

BIJLAGEN



Inhoudsopgave

1	Bijlage A: Uitkomsten participatie	3
2	Bijlage B: Onderzoeksbeeld: modelanalyse en kengetallen	13
3	Bijlage C: Warmtevraagbeperking, warmteopties en duurzaamheid	24
4	Bijlage D: Begrippenlijst	43

1 Bijlage A: Uitkomsten participatie

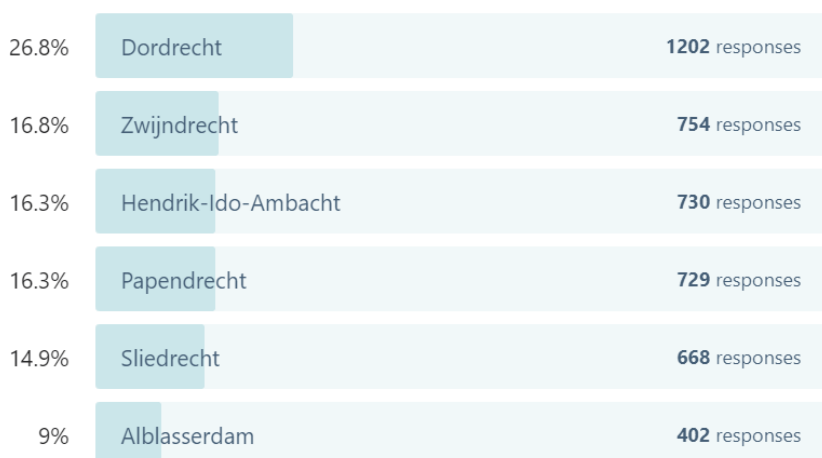
1.1 Resultaten online enquête: wat vind jij belangrijk bij de overstap naar aardgasvrij?

Via social media, het platform denkmee.drechtstedenenergie.nl en gemeentelijke nieuwsbrieven is een online enquête verspreid waarbij inwoners van de Drechtsteden gevraagd zijn om een aantal meerkeuzevragen over de warmtetransitie te beantwoorden. De resultaten van de enquête geven een beeld van wat bewoners belangrijk vinden in de warmtetransitie en de keuzes die in de transitievisie warmte gemaakt moeten worden. De enquête is meer dan 4.500 keer ingevuld en geeft daarmee inzicht in de voorkeuren van bewoners ten aanzien van de overstap naar aardgasvrij wonen.

Uit de enquête blijkt dat het thema aardgasvrij bij vrijwel alle respondenten bekend is. Een behoorlijke groep van 40 procent geeft aan er al vrij veel over te weten, ruim 50 procent geeft aan erover gehoord te hebben. Veel inwoners zijn al bewust bezig met duurzamer wonen en zijn al aan de slag om hun aardgasverbruik te verminderen, maar er wordt ook ruimte voor verbetering gezien. Respondenten geven verder aan vooral de betaalbaarheid en wooncomfort (een comfortabele temperatuur) belangrijk te vinden als het gaat om de overstap naar aardgasvrij. Zo'n 30 procent geeft aan niet van het aardgas af willen. Uit de enquête komt een algemeen beeld naar voren dat het onderwerp leeft, men er al mee bezig is, maar ook dat mensen een aantal concrete zorgen hebben. Hieronder zijn de uitkomsten van de enquête weergegeven.

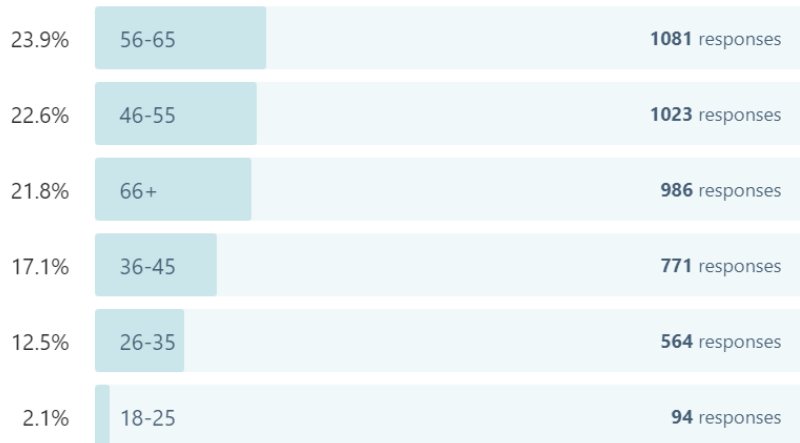
✓ 1 In welke gemeente woon je?

4485 out of 4558 people answered this question



**2****Binnen welke leeftijdscategorie val je?**

4519 out of 4558 people answered this question

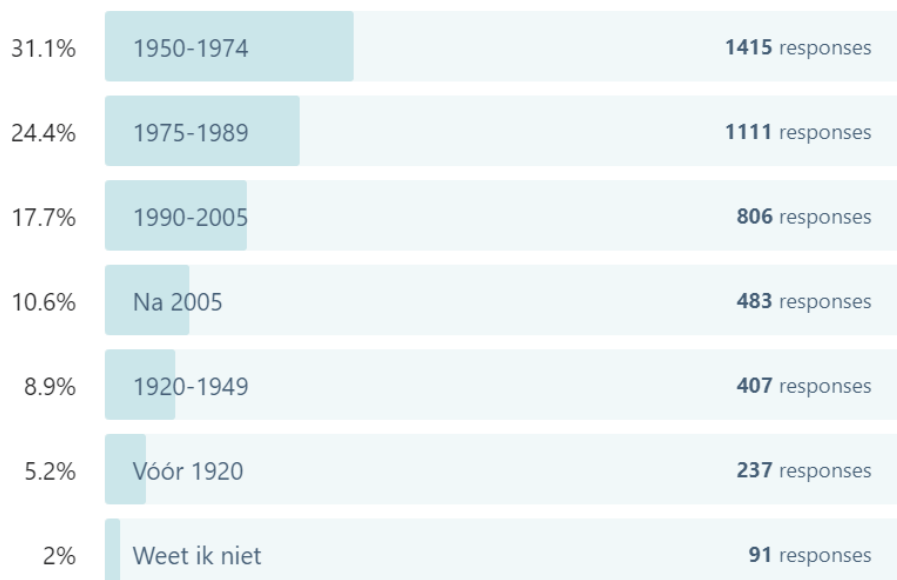
**3****Ben je een**

4542 out of 4558 people answered this question



✓ 4 **Wat is ongeveer het bouwjaar van jouw woning?**

4550 out of 4558 people answered this question



✓ 5 **De meeste mensen gebruiken op dit moment nog aardgas om te koken en hun woning te verwarmen. Maar het gebruik van aardgas is niet duurzaam. In het Klimaatakkoord hebben we daarom afgesproken dat gebouwen in Nederland in 2050 aardgasvrij zijn. We gaan op zoek naar nieuwe manieren om onze huizen te verwarmen, te douchen en te koken. Niet meer via de CV-ketel op aardgas, maar bijvoorbeeld met warmtenetten of warmtepompen. Wat weet je al over de overstap naar aardgasvrij wonen?**

4528 out of 4558 people answered this question



✓ 6 Wat is voor jou het belangrijkste in de overstap naar aardgasvrij wonen?

4520 out of 4558 people answered this question (with multiple choice)



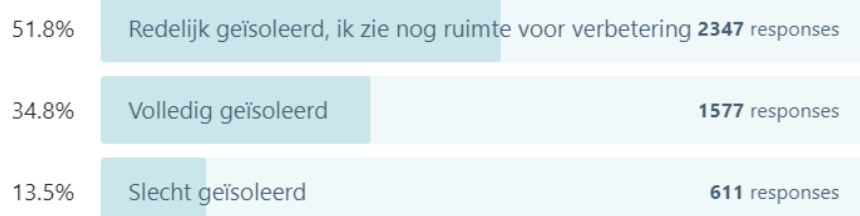
✓ 7 Aardgasvrij wonen begint met energiebesparen. Dat kan door kleine of grote besparingsmaatregelen te nemen. Neem je al maatregelen om minder aardgas te gebruiken?

4544 out of 4558 people answered this question (with multiple choice)



✓ 8 Hoe goed is jouw woning geïsoleerd op dit moment?

4535 out of 4558 people answered this question



✓ 9 Waar maak je je het meest zorgen om bij de overstap naar aardgasvrij wonen?

4543 out of 4558 people answered this question (with multiple choice)



✓ 10

Als jij het voor het zeggen had, in welke buurten zou jij dan als eerste beginnen met de overstap naar aardgasvrij wonen?

4511 out of 4558 people answered this question (with multiple choice)



✓ 11

Hoe wil je de komende jaren door de gemeente geïnformeerd worden over de overstap naar aardgasvrij wonen?

4548 out of 4558 people answered this question (with multiple choice)



1.2 Resultaten participatieplatform denkmee.drechtstedenenergie.nl

Via het participatieplatform konden bewoners en ondernemers hun mening geven en ideeën delen over de warmtetransitie. Er zijn twee vragen gesteld: (1) hoe kiezen we de meest geschikte wijken om de overstap naar aardgasvrij te beginnen en (2) Bedrijven/ondernemers: hoe wordt de overstap naar aardgasvrij voor jullie interessant? Hieronder is een voorbeeld te zien van antwoorden op vraag 1. In de discussies kwamen een aantal onderwerpen vaker terug, namelijk de voorkeur voor een focus op isolatie, zorgen over betaalbaarheid en uitvoerbaarheid en een wens voor het behoud van bestaande infrastructuur, in combinatie met oplossingen die de komende jaren nog niet beschikbaar zullen zijn, zoals waterstof en kernenergie. De inbreng op het platform is gebruikt bij het opstellen van de uitgangspunten en afwegingscriteria in deze transitievisie warmte.

Focus op bestaande bouw en een bereidwillige wijk door maatwerk te leveren + een financiële impuls

Stap 1 - Benader als eerste inwoners van een wijk waar de woningen vanuit de bouw al goed geïsoleerd zijn. Via het register van Energielabels kun je globaal achterhalen in welke staat de woning verkeert als het gaat om bestaande bouw. Stap 2 - vraag deze bewoners naar de bereidwilligheid om de overstap te maken naar aardgasvrij en zet daarbij in op maatwerkoplossingen voor die wijk + doorrekening van wat per huishouden gaat kosten + wat er voor maatregelen worden getroffen. Inventariseer per huishouden welke maatregelen er al zijn getroffen en neem dit mee in de doorrekening. Stap 3 - maak het voor de eerste projecten aantrekkelijk door de acceptanten tegemoet te komen met een extra subsidie. Deze groep zal namelijk moeten pionieren waar de gemeente ook van kan leren om vervolgprojecten in andere projecten uit te kunnen rollen. Door de extra subsidie zouden deze acceptanten extra enthousiast kunnen worden en als koplopers kunnen worden gezien.

Voor (1) Anders Tegen (2)

Reacties

Gebruiker 25676 · 3 weken geleden

Stop met deze onzin, we hebben het hier prima voor elkaar met een geweldige infrastructuur. Het hele overstappen is bedacht door een stelletje milieu fanaten en wordt ons door de strot gedrukt. Problemen, plenty, voordelen minimaal. Kosten zijn zoals we gewend zijn voor de gewone burger. Lekker door blijven gaan zoals het is, wij hoeven niet het beste jongetje van de klas te zijn om punten te scoren in Brussel!

Gebruiker 25677 · 3 weken geleden

De gedachte is dat we doen wat we kunnen om de aarde op langere termijn bewoonbaar te houden voor volgende generaties. Dat de energietransitie geld gaat kosten, zijn we het over eens. Dat die kostenpost eerlijk verdeeld moet worden ook. Niets doen en afwachten tot andere landen in beweging komen, lijkt me het meest onverstandig. Struivogelgedrag lost namelijk geen problemen op.

Idee · 4 weken geleden · 14 · Publiek

Kernenergie

Wek waterstof op met behulp van kernenergie, geen CO2 uitstoot en volop energie voor meer dan 30 jaar

Voor (3) Anders Tegen (1)

Reacties

Gebruiker 25748 · 2 weken geleden

Gewoon op gas blijven, is de duurzaamste oplossing, elektriciteit wordt nu nl minder duurzaam opgewekt (oa de biomassa onzin en wiebelstroom van wind en zon)

Gebruiker 25654 · 3 weken geleden

Met het huidige gebruik zijn de uraniumvoorraden binnen 86 jaar op. Bij een groeten inzet van kern energie zal deze voorraad sneller slinken en is het daarmee geen duurzame bron van energie

3 weken geleden

de beste oplossing om CO2 terug te dringen is kernenergie voor stroom opwekking en warmte productie, moet met zeer veel voortvarendheid worden aangepakt, ook goed voor kennisbedrijven.

Drechtsteden · 4 weken geleden

Kernenergie en waterstof zijn lange termijn oplossingen, denk aan 30 jaar. Wat zouden we in de tussentijd al kunnen doen?

4 weken geleden

Een landelijk waterstofnetwerk is mogelijk lange termijn - maar dat is een gemeentedekkend warmtenet ook (zeker nu het werkelijk tempo van aanleg duidelijk wordt, met alle belemmeringen en beperkingen). Er zijn echter ook manieren om lokaal waterstof te produceren en gebruiken (zelfs tot woningniveau aan toe). Deze vragen om veel kleinere ingrepen en investeringen.

4 weken geleden

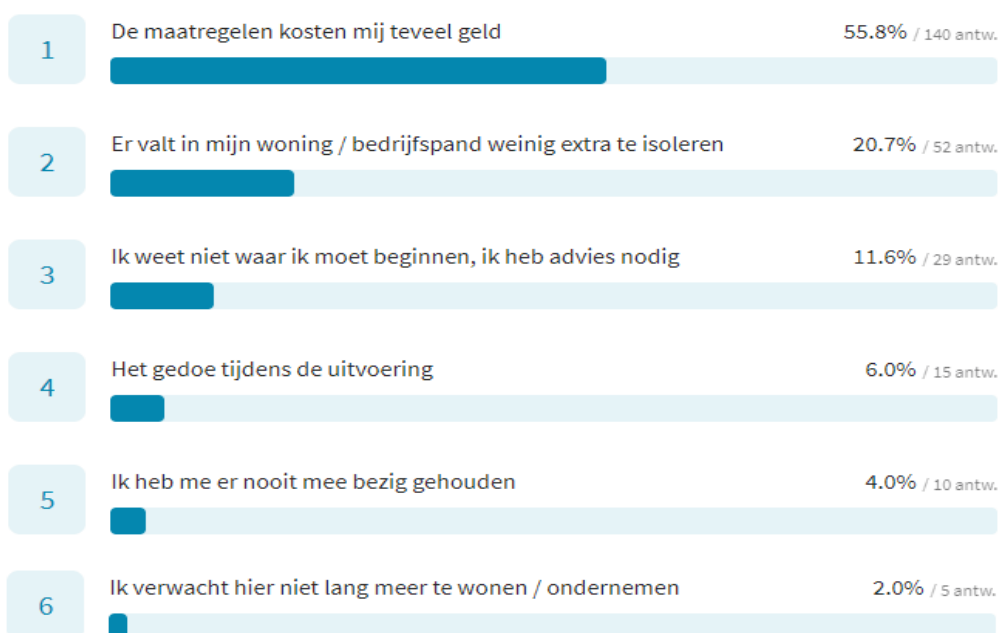
In de tussentijd niet investeren in tijdelijke oplossingen zoals een warmtenet. Maak gebruik van bestaande infrastructuur totdat je naar een definitieve oplossing toe kan.

1.3 Resultaten enquête over isoleren

In maart 2021 heeft de tweede uitgebreide participatieronde plaatsgevonden in de gemeenten van de Drechtsteden. Deze bestond allereerst uit een bewonersavond per gemeente. Bewoners zijn tijdens deze avond geïnformeerd over aardgasvrij wonen, er is toelichting gegeven op wat de transitievisie warmte is en er is een concept van de perspectiefkaart gedeeld en reacties daarop zijn verzameld. In dezelfde periode is onder bewoners van de Drechtsteden een brede enquête uitgezet, waarbij bewoners bevraagd werden over isoleren. Hier is 263 keer op gereageerd.

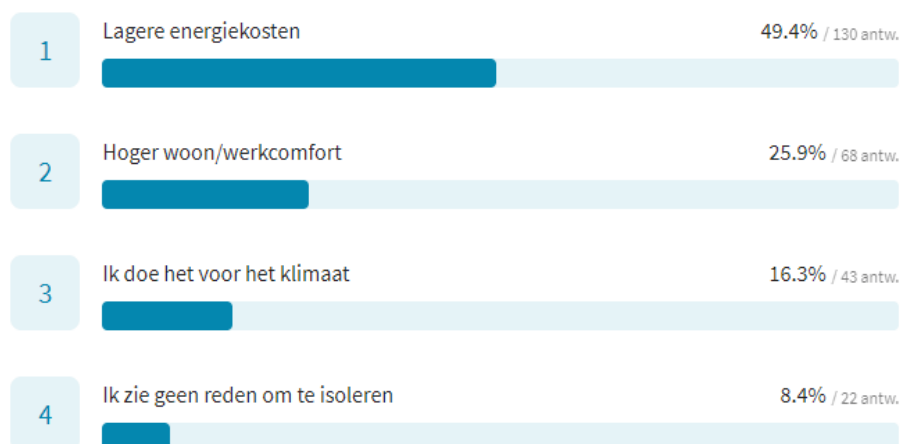
Wat houdt u op dit moment tegen om extra te isoleren?

251 van 263 mensen hebben deze vraag beantwoord



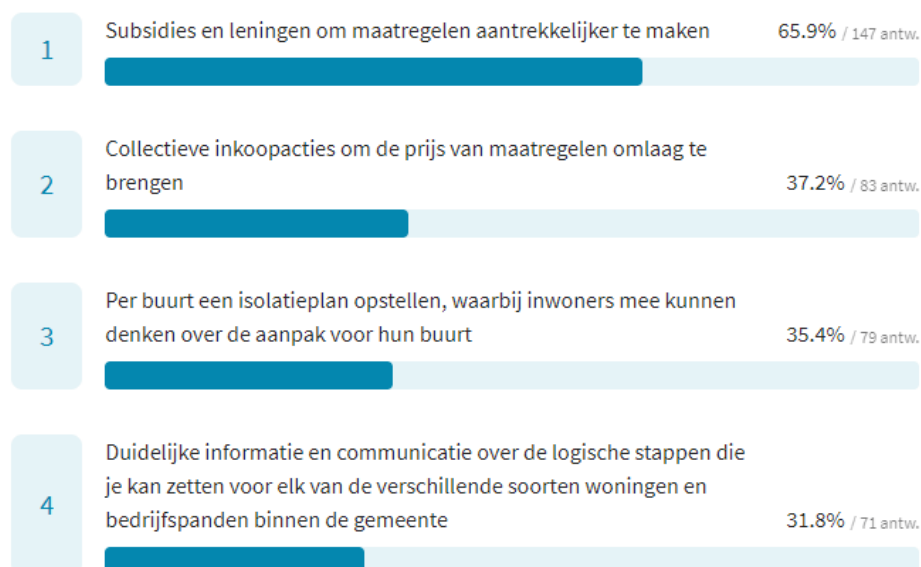
Wat zou voor u de belangrijkste reden zijn om met isoleren aan de slag te gaan?

263 van 263 mensen hebben deze vraag beantwoord



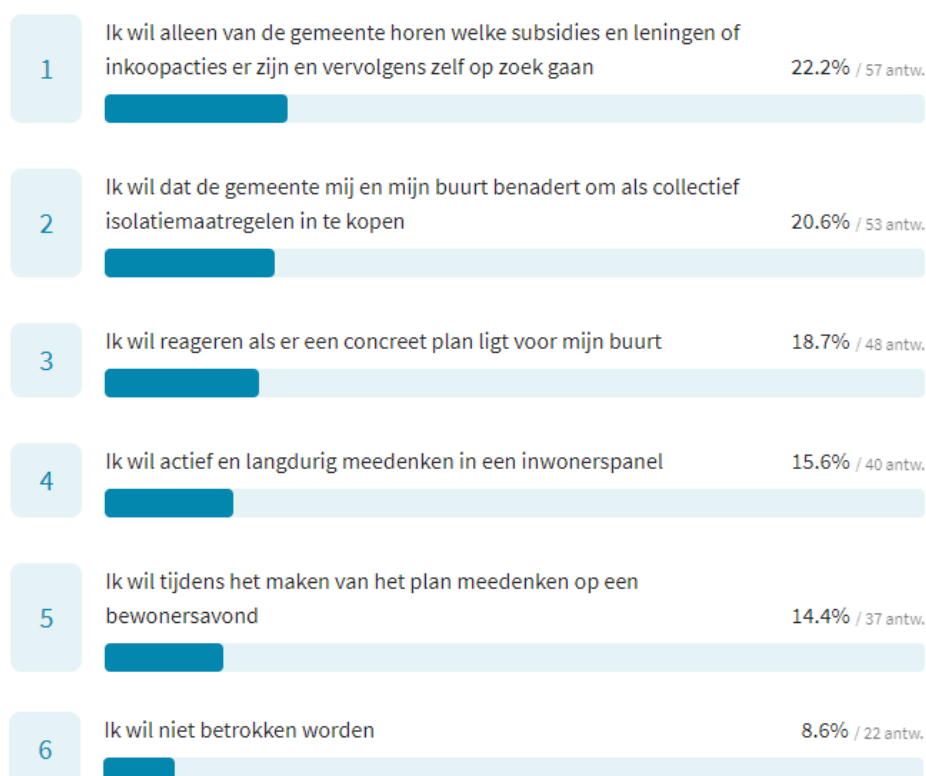
In heel veel buurten ligt de komende tijd de focus op het besparen van aardgas, door te isoleren of in sommige gevallen middels een hybride warmtepomp. Wat is er volgens u nodig om inwoners en ondernemers te stimuleren om deze stappen te gaan zetten?

223 van 263 mensen hebben deze vraag beantwoord



Stel er wordt voor uw buurt een plan gemaakt voor energiebesparende maatregelen of aardgasvrij. Op welke manier zou u bij zo'n plan voor uw buurt betrokken willen worden?

257 van 263 mensen hebben deze vraag beantwoord



1.4 Reacties participatieplatform over isoleren

Parallel aan de enquête over isoleren is ook het platform opengesteld voor discussies en ideeën rondom isoleren. Hier konden bewoners hun ideeën over het onderwerp kwijt en reageren op verschillende suggesties die gedaan werden, bijvoorbeeld ten aanzien van collectieve inkoopacties en buurtisolatieplannen.

Duidelijke informatie en communicatie over de logische stappen die je kan zetten

Dit moet gedaan worden voor elk van de verschillende soorten woningen en bedrijfspanden binnen de gemeente.

Voor (15) Anders Tegen

Reacties

Gebruiker 26772 1 maand geleden

Waarschuw burgers om niet klakkeloos te isoleren. Wat de bouwmarkt graag aanprijst en verkoopt zijn niet altijd geschikte materialen. Een huis heeft natuurlijke ventilatie nodig maar met tochtstrips neem je vaak elke kierventilatie weg. Zorg dat een woning blijft ventileren. Met dakisolatie aan de binnenzijde kun je op lange termijn wel eens voor grote problemen komen te staan wanneer blijkt dat het zgn. dauwpunt naar de binnenzijde van het dak verplaatst is. Je ontdekt het wanneer er na de behandeling vaak condensvocht op de binnenzijde van het dak zit. Laat je hierover vooraf door deskundigen adviseren. Vraag een andere wijze van daksolatie. Bewaak het dak op materiaal in de bouw en het water en de druk van de dakpannen. Lees meer ▾

Gebruiker 27277 1 maand geleden

Moet duidelijk zijn hoe hoog de subsidie is. Ook belangrijk hoe te isoleren. Wie controleert de bedrijven die het isoleren uitvoert. Bewoners of bedrijven hebben er zelf meestal geen verstand van.

Edwin P 1 maand geleden

Eens met JanT. Ik denk dat veel mensen de technische know-how niet hebben om dit zelf te begeleiden, en daarom er vanuit de gemeente informatie moet komen, bij welke bedrijven ze moeten zijn, en welke subsidie ze krijgen.

JanT 1 maand geleden

Dit moet wel onafhankelijke informatie zijn, en niet een reclame - uiting van een isolatiebedrijf

Collectieve inkoopacties om de prijs van maatregelen omlaag te brengen

Door gezamenlijk in te kopen, zouden bepaalde maatregelen goedkoper kunnen worden.

Voor (8) Anders (2) Tegen

Gebruiker 27277 1 maand geleden

Wie controleert de collectieve maatregel of deze van goede kwaliteit is incl. aanbrengen.

JanT 1 maand geleden

Niet iedereen beslist op hetzelfde moment, dus een actie zou lange tijd geldig moeten zijn.!

Per buurt een isolatieplan opstellen, waarbij inwoners mee kunnen denken over de aanpak voor hun buurt

Voor (8) Anders (2) Tegen

Gebruiker 27404 5 dagen geleden

Ik denk dat isolatieplannen goed zouden kunnen helpen. Daarbij is het denk ik niet van belang op welk niveau de woningen op dat moment zijn geïsoleerd, maar meer naar welk niveau geïsoleerd moet worden om aan te sluiten op de oplossing die bedacht wordt om de wijk van het gas af te halen. Is een investering in 10cm dak isolatie bijvoorbeeld voldoende of kom je er dan over 5 jaar achter dat die investering niet voldoende was om het huis efficiënt te kunnen verwarmen via het warmtenet waar je dan op aangesloten wordt en had je beter voor 15cm kunnen doorsparen? Of investeer je nu zelf in een warmtepomp en blijkt dan over een jaar dat de wijk en het warmtenet aangesloten wordt? Met name van die aansluiting en kosten van een warmtepomp. Lees meer ▾

Gebruiker 25672 1 maand geleden

Zeker zal er altijd maatwerk nodig zijn. Maar als er een plan opgesteld wordt voor de woning waar nog het meeste moet gebeuren kan dat als leidraad worden gebruikt voor de andere woningen. Als daarnaast dan ook nog wordt geïnventariseerd wat er per woning nog moet gebeuren ligt er een goede basis om werkzaamheden gezamenlijk op te pakken en uit te voeren.

Gebruiker 26532 1 maand geleden

Ben bang dat buurtaanpak niet gaat werken. Woningen in een buurt die bijvoorbeeld 40 jaar geleden gebouwd zijn, zullen inmiddels sterk kunnen verschillen. De ene bewoner heeft wellicht al dubbel glas geplaatst, en de buurman misschien niet. Je zult dus echt elk huis, stuk voor stuk, moeten bekijken.

2 Bijlage B: Onderzoeksbeeld: modelanalyse en kengetallen

Het onderzoeksbeeld geeft weer welke warmteoptie in welke buurt de laagste maatschappelijke kosten heeft. Aan het onderzoeksbeeld liggen verschillende modelstudies ten grondslag. Deze modelanalyses zijn in dit hoofdstuk besproken. Eerst is de methodologie achter het onderzoeksbeeld beschreven. Vervolgens is de methodologie van het Warmtetransitiemodel in detail uitgewerkt. Tot slot zijn alle gehanteerde kengetallen en uitgangspunten aan dit hoofdstuk toegevoegd.

2.1 Methodologie onderzoeksbeeld

Het onderzoeksbeeld is tot stand gekomen op basis van een vergelijking van drie modelstudies:

1. Warmtetransitiemodel (WTM) van Over Morgen
2. Openingsbod 1.0 van Stedin
3. Startanalyse 2020 van Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Deze modelstudies zijn zowel vergeleken op methodologie als op resultaten per CBS-buurt. Eerst is geverifieerd of de modelstudies inderdaad vergelijkbaar zijn, en waar de verschillen zitten in rekenwijze of uitgangspunten, en daarna is per buurt gekeken in hoeverre de modelstudies dezelfde resultaten per CBS-buurt produceren en wat de reden is van eventuele verschillende uitkomsten per buurt.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting weer van de belangrijkste overeenkomsten en verschillen tussen de drie gehanteerde modelstudies.

Kenmerk	WTM (2020)	Openingsbod 1.0	Startanalyse 2020
Algemene omschrijving	Ruimtelijk rekenmodel dat kosten berekent per BAG-pand en deze kosten vervolgens aggregaat naar buurten.	Vergelijkende analyse van drie onderliggende modellen: Vesta MAIS, Cegoia en ETM, met ieder hun eigen karakteristieken. Openingsbod is uitgerekend in drie scenario's die verschillen in de beschikbaarheid van gas en warmte.	Maakt gebruik van het Vesta MAIS-model, dat kosten berekent per BAG-pand en deze kosten vervolgens aggregaat naar buurten.
Kostendefinitie	"Maatschappelijke kosten", alle kosten die in de energieketen van bron tot eindgebruiker worden gemaakt, netto contant gemaakt over een bepaalde terugverdientijd.	"Maatschappelijke kosten", alle kosten die in de energieketen van bron tot eindgebruiker worden gemaakt, netto contant gemaakt over een bepaalde terugverdientijd.	"Maatschappelijke kosten", alle kosten die in de energieketen van bron tot eindgebruiker worden gemaakt, netto contant gemaakt over een bepaalde terugverdientijd (wordt "nationale kosten" genoemd in de Startanalyse)
Doorgerekende bouwkundige niveaus	Twee niveaus: • Minimumniveau max. 80 kWh/m² • Basisniveau max. 65 kWh/m²	Modellen bepalen per scenario een optimaal isolatieniveau per buurt.	Twee niveaus: • Schillabel D • Schillabel B

Warmteopties	• Gasnet • All-electric • Warmtenet (70°C) • Warmtenet (40°C) • Lokale bronnetten	• Gasnet • All-electric • Warmtenet (70°C)	• Groengas • Waterstofgas • All-electric • Warmtenet met MT/HT-bron • Warmtenet met LT-bron
Warmtebronnen	Modelmatig onbeperkt verondersteld en separaat getoetst aan het bronperspectief i.s.m. HVC.	Verondersteld beperkt en als input aan de modellen meegegeven op basis van openbare data.	Verondersteld beperkt en als input aan het model meegegeven op basis van openbare data.
Duurzaam gas	Beschikbare hoeveelheid gas is geen inputvariabele. De warmteoptie gasnet wordt toegekend op basis van buurtkenmerken zoals ouderdom.	Verondersteld beperkt en als input aan het model meegegeven op basis van openbare data. Gasnet als warmteoptie wordt toegewezen op basis van maatschappelijke kosten.	Verondersteld beperkt en als input aan het model meegegeven op basis van openbare data. Gasnet als warmteoptie wordt toegewezen op basis van maatschappelijke kosten.

Tabel 1. Overeenkomsten en verschillen modellen

Uit de vergelijking van de modellen blijken de volgende, belangrijke overeenkomsten en verschillen:

1. Alle drie de modestudies optimaliseren op maatschappelijke kosten. Daarmee zijn ze in beginsel vergelijkbaar omdat ze een uitspraak doen over hetzelfde, namelijk welke warmteoptie de laagste kosten heeft.
2. De modellen hanteren alle drie een verschillende typologie van warmteopties. Om de resultaten vergelijkbaar te maken zijn deze typologieën in het onderzoeksbeeld samengevoegd tot één typologie:
 - Gasnet
 - All-electric
 - Warmtenet
3. Het WTM verschilt van zowel Openingsbod 1.0 als Startanalyse 2020 als het gaat om de aannames over warmtebronnen en duurzaam gas. De laatste twee gaan uit van aannames en open data over warmte en gas om deze vervolgens te “verdelen” over buurten op basis van de laagste kosten. Het WTM veronderstelt dat warmte onbeperkt is. Separaat (dus buiten het model) is getoetst of er ook daadwerkelijk voldoende warmte is. Deze exercitie is voor de Drechtsteden gedaan in samenwerking met HVC vanwege hun vergaande kennis van warmtebronnen in de regio. Voor duurzaam gas neemt het WTM aan dat deze beperkt is, maar kent daar geen waarde aan toe. In plaats daarvan wordt het gasnet toegekend aan buurten die op basis van praktijkervaring het meest kostbaar en complex zijn om gasvrij te maken, zoals oude binnensteden en dijklinten.

2.2 Methodologische verdieping Warmtetransitiemodel

Deze paragraaf geeft een methodologische verdieping van het WTM van Over Morgen. Voor een methodologische verdieping van het Openingsbod 1.0¹ en de Startanalyse 2020² wordt verwezen naar externe documentatie in de voetnoot.

2.2.1 Modelontwerp Warmtetransitiemodel

Het WTM is een ruimtelijk model dat geschreven is in Python 3. Het model maakt voornamelijk gebruik van de ArcPy library en maakt daarnaast gebruik van enkele PostGIS-libraries. De basis voor het modelontwerp is een database van gebouwen. Deze database is gebaseerd op de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van het Kadaster. Deze gebouwendatabase is verrijkt met gegevens uit verschillende bronnen. Ook is informatie toegevoegd op basis van kentallen. De gebouwendatabase bevat zodoende van ieder gebouw in Nederland informatie over onder andere:

- Bouwjaar en bouwtype
- Buurtkenmerken, zoals bebouwingsdichtheid
- Gemodelleerd energieverbruik en energieprestatie, gevalideerd met werkelijke verbruiksgegevens
- Investeringsbandbreedtes voor verschillende bouwkundige en energetische maatregelen
- Bandbreedtes voor kosten en besparingen

2.2.2 Brondata Warmtetransitiemodel

Het WTM maakt vrijwel geheel gebruik van open data uit betrouwbare bronnen, zie tabel 2.

Bronhouder	Bron	Dataset
CBS	Wijk- en Buurtkaart	Buurtgeometrie
	Energielevering aan woningen en bedrijven naar postcode	Energieverbruiken per postcode-6
Regionale netbeheerders	Kleinverbruiksdata	Energieverbruiken per postcode-6
Kadaster	Basisregistratie Adressen en Gebouwen	• Pandgeometrie • Oppervlaktes • Gebouwfuncties • Bouwjaar
	Basisregistratie Topografie (TOP10NL)	Terreingeometrie (voor berekening bebouwingsdichtheid)
Over Morgen		Energetische kengetallen en kostenkentallen op basis van eigen kennis en ervaring.

Tabel 2: overzicht van gebruikte brondata in het Warmtetransitiemodel

De gebouwendatabase is verrijkt met kengetallen over investeringskosten en operationele kosten en opbrengsten en een realistische besparingspotentie. Met deze kengetallen worden de warmteopties per buurt berekend. Het WTM maakt de warmteoptie met de laagst maatschappelijke kosten per buurt inzichtelijk. Kentallen worden bij woningbouw toegekend op basis van een woningtype - en bouwjaarcombinatie. Dit wordt een sleuteltype genoemd.

¹ Openingsbod Warmtetransitie: <https://www.stedin.net/zakelijk/branches/overheden/het-openingsbod>

² Startanalyse PBL: <https://www.pbl.nl/publicaties/startanalyse-aardgasvrije-buurt-2020>

Bouwjaarklassen	Gebouwtype
<1920	Rijwoning
1920-1950	Twee-onder-een-kapwoning
1950-1975	Vrijstaande woning
1975-1990	Meergezinswoning
1990-2005	Utiliteitsbouw
≥2005	

Tabel 3: Combinaties van bouwjaarklassen en woningtypen vormen sleuteltypen in het Warmtetransitiemodel

Bij utiliteitbouw worden de sleuteltypen bepaald op basis van energielabel en functie. Als er geen energielabel aanwezig is, dan wordt het sleuteltype bepaald op basis van het bijhorende bouwjaar. Daarnaast maakt het model nog onderscheidt tussen voor- en naoorlogs vastgoed.

Bouwjaarklassen	Energielabel	Functie
< 1945	G	Kantoren
1946-1973	G	Winkels
1974-1981	F	Gezondheidszorg
1982-1992	E	Onderwijs
1993-1999	D	Logies
2000-2003	C	Sport
2004-2005	B	Bijeenkomst
> 2005	A	

Tabel 4: Sleuteltypen voor utiliteitsbouw worden bepaald door combinaties van afgemelde energielabels en gebruiksfuncties. Indien labels niet bekend zijn, worden bouwjaarklassen gebruikt om een label te berekenen.

2.2.3 Bouwkundige niveaus in het Warmtetransitiemodel

Het WTM rekent met vier bouwkundige niveaus. Voor een technische verdieping bij deze niveaus verwijzen we naar bijlage C.

- Bestaande situatie (meer dan 80 kWh/m² ruimteverwarming)
- Minimumniveau (max. 80 kWh/m² ruimteverwarming)
- Basisniveau (max. 65 kWh/m² ruimteverwarming)
- Hoog niveau (max. 50 kWh/m² ruimteverwarming)

Het model neemt op basis van het sleuteltype aan op welk niveau ieder gebouw momenteel zit. Indien een gebouw nog niet op het minimum- of basisniveau zit, rekent het model door wat de kosten zijn om het minimum- en het basisniveau te bereiken en tot welke energiebesparingen dat leidt. Het model doet dit voor ieder gebouw en aggregaat deze getallen vervolgens naar buurten.

2.2.4 Warmteopties in het Warmtetransitiemodel

Het model kent een typologie van vijf warmteopties:

- All electric: verwarmen en koken met gebruik van elektriciteit. In de woning wordt gebruikgemaakt van een warmtepomp.
- Gasnet in combinatie met hybride oplossingen: een gasinfrastructuur gevoed met duurzaam gas in combinatie met een gasketel en een elektrische warmtepomp.
- Warmtenet (70°C): collectieve warmtevoorziening in de vorm van een middentemperatuur warmtenet, waarbij warm water met een temperatuur van maximaal 70°C aangevoerd wordt tot bij het gebouw of de woning.
- Warmtenet (40°C): collectieve warmtevoorziening in de vorm van een lage temperatuur warmtenet, waarbij warm water met een temperatuur van circa 40°C aangevoerd wordt tot het gebouw of de woning.
- Lokale bronnetten: lokale kleinschalige (collectieve) warmtevoorziening in de vorm van een zeer lage temperatuur bronnet. In het gebouw is een warmtepomp nodig voor verwarming. Het aangevoerde water kan ook gebruikt worden voor koeling.

Deze warmteopties zijn in meer detail beschreven in bijlage C. De warmteopties worden toegekend aan buurten op basis van een aantal rekenregels. Het model doorloopt hiervoor vijf stappen:

1. Eerst worden op basis van bouwjaarklasse en dichtheid de bestaande wijken of buurten geselecteerd waar het gasnet zal blijven liggen. Het model rekent niet met het aanbod van duurzaam gas, maar kijkt alleen naar de vraagkant: in welke wijken zou het gasnet blijven liggen als er een beperkt aanbod is van duurzaam gas. In de praktijk zijn het historische stads- en dorpskernen en lintbebouwing die uitkomen op het gasnet.
2. Vervolgens wordt op basis van gebouwfunctie de bestaande wijken of buurten geselecteerd waar een bronnet de meest logische keuze is. Dit zijn dus wijken en buurten met relatief veel utiliteitsbouw.
3. In alle overige buurten kijkt het model vervolgens naar de dichtheid. Alleen als de dichtheid groter is dan 30 WEQ per hectare dan is een warmtenet een realistische oplossing. Wijken of buurten met een lagere dichtheid krijgen automatisch de warmteoptie all electric.
4. De buurten die dan nog overblijven krijgen op basis van een vergelijking van de maatschappelijke kosten de optie warmtenet of all-electric.

2.2.5 Berekening van de maatschappelijke kosten

Alleen in de buurten die overblijven in stap 4 wordt een maatschappelijke kostenberekening gemaakt om te komen tot de optimale warmteoptie. Deze berekening gaat als volgt. Op basis van de kengetallen per sleuteltype berekent het model per woning wat de investeringen, onderhoudskosten en de energierekening is van de warmteopties warmtenet en all electric, over een periode van 30 jaar. Op basis hiervan wordt met een netto contante waardeberekening de onrendabele top berekend van de warmteopties. Die onrendabele top wordt geaggregeerd naar buurt en gemiddeld naar een gemiddelde onrendabele top per woning per buurt.

De omvang van de onrendabele top verschilt doorgaans sterk per buurt. De onrendabele top is het deel van de investering dat niet kan worden terugverdiend gedurende de exploitatie. De exploitatiekosten zijn over het algemeen lager, als gevolg van een lagere energierekening. Vrijwel altijd zullen duurzame warmteopties nog leiden tot een onrendabele top op buurtniveau. Als de financieringsperiode wordt verkort naar bijvoorbeeld 15 jaar dan zal de onrendabele top dus verder stijgen.

Alle investeringskosten en de onrendabele top worden uitgedrukt in een gemiddelde bandbreedte met een onder- en bovengrens en zijn inclusief BTW. Uitgangspunt is dat de investeringen worden gecombineerd met natuurlijke momenten. De gepresenteerde kosten zijn een gemiddelde van een bandbreedte met een onder- en bovengrens. De bandbreedtes zijn zodanig breed dat zij rekening houden met de volgende aspecten:

- De te nemen maatregelen zullen op woningniveau sterk variëren;
- Technische variaties binnen warmteopties, afhankelijk van warmtebron, opslag, opwekker en infrastructuur;
- Bestaande prijsverschillen op de markt door schaal en aanbestedingsvormen;
- Marktonwikkelingen zoals schaarste en inzetbaarheid van personeel, materiaal, etc.;
- Afwijking van de kengetallen als gevolg van sterk afwijkende woningen.

De omvang van de bandbreedte verschilt per maatregelttype, warmteoptie en sleuteltype, afhankelijk van de karakteristieken van die specifieke combinatie.

2.3 Resultaat onderzoeksbeeld

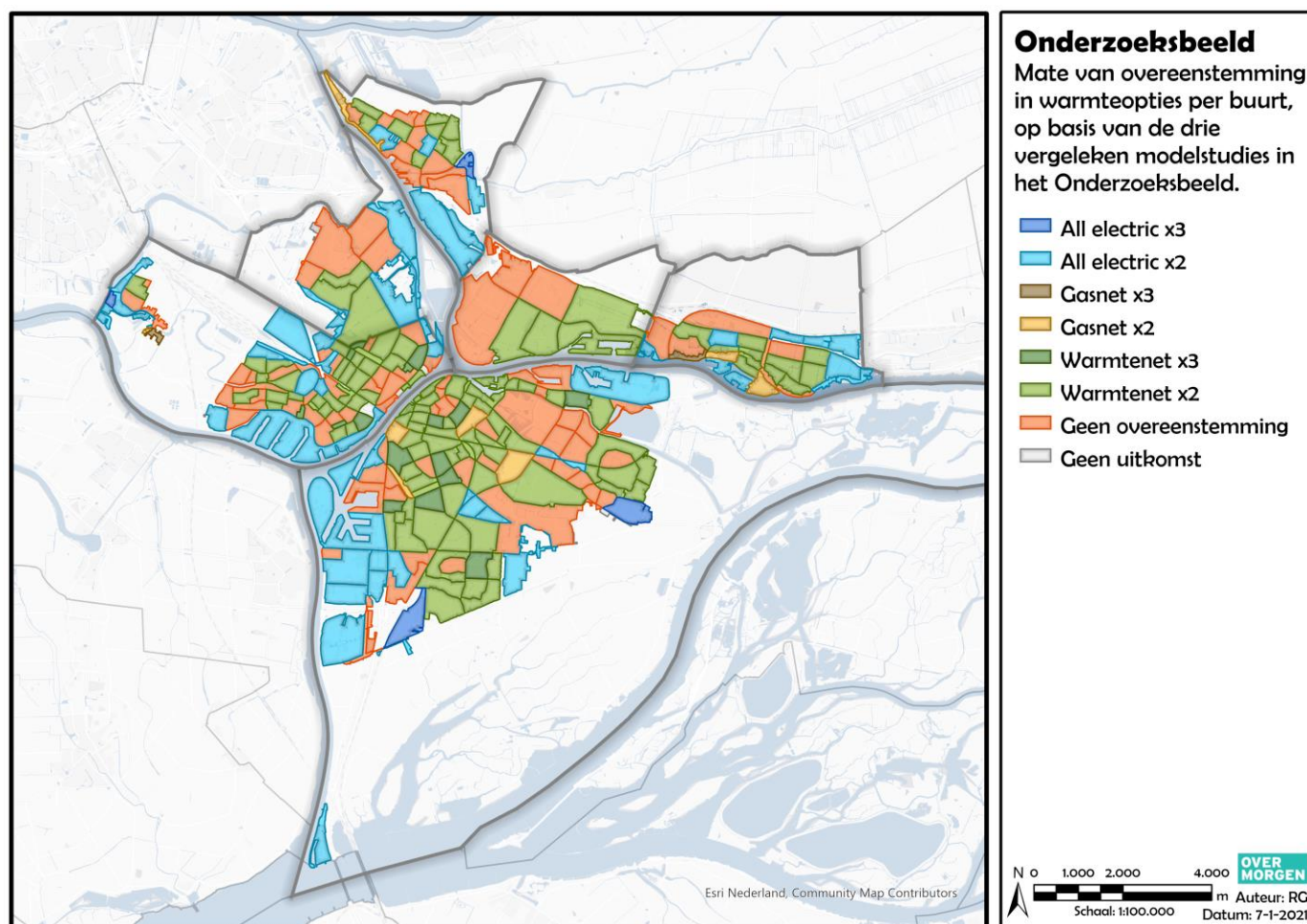
Het resultaat van het onderzoeksbeeld is weergegeven in figuur 1. Uit deze kaart blijkt de mate van overeenstemming tussen de modelstudies in het onderzoeksbeeld. Buurten waar geen overeenstemming is tussen de modelstudies zijn ook aangegeven als zodanig.

Wat uit het onderzoeksbeeld naar voren komt is dat het warmtenet een belangrijke warmteoptie is in de Drechtsteden. Dit is gelet op het stedelijke karakter van de regio geen verrassende uitkomst. We zien dat het warmtenet in iedere gemeente een substantiële uitkomst is. De grootste overeenstemming over het warmtenet, dus waar alle drie modellen deze uitkomst geven, zie we ook in buurten waar nu al veel gebeurt op het gebied van warmtenetten, zoals Crabbhof in Dordrecht. All-electric zien we ook veel terugkomen. Buurten waar all-electric vaak terugkomt zijn bedrijventerreinen en relatief nieuwe wijken in lage dichtheden en wijken. Het gasnet is de kleinste

warmteoptie in het onderzoeksbeeld en zien we verspreid over de Drechtsteden, met name in oudere buurten en stukken (dijk)lintbebouwing. Ook dit is een logische uitkomst.

Een groot deel van de buurten heeft als uitkomst "Geen overeenstemming". In deze buurten geven de modellen verschillende uitkomsten of geven zij géén uitkomst, bijvoorbeeld omdat de uitkomst te onzeker is. Het is belangrijk deze uitkomst te verklaren omdat we ook in deze buurten een helder transitiepad moeten kunnen uitstippelen. Er zijn verschillende verklaringen voor deze uitkomst:

- Verkeerde inputdata. Alle drie de modelstudies in het onderzoeksbeeld maken gebruik van grotendeels openbare data. Deze is in sommige gevallen niet actueel genoeg om actuele situaties te reflecteren. We zien dit met name met recent gerealiseerde warmtenetten. Deze zijn nog niet goed verwerkt in het Gasregister van de Autoriteit Consument en Markt (ACM). Daardoor zien we bijvoorbeeld het warmtenet niet terugkomen in de Staatsliedenbuurt in Sliedrecht en de Volgerlanden-Oost in Hendrik-Ido-Ambacht.
- Grote buurten. In het algemeen geldt: hoe groter een buurt, hoe diverser de gebouwtypologie van die buurt. Hoe groter de mix van gebouwtypen en bouwjaren, hoe minder duidelijk de uitkomst voor de buurt en hoe minder goed modellen daarmee kunnen omgaan. We zien dit met name in Papendrecht, delen van Dordrecht en in mindere mate in Hendrik-Ido-Ambacht.
- Oude buurten. In het algemeen geldt ook: hoe ouder de bebouwing, hoe complexer de warmtetransitie. Die complexiteit vertaalt zich vaak in grote kostenbandbreedtes en dus een minder duidelijke uitkomst. Buurten met een onzekere uitkomst zijn dan ook vaker oudere buurten. We zien dit bijvoorbeeld aan het dijklint in Sliedrecht, Oud-Zwijndrecht en delen van de Dordtse binnenstad.



Figuur 1: Onderzoeksbeeld van de Drechtsteden

2.3.1 Validatie van het onderzoeksbeeld

Zoals uit het onderzoeksbeeld blijkt, zijn modelstudies niet feilloos en het onderzoeksbeeld is dat dus ook niet. Daarom is het onderzoeksbeeld per gemeente met de lokale werkgroepen gevalideerd. Dat wil zeggen: per buurt is bekeken of de uitkomst van het onderzoeksbeeld logisch, begrijpelijk en herkenbaar is. Bij die validatie zijn dus ook de vakspecialisten van de diverse partijen betrokken. Eventuele onlogische uitkomsten per buurt zijn samen met de vakspecialisten verklaard en gedocumenteerd. Deze overwegingen zijn meegenomen in het opstellen van de uiteindelijke transitiekaart per gemeente.

2.4 Kengetallenoverzicht

Deze paragraaf geeft een overzicht van alle energetische en financiële kengetallen en parameters.

2.4.1 Investeringskosten

Tabel 5: Investeringskosten per woning voor isoleren, ventileren en elektrisch koken

	Minimumniveau ³		Basisniveau	
	Min	Max	Min	Max
Meergezinswoning ≥ 2005	€ 1.000	€ 2.000	€ 1.000	€ 2.000
Rijwoning ≥ 2005	€ 1.000	€ 2.000	€ 1.000	€ 2.000
Twee-onder-een-kap ≥ 2005	€ 1.000	€ 2.000	€ 1.000	€ 2.000
Vrijstaande woning ≥ 2005	€ 1.000	€ 2.000	€ 1.000	€ 2.000
Meergezinswoning ≥ 1990 - 2005	€ 2.500	€ 3.500	€ 1.000	€ 7.000
Rijwoning ≥ 1990 - 2005	€ 3.000	€ 4.000	€ 1.000	€ 7.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1990 - 2005	€ 4.000	€ 5.000	€ 1.000	€ 9.500
Vrijstaande woning ≥ 1990 - 2005	€ 4.500	€ 5.500	€ 1.000	€ 11.500
Meergezinswoning ≥ 1975 - 1990	€ 3.500	€ 13.500	€ 7.500	€ 14.500
Rijwoning ≥ 1975 - 1990	€ 4.000	€ 20.500	€ 12.500	€ 28.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1975 - 1990	€ 5.000	€ 25.000	€ 18.000	€ 35.000
Vrijstaande woning ≥ 1975 - 1990	€ 6.000	€ 32.500	€ 22.500	€ 47.500
Meergezinswoning ≥ 1950 - 1975	€ 7.500	€ 14.500	€ 10.500	€ 17.500
Rijwoning ≥ 1950 - 1975	€ 9.000	€ 22.500	€ 16.500	€ 28.500
Twee-onder-een-kap ≥ 1950 - 1975	€ 13.000	€ 27.500	€ 22.500	€ 33.500
Vrijstaande woning ≥ 1950 - 1975	€ 19.000	€ 39.500	€ 30.500	€ 48.000
Meergezinswoning ≥ 1920 - 1950	€ 8.000	€ 26.000	€ 11.500	€ 31.500
Rijwoning ≥ 1920 - 1950	€ 10.000	€ 37.500	€ 19.500	€ 46.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1920 - 1950	€ 15.000	€ 43.000	€ 22.500	€ 55.000
Vrijstaande woning ≥ 1920 - 1950	€ 17.000	€ 57.500	€ 27.500	€ 74.500
Meergezinswoning < 1920	€ 11.000	€ 26.000	€ 20.500	€ 31.500
Rijwoning < 1920	€ 14.500	€ 37.500	€ 27.500	€ 46.000
Twee-onder-een-kap < 1920	€ 16.500	€ 43.000	€ 32.500	€ 55.000
Vrijstaande woning < 1920	€ 18.000	€ 56.000	€ 38.500	€ 72.500

Tabel 6: Investeringskosten aardgasvrij per woning inclusief afsluitkosten gas en verhogen capaciteit van elektriciteitsnet.

³ Inclusief de kosten voor het deels vervangen van radiatoren, indien nodig, om met maximaal 70°C comfortabel te kunnen verwarmen.

	Warmtenet		All electric ⁴	
	Min	Max	Min	Max
Meergezinswoning ≥ 2005	€ 5.500	€ 10.500	€ 17.000	€ 24.000
Rijwoning ≥ 2005	€ 13.000	€ 18.000	€ 18.000	€ 25.000
Twee-onder-een-kap ≥ 2005	€ 18.000	€ 23.000	€ 24.000	€ 31.000
Vrijstaande woning ≥ 2005	€ 18.000	€ 23.000	€ 25.000	€ 32.000
Meergezinswoning ≥ 1990 - 2005	€ 5.500	€ 10.500	€ 17.000	€ 24.000
Rijwoning ≥ 1990 - 2005	€ 13.000	€ 18.000	€ 18.000	€ 25.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1990 - 2005	€ 18.000	€ 23.000	€ 24.000	€ 31.000
Vrijstaande woning ≥ 1990 - 2005	€ 18.000	€ 23.000	€ 25.000	€ 32.000
Meergezinswoning ≥ 1975 - 1990	€ 5.500	€ 10.500	€ 17.000	€ 24.000
Rijwoning ≥ 1975 - 1990	€ 13.000	€ 18.000	€ 18.000	€ 25.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1975 - 1990	€ 18.000	€ 23.000	€ 24.000	€ 31.000
Vrijstaande woning ≥ 1975 - 1990	€ 18.000	€ 23.000	€ 25.000	€ 32.000
Meergezinswoning ≥ 1950 - 1975	€ 5.500	€ 10.500	€ 17.000	€ 24.000
Rijwoning ≥ 1950 - 1975	€ 13.000	€ 18.000	€ 18.000	€ 25.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1950 - 1975	€ 18.000	€ 23.000	€ 24.000	€ 31.000
Vrijstaande woning ≥ 1950 - 1975	€ 18.000	€ 23.000	€ 25.000	€ 32.000
Meergezinswoning ≥ 1920 - 1950	€ 7.500	€ 12.500	€ 17.000	€ 24.000
Rijwoning ≥ 1920 - 1950	€ 15.000	€ 20.000	€ 18.000	€ 25.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1920 - 1950	€ 20.000	€ 25.000	€ 24.000	€ 31.000
Vrijstaande woning ≥ 1920 - 1950	€ 20.000	€ 25.000	€ 25.000	€ 32.000
Meergezinswoningen < 1920	€ 7.500	€ 12.500	€ 17.000	€ 24.000
Rijwoning < 1920	€ 15.000	€ 20.000	€ 18.000	€ 25.000
Twee-onder-een-kap < 1920	€ 20.000	€ 25.000	€ 24.000	€ 31.000
Vrijstaande woning < 1920	€ 20.000	€ 25.000	€ 25.000	€ 32.000

Tabel 7: Totale investeringskosten per warmteoptie

	Warmtenet		All electric	
	Min	Max	Min	Max
Meergezinswoning ≥ 2005	€ 6.500	€ 12.500	€ 18.000	€ 26.000
Rijwoning ≥ 2005	€ 14.000	€ 20.000	€ 19.000	€ 27.000
Twee-onder-een-kap ≥ 2005	€ 19.000	€ 25.000	€ 25.000	€ 33.000
Vrijstaande woning ≥ 2005	€ 19.000	€ 25.000	€ 26.000	€ 34.000
Meergezinswoning ≥ 1990 - 2005	€ 8.000	€ 14.000	€ 18.000	€ 31.000
Rijwoning ≥ 1990 - 2005	€ 16.000	€ 22.000	€ 19.000	€ 32.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1990 - 2005	€ 22.000	€ 28.000	€ 25.000	€ 40.500
Vrijstaande woning ≥ 1990 - 2005	€ 22.500	€ 28.500	€ 26.000	€ 43.500
Meergezinswoning ≥ 1975 - 1990	€ 9.000	€ 24.000	€ 24.500	€ 38.500
Rijwoning ≥ 1975 - 1990	€ 17.000	€ 38.500	€ 30.500	€ 53.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1975 - 1990	€ 23.000	€ 48.000	€ 42.000	€ 66.000

⁴ Inclusief het vervangen van de radiatoren door laagtemperatuur radiatoren.

Vrijstaande woning ≥ 1975 - 1990	€ 24.000	€ 55.500	€ 47.500	€ 79.500
Meergezinswoning ≥ 1950 - 1975	€ 13.000	€ 25.000	€ 27.500	€ 41.500
Rijwoning ≥ 1950 - 1975	€ 22.000	€ 40.500	€ 34.500	€ 53.500
Twee-onder-een-kap ≥ 1950 - 1975	€ 31.000	€ 50.500	€ 46.500	€ 64.500
Vrijstaande woning ≥ 1950 - 1975	€ 37.000	€ 62.500	€ 55.500	€ 80.000
Meergezinswoning ≥ 1920 - 1950	€ 15.500	€ 38.500	€ 28.500	€ 55.500
Rijwoning ≥ 1920 - 1950	€ 25.000	€ 57.500	€ 37.500	€ 71.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1920 - 1950	€ 35.000	€ 68.000	€ 46.500	€ 86.000
Vrijstaande woning ≥ 1920 - 1950	€ 37.000	€ 82.500	€ 52.500	€ 106.500
Meergezinswoning < 1920	€ 18.500	€ 38.500	€ 37.500	€ 55.500
Rijwoning < 1920	€ 29.500	€ 57.500	€ 45.500	€ 71.000
Twee-onder-een-kap < 1920	€ 36.500	€ 68.000	€ 56.500	€ 86.000
Vrijstaande woning < 1920	€ 38.000	€ 81.000	€ 63.500	€ 104.500

2.4.2 Onrendabele top

Tabel 8: Onrendabele top warmtetransitie per woningtype (isoleren, ventileren, elektrisch koken en aardgasvrij)

	Warmtenet		All electric	
	Min	Max	Min	Max
Meergezinswoning ≥ 2005	€ 8.000	€ 14.000	€ 14.500	€ 22.500
Rijwoning ≥ 2005	€ 15.000	€ 21.000	€ 13.500	€ 21.500
Twee-onder-een-kap ≥ 2005	€ 20.000	€ 26.000	€ 16.000	€ 24.000
Vrijstaande woning ≥ 2005	€ 19.500	€ 25.500	€ 12.000	€ 20.000
Meergezinswoning ≥ 1990 - 2005	€ 9.000	€ 15.000	€ 13.500	€ 26.000
Rijwoning ≥ 1990 - 2005	€ 17.000	€ 23.000	€ 11.500	€ 24.500
Twee-onder-een-kap ≥ 1990 - 2005	€ 22.500	€ 28.500	€ 13.500	€ 27.000
Vrijstaande woning ≥ 1990 - 2005	€ 23.000	€ 29.000	€ 10.500	€ 25.500
Meergezinswoning ≥ 1975 - 1990	€ 10.000	€ 22.500	€ 18.500	€ 32.000
Rijwoning ≥ 1975 - 1990	€ 18.000	€ 35.000	€ 18.500	€ 40.500
Twee-onder-een-kap ≥ 1975 - 1990	€ 23.500	€ 41.500	€ 22.000	€ 45.000
Vrijstaande woning ≥ 1975 - 1990	€ 24.000	€ 55.500	€ 25.500	€ 54.500
Meergezinswoning ≥ 1950 - 1975	€ 10.500	€ 18.500	€ 16.000	€ 30.000
Rijwoning ≥ 1950 - 1975	€ 16.000	€ 31.500	€ 17.000	€ 36.000
Twee-onder-een-kap ≥ 1950 - 1975	€ 25.000	€ 38.000	€ 23.500	€ 41.500
Vrijstaande woning ≥ 1950 - 1975	€ 28.500	€ 47.500	€ 26.000	€ 50.500
Meergezinswoning ≥ 1920 - 1950	€ 12.500	€ 33.500	€ 16.500	€ 42.500
Rijwoning ≥ 1920 - 1950	€ 17.000	€ 47.000	€ 17.000	€ 49.500
Twee-onder-een-kap ≥ 1920 - 1950	€ 23.500	€ 53.500	€ 20.000	€ 57.500
Vrijstaande woning ≥ 1920 - 1950	€ 30.500	€ 71.500	€ 23.500	€ 76.000
Meergezinswoning < 1920	€ 15.000	€ 33.000	€ 25.500	€ 42.500
Rijwoning < 1920	€ 23.500	€ 48.000	€ 25.500	€ 49.000
Twee-onder-een-kap < 1920	€ 27.000	€ 55.000	€ 31.000	€ 58.000
Vrijstaande woning < 1920	€ 30.000	€ 70.000	€ 36.000	€ 74.000

2.4.3 Technische en financiële parameters

Tabel 9: Technische en financiële parameters

Grootheid	Eenheid	BTW	Waarde	Bron / Toelichting
Tarieven				
Variabel tarief warmte	Euro / GJ	Incl.	25,23	Gemiddelde 5 grootste leveranciers, geïndexeerd volgens CPI
Vastrecht warmte	Euro / jr.	Incl.	363,13	Gemiddelde 5 grootste leveranciers, geïndexeerd volgens CPI
Meetskosten warmte	Euro / jr.	Incl.	26,63	Gemiddelde 5 grootste leveranciers, geïndexeerd volgens CPI
Huur afleverzet warmte	Euro / jr.	Incl.	121,20	Gemiddelde 5 grootste leveranciers, geïndexeerd volgens CPI
Kale aardgasprijs	Euro / Nm ³	Excl.	0,2485	ACM 2020, geïndexeerd conform KEV 2019 (circa 2,1% per jaar)
Energiebelasting aardgas	Euro / Nm ³	Excl.	0,3331	Belastingdienst, geïndexeerd conform Klimaatakkoord, daarna volgens CPI
ODE aardgas	Euro / Nm ³	Excl.	0,0775	Belastingdienst, geïndexeerd volgens CPI
Totale gasprijs	Euro / Nm ³	Incl.	0,7975	
Vastrecht gasaansluiting	Euro / jr.	Incl.	185,95	Gemiddelde van 3 grootste regionale netbeheerders
Vastrecht energieleverancier aardgas	Euro / jr.	Incl.	62,82	ACM 2020
Tarief kale elektriciteit	Euro / kWh	Excl.	0,0633	Gemiddelde van 3 grootste leveranciers d.d. 1/1/2020, geïndexeerd conform KEV 2019 (circa 2,1% per jaar)
Energiebelasting elektriciteit	Euro / kWh	Excl.	0,0977	Belastingdienst, geïndexeerd conform Klimaatakkoord, daarna volgens CPI
ODE elektriciteit	Euro / kWh	Excl.	0,0273	Belastingdienst, geïndexeerd volgens CPI
Totale elektriciteitsprijs	Euro / Nm ³	Incl.	0,2278	
Vastrecht elektriciteitsaansluiting	Euro / jr.	Incl.	212,79	Gemiddelde van 3 grootste regionale netbeheerders
Vastrecht energieleverancier elektriciteit	Euro / jr.	Incl.	42,00	Gemiddelde van 3 grootste energieleveranciers
Technische uitgangspunten warmteopties				
COP warmtepomp ruimteverwarming	kWh / kWh	n.v.t.	4,0	Gemiddelde van lucht/ water en water/water warmtepomp
COP warmtepomp WTW bereiding	kWh / kWh	n.v.t.	2,0	Gemiddelde van lucht/ water en water/water warmtepomp
Jaarlijkse onderhoudskosten warmtepomp	Euro	Incl.	200	Geïndexeerd volgens CPI
Herinvesteringskosten warmtepomp	Euro	Incl.	5.000	Geïndexeerd volgens CPI
Levensduur warmtepomp	Jaren	n.v.t.	15	
Jaarlijkse onderhoudskosten gasketel	Euro	Incl.	100	Gemiddelde kosten van consument en woningcorporatie, geïndexeerd volgens CPI

Herinvesteringskosten gasketel	Euro	Incl.	1.600	Gemiddelde kosten van consument en woningcorporatie, geïndexeerd volgens CPI
Levensduur gasketel	Jaren	n.v.t.	18	
Rendement Hr-ketel*	%	n.v.t.	87,01	ACM 2020
Calorische bovenwaarde aardgas	MJ/Nm ³	n.v.t.	35,17	Op basis van calorische bovenwaarde aardgas
Financiële uitgangspunten netto contante waarde				
Consumentenprijsindex	%	n.v.t.	2,0	
Disconteringsfactor vastgoedeigenaar	%	n.v.t.	3,0	
Verdisconteringsperiode	Jaren	n.v.t.	30	
WACC warmtebedrijf	%	n.v.t.	8,5	
Volloopsnelheid warmtenet	Jaren	n.v.t.	5	Eigenaren sluiten binnen 5 jaar aan.
Aansluitdichtheid warmtenet	%	n.v.t.	80	Meer dan 80% van de vastgoedeigenaren/ panden sluit aan.

3 Bijlage C: Warmtevraagbeperking, warmteopties en duurzaamheid

Deze bijlage behandelt de technische achtergrond bij warmtevraagbeperking, warmteopties en duurzaamheid van warmteopties.

3.1 Beperken van de warmtevraag

Bij een groot deel van de woningvoorraad, die gebouwd is voor de jaren '90, is het nodig om de warmtevraag van gebouwen en woningen te beperken. Enerzijds om woningen geschikt te maken voor duurzamere warmte-opwekinstallaties, die doorgaans een lagere temperatuur leveren dan gasketels, en anderzijds om schaarse bronnen efficiënter te benutten (en dus meer woningen per bron mogelijk te maken).

De warmtevraag voor ruimteverwarming van een woning, hierna uitgedrukt in kilowattuur per vierkante meter gebruiksoppervlak (kWh/m²), wordt bepaald door de mate van isolatie, kierdichting en het ventilatiesysteem. De temperatuur die een woning nodig heeft om op de koudste dag van het jaar comfortabel warm te krijgen hangt hier voor een groot deel mee samen. Hoe beter de isolatie, kierdichting en hoe efficiënter het ventilatiesysteem, hoe geschikter de woning is om met een lagere temperatuur te kunnen verwarmen. In bestaande woningen moeten daarnaast vaak radiatoren worden vervangen of toegevoegd om verwarming op een lagere temperatuur mogelijk te maken. Of dat nodig is kan niet op voorhand per woning(type) worden vastgesteld.

De warmtevraag voor ruimteverwarming is sterk afhankelijk van het bouwjaar. In tabel 11 staat de gemiddelde warmtevraag voor eengezinswoningen en meergezinswoningen. Deze tabel is gebaseerd op data over het werkelijke gasgebruik op postcodeniveau (Open Data Netbeheerders). Voor warmtapwater is de warmtevraag circa 20 kWh/m². Met name bij de woningvoorraad gebouwd voor 1990 is er nog een grote besparingspotentie voor de warmtevraag.

Onder eengezinswoningen wordt verstaan rijwoningen, twee-onder-een-kapwoningen en vrijstaande woningen. Meergezinswoningen zijn bijvoorbeeld galerijflats, portiekflats en portiekwoningen.

	Gemiddeld oppervlak m ²	Gemiddeld gasverbruik m ³	Gemiddelde warmtevraag ruimteverwarming kWh/m ²
Eengezinswoningen			
< 1920	170	2200	95
≥ 1920 - 1950	135	2100	110
≥ 1950 - 1975	125	1800	100
≥ 1975 - 1990	130	1500	85
≥ 1990 - 2005	145	1400	65
≥ 2005	155	1200	50
Nieuwbouw	120	-	35
Meergezinswoningen			
< 1920	85	1250	95
≥ 1920 - 1950	80	1200	95
≥ 1950 - 1975	75	1100	95
≥ 1975 - 1990	70	850	70
≥ 1990 - 2005	90	800	50
≥ 2005	90	700	40
Nieuwbouw	70	-	25
Nederlands gemiddelde	119	1310	84

Tabel 10: Gemiddelde warmtevraag ruimteverwarming van woningen in Nederland gerelateerd aan bouwjaar.

De bestaande woningvoorraad kunnen we grofweg opdelen in vier niveaus van isolatie:

1. Woningen met slechte of onvoldoende isolatie (80 kWh/m² of hoger). Er is een hoge temperatuur van ongeveer 90°C nodig om op de koudste dagen deze woningen comfortabel warm te stoken.
2. Woningen, die een minimumisolatieniveau hebben bereikt (lager dan 80 kWh/m²). Deze woningen hebben reeds een aantal aanpassingen in de schil gekregen of hadden dit niveau al bij de bouw. Sommige woningen kunnen bij dit niveau al afdoende comfortabel worden verwarmd met 70°C op de koudste dagen, mits er voldoende radiatorvolume aanwezig is. Daarnaast is het afhankelijk van specifieke omstandigheden of de woning daadwerkelijk geschikt is voor verwarming met 70°C, zoals welke bouwdelen al zijn aangepakt en of de bewoners de ruimtes gebruiken die met dit niveau nog niet comfortabel warm worden op de koudste dagen.
3. Woningen, die een basisisolatieniveau hebben bereikt (lager dan 65 kWh/m²). Bij dit niveau is er maximaal nageïsoleerd in de bestaande schil. Bij een basisniveau kan de woning zowel comfortabel worden verwarmd met 70°C als met maximaal 55°C (laagtemperatuur). Voor laagtemperatuur moeten wel aanvullend radiatoren vervangen worden en mogelijk ook de cv-leidingen. De woning is daarmee toekomstbestendig en geschikt voor meerdere alternatieve verwarmingstechnieken. Woningen die op dit niveau zitten zijn woningen die grofweg gebouwd zijn in de periode 1990-2005. Idealiter zitten aan het einde van de transitie zoveel mogelijk woningen op minstens dit niveau.
4. Woningen met een hoog isolatieniveau en voorzien van een energiezuinig ventilatiesysteem (lager dan 50 kWh/m²). Deze woningen zijn daarmee zeer geschikt om comfortabel te verwarmen met een maximumtemperatuur van 40°C. Dit zijn recent gebouwde woningen na 2005 en woningen die nog gebouwd gaan worden de komende jaren (BENG). Bij de bestaande bouw moeten voor laagtemperatuur de radiatoren vervangen worden en mogelijk ook de cv-leidingen.

Voor warm tapwater geldt dat voor het veilig kunnen gebruiken van warm tapwater er met de huidige stand van de techniek en regelgeving een temperatuur van minimaal 55°C bij het tappunt nodig is. Om deze temperatuur te kunnen garanderen moet het opweksysteem in de praktijk een temperatuur van 60-70°C kunnen leveren. Als de aanvoertemperatuur onvoldoende is, moet er dus een aanvullende voorziening komen in de woning voor het opwekken of het boosten van de warmte voor warm tapwater. Mogelijk gaat de regelgeving wijzigen waarbij de minimale temperatuur aan het tappunt daalt van 55°C naar 40°C. Om deze temperatuur te kunnen garanderen moet het opweksysteem in praktijk een temperatuur van 45-50°C kunnen leveren. Samenvattend kan het volgende gesteld worden over de isolatieniveaus van woningen:

3.1.1 Woningen stapsgewijs isoleren naar het basisniveau

Het totale isolatieniveau is de optelsom van de verschillende bouwdelen: vloer, gevel, raam, dak. Het minimumniveau en basisniveau zijn gebruikt om modelmatig het onderscheid te maken in welke ingrepen per woningtype en bouwjaar op bouwdeelniveau nog minimaal nodig zijn om klaar te zijn voor een bepaalde warmteoptie. Als er een ingreep gedaan moet worden op een bouwdeel (vloer, gevel, raam, dak) is het van belang dat dit onderdeel klaar is voor de energietransitie, onafhankelijk van de warmteoptie die in de buurt komt. Per bouwdeel is het advies om op het moment van ingreep dus zo goed mogelijk te isoleren, afhankelijk van wat de praktijksituatie toelaat (no regret). Daarmee wordt voorkomen dat dak, vloer of gevel in twee stappen worden aangepakt. Dat is kosteninefficiënt en het aantal natuurlijke momenten is beperkt. Het basisniveau kan door de meeste eigenaren worden bereikt door alle bouwdelen op een natuurlijk moment van onderhoud stapsgewijs zo goed mogelijk te isoleren. Zo kan spouwmuurisolatie aangebracht worden, isolatieglas geplaatst worden in combinatie met een schilderbeurt en kan een plat dak zeer goed geïsoleerd worden als de dakbedekking wordt vervangen. Indien nodig zullen ook de radiatoren vervangen moeten worden. Bij zowel het minimum- als het basisniveau wordt er dus maximaal nageïsoleerd in de bestaande schil op natuurlijke momenten, en het handelingsperspectief is dus voor alle gebouweigenaren gelijk. Het verschil tussen minimum en basis is enkel dat het minimumniveau eerder wordt bereikt, en dat er dus bij *sommige* woningen eerder kan worden begonnen met 70°C-oplossingen.

Het is wenselijk dat zoveel mogelijk woningen in Nederland aan het einde van de warmtetransitie op het basisniveau zit. Hierdoor zijn ze namelijk geschikt voor bijna alle alternatieve duurzame verwarmingstechnieken. Ook wordt de warmtevraag hierdoor nog verder verlaagd en wordt de retourtemperatuur lager, waardoor installaties efficiënter kunnen functioneren.

Naast isolatie en het vervangen van radiatoren zijn er aanvullende gebouwgebonden maatregelen nodig om de woning te verduurzamen en geschikt te maken voor duurzame verwarming:

- Elektrisch koken, zoals inductiekoken;
- Kierdichting;
- Voldoende (mechanische) ventilatie.

In 2050 zal ook een deel van de voorraad een hoog isolatieniveau hebben. Het grootste deel daarvan moet nog gebouwd worden de komende 30 jaar. Alle huidige en toekomstige nieuwbouw voldoet namelijk aan dit niveau. Het is de landelijke ambitie om jaarlijks 75.000 nieuwe woningen in Nederland bij te bouwen. Van de bestaande bouw zal maar een beperkt deel op dit niveau worden gebracht is de verwachting. Om dit niveau te kunnen halen moeten er namelijk grote en kostbare ingrepen gedaan worden aan de schil. Dit is voor veel huizenbezitters niet betaalbaar, technisch niet altijd mogelijk en ook niet altijd efficiënt vanuit het oogpunt van circulariteit. In gevallen dat er veel achterstallig onderhoud is en de kozijnen en het dak volledig vervangen moeten worden, kan het wel raadzaam zijn om deze optie te onderzoeken.

3.2 Warmteopties

In deze paragraaf worden de warmteopties in detail besproken.

3.2.1 All-electric

All-electric betekent dat er in principe alleen een elektriciteitsnet in de wijk is. Als dat het geval is, dan is er een warmte-opwekinstallatie in de woning of het gebouw nodig die alleen elektriciteit gebruikt. Dit kan bijvoorbeeld met infraroodpanelen of een warmtepomp. Het grote voordeel van deze oplossing is dat alle woningen en gebouwen al aangesloten zijn op het elektriciteitsnetwerk. Iedere individuele vastgoedeigenaar, met voldoende financiële middelen, kan dus de keuze maken om zijn huis niet alleen te isoleren, maar ook de gasketel te vervangen door bijvoorbeeld een warmtepomp. De individuele vastgoedeigenaar is dus veel minder afhankelijk van keuzes en beperkingen van andere vastgoedeigenaren in de straat, of in de buurt. Ook is hij/zij veel minder afhankelijk van het tijdstip van deze keuzes.

Er is echter ook een keerzijde. De (over)capaciteit in het bestaande elektriciteitsnet is beperkt en deze is bijvoorbeeld ook nodig voor de realisatie van laadpalen voor elektrische mobiliteit. Het elektriciteitsnet zal dus bij all-electric extra verzwakt moeten worden, niet alleen op wijkniveau, maar ook op gemeentelijk, regionaal, nationaal en mogelijk internationaal niveau.

All-electric leent zich vaak minder voor een wijkgerichte aanpak omdat er een tweetal beperkingen is. De eerste is het tempo waarmee gebouweigenaren hun pand gereed kunnen maken voor all-electric en de tweede zijn de beperkingen op het bestaande elektriciteitsnet en de tijd die nodig is om deze te vergroten. Rekening houdend met het feit dat we in de toekomst warmte kunnen gaan opslaan in woningen, is het ook sterk de vraag of het verstandig is om op korte termijn al hele buurten gelijktijdig elektrisch te gaan verwarmen. Dit kan ertoe leiden dat er onnodig hoge kosten gemaakt gaan worden voor netverzwaring op wijkniveau, die in de toekomst niet nodig blijken. All-electric is daarom een alternatief dat zich meer leent om organisch te ontwikkelen verspreid over meerdere buurten en buurten. Met name voor eengezinswoningen en gebouwen in buurten waar een collectieve warmteoplossing geen logische oplossing is en waarvan de woningen al goed geïsoleerd zijn, of bij kleinschalige nieuwbouwprojecten, is all-electric een goed alternatief. Het moment van verzwaken van het elektriciteitsnet, en het moment waarop het gasnet wordt verwijderd, worden door de netbeheerder en gemeente in overleg bepaald op een moment dat de maatschappelijke kosten zo laag mogelijk zijn.

Als de warmte in de woningen op grotere schaal in een wijk worden opgewekt met infraroodpanelen of een warmtepomp zullen er aanpassingen gedaan moeten worden om de capaciteit van het elektriciteitsnet te vergroten. Uitgaande van de huidige stand van de techniek kan je alleen met warmtepompen of infrarood verwarmen de woningen minimaal op het basisniveau zitten (55°C of lager). Daarnaast moeten voor het kunnen toepassen van warmtepompen ook alle radiatoren vervangen worden door laagtemperatuur radiatoren.

Er zijn warmtepompen die lucht gebruiken als warmtebron (lucht-water-warmtepompen) en die water gebruiken als warmtebron (water-water-warmtepompen). Een lucht-water-warmtepomp gebruikt als bron bijvoorbeeld buitenlucht. Een water-water-warmtepomp gebruikt als bron bijvoorbeeld bodemenergie of warmte uit zon (zonthermie). Voor het

benutten van energie uit buitenlucht is een buitenunit nodig. Voor het benutten van warmte uit de bodem moet er een bodemlus geboord worden onder de woning of in de tuin. Voor het benutten van zonthermie moeten er thermische zonnepanelen geplaatst worden op het dak van de woning. Bij meergezinswoningen is er een collectief bronnet in het gebouw nodig om de individuele warmtepompen in de woningen te verbinden met de bodemlussen of de thermische zonnepanelen. Grotere gebouwen kunnen ook gebruik maken van een eigen warmte- en koude opslaginstallatie (WKO) om gebruik te maken van bodemenergie als warmtebron. Deze kan worden gecombineerd met aquathermie.

Naast de warmtepomp of de infraroodpanelen komt er een boilervat van minimaal 150 liter voor warm tapwater in de woning. Deze ruimte moet wel beschikbaar zijn. Bij infraroodpanelen en lucht-water-warmtepomp zal het elektriciteitsnet meer verzwaard moeten worden dan bij water-water-warmtepompen.

Meergezinswoningen kunnen ook collectief verwarmd worden met warmtepompen. Het is dan wel voor de efficiëntie van belang dat de maximale aanvoertemperatuur naar de gebouwen en woningen niet hoger is dan 70°C. De bronnen voor een collectieve warmtepomp zijn vergelijkbaar met die van een individuele warmtepomp. Groot voordeel van een collectieve installatie is dat het ruimtegebruik en de techniek in de woning beperkt blijft. De collectieve warmtevoorziening kan relatief eenvoudig vervangen worden door nieuwe technieken passend bij alle infrastructuur, zonder dat je daarvoor nog aanpassingen hoeft te doen aan het gebouw of de woning (zie ook collectieve gasketels).

Een variant op all electric is het lokale bronnet. Een bronnet is een lokale, vaak kleinschalige (collectieve) warmtevoorziening in de vorm van een zeer laagtemperatuurnet. In het gebouw is een warmtepomp nodig voor verwarming. Het aangevoerde water kan ook gebruikt worden voor koeling. Ook bij deze infrastructuur moet de capaciteit van het elektriciteitsnet in de wijk worden verhoogd. Een voorbeeld van een bronnet is een WKO-bron (mogelijk gecombineerd met aquathermie), die door enkele kantoorgebouwen wordt gedeeld en die door een bronnet zijn verbonden.

Aangezien een warmtepomp ook op woning- of gebouwniveau in veel gevallen een efficiënte bron kan hebben, zal een bronnet voor een gehele wijk in veel gevallen geen logische optie zijn. In wijken waar in hoge dichtheid gebouwd is, kan er mogelijk beperkt ruimte zijn voor lokale warmtebronnen, waardoor een bronnet een optie is. In de bestaande bouw is in dat geval echter vaak een warmtenet een goedkopere optie omdat er dan minder gebouwgebonden maatregelen hoeven te worden genomen. De verwachting is daarom dat een bronnet voor de bestaande bouw hoofdzakelijk beperkt zal blijven tot utiliteitsbouw. Voor gebieden met relatief veel utiliteitsbouw wordt een bronnet interessant vanwege de hoge koudevraag en vanwege de relatief lage energiebelasting op elektriciteit die grotere gebouwen betalen vanwege het hogere verbruik. Hierdoor zullen zij vaak kiezen voor een lokale warmte- en koude-oplossing in de vorm van all-electric eventueel in combinatie met een collectief bronnet.

3.2.2 Gasnet

Veruit de meeste woningen zijn nu aangesloten op het gasnet. In de meeste buurten wordt voor 2050 overgegaan op een andere infrastructuur, maar voor oude of anderszins complexe buurten zijn op dit moment alternatieven voor een gasnet economisch of praktisch onhaalbaar en zal voorlopig het gasnet blijven liggen. Een gasnet is aardgasvrij als er in plaats van aardgas een vorm van duurzaam gas wordt gebruikt. Binnen de warmteoptie gasnet zien we twee logische varianten:

1. **Individuele gasketel en hybride warmtepomp.** Als het gasnet voorlopig nog blijft liggen, dan kan er naast de individuele Hr-ketel ook een hybride warmtepomp geplaatst worden in de woning om het gasgebruik verder te beperken. Voorwaarde is wel dat de woning het minimumisolatieniveau bereikt heeft.
2. **Collectieve gasketel en hybride warmtepomp.** Meergezinswoningen kunnen ook collectief verwarmd zijn. Met name de grotere complexen gebouwd na 1950 zijn zeer geschikt om collectief verwarmd te worden. In het complex komt een geïsoleerde aanvoer- en retourleiding. Per woning komt er op de plek van de oude gasketel een afleverset. Als er ook elektrisch wordt gekookt zijn de *woningen* aardgasvrij en heeft alleen het *gebouw* nog een gasaansluiting. De individuele gasaansluitingen kunnen dan dus afgesloten worden.

Een voordeel van een collectieve installatie is dat het ruimtegebruik en de techniek in de woning beperkt blijft. De collectieve warmtevoorziening kan relatief eenvoudig vervangen worden door nieuwe technieken passend bij alle infrastructuur, zonder dat je daarvoor nog aanpassingen hoeft te doen aan het gebouw of de woning. Dit is dus een

zeer robuust, flexibel en onderhoudsarm systeem. Met name voor complexen in bezit van woningcorporaties is dit een zeer geschikte en toekomstbestendige oplossing. Het is daarbij wel van belang dat de woningen met een aanvoertemperatuur van maximaal 70°C verwarmd kunnen worden.

3.2.3 Warmtenet

Een warmtenet is een infrastructuur van ondergrondse leidingen die warm water vervoeren naar meerdere gebouwen tegelijkertijd. Er is daarom sprake van een collectieve warmtevoorziening. De temperatuur van het warme water moet voldoende zijn om de woningen te kunnen verwarmen.

3.2.3.1 Warmtenetten en bestaande bouw

Om in een bestaande wijk een warmtenet te realiseren is er voldoende schaalgrootte en dichtheid van gebouwen nodig. Hoe hoger de temperatuur die met de beschikbare warmtebron kan worden geleverd, hoe eenvoudiger de schaalgrootte kan worden bereikt. Omdat er dan meer woningen geschikt zijn om aan te kunnen sluiten. Woningcorporaties, die vaak meerdere woningen bezitten in buurten kunnen makkelijker de benodigde schaal bereiken dan particuliere woningeigenaren.

Bij een warmtenet komt er per gebouw of cluster van eengezinswoningen of kleinere gebouwen een afleverstation. Hier kan de temperatuur worden geregeld. De temperatuur van het net kan dus lokaal worden verlaagd als een gebouw daarvoor geschikt is. Bij de realisatie van een warmtenet is de schaalgrootte op wijkniveau veel minder gelimiteerd dan bij all-electric. Bij warmtenetten is juist een minimale schaal nodig. De schaal die nodig is, hangt sterk samen met de beoogde warmtebron. In de praktijk blijkt het organiseren van deze schaal zeer complex, omdat je te maken hebt met veel verschillende stakeholders. Ook voor woningcorporaties is het zeer moeilijk om deze schaal te realiseren. Niet alleen vanwege de investeringen die dan gedaan moeten worden, maar ook omdat momenteel 70 procent van de huurders akkoord moet geven voor het ombouwen van een individuele gasketel naar een collectieve warmtevoorziening.

3.2.3.2 Warmtenetten en corporatiebezit

Om een nieuw warmtenet in de bestaande buurten te kunnen realiseren is het van essentieel belang dat vastgoed in het bezit van woningcorporaties wordt aangesloten. Woningcorporaties (en VvE's) moeten er dus in de planning rekening mee houden dat de grotere complexen met meergezinswoningen collectief verwarmd gaan worden, indien nodig tijdelijk met een collectieve gasketel. Om desinvesteringen te voorkomen is het dus vaak niet verstandig om complexmatig individuele ketels te vervangen ("verketelen"). Ook moeten bestaande verouderde collectieve verwarmingsinstallaties (blokverwarming) worden gemoderniseerd. Een collectieve warmtevoorziening met een aanvoertemperatuur van maximaal 70°C is zeer flexibel. Ook als het warmtenet er niet komt zijn er voldoende alternatieven beschikbaar om de woningen duurzaam en betaalbaar te verwarmen. De investering in een collectieve warmtevoorziening bij grotere complexen is dus no-regret.

3.2.3.3 Warmtenetten en nieuwbouw

In de Drechtsteden is er de komende jaren een grote nieuwbouwopgave. Nieuwbouwontwikkelingen kennen vaak een hoge dichtheid en de woningen zijn relatief klein. De nieuwbouw, met veel gestapelde bouw, is in veel gevallen zeer geschikt voor het ontwikkelen van een collectieve warmtevoorziening. Omdat met nieuwbouw relatief eenvoudig een grote schaal bereikt kan worden, kan nieuwbouw tevens voor een versnelling zorgen bij het aansluiten van omliggende bestaande bouw. Het is niet voor niets dat tot nu toe veel van de warmtenetten ontwikkeld zijn bij nieuwbouwprojecten.

Bij nieuw te bouwen wijken kan de aanvoertemperatuur verder verlaagd worden naar 40°C (laagtemperatuur). Bij woningen moet in dat geval wel een aanvullende boostervoorziening geplaatst worden voor warm tapwater. Gezien het ruimtebeslag van deze voorziening en het aanvullende elektriciteitsverbruik zien we in praktijk dat daarom dat ook bij nieuwbouwwoningen deels wordt gekozen voor warmtelevering op 70°C.

3.3 Energiedragers en -bronnen

De vorige paragraaf ging in op warmteopties. Deze paragraaf gaat in op energiebronnen. Bij iedere energie-infrastructuur hoort een andere energiedrager. Dit is respectievelijk gas (gasnet), elektriciteit (elektriciteitsnetnet) en/of water (warmtenet). Bij de verschillende energiedragers horen verschillende bronnen en (on)mogelijkheden om energie, die nodig is voor het verwarmen van woningen en gebouwen, op te slaan. Daarnaast is de bron en bijhorende energie-infrastructuur ook sterk afhankelijk van de schaalgrootte die kan worden gerealiseerd.

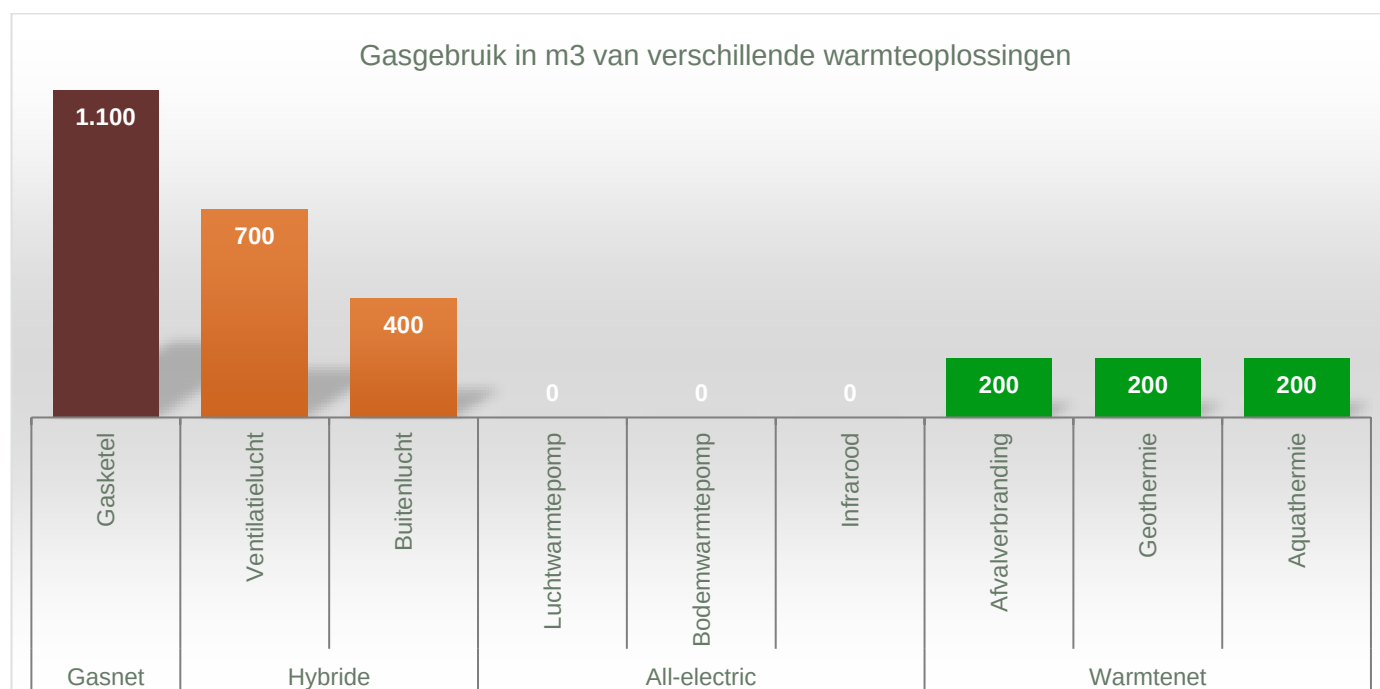
In elk scenario en bij elke infrastructuur zijn we in de energietransitie voorlopig nog afhankelijk van fossiele bronnen. Geleidelijk zullen we eerst afscheid nemen van kolen en daarna ook van aardgas. Deze uitfasering kost tijd en daarom is het tijdelijk gebruikmaken van fossiele bronnen noodzakelijk. Bij de keuze voor een nieuwe energie-infrastructuur is het wel belangrijk dat er voldoende en bewezen alternatieven beschikbaar zijn, zodat de fossiele bronnen zo snel als mogelijk uitgefaseerd kunnen worden. Belangrijk is dus dat door de keuze van een alternatief voor aardgas per buurt op korte termijn minder fossiele brandstoffen nodig zijn en de afhankelijkheid ervan op de langere termijn zoveel als mogelijk beperkt wordt.

3.3.1 Afhankelijkheid van fossiele bronnen

Tijdens de energietransitie blijven we afhankelijk van fossiele bronnen. Een goed voorbeeld van deze afhankelijkheid is een woning die zonnepanelen heeft liggen op het dak. Het grootste deel van de energie die wordt opgewekt door de panelen kan niet gelijktijdig worden gebruikt in de woning en wordt dus teruggeleverd aan het elektriciteitsnet en elders gebruikt. Als het donker is of bewolkt en de panelen niet of nauwelijks elektriciteit produceren, wordt er elektriciteit uit het elektriciteitsnet gebruikt. Deze elektriciteit wordt opgewekt met een mix van bronnen, nu nog circa 80% fossiel (aardgas en kolen). Dat neemt niet weg dat het goed is dat er zonnepanelen op daken worden geplaatst. Al het relatief beperkt beschikbare dakoppervlak in de Drechtsteden moet namelijk zoveel als mogelijk benut worden voor de productie van hernieuwbare elektriciteit.

3.3.2 Gas

Op dit moment wordt het overgrote deel van de woningen in de Drechtsteden verwarmd door middel van aardgas. Dit gebeurt op dit moment in gasketels. Alternatieve warmteoplossingen gebruiken minder of geen (aard)gas voor verwarming. Hybride oplossingen gebruiken voor een gedeelte van de warmtevraag elektriciteit en bij all-electric opties is er helemaal geen gasaansluiting meer aanwezig in de woning. Ook bij warmtenetten is er geen gasaansluiting meer aanwezig in de woning, maar deze opties gebruiken nog wel (aard)gas voor het opwekken van warmte op piekmomenten in de winter. Een overzicht van het aardgasgebruik voor verschillende warmteoplossingen is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Gasvraag diverse warmteoplossingen voor een rijwoning met basisniveau isolatie.

De inschatting is dat aan het eind van de warmtetransitie de Drechtsteden voor het voeden van de piekvoorziening van warmtenetten (20% van de totale warmtevraag) en gasnetten nog een gasvraag zal hebben van circa 25,5 miljoen m3 gas van aardgaskwaliteit. Dit is circa 13% van het huidige aardgasverbruik van de gebouwde omgeving. Hierbij is het eventuele gasverbruik dat nodig is voor de piekvoorziening voor het elektriciteitsnet niet meegenomen. Het is daarom een belangrijke vraag op welke manier en in hoeverre deze resterende gasvraag duurzaam kan worden ingevuld.

Grofweg zijn er twee vormen van hernieuwbaar gas: groen gas en groen waterstofgas. Groen gas is biogas dat is opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en groen waterstofgas wordt verkregen door water te splitsen met behulp van hernieuwbare elektriciteit.

De productiepotentie voor biogas in Nederland is zeer beperkt. In het Klimaatakkoord committeert de groen gassector zich aan een productie van 70 PJ Nederlands groen gas in 2030, wat neerkomt op 2,2 miljard m³ aardgasequivalent aan groen gas. Van deze 70 PJ kan “een substantieel deel worden ingezet in de gebouwde omgeving”⁵. De onderbouwing dat dit groen gas voornamelijk zal worden ingezet in de gebouwde omgeving wordt geleverd door CE Delft⁶. CE Delft geeft aan dat tot 2030 andere sectoren, zoals de industrie, de meerkosten van groen gas ten opzichte van aardgas nog niet kunnen dragen. Daarentegen hebben ook deze sectoren voor 2030 een verduurzamingsopgave en is niet met zekerheid te zeggen dat ze hiervoor geen gebruik zullen maken van groen gas. In de periode na 2030 wordt met meer zekerheid verwacht dat de industrie groen gas zal inzetten. Ook andere sectoren, zoals de transportsector, zullen gebruik willen maken van het beperkte Nederlandse potentieel aan groen gas. Daarom zal naast groen gas mogelijk ook waterstofgas of ander hernieuwbaar gas nodig zijn voor de gebouwde omgeving om na 2030 in de vraag naar duurzaam gas te voorzien. Het Klimaatakkoord verwacht voor 2050 een totale technische potentie van 419 PJ groen gas, waarvan een nog onbekend aandeel ingezet kan worden in de gebouwde omgeving. Wat waterstofgas betreft gaat het Klimaatakkoord uit van 120 PJ die exclusief voor de gebouwde omgeving beschikbaar is in 2050.

	2030	2050	Toelichting
	<i>Commitment van partijen</i>	<i>Potentie/ Verwachting</i>	
Groen gas (PJ)	70	419	Tot 2030 voornamelijk toepasbaar in gebouwde omgeving
Waterstof (PJ)	-	120	Toepasbaar in gebouwde omgeving in 2050 ⁷

Momenteel gebruikt de gebouwde omgeving in Nederland ca. 13,5 miljard m³ gas per jaar. Indien het verwachte aanbod van 2,2 miljard m³ groen gas in 2030 evenredig wordt verdeeld over Nederland zou gemiddeld gezien daarmee ongeveer 15% van het totale Nederlandse aardgasverbruik kunnen worden verduurzaamd. Dat komt overeen met de 13% resterende gasvraag die de Drechtsteden in 2050 nog zal hebben op grond van de analyse. Of de Drechtsteden daadwerkelijk aanspraak kunnen maken op deze hoeveelheid groen gas zal met het herijken van deze transitievisie warmte steeds opnieuw moeten worden beoordeeld.

Voor de periode na 2030 is de duurzaamheid van het gasnet naast groen gas afhankelijk van de komst van waterstof. Volgens het Klimaatakkoord is er in 2050 ruimschoots waterstof beschikbaar voor de gebouwde omgeving, maar die verwachting is echter erg onzeker. Voor de productie van groen waterstofgas zijn we sterk afhankelijk van technologische ontwikkelingen en grootschalige productie van hernieuwbare elektriciteit en groene waterstof in het buitenland, zoals Noord-Afrika en het Midden-Oosten. In deze landen kan zon- en windenergie op land veel efficiënter geproduceerd worden dan in Nederland, wat het verlies bij de productie van waterstof deels kan compenseren. Ook is er daar, in tegenstelling tot Nederland, voldoende ruimte. Omdat gas veel goedkoper is te transporteren dan elektriciteit, kan het ook over lange afstanden worden getransporteerd via pijpleidingen en met schepen. De productie van waterstof kan hierdoor mogelijk op de lange termijn in deze landen rendabel worden. Naar verwachting zal er pas na 2035 op grotere schaal waterstof geproduceerd gaan worden.

Of deze productie van de grond komt en in hoeverre deze beschikbaar komt voor de gebouwde omgeving is onzeker. Vanuit energie-efficiëntie is het verstandiger om de industrie en de transportsector voorrang te geven voor gebruik van groen gas en groene waterstof vanwege de hogere temperaturen die in die sectoren nodig zijn. Waterstof wordt daarnaast ook gebruikt als grondstof voor bijvoorbeeld kunstmest en kan in de toekomst een veel

⁵ Klimaatakkoord (2019), Tekst Klimaatakkoord, Den Haag, 28 juni 2019

⁶ CE Delft (2018), Contouren en instrumenten voor een Routekaart Groen gas 2020-2050.

⁷ Klimaatakkoord (2018), Achtergrondnotitie ten behoeve van de Sectortafel Gebouwde Omgeving

breder toepassing krijgen als duurzame grondstof voor bijvoorbeeld plastic. Voor de voorziening van de gasvraag in de gebouwde omgeving zal daarom voorlopig nog aardgas nodig zijn.

In het algemeen is de conclusie dat het gasnet in de gebouwde omgeving zoveel mogelijk moet worden uitgefaseerd om een blijvende afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te voorkomen, maar dat de resterende gasvraag in 2040 mogelijk wel duurzaam kan worden ingevuld met de kennis en verwachtingen van nu. Voorwaarde is wel dat er sterk wordt ingezet op hybride warmtepompen in combinatie met isolatie in buurten waar het gasnet blijft liggen.

3.3.3 Elektriciteit

Net als in alle sectoren gaat ook in de gebouwde omgeving elektriciteit een nog grotere rol spelen. Met name voor het opwekken van warmte met warmtepompen in woningen, gebouwen en buurten zal de vraag naar elektriciteit stijgen. Deze elektriciteit moet dan wel verduurzaamd (kunnen) worden. Zon en wind zijn daarvoor de meest logische bronnen voor Nederland op dit moment. Dit is een grote opgave. De huidige elektriciteitsmix in Nederland bestaat namelijk nog voor circa 80 procent uit fossiele bronnen.

Nu is elektriciteit altijd beschikbaar, omdat kolen-, gas en kerncentrales het gehele jaar door kunnen leveren op basis van de vraag. Maar in de toekomst zal het elektriciteitsaanbod veel minder constant en ook deels seizoenafhankelijk zijn door een groter aandeel van zonne-energie en windenergie. Het opslaan van energie en in dit geval dus warmte is noodzakelijk. Bij de keuze voor de energie-infrastructuur is het daarom nodig om meer rekening te houden met de (on)mogelijkheid om energie te bufferen en voor warmteopties te kiezen die een minimale impact hebben op de gevraagde capaciteit van het elektriciteitsnet. Belangrijk daarbij is te vermelden dat voor het voeden van warmtepompen elektriciteit uit windenergie veel meer geschikt is dan zonne-energie, omdat in het stookseizoen het aanbod van wind vele malen hoger ligt.

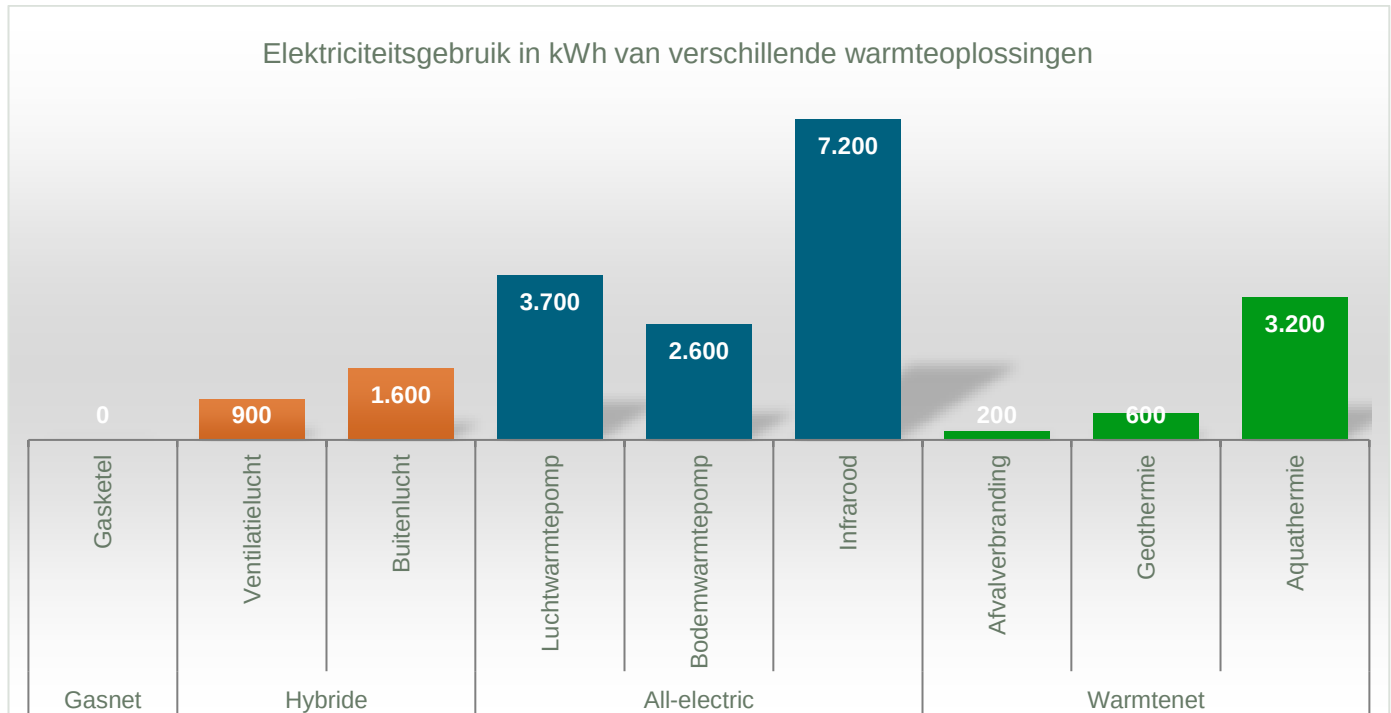
Op basis van de resultaten van de transitievisie warmte is voor de Drechtsteden de toekomstige elektriciteitsvraag berekend, verdeeld over de verschillende warmteopties. Deze verdeling is uiteraard onderhevig aan toekomstige ontwikkelingen en nieuwe inzichten en is daarom indicatief.

De tweede factor die bepaalt of de elektriciteitsvoorziening verduurzaamd kan worden is de impact op het net. Aardgasvrije warmteoplossingen doen niet alleen een beroep op de duurzame opwek van elektriciteit, maar ook op de transportcapaciteit van grote hoeveelheden elektriciteit. Omdat deze transportcapaciteit beperkt is, is het van belang dat de capaciteitsvraag van de warmteoptie zo laag mogelijk blijft. Deze impact heeft grote gevolgen voor de snelheid waarmee we de transitie kunnen realiseren. Op veel plekken ontstaan nu al knelpunten op het elektriciteitsnet, zo blijkt ook uit de Systeemstudie Zuid-Holland (CE Delft (2020), Systeemstudie Energie-infrastructuur Zuid-Holland).

Daarnaast is de impact op het elektriciteitsnet van belang omdat de gevraagde piekcapaciteit direct verband heeft met de gelijktijdigheidsvraag naar elektriciteit van het elektriciteitsnet. De momenten waarop de vraag naar piekcapaciteit het hoogst is (aan het begin en aan het eind van de dag, en in het stookseizoen), zijn ook de momenten waarop er geen match met het aanbod van duurzame elektriciteit is. Dit wordt versterkt bij de vraag naar energie die nodig is voor het opwekken van warmte voor ruimteverwarming, omdat deze vraag sterk seizoensgebonden is. Bij een grotere ongelijktijdigheid is het (nog) lastiger om vraag naar elektriciteit en aanbod van (duurzame) elektriciteit op elkaar af te stemmen.

Technieken die ongelijktijdigheden in elektriciteitsvraag en -aanbod op grote schaal kunnen overbruggen zijn kostbaar of gebaseerd op fossiele energie, bijvoorbeeld gascentrales die snel bij kunnen springen. Bij grotere ongelijktijdigheid wordt er dus meer afhankelijkheid gecreëerd van fossiele energie, ook op de lange termijn. Dit heeft dus een grote impact op zowel de toekomstbestendigheid als de duurzaamheid van de oplossing. Om een blijvende afhankelijkheid van fossiele energie te voorkomen is het daarom van belang om voor aardgasvrije warmteoplossingen te kiezen, die een zo laag mogelijke impact hebben op de capaciteitsvraag van het elektriciteitsnet.

In figuur 3 is voor de meest voorkomende warmteoplossingen voor bestaande woningbouw de vraag naar elektriciteit voor ruimteverwarming in kWh per jaar weergegeven.



Figuur 3. Elektriciteitsvraag diverse warmteoplossingen voor een rijwoning met basisniveau isolatie.

Uit de grafiek kan worden afgeleid dat zowel bij een middentemperatuur warmtenet met een mix van diverse warmtebronnen als bij een all-electric oplossing met een mix van individuele oplossingen, elektriciteit een belangrijke energiebron zal zijn voor de warmtevoorziening. De impact op het elektriciteitsnet is sterk gecorreleerd aan het totale elektriciteitsgebruik van de warmteoptie. Bij warmtepompen die (gedeeltelijk) gebaseerd zijn op de buitentemperatuur (luchtwarmtepompen en aquathermie) wordt dit extra versterkt doordat in de winter, wanneer de warmtevraag het hoogst is, de efficiëntie van deze technieken lager is dan in de zomer.

3.3.3.1 Individuele biomassa

Strikt gezien is individuele biomassa een variant van all-electric omdat er in principe alleen een elektriciteitsnet in de buurt nodig is. Op dit moment wordt er in Nederland in veel woningen al gebruikt gemaakt van biomassa voor verwarmen. In de vorm van houtkachels en open haarden wordt al houtachtige biomassa gebruikt voor verwarmen van gebouwen. De bestaande open haarden zijn vaak niet erg efficiënt en stoten ook veel stoffen uit, zoals fijnstof. Desalniettemin kan individuele biomassa een lokale maatwerkoplossing zijn voor bijvoorbeeld gebouwen in het landelijk gebied die moeilijk op een andere manier te verduurzamen zijn, zeker als de biomassa afkomstig is van eigen erf of bedrijf.

3.3.4 Warmte

In de RES Drechtsteden wordt onderscheid gemaakt in drie voorkeurscategorieën van warmtebronnen:

1. Eerste voorkeur: direct bruikbare warmte. De eerste voorkeur gaat in onze regio uit naar direct bruikbare warmte. Deze warmte kan direct worden benut. Op deze manier hoeft het niet te worden opgewekt. Zo wordt onder andere onnodige elektrificatie van het energiesysteem voorkomen. Voorbeelden van direct bruikbare warmte zijn restwarmte uit afvalverbranding en diepe geothermie.
2. Tweede voorkeur: op te waarden warmte. De tweede voorkeur gaat uit naar op te waarden warmte. Dit is duurzame warmte uit omgevingswarmte, zoals oppervlaktewater en andere vormen van aquathermie, laagtemperatuur (rest)warmtebronnen, ondiepe geothermie en (ventilatie)lucht. Die moet worden opgewaardeerd met een elektrische warmtepomp voordat het gebruikt kan worden voor verwarming van gebouwen. Afhankelijk van de gebruikte omgevingswarmte zijn er grote verschillen in rendement, (ventilatie)lucht heeft een relatief laag rendement.
3. Minste voorkeur: te maken warmte. De minste voorkeur gaat uit naar te maken warmte. Dit is warmte die nog geheel moet worden opgewekt en niet reeds 'aanwezig' is in de omgeving. Onder deze categorie vallen

duurzame brandstoffen zoals groene waterstof en groen gas. Deze categorie heeft de minste voorkeur omdat deze hoogwaardig toepasbaar is voor industriële grondstoffen en processen en voor zware mobiliteit.

In de rest van dit hoofdstuk zullen de meest voorkomende warmtebronnen stuk voor stuk globaal besproken worden.

3.3.4.1 Restwarmte

Het bedrijfsleven kent vele soorten processen waar warmte ontstaat of overblijft waar op dit moment nog geen goede toepassing voor is. Deze 'overgebleven' warmte uit productieprocessen wordt restwarmte genoemd. Er zijn vele verschillende soorten van restwarmte met ook verschillende temperaturen. Dit kan bijvoorbeeld restwarmte zijn uit aan afvalverbrandingsinstallatie, energiecentrales of de (chemische) industrie. Het voordeel van deze hoge temperatuur restwarmte is dat er geen warmtepomp nodig is om de warmte naar het juiste temperatuurniveau te brengen om de gebouwde omgeving te kunnen verwarmen. Er is ook restwarmte beschikbaar van lagere temperatuur. Denk daarbij bijvoorbeeld aan restwarmte uit datacenters, koel- en vrieshuizen of ijsbanen.

Een mogelijk nadeel van restwarmte is de beschikbaarheid. Restwarmte is niet overal in significante hoeveelheden beschikbaar en het is soms onzeker hoe lang de warmte beschikbaar blijft. Ook dient een restwarmtebron voldoende warmtepotentieel te hebben om een aansluiting op het warmtenet aantrekkelijk te maken. Naast lokale restwarmtebronnen bestaat er soms ook de mogelijkheid om restwarmte te ontvangen van omliggende industriële clusters, bijvoorbeeld uit het havengebied in Rotterdam.

Omdat restwarmte een relatief goedkope bron is, is het nuttig om daar waar mogelijk en haalbaar deze bron te benutten voor de ontwikkeling van warmtenetten. Het is dan wel van belang dat er voldoende alternatieve duurzame warmtebronnen op beschikbaar zijn, zodat de leveringszekerheid van warmte kan worden gegarandeerd voor een zeer lange tijd.

3.3.4.2 Energie uit bodem (bodemwarmte) en diepere aardlagen (geothermie)

De bodem en diepere aardlagen kunnen als warmtebron dienen. Bodemwarmte is warmte die van de zon komt en de bodem in trekt tot enkele honderden meters. Boor je naar diepere aardlagen, dan spreken we over aardwarmte, ook wel geothermie genoemd. Deze warmte komt uit de hete kern van de aarde. Hoe dieper je boort naar warmte, hoe hoger de temperaturen zijn die je uit de aarde kan onttrekken. Als vuistregel kan aangenomen worden dat ongeveer voor elke kilometer de temperaturen oplopen met circa 30 °C.

Bron	Diepte	Temperatuur
Bodemplussen of WKO	Tot 250 meter	10 – 15 °C
Ondiepe geothermie	250 tot 1.000 meter	20 – 40 °C
Middeldiepe geothermie	1 tot 2 kilometer	40 – 70 °C
Diepe geothermie	2 tot 4 kilometer	70 – 100 °C

Diepe geothermie is in potentie een zeer duurzame bron omdat het gebouwen via een warmtenet direct kan verwarmen zonder de tussenkomst van een warmtepomp. Afhankelijk van de noodzakelijke aanvoertemperatuur is het voor middeldiepe en ondiepe geothermie wel noodzakelijk om nog een warmtepomp te gebruiken om de temperatuur te verhogen. Voor bodemplussen of WKO's is altijd een warmtepomp noodzakelijk. Of de bodem en aardlagen ook geschikt zijn om warmte uit te winnen hangt sterk af per locatie.

Geothermie wordt in het buitenland al heel lang toegepast voor verwarming, zeker in vulkanische gebieden zoals IJsland. In Nederland is het gebruik als warmtebron relatief nieuw, maar toch zijn er al verschillende succesvolle projecten. De meeste projecten leveren warmte aan glas- en tuinbouw, maar er worden bijvoorbeeld ook 470 appartementen in Pijnacker-Noord verwarmd op basis van geothermie.

3.3.4.3 Aquathermie

Ook water kan een potentieel zeer grote bron van warmte zijn. Thermische energie uit water, ook wel aquathermie genoemd, kan in theorie een groot deel van de gebouwen van warmte voorzien. Aquathermie kan uit verschillende waterbronnen komen: oppervlaktewarmte (TEO), afvalwater (TEA) en drinkwater (TED). Vooral thermische energie uit oppervlaktewater heeft in de Drechtsteden een in theorie enorm potentieel vanwege de grote waterwegen die door het gebied lopen.

Voor warmtenetten waar ook oudere woningen aangesloten moeten worden is het noodzakelijk dat de aanvoertemperatuur wel opgehoogd wordt van tussen de 5 °C en 25 °C naar maximaal 70 °C. Om aquathermie als warmtebron te benutten dient de temperatuur in bijna alle gevallen flink verhoogd te worden door middel van een warmtepomp. Er is bij de inzet van warmtepompen dus ook op termijn voldoende duurzame elektriciteit nodig. Een voordeel van aquathermie is dat het op een kleinere schaal kan worden toegepast dan bij andere potentiële bronnen voor warmtenetten, zoals bij restwarmte en geothermie.

Oppervlaktewater is in de zomer veel warmer dan in de winter. De warmte in het water uit de zomer kan onttrokken worden en tijdelijk opgeslagen in WKO-bronnen. Dit kan lokaal ook voordelen hebben voor waterkwaliteit en hittestress. Vervolgens wordt de warmte op een later moment met warmtepompen opgehoogd voor het warmtenet. Via dezelfde bron kan ook gekoeld worden, maar dit is niet noodzakelijk. Wanneer er zonder WKO-bron warmte uit oppervlaktewater gewonnen wordt, vraagt dit in de winter meer elektriciteit en kan er minder warmte benut worden.

3.3.4.4 Zonthermie

Door middel van zonnecollectoren kan zonne-energie ook direct in warmte worden opgezet. Tot nu toe heeft deze bron nauwelijks een rol gehad in de warmtetransitie. Dit komt voornamelijk doordat de opwek van warmte uit deze bron het laagst is in de periode dat de warmtevraag het hoogst is (in de winter). Voor het succesvol toepassen van zonthermie als warmtebron is het dus in de meeste gevallen noodzakelijk om veel warmte op te kunnen slaan. Dit wordt bijvoorbeeld al gedaan in grote watercontainers die in de grond worden ingegraven in Denemarken.

Voor het verwarmen van zonthermie is relatief veel ruimte nodig voor een groot oppervlak van collectoren (dit kan eventueel ook op daken van gebouwen) en voor de warmteopslag die noodzakelijk is. Het voordeel van zonthermie is dat er zeker in de zomer hoge temperaturen mee opgewekt kunnen worden. Maar het opslaan van deze temperaturen voor periodes van enkele maanden is wel een uitdaging. Er bestaat ook de mogelijkheid om zonthermie te combineren met warmtepompen om de temperaturen op te hogen, maar dit vraagt wel extra elektriciteit.

In Denemarken bestaan er sinds enige jaren warmtenetten die voor een deel op basis van zonthermie draaien. Een voorbeeld is bijvoorbeeld te vinden in de plaats Gram in zuidoost Denemarken. Hier wordt een oppervlak van 45.000 m² zonnecollectoren gecombineerd met 120.000 m³ verwarmd wateropslag. Gecombineerd levert deze centrale aan circa 1.200 aansluitingen warmte. Dat is circa 40 m² aan zonnecollectoren en 100 m³ opslag per aansluiting. Zonthermie dekt hierbij ongeveer 60% van de warmtebehoefte af, de rest wordt geleverd via warmtekrachtkoppelingen en boilers op basis van gas en elektriciteit.

3.3.4.5 Biomassa en groen gas

Biomassa is een containerbegrip dat vele potentiële vormen van energie omvat. Onder biomassa vallen bijvoorbeeld hout, mest, rioolslib, zeewier, GFT en algen. Biomassa kan daarnaast vele soorten energiedragers voorkomen: vaste brandstoffen zoals resthout, vloeibaar zoals in biobrandstoffen of gasvorming zoals bij groen gas. Energie uit biomassa is chemische energie die in de materialen zit, die omgezet kan worden in hoge temperatuur warmte of elektriciteit. Een speciaal soort biomassa energiedrager is groen gas. Dit kan gebruikt worden als alternatief voor aardgas.

Sommige vormen van biomassa, zoals houtverbranding, staan de laatste jaren onder discussie. Bij specifieke situaties en toepassingen worden vraagtekens gezet of de biomassa wel als duurzaam gezien kan worden. Er is ook veel politieke discussie over bepaalde vormen van biomassa. Het is belangrijk om altijd te specificeren welke vorm van biomassa bedoeld wordt en waar deze vandaan komt. Ook is het belangrijk om te overwegen of biomassa in een andere toepassing niet meer waarde heeft.

Op dit moment wordt er al een significante hoeveelheid biomassa toegepast in Nederland, voornamelijk uit reststromen die geen duidelijke andere functie hebben. Maar biomassa, zeker uit reststromen, is niet onbeperkt beschikbaar. Daarom moet er zuinig mee omgesprongen worden. Als dezelfde biomassa beter ingezet kan worden als grondstof, kan het misschien beter niet ingezet worden voor verwarming van woningen.

De verwachting is dat de komende decennia er meer biomassa beschikbaar komt voor het verduurzamen van alle sectoren. Zo verwacht het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) dat de komende decennia er veel meer groen gas beschikbaar komt. Maar dit zal waarschijnlijk veel minder zijn dan de huidige aardgasvraag in Nederland. Dat betekent dat groen gas voorlopig schaars is en zuinig ingezet moet worden. Ook andere sectoren zoals industrie, mobiliteit en back-up voor de elektriciteitsvoorziening zullen een beroep doen op een gedeelte van de biomassa en groen gas.

Voor de gebouwde omgeving betekent dit dat er waarschijnlijk ook een beperkte hoeveelheid biomassa en groen gas beschikbaar komt, maar dat dit zo zuinig mogelijk ingezet moet worden. De meeste warmtenetten zullen groen gas nodig hebben voor piekvoorzieningen in de winter. En biomassa of groen gas inzet kan interessant zijn voor woningen die echt geen goed alternatief hebben. Maar het devies blijft om waar we biomassa en groen gas inzetten, dit altijd zo efficiënt en effectief mogelijk moet.

3.3.5 Afwegingen bij warmtebronnen

Er zijn vele vormen van warmtebronnen beschikbaar om woningen te verwarmen. Een randvoorwaarde voor het toepassen van een warmtebron is de beschikbaarheid van die bron in een gebied. Maar de wél aanwezige warmtebronnen zijn niet zomaar uitwisselbaar, elke bron heeft eigen karakteristieken. Ze verschillen bijvoorbeeld qua temperatuurniveaus, de prijs van warmte, de volwassenheid van de techniek (marktgeredheid) en het aantal aansluitingen die nodig zijn (schaal). Om een goede keus te kunnen maken tussen de verschillende aanwezige warmtebronnen is het belangrijke om deze aspecten goed mee te wegen.

Een aantal mogelijke overwegingen zijn bijvoorbeeld:

- **Schaal:** het aantal woningen of woningequivalenten (WEQ) dat verwacht wordt aan te sluiten om de bron rendabel te kunnen exploiteren.
- **Warmtekosten:** de variabele kosten van warmte die uit de bron gewonnen kan worden.
- **Marktgeredheid:** de mate waarin er op dit moment al met succes commerciële systemen worden geëxploiteerd.
- **Tijddlijn voor toepassing:** de indicatieve tijddlijn voor de inzet van de warmtebron.

In tabel 12 staan indicatief deze karakteristieken uitgewerkt voor een aantal warmtebronnen die relevant kunnen zijn in de Drechtsteden.

Warmtebron	Schaal (min. – max. WEQ)	Warmtekosten	Marktgeredheid	Tijddlijn voor Drechtsteden
Restwarmte HT/MT	10.000 - 50.000	Laag/Midden	Hoog	Nu al toegepast
Diepe geothermie	7.000 - 11.500	Midden	Hoog	>2020
Middeldiepe geothermie	4.500 - 7.000	Zeër hoog	Laag	>2030
Ondiepe geothermie	750 – 5.000	Hoog	Midden	>2030
Aquathermie	200 – 2.000	Hoog	Midden	>2020

WEQ = woningequivalenten. HT = Hoge temperatuur ~90 °C, MT = Midden temperatuur ~70 °C

Tabel 11: Een selectie van overwegingen bij verschillende warmtebronnen

Specifiek voor de technieken middeldiepe en ondiepe geothermie is marktgeredheid een aandachtspunt. De techniek voor winning van dit type aardwarmte is nog in ontwikkeling en de huidige subsidieregimes zijn (nog) niet ingericht om dit type warmte rendabel te winnen.

3.3.6 Technisch potentieel warmtebronnen

Een randvoorwaarde voor de keuze van een collectieve warmtebron is het beschikbaar potentieel van de warmtebron. Er zijn verschillende vormen van potentiëlen te onderscheiden:

- **Theoretisch potentieel:** de theoretische hoeveelheid energie die gewonnen kan worden op basis van het maximale hoeveelheid warmte die aanwezig is.
- **Technisch potentieel:** het deel van het theoretisch potentieel dat rekening houdend met technisch en praktische limitaties gewonnen kan worden, zoals de beschikbare technieken, voldoende vermogen van de warmtebron en afstand tot gebouwen.
- **Economisch potentieel:** het gedeelte van het theoretisch potentieel dat kosten-effectief kan worden gerealiseerd.

Het theoretisch potentieel wordt vaak geschat op basis van potentiekaarten. Dit zijn kaarten die aangeven welke orde van grootte aan warmte zich bevinden in de ondergrond, aanwezig is als restwarmte en zich bevindt in bijvoorbeeld oppervlaktewater.

Voor de warmtebronnen restwarmte en geothermie is een vertaalslag gemaakt van theoretisch en technisch potentieel. Dit is met de volgende methode gedaan:

- **Restwarmte:** Restwarmte indicaties van Nationaal Programma Regionale Energie Strategie (NP RES) zijn gecorrigeerd voor een inschatting voor het technisch potentieel. Voor hoge temperatuur en midden temperatuur restwarmte is dit gedaan door alleen warmtebronnen die meer vermogen leveren dan 1 MWth leveren mee te nemen en 80% van het potentieel van die bronnen te nemen. Voor lage temperatuur restwarmte is dit gedaan door 10% van het theoretische aanbod te nemen. Dit percentage corrigeert voor het feit dat de meeste lage temperatuur warmtebronnen zullen zijn die in praktijk niet of lastig aan te sluiten zijn op een warmtenet vanwege beperkte vermogens, lange termijn potentieel of praktische haalbaarheid.
- **Geothermie:** geologen van warmtebedrijf HVC hebben een lokale analyse gedaan aan de hand van publiek beschikbare data van de potentie in verschillende aardlagen. Dit is aangevuld met verdiepend geologisch onderzoek. Aan de hand van de theoretische potentie is een inschatting gemaakt van het aantal mogelijke boringen en de warmtevermogens die hierbij gehaald zouden kunnen worden.
- **Aquathermie:** Op basis van de zeer ruime beschikbaarheid van oppervlaktewater in de regio is er een keuze gemaakt om geen kwantitatieve vertaling te maken van het theoretisch potentieel van aquathermie. Voor vrijwel alle gemeentes kan geothermie in technisch gezien een voldoende potentieel vormen als alternatieve warmtebron voor een significant deel van de woningen. Waarschijnlijk is de potentie van de bron niet limiterend. Daarom is gekozen deze bron als positief aan te duiden voor alle gemeentes (als '+').
- **Regionale restwarmte:** In de Drechtsteden is er technisch gezien voldoende perspectief op lokale, duurzame warmtebronnen. Restwarmte uit het Rotterdamse havengebied (Rotterdam-Zuid) of uit Moerdijk kan op termijn een wenselijke, maar niet noodzakelijke, aanvulling zijn op de warmtebronnen. Onder de volgende voorwaarden kan dit een interessante optie zijn:
 - Er is vanuit het Rotterdamse havengebied of Moerdijk voldoende warmte beschikbaar om naast andere stedelijke gebieden ook de Drechtsteden van restwarmte te voorzien.
 - De warmte kan op een kosteneffectieve manier naar de Drechtsteden getransporteerd worden.
 - Bovenregionale restwarmte heeft voldoende lange termijn leveringsperspectief.

Op dit moment wordt voor verschillende stedelijke gebieden in Zuid-Holland verkend of restwarmte uit het Rotterdamse havengebied een interessante optie zou kunnen zijn. Zowel richting het noorden als het oosten zijn er aanzienlijke afzetgebieden mogelijk met o.a. Den Haag, Rotterdam en Delft. Na Rotterdam is een logische vervolgstap om bijvoorbeeld Barendrecht of Ridderkerk aan te sluiten op restwarmte. Het aansluiten van gebieden gelegen tussen de warmtebron en de Drechtsteden in maakt eventueel transport van warmte naar de Drechtsteden aantrekkelijker. Transport van warmte vanuit Rotterdam-Zuid naar de westelijke gemeenten in de Drechtsteden (Hendrik-Ido-Ambacht en Zwijndrecht) kan worden onderzocht als er meer zekerheid is over de omgeving Barendrecht en Ridderkerk. Pas als er in deze gebieden meer

duidelijkheid bestaat qua volumes en tijdslijn, wordt het logisch om ook verder na te denken over een eventuele verbinding richting de Drechtsteden. Er wordt geen grote kans gemist door op dit moment deze mogelijkheid niet verder uit te werken.

- **Overige warmtebronnen:** de potentie voor de overige warmtebronnen zijn niet gekwantificeerd. Bodemwarmte en zonthermie hebben technisch gezien een grote potentie, maar het zal lokaal afhankelijk zijn of deze bronnen geëxploiteerd kunnen worden. Het aanbod van biomassa en biogas uit de Drechtsteden zelf is beperkt en de inzet van biogas is ook noodzakelijk als piekvoorziening voor de andere warmtenetten. Ook restwarmte van buiten de Drechtsteden kan een interessante bron vormen, maar is lastig op dit moment te kwantificeren.

Tabel 12: Het technisch potentieel van warmtebronnen per gemeente

Technisch potentieel* (TJ)	Restwarmte (MT/HT)**	Diepe geothermie	Middeldiepe geothermie	Restwarmte (LT)**	Ondiepe geothermie	Aquathermie***
Alblasserdam	40	-	-	40	-	+
Dordrecht	1.190	-	800	60	-	+
Hardinxveld-Giessendam	-	-	-	40	-	+
Hendrik-Ido-Ambacht	-	-	400	10	250	+
Papendrecht	-	300	-	-	-	+
Sliedrecht	-	300	-	-	-	+
Zwijndrecht	100	-	400	40	250	+
Totaal	1.330	600	1.600	190	500	Ruim aanbod

* Potentieel is inclusief huidige warmtebronnen voor warmtenetten

** MT/HT-bronnen > 1 MWth, 80% van theoretisch potentieel. Alle LT-bronnen, 10% potentieel van theoretisch potentieel.

*** Aquathermie vraagt veel elektriciteit voor het opwaarderen van warmte (in mindere mate geldt dit ook voor LT restwarmte en ondiepe geothermie).

Ter vergelijking: indien 35% van de woningen in de Drechtsteden op een warmtenet aangesloten zou worden, zou dit een warmtevraag van de orde 2.500 tot 3.000 GJ betekenen. Gezien het technisch potentieel in bovenstaande tabel, leidt dit tot de conclusie dat er technisch gezien ruim voldoende warmte in de Drechtsteden beschikbaar is.

3.3.7 Warmteopslag

Warmteopslag wordt meestal geassocieerd met warmte- koudeopslag in de bodem (WKO-bronnen). Echter worden er in WKO-bronnen, op circa 50-250 meter diepte, temperaturen van maar 10-25°C opgeslagen. Er is dus aanvullend een warmtepomp nodig om gebouwen en woningen met deze brontemperatuur te kunnen verwarmen. Warmteopslag, waarmee direct kan worden verwarmd met temperaturen tussen de 40°C en 90°C, wordt echter nog weinig toegepast. De verwachting is dat dit zal sterk gaan veranderen, omdat de capaciteit van het elektriciteitsnet in de Drechtsteden beperkt is.

De vraag naar warmte voor het verwarmen van gebouwen en woningen is zeer seizoensgebonden. De vraag naar warmtapwater is het gehele jaar vrij stabiel en heeft pieken in ochtend- en avonduren. Ruimteverwarming heeft echter een enorme dip in de zomer en een zeer hoge piekvraag op koude dagen. Daarom moet bij de keuze van de warmteoptie rekening gehouden worden met de impact op het elektriciteitsnet. Bij collectieve warmteoplossingen is de impact op het elektriciteitsnet veel lager dan bij individuele all-electric oplossingen (zie elektriciteit).

Warmteopslag maakt het mogelijk om het benodigde piekvermogen van een warmteopwekker, zoals een warmtepomp, verder te verkleinen. Ook kan er meer warmte uit dezelfde warmtebron worden benut. Een traditionele gasketel is een goedkope technologie waarbij het gebruikelijk is om het benodigde ketelvermogen te dimensioneren

op de piekwarmtevraag voor ruimteverwarming en/of warm tapwater. Het huidige gasnet heeft hiervoor voldoende capaciteit.

Het huidige elektriciteitsnet heeft echter deze capaciteit bij lange na niet. In het geval van de overstap van een gasketel naar warmtepompen moet de capaciteit van het huidige net dus verhoogd worden. Als dit voorkomen of beperkt kan worden, bespaart dat veel geld voor de maatschappij. Ook is de investering in een warmtepomp relatief hoog, dus hoe kleiner de warmtepomp, hoe beter de businesscase. Daarnaast werkt een warmtepomp het meest optimaal wanneer deze continu kan draaien en is de technologie minder geschikt om in een korte tijdspanne een grote hoeveelheid water te verwarmen. Daarom worden warmtepompen die nu al toegepast worden in woningen gecombineerd met een boilervat van circa 150 liter om warm tapwater voor één dag op te slaan.

Door een warmtepomp te combineren met warmteopslag voor niet alleen warm tapwater maar ook ruimteverwarming kan de warmtepomp (nog) kleiner uitgevoerd worden, kan deze meer draaiuren maken en hoeft het elektriciteitsnet dus minder verzwaard te worden.

Een ander belangrijk aspect, dat meegenomen moet worden, is dat ook aan de bronzijde veel gaat veranderen. Nu is elektriciteit altijd beschikbaar, omdat kolen- en gascentrales het gehele jaar door kunnen leveren op basis van de vraag. Maar in de toekomst is het aanbod van zonne-energie en windenergie veel minder constant en ook deels seizoen afhankelijk.

Het vierde voordeel dat een warmtepomp in combinatie met warmteopslag biedt, is de mogelijkheid voor vraagsturing. Wanneer de elektriciteitsprijs laag is of er overschotten zijn van (zelf) opgewekte hernieuwbare elektriciteit kan de warmteopslag gevuld worden voor gebruik op een later moment. Op momenten dat er een piek is in de elektriciteitsvraag wordt (ook) warmte vanuit de warmteopslag geleverd. Opslag is dus noodzakelijk om de elektriciteit, die een warmtepomp gebruikt, CO₂ neutraal op te kunnen wekken.

De ontwikkelingen op het gebied van warmteopslag staan niet stil. Om warmteopslag in woningen in combinatie met warmtepompen toe te kunnen passen moet echter nog wel een grote sprong gemaakt worden. Voor een waterbuffer is er simpelweg geen ruimte en compacte technieken, die breed toepasbaar zijn in woningen, zijn nog niet marktrijp.

Bij een collectieve oplossing voor een gebouw of bij een warmtenet kan met de huidige stand van de techniek wel al warmte opgeslagen worden. Grote buffervaten boven of ondergronds gevuld met warm water kunnen als warmtebatterij dienen. Bij warmtenetten wordt deze techniek al toegepast, zo ook bij de Diemer Centrale. Er worden ook nieuwe compactere warmtedragers dan water uitgetest en ontwikkeld, zoals phase change materials (PCM's) en thermochemische warmtebatterijen.

3.4 Duurzaamheid van de warmteopties

Het onderzoeksbeeld heeft de aardgasvrije warmteopties per buurt bepaald op basis van laagste maatschappelijke kosten. Vervolgens is het belangrijk om te toetsen of deze warmteopties ook daadwerkelijk leiden tot een CO₂-neutrale eindsituatie.

Bij de keuze voor een warmteoptie is het van belang dat deze op korte termijn CO₂ bespaart en dat deze op lange termijn de hoogste kans geeft op een CO₂-neutrale energievoorziening. Bij de keuze voor een warmteoptie spelen daarom twee aspecten een belangrijke rol: de efficiëntie van de warmteoptie en de mogelijkheid om de energiebron te verduurzamen. Op basis van inzicht in deze twee aspecten kunnen we toetsen of het onderzoeksbeeld daadwerkelijk leidt tot een CO₂-neutrale warmtevoorziening.

3.4.1 De efficiëntie van de warmteoptie

Hernieuwbare energie is schaars, daarom is het belangrijk deze zo efficiënt mogelijk in te zetten. Hoe efficiënter de warmteoptie is, hoe minder energie er nodig is en dus hoe minder duurzame bronnen er nodig zijn. De efficiëntie van een warmteoptie heeft zowel invloed op de CO₂-uitstoot op de korte termijn als op de langere termijn. De volgende onderdelen uit de warmteketen hebben invloed op de efficiëntie van de oplossing:

- **De energievraag van de gebouwen.** Hoe lager de vraag, hoe efficiënter de oplossing. Er is echter een verschil tussen het energetische optimum (hoeveel van de energievraag kan maximaal bespaard worden) en het economische optimum (bij welke mate van energiebesparing wegen de kosten die de gebouweigenaar maakt, op tegen de opbrengsten voor de eigenaar of huurder). Het optimum verschilt per bouwjaar, woningtype en het moment waarop het gebouw is of wordt verbeterd⁸.
- **Het temperatuurniveau** waarmee het gebouw comfortabel verwarmd kan worden. Hoe lager de temperatuur, hoe efficiënter de oplossing. Ook hier is een verschil tussen het energetische optimum en het economische optimum. Het optimum verschilt ook hier per bouwjaar, woningtype en het moment waarop het gebouw is of wordt verbeterd⁹.
- **De verliezen van energie**, waaronder de energie die nodig is tijdens transport. Bij transport van warmte, elektriciteit en gas gaat er energie verloren en kan aanvullende energie nodig zijn. Bijvoorbeeld in de vorm van transportpompen.
- **De efficiëntie van de opwek** van warmte en de hoeveelheid energie in de vorm van gas, elektriciteit of andere energiedragers (afval of biomassa), die daarbij nodig zijn.

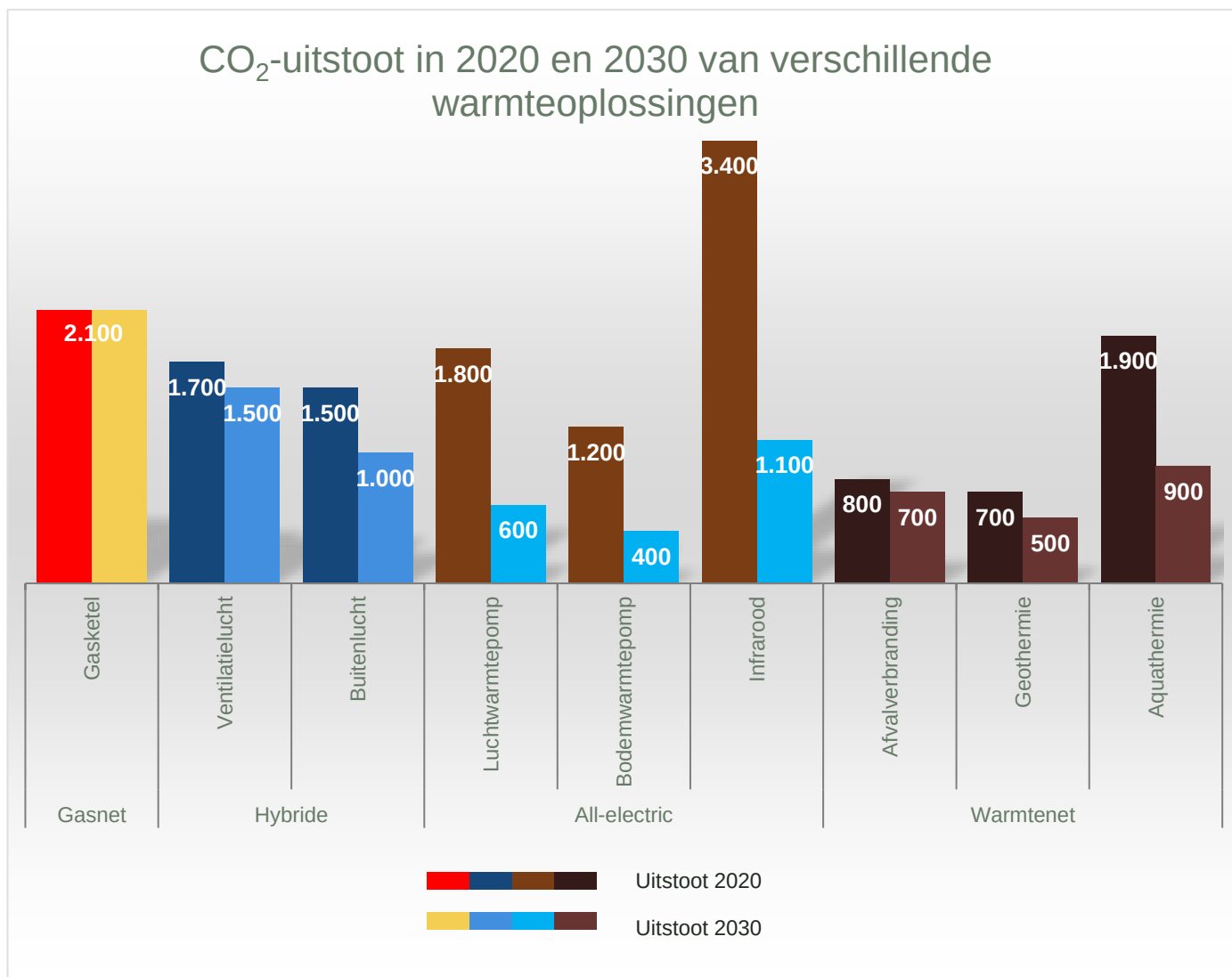
In figuur 4 is de CO₂-uitstoot van een gasketel vergeleken met de CO₂-uitstoot van individuele warmteopties (all-electric) en collectieve oplossingen (midentemperatuur warmtenet), op basis van landelijke kentallen van verschillende warmtebronnen¹⁰. De CO₂-uitstoot van deze warmteopties is uitgedrukt in de hoeveelheid CO₂ die jaarlijks wordt uitgestoten om een woning te voorzien van ruimteverwarming en warm tapwater. Hierbij zijn een aantal uitgangspunten¹¹ aangenomen voor een gemiddelde rijwoning met basisniveau isolatie. De vergelijking is gemaakt voor 2020 en 2030. Tussen 2020 en 2030 is aangenomen dat de CO₂-uitstootfactor van elektriciteit met circa 65% daalt, in lijn met berekeningen van het PBL. De uitstootfactor voor (aard)gas is gelijk gehouden.

⁸ De meeste bestaande woningen, gebouwd voor 1990, hebben een warmtevraag voor ruimteverwarming van circa 95 kWh/m². Het economisch optimum ligt voor de meeste van deze woningen ergens tussen de 65-80 kWh/m². De meeste bestaande woningen, gebouwd na 1990, hebben een gemiddelde warmtevraag voor ruimteverwarming van 45 kWh/m². Bij zeer goed geïsoleerde nieuwbouwwoningen is een gemiddelde warmtevraag voor ruimteverwarming van 25 kWh/m² haalbaar.

⁹ De meeste bestaande woningen en gebouwen, gebouwd voor 1990, hebben op de koudste dagen een temperatuur nodig van 80-90 °C om comfortabel warm te worden. Het economisch optimum ligt voor de meeste van deze woningen op 70°C of lager. De meeste bestaande woningen, gebouwd na 1990, kunnen al verwarmd worden met 70°C of lager. Om met 40°C verwarmd te kunnen worden moeten in de meeste gevallen alle radiatoren vervangen worden. Bij nieuwbouwwoningen is een temperatuur van 40°C de standaard.

¹⁰ Om de systeemefficiëntie van de verschillende verwarmingstechnieken met elkaar te kunnen vergelijken zijn deze omgerekend naar de CO₂-uitstoot per woning (106 m² GBO) per jaar voor ruimteverwarming (62 kWh/m²) en warm tapwater (2.350 kWh_{th}). Voor de uitstoot van aardgas is aangenomen 1,89 kg per m³, voor elektriciteit 0,475 kg per kWh (<https://www.co2emissiefactoren.nl/>).

Rendementen: Gasketel 87%, transportverlies warmtenet 20%; SCOP's: hybride-ventilatie 4, hybride-buitenlucht 3,8, luchtwarmtepomp 2,6, bodemwarmtepomp 3,6, aquathermie 3,2; Aandeel (aard)gas: hybride-ventilatie 62%, hybride-buitenlucht 35%, warmtenet 20% voor piekvoorziening; elektriciteitsgebruik pompenergie warmtenet: 6 kWh per GJ, plus 5% van warmteopwek voor geothermie.



Figuur 4: Huidige CO₂-uitstoot van verschillende warmteopties voor een gemiddelde rijwoning met een warmtevraag van 62 kWh/m²

Uit de grafiek kan worden afgeleid dat met uitzondering van infraroodpanelen alle aardgasvrije warmteopties met de technieken van vandaag al leiden tot minder CO₂-uitstoot ten opzichte van de huidige gasketel. Op basis van het onderzoeksbeeld kunnen we dan concluderen dat alle warmteopties, zowel gasnet hybride, all electric als een middentemperatuur warmtenet al leiden tot CO₂-besparing, zelfs met de huidige niet-duurzame elektriciteitsmix. Als we naar 2030 kijken, wanneer CO₂-uitstoot van elektriciteit flink zal dalen, zien we dat het gat van alle alternatieve opties nog een stuk groter wordt. In 2030 zullen alternatieven dan tussen de 25% en 75% minder CO₂-uitstoot hebben dan een gasketel. Dit gat zal na 2030 nog groter worden, omdat de CO₂-uitstoot van elektriciteit naar verwachting nog verder zal dalen. In bijlage C zijn de doorgerkende warmteopties en bronnen nader toegelicht.

3.4.2 De mogelijkheid om de energiebron te verduurzamen

Een tweede en zeer belangrijk aspect bij de keuze voor een warmteoptie is dat deze op termijn kan worden gevoed met duurzame energiebronnen, waardoor gedurende de warmtetransitie de CO₂-uitstoot verder kan dalen en de afhankelijkheid van fossiele bronstoffen afneemt. Het einddoel is immers niet alleen aardgasvrij, maar ook CO₂-neutraal. We maken daarbij onderscheid tussen gas, elektriciteit en warmte.

Als voorbeeld: we zien in figuur 4 dat een middentemperatuurwarmtenet met als warmtebron hoogtemperatuur restwarmte op dit moment minder CO₂ uitstoot dan een middentemperatuur warmtenet met als warmtebron aquathermie of datacenterwarmte. Dit komt door het feit dat bij deze laatste bronnen aanvullend warmtepompen nodig zijn om de gewenste temperatuur van 70°C aan het net te kunnen leveren. De warmtepompen gebruiken hiervoor elektriciteit uit het net. De huidige mix van de elektriciteit wordt in Nederland nu nog grotendeels fossiel

opgewekt. In de toekomst zal de elektriciteit verder vergroenen en neemt daarmee de CO₂-uitstoot van deze warmtebronnen dus af. Ook voor hoogtemperatuur restwarmte geldt dat de CO₂-uitstoot in de toekomst zal afnemen door nieuwe bronnen als geothermie, de vergroening van de elektriciteitsmix, door efficiëntere installaties en mogelijk het afvangen en opslaan van CO₂ bij de afvalenergiecentrale. Per energiedrager (warmte, elektriciteit en gas) kunnen we nu de volgende conclusies trekken over de duurzaamheid op de lange termijn.

3.4.2.1 Verduurzaming warmte

We hebben gezien dat er in de Drechtsteden een breed aanbod is van mogelijke warmtebronnen, die wel per gemeente verschillen. Alle bronnen leiden nu al tot CO₂-besparing en er zijn voldoende warmtebronnen om de toekomstige warmtenetten mee te voeden. Aangezien een warmtenet een systeem is waarin de warmte circuleert tussen de warmtebron en de warmteafnemer hebben warmtebronnen per definitie een lokaal karakter. Om de toekomstige warmtebronnen te ontsluiten en om de schaal te maken die nodig is voor de ontwikkeling van de bronnen is het belangrijk dat warmtenetten snel enige omvang bereiken en ook blijven doorgroeien. De koppeling van decentrale netten kan op termijn voordelen opleveren zoals het ontsluiten van nieuwe warmtebronnen en het creëren van schaalvoordelen in piek-, buffering- en back-upvoorzieningen. In een ideale situatie ontsluit een warmtenet zo veel mogelijk duurzame bronnen en kan het op de koudste dagen 70°C leveren met een zo laag mogelijke retourtemperatuur.

3.4.2.2 Verduurzaming elektriciteit

Voor het opwekken van warmte met (hybride) warmtepompen in woningen, of om gebouwen en buurten te verwarmen met een warmtenet, zal de vraag naar elektriciteit stijgen. Om een blijvende afhankelijkheid van fossiele energie te voorkomen is het belangrijk dat deze elektriciteit uiterlijk in 2050 duurzaam opgewekt kan worden. In hoeverre dit mogelijk is hangt af van twee factoren:

- De mogelijkheid om deze elektriciteit duurzaam op te wekken
- De impact van de warmteoplossing op het elektriciteitsnet

Voor het opwekken van de hoeveelheid duurzame elektriciteit die nodig is voor de toekomstige warmtevraag in de Drechtsteden is onvoldoende ruimte in een dichtbebouwde regio als de Drechtsteden. De warmtevraag, en dus ook de elektriciteitsvraag voor verwarmen, kenmerkt zich door een grote piek in het zogenaamde 'stookseizoen', wanneer mensen hun woning verwarmen. De elektriciteit die wordt opgewekt met zonnepanelen in de regio is in de wintermaanden relatief laag en daarom in mindere mate beschikbaar voor het produceren van warmte in het stookseizoen. Uit de concept RES Drechtsteden¹² blijkt dat de potentie voor windenergie, waarmee wel in het stookseizoen elektriciteit kan worden geleverd, beperkt is. Van de huidige elektriciteitsvraag van 4,5 PJ kan in de toekomst wellicht 0,66 tot 0,84 PJ worden verduurzaamd binnen de regio.

Het merendeel van de duurzame elektriciteit die nodig is voor het duurzaam verwarmen van de Drechtsteden zal dus van buiten de regiogrenzen moeten komen. Het verduurzamen van de elektriciteitsvraag voor een aardgasvrije en duurzame verwarming is daarmee een opgave waar de Drechtsteden zelf in mindere mate invloed op heeft. Voor de transitievisie warmte is daarom aangenomen dat er voldoende elektriciteit buiten de regio duurzaam kan worden opgewekt en aangevoerd.

Naast de opwek is het belangrijk om te kijken naar de invloed van verschillende warmteopties op het elektriciteitsnet. Een grotere impact op het elektriciteitsnet creëert meer afhankelijkheid van fossiele energie voor het opvangen van de pieken, aangezien er juist op de piekmomenten relatief weinig aanbod is van zon- en windenergie. Een grotere afhankelijkheid van elektriciteit heeft tevens een nadelig effect op de snelheid waarmee we de transitie kunnen realiseren, omdat de transportcapaciteit van het net op veel plekken niet is afgestemd op een groeiende vraag naar elektriciteit en netverzwaring dus tempobepalend kan zijn. De impact op het elektriciteitsnet van een warmtenet is aanzienlijk lager dan die van all-electric, omdat je bij een warmtenet niet tot in de haarvaten van het net (extra) hoeft te verzwaren. In de context van duurzaamheid op de lange termijn kan de CO₂-uitstoot bij een warmtenet met een mix van diverse duurzame bronnen daarom sneller dalen dan bij all electric. Bij all-electric is er vanwege de hoge elektriciteitsvraag op piekmomenten immers een grotere kans op een blijvende afhankelijkheid van fossiele bronnen.

¹² Zie <https://drechtstedenenergie.nl/res/index.html> voor de RES Drechtsteden

3.4.2.3 Verduurzaming gas

Uit het onderzoeksbeeld volgt dat er in de gebouwde omgeving ook op de langere termijn vraag zal blijven naar gas voor verwarming. Of de binnensteden, historische linten en kleine kernen binnen de doelstelling van 2050 daadwerkelijk aardgasvrij worden, hangt af van de mate waarin duurzaam gas beschikbaar komt voor de gebouwde omgeving en van technologische innovaties waardoor andere infrastructuren toch haalbaar en betaalbaar worden in deze delen van de regio. Deze twee ontwikkelingen moeten bij iedere herijking van de transitievisie warmte opnieuw worden beoordeeld om de verduurzamingsstrategie van de binnenstad daarop aan te passen. Eerder bleek dat we nog een gasvraag houden van ca. 13% van het huidige gebruik in de gebouwde omgeving van de Drechtsteden. Met de kennis van nu over de toekomstige beschikbaarheid van duurzaam gas kunnen we die gasvraag op termijn invullen met groen gas of waterstof.

3.5 Conclusie warmteopties, bronnen en duurzaamheid

Ten aanzien van het onderzoeksbeeld kunnen we nu een aantal conclusies trekken:

1. Zoveel mogelijk woningen en gebouwen benutten tussen nu en 2050 natuurlijke momenten om uiteindelijk een basisniveau te bereiken qua isolatie, installatie en ventilatie waarmee een woning of gebouw transitiegereed is voor verschillende warmteopties.
2. Alle warmteopties in het onderzoeksbeeld leveren op korte termijn al CO₂-besparing op, ook met de huidige niet-duurzame elektriciteitsmix.
3. Ten aanzien van all-electric zien we wat betreft efficiëntie een grote variatie in de oplossingen. Voor CO₂-besparing op de korte termijn is het belangrijk om de meest efficiënte variant te kiezen, namelijk warmtepompen, en bij voorkeur water/water-warmtepompen. All-electric heeft vanwege de hoge piekbelasting een grotere impact op het elektriciteitsnet en is daarom in de tijd afhankelijk van de uitbreiding van de capaciteit op het elektriciteitsnet en kan zorgen voor de inzet van fossiele energie op momenten dat er te weinig aanbod is van duurzame elektriciteit.
4. Ten aanzien van het gasnet is het de verwachting dat er op lange termijn onvoldoende duurzaam gas beschikbaar is om het hele bestaande gasnet te verduurzamen. Het is noodzakelijk om in zoveel mogelijk buurten te kiezen voor een gasvrije warmteoptie en het gasgebruik sterk te reduceren in de buurten waar het gasnet wel blijft liggen. Op basis van de huidige inzichten kunnen we de resterende gasvraag in de Drechtsteden vervolgens duurzaam invullen.
5. Warmtenetten hebben op de lange termijn de kleinste kans op een blijvende afhankelijkheid van fossiele energiebronnen door de beperkte afhankelijkheid van elektriciteit en gas en omdat er voldoende perspectief is op lokale, duurzame warmtebronnen in de Drechtsteden. Voor verduurzaming van de piek- en back-upvoorzieningen is er voldoende perspectief op duurzaam gas. Wegens het stedelijke karakter van de Drechtsteden zal het warmtenet een belangrijke rol spelen in de warmtetransitie in deze regio.

4 Bijlage D: Begrippenlijst

Aardgasvrij	Niet aangesloten op de fossiele brandstof aardgas. Dit betekent niet altijd gasloos, er kan hernieuwbaar gas worden toegepast.
Afleverzet	Bij een warmtenet wordt er gebruik gemaakt van een afleverzet in de woning. De afleverzet bevindt zich in de meterkast, berging of andere technische ruimte en zorgt ervoor dat de warmte van ons warmtenet de verwarmingsinstallatie van de woning bereikt.
All-electric	Warmteoptie waarbij een gebouw alleen aangesloten is op het elektriciteitsnet en verwarmen en koken gebeurt met gebruik van elektriciteit (vaak een warmtepomp).
Aquathermie	Thermische energie uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater dat kan worden gebruikt als bron voor een warmtenet of lokaal bronnet.
(CBS) Buurt	Onderdeel van een gemeente, dat op basis van historische dan wel stedenbouwkundige kenmerken homogeen is afgebakend. Amsterdam kent 481 CBS-buurt.
Energiearmoede	10% van de huishoudens in Nederland heeft een te hoge energierekening ten opzichte van hun inkomen. Zij hebben moeite met het betalen van de energierekening.
Geothermie	Warmte afkomstig uit de aarde (aardwarmte) die ingezet kan worden als bron voor warmtenetten.
Hernieuwbaar gas	Gas dat afkomstig is uit een hernieuwbare bron en/of is geproduceerd met duurzame energie, zoals biogas en groene waterstof.
Hoge temperatuur verwarming	Verwarmingssysteem waarbij een gebouw met 70°C of hoger wordt verwarmd en voorzien van warm tapwater.
Hybride warmteoplossing	Warmtelevering met elektrische oplossing, vaak een warmtepomp, in combinatie met een HR-ketel op gas
Lage temperatuur verwarming	Verwarmingssysteem waarbij een gebouw met een temperatuur van 55°C of lager verwarmd wordt. Tapwater wordt separaat verwarmd.
Laagste maatschappelijke kosten	De laagste totale kosten voor de gehele keten en al haar gebruikers, dus zowel kosten voor aanpassingen aan gebouwen, kosten voor de infrastructuur en kosten voor de bron en levering van energie, die nodig zijn voor een aardgasvrije gebouwde omgeving. Daarbij worden niet alleen de investeringen, maar ook onderhoud en operationele kosten meegenomen, dus inclusief de energierekening van de eindgebruiker, gedurende een periode van 30 jaar. De kosten per verminderd ton CO ₂ zijn naast deze maatschappelijke kosten tevens afhankelijk van de kosten voor verduurzaming van bronnen.
Lokale bronnetten	Lokale kleinschalige (collectieve) warmtevoorziening in de vorm van een zeer lage temperatuur bronnet in combinatie met een warmtepomp in het gebouw. Een bekende vorm is de Warmte-Koudeopslag (WKO).
Middentemperatuur verwarming	Verwarmingssysteem waarbij een gebouw met een temperatuur van 55 °C tot 70 °C wordt verwarmd en voorzien van warm tapwater.
Onderzoeksbeeld	Het onderzoeksbeeld geeft weer welke warmteoptie in welke buurt de laagste maatschappelijke kosten heeft. Aan het onderzoeksbeeld liggen verschillende modelstudies ten grondslag.
Omgevingswet	De Omgevingswet gaat op 1 januari 2022 in werking en staat voor een goede balans tussen het benutten en beschermen van de fysieke leefomgeving. Ook biedt de Omgevingswet gemeenten de mogelijkheid om met overzichtelijkere regels de leefomgeving meer in samenhang in te richten. Het biedt daarnaast meer ruimte voor lokaal maatwerk en leidt tot een betere en snellere besluitvorming.
Opt-out	Het verschijnsel waarbij eigenaren niet kiezen voor de overwegende warmteoptie in de buurt.
Perspectiefkaart	De perspectiefkaart is een visuele weergave van de uitkomsten in de Transitievisie Warmte. In deze kaart is voor elke wijk zowel een

	oplossingsrichting richting aardgasvrij als een (grofmazige) tijdsaanduiding opgenomen.
Regionale Energiestrategie (RES)	In de RES onderzoeken 30 Nederlandse energieregio's hun vraag naar warmte en elektriciteit en geven ze aan hoeveel duurzame warmte en elektriciteit op eigen grondgebied kan worden gerealiseerd.
Restwarmte	Warmte die vrijkomt bij industriële processen en gebruikt wordt als bron voor warmtenetten.
Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH)	De Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH) is bedoeld voor verhuurders die de overstap willen maken van aardgas naar een lokaal of regionaal warmtenet. De regeling biedt een tegemoetkoming in de kosten die binnen en buiten de woning gemaakt moeten worden voor de aansluiting op een andere warmtebron.
Transitievisie Warmte (TVW)	Document op gemeenteniveau waarin het tijdpad wordt bepaald waarin buurten aardgasvrij worden en met welke warmteoptie.
Transitiepad	In een transitiepad schetsen we per wijk de route om tot een warmteoptie te komen. Die route bevat zowel een fasering als tussenstappen. Het transitiepad beschrijft ook wat voor soort aanpak erbij hoort, zoals een wijkgerichte aanpak of een doelgroepgerichte aanpak.
Warmtenet	Infrastructuur die warm water via een leidingnetwerk onder de grond levert aan gebouwen voor ruimteverwarming en eventueel warm tapwater. Dit wordt ook wel stadsverwarming of stadswarmte genoemd. Warmtenetten kunnen verschillende aanvoertemperaturen hebben (zie lage, midden en hoge temperatuur verwarming).
Warmteoptie	De beoogde infrastructuur voor warmtelevering zonder aardgas per buurt
Warmtepomp	Een warmtepomp onttrekt warmte aan een bron, vaak buitenlucht of grondwater, verhoogt de temperatuur en staat die hogere temperatuur weer af aan een ruimte.
Wet Collectieve Warmtevoorziening (WCW)	Gemeenten krijgen meer sturingsmogelijkheden om in het kader van de wijkgerichte aanpak de aanleg en exploitatie van de collectieve warmtesystemen te bevorderen en worden tevens voorzien in instrumenten om publieke belangen beter te waarborgen. Collectieve warmtelevering kan uitsluitend plaatsvinden nadat een gemeente hiervoor voorzien heeft middels een aanwijzing of ontheffing.
Woningequivalent (WEQ)	Een woningequivalent is een inschatting van de hoeveelheid warmte-energie die nodig is om een gemiddelde Nederlandse woning van ruimteverwarming en warm water te voorzien.