

Warmtebronnenstrategie voor Tilburg

Tilburgs Energiesysteem van de Toekomst





CE Delft

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

- 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.
- 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 techniekkeuzes in het toekomstbeeld. Binnen deze vier gebieden hebben we verschillende warmteclusters gecreëerd, gebaseerd op drie typen warmtenetten:
  - (uitbreiding van) het regionaal warmtenet;
  - lokaal lagetemperatuurnet (LT-net), zover mogelijk voor alle nieuwe aansluitingen;
  - lokaal middentemperatuurnet (MT-net) voor de gebouwen die niet op LT-niveau geïsoleerd kunnen worden door te hoge maatschappelijke en eindgebruikerskosten.
- 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.
- 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.
- 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.
- Beoogde warmtenetaansluitingen van de bedrijventerreinen zijn meegenomen in de warmtevraag van bijbehorende warmteclusters.
- Het elektriciteitsnet wordt zo laag mogelijk belast door minimale opwaardering en inzet van warmtebuffers.
- 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 warmtenet[1]

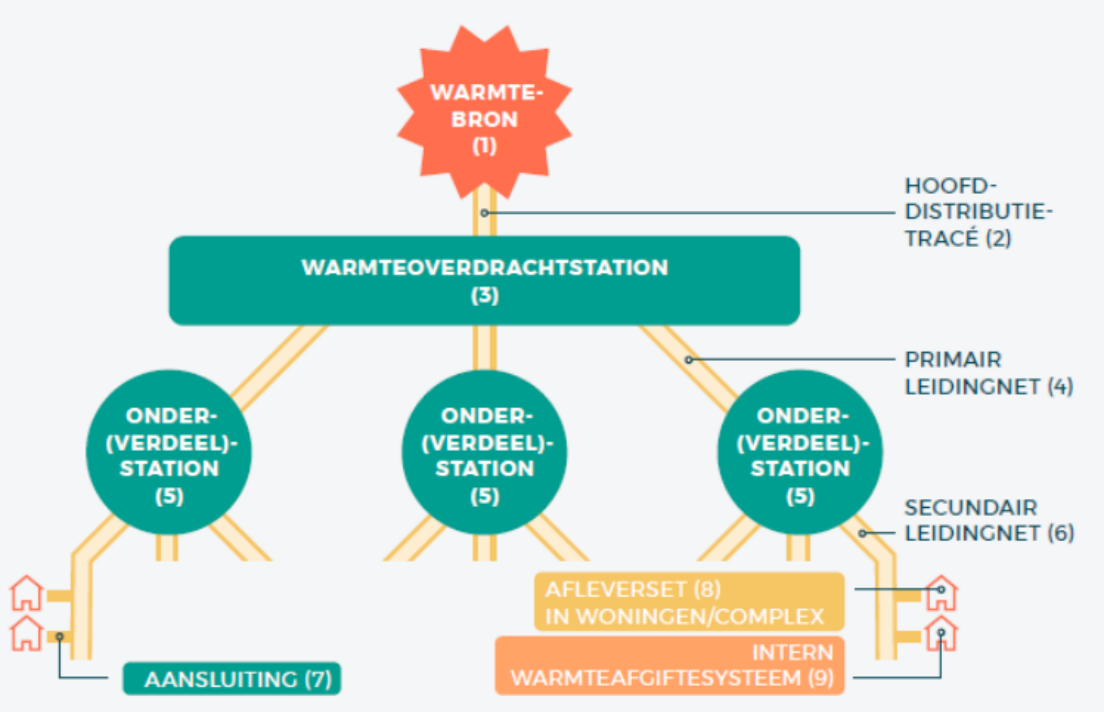
- Bronnen die ingevoed worden op het hoofdwarmtedistributienet moeten 110-120°C kunnen leveren in het stookseizoen en 90°C buiten het stookseizoen.
- Bronnen die worden aangekoppeld op een onderstation, moeten minimaal een temperatuur leveren van 70°C. Hierbij zijn de wettelijke eisen voor de temperatuur van tapwater bepalend.
- 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.
- 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.
- 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 toekomstig energiesysteem van Tilburg.

2.3 Warmtenetconfiguraties en isolatiemaatregelen

Zoals weergeven 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 90ºC. In de TVW wordt de ambitie vermeld om in de toekomst het regionaal warmtenet aan te passen tot een middentemperatuurwarmtenet, waarbij warmte van max 75ºC wordt geleverd voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.

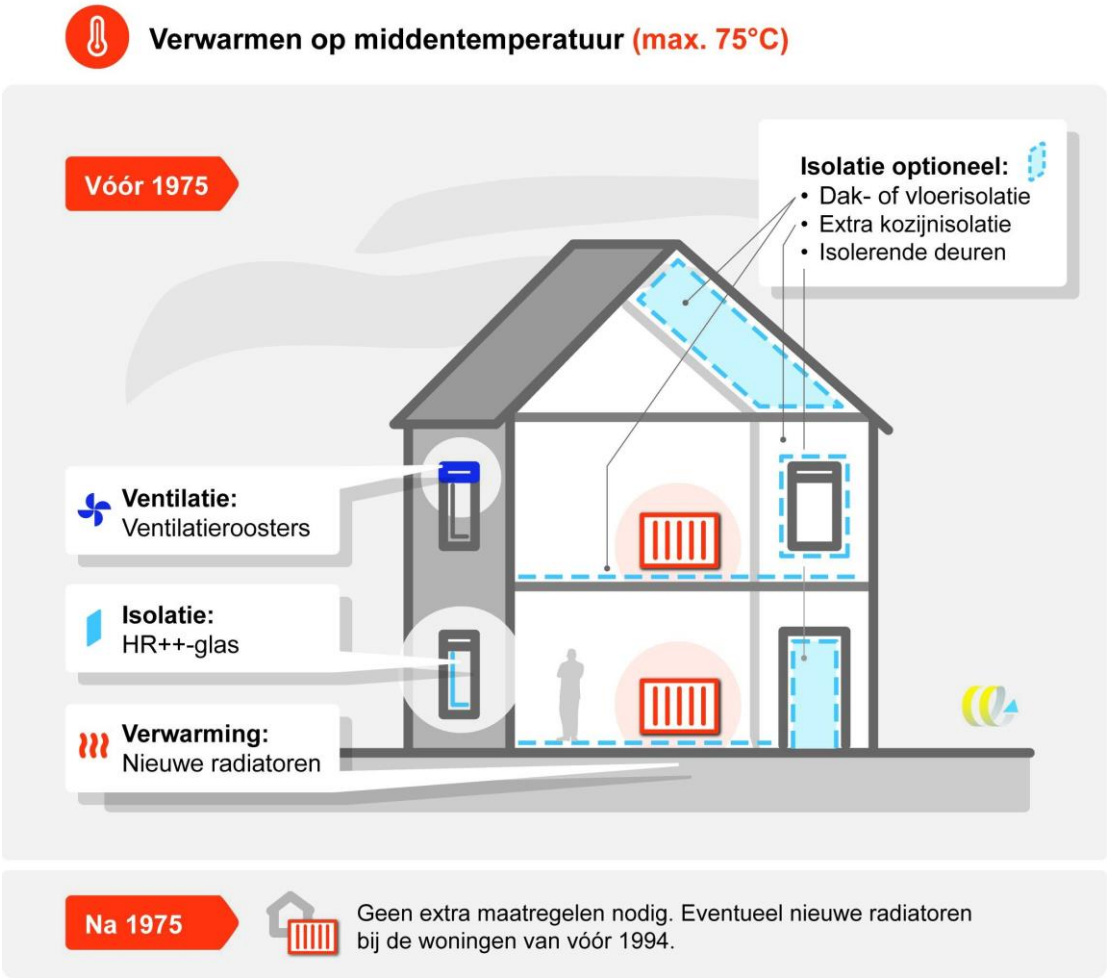
Tabel 1 - Temperatuurniveaus van verschillende typen warmtenetten

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

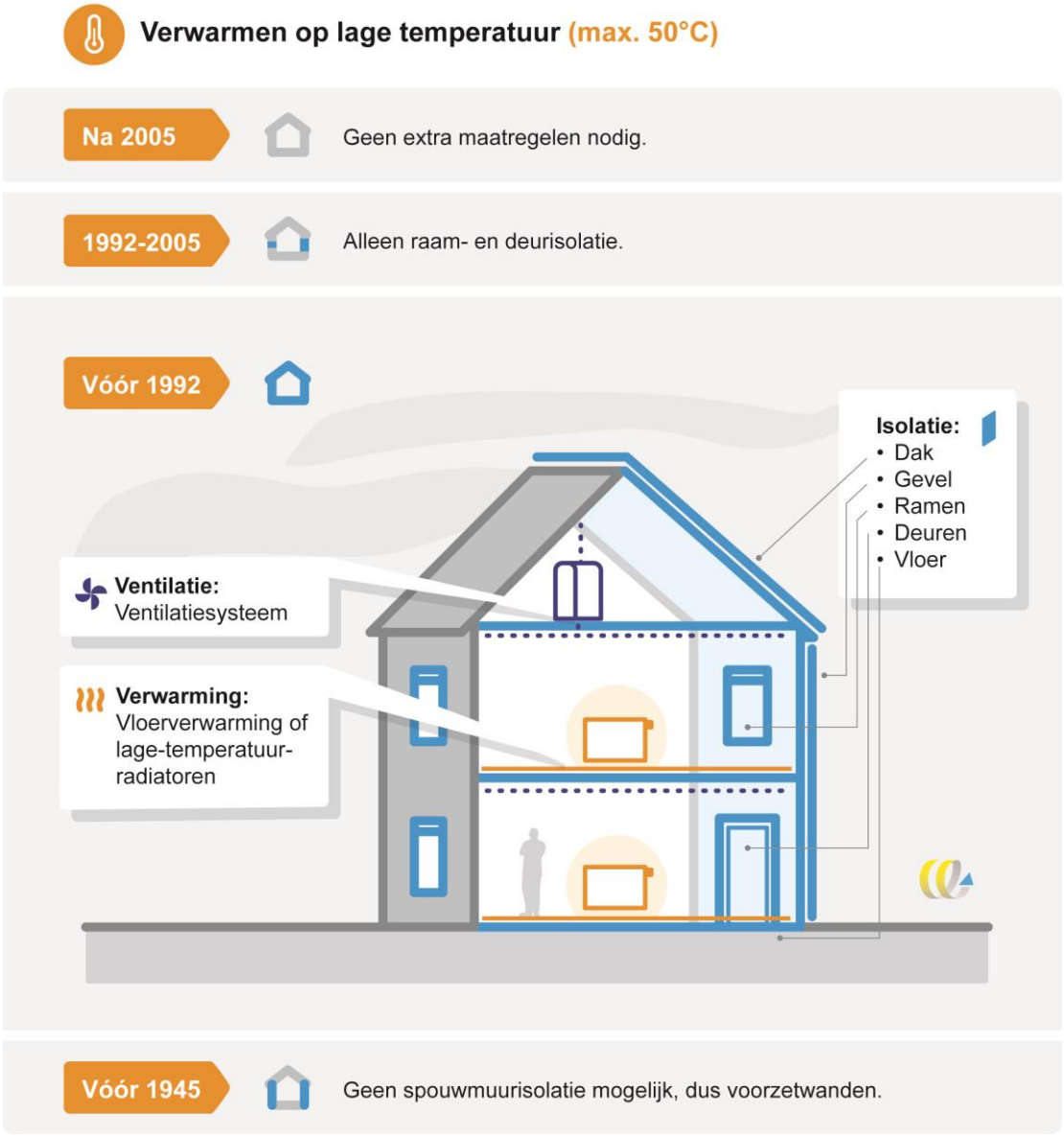
Bron: Warmtenet | NPLW

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 50ºC) te worden



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**
   - 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.
   - In gebieden met veel relatief oudere en monumentale gebouwen hanteren we een MT-isolatieniveau, 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.
   - Als de uitbreiding van het bestaande warmtenet niet doorgaat, moeten er lokale LT- of MT-warmtenetten worden aangelegd.
2. **Lokaal MT-warmtenet**
   - In de gebieden met veel relatief oudere en monumentale gebouwen hanteren we een MT-isolatieniveau, 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 eind-gebruikerskosten te optimaliseren. Hierdoor blijft de warmtetransitieopgave betaalbaar voor de bewoners van Tilburg.
   - 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.
   - 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.
   - 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**
   - 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.
   - Nieuwbouw fungeert als startmotor voor LT-warmtenetten, afhankelijk van de realisatietijd.
   - 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:

- 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.
- 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 warmtenet of een nieuw lokaal warmtenet betreft, bij de buurten waar de bron zelf is gevestigd (meestal in dezelfde buurt of in de nabijheid).
- 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.
- We kijken ook naar de geschiktheid van de bronnen voor pieklast of basislast:
  - 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.
  - 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.
  - 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.

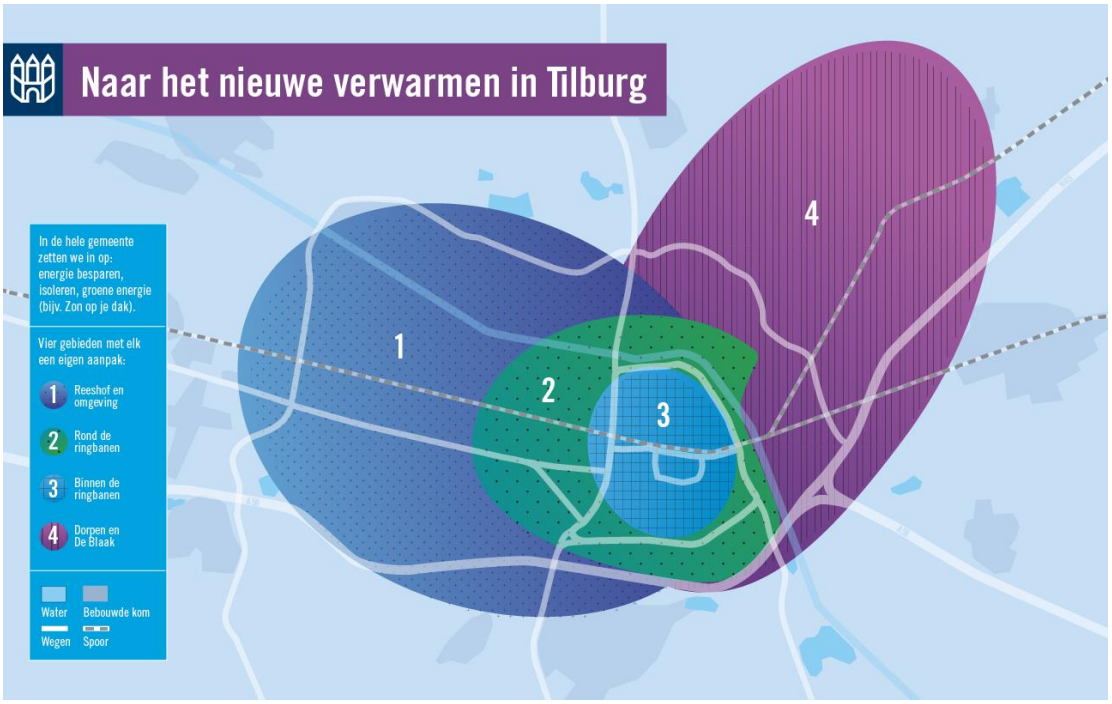
3 Warmtestrategie

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 bouwjaren 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 voorkeurstechnieken vast waarmee de aanwezige woningen en utiliteitsgebouwen verduurzaamd kunnen worden. Bij de selectie van deze voorkeurstechnieken is onder andere rekening gehouden met het CO_2-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 CO_2-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 toebedeling 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.

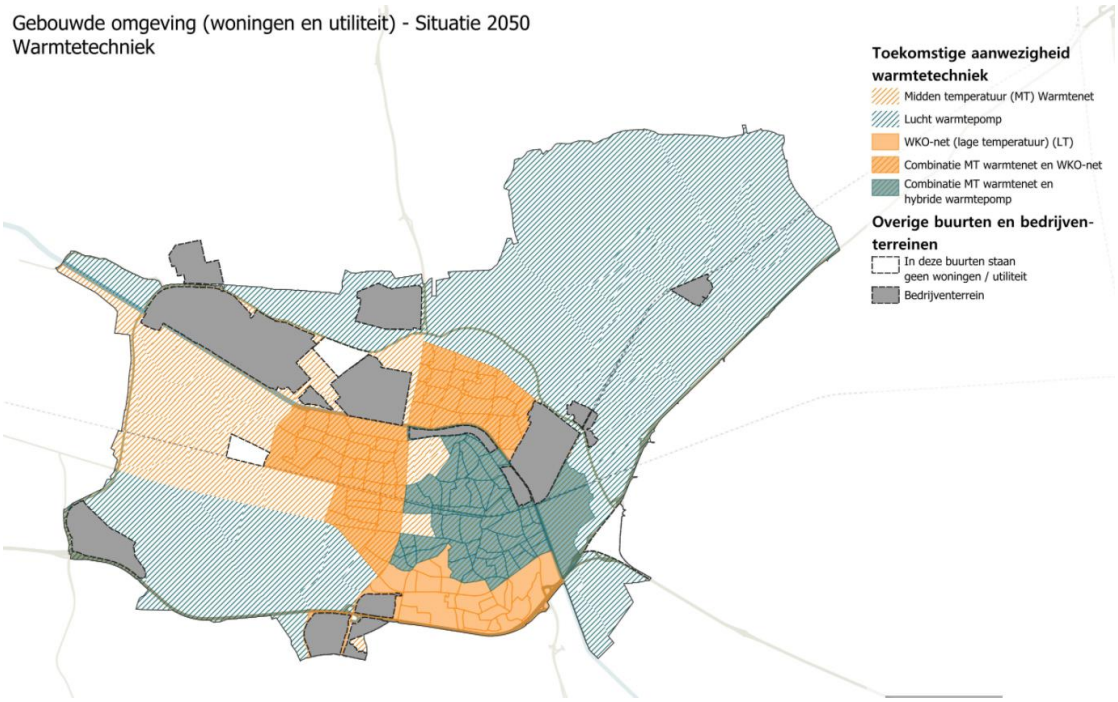
Tabel 3 - Aanwezige warmtenetten per gebied

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 – Vossenberg	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 Vossenberg 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 bijgebouwd. 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
Pieklast (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 warmte-pomp 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 mis-match 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 elektri-citeitsprijs, 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 water-stof 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	Vooral 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.

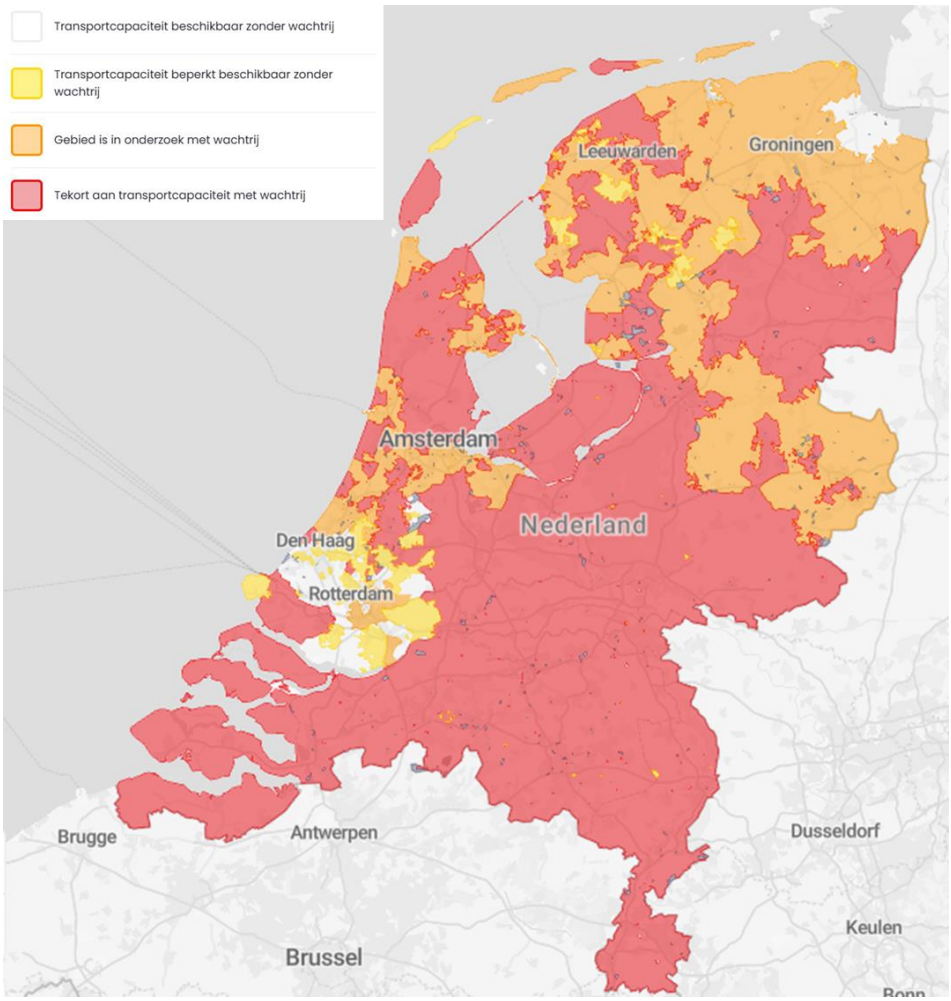
We nemen aan dat de restwarmte uit de industrie enkel ingezet wordt als pieklastbron. Dit is een conservatieve inschatting, een aantal van deze bedrijven zal heel het jaar door restwarmte produceren en daarmee in de basislast van de warmteclusters kunnen voldoen. De dynamieken van de beschikbare restwarmtecapaciteit 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 transport-capaciteit. 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 pieklast 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 pieklast 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 warmtetekort 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 klankborgroep 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 retour-leiding	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-ijsbaan
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.

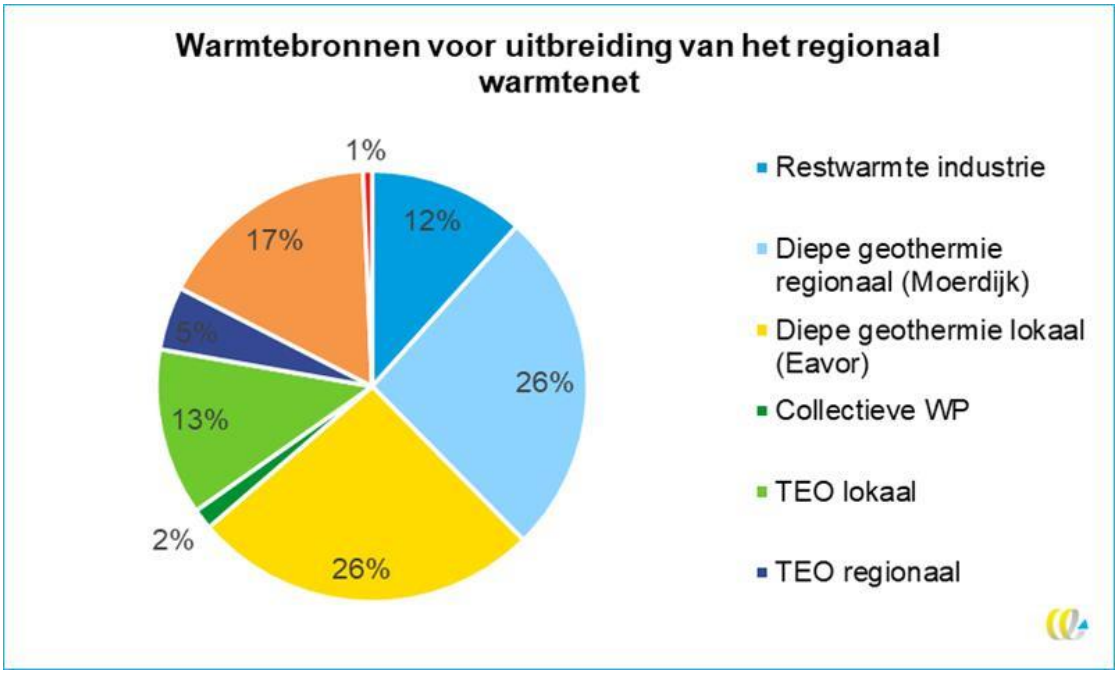
De restwarmtebronnen van de bedrijventerreinen (70 MW) zijn lang niet voldoende om de bijna 350 MW aan pieklast te dekken. Ook de e-boiler in de regio Geertruidenberg en Moerdijk is niet in staat om het piekvermogen tot het gewenste niveau aan te vullen.

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.

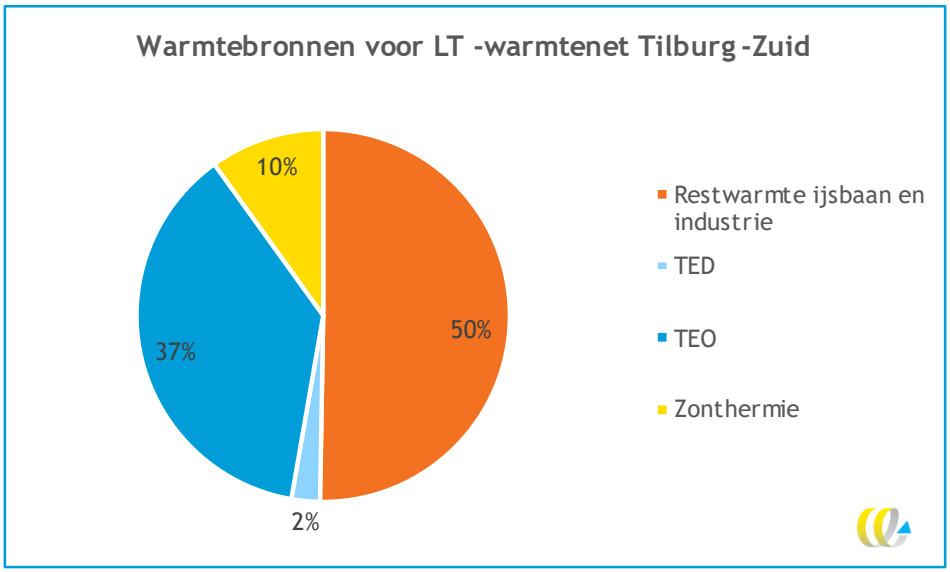
Zoals voorgesteld bij de uitbreiding van het regionaal warmtenet in Tilburg, is seizoensopslag van warmte ook in Tilburg-Zuid een interessant alternatief om de piekvraag in te vullen. Maar alsnog moeten er andere pieklastbronnen in de omgeving worden ontwikkeld, zoals e-boilers, of de LT-warmte van de 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 biomassareststromen 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.

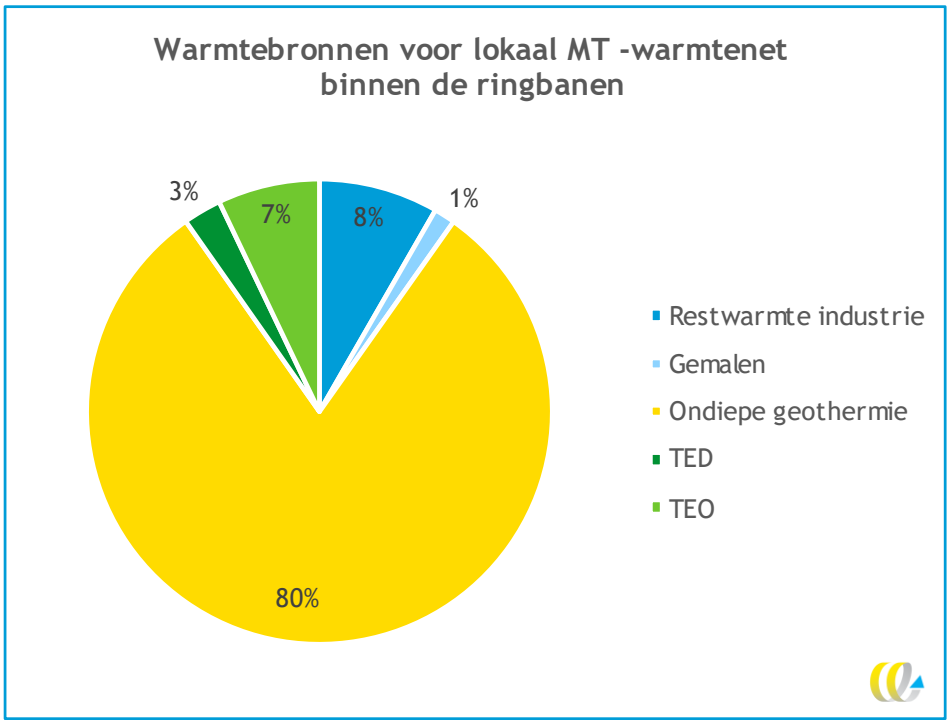
Ten slotte kan met de beschikbare pieklastcapaciteit van 8 MW in de binnenstad een lokaal warmtenet worden gerealiseerd voor ongeveer 1.750 woningequivalenten (weq). Dit is echter een klein deel in vergelijking met de 25.000 weq die aangesloten moeten worden op een MT-warmtenet. De resterende weq's kunnen, 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 ruimte-beslag 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 m² 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 m² 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 twee 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 m^2. 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

- Op basis van het bronnenregister is er volop potentieel voor de ontwikkeling van basislastbronnen in Tilburg.
- Pieklastbronnen zijn daarentegen vaak schaarser. De beschikbare pieklastbronnen zijn voornamelijk afhankelijk van de toekomstonzekere restwarmte uit de industrie.
- 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.
- 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.
- Restwarmte uit de industrie vormt een belangrijk onderdeel van de bronnenstrategie, maar de beschikbaarheid hiervan is onzeker door efficiëntieverbeteringen en de elektrificatie van bedrijfsprocessen.
- 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.
- Groengas speelt een rol in de binnenstad van Tilburg en in de buitengebieden, vooral voor hybridewarmtepompen, 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

- 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.
- De groei van het warmtenet zal modulair en per cluster plaatsvinden, waardoor het zich kan ontwikkelen tot het Tilburgse warmtenet van de toekomst.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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. 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
	NBrlX	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
TEO MT met wko	Wilhelminakanaal	Basislast	108,7	978
	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
	NBrlX	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 (m^2)	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	TCO (€/GJ)	CAPEX (€)	OPEX (€/jaar)
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 (m^2)	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 netcongestie-problemen 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 (€/jaar)
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 (m^2)	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	Mogelijk netcongestie problemen op de korte/middellange termijn

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*.