

EnergieTransitie
Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

www.tno.nl

T +31 88 866 50 10

TNO-rapport

TNO 2022 P10063

Financiering Warmtenetten

Datum 17 januari 2022

Auteur(s) Jorrit Bakker
Jacob Janssen
Marijke Menkveld
Sebastiaan Hers
Renee Kooger
Annelies Huygen
Arjan Zwamborn
Casper Tigchelaar

Projectnaam Financiering warmtenetten
Projectnummer 060.47791/01.06

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Beleidsamenvatting

Het doel van dit onderzoek is het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat een overzicht te bieden van mogelijke beleidsinstrumenten inclusief de wijze waarop de overheid hiermee de ontwikkeling van warmtenetten als alternatief voor de huidige warmtevoorziening op aardgas financieel kan ondersteunen.

Eerst is een analysekader gemaakt dat de businesscase van warmtenetten beschrijft zodat duidelijk is uit welke componenten die bestaat en hoe verschillende beleidsinstrumenten daarop aangrijpen. De onrendabele top van warmtenetten is berekend met het template businesscase warmtenetten van ECW in combinatie met data uit de Startanalyse aardgasvrije buurten van PBL Met verschillende warmtebedrijven zijn interviews gehouden om te onderzoeken hoe zij tot investeringsbeslissingen komen, welke factoren hierin meespelen en hoe beleidsinstrumenten een bijdrage kunnen leveren aan het vergroten van hun investeringsbereidheid. Ook is op basis van bestaand onderzoek gekeken naar samenhang met het draagvlak onder bewoners voor aansluiting op een warmtenet en hoe beleidsinstrumenten ook innovatie kunnen stimuleren.

Bevindingen

Ontwikkeling van warmtenetten

De ontwikkeling van warmtenetten vindt op 2 manieren plaats:

- 1 De ontwikkeling van midden-temperatuur warmtenetten als uitbreiding van bestaande netten in (middel)grote steden. Hierbij richt men zich met name op het grootschalig aansluiten van bestaande gebouwen via de aardgasvrije wijkaanpak. Deze netten worden met name aangelegd door de bestaande exploitanten van de warmtenetten en grotere energiebedrijven.
- 2 De ontwikkeling van lage-temperatuur warmtenetten. Deze worden met name nieuw aangelegd bij nieuwbouwprojecten en zijn vaak kleiner van schaal. Aangrenzende delen van de bestaande bouw worden hier waar mogelijk in meegenomen. Bij dit type ontwikkeling wordt integratie met elektriciteit en koeling vaker toegepast. Deze ontwikkeling wordt gedreven door relatief nieuwe spelers op de markt die buiten de grotere steden opereren.

Beleidsinstrumenten

- De beleidsinstrumenten in dit onderzoek richten zich op de businesscase voor de infrastructuur van warmtenetten. Dit betekent dat de onrendabele top van de bron, in pandige kosten en het proces niet zijn meegenomen. Deze instrumenten dienen zowel qua vorm als qua procedure in samenhang worden ontwikkeld met de regelingen die zich richten op de businesscase voor de bron en in pandige kosten. Aparte, niet-afgestemde regelingen voor deze onderdelen leidt in potentie tot grotere risico's dat een warmtenet niet wordt aangelegd als één van de regelingen niet wordt toegekend.
- De volgende instrumenten bieden een mogelijkheid om de ontwikkeling van de infrastructuur van warmtenetten (financieel) te ondersteunen:
 - Subsidies
 - Financieringsinstrumenten zoals leningen
 - Risico-mitigerende instrumenten zoals een garantiefonds
 - Afsluitbevoegdheid

- Instrumenten die risico's in de businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet afdekken zoals subsidies en garantieregelingen zijn voor beide type ontwikkelingen interessant. Ze verlagen op een directe manier de onrendabele top van de aanleg van de infrastructuur van warmtenetten.
- Instrumenten gericht op het verlagen van de financieringslasten van een specifiek project zijn vooral interessant voor de ontwikkeling door kleinere warmtebedrijven. De grote warmtebedrijven werken met concernfinanciering hebben geen moeite met het aantrekken van kapitaal tegen gunstige voorwaarden. Kleinere warmtebedrijven werken meer met projectfinanciering en voor hen zijn lagere, projectgebonden financieringslasten wel interessant.
- De afsluitbevoegdheid wordt door de geïnterviewde warmtebedrijven met name als effectief gezien voor het reduceren van de onrendabele top van de grootschalige aansluiting van bestaande bouw waar draagvlak vaak lastiger te organiseren is. Bij nieuwe kleinschalige warmtenetten wordt de afsluitbevoegdheid voor aangrenzende bestaande bouw als minder essentieel gezien en mogelijk schadelijk voor draagvlak als het wordt gezien als dwang.
- Voor een eventuele onrendabele top van de bron van warmtenetten bestaat de SDE++-regeling. Vanaf 2023 zullen hierin hekjes geplaatst worden zodat duurzame warmtebronnen meer kans maken op subsidie. Voor een deel van de eventuele extra kosten in het gebouw na de afleverset bestaat de ISDE-regeling, al dekt deze niet alle mogelijke kosten. Voor de aanleg van de infrastructuur van het warmtenet bestaat nog geen specifiek beleidsinstrument, wel algemene instrumenten zoals de EIA. Wel is dit jaar een aanvraag bij het Nationaal Groeifonds gedaan door het consortium NieuweWarmteNu! welke hierin hoopt te gaan voorzien voor 32 projecten; 29 in de gebouwde omgeving en 3 in de glastuinbouw.

Onrendabele toppen van infrastructuur

- Op basis van de bestaande modellen en data kunnen alleen berekeningen uitgevoerd worden voor de onrendabele top van de infrastructuur van midden-temperatuur warmtenetten. Voor lage-temperatuur warmtenetten ontbreken op dit moment nog een goed model en een goede database met kostenkennallen.
- De onrendabele top is alleen berekend over de aan te leggen infrastructuur. Eventuele onrendabele toppen voor de ontwikkeling van de bron, in pandige kosten na de afleverset en kosten voor een participatieproces zijn niet meegenomen in de berekening. Dit zijn wel belangrijke factoren in het al dan niet tot stand komen van een warmtenet. Beleidsinstrumenten gericht op de infrastructuur vragen afstemming en samenhang met beleid gericht op deze factoren om warmtenetten tot stand te brengen.
- Op basis van de Startanalyse van het PBL zijn er 1.725 buurten in Nederland waar een strategie met een nieuw aan te leggen midden-temperatuur warmtenet leidt tot de laagste nationale kosten. Totaal kent Nederland ruim 13.000 buurten. Voor ongeveer 13% daarvan is een nieuw aan te leggen midden-temperatuur warmtenet dus de strategie met de laagste nationale meerkosten.
- De 1.725 buurten tellen in totaal ruime 2,1 miljoen aansluitingen, waarvan ongeveer 1,9 miljoen woningen. De overige 0,2 miljoen aansluitingen zijn utiliteitsgebouwen. In totaal gaat het om 2,2 miljoen woningequivalenten.
- Op basis van de gegevens van de Startanalyse en de defaultwaarden van het Template businesscase warmtenetten van het ECW is in circa 1.000 van de 1.725 buurten de businesscase van de infrastructuur van een warmtenet positief, dat wil zeggen dat er geen bijdrage aansluitkosten hoeft te worden

gevraagd van afnemers. Dit betekent niet dat de businesscase voor het hele warmtenet positief is: de eventuele onrendabele top voor ontwikkeling van de bron, inpandige kosten na de afleverset en kosten voor een participatieproces zijn niet meegenomen in deze berekening.

- De buurten met een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet, zijn voornamelijk geconcentreerd in (middel)grote steden of rondom de Rotterdamse haven. Deze buurten bestaan met name uit meergezinswoningen en kennen een hoge dichtheid van aansluitingen vergeleken met andere buurten. Daarbij hebben buurten met lagere nationale meerkosten per woningequivalent ook een lagere onrendabele top per woningequivalent.
- Uit recente studies van het EIB en Rebel blijkt dat de kosten voor de bestaande bouw in de praktijk vaak tegenvallen ten opzichte van de kentallen in de startanalyse en template businesscase warmtenetten. De berekende uitkomsten lijken daarmee een ideaal scenario weer te geven.
- Voor midden-temperatuur warmtenetten heeft dit onderzoek kwantitatief inzicht kunnen geven in de onrendabele toppen van warmtenetten. Voor lage-temperatuur was dat op dit moment niet mogelijk. De verwachting is dat ook voor lage-temperatuur warmtenetten financiële ondersteuning noodzakelijk is. Hoogstwaarschijnlijk werken dezelfde principes ook voor dit type warmtenetten, al zal de hoogte van de onrendabele top mogelijk anders zijn dan voor de midden-temperatuurwarmtenetten. De focus zal waarschijnlijk meer op de kosten voor aanpassingen van het gebouw liggen.

Gevoeligheidsanalyse en effecten beleidsinstrumenten

- Er zijn verschillende beleidsinstrumenten waarmee de overheid investeringen in warmtenetten in de bestaande bouw kan stimuleren. Dat kan een subsidie op de investering of de warmtelevering aan het warmtebedrijf of de afnemer zijn of een investeringsfonds, garantieregeling of achtergestelde lening. Tot slot kan ook een afsluitbevoegdheid voor gemeenten helpen om in de bestaande bouw tot een rendabele businesscase te komen door de risico's te verlagen en meer afzet te creëren.
- De gevoeligheidsanalyse laat zien dat variaties in de investeringskosten, aansluitingen, warmteverkoop prijs en rendement grote gevolgen hebben voor het aantal buurten dat een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet heeft. Zo daalt het aantal buurten met een positieve businesscase met 62% als het aantal gerealiseerde aansluitingen met 20% daalt. Een stijging van de investeringskosten met 20%, een daling van de warmteverkoop prijs met 20% of een verhoging van het rendement met 2% leiden allemaal tot een daling van het aantal buurten met een positieve businesscase van rond de 40%. Een combinatiescenario met hogere investeringskosten, lagere warmteprijs en hoger rendement zorgt ervoor dat geen enkele buurt meer een positieve businesscase laat zien.
- Overheidsbeleid om investeringen in warmtenetten in de bestaande bouw te stimuleren zouden zich op basis van deze berekeningen met name moeten richten op het financieel aantrekkelijk maken van warmte zodat zoveel mogelijk aansluitingen gerealiseerd worden. Daarnaast moet vooral gekeken worden naar kostenverhogende elementen in de specifieke businesscase. Door de grote variatie hebben generieke instrumenten een lage efficiëntie. Specifieke elementen kunnen bijvoorbeeld kruisingen van wegen, spoorlijnen of waterwegen of de toepassing van innovaties zoals systeemintegratie zijn. Ook risico's en tegenvallers kunnen een belangrijk aangrijpingspunt voor beleid zijn.

Innovatie

- Lagere financieringslasten zorgen via een lagere discontovoet dat latere kosten en baten meer meetellen in de businesscase. Hierdoor worden investeringen die vooral op lange termijn gunstig zijn aantrekkelijker. Dit stimuleert innovatie van duurzame technieken met een langere terugverdientijd.
- Een toename in hernieuwbare elektriciteitsproductie en een vaker voorkomende onbalans op het elektriciteitsnetwerk gecombineerd met een toenemende vraag naar koeling, zorgt ervoor dat geïntegreerde energiesystemen een steeds aantrekkelijker alternatief zullen worden. Hierbij worden warmte- en koudelevering gecombineerd en wordt de productie daarvan gerealiseerd met duurzame warmte en hernieuwbare elektriciteit. Een geïntegreerd systeem zal optimaliseren tussen het gebruik en het beschikbare aanbod van warmte, koude en elektriciteit en de mogelijkheden en aantrekkelijkheid van isolatie. Dit kan op dit moment vooral worden toegepast op kleine schaal en van daaruit verder groeien.

Aanbevelingen

- Er bestaat nog veel onzekerheid over de exacte hoogte van kosten en risico's van het aanleggen van warmtenetten. De analyse laat zien dat variaties in investeringskosten, aansluitingen, warmteverkoop prijs en rendement grote impact kunnen hebben. Bij het kiezen en vormgeven van een beleidsinstrument is het daarom belangrijk dat de overheid een goede onderbouwing kan geven voor de hoogte van de ondersteuning. Voor alle instrumenten geldt dat transparantie over kosten en risico's door de aanvragende partij een harde voorwaarde moet zijn voor toekenning, omdat daarmee ook meer inzicht wordt verkregen in de kosten in de praktijk.
- De grote verschillen in lokale situaties en grote spreiding in de hoogte van de onrendabele top van investeringen in warmtenetten in de bestaande bouw zorgt ervoor dat een generieke regeling tot grotere inefficiënties leidt. Bij het vormgeven van een regeling gericht op het stimuleren van warmtenetten kan een project gebaseerde tendersystematiek helpen om de toedeling van middelen zo effectief en efficiënt mogelijk te laten verlopen. Hierdoor kunnen de projecten met lage nationale meerkosten per woningequivalent en een lagere onrendabele top per woningequivalent eerst worden aangepakt. In een dergelijke tendersystematiek dienen ook andere zaken zoals beschikbaarheid van duurzame bronnen, robuustheid van de keuze voor een warmtenet en vergunningen van warmtebronnen, draagvlak en verdelingsvraagstukken meegenomen te worden.
- Veel van de in te zetten instrumenten worden direct of indirect gebruikt om de risico's van de aanleg van warmtenetten af te dekken. Deze kunnen via het projectrendement ook grote invloed op de onrendabele top hebben. Het is bij de vormgeving van alle instrumenten belangrijk om duidelijke afspraken te maken over de verdeling van risico's tussen overheden, warmtebedrijven en afnemers.
- Gezien de verschillende typen ontwikkeling van warmtenetten, zoals hierboven beschreven, is het aan te raden om een regeling te maken die voor beide typen kan worden ingezet. Deze dienen in samenhang met regelingen voor de bron, inpandige kosten en proceskosten te worden gemaakt.
- Zowel de grootschalige uitrol van midden-temperatuur warmtenetten als kleinschalige lage-temperatuur warmtenetten zijn nodig om de klimaatdoelen te halen. Als dit niet in één regeling te vatten is dan is het aan te bevelen

meerdere regelingen op te zetten om aan beide ontwikkelingen tegemoet te komen.

- Het uitgangspunt voor dit onderzoek is geweest dat afnemers geen investeringsbijdrage hoeven te betalen. Uit de analyse naar draagvlak voor warmtebedrijven en financieringsinstrumenten blijkt dat dit waarschijnlijk geen garantie is dat afnemers daadwerkelijk een aansluiting nemen. In vervolgonderzoek dient gekeken te worden naar de relatie tussen participatie en investeringsbereidheid door bewoners.

Inhoudsopgave

	Beleidsamenvatting	2
	Inhoudsopgave	7
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding.....	8
1.2	Onderzoeksaanpak.....	8
1.3	Leeswijzer.....	9
2	Analysekader voor de onrendabele top van de businesscase van warmtenetten	10
3	Onrendabele top van de infrastructuur van warmtenetten	12
3.1	Aansluiting bij Startanalyse en template businesscase warmtenetten.....	12
3.2	Berekening onrendabele top van de infrastructuur van warmtenetten.....	13
4	Effecten van beleidsinstrumenten op businesscase	18
4.1	Effecten van beleidsinstrumenten op de onrendabele top van warmtenetten	18
4.2	Resultaten gevoeligheidsanalyse en effecten van beleidsinstrumenten.....	21
5	Criteria beoordeling beleidsinstrumenten naast effect op businesscase	24
5.1	Effect beleidsinstrumenten op investeringsbereidheid van warmtebedrijven	24
5.2	Effect beleidsinstrumenten op het draagvlak voor warmtenetten bij bewoners	25
5.3	Effecten van beleidsinstrumenten op innovatie, systeemintegratie en kostenreductie	28
	Bijlage(n)	
	A Methode koppeling Startanalyse en Template Businesscase Warmtenetten	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Dit rapport is tot stand gekomen als onderdeel van het onderzoeksprogramma Kennis voor Energiebeleid van TNO dat wordt gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. In dit programma wordt onderzoek ter ondersteuning van relevante beleidsdossiers opgezet en uitgevoerd. De samenwerking tussen beleidsmakers en onderzoekers wordt hiermee versterkt. Dit leidt tot beter onderbouwde beleidskeuzes en meer impact van onderzoek.

Het doel van het project 'Financiering warmtenetten' is om het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat meer inzicht te geven in de manier waarop zij de ontwikkeling van warmtenetten in Nederland financieel kan ondersteunen. Het doel is daarbij om warmtenetten een aantrekkelijk alternatief te maken voor de huidige warmtevoorziening op aardgas. Naast financieel-economische factoren wordt hierbij ook gekeken naar acceptatie, innovatie en verduurzaming.

Tijdens het onderzoek is regelmatig contact geweest met beleidsmakers van de Directie Warmte en Ondergrond van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). In deze gesprekken is gekeken hoe het onderzoek het beleidsproces kon ondersteunen door tussenresultaten en verkregen inzichten te delen.

1.2 Onderzoeksaanpak

Het doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in hoe het Ministerie van EZK de ontwikkeling van warmtenetten als alternatief voor de huidige warmtevoorziening op aardgas financieel kan ondersteunen.

In dit onderzoek is gekeken naar het effect dat verschillende beleidsinstrumenten hebben op de onrendabele top van warmtenetten, maar ook naar de effecten die de keuze voor een beleidsinstrument heeft op de investeringsbereidheid van warmtebedrijven, de acceptatie van bewoners en innovatie. De scope is hierbij beperkt tot de onrendabele top van de infrastructuur.

Eerst is een analysekader gemaakt dat de businesscase van warmtenetten beschrijft zodat duidelijk is uit welke componenten die bestaat en hoe verschillende beleidsinstrumenten daarop aangrijpen.

De onrendabele top van warmtenetten is berekend met het template businesscase warmtenetten van Expertise Centrum Warmte (ECW) in combinatie met data uit de Startanalyse aardgasvrije buurten van PBL. Dit is berekend voor alle buurten in Nederland waar een strategie met midden-temperatuurwarmtenetten de laagste nationale kosten oplevert. De uitkomsten hiervan geven een beeld van de opbouw van de onrendabele top, de kenmerken van buurten die meer of minder rendabel zijn en de effecten van verschillende instrumenten en onzekerheden.

Met een zestal warmtebedrijven zijn interviews gehouden om te onderzoeken hoe zij tot investeringsbeslissingen komen, welke factoren hierin meespelen en hoe beleidsinstrumenten een bijdrage kunnen leveren aan het vergroten van hun investeringsbereidheid.

Op basis van literatuuronderzoek naar draagvlak en acceptatie van warmtenetten en financiële instrumenten is onderzocht wat belangrijke factoren kunnen zijn voor de bereidheid van bewoners om te kiezen voor aansluiting op een warmtenet. Hierbij is ook een voorstel uitgewerkt om de relatie tussen het participatie proces en de businesscase verder te onderzoeken.

Ten slotte is een analyse gemaakt van de invloed die verschillende instrumenten hebben op innovatie, kostenreductie en systeemintegratie. Door middel van de disaggregatie van de businesscase is inzichtelijk gemaakt hoe investeringen gericht op verduurzaming en de lange termijn kunnen worden gestimuleerd. Ook is gekeken naar de voordelen van systeemintegratie en hoe dit kan worden toegepast in de Nederlandse warmtevoorziening.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 beschrijven we het analyse kader voor de onrendabele top van de businesscase van warmtenetten. In Hoofdstuk 3 bespreken we de resultaten van de berekening van de onrendabele top van investeringen warmtenetten. In Hoofdstuk 4 bespreken we het effect van verschillende beleidsinstrumenten die investeringen in warmtenetten stimuleren op die onrendabele top. In Hoofdstuk 5 beschrijven we andere criteria die van belang zijn om mee te wegen bij de keuze voor en vormgeving van een beleidsinstrument voor de financiering van warmtenetten: de investeringsbereidheid van warmtebedrijven, het draagvlak onder bewoners om een aansluiting op een warmtenet te nemen en innovatie, systeemintegratie en kostenreductie.

2 Analyse kader voor de onrendabele top van de businesscase van warmtenetten

In dit hoofdstuk beschrijven we een analysekader voor de businesscase van warmtenetten en de verschillende componenten waaruit deze bestaat. Dit kader vormt de basis van de analyse van de onrendabele top en de effecten van beleidsinstrumenten en speelt een rol voor de analyse van innovaties van warmtenetten. In latere hoofdstukken zullen we aangeven hoe verschillende beleidsinstrumenten aangrijpen in het model. We specificeren hier waar we het over hebben bij verschillende begrippen en parameters, om daar later aan te kunnen refereren.

Onrendabele top

De onrendabele top van een investering (ORT) bestaat uit de geïndexeerde opbrengsten (O_t) minus de geïndexeerde kosten (C_t) van een investering over de looptijd (L) van de investering. Hierbij worden de kasstromen van de toekomst verdisconteerd met de discontovoet (r) gebaseerd op het vereist projectrendement naar het huidig moment:

$$ORT = \sum_{t=0}^L (O_t - C_t) / (1 + r)^t$$

De onrendabele top wordt dus berekend op het moment van investeren over de gehele looptijd, niet per jaar of deelperiode van de investering.

Opbrengsten

De jaarlijkse opbrengsten van de investering bestaan uit de vaste en variabele inkomsten. De variabele inkomsten bestaan uit de verkoopprijs van warmte (P_{vt}) vermenigvuldigd met de verkochte warmte (Q_t). De vaste inkomsten bestaan uit het vastrecht voor warmtelevering (P_{ct}) vermenigvuldigd met het aantal aansluitingen (A_t)

$$O_t = P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t$$

Kosten

De jaarlijkse kosten van de investering bestaan uit de kapitaalkosten ($Capex_t$) en de operationele kosten ($Opex_t$). De kapitaalkosten zijn hierbij opgebouwd uit aflossingen op geleend kapitaal (afl_t) plus het vereist projectrendement (r) op het geïnvesteerde kapitaal (I_t).¹ Het geïnvesteerde kapitaal (I_t) neemt door de tijd (t) af doordat er aflossingen (afl_t) plaatsvinden.

$$C_t = Capex_t + Opex_t$$

$$Capex_t = I_t * r + afl_t \quad I_t = I_{t-1} - afl_t$$

¹ Voor het berekenen van de onrendabele top gaat het Template Businesscase Warmtenetten uit van een netto-contante-waardeberekening. Hierbij worden de kosten van de investering genomen op het moment van de uitgave en vervolgens contant gemaakt. Financieringsconstructies spelen hierin geen rol. Deze methode geeft gelijke uitkomsten aan een lineair aflossingsschema. Er wordt niet gerekend met een restwaarde waardoor afschrijvingen en aflossingen over de gehele looptijd aan elkaar gelijk gesteld kunnen worden.

Projectrendement

Het projectrendement (r) op het geïnvesteerde kapitaal (I_t) bestaat uit het verschuldigd rendement op vreemd vermogen (r_{vv}) en het vereist rendement op eigen vermogen (r_{ev}) vermenigvuldigd met het aandeel (a_{vv} en $1 - a_{vv}$). Het verschuldigd rendement op vreemd vermogen bestaat uit de gemiddelde kosten van kapitaal (wacc) in de markt plus het project specifieke risico (r_p).

$$r = a_{vv} * r_{vv} + (1 - a_{vv}) * r_{ev}$$

$$r_{vv} = wacc + r_p$$

Samenvattend geeft dit de volgende formules om de businesscase van warmtenetten te beschrijven:

$$ORT = \sum_{t=0}^L (P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t - ((I_t * r + afl_t) + Opex_t)) / (1 + r)^t$$

$$r = a_{vv} * r_{vv} + (1 - a_{vv}) * r_{ev}$$

Dit kader zal in de rest van het rapport gebruikt worden om de businesscase van buurten in Nederland en de effecten van beleidsinstrumenten te analyseren. Het zal ook terugkomen in de analyse van kostenreductie en innovatie van warmtenetten.

Hoge-, midden- en lage temperatuurnetten

De ontwikkeling van warmtenetten is te onderscheiden in twee varianten: lage-temperatuurnetten en midden/hoge-temperatuurnetten. Het verschil hiertussen is de aanvoertemperatuur van de warmte. Voor lage-temperatuurnetten is deze maximaal 50°C en de retourtemperatuur gemiddeld 30°C. Voor midden-temperatuurnetten is deze verhouding 70°C-50°C. Hoge-temperatuurnetten hebben een aanvoertemperatuur van boven de 70°C.

De twee varianten verschillen vaak in type bron en zijn geschikt voor verschillende typen afnemer. Het hierboven geschetste analysekader voor de onrendabele top geldt echter voor beiden. Dezelfde opbouw van opbrengsten, kosten en rendement is van toepassing, maar de hoogte van de verschillende variabelen verschilt. Hierdoor zijn de verhoudingen tussen de verschillende onderdelen van de businesscase anders en daarmee ook de resultaten van de analyses.

3 Onrendabele top van de infrastructuur van warmtenetten

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten van de berekening van de onrendabele top van warmtenetten.

De onrendabele top is alleen berekend over de aan te leggen infrastructuur. Eventuele onrendabele toppen voor de ontwikkeling van de bron, in pandige kosten na de afleverset en kosten voor een participatieproces zijn niet meegenomen in de berekening. Dit zijn wel belangrijke factoren in het al dan niet tot stand komen van een warmtenet. Beleidsinstrumenten gericht op de infrastructuur vragen afstemming en samenhang met beleid gericht op deze factoren om warmtenetten tot stand te brengen.

3.1 Aansluiting bij Startanalyse en template businesscase warmtenetten

Een analyse van de onrendabele top van een warmtenet is niet voor alle buurten in Nederland relevant. Er zijn buurten waar reeds een warmtenet is aangelegd; waar een warmtenet niet mogelijk is of waar andere alternatieven beschikbaar zijn die kosteneffectiever of wenselijker zijn. Voor dit onderzoek is gekeken naar de buurten waar een warmtenet nog niet is aangelegd en een warmtenet het alternatief met de laagste nationale kosten is. Voor deze buurten zijn de gegevens verzameld om de onrendabele top te berekenen.

De buurten zijn geselecteerd op basis van de Startanalyse van het Planbureau voor de Leefomgeving. De Startanalyse geeft voor alle buurten in Nederland de nationale kosten voor de verschillende duurzame warmteopties weer. Door de manier waarop de Startanalyse lage-temperatuur warmtenetten en middentemperatuur warmtenetten berekend, is het alleen mogelijk gebleken om de analyses uit te voeren voor middentemperatuur warmtenetten. Daarbij zijn kostenkennallen voor lage-temperatuurwarmtenetten ook nog onvoldoende bekend om betrouwbare berekening mee te maken.

De Startanalyse is ook als uitgangspunt genomen om buurten waar al een warmtenet aanwezig is uit te sluiten van de berekeningen. Hierbij zijn ook buurten waar een deel van de woningen op een warmtenet is aangesloten buiten de berekening gehouden. Daardoor is uitbreiding van een warmtenet binnen een CBS-buurt niet meegenomen. Dit betekent dat een deel van de buurten waar mogelijk eenvoudig een warmtenet uit te breiden is niet worden meegenomen. Het kan wel zijn dat in een aangrenzende buurt wel een warmtenet aanwezig is waardoor aankoppeling eenvoudiger te realiseren is. Vanwege de koppeling met andere gegevens kunnen we echter niet om de CBS-buurtindeling heen om mogelijke uitbreidingsgebieden te bepalen. Voor de analyse betekent dit dat vooral gemeenten waar al een warmtenet aanwezig is ondervertegenwoordigd zijn in de geanalyseerde buurten.

De berekeningen voor de onrendabele top van de infrastructuur van een warmtenet in die buurten, die op basis van de Startanalyse de laagste nationale kosten hebben, zijn uitgevoerd met de default-waarden zoals deze in het template businesscase warmtenetten van het ECW uit 2021 zijn opgenomen. De invoerdata zijn deels gebaseerd op de Startanalyse zelf, aangevuld met kennallen van het

ECW. Daarbij is een berekening gemaakt om de SDE++-subsidie te verwerken in de warmte-inkoopprijs. Zie appendix A.

De keuze om deze twee modellen te gebruiken is ook gemaakt om de aansluiting bij bestaande onderzoeken en modellen zo groot mogelijk te houden. Hierbij moet een disclaimer gemaakt worden dat dit onderzoek dus werkt met de bestaande kostenkengetallen voor zowel de Startanalyse als het Template Businesscase Warmtenetten. De kostenkengetallen zijn tot stand gekomen in consultatie met partijen uit de praktijk, maar recente studies laten ook zien dat kosten in de praktijk tegen kunnen vallen.²

De absolute hoogte van de kentallen kan sterk verschillen, afhankelijk van de lokale omstandigheden. Toch is gekozen om deze data te gebruiken, omdat het de enige openbaar beschikbare data zijn voor een analyse van beleidsinstrumenten voor de financiering van warmtenetten. De analyse dient hierdoor vooral als vergelijking van effecten van verschillende beleidsinstrumenten, niet als absolute omvang van de onrendabele toppen in buurten in Nederland. Daarvoor zijn er teveel onzekerheden en zijn veel lokale factoren die grote invloed kunnen hebben op de onrendabele top niet meegenomen in dit onderzoek. Tevens zijn toekomstige ontwikkelingen rondom kostenreductie, technologische ontwikkeling en marktregulering niet meegenomen in de analyses.

3.2 Berekening onrendabele top van de infrastructuur van warmtenetten

Op basis van de Startanalyse van het PBL zijn er 1.725 buurten waar een strategie met een midden-temperatuurwarmtenet leidt tot de laagste nationale kosten en waar nog geen een warmtenet aanwezig is. Deze buurten tellen totaal ruime 2,1 miljoen woningequivalenten.

Voor deze buurten zijn de gegevens uit de Startanalyse gebruikt om het Template Businesscase Warmtenetten in te vullen. Samen met de default-waarden uit het template zelf zijn de onrendabele toppen van de infrastructuur van warmtenetten berekend voor deze buurten. Appendix A beschrijft de gehanteerde methode en koppeling van de variabelen.

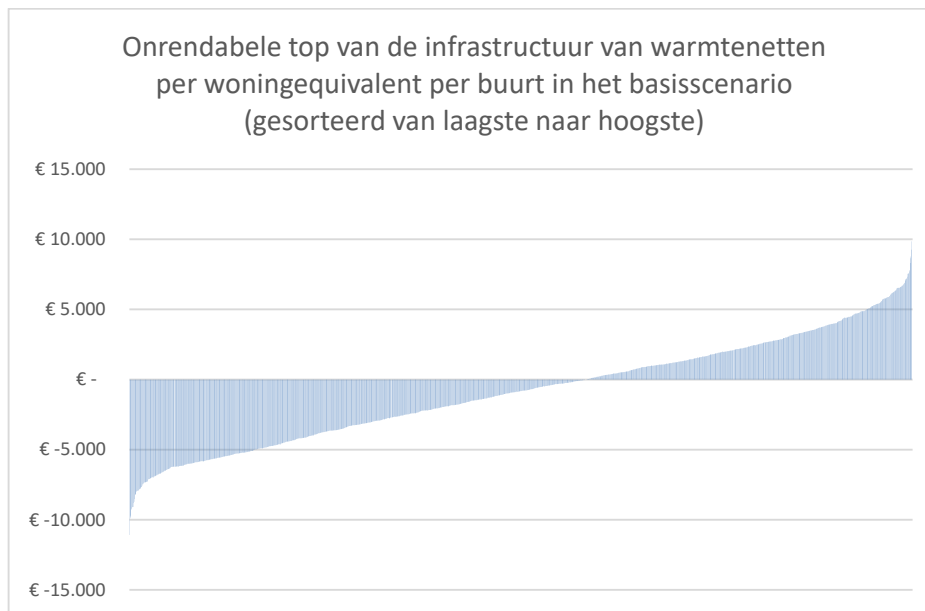
Er is op basis van de gegevens uit de Startanalyse en de default-waarden uit het template businesscase warmtenetten een basisscenario doorgerekend.³ Gezien de recente studies naar praktijkvoorbeelden (zie voetnoot 2) lijkt het basisscenario uit te gaan van relatief gunstige aannames. Daarbij gaat het basisscenario ervan uit dat 100% van de mogelijke aansluitingen gerealiseerd worden. In de gevoeligheidsanalyses wordt gekeken wat de effecten zijn als er minder gunstige aannames worden gehanteerd.

Het basisscenario geeft inzicht in de kenmerken van wijken die op basis van de bestaande data een gunstigere of minder gunstigere businesscase hebben. Vervolgens is voor verschillende variabelen een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de bandbreedte van bepaalde onzekerheden in de kentallen weer te geven.

² Recente studies van het *Economisch Instituut voor de Bouw (2021) 'Proeftuinen Aardgasvrije Wijken'* en *Rebel (2021) 'Memo review kostenkengetallen warmtenetten'* laten zien dat de kosten voor warmtenetten in de praktijk tegen kunnen vallen.

³ Dit geldt ook voor het projectrendement in het basisscenario. Hier is uitgegaan van de rendementen op eigen en vreemd vermogen en de gearing (verhouding) tussen beide zoals deze in het template businesscase warmtenetten van het ECW staan vermeld.

De resultaten van de doorrekening van het basisscenario laten zien dat de verschillen groot zijn tussen de buurten met een midden-temperatuur warmtenet als strategie met de laagste nationale kosten. Onder de aannames van het basisscenario hebben ongeveer 1.000 van de 1.725 buurten een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet. Dit wil echter niet zeggen dat het warmtenet als geheel een positieve businesscase heeft, gezien de kosten voor de bron, proces en inpandige kosten van gebouwen die buiten beschouwing zijn gelaten.



Figuur 3.1 De onrendabele top van de infrastructuur van een warmtenet per woningequivalent van buurten waar een strategie met MT-warmtenet de laagste nationale kosten heeft, verschilt sterk per buurt. Het hier gepresenteerde basisscenario lijkt gezien recente studies uit te gaan van gunstige omstandigheden. Door lokale omstandigheden kunnen kosten snel oplopen.

De buurten waar een strategie met MT-warmtenet de laagste nationale kosten heeft, zijn geconcentreerd in (middel)grote steden of rondom de haven van Rotterdam. Hier worden ook de meeste buurten met positieve businesscase voor de infrastructuur gevonden. Buurten waar reeds een warmtenet aanwezig is zijn niet meegenomen. Hierdoor vallen steden waar reeds warmtenetten zijn zoals Utrecht en Rotterdam buiten de top tien. Wel geldt dat de onrendabele top sterk afhankelijk kan zijn van lokale variabelen die niet meegenomen zijn in deze analyse. De resultaten kunnen niet gebruikt worden om de situatie in individuele gemeenten te duiden.

Tabel 3.1 Verdeling van het totaal van buurten met een MT-warmtenet als strategie met laagste nationale kosten en met een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet naar gemeente. Beide zijn met name te vinden in (middel)grote steden en rond de Rotterdamse haven. Rotterdam zelf valt net buiten deze top tien op plaats elf.

Gemeente	Verdeling van buurten met een MT-strategie met de laagste nationale kosten naar gemeente	Verdeling van buurten met een positieve businesscase voor infrastructuur van warmtenet naar gemeente
Amsterdam	6,6%	11,2%
's-Gravenhage	3,4%	5,6%
Tilburg	3,1%	4,7%
Delft	3,0%	4,4%
Dordrecht	3,9%	4,1%
Schiedam	2,5%	3,4%
Leeuwarden	1,9%	3,2%
Groningen	2,1%	3,0%
Eindhoven	2,1%	2,7%
Capelle a/d IJssel	1,7%	2,5%

De startanalyse neemt ook de kosten van isolatie mee in de analyse van de nationale meerkosten per buurt. Voor een MT-warmtenet gaat het PBL uit van een minimaal isolatieniveau van schillabel D. Om consistent te blijven met de energievraag en -inkoop wordt in de analyse gekeken naar de situatie waarin minimaal tot dat niveau is geïsoleerd. In tabel 3.2 is te zien dat er weinig verschil is tussen in de samenstelling van de energielabels van de woningen in een buurt met of zonder een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat in vergelijking met bijvoorbeeld aardgas, warmtelevering een relatief hoog aandeel vaste kosten voor een afnemer heeft. In dat geval maakt verschil in de energetische kwaliteit van de woning minder verschil voor de businesscase van een warmtebedrijf.

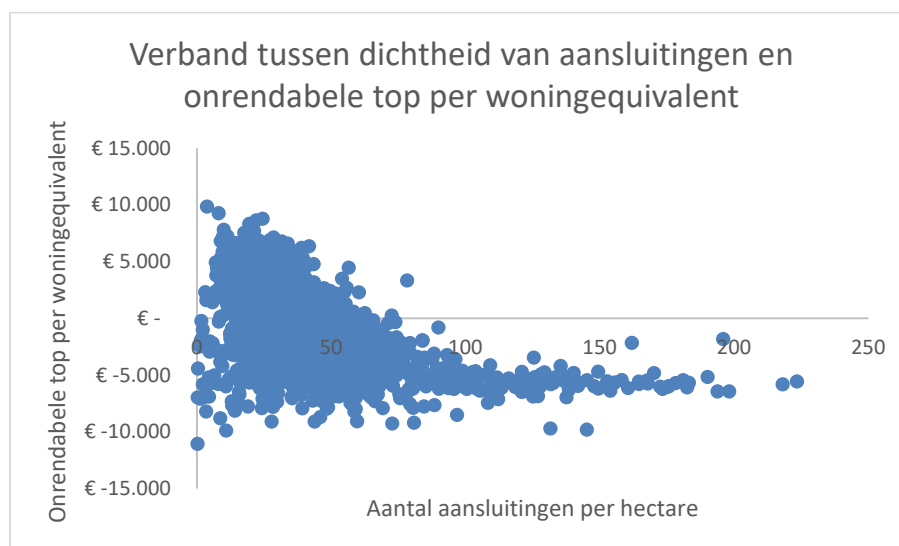
In tabel 3.2 is verder te zien dat buurten met een positieve businesscase een relatief hoog aandeel meergezinswoningen hebben. Het aandeel van meergezinswoningen in buurten met een MT-warmtenet als strategie met de laagste nationale meerkosten is 55%. Voor buurten met een positieve businesscase voor de infrastructuur van warmtenetten ligt dit aandeel op 70%. Hiermee lijkt het aantal aansluitingen een belangrijkere factor te zijn voor een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet dan de energetische kwaliteit van de woning.

Tabel 3.2 Verdeling van woningen in buurten waar een strategie met MT-warmtenet de laagste nationale meerkosten heeft en waar een rendabele businesscase voor een warmtenet is, naar energielabel en woningtype.

Woningtype	Aandeel in alle buurten met MT-warmtenet als strategie met laagste nationale meerkosten	Aandeel in buurten met rendabel MT-warmtenet
Woningen met energielabel A	8%	7%
Woningen met energielabel B	17%	17%
Woningen met energielabel C	13%	15%
Woningen met energielabel D	61%	61%

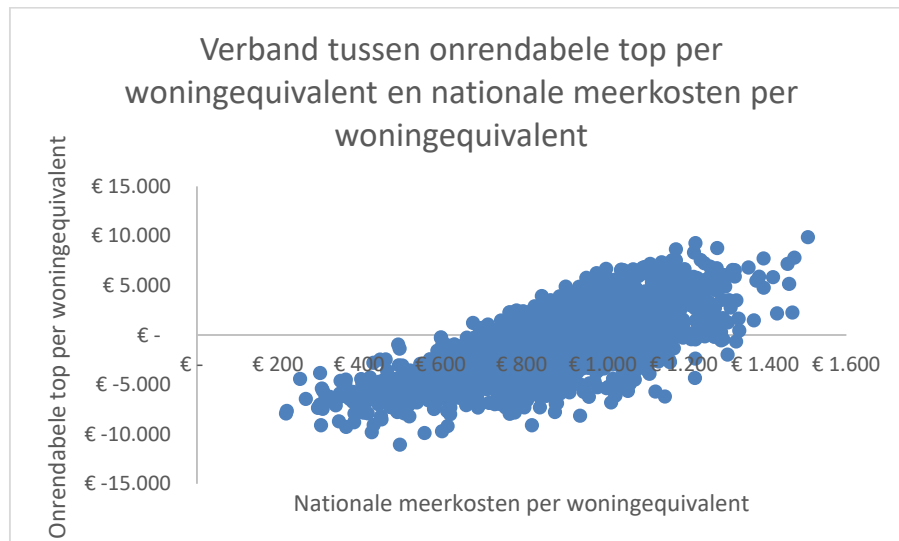
Woningtype	Aandeel in alle buurten met MT-warmtenet als strategie met laagste nationale meerkosten	Aandeel in buurten met rendabel MT-warmtenet
Hoogbouw meergezinswoningen	29%	40%
Laagbouw meergezinswoningen	26%	30%
Tussenwoningen	23%	15%
Hoekwoningen	8%	4%
2-onder-1-kapwoningen	3%	1%
Vrijstaande woningen	2%	1%
Utiliteitsgebouwen	9%	9%

De conclusie dat vooral meergezinswoningen rendabel aan te sluiten zijn, blijkt ook uit de relatie tussen de dichtheid van aansluitingen van een buurt en de onrendabele top. Figuur 3.2 laat zien dat buurten met een hogere dichtheid van aansluitingen een lagere onrendabele top per woningequivalent hebben.



Figuur 3.2 De relatie tussen de dichtheid van de aansluitingen en de onrendabele top per woningequivalent

Een interessant verband bestaat tussen de onrendabele top per woningequivalent en de nationale meerkosten per woningequivalent. Figuur 3.3 laat zien dat lagere nationale meerkosten per woningequivalent voor wijken met een MT-warmtenet als strategie met de laagste nationale meerkosten ook leidt tot een lagere onrendabele top per woningequivalent.



Figuur 3.3 De nationale meerkosten per jaar hebben een positief verband met de onrendabele top van een warmtenet in de buurt

Het basisscenario laat zien dat met name stedelijke buurten met hoge concentraties meergezinswoningen een positieve businesscase voor de infrastructuur van een warmtenet hebben. Daarbij zijn het vaak de buurten met relatief lage nationale meerkosten per woningequivalent die ook een relatief lage onrendabele top per woningequivalent hebben.

4 Effecten van beleidsinstrumenten op businesscase

In dit hoofdstuk beschrijven we de effecten van verschillende beleidsinstrumenten op de onrendabele top van investeringen in warmtenetten. In Paragraaf 4.1 beschrijven we eerst verschillende beleidsinstrumenten gericht op het verbeteren van de businesscase en hoe deze invloed hebben op de onrendabele top. Dit gebeurt aan de hand van het eerdere analysekader voor de onrendabele top uit hoofdstuk 2. Dit effect wordt ook vertaald naar de variabelen die gebruikt zijn in een gevoeligheidsanalyse ten opzichte van het basisscenario. De drie belangrijkste variabelen in de gevoeligheidsanalyse zijn de hoogte van de initiële investeringen, het totaal aantal aansluitingen en het projectrendement. Deze zijn gekozen omdat dit de belangrijkste variabelen zijn binnen de businesscase en aan de hand hiervan belangrijke effecten kunnen worden geduid. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse presenteren we in Paragraaf 4.2. Op basis van de gevoeligheidsanalyse kan ook een beeld worden gegeven van de effecten van beleidsinstrumenten die gericht zijn op het verbeteren van de businesscase.

4.1 Effecten van beleidsinstrumenten op de onrendabele top van warmtenetten

In deze paragraaf worden de effecten van verschillende beleidsinstrumenten op de onrendabele top van investeringen in warmtenetten beschreven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen subsidies en risico-mitigerende instrumenten. Voor de analyse gaan wij uit van een zo eenvoudig mogelijk instrument. Er kunnen veel additionele aan te bevelen voorwaarden gesteld worden aan bijvoorbeeld transparantie, innovatie en draagvlak, maar voor de analyse houden we de instrumenten zo eenvoudig mogelijk om de effecten op de onrendabele top zo scherp mogelijk in beeld te krijgen.

Subsidies

Subsidies kunnen aan verschillende spelers in de warmteketen worden toegekend en op verschillende manieren worden vormgegeven. Hieronder volgen vier varianten: een eenmalige subsidie aan het warmtebedrijf, een jaarlijkse subsidie aan het warmtebedrijf, een eenmalige subsidie aan de afnemer en een jaarlijkse subsidie aan de afnemer.

Eenmalige subsidie aan het warmtebedrijf

Een investeringssubsidie aan een warmtebedrijf (S_{capex}) verlaagt het initieel geïnvesteerde kapitaal (I_0) van de investering. Hierdoor worden de kapitaallasten ($(I_t * r + afl_t)$) lager en daalt de onrendabele top (ORT) van de investering.

$$ORT = \sum_{t=0}^L (P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t - (I_t * r + afl_t) - Opex_t) / (1 + r)^t$$

$$I_0 = T - S_{capex}$$

Een eenmalige subsidie komt neer op een verlaging van de initiële investeringskosten. Een subsidie van 20% op de investering staat hiermee gelijk aan een verlaging van de initiële investering met 20%.

Een jaarlijkse subsidie aan het warmtebedrijf

Een subsidie op warmtelevering aan het warmtebedrijf (S_{vt}) verhoogt de opbrengst per GJ (P_{vt}). Hierdoor stijgen de variabele opbrengsten ($P_{vt} * Q_t$). Dit verlaagt de onrendabele top (ORT) over de gehele looptijd (L).

$$ORT = \sum_{t=0}^L (P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t - (I_t * r + afl_t) - Opex_t) / (1 + r)^t$$

$$P_{vt} = P'_{vt} + S_{vt}$$

In de gevoeligheidsanalyse staat een jaarlijkse subsidie voor het warmtebedrijf gelijk aan een stijging van de warmteverkoopprijs. Een 20% stijging van de warmteverkoopprijs is hetzelfde als een subsidie van 20% op de warmtelevering.

Een eenmalige subsidie aan de afnemer

Een aansluitsubsidie voor de afnemer geeft een warmtebedrijf de mogelijkheid om de Bijdrage Aansluitkosten (BAK) te verhogen zonder dat dit gevolgen heeft voor de afnemer. De BAK is een verdeling van de onrendabele top aan het begin van de looptijd (ORT) over het totaal aantal verwachte afnemers (A_{tot}) van de investering. Met een eenmalige subsidie aan de afnemer (S_{BAK}) kan bij een hogere onrendabele top de investering toch gedaan worden.

$$ORT = \sum_{t=0}^L (P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t - (I_t * r + afl_t) - Opex_t) / (1 + r)^t$$

$$BAK = \frac{ORT}{A_{tot}} - S_{BAK}$$

Een eenmalige subsidie aan de afnemer kan in de gevoeligheidsanalyse vertaald worden naar een daling van de initiële investeringskosten. Voor de businesscase zit er wel een iets groter risico aan een subsidie aan de afnemer dan aan het warmtebedrijf omdat niet zeker is of en wanneer de aansluitingen tot stand komen. Voor de gevoeligheidsanalyse is met dit laatste geen rekening mee gehouden.

Jaarlijkse subsidie aan de afnemer

Een jaarlijkse vaste subsidie aan de afnemer (S_e), vergelijkbaar aan de vermindering energiebelasting, zorgt ervoor dat een warmtebedrijf de tarieven voor warmte (P_{vt}) en vastrecht (P_{ct}) kan verhogen zonder dat dit gevolgen heeft voor het totaal van de energierekening van de afnemer (E_{rek}). Hierdoor stijgen de opbrengsten van de investering ($P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t$) en daalt de onrendabele top (ORT) over de gehele looptijd (L).

$$ORT = \sum_{t=0}^L (P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t - (I_t * r + afl_t) - Opex_t) / (1 + r)^t$$

$$E_{rek} = P_{vt} * Q_t + P_{ct} - S_e$$

Een jaarlijkse subsidie aan de afnemer zou vorm kunnen krijgen als een negatieve energiebelasting. Op deze manier zou de administratie lopen via het warmtebedrijf en is het identiek aan een jaarlijkse subsidie op de warmtelevering.

Een subsidie zou potentieel het risico van een investering kunnen verlagen als het de verhouding tussen eigen en vreemd vermogen verandert of als het specifieke risico's uit de businesscase wegneemt. In de analyse gaan we hier echter niet van uit om het effect van een subsidie goed te kunnen analyseren.

Risico-mitigerende instrumenten

Instrumenten die het risico van het project verlagen, verlagen ook het vereiste rendement van het warmtebedrijf. Dit verlaagt de rendementseis (r) van het project. Een lagere rendementseis (r) zorgt voor een lagere onrendabele top (ORT). Ook hier zijn verschillende varianten te onderscheiden die elk op een andere manier invloed hebben op de rendementseis en daarmee de onrendabele top. Voor de gevoeligheidsanalyse werken een investeringsfonds, een garantieregeling en achtergestelde lening alle drie via een lager projectrendement.

Investeringsfonds

Een investeringsfonds geeft toegang tot meer vreemd vermogen tegen een lager rendement dan bij een bank. Het vergroot hiermee het aandeel vreemd vermogen (a_{vv}) en verlaagt het verschuldigd rendement op vreemd vermogen (r_{vv}). Dit verlaagt de rendementseis van de investering (r).

$$r = a_{vv} * r_{vv} + (1 - a_{vv}) * r_{ev}$$

Garantieregeling

Een garantieregeling op bijvoorbeeld het volloopriscio van een warmtenet verlaagt het projectrisico (r_p). Hierdoor neemt het vereiste rendement op vreemd vermogen (r_{vv}) af. Daarmee neemt ook de rendementseis van de investering (r) af.

$$r = a_{vv} * r_{vv} + (1 - a_{vv}) * r_{ev}$$

$$r_{vv} = wacc + r_p$$

Achtergestelde lening

Een achtergestelde lening van de overheid verlaagt het risico van de andere financiers en daarmee neemt het vereiste rendement op vreemd vermogen (r_{vv}) van deze financiers af. Daarmee daalt de gemiddelde rendementseis van de investering (r).

$$r = a_{vv} * r_{vv} + (1 - a_{vv}) * r_{ev}$$

Afsluitbevoegdheid

Op dit moment is de aansluiting op een warmtenet voor een afnemer met een bestaande woning of gebouw een vrijwillige keuze. Het risico is dan dat niet alle afnemers in een buurt mee willen doen. De overheid zou het juridisch mogelijk kunnen maken dat een gemeente onder specifieke voorwaarden de bevoegdheid krijgt om een buurt van het aardgasnet af te sluiten, we noemen dat de afsluitbevoegdheid. Een afsluitbevoegdheid zorgt ervoor dat er een stimulans is op het aantal aansluitingen (A_t). Een afsluitbevoegdheid van het gas is niet hetzelfde als een aansluitverplichting op het warmtenet. Bij een afsluitbevoegdheid kan de consument niet meer met gas verwarmen. Wel blijven alternatieven open voor een aansluiting op het warmtenet, bijvoorbeeld de aanschaf van een warmtepomp. Echter, het valt te verwachten dat consumenten sneller een aansluiting nemen op het warmtenet als zij geen gebruik meer kunnen maken van gas.

Dat verhoogt de afzet van warmte (Q_t) en de inkomsten uit vastrecht ($P_{ct} * A_t$). Daarbij verlaagt een afsluitbevoegdheid het projectrisico (r_p) en daarmee het vereiste rendement op vreemd vermogen (r_{vv}). Dit verlaagt de gemiddelde rendementseis op de investering (r).

$$ORT = \sum_{t=0}^L (P_{vt} * Q_t + P_{ct} * A_t - (I_t * r + afl_t) - Opex_t) / (1 + r)^t$$

$$r = a_{vv} * r_{vv} + (1 - a_{vv}) * r_{ev}$$

$$r_{vv} = wacc + r_p$$

De afsluitbevoegdheid is nog onvoldoende concreet om mee te kunnen nemen in de gevoeligheidsanalyse. De manier en verhouding waarop deze ingrijpt op de businesscase is nog niet voldoende duidelijk om het effect goed te kunnen analyseren. Dit zal een combinatie zijn van het aantal aansluitingen en het risico van het project.

Ook bij risico-mitigerende instrumenten kan het zijn dat zij een additioneel effect hebben indien zij de verhouding tussen vreemd en eigen vermogen veranderen. Dit is in de analyse buiten beschouwing gelaten om het effect van de instrumenten te isoleren.

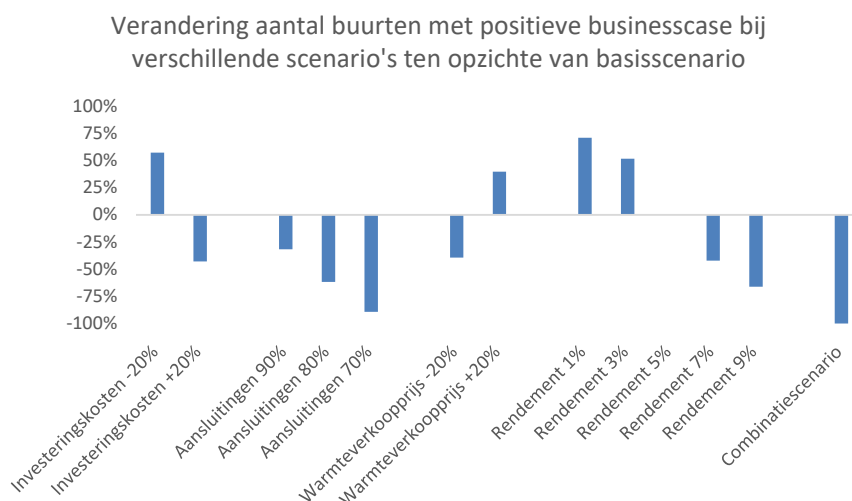
4.2 Resultaten gevoeligheidsanalyse en effecten van beleidsinstrumenten

Deze paragraaf beschrijft de resultaten van de gevoeligheidsanalyse en duiding van de effecten van de verschillende beleidsinstrumenten op de onrendabele top van warmtenetten.

Door de investeringskosten, warmteverkoopprijs, aansluitingen en het projectrendement te variëren kan worden geanalyseerd hoe deze variabelen effect hebben op het aantal buurten een positieve businesscase voor de infrastructuur van warmtenetten laat zien. Zoals eerder gezegd zijn de cijfers omgeven met onzekerheden en dient deze analyse ter vergelijking van verschillende scenario's en niet zozeer als inzicht in de totale onrendabele top van warmtenetten in Nederland. Het gaat hierbij om gemiddelden en de cijfers zijn niet toepasbaar op individuele buurten.

Figuur 4.1 toont het effect van de variatie van investeringskosten, verkoopprijs van warmte, aantal aansluitingen en projectrendement op het aantal buurten met een positieve businesscase ten opzichte van het basisscenario. Daarnaast is een combinatiescenario doorgerekend waarbij de investeringskosten tegenvallen met 20%, het aantal aansluitingen tegenvalt met 30% en het projectrendement op 8% wordt gesteld (basisscenario is 5%).

Te zien is dat de variaties tot grote veranderingen in het aantal buurten met een positieve businesscase leiden. Dit is een belangrijk gegeven omdat het laat zien dat relatief kleine variaties in de businesscase relatief grote effecten op de uitkomst hebben. Samen met het feit dat er al grote verschillen bestaan tussen de onrendabele toppen per buurt in het basisscenario (zie figuur 3.1) pleit dit ervoor om instrumenten te ontwikkelen die rekening houden met de individuele kenmerken van de buurt. Een generiek instrument zal grote free-ridereffecten hebben en tot inefficiënties leiden.



Figuur 4.1 Het effect van variatie in een viertal belangrijke variabelen in de businesscase voor midden-temperatuurwarmtenetten. Een subsidie van 20% op de investeringskosten kan hierbij worden gezien als een daling van de investeringskosten met 20%. Zo zijn de effecten van de beleidsinstrumenten te koppelen aan de variatie in de variabelen.

Een stijging van de initiële investeringen of een daling van het aantal aansluitingen of een lagere warmteverkooprij heeft zoals verwacht een negatief effect op het aantal buurten met een rendabele businesscase. De effecten zijn echter niet gelijk. Zo betekent een daling van 20% van de aansluitingen een daling van 62% van het aantal buurten met een positieve businesscase. Een daling van 20% van de warmteverkooprij betekent een daling van ongeveer 40% van het aantal buurten met een positieve businesscase. Vergelijkbare effecten zijn er bij een stijging van 20% van de investeringskosten of een stijging van het benodigd rendement van 2%.

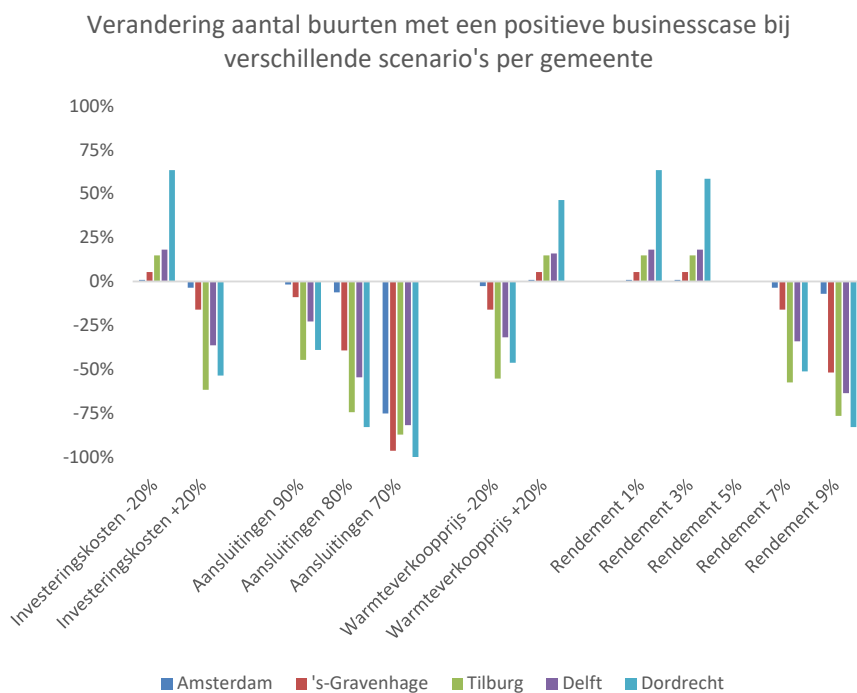
Beleidsinstrument	Effect in de businesscase	Effect op het aantal buurten met een positieve businesscase
Eenmalige subsidie	20% lagere investeringskosten	+57% buurten
Jaarlijkse subsidie	20% hogere warmteprijs	+40% buurten
Risico-mitigerend	2% lager rendement	+52% buurten

Tabel 4.2 Het effect van verschillende beleidsinstrumenten in de businesscase en het effect daarvan op het aantal buurten met een positieve businesscase ten opzichte van het basisscenario.

Op basis van de huidige berekeningen zal een eenmalige subsidie op de investeringskosten van 20% het aantal buurten met een positieve businesscase doen stijgen met 57%. Een vergelijkbare subsidie op de warmteverkooprij doet het aantal wijken stijgen met slechts 40%. Een rendementsverlaging van 2% naar 3% rendement ten opzichte van het basisscenario waarin met 5% rendement gerekend wordt, betekent een stijging van het aantal buurten met een positieve businesscase met 52%.

De optelling van verschillende tegenvallers in het combinatiescenario laat zien dat in dat scenario er geen buurten met een positieve businesscase overblijven. Ook is te zien dat met name tegenvallers in het aantal aansluitingen forse tegenvallers kan betekenen in de businesscase voor de infrastructuur. Dat is consistent met de eerdere bevindingen dat met name buurten met hoge dichtheden aansluitingen een positieve businesscase hebben.

Figuur 4.2 laat zien dat de effecten van de variatie van de verschillende onderdelen van de businesscase met name in middelgrote gemeenten effecten sorteert. In de grotere gemeenten lijken de resultaten van het basisscenario meer robuust.



Figuur 4.3 Verandering van het aantal buurten dat een positieve businesscase heeft per gemeente onder de verschillende aannames in de gevoeligheidsanalyse ten opzichte van het basisscenario.

5 Criteria beoordeling beleidsinstrumenten naast effect op businesscase

Naast het effect dat de instrumenten hebben op de onrendabele top van warmtenetten is het belangrijk om naar het effect op andere criteria die bepalen of warmte een aantrekkelijk alternatief kan zijn voor de huidige warmtevoorziening op aardgas. In dit hoofdstuk worden de effecten die verschillende instrumenten hebben op de investeringsbereidheid van warmtebedrijven, de acceptatie van bewoners en innovatie geanalyseerd.

5.1 Effect beleidsinstrumenten op investeringsbereidheid van warmtebedrijven

Op basis van een interviewronde met bestaande warmtebedrijven in Nederland is gekeken naar de investeringsbereidheid van warmtebedrijven en hoe de instrumentkeuze van de overheid hier invloed op kan hebben.

In de meeste gevallen wordt voor de besluitvorming een serie stappen (decision gates, of DG's) gehanteerd voor de opbouw van een finaal besluit (final investment decision, of FID). Alhoewel het per bedrijf verschilt wordt in alle gevallen ten minste gewerkt met een drietal fasen;

- 1) Initiatie fase: in deze fase wordt een project op hoofdlijnen in kaart gebracht
- 2) Businesscase analyse: in deze fase wordt de haalbaarheid van een project op hoofdlijnen in kaart gebracht
- 3) Binding offer: in deze fase wordt het uiteindelijke aanbod uitgewerkt.

De grotere warmtebedrijven hebben hierbij veelal een wat groter aantal gedetailleerdere DG's gedefinieerd, met heldere afspraken over betrokken afdelingen en met besluitvormingsbevoegdheden die hoger in de organisatie worden gelegd naarmate het gaat om grotere projecten. Voor kleinere bedrijven worden vergelijkbare mechanismen ingezet, zij het dat de procedure wat minder formeel lijkt te zijn vastgelegd.

Voor wat betreft de typering van de projecten komt op basis van de interviews een drietal dimensies naar voren waarin de bedrijven op verschillende wijze onderscheid lijken te maken:

- 1) Hoge-/midden-temperatuurnetten en lage-temperatuurnetten
- 2) Bestaande bouw en nieuwbouw:
- 3) Uitbreiding van een bestaand warmtenet en nieuwe projecten.

Door de warmtebedrijven die voortkomen uit de traditionele energiebedrijven met bestaande warmtenetten in de G4 en middelgrote steden in de Randstad worden goede kansen gezien in uitbreiding van bestaande hoge-/midden-temperatuurnetten. Hierbij is de strategie om een hele wijk met bestaande bouw aan te sluiten. De verduurzaming van dergelijke projecten wordt verondersteld met name geborgd te zijn door de regelgeving in de Warmtewet en beschouwd als onderdeel van de beheerfase in plaats van onderdeel van de investeringsbeslissing.

Nieuwere warmtebedrijven lijken meer kansen te zien in kleine nieuwe projecten in de regio, waarbij lage temperatuur als vereiste wordt gezien voor de langere termijn agenda met betrekking tot verduurzaming. Deze projecten concentreren zich op het

aansluiten van nieuwbouw met delen van bestaande bouw waar mogelijk. Op termijn zullen dergelijke kleinere projecten naar verwachten uitbreiden in de bestaande bouw en toegroeien naar toenemende verbondenheid en grootschaligheid.

De beleidsinstrumenten uit hoofdstuk 3 worden globaal in een drietal categorieën verdeeld:

- 1) Subsidies (eenmalige vs. jaarlijkse subsidie, subsidie voor warmtebedrijf vs. warmteafnemer)
- 2) Financieringsinstrumenten (investeringsfonds, garantiefonds, achtergestelde leningen)
- 3) Wetgevingsinstrumenten (afsluitbevoegdheid van gas).

Door vrijwel alle warmtebedrijven wordt subsidie als een kansrijk instrument gezien om de onrendabele top van warmtenetten te verlagen. Daarbij werd overwegend de voorkeur gegeven aan de eenmalige subsidie, al werd door verschillende geïnterviewde partijen ook opgemerkt dat de jaarlijkse subsidie nog ruimte bood voor verdere bijsturing naar aanleiding van projectrisico's. Dit laatste hangt uiteraard wel af van de wijze waarop de jaarlijkse subsidie wordt vormgegeven: enkel als projectrisico's (zoals vollooproisico) in de jaarlijkse subsidies zouden worden meegenomen, zou dit een bijdrage kunnen leveren.

Financieringsinstrumenten die alleen een goedkopere financiering aanbieden zijn voor grotere warmtebedrijven weinig interessant. De grotere warmtebedrijven werken veelal met financiering op concernniveau. Bij kleinere bedrijven - en waarschijnlijk ook warmtecoöperaties, al zijn deze niet geïnterviewd - wordt gewerkt met projectfinanciering en kunnen financieringsinstrumenten interessant zijn. Financieringsinstrumenten die risico's wegnemen of afdekken zijn wel interessant voor alle typen ontwikkelingen.

De afsluitbevoegdheid wordt door de geïnterviewde warmtebedrijven met name als essentieel gezien voor de grootschalige aansluiting van bestaande bouw waar draagvlak vaak lastiger te organiseren is. Bij nieuwe kleinschalige warmtenetten wordt de afsluitbevoegdheid als minder essentieel gezien en mogelijk schadelijk voor draagvlak als het wordt gezien als dwang.

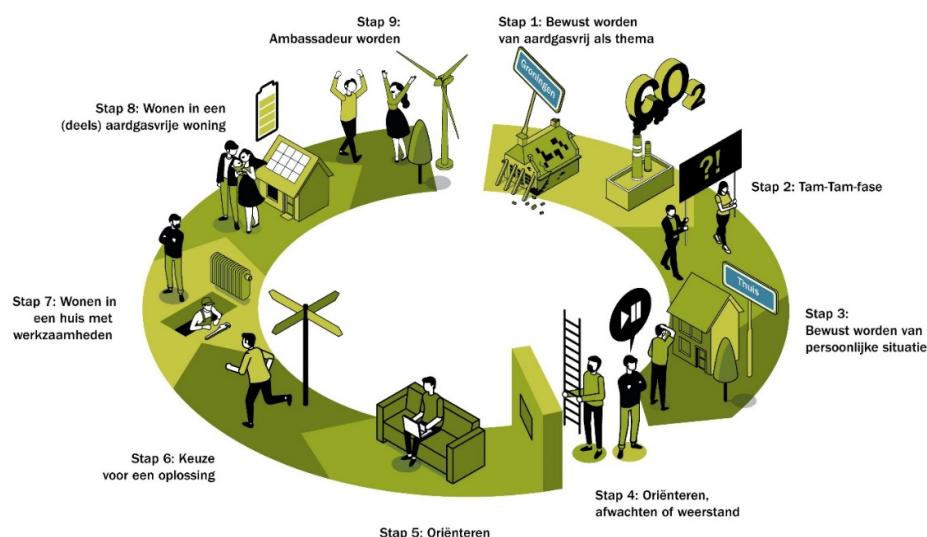
5.2 Effect beleidsinstrumenten op het draagvlak voor warmtenetten bij bewoners

De keuze voor een beleidsinstrument kan invloed hebben op het draagvlak voor warmtenetten. Deze relatie is echter complex en wordt mede bepaald door de bredere context van het proces richting aardgasvrij wonen. Binnen het huidige onderzoek kon niet voldoende aandacht besteed worden aan welke factoren de financieringsbereidheid voor warmtenetten bepalen. Hiervoor moet aanvullend onderzoek worden verricht. Voor het bepalen van draagvlak voor warmtenetten kan al wel veel worden geleerd van bestaand onderzoek naar de drijfveren en barrières die bewoners ervaren bij de overstap naar een aardgasvrije of meer duurzame woning. Het draagvlak van bewoners voor specifieke aardgasvrije alternatieven wordt slechts ten dele bepaald door de inhoud of voorwaarden van een financieringsinstrument. Draagvlak wordt met name gevormd door de ervaringen van bewoners met het gehele proces richting aardgasvrij wonen. Financieringsvormen worden dus niet beoordeeld in een vacuüm, maar zijn qua acceptatie grotendeels afhankelijk van hoe bewoners de bredere transitie naar aardgasvrij wonen ervaren.

In deze paragraaf geven we een overzicht van bestaande inzichten over wat het draagvlak bepaald voor de warmtetransitie in de gebouwde omgeving. We beschrijven eerst een aantal belangrijke drijfveren en barrières die een rol spelen bij draagvlak voor de warmtetransitie in het algemeen. Vervolgens kijken we meer specifiek naar een aantal drijfveren en barrières ten aanzien van warmtenetten en beschrijven we een aantal belangrijke aanbevelingen bij het ontwikkelen van financieringsinstrumenten. Daarnaast schetsen we hoe de businesscase van een warmtenet en het draagvlak voor een warmtenet elkaar kunnen beïnvloeden. Ten slotte zullen we kijken naar mogelijkheden voor verder onderzoek en het potentieel en belang van een beter begrip hoe deze relaties werken.

5.2.1 *Drijfveren en barrières van bewoners hangen af van waar ze zich bevinden in de klantreis richting aardgasvrij wonen*

Om het draagvlak voor (financiering van) warmtenetten te vergroten is het belangrijk om aan te sluiten bij de wensen en behoeftes van bewoners. Deze wensen en behoeftes van bewoners verschillen afhankelijk van waar ze zich in het proces bevinden richting aardgasvrij wonen. De klantreis aardgasvrij wonen biedt hier inzicht in door onderscheid te maken in 9 stappen.



In de eerste drie stappen van de klantreis staat bewustwording van bewoners centraal. Ze worden zich bewust van wat aardgasvrij wonen inhoudt en wat de plannen voor aardgasvrij wonen in hun gemeente zijn. Ook vormen ze hun initiële mening over aardgasvrij wonen en denken na over wat dit voor hun eigen situatie zou betekenen. Deze bewoners zijn onder andere op zoek naar duidelijke, transparante informatie over wat er al besloten is, waar nog onduidelijkheid over is, waar men over mee kan denken en op welke manier.

De volgende drie stappen in de klantreis richten zich op besluiten. Bewoners gaan na of ze wel of niet mee willen gaan in het voorstel dat voorligt om aardgasvrij te worden, of dat ze zich eerst nog meer willen oriënteren. In deze fase wordt het 'echt' voor bewoners. Het is belangrijk om samen met bewoners concrete plannen voor individuele woningen af te stemmen. Hierbij zijn o.a. duidelijkheid over financiering, ontzorging en het tijdsplan met werkzaamheden belangrijk.

Bewoners die besluiten akkoord te gaan met het verduurzamen van hun woning komen in aanraking met de laatste drie stappen waarin de uitvoering centraal staat. Bewoners krijgen hier te maken met een huis waarin werkzaamheden plaatsvinden en uiteindelijk het wonen in een aardgasvrije woning. Zie voor een uitgebreide beschrijving van alle drijfveren en barrières het rapport [Woningen aardgasvrij: wat drijft en remt bewoners? | TNO](#). Over de uitvoeringsfase is nog relatief weinig bekend. TNO start een nieuw onderzoek naar de uitvoeringsfase in 2022.

5.2.2 *Drijfveren en barrières rondom attitudes en betrokkenheid bij het proces zijn het meest bepalend voor draagvlak*

De drijfveren en barrières zijn ook in te delen naar soort. Er zijn specifieke drijfveren en barrières die te maken hebben met

- een product of dienst (dit kan ook een bepaalde financieringsvorm zijn),
- de karakteristieken van individuele bewoners,
- bestaande aannames of attitudes en/of
- ervaringen met het proces.

Hoewel in beleidsontwikkeling vaak veel nadruk wordt gelegd op product of bewonerskarakteristieken, blijkt in de praktijk dat bestaande aannames die bewoners hebben (ontwikkeld) en hun ervaringen met het gehele proces richting aardgasvrij wonen belangrijker indicatoren zijn voor draagvlak. Enkele voorbeelden van aannames zijn: "aardgas is een schone brandstof (barrière)", "de elite legt het ons op (barrière)", "uiteindelijk moeten we toch van het aardgas af (drijfveer)", "aardgasvrij wonen is veiliger (drijfveer)". Enkele voorbeelden van ervaringen met het proces zijn: "ik heb het gevoel geen keuze te hebben (barrière)", "mijn inbreng over wat er technisch mogelijk is in mijn woning wordt niet serieus genomen (barrière)", "ik heb het idee dat er goed naar mij geluisterd wordt (drijfveer)", "ik het vertrouwen in het wijkteam (drijfveer)".

Het draagvlak voor (financiële) producten is daarom voor een belangrijk deel afhankelijk van het draagvlak voor de (lokale) warmtetransitie. Het is daarom van belang dat bij het ontwikkelen en introduceren van bepaalde (financiële) producten hierop wordt ingespeeld. Deze drijfveren en barrières spelen in het algemeen een belangrijke rol, of het nu de aansluiting op een warmtenet, all-electric wonen of stap voor stap verduurzamen betreft. Op de site van [Energy.nl - Energy.nl](#) staan tips, tools en praktijkvoorbeelden van hoe om te gaan met verschillende uitdagingen rondom bewonersparticipatie.

5.2.3 *Bewoners ervaren specifieke drijfveren en barrières bij de aansluiting op een warmtenet*

In een onderzoek dat TNO heeft uitgevoerd voor Enpuls is onderzocht hoe bewoners warm kunnen worden gemaakt voor een warmtenet. Bij het ontwikkelen van financieringsmaatregelen voor warmtenetten is het belangrijk om mee te nemen hoe bewoners aankijken tegen dit aardgasvrije alternatief. Zie voor het volledige rapport: [Hoe krijg je bewoners warm voor een warmtenet? | Energy](#). Een aantal belangrijke conclusies zijn:

- Over het algemeen is het kennisniveau onder bewoners over wat een warmtenet precies is en hoe het werkt laag.
- Bewoners hebben vaak weinig vertrouwen in warmtebedrijven.
- Bewoners hechten sterk aan autonomie en onafhankelijkheid en ervaren weerstand tegen de monopolypositie van warmtebedrijven. Dit maakt ook dat bewoners positiever staan tegenover buurtwarmtenetten.

- De waardes verbondenheid en invloed spelen een belangrijke rol. De wijze en het moment waarop bewoners worden betrokken bij het besluitvormingsproces bepalen daarom in grote mate hun houding ten opzichte van warmtenetten.
- De keuze van de warmtebron voor een warmtenet heeft invloed op het draagvlak onder bewoners. Bewoners staan positiever tegenover warmtenetten met duurzame bronnen.

5.2.4 *Aanbevelingen bij het ontwikkelen van financieringsinstrumenten in algemene zin*
 Naast onderzoek naar drijfveren en barrières van bewoners ten aanzien van de warmtetransitie heeft TNO ook onderzoek gedaan naar de perceptie van woningeigenaren van financieringsinstrumenten. De inzichten uit dit onderzoek bieden belangrijke aanknopingspunten voor het ontwikkelen en implementeren van financieringsinstrumenten. Zie voor het volledige rapport: [Subsidie is een suikeroom. En lening een lange man in een zwarte jas.](#) | [Energy](#)

- Zet in communicatie en advies over financieringsconstructies het doel b.v. “verduurzaming van de woning”, centraal. Financiering wordt gezien als een middel dat de eigenaar-bewoners ondersteunt bij het bereiken van dit doel
- Houd rekening, bij het bespreken en aanbieden van financieringsopties voor verduurzaming van woningen met ouderen, met de afwijkende percepties die deze groep heeft over verduurzaming en financieringsmogelijkheden.
- Bied afdoende ondersteuning en zekerheid voor huiseigenaren met een laag inkomen en/of weinig eigen vermogen (spaargeld), zodat zij zich minder zorgen hoeven te maken over de mogelijke gevolgen van financiering van verduurzaming van hun woning.

5.2.5 *Vervolgonderzoek naar investeringsbereid van bewoners is nodig*
 Het is belangrijk om meer inzicht te krijgen in hoeveel bewoners willen betalen voor een warmtenet. Hiervoor is nader onderzoek nodig naar welke factoren bepalend zijn of bewoners willen investeren in warmtenetten. Dit onderzoek sluit aan op bestaande kennis over de perceptie van bewoners over verschillende financieringsconstructies (soorten leningen, subsidies en spaarconstructies).

5.3 Effecten van beleidsinstrumenten op innovatie, systeemintegratie en kostenreductie

De keuze voor beleidsinstrumenten heeft niet alleen effect op de buurten waar een warmtenet tot stand kan komen, maar kan ook invloed hebben op de innovatie en technologische vooruitgang in warmtenetten in Nederland.

Zoals besproken in de paragraaf over de investeringsbereidheid van warmtebedrijven zien we twee typen ontwikkeling: uitbreiding van hoge-/midden-temperatuurnetten in bestaande bouw en de aanleg van nieuwe lage-temperatuurnetten. Bij beide typen ontwikkeling kunnen voorwaarden gesteld worden aan alle beleidsinstrumenten die innovatie en kostenreductie kunnen stimuleren. Dit kan gaan om toepassing van specifieke technieken, onderzoek of striktere voorwaarden aan bijvoorbeeld duurzaamheid of warmteverlies.

5.3.1 Instrumenten en technologiekeuze

Subsidies kunnen eenmalig een onrendabele top van bijvoorbeeld een innovatieve techniek afdekken. Financieringsinstrumenten kunnen dit ook, maar werken ook op een andere manier door in de keuzes die bij een investeringsbeslissing in een

warmtenet worden gemaakt. Als financieringsinstrumenten bepaalde risico's in de businesscase afdekken dan kan het vereiste projectrendement dalen en daarmee daalt de discontovoet van toekomstige kasstromen. Hierdoor tellen toekomstige kasstromen sterker mee in de investeringsbeslissing. Daardoor worden investeringen die nu kosten maken, maar in de toekomst besparingen opleveren relatief aantrekkelijker. De verhouding tussen OPEX en CAPEX in de businesscase verschuift hierdoor (zie kader).

Dit kan bijvoorbeeld meespelen voor investeringen in de verduurzaming van de warmtebron. Als de keuze gemaakt moet worden om te (her)investeren in een fossiele warmtebron terwijl duidelijk is dat over tien jaar overgeschakeld moet worden op een duurzame bron, dan zal de investering over tien jaar zwaarder meetellen als de discontovoet lager is. Het kan hierdoor aantrekkelijker worden om direct te investeren in de duurzame bron. Ook kan het ervoor zorgen dat warmteverliezen tijdens transport zwaarder meetellen in de businesscase waardoor investeren in betere leidingen rendabel worden. Dit zorgt ervoor dat er in het gehele systeem minder energie nodig is om dezelfde aansluitingen van warmte te voorzien. Ook kan dit de temperatuurverlaging vergemakkelijken, die soms nodig is bij overschakeling op duurzame bronnen. Hetzelfde kan gelden voor andere onderdelen van het warmtenet zoals hogere kwaliteit installaties of leidingen die besparen op onderhoud of herinvesteringen later.

Relatie tussen projectrendement en verhouding tussen OPEX en CAPEX

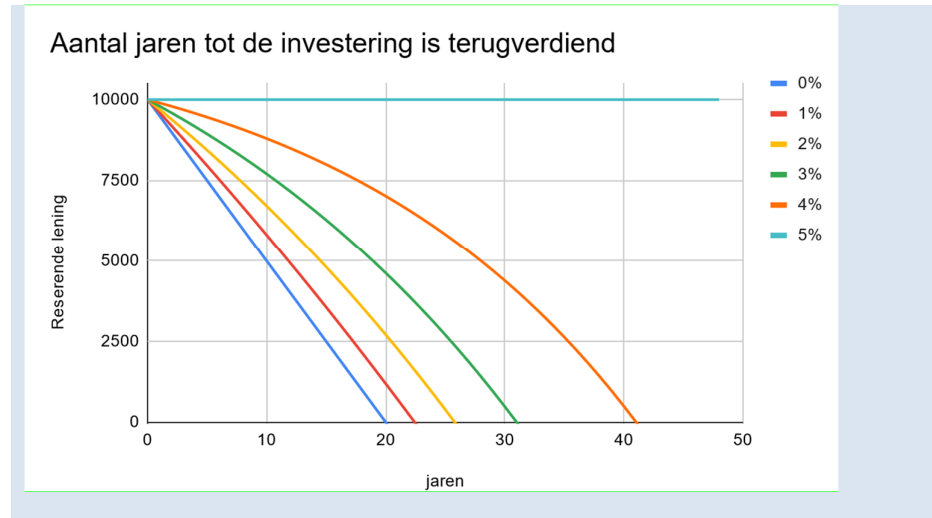
Stel: een warmtebedrijf gaat investeren in een warmtenet waarvoor zij een exploitatievergunning van 30 jaar heeft. Zij staat voor de keuze om te investeren in een nieuwe technologie die een extra investering vraagt van 10.000 euro, maar jaarlijks 500 euro bespaart zolang het warmtebedrijf het warmtenet kan exploiteren.

Als het warmtebedrijf rekent met een rendement van 5% voor de 10.000 euro dan zal de besparing alleen het rendement dekken en is het niet de moeite om de investering te doen binnen het kader van de businesscase.

Wordt het rendement echter teruggebracht tot 4% dan zal er meer bespaard worden en kan de lening worden terugbetaald. Dit kost echter 42 jaar en tegen die tijd is de vergunning van het warmtebedrijf verlopen. Tenzij het warmtebedrijf ook na het aflopen van de vergunning nog kan exploiteren is dit geen rendabele investering.

Als het rendement verder kan worden teruggebracht tot 3% dan wordt de investering ook niet rendabel omdat de lening na 33 jaar is terugbetaald. Verdere verlaging van het rendement levert wel een - steeds gunstigere - investering op voor het warmtebedrijf.

Door dit effect wordt bij een lager rendement het steeds aantrekkelijker om nu grotere investeringen te doen die op termijn kleinere besparingen of inkomsten opleveren. In andere woorden, bij een lager projectrendement telt de toekomstige OPEX zwaarder mee dan de CAPEX in de investeringsbeslissing.



Het verlagen van het projectrendement beïnvloedt dus de technologiekeuze: er is een prikkel om hoogwaardige en duurzame spullen te gebruiken waarvoor een relatief hoge prijs geaccepteerd kan worden. Deze keuze zorgt dan juist ook weer voor lagere kosten op de lange termijn: een pijpleiding met minder verliezen of een aansluiting die minder onderhoud vergt verdient zich na verloop van tijd terug. Zo kan een warmtenet wat hoge initiële kosten heeft op termijn juist tegen lagere tarieven rendabel gehouden worden.

Het projectrendement heeft ook gevolgen voor de onderhandelingen over het eigenaarschap van het warmtenet na het aflopen van de exploitatievergunning. Bij een lager rendement telt de waarde van het warmtenet na 30 of 40 jaar sterker mee dan bij een hoger rendement. Indien het warmtenet zijn technische levensduur nog niet heeft bereikt, kan de maatschappelijke waarde van het net nog groot zijn. Idealiter reflecteert de economische waarde dit zoveel mogelijk.

5.3.2 *Systeemintegratie*

Systeemintegratie betreft de integratie van warmte, koeling en elektriciteit. Er zijn verschillende trends waardoor systeemintegratie in toenemende mate wenselijk zal worden voor de warmtevoorziening.

Ten eerste kan het integreren van warmte en elektriciteit in de warmtevoorziening de onbalansen in het elektriciteitsnetwerk die samenhangen met de overgang naar duurzame bronnen gedeeltelijk opvangen. De productie van duurzame energie via wind en zon levert aanbodpieken op het elektriciteitsnetwerk op. De duurzaam opgewekte energie kan omgezet worden naar warmte en opgeslagen worden. Warmteopslag is vaak eenvoudiger en goedkoper dan elektriciteitsopslag en kan snel veel elektriciteit omzetten. In de huidige situatie van netcongestie en het afschakelen van duurzame bronnen op het moment dat er te veel geproduceerd wordt, kunnen warmtenetten een bijdrage leveren aan de oplossing door de inzet van elektroboilers en warmtebuffers. Op die manier hoeft duurzame energie niet weggegooid te worden.

Ten tweede zal de vraag naar koeling in de gebouwde omgeving de komende jaren toenemen.⁴ Koeling gebeurt nu vaak elektrisch en dit levert een piekvraag op het

⁴ Vera Rovers, Robin Niessink, Pieter Loonen, Arianne van der Wal, Edwin Matthijssen (2021). Energievraag van ruimteteoeling in woningen. TNO 2021 P12657

elektriciteitsnetwerk op. Geïntegreerde warmtenetten kunnen ook gebruikt worden om gebouwen te koelen. Hierdoor kan de elektriciteitsvraag beperkt worden. Warmtenetten die zowel duurzame warmte als elektriciteit gebruiken voor de warmtevoorziening en zowel warmte als koude leveren, kunnen dus bijdragen de onbalansen op het elektriciteitsnetwerk op te lossen. Dit is gunstig omdat dit minder investeringen vraagt in het elektriciteitsnetwerk en daarmee tot lagere tarieven voor eindgebruikers kan leiden. Vaak is dit ook gunstig voor de warmtevoorziening omdat de afgenomen elektriciteit goedkoop, gratis of soms zelfs tegen een negatieve prijs te verkrijgen is. Dat is gunstig voor de businesscase van warmte en kan zich vertalen in lagere aansluitkosten of tarieven voor de afnemers. Koeling via een geïntegreerd warmtenet is vaak ook goedkoper voor afnemers dan volledig elektrische koeling. Levering van koeling kan ook de businesscase van het warmtenet verbeteren door een grotere afzet.

Lage temperatuur warmtenetten zijn in staat om restwarmte in de wijk op te nemen en weer te gebruiken. Ze kunnen gevoed worden met restwarmte van supermarkten, van scholen, van kantoren, met warmte uit de riolering, met aquathermie e.d. Uiteindelijk kunnen deze netten een bijdrage leveren aan een energiepositieve gebouwde omgeving. De onderzoeksorganisatie RHC van Euroheat and Power verwacht dat er steeds meer kleine, integrale energiesystemen komen met lage temperatuur verwarming, die onderling met elkaar verbonden worden.⁵

Systeemintegratie is in Nederland nog maar beperkt toegepast. In de landen om ons heen wordt – meer nog dan in Nederland- al druk geëxperimenteerd met kleinschalige, integrale energiesystemen voor warmte, koeling en elektriciteit. Hierbij is de afstemming tussen warmte en elektrische verwarming eenvoudiger dan op grote schaal. Tevens is isolatie vaak beter en zijn de warmteafgiftesystemen aangepast waardoor lage-temperatuurverwarming toepasbaar is.

Voor de keuze tussen beleidsinstrumenten betekent dit dat om systeemintegratie te stimuleren, de instrumenten in ieder geval kleinere innovatieve systemen niet moeten uitsluiten. Afstemming met regelgeving en beleidsinstrumenten rondom elektriciteit is ook aan te bevelen.

⁵ <https://www.rhc-platform.org/content/uploads/2019/10/RHC-VISION-2050-WEB.pdf>

A Methode koppeling Startanalyse en Template Businesscase Warmtenetten

Uit de gegevens van de Startanalyse zijn variabelen per buurt overgenomen en ingevoerd in het template om per buurt een berekening te kunnen maken van de onrendabele top. Dit gaat om zaken als de lengte van de transport-, primaire en secundaire leidingen, de kosten hiervan en de warmtevraag in de wijk. Zie tabel A.1 voor een specificering hiervan met de namen van de variabelen uit de resultaten van de Startanalyse. Voor de overige variabelen is de defaultwaarde uit het template businesscase warmtenetten gebruikt.

Naast de variabelen uit de Startanalyse is apart een berekening gemaakt van de warmte-inkoop prijs en -hoeveelheid. De warmte-inkoop prijs is bepaald op basis van de correctie prijs uit het eindadvies basisbedragen SDE++ 2020 voor restwarmte en geothermie. Deze prijs bedraagt 5 euro per GJ. Hier moet echter nog het aandeel van hulpketels bij opgeteld worden. Op basis van de berekeningen voor het WarmingUp-programma is de warmte prijs voor hulpketels vastgesteld op 19 euro per GJ.⁶ Het Functioneel ontwerp Vesta-Mais 5.0 geeft een verhouding tussen warmtebron en hulpketels van 80-20%. Op basis daarvan is de warmte-inkoop prijs voor het warmtebedrijf vastgesteld op 7 euro per GJ.

Voor de berekening van de inkoophoeveelheid (in GJ) voor het warmtebedrijf is gekozen om het aantal woningequivalenten per buurt te vermenigvuldigen met de warmtevraag voor ruimte- en tapwaterverwarming per woningequivalenten per buurt uit de Startanalyse. Dit is vervolgens nog vermenigvuldigd met de defaultwaarde van het leidingverlies uit het template businesscase warmtenetten om tot de warmte-inkoophoeveelheid in GJ voor het warmtebedrijf per buurt te komen.

Voor de gevoeligheidsanalyse is de hierboven beschreven procedure herhaald met variatie in de waarden van de variabelen zoals beschreven in Hoofdstuk 4.

⁶ Wijnant S. en Menkveld M., Baten voor de warmteleverancier van vraagsturing in warmtenetten, rapportage in kader van WarmingUP, nog te publiceren.

Tabel A1. Ingevoerde gegevens uit de Startanalyse in het template businesscase warmtenetten. Niet opgenomen velden zijn niet aangepast ten opzichte van het template zoals te downloaden van de website van het Expertisecentrum Warmte.

Hoofdcategorie	Variabele in de businesscase Warmtenetten ECW	Einheid	Variabele uit Vesta
Algemeen	lengte hoofddistributietracé:	km	[1]
	lengte primaire leidingnetten:	km	L_Secundairnet_tot
	lengte secundaire leidingnetten:	km	L_aansl+L_aansl.1
CAPEX Hoofddistributie tracé	Kosten aanleg hoofddistributietracé	€/km	K06_Wnet_transport/0,0565387914
CAPEX Primaire Leidingnetten (toelichting)	Kosten aanleg primaire leidingnetten	€/km	(K_hoofdleiding + K_zijleiding)/(L_Secundairnet_tot/1000)
	Kosten van aanvullende installaties primaire leidingnetten	€	K_WOS
	Kosten onderstations primaire leidingnetten	€/stuk	Ki_wd_OS+Ki_wd_OS.1+Ki_id_OS
CAPEX Secundaire Leidingnetten (toelichting)	Kosten aanleg secundaire leidingnetten	€/km	Ki_wd_aansl+Ki_wd_aansl.1
CAPEX bij de aansluiting	Aansluitingen grondgebonden woning	€/stuk	Ki_id_aflever + Ki_id_leiding + Ki_id_Vergoeding + Ki_id_Leiding.1
Warmte inkoop e.d.	Vaste component warmte inkoop	€/jaar	[Zie tekst voor toelichting op berekening] I11_woningequivalenten * (H02_Vraag_RV + H03_Vraag_TW) * €7/GJ / (1-0,23)
Warmteverkoop	Aantal aansluitingen grondgebonden (individueel kleinverbruik)	[#]	A03_Aansl_MT..Aansluiting.
	Warmteverbruiken individueel kleinverbruik	[GJ/woning/jr]	H02_Vraag_RV + H03_Vraag_TW