

Strategieën voor opschalen

Verkenning naar toepassing designtoolkit bij uitwerking transitiepaden

WarmingUP, project 6C

19 december 2022

Strategieën voor opschalen Opschaling van collectieve warmtesystemen

Auteurs

Deltares

Rutger van der Brugge

Sam van der Zwan

Ronald Roosjen



Met medewerking van:

TNO

Marijke Menkveld (TNO)

Edwin Mathijssen



Saxion Hogeschool

Annemarije Kooijman

Sandra Wijnant



Gemeente Nijmegen

Paul Erades



19 december 2022

Reviewer: Bonne van der Veen

Dit project is uitgevoerd als onderdeel van het Innovatieplan WarmingUP. Dit is mede mogelijk gemaakt door subsidie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in het kader van de subsidieregeling Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP), bij RVO bekend onder projectnummer TEUE819001. WarmingUP geeft invulling aan MMIP-4 – Duurzame warmte en koude in gebouwde omgeving en levert daarmee een bijdrage aan Missie B – Een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050.

Projectnummer

11205163

Keywords

Transitie, aardgasvrij, opschaling

Jaar van publicatie

2022

Meer informatie

Rutger van der Brugge

T 06 10 40 63 15

E Rutger.vanderBrugge@deltares.nl

12/2022 ©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Over WarmingUP

In het collectief WarmingUP ontwikkelen we met achtendertig deelnemers toepasbare kennis, zodat collectieve warmtesystemen betrouwbaar, duurzaam en betaalbaar zijn. Collectieve warmtesystemen in combinatie met duurzame bronnen spelen een grote rol bij het versnellen van de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Grootschalige inzet van warmtesystemen wordt gezien als een belangrijke oplossing om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te halen en de CO₂-emissies te reduceren. Systeem- en procesinnovaties zijn nodig voor een efficiënter ontwerp, aanleg en beheer en een goed samenspel tussen de partijen. WarmingUP wil deze innovaties in samenhang en in hoger tempo ontwikkelen. Het collectief richt zich daarnaast op de ontwikkeling van nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen én nieuwe werkwijzen om maatschappelijk draagvlak te realiseren.

Over project 6C - Gedragen keuzes en slimme opschaling

Project 6C onderzoekt de mogelijke routekaart naar een aardgasvrije bebouwde omgeving en de overwegingen en onderbouwingen die daarbij horen. Er wordt onderzocht hoe gemeenten, warmtebedrijven en andere partijen op dit moment omgaan met de opschaling van collectieve warmtesystemen en welke vervolgstappen op de korte en lange termijn nodig zijn. In het onderzoek worden verschillende aspecten uitgewerkt met betrekking tot de technische en ruimtelijke implicaties en de sturingsmogelijkheden van het transitieproces.

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Inleiding	9
1.1. De opgave	9
1.2 Doel	9
1.3. Aanpak	10
1.4 Leeswijzer	11
2. Mogelijke strategieën voor opschaling	12
2.1 Mogelijke strategieën	12
2.2 Strategie 1. Aanleg kleinschalige warmtesystemen	13
2.3 Strategie 2. Aanleg grootschalige warmtesystemen	15
2.4 Strategie 3 Groeimodel warmtesysteem	17
2.5 Strategie 4. Duurzame warmte invoeden in bestaande warmtesystemen	19
2.6 Samenvatting	20
3. Illustratieve casus	21
3.1 Aanpak	21
3.2 Bepalen warmtevraag en warmteaanbod	24
3.3 Drie ontwerpen van eindbeelden	27
3.3 Transitiepaden	32
3.4 Onzekerheden	40
3.5 Conclusie	43
4. Reflectie en doorontwikkeling	44
4.1 Onderbouwing van warmte-opties per buurt/kavel	44
4.2 Draagvlak en participatie (ontwikkeling van de warmtevraag)	46
4.3. Visievorming op ruimtelijke (ondergrondse) impact en ruimtelijk integratie	47
4.4 Invulling geven aan rollen en beleidsinstrumenten	48
4.5. Ontwikkeling van een geïntegreerde gemeentelijke routekaart	48
5. Conclusies	49
Bijlage 1 Ondersteunende tools	53

Samenvatting

Het beleidsprogramma Versnelling verduurzaming Gebouwde Omgeving (BZK, 2022) stelt zich ten doel tot en met 2030 zo'n 500.000 nieuwe aansluitingen op een warmtenet in de bestaande bouw te realiseren. Dit vereist een enorme opschaling van collectieve warmtesystemen. Gemeenten hebben hun strategieën voor de warmtetransitie vastgelegd in een Transitievisie Warmte. Daarin hebben zij wijken aangewezen die als eerste voor 2030 aardgasvrij worden gemaakt. Vervolgens moeten gemeenten dit uitwerken in wijkuitvoeringsplannen en komen dan voor strategische keuzes te staan. Als gekozen wordt voor collectieve warmtesystemen, hoe groot moeten warmtekavels zijn en in welke volgorde worden ze ontwikkeld? Welke bronnen worden gebruikt voor warmtelevering in welke buurt?

Het doel van deze verkenning is daarom meer inzicht te krijgen in a) welke strategieën mogelijk zijn om de opschaling van collectieve warmtesystemen vorm te geven, en b) een methode te ontwikkelen waarmee de strategieën met behulp van de WarmingUp designtoolkit uitgewerkt kunnen worden tot concrete transitiepaden, ter ondersteuning van het gemeentelijk transitiebeleid. Daarvoor is het van belang om de lange termijn strategie te doordenken. Belangrijke onderdelen daarvan zijn: de richting verhelderen ('wat' willen we?) en het transitiepad verhelderen ('hoe' komen we daar?).

In deze studie wordt antwoord gegeven op de volgende vier onderzoeksvragen:

1. Welke strategieën voor opschaling zijn mogelijk en wat zijn daar de voor- en nadelen van?
2. Hoe zou zo'n aanpak eruit kunnen zien?
3. Kunnen we deze strategieën uitwerken met behulp van de warming-up designtoolkit?
4. Op welke vlakken moeten we de designtool verder doorontwikkelen om het (gemeentelijk) transitiebeleid te ondersteunen?

In de eerste stap zijn strategieën geïdentificeerd waarmee de toepassing van collectieve warmtesystemen opgeschaald kan worden. Vervolgens is een verkenning uitgevoerd naar de wijze waarop de WarmingUP designtoolkit gebruikt kan worden om die strategieën uit te werken tot concrete *transitiepaden*. In deze verkenning staat de methode-ontwikkeling centraal. Aan de hand van een casus in Zuidwest Nijmegen wordt de aanpak geïllustreerd en zijn drie strategieën nader uitgewerkt. Vervolgens is op de methode gereflecteerd en aangegeven op welke vlakken de methode doorontwikkeld zou moeten worden.

Het gemeentelijk transitiebeleid is in een volgende fase terecht gekomen, waarin strategieën voor de opschaling van collectieve warmtesystemen nader uitgewerkt moeten worden. Er is veel aandacht voor de korte termijn en lopende warmteprojecten. Een uitwerking van het gemeentelijk transitiebeleid in richtinggevende toekomstbeelden en transitiepaden vormt een gezond tegenwicht. Het dwingt een gemeente om met een lange termijn perspectief op systeemniveau naar de warmtetransitie te kijken.

Naar aanleiding van deze verkenning worden de volgende antwoorden op de onderzoeksvragen gegeven.

1. Welke strategieën voor opschaling zijn mogelijk en wat zijn daar de voor- en nadelen van?

Er zijn verschillende strategieën mogelijk om de toepassing van collectieve warmtesystemen te laten opschalen. In deze studie zijn vier strategieën benoemd. Binnen deze vier algemene strategieën zijn verschillende varianten te herkennen. Elke strategie kent voor- en nadelen. Afhankelijk van de lokale situatie zal de gemeente een keuze moeten maken welke strategie het beste past.

- Wordt een opschalingsstrategie gevolgd die gericht is op kleinschalige warmtesystemen, dan heeft dat als voordeel dat het participatieproces met bewoners overzichtelijk is, maar de kosten hoger kunnen uitvallen door gebrek aan schaalvoordelen en piekvoorzieningen. Bovendien moet een gemeente met veel partijen om de tafel en dat vraagt om personele capaciteit.
- Wordt een strategie gevolgd die gericht is op grootschalige warmtesystemen, dan zijn die schaalvoordelen er wel, maar is bewonersparticipatie lastiger te organiseren.
- Als opschaling plaatsvindt door een (bestaand) warmtenet langzaam te laten groeien, dan is een voordeel dat er al een organisatie staat (warmtebedrijf). Nadeel zou kunnen zijn dat de bewoners geen vrije keuze hebben met betrekking tot de warmtebron en aanbieder. Voordeel van het aanleggen van tijdelijke warmtesystemen is dat er niet gewacht hoeft te worden op de ontwikkeling van de definitieve bron. Nadeel daarvan is de onzekerheid over de bronontwikkeling.
- Tot slot wordt de strategie van verduurzaming van bestaande warmtenetten apart genoemd. Dit geldt voor warmtesystemen die nu gevoed worden met aardgas en die overstappen op duurzame warmtebronnen.

2. Hoe zou zo'n aanpak eruit kunnen zien?

Het ontwikkelen van strategieën voor de opschaling van collectieve warmtesystemen als onderdeel van de warmtetransitie omvat enerzijds het ontwikkelen van mogelijke toekomstbeelden voor de warmte-infrastructuur, anderzijds de analyse van transitiepaden die daar naartoe leiden. Om een stap verder te komen dan de huidige generatie Transitievisies Warmte, moeten daarvoor concrete (concept)ontwerpen van de warmte-infrastructuur ontwikkeld worden. De onderliggende keuzes en de consequenties daarvan worden op die manier expliciet gemaakt. Het gaat daarbij om keuzes over omvang en grenzen van de warmtekavels, het aantal warmtekavels, de typen warmtesystemen, de warmtebronnen die daarvoor beschikbaar zijn en de volgorde waarin de warmtekavels ontwikkeld worden. Hier horen een aantal aandachtspunten bij:

- De ontwerpen voor de toekomstige warmte-infrastructuur hoeven niet te gedetailleerd te zijn, maar wel genoeg detail hebben om tot betere kostenschattingen te komen dan nu het geval is.
- Voor een goede onderbouwing dienen verschillende ontwerpvarianten naast elkaar te worden gelegd en met elkaar te worden vergeleken.
- Het is van belang om vanuit systeemniveau (schaalniveau van de gemeente, regio) naar de samenhang te kijken. Hier aan te grondslag ligt een optimalisatievraagstuk met betrekking tot de bronnenstrategie, kavelverdeling en maatschappelijke kosten.
- De uitwerking in transitiepaden biedt inzicht in de haalbaarheid ten aanzien van doelstellingen binnen de termijn en biedt aanknopingspunten voor maatregelen om te versnellen.
- Op basis van de ontwerp kan ook de ruimtelijke inpassingsanalyse gemaakt worden.

3. Kunnen we deze strategieën uitwerken met behulp van de Warming-Up designtoolkit?

De designtoolkit is van oorsprong bedoeld voor ondersteuning van het technisch ontwerp van warmtenetten. In deze verkenning is de design toolkit voor een ander doel toegepast, namelijk voor het uitwerken van strategieën voor de opschaling van warmtenetten in transitiepaden. Op basis van deze verkenning laten we zien dat de designtool kan ondersteunen bij de vertaalslag van de opschalingsstrategieën naar mogelijke toekomstontwerpen van het warmtenet en transitiepaden. Daarbij komen strategisch vraagstukken van het gemeentelijk transitiebeleid aan de orde, zoals de toekomstige warmte-infrastructuur, bronnenstrategie, kavelindeling en volgorde. Door deze afwegingen expliciet in beeld te brengen en af te wegen kan deze aanpak een gemeente ondersteunen bij het ontwikkelen van haar transitiebeleid. Op basis van deze verkenning is inzicht verkregen in de wijze waarop de designtoolkit ingezet kan worden ter ondersteuning bij de strategische vraagstukken van de gemeente. Om deze vraagstukken goed te adresseren is doorontwikkeling van de aanpak en de tool nodig. Daarnaast is data op hogere resolutie nodig om ook kleinschalige collectieve warmtesystemen mee te kunnen nemen in het ontwerp.

4. Op welke vlakken moeten we aanpak en de designtool verder doorontwikkelen om het (gemeentelijk) transitiebeleid te ondersteunen?

Om de toolkit ook geschikt te maken voor deze toepassing doen we de volgende aanbevelingen.

- *Vereenvoudiging en gebruiksvriendelijk*
De aansturing van de toolkit vraagt om gedetailleerde invoer en technisch expertise. Om de toolkit voor deze toepassing geschikt te maken wordt aanbevolen om vereenvoudigingen door te voeren, zodat ook minder (technisch) ingevoerde gebruikers de tool kunnen gebruiken.
- *Bouw de tijdsdimensie in, door middel van een analysetool voor transitiepaden*
Om de opschalingsstrategieën te vertalen naar transitiepaden moet de factor tijd worden ingebracht. Welke stappen worden wanneer genomen? Verdere ontwikkeling van een analysetool voor transitiepaden is daarvoor nodig. Onderdelen daarvan zijn te automatiseren en zouden in de designtool geïntegreerd kunnen worden.
- *Extra functionaliteiten*
Een aantal extra functionaliteiten zouden handig zijn voor deze toepassing. Denk aan het intekenen van kavelgrenzen (bijvoorbeeld in de mapeditor) en het (automatisch) bepalen (schatten) van de (piek)warmtevraag. Hiervoor is wel dat warmtevraagdata nodig op hogere resolutie. Een naadloze integratie van de warmteprofielengenerator zou daarbij behulpzaam zijn. De functionaliteit om automatisch leidingen van de bron naar de vraaglocatie in te tekenen kan worden ingebouwd, zodat dit niet handmatig gedaan hoeft te worden.
- *Uitwerking voor een bestaande casus*
De verkenning die hier is uitgevoerd was slechts een eerste stap. Om beter grip te krijgen op de consequenties van keuzes over warmtebronnen, kavelindelingen, type systemen en transitiepaden is vervolgonderzoek nodig. Er wordt daarom aanbevolen om de inzichten die in deze casus naar voren gekomen zijn verder uit te werken. Een van de mogelijkheden daarvoor is het project Warmteling in de regio Rotterdam Den Haag, waar het ontwerp van het warmtenet en de diverse transitievisies warmte met elkaar geïntegreerd moeten gaan worden. Ook het groeifondsproject Nieuwe Warmte Nu! is daar geschikt voor.

- *Planning, monitoring en adaptatie*

Tot slot geven we hier aan dat met deze extra aanpassingen de designtool naast ontwerpinstrument ook als monitor of transitieplanner gebruikt zou kunnen worden. Voor een gemeente zou (een deel van) het toekomstbeeld van de warmte-infrastructuur inclusief het transitiepad daar naartoe gepland kunnen worden. Dit kan een structurerend kader bieden voor de wijkuitvoeringsplannen en voor lopende en nieuwe warmteprojecten. Aan de hand van de gerealiseerde warmteprojecten wordt de voortgang op het transitiepad gemonitord. Nieuwe inzichten, door lessen uit de warmteprojecten of andere maatschappelijke ontwikkelingen, kunnen in het (resterende) transitiepad worden verwerkt. Het gebruik van de tool kan op deze manier adaptief transitiebeleid ondersteunen.

Over Warming Up

In het collectief WarmingUP ontwikkelen we met achtendertig deelnemers toepasbare kennis, zodat collectieve warmtesystemen betrouwbaar, duurzaam en betaalbaar zijn. Collectieve warmtesystemen in combinatie met duurzame bronnen spelen een grote rol bij het versnellen van de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Grootschalige inzet van warmtesystemen wordt gezien als een belangrijke oplossing om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te halen en de CO₂-emissies te reduceren. Systeem- en procesinnovaties zijn nodig voor een efficiënter ontwerp, aanleg en beheer, en een goed samenspel tussen de partijen.

Over project 6C - Gedragen keuzes en slimme opschaling

Project 6C onderzoekt de mogelijke routekaart naar een aardgasvrije bebouwde omgeving en de overwegingen en onderbouwingen die daarbij horen. Er wordt onderzocht hoe gemeenten, warmtebedrijven en andere partijen op dit moment omgaan met de opschaling van collectieve warmtesystemen en welke vervolgstappen op de korte en lange termijn nodig zijn. onderzoek gedaan naar de technische en ruimtelijke implicaties en de sturingsmogelijkheden van het transitieproces. Kennisproducten in dit project zijn:

- *Transitie naar Aardgasvrij. Vraagstukken bij de opschaling van collectieve warmtesystemen (rapport)*
- *Kennisagenda Governance van opschaling Collectieve warmtesystemen (rapport)*
- *Instrumentarium inpassing collectieve warmtesystemen in de ondergrond (memo)*
- *Handvatten voor de inpassing van warmtenetten in de ondergrond (rapport)*
- *Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening. Inventarisatie van ondersteunende instrumenten (memo)*
- *Strategieën voor opschalen. Verkenning naar toepassing designtoolkit bij uitwerking transitiepaden (rapport)*

1. Inleiding

1.1. De opgave

Het beleidsprogramma Versnelling verduurzaming Gebouwde Omgeving (BZK, 2022)¹ heeft als doelstelling dat tot en met 2030 zo'n 500.000 nieuwe aansluitingen op een warmtenet in de bestaande bouw te realiseren. Dit vereist een enorme opschaling van warmtenetaansluitingen in bestaande woonwijken.

Op dit moment is 9.1% van de woningvoorraad (dus exclusief alle kantoren, publieke gebouwen etc. die vallen onder utiliteitsbouw) volledig aardgasvrij verwarmd, waarvan het merendeel stadsverwarming heeft en 2,4% 'all-electric' is. Gemeenten hebben hun strategieën voor de warmtetransitie vastgelegd in een Transitievisie Warmte. Het totaalbeeld op basis van deze stukken is dat gemeenten 660.000 woningen willen isoleren en 820.000 woningen aardgasvrij willen maken. De benodigde opschaling van collectieve warmtesystemen is echter nog onvoldoende geborgd. Door hoge voorinvesteringen en volloopriscico's blijft de realisatie van warmtenet – en specifiek warmte-infrastructuur – achter op de doelen voor 2030 (BZK, 2022).

Er is daarom behoefte aan methoden die ondersteunen bij het vormgeven van de warmtetransitie. In deze studie is onderzoek gedaan naar mogelijke opschalingsstrategieën en een aanpak ontwikkeld om de strategieën uit te werken in transitiepaden.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om meer inzicht te krijgen in mogelijke strategieën voor opschaling. Een belangrijk tweede doel is om de design toolkit die in WarmingUP is ontwikkeld geschikt te maken als tool bij het uitwerken van transitie strategieën in toekomstontwerpen en transitiepaden. Daarmee kunnen transitievisies warmte en wijkuitvoeringsplannen verder geconcretiseerd worden en kan een volgende stap gemaakt worden in het gemeentelijk transitiebeleid.

In deze deelstudie bouwen we voort op de designtoolkit voor warmtenetten die ontwikkeld is binnen WarmingUp. Dit ontwerpinstrument is primair ontwikkeld om warmtesystemen (technisch) te ontwerpen. In deze studie onderzoeken we of - en hoe - de designtool ook gebruikt kan worden voor het uitwerken en onderbouwen van gemeentelijke transitie strategieën. Het gaat daarbij om meer strategische vraagstukken als: de bronnenstrategie, de type warmtesystemen, de kavelindeling, de volgorde en het tijdspad.

Het achterliggende doel van deze studie is om bij te dragen aan de ontwikkeling van het (gemeentelijk) transitiebeleid. De invulling van de inzet van warmtenetten in de Transitievisies Warmte moet in de meeste gevallen nog nader uitgewerkt worden (Van der Brugge et al 2021). Daarvoor is het van belang om lange termijn strategieën te doordenken en uit te werken in transitiepaden. Belangrijke onderdelen daarvan zijn: de richting verhelderen ('wat' willen we?), het transitiepad verhelderen ('hoe' komen we daar?) en de lopende initiatieven een functionele plek

¹ Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving | Rapport | Rijksoverheid.nl

geven in het transitiepad. In deze deelstudie willen we daar enkele handvatten voor aanreiken. Dit leidt tot de volgende vier onderzoeksvragen:

1. *Welke strategieën voor opschaling zijn mogelijk en wat zijn daar de voor- en nadelen van?*
2. *Kunnen we deze strategieën uitwerken met behulp van de warming-up designtoolkit?*
3. *Hoe zou zo'n aanpak eruit kunnen zien?*
4. *Op welke vlakken moeten we de designtool verder doorontwikkelen om het (gemeentelijk) transitiebeleid te ondersteunen?*

1.3. Aanpak

In deze studie zijn drie stappen doorlopen:

1. Identificeren van mogelijke strategieën voor opschaling
2. Kwantitatieve uitwerking met Design toolkit
3. Kritische beschouwing en doorontwikkeling

Stap 1 Identificeren van mogelijke strategieën voor opschaling

In de eerste stap is verkend welke strategieën voor opschaling mogelijk zijn. Hiervoor is gesproken met WarmingUP-partners en is literatuuronderzoek gedaan. Er zijn vier hoofdstrategieën geïdentificeerd op basis van verschillende principes. Vanuit twee perspectieven zijn de strategieën belicht: de perspectief van de businesscase en het perspectief van de wijkgerichte aanpak. Het businesscase perspectief gaat vooral in op de kosten en de risico's. Het wijkgerichte perspectief kijkt meer naar de gemeentelijk beleidsproces en bewonersparticipatie. Vanuit deze twee perspectieven zijn de belangrijkste voor- en nadelen benoemd.

Stap 2 Uitwerking met Design toolkit

In een volgende stap is een methode ontwikkeld om de strategieën uit te werken in toekomstbeelden en transitiepaden. De aanpak wordt geïllustreerd aan de hand van de casus Zuidwest Nijmegen. In deze verkenning is gebruik gemaakt van de designtoolkit en zijn de volgende stappen doorlopen (zie hoofdstuk 3)

- *Stap a: Bepalen warmtevraag en warmtebronnen*
- *Stap b: Ontwerpen warmtesystemen*
- *Stap c: Variëren transitiepaden en onzekerheden*

Stap 3 Kritische beschouwing en doorontwikkeling

In deze laatste stap is een reflectie gegeven op de methode en daaruit worden lessen getrokken met betrekking tot de doorontwikkeling van de aanpak en de designtoolkit. Deze analyse is uitgevoerd vanuit vijf verschillende perspectieven, namelijk langs de vijf deelopgaven van de warmtetransitie, die in de *Kennisagenda Governance voor de opschaling van collectieve warmtenetten* (van der Brugge et al, 2021) zijn onderscheiden:

1. Onderbouwing van warmteopties per buurt/kavel
2. Invulling geven aan rollen en beleidsinstrumenten
3. Ontwikkeling van de warmtevraag naar collectieve systemen
4. Visievorming op ruimtelijke (ondergrondse) impact en ruimtelijk integratie
5. Ontwikkeling van een geïntegreerde gemeentelijke routekaart

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de verschillende strategieën beschreven waarmee de opschaling van collectieve warmtesystemen kan worden vormgegeven. In hoofdstuk 3 worden drie strategieën nader geïllustreerd aan de hand van de casus, waarbij gebruik wordt gemaakt van WarmingUp Designtoolkit. In hoofdstuk 4 wordt een reflectie gegeven op de aanpak en het gebruik van de toolkit. Daaruit worden lessen getrokken met betrekking tot doorontwikkeling van de aanpak en de toolkit.

2. Mogelijke strategieën voor opschaling

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op mogelijk strategieën voor de opschaling van duurzame collectieve warmtesystemen. Met opschaling wordt in deze studie twee aspecten bedoeld. Het eerste is dat er *meer* collectieve warmtesystemen komen en ten tweede dat meer woningen worden aangesloten op bestaande warmtesystemen. Opschaling kan op verschillende wijzen worden vormgegeven. Daarom worden er in dit hoofdstuk een aantal mogelijke strategieën onderscheiden, die vanuit andere principes opereren. De verschillende strategieën hebben voor- en nadelen en die worden ook behandeld. Voor het gemeentelijk transitiebeleid is het van belang om een goede mix te vinden tussen de strategieën. Afhankelijk van de lokale omstandigheden de ene strategie soms beter passen dan de andere.

2.1 Mogelijke strategieën

Er zijn verschillende strategieën denkbaar waarlangs de opschaling van duurzame collectieve warmtesystemen kan plaatsvinden. Een strategie wordt in deze studie opgevat als een combinatie van een visie of toekomstbeeld met zicht op een transitiepad hoe van de huidige situatie naar het toekomstbeeld wordt toegewerkt. Op basis van gesprekken, literatuur en de website van Programma Aardgasvrije wijken (PAW) en Expertise Centrum Warmte (ECW) over groei modellen zijn vier hoofdstrategieën onderscheiden. Elk van deze strategieën leidt tot opschaling van collectieve warmtesystemen, maar de wijze waarop is zeer verschillend en levert een structureel andere warmte-infrastructuur op, variërend van een mozaïek van veel kleinschalige systemen tot één of meerdere zeer grote warmtesystemen. Binnen de vier hoofdstrategieën zijn verschillende varianten te onderscheiden. Deze strategieën zijn:

1. Strategie 1. Aanleg kleinschalige warmtesystemen
 - a) faciliteren van bottom-up initiatieven
 - b) doelgericht kopiëren
2. Strategie 2. Aanleg grootschalige warmtesystemen
 - a) voeding door centrale warmtebron,
 - b) voeding door decentrale warmtebronnen
3. Strategie 3 Groei model
 - a) uitbreiden
 - b) warmtesystemen koppelen
 - c) tijdelijke warmtebronnen
4. Duurzame warmte invoeden in bestaande warmtesystemen
 - a) vervanging fossiele warmtebron

In de volgende paragrafen wordende strategieën nader toegelicht. Per strategie zijn voor- en nadelen benoemd. Daarbij worden twee perspectieven gehanteerd, dat van de businesscase en dan van de wijkgerichte aanpak. Vanuit het perspectief van de business case worden voor- en nadelen benoemd met betrekking tot de kosten en techniek. Dit perspectief is voor (publieke en private) warmtebedrijven leidend. Vanuit het perspectief van de wijkgerichte aanpak hebben voor- en nadelen vooral betrekking op de participatie, beleidsontwikkeling en organisatie (governance). Dit perspectief is voor gemeenten vaak leidend. De beide perspectieven staan natuurlijk niet los van elkaar. Weinig draagvlak heeft ook invloed op de business case. Een lagere dichtheid van aansluitingen maakt de business case minder aantrekkelijk.

Wijkgerichte aanpak

In het klimaatakkoord is afgesproken dat de uitwerking van de warmtetransitie plaats vindt met een aanpak die per wijk (of buurt, dorp of kern) wordt ontwikkeld. In de wijkgerichte aanpak van de verduurzaming van de energievoorziening van bestaande gebouwen maken gemeenten een afweging wat per wijk of buurt de beste oplossing en aanpak is om te komen tot de duurzame wijken van de toekomst. Hierbij houden gemeenten rekening met de laagste nationale kosten en met de belangen van bewoners, gebouweigenaren en andere stakeholders. De gemeente doorloopt hiervoor een zorgvuldig proces waarin de transitievisie warmte, het uitvoeringsplan en het omgevingsplan noodzakelijke stappen zijn om bewoners en andere gebouweigenaren en gebruikers alternatieve duurzame warmteopties te kunnen aanbieden en om uiteindelijk aardgas te kunnen uitfaseren. De inspraak van en transparantie richting de belanghebbenden blijven gedurende dit proces gewaarborgd. Via de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie zijn in de Omgevingswet grondslagen opgenomen met als doel gemeenten bevoegdheden te geven om deze wijkgerichte verduurzaming tot uitvoering te brengen.

2.2 Strategie 1. Aanleg kleinschalige warmtesystemen

<u>Principes:</u>	Burgerinitiatieven, reproductie
<u>Beeld:</u>	Meerdere kleinschalige warmtekavels met (gelijke of verschillende typen) kleinschalige warmtesystemen
<u>Varianten:</u>	a) faciliteren bottom-up initiatieven, b) doelgericht kopiëren.
<u>Randvoorwaarden:</u>	Er moeten burgerinitiatieven zijn en/of ontwerp moet te kopiëren zijn naar andere buurten

Deze eerste strategie die we onderscheiden is een strategie gericht op de aanleg van kleinschalige warmtesystemen. Het gaat hier doorgaans om relatief kleinschalige warmtesystemen in de orde grootte van ca. 500-1000 woningen. Wanneer deze strategie gehanteerd zou worden, zou dat resulteren in een ruimtelijk mozaïek van meerdere losstaande, kleinschalige warmtesystemen verspreid over de gemeente. Succesvolle warmteconcepten voor specifieke fysieke (en sociale) omstandigheden worden gekopieerd naar andere plekken met soortgelijke condities. Binnen deze strategie zijn twee varianten te onderscheiden.

a) Faciliteren bottom-up initiatieven

Bij deze vorm gaat het om het faciliteren van burgerinitiatieven die (bijvoorbeeld als energiecoöperatie) voor hun eigen omgeving een warmtesysteem willen realiseren. De burgers nemen het initiatief waarbij de gemeente regie houdt op de uitwerking, en het proces ondersteunt en faciliteert, zoals met procesondersteuning en het inschakelen van experts voor strategisch en technische advies, trainingen voor het professionaliseren van lokale initiatieven. Omdat niet overall burgerinitiatieven zullen zijn zal deze opschalingsstrategie nooit geheel dekkend voor de gemeente zijn. Desalniettemin is het een belangrijke (deel)strategie om op te schalen vanwege het draagvlak onder de betrokkenen. De 'open plekken' zullen opgevuld moeten via een andere strategie.

b) Doelgerichte kopiëren

Naast faciliteren van burgerinitiatieven kan de gemeente ook zelf doelgericht uit (laten) zoeken waar in de gemeente bepaalde warmtesystemen toegepast zouden kunnen worden. Met deze strategie wordt bewust gezocht naar locaties met soortgelijke kenmerken, zoals type bebouwing, warmtevraagprofielen, aanwezigheid van beschikbare warmtebronnen en ruimte voor (ondergrondse) opslag. In zekere zin is dit in de meeste warmtetransities (en Startanalyse) gedaan, maar dan op het op het niveau van buurten. Indien gedetailleerde data over warmtevraag en gebouw kenmerken beschikbaar is, kan dit soort analyses ook op het niveau van woning- of woonblokken uitgevoerd worden. De gemeente kan vervolgens bewoners proactief benaderen.

Voor- en nadelen van deze strategie vanuit het business case perspectief

Voor alle typen warmtenetten zijn de kosten voor vooronderzoek aanzienlijk. Bij kleinschalige systemen zijn deze kosten naar verwachting relatief gezien groot ten opzichte van de totale kosten. Nadeel is dat initiatiefnemers zich door deze voorloopkosten kunnen laten afschrikken of de financiële draagkracht daarvoor niet hebben. Het is daarom bij deze strategie van belang dat die kennis niet voor eenmalige toepassing wordt opgebouwd, maar zoveel mogelijk wordt ingezet voor meerdere projecten. Gedeeltelijk kan een gemeente zo'n faciliterende rol op zich nemen, bijvoorbeeld met betrekking tot kennis delen over technische haalbaarheid, financiering en organisatiemodellen. Succesvolle warmteconcepten voor specifieke fysieke (en sociale) omstandigheden kunnen worden gekopieerd naar andere plekken met soortgelijke condities. Standaardisering met betrekking tot de technische systeemconfiguratie (verschillende systeemcomponenten, zoals de warmtebron, warmtepomp, opslag, warmtenet), organisatiemodellen, financiële modellen kan de efficiëntie van het proces faciliteren.

En ander voordeel van het reproduceren van succesvolle warmteconcepten is dat zowel de technische als financiële model al beproefd is. De inschatting van de kosten en baten is daardoor betrouwbaarder in te schatten. Daarbij gaat het dan bijvoorbeeld om technische haalbaarheid van toepassing bij dezelfde typen woningen, inpassing in de ondergrond en gebruik van warmtebronnen als aquathermie of datacenters.

Een nadeel van deze strategie is dat de warmtesystemen kleinschalig zijn en dat ieder systeem een eigen piekvoorziening nodig (bijvoorbeeld een hulpketel). De kosten kunnen daardoor relatief hoog zijn. Daarnaast zijn er ook geen of minder schaalvoordelen in vergelijking met grotere systemen.

Voor- en nadelen van deze strategie vanuit Wijkgerichte aanpak

Vanuit het perspectief van de wijkgerichte aanpak is een voordeel van deze strategie dat in de variant van het burgerinitiatief het draagvlak vermoedelijk al relatief groot is. Vanaf de start is er betrokkenheid van bewoners. Daarnaast zal het vertrouwen ook hoger zijn als het initiatief bij de bewoners zelf ligt, dan bijvoorbeeld bij een voorstel van een marktpartij. Vanwege de kleinschaligheid van het project is het gemakkelijker aan te sluiten bij een gevoel van eigenaarschap van een buurt of wijk, en ook aan te sluiten bij bestaande wijkinitiatieven of netwerken van actieve bewoners. Vanwege de standaardisatie zijn er mogelijk ook minder onzekerheden over de kosten en weet men van te voren waar men aan toe is. Bewoners hebben wellicht ook vertrouwen in het warmtesysteem, omdat het zich elders al bewezen heeft en ervaringen gedeeld kunnen worden.

Een consequentie van deze strategie is dat er veel verschillende warmtesystemen parallel ontwikkeld worden. Vanuit governance perspectief kan dat als nadeel gezien worden, omdat er veel personele capaciteit nodig is om alle afzonderlijke participatieprocessen te faciliteren. De organisatie voor de gemeente wordt complexer als ze met heel veel kleine initiatieven om de tafel moet dan met een beperkt aantal grotere spelers.

2.3 Strategie 2. Aanleg grootschalige warmtesystemen

<u>Principe:</u>	Schaalvergroting
<u>Beeld:</u>	Een beperkt aantal grote warmtekavels met grootschalige collectieve warmtesystemen
<u>Varianten:</u>	a) Voeding door centrale warmtebron, b) Voeding door decentrale warmtebronnen
<u>Randvoorwaarden:</u>	Grote warmtebron, schaalbaarheid van systeemcomponenten

Een andere wijze van opschaling kan plaatsvinden via een strategie die gericht is op het aanleggen van grootschalige warmtesystemen. Het onderliggende principe is dat van schaalvergroting, waarmee schaalvoordelen behaald worden. Een belangrijk verschil met de eerste strategie is plannen voor grootschalige warmtesystemen doorgaans uit de markt of de gemeente zelf komen en niet vanuit de burger. Daarom past bij deze strategie een planmatige aanpak met warmtekavels en aanwijzingen. Randvoorwaarde voor deze strategie dat de systeemcomponenten schaalbaar zijn. Voor de meeste componenten zoals de warmtepomp, de opslag of de leidingen geldt dat. Deze onderdelen zijn of groter te maken (zoals de diameters van de leidingen) of modulair uit te breiden (warmtepompen, opslag). De capaciteit van industriële warmtepompen neemt steeds meer toe, waardoor grote lage-temperatuursystemen ook mogelijk worden. Ook binnen deze strategie zijn twee varianten te onderscheiden.

a) Voeding door centrale warmtebron

De eerste variant is die van een centrale warmtebron die het warmtenet voedt. De huidige stadswarmtenetten zijn hier een voorbeeld van. De belangrijke randvoorwaarde is dat de capaciteit van de warmtebron groot is. Daarom wordt deze strategie vooral geassocieerd met restwarmte (van industrie, of energie- en afval centrales) en geothermie. Ook aquathermie kan een warmtebron voor grootschalige warmtesystemen zijn op locaties waar de watergangen een grote warmtecapaciteit hebben. Over het algemeen zijn dat grotere watergangen met relatief hoge debieten (Roosjen et al, 2021, Van der Brugge, 2002, Roosjen et al, 2022). In dat geval gaat het om lage temperatuur warmtesystemen (20-10°C) of midden-temperatuursystemen (70-40°C) met inzet van industriële warmtepompen (Roosjen et al, 2021).

b) Voeding door meerdere decentrale warmtebronnen

Een tweede variant van deze strategie is dat het warmtesysteem gevoed wordt door de meerdere, decentrale warmtebronnen. Dit is een complexere variant, omdat er sprake is van warmtebronnen met verschillende temperaturen en locaties. Randvoorwaarde voor deze variant zijn slimme warmtenetten die warmtevraag en -aanbod, maar ook de koudevraag en -aanbod, in balans brengen. In dit soort warmtenetten wordt er warmte en koude uitgewisseld tussen verbruikers, gebouwen en op straat- en wijkniveau en worden buffers gebruikt om warmte en koude in op te slaan (wko). Daarvoor is slimme aansturing nodig. Om transportverliezen te reduceren wordt de temperatuur zo dicht mogelijk bij de verbruiker op het juiste niveau gebracht via warmtepompen.

Warmtehub Brielselaan in Rotterdam

Een warmtehub bestaat uit een of meerdere buffers en een of meerdere warmteoverdrachtstations. Een hub maakt het in principe mogelijk om warmte van verschillende bronnen in te voeden in een of meerdere warmtenetten, eventueel met verschillende temperatuurregimes. Dat maakt het mogelijk om het warmteaanbod te verdelen over de warmtevragers, warmtestromen te optimaliseren en redundantie te creëren wat de leveringszekerheid ten goede kan komen. In Rotterdam staat zo'n warmtehub. Met een buffervat van 5000m³ en met boosterpompen waarmee de druk in het warmtenet wordt geregeld en pieken en dalen in de warmtedistributie op een centraal punt opgevangen.

Businesscase

Vanuit het perspectief van de businesscase is een belangrijk voordeel van deze strategie het schaalvoordeel. Vaste investeringskosten, zoals bronontwikkeling en piekvoorziening kunnen gedeeld worden over een groot aantal aansluitingen en leiden tot lagere kosten. Een nadeel van grote systemen is dat er een groot volloprisico is. Met de *Wet gemeentelijk instrumentarium warmtetransitie*, die in 2022 in consultatie is gegaan, kan de gemeente bepalen dat de netbeheerder na een bepaalde datum geen aardgas meer transporteert naar een bepaalde wijk. Dit verkleint weliswaar dat risico, maar bewoners kunnen niet verplicht worden om met het collectieve warmtenet mee te doen (opt-out). Extra voordeel van de decentrale variant met lage temperaturen is dat de koudevraag ook meegenomen kan worden. Naar verwachting neemt de koudevraag door klimaatverandering in de toekomst toe. Via warmte-koude opslag kan ook (deels) in de koudevraag worden voorzien, waarmee het extra elektriciteitsverbruik van airco's kan worden beperkt.

Wijkgerichte aanpak

Via deze strategie wordt toegewerkt naar één warmtesysteem per buurt of wijk, in plaats van vele kleinere systemen naast elkaar zoals in de eerste strategie. In vergelijking daarmee, hoeft in deze strategie de gemeente met veel minder partijen om tafel. Planning en organisatie worden daardoor eenvoudiger. Een voordeel van de decentrale variant is dat er meerdere warmteleveranciers kunnen zijn, waardoor geen monopoly ontstaat. De verantwoordelijkheidsverdeling over levering en aansturing van bronnen is wel lastiger.

Een mogelijk nadeel van deze strategie is dat het participatieproces complexer is dan bij de strategie gericht op kleinere warmtesystemen. Een rechtstreekse dialoog met alle potentiële deelnemers zal vanwege de omvang niet mogelijk zijn. Het participatieproces zal vermoedelijk indirecter zijn, via vertegenwoordigers en inspraakavonden. Een tweede nadeel is dat de keuzevrijheid van bewoner in deze strategie kleiner is, zeker in het geval van een centrale warmtebron. Daarnaast is er minder flexibiliteit met betrekking tot het moment waarop bepaalde woonblokken (buurten) van het gas af gaan. Om het volloprisico te beperken moeten die buurten binnen een bepaalde tijd aangesloten worden.

2.4 Strategie 3 Groeimodel warmtesysteem

<u>Principes:</u>	Overdimensioneren, verlagen temperatuur, cascaderen
<u>Beeld:</u>	Een groeiende warmtekavel met een warmtenet dat steeds verder wordt uitgebreid
<u>Varianten:</u>	a) Uitbreiden, b) warmtesystemen koppelen C) inzet van tijdelijke warmtebronnen
Randvoorwaarden:	Anticiperend dimensioneren, extra broncapaciteit

Een derde opschalingsstrategie kan erop gericht zijn om (bestaande) warmtesystemen te laten groeien. Het programma Aardgasvrije wijken definieert een groeimodel² als “een strategie om voorbereid te zijn op toekomstige uitbreiding van een aaneengesloten warmtenet buiten het ‘projectgebied’ naar (delen van) een groter ‘zoekgebied’”. Binnen deze strategie zijn drie varianten te onderscheiden mogelijk.

a) Uitbreiden van het warmtesysteem

De eerste variant is dat het warmtesysteem uitgebreid wordt met een nieuwe woonwijk of buurt die aangesloten wordt op het warmtenet. Hiervoor zijn verschillende principes mogelijk.

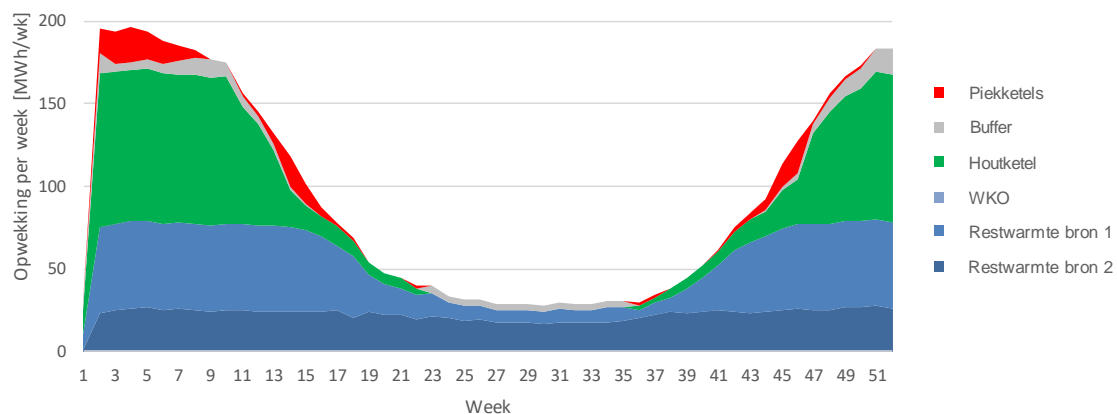
- Een eerste principe is om de leidingen in het warmtenet te overdimensioneren. Er is dan extra capaciteit over om in de toekomst in gebruik te nemen. Daarmee wordt al geanticipeerd op toekomstige groei.
- Een alternatief principe is door energiebesparing bij de oorspronkelijke warmteafnemers. Via gerichte (na-)isolatie kan in theorie gepland worden op het verlagen van de warmtevraag en daarmee met het vrijmaken van ‘ruimte’ in het systeem. De planning daarvan zou gekoppeld moeten worden aan een isolatieprogramma van de gemeente.
- Ook via vraagsturing kan ruimte gecreëerd worden voor uitbreiding (zie thema 6d van WarmingUp). Door loadshifting, bijvoorbeeld door gebruikers te simuleren om een uur eerder te starten met opwarmen, worden de pieken in het warmtenet verlaagd en kunnen er meer woningen worden aangesloten op hetzelfde leidingnet met dezelfde bronnen.
- Een derde principe is het verlagen van het temperatuurregime van hoge temperatuur naar middentemperatuur of lager. Met de overgebleven broncapaciteit kunnen dan extra gebouwen verwarmd worden. Randvoorwaarde voor deze laatste optie is dat de gebouwen klaar gemaakt moeten zijn voor lagere temperatuur. Deze laatste optie zal dus gepaard moeten gaan met isolatiemaatregelen. Een andere randvoorwaarde is dat het temperatuurverschil tussen aanvoer en retour hetzelfde moet blijven. Dit temperatuurverschil vermenigvuldigd met de massastroom van het water bepaalt de warmte die geleverd kan worden. Als de temperatuur van een warmtenet afneemt, kan het zijn dat een lager retourtemperatuur niet meer haalbaar is, waardoor het temperatuurverschil tussen aanvoer en retour afneemt, en er dus meer water door de buizen moet stromen om dezelfde warmte te leveren. Grotere massastromen vereisen grotere leidingdiameters.
- Daarnaast is cascadering als vierde groeiprincipe gezien worden. Nieuw aan te sluiten woningen en gebouwen die goed geïsoleerd zijn kunnen op de retourleiding (met lagere temperatuur) worden aangesloten. Het retourwater van het warmtenet komt dan met een lagere temperatuur terug. Voordeel van een lagere retourtemperatuur is dat de efficiency van sommige bronnen toeneemt. - door het verlagen van de retourtemperatuur kunnen

² <https://www.aardgasvrijewijken.nl/kennisbank/handleiding+stappenplan+leidraad/mogelijke+groeimodellen/default.aspx>

meer woningen op het warmtenet worden aangesloten, zonder dat de leidingdiameter vergroot hoeft te worden. Er is dan wel een grotere warmtebron nodig.

b) Koppelen van warmtesystemen

De tweede variant is om afzonderlijke warmtesystemen aan te elkaar te koppelen, bijvoorbeeld via extra leidingen en warmtehubbs. In dit geval leidt de uitbreiding van het warmtenet niet tot extra capaciteit, maar wel tot een efficiënter gebruik van de warmtebronnen of piekvoorzieningen en wordt redundantie gecreëerd waardoor de warmtevoorziening minder kwetsbaar wordt. Doordat de buffering in het net toeneemt, zal dit ervoor zorgen dat de piekvoorziening minder vaak aangesproken wordt. Een groter deel van de piek kan geleverd worden door de buffers die op diverse plekken in het warmtenet staan opgesteld. De aanwezigheid van grotere bufferingscapaciteit zorgt er zo voor dat duurzame bronnen, zoals aquathermie- of geothermiebronnen, die vaak de base load vormen van het warmtenet, meer uren kunnen draaien waardoor het warmtenet in het geheel duurzamer wordt. De duurzame bronnen dienen wel verspreid te zijn over het net. Als het namelijk een groot net is en de duurzame bronnen bevinden zich vooral aan één kant van het net, dan zal het waarschijnlijk niet mogelijk zijn het gehele net te voorzien van die duurzame warmte. Het koppelen van warmtesystemen zal er in theorie ook voor zorgen dat er een grotere gelijktijdigheid is, omdat er meer huizen worden aangesloten. Ook dit effect zorgt voor een uitgevlakter vraagprofiel. Het is echter wel de vraag hoe groot dit effect zal zijn in grote netten.



Figuur 2.1 Illustratie van de belasting van een warmtenet en inzet van bronnen [Cogas, 2018]

c) Inzet van tijdelijke warmtebronnen

Een andere variant is om tijdelijke bronnen in te zetten in afwachting van de ontwikkeling van de definitieve warmtebron die het warmtenet zal gaan voeden. Te denken valt collectieve luchtwarmtepompen of gasketels op groen gas of biomassa-installaties. Voordeel van een zo'n tijdelijke (tussen)oplossing is dat er niet gewacht hoeft te worden op de realisatie van de warmtebron en aanleg van een transportleiding. Er kan gestart worden met het verwerven van warmtecontracten en de aanleg van het distributienet. Dit kan het proces versnellen en het volloopriscio reduceren.

Voor- en nadelen van uitbreiding voor de businesscase

Vanuit het perspectief van de businesscase is een voordeel van deze strategie dat er ingespeeld kan worden op nieuwe klanten. Een nadeel van deze strategie is dat de investeringen voor de uitbreiding al gedeeltelijk optreden bij de ontwikkeling en aanleg van het eerste deel van het systeem. Het systeem moet overgedimensioneerd worden. Dat brengt kosten met zich mee, terwijl het niet zeker

is wanneer dat terugverdiend gaat worden. Dit risico moet worden afgedekt. Ook het koppelen van warmtesystemen vraagt om extra investeringen, terwijl dat niet leidt tot extra aansluitingen.

Wijkgerichte aanpak

Een voordeel van deze strategie is natuurlijk dat er al een warmtesysteem is en dat deze alleen maar uitgebreid hoeft te worden. In geval van uitbreiding van de capaciteit van de bestaande bron, of de ruimte die wordt gecreëerd via besparing of vraagsturing staat de bron zelf niet meer ter discussie. Dat zou een voordeel kunnen zijn in het participatieproces en maakt het voor bewoners duidelijk waar ze (wel of niet) instappen. Dit maakt de planning en organisatie een stuk eenvoudiger. Daarentegen kan dit ook direct als nadeel beschouwd worden, namelijk dat bewoners geen keuze meer hebben een voor een voldongen feit staan. Bij uitbreiding met eventueel andere bronnen wordt die discussie natuurlijk wel gevoerd. Ook een voordeel in het participatieproces, is dat ervaringen van bewoners, die al aan het warmtenet zijn aangesloten, gedeeld kunnen worden en vertrouwen wekken.

2.5 Strategie 4. Duurzame warmte invoeden in bestaande warmtesystemen

<u>Principes:</u>	Verduurzaming van de warmtebron
<u>Beeld:</u>	Omvang warmtekavel en warmtenet blijft gelijk, maar warmtebron wordt vervangen
<u>Varianten:</u>	vervanging fossiele warmtebron
<u>Randvoorwaarden:</u>	Duurzame bron moet voorhanden zijn

Tot slot wordt een vierde strategie voor opschaling onderscheiden die gericht is op het verduurzamen van de bron en het vervangen van fossiele warmtebronnen die warmtenetten voeden. Een overgang naar een duurzame bron als vervanging van een fossiele warmtebron leidt niet tot nieuwe aansluitingen, maar maakt gebruik van de bestaande warmteleidingen om bestaande warmteafnemers te voorzien van duurzame warmte. Het is noodzakelijk om een duurzaam alternatief te ontwikkelen voor deze afnemers, omdat het gebruik van fossiele bronnen voor warmtesystemen voor 2050 uitgefaseerd gaat worden en de huidige warmtebron dus zal komen te vervallen.

Deze strategie heeft bijvoorbeeld betrekking op warmtenetten die gevoed worden door restwarmte van gasgestookte elektriciteitscentrales. Randvoorwaarde is dat er een alternatieve warmtebron met voldoende capaciteit beschikbaar moet zijn. Dit is niet vanzelfsprekend. Geothermie wordt vaak als alternatieve bron naar voren gebracht, maar het onderzoek en ontwikkeling van een geothermiebron kan jaren duren. Ook hebben duurzame warmtebronnen meestal veel minder thermisch vermogen dan een elektriciteitscentrale. Daarnaast is het ontwerp en dimensionering van het warmtenet afgestemd op de locatie en capaciteit van de restwarmtebron en sluit lang niet altijd aan de beschikbare duurzame warmtebronnen.

Businesscase

Vanuit het perspectief van de businesscase is de verduurzaming van de bron een hoge investering, maar tegelijkertijd wel noodzakelijk om het warmtenet te blijven benutten. Het is in die zin niet zozeer een voordeel maar een randvoorwaarde.

Wijkgerichte aanpak

Voor deze strategie is naar verwachting geen of een ander participatieproces nodig. De bewoners zijn immers al aangesloten op het warmtenet. Echter, als de kosten omhoog gaan door gebruik van een warmtebron zal het draagvlak afnemen.

2.6 Samenvatting

Er zijn verschillende opschalingsstrategieën mogelijk. In deze studie zijn vier strategieën benoemd. Binnen deze vier algemene strategieën zijn verschillende varianten te herkennen. Elk van deze strategieën heeft voor- en nadelen. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de voor- en nadelen vanuit de twee perspectieven, zoals die hierboven beschreven zijn. Afhankelijk van de lokale situatie zal de gemeente een keuze moeten maken welke strategie het beste past.

Tabel 2.1 Voor- en nadelen van de verschillende opschalingstrategieën

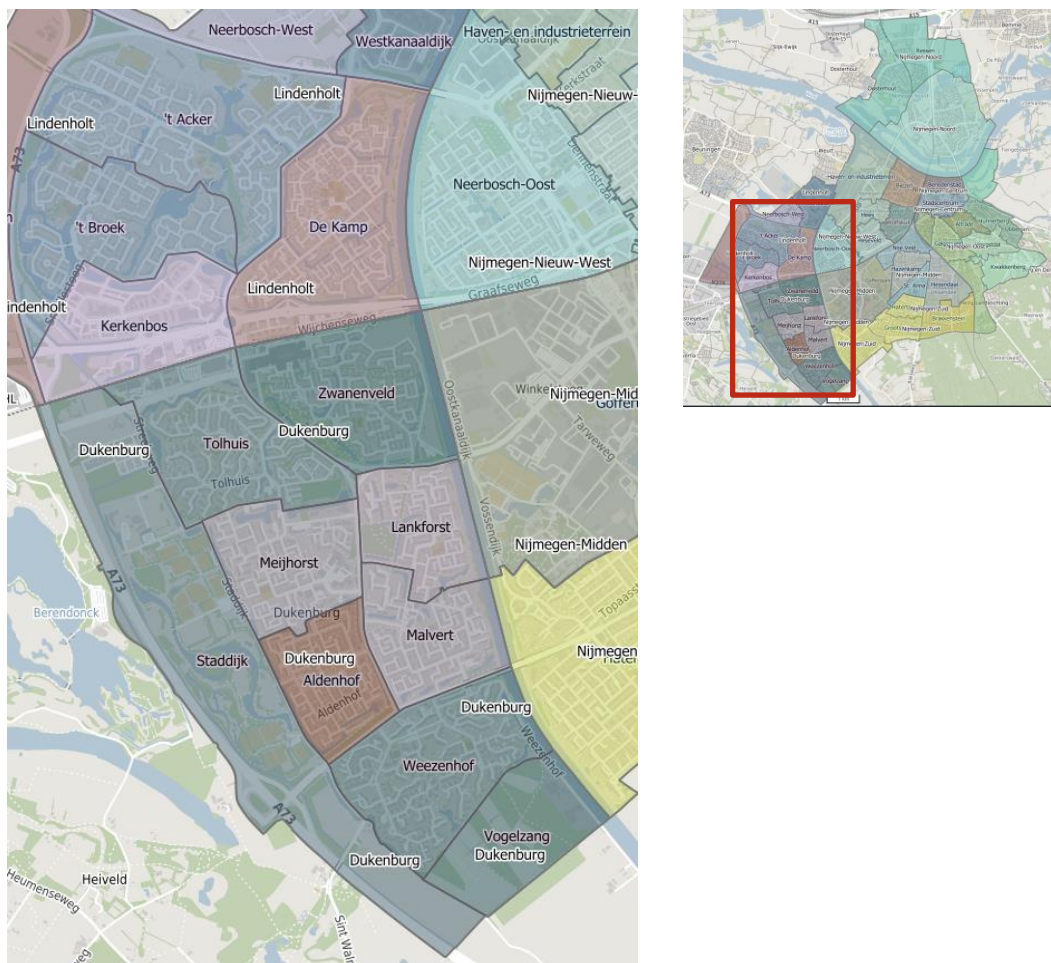
Strategie	Businesscase (techniek, kosten)	Wijkgerichte aanpak (participatie, governance)
1. Aanleg kleinschalige warmtesystemen	V: Kleiner risico N: Geen schaalvoordeel, hoge kosten voor piekvoorziening	V: Participatieproces kleinschaliger, eenvoudiger N: Veel parallele processen, veel partijen
2. Aanleg grootschalige warmtesystemen	V: Schaalvoordelen N: Groter vollooprisico V: In decentrale variant mogelijkheid tot gebruik meerdere bronnen, redundantie N: Complexere sturing en warmtelevering	V: Beperkter aantal warmtebedrijven V: Eenvoudigere planning N: Minder betrokkenheid, draagvlak N: Minder flexibel in planning
3. Groeimodel	V: Bestaande organisatie. Flexibel inspelen op nieuwe klanten, Redundantie N: Dimensionering op de groei	V: Duidelijkheid over warmtepropositie N: Geen keuzevrijheid meer
4 Duurzame warmte invoeden in bestaande warmtenetten	V: Warmtenet kan blijven door verduurzaming N: Warmtenet niet gedimensioneerd op nieuwe bron	V: Participatieproces niet (meer) nodig N: Geen nieuwe aansluitingen

3. Illustratieve casus

In dit hoofdstuk wordt verkend op welke wijze de WarmingUP designtoolkit gebruikt kan worden om de strategieën voor opschaling uit te werken tot concrete *transitiepaden*. De casus is bedoeld als oefening om van te leren: wat is ervoor nodig om transitiepaden te ontwikkelen met behulp van de designtoolkit waarmee het gemeentelijk transitiebeleid kan worden ondersteund? Door deze oefening te doen, zijn we in staat een antwoord op te geven op welke vlakken doorontwikkeling van de designtool of andere tools nodig is.

3.1 Aanpak

In deze verkenning staat de methode-ontwikkeling centraal. Aan de hand van een casus wordt de aanpak geïllustreerd. De aanpak is toegepast op de casus Zuidwest Nijmegen. Dit heeft met praktische redenen te maken, enerzijds omdat Nijmegen ook partner is van het WarmingUp-consortium, anderzijds omdat er data van Nijmegen beschikbaar was om de casus uit te kunnen werken.



Figuur 3.1 Illustratieve casus Zuidwest Nijmegen met de tien buurten die zijn meegenomen in de verkenning.

In de verkenning zijn drie strategieën nader uitgewerkt, namelijk

- De strategie van opschaling via aanleg van tien *kleine(re) systemen* (strategie 1)
- De strategie van opschaling via aanleg van twee *grote(re) systemen* en opschaling (strategie 2)
- De strategie van opschaling via een uitbreidend warmtesysteem (strategie 3)

De strategie van verduurzaming wordt buiten beschouwing gelaten. Er is bewust gekozen voor een eenvoudige benadering van de strategieën. Dat wil zegen dat er geen rekening gehouden wordt met alle verschillende varianten of combinaties. Die complexiteit kan later worden toegevoegd. Voor de drie strategieën zijn de volgende stappen doorlopen:

Stap 1: Bepalen warmtevraag en warmtebronnen

De warmtevraag van de 10 buurten in Zuidwest Nijmegen is bepaald aan de hand van het jaarlijks gasverbruik en zijn vertaald naar dagelijkse warmtevraagprofielen. De warmtebronnen in de omgeving zijn geïnventariseerd en de capaciteiten daarvan bepaald. In deze verkenning is aquathermie als warmtebron uitgewerkt.

Stap 2: Ontwerpen warmtesystemen

Uitgaande van de drie opschalingsstrategieën, zijn drie verschillende warmtesystemen gemodelleerd met behulp van de design toolkit. Elk (concept)ontwerp biedt een mogelijk eindbeeld van de toekomstige infrastructuur voor het studiegebied. De drie verschillende ontwerpen zijn met elkaar vergeleken op kosten.

Stap 3: Variëren transitiepaden en onzekerheden

Het transitiepad van de huidige situatie naar de mogelijke toekomstontwerpen is in beeld gebracht. Hierbij worden de effecten laten zien van variatie in de volgorde waarmee de warmtekavels ontwikkeld worden. En er wordt laten zien hoe onzekerheden die invloed hebben op het tempo meegenomen kunnen worden.

In de volgende paragrafen worden deze stappen toegelicht.

WarmingUp Design toolkit

Collectieve warmtesystemen in combinatie met duurzame bronnen vormen een belangrijke schakel in de oplossing om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te halen en de CO₂-emissies te reduceren. Een optimaal ontwerp en aansturing van de Toolkit is daarbij één van de uitdagingen. En wat is optimaal? En voor wie? De Design Toolkit verbindt een aantal innovatieve tools voor planning, design, hydraulische engineering en control van warmtenetten in één software-pakket. Zo worden de verschillende fases in de ontwikkeling van een warmtenet onder één dak gebracht en kan de ontwerper werken vanuit een en dezelfde omgeving.

In de ESDL Mapeditor teken je eenvoudig een te bouwen warmtenet met drag-and-drop componenten in een geografische kaart-omgeving. Hierin kun je ook informatie-kaarten oproepen die relevant zijn voor het (her-)ontwerp van warmtenetten. Of je uploadt een bestaand warmtenet, dat je wilt uitbreiden.

Er wordt dynamisch gerekend met de simulatie-tools CHES en WANDA voor het concept- en detail-ontwerp. Hiermee krijgt de ontwerper een beter inzicht over wat er fysisch gebeurt in het warmtenet.

Het is daarbij mogelijk om voor een heel jaar door te rekenen wat het effect is van maatregelen en ontwerpkeuzes. Hierdoor kun je een meer weloverwogen keuze maken over zaken die zowel ontwerp als operationeel beheer van warmtenetten aangaan. We gebruiken daarbij tijdsprofielen voor vraag en aanbod, zowel over de dag, de seizoenen, als richting 2050.

WARMINGUP DESIGN TOOLKIT

<https://www.youtube.com/watch?v=xrPCmpUxEAI>

Dynamische simulaties op verschillende tijdschalen van operationeel tot strategisch, voor warmtetransitie-scenario's tot 2050

Integraal platform voor de verschillende fasen van ontwikkeling van warmtenetwerken, voor gezamenlijk gebruik door de partijen uit de warmteketen

Planning en ontwerp van Toekomstbestendige Warmtenetten: betaalbaar, duurzaam en flexibel

WARMINGUP
Commissie Duurzaam Ruimtelijk Beheer

3.2 Bepalen warmtevraag en warmteaanbod

Om met de designtoolkit de ontwerpen van de warmtesystemen (stap 2) te kunnen maken zijn gegevens over de warmtevraag en warmteaanbod nodig.

Warmtevraag

Als we kijken naar de warmtevraagdata die (openbaar) beschikbaar is, dan is dat het jaarlijkse gasverbruik op buurniveau. Deze data vormen vaak ook de basis voor de Transitievisies Warmte. In tabel 3.1 zijn ook de jaarlijkse warmtevragen van alle buurten in Zuidwest Nijmegen weergegeven.

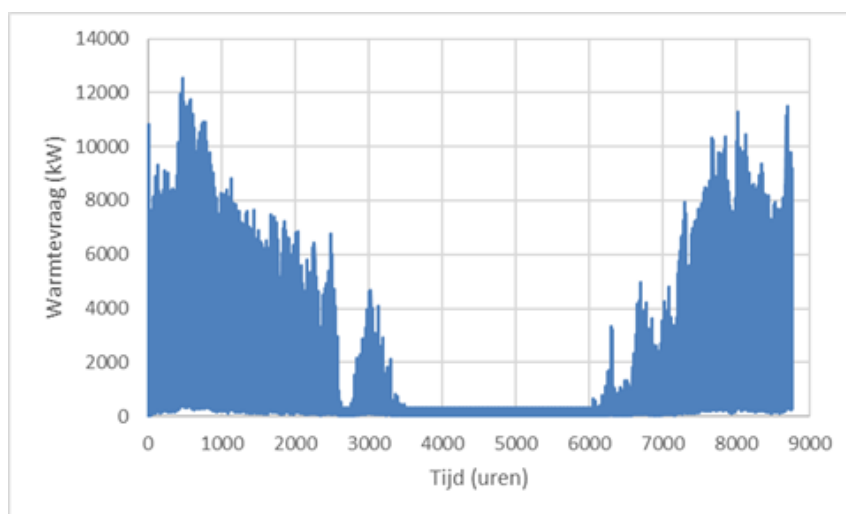
Tabel 3.1 Jaarlijkse warmtevraag buurten Zuid-West Nijmegen

Buurt	Jaarlijkse warmtevraag [GJ/j]
Tolhuis	56.234
t Acker	81.502
't Broek	55.744
Lankforst	40.138
Meijhorst	58.542
Weezenhof	74.089
De Kamp	92.877
Zwanenveld	83.980
Aldenhof	41.973
Malvert	41.398
Totaal	626.477

De designtool gebruikt als input voor het warmtegebruik dag- of uurprofielen, zodat in het ontwerp rekening gehouden kan worden met dagvariaties en piekbelastingen. Deze data is echter vaak niet beschikbaar. Een tool die hiervoor een oplossing biedt is de warmteprofielengenerator van TNO (TNO, 2022). Met deze online tool kan voor een willekeurige CBS-buurt een warmtevraagprofiel gegenereerd per dag over het hele jaar. Deze tool is ontwikkeld om de warmtevraagprofielen voor CBS buurten zo goed mogelijk te berekenen op basis van openbare data. De tool maakt gebruik van een zogenaamde warmteverliesberekening, waarbij het totale warmteverlies over alle gebouwdelen (vloer, gevels, dak, ramen/deuren) wordt berekend. Ook de warmte die verloren gaat door ventilatie en infiltratie (via kieren tussen geveldelen) wordt meegenomen. Er zijn ook warmtewinsten: zoninstraling door de ramen en de aanwezigheid van apparaten en personen in het gebouw die warmte produceren. Het resultaat van deze berekening geeft aan hoeveel warmte er dat uur toegevoegd (of onttrokken) moet worden aan het gebouw om het op een bepaalde ingestelde temperatuur te houden (of brengen). Er wordt rekening gehouden met de warmtecapaciteit van de schil van de woning. De tool is te vinden op www.warmteprofielengenerator.nl. Met behulp van deze tool zijn de jaarprofielen van het warmteverbruik gegenereerd met tijdstappen van een uur voor de buurten in Zuidwest Nijmegen. Dit is als input gebruikt voor het ontwerp van het warmtesysteem (stap 2). In tabel 3.2 zijn de resultaten daarvan weergegeven. De cijfers zijn berekend voor het jaar 2019. In figuur 3.2 is het warmtevraagprofiel weergegeven voor de wijk Aldenhof. De andere wijken hebben ongeveer eenzelfde verloop.

Tabel 3.2 Resultaten van warmteprofielgenerator ontwikkeld door TNO met betrekking tot de dagprofielen van het warmteverbruik voor de buurten in Zuidwest Nijmegen. Utiliteitsbouw is niet meegenomen. De afwijkingsfactor is het verschil tussen de berekende en daadwerkelijke verbruik. Zie www.warmteprofielgenerator.nl.

Buurt	Aantal huizen	Gemeten gas verbruik (m ³)	Berekend gas verbruik (m ³)	Afwijkingsfactor
't Acker	2,329	2,523,960	2,161,134	0,85
De Kamp	2,411	2,870,280	2,205,022	0,77
't Broek	1,573	1,728,100	1,447,991	0,84
Tolhuis	1,647	1,733,400	1,626,144	0,94
Zwanenveld	2,427	2,575,670	2,809,285	1,1
Meijhorst	1,671	1,795,230	1,544,233	0,86
Lankforst	1,018	1,231,780	1,039,277	0,84
Aldenhof	1,106	1,290,510	1,322,556	1,0
Malvert	1,127	1,271,160	1,312,648	1,03
Weezenhof	1,704	2,282,020	1,905,379	0,83



Figuur 3.2 Warmtevraagprofiel over een jaar voor de wijk Aldenhof. De andere wijken hebben eenzelfde profiel over het jaar heen³.

Op basis van de warmteprofielen zijn aan de hand van de pieken de maximale vermogens bepaald. Deze zijn in tabel 3.3 voor elke wijk weergegeven. Hierbij wordt dus aangenomen dat alle woningen aangesloten worden.

³ In de warmteprofielen generator wordt rekening gehouden met verschillende stookpatronen van de woningen. Toch zou het kunnen dat de pieken in de grafiek nog te hoog zijn. Er is nog meer validatie nodig van de generator.

Tabel 3.3 Maximale vermogens die nodig zijn voor de verschillende buurten.

wijk	Maximum vraag [MW]
't Acker	19.1
't Broek	13.1
Aldenhof	12.2
De Kamp	21.3
Lankforst	13.9
Malvert	12.7
Meijhorst	14.7
Tolhuis	16.3
Weezenhof	16.9
Zwanenveld	27.8

Warmtebronnen

De tweede stap is het identificeren van mogelijke warmtebronnen in het gebied en de capaciteit daarvan. Hiervoor is gekeken naar het warmteplan van Nijmegen. Restwarmte van de afvalcentrale ARN en aquathermie zijn de belangrijke warmtebronnen voor dit stadsdeel. Momenteel wordt gekeken of de buurten aan de Noordkant van het gebied aangesloten kunnen worden op warmtenet gevoed door de ARN (o.a. Zwanenveld). Voor de uitwerking van deze casus is nu gekozen voor aquathermie als primaire warmtebron. Dit past ook bij het eerder uitgevoerde onderzoek in het kader van WarmingUP (referentie). De vergelijking tussen verschillende warmtebronnen en systemen is in deze studie nog buiten beschouwing gelaten. Dit vraag namelijk om goed onderbouwde kostenkennallen, waarin alle kosten die gepaard gaan met de ontwikkeling van een warmtebron eenduidig in de tool zijn opgenomen. Dat is op dit moment nog niet betrouwbaar genoeg. De ambitie is echter wel om de designtool zo door te ontwikkelen, dat dergelijke afwegingen gemaakt kunnen gaan worden.

Om te bepalen of deze warmtebron genoeg capaciteit heeft, is een ander instrument geraadpleegd, namelijk de aquathermieviewer (www.aquathermieviewer.nl). Deze webviewer biedt een landelijk overzicht van de technische warmtecapaciteit van watergangen en is daarom een goede eerste stap om de warmtecapaciteit van het Maas-Waalkanaal in Zuidwest Nijmegen te bepalen. In de viewer wordt de hoeveelheid warmte weergegeven in GJ per jaar als een segment van 500 meter met drie graden wordt afgekoeld. Vergelijken we dat met de jaarlijkse warmteverbruik per buurt uit tabel 3.1, dan blijkt dat de warmtecapaciteit groter is dan de warmtevraag. De daling van de watertemperatuur als gevolg van de koudelozingen zal daarom binnen de randvoorwaarden blijven. Als het water teveel afkoelt kan dat negatieve gevolgen hebben voor de aquatische ecologie.

Om tot een ontwerp met de designtoolkit te komen, zijn benodigde vermogens bepaald van de aquathermie-installaties en de warmtepompen. In tabel 3.4 zijn de gebruikte vermogens weergegeven. Hierbij is ervan uitgegaan dat de aquathermiebronnen maximaal worden uitgenut en dat er alleen gedurende de zomermaanden (90 dagen), wanneer het water relatief warm is, de warmte wordt onttrokken. Deze warmte wordt opgeslagen in wko's en gebruikt in de winter. De bronvermogens leveren tot ca. 55% van de piekbelasting. Voor de piekbelasting zijn in het ontwerp bij de warmteoverdrachtstations piekketels geplaatst.

Tabel 3.4 Maximale vermogens van de warmtebronnen

Bron	Maximale vermogen (MW)
Neerboschebrug	20
Graafsebrug	15
Dukenburgsebrug	20
Hatersebrug	47
Totaal	102

3.3 Drie ontwerpen van eindbeelden

In de derde stap zijn vervolgens op basis van de warmtevraag en de warmtebronnen drie verschillende ontwerpen gemaakt van de toekomstige warmte-infrastructuur. De ontwerpen zijn gebaseerd op de drie verschillende strategieën voor opschaling (tabel 3.5):

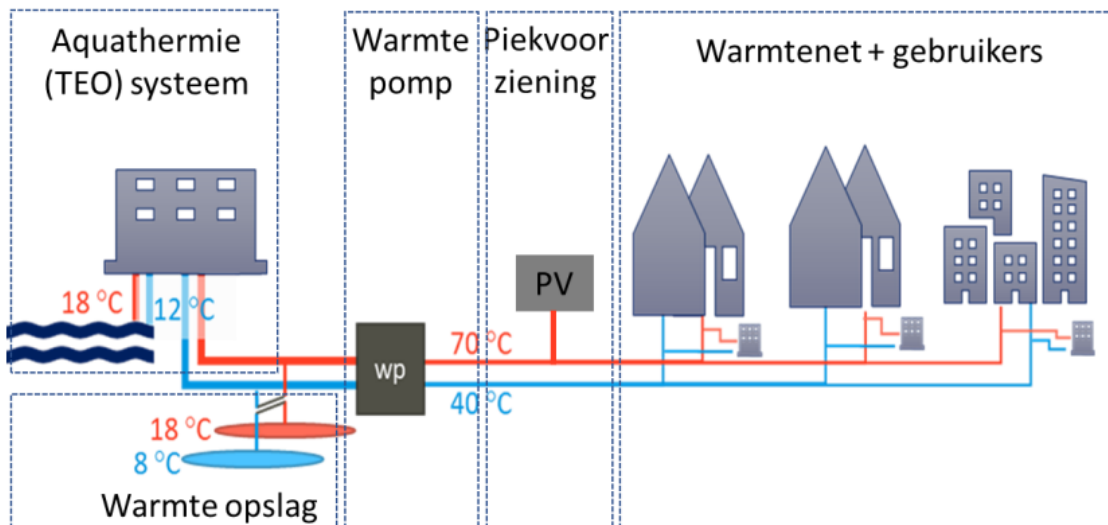
Tabel 3.5 De drie strategieën die zijn uitgewerkt

Strategie	Ontwerp van de eindsituatie
Strategie 1 Aanleg van kleine systemen	Elke buurt heeft zijn eigen warmtesysteem
Strategie 2 Aanleg van grotere systemen	Twee grote warmtesystemen die meerdere buurten omvatten
Strategie 3 Groeiend warmtesysteem	Eén warmtesysteem voor alle buurten

In de ontwerp zijn de volgende componenten meegenomen:

- de warmtebron, in dit geval de warmte uit het oppervlaktewater dat gewonnen wordt met behulp van een warmtewisselaar.
- de warmteopslag (bijvoorbeeld WKO) wordt gebruikt om warmte die in de zomer wordt gewonnen op te slaan voor gebruik in het winterseizoen.
- een warmtepomp waarmee de warmte uit de bron of opslag op de gewenste temperatuur van het warmtenet of het gebouw wordt gebracht
- een piekvoorziening
- de warmtetransportleidingen (warmtenet), waarmee de warmte naar de gebruikers wordt gebracht

De ontwerpkeuzen ten aanzien van drie ontwerpen zijn in deze verkenning gelijk gehouden om de complexiteit te reduceren en de vergelijkbaarheid te vergroten. Er is gekozen voor een gecentraliseerd warmtenet, waarin de warmte op de bronlocatie via industriële warmtepompen opgehoogd en via een 70°C - 40°C warmtenet getransporteerd wordt naar de gebouwen (figuur 3.3). In een gedecentraliseerde variant is sprake van een bronnet waarbij decentraal op woningblok-niveau warmtepompen worden geplaatst. Deze variant is in deze verkenning niet meegenomen.

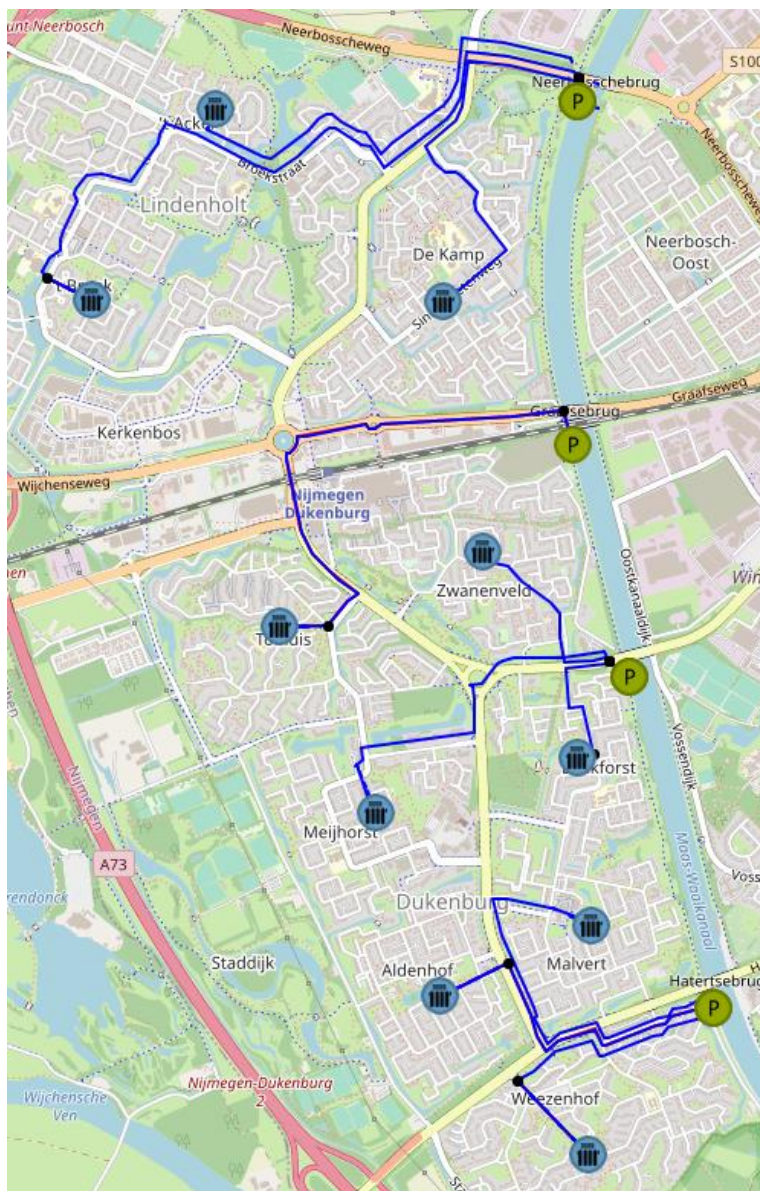


Figuur 3.3 componenten aquathermie-systeem ten behoeve van warmte levering

Ontwerp 1 'Kleine' warmtesystemen.

In figuur 3.4 is een mogelijk ontwerp van de warmte-infrastructuur weergegeven op basis van strategie 1. Het ontwerp bestaat uit tien aparte warmtesystemen voor het studiegebied. De kavelgrenzen vallen in dit ontwerp samen met de buurtgrenzen. Eigenlijk zijn dit nog grote warmtesystemen, maar vanwege het gebrek aan warmtevraagdata op kleinere schaal is het niet mogelijk om kleinere systemen (ordegrootte 500-2000 woningen) te modeleren. Voor deze verkenning is dat geen probleem, omdat dezelfde methode gebruikt kan worden indien de data over de warmtevraag wel aanwezig is.

In de figuur zijn alleen de transportnetten van de verschillende ontwerpvarianten aangegeven. Te zien is dat elke warmtesysteem een eigen transportleiding heeft van de bron naar de buurt. De fijnmazige distributienetten naar de woningen toe zijn niet weergegeven. Voor alle ontwerpvarianten geldt dat alle woningen aangesloten worden en dus niet significant verschillen in de drie ontwerpen. De warmteoverdrachtstations (WOS) van transportnet naar de fijnmazige distributienet zijn in deze studie in het midden van de buurt geplaatst. Aan de WOSsen zijn de warmtevragen van de buurten gekoppeld en representeren in het model de collectieve warmtevraag van die buurt. In werkelijkheid zullen de warmteoverdrachtstations geplaatst worden op strategische plekken waar genoeg ruimte is. Dit kan effect hebben op de lengte van het transportnet en daarmee de kosten. In de designtool kunnen de WOSsen eenvoudig verplaatst worden.



Figuur 3.4 Mogelijk ontwerp van de toekomstige warmte-infrastructuur gebaseerd op strategie 1. In groen zijn de locaties van de aquathermie-installaties weergegeven. In blauw zijn de transportleidingen weergegeven. De blauwe cirkels geven de warmteoverdrachtstations naar de distributienetten aan. De distributienetten zelf zijn niet weergegeven.

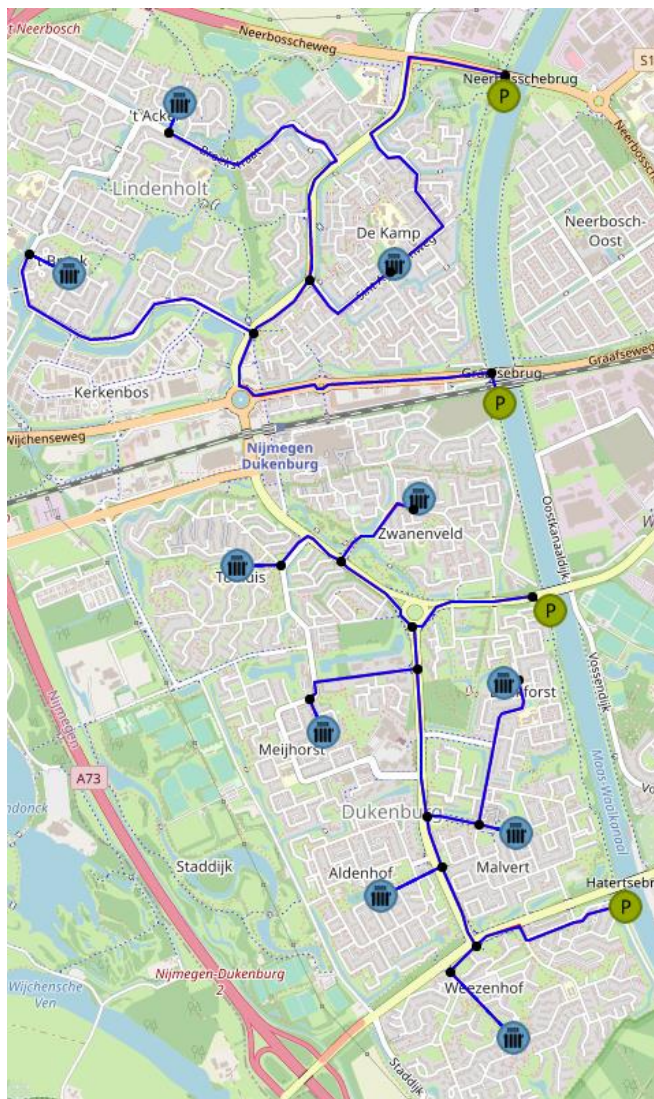
In het ontwerp zijn ook de locaties van de aquathermie-installaties weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met de afstand tussen de bronlocatie en de afstand tot de WOS om transportverliezen te minimaliseren en investeringskosten van de transportleiding zo laag mogelijk te houden. Binnen dit zoekgebied is gekozen voor locaties waar voldoende ruimte is om de installaties te plaatsen en die dicht bij de grotere wegen gesitueerd zijn. Er is aangenomen dat het transportnet vooral onder de grotere wegen wordt aangelegd. Vervolgens zijn de tracés van de transportleidingen van de bronnen naar de WOSsen bepaald. Hiervoor is een algoritme ontwikkeld dat aan de hand van het hoofdwegennetwerk zoekt naar de kortste route tussen de warmtebron en de WOS. Dit algoritme kan in de toekomst in de designtoolkit geïmplementeerd worden en hoeft het tracé niet meer handmatig ingetekend te worden.

Het ondergrondse ruimtebeslag is in dit ontwerp relatief groot, omdat er meerdere transportleidingen naast elkaar onder de wegen worden gelegd. De vraag is of de leidingen in dit

ontwerp ingepast kunnen worden. In hoofdstuk 3.4 wordt op de ruimtelijke inpassing ingegaan. Wordt er veel ondergrondse ruimte gevraagd voor de opslag (wko's). In een eerdere verkenning is al geconstateerd dat bij de toepassing van aquathermie op deze schaal het vinden van ondergrondse ruimte voor de alle benodigde wko-doubletten een uitdaging vormt (Roosjen, et al, 2021).

Ontwerp 2

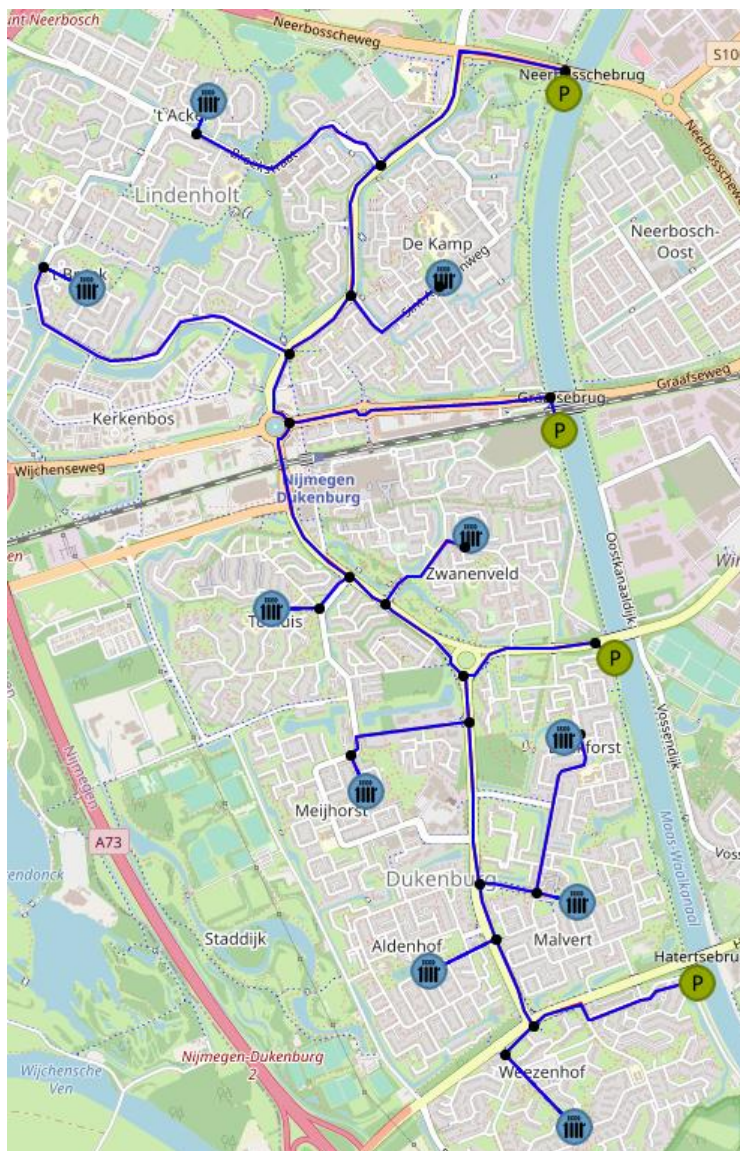
In figuur 3.5 is het ontwerp te zien op basis van strategie 2. In dit ontwerp zijn voor het studiegebied twee grote warmtesystemen gemodelleerd. Eén warmtekavel omvat meerdere buurten ten noorden van de spoorlijn en de tweede warmtekavel omvat de buurten ten zuiden van de spoorlijn. Beide warmtesystemen maken gebruik van twee warmtebronnen (aquathermie-installaties). Omdat in dit ontwerp verschillende buurten binnen de kavel op één transportleiding worden aangesloten loopt er slechts één transportleiding (+ retourleiding) van de bron, die vervolgens vertakkingen heeft naar de verschillende WOSSen.



Figuur 3.5 Mogelijk ontwerp van de toekomstige warmte-infrastructuur gebaseerd op strategie 2. In groen zijn de locaties van de aquathermie-installaties weergegeven. In blauw zijn de transportleidingen weergegeven. De blauwe cirkels geven de warmteoverdrachtstations naar de distributienetten aan. De distributienetten zelf zijn niet weergegeven.

Ontwerp 3

In figuur 3.6 is het ontwerp te zien op basis van strategie 3 waarin het warmtesysteem steeds wordt uitgebreid. Uiteindelijk ontstaat er een groot warmtesysteem met een warmtekavel die het hele studiegebied omvat.



Figuur 3.5 Mogelijk ontwerp van de toekomstige warmte-infrastructuur gebaseerd op strategie 3. In groen zijn de locaties van de aquathermie-installaties weergegeven. In blauw zijn de transportleidingen weergegeven. De blauwe cirkels geven de warmteoverdrachtstations naar de distributienetten aan. De distributienetten zelf zijn niet weergegeven.

Vergelijking van de drie ontwerpen

In tabel 3.6 worden inschattingen gemaakt van de investeringskosten (CAPEX) van de bronontwikkeling en de transportleidingen voor de drie ontwerpen. In het ontwerp wordt ervan uitgegaan dat het totale vermogen van de warmtebronnen in de drie ontwerpen hetzelfde is. In het eerste ontwerp zullen er echter 10 aparte aquathermie-installaties worden geplaatst, in ontwerp 2 worden zowel het noordelijke als zuidelijke warmtenet door twee grotere installaties gevoed. In ontwerp 3 voeden vier installaties het warmtenet.

Voor de kosteninschatting van de aquathermie-bronnen is uitgegaan van investeringskosten van 2.887 EUR/kW (De Fockert et al, 2022). Daarmee worden de totale kosten voor de bronnen geschat op 267 miljoen euro. In de praktijk zouden de vermogens van de bronnen in de drie ontwerpen van elkaar kunnen verschillen vanwege warmteverlies door transport. De verschillen zijn naar verwachting klein en daarom niet meegenomen. Ook zouden schaalvergroting optimalere buffering kunnen leiden tot verschillen in de benodigde vermogens. Dat is echter in deze verkenning niet meegenomen.

De verschillen in de berekende aanlegkosten (CAPEX) worden bepaald door het verschil in totale lengte en diameter van de transportnetten in de drie ontwerpvarianten. De totale investeringskosten voor het transport zijn voor ontwerp 1 het hoogst. Dit is te verwachten, omdat in dit ontwerp elke buurt haar eigen transportleiding heeft en dit resulteert in meerderere naast elkaar liggende transportleidingen op bepaalde trajecten. Ontwerp 2 en 3 hebben de lagere kosten. Dit heeft te maken met de totale lengte aan transportleidingen en de benodigde diameters.

De investeringskosten zijn afhankelijk van de lengte van de transportleidingen. De kosteninschatting van deze ontwerpen is daarom zeer gevoelig voor de keuze over de locaties van de win-installaties en de warmteoverdrachtstations. Daarin is nog veel optimalisatie mogelijk, waar in deze deelstudie niet verder naar gekeken is. De verschillen in de operationele kosten (OPEX) zijn het gevolg van elektriciteitskosten van de warmtepompen en circulatiepompen.

Tabel 3.6 Indicatie van de kosten per strategie

	Ontwerp 1	Ontwerp 2	Ontwerp 3
CAPEX Bronnen (mln €)	267	267	267
CAPEX Leidingen (mln €)	57,5	54,2	54,1
OPEX Bron (mln €) over 30 jaar	3,35	3,39	3,41

3.3 Transitiepaden

In deze stap wordt nader ingegaan op het tijdspad. Ter illustratie wordt een aantal transitiepaden van het huidige aardgassysteem naar de drie toekomstontwerpen getoond. Daarmee worden beelden geschetst van wanneer welke buurt aan de buurt zou kunnen komen. Dit laat zien dat de transitiepaden per strategie verschillen en dat strategische keuzes effect hebben op het transitiepad.

In de transitiepaden wordt onderscheid gemaakt tussen de aanleg van de transportnet en de distributienetten, waarmee de warmtekavels ontwikkeld worden. We zijn er vanuit gegaan dat als het transportnet én het distributienet zijn aangelegd de warmtekavel aardgasvrij is (met uitzondering piekketels). Met betrekking tot doorlooptijden voor de aanleg van een transportnet en distributienet

zijn schattingen gedaan. Op basis van navraag bij WarmingUp-partners is het tempo van aanleg van een transportnet geschat op circa 12 m tracé per dag. Voor het distributienet geldt een tempo van ca. 1 à 2 aansluitingen per dag.

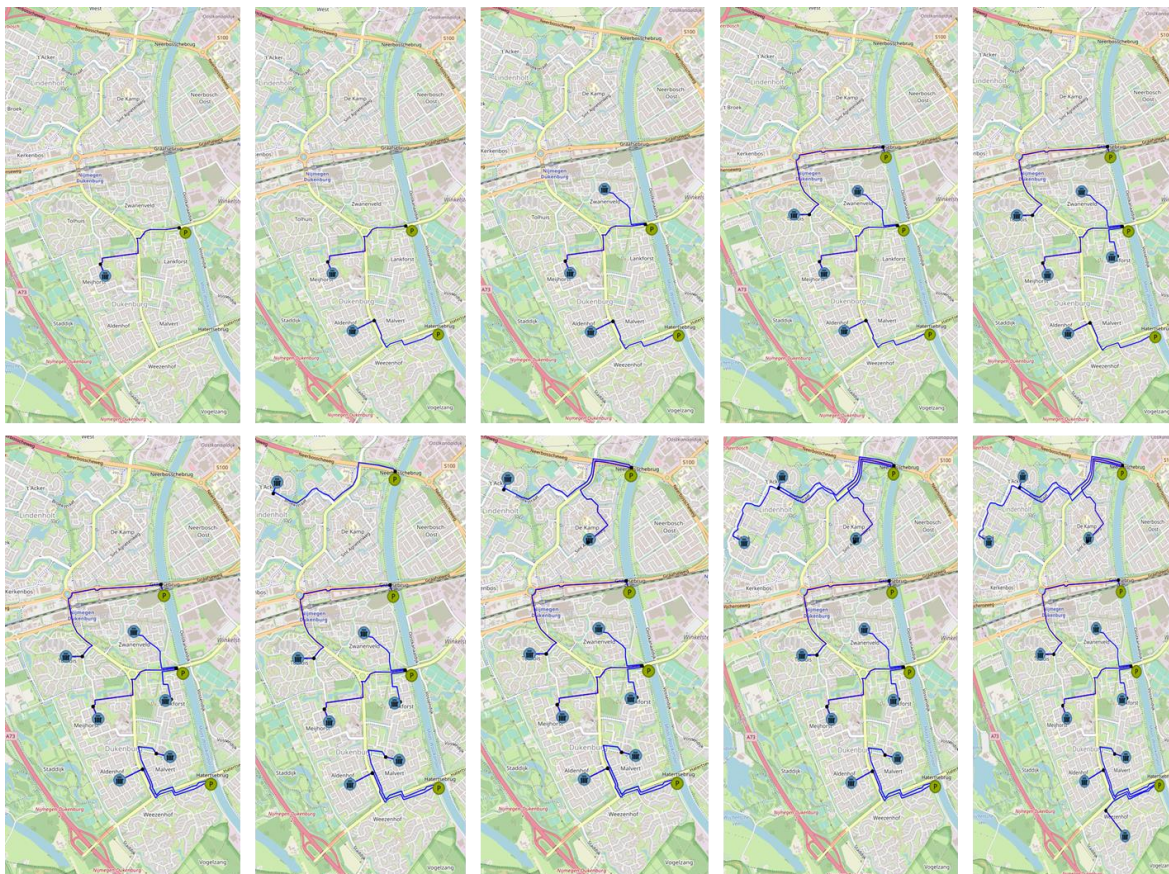
Transitiepad voor strategie 1 (Kleine systemen)

In de uitwerking van strategie 1 zijn meerdere transitiepaden mogelijk. De warmtesystemen staan los van elkaar en kunnen dus in verschillende volgordes worden aangelegd. Eén van de vragen in het gemeentelijk transitiebeleid is dan ook met welke buurten gestart zal gaan worden. Uit onderzoek blijkt dat hierbij verschillende overwegingen een rol spelen, zoals (Van der Brugge, et al 2020):

- waar een warmtenet eenvoudig te realiseren is
- waar veel draagvlak voor aardgasvrij is
- waar al een concreet initiatief/plan voor is
- waar het percentage woningbouwcorporatie groot is (Startmotor-principe)
- waar de kosten relatief laag zijn
- waar de meeste CO₂-besparing te realiseren is
- waar de warmtedichtheid groot is

Al deze overwegingen hebben invloed op de keuze met welke buurt gestart zal worden en welke buurt daarop zal volgen. Kortom, afhankelijk van keuzes die daarin wordt gemaakt, zal ook het transitiepad er anders uit zien.

Woningbouwcorporaties worden gezien als belangrijk drijvende krachten voor opschaling van collectieve warmtesystemen. De woningbouwcorporaties moeten namelijk ook hun woningvoorraad verduurzamen. Door de huurwoningen aan te sluiten op een warmtenet neemt het volloopriscio af en dat kan als springplank dienen voor de woningen in de buurt. Stel nu dat dit principe gehanteerd zou worden, hoe zou het transitiepad er dan uit kunnen zien? In figuur 3.7 is dat illustratief weergegeven. De buurt Meijhorst heeft met 76% het hoogste percentage sociale huurwoningen in bezit van woningcorporaties van alle tien de buurten. In dit voorbeeld wordt daarom besloten om met die buurt te beginnen. De aquathermie-bron wordt aangelegd en de transportleiding naar het warmteoverdrachtstation wordt aangelegd. Daarna wordt het distributienet aangelegd voor de hele buurt. De buurt Aldenhof heeft daarna het hoogste percentage corporatie-woningen, zo'n 61%. Er wordt een extra aquathermie-bron aangelegd met een transportleiding naar Aldenhof. Het distributienet wordt aangelegd en de buurt wordt aangesloten. Zo worden alle buurten één voor één aangesloten. Wanneer een buurt aan de beurt is afhankelijk van het aandeel sociale huurwoningen.



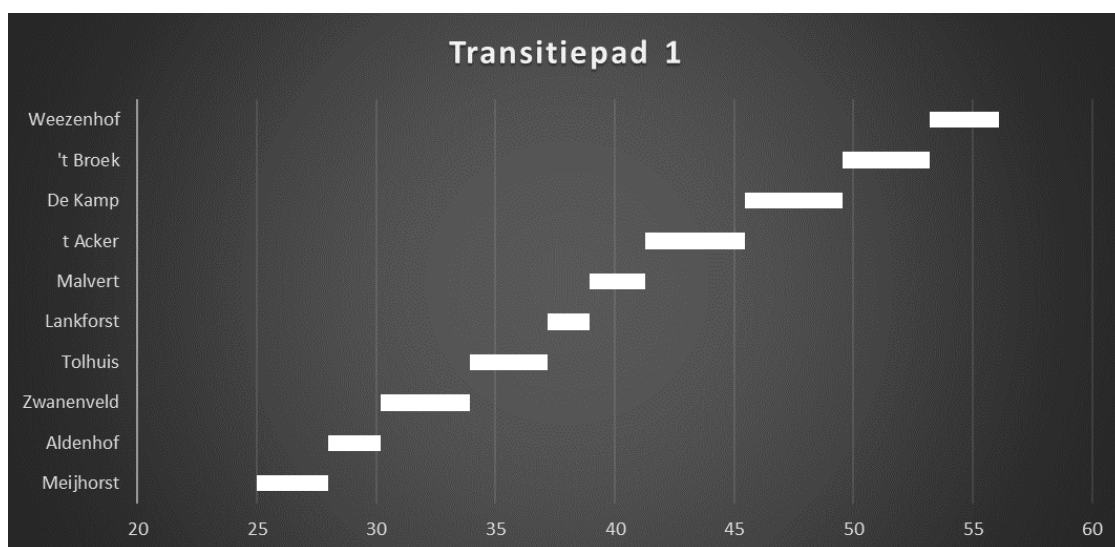
Figuur 3.7 Transitiepad naar toekomstontwerp van de warmte-infrastructuur op basis van strategie 1 – principe van hoogste percentage woningbouw

Tabel 3.7 Inschatting van de doorlooptijden om het transportnet en distributienet aan te leggen. De doorlooptijden van de transportleidingen zijn geschat op basis van de leidinglengte van het transportnet en het tempo van 12m per dag. De doorlooptijden van het distributienet zijn geschat op basis van het aantal woningen en het tempo van 2 aansluitingen per dag.

Wijknaam	Aantal woningen	Doorlooptijd distributienet [dagen]	Transportnet aanvoer en retour [m]	Doorlooptijd transportnet [dagen]	Totale doorlooptijd [dagen]	Totale doorlooptijd [jaren]
Meijhorst	1671	836	3.106	259	1.094	3,0
Aldenhof	1106	553	2.862	239	792	2,2
Zwanenveld	2427	1.214	1.834	153	1.366	3,7
Tolhuis	1647	824	4.528	377	1.201	3,3
Lankforst	1018	509	1.444	120	629	1,7
Malvert	1127	564	3.528	294	858	2,3
t Acker	2329	1.165	4.256	355	1.519	4,2
De Kamp	2411	1.206	3.602	300	1.506	4,1
't Broek	1573	787	6.398	533	1.320	3,6
Weezenhof	1704	852	2.630	219	1.071	2,9

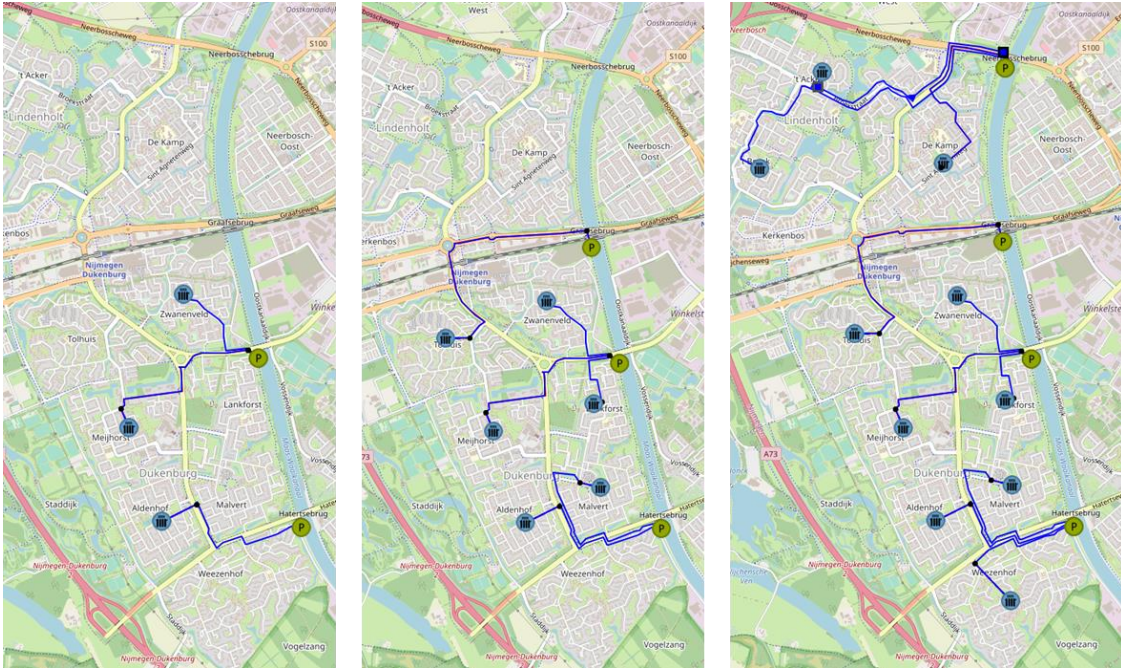
In tabel 3.7 zijn de doorlooptijden voor de aanleg voor elke kavel ingeschat op basis van het aantal kilometers transportnet en het aantal woningen per buurt. Op basis van die doorlooptijden is de ontwikkeling van de warmtekavels in de tijd gezet en levert een transitiepad op zoals weergegeven in figuur. In dit pad is aangenomen dat er niet parallel gewerkt wordt bij het aanleggen van transportleidingen en distributieleidingen.

Het zal duidelijk zijn, dat wanneer een ander principe gehanteerd wordt, dat ook gevolgen heeft voor de volgorde waarin de kavels worden ontwikkeld. De totale doorlooptijd zal echter niet veel verschillen, omdat de omvang van de transport- en distributienetten gelijk blijven. Te zien in de figuur is dat met dit tempo, de doelstelling voor 2050 voor dit stadsdeel niet gehaald zou worden. Ook de doelstelling voor 2030, waarin eigenlijk al 50% aardgasvrij zou moeten zijn, zou niet gehaald worden.

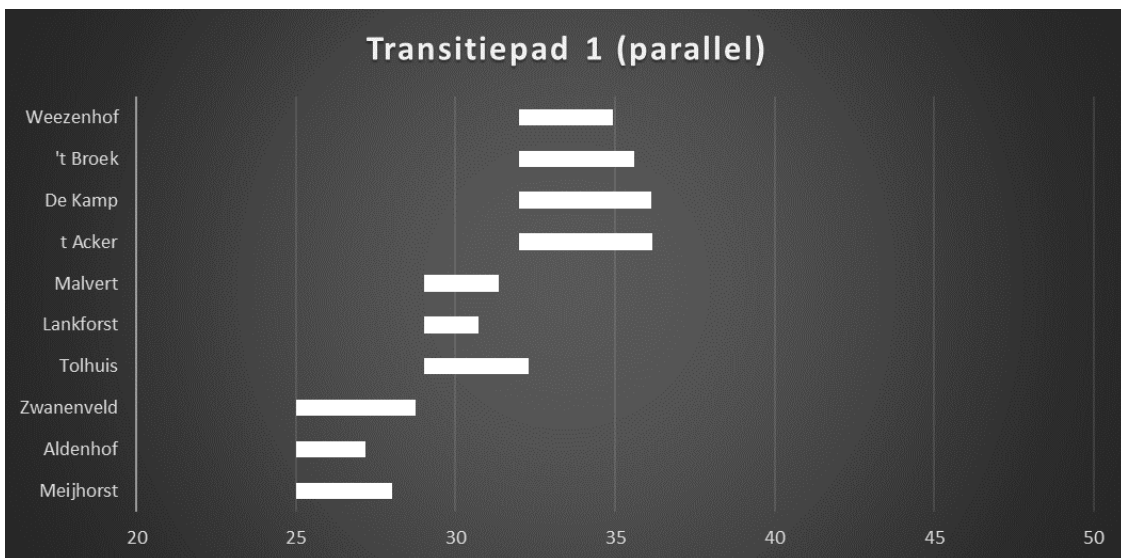


Figuur 3.8 Ganttchart van het transitiepad op basis van Strategie 1 - principe van “hoogste percentage woningbouw”. Tijds-as van 2020 tot 2056

In bovenstaande voorbeeld worden de warmtekavels achtereenvolgens ontwikkeld. Een voordeel van strategie 1 is dat elke buurt haar eigen warmtesystemen krijgt en dat meerdere warmtekavels parallel ontwikkeld kunnen worden. Daarmee kan het tempo worden verhoogd. In figuur 3.9 is een voorbeeld van een transitiepad geschetst, waarin enkele warmtesystemen parallel in drie tranches worden aangelegd. Hoeveel systemen naast elkaar ontwikkeld kunnen worden, is afhankelijk van de personele capaciteit en middelen, van zowel de gemeente en warmtebedrijven en factoren zoals bereikbaarheid. In dit transitiepad is aangenomen dat in de eerste twee tranches drie warmtenetten worden aangelegd en in de laatste tranche vier. In figuur 3.9 is het bijhorende tijdspad geschetst.



Figuur 3.9 Transitiepad naar toekomstontwerp van de warmte-infrastructuur op basis van strategie 1, waarbij warmtesystemen parallel worden aangelegd in drie tranches

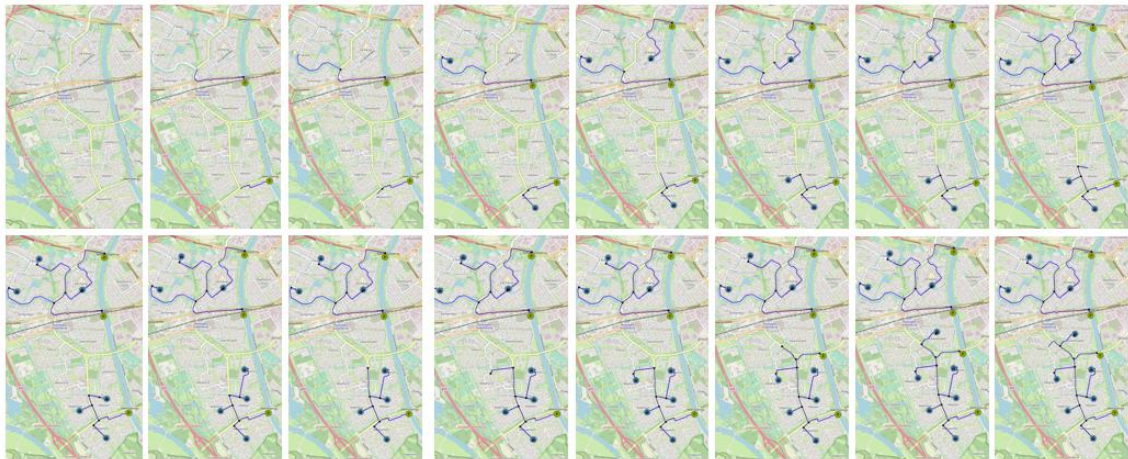


Figuur 3.10 Ganttchart van het transitiepad op basis van Strategie 1 - principe van “hoogste percentage woningbouw”. Tijds-as van 2020 tot 2050

Strategie 2 Grote warmtesystemen

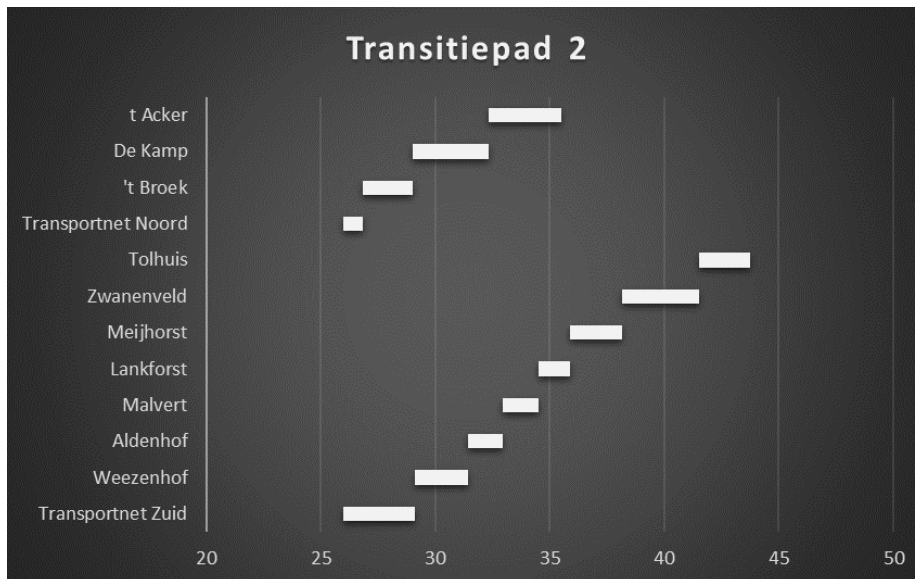
In strategie 2 worden twee grote warmtesystemen aangelegd. In figuur 3.11 is een mogelijk transitiepad voor de aanleg van het transportnet geïllustreerd. In dit transitiepad worden beide warmtesystemen parallel aangelegd. Een variant zou zijn dat beide systemen na elkaar worden aangelegd. In het transitiepad is te zien welke transportleidingen wanneer worden aangelegd. De vrijheidsgraden daarin zijn beperkt. In het Noordelijke systeem wordt gestart bij de warmtebron nabij de Graafse brug. De transportleiding wordt onder de Wijchense weg gelegd tot aan de rotonde. Vandaaruit wordt de transportleiding naar de buurt 't Broek gelegd. Daarna wordt vanuit de

warmtebron nabij de Neerbossche brug een transportleiding aangelegd naar de buurt het Kamp. De beiden transportnetten komen samen in een aftakking naar de buurt 't Acker. In het zuidelijke gedeelte wordt gestart vanuit de warmtebron nabij Hatertsebrug. Er wordt een transportleiding gelegd naar de buurt Weezenhof. Er wordt een aftakking in Noordelijke richting aangelegd naar de buurt Aldenhof en Malvert. Daarna wordt vanuit de transportleiding naar Malvert een aftakking naar de buurt Lankforst gemaakt. De transportleiding wordt verlengd en er komt een aftakking naar de buurt Meijhorst. Dan wordt vanuit de warmtebron Dukenburgse brug een transportleiding gelegd naar de buurt Zwanenburg. Tot slot wordt een aftakking gemaakt naar de buurt Tolhuis.



Figuur 3.11 Transitiepad naar toekomstontwerp van de warmte-infrastructuur op basis van strategie 2.

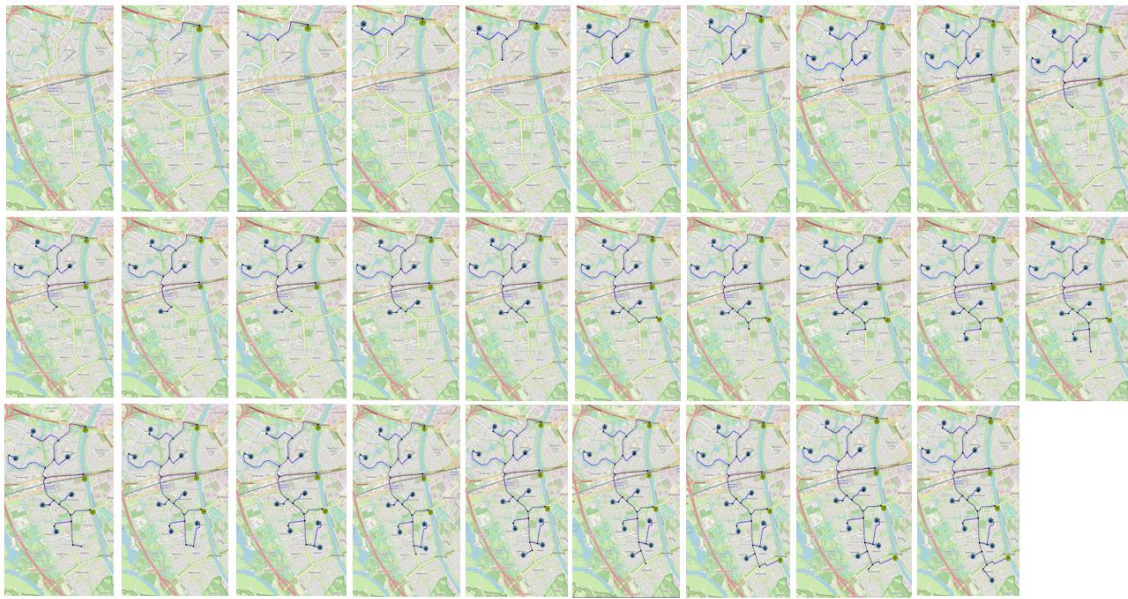
In dit transitiepad wordt het transportnet eerst in zijn geheel aangelegd. Als dat klaar is worden de distributienetten aangelegd. In figuur 3.12 is dat weergegeven in een ganttchart. Uitgaande van een tempo van gemiddeld 12m per dag, is de doorlooptijd om het noordelijke transportnet aan te leggen ca. 3,1 jaar en het kleinere zuidelijk transportnet ca. 0,8 jaar. In het pad wordt ervan uitgegaan dat er in 2026 gestart wordt met de aanleg. Er is dus een korte voorbereidingstijd, waarin het beleidstraject om wijkuitvoeringsplannen te ontwikkelen, inclusief bewonersparticipatie, bestuurlijk vaststelling telling en aanwijzing of aanbesteding van warmtekavels in drie jaar zou moeten plaatsvinden. Op deze onzekerheden wordt in de volgende stap ingegaan.



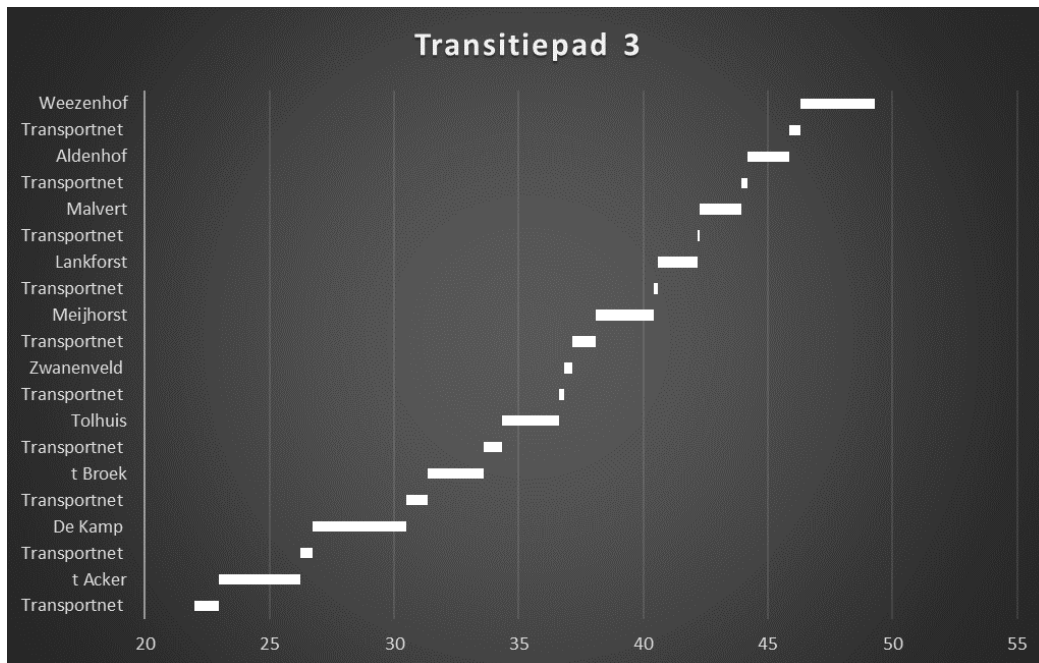
Figuur 3.12 Ganttchart van een mogelijk transitiepad voor warmtekavel-ontwikkeling op basis van Strategie 2. Tijd-as van 2020 tot 2050

Strategie 3 Groeiend warmtesysteem

In deze strategie wordt het warmtesysteem steeds verder uitgebreid. Er wordt steeds een stuk transportnet aangelegd en, in tegenstelling tot strategie 2, wordt in dit transitiepad het distributienet daarna aangelegd en wordt de warmtekavel dus ontwikkeld. In figuur 3.13 is een mogelijk transitiepad geschetst van de groei van het transportnet. In dit pad wordt gestart met de aanleg van de transportleiding vanuit de warmtebron bij de Neerbossche brug in het zuiden naar 't Acker. Nadat het transportnet er ligt wordt het distributienet aangelegd en wordt 't Acker aardgasvrij. Er wordt vervolgd met een transportleiding naar het zuiden om de buurt De Kamp ook aan te sluiten. Nadat deze buurt is aangesloten, wordt een nieuw stuk transportleiding aangelegd om 't Broek aan te sluiten. De transportleiding naar het zuiden wordt vervolgens verder doorgetrokken zodat ook de buurten Tolhuis en Zwanenveld aangesloten kunnen worden. Daarvoor is wel extra vermogen nodig dus er wordt een extra warmtebron bij de Graafse brug ontwikkeld en een extra transportleiding aangelegd. Nadat Zwanenveld van het aardgas af is, is de buurt Meijhorst aan de beurt. Het transportnet wordt nog verder uitgebreid richting de buurten Lankhorst en Malvert en Aldenhof. Om de buurt Weezenhof te laten aansluiten wordt een extra transportleiding aangelegd van de warmtebron nabij Hartertse brug. In figuur 3.14 is het tijdsplan van de kavelontwikkeling weergegeven.



Figuur 3.13 Transitiepad naar toekomstontwerp van de warmte-infrastructuur op basis van strategie 3



Figuur 3.14 Ganttchart van een mogelijk transitiepad voor warmtekavel-ontwikkeling op basis van Strategie 3. Tijd-as van 2020 tot 2050

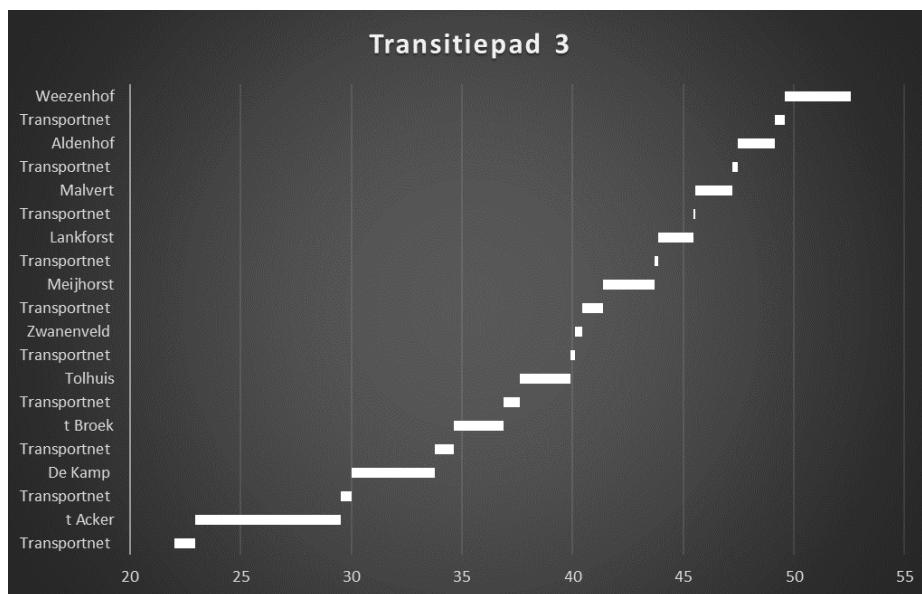
3.4 Onzekerheden

In de voorgaande stappen is toegewerkt naar het laten zien van een aantal mogelijke transitiepaden. Daarbij is een aantal vereenvoudigingen toegepast om de complexiteit te reduceren. In werkelijkheid spelen er natuurlijk tal van factoren mee die de keuzes en het tempo bepalen. De onzekerheden kunnen in beeld gebracht worden. In deze stap wordt verkend hoe de onzekerheden meegenomen kunnen worden in de aanpak. We maken daarbij onderscheid in onzekerheden met betrekking tot het tempo, de kosten en de bronnen.

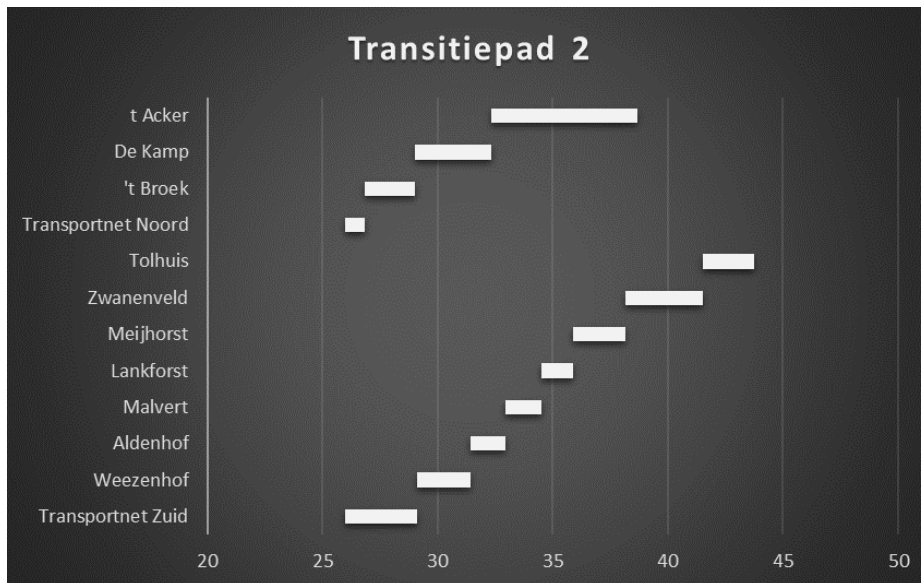
Onzekerheden met betrekking tot tempo

In deze verkenning is aangenomen dat alle woningen en gebouwen worden aangesloten op het warmtenet. In de praktijk is dat niet zo. Een van de belangrijke onzekerheden met betrekking tot de business case is daarom het aantal aansluitingen en het tempo van aansluiten. Daarom is het zinvol om een randvoorwaarde voor een bepaald percentage aansluitingen op te leggen en om met verschillende scenario's voor aansluittempo te werken. In het transitiepad kan dit betekenen dat bepaalde warmtenetten later worden aangelegd omdat nog niet aan de randvoorwaarde is voldaan.

Stel dat het aansluittempo 2 keer zo langzaam is in de buurt 't Acker, als aangenomen in de eerdere transitiepaden. De aansluittijd van het distributienet gaat naar 1 aansluitingen per dag. In figuur 3.15 wordt het effect op transitiepad 3 getoond, waarin er sprake is van een groeimodel. In de buurt 't Acker duurt het nu twee keer zo lang. In dit transitiepad heeft dat ook consequenties voor de daaropvolgende kavels die daar ook later worden aangelegd. In figuur 3.16 wordt diezelfde vertraging getoond voor transitiepad 2. Daar wordt alleen vertraging opgelopen in de buurt 't Acker. dit komt omdat deze buurt achteraan in de reeks zit. Het zuidelijk cluster ondervindt sowieso geen gevolgen van deze vertraging.



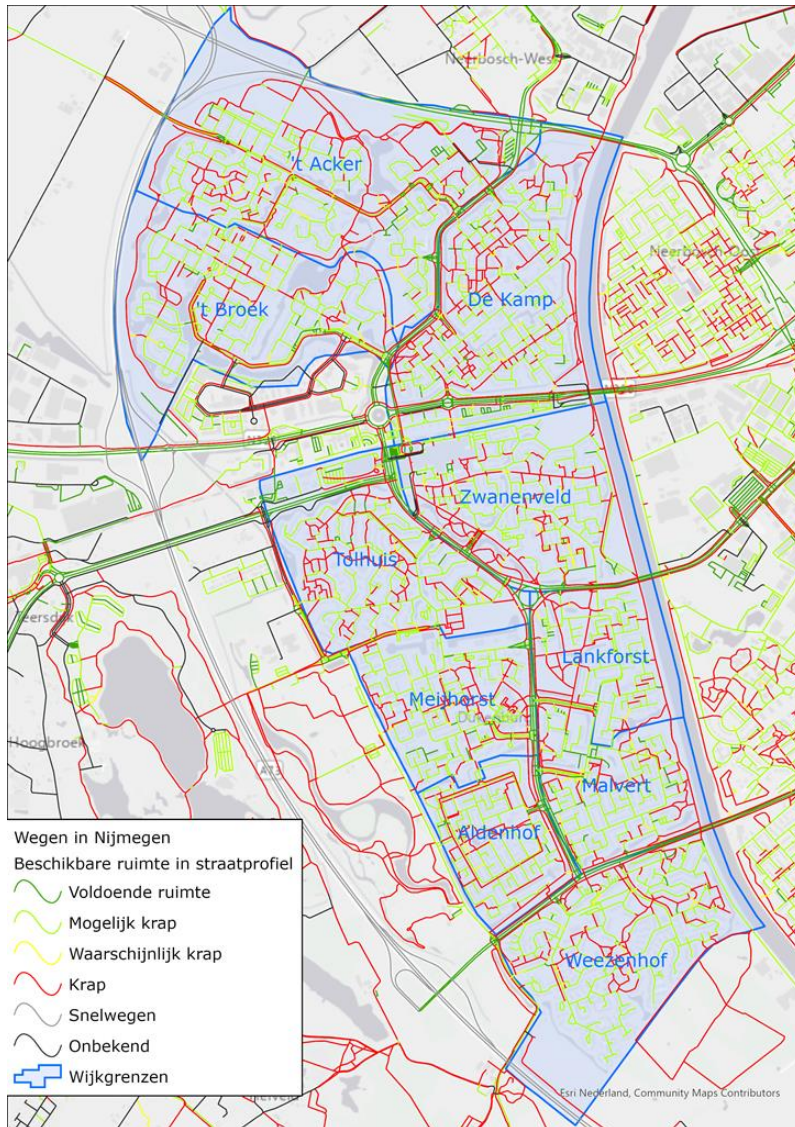
Figuur 3.15 Effect op het transitiepad als er sprake zou zijn van vertraging zou zijn in de buurt 't Acker. In het groeimodel (strategie 3) werkt het effect door op de volgende kavels.



Figuur 3.16 Effect op het transitiepad als er sprak zou zijn van vertraging zou zijn in de buurt 't Acker. In dit transitiepad is 't Acker de laatste buurt in de rij.

Onzekerheden met betrekking tot kosten

Een tweede onzekerheid zijn de kosten voor aanleg. Een belangrijk deel van deze kosten wordt gevormd door de graafwerkzaamheden. Obstakels en andere leidingen in de ondergrond kunnen deze kosten aanzienlijk verhogen. Een manier om met die onzekerheid om te kunnen gaan is door in de designtoolkit uit te gaan van de ondergrondgeschiktheidskaart. Deze kaart laat zien waar mogelijke knelpunten kunnen ontstaan om dat er weinig ruimte in de ondergrond beschikbaar is voor transport- of distributieleidingen. In figuur 3.17 is zo'n kaart weergegeven voor het studiegebied. Te zien is dat de hoofdtransport as van Noord naar Zuid groen gekleurd is en dat daar geen knelpunten te verwachten zijn. In rood wordt weergegeven waar mogelijke knelpunten kunnen optreden. Vanaf de hoofdtransport-as naar de wijken 't Acker en 't Broeck. Op het traject van het transportnet richting Tolhuis en Zwanenveld is op het eerste stuk ook weinig ruimte, zeker als de diameters daar relatief groot zijn. In de wijken zelf zijn ook veel kleinere straten waarin weinig ruimte is. Dit kan mogelijk knelpunten opleveren voor het distributienet. In de designtool kan hiermee rekening worden in het ontwerp. In het transitiepad kan daarmee eventueel rekening mee gehouden worden door de doorlooptijd te verlengen.



Figuur 3.17 Signaalkaart voor de geschiktheid voor de inpassing van een warmtenetten voor Zuidwest Nijmegen

Onzekerheden met betrekking tot bronnen

Tot slot is er onzekerheid over de bronnen. Rond aquathermie spelen onzekerheden over de impact op de ecologie in de watergang. De regels daaromtrent zijn nog niet vastgesteld. Er is daarom nog onzekerheid over hoeveel warmte er daadwerkelijk op bepaalde locaties gewonnen mag worden. Ook rond geothermiebronnen is er vaak nog veel onzekerheid. Er is onderzoek nodig om te bepalen of geothermie mogelijk is. Onzekerheden met betrekking tot de bronnen kan in de designtoolkit worden meegenomen door diverse ontwerpen te maken met de verschillende bronnen. In de transitiepaden kan het meegenomen worden door de ontwikkeling van de warmtesystemen met onzekerheden naar achter in de tijd te plaatsen.

3.5 Conclusie

De designtoolkit is van oorsprong bedoeld voor ondersteuning van het technisch ontwerp van transportwarmtenetten. In deze verkenning is de design toolkit voor een ander doel toegepast.. Op basis van deze verkenning laten we zien dat dat de designtool kan ondersteunen bij de vertaalslag van de opschalingsstrategieën (uit hoofdstuk 2) naar mogelijke toekomstontwerpen en transitiepaden. Daarbij komen strategisch vraagstukken van het gemeentelijk transitiebeleid aan de orde, zoals de toekomstige warmte-infrastructuur, bronnenstrategie, kavelindeling en volgorde. Door deze afwegingen expliciet in beeld te brengen en af te wegen kan deze aanpak een gemeente ondersteunen bij het ontwikkelen van haar transitiebeleid. Echter in deze verkenning is daar slechts een eerste stap in gemaakt. Om dit goed te kunnen doen is doorontwikkeling van de aanpak en de tool nodig. In het volgende hoofdstuk wordt daarom een beeld geschetst van wat daarvoor nodig is.

4. Reflectie en doorontwikkeling

In dit hoofdstuk wordt een reflectie gegeven de methode en het gebruik van de design toolkit in de verkenning uit het voorgaande hoofdstuk. Het doel van deze analyse is tweeledig. Ten eerste om scherp in beeld te krijgen welke aspecten van de opschalingsopgave met deze aanpak ondersteund kan worden. Op welke wijze zou het gemeenten kunnen ondersteunen in ontwikkelen van strategieën en het nadenken over transitiepaden. Tweede doel is het trekken van lessen over verbetering van de aanpak. De verkenning die hier is uitgevoerd is een eerste oefening. Daarbij zijn allerlei aspecten om de hoek komen kijken, die voor deze verkenning nog te ver gingen. Door de aanpak verder te ontwikkelen kunnen deze aspecten aan de orde komen. Dit betreft zowel de doorontwikkeling van de design toolkit als de aansluiting met andere tools.

Deze reflectie is toegepast aan de hand van de *Kennisagenda Governance van Opschaling*, die eerder in dit WarmingUp project is opgesteld. In deze kennisagenda zijn vijf deelopgaven van de warmtetransitie onderscheiden met daaronder de belangrijkste kennisvragen per deelopgave. Deze deelopgaven zijn:

1. Onderbouwing van warmteopties per buurt/kavel
2. Draagvlak en participatie (ontwikkeling van de warmtevraag)
3. Visievorming op ruimtelijke (ondergrondse) impact en ruimtelijk integratie
4. Invulling geven aan rollen en beleidsinstrumenten
5. Ontwikkeling van een geïntegreerde gemeentelijke routekaart

Vanuit elke deelopgaven is gereflecteerd op de aanpak. Hoe kan deze aanpak daaraan bijdragen en wat is daarvoor nodig?

4.1 Onderbouwing van warmte-opties per buurt/kavel

De eerste deelopgave waar we naar kijken is de onderbouwing van warmteopties. De meeste gemeenten hebben inmiddels Transitievisie Warmte opgesteld. Dit visiedocument biedt een eerste beeld van de warmtevraag, de mogelijke warmtebronnen en de opties voor mogelijke warmtesystemen per buurt. Deze visies zijn doorgaans nog vrij algemeen en conceptueel. Een van de deelopgaven is daarom om deze visies verder uit te werken en concretiseren. Om dat te kunnen doen is verdere onderbouwing voor de toekomstige warmte-infrastructuur nodig. In de paragrafen hieronder geven we aan hoe deze aanpak daar aan zou kunnen bijdragen.

4.1.1 Infrastructuur-ontwerpen vergelijken

De designtoolkit is ontwikkeld om warmtenetten te ontwerpen. Het is daarmee een geschikte tool om verschillende warmtenet-ontwerpen met elkaar te vergelijken. Het gebruik van de designtoolkit vraagt echter om de nodige technische expertise en gedetailleerde inputdata, bijvoorbeeld over energieverbruik. Voor de aansturing van het model is een modelexpert nodig. Voor de vergelijking tussen mogelijke beelden over de toekomstige warmte-infrastructuur is dit detailniveau niet altijd nodig. Het zou daarom zinvol zijn om een aantal vereenvoudigingen door te voeren voor de toepassing op het vraagstuk van gemeentelijke opschalingsstrategieën. Daarnaast is de toolkit gericht op het ontwerp van transportsystemen en niet van de fijnmazige distributiesystemen. Dit kan zowel als een voordeel als nadeel worden beschouwd. Het voordeel is dat de focus blijft op de hoofdstructuur en niet vervalt in de details van een specifieke kavel. Bovendien zal het distributiesysteem in verschillende varianten van de hoofdstructuur veel verschillen, omdat in alle varianten alle

gebouwen aangesloten zullen moeten worden. Nadeel is wel dat de uitrol van het distributienet zelf niet verkend kan worden. Belangrijk aandachtspunt is de locatie van de warmteoverdrachtstations als de overgang van het transportnet naar het distributienet.

4.1.2 Onderbouwing van de kosten

Met de toolkit is het mogelijk om inschattingen te maken van de CAPEX en de OPEX van warmtesystemen. Daarmee kunnen verschillende ontwerpen met elkaar vergeleken worden op de kosten, waarmee een onderbouwing gegeven kan worden voor de keuze over varianten. In deze kosteninschattingen zitten echter nog wel onzekerheden en dat dient nader onderzocht te worden. In verschillende projecten van WarmingUp is daar ook al nader onderzoek naar gedaan, onder andere in thema 2 naar de kosten voor aanleg van warmtenetten en in thema 3 naar de kosten van Aquathermie. Om verschillende ontwerpen eerlijk met elkaar te vergelijken op kosten, is het van belang dat alle kosten worden meegenomen. Deze waarborg is er nog niet, maar dat geldt voor alle energiemodellen.

4.1.3 Samenhang warmtekavels

In deze toepassing van de designtoolkit zijn ontwerpen gemaakt waarin meerdere warmtekavels (naast elkaar) zijn uitgewerkt. Het biedt tevens de mogelijkheid om de omvang en de grenzen van de warmtekavels te variëren. In principe biedt dat de mogelijkheid om de samenhang tussen warmtekavels te analyseren. In de praktijk zien we ook dat de warmtekavels nog niet vastliggen. Een van de belangrijke vragen is dan ook welke warmtekavels er gaan komen en hoe die bepaald gaan worden. Vooralsnog lijkt het dat de kavels aangewezen aan de hand van lopende projecten. Dat roept de vraag op of dat ook optimale kavels zijn gezien vanuit de gemeentelijke samenhang met betrekking tot beschikbaarheid van warmtebronnen, warmtevraagprofielen en de cumulatieve kosten. Met de aanpak zoals die hier ontwikkeld is, kan dit vraagstuk verkend worden en de discussie voeden over de onderbouwing van warmtekavels.

In deze studie is de variatie in kavelindeling nog vrij eenvoudig aangepakt. Dit is met name het gevolg geweest van het gebrek aan gedetailleerde warmtevraagdata. Om echt goed met de kavelomvang en grenzen te kunnen variëren is er warmtevraagdata nodig op gebouwniveau (woonblokken) in plaats van buurtniveau. Gasverbruik is bijvoorbeeld via het CBS slechts per postcodegebied beschikbaar. Dat maakt de uitwerking van een strategie gebaseerd op de aanleg van kleine warmtesystemen eigenlijk onmogelijk. In de casus werden we daardoor beperkt tot een minimale kavelomvang van een buurt. Dat geldt eigenlijk ook voor de strategie van een groeimodel, waarin uitbreidingsstappen ook kleiner kunnen zijn dan buurtniveau.

4.1.4 Uitwerking bronnenstrategie

Tot slot kan deze aanpak ook bijdragen aan een onderbouwing van de bronnenstrategie. In deze casus zijn ontwerpen gemaakt die weliswaar gebruik maken van één type bron (aquathermie), maar het is mogelijk om meer bronnen in het ontwerp mee te nemen. Dit zouden we in een volgende ontwikkelstap ook willen onderzoeken. De ontwerpen gaan dan meer variëren. De kostenschattingen zullen ook grotere verschillen laten zien, omdat investeringskosten voor de bronontwikkeling en ook de variatie van temperatuurregimes van de warmtenetten meegenomen worden.

Concreet betekent dat in een volgende stap een preciezer beeld moet worden gemaakt van de capaciteit van de warmtebronnen, de kosten en ook wanneer die capaciteit beschikbaar komt. Met name voor geothermie is deze onzeker met betrekking tot realisatie reëel en moeten er ook alternatieven worden onderzocht. In het geval van aquathermie geldt dat bepaald moet worden

hoeveel warmte onttrokken mag worden binnen de ecologische grenzen, rekening houdend met cumulatieve temperatuurseffecten (van der Brugge et al, 2022) en dat gaat verder dan het raadplegen van de aquathermvier. Voor restwarmte van fossiele energiecentrales tot slot geldt dat bepaald moet worden hoe lang deze nog in productie zijn en wat duurzame alternatieven zijn. Om te kunnen inschatten of een warmtenet interessant is, is inzicht in mogelijke bronnen belangrijk. In bijlage 1 staan een aantal tools genoemd die overzicht geven van beschikbare warmtebronnen warmtevragers. Ook is de aanwezige infrastructuur, gasleidingen en warmtenetten op kaarten weergegeven.

Op basis daarvan is het in principe mogelijk om tot een samenhangende en onderbouwde infrastructuurvisie te komen met een wenselijke verdeling van bronnen en warmtekavels. In essentie ligt daar een optimalisatievraagstuk aan ten grondslag tussen de verdeling van het aanbod over de vraag en de maatschappelijke kosten. Zo'n optimalisatie zou kunnen voorkomen dat bijvoorbeeld kavels die geschikt zijn voor lage temperatuur toch op hoge temperatuurbronnen worden aangesloten. Dergelijke optimalisatiestudies zijn nodig om de toekomstbeelden die in de transitievisies warmte geschetst worden, nader uit te werken en te onderbouwen.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat ook met zo'n nader onderbouwde transitievisie adaptief moet worden omgegaan. Het geeft richting, maar er zijn ook nog veel onzekerheden. Daarom zou het verstandig zijn om een procedure in te bouwen waarin de visie en onderliggende keuzes periodiek herijkt worden.

4.2 Draagvlak en participatie (ontwikkeling van de warmtevraag)

De tweede deelopgave uit de kennisagenda heeft betrekking op het creëren van voldoende draagvlak en het vormgeven van bewonersparticipatie. Aan een verdere uitwerking van deze deelopgave is in deze verkenning beperkte aandacht gegeven. Een van de redenen daarvoor is dat dit al aandacht krijgt in project 6A van WarmingUp. Ook verwijzen we daarvoor naar de website www.wijkkompas.nl of <https://energy.nl/tools/de-energieke-gemeente/> waarin veel praktische tips staan.

Bij de beschrijving van de verschillende typen opschalingsstrategieën komt deze deelopgave expliciet aan de orde in de paragrafen over de wijkgerichte aanpak. In de uitwerking van het transitiepad is er kort aandacht aan gegeven, via het inbouwen van onzekerheden in het transitiepad met betrekking tot de doorlooptijden. In de uitwerking is de doorlooptijd nu geschat op basis van aanlegtempo. Dit kan eenvoudig worden uitgebreid met een inschatting van het participatieproces vooraf. Ook de doorlooptijd om tot voldoende toezeggingen voor aansluitingen te komen zou op deze manier gesimuleerd kunnen worden. Er zijn ook mogelijkheden denkbaar om de afsluiting van het gasnet als deadlines te hanteren. Hierdoor zijn de effecten van eventuele vertragingen (of versnellingen) in beeld te brengen. Daarnaast biedt het transitiepad ook houvast voor de planning van het participatieproces.

Het participatieproces zelf zou ook baad kunnen hebben bij een beter onderbouwd toekomstbeeld en transitiepad zoals bedoeld in voorgaande paragrafen over de deelopgave voor warmte infrastructuur. Er kunnen concrete opties worden geschetst met voor- en nadelen. Het participatieproces is daardoor beter in te kaderen en concretiseert de keuzes die gemaakt moeten

worden. Dit kan leiden tot het gevoel dat de opties van bovenaf worden opgelegd, maar daartegenover staat dat een onvoldoende onderbouwing kan leiden tot onrust en wantrouwen.

4.3. Visievorming op ruimtelijke (ondergrondse) impact en ruimtelijk integratie

De derde deelopgave is die van de ruimtelijk inpassing en integratie. Ook voor deze deelopgave komt steeds meer aandacht, nu men inziet dat de ruimteclaim van warmte-infrastructuur groot is. Echter, omdat bij weinig gemeenten al een concreet beeld van de toekomstige warmte-infrastructuur is, is er ook nog maar beperkt inzicht in de daadwerkelijke ruimtebeslag en de eventuele conflicten met andere functies die daardoor ontstaan. Hieronder geven we aan hoe deze aanpak bij zou kunnen dragen aan deze deelopgave.

4.3.1. Ruimteclaim en inpassing

De eerste bijdrage is door inzichtelijk te maken wat de claim op de bovengrondse en ondergrondse ruimte is. Het ruimtebeslag is namelijk pas te analyseren als er een (concept)ontwerp van toekomstige warmte-infrastructuur, als het duidelijk is waar eventueel leidingen en installaties komen. Om deze analyse te ondersteunen is een methode ontwikkeld, waarmee een signaalkaart gemaakt kan worden om te bepalen of er genoeg ruimte in de ondergrond is om een warmtenetleiding aan te leggen. Deze GIS-kaart signaleert vroegtijdig in het proces (al bij de conceptuele ontwerpen) waar eventuele knelpunten kunnen optreden als de warmte-infrastructuur ingepast zou moeten worden en kan ondersteunen bij de ruimtelijke inpassingsanalyse.

4.3.2 Inschatting van de kosten voor aanleg

Een tweede bijdrage is dat het een realistische beeld kan geven van de kosten. In de meeste Transitievisies Warmte wordt informatie over de ondergrond niet of nauwelijks meegenomen. Ook in de Startanalyse van het PBL worden kostenberekeningen gemaakt zonder rekening te houden met ondergrondinformatie, hoewel in de kostenkentallen ook grondwerkzaamheden verdisconteerd zijn. Echter dit zijn algemene kentallen die geen rekening houden met de lokale situatie en kunnen daarom leiden tot onderschatting van de kosten, omdat er obstakels verwijderd moeten worden, leidingen verlegd moeten worden, dat de graafkosten hoger zijn, of de beschikbare ruimte in de ondergrond kleiner is. Ook zo'n kostenanalyse kan eigenlijk pas goed plaatsvinden als er een ontwerp van de warmte-infrastructuur is en duidelijk is wat de locatie van de bronnen, de warmteoverdrachtstations en de leidingtracés zijn, etc.

4.3.3 Gebiedsopgaven koppelen aan warmte-infrastructuur

Tot slot bieden de toekomstontwerpen en transitipaden ook handvatten om na te denken over de meekoppelkansen. Aan de hand van het toekomstontwerp kunnen die kansen geïdentificeerd worden. In het transitiepad kan daarmee rekening gehouden worden door de planning daarop af te stemmen. Deze analyse is in deze verkenning niet uitgevoerd, maar het zou als sturend principe voor de volgorde kunnen worden meegenomen.

4.4 Invulling geven aan rollen en beleidsinstrumenten

De vierde deelopgave is die van het vormgeven van de rollen en beleidsinstrumenten. Op deze deelopgave is in dit project niet expliciet op ingegaan. De reden daarvoor is dat in project 6B van WarmingUp al aan gewerkt wordt. Veel gemeenten, maar ook andere partijen zoals warmtebedrijven, netbedrijven, bronhouders, woningbouwcorporaties en de eindgebruikers (inwoners, utiliteit) worstelen met hun rol. Dit komt mede doordat de wettelijke kaders nog niet duidelijk zijn (Warmtewet 2.0, Gemeentelijk instrumentarium). In de hier toegepaste aanpak zijn de rollen en beleidsinstrumenten voor de verschillende strategieën niet expliciet uitgewerkt. In een vervolgstap kan dit echter aan de hand van de verschillende ontwerpvarianten en de transitiepaden wel verder geconcretiseerd worden. In elk transitiepaden zullen de rollen en beleidsinstrumenten namelijk anders zijn. In een transitiepad waarin grote warmtesystemen aangelegd worden, zal de gemeente (waarschijnlijk) deelnemen in het warmtebedrijf. In dat geval wordt een rol als eigenaar aangenomen. Er wordt risico gedragen en er kan directer gestuurd worden op de het transitiepad. Dit is anders in een strategie met veelal kleinere systemen. In dat geval zal de gemeente meer initiatief bij andere partijen kunnen laten, zoals energie-coöperaties of warmtebedrijven. De gemeente voert dan regie via een faciliterende rol, via stimuleringsregelingen of ondersteuning en toets als bevoegd gezag. Dat is een hele andere rol waarvoor ook andere instrumenten nodig zijn.

4.5. Ontwikkeling van een geïntegreerde gemeentelijke routekaart

Deze deelopgave is erop gericht om bovenstaande deelopgaven met elkaar te combineren tot een gemeentelijke routekaart, dat als basis kan dienen voor het gemeentelijk transitiebeleid. In het Wetsvoorstel Gemeentelijk Instrumentarium Warmtetransitie wordt aangegeven aan dat de Transitievisies Warmte en nadere uitwerkingen daarvan onder de Omgevingswet zal komen te gelden als een onverplicht programma, het Warmteprogramma. Verankering van het warmteprogramma in de Omgevingswet betekent dat daarvoor instructieregels voor opgesteld kunnen worden, bijvoorbeeld de begrenzings van de wijk en het beste alternatief voor aardgas, evenals de beoordeling van de opt-out, de redelijke termijn om het gas af te sluiten en de wijze van monitoring.

De geschetste transitiepaden illustreren hoe zo'n routekaart eruit zou kunnen zien. Enerzijds is dat een schets van verschillende, mogelijke toekomstbeelden van de warmte-infrastructuur. De consequenties van die ontwerpen moeten helder in beeld gebracht worden voor de aanwijzing van de warmtekavels, de kosten en baten (op de lange termijn) en inpassing in de ondergrond. Anderzijds is dat een schets van het transitiepad daar naartoe met een analyse van benodigde gebiedspartners en warmtebedrijven per kavel, een passende aanpak voor het participatieproces en de afstemming van het warmte-infrastructuur met het ruimtelijk beleid. De aanpak zou op deze wijze kunnen bijdragen aan het herijken van de transitievisies warmte en het beleidskader kunnen bieden voor de wijkuitvoeringsplannen en lopende warmteprojecten.

In deze verkenning begeven we ons nog maar aan het oppervlak van de complexiteit, maar het is een stap in de richting van het concretiseren van de routekaart. In deze verkenning hebben we ons ook beperkt tot opschalingsstrategieën voor collectieve warmtesystemen. We beseffen dat de nationale programma's voor isolatie en (hybride) warmtepompen andere transitiepaden zijn, die minstens even veel aandacht verdienen en ook effect zullen hebben op het transitiepad van collectieve warmtesystemen.

5. Conclusies

In deze studie zijn verschillende opschalingsstrategieën behandeld en is een verkenning gedaan in hoeverre deze strategieën met behulp van de WarmingUP designtoolkit uitgewerkt kunnen worden tot transitiepaden. We constateren dat het gemeentelijk transitiebeleid in een volgende fase terecht is gekomen, waarin via wijkuitvoeringsplannen strategieën voor de opschaling van collectieve warmtesystemen nader uitgewerkt moeten worden. Er is veel aandacht voor de korte termijn en lopende warmteprojecten. De uitwerking van een lange termijn strategie in toekomstbeelden en transitiepaden vormt daarmee een gezond tegenwicht. Het dwingt men om op systeemniveau naar de warmtetransitie te kijken en te bepalen of de richting goed is.

Naar aanleiding van deze verkenning worden de volgende antwoorden op de onderzoeksvragen geven.

1. Welke strategieën voor opschaling zijn mogelijk en wat zijn daar de voor- en nadelen van?

Er zijn verschillende opschalingsstrategieën mogelijk. In deze studie zijn vier strategieën benoemd. Binnen deze vier algemene strategieën zijn verschillende varianten te herkennen. Binnen een gemeente kunnen verschillende strategieën gecombineerd worden. Elk van deze strategieën heeft zijn voor- en nadelen en afhankelijk van de lokale situatie kunnen keuzes gemaakt worden over welke strategie het beste past.

- Wordt een opschalingsstrategie gevolgd die gericht is op kleinschalige warmtesystemen, dan heeft dat als voordeel dat het participatieproces met bewoners overzichtelijk is, maar de kosten hoger kunnen uitvallen door gebrek aan schaalvoordelen en piekvoorzieningen. Bovendien moet een gemeente met veel partijen om de tafel en dat vraagt om capaciteit.
- Wordt een strategie gevolgd die gericht is op grootschalige warmtesystemen, dan zijn die schaalvoordelen er wel, maar is bewonersparticipatie lastiger te organiseren.
- Als opschaling plaatsvindt middels een strategie op groei modellen, dan is een voordeel dat er al een organisatie staat (warmtebedrijf). Nadeel zou kunnen zijn dat de bewoners geen vrije keuze hebben met betrekking tot de warmtebron en aanbieder. Voordeel van het aanleggen van tijdelijke warmtesystemen is dat er niet gewacht hoeft te worden op de ontwikkeling van de definitieve bron. Nadeel daarvan is de onzekerheid over de bronontwikkeling.
- Tot slot wordt de strategie van verduurzaming van de bron apart genoemd. Dit geldt voor warmtesystemen waarvan de capaciteit op den duur verminderd, bijvoorbeeld van gasgestookte energiecentrales. Nadeel daarvan is de warmtebron op termijn vervangen moet worden.

2. Hoe zou zo'n aanpak eruit kunnen zien?

Het ontwikkelen van strategieën voor de opschaling van collectieve warmtesystemen als onderdeel van de warmtetransitie omvat enerzijds het ontwikkelen van mogelijke toekomstbeelden voor de warmte-infrastructuur, anderzijds de analyse van transitiepaden die daar naartoe leiden. Om een stap verder te komen dan de huidige generatie Transitievisies Warmte, moeten daarvoor concrete (concept)ontwerpen van de warmte-infrastructuur ontwikkeld worden. De onderliggende keuzes en de consequenties daarvan worden op die manier expliciet gemaakt. Het gaat daarbij om keuzes over omvang en grenzen van de warmtekavels, het aantal warmtekavels, de typen warmtesystemen, de warmtebronnen die daarvoor beschikbaar zijn en de volgorde waarin de warmtekavels ontwikkeld worden. Hier horen een aantal aandachtspunten bij:

- De ontwerpen voor de toekomstige warmte-infrastructuur hoeven niet te gedetailleerd te zijn, maar wel genoeg detail hebben om tot betere kostenschattingen te komen dan nu het geval is.
- Voor een goede onderbouwing dienen verschillende ontwerpvarianten naast elkaar te worden gelegd en met elkaar te worden vergeleken.
- Het is van belang om vanuit systeemniveau (schaalniveau van de gemeente, regio) naar de samenhang te kijken. Hier aan ten grondslag ligt een optimalisatievraagstuk met betrekking tot de bronnenstrategie, kavelverdeling en maatschappelijke kosten.
- De uitwerking in transitiepaden biedt inzicht in de haalbaarheid ten aanzien van doelstellingen binnen de termijn en biedt aanknopingspunten voor maatregelen om te versnellen.
- Op basis van de ontwerp kan ook de ruimtelijke inpassingsanalyse gemaakt worden.

3. Kunnen we deze strategieën uitwerken met behulp van de Warming-Up designtoolkit?

De toolkit is van oorsprong bedoeld om het technisch ontwerp van warmtenetten te ondersteunen. In deze verkenning is de design toolkit voor een ander doel toegepast, namelijk het uitwerken van strategieën waarin meerdere warmtesystemen samen in een ontwerp worden geplaatst. Dit is het strategisch vraagstuk van het gemeentelijk transitiebeleid. De designtool kan daarbij ondersteunen door mogelijke ontwerpen voor de toekomstige warmte-infrastructuur door te rekenen. Met betrekking tot het uitwerken van een opschalingsstrategie tot een ontwerp van warmte-infrastructuur is er data nodig op hogere resolutie om ook kleine warmtesystemen mee te nemen in het ontwerp. Als die data beschikbaar is vormt dit echter geen belemmering voor de toolkit. Op basis van deze verkenning is er meer zicht gekomen op de workflow en de wijze waarop de designstoolkit ingezet kan worden om ondersteuning te bieden bij deze strategische vraagstukken.

4. Op welke vlakken moeten we aanpak en de designtool verder doorontwikkelen om het (gemeentelijk) transitiebeleid te ondersteunen?

Om de toolkit ook geschikt te maken voor deze toepassing doen we de volgende aanbevelingen.

- *Vereenvoudiging en verbetering gebruiksvriendelijkheid*
De aansturing van de toolkit vraagt om gedetailleerde invoer en technisch expertise. Om de toolkit voor deze toepassing geschikt te maken wordt aanbevolen om vereenvoudigingen door te voeren, zodat ook minder (technisch) ingevoerde gebruikers de tool kunnen gebruiken.
- *Bouw de tijdsdimensie in, door middel van een analysetool voor transitiepaden*
Om de opschalingsstrategieën te vertalen naar transitiepaden moet de factor tijd worden ingebracht. Verdere ontwikkeling van de analysetool voor transitiepaden is daarvoor nodig. Onderdelen van de workflow zijn te automatiseren.
- *Extra functionaliteiten*
Een aantal extra functionaliteiten zou handig zijn voor deze toepassing. Denk aan het intekenen van kavelsgrenzen (bijvoorbeeld in de mapeditor) en het (automatisch) bepalen (schatten) van de (piek)warmtevraag. Hiervoor is wel dat warmtevraagdata nodig op hogere resolutie. Een naadloze integratie van de warmteprofielengenerator zou daarbij behulpzaam zijn. De functionaliteit om automatisch leidingen van de bron naar de vraaglocatie in te tekenen is al ingebouwd, zodat dit niet handmatig gedaan hoeft te worden.
- *Uitwerking voor een bestaande casus*
De verkenning die hier is uitgevoerd was slechts een eerste stap. Om beter grip te krijgen te krijgen op de consequenties van keuzes over warmtebronnen, kavelindelingen, type systemen en transitiepaden is vervolgonderzoek nodig. Er wordt daarom aanbevolen om de inzichten die in deze casus naar voren gekomen zijn verder uit te werken. Een van de

mogelijkheden daarvoor is het project Warmteling in de regio Rotterdam Den Haag, waar het ontwerp van het warmtenet en de diverse transitievisies warmte met elkaar geïntegreerd moeten gaan worden. Ook het groeifonds-programma Nieuwe Warmte Nu! biedt mogelijkheden daarvoor.

- *Planning, monitoring en adaptatie*

Tot slot geven we hier aan dat met deze extra aanpassingen de designtool naast ontwerpinstrument ook als monitor of transitieplanner gebruikt zou kunnen worden. Voor een gemeente zou (een deel van) het toekomstbeeld van de warmte-infrastructuur inclusief het transitiepad daar naartoe gepland kunnen worden. Dit kan een structurerend kader bieden voor de wijkuitvoeringsplannen en voor lopende en nieuwe warmteprojecten. Aan de hand van de gerealiseerde warmteprojecten wordt de voortgang op het transitiepad gemonitord. Nieuwe inzichten, door lessen uit de warmteprojecten of andere maatschappelijke ontwikkelingen, kunnen in het (resterende) transitiepad worden verwerkt. Het gebruik van de tool kan op deze manier adaptief transitiebeleid ondersteunen.

Gebruikte literatuur

- Roosjen, R. van der Brugge, R., de Fockert, A. (2021) Grootschalige aquathermie: realistische warmteoptie? Casus Nijmegen. 11205153-001-BGS-0001
- ISSO, 2012. ISSO-publicatie 7 Grondleidingen voor warmte- en koudetransport, Rotterdam: ISSO
- Van der Brugge, R., Levelt, O., Maring, L., Rooze, D. (2022) Memo Instrumentarium inpassing collectieve warmtesystemen in de ondergrond. WarmingUP rapport T6P6C. [\[Link\]](#)
- Van der Brugge, R., Maring, L. (2021) Kennisagenda Governance van Opschaling van Collectieve Warmtesystemen. WarmingUP rapport T6P6C2. [\[Link\]](#)
- Van der Brugge, R., Maring, L., Roosjen, R., Koers, G., Rooze, D., Puts, H., Roelofs, S., van de Kerkhof, D., van den Hof, J., de Boer, J. (2021) Transitie naar Aardgasvrij. Vraagstukken bij de opschaling van collectieve warmtesystemen. WarmingUP rapport T6P6C1. [\[Link\]](#)
- Cogas presentation of Case study, 2018
- Maring, L., Van der Brugge, R., Levelt, O., Bakker, J. Roovers, G. (2022) Handvatten voor de inpassing van warmtenetten in de ondergrond. Rapport Deltares, TNO, Saxion.
- www.wijkkompas.nl
- <https://energy.nl/tools/de-energieke-gemeente/>
- <https://www.warmingup.info/designtoolkit>
- <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/12/15/wetsvoorstel-voor-warmtetransitie-in-gebouwde-omgeving-in-consultatie>
- <https://www.aardgasvrijewijken.nl/kennisbank/handleiding+stappenplan+leidraad/mogelijke+groei+modellen/default.aspx>
- www.expertisecentrumwaarmte.nl

Bijlage 1 Ondersteunende tools

De volgende tools kunnen van pas komen bij vragen die een rol spelen bij ontwikkelen van een warmtenet. Er worden als voorbeeld een aantal tools genoemd, dit beoogt geen complete lijst te zijn

Inventarisatie van warmtebronnen

Er zijn tools beschikbaar waar de warmtegebruikers en de warmtebronnen op kaarten zijn geprojecteerd. Dit is een hulpmiddel om te inventariseren of er voldoende bronnen en welke bronnen aanwezig zijn voor een warmtenet. Voorbeelden hiervan zijn

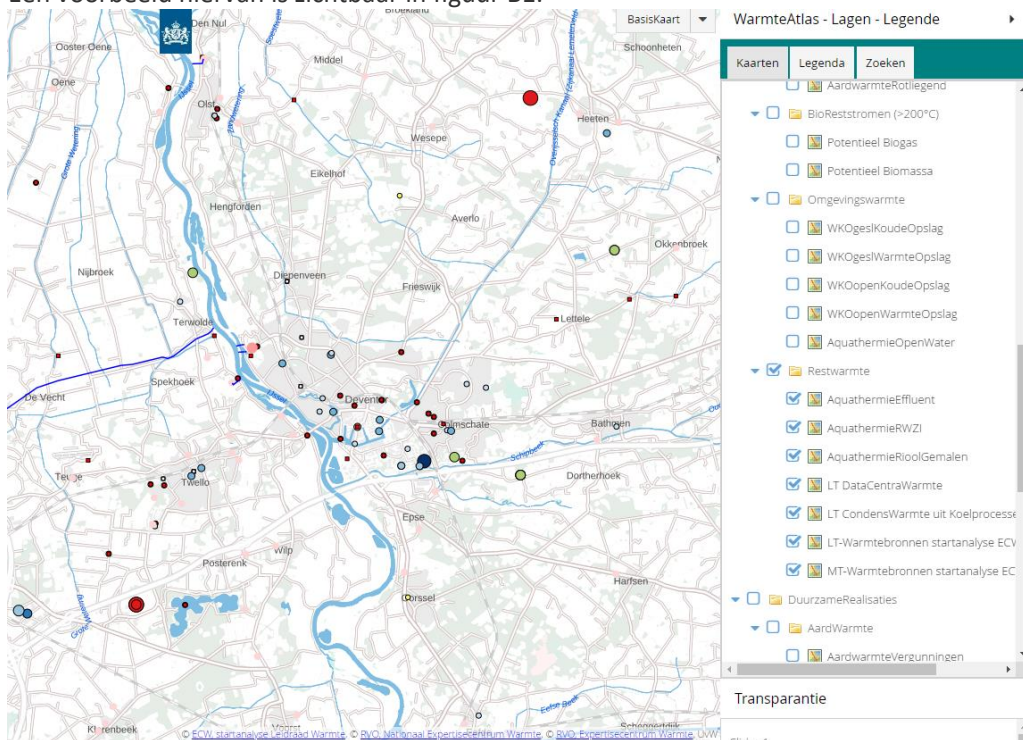
- Warmteatlas
- Heat logistics
- WKO tool
- Aardwarmte potentie kaarten
- Aquathermieviewer

Warmteatlas:

<https://www.warmteatlas.nl>

Atlas voor kaarten over het warmte gebruik (industrie, glastuinbouw en huishoudens) en potentieel kaarten voor de productie van duurzame warmte en de aanwezigheid van nog niet benutte restwarmte. Deze atlas bevat ook kaarten energie-infrastructuur: gasleidingen en warmtenetten.

Een voorbeeld hiervan is zichtbaar in figuur B1.

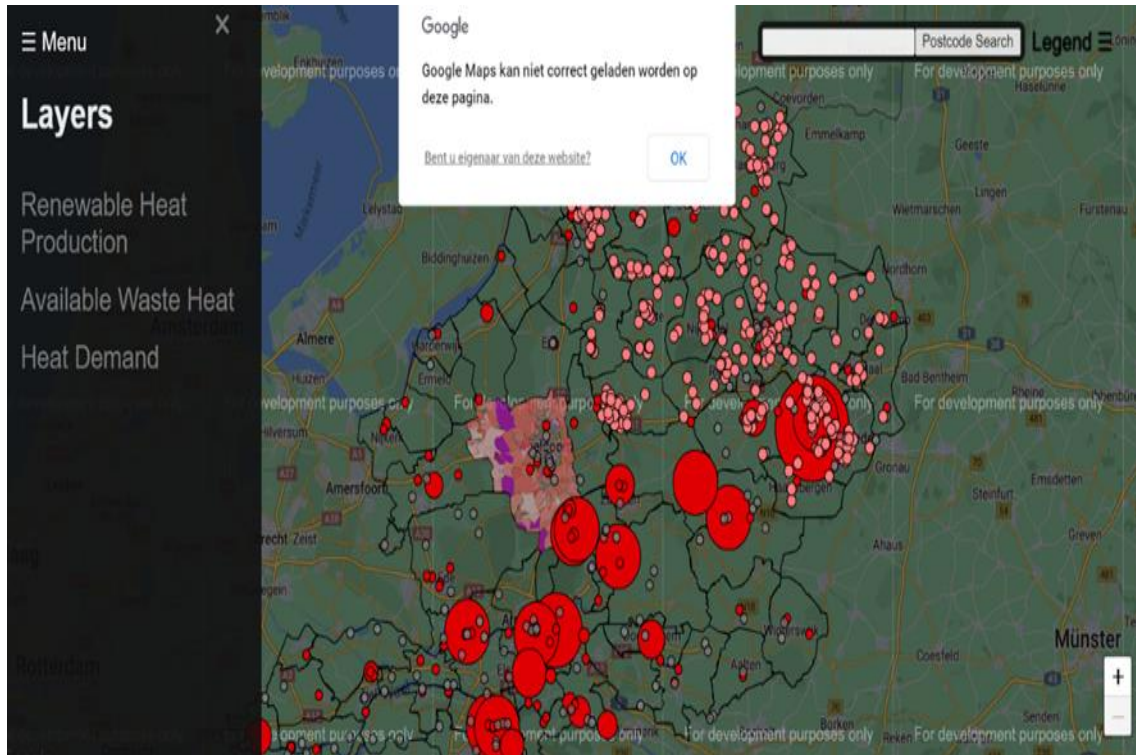


Figuur B1: figuur uit warmteatlas met restwarmte bronnen

Heat Logistics

www.wiefm.eu/heatlogistics/#

In het Interreg project WIEfm heeft Saxion een GIS-tool voor het in kaart brengen van de warmtevraag (op postcode-niveau) ontwikkeld als website. Hierin kunnen ook warmtebronnen visueel gemaakt worden, zie figuur B2).

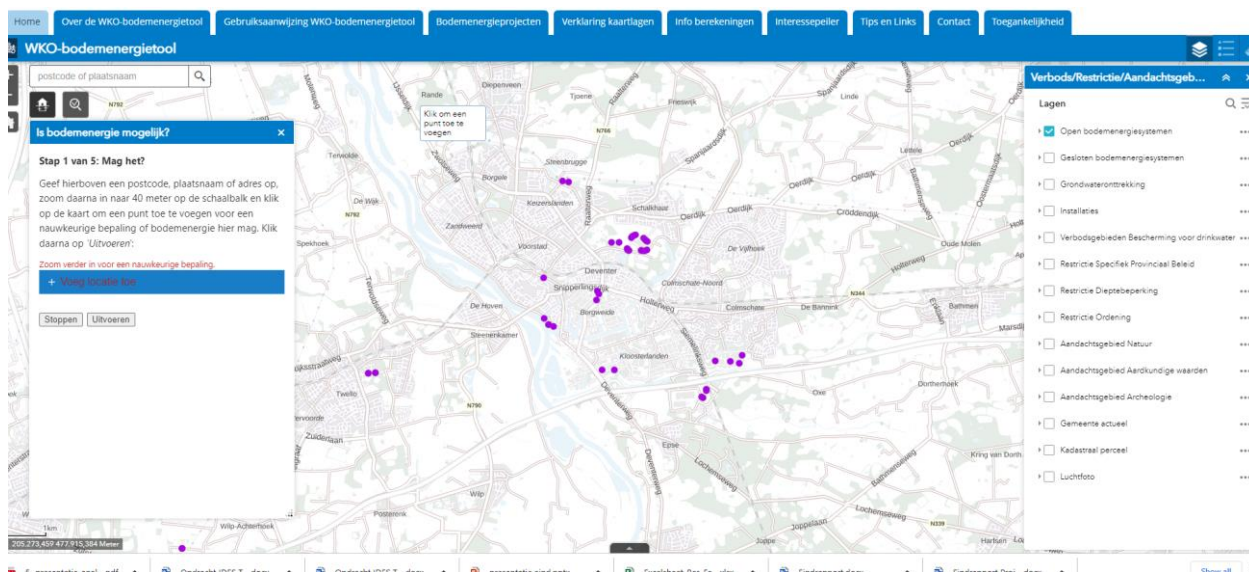


Figuur B2: GIS-gebaseerde webtool "HeatLogistics" (bron: www.wiefm.eu/heatlogistics/#)

WKO tool

<https://wkotool.nl/>

De WKOtool is een initiatief van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. De tool geeft in één oogopslag weer of een locatie te gebruiken is voor de toepassing van open- of gesloten ondiepe bodemenergiesysteem (verticale systemen). Horizontale open- en gesloten ondiepe bodemenergiesystemen en bodemkorven vallen hier dus niet onder. De WKOtool geeft een eerste inzicht op quickscan-niveau of op een locatie open- of gesloten ondiepe bodemenergiesystemen kunnen worden toegepast of dat er restricties of aandachtspunten zijn, zie figuur B3.



Figuur B3: grafische weergave van WKO Tool

Aardwarmte potentie kaarten

<https://nationaleenergieatlas.nl/>

Op deze site is op kaarten weergegeven wat de potentie van een gebied is voor het toepassen van geothermische energie. Aardwarmte is een vorm van duurzame energie, die in Nederland goed kan worden geproduceerd door warm water van 45-120°C op te pompen uit watervoerende aardlagen op 1,5 tot 4 km diepte. Op dit moment is het direct gebruik van geothermie vooral mogelijk voor verwarming.

Inventarisatie warmtevragers

Bij de ontwikkeling van een warmtenet is het belangrijk inzicht te hebben en de warmtevraag. Er zijn een aantal manieren om dit in kaart te brengen.

De warmtevraag van woningen is vast te stellen uit openbaar beschikbare gegevens, dit kan namelijk worden afgeleid van het gasverbruik. Voor een bestaand warmtenet kan het warmtenet de gegevens leveren (geaggregeerde warmteleverdata). Als er in een woonwijk al relatief veel warmtepompen zijn, dan is de warmtevraag moeilijker vast te stellen. Dit vraagt een analyse van de bouwfysische aspecten van de betreffende woningen. Het is overigens altijd verstandig om een bouwfysische analyse van een gebied uit te voeren als controle op de vastgestelde warmtevraag via b.v. data. Ook kan men door meer verfijnd inzicht van de woningen dan beter onderbouwde scenario's voor energiebesparing doorrekenen, aangezien de warmtevraag onderhevig is aan verandering doordat bewoners en woningcorporaties besparende maatregelen zullen doorvoeren in de loop van de tijd. De warmtevraagdichtheid is een belangrijk gegeven want dit bepaalt de economische benutting van de infrastructuur. Het aantal aansluitingen, de warmtevraag per aansluiting en de tussenliggende afstanden, zijn daarmee belangrijke gegevens voor de business case. Hoe hoger de warmtevraagdichtheid, hoe gunstiger de business case.

Verschillende tools kunnen ingezet worden om de analyses te ondersteunen.

Uniforme maatlat

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/verduurzaming-warmtevoorziening/instrumenten>

Een relatief eenvoudig te gebruiken tool voor het bepalen van de individuele en cumulatieve warmtevraag, alsmede jaartotalen voor energie en CO2-emissies voor de inzet van bronnen binnen een warmtenetsituatie is "uniforme maatlat" welke door RVO gratis ter beschikking wordt gesteld.

Deze tool bevat een bibliotheek met energieverbruiken van diverse type woningen uit diverse jaartallen.

Warmteprofielen generator

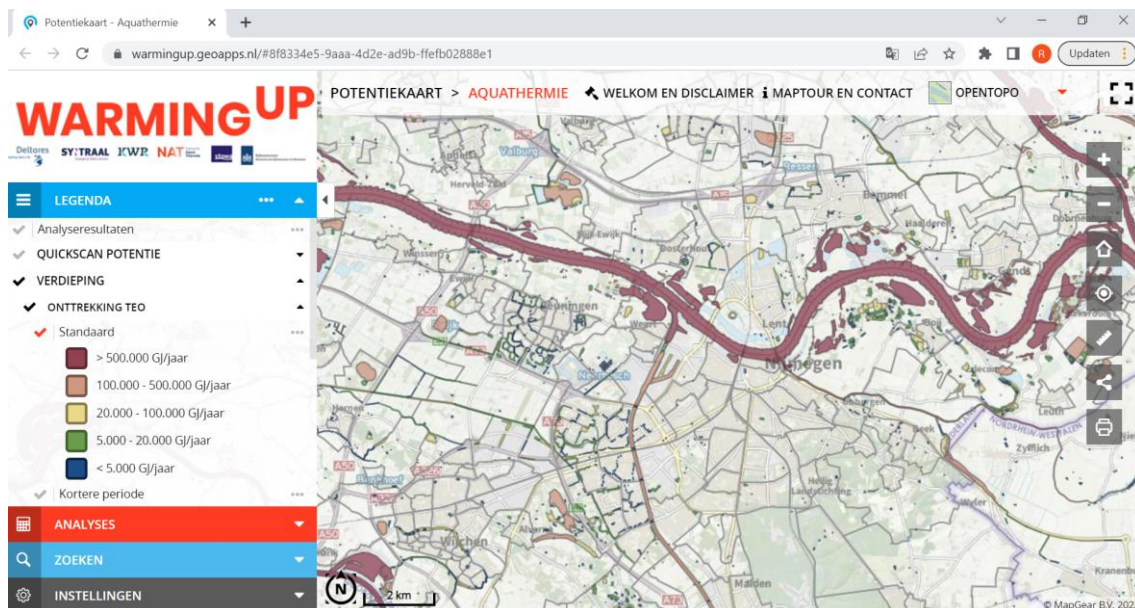
<https://www.warmteprofielengenerator.nl/>

De warmteprofielengenerator is door TNO ontwikkeld. Dit is een tool waarmee, door het combineren van allerlei open data, zoals BAG en GIS data, voorbeeldwoningen, WOON data en KNMI data, een geaggregeerd warmtevraagprofiel voor de woningen in een buurt kan worden berekend. De tool rekent voor alle woningen in een gekozen buurt, voor een heel jaar, per woning, de warmtevraag per uur uit, door ieder uur de warmtebalans te bepalen. Ieder uur moeten de warmteverliezen door geveldelen, dak, vloer, ramen en deuren, incl. de warmteverliezen door ventilatie en infiltratie (door kieren in het pand) in evenwicht zijn met de warmtewinsten door de zon, door personen en apparaten en door de verwarmingsinstallatie om de woning op temperatuur te houden. Ieder uur wordt dus feitelijk bepaald of en hoe hard de verwarmingsinstallatie aan moet staan, om de gewenste binnentemperatuur te behouden.

Aquathermieviewer

www.aquathermieviewer.nl/

Op deze webviewer is informatie te vinden over de technische potentie aquathermie. Deze webviewer is ontwikkeld door WarmingUp. In de laag *Quickscan* is in één oogopslag te zien welke buurten in aanmerking komen voor Aquathermie, zowel voor thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), afvalwaterzuiveringen (TEA) en drinkwater (TED). Er is ook meer informatie te vinden over de potentie van aquathermie en welke factoren een rol spelen. Er worden zes factoren getoond die bepalend zijn voor de potentie van aquathermie in een gebied. Dit zijn zowel factoren die het gevolg zijn van ontwerpkeuzes (warmte-onttrekingsregime) als fysisch-biologische factoren die lokale beperkingen met zich meebrengen (ecologische risico's, wko-capaciteit) als economische factoren waardoor aquathermie niet rendabel is (warmtenet, afstand). Deze gevoeligheidsfactoren zijn als afzonderlijke kaartlagen te bekijken, zie figuur B4.



Figuur B4. Weergave van de aquathermieviewer ontwikkeld door WarmingUP.