter onuitvoerbaar omdat de ontwikkeling van het elektriciteitssysteem onvoldoende het tempo van de vraagtoename kan bijbenen, mede omdat ook de gebouwde omgeving veel van het elektriciteitsnet vraagt. Volledige elektrificatie is ook onwenselijk omdat dit leidt tot afhankelijkheid van één energiedrager en een minder robuust energiesysteem. Om het elektriciteitssysteem te ontlasten wordt daarom op de bedrijventerreinen een mix van energiedragers ontwikkeld.

Op vijf bedrijventerreinen, verspreid over Tilburg, worden collectieve warmtenetten ontwikkeld die niet alleen voor ruimteverwarming maar ook voor processen tot 200°C kunnen worden gebruikt. Waterstof wordt ingezet voor processen boven 200°C en zwaar transport. Collectieve warmte en waterstof voorzien in ongeveer een derde van de totale energievraag (35%). De rest wordt door elektriciteit ingevuld (65%) (figuur 27).

Isolatie

Om de ruimteverwarming te verduurzamen is, net als bij de gebouwde omgeving, isolatie de eerste en randvoorwaardelijke stap. Voor alle warmteoplossingen is energielabel C de minimale ondergrens. De panden op een LT-warmtenet of met een all-electric warmtepomp moeten minimaal tot de Standaard voor woningisolatie (vergelijkbaar met energielabel B) zijn geïsoleerd.

Ontwikkelpaden collectieve warmte

Het ontwikkelpad voor warmte is vergelijkbaar met dat voor de gebouwde omgeving. De ontwikkelstrategie valt in twee delen uiteen:

1. De uitbreiding van het bestaande warmtenet (ontwikkelpad 1 van warmte) op de bedrijventerreinen Vossenbergh, Albion en Kraaiven. Net als bij de gebouwde omgeving is dit ontwikkelpad afhankelijk van de afspraken die, in het kader van de Wcw, over de governance worden gemaakt.

Als alternatief kunnen lokale MT/LT-warmteclusters worden ontwikkeld, gevoed door lokale warmtebronnen. Dit kan kleinschalig beginnen met de uitwisseling van restwarmte tussen enkele bedrijven en vervolgens doorgroeien tot een groter warmtecluster. Uiteindelijk zou een dergelijk warmtecluster ook weer op het bestaande warmtenet kunnen aansluiten.

Ander alternatief is volledige elektrificatie;

2. De uitbreiding van Warmtenet-Zuid voor Het Laar en Katsbogten (ontwikkelpad 2). Als dit niet lukt, is volledige elektrificatie het enige realistische alternatief.

Revitalisatie als startmotor

De Tilburgse bedrijventerreinen worden de komende jaren verdicht en gerevitaliseerd. Dit zijn natuurlijke momenten voor de aanleg van een warmtenet. Cruciaal is dat de bestaande ondernemingen zo snel mogelijk worden betrokken in de plannen voor een warmtenet zodat zij hun verduurzamingsplannen hierop af kunnen stemmen.

Afhankelijkheden

De belangrijkste afhankelijkheden in het ontwikkelpad voor collectieve warmte zijn:

- Voldoende isolatie van de panden om van LT-warmte gebruik te kunnen maken;
- Bereidwilligheid van ondernemers om op een warmtenet te willen aansluiten (= volloopriscio);
- De technische en financiële haalbaarheid van uitwisseling van restwarmte;
- De beschikbaarheid van voldoende warmtebronnen voor de pieklast.

Ontwikkelpaden waterstof

In het toekomstbeeld van 2050 wordt waterstof aangevoerd via de Delta Rhine Corridor (DRC) en komt beschikbaar op de bedrijventerreinen Wildert (gem. Dongen), Vossenbergh en Kraaiven plus eventueel Loven als daar voldoende vraag is. Het besluit over de aanleg van de DRC en de route vindt op landelijk niveau

plaats. Om te stimuleren dat Tilburg en Dongen daadwerkelijk een aftakking van de DRC krijgen, is het belangrijk dat beide gemeenten de komende periode onderzoek doen naar de haalbaarheid en vervolgens op bestuurlijk niveau lobbyen. Het beslismoment ligt in de periode 2025-2030. Als het besluit positief uitvalt, zal de DRC tussen 2035 en 2040 starten met de levering van waterstof.

Afhankelijkheden

De belangrijkste afhankelijkheden in het ontwikkelpad voor waterstof zijn:

- Voldoende afnemers: in potentie lijken er op de genoemde bedrijventerreinen voldoende afnemers aanwezig te zijn voor een waterstofinfrastructuur. Getoetst moet worden of deze schaalgrootte inderdaad voldoende is voor een aftakking van de DRC. Maar belangrijker nog is te onderzoeken of de potentiële afnemers ook daadwerkelijk van plan zijn om af te gaan nemen en of waterstof past in hun verduurzamingsstrategie;
- Haalbaarheid businesscase: onderzocht moet worden of er een haalbare businesscase voor een waterstofnetwerk mogelijk is en wie dit aanlegt en de risico's draagt.

Alternatieven

Als de DRC er niet komt, zijn de volgende alternatieven mogelijk:

- Een eigen waterstofnetwerk op de Tilburgse bedrijventerreinen, gevoed door een lokale elektrolyser. Dit kan alleen als er ook voldoende stroom aanwezig is voor de elektrolyse;
- Waterstof importeren per as of per schip. Dit kan ook een tussenoplossing zijn voor de periode tot 2035 als de DRC er nog niet is;
- Volledige elektrificatie van de processen boven 200°C en zware mobiliteit. Dit is een weinig aantrekkelijk alternatief omdat dit veel vraagt van het elektriciteitssysteem. Ook is de vraag in hoeverre het mogelijk is om zwaar transport te elektrificeren omdat de actieradius voor bijvoorbeeld internationaal transport dan te beperkt is.

Het is belangrijk om het ontwikkelpad en de alternatieven in een zo vroeg mogelijk stadium met de bedrijven, netbeheerders en andere stakeholders te verkennen en te kijken hoe op een zo adaptief mogelijke wijze het energiesysteem vormgegeven kan worden.

Ontwikkelpaden elektriciteit

Om aan de toenemende elektriciteitsvraag en -aanbod te voldoen moet het elektriciteitsnet op veel plaatsen fors worden verzwakt. Ook zijn lokale opwek (wind, zon) nodig en opslagvoorzieningen (batterijen) om het systeem te bufferen. In het geval dat de ontwikkeling van de warmte- en waterstofopties vastlopen en bedrijven terugvallen op elektriciteit als energiedrager zal er een additionele elektriciteitsvraag ontstaan. In dit geval moet er rekening worden gehouden met een maximaal elektriciteitsscenario.

Opwek

De vraag naar elektriciteit uit lokale en regionale bronnen neemt toe. De gemeente maakt in Regionale Energie- en Klimaatstrategie(REKS)-verband afspraken over de realisatie van de opwek van wind- en zonne-energie. Uitgangspunt in deze studie is dat aan deze afspraken wordt voldaan. Wel moet tijdig voldoende ruimte voor de zoekgebieden worden gereserveerd. Daarnaast moeten bedrijven worden gestimuleerd (of verplicht) om de daken van de bedrijven voor de opwek van zonne-energie te benutten.

Energiehubs

De ontwikkeling van energiehubs op de bedrijventerreinen draagt bij aan het aftoppen van de piekvraag en het piekaanbod aan elektriciteit en een betere benutting van het energiesysteem. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een energiemanagementsysteem of groepscontracten: twee opties die beiden de mogelijkheid geven tot monitoring en sturing van het elektriciteitsverbruik¹⁰. De taak voor het ontwikkelen van energiehubs ligt primair bij de bedrijven. De gemeente en de netbeheerder hebben een faciliterende en stimulerende rol.

¹⁰ [Handreiking slimme energiesystemen](#), TKI (2023).

Collectieve snellaadpleinen

In het toekomstbeeld 2050 wordt rekening gehouden met de aanleg van collectieve snellaadpleinen voor met name het zware transport op de bedrijventerreinen Vossenbergh en Kraaiven of op Loven. Dit zijn logische plaatsen omdat op deze bedrijventerreinen veel logistieke bedrijven aanwezig zijn. Deze snellaadpleinen vragen om veel aansluitcapaciteit en de netbeheerder moet tijdig weten of deze snellaadpleinen er gaan komen om het elektriciteitssysteem daarop te kunnen voorbereiden.

Netbeheerder Enexis geeft de voorkeur aan collectieve snellaadvoorzieningen in plaats van snellaadpunten op ieder individueel bedrijfsterrein. Voor een collectieve snellaadvoorziening hoeven er minder werkzaamheden uitgevoerd te worden dan wanneer iedere organisatie dit voor zichzelf regelt. De achterliggende redenen hiervoor zijn:

- Liever een zware aansluiting aanleggen voor een laadplein, tegenover een veelvoud van verzwaringen van bestaande aansluitingen (die gedreven zijn door laadvermogen).
- Dit geeft ook minder complexiteit in de ondergrond met de aanleg van infra.
- Laadpleinen vaak goed te combineren met lokale duurzame opwek zoals zonnecarports en zonnedaken en batterijen, waardoor lokaal opgewekte energie beter benut kan worden.
- Het centraliseren van laadinfra geeft meer mogelijkheden tot het vormen van een 'energiehub' waar laden wordt gecombineerd met opwek, opslag en het spreiden van piekbelasting.

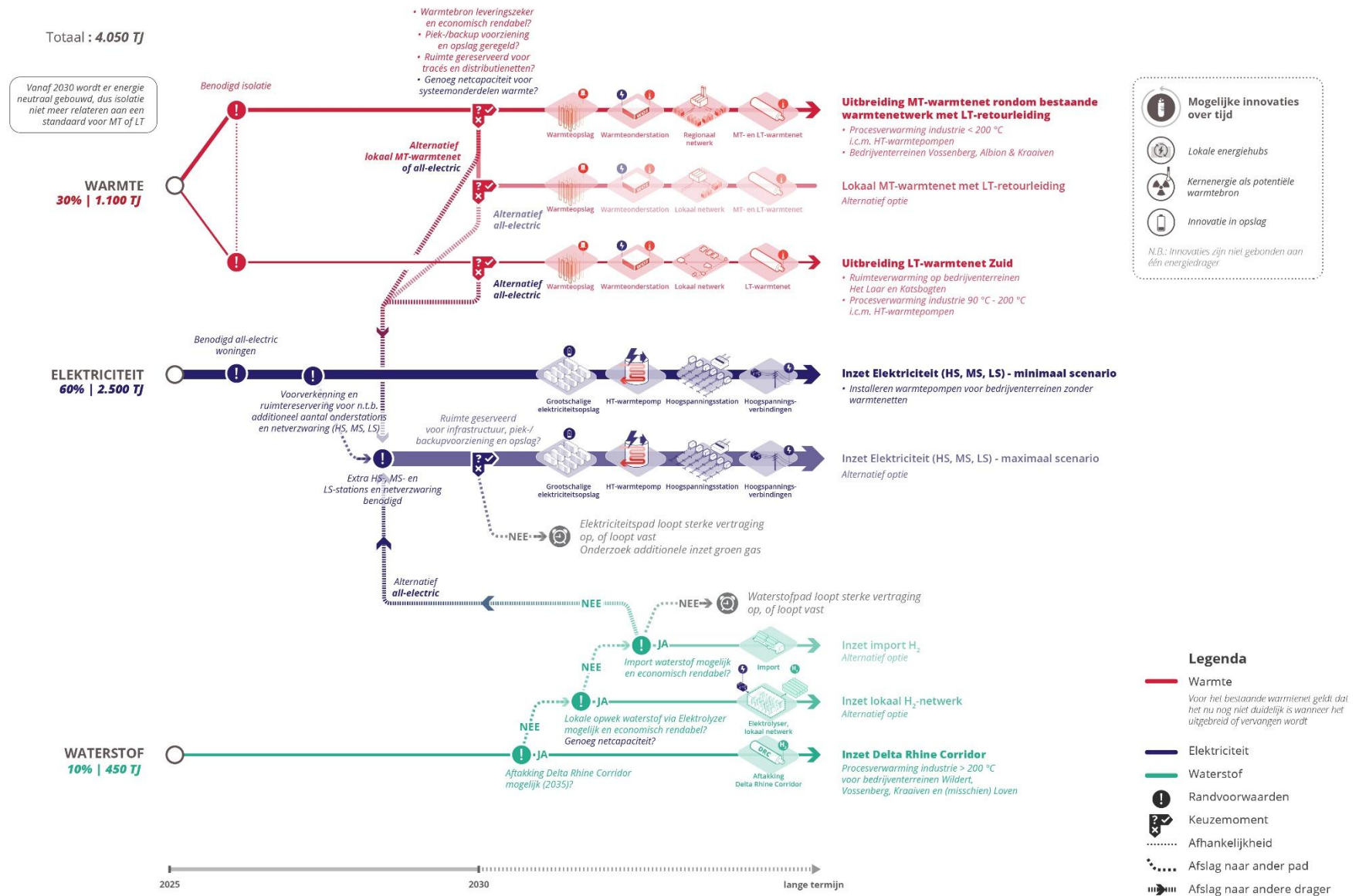
Ook is het denkbaar dat bijvoorbeeld één van de twee snellaadpleinen op een ander bedrijventerrein zoals Wijkevoort wordt aangelegd, omdat dit beter past in het lokale energiesysteem. Hiermee kunnen ook bedrijven worden verleid om zich op een ander bedrijventerrein te gaan vestigen. Energie krijgt op deze manier een sturende rol in de locatieontwikkeling van bedrijventerreinen. De beslissing om wel of geen snellaadpleinen aan te leggen en op welke locatie(s) ligt in de driehoek bedrijven-gemeenten-netbeheerder. De revitalisatie van de bedrijventerreinen vormt een natuurlijk moment om aan de slag te gaan met snellaadpleinen.

Afhankelijkheden

De belangrijkste afhankelijkheden in het ontwikkelpad voor elektriciteit zijn:

- De ontwikkelpaden voor warmte en waterstof: deze laten zien hoe nauw deze samenhangen met dat voor elektriciteit. Als collectieve warmte of waterstof niet van de grond komt, moet er worden toegewerkt naar een maximaal scenario voor elektriciteit. De beslismomenten hiervoor liggen in de periode tussen 2030 en 2035;
- De beschikbare ruimte: voor de uitbreiding van de elektra-infrastructuur is veel extra ruimte nodig. Dit kan in conflict komen met andere opgaves die om ruimte vragen en ook leiden tot maatschappelijke weerstand. Zo vroeg mogelijk ruimtelijke afwegingen maken is cruciaal.

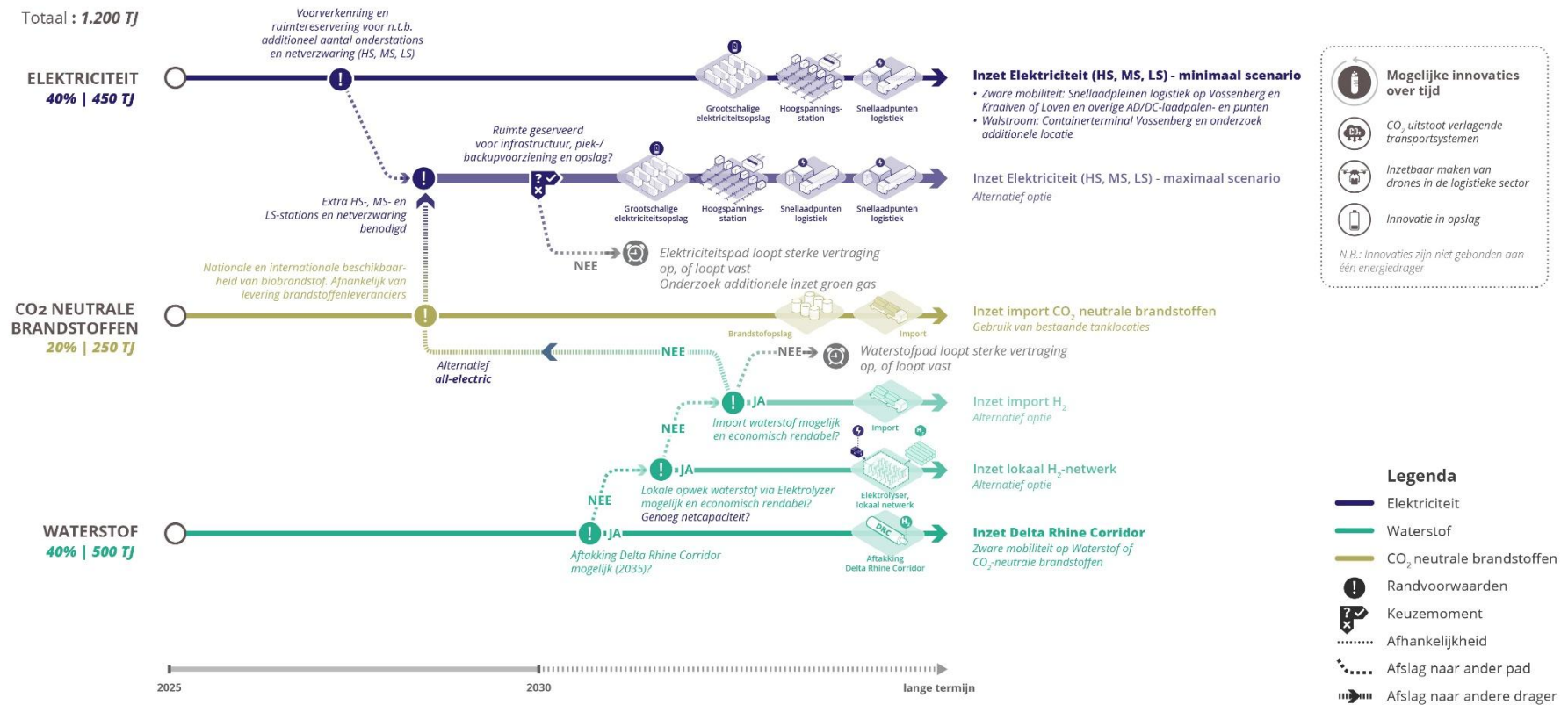
De ontwikkelpaden voor industrie en bedrijventerreinen zijn op de volgende pagina weergegeven in figuur 27. In figuur 28 is een apart ontwikkelpad voor zware mobiliteit toegevoegd. Zie ook ontwikkelpad 2 en 3 in bijlage C.



Ontwikkelpad industrie & bedrijventerreinen

N.B.: Pijldikten laten indicatief de invulling van de energievraag zien

Figuur 27: Ontwikkelpad bedrijventerreinen (excl. zwaar transport)



Ontwikkelpad zware logistiek

N.B.: Pijldikten laten indicatief de invulling van de energievraag zien

Figuur 28: Ontwikkelpad zware logistiek

DEEL 3: METHODOLOGIE EN UITGANGSPUNTEN

Verantwoording en onderbouwing van de cijfers en de toekomstbeelden

Uitgangspunten energiesysteemstudie

Om tot een toekomstbeeld voor 2050 te komen, zijn aannames gedaan over de groei van de sectoren, de energieketen en de energiemix. De aannames zijn gebaseerd op landelijke, regionale en lokale studies en expert judgement van de deelnemende partijen en zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Sector	Onderwerp	Gekozen uitgangspunt	Onderbouwing c.q. bron
Gebouwde omgeving	Aantal gebouwen op warmtenet in 2050	80% van de panden is in 2050 op een warmtenet aangesloten minus de gebieden waar volgens het bronnenregister geen warmtebronnen zijn. Inclusief de nieuwbouw betekent dit dat in 2050 ca. 120.000 weg op een warmtenet zitten.	We gaan uit van de TVW (80%) en checken of in de wijken/buurtten die volgens de TVW op een warmtenet komen, ook voldoende warmtebronnen zijn om dat te realiseren.
	Warmtevoorziening nieuwbouw	100% van de nieuwbouw wordt op een warmtenet aangesloten tenzij de nieuwbouw buiten een warmtecluster valt c.q. er geen warmtebron beschikbaar is.	Het overgrote deel van de nieuwbouw vindt plaats binnen de vlekkenkaart van de concept Omgevingsvisie en is 'van voldoende omvang' voor aansluiting op een warmtenet en wordt dus ook op een warmtenet aangesloten tenzij er geen
	Bedrijven ook op warmtenet	CE-delft studie bedrijventerreinen is leidend voor de bepaling welke bedrijventerreinen op een warmtenet aangesloten zullen worden. Daarbinnen sluiten de proceswarmtebedrijven niet aan op het warmtenet (zij hebben een alternatieve energiebron). De voeding van de warmtenetten komt uit diverse bronnen waaronder het Amernet.	
	Amernet uitbreiden en zo ja, waar	Het Amernet wordt uitgebreid in de buurten en op de bedrijventerreinen waar het Amernet al ligt.	
	Groei dienstensector	De dienstensectorgroei evenredig meegroeit met het aantal woningen.	Omgevingsvisie 2050
	Toename aantal woningen in 2050	30.000 extra woningen	Omgevingsvisie 2050
	Mogelijkheid Waterstof voor gebouwde omgeving	Geen inzet waterstof voor gebouwde omgeving.	
Bedrijventerreinen	Energiemix industriële processen in 2050	Landelijke aannames overnemen: grotendeels (80%) elektrificatie en (20%) inzet waterstof	Op basis van huidige SBI codes geven we aan welk aandeel van de energievraag voor proces en welk deel voor gebouwen zijn.
	Type bedrijvigheid in Tilburg in 2050	Bedrijvigheid blijft dezelfde zoals in 2024 met focus op High-Tech industrie, chemie en maak/proces	
	Groei industrie	5% groei in de industrie door verdichting/intensivering van het oppervlak van de bedrijventerreinen	
	Clustering van industrie en bedrijven	Geen nieuwe clustering, die blijft dezelfde en milieucategorieën blijven dezelfde. Wel worden de milieucategorieën beter benut.	
	Isolatie gebouwen op de bedrijventerreinen	Isolatie gebouwen op basis van de warmtetechniek, zie studie bedrijventerreinen van CE Delft voor uitgangspunten	
	Inzet waterstof	Waterstof wordt ingezet in industrie voor hoge temperatuur industriële processen en zware internationale transport (op basis van de huidige bedrijvigheid)	
	Waterstof- DRC	DRC komt langs Tilburg en Tilburg krijgt een aftakking.	
	VAWOZ	Vawoz komt aan in Tilburg op het HS/MS-station Spinder	
	Inzet groen gas	De groei van groengas is geen onderdeel van het toekomstbeeld omdat de gemeente weinig/geen invloed op de plannen van bedrijven zoals Attero en bijmenging van groengas in het landelijk gasnet.	
	Landelijke elektrolyzer	Er komt geen (landelijke) elektrolyzer	
Mobiliteit	Waterstof	We houden aan de landelijke scenario's: 100% elektrificatie personenvervoer 40% elektrisch - 40% waterstof - 20% biobrandstoffen voor zwaar transport	
	Groei mobiliteit	Landelijke aannames aanhouden (geen redenen om daarvan af te wijken): 0,4% groei per jaar (personenvervoer), 1% groei per jaar (vrachtvervoer)	
	Modal shift	Landelijke aannames aanhouden (geen redenen om daarvan af te wijken) 10% shift van wegverkeer/auto's naar overige categorieën, excl. binnenlandse vliegtuigen	
	Netcongestie	Zware transport laden: 85% op de bedrijventerreinen, 15% langs de snelwegen Bestel auto's laden: 50% op de bedrijventerreinen, 50% binnen de stad	
	Binnenvaart	Binnenvaart klasse IV schepen tot aan Loven op Wilhelminakanaal. We gaan uit van volledige elektrificatie.	

Methodologie

Hieronder beschrijven we per sector hoe we de berekeningen hebben uitgevoerd, namelijk geven we aan we

Gebouwde Omgeving

Voor de gebouwde omgeving hebben we de gebiedsindeling uit de Transitie Visie Warmte (TVW) van de Gemeente Tilburg (2021) gevolgd. De TVW deelt de gemeente op in vier gebieden. (1) Reeshof en omgeving, (2) Rond de ringbanen, (3) Binnen de ringbanen en (4) Dorpen en de Blaak. Daarnaast bouwen in onze bronnenstrategie voort op de analyse uit een eerdere studie naar de CO2-besparende effecten van het beleid van de gemeente Tilburg (CE Delft, 2025). In deze studie is op basis van de TVW een eindbeeld geschetst van welke warmtetechniek(en) gebruikt worden in vijf gebieden om in 2050 op een aardgasvrije manier in de warmtevraag van de gebouwde omgeving te voorzien. Bij deze toedeling van warmtetechnieken is in gesprek met ambtenaren van de gemeente Tilburg uitgegaan van de huidige warmte-infrastructuur, bestaande plannen voor het net in Tilburg-Zuid, eigenschappen van bestaande bouw, bebouwingsdichtheid en de eindgebruikerskosten van bewoners en ondernemers.

TVW-gebieden	Gebieden met zelfde warmtetechniek	Warmtetechniek	Amernet	Lokaal MT/LT-net	Lokaal LT-net
Reeshof en Omgeving	Reeshof en omgeving	100% MT-net	X		
Rond de ringbanen	Tilburg-West en Tilburg-Noord	50% MT/LT-net 50% LT-net	X	X	X
	Tilburg-Zuid	100% LT-net			X
Binnen de ringbanen	Binnen de ringbanen	50% MT/LT-net 50% Hybride warmtepomp	X	X	
Dorpen en de Blaak	Dorpen en de Blaak	100% All-electric warmtepomp			

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat een warmtenet niet in elk gebied de geschikte techniek om de gebouwde omgeving te verduurzamen. Daarnaast is het niet mogelijk om het bestaande regionale warmtenet in de gemeente, het Amernet, onbepikt uit te breiden. Daarom zal er naar verwachting naast de bestaande plannen voor het LT-warmte-koude-net in Tilburg-Zuid ook een lokaal midden-temperatuurwarmtenet (MT/LT-net)) in delen van Tilburg aangelegd moeten worden om Tilburg aardgasvrij te verwarmen.

Voor de aanwezige bronnen in en rondom de gemeente Tilburg baseren we ons op het bronnenoverzicht van Innoforte (2024). De verdeling van warmtebronnen over de warmtenetten is afhankelijk van de temperatuur, de locatie en of de bronnen in pieklust of basislast kunnen voorzien. Bronnen worden over het algemeen ingevoed in het warmtenet in hetzelfde gebied als waar de bron gevestigd is, omdat het transporteren van warmte prijzig is.

Bedrijventerreinen

De berekeningen van de bedrijventerreinen zijn overgenomen van de studie van CE Delft: “Bedrijventerreinen in Tilburg: Energievoorziening in de toekomst”.

In de genoemde studie zijn verschillende databronnen gebruikt om het energiegebruik op de bedrijventerreinen te schatten. De onderstaande tabel beschrijft de bronnen en de verwerking van gegevens die hebben geleid tot de inschattingen van het gebouwgebonden energiegebruik.

Bron en verwijzing	Beschrijving gegevens	Gegevensverwerking
Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant: Energieverbruiken grootverbruikers (vertrouwelijk ontvangen via gemeente Tilburg)	Energieverbruik 530 bedrijven (verschillende jaren)	Meest recente jaar genomen als inschatting voor huidig gas- en elektriciteitsverbruik.
Planbureau voor de Leefomgeving: Functioneel Ontwerp Vesta Mais 5.0, (PBL, 2021)	Kengetallen energiegebruik utiliteitsbouw (ruimteverwarming, tapwater, koeling, elektriciteit)	Energiegebruik ontbrekende bedrijven geschat op basis van utiliteitstype, oppervlakte, bouwperiode en energielabel.
Centraal Bureau voor de Statistiek: Totale levering van aardgas en elektriciteit aan IBIS-bedrijventerreinen uit het openbaar net (CBS, 2021)	Gas- en elektriciteitsverbruik per bedrijventerrein in 2019	Gebruikt als correctiefactor op met kengetallen geschatte energiegebruiken. Voorbeeld: als op een terrein 300 MWh bekend verbruik is bij grootverbruikers, schatten we 500 MWh bij voor overige bedrijven, en als bekend totaalverbruik 1.000 MWh is, dan schalen we de verbruiken van overige bedrijven omhoog tot 700 MWh (correctiefactor 7/5).
Ennatuurlijk: Infrastructuurkaart Amernet	GIS-bestand met de liggingsgegevens van het Amernet in Tilburg	Gebruikt om in te schatten welke gebouwen verbonden zijn met een warmtenet. Warmteverbruiken hebben we omgerekend uit geschat gasverbruik voor ruimteverwarming en tapwater. Industrieel warmteverbruik hebben we afgeschat met de berekende verhouding gasverbruik ruimteverwarming/processen.
CE Delft: Methodiek industrieel energiegebruik bedrijven, (CE Delft, 2021)	–	Het industrieel energiegebruik van bedrijven schatten we in via twee stappen: eerst kijken we aan de hand van de SBI-code of het een type bedrijf betreft dat mogelijk industriële processen heeft. Vervolgens bekijken we of het energieverbruik significant hoger is dan we op basis van normaal gebruik van gebouwen zouden verwachten. We nemen aan dat het verschil tussen het verbruik dat is ingeschat voor gebouwen en het gemeten verbruik wordt veroorzaakt door energieverbruik voor industriële processen.

Mobiliteit

De berekeningen van het energiegebruik van personenmobiliteit zijn gemaakt in CEREM-model (CE Delft Regionale Effectenberekeningen Mobiliteit). Dit model biedt inzicht in het huidige en verwachte energiegebruik van de mobiliteitssector binnen een gemeente. Het huidige energiegebruik wordt berekend op basis van cijfers uit de Regionale klimaatmonitor. Vervolgens worden de nationale trends uit de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2024 van het PBL gebruikt om de toekomstige ontwikkelingen van het energiegebruik in te schatten. Deze nationale ontwikkelingen hebben we gecorrigeerd voor lokale factoren zoals de verwachte bevolkingsgroei en ontwikkeling van werkgelegenheid in de gemeente Tilburg.

Voor de mobiliteitscijfers op de bedrijventerreinen zijn verschillende data- en informatiebronnen gebruikt voor kengetallen en aannames, zoals beschreven in de onderstaande tabel.

Bron	Verwijzing	Omschrijving databron	Toepassing(en) analyse
Centraal Bureau voor de Statistiek	Ontvangen via gemeente Tilburg	Microdata over het aantal vrachtoertuigen en bestelauto's op bedrijventerreinen (2022)	Inschatting energieverbruik door logistieke voertuigen
Landelijk Reizigersonderzoek 2022	(MuConsult, 2022)	Landelijke enquête over reisgedrag van werknemers	Inschatting energiebehoefte door personenauto's van werknemers op bedrijventerreinen
STREAM Personenvervoer 2030	CE Delft, nog niet gepubliceerd	Kentallen energieverbruik personenauto's	Berekening energieverbruik personenauto's
Inventarisatie vermogensbehoefte	Verkregen via gemeente Tilburg	Analyse van huidige en toekomstige walstroompunten per bedrijventerrein	Inschatting energiebehoefte door walstroom
ElaadNL	(Elaadnl, 2022) (Elaadnl, 2020)	Groefactoren en elektrificatieprognoses per voertuig	Prognose energiebehoefte 2030 en 2045 van logistieke voertuigen en personenauto's
Bedrijfsenquête	Verkregen via gemeente Tilburg	Enquête door CE Delft, uitgezet bij bedrijven door gemeente Tilburg	Inschatting aantal auto's van bezoekers per bedrijventerrein

Opwek

Voor de cijfers van de potentie in de gebouwde omgeving zijn we uitgegaan van het bronnenregister van Innoforte (2024).

De inschatting van energie opgewekt uit zonne-energie op bedrijventerreinen hebben we gebruikt gemaakt van de studie van CE Delft "Bedrijventerreinen in Tilburg: Energievoorziening in de toekomst". Daarin werd gegevens van Readar (Real Estate Radar) gebruikt, waarmee een inventarisatie is gemaakt voor alle daken in de gemeente Tilburg. Deze inventarisatie is in 2021 gedaan, wat betekent dat deze data al achterhaald is. De gegevens van Reader zijn gekoppeld aan individuele gebouwen, waardoor deze gekoppeld kan worden aan de BAG-registratie.

Bronnen

- CBS. (2021, 8 juli 2021). *Statline: Levering aardgas en elektriciteit aan bedrijventerreinen, 2019*. CBS. <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/27/levering-aardgas-en-elektriciteit-aan-bedrijventerreinen-2019>
- CE Delft. (2021). *Duurzame bedrijventerreinen Utrecht*.
- Elaadnl. (2020). *Elektrisch rijden in stroomversnelling. Elektrificatie van personenauto's tot en met 2050*. ElaadNL. Retrieved november 2021 from https://www.elaad.nl/uploads/files/2021Q3_Elaad_Outlook_Personenautos_2050.pdf
- Elaadnl. (2022). *Bedrijventerreinen in beweging - Outlook Logistiek & Bedrijventerreinen*. <https://elaad.nl/stroomvraag-op-bedrijventerreinen-voor-opladen-elektrische-voertuigen-gaat-fors-toenemen/>
- Gemeente Tilburg. (2021). *Naar het nieuwe verwarmen in Tilburg: 1e Transitievisie Warmte*. https://www.duurzamertilburg.nl/fileadmin/subsites/duurzamertilburg/Duurzaam_Tilburg/Het_nieuwe_verwarmen/20230404-transitievisie-warmte-1dec21-1.pdf
- MuConsult. (2022). *Landelijk Reizigersonderzoek 2022*.
- PBL. (2021). *Functioneel Ontwerp Vesta MAIS 5.0*. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-functioneel-ontwerp-vesta-mais-5.0-4583.pdf>

BIJLAGEN

- A. Betrokken partijen
- B. Doelenboom
- C. Kaarten en ontwikkelpaden
- D. Bronnenstrategie

BIJLAGE A: BETROKKEN PARTIJEN

Deze energiesysteemstudie is tot stand gekomen met medewerking van een groot aantal interne en externe partijen. Aan de hand van de participatieladder zijn deze partijen verdeeld in ‘meebepalers, meewerkers en meedenkers’.

Meebepalers

- Gemeente Tilburg: beleidsteam energietransitie en programmteam energietransitie
- Enexis

De meebepalers vormen het kernteam dat intensief bij het proces betrokken is, richting geeft en knopen doorhakt.

Meewerkers

- Gemeente Tilburg: afdelingen Ruimte (Stedelijke Ontwikkeling, Mobiliteit), Economie & Arbeid en Ruimtelijke Uitvoering, Programmteam revitalisatie bedrijventerreinen
- Woningbouwcorporaties Wonen Breburg, TBV Wonen, TIWOS
- Bedrijvenoverleg regio Tilburg (BORT)
- Ennatuurlijk.
- Enexis

De meewerkers hebben in een drietal ontwerpateliers input over o.a. toekomstige ontwikkelingen en doen mee aan het ontwerp van het energiesysteem.

Meedenkers

- Provincie Noord-Brabant
- REKS Hart van Brabant
- Lokale Energiecoöperaties (LEC's) Reeshof, de Blaak, Berkel-Enschot en Energiefabriek013
- Midpoint Brabant
- Tennet
- Gasunie
- VNO/NCW
- Publiek Ontwikkelbedrijf (POB) Tilburg

De meedenkers vormen een klankbordgroep die in twee klankbordsessies de tussen- en eindproducten heeft getoetst.

BIJLAGE B: DOELENBOOM GEMEENTE TILBURG

In 2050 is het grondgebied van de gemeente Tilburg CO₂-neutraal. De netto uitstoot bedraagt 0 kton CO₂

In 2030 is de CO₂ uitstoot op het grondgebied van de gemeente Tilburg ten opzichte van 1990 met minimaal met 55% gereduceerd. De netto uitstoot bedraagt in 2030 maximaal 450 kton CO₂

IMPACT VAN RIJKSBELEID EN REKS

In 2030 reduceert
rijksbeleid de CO₂
uitstoot op het
grondgebied van de gemeen-
te Tilburg minimaal met 290
kton



In 2030 bedraagt de
opbrengst duurzame
energie van de REKS
minimaal 1700 TJ



In 2030 bedraagt de opbrengst duurzame energie met opwek door windmolens minimaal 1051 TJ

In 2030 bedraagt de opbrengst duurzame energie met opwek door zonneparken minimaal 691 TJ

IMPACT VAN LOKALE INSPANNINGEN (= TOTAAL -/- LANDELIJK -/- REKS)

In 2030 wordt
maximaal 10.600
TJ energie gebruikt
op het grondgebied van de
gemeente Tilburg (besparen)



In 2030 wordt maximaal 2.500 TJ energie gebruikt door particuliere huishoudingen op het grondgebied van de gemeente Tilburg

In 2030 wordt maximaal 2.200 TJ energie gebruikt voor maatschappelijke en commerciële dienstverlening op het grondgebied van de gemeente Tilburg

In 2030 wordt maximaal 3.200 TJ energie gebruikt ten behoeve van mobiliteit op het grondgebied van de gemeente Tilburg

In 2030 wordt maximaal 2.700 TJ energie gebruikt ten behoeve van industrie, afvalverwerking etc. op het grondgebied van de gemeente Tilburg

In 2030 wordt
minimaal 730
TJ hernieuwbare
energie opgewekt binnen de
gemeente Tilburg (opwekken,
naast de REKS)



In 2030 wordt minimaal 365 TJ warmte opgewekt

In 2030 wordt minimaal 365 TJ elektriciteit opgewekt

In 2030 beschikt de
gemeente Tilburg
over een meer
robuust energiesysteem
(beperken van afhankelijk-
heden)



In 2030 zijn 38.900 woningen op een collectieve warmtevoorziening aangesloten

In 2030 is de capaciteit op het elektriciteitsnet uitgebreid en zijn netcongestieproblemen ondervangen

We geven medewerking aan projecten die een waterstof voorziening in de regio mogelijk maken

In 2030 heeft de ge-
meente Tilburg een
meer rechtvaardig
energiesysteem



Meer sturing op de gewenste verdeling van kosten en baten in de energietransitie

Meer maatschappelijke betrokkenheid bij de energietransitie

In 2030 bedraagt
de CO₂ uitstoot van
de gemeentelijke
organisatie maximaal 55%
van de uitstoot in 1990



In 2030 bedraagt de CO₂ uitstoot van de gemeentelijke organisatie voor mobiliteit maximaal 87 ton (eigen transport)

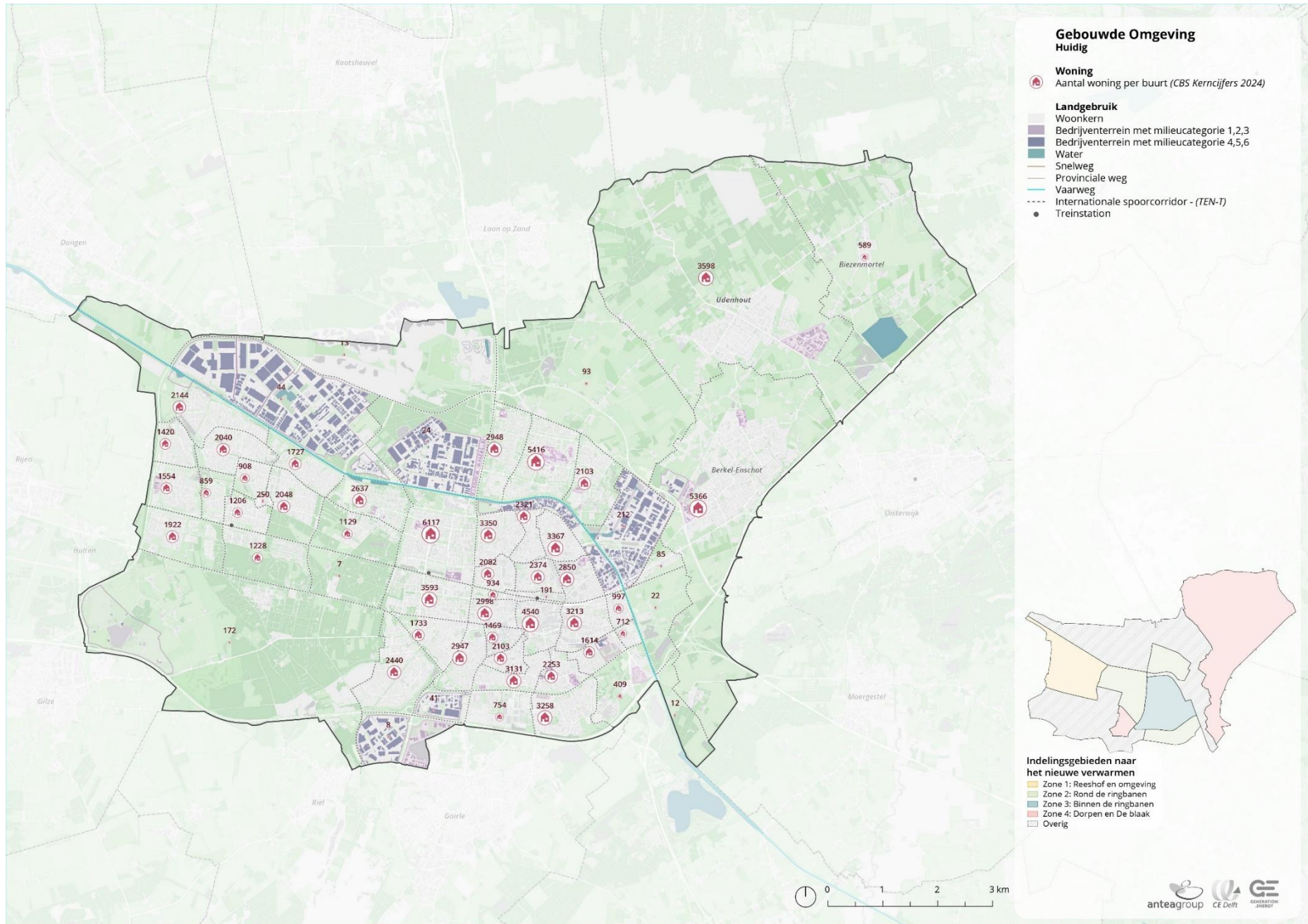
In 2030 bedraagt de CO₂ uitstoot van de gemeentelijke organisatie voor eigen huisvesting maximaal 7 kton

BIJLAGE C: KAARTEN, RUIMTEGEBRUIK EN ONTWIKKELPADEN

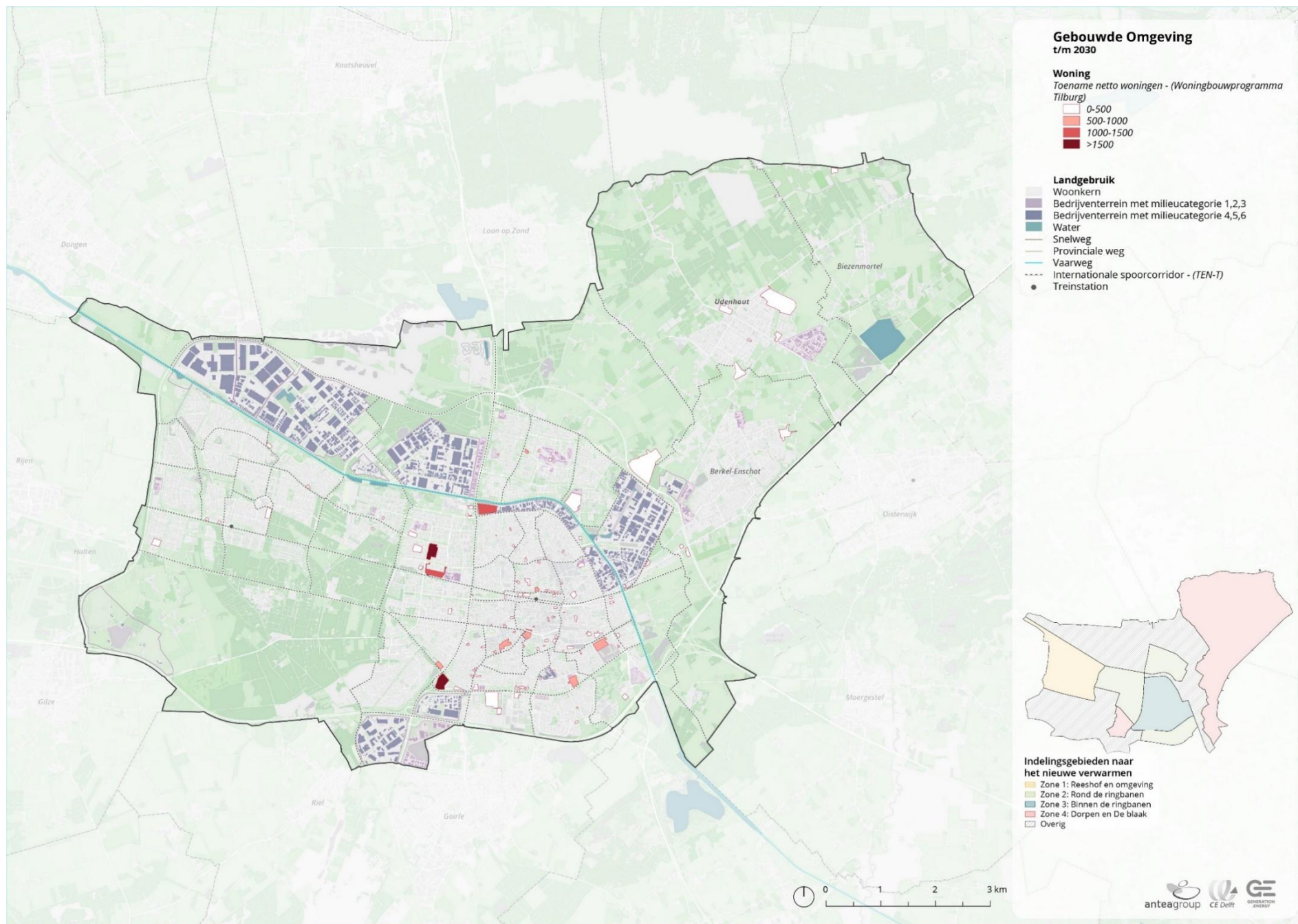
Inhoudsopgave

- Kaartbeeld 1 – Gebouwde omgeving huidige situatie
- Kaartbeeld 2 – Gebouwde omgeving ontwikkelingen t/m 2030
- Kaartbeeld 3 - Gebouwde omgeving ontwikkelingen 2030 t/m 2050
- Kaartbeeld 4 – Gebouwde omgeving aantal CV aansluitingen en warmtenet buurten
- Kaartbeeld 5 – Gebouwde omgeving huidige gasverbruik
- Kaartbeeld 6 – Gebouwde omgeving toekomstige gasverbruik
- Kaartbeeld 7 – Gebouwde omgeving huidige warmtevraag van warmtenet
- Kaartbeeld 8 – Gebouwde omgeving toekomstige warmtevraag van warmtenet
- Kaartbeeld 9 – Gebouwde omgeving huidige elektriciteitsvraag
- Kaartbeeld 10 – Gebouwde omgeving toekomstige elektriciteitsvraag
- Kaartbeeld 11 – Gebouwde omgeving toekomstige warmtetechniek
- Kaartbeeld 12 – Gebouwde omgeving kaart 2050
- Kaartbeeld 13 – Industrie en bedrijventerreinen huidig gasvraag voor processen onder en boven 200 °C
- Kaartbeeld 14 – Industrie en bedrijventerreinen huidige warmtevraag voor ruimteverwarming
- Kaartbeeld 15 – Industrie en bedrijventerreinen toekomstige warmtevraag voor ruimteverwarming
- Kaartbeeld 16 – Industrie en bedrijventerreinen toekomstige energievraag voor processen onder en boven 200 °C
- Kaartbeeld 17 – Industrie en bedrijventerreinen kaart 2050
- Kaartbeeld 18 – Mobiliteit huidige situatie
- Kaartbeeld 19 - Mobiliteit ontwikkelingen t/m 2030
- Kaartbeeld 20 – Mobiliteit ontwikkeling 2030 t/m 2050
- Kaartbeeld 21 – Mobiliteit kaart 2050
- Kaartbeeld 22 – Landbouw en natuur huidige situatie
- Kaartbeeld 23 – Stapelkaart kaart 2050
- Kaartbeeld 24 – Energieopwek en infrastructuur huidige situatie
- Kaartbeeld 25 – Energieopwek en infrastructuur ontwikkelingen t/m 2030
- Kaartbeeld 26 – Energieopwek en infrastructuur ontwikkelingen 2030 t/m 2050
- Kaartbeeld 27 - Gebouwde omgeving toekomstige warmtetechniek inclusief warmteclusters
- Kaartbeeld 28 – Bron per warmtecluster (bronnenstrategie)
- Kaartbeeld 29 – Verzorgingsgebieden netbeheerder
- Ontwikkelpad 1 - Gebouwde omgeving incl. mobiliteit
- Ontwikkelpad 2 - Industrie en bedrijventerreinen
- Ontwikkelpad 3 - Mobiliteit als onderdeel van industrie en bedrijventerreinen
- Ruimtevrage 1 - Ruimtevrage warmte- en elektriciteitsstations per warmteclusters en Tilburg in totaal

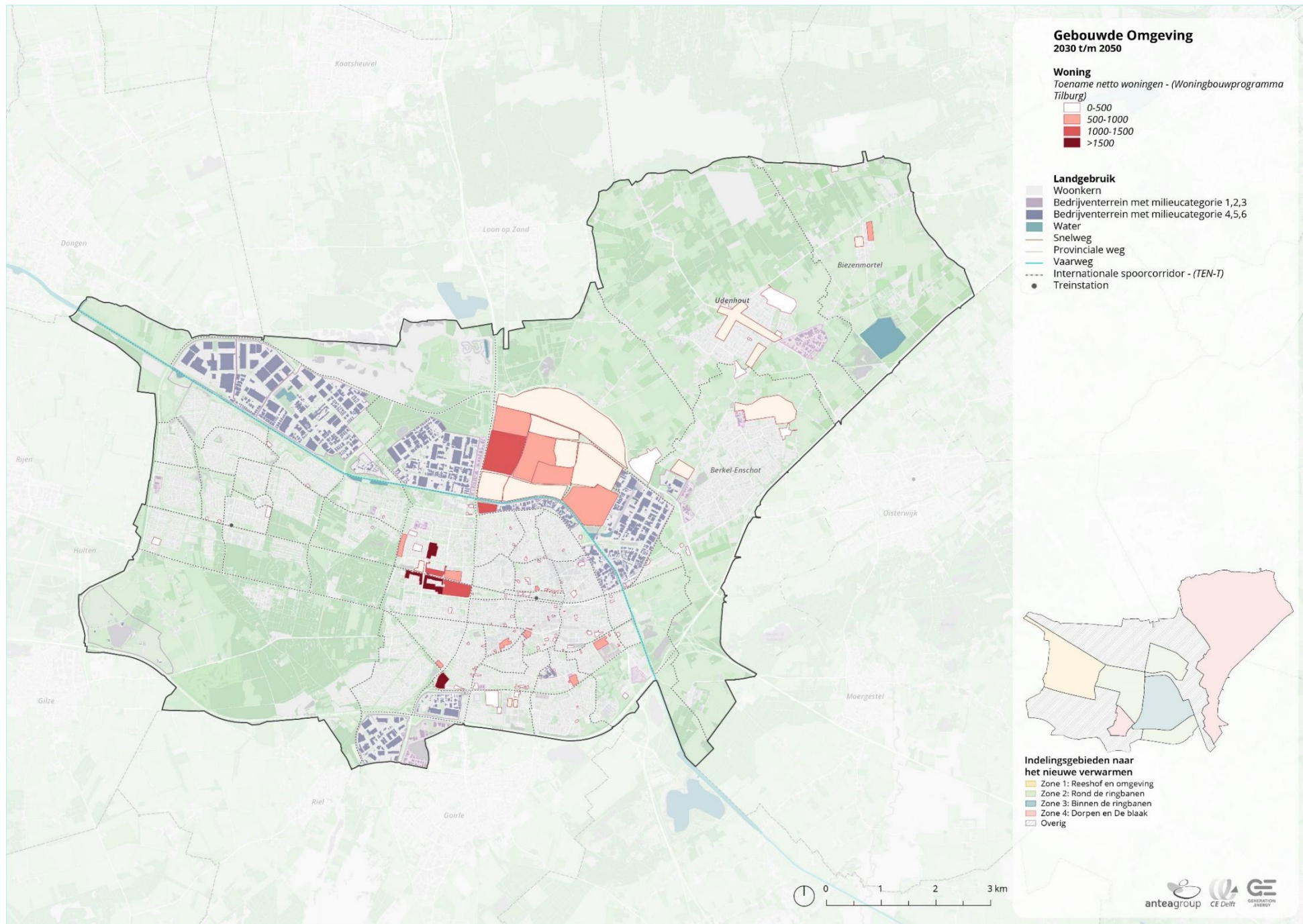
Kaartbeeld 1 – Gebouwde omgeving huidige situatie



Kaartbeeld 2 - Gebouwde omgeving ontwikkelingen t/m 2030

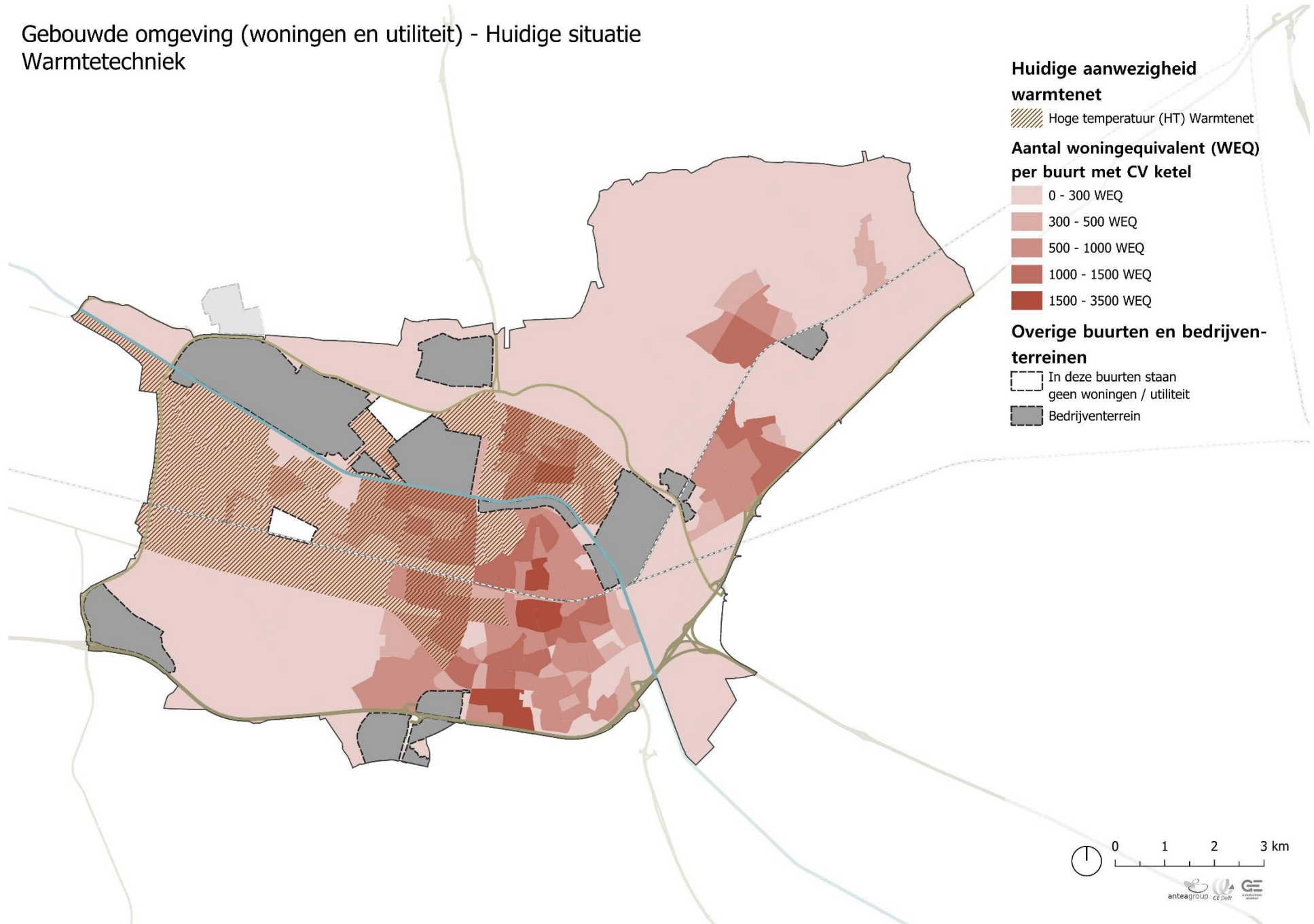


Kaartbeeld 3 - Gebouwde omgeving ontwikkelingen 2030 t/m 2050



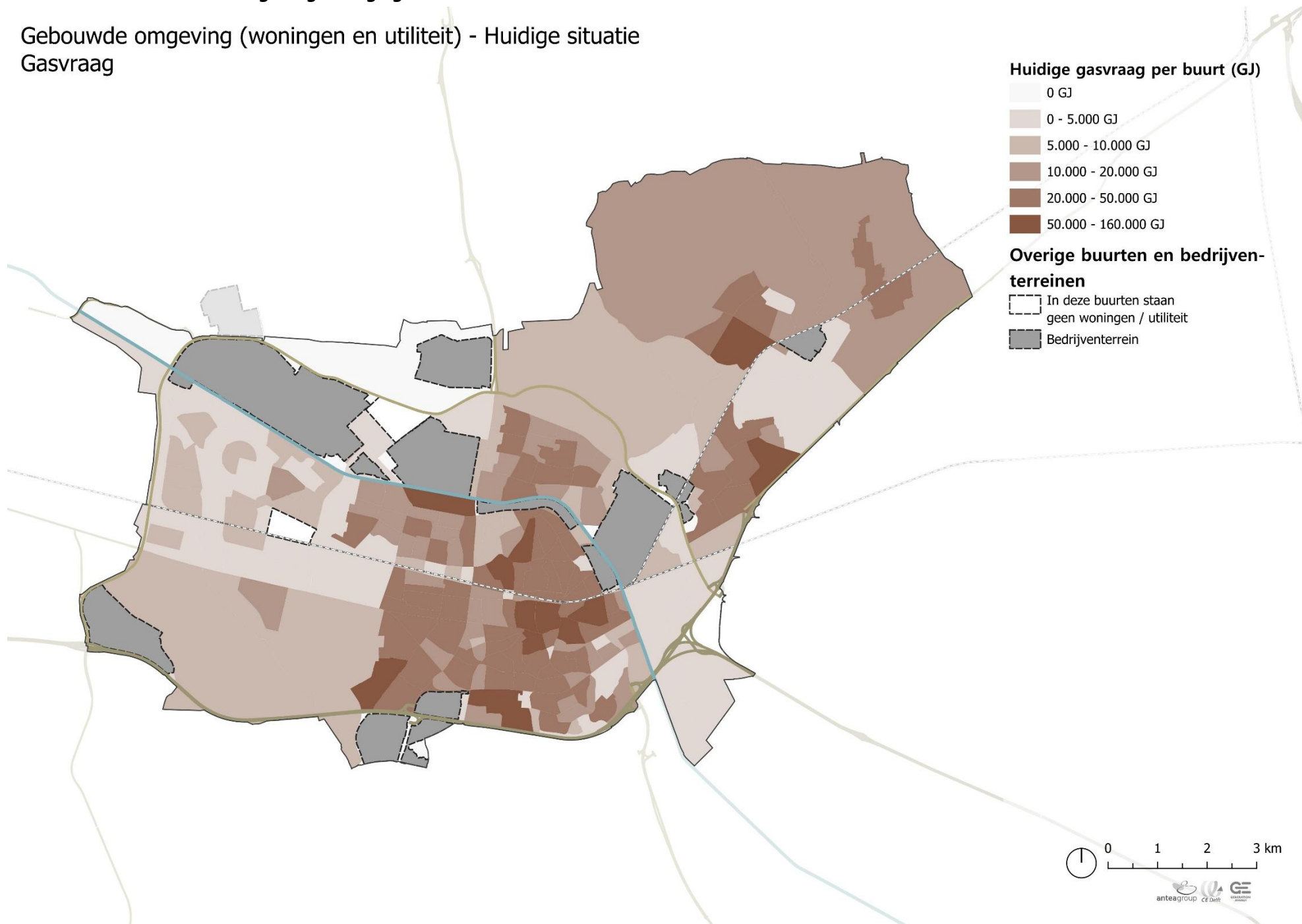
Kaartbeeld 4 - Gebouwde omgeving aantal CV aansluitingen en warmtenet buurten

Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Huidige situatie
Warmtetechniek



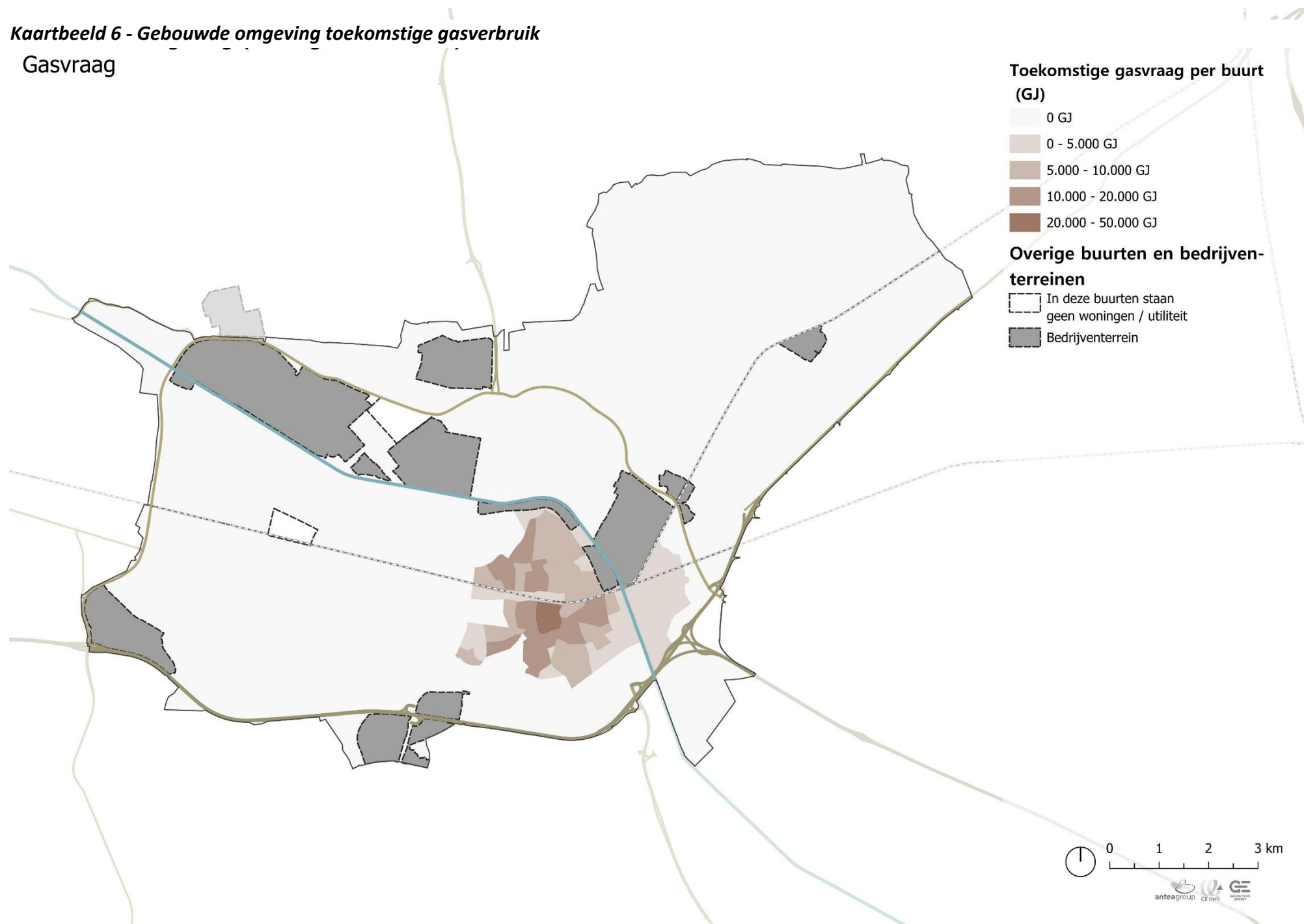
Kaartbeeld 5 - Gebouwde omgeving huidige gasverbruik

Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Huidige situatie
Gasvraag



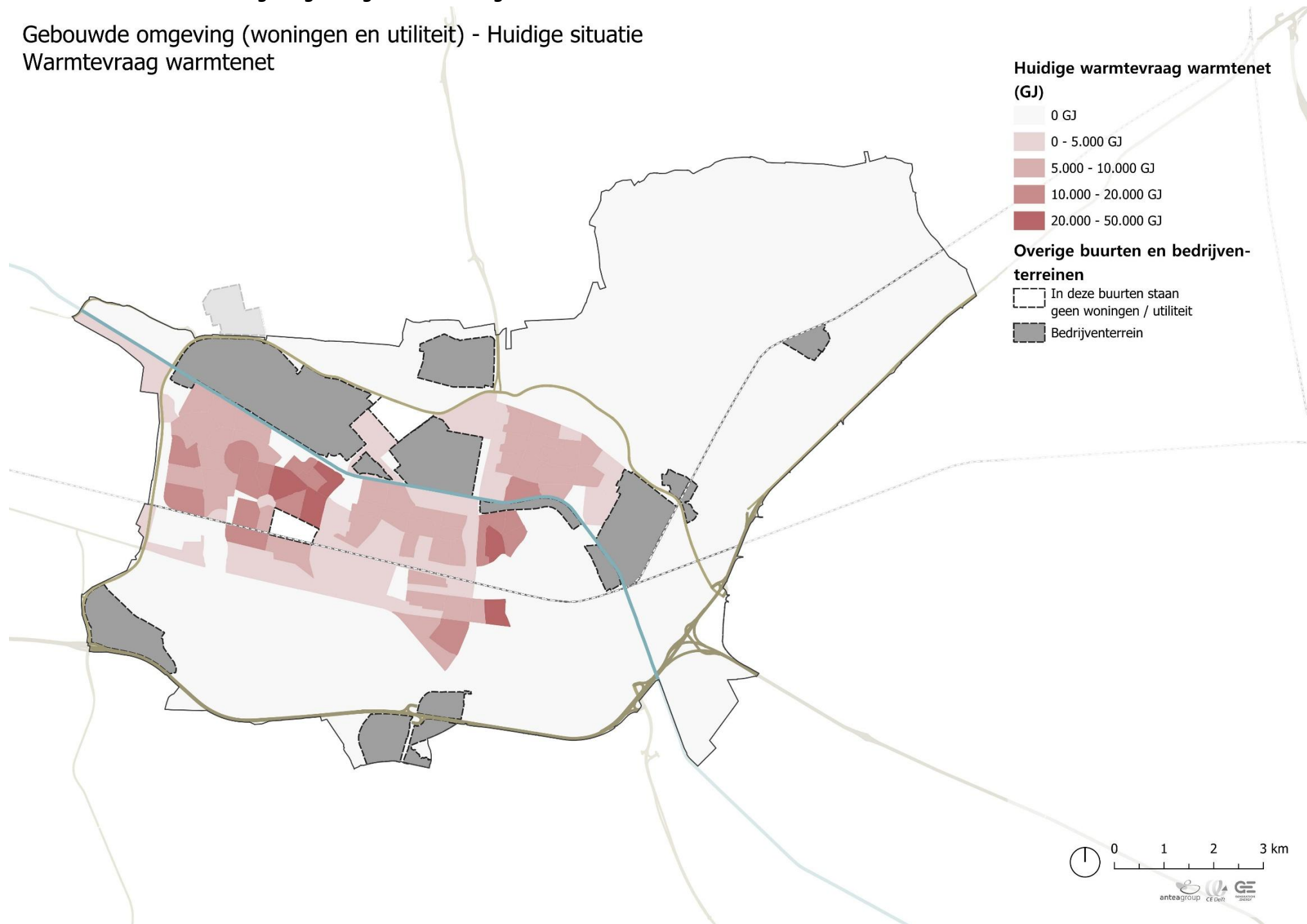
Kaartbeeld 6 - Gebouwde omgeving toekomstige gasverbruik

Gasvraag



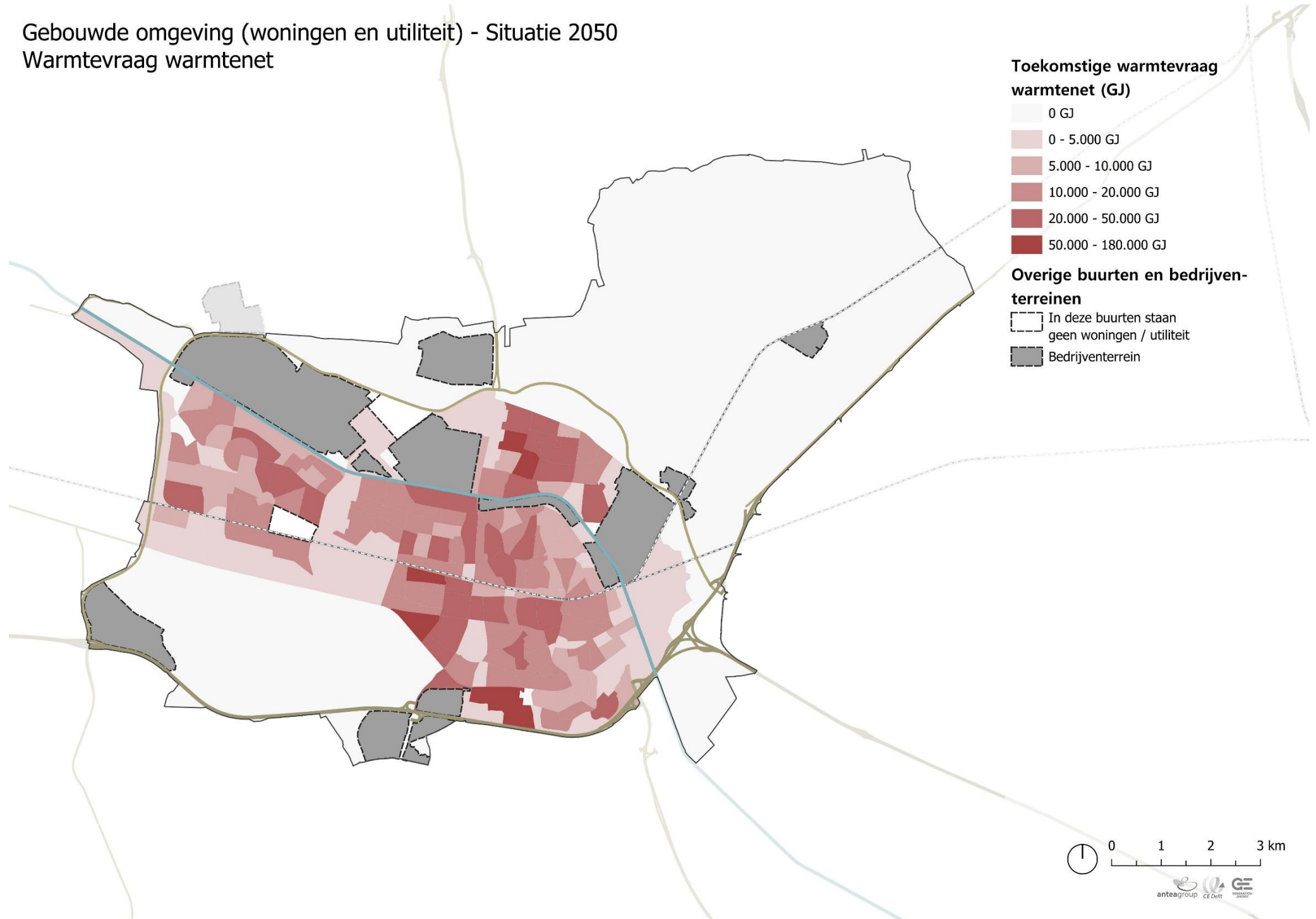
Kaartbeeld 7 - Gebouwde omgeving huidige warmtevraag van warmtenet

Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Huidige situatie
Warmtevraag warmtenet



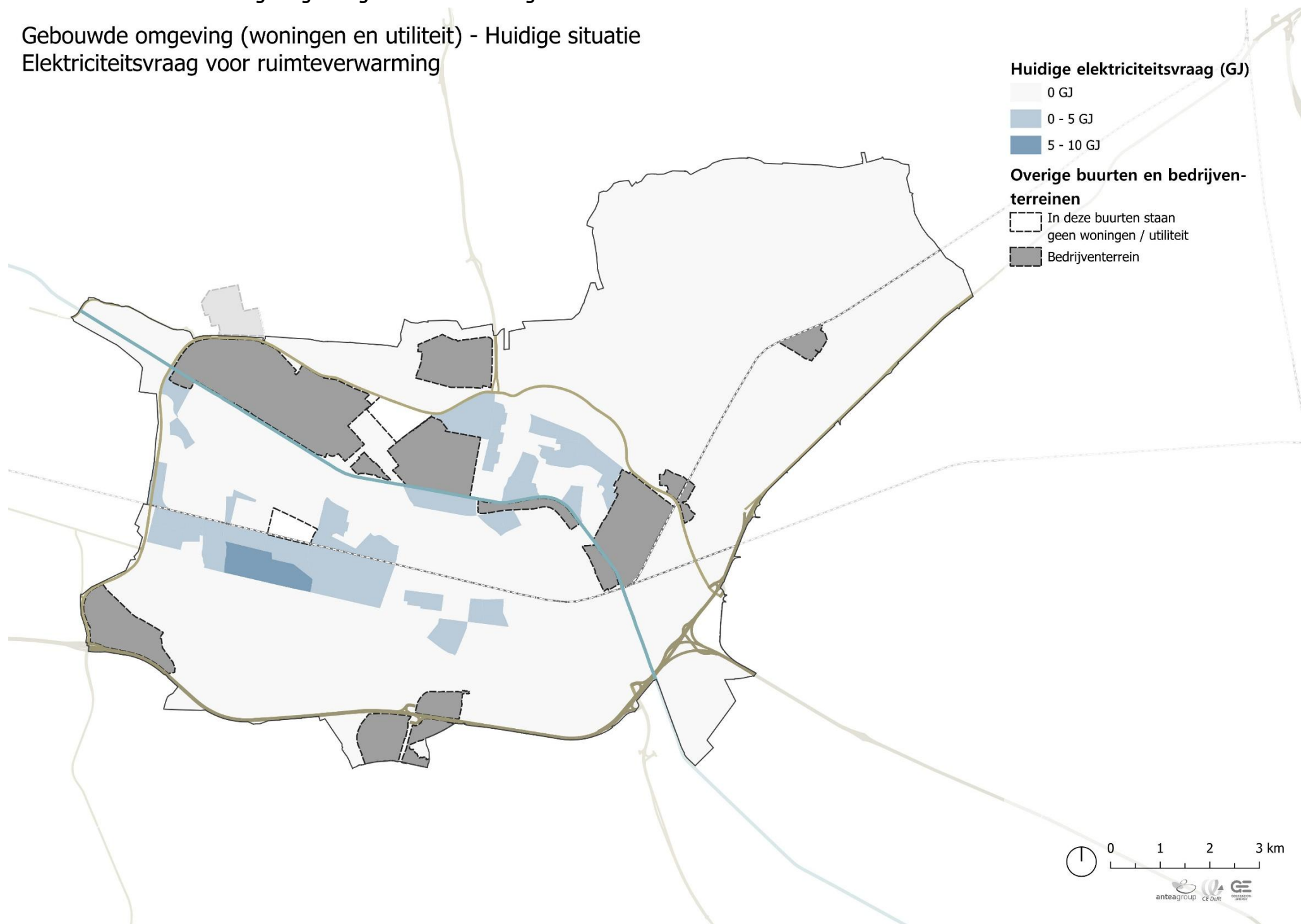
Kaartbeeld 8 - Gebouwde omgeving toekomstige warmtevraag van warmtenet

Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Situatie 2050
Warmtevraag warmtenet



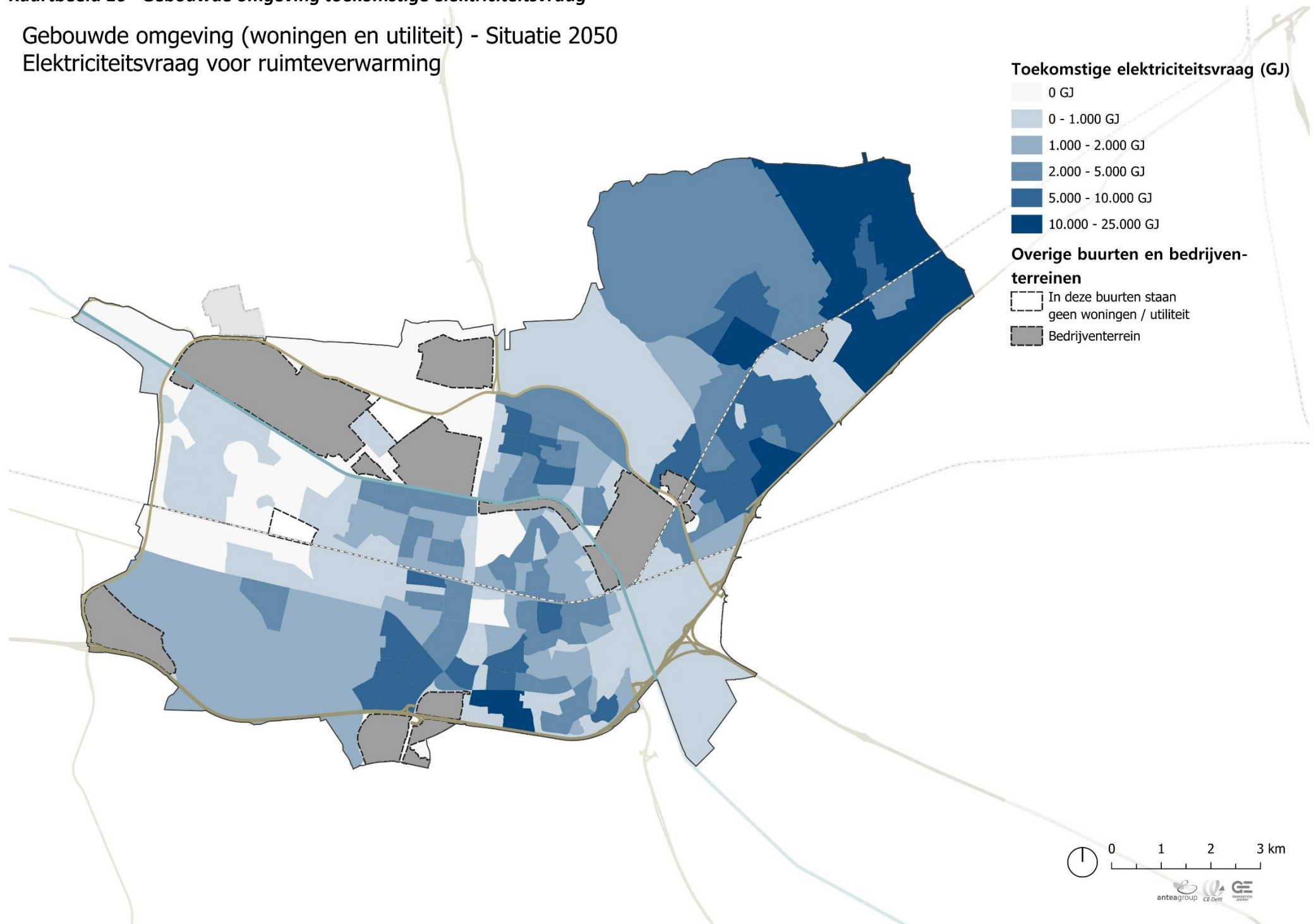
Kaartbeeld 9 - Gebouwde omgeving huidige elektriciteitsvraag

Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Huidige situatie
Elektriciteitsvraag voor ruimteverwarming

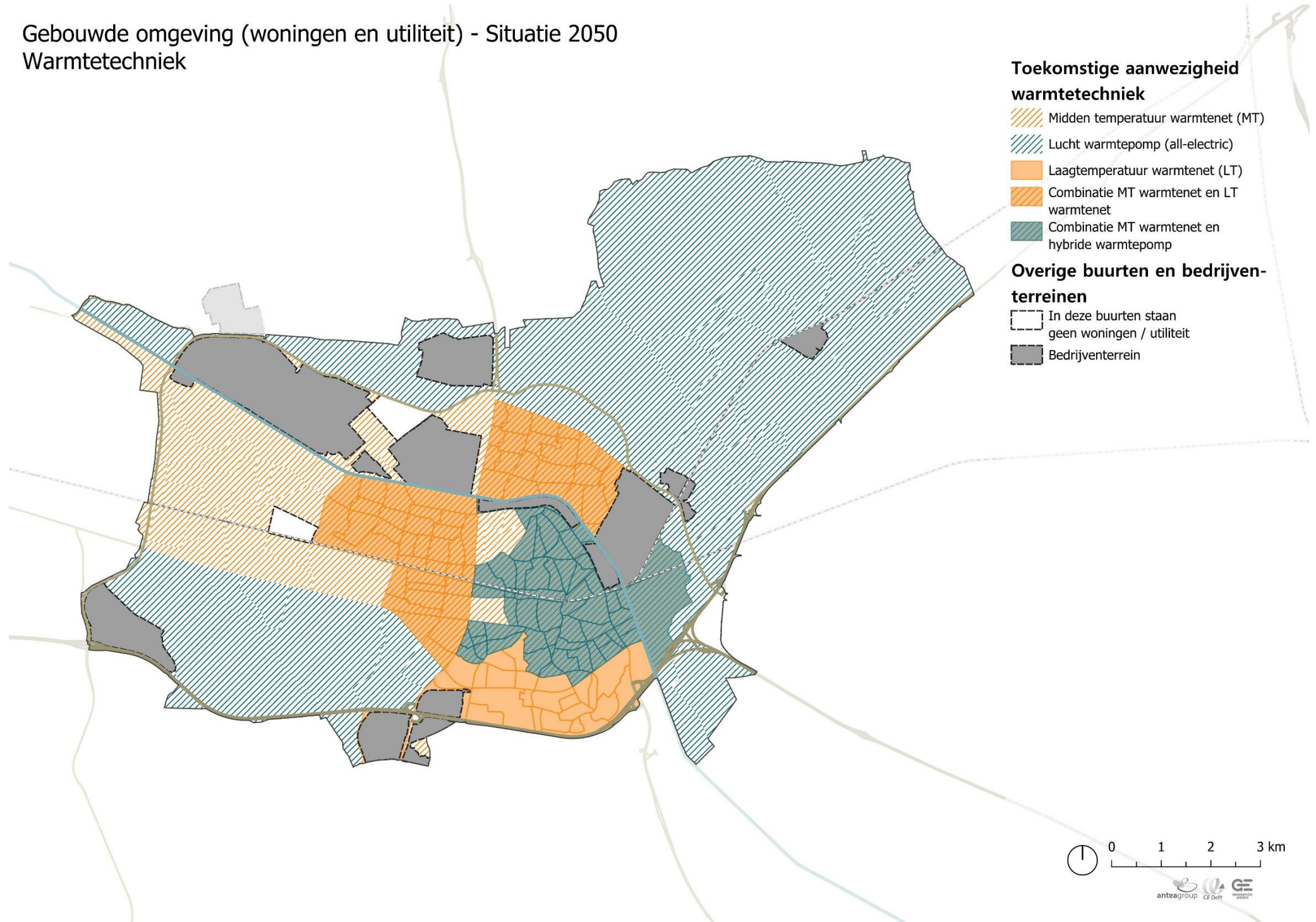


Kaartbeeld 10 - Gebouwde omgeving toekomstige elektriciteitsvraag

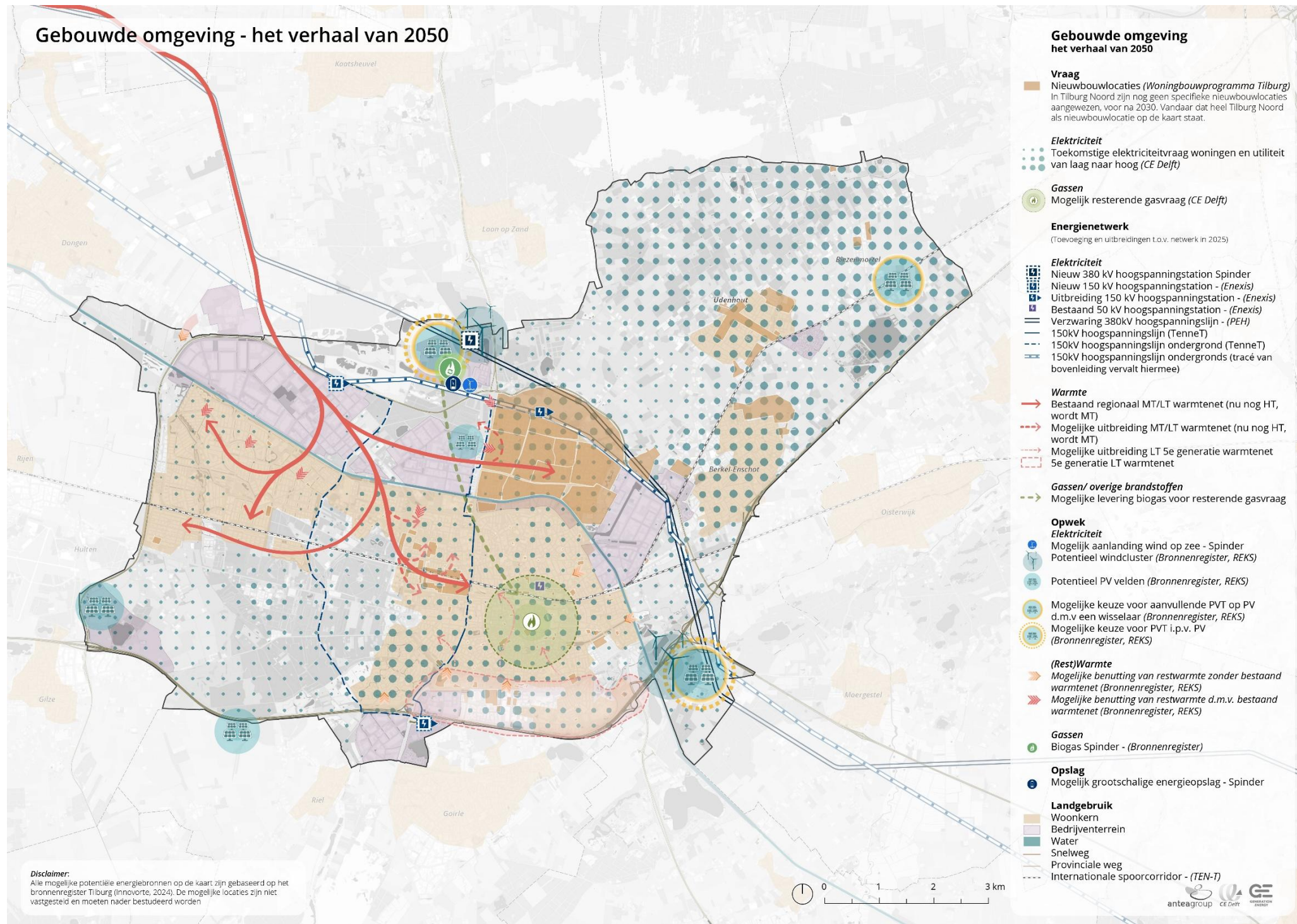
Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Situatie 2050
Elektriciteitsvraag voor ruimteverwarming



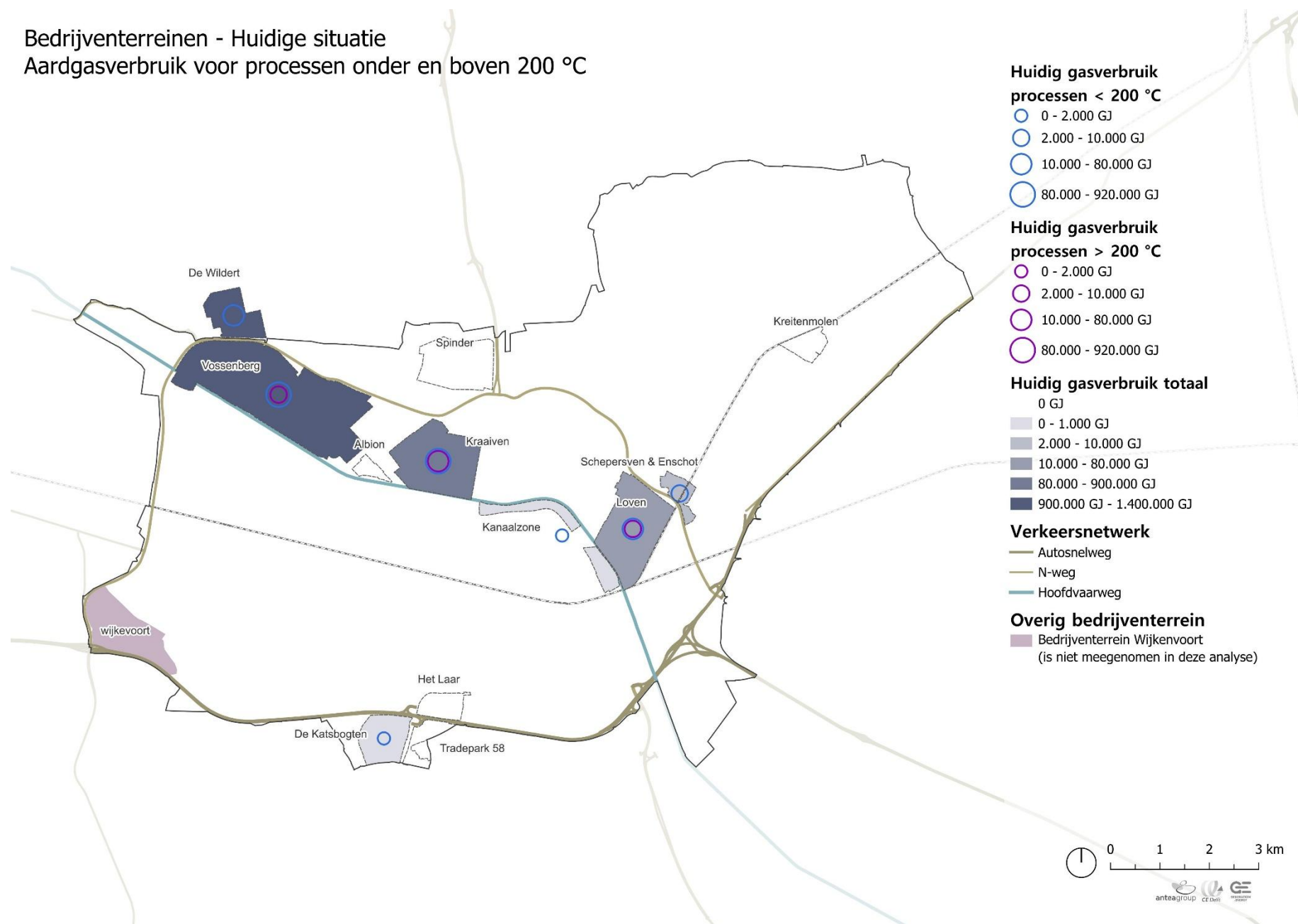
Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Situatie 2050
Warmtetechniek



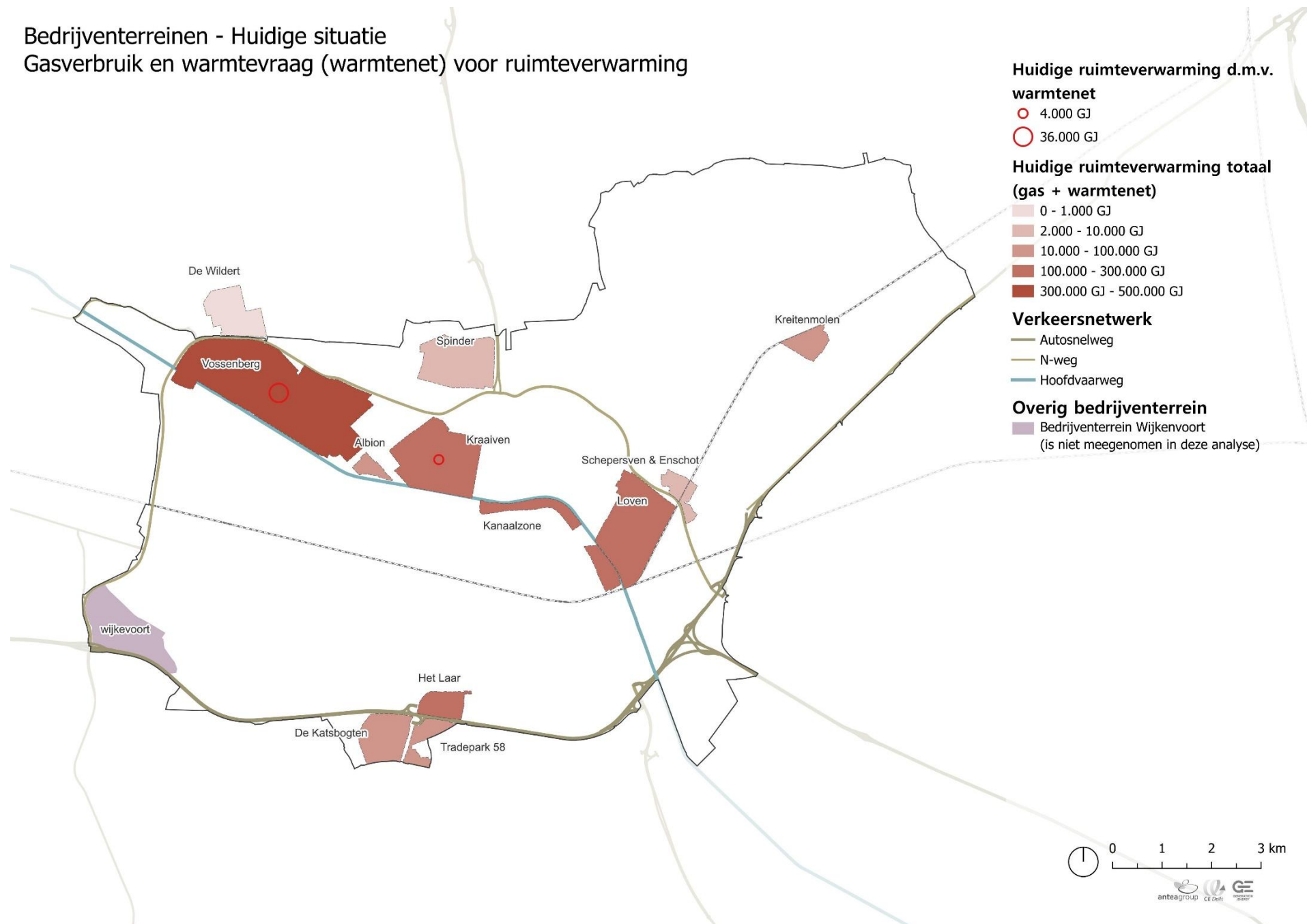
Gebouwde omgeving - het verhaal van 2050



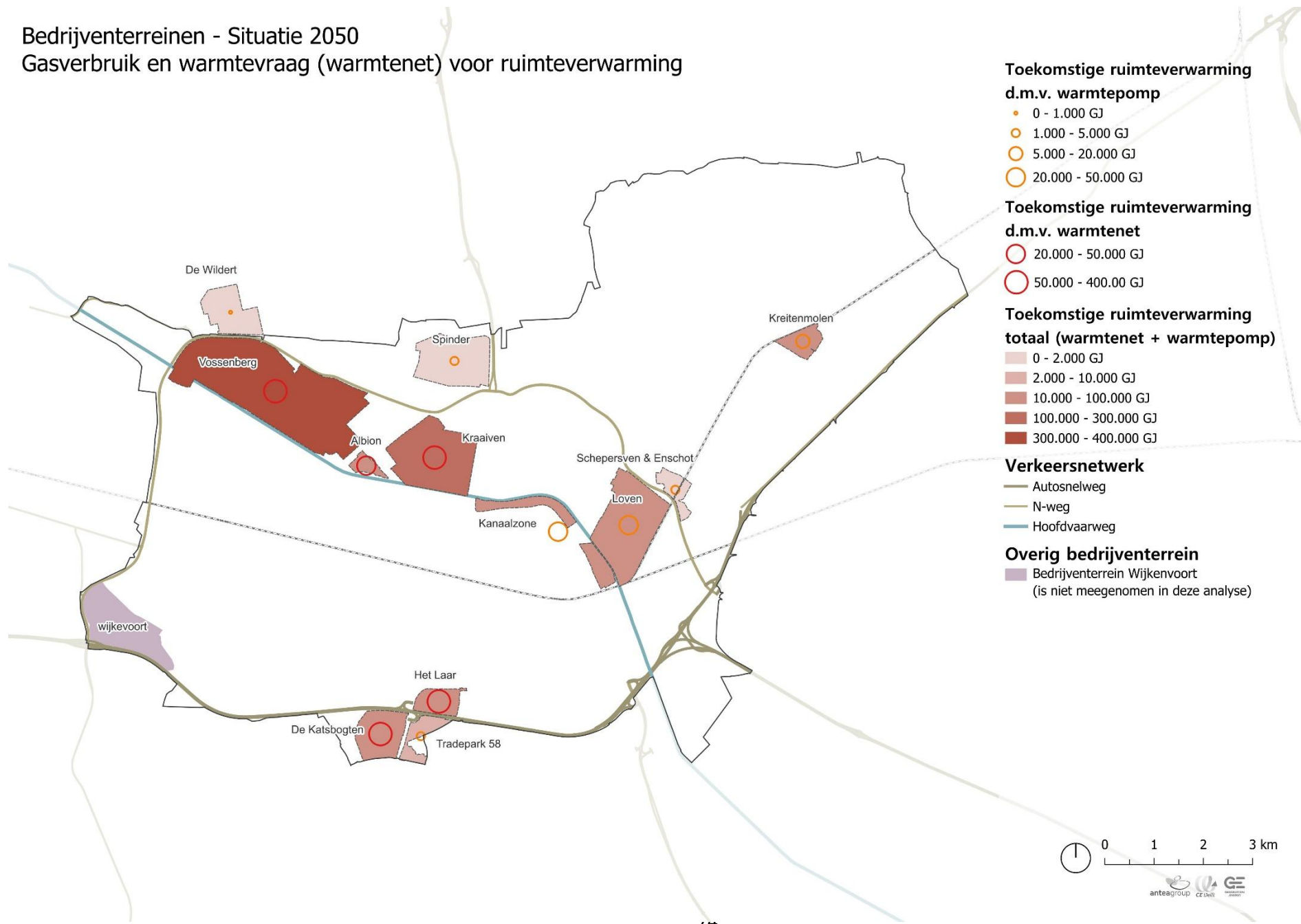
Bedrijventerreinen - Huidige situatie
Aardgasverbruik voor processen onder en boven 200 °C



Bedrijventerreinen - Huidige situatie
Gasverbruik en warmtevraag (warmtenet) voor ruimteverwarming



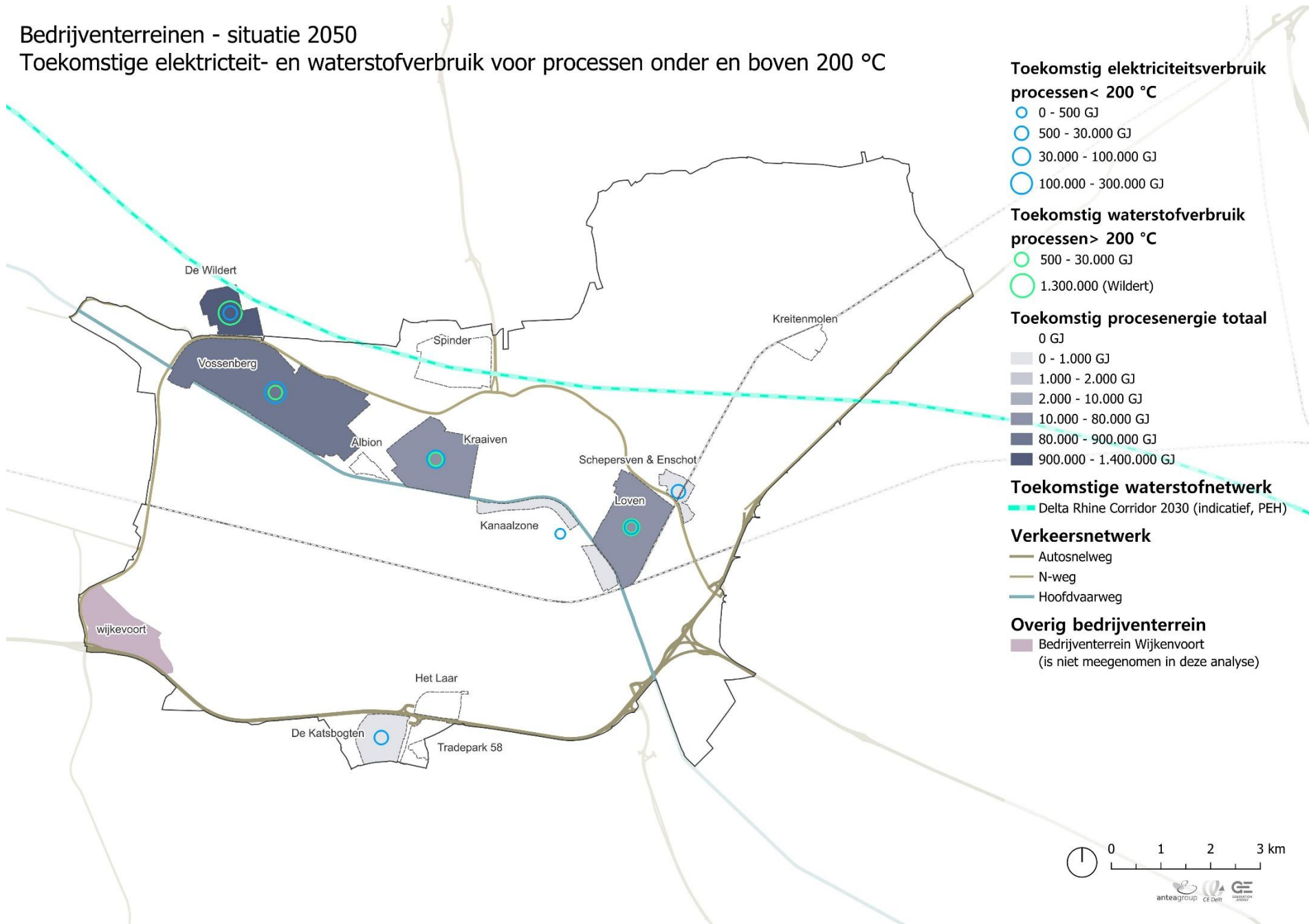
Bedrijventerreinen - Situatie 2050
Gasverbruik en warmtevraag (warmtenet) voor ruimteverwarming



Kaartbeeld 16 - Industrie en bedrijventerreinen toekomstige energievraag voor processen onder en boven 200 °C

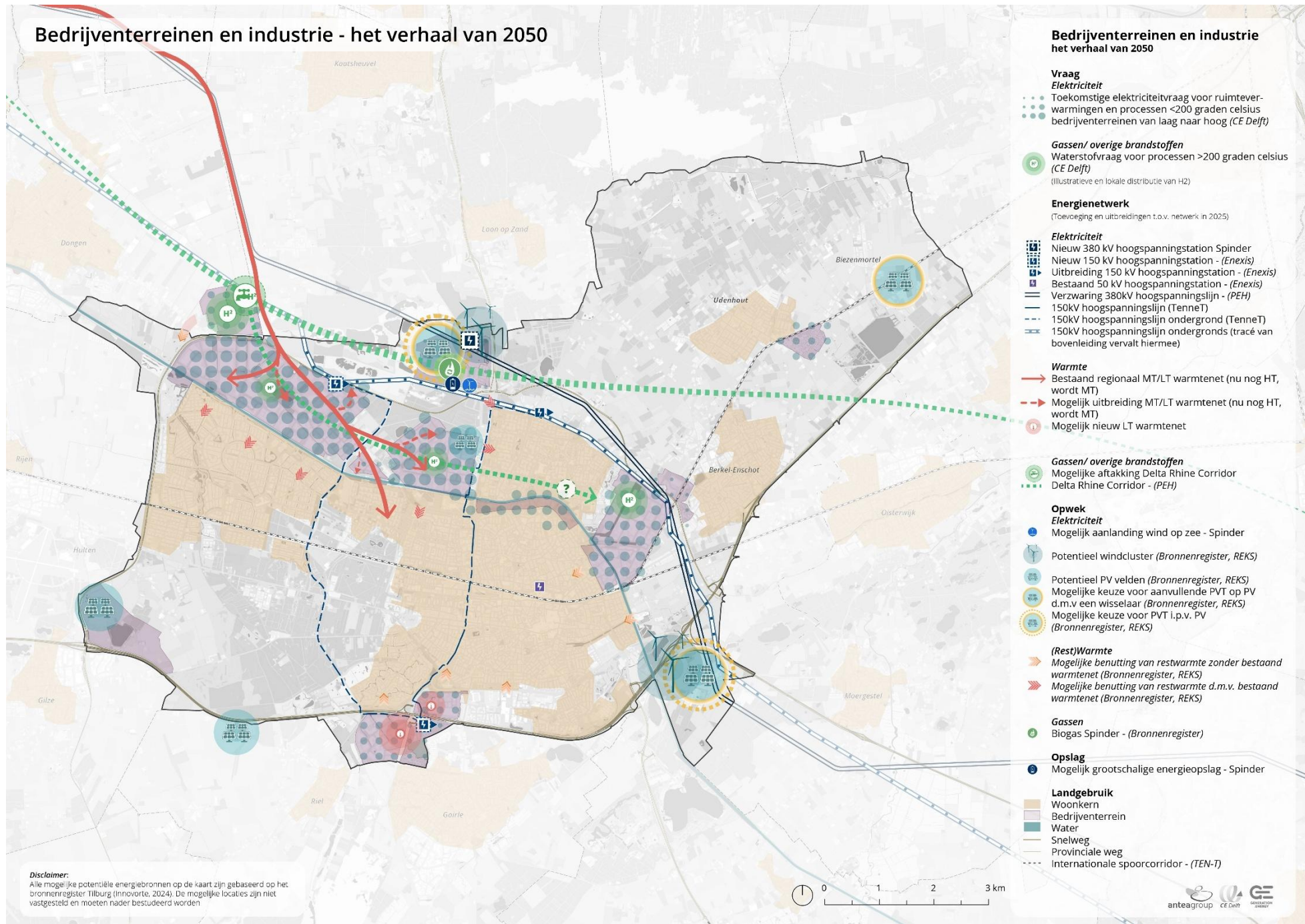
Bedrijventerreinen - situatie 2050

Toekomstige elektriciteit- en waterstofverbruik voor processen onder en boven 200 °C

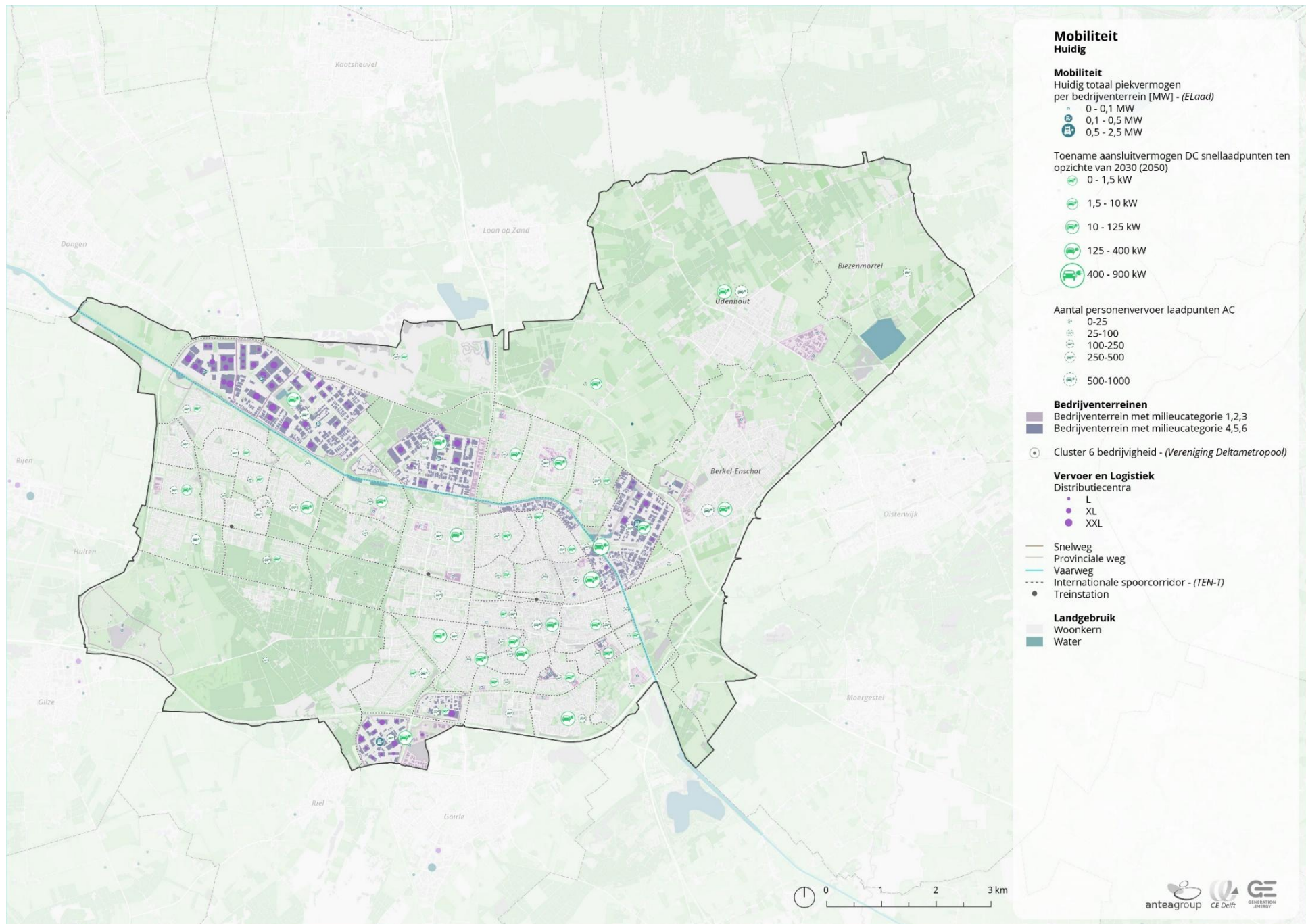


Kaartbeeld 17 – Industrie en bedrijventerreinen kaart 2050

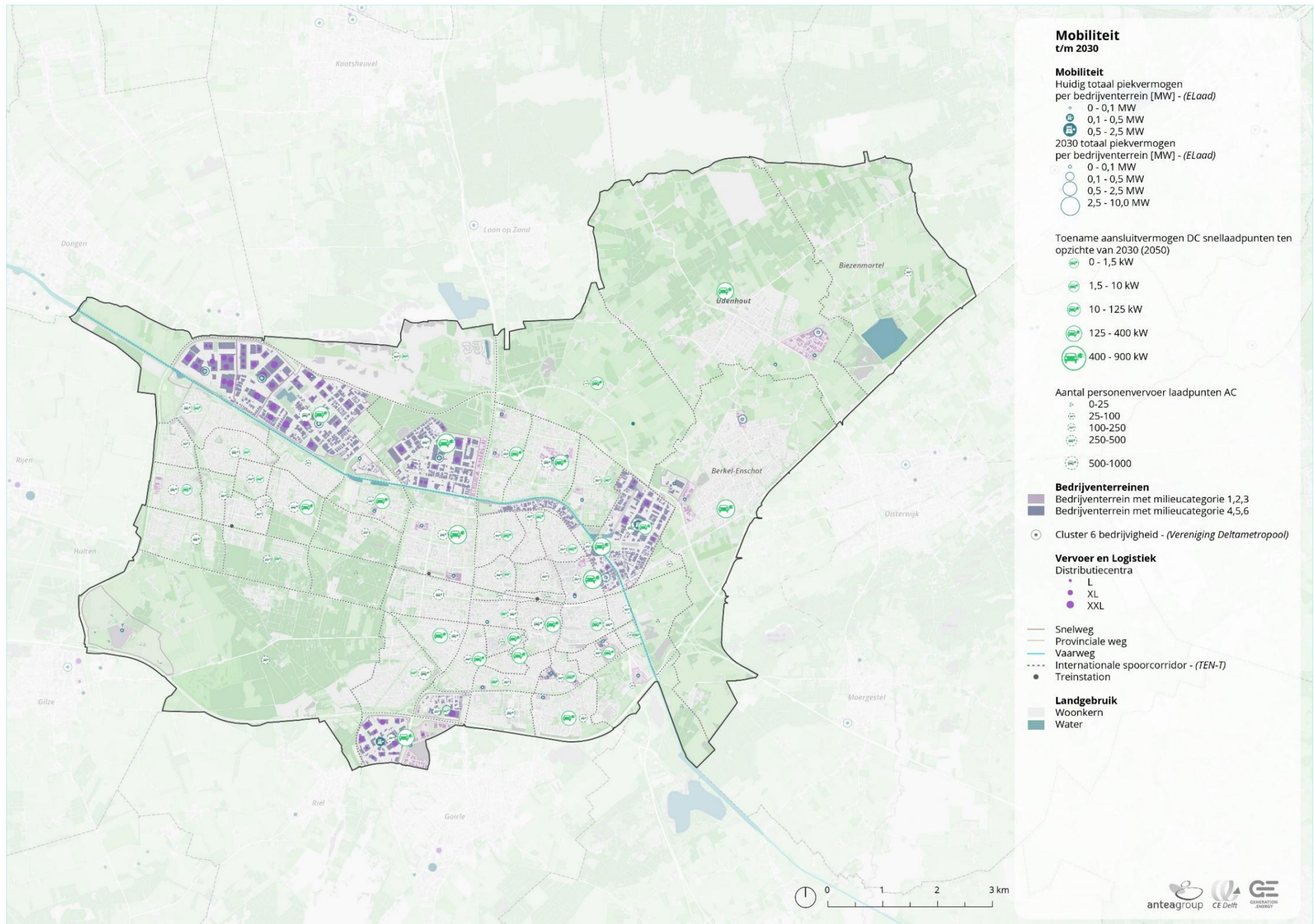
Bedrijventerreinen en industrie - het verhaal van 2050



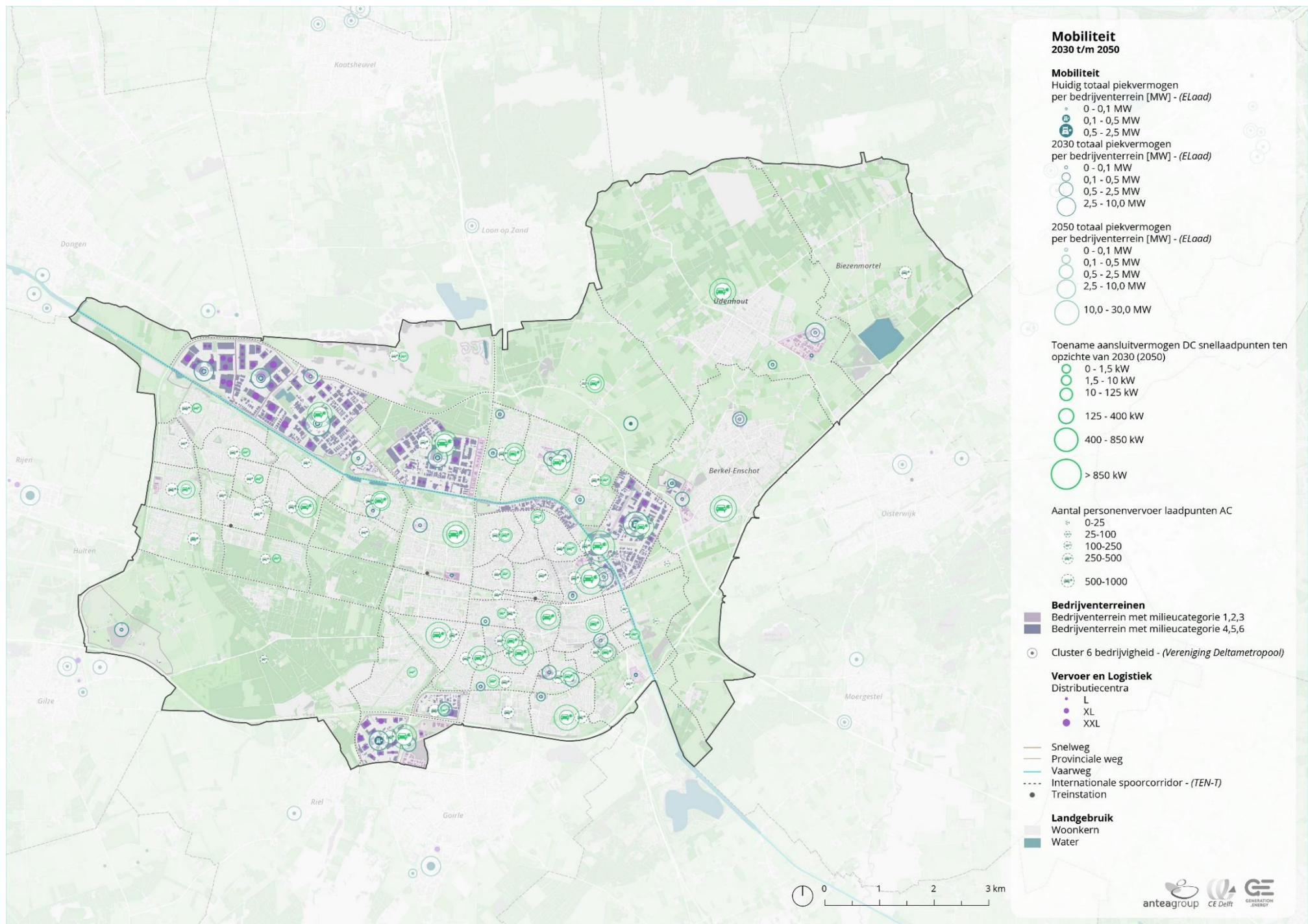
Kaartbeeld 18 - Mobiliteit huidige situatie

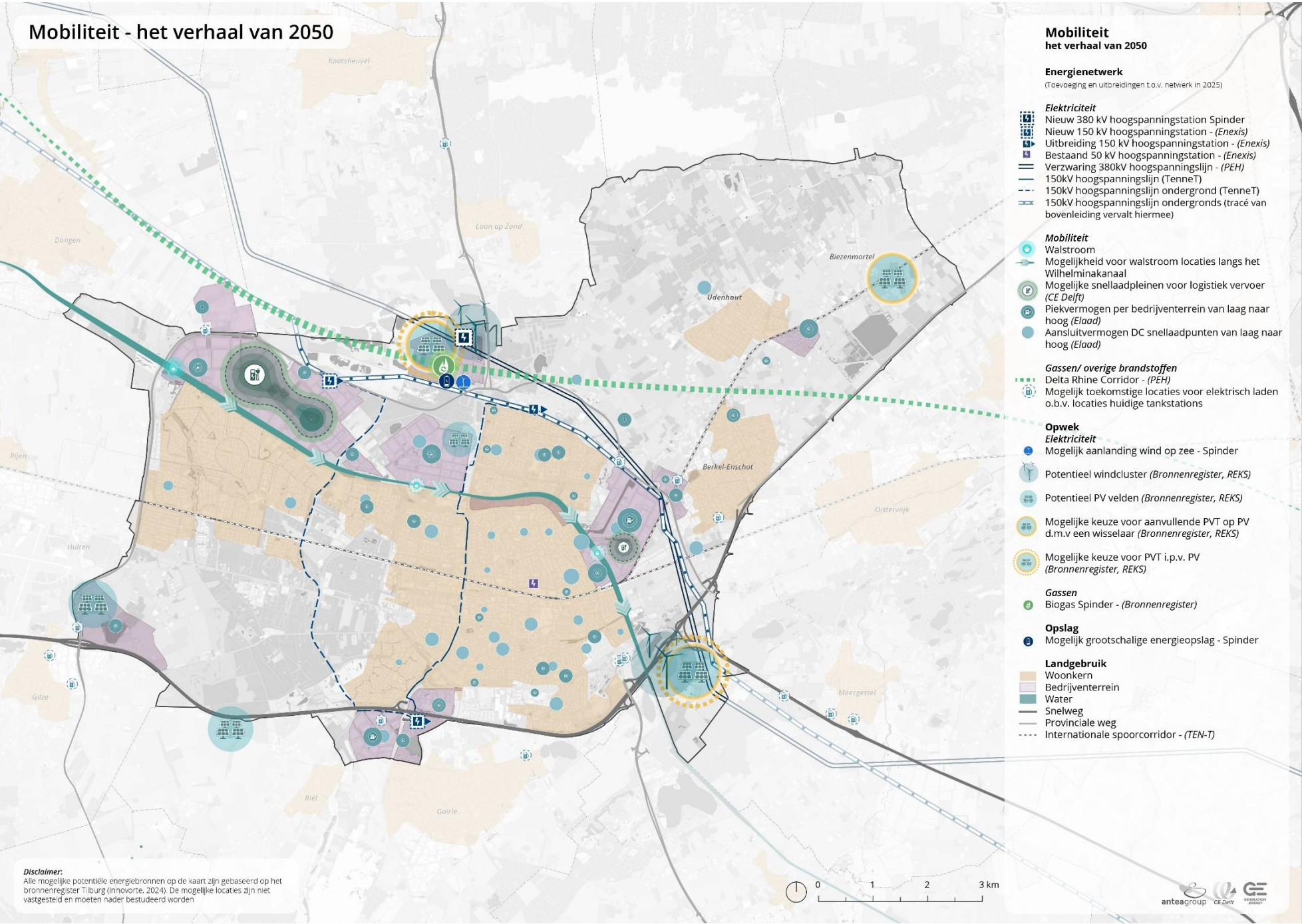


Kaartbeeld 19 - Mobiliteit ontwikkelingen t/m 2030

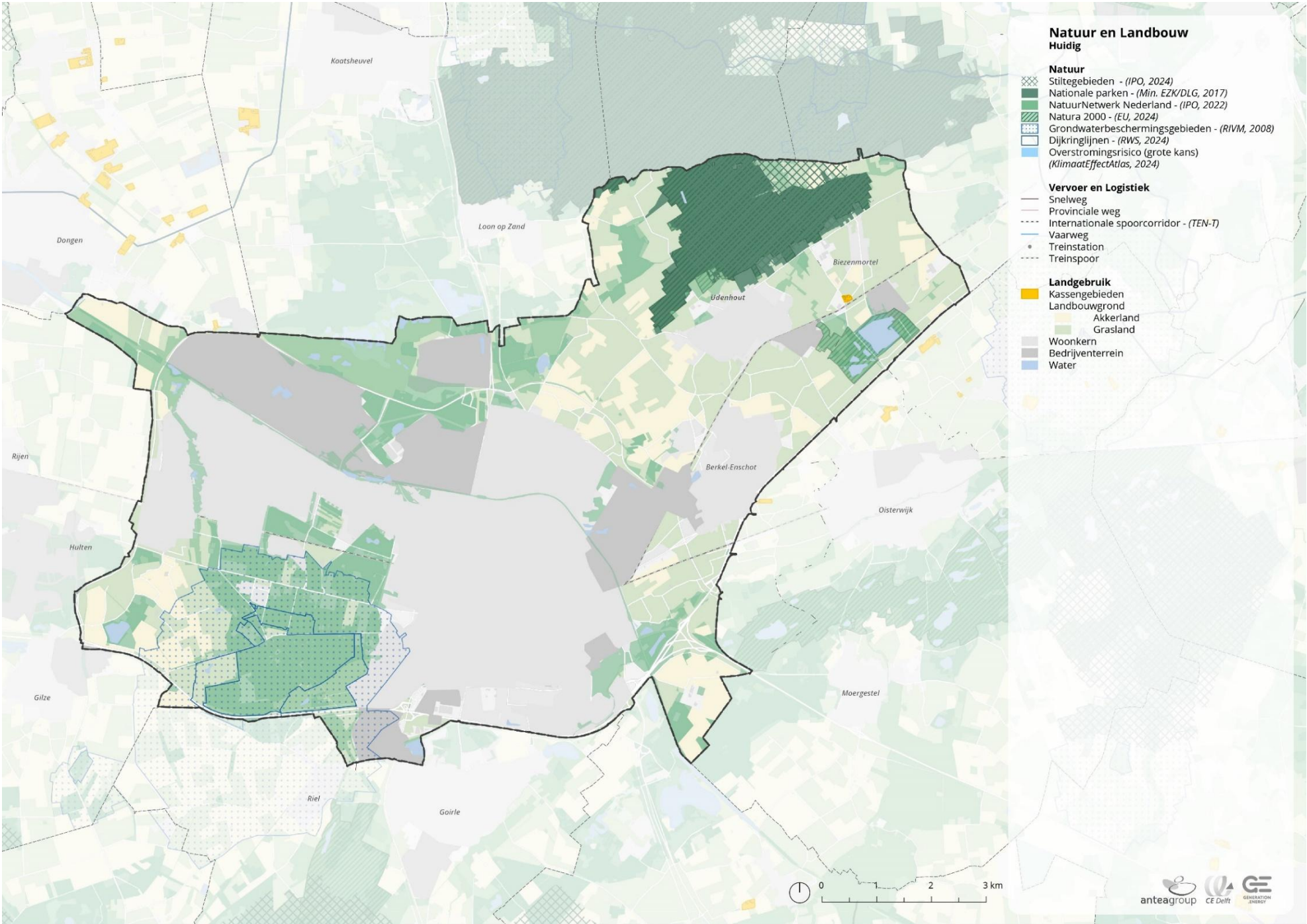


Kaartbeeld 20 - Mobiliteit ontwikkeling 2030 t/m 2050

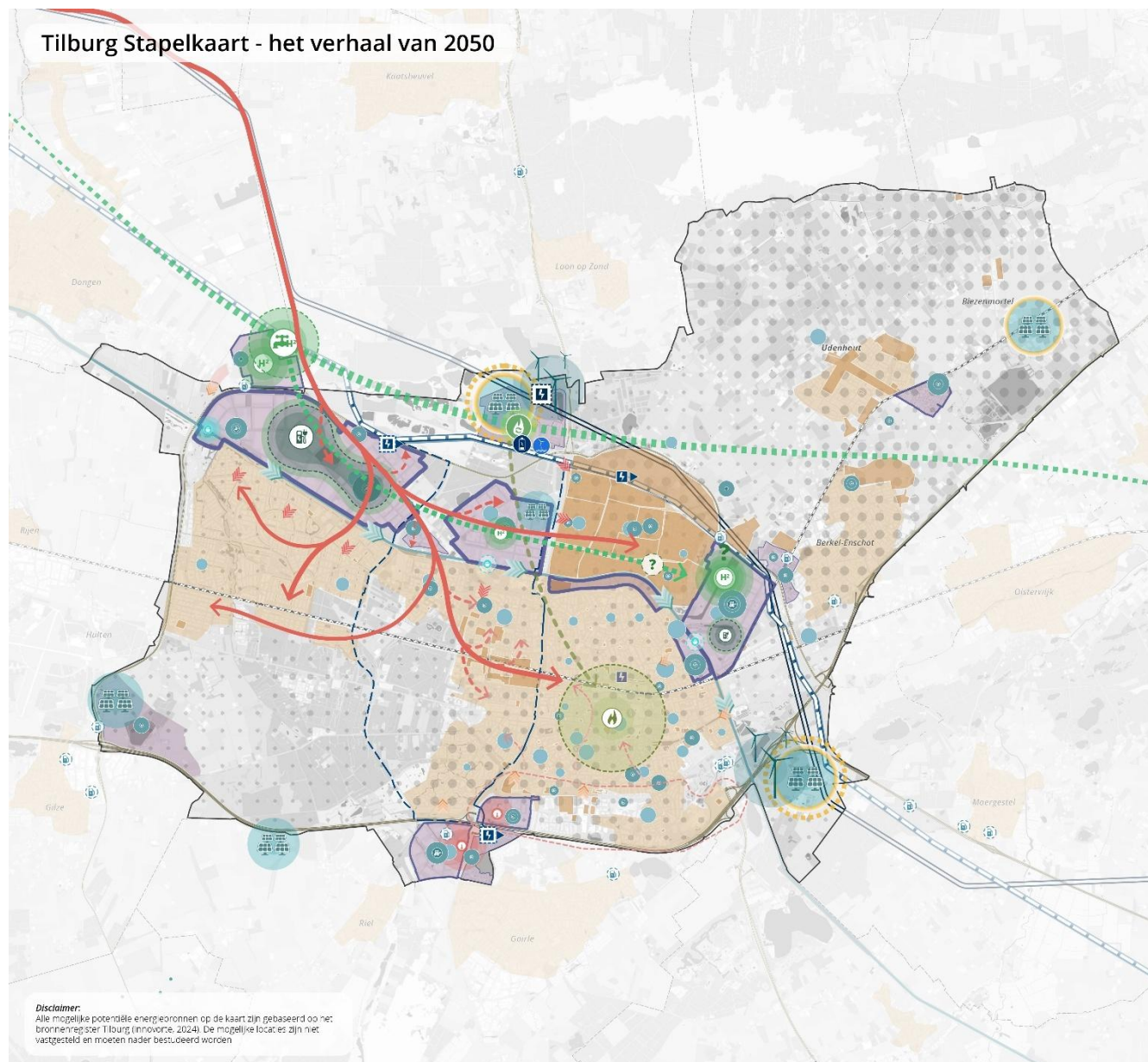




Kaartbeeld 22 - Landbouw en natuur huidige situatie



Kaartbeeld 23 - Stapelkaart 2050



Tilburg Stapelkaart het verhaal van 2050

Energiernetwerk

(toevoeging en uitbreidingen t.o.v. netwerk in 2025)

Elektriciteit

- Nieuw 380 kV hoogspanningsstation Spinder
- Nieuw 150 kV hoogspanningsstation - (Enexis)
- Uitbreiding 150 kV hoogspanningsstation - (Enexis)
- Bestaand 50 kV hoogspanningsstation - (Enexis)
- Verzwaring 380kV hoogspanningslijn - (PEH)
- 150kV hoogspanningslijn (TenneT)
- 150kV hoogspanningslijn ondergrond (TenneT)
- 150kV hoogspanningslijn ondergronds (tracé van bovenleiding vervalt hiermee)

Warme

- Bestaand regionaal MT/LT warmtenet (nu nog HT, wordt MT)
- Mogelijke uitbreiding MT/LT warmtenet (nu nog HT, wordt MT)
- Gebouwde omgeving
- Bedrijventerreinen
- Mogelijke uitbreiding LT 5e generatie warmtenet
- 5e generatie LT warmtenet
- Mogelijk nieuw LT warmtenet (Bedrijventerreinen)

Gassen/ overige brandstoffen

- Mogelijke levering biogas voor resterende gasvraag
- Mogelijke aftakking Delta Rhine Corridor
- Delta Rhine Corridor - (PEH)
- Mogelijke toekomstige locaties voor elektrisch laden o.b.v. locaties huidige tankstations

Opwek

Elektriciteit

- Mogelijk aanlanding wind op zee - Spinder
- Potentieel windcluster (Bronnenregister, REKS)
- Potentieel PV velden (Bronnenregister, REKS)
- Mogelijke keuze voor aanvullende PVT op PV d.m.v. een wisselaar (Bronnenregister, REKS)
- Mogelijke keuze voor PVT i.p.v. PV (Bronnenregister, REKS)

(Rest)Warme

- Mogelijke benutting van restwarmte zonder bestaand warmtenet (Bronnenregister, REKS)
- Mogelijke benutting van restwarmte d.m.v. bestaand warmtenet (Bronnenregister, REKS)

Gassen

- Biogas Spinder - (Bronnenregister)

Opslag

- Mogelijk grootschalige energieopslag - Spinder

Landgebruik

- Woonkern
- Bedrijventerrein
- Water
- Snelweg
- Provinciale weg
- Internationale spoorcorridor - (TEN-T)

Vraag

Gebouwde Omgeving

Nieuwbouwlocaties (Woningbouwprogramma Tilburg)
In Tilburg Noord zijn nog geen specifieke nieuwbouwlocaties aangewezen, voor na 2030. Vandaar dat heel Tilburg Noord als nieuwbouwlocatie op de kaart staat.

Elektriciteit

- Toekomstige elektriciteitsvraag woningen en utiliteit van laag naar hoog (CE Delft)

Gassen

- Mogelijk resterende gasvraag (CE Delft)

Bedrijventerreinen

Elektriciteit

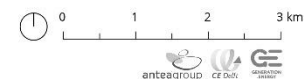
- Toekomstige elektriciteitsvraag voor ruimteverwarming en processen <200 graden celsius bedrijventerreinen van laag naar hoog (CE Delft)

Gassen/ overige brandstoffen

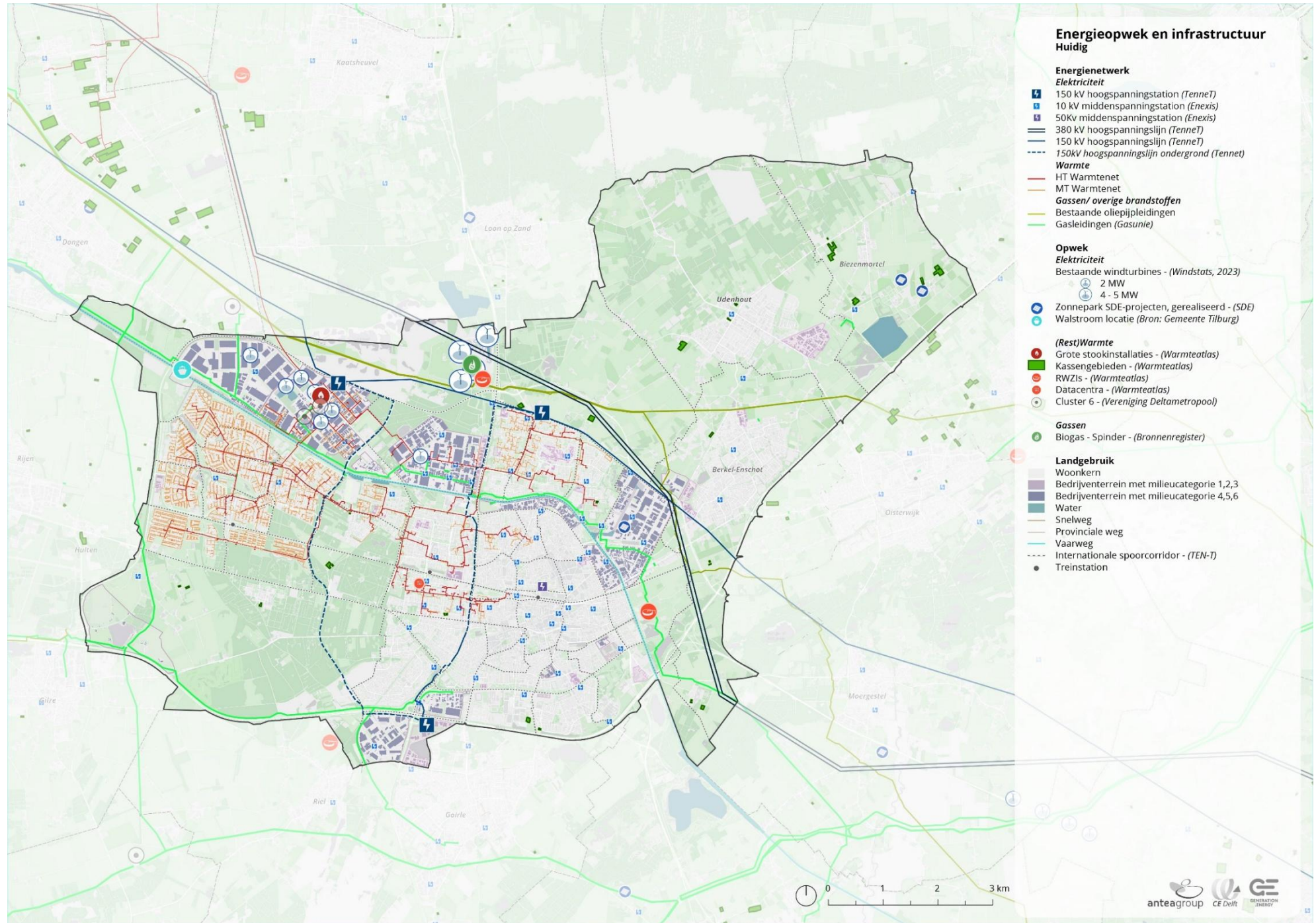
- Waterstofvraag voor processen >200 graden celsius (CE Delft)
- (Toevoeging en uitbreidingen t.o.v. netwerk in 2025)

Mobiliteit

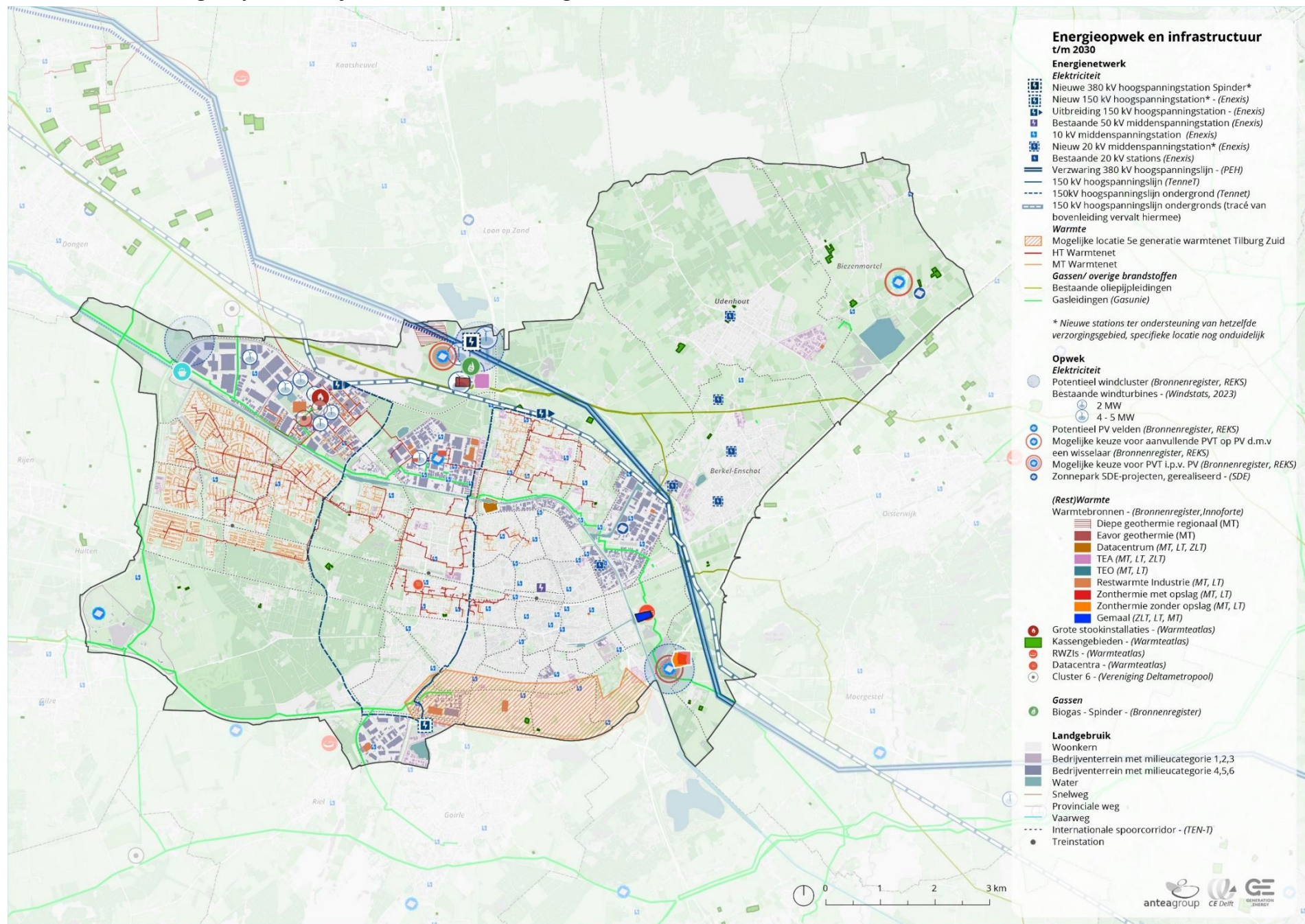
- Walstroom
- Mogelijkheid voor walstroom locaties langs het Wilhelminakanaal
- Mogelijke snellaadpleinen voor logistiek vervoer (CE Delft)
- Piekvermogen per bedrijventerrein van laag naar hoog (Elaad)
- Aansluitvermogen DC snellaadpunten van laag naar hoog (Elaad)



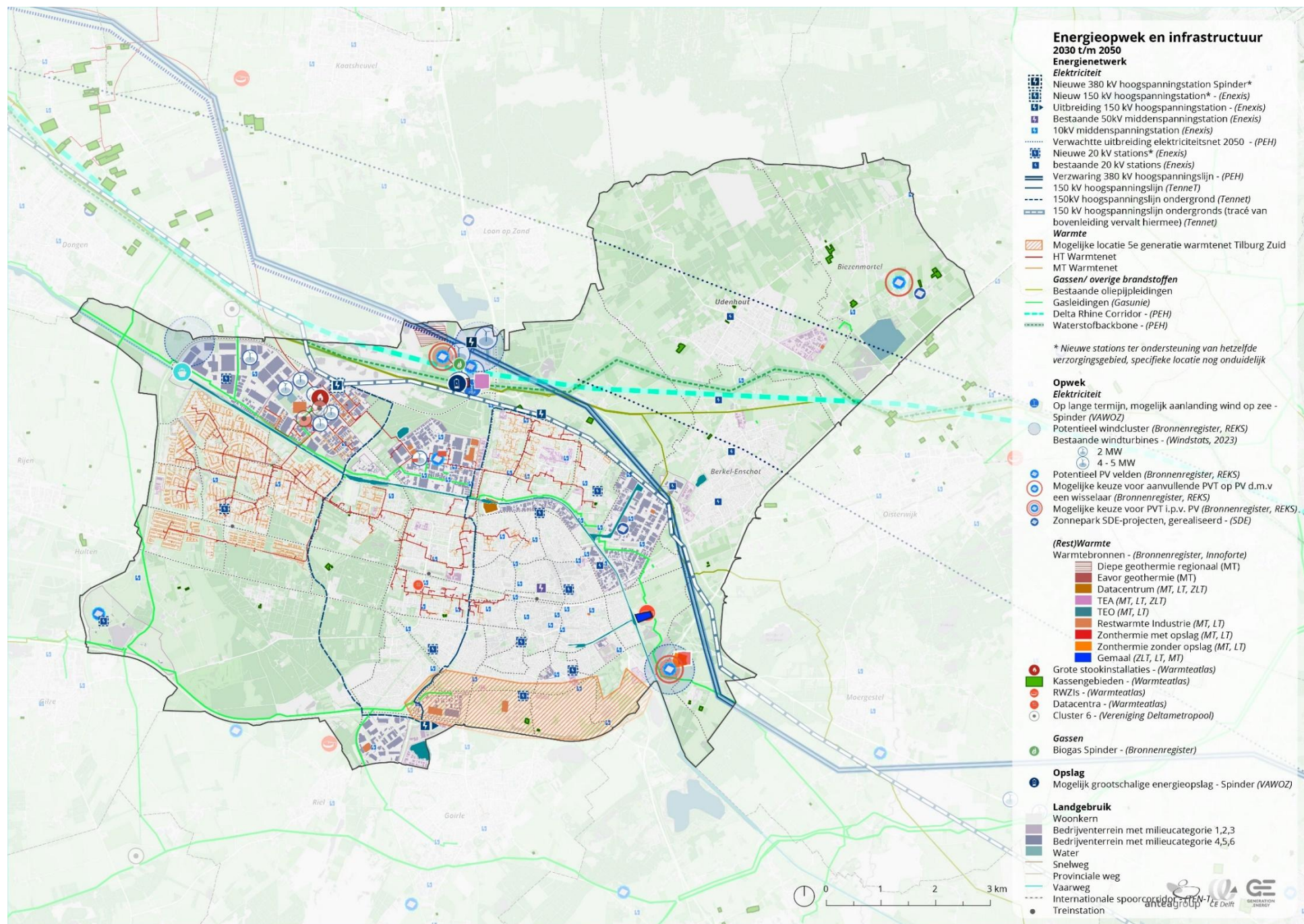
Kaartbeeld 24 – Energie-opwek en infrastructuur huidige situatie



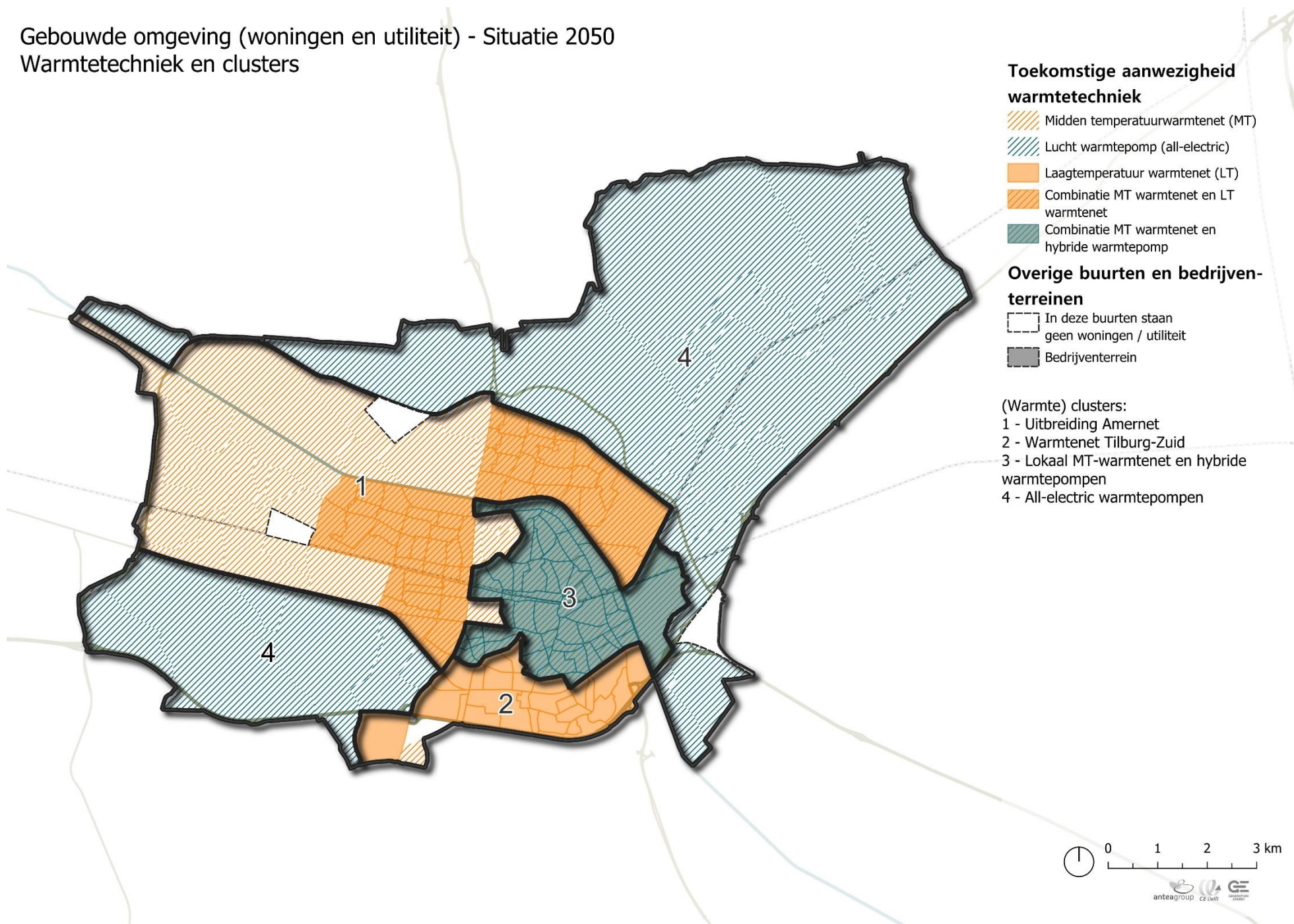
Kaartbeeld 25 – Energie-opwek en infrastructuur ontwikkelingen t/m 2030



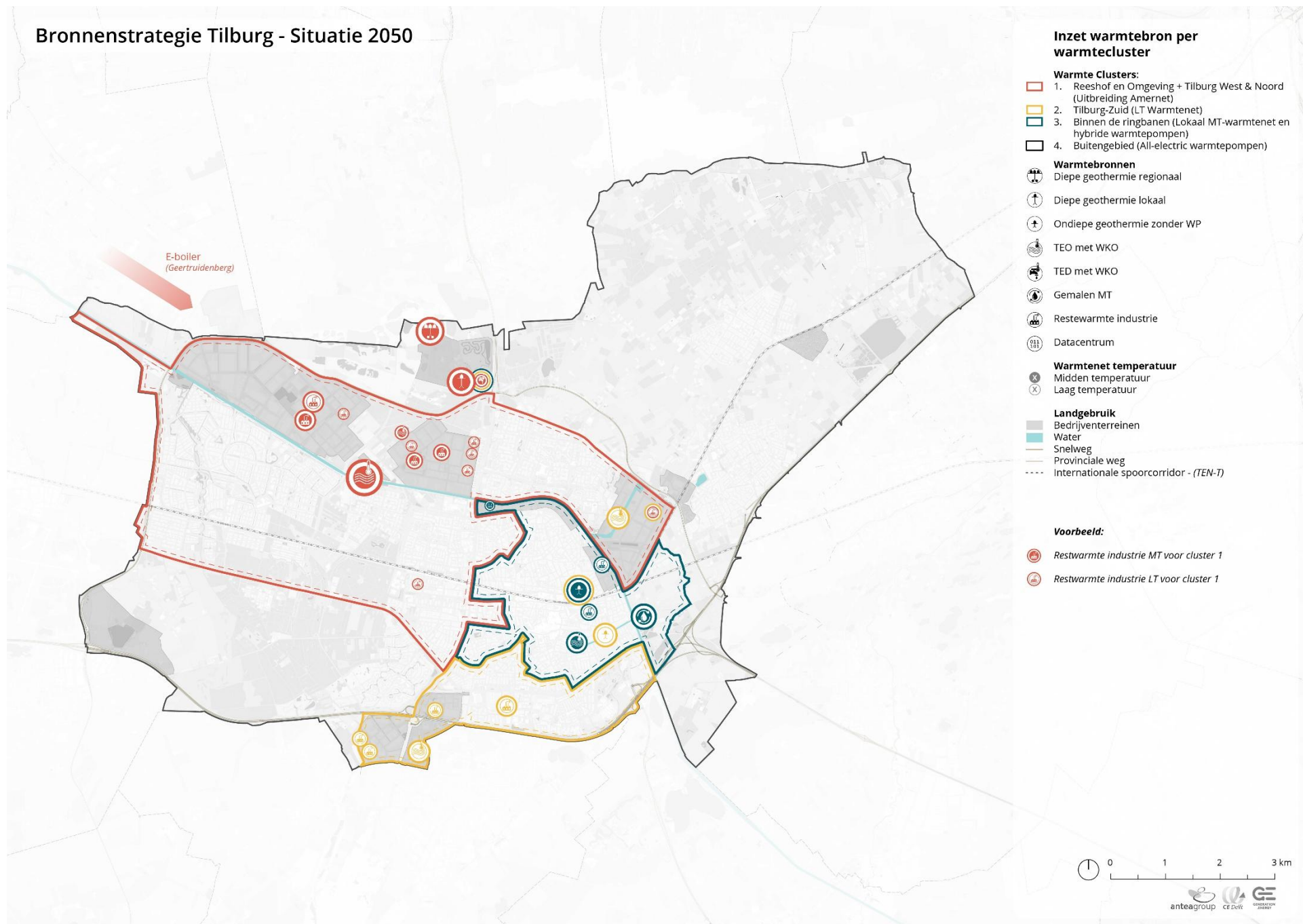
Kaartbeeld 26 – Energie-opwek en infrastructuur ontwikkelingen 2030 t/m 2050



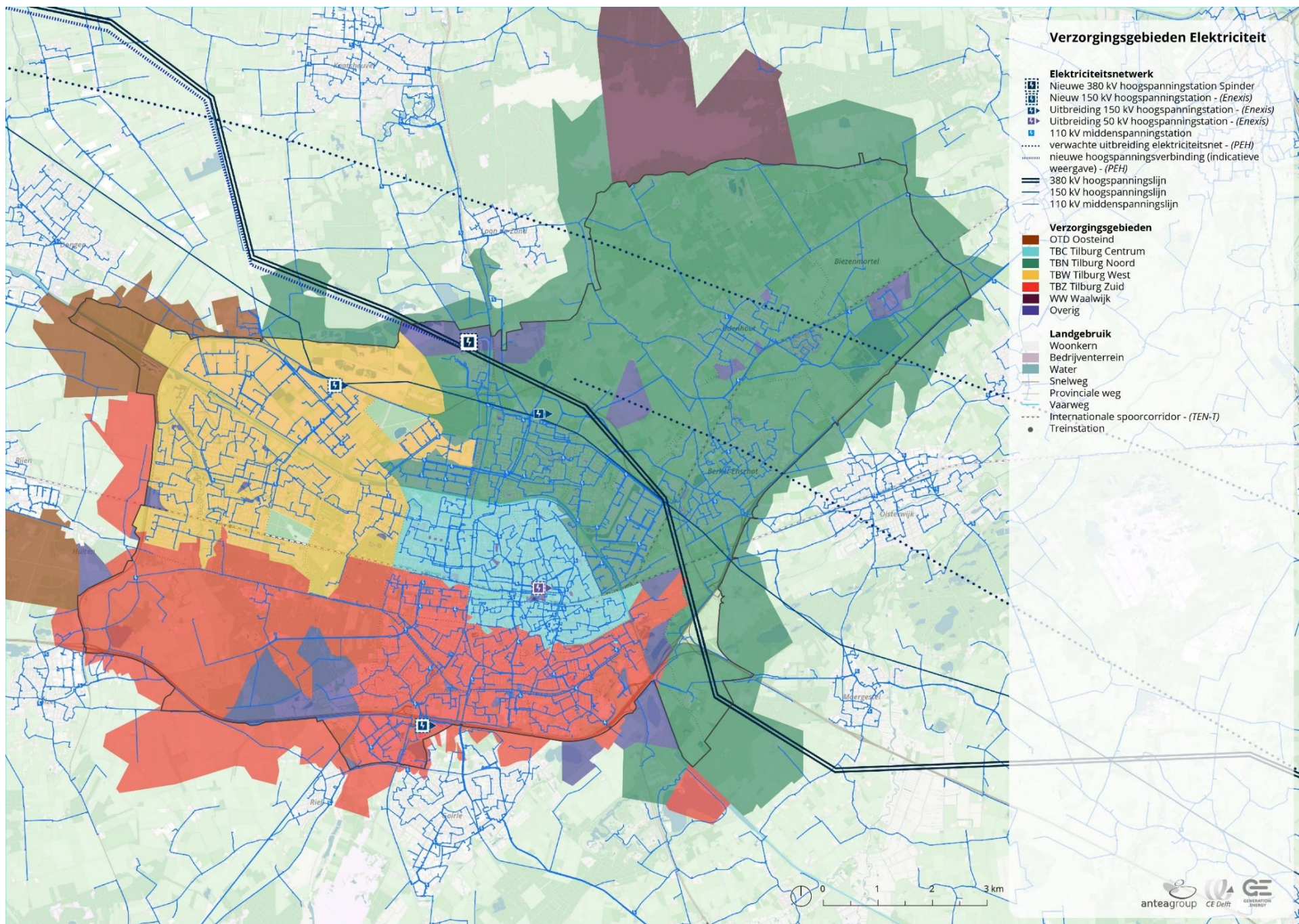
Gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) - Situatie 2050
Warmtetechniek en clusters



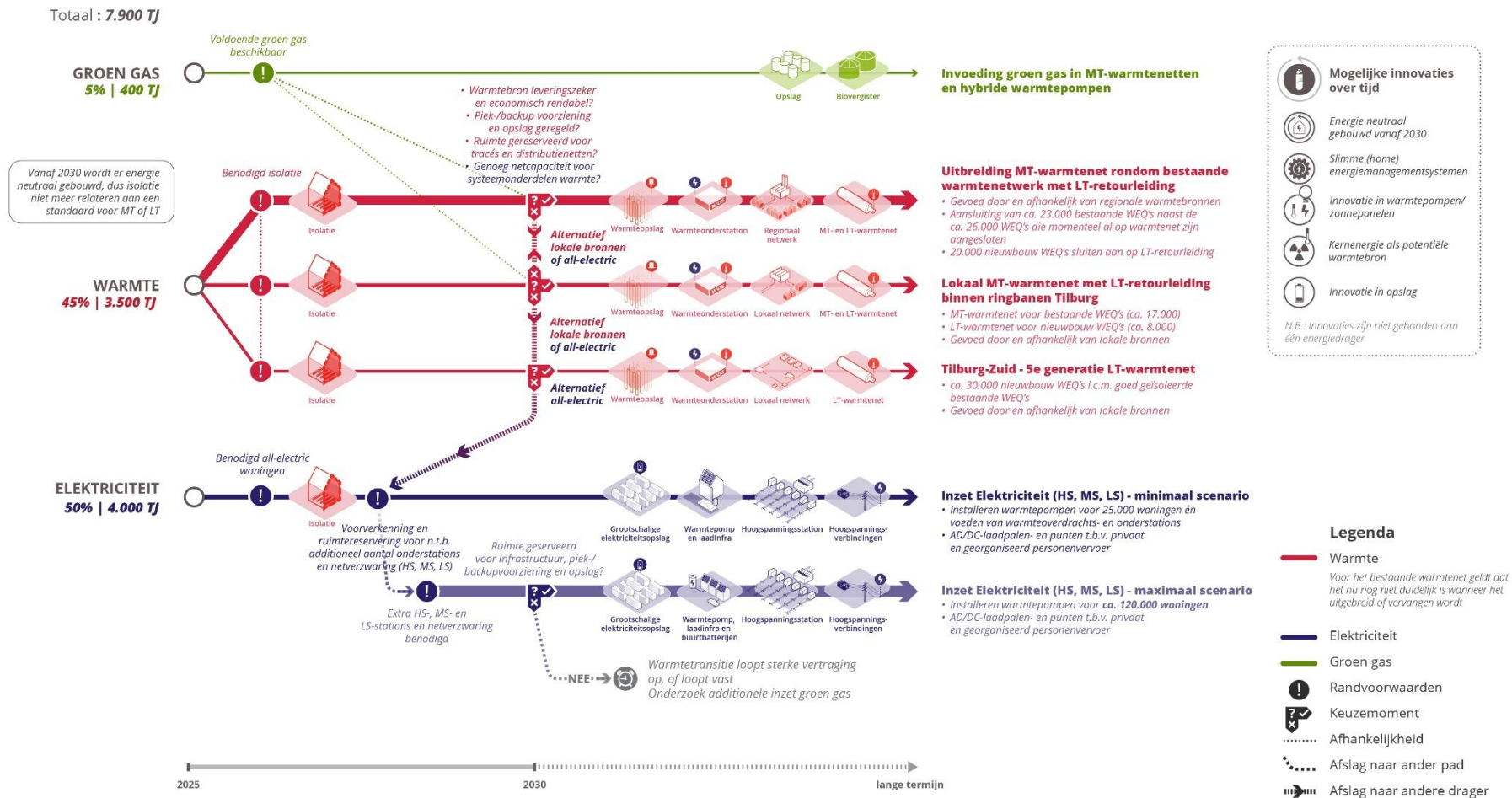
Bronnenstrategie Tilburg - Situatie 2050



Kaartbeeld 29 - Verzorgingsgebieden netbeheerder



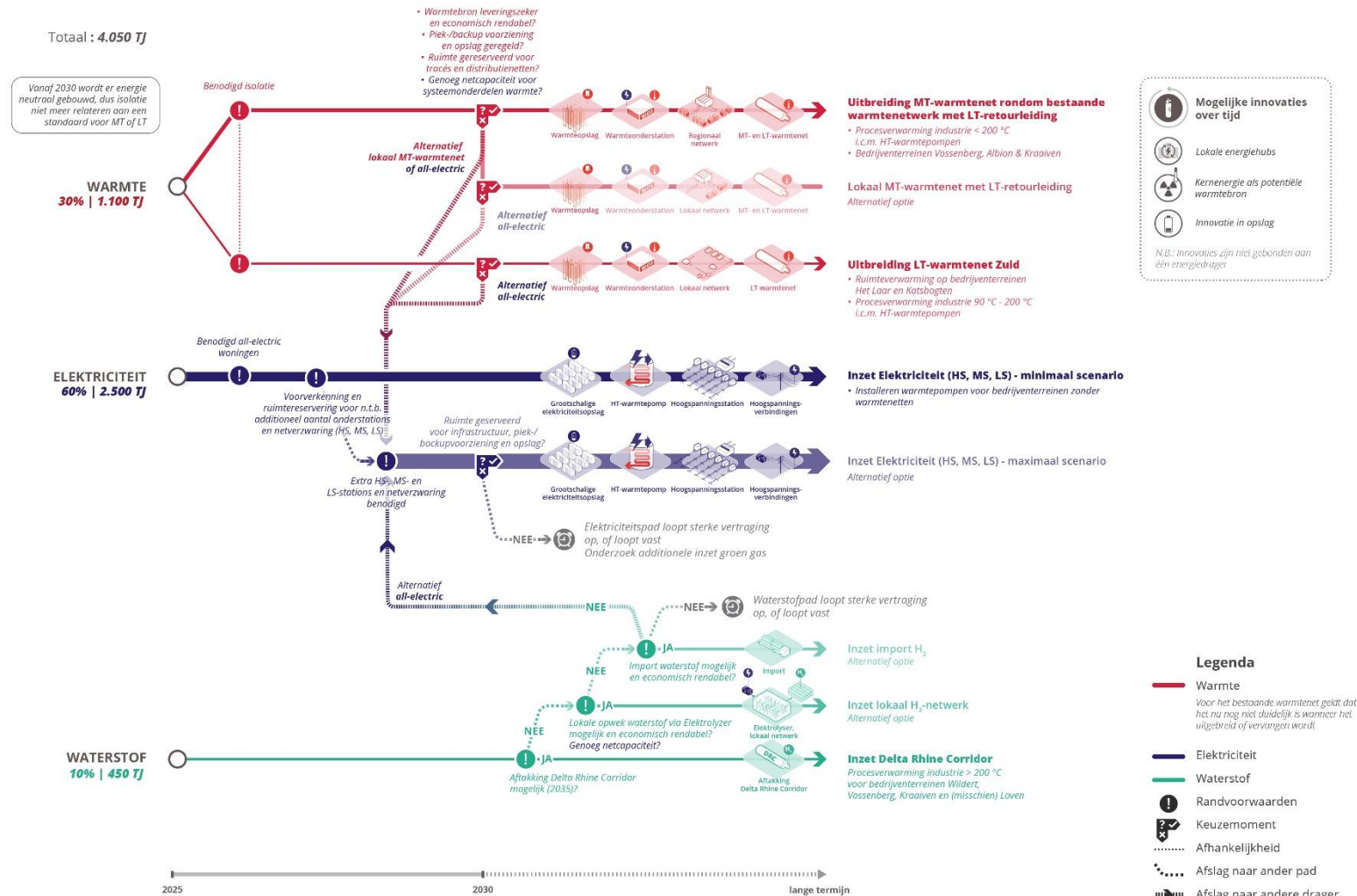
Ontwikkelpad 1 – gebouwde omgeving incl. mobiliteit



Ontwikkelpad gebouwde omgeving & personenvervoer

N.B.: Pijldikten laten indicatief de invulling van de energievraag zien

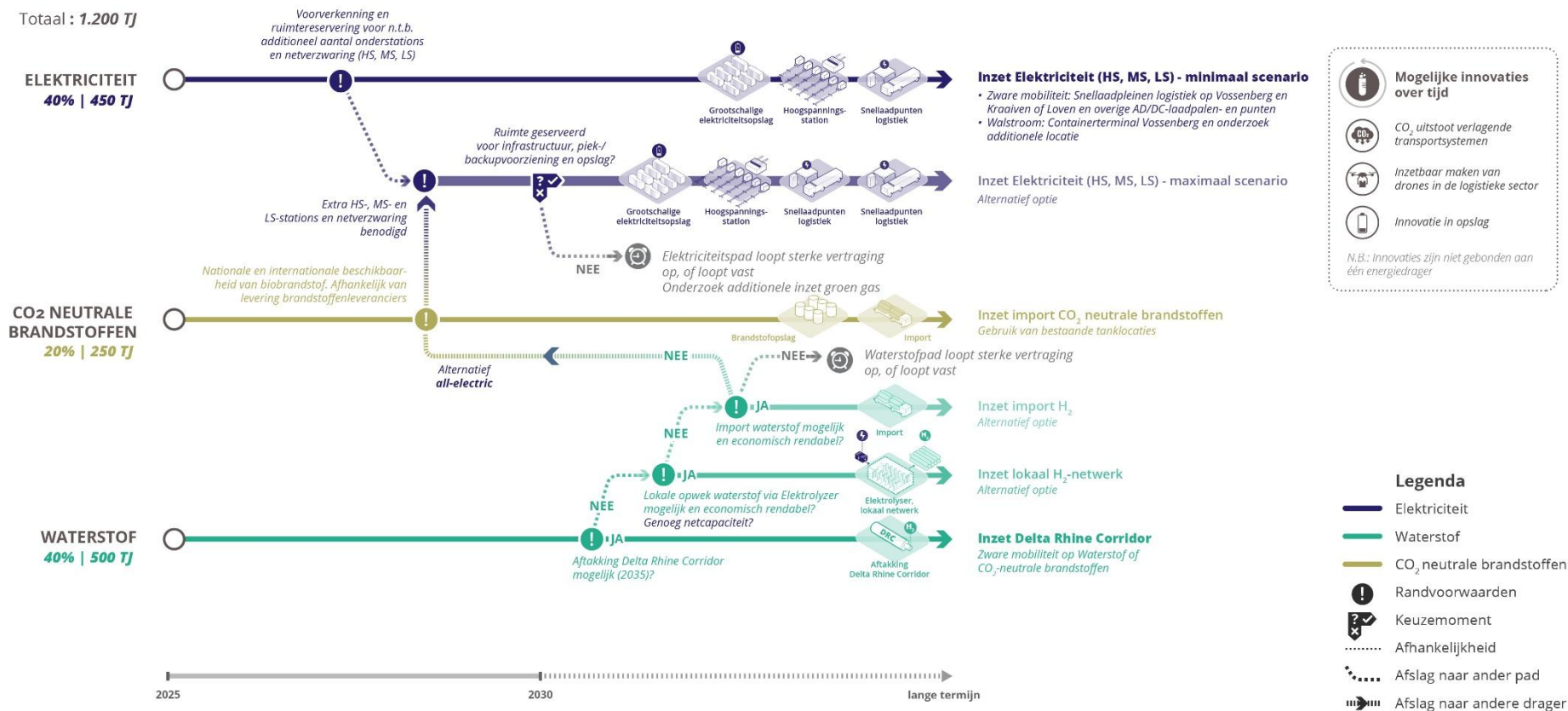
Ontwikkelpad 2 – industrie en bedrijventerreinen



Ontwikkelpad industrie & bedrijventerreinen

N.B.: Pijldikten laten indicatief de invulling van de energievraag zien

Ontwikkelpad 3 - mobiliteit als onderdeel van industrie en bedrijventerreinen



Ontwikkelpad zware logistiek

N.B.: Pijldikten laten indicatief de invulling van de energievraag zien

Ruimte vraag 1 – Ruimte vraag warmte- en elektriciteitsstations per warmtecluster en Tilburg totaal

Benodigde stations tot 2050: Als warmtenetten doorgaan



BIJLAGE D: BRONNENSTRATEGIE



Warmtebronnenstrategie voor Tilburg

Tilburgs Energiesysteem
van de Toekomst



Committed to the Environment

Warmtebronnenstrategie voor Tilburg

Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst

Delft, CE Delft, april 2025

Publicatienummer: 25.240276.083

Deze notitie is opgesteld door: Sinan Senel en Joost van den Assum

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



1 Inleiding

Tilburg heeft de ambitie om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Daarvoor moeten we, net als de rest van Nederland, de overstap van fossiele energie naar duurzame en hernieuwbare energie maken. Om deze ambitie te halen, hebben duurzame warmteoplossingen een belangrijke rol. Op dit moment wordt de energievraag van de gebouwde omgeving in Tilburg grotendeels ingevuld door aardgas (ruim 85%). 20% van de gebouwen in Tilburg is aangesloten op een regionaal warmtenet en het warmtegebruik uit het warmtenet bedraagt ongeveer 15% van de totale energievraag van de gebouwde omgeving.

De verduurzaming van het huidige regionale warmtenet en de uitrol van nieuwe lokale warmtenetten staan centraal in de toekomstige duurzame energievoorziening van de gebouwde omgeving in Tilburg.

We hebben deze bronnenstrategie opgesteld als aanvulling op het Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst (TEvdT). Dit document geeft inzicht in de warmteclusters en de potentiële lokale warmtebronnen voor zowel de uitbreiding van het regionale warmtenet als de ontwikkeling van lokale warmtenetten in Tilburg tot 2050.

In dit rapport geven we eerst een overzicht van onze uitgangspunten voor het opstellen van deze warmtebronnenstrategie en vervolgens beschrijven we de methodiek voor de toewijzing van warmteclusters en warmtebronnen (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 gaan we dieper in op de strategie voor de inzet van lokale warmtebronnen en warmteopslag in de toekomstige warmtenetten in Tilburg. Tot slot geven we in hoofdstuk 4 onze conclusies en aanbevelingen op basis van technische en procesmatige inzichten.

2 Uitgangspunten

In deze analyse zijn de uitgangspunten verdeeld over drie categorieën waarop verschillende stakeholders invloed hebben: algemene uitgangspunten, randvoorwaarden voor uitbreiding van een regionaal warmtenet, en warmtenetconfiguraties en de isolatiemaatregelen die daarvoor geschikt zijn. In hoofdstuk methodiek geven we een toelichting over de toewijzing van warmtegebieden, het verdelen van warmtebronnen over de gebieden en uitgangspunten voor de keuze van grootschalige of kleinschalige warmtenetten.

2.1 Algemene uitgangspunten

- ó Deze bronnenstrategie is gebaseerd op het warmtebronnenregister van Innoforte (2024). Dit bronnenregister bevat uitsluitend informatie over warmtebronnen en geen informatie over koudebronnen. Hierdoor ligt de focus van deze bronnenstrategie op het koppelen van de beschikbare warmtebronnen aan de verwachte lokale warmtevraag in de gemeente Tilburg en minder op het voorzien in de koudevraag.
- ó Voor de warmteclustering hanteren we de indeling in vier gebieden die zijn aangewezen in de Transitievisie Warmte (TVW) van de gemeente Tilburg, omdat deze overeenkomt met de techniekekeuzes in het toekomstbeeld. Binnen deze vier gebieden hebben we verschillende warmteclusters gecreëerd, gebaseerd op drie typen warmtenetten:
 - ï (uitbreiding van) het regionaal warmtenet;
 - ï lokaal lagetemperatuurnet (LT-net), zover mogelijk voor alle nieuwe aansluitingen;
 - ï lokaal middentemperatuurnet (MT-net) voor de gebouwen die niet op LT-niveau geïsoleerd kunnen worden door te hoge maatschappelijke en eindgebruikerskosten.
- ó Het regionaal warmtenet zal in gebruik blijven en verder worden uitgebreid. Maar moet zich ook doorontwikkelen: er worden nieuwe lokale bronnen ontwikkeld en toekomst-

bestendige keuzes gemaakt, zoals het leveren van warmte op lagere temperatuur en koudelevering met een aangepaste infrastructuur.

- ó Als de warmtevraag in een warmtecluster groter is dan 2.000 GJ per jaar, gaan we ervan uit dat het cluster geschikt is voor een eigen warmtenet.
- ó LT-warmtebronnen worden lokaal in een warmtecluster benut op LT-niveau. Als de warmte van LT- of ZLT (zeerlagetemperatuur)-bronnen opgewaardeerd moet worden, gebeurt het zo dicht mogelijk bij de afnemer en op zo klein mogelijke schaal.
- ó Beoogde warmtenetaansluitingen van de bedrijventerreinen zijn meegenomen in de warmtevraag van bijbehorende warmteclusters.
- ó Het elektriciteitsnet wordt zo laag mogelijk belast door minimale opwaardering en inzet van warmtebuffers.
- ó De groei van het warmtenet zal modulair en per cluster plaatsvinden, waardoor het zich kan ontwikkelen tot het Tilburgse warmtenet van de toekomst.

2.2 Randvoorwaarden uitbreiding regionaal warmtenet¹

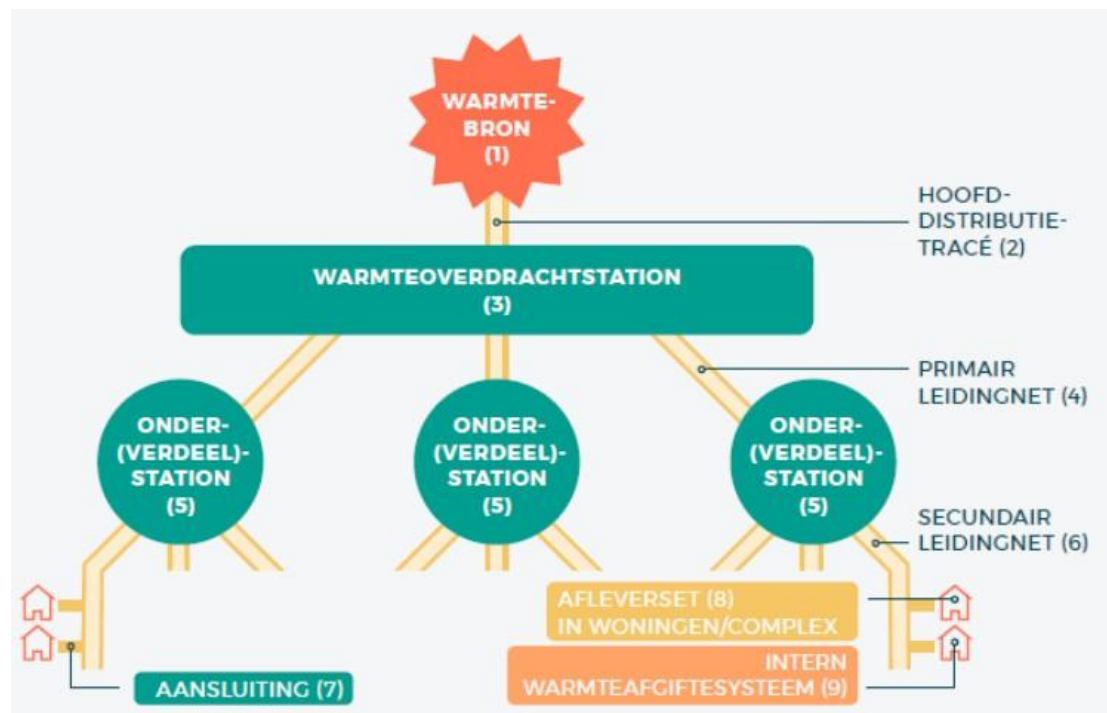
- ó Bronnen die ingevoegd worden op het hoofdwarmtedistributienet moeten 110-120°C kunnen leveren in het stookseizoen en 90°C buiten het stookseizoen.
- ó Bronnen die worden aangekoppeld op een onderstation, moeten minimaal een temperatuur leveren van 70°C. Hierbij zijn de wettelijke eisen voor de temperatuur van tapwater bepalend.
- ó Het is in de praktijk vaak zeer lastig om nabij onderstations nieuwe bronnen te ontwikkelen. Bronnen zijn namelijk ruimtelijk en qua geluid vaak lastig in te passen in de bestaande gebouwde omgeving. Daarnaast worden op een onderstation doorgaans alleen bronnen met een beperkt vermogen ingevoegd (ongeveer 1 MW basislast), omdat vanuit een onderstation maar een beperkt aantal aansluitingen hoeft te worden bediend.
- ó Lokale bronnen met meer vermogen moeten op een WOS worden aangesloten. Het vermogen kan daar hoger zijn, omdat vanuit een WOS een veel groter aantal aansluitingen wordt bediend. De temperatuur van de bron moet dan echter passen bij de temperatuur in de primaire leidingen. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat dergelijke bronnen een temperatuur moeten kunnen leveren van minimaal 90°C.
- ó In totaal worden in het meest uitgebreide scenario voor het totale verzorgingsgebied van het warmtenet 315.000 woningequivalenten aangesloten op het regionaal warmtenet tot 2050: 229.000 woningen en 86.000 weq's utiliteit. Volgens de eerder gemaakte afspraken tussen Ennatuurlijk en de gemeente Tilburg worden 15.000 extra weq's aangesloten op het regionaal warmtenet in Tilburg. In deze bronnenstrategie houden we ons niet vast aan dit aantal warmtenetaansluitingen, maar aan de eisen van het toekomstige energiesysteem van Tilburg.

2.3 Warmtenetconfiguraties en isolatiemaatregelen

Zoals weergegeven in een schematisch overzicht Figuur 1, bestaat een warmtenet uit drie hoofdonderdelen, namelijk de bron, het hoofddistributietracé, een primair leidingnet waarmee de warmte vanuit het warmteoverdrachtstation (WOS) naar een onder(verdeel)-station wordt getransporteerd, en een secundair leidingnet waarmee de warmte naar de gebruikers wordt gedistribueerd.

¹ [Toekomst Amernet - Beschikbare bronnen vanaf 2027 \(tilburg.nl\)](#)

Figuur 1 - Een schematisch overzicht van de onderscheiden netonderdelen



Bron: [Warmtenet | NPLW](#)

Tabel 1 toont de temperatuurniveaus van verschillende warmtenetconfiguraties. Het huidige regionale warmtenet is een hogetemperatuurwarmtenet en levert warmte van 90°C. In de TVW wordt de ambitie vermeld om in de toekomst het regionaal warmtenet aan te passen tot een middentemperatuurwarmtenet, waarbij warmte van max 75°C wordt geleverd voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.

Tabel 1 - Temperatuurniveaus van verschillende typen warmtenetten

Type warmtenet	Temperatuur	Ruimteverwarming	Tapwaterbereiding
Hoge temperatuur (HT)	90°C (> 75°C)	Ook toepasbaar in slecht geïsoleerde woningen (label E/F/G).	Regulier vanuit het warmtenet.
Middentemperatuur (MT)	55°-75°C	Ook toepasbaar in matig geïsoleerde woningen (afhankelijk van afgiftesysteem en temperatuurniveau vanaf label B-D).	Regulier vanuit het warmtenet.
Lage temperatuur (LT)	30-55°C	Toepasbaar in goed geïsoleerde woningen en met lagetemperatuurradiatoren of vloerverwarming.	Aanvullende voorzieningen nodig, zoals een boosterwarmtepomp.
Zeer lage temperatuur (ZLT)	10-30°C	Met individuele warmtepomp voor verwarming. Meestal ook geschikt voor koeling.	Aanvullende voorzieningen nodig, zoals een boosterwarmtepomp.

Bron: [Warmtenet | NPLW](#)

Zoals aangetoond in Figuur 2 en Figuur 3, zijn minimale isolatiemaatregelen vereist om vooroorlogse gebouwen en gebouwen gebouwd tussen 1946 en 1974 geschikt te maken voor warmtelevering van 75°C door een MT-warmtenet. Deze isolatiemaatregelen omvatten het plaatsen van HR++-glas met ventilatieroosters, maar geen aanvullende isolatiemaatregelen voor andere bouwdelen, zoals de gevel, dak of vloer van een gebouw. Om de gebouwen geschikt te maken voor warmtelevering van 50°C door een LT-warmtenet, zijn aanvullende maatregelen nodig, zoals dak-, vloer- en gevelisolatie, en ook een nieuw afgiftesysteem.

Figuur 2 - Isolatiemaatregelen voor gebouwen om tot MT-warmtenet-ready (max 75°C) te worden



Figuur 3 - Isolatiemaatregelen voor gebouwen om tot LT-warmtenet-ready (max 50°C) te worden



Verwarmen op lage temperatuur (max. 50°C)



2.4 Methodiek

Toewijzing warmtegebieden over de vier gebieden

Hierna beschrijven we de manier waarop we verwachten op welke plek de warmtenetten worden uitgerold en wat de terugvaloptie is indien het uitrollen van een warmtenet niet mogelijk is.

1. Uitbreiding van het regionaal warmtenet

- ï In gebieden waar al een warmtenet ligt (en in de aangrenzende buurten) is het logisch om het aantal aansluitingen verder uit te breiden en voor zover mogelijk op LT-niveau.
- ï In gebieden met veel relatief oudere en monumentale gebouwen hanteren we een MT-isolatie-niveau, zodat de isolatieopgave uitvoerbaar en haalbaar blijft. In dezelfde buurten ontstaat een LT-warmtevraag. Deze LT-warmtevragers sluiten we aan op de retourleiding van de uitbreiding van het bestaande warmtenet (cascadering), waarvoor warmtebronnen worden ingevoed.
- ï Als de uitbreiding van het bestaande warmtenet niet doorgaat, moeten er lokale LT- of MT-warmtenetten worden aangelegd.

2. Lokaal MT-warmtenet

- ï In de gebieden met veel relatief oudere en monumentale gebouwen hanteren we een MT-isolatie-niveau, zodat de isolatieopgave uitvoerbaar en haalbaar blijft. Daarnaast is niet gekozen voor de configuratie van een (Z)LT-warmtenet met individuele warmtepompen in de woningen, om de maatschappelijke en eindgebruikerskosten te optimaliseren. Hierdoor blijft de warmtetransitieopgave betaalbaar voor de bewoners van Tilburg.
- ï In buurten waar nog geen warmtenet ligt en de woningen en gebouwen geschikt worden gemaakt voor MT-warmte, gaan we ervan uit dat er een nieuw lokaal MT- warmtenet wordt aangelegd.
- ï Als in dezelfde buurten een LT-warmtevraag ontstaat, worden deze LT-warmte- vragers aangesloten op de retourleiding van het nieuwe MT-net (cascadering), waarvoor warmtebronnen worden ingevoed.
- ï In buurten zonder lokaal warmteaanbod is de terugvaloptie voor matig geïsoleerde gebouwen duurzame gas in combinatie met hybride warmtepompen. Voor goed geïsoleerde gebouwen is de terugvaloptie all-electric warmtepompen.

3. Lokaal LT-warmtenet

- ï Voor buurten waar nog geen warmtenet ligt en de woningen en gebouwen geschikt kunnen worden gemaakt voor LT-warmte, gaan we ervan uit dat er een nieuw lokaal LT-warmtenet wordt aangelegd.
- ï Nieuwbouw fungeert als startmotor voor LT-warmtenetten, afhankelijk van de realisatietijd.
- ï De terugvaloptie in deze buurten zijn all-electric warmtepompen.

Verdeling warmtebronnen over de gebieden

Hierna beschrijven we de manier hoe de lokale warmtebronnen worden verdeeld over de drie typen warmtenetten:

- ó LT-warmtebronnen worden ingevoed in LT- en MT-warmtenetten binnen hetzelfde warmtegebied (één van de vier aangewezen gebieden in de TVW) waar de bron zelf is gevestigd.
- ó MT-warmtebronnen worden ingevoed in een lokaal MT-warmtenet of in het regionaal warmtenet, afhankelijk van of het MT-net een uitbreiding is van het bestaande warmte- net of een nieuw lokaal warmtenet betreft, bij de buurten waar de bron zelf is gevestigd (meestal in dezelfde buurt of in de nabijheid).
- ó Het overschot aan MT-warmte wordt ingevoed in MT-warmtenetten binnen hetzelfde warmtegebied (één van de vier aangewezen gebieden in de TVW) waar de bron zelf is gevestigd.
- ó We kijken ook naar de geschiktheid van de bronnen voor pieklast of basislast:
 - ï Warmtebronnen die geschikt zijn voor basislast draaien continu en leveren de stabiele, dagelijkse warmtevraag van een warmtenet. Deze bronnen werken efficiënt bij langdurige en stabiele operationele omstandigheden. Ze zijn vaak kosteneffectief voor grootschalige warmteproductie, maar vaak duur en (kosten)inefficiënt voor pieklasten.
 - ï Pieklastbronnen zijn de warmtebronnen die worden ingezet om de pieken in de warmtevraag te dekken, bijvoorbeeld tijdens koude dagen of bij een plotselinge toename van de vraag. Ze hebben snelle opstart- en afschakelcapaciteit en ze zijn ontworpen om extra warmte te leveren boven op de basislast. Vaak hebben ze hogere kosten per geproduceerde eenheid warmte.
 - ï Hoewel we afwijkingen zien van gebruikelijke beschouwingen, hanteren we de categorisering van warmtebronnen naar basislast of pieklast zoals opgenomen in het bronnenregister. Als voorbeeld zijn restwarmtebronnen in het bronnenregister bestempeld als pieklastbronnen, terwijl ze meestal geschikt zijn voor de basislast.

Grootschalige versus kleinschalige warmtenetten

Bij alle drie de warmteclusters nemen we aan dat invulling aan de warmtevraag gegeven wordt door middel van één grootschalig collectief warmtenet. Deze aanname is in lijn met de huidige infrastructuur van het regionaal warmtenet en de plannen voor het lokale LT-net in Tilburg-Zuid.

Als alternatief zou een gedeelte van de warmtevraag van deze warmteclusters ook door middel van kleine (1-20 weq) of middelgrote warmtenetten (20-1.500 weq) ingevuld kunnen worden die door middel van warmtegemeenschappen tot stand worden gebracht. De warmtevraag van de drie warmteclusters blijft in dit geval gelijk. Het benodigd opgesteld basislast- en pieklastvermogen van meerdere kleinschalige warmtenetten is echter groter dan dat van één groter collectief warmtenet. Kleinschalige warmtenetten hebben immers minder aansluitingen per net, waardoor de kans toeneemt dat een groot gedeelte van de afnemers tegelijkertijd warmte afneemt. Hierdoor is het benodigd piekvermogen per aansluiting hoger.

De ontwikkeling van kleinschalige warmtenetten kan een alternatief zijn in de warmteclusters 1) het regionaal warmtenet en 3) lokaal-MT-net waarin een LT-warmtevraag ontstaat of kan gaan ontstaan. In onze methode zijn we ervan uitgegaan dat deze LT-warmtevraag voorzien wordt door een aansluiting op de retourleiding van de aanwezige MT-netten. Een andere optie is om deze LT-vraag eerst te bedienen met lokale LT-warmtebronnen binnen kleinschaligere warmtenetten. Op een later moment kunnen deze kleinere LT-warmtenetten mogelijk worden aangesloten op de regionale (MT-)netten, zodat alsnog geprofiteerd kan worden van de schaalvoordelen van grotere warmtenetten.

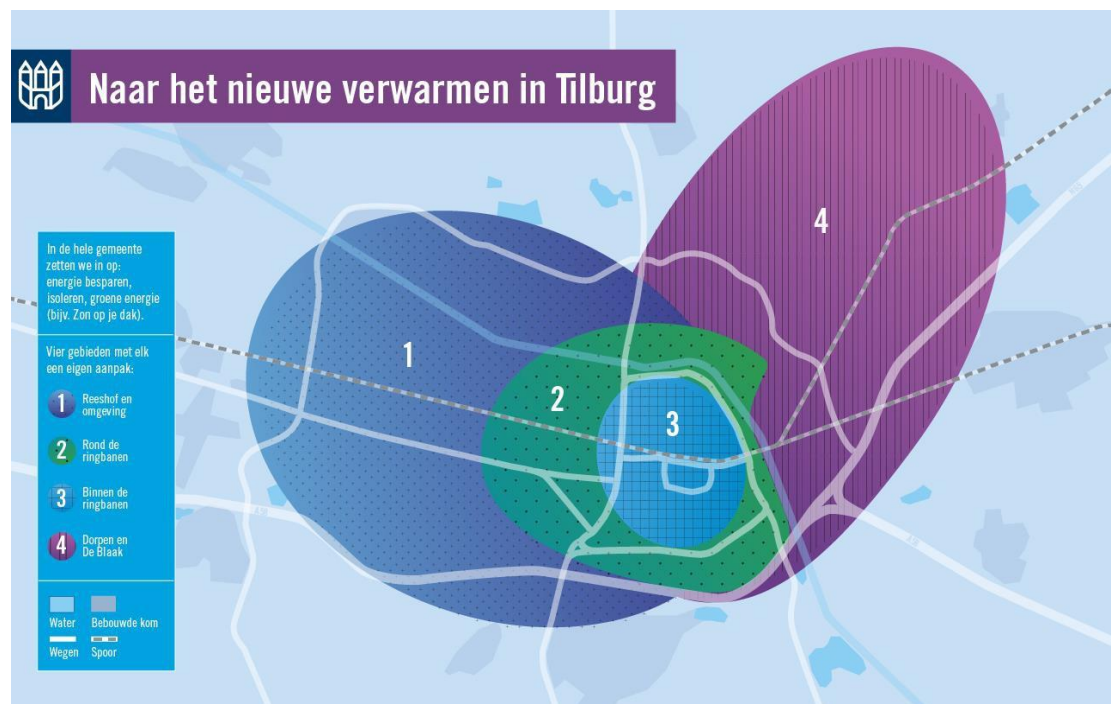
3 Warmtestrategie

In dit hoofdstuk beschrijven we eerst de warmteclusters in Tilburg in 2050 en daarna de inzet van lokale warmtebronnen in deze warmteclusters. Tot slot maken we een analyse van de benodigde warmteopslag voor de optimale inzet van lokale warmtebronnen.

3.1 Warmteclusters op basis van de warmtevraag in 2050

In de bronnenstrategie gaan we uit van de vier verschillende gebieden die de gemeente heeft aangewezen in haar Transitievisie Warmte (TVW). Figuur 4 toont deze vier gebieden: 1) Reeshof en omgeving, 2) Rond de ringbanen, 3) Binnen de ringbanen en 4) Dorpen en de Blaak. Deze gebieden onderscheiden zich van elkaar op verschillende vlakken: de bouw-jaren van de aanwezige woningen en utiliteitsgebouwen, de bebouwingsdichtheid en de huidige aanwezige energie-infrastructuur (Gemeente Tilburg, 2021).

Figuur 4 - De vier gebieden in Tilburg



Bron: (Gemeente Tilburg, 2021).

Door te sturen op een gebiedsafhankelijke aanpak, houdt de gemeente Tilburg in de verduurzaming van de gebouwde omgeving rekening met de deze verschillende karakteristieken van de vier gebieden. Deze aanpak uit de TVW stelt per gebied voorkeurs-technieken vast waarmee de aanwezige woningen en utiliteitsgebouwen verduurzaamd kunnen worden. Bij de selectie van deze voorkeurs technieken is onder andere rekening gehouden met het CO₂-reductiepotentieel en de eindgebruikerskosten voor bewoners en ondernemers.

In onze warmtestrategie bouwen we voort op de analyse uit de gemeente en een eerdere studie naar de CO₂-besparende effecten van het beleid van de gemeente Tilburg (CE Delft, 2024). In deze studie is op basis van de TVW een eindbeeld geschetst van welke warmte-techniek(en) gebruikt worden in vijf gebieden om in 2050 op een aardgasvrije manier in de warmtevraag van de gebouwde omgeving te voorzien. Bij deze toedeling van warmte-technieken is in gesprek met ambtenaren van de gemeente Tilburg uitgegaan van de huidige warmte-infrastructuur, bestaande plannen voor het net in Tilburg-Zuid, eigenschappen van bestaande bouw, bebouwingsdichtheid en de eindgebruikerskosten van bewoners en ondernemers. Tabel 2 toont de verwachte warmtetechnieken per gebied.

Tabel 2 - Warmtetechniek per gebied

TVW-gebieden	Gebieden met dezelfde warmtetechniek	Warmtetechniek
Reeshof en omgeving	Reeshof en omgeving	100% MT-net
Rond de ringbanen	Tilburg-West en Tilburg-Noord	50% MT-net 50% LT-net
	Tilburg-Zuid	100% LT-net
Binnen de ringbanen	Binnen de ringbanen	50% MT-net 50% Hybride warmtepomp
Dorpen en de Blaak	Dorpen en de Blaak	100% All-electric warmtepomp

Uit Tabel 2 blijkt dat een warmtenet niet in elk gebied de geschikte techniek is om de gebouwde omgeving te verduurzamen. Daarnaast is het niet mogelijk om het bestaande regionale warmtenet in de gemeente onbeperkt uit te breiden. Daarom zal er naar verwachting naast de bestaande plannen voor het LT-warmte-koudenet in Tilburg-Zuid ook een lokaal MT-warmtenet in delen van Tilburg aangelegd moeten worden om Tilburg aardgasvrij te verwarmen. Tabel 3 toont in welke gebieden we welk type warmtenet verwachten.

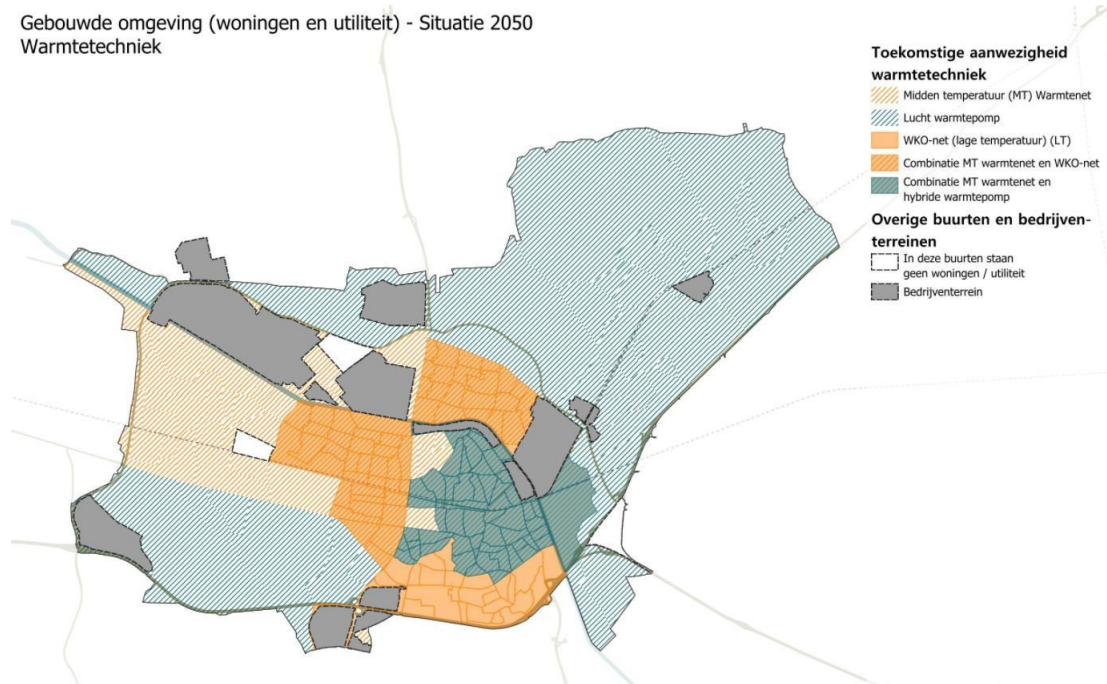
Tabel 3 - Aanwezige warmtenetten per gebied

Gebiedscode	Gebiedsnaam	Regionaal warmtenet	Lokaal MT-net	Lokaal LT-net
1	Reeshof en omgeving	X		
2	Rond de ringbanen	X	X	X
3	Binnen de ringbanen	X	X	
4	Dorpen en de Blaak			

In buurten waar woningen al zijn aangesloten op het regionaal warmtenet, zoals in de gebieden Reeshof en omgeving en Rond de ringbanen, verwachten we dat zowel de bestaande woningen en utiliteiten die nog niet zijn aangesloten, als de nieuwbouw, uiteindelijk zullen worden aangesloten op een warmtenet. Momenteel is het regionaal warmtenet een HT-warmtenet. De gemeente zet echter in op het verlagen van de aanvoertemperatuur van het warmtenet tot een middentemperatuur (Gemeente Tilburg, 2021).

In Tilburg-Zuid zal een lokaal LT-warmte-koudenet aangelegd worden. In overige buurten die geschikt zijn voor een warmtenet, zoals Binnen de ringbanen en in Tilburg-Oost, verwachten we dat er een nieuw lokaal MT-warmtenet gerealiseerd zal worden in de oude binnenstad en in Tilburg-Oost. Figuur 5 visualiseert de verwachte warmtetechnieken in de gemeente.

Figuur 5 - Toekomstige aanwezige warmtetechniek in de gemeente Tilburg in 2050



Bron: (Gemeente Tilburg, 2021)

Tabel 4 toont het aantal verwachte aansluitingen de verwachte warmtevraag van de drie warmteclusters. Momenteel zijn er 26.000 woningequivalenten (weq's) aangesloten op het bestaand HT-warmtenet. Naar verwachting daalt de aanvoertemperatuur van deze woningen en utiliteiten tussen nu en 2050 tot MT-niveau. Daarnaast worden er 24.000 extra weq's op het MT-net aangesloten. Op de LT-retourleiding zullen naar verwachting 23.000 weq's worden aangesloten.

Tabel 4 - Aantal aansluitingen en verwachte warmtevraag per warmtecluster

Gebied	Warmte-clusters	#weq's huidig (HT)	Gebouwde Omgeving #weq's 2050		Gebouwde Omgeving warmtevraag (TJ)		Bedrijven-terreinen (BT)	Warmtevraag bedrijven (TJ)	Warmtevraag totaal (TJ)
			MT	LT	MT	LT			
1, 2, 3	Regionaal warmtenet (MT) + LT-warmte vanuit retourleiding	26.000	50.000 (incl. huidig)	23.000	1.380	440	– Albion – Kraaiven – Vossenber	960	2.780
2	Tilburg-Zuid	0	0	20.000	0	400	– Katsbogten – Het Laar	170	570
3	Lokaal MT-net + LT-warmte vanuit retourleiding	0	17.000	8.000	400	190	N.v.t.	0	590

Het is ook mogelijk om de bedrijven op de bedrijventerreinen Albion, Kraaiven en Vossenbergh op het regionaal warmtenet aan te sluiten. De warmtevraag neemt dan sterk toe, met 53%. Als alternatief kunnen deze bedrijventerreinen ook verduurzaamd worden door lokale MT-netten of industriële warmtepompen. In onze bronnenstrategie onderzoeken we of er genoeg warmte in de regio van het regionaal warmtenet beschikbaar is om deze bedrijventerreinen op het regionaal warmtenet aan te sluiten.

In Tilburg-Zuid zullen 20.000 weq's en de bedrijven op de bedrijventerreinen Katsbogten en Het Laar aangesloten worden op een warmte-koudenet. In de oude binnenstad wordt een lokaal MT-net gerealiseerd. De 17.000 bestaande weq's zullen op de aanvoerleiding van dit net aangesloten worden. Daarnaast worden er in de komende jaren ook 8.000 weq's nieuw gebouwd. Deze zullen aangesloten worden op de LT-retourleiding van het lokale MT-net.

Het huidige regionaal warmtenet heeft een totale warmtevraag (exclusief warmteverlies) van 2,80 PJ. De afgelopen jaren werd de Amercentrale ingezet om voor ongeveer 150 MW_{th} in de basislast van het net te voorzien. Op de koudste dagen was er 500 MW_{th} aan warmtebronnen nodig om het regionaal warmtenet van warmte te voorzien (Over Morgen, 2023). We nemen aan dat deze verhouding tussen basis- en piekvermogen ook in de drie warmteclusters van de gemeente zal terugkomen. Tabel 5 toont het verwachte benodigde opgestelde vermogen van de drie warmteclusters in de gemeente Tilburg in 2050.

Tabel 5 - Verwachte warmtevraag en benodigd opgesteld vermogen van de drie warmteclusters (MW_{th})

Warmtenet	Regionaal warmtenet totaal - huidig	Regionaal warmtenet Tilburg - 2050	Lokaal LT-net	Lokaal MT-net
Warmtevraag (PJ)	2,80	2,78	0,57	0,59
Basislast (MW)	150	149	29	32
Pieklust (MW)	500	496	95	106

3.2 Beschikbare warmtebronnen in Tilburg

Tabel 6 toont de beschikbare warmtebronnen uit het bronnenregister van Innoforte (2024). Het bronnenregister bevat zowel bronnen die zich binnen de gemeentegrenzen bevinden als bronnen die zich in regio bevinden (onder andere in Geertruidenberg en Moerdijk). Er zijn vier aquathermiebronnen opgenomen in het overzicht: 1) gemalen, 2) thermische energie uit afvalwater (TEA), 3) thermische energie uit drinkwater (TED) en 4) thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).

Tabel 6 - Overzicht van beschikbare warmtebronnen in Tilburg en omgeving

Bron	Bron-temperatuur	Geschikt voor	Totale kosten (€/GJ)		Beschikbare warmte (TJ/jaar)		Aandachtspunten
			LT	MT	LT	MT	
Ondiepe geo-thermie met LT- of MT-warmtepomp	LT & MT	Basislast	26	35	15.225	17.735	De geothermiebronnen met en zonder LT- of MT-warmtepompen overlappen volledig.
Ondiepe geo-thermie zonder warmtepomp	LT	Basislast	8	N.v.t.	12.132	N.v.t.	

Bron	Bron-temperatuur	Geschikt voor	Totale kosten (€/GJ)		Beschikbare warmte (TJ/jaar)		Aandachtspunten
			LT	MT	LT	MT	
Datacenter	LT & MT	Basislast	35	47	5.6	6.4	Relatief korte levensduur en ook leveringszekerheid is een uitdaging.
MT-restwarmte industrie	MT	Pieklast	N.v.t.	3	N.v.t.	432	Eigenschappen van individuele productieprocessen zijn onbekend en leveringszekerheid is een uitdaging.
LT-restwarmte industrie	LT & MT	Pieklast	4	31	878	1.118	
Gemalen	LT & MT	Basislast	29	42	449	507	Vanwege opwaardering met warmtepomp is er een risico met realisatie als gevolg van netcongestie.
TEA	LT & MT	Basislast	29	42	449	507	
TED	LT & MT	Basislast	40	52	108	122	
TEO	LT & MT	Basislast	43	55	1.474	1.657	
Zonthermie met seizoens-opslag	LT & MT	Basislast	55	64	46	39	Groot ruimtebeslag, ook in ondergrond (opslag), en elektrische opwaardering nodig. Beperkt productie door mismatch warmtevraag.
Lucht-water-warmtepomp	LT & MT	Basislast	31	43	103	130	Risico met realisatie op korte en middellange termijn als gevolg van netcongestie.
Diepe geothermie	MT	Basislast	N.v.t.	35	N.v.t.	4.727	Financiële risico's boringen, lange doorlooptijd realisatie van 3 tot 10 jaar (Nationaal Programma RES, 2023).
E-boiler	MT	Basislast of pieklast	N.v.t.	86	N.v.t.	1.411	Productie afhankelijk van elektriciteitsprijs, kan basislast voorzien i.c.m. warmtebuffer. Risico met realisatie op korte en middellange termijn als gevolg van netcongestie.
Elektrolyser	MT	Pieklast	N.v.t.	Niet bekend	N.v.t.	1.091	Onzeker of een elektrolyser wordt gebouwd in Tilburg. Productie afhankelijk van elektriciteitsprijs. Voor basislast warmtebuffer nodig.
Amercentrale	MT	Basislast	N.v.t.	Niet bekend	N.v.t.	1.309	Onduidelijkheid of de eigenaar van de Amercentrale, RWE, na 2027 warmte wil blijven leveren aan het regionaal warmtenet.
Brandstofcel	MT	Pieklast	N.v.t.	Niet bekend	N.v.t.	0	Niet bewezen technieken op grote schaal voor warmtenetten en waterstof worden eerst in industrie en transport ingezet.
Waterstofketel	MT	Pieklast	N.v.t.	Niet bekend	N.v.t.	22	
Eavor geothermie	MT	Basislast	N.v.t.	33	N.v.t.	243	Financiële risico's boringen, lange doorlooptijd realisatie van 3 tot 10 jaar (Nationaal Programma RES, 2023).
TEO regionaal MT met wko	MT	Basislast	N.v.t.	46	N.v.t.	400	Vooraf kleinschalig toegepast, niet regionaal. Vanwege opwaardering met warmtepomp is er een risico met realisatie als gevolg van netcongestie.
Diepe geothermie regionaal	MT	Basislast	N.v.t.	36	N.v.t.	2.500	Financiële risico's boringen, lange doorlooptijd realisatie van 3 tot 10 jaar (Nationaal Programma RES, 2023).

Bron	Bron-temperatuur	Geschikt voor	Totale kosten (€/GJ)		Beschikbare warmte (TJ/jaar)		Aandachtspunten
			LT	MT	LT	MT	
Ijzerketel	MT	Onbekend	N.v.t.	Niet bekend	N.v.t.	Niet bekend	Onbekend
Attero restwarmte (Moerdijk)	MT	Basislast	N.v.t.	Niet bekend	N.v.t.	160	Toekomst van afvalenergiecentrales in Nederland is onzeker. Als gevolg van de circulaire-economieambities wordt er mogelijk minder afval genereerd.
Groengas	MT	Pieklast	Niet bekend	Niet bekend	13 miljoen m ³ biogasproductie per jaar in de gemeente		Afhankelijk van beschikbaarheid van groengas binnen en buiten de grenzen van de gemeente. Gastarief wordt een belangrijk factor.

Bron: (Innoforte, 2024) en aandachtspunten door CE Delft.

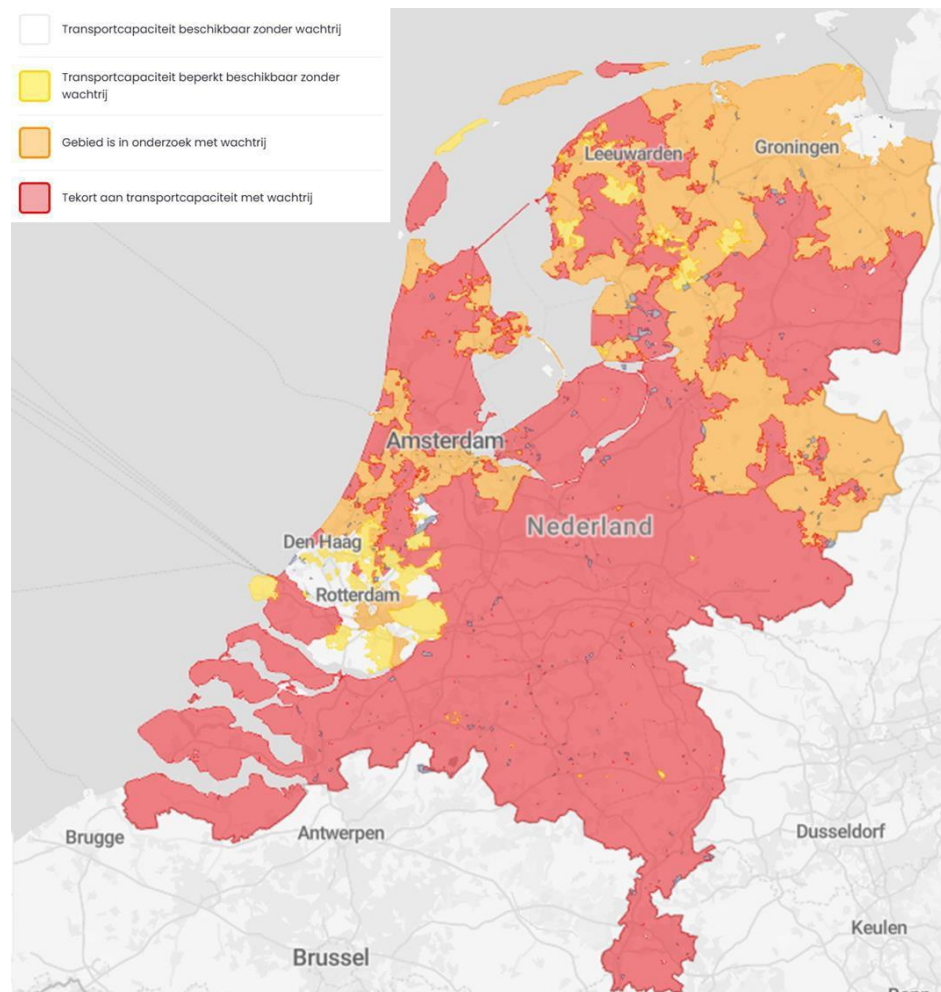
We nemen aan dat de restwarmte uit de industrie enkel ingezet wordt als pieklastbron. Dit is een conservatieve inschatting, een aantal van deze bedrijven zal heel het jaar door restwarmte produceren en daarmee in de basislast van de warmteclusters kunnen voldoen. De dynamieken van de beschikbare restwarmtecapaciteit van de productieprocessen van de individuele bedrijven in Tilburg zijn echter onbekend (Innoforte, 2024), waardoor het niet mogelijk is om aan te geven welke van deze bronnen als basislastbron ingezet zouden kunnen worden.

Het overzicht bevat enkel de zonthermiebron met seizoensopslag en niet de optie om zonthermie zonder opslag in te zetten. In de eerste configuratie wordt het overschot aan warmte in de zomer opgeslagen, zodat dit in de winter rechtstreeks of na opwaardering door een warmtepomp kan worden benut. In de configuratie zonder opslag moet de opgewekte zonnewarmte direct gebruikt worden in het warmtenet. Omdat daarmee de mogelijkheid om warmte te leveren in de winter grotendeels vervalt op de momenten dat de warmtevraag het hoogst is, hebben we deze configuratie niet opgenomen in het overzicht.

Middellangetermijnhaalbaarheidsrisico door netcongestie

Veel bronnen uit het bronnenoverzicht uit Tabel 6 maken gebruik van een warmtepomp om de beschikbare (rest)warmte op te waarderen tot bruikbare LT- of MT-warmte. De net-impact van het opwaarderen van deze warmte is hoog door de grote benodigde transportcapaciteit. Figuur 6 toont de beschikbare afnamecapaciteit in Nederland. De provincie Noord-Brabant en ook de gemeente Tilburg kleurt rood. Dit houdt in dat er momenteel een tekort aan transportcapaciteit in de regio beschikbaar is en dat er een wachtrij bestaat voor het aansluiten van nieuw of additioneel transportcapaciteit voor grootverbruikers van elektriciteit. Op basis van de investeringsplannen van netbeheerder TenneT en regionale netbeheerder Enexis blijft afnamenetcongestie tot circa 2033 een probleem (Enexis, 2024; TenneT, 2024). Ook na 2033 moet hier waarschijnlijk nog rekening mee worden gehouden door netbewuste keuzes.

Figuur 6 - Capaciteitskaart afname elektriciteitsnet (Netbeheer Nederland, 2024)



Doordat deze warmtebronnen niet op korte termijn elektriciteit kunnen afnemen van het net, wordt het belangrijker om op korte termijn in te zetten op beschikbare (rest)warmte uit bronnen die geen additionele grootverbruikersaansluiting behoeven. In warmtebronnenstrategie doen we procesvoorstellen over het ontwikkelen van de warmteclusters, waarin we dit aan netcongestie gerelateerde ontwikkelrisico meenemen.

3.3 Warmtebronnenstrategie

Op basis van onze analyse naar de warmtevraag per warmtecluster in paragraaf 3.1 en het bronnenregister van de gemeente Tilburg van Innoforte (2024) hebben we warmtebronnen geselecteerd die geschikt zijn om in de basis- en pieklust te voorzien van de drie warmteclusters. We beoordelen of een warmtebron geschikt is om aangesloten te worden op een warmtenet op basis van drie criteria:

1. De locatie van de warmtebron.
2. Total Costs of Ownership (TCO) van de warmtebron.
3. Of de bron geschikt is voor het voorzien van basis- of pieklust van het warmtenet.

De locatie van de warmtebron is van belang, omdat het transporteren van warmte over langere afstanden vrij prijzig is. Daarnaast treden er al snel warmteverliezen tussen de 25-30% op bij het transport van warmte. Daarom hebben we als eerste de warmtebronnen uit het bronnenregister van Innoforte over zes gebieden verdeeld, op basis van hun locatie. Tabel 7 toont de verhouding tussen deze gebieden, de eerdergenoemde warmtegebieden uit de TVW en de drie warmteclusters genoemd in paragraaf 2.1. Indien een warmtebron in een gebied met een warmtenet ligt, onderzoeken we eerst of het wenselijk is op basis van de andere twee criteria om de bron op dat net aan te sluiten.

Tabel 7 - Verdeling van bronnen in gebieden op basis van hun locatie

Gebied toewijzing bronnenstrategie	Gebied TVW	Warmtenet
Reeshof en omgeving	Reeshof en Omgeving	Regionaal warmtenet
Tilburg-West en Tilburg-Noord	Rond de ringbanen	
Tilburg-Zuid		Lokaal LT-net
Binnen de ringbanen	Binnen de ringbanen	Lokaal MT-net
Dorpen en de Blaak	Dorpen en de Blaak	N.t.b.
Geertruidenberg en Moerdijk	–	Regionaal warmtenet

Ten tweede selecteren we warmtebronnen op basis van de Total Costs of Ownership (TCO) van een warmtebron. TCO van een warmtebron (€/GJ) deelt de totale investeringskosten en variabele kosten (€) over de levensduur van de warmtebron door de verwachte hoeveelheid geproduceerde warmte van de bron (GJ). Op deze manier neemt het criterium zowel de belangen van de afnemers van geleverde warmte (die gebaat zijn bij lage variabele kosten) en als de belangen van projectontwikkelaars (die gebaat zijn bij lage investeringskosten en lage variabele kosten) mee. De variabele kosten van een warmtebron of OPEX zijn immers sterk van invloed op de prijs en daarmee de betaalbaarheid van de betaalbare warmte.

In de financiële overwegingen nemen we de transportkosten van warmte mee in de TCO-berekeningen als de warmte uit een gebied met warmteoverschot naar een gebied met warmtekort wordt getransporteerd. We baseren onze schattingen van de kosten op de CAPEX-kostenschattingen van NPLW voor het hoofddistributietracé van ongeveer € 2 miljoen per km en we nemen aan dat de gemiddeld afstand van het buitengebied van de gemeente naar het centrum van Tilburg 10 km is. Zoals weergegeven in Tekstkader 1, verhogen we de TCO met 2 €/GJ.

Tekstkader 1 - Kosten warmtetransport

Kosten warmtetransport	
Investeringskosten	€ 20.000.000
Afschrijftermijn	30 jaar
Rentevoet	7%
Jaarlijkse kosten	€ 1.600.000
Jaarlijkse warmtetransport	1 PJ
Extra kosten	2 €/GJ

Ten derde proberen we bij het selecteren van de warmtebronnen een geschikte balans te maken tussen basislast- en pieklastvermogen.

We hebben ook overwogen om restwarmtebronnen van industriële bedrijven uit de lijst met potentieel wenselijk bronnen te filteren. We hebben echter besloten om hiervan af te zien. Reden van onze overweging was dat de experts uit de klankborggroep aangaven dat de beschikbaarheid van industriële restwarmte vrij onzeker is voor de toekomst. De warmtepotentie van deze bronnen zal afnemen door zowel efficiëntieverbeteringen als elektrificatie. Daarnaast is het niet zeker of alle industriële bedrijven nog steeds in de gemeente aanwezig zijn in 2050. Uit een eerste analyse is echter gebleken dat er te weinig (met name pieklast)bronnen in aanwezig zijn om aan de benodigde warmtevraag en -vermogen van de drie clusters te voldoen. Daarom hebben we besloten de restwarmtebronnen toch in het selectieproces mee te nemen. In ons advies over het proces van de warmtebronnen staan we stil bij deze onzekerheid.

Tabel 8 - Geselecteerde basis- en pieklastbronnen voor de drie warmteclusters

Gebied	Warmtecluster	Type warmtenet	Basislast	Pieklast
1, 2, 3	Reeshof en omgeving + Tilburg-West & Noord	Uitbreiding regionaal warmtenet (MT) + LT-warmte vanuit retourleiding	Diepe Geothermie Lucht-warmtepomp TEO-installaties: – Geertruidenberg – Wilhelminakanaal – Waterbed nabij Kraaiven TED-installatie	MT-restwarmte industrie LT-restwarmte industrie E-boiler
2	Tilburg-Zuid	Lokaal LT-warmtenet	TED-installatie TEO-installaties: – Katsbogten Zonthermie vanuit buitengebied Zuidwest	Restwarmte van: – Het Laar – Katsbogten – Ireen Wüst-ijssbaan
3	Binnen de ringbanen	Lokaal MT-warmtenet	Gemalen Datacentrum Ondiepe geothermie TEO - Piushaven TED	LT-restwarmte industrie

In bijlage A gaan we dieper in op de technische, financiële en overige aspecten van de geselecteerde warmtebronnen. Hierna geven we een gedetailleerde analyse van de warmtebronnen per warmtecluster.

Uitbreiding het regionaal warmtenet

Zoals weergegeven in Tabel 9, zijn er voldoende warmtebronnen in de regio van het regionaal warmtenet om in de basislast van het net te voorzien. Het grootste gedeelte van de warmtevraag wordt voorzien door lokale geothermiebronnen in combinatie met TEO-bronnen met collectieve warmtepompen (bijvoorbeeld langs het Wilhelminakanaal).

Tabel 9 - Overzicht warmtevraag en -bronnen beschikbaar voor de uitbreiding van het regionaal warmtenet

MT-warmtevraag		MT-warmtebronnen	
Basislast (MW)	149	Basislast bronnen (MW)	312
Pieklast (MW)	496	Pieklast bronnen (MW)	187
Warmtevraag basislast (PJ)	2,2	Warmteaanbod basislast (PJ)	6
Warmtevraag pieklast (PJ)	0,6	Warmteaanbod pieklast (PJ)	2,4

Het wordt een uitdaging om het piekvermogen in te vullen met de beschikbare bronnen binnen en rondom de grenzen van de gemeente. Hoewel het totale vermogen van basislast- en pieklastbronnen immers groter is dan de piekvraag, is het inzetten van basislastbronnen als piekbron niet (kosten)efficiënt.

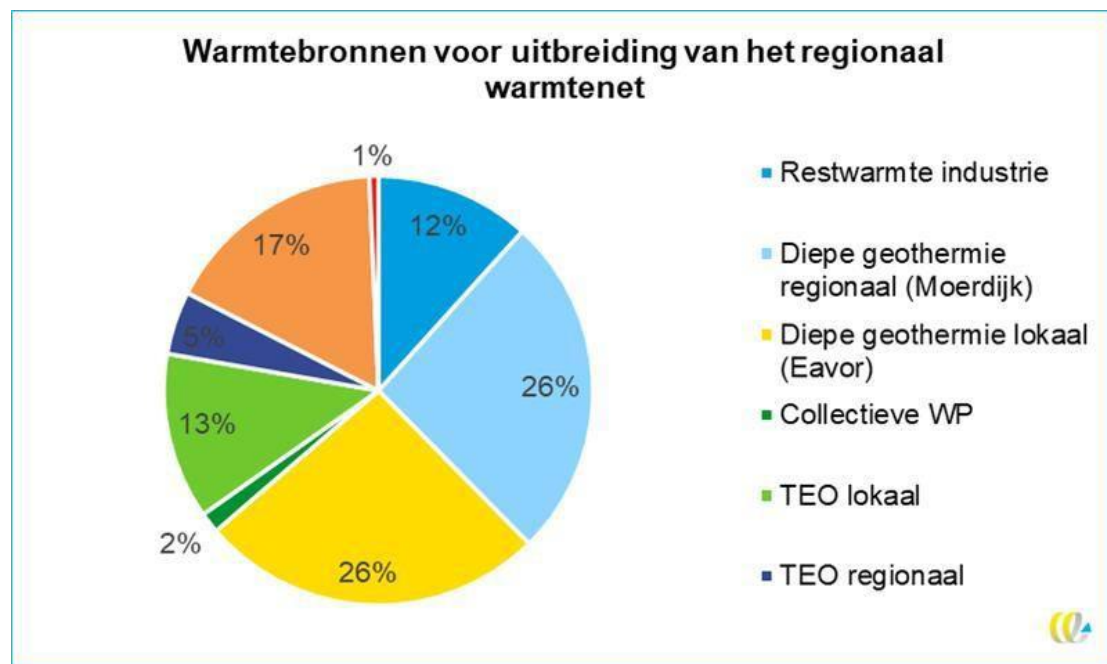
De restwarmtebronnen van de bedrijventerreinen (70 MW) zijn lang niet voldoende om de bijna 350 MW aan pieklast te dekken. Ook de e-boiler in de regio Geertruidenberg en Moerdijk is niet in staat om het piekvermogen tot het gewenste niveau aan te vullen.

Een optie is een extra e-boiler in te zetten binnen de grenzen van Tilburg, bijvoorbeeld op één van de bedrijventerreinen in Tilburg-West. Maar e-boilers zijn niet kostenefficiënt als de elektriciteitsprijs hoog is in de piekuren.

Een andere optie is om door middel van grootschalige warmteopslag in de piekwarmtevraag te voorzien. Door gebruik te maken van HT- of MT-seizoensopslag (zoals een PTES), kan 10 tot 30% van de pieklast worden ingevuld. Hierdoor kan het benodigde piekvermogen aan de warmtebronnen worden teruggebracht tot 200 MW, waardoor het grootste deel van de piekvraag kan worden voorzien met lokale en regionale bronnen.

Figuur 7 laat de verdeling van warmtebronnen zien die beschikbaar zijn voor de uitbreiding van het regionaal warmtenet in Tilburg. Hierbij is het belangrijk op te merken dat de restwarmte uit de industrie een belangrijk onderdeel is van de bronnenstrategie, met name voor de piekvoorziening van het warmtenet.

Figuur 7 - Verdeling warmtebronnen in Tilburg dat beschikbaar is voor de uitbreiding van het regionaal warmtenet



Tilburg-Zuid

Zoals weergegeven in Tabel 10, zijn er niet voldoende warmtebronnen in Tilburg-Zuid om de totale warmtevraag van het LT-warmtenet te dekken. Daarnaast is ook de capaciteit van de geschikte bronnen voor zowel de basislast als de pieklast onvoldoende om volledig in de basis- en pieklast te voorzien.

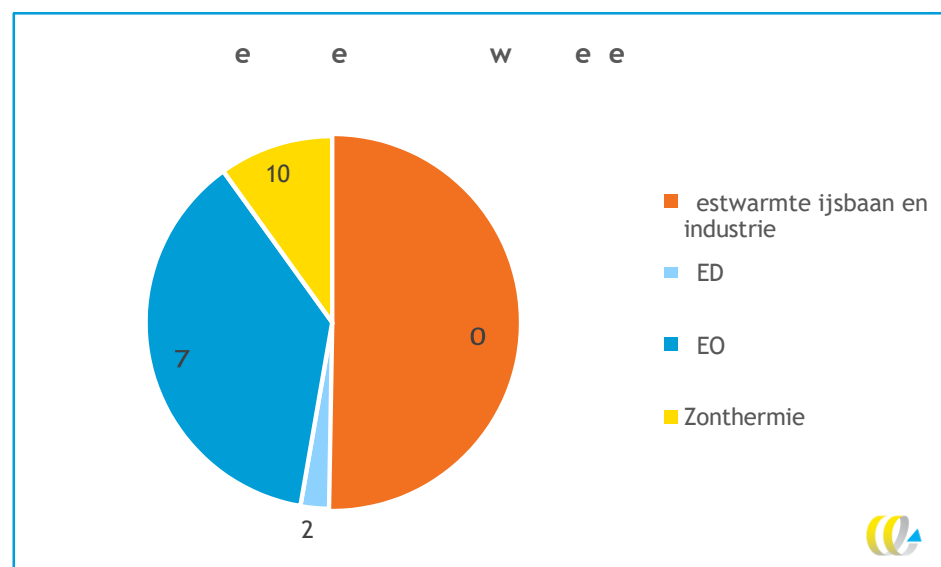
Zoals voorgesteld bij de uitbreiding van het regionaal warmtenet in Tilburg, is seizoensopslag van warmte ook in Tilburg-Zuid een interessant alternatief om de piekvraag in te vullen. Maar alsnog moeten er andere pieklastbronnen in de omgeving worden ontwikkeld, zoals e-boilers, of de LT-warmte van de restwarmtebronnen binnen de ringbanen of van de elektrolyser in het buitengebied noord-west moet worden getransporteerd, wat een ruimtelijke puzzel vormt om zo'n transportleiding in een stedelijk gebied te realiseren. Een andere optie is het transporteren van warmte vanuit buurgemeenten ten zuiden van Tilburg.

Tabel 10 - Overzicht warmtevraag en -bronnen beschikbaar in Tilburg-Zuid

LT-warmtevraag		LT-warmtebronnen	
Basislast (MW)	29	Basislast bronnen (MW)	35
Pieklast (MW)	95	Pieklast bronnen (MW)	19
Warmtevraag basislast (TJ)	480	Warmteaanbod basislast (TJ)	271
Warmtevraag pieklast (TJ)	120	Warmteaanbod pieklast (TJ)	274

Figuur 7 laat de verdeling zien van lokale warmtebronnen in Tilburg-Zuid, die voornamelijk bestaat uit restwarmte uit de ijsbaan en de industrie, zoals logistieke bedrijven en de Bosch-fabriek, en warmte van TEO. Om de basislast volledig in te vullen, moet warmte uit andere gebieden getransporteerd worden. De beste optie daarvoor is de zonthermie in het buitengebied Tilburg-Zuidwest, zoals opgenomen in het bronnenregister. Zonthermie kan gerealiseerd worden in combinatie met of zonder opslag. In dit geval gaan we uit van zonthermie zonder opslag, omdat er een centrale opslag gerealiseerd zal worden in Tilburg-Zuid.

Figuur 8 - Verdeling warmtebronnen in Tilburg die beschikbaar zijn voor het LT-warmtenet in Tilburg-Zuid



Lokaal warmtenet binnen de ringbanen

Net als in andere twee warmteclusters zijn er binnen de ringbanen van Tilburg voldoende warmtebronnen om de warmtevraag van een lokaal MT-warmtenet te dekken. Zoals weergegeven in Tabel 11, is het beschikbare piekvermogen van deze warmtebronnen echter zeer beperkt. Dit brengt de ontwikkeling van het warmtenet binnen de ringbanen in gevaar, aangezien het transporteren van warmte vanuit andere gebieden naar de oude binnenstad een complexe ruimtelijke puzzel vormt.

Voor de piekvermindering is grootschalige seizoensopslag van warmte in principe ook een oplossing voor dit warmtenet. Seizoensopslag is echter niet realistisch, vanwege het gebrek aan ruimte in de binnenstad.

Een alternatieve oplossing is het inzetten van groengas in de piekvoorzieningen, aangezien binnen de ringbanen al groengas wordt gebruikt voor hybride warmtepompen. Groengas kan worden geproduceerd uit biomassa-reststromen en biogas dat al binnen de gemeentegrenzen wordt geproduceerd. Het is echter primair bedoeld voor invoeding in het landelijke gasnet. Daarnaast is groengas schaars en dus duur om in te zetten voor de piekvoorzieningen. In hoeverre groengas een rol kan spelen in het voldoen aan de lokale vraag, moet nog verder worden onderzocht. Het huidige gasnet hoeft niet te worden aangepast om groengas te leveren in de binnenstad, waardoor groengas een interessante optie is op de korte en middellange termijn. Hiervoor moeten echter wel investeringen worden gedaan en afspraken met leveranciers worden gemaakt.

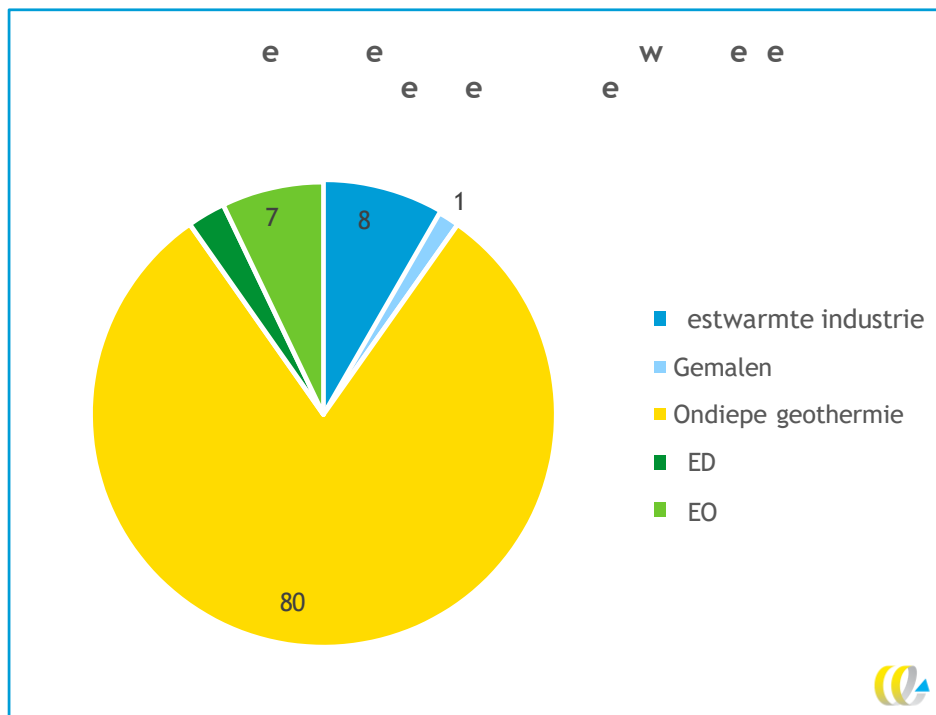
Ten slotte kan met de beschikbare pieklastcapaciteit van 8 MW in de binnenstad een lokaal warmtenet worden gerealiseerd voor ongeveer 1.750 woningequivalenten (weq). Dit is echter een klein deel in vergelijking met de 25.000 weq die aangesloten moeten worden op een MT-warmtenet. De resterende weq's kunnen, net als in het andere deel van de binnenstad, worden voorzien van een hybride warmtepomp.

De ontwikkeling van warmtebronnen in dit gebied voor een lokaal MT-warmtenet vormt een ruimtelijke uitdaging, aangezien de lokale bronnen voornamelijk bestaan uit ondiepe geothermie, zoals weergegeven in Figuur 9. De warmte uit dit gebied kan echter ook interessant zijn voor het LT-net in Tilburg-Zuid.

Tabel 11 - Overzicht warmtevraag en -bronnen beschikbaar voor het lokaal MT-warmtenet binnen de ringbanen van Tilburg

MT-warmtevraag		MT-warmtebronnen	
Basislast (MW)	32	Basislast bronnen (MW)	56
Pieklast (MW)	106	Pieklast bronnen (MW)	8
Warmtevraag basislast (TJ)	480	Warmteaanbod basislast (TJ)	1287
Warmtevraag pieklast (TJ)	120	Warmteaanbod pieklast (PJ)	110

Figuur 9 - Verdeling warmtebronnen in Tilburg die beschikbaar zijn voor het MT-warmtenet binnen de ringbanen van Tilburg



3.4 Warmteopslag

Om de piekvraag naar zowel warmte als elektriciteit (door opwaardering) te minimaliseren, is er behoefte aan warmtebuffers en seizoensopslag in alle warmteclusters. Tabel 12 laat de opties per warmtecluster zien, evenals de aandachtspunten voor deze opties.

Over het algemeen zijn MT/HT-opslagtechnieken nog niet op grote schaal toegepast in Nederland, maar dat betekent niet dat deze technieken niet bewezen zijn. Het ruimtebeslag en de investeringskosten van deze technieken zijn belangrijke factoren die verder geanalyseerd moeten worden in een diepgaande studie over de warmtenetten in Tilburg.

Tabel 12 - Overzicht van warmteopslagopties

Gebied	Warmtecluster	Type opslag	Temperatuur-niveau	Investeringskosten	Aandachtspunten
1,2, 3	Reeshof en omgeving Tilburg-Noord & West Binnen de ringbanen	Bovengronds MT/HT-opslag van 150 MW i.c.m. een e-boiler	50-90°C	€ 2 en 4 miljoen	700-1.000 m ² boven-grondse ruimte in beslag (voor een opslagtank tussen 40 en 50 meter lang).
2	Tilburg-Zuid	Wko tussen 25-30 MW	Max. 25°C	€ 100.000-200.000	Bovengronds niet groter dan de footprint van de warmtenetinstallaties, ondergronds tot 100 m diep en nader onderzoek nodig.

Gebied	Warmtecluster	Type opslag	Temperatuur-niveau	Investeringskosten	Aandachtspunten
3	Binnen de ringbanen	Wko MT-opslag of Bovengronds MT-opslag van 25-30 MW	25-45 °C	€ 400.000-800.000 voor MT-opslagtank en € 100.000-200.000 voor ATES MT-opslag	In de binnenstad is een opslagtank niet realistisch vanwege beperkte ruimte (400-600 m ² ruimtebeslag). Voor ATES is bovengronds niet groter dan de footprint van de warmtenet-installaties, ondergronds tot 100 m diep en nader onderzoek nodig.

In de gebieden waar het regionaal warmtenet wordt uitgebreid, oftewel warmtecluster 1, leveren de pieklastbronnen niet voldoende warmte om aan de piekvraag van MT-warmte te voldoen. Grootschalige tankopslagsystemen kunnen naast de pieklastbronnen worden geplaatst om de pieklast te verminderen, bijvoorbeeld naast de e-boiler in Tilburg-West. Een tankopslagsysteem kan tussen 150-200 MW vermogen leveren en daarmee de resterende piekvraag opvangen. Een opslagsysteem van 150 MW neemt tussen 700-1.000 m² bovengrondse ruimte in beslag (voor een opslagtank tussen 40 en 50 meter lang) en kost naar schatting tussen de € 2 en 4 miljoen, afhankelijk van verschillende factoren, zoals capaciteit, temperatuur, volume en locatie. Ter inspiratie, zie voorbeelden zoals de warmteopslag van Vattenfall voor het warmtenet in Berlijn.²

In Tilburg-Zuid, oftewel warmtecluster 2, kan een ATES/wko-systeem worden toegepast om in de piekvraag te voorzien. Het systeem kan tussen 25-30 MW warmte leveren, afhankelijk van de geschiktheid van de bron en de beschikbaarheid van ondergrondse ruimte. Met name in stedelijke gebieden wordt de ondergrond al voor veel andere toepassingen gebruikt. Interferentie met deze systemen is niet wenselijk, dus nader onderzoek is noodzakelijk.

Naar schatting kost zo'n systeem tussen € 100.000 en 200.000. Een wko-systeem kan financieel gunstig zijn wanneer het in combinatie met een restwarmtebron wordt toegepast, en dergelijke bronnen zijn reeds beschikbaar in Tilburg-Zuid.

Een belangrijke voorwaarde is de energiebalans: de hoeveelheden warmte en koude die in de ondergrond worden opgeslagen, moeten aan elkaar gelijk zijn. Wanneer een onbalans wordt toegestaan, neemt het ondergrondse ruimtebeslag toe. Voor een goede energiebalans, een minimaal ruimtebeslag en een optimale werking van het wko-systeem is het aan te bevelen om al tijdens de ontwikkeling van het warmtenet rekening te houden met koudelevering. Dit betekent ook dat er diversiteit moet zijn in de typen gebouwen die via het warmtenet van warmte en koude worden voorzien. Het bovengrondse ruimtebeslag is niet groter dan de footprint van de warmtenetinstallaties.

Binnen de ringbanen, oftewel warmtecluster 3, is het tekort aan pieklastbronnen te groot om alleen met opslag te dekken. De lokale bronnen kunnen namelijk slechts 10% van de totale piekvraag voorzien. Zoals eerder voorgesteld, is groengas een interessante optie voor de piekvoorziening.

Om de behoefte aan groengas te verminderen, kunnen er naast de piekvoorziening twee typen grootschalige opslag worden toegepast. De eerste optie is een MT-opslagtank, zoals in warmtecluster 1, maar het inpassen van een dergelijk systeem in dit gebied is niet realistisch vanwege de grote ruimte die nodig is voor opslagtanks of ondergrondse putten.

² [Factsheet HT-TTES Topsector Energie](#)

De tweede optie is MT-opslag in de ondergrond in de vorm van ATES, maar nader onderzoek is nodig om te bepalen of er voldoende ondergrondse ruimte beschikbaar is. Bovendien is koudelevering niet mogelijk met een MT-warmtenet. Hierdoor ontstaat een onbalans in een ATES-systeem, wat leidt tot een groter ruimtebeslag en een verhoogd risico op interferentie met andere wko- en ATES-systemen in de buurt.

Alsnog geven we hierna de ruimtelijke en financiële indicaties van deze opslagopties voor binnen de ringbanen van Tilburg. Om een tanksysteem van 30 MW te koppelen aan de ondiepe geothermie- en restwarmtebronnen in de regio, is een investering tussen € 400.000 en € 800.000 nodig, evenals een ruimtereservering van 400-600 m². Een ATES-systeem voor middentemperatuuropslag neemt bovengronds relatief weinig ruimte in beslag en kost tussen de € 100.000 en 200.000. Echter, het realiseren van boringen en het vinden van ondergrondse ruimte vormt een grote uitdaging in het hart van de stad.

4 Conclusies en aanbevelingen

Technische conclusies en aanbevelingen

- ó Op basis van het bronnenregister is er volop potentieel voor de ontwikkeling van basislastbronnen in Tilburg.
- ó Pieklastbronnen zijn daarentegen vaak schaarser. De beschikbare pieklastbronnen zijn voornamelijk afhankelijk van de toekomstige restwarmte uit de industrie.
- ó Veel warmtebronnen maken gebruik van warmtepompen om de beschikbare warmte op te waarderen. Daarnaast wordt verwacht dat het aantal airco's zal toenemen in de gebieden waar MT-warmtenetten worden uitgerold, om in de toekomst te voorzien in de groeiende koudevraag. Hierdoor ontstaat voor de middellange termijn een haalbaarheidsrisico door netcongestie in de regio.
- ó Een warmtetransportleiding vanuit buitengebied Noord-West voor de warmte uit de elektrolyserinstallatie biedt een mogelijkheid om de piekwarmtevraag in het centrumgebied of in Tilburg-Zuid te dekken. Het is aanbevolen dat de gemeente deze mogelijkheid zo snel mogelijk onderzoekt en beoordeelt.
- ó Restwarmte uit de industrie vormt een belangrijk onderdeel van de bronnenstrategie, maar de beschikbaarheid hiervan is onzeker door efficiëntieverbeteringen en de elektrificatie van bedrijfsprocessen.
- ó Seizoensopslag van warmte is een belangrijke optie die nader onderzocht en geanalyseerd moet worden, aangezien deze technieken nog niet op grote schaal in Nederland worden toegepast.
- ó Groengas speelt een rol in de binnenstad van Tilburg en in de buitengebieden, vooral voor hybride warmtepompen, en gezien de beperkte capaciteit aan piekvermogen van warmtebronnen moet er ook nagedacht worden hoe groengas een andere rol kan krijgen.

Procesmatige conclusies en aanbevelingen

- ó De eerste prioriteit voor de gemeente is de uitbreiding van het regionaal warmtenet. Het grootste deel van de warmtelevering wordt verwacht in de buurten waar het regionaal warmtenet al ligt.
- ó De groei van het warmtenet zal modulair en per cluster plaatsvinden, waardoor het zich kan ontwikkelen tot het Tilburgse warmtenet van de toekomst.
- ó Een warmtetransportleiding vanuit het gebied Tilburg Zuid-West biedt een mogelijkheid om het basisvermogen in Tilburg-Zuid te dekken. De gemeente moet deze mogelijkheid zo snel mogelijk onderzoeken en beoordelen.
- ó Diepe geothermie speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van warmtenetten, maar de realisatietijd kan oplopen tot 10 jaar. Het is daarom essentieel dat de gemeente zo snel mogelijk start met de ontwikkeling van deze bron, inclusief de aanvraag- en vergunningsprocedures.
- ó Door netcongestie kunnen er geen grote aansluitingen worden gerealiseerd, en deze situatie zal op korte termijn niet veranderen. Voor de verdere ontwikkeling van warmtenetten en warmtebronnen wordt daarom aanbevolen om samen met de netbeheerder verschillende scenario's af te stemmen en door te rekenen.
- ó Restwarmte uit de industrie is onzeker, mede doordat bedrijven vaak geen leveringszekerheid kunnen of willen garanderen. Daarnaast worden de processen steeds efficiënter en komt er minder restwarmte vrij. De gemeente moet daarom, in overleg met deze bedrijven, de kansen en mogelijkheden verder onderzoeken om de volledige restwarmtecapaciteit in kaart te brengen.

- ó Seizoensopslag van warmte biedt een technische oplossing voor de beperkte beschikbaarheid van pieklastbronnen in de gemeente. Het wordt aanbevolen om pilotprojecten te starten en een grondige analyse uit te voeren naar de haalbaarheid en kansen van dergelijke oplossingen in Tilburg.

A Eigenschappen geselecteerde warmtebronnen

A.1 Warmtebronnen cluster 1: Reeshof en omgeving + Tilburg-West & Noord

Benodigde basislast	149 MW
Benodigd totaal vermogen	496 MW
Benodigde warmtevraag	2,78 PJ

Tabel 13 - Technische aspecten warmtebronnen MT-regionaal warmtenet

Type bron	Naam bron	Type	Vermogen (MW)	Beschikbare warmte (TJ/jaar)
MT-restwarmte industrie	Agristo BV	Pieklast	14,0	202
	IFF - International Flavors & Fragrances B.V.	Pieklast	8,0	115
	Patheon Softgels B.V.	Pieklast	8,0	115
	Thermo Fisher	Pieklast	8,0	115
LT-restwarmte industrie MT	FUJIFILM Manufacturing Europe BV	Pieklast	15,3	220
	Ad van Geloven BV	Pieklast	3,8	55
	De Banketgroep BV	Pieklast	3,8	55
	Delicia BV	Pieklast	3,8	55
	Maitre Paul BV	Pieklast	3,8	55
	NBrIX	Pieklast	3,8	55
	Van Lieshout's Bakkerijen BV	Pieklast	3,8	55
Diepe geothermie regionaal	Moerdijk (40%)	Basislast	67,2	1.935
	Plukmade (40%)	Basislast	8,4	242
Diepe geothermie lokaal	85 - 110 grd	Basislast	76,0	2.187
MT-luchtwarmtepomp	Luchtwarmtepomp	Basislast	9,0	130
TEO regionaal MT met wko	Geertruidenberg (40%)	Basislast	27,8	400
	Wilhelminakanaal	Basislast	108,7	978
TEO MT met wko	Waterbed nabij Kraaiven	Basislast	8,3	75
E-boiler	E-boiler	Pieklast	118,8	1.411
TED MT met wko	TED	Basislast	6,2	56
Totaal basislast			312	6.003
Totaal pieklast			187	2.393
Totaal			499	8.396

Tabel 14 - Financiële aspecten warmtebronnen MT-regionaal warmtenet

Type bron	Naambron	TCO	CAPEX	OPEX
MT-restwarmte industrie	Agristo BV	2,8 €	3.900.000 €	38.000
	IFF - International Flavors & Fragrances B.V.	2,9 €	2.400.000 €	23.000
	Patheon Softgels B.V. Thermo Fisher	2,9 €	2.400.000 €	23.000
LT-restwarmte industrie MT	FUJIFILM Manufacturing Europe BV	30,0 €	15.300.000 €	382.000
	Ad van Geloven BV	30,9 €	4.300.000 €	102.000
	De Banketgroep BV	30,9 €	4.300.000 €	102.000
	Delicia BV	30,9 €	4.300.000 €	102.000
	Maitre Paul BV	30,9 €	4.300.000 €	102.000
	NBrIX	30,9 €	4.300.000 €	102.000
	Van Lieshout's Bakkerijen BV	30,9 €	4.300.000 €	102.000
Diepe geothermie regionaal	Moerdijk (40%)	36,4 €	167.700.000 €	5.653.000
	Plukmade (40%)	36,4 €	21.100.000 €	708.000
Diepe geothermie lokaal	85 - 110 grd	36,4 €	191.000.000 €	6.405.000
MT-luchtwarmtepomp	Luchtwarmtepomp	43,1 €	8.500.000 €	330.000
TEO regionaal MT met wko	Geertruidenberg (40%)	45,9 €	44.300.000 €	1.571.000
TEO MT met wko	Wilhelminakanaal	54,3 €	170.900.000 €	6.120.000
	Waterbed nabij Kraaiven	54,8 €	41.000.000 €	1.439.000
E-boiler	E-boiler	55,5 €	14.000.000 €	475.000
TED MT met wko	TED	86,4 €	72.300.000 €	7.323.000

Tabel 15 - Overige aspecten warmtebronnen MT-regionaal warmtenet

Bron	Realisatietijd	Levensduur	Benodigde ruimte (m²)	Duurzaamheid (kg CO ₂ /GJ)	Opmerking
MT-restwarmte industrie	< 5 jaar	20 jaar	50-100	1	Warmtepotentieel onzeker op lange termijn.
LT-restwarmte industrie	< 5 jaar	20 jaar	50-100	1	
Diepe geothermie	5-10 jaar	30 jaar	500-5.000	35	Lange doorlooptijd en financiële risico met realisatie.
Luchtwarmtepomp	< 5 jaar	20 jaar	50-500	31	Middellangetermijn-risico door netcongestie.
TEO	< 5 jaar	30 jaar	50-500	27	
E-boiler	< 5 jaar	20 jaar	50-500	104	
TED	< 5 jaar	30 jaar	50-500	25	

A.2 Warmtebronnen cluster 2: Tilburg-Zuid

Benodigd vermogen basislast	29 MW
Benodigd totaal vermogen	95 MW
Benodigde warmtevraag	0,57 PJ

Tabel 16 - Technische aspecten warmtebronnen LT-net Tilburg-Zuid

Brontype	Bronnaam	Basis-/pieklast	Vermogen (MW)	Beschikbare warmte (TJ/jaar)
LT-restwarmte industrie LT	Ireen Wüst-ijsbaan	Pieklast	12,0	172,8
	Dutch Grill Specialties BV Tilburg	Pieklast	3,0	43,2
	XPO Logistics	Pieklast	3,0	43,2
	Bosch Transmission Technology BV	Pieklast	1,0	14,4
TED LT met wko	TED	Basislast	1,5	13,4
TEO LT met wko	Surfplas (Katsbogten)	Basislast	22,6	203,2
Zonthermie zonder opslag LT	Baars (De warmte wordt getransporteerd uit buitengebied zuidwest)	Basislast	10,7	45,6
Totaal basislast			35	262
Totaal pieklast			22	317
Totaal			49	579

Tabel 17 - Financiële aspecten warmtebronnen LT-net Tilburg Zuid

Brontype	Bronnaam	CO (€/GJ)	CAPEX (€)	OPEX (€/j)
LT-restwarmte industrie LT	Ireen Wüst-ijsbaan	3,4	€ 4.500.000	€ 38.000
	Dutch Grill Specialties BV Tilburg	4,1	€ 1.400.000	€ 12.000
	XPO Logistics	4,1	€ 1.400.000	€ 12.000
	Bosch Transmission Technology BV	5,4	€ 700.000	€ 5.000
TED LT met wko	TED	39,9	€ 18.400.000	€ 571.000
TEO LT met wko	Surfplas (Katsbogten)	42,7	€ 37.500.000	€ 1.147.000
Zonthermie met opslag LT	Baars	27,1	€ 13.400.000	€ 68.000

Tabel 18 - Overige aspecten warmtebronnen LT-net Tilburg-Zuid

Bron	Realisatie	Levensduur	Benodigde ruimte (m²)	Duurzaamheid (kg CO ₂ /GJ)	Opmerking
LT-restwarmte industrie LT	< 5 jaar	20 jaar	50-500	1	Warmtepotentieel onzeker op lange termijn.
TED LT met wko	< 5 jaar	30 jaar	50-500	27	Mogelijk netcongestieproblemen op de korte-/middellange termijn.
TEO LT met wko	< 5 jaar	30 jaar	50-500	25	
Zonthermie zonder opslag LT	< 5 jaar	30 jaar	10.000-50.000	2	Een relatief groot warmtenet is nodig (in combinatie met dag-/nachtbuffers)

A.3 Warmtebronnen cluster 3: Binnen de ringbanen

Benodigd vermogen basislast	32 MW
Benodigd totaal vermogen	106 MW
Benodigde warmtevraag	0,59 PJ

Tabel 19 - Technische aspecten warmtebronnen MT-net binnen de ringbanen

Brontype	Bronnaam	Basis-/pieklast	Vermogen (MW)	Beschikbare warmte (TJ/jaar)
LT-restwarmte industrie	Netmatch BV	Pieklast	3,8	55
	Vion Tilburg BV	Pieklast	3,8	55
Gemalen MT	Gemaal Moerenburg*	Basislast	1,4	21
Datacenter MT	Datacentrum	Basislast	0,4	6
Ondiepe geothermie met MT-warmtepomp	0-2,5 MW	Basislast	39	1.124
TED MT met wko	TED	Basislast	4,1	37
TEO MT met wko	Piushaven	Basislast	11,0	99
Totaal basislast			56	1.287
Totaal pieklast			8	110
Totaal			–	1.397

* De gegevens van deze bron zijn gebaseerd op de GIS-kaart van het bronnenregister.

Tabel 20 - Financiële aspecten warmtebronnen MT-net binnen de ringbanen

Bron	Bronnaam	TCO (€/GJ)	CAPEX (€)	OPEX (€/j)
LT-restwarmte industrie	Netmatch BV	30,9	€ 4.300.000	€ 102.000
	Vion Tilburg BV	30,9	€ 4.300.000	€ 102.000
Gemalen MT	Gemaal Moerenburg	55	€ 4.500.000	€ 109.000
Datacenter MT	Datacentrum	47,2	€ 1.200.000	€ 21.000
Ondiepe geothermie met MT-warmtepomp	0-2,5 MW	48,3	€ 228.600.000	€ 9.436.000
TED MT met wko	TED	52,0	€ 20.300.000	€ 570.000
TEO MT met wko	Piushaven	55,3	€ 18.400.000	€ 630.000

Tabel 21 - Overige aspecten warmtebronnen MT-net binnen de ringbanen

Bron	Realisatie	Levensduur	Benodigde ruimte (m²)	Duurzaamheid (kg CO ₂ /GJ)	Opmerking
LT-restwarmte industrie	< 5 jaar	20 jaar	50-500	29	Warmtepotentieel onzeker op lange termijn.
Gemalen MT	< 5 jaar	30 jaar	50-500	40	Mogelijk netcongestie problemen op de korte-/middellange termijn.
Datacenter MT	< 5 jaar	20 jaar	20-50	35	Warmtepotentieel onzeker op lange termijn.

Bron	Realisatie	Levensduur	Benodigde ruimte (m ²)	Duurzaamheid (kg CO ₂ /GJ)	Opmerking
Ondiepe geothermie met MT-warmtepomp	5-10 jaar	30 jaar	500-5.000	37	Mogelijk netcongestie problemen op de korte/middellange termijn.
TED MT met wko	< 5 jaar	30 jaar	50-500	27	
TEO MT met wko	< 5 jaar	30 jaar	50-500	43	

Literatuurlijst

- CE Delft. (2024). *CO2-monitor Tilburg Fase 2*.
- Enexis. (2024). *Investeringsplan 2024*.
- Gemeente Tilburg. (2021). *Naar het nieuwe verwarmen in Tilburg: 1e Transitievisie Warmte*.
- Innoforte. (2024). *Rapportage bronnenregister en bronnenstrategie*.
- Nationaal Programma RES. (2023). *Factsheet Warmte - Achtergrondinformatie per warmtebron*.
- Netbeheer Nederland. (2024). *Capaciteitskaart elektriciteitsnet*. Netbeheer Nederland.
<https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>
- Over Morgen. (2023). *Toekomst Amernet, Beschikbare bronnen vanaf 2027*.
- TenneT. (2024). *Investeringsplan Net op land 2024-2033*.

