

Warmtetransitie in historische binnensteden

Stappenplan naar
een ambtelijke visie

10 juni 2024

warmtetransitiemakers.nl



Colofon

In de opdracht van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) formuleerde De WarmteTransitieMakers in 2023 een methodiek voor het selecteren van warmteoplossingen voor de historische binnensteden in heel Nederland. De RCE wil hiermee de discussie in diverse gemeenten inspireren en ondersteunen.

Het voorbereidende veldwerk zit in een tweetal pilots (Middelburg en Amersfoort), uitgevoerd door respectievelijk Arcadis | Over Morgen en de Groene Grachten.

Dit document is een compilatie van de algemene bevindingen van beide pilots, onderzoek van openbare data, technische analyses, voorbeelden en aanbevelingen.

Tekst: Marcel van Keulen, Thijs de Booij en Franca Majoor

Technisch onderzoek: Johan Verheij en Andries Lof

Vormgeving: Benjamin van der Burg

Met dank aan: Arcadis | Over Morgen en De Groene Grachten



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en
Wetenschap



De Groene Grachten



ARCADIS | OVER MORGEN

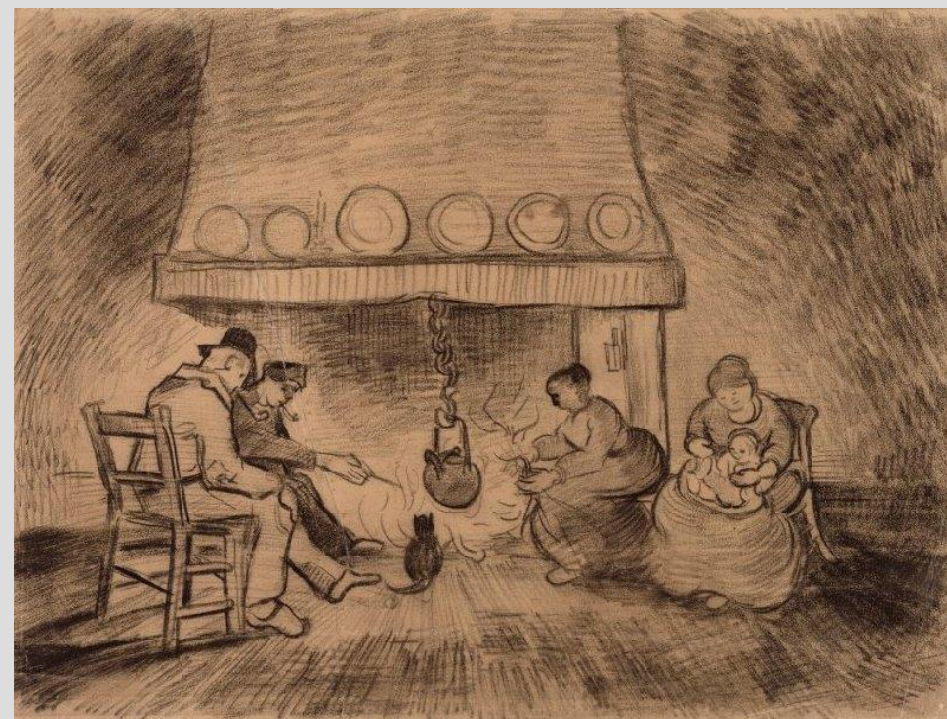


De opgave

De gebouwde omgeving bevindt zich in transitie. Om de doelen uit het klimaatakkoord te halen, wordt aardgas vervangen door duurzame warmte-alternatieven en worden panden (beter) geïsoleerd om energie te besparen. De historische binnensteden worden in de energietransitie thans als “moeilijk” opgevat: dichte bebouwing waar men lastig een nieuw systeem kan aanbrengen, waardevolle monumenten die soms moeilijk te isoleren zijn. Veel historische binnensteden kenmerken zich door:

- Een hoge dichtheid (zowel boven- als ondergronds);
- Intensief gebruik voor winkels, horeca, toerisme;
- Beschermd stadsgezicht, monumentale waarden (ook archeologisch);
- Veelheid en diversiteit van eigenaren;
- Hoge identiteitswaarde, uitstraling, thuisgevoel;
- Lastig te isoleren panden / verminderen energievraag;
- Weinig ruimte voor alternatieve installaties vanwege een beschermd uiterlijk.

In de gemeentelijke Transitievisies Warmte wordt voor historische binnensteden thans opvallend vaak “onbekend” of “hernieuwbaar gas” (zie [NPLW](#): 672x van totaal 2654) gekozen als toekomstige warmtebron. Daarnaast worden ze in de meeste gevallen ook pas tussen 2040-2050 gepland om aardgasvrij te worden. In een [kamerbrief](#) d.d. 20-7-2023 wordt benadrukt dat hernieuwbaar gas nu - én in de toekomst - onvoldoende beschikbaar is voor het aardgasvrij verwarmen van gebouwen. Het is belangrijk dat gemeentelijke beleidsmakers daar nu van op de hoogte zijn en hun transitiestrategie aanpassen om het gebruik van hernieuwbaar gas te minimaliseren.



Figures by the Fireplace
Vincent van Gogh (1853 - 1890), Saint-Rémy-de-Provence, March-May 1890
chalk on paper, 23.8 cm x 31.6 cm
Credits (obliged to state): Van Gogh Museum, Amsterdam (Vincent van Gogh Foundation)

Het is tijd voor actie!

Om maatschappelijke kosten voor duurzame warmte laag te houden dient voorkomen te worden dat er straks drie verschillende systemen naast elkaar worden aangelegd in dezelfde straat, waarvan de kosten gedragen dienen te worden door telkens een kleine groep afnemers. Of dat de individuele investeringen van 'pioniers' teniet worden gedaan door een nieuwe systeemkeuze. Met een duidelijke en passende visie voorkomen we dit en de mogelijke afbreuk van erfgoedwaarden en de verrommeling van het straatbeeld (door bijvoorbeeld buiten-units van warmtepompen).

Het voorliggende document geeft een stappenplan voor het maken van een systeemkeuze voor de toekomstige warmtevoorziening in historische binnensteden. Het geeft duiding van vier warmtealternatieven met bijbehorende restricties en kansen. En een methode om de passende oplossing te kiezen voor verschillende type clusters binnen historische binnensteden zoals winkelstraten, aaneengesloten woningen en grote monumentale complexen met een publieksfunctie.

Naast de technische kant, geeft het stappenplan houvast voor de gemeentelijke organisatie en samenwerking met erfgoed-/welstandsambtenaren, netbeheerders en gebouweigenaren. Verder bevat het document inzicht in cijfers om de omvang van deze uitdaging te duiden, alsmede inspirerende praktijkvoorbeelden en -lessen.



Inhoud

Stappenplan: systeemkeuze warmtetransitie historische binnensteden

Toelichting bij verschillende stappen

Stap 1: Fysieke omgeving

Stap 2: Zonering

Stap 3: Techniekenkaart - overwegingen per zone

Bijlagen

- I. Historische binnensteden in cijfers
- II. Praktijkvoorbeelden en -lessen
- III. Warmtealternatieven en technische randvoorwaarden



**Stappenplan:
systeemkeuze warmtetransitie
historische binnensteden**



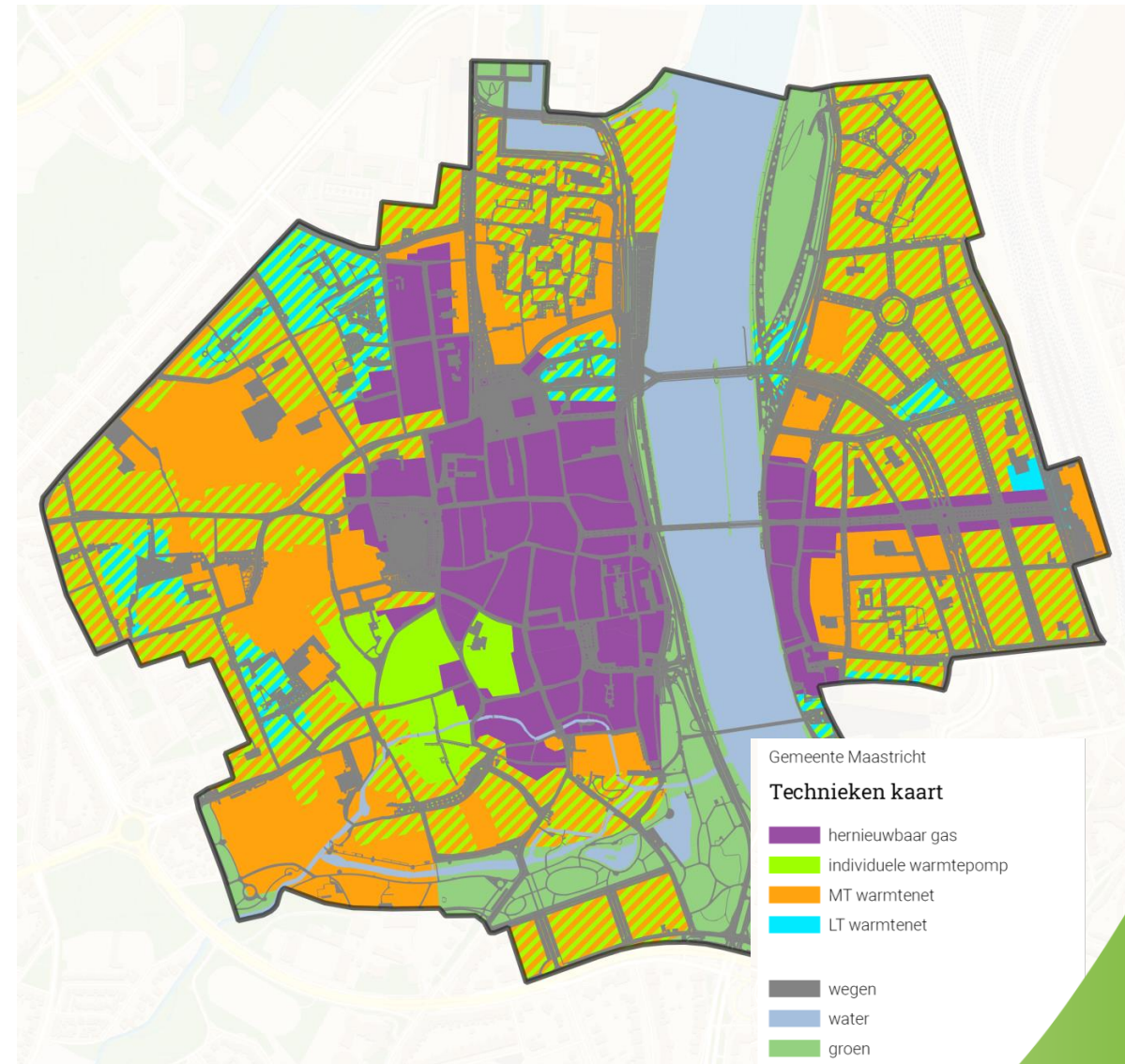
Warmte
Transitie
Makers

Stappenplan: systeemkeuze warmtetransitie historische binnensteden

Het onderstaand stappenplan beschrijft hoe u binnen historische binnensteden een visie kan vormen voor toekomstige warmtealternatieven. Het resultaat is een **techniekenkaart** met voorkeursalternatieven voor verschillende zones binnen een binnenstad. Op hoofdlijnen zijn er vier mogelijke warmtealternatieven: individueel all-electric, midden en lage temperatuur warmtenetten en hernieuwbaar gas.

1. **Breng de kenmerken van de binnenstad in kaart**
Denk hierbij aan fysieke kenmerken zoals type bebouwing, gebruiksfunctie, bebouwingsdichtheid, straatprofielen, gebruik van de ondergrond, en archeologie, maar ook aan beschermde statussen (en de beperkingen die daaruit volgen) en eigenaarschap. Dit brengt de opgave concreet in kaart: in aantallen, m², m³ en GJ.
2. **Bepaal logische zones binnen de binnenstad**
Doe dit op basis van de kenmerken uit stap 1. De zones moeten logisch zijn voor het vervolg van de aanpak. Dat kan bijvoorbeeld zijn in uniformiteit in functie, in bebouwing (wat uniformiteit in mogelijke technieken geeft) of in eigenaarschap (bijvoorbeeld corporatiebezit).
3. **Maak per zone een techniekenkaart met de mogelijke alternatieven**
Beoordeel de vier warmtealternatieven per zone op uitvoerbaarheid, erfgoedbelang en maatschappelijke kosten. Gebruik hiervoor de kennis uit stap 1 en de toelichting in sectie "Stap 3".

Voor een verdere toelichting van deze stappen en meer informatie over de warmtealternatieven, zie de volgende secties en bijlage III.



Voorbeeld: voorstel techniekenkaart Maastricht

De techniekenkaart geeft een eerste indicatie van geschiktheid van technieken. De lokale situatie alsmede de voorkeuren van stakeholders en inwoners bepalen uiteindelijk de best passende oplossing.

4. Specificeer naar de lokale situatie

- Onderzoek of er (voldoende) warmtebronnen beschikbaar- of te maken zijn
- Inventariseer eventuele bestaande- of uitgevoerde energieplannen

- Overleg, prioriteer en faseer met de netbeheerder

Alle warmtealternatieven vergroten de elektriciteitsvraag. Hiervoor is het belangrijk bij de netbeheerder te informeren naar de mogelijkheden, plannen af te stemmen, en te overleggen over de mogelijkheden voor het plaatsen van transformatorhuisjes (in de openbare ruimte).

- Inventariseer lokale initiatieven
- Toets het draagvlak voor de veelbelovende alternatieven
Ga in gesprek met eigenaren en bewoners over hun afwegingen bij de veelbelovende alternatieven.
- Neem centrumvisie op in het gemeentelijk **warmteprogramma**

5. Kies een voorkeursoplossing per zone

Toets de warmtealternatieven binnen een breder afwegingskader inclusief de punten uit stap 4. Bepaal samen met eigenaren, bewoners en stakeholders een voorkeursoplossing.

6. Formuleer een [uitvoeringsplan](#) per (combinatie van) zone(s)

Dit bevat een commitment aan een techniek, geeft onderbouwing van deze keuze en legt vast wat de gemeente, bewoners, eigenaren en andere stakeholders kunnen en gaan doen. Regel in deze fase ook de nodige subsidie(s)/financieringsmogelijkheden.

7. Aan de slag!

A. Neem zelf initiatief en zoek samenwerkingen op

Onderzoek bij het verduurzamen van eigen vastgoed of de omgeving deel kan nemen in de techniek/aanpak. Stimuleer en ondersteun een “sterke speler” of lokaal initiatief.

B. Organiseer inkooptrajecten op installaties

Help inwoners en eigenaren met het collectief inkopen bij een (lokaal) installatiebedrijf.

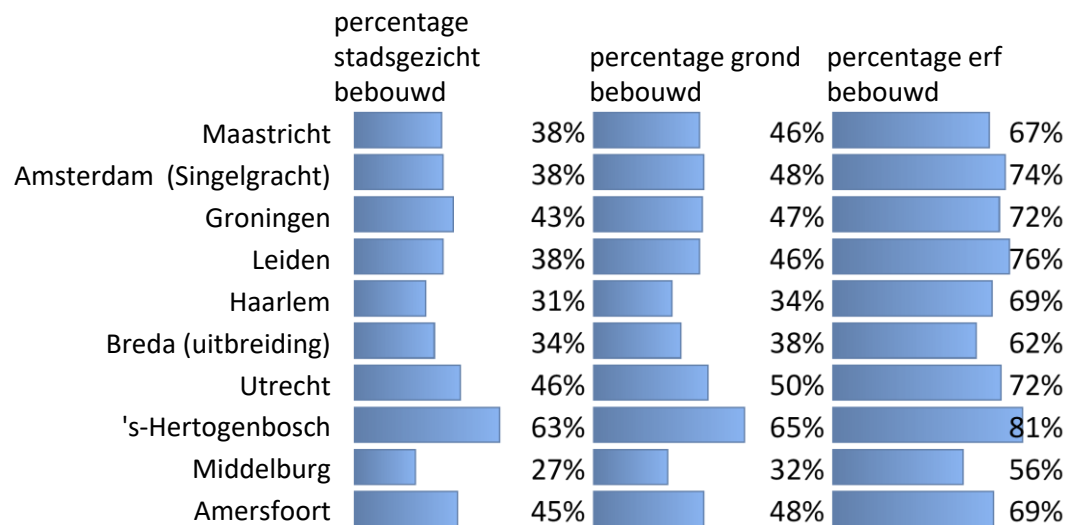
Stap 1:
Fysieke omgeving



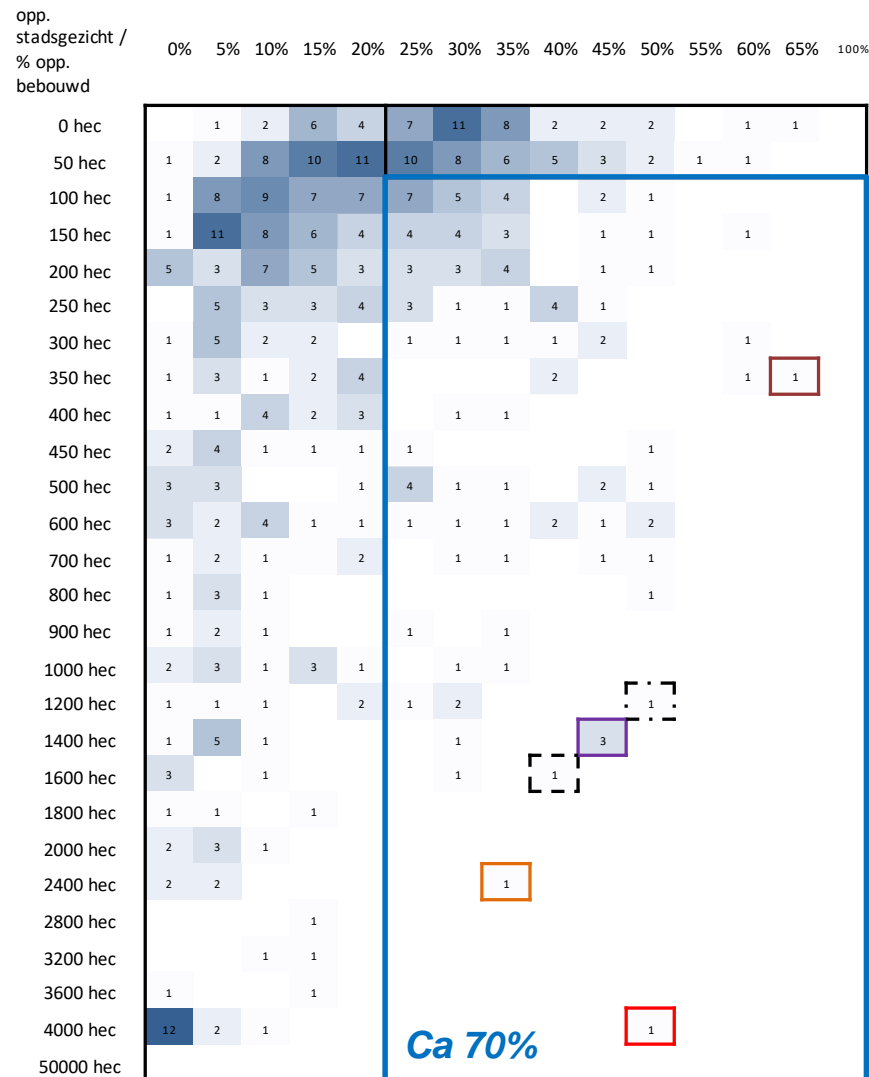
Beschermde status en bebouwingsdichtheid

De figuur hiernaast geeft de verdeling van stadsgezichten weer op basis van grootte en percentage bebouwing in heel Nederland. Hierbij geeft het getal per cel het aantal stadsgezichten in die categorie aan.

- De meeste stadsgezichten zijn beperkt van omvang (<100Ha) en hebben een relatief lage bebouwingsdichtheid (<35%), dit zijn hoofdzakelijk dorpskernen.
- Ongeveer 70% van de monumenten bevindt zich in een beperkt aantal grotere kernen (c.a. 100, zie blauwe kader). Uit dit kader zijn 10 stadsgezichten gekozen om in meer detail met elkaar te vergelijken in de onderstaande tabel.



Aantal gebieden



Grondgebruik en straatprofielen

Grondgebruik (afbeelding rechts) van historische binnensteden heeft invloed op toe te passen technieken. We maken onderscheid in:

Bebouwd woonperceel

Indien een perceel volledig bebouwd is (100%), is de mogelijkheid voor onopvallende plaatsing van installaties (PV, warmtepomp-buitenunit) klein.

Onbebouwd woonperceel

De mate waarin een perceel bebouwd is bepaalt de kans op plaatsing van installaties (PV, warmtepomp-buitenunit) op het onbebouwde deel (tuin).

Onbebouwde grond

De beschikbaarheid van onbebouwde grond (parkeren, groene ruimte, waterpartijen) biedt kansen voor energie-opwekking en/of energie-opslag.

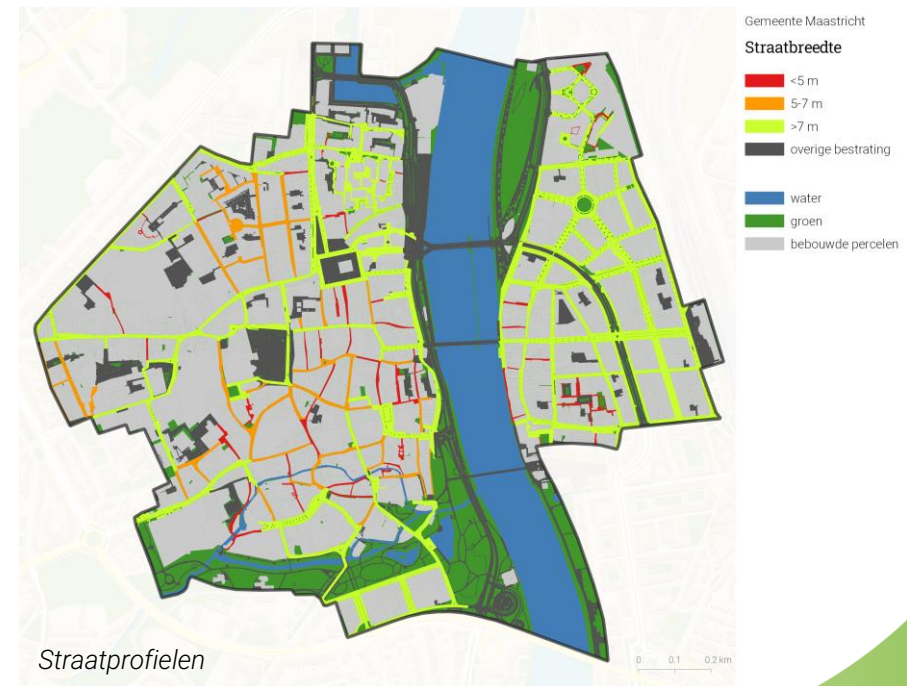
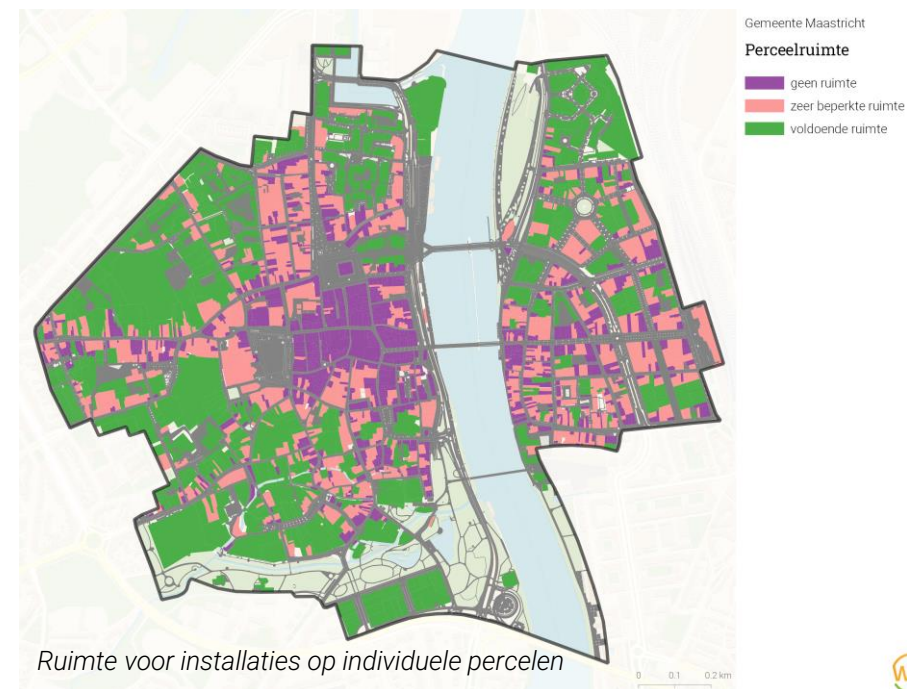
De afmetingen van het straatprofiel (afbeelding rechts) zijn een eerste indicatie voor de mogelijkheid op de aanleg van ondergrondse leidingen voor een warmtenet:

Straatprofiel kleiner dan 5m: uiterst moeilijk tot onmogelijk

Straatprofiel 5m-7m: lastig

Straatprofiel groter dan 7m: mogelijk

Dit staat los van de aanwezigheid van veel andere leidingen en archeologie – die mogelijk een aanvullende beperking vormen.



Stap 2: Zonering



Zonering

Naast kenmerken van de fysieke omgeving, zoals bebouwingsdichtheid en straatprofielen (zie vorige sectie), is nog een factor zeer bepalend: een geconcentreerde **gebruiksfunctie** in een bepaald gebied. Een voorbeeld is een (woon)cluster met een recent bouwjaar. Dat heeft te maken met schaalgrootte en andere specifieke kenmerken voor juist dat gebied. Het gebruik, het eigendom of het economisch belang kunnen een voorkeur bepalen.

1. Groot monumentaal complex-maatschappelijk vastgoed

Schaal en eigendom bieden gelegenheid tot gemeentelijk initiatief voor aansluiten op een warmtenet of ontwikkelen van eigen warmtebron. Vaak is er enige vrije perceelruimte en een mogelijkheid op opschalen met de directe omgeving.

2. Winkelgebied / horeca

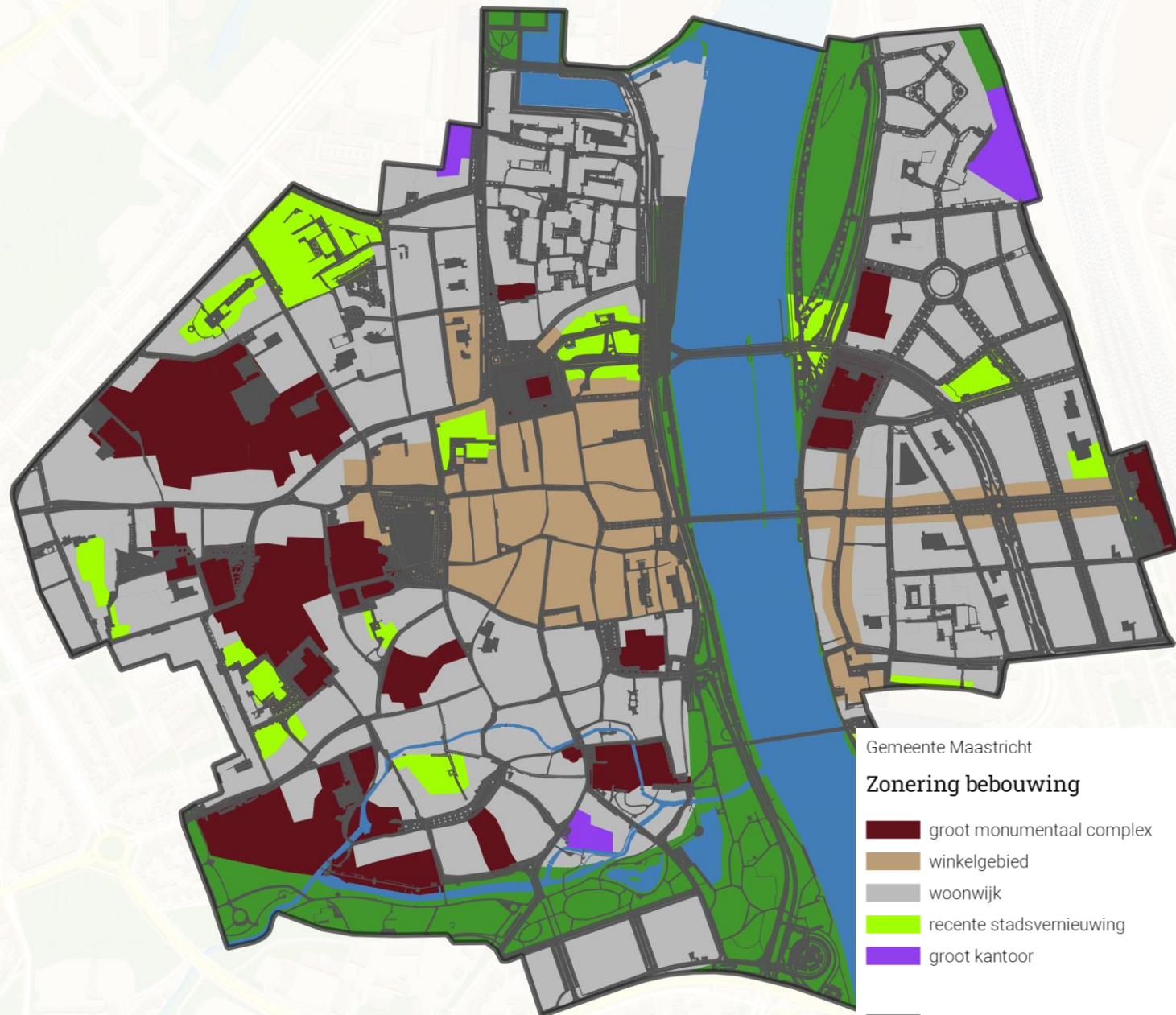
Drukbezocht gebied met weinig ruimte, commerciële belangen van ondernemers die vraagt om een alternatieve warmtebron met weinig overlast van de aanleg, een duidelijke gefaseerde planning.

3. Woonwijk

Panden in een woonstraat, vaak met een tuin. Veelal particulier eigendom ofwel gespikkeld bezit met woningcorporatie. Veel beslissers maakt keuzeprocess complex. Keuze van techniek afhankelijk van draagvlak, eigendom en oplossing in aangrenzende gebieden.

4. Grotere stadsvernieuwingsprojecten

Schaal, recent bouwjaar (hoge isolatiewaarde) en (woon)functie bieden een kans op toepassing van lage temperatuur warmte, zowel individueel of collectief met lokale bron.



Gemeente Maastricht

Zonering bebouwing

- groot monumentaal complex
- winkelgebied
- woonwijk
- recente stadsvernieuwing
- groot kantoor

■ wegen

■ water

■ groen

Voorbeeld: zone-indeling in beschermd stadsgezicht in Maastricht

**Stap 3:
Techniekenkaart
overwegingen per zone**



Afwegingskader

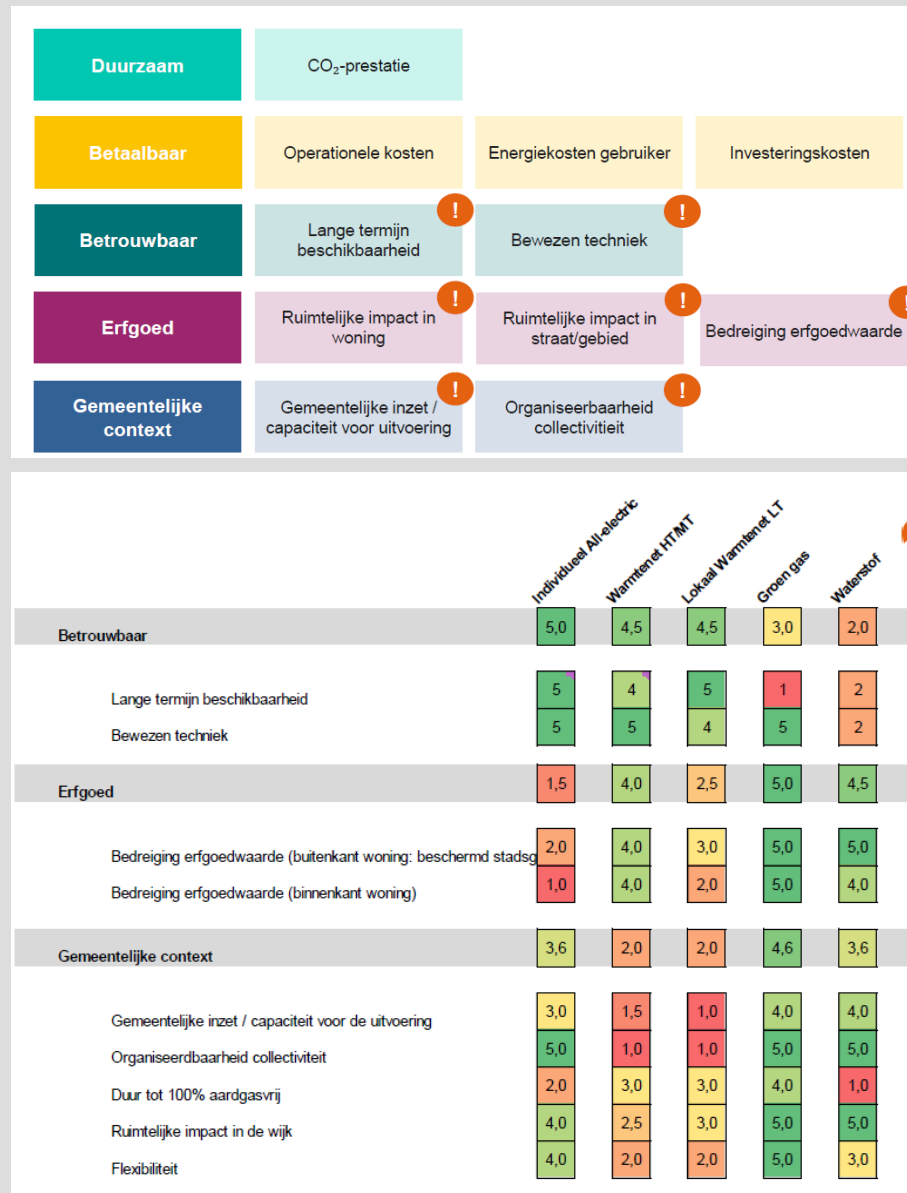
Voor het maken van keuzes kunnen verschillende technieken vergeleken worden langs verschillende assen zoals bijvoorbeeld (maatschappelijke) kosten, duurzaamheid, ruimtelijke inpassing en organiseerbaarheid. De afbeeldingen hiernaast geven het afwegingskader weer dat Arcadis | Over Morgen opstelde voor het centrum van Middelburg.

Per zone kunnen de vergelijkingscriteria of gewicht hiervan wijzigen, vanwege specifieke voorkeuren of uitdagingen, maar ook de scores op deze criteria. Op de volgende pagina's zijn op kwalitatieve wijze voor verschillende gebruikszones in het centrumgebied afwegingen gemaakt voor verschillende technieken. Dit is gebeurd op basis van:

- Bepalende kenmerken van deze gebieden zoals bouweigenschappen, eigenaren, eindgebruikers en functie
- Technische randvoorwaarden per techniek, zoals grondgebruik en straatprofielen (voorgaande sectie) en eigenschappen van technieken (zie bijlage III).
- De overkoepelende doelstelling om het gebruik van hernieuwbaar gas te minimaliseren.

Het resultaat hiervan is een prioritering van technieken per zone, samengevat in een **beslisboom** voor warmtetechnieken. Deze beslisboom geeft gemeenten de mogelijkheid een voorkeursalternatief aan te wijzen voor verschillende zones binnen het beschermd stadsgezicht.

Uiteindelijk zullen keuzes door gemeente, lokale partners en inwoners gemaakt worden (voor verdere toelichting zie "Stap 5" in het stappenplan).



Afbeelding: assen uit afwegingskader Middelburg (Arcadis | Over Morgen)

1. Monumentaal maatschappelijk vastgoed

Schaal en eigendom bieden gelegenheid tot gemeentelijk initiatief voor eigen warmtebron. Kans op vrije perceelruimte. Kans op opschalen met de directe omgeving.

Om deze redenen zijn er voor dit gebied argumenten die zwaarder meewegen in de afwegingen voor een warmte-alternatief dan alleen de technische aspecten:

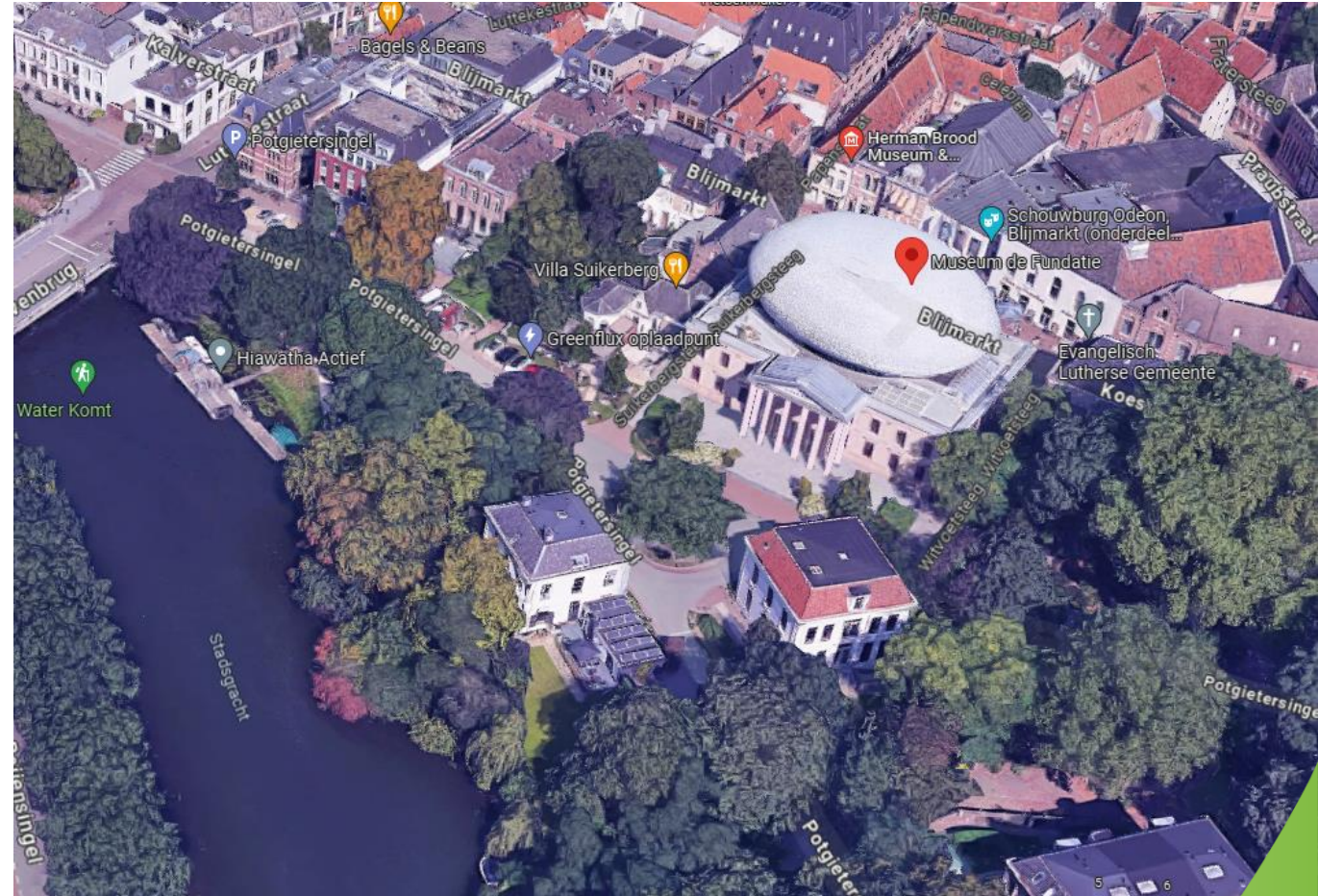
Initiatief; opschaalbaarheid; voorbeeldfunctie.

Voorkeursalternatief

De grote warmtevraag van een monumentaal complex maakt het, zeker met meer vragers in het gebied, mogelijk rendabel om een warmtenet aan te leggen of uit te breiden naar deze panden. Wanneer er geen bron beschikbaar is of panden onbereikbaar zijn door onvoldoende ruimte in de ondergrond, kan voor deze panden een individuele oplossing (all-electric) aangelegd worden. Bijvoorbeeld een warmtepomp, eventueel in combinatie met aquathermie en WKO. Voor sommige panden, bijvoorbeeld kerken, kan lokale verwarming in combinatie met een lagere basistemperatuur voldoende zijn. Zoals infrarood of elektrische luchtverwarming.

Midden temperatuur warmtenet of individueel all-electric* zijn (in die volgorde) voor dit gebied de voorkeursoplossing. Hernieuwbaar gas is een alternatief bij ruimtelijke beperkingen.

**Voor verdere toelichting op de warmtealternatieven zie bijlage III*



Museum "de Fundatie" te Zwolle: publieksfunctie in het historisch centrum. Ca. 100.000-250.000 bezoekers per jaar.

2. Winkelgebied

Drukbezocht gebied met weinig ruimte, met commerciële belangen van ondernemers die vragen om een alternatieve warmtebron met weinig overlast van de aanleg en een duidelijke gefaseerde planning.

Om deze redenen zijn er voor dit gebied argumenten die zwaarder meewegen in de afwegingen voor een warmte-alternatief dan alleen de technische aspecten:

De commerciële overwegingen van ondernemers; snelheid van de aanleg in verband met het beperken van overlast en omzetting; keuzevrijheid op het moment van overstappen; een eigendomssituatie met een huurder en verhuurder.

Hier komt bij dat er vaak sprake is van een woonfunctie met appartementen boven winkels, soms met opslag of leegstand (Kalverstraat, Amsterdam). In het winkelgebied treffen we ook vaak horeca aan als (fastfood)restaurants en terrasjes.

Voorkeursalternatief

Vanwege langdurige overlast en drukke ondergrond is het warmtenet een moeilijk te realiseren oplossing. De vele verschillende eigenaren maken besluitvorming voor een collectieve oplossing ook moeilijker. Op plekken met veel perceelruimte kan mogelijk met luchtwarmtepompen gewerkt worden, maar om aan de warmtevraag van zowel winkels én bovenliggende appartementen te voldoen zijn grote warmtepompen nodig, de kans op verrommeling en geluidsoverlast wordt hiermee groot.

Hernieuwbaar gas* blijft hier in de regel daarom de meest voor de hand liggende oplossing. Door dit te combineren met kleinere warmtepompen (hybride systeem) wordt er wel flink bespaard op gas.

**Voor verdere toelichting op de warmtealternatieven zie bijlage III*



3. Wonen (grondgebonden)

Panden in een woonstraat, vaak met een tuin. Veelal particulier eigendom ofwel gespikkeld bezit met woningcorporatie. Veel beslissers maakt keuzeprocess complex. Keuze van techniek afhankelijk van draagvlak, eigendom en oplossing in aangrenzende gebieden.

Om deze redenen zijn er voor dit gebied argumenten die zwaarder meewegen in de afwegingen voor een warmte- alternatief dan alleen de technische aspecten:

De structuur vraagt een individuele benadering; particulieren; eigen gebruik en eigen voordeel; financiële afwegingen door de huizenbezitter; de overstapsnelheid vergroten door het faciliteren van een terugkerend collectief, betrouwbaar, verleidelijk aanbod.

Voorkeursalternatief

Gezien de vele beslissers is het belangrijk draagvlak onder bewoners te creëren voor een van de oplossingen. Een warmtenet (MT) is hier goed mogelijk en goed past bij temperatuurvraag. Bij te weinig ruimte in de ondergrond, en waar voldoende perceelruimte is, is de individuele warmtepomp mogelijk. Met als aandachtspunt dat deze voor slecht geïsoleerde woningen groter zijn kans op verdommeling geven: hier maatwerk beleid op maken.

Midden temperatuur warmtenet en individueel all-electric* zijn hier (in die volgorde) de voorkeursoplossing, waarbij het goed mogelijk is dat de wijk een mix van deze oplossingen krijgt gezien individuele beslissers. Hernieuwbaar gas is – mits beschikbaar – een alternatief bij ruimtelijke beperkingen.



Koepoortstraat, Middelburg: aaneengesloten monumenten met - voornamelijk - woonfunctie en (beperkte) tuinen.

*Voor verdere toelichting op de warmtealternatieven zie bijlage III

4. Grotere stadsvernieuwingsprojecten

Schaal, bouwjaar (redelijk goede isolatie) en (woon)functie bieden een kans op een eigen zelfstandige warmtebron (na 1992 een lage temperatuur bron).

Voorkeursoplossing

Panden in deze zones zijn redelijk tot goed geïsoleerd. Dit maakt een warmtenet (Lage Temperatuur) of warmtepompen mogelijk. Met veel grote gebruikers, VvE's of woningcorporatiebezit is het eenvoudiger de ontwikkeling van een warmtenet te organiseren dan met veel particuliere eigenaren. Voor wooncomplexen kan ook voor een collectieve warmtepomp gekozen worden. Voor grondgebonden woningen met particuliere eigenaren kunnen individuele warmtepomp de voorkeur hebben, omdat hiermee het tempo van transitie door individuen bepaald wordt. Omdat het straatbeeld niet monumentaal is zijn hier ook meer mogelijkheden voor plaatsen warmtepompen en P-panelen.

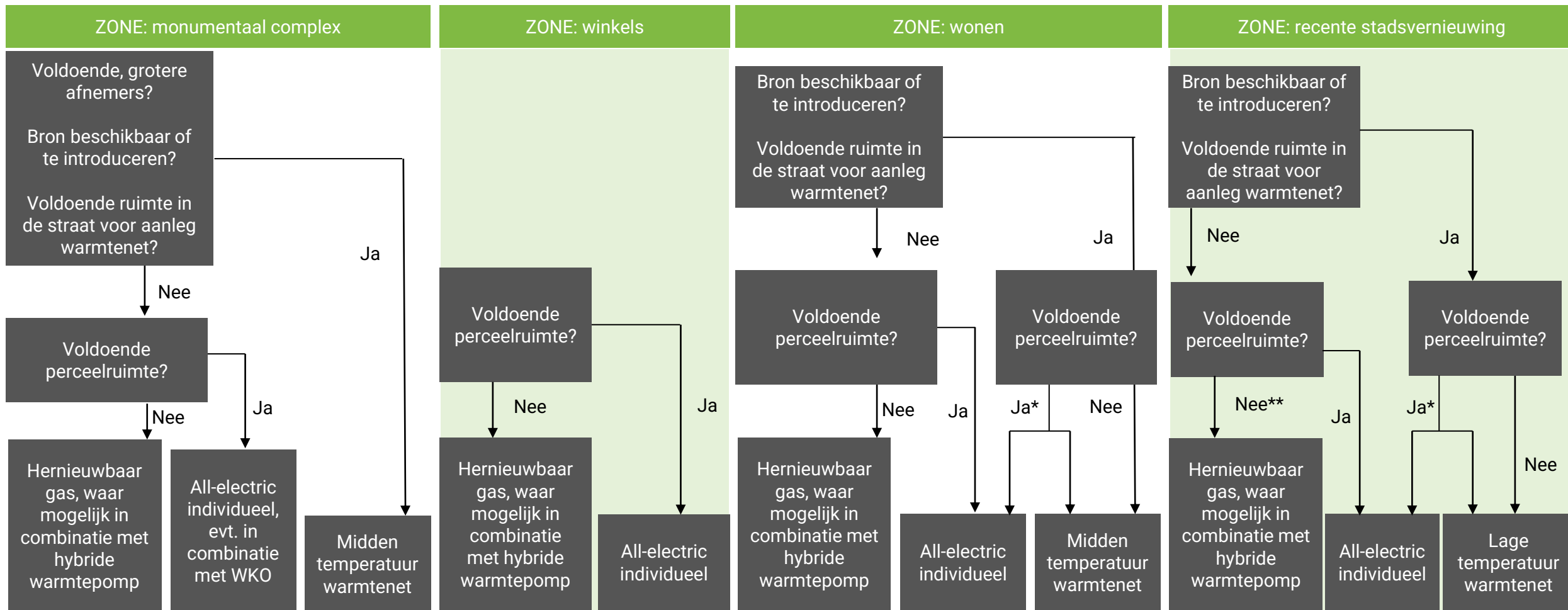
Lage temperatuur warmtenet en individueel all-electric* zijn hier dus de voorkeursoplossing. Hernieuwbaar gas is in deze zone het minst logisch.

**Voor verdere toelichting op de warmtealternatieven zie bijlage III*



Sijzenbaan e.o. Deventer: stadsvernieuwingscomplex (1989) van enige omvang (123 won.) in de historische binnenstad.

Techniekeuze: versimpelde beslisboom



*Vanuit technisch oogpunt meerdere opties mogelijk, voorkeursoplossing afhankelijk van lokale factoren. In techniekenkaart zijn deze gebieden gearceerd weergegeven.

** Situatie krapte / perceel

Voorbeeld Maastricht: techniekenkaart

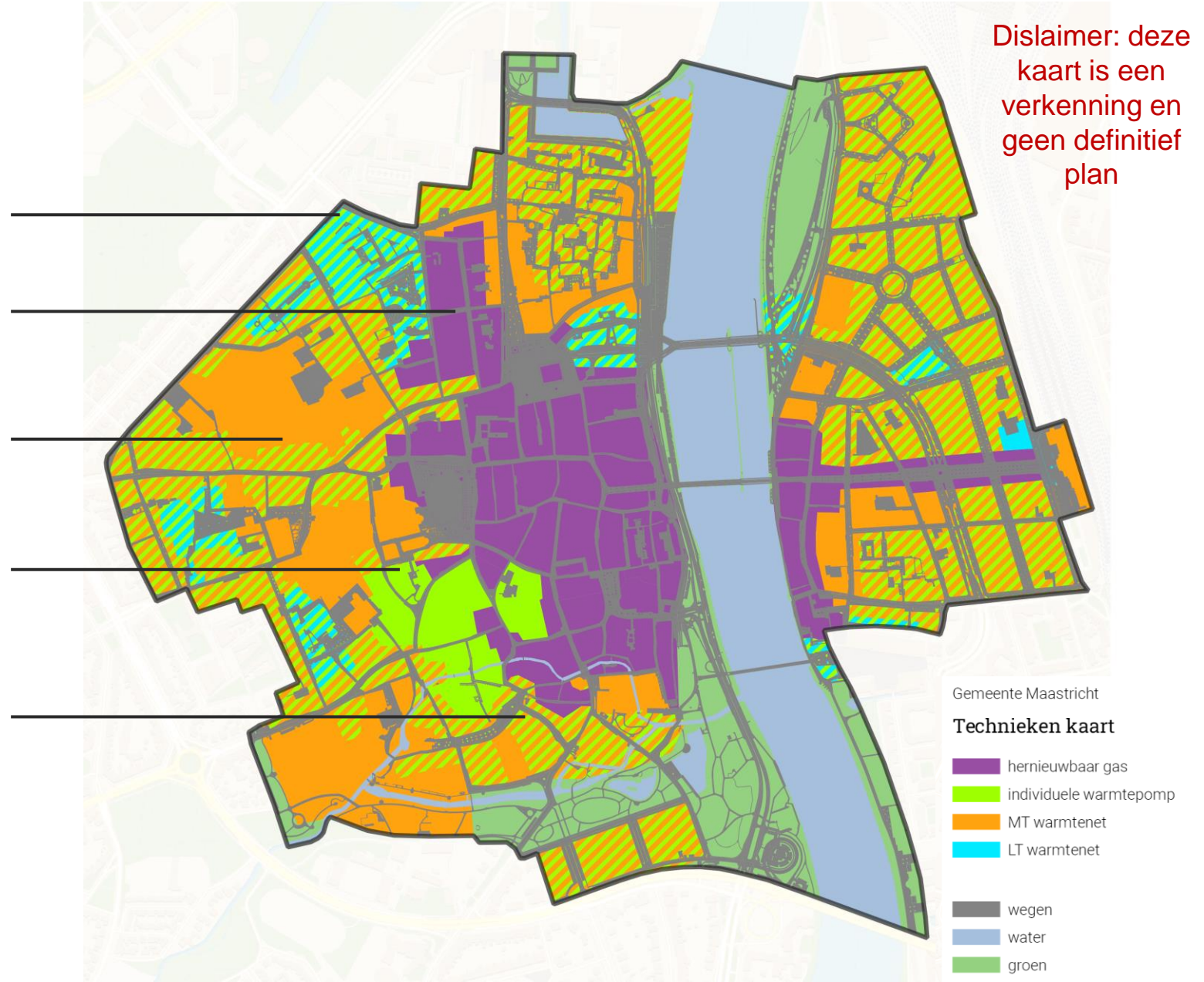
Lage temperatuur warmtenet: recent vernieuwde gebieden met een hoge adresdichtheid, hiermee wordt lokale druk op elektriciteitsnet vermeden.

Hernieuwbaar gas: gebieden met te veel ruimtelijke beperkingen voor toepassing van andere technieken. Waar mogelijk combineren met warmtepomp (hybride systeem).

Midden temperatuur warmtenet: gebied met geringe ruimtelijke beperkingen, grotere afnemers en beschikbare of te introduceren bronnen.

Individueel all-electric: panden met voldoende perceelruimte, geen ruimte voor warmtenet.

Midden temperatuur warmtenet/Individueel all-electric: woonwijken met geringe ruimtelijke beperkingen en voldoende warmte beschikbaar. Met vele individuele beslissers ligt een mix met individuele oplossingen voor de hand.



Bijlagen



**Bijlage I:
Historische
binnensteden in cijfers**



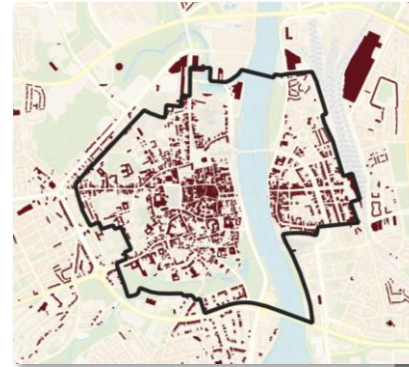
Warmte
Transitie
Makers

Binnensteden in cijfers

De verschillende soorten monumenten in Nederland zijn als volgt verdeeld:

- Er zijn 64.216 Rijksmonumenten
- Er zijn 59.090 gemeentelijke monumenten
- **35.741 (30%)** valt binnen beschermd stadsgezichten 70% valt hier buiten.
- Er zijn in totaal meer dan 450 beschermde stadsgezichten (zie kaart hiernaast).

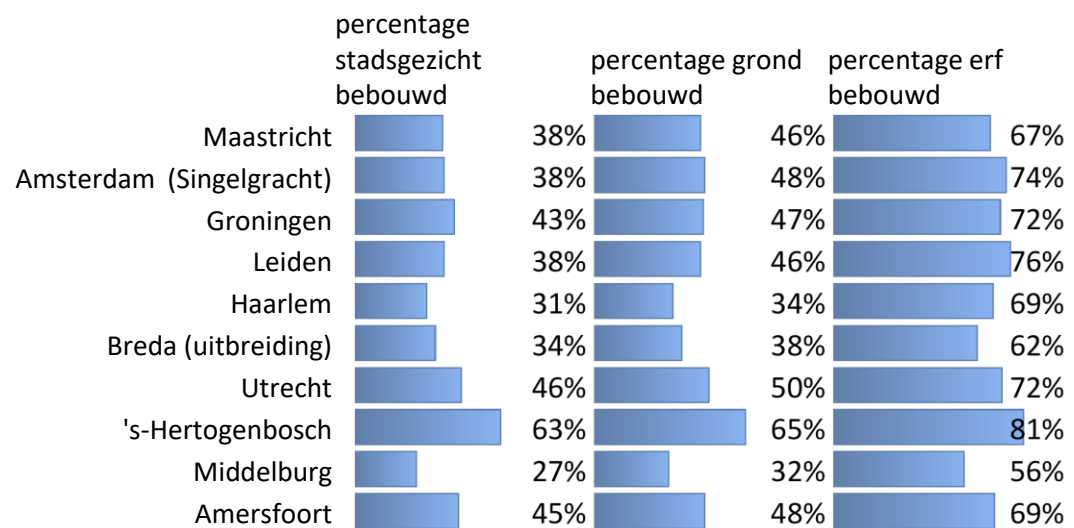
Voorbeeld: De uitsnede van Maastricht (zie hiernaast) laat een voorbeeld van begrenzing van een stadsgezicht zien en monumenten die zowel binnen als buiten deze grens liggen.



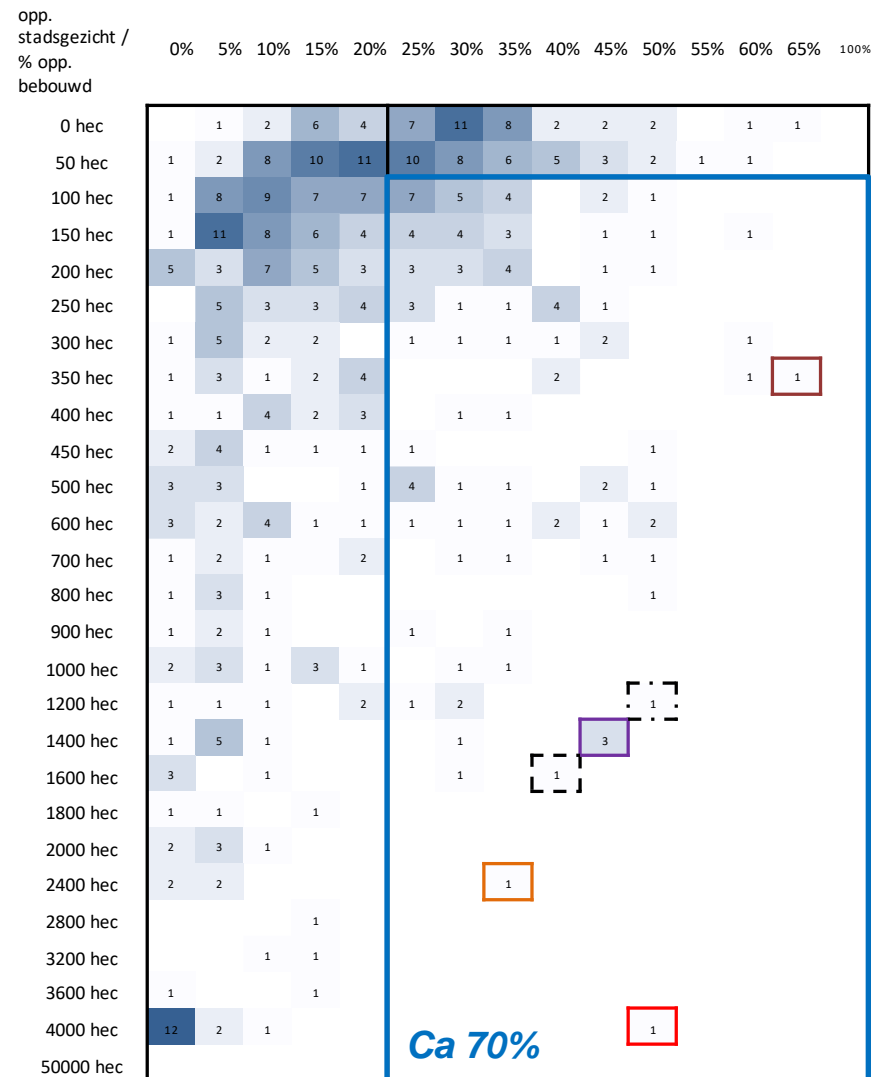
Beschermde status en bebouwingsdichtheid

De figuur hiernaast geeft verdeling van stadsgezichten weer op basis van grootte en percentage bebouwing. Waarbij het getal per cel het aantal stadgezichten in die categorie weergeeft.

- De meeste stadsgezichten zijn beperkt van omvang (<100Ha) en hebben een relatief lage bebouwingsdichtheid (<35%), dit zijn hoofdzakelijk dorpskernen.
- Ongeveer 70% van de monumenten bevindt zich in een beperkt aantal grotere kernen (c.a. 100, zie blauwe kader). Uit dit kader zijn 10 stadgezichten gekozen om in meer detail met elkaar te vergelijken in de onderstaande tabel.



Aantal gebieden



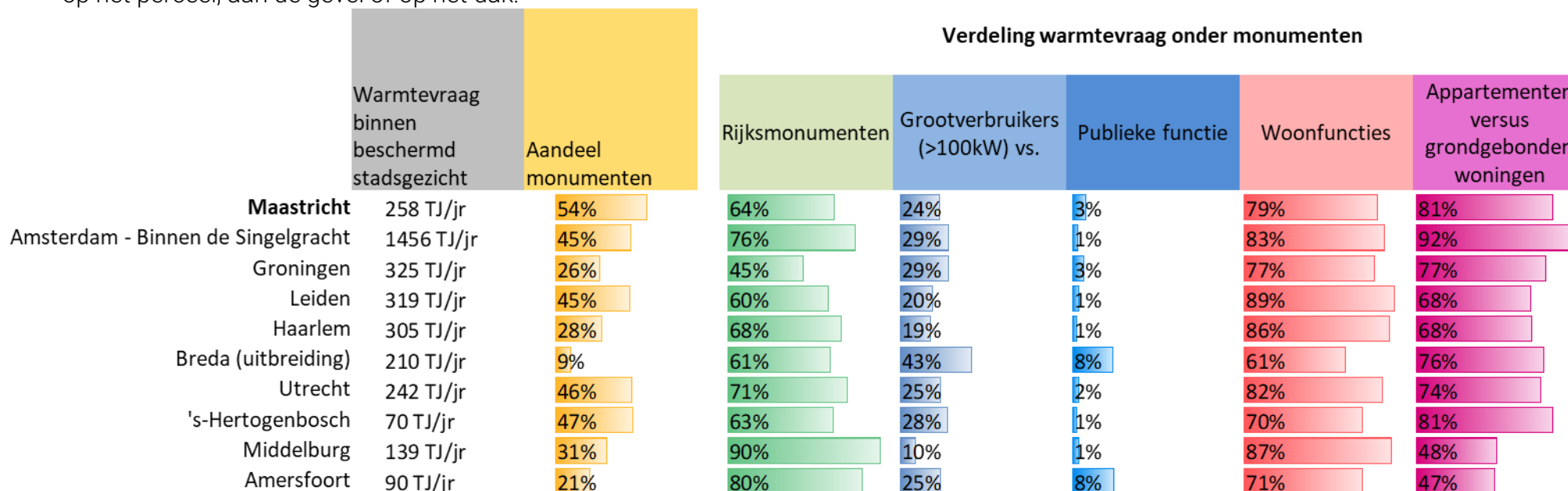
Bron: resultaten van studie De WarmteTransitieMakers, op basis van openbare data (BAG)



Warmtevraag

De **warmtevraag van monumenten** binnen beschermde stadsgezichten is als volgt verdeeld: Appartementencomplexen: 54%; Grondgebonden woningen: 28%; Commercieel vastgoed: 15% en Publieke gebouwen: 2%. Wat valt op: niet alle gebieden zijn identiek. Hieronder zijn tien grote beschermde stadsgezichten vergeleken. Enkele opvallende zaken:

- In Maastricht is meer dan de helft van de warmtevraag voor monumenten.
- In Middelburg is het merendeel van de monumentale gebouwen een Rijksmonument.
- In Breda (uitbreiding) zijn er veel grootverbruikers en zijn er weinig woningen. De opgave zal voor een groot deel bij vastgoedeigenaren of eigenaren van utiliteit liggen.
- In Amsterdam zijn veel monumentale gebouwen met bovenwoningen / appartementen en dus heel weinig grondgebonden woningen. Dit laatste kan iets zeggen over de mogelijke oplossingsrichtingen voor het gebouw, in verband met beschikbare ruimte op het perceel, aan de gevel of op het dak.



Bron: resultaten van studie De WarmteTransitieMakers op basis van openbare data (BAG); Rijksmonumentenregister; eigen kengetallen / rekenmodellen

**Bijlage II:
Praktijkvoorbeelden
en -lessen**

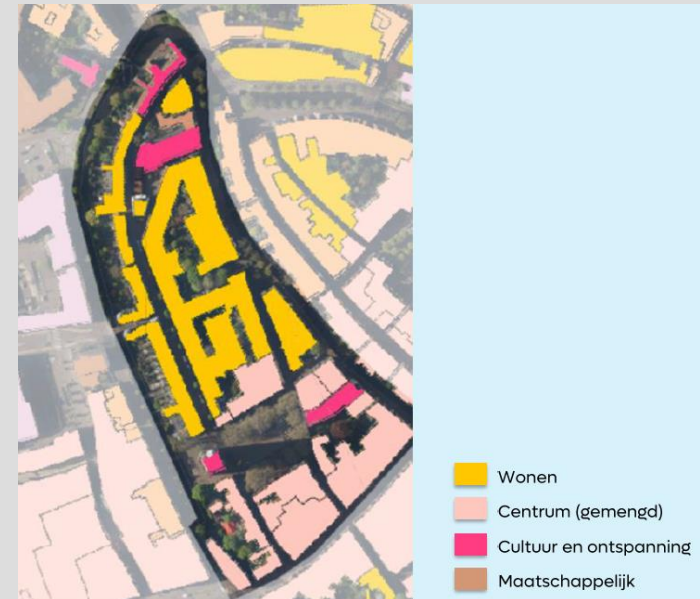


Pilots: geleerde lessen

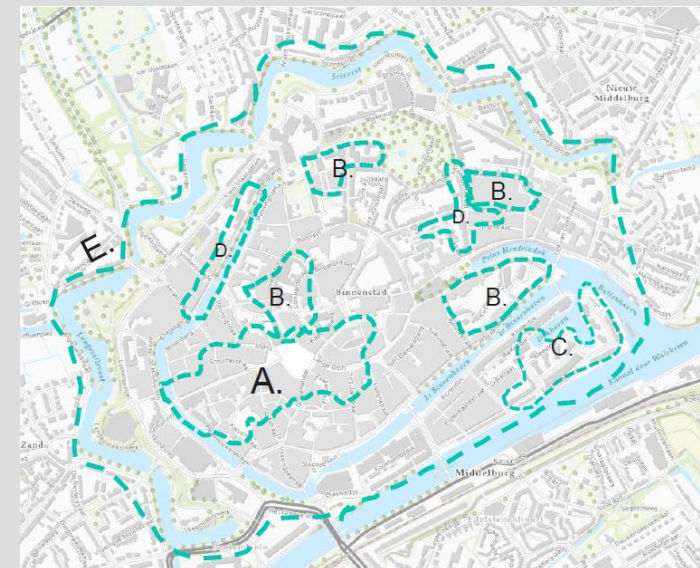
Conclusie onderzoek Arcadis | Over Morgen (Middelburg)

"In een scenario waarin je nu in actie wil komen forceer je een andere manier van denken. Afwachten op hernieuwbare gassen ter vervanging van aardgas in een historische binnenstad is de voor de hand liggende oplossing, maar duurt te lang. Tegelijkertijd heb je bij het afwachten kans op dat bewoners het heft in eigen hand nemen en gaan elektrificeren met verrommelingen afbreuk van erfgoed als gevolg.

*De studie in Middelburg naar potentiële warmtebronnen, clusters en het ingevulde afwegingskader wijst naar het **collectieve warmtenet** als een oplossing waarin de gemeente grip houdt op verrommeling en haar erfgoed. Tegelijkertijd is de uitrol van een warmtenet voor een gemeente wel **een grote opgave**. Er moet een intensief traject plaatsvinden met nauwe samenwerking met bewoners. Zelfs dan bestaat er een kans **dat niet iedereen mee wil**."*



Funcieonderscheid pilot Amersfoort (de Groene Grachten)



Zonering pilot Middelburg (Arcadis | Over Morgen)

Project 1: monumentaal complex eigen opwek

Binnengasthuisterrein, Amsterdam

Kenmerken, schaal: Universiteitscomplex met TEO-WKO-warmtenet voor verscheidenheid aan panden met groot aantal m² (diverse bouwjaren)

Breed toepasbaar? J/N: J

Opschaalbaarheid naar directe omgeving? J/N: J

Voordelen: eigen initiatief, niet-commercieel

Nadelen: beperkte ruimte voor aanleg leidingstelsel, looptijd, financiering, onzekerheden als vergunningen?

Voorbeelden uit de praktijk: focus op initiatief, organisatie



Project 2: monumentale (woon)buurt met eigen opwek

Wilhelminagasthuisterrein, Amsterdam
"Energiecoöperatie KetelhuisWG"

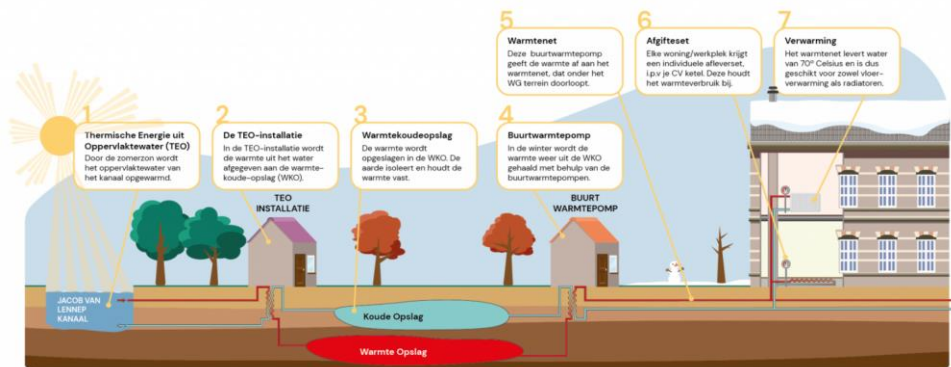
Kenmerken, schaal: TEO-WKO-warmtenet voor ca. 1600 woningen (gemengd eigendom, div.bouwjaren), warmtevraag 25.000 GJ, WiS a 3,7miljoen

Breed toepasbaar? J/N: J

Opschaalbaarheid naar directe omgeving? J/N: J

Voordelen: eigen initiatief, laagdrempelig, individuele benadering, goede communicatie, niet-commercieel

Nadelen: looptijd, financiering, onzekerheden?



Project 3: warmte-uitwisseling tussen monumentaal maatschappelijk vastgoed

Gemeente Amsterdam: warmte-uitwisseling tussen Hortus Botanicus en Hermitage ("tussen kunst en kas")

Kenmerken, schaal: Museum de Hermitage beschikt over een klimaatsysteem ten behoeve van de kunst in het gebouw. Doordat de koeling harder nodig is dan verwarming, is een overschot opgebouwd. Jaarlijkse besparing: 77.000m³ gas en 200.000kWh

2. Warmte en kou worden opgeslagen in buffers diep onder de grond (WKO). De warmtebuffer heeft een overschot.

3. Overtollige warmte wordt via een ondergrondse pijpleiding vervoerd naar de Hortus, die de warmte goed kan gebruiken.

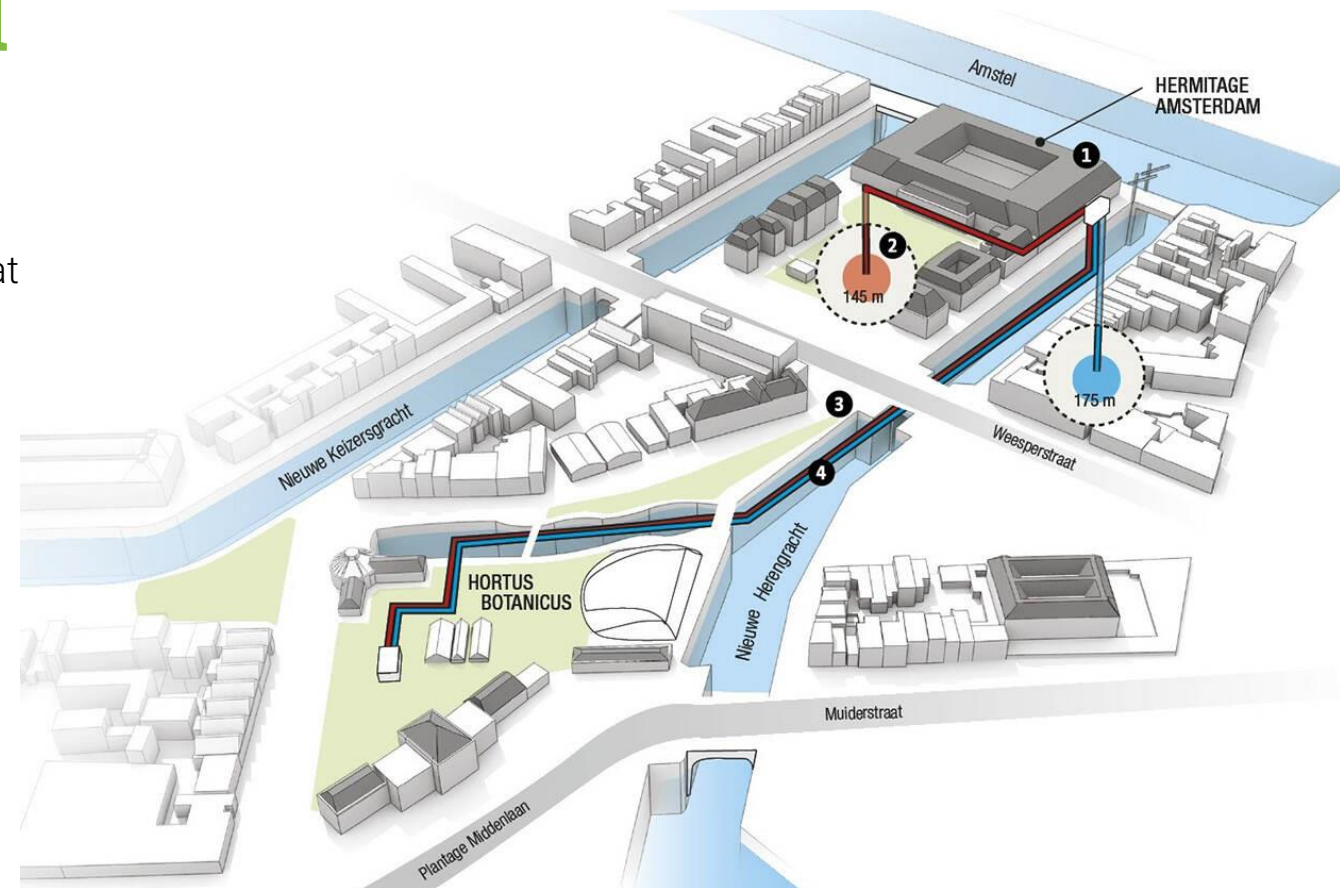
4. De Hortus levert via een tweede leiding kou retour aan de Hermitage.

Breed toepasbaar? J/N: Misschien

Opschaalbaarheid naar directe omgeving? J/N: N

Voordelen: Uitwisseling op korte afstand van monumentaal warmte-overschot naar –vraag, eigen initiatief, niet commercieel

Nadelen: Vrij specifiek, toevallige nabijheid



Project 4: Waterstof voor monumentale woningen

12 monumentale woningen (Berkeloord, Lochem) verwarmen met waterstof

Kenmerken, schaal: proefproject voor een alternatieve, duurzamere warmtebron als waterstof via het bestaande gasnet. Een samenwerking tussen de bewoners, LochemEnergie, netbeheerder Alliander, producent van waterstofketels Remeha en installatiebedrijf Kimenai. Met steun van de gemeente Lochem, provincie Gelderland en subsidies uit verschillende fondsen van de Europese Unie kon de proef met waterstofgas starten.

Breed toepasbaar? J/N: N

Voordelen: behoud leidingstelsel gastoevoer, initiatief belangenvereniging en energie coöperatie.

Nadelen: beperkte beschikbaarheid, aanpassing ketel, risico's bij toevoerpunt



**Bijlage III:
Warmtealternatieven
en technische
randvoorwaarden**



Warmte
Transitie
Makers

4 warmtealternatieven

Dit hoofdstuk duidt 4 verschillende warmtealternatieven en de (on)mogelijkheden, technische uitdagingen en benodigde ruimte. Hierbij wordt rekening gehouden met bijvoorbeeld afgiftetemperatuur, benodigde energie-infra, trafostations.

Op hoofdlijnen zijn er vier warmtealternatieven te onderscheiden:

1. Individueel all-electric (warmtepomp)
2. Collectief warmtenet – midden temperatuur: 70°C
3. Collectief warmtenet – lage temperatuur: 50°C
4. Hernieuwbaar gas
 - a) Groengas
 - b) Waterstof



1. Warmtepomp

De meeste warmtepompen maken lage temperatuur (LT) warmte van zo'n 50 °C. Om een gebouw met deze temperatuur te verwarmen zijn aanpassingen aan de isolatieschil tot label A/B nodig. Mogelijk moeten radiatoren voor laag-temperatuur radiatoren of vloerverwarming vervangen worden.

Lucht-water warmtepompen

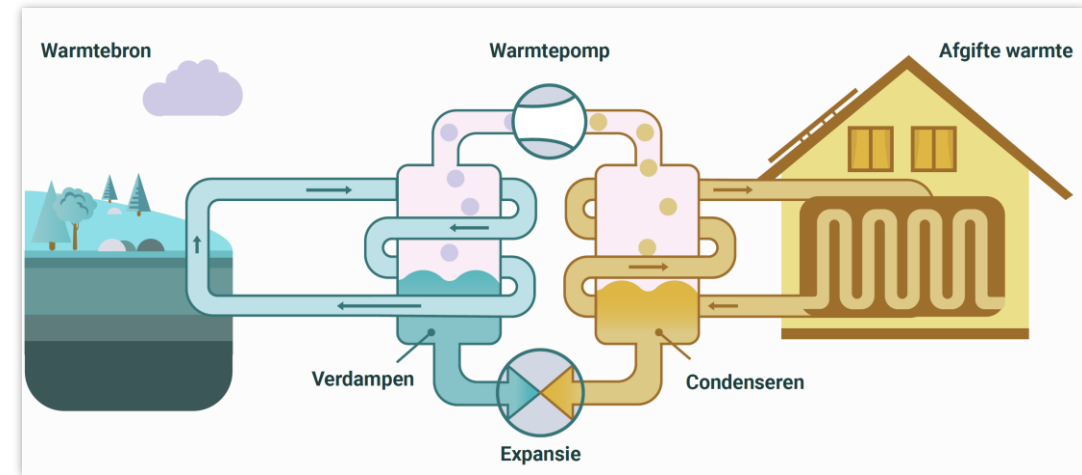
De lucht-water warmtepomp is de meest toegepaste warmtepompstechniek. Deze warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht. Om deze warmte aan de buitenlucht te onttrekken is een buitenunit nodig (zie afbeelding hiernaast). De buitenunit wordt meestal buiten op de grond geplaatst, maar kan ook aan de gevel of op een plat dak worden geïnstalleerd. Naast de buitenunit is een binnenunit noodzakelijk, en buffervat om in warm tapwater te voorzien.

Bodemwarmtepompen

Deze warmtepomp haalt warmte uit de bodem. Hiervoor is de boring van een bodembron vereist. Voor het maken van deze boring is veel ruimte nodig op het eigen perceel. Deze warmtepomp is iets efficiënter dan een lucht warmtepomp, maar wel duurder in de aanschaf.

Hybride warmtepomp

Het is ook mogelijk om een warmtepomp naast een gasketel te plaatsen, dit is meestal een lucht-water warmtepomp, of ventilatiewarmtepomp (zonder buitenunit). De warmtepomp zorgt voor een lager gasverbruik van zo'n 70%. De gasketel springt bij als de warmtepomp alleen niet genoeg, dit is met name het geval op koude winterdagen. Het tapwater wordt volledig voorzien vanuit de CV-ketel.



Schematische werking warmtepomp



Binnendeel warmtepomp en buffervat

Buitenunit lucht warmtepomp

Hoge temperatuur (HT) lucht warmtepompen

Voor veel oude monumentale panden is het een grote uitdaging om de isolatieschil en radiatoren zover te verbeteren dat een LT warmtepomp toegepast kan worden. Warmtepompen voor een hogere temperatuur (HT) van zo'n 70 °C zijn tegenwoordig ook beschikbaar. Deze warmtepompen werken meestal met het koudemiddel propaan, dit is zeer brandbaar en daarom wordt de volledige warmtepomp in dit geval buiten geplaatst. Binnen is nog wel ruimte nodig voor een buffervat voor warm tapwater.

Ruimtebeslag warmtepomp in en rondom de woning

- Voor de installatie van een warmtepomp is in een woning gemiddeld 1,5 - 2 m² nodig voor de binnenunit, het buffervat en overige installatiecomponenten
- Voor de buitenunit van een luchtwarmtepomp is ca 1 m² ruimte nodig. De unit kan op de grond, aan de gevel of op een plat dak worden geplaatst. Rondom deze buitenunit is voldoende ruimte nodig voor het aan- en afvoeren van lucht.
- Voor een bodemwarmtepomp is een bronboring nodig. Voor de realisatie van een boring is een ruimte van 10-15m².
- Voor utiliteiten is de benodigde in- en uitpandige ruimte afhankelijk van het benodigde vermogen. Als richtlijn kan worden gebruikt dat per 100 m² pand binnen 1,5 - 2 m² en buiten 1 m² nodig is.

Ruimtebeslag in de wijk

- Wanneer in een wijk alle gebouwen over gaan op een warmtepomp, dan is het nodig om het elektriciteitsnet te verzwaren. Hiervoor zijn de volgende verzwaringen nodig per 1.000 woningen*:
 - 3 – 6 MS-LS stations, benodigde oppervlakte per station: 10 – 35 m².
 - 3 – 6 km elektrakabels in de grond.

* Let op: een deel van deze verzwaring is ook nodig wanneer alleen inductiekookplaten, elektrische auto's en zonnepanelen worden toegepast en de warmtevoorziening niet elektrisch wordt ingevuld. De benodigde verzwaring van het elektriciteitsnet voor deze onderdelen los van de warmtevoorziening is per 1.000 woningen: 0,2 – 1,5 MS-LS station en 0,5 – 1,5 km kabel.



Elektrahuisje (MS-LS station)



Diverse kabels en leidingen in de straat (bron: Bouwend Nederland)

Warmtenet

Een warmtenet bestaat uit de volgende hoofdonderdelen: Warmtebron, Hoofddistributietracé, warmteoverdrachtstations, Primair leidingnet, Onder(verdeel)stations, Secundair leidingnet, Aansluiting, Afleverzet.

Het hoofddistributietracé en de warmteoverdrachtstations zijn alleen van toepassing op hele grote warmtesystemen. Denk hierbij aan de warmtenetten in de grote steden (Amsterdam, Rotterdam, Utrecht). Voor de kleine of middelgrote warmtenetten begint na de warmtebron vaak meteen het primair leidingnet.

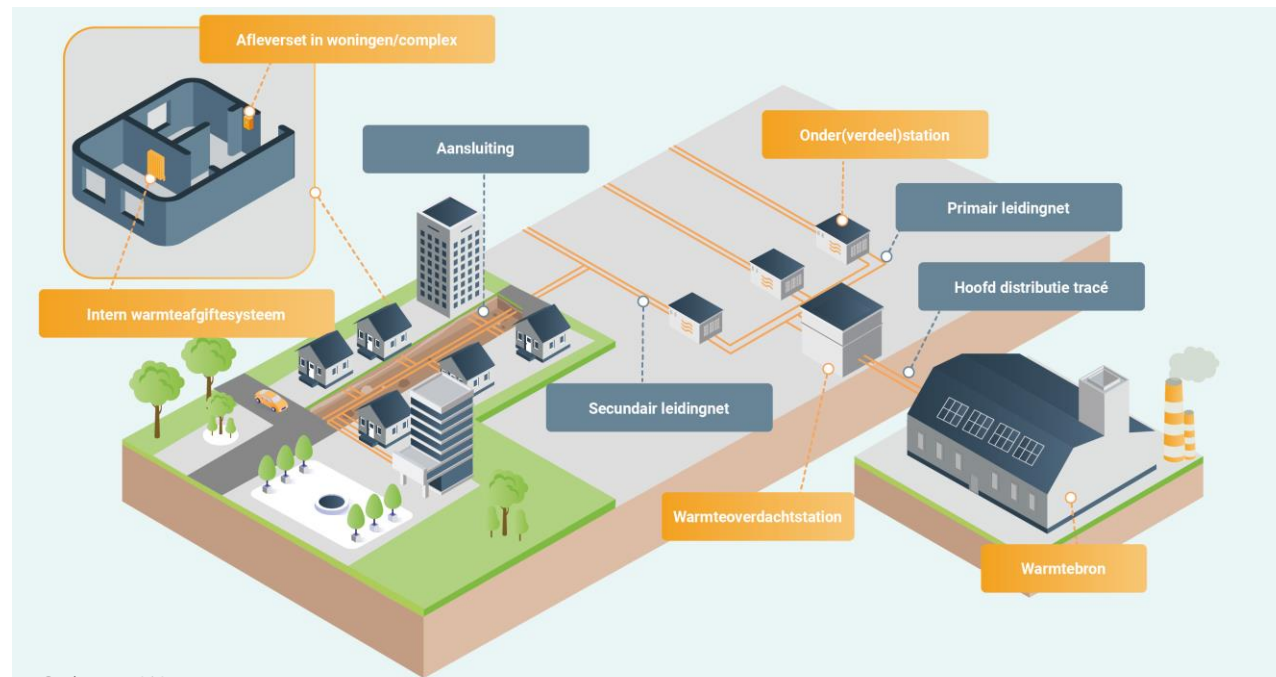
Het gedeelte vanaf de warmtebron tot en met het primair leidingnet bevindt zich meestal aan de rand van een wijk of een stad. Vanaf het onderstation bevindt het systeem zich in een wijk of buurt.

Bij warmtenetten op middentemperatuur (MT) zorgt een collectieve centrale warmtebron door warmte van minimaal 70 °C. Hiermee kunnen de meeste gebouwen, eventueel na wat kleine aanpassingen, direct worden verwarmd. Mogelijke collectieve warmtebronnen voor MT zijn: midden of hoge temperatuur restwarmte, diepe geothermie en zonthermie. Daarnaast kunnen lage temperatuur (LT) bronnen met een warmtepomp worden opgewaardeerd naar MT. Hiervoor is dan een collectieve warmtepomp nodig die een grote elektra aansluiting nodig heeft.

Mogelijke bronnen voor LT warmtenetten zijn: Lage temperatuur restwarmte, Ondiepe geothermie, Zonthermie, Aquathermie in diverse vormen¹, Collectieve warmtepomp.

De verschillende vormen van aquathermie zijn:

- Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO): warmte uit rivieren, kanalen, meren etc.
- Thermische energie uit afvalwater (TEA): warmte uit het effluent van een RWZI, of uit riolering
- Thermische energie uit drinkwater (TED): warmte uit grote drink- of ruwwaterleidingen



Opbouw Warmtenet



Onderstation warmte (voorbeeld uit Nieuwegein)

Aanleg primair leidingnet (bron: warmtenetwerk.nl)

2. Warmtenet 70°C

Ruimtebeslag warmtenet in de woning

- Voor de installatie van een warmtenet is in een woning een afleverset nodig. Deze afleverset wordt meestal op de begane grond geplaatst in een (nieuwe) meterkast. Het ruimtebeslag is circa 0,5 m². Naast de afleverset is het vaak nodig om nieuwe leidingen aan te leggen om de afleverset aan te sluiten op de bestaande verwarmingsinstallatie.
- Voor utiliteiten is de benodigde inpandige ruimte afhankelijk van de vermogensvraag. Voor kleine utiliteiten is het ruimtebeslag vergelijkbaar met een woning. Voor grote utiliteiten (100 kW of meer) is zo'n 6 m² nodig.

Ruimtebeslag in de wijk

- Wanneer in een wijk alle gebouwen over gaan op een warmtenet, dan is het nodig om een warmtenet aan te leggen. Hiervoor zijn de volgende componenten nodig per 1.000 woningen:
 - 3 – 4 onderstations, benodigde oppervlakte per station: 10 – 35 m².
 - 5 – 6 km warmteleidingen in de grond.
- De warmteleidingen moeten naast alle bestaande ondergrondse infrastructuur worden aangelegd. Voor straten met een breedte van minder dan 5 m is de ondergrondse ruimte zeer waarschijnlijk niet voldoende voor de aanleg van een warmtenet. Voor straten met een breedte van 5-7 m is het mogelijk maar complex. Voor straten met een breedte van 7 meter of meer is het aanleggen van een warmtenet meestal mogelijk qua ondergrondse ruimte.



Afleverset in de woning (bron: warmtenetgorinchem.nl)



Huisaansluiting warmtenet in aanleg (bron: warmtenetgorinchem.nl)

3. Warmtenet 50°C

Het ruimtebeslag in wijk en woning is vergelijkbaar met het 70 °C net (zie vorige pagina), maar in de woning zijn enkele verschillen:

Isolatie naar label A/B

Vanwege de lage temperatuur is een goede schilisolatie vereist, schillabel A of B. Deze isolatie verlaagd het warmteverlies, en daarmee het benodigd verwarmingsvermogen in het gebouw. Dat maakt het gebouw geschikt voor verwarming met lage temperatuur.

Boosterwarmtepomp voor tapwater

De minimale temperatuur voor tapwater in een collectief systeem is 60°C, een warmtenet van 50 °C of lager is hiervoor dus niet geschikt. Om tapwater te bereiden wordt gebruik gemaakt van een boosterwarmtepomp of volledig elektrische doorstroomboiler.



Boosterwarmtepomp in de woning voor tapwater.

4. Groengas en waterstof

Biogas ontstaat bij het vergisten van biomassa (bijv. groenafval of mest van dieren). **Groen gas** ontstaat wanneer biogas wordt gezuiverd totdat het de kwaliteit heeft van aardgas. Daardoor kan groen gas worden ingevoerd op het bestaande aardgasnet. De eindgebruiker merkt geen verschil bij de toepassing van groen gas ten opzichte van aardgas. De toepassing van groen gas heeft dus geen impact in de woning, alleen op de productie van het gas.

Waterstofgas kan op verschillende manieren worden geproduceerd:

Grijze waterstof: momenteel wordt bijna alle waterstof in Nederland gemaakt uit aardgas, waarbij CO2 vrij komt.

Blauwe waterstof: het is mogelijk om deze CO2 die vrijkomt bij waterstofproductie uit aardgas op te slaan in de grond. Dit gebeurt momenteel nog niet.

Groene waterstof: het is mogelijk om waterstof te maken vanuit duurzaam opgewekte stroom en water. Dit gebeurt nog bijna niet.

Waterstof kan, na een aantal aanpassingen*, door bestaande aardgasleidingen worden getransporteerd.

Zowel voor waterstof en groen gas wordt de toepassing in de gebouwde omgeving minimaal, zo blijkt ook uit de brief van kamerbrief aan gemeenten - 20 juli 2023:

Het is belangrijk om te benadrukken dat waterstof én groen gas, zelfs na 2030, slechts in beperkte mate beschikbaar zullen zijn voor het verwarmen van gebouwen. Mocht u groen gas of waterstof als transitiestrategie in uw Transitie Visie Warmte (TVW) hebben opgenomen, dan adviseren wij u dit voornemen waar mogelijk te wijzigen in een andere duurzame bron.



















*Om bestaande gasleidingen geschikt te maken voor waterstof moeten afsluiters en afdichtingen worden vervangen. Voor meer informatie zie o.a.: <https://www.gasunie.nl/nieuws/7-vragen-over-waterstof-door-aardgasleidingen>

Wie /wat wordt waar aangesloten



Opbouw landelijke gasnet en invoeding groen gas (bron: Netbeheer Nederland)

Impact van de energietransitie op het elektranet

huidig	naar			infrastructuur	
	aandeel zonnepanelen	aandeel elektrisch koken en opladen	warmtevoorziening	nu	in de toekomst
 <p>10.000 woningen</p>	 <p>gemiddeld</p>	 <p>gemiddeld</p>	 <p>100% warmtenet</p>	 <p>60 MS-LS stations 50 km LS-kabel 30 km MS-kabel</p>	 <p>2 - 15 extra MS-LS stations 5 - 15 km extra kabels</p>
 <p>10.000 woningen</p>	 <p>gemiddeld</p>	 <p>gemiddeld</p>	 <p>50% warmtenet, 50% elektrische warmtepomp</p>	 <p>60 MS-LS stations 50 km LS-kabel 30 km MS-kabel</p>	 <p>10 - 40 extra MS-LS stations 15 - 30 km extra kabels</p>
 <p>10.000 woningen</p>	 <p>hoog</p>	 <p>hoog</p>	 <p>100% elektrische warmtepomp</p>	 <p>60 MS-LS stations 50 km LS-kabel 30 km MS-kabel</p>	 <p>30 - 60 extra MS-LS stations 30 - 60 km extra kabels</p>

Impact op het elektriciteitsnet van diverse warmtepompoplossing (bron: Netbeheer Nederland)