



MKBA Warmte MRA



MKBA Warmte MRA

Dit rapport is geschreven door:

M. (Martijn) Blom

N. (Ellen) Schep

S. (Saliha) Ahdour

Jeroen Roos (Infinitus Energy Solutions)

Delft, CE Delft, november 2015

Publicatienummer: 15.7G86.85

Trefwoorden: Warmte / Restwarmte / Stedelijke omgeving / Maatschappelijke factoren / Economische factoren / Infrastructuur / Investerings / Rendement / Analyse

Opdrachtgever: Amsterdam Economic Board.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Blom.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Voorwoord

Binnen de Metropool Regio Amsterdam is recent de samenwerking gestart op het gebied van warmte en koude. Voor u ligt het resultaat van een boeiend eerste traject dat de aangesloten partijen samen hebben doorlopen: een onderzoek naar een duurzame warmtevoorziening in de MRA. Gekeken is naar de kansen en de maatschappelijk kosteneffectiviteit van drie uiteenlopende manieren om warmtevoorziening verder te verduurzamen. Daarbij is door de onderzoekers van CE Delft en Infinitus ver in de toekomst gekeken, richting 2040. In alle gevallen betekent dit dat het gasverbruik zal moeten afnemen.

De huidige warmtenetten in de MRA zijn daarvoor het vertrekpunt. Stap voor stap kunnen deze netten verder worden verknoopt, uitgebreid en van steeds CO₂-armere bronnen voorzien. Energiebesparing door m.n. een effectieve schilisolatie blijft daarbij een belangrijk onderwerp.

Dit onderzoek brengt kosten en baten van verschillende investeringspaden in beeld. Daarmee wordt beoogd het inzicht te vergoten in kosteneffectieve oplossingen om de gebouwde omgeving in de Metropoolregio van het gas af te helpen.

Projectteam CE Delft en Infinitus



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	10
1.1	Inleiding	10
1.2	Doel van het onderzoek	10
1.3	Wat is een MKBA?	11
1.4	Vergelijkbaarheid met eerdere studies	11
1.5	Leeswijzer	11
2	Aanpak	12
2.1	Inleiding	12
2.2	De MRA	12
2.3	Effecten en aannames	13
2.4	Koppeling externe CO ₂ en warmte tuinders	14
2.5	Effecten op gasnetten	15
2.6	Gevoeligheidsanalyse	16
3	Projectalternatieven	17
3.1	Inleiding	17
3.2	De ambitie van de MRA	17
3.3	Nulalternatief	18
3.4	Overzicht projectalternatieven	19
3.5	PA1: Smart Skin	20
3.6	PA2: Smart thermal grid	21
3.7	PA3: Smart installation and grid	24
3.8	Overzicht volumes per alternatief en opbouw besparingen	25
3.9	Ingroei kosten en baten	27
4	Overall resultaten	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Algemene uitgangspunten	29
4.3	Resultaat MRA	30
4.4	Ontwikkeling kosten en baten in de tijd	31
4.5	Inzetvolgorde warmtebronnen	31
4.6	Resultaat nationaal	32
4.7	Kosteneffectiviteit van geïnvesteerde klimaateuro	33
4.8	Gevoeligheidsanalyse	34
5	Resultaten per post	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Overall resultaat per post	37
5.3	Kosten	38
5.4	Baten	39



6	Conclusie en aanbevelingen	45
6.1	Conclusies	45
6.2	Aanbevelingen en leerevaringen	46
7	Bibliografie	48
Bijlage A	Gebruikte kengetallen en methoden	49
A.1	Kosten warmtenet en levensduur	49
A.2	Operationele kosten	51
A.3	Klimaat- en milieubaten	52
A.4	Energievraag- en prijzen	54
A.5	Energiebelasting/SDE	55



Samenvatting

De Metropoolregio Amsterdam biedt interessante kansen voor het benutten van restwarmte en duurzame warmte die op het niveau van individuele gemeenten binnen deze regio niet mogelijk is. In de Metropoolregio is sprake van een sterke dichtheid van warmteafnemers, en diverse beschikbare, relatief goedkope warmtebronnen met een relatief lage CO₂-uitstoot. Bovendien is er al een aantal veelbelovende warmte-initiatieven binnen en buiten Amsterdam die ervoor zorgen dat binnen enkele jaren in totaal meer dan 200.000 woningen en utiliteitsgebouwen zullen zijn aangesloten op een warmtenet. Deze en nieuwe warmte-oplossingen leveren een belangrijke bijdrage aan de ambitie om in 2040 een klimaatneutrale energievoorziening gestalte te geven.

Een regionaal-gecoördineerde aanpak gericht op het verduurzamen van de warmtevoorziening biedt mogelijk voordelen ten opzichte van een aanpak met gebouwgebonden maatregelen en per gemeente. Op verzoek van de warmteregisseur van de Metropoolregio Amsterdam analyseert deze maatschappelijke kostenbatenanalyse de maatschappelijke efficiëntie van een regionale inzet op warmte-oplossingen ten opzichte van een meer individueel gerichte aanpak.

De warmteambitie van de MRA

Met het Programma MRA Warmte & Koude wordt beoogd een substantiële bijdrage te leveren aan de klimaatdoelstellingen van de MRA. Doelstelling van dit programma is een jaarlijkse CO₂-besparing van 400 kton per jaar in 2040. Concreet betekent dit dat 400.000 woningequivalenten (WEQ¹) verduurzaamd moeten worden door middel van nieuwe en uitbreiding van bestaande warmte-infrastructuur. Aangezien ook gemeenten die het Programma niet hebben ondertekend (bijv. Almere) een bijdrage kunnen leveren, is rekening gehouden met een bijgestelde ambitie van 500.000 WEQ voor 2040.

Vertaling naar projectalternatieven

Kosten en baten worden afgezet tegenover het nulalternatief. Dit is de meest waarschijnlijke ontwikkeling zonder (regionale) stimulering van specifieke investeringen gericht op de verduurzaming van de vraag naar warmte. De MKBA gaat uit van een peildatum van 1 januari 2015. Alle reeds gerealiseerde warmteprojecten en die waaronder de 'handtekening' (totaal 220.000 WEQ) reeds is gezet zijn opgenomen in het nulalternatief. Om de ambitie van de Metropoolregio te realiseren zullen dus nog eens 280.000 WEQ extra op een warmtenet moeten worden aangesloten. Globaal betekent dit 6 PJ aan energiebesparing ten opzichte van de reguliere warmtevoorziening (via ketels en warmtekracht). Daarmee kan warmte in de MRA circa 6% van de besparingsambitie in het Nationaal Energieakkoord leveren. Om 6 PJ aan energiebesparing te realiseren zijn drie verschillende investeringsalternatieven onderscheiden.

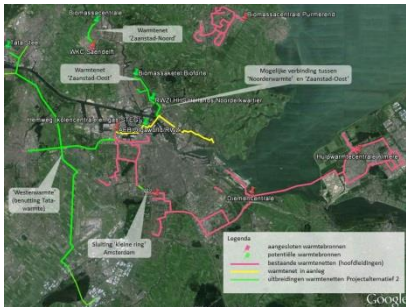
¹ Eén woningequivalent is gelijk aan het warmteverbruik van een gemiddelde woning. Hiermee kan het verbruik van bijvoorbeeld kantoren of kassen ook worden uitgedrukt in aantallen woningequivalenten.



Projectalternatieven

De projectalternatieven zijn hoeken van het speelveld. Uitgegaan is van verdergaande isolatie, benutting regionale warmtebronnen en combinaties van isolatie en lokale bronnen/netten. In de praktijk zullen de oplossingen een mix van deze uitersten vormen.

Alle alternatieven zijn afgezet tegenover een nulalternatief waarin het gasgebruik van woningen en kassen afneemt met respectievelijk 1,5 en 2% per jaar tot en met 2064. Concreet betekent dit dat besparingsbaten in de loop van de tijd zullen afnemen, aangezien woningen en kassen sowieso in de loop van de tijd beter worden geïsoleerd, ook met de onderzochte warmte-investeringen.

Naam	Typering	Beschrijving
Projectalternatief 1 'Smart Skin' (PA1)		– Geen nieuwe uitbreidingen warmtenet MRA. – Maatregelen gericht op energiebesparing schil bij woningbouw en glastuinbouw (A+ label). – Installatietechnische maatregelen worden vermeden, behalve ventilatie. – Omdat de besparing per object relatief beperkt is, moeten hogere volumes (woningen en kassen) gerealiseerd worden. – Besparing rond 35-60%.
Projectalternatief 2 'Smart Thermal Grid' (PA2)		– Grootschalige afzet van AVI-warmte (AEB), WKK-warmte (m.n. centrale Diemen) en industriële restwarmte (m.n. Tata Steel) in combinatie met duurzame bronnen zoals de toekomstige Biomass Plant Amsterdam en geothermie. – Verbindend warmtenet door de MRA (sluiting Kleine Ring, 'Westerwarmteleiding' vanaf Tata) – Hoogtemperatuur (aanvoer 95 °C). – Bestaand en nieuw tuinbouwareaal (Greenport), in totaal 325 hectare aan te sluiten. – Ca 200.000 woningen. – Besparing ca. 65%.
Projectalternatief 'Smart Installation' (PA3)		– Geen nieuwe uitbreidingen warmtenet MRA. – Combinatie van individueel en klein-collectief/wijkgerichte (60%) maatregelen. – Laagtemperatuur (aanvoer 70 °C). – Mix van grote klappers en kleinere besparingen. – Besparing tussen 35 tot 60%.

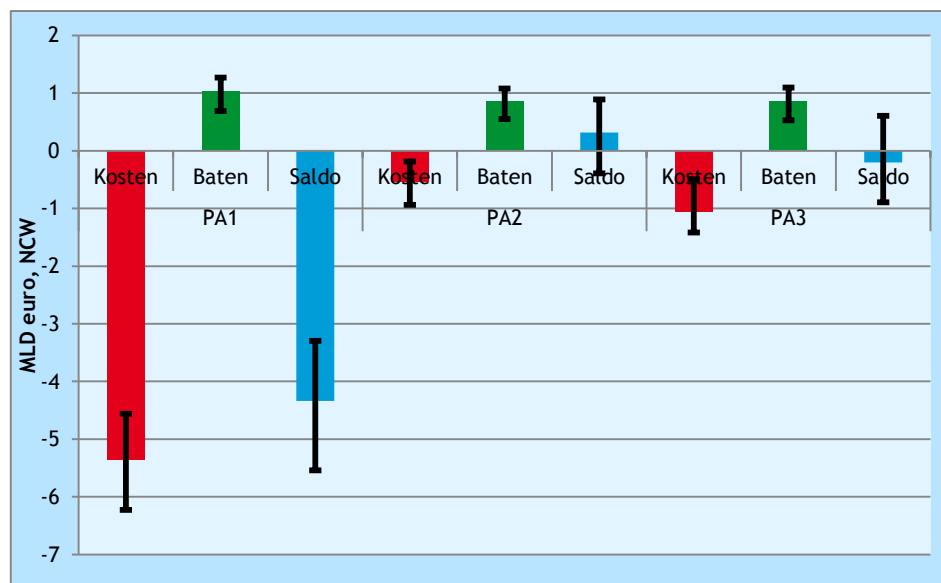
Resultaten MRA

De baten voor de regio zijn voor de investeerder (mogelijkheid om klanten te binden en daarop een rendement te maken) en gebruiker van koolstofarme warmte. Investeren in warmte biedt de mogelijkheid om een deel van de kostenvoordelen in de warmteketen ten goede te laten komen aan de gebruiker (afhankelijk in hoeverre de warmte ook onder gasprijs aan de consument aangeboden wordt). Over de precieze verdeling van kosten en baten in de vorm warmtepreizen doet deze MKBA geen uitspraak.

Naast financiële baten zijn er maatschappelijke baten in de vorm van klimaat, verbetering van luchtkwaliteit en regionale economie.

Figuur 1 laat het overall saldo van de drie projectalternatieven zien voor de Metropoolregio Amsterdam. Een positief MKBA-saldo (0,3 mld euro) van kosten en baten voor de Metropoolregio resulteert voor PA2. Belangrijkste posten uit het resultaat betreffen de investeringen, de bespaarde kosten voor aardgas en klimaatbaten. Daarbij is de onzekerheidsmarge significant, waarbij een stapeling van ongunstige financiële condities het positieve resultaat zou kunnen kantelen. In PA2 zijn de bespaarde gaskosten overigens al voldoende om de investeringen in het transport-, distributienet en hulpwarmtebronnen te kunnen dekken. Daarmee zou er dus mits gerekend met een maatschappelijke rentevoet (5,5%) sprake zijn van een sluitende (maatschappelijke) business case.

Figuur 1 MKBA-resultaat perspectief MRA (NCW, mld euro)



Noot: De balkjes geven de onzekerheidsmarge weer van kosten en baten.

PA1 kent daarentegen een fors negatief maatschappelijk saldo. PA1 doet een beroep op omvangrijke investering (5 mld) die tot een negatief maatschappelijk saldo leiden. Deze omvangrijke investeringen worden *niet* terugverdiend uit de lagere energienota van inwoners en bedrijven in Amsterdam, noch uit de maatschappelijke baten voor de regio die samenhangen met extra werkgelegenheid bij aanleg en beheer, klimaat, en verbeterde luchtkwaliteit.

Wat voor PA1 geldt, gaat in iets mindere mate ook op voor PA3. Ook in dit alternatief zien we dat het saldo gemiddeld negatief uitpakt, maar dat er gunstige combinaties zijn van meevallers waardoor een positief maatschappelijk saldo niet valt uit te sluiten. Het niveau van investeringen ligt tussen PA1 en PA2, wat aannemelijk is aangezien dit alternatief ook elementen hieruit combineert.

Kosteneffectiviteit van geïnvesteerde klimaateuro

PA2 is tevens het goedkoopste alternatief voor de Metropoolregio. Per ton vermeden ton CO₂ is het saldo dus positief, terwijl het PA1 en PA3 geld kosten (Figuur 2). Nationaal gezien is de investering in PA2 ook kosteneffectief met 30 euro per ton vermeden CO₂.

Figuur 2 Kosteneffectiviteit van geïnvesteerde klimaateuro



Noot: Negatief kost geld, positief levert per saldo geld op.

Conclusies

De conclusie is dat er een sterke case te maken is voor een regionaal-gecoördineerde aanpak van warmteoplossingen. Niet alleen is een regionaal verbindend warmtenet maatschappelijke efficiënt voor de Metropoolregio en Nederland, er zijn zeer aanzienlijk financiële en maatschappelijke besparingen mogelijk ten opzichte van een aanpak waarin iedere gemeente zijn eigen netten aanlegt en beheert. Deze situatie wordt immers benaderd door PA1 en PA3, met een veel ongunstiger saldo (negatief). Van de laatste twee alternatieven kan geconcludeerd worden dat een extreme inzet op een optimale energieprestatie binnen de woning, wijk of gemeente zich maatschappelijk niet meer laat terugverdienen. Naar verwachting betreft het meest economische investeringspad een combinatie van warmteoplossingen uit de verschillende projectalternatieven, waarbij een slim regionaal warmtenet in de Metropoolregio het mogelijk maakt om warmte met lage koolstofuitstoot van bron naar klant te krijgen.

Aanbevelingen en leerervaringen

De studie heeft geleid tot de volgende aanbevelingen om de haalbaarheid van regionale investeringen in warmte te verbeteren:

Nationaal: De MKBA gaat uit van een beduidend hogere waardering van m.n. de CO₂-prijs dan die op dit moment wordt betaald. Met hogere CO₂-prijzen op aardgas (ook voor de industrie) worden alternatieven voor aardgas aantrekkelijker en krijgt restwarmte ook meer waarde. De verhoging van de EB, bijvoorbeeld naar Deens niveau (61% van de gasprijs betaald door consumenten bestaat uit belasting), kan daarbij een belangrijke stimulerende werking hebben op warmte.

Regionaal: Het huidige implementatietempo van warmte-aansluitingen zal moeten worden opgevoerd tot minimaal 15.000 aansluitingen per jaar om in 2040 de beoogde 500.000 WEQ te kunnen realiseren. De kosteneffectieve oplossingen (het laaghangende fruit) zullen naar verloop van tijd uitgeput raken en bovendien zal de huursector binnen de woningbouw (de meest aantrekkelijke sector voor collectieve maatregelen) verzadigd zijn. De aandacht dient dan meer te gaan verschuiven richting de koopsector. Om het implementatietempo wel op peil te houden is een aanpak nodig die veel meer vanuit de klant wordt neergezet. Daarvoor dient de nieuwe warmte-aansluiting voor de klant minimaal goedkoper en aantrekkelijker (comfort, zekerheid, keuzemogelijkheid) te zijn dan aardgas. Regionale afspraken met investeerders en stakeholders zijn hiervoor noodzakelijk.

Regionaal: De meerwaarde van een regionale aanpak blijkt uit het energetisch en economisch slim benutten van restwarmte van steeds lagere temperaturen. Op lagere temperaturen is er naar verwachting bij een bedrijf zoals Tata meer restwarmte beschikbaar dan bij hogere temperaturen; ook de 'herbruikbaarheid' voor proceswarmte binnen Tata is dan kleiner. Door slimme combinaties te maken van hoge temperaturen in de woningbouw (bijv. 90°C) en de retourwarmte daarvan nog in te zetten in de glastuinbouw (60-70°C) kan dezelfde hoofdinfrastructuur dubbel worden benut. Het verdient een sterke aanbeveling om daarom het onderzoek naar restwarmte bij Tata uit te breiden en ook naar restwarmte van lagere temperaturen te kijken.

Regionaal: Het regionale warmtenet leunt sterk op een beperkt aantal grotere warmtebronnen (AEB, Tata). Belangrijke investeringsbeslissingen in de core business van deze bedrijven en de transitie naar een circulaire economie kunnen de zekere warmtelevering op het spel zetten. Openstelling van de netten via een gereguleerd invoedingsmodel voor meerdere producenten is een voorwaarde om afhankelijkheid te beperken en een goedwerkende MRA-warmtemarkt aan de producentenkant te borgen.

Regionaal: Vanwege de lange terugverdientijden en financiële risico's bij beheer zal er een stevige investeringsinbreng vanuit samenwerkende overheden noodzakelijk zijn om een aantal verbindende transportschakels van de grond te krijgen. Per schakel zal daarvoor naar de meest geëigende oplossing moeten worden gezocht afhankelijk van financiële risico's en maatschappelijk nut. Ons MKBA-model kan daarbij zowel financieel en maatschappelijk helpen investeringen te prioriteren.



1 Inleiding

1.1 Inleiding

De Warmtevisie van het Kabinet geeft aan dat het benutten van restwarmte een belangrijke bijdrage levert aan de energietransitie. Energiebesparing kan bereikt worden door restwarmte² vanuit de industrie- en energiesector nuttig te gebruiken in de regio's met dichtbevolkte stedelijke gebieden of clusters met tuinbouwbedrijven, zoals de IJmondregio. Voor de Metropool Regio Amsterdam (MRA) is dit mogelijk vanwege de aanwezigheid van afvalverbrandingsinstallaties, de metaalindustrie en energiecentrales³.

Met het programma MRA Warmte & Koude wordt beoogd een substantiële bijdrage te leveren aan de klimaatdoelstellingen van de MRA. Doelstelling van dit programma is een jaarlijkse CO₂-besparingsdoelstelling van 400 kton per jaar in 2040. Dit is omgerekend tot het aansluiten van in totaal 400.000 woningequivalenten (WEQ) op een warmtenet in de MRA.

De investeringen in een nieuwe warmtevoorziening kan in potentie aanzienlijke baten voor de regio opleveren in termen van werkgelegenheid, klimaat, innovatie en mogelijk het efficiënt voorzien in de koudevraag in een veranderend stedelijk klimaat. Een regionaal-gecoördineerde aanpak biedt mogelijk voordelen ten opzichte van een aanpak gericht op warmteoplossingen die per gemeente worden gezocht.

In deze studie worden de maatschappelijke kosten en baten geanalyseerd van investeren in verschillende warmteoplossingen in MRA. Op basis hiervan kunnen er conclusies worden getrokken over de meerwaarde van een regionale aanpak.

1.2 Doel van het onderzoek

In deze studie wordt een maatschappelijke kostenbatenanalyse (MKBA) uitgevoerd voor de warmtevoorziening binnen de MRA met als doel:

- inzicht geven in de maatschappelijke efficiëntie van inzet op duurzame warmte in de MRA;
- inzicht geven in handvaten voor selectie van kansrijke investeringspaden om doelen te halen;
- inzicht geven in de kostenbesparingen door regisseurschap vanuit de MRA t.o.v. de afzonderlijke ontwikkeling van gemeentelijke netten.

Dit onderzoek beschrijft de resultaten van de MKBA voor de Metropoolregio Amsterdam.

² Onder 'restwarmte' wordt hier dus ook warmte verstaan die door het gebruik ervan op andere locaties milieueffecten veroorzaakt. Immers, elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties produceren minder elektriciteit als daar warmte van bijv. 90-110°C van wordt afgetapt. Die elektriciteit moet elders worden opgewekt en veroorzaakt daar o.a. CO₂-emissie. Daardoor is het fossiel energierendement van deze warmte niet oneindig hoog. Hiermee houden wij rekening in deze MKBA.

³ H.G.J. Kamp. Kamerbrief Warmtevisie. 02-04-2015.



1.3 Wat is een MKBA?

Een maatschappelijke kostenbatenanalyse (MKBA) heeft tot doel de verschillende opties voor de uitvoering van een project op integrale wijze met elkaar te vergelijken. Alle effecten worden vervolgens zoveel mogelijk in geld uitgedrukt en vervolgens telt men deze op, zodat een integrale afweging mogelijk is. Bij het bepalen van de kosten en baten wordt uitgegaan van een ruim welvaartsbegrip en worden de kosten en baten gekwantificeerd en gerelateerd aan specifieke partijen om daarmee de eventuele noodzaak van overheidshandelen te kunnen onderbouwen. Een positief saldo duidt op een project dat de welvaart voor de regio Amsterdam verhoogt. Een negatief saldo duidt op een project dat de regionale welvaart verlaagt.

Voor de MKBA MRA wordt gebruik gemaakt van een kengetallen-MKBA⁴.

1.4 Vergelijkbaarheid met eerdere studies

Als uitwerking van de Warmtevisie van het ministerie van EZ zal de komende tijd de rol van de Rijksoverheid bij de ondersteuning van regionale warmtenetten uitkristalliseren.

Om het maatschappelijk rendement van verschillende regionale warmtenetten te benchmarken is niet alleen een uniforme meetlat nodig. Hiervoor is een nationale insteek nodig, en zouden we warmte-investeringen in de MRA vergelijkbaar willen presenteren met andere MKBA's. De aanpak in deze MKBA sluit daarom aan bij de MKBA Warmte voor Zuid-Holland.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de methode van het uitvoeren van de MKBA MRA.
Hoofdstuk 3 presenteert het nulalternatief en de projectalternatieven.
Hoofdstuk 4 geeft de algemene resultaten van de MKBA MRA per alternatief.
Hoofdstuk 5 gaat in op resultaten per type kosten en baten. In *Hoofdstuk 6* staan de conclusies en aanbevelingen voor realisatie van een koolstofarme warmtevoorziening in de MRA.

⁴ Dit in tegenstelling tot MKBA Warmte voor Zaanstad waarbij kosten en baten worden vergeleken op basis van concrete business cases voor Zaanstad-Noord (Assendelft, Saendelft) en Zaanstad-Oost (Zaandam).



2 Aanpak

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak van de kentallen-MKBA. Per MKBA worden het nulalternatief en de projectalternatieven beschreven en de bijbehorende uitgangspunten. Verder worden de kosten en baten die worden meegenomen in de MKBA gepresenteerd.

2.2 De MRA

De Metropool Regio Amsterdam (MRA) is een platform van lokale en regionale overheden in het noordelijke deel van de Randstad. In totaal doen 36 gemeenten, de Stadsregio Amsterdam en de provincies Noord-Holland en Flevoland mee aan dit platform. Daarbij ligt de focus op onderdelen waarbij de samenwerking in MRA-verband duidelijke meerwaarde heeft of zelfs noodzakelijk is.

Eén van de onderdelen waar een gezamenlijke aanpak van meerwaarde kan zijn is een regionaal warmtenet dat bestaande en nieuwe stadsnetten met elkaar verbindt. De aanleg van een warmtenet kan een belangrijke stap zijn in de overgang van het gebruik van fossiele brandstoffen naar duurzame energie, die bovendien lokaal wordt opgewekt. De regio kenmerkt zich door een sterke vraagdrichtheid en daarnaast zijn er diverse relatief goedkope en grote warmtebronnen beschikbaar in de vorm van elektriciteitscentrales (zoals Diemen (gas), Hemweg (kolen/bijstook biomassa en gas), afvalverbranding (AEB), industrie (Tata Steel) en warmte uit RWZI rioolwaterzuiveringsinstallaties). Vraag en aanbod liggen op relatief korte afstanden van elkaar.

De baten voor de regio zijn voor de investeerder (mogelijkheid om klanten te binden en daarop een rendement te maken) en gebruiker van koolstofarme warmte. Investeren in warmte biedt de mogelijkheid om een deel van de kostenvoordelen in de warmteketen ten goede te laten komen aan de gebruiker (afhankelijk in hoeverre de warmte ook onder die van gas aangeboden zal worden). Naast financiële baten zijn er maatschappelijke baten in de vorm van klimaat en verbetering van luchtkwaliteit.

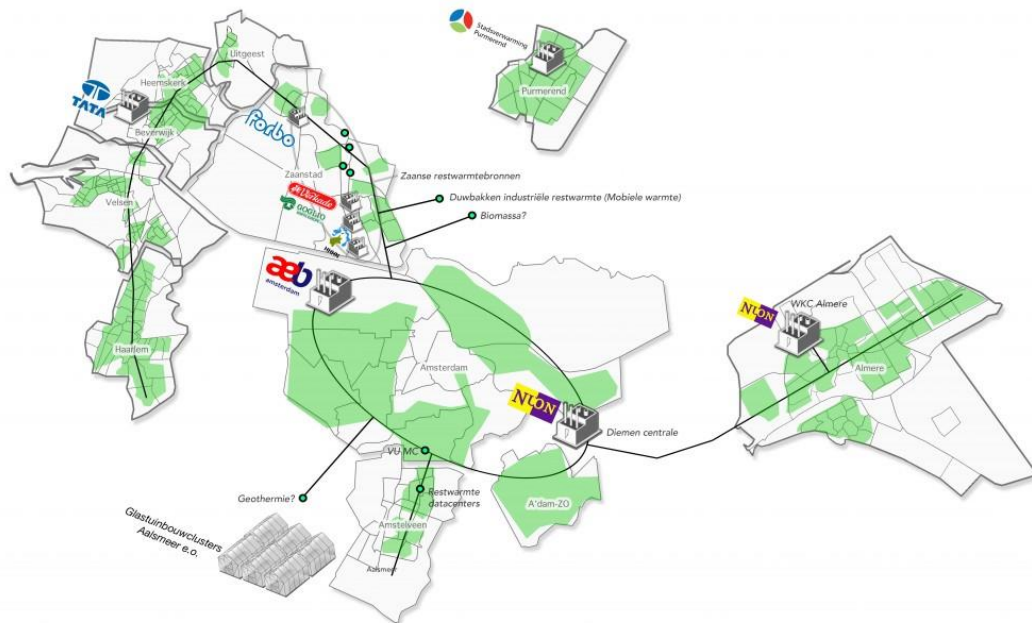
De uitkomsten van de MKBA laten we zien voor de MRA; dat wil zeggen de kosten en baten voor alle metropoolinwoners en -bedrijven. Naast de MRA laten we zien wat de kosten en baten voor Nederland zijn (zie volgende box).

Energiebelasting en warmte

Een aandachtspunt hierbij is dat er geen Energiebelasting geheven wordt over warmte als geleverde energiedrager. Dit betekent dat de verschuiving van de energiedrager gas naar geleverde warmte aan de ene kant gepaard kan gaan met een efficiënter en duurzamer productie van warmte, maar aan de andere kant gepaard gaat met een derving van inkomsten uit de Energiebelasting voor de overheid. Dit nadeel dient in een *nationale* MKBA opgenomen te worden. Een samenhangend aandachtspunt is dat verschillende warmtetechnieken (geothermie) in aanmerking komen voor de SDE+. Sinds 2013 wordt de SDE+ gefinancierd via een opslag op de energierekening. De subsidie is in feite een baat voor (toekomstige) aardwarmteprojecten in de MRA, maar wordt gefinancierd door alle energiegebruikers. Met andere woorden tegenover de plus van de ontvanger staat voor Nederland als geheel de min van de hogere energierekening van de eindgebruiker.



Figuur 2 Houtskoolschets voor koppeling en uitbreiding van bestaand warmtenet in de MRA



Bron: Programma MRA Warmte & Koude.

2.3 Effecten en aannames

Er zijn meerdere aannames die gemaakt zijn voor het uitvoeren van de MKBA:

- De kosten en baten van een groene warmtevoorziening in de MRA worden gepresenteerd voor deze regio en voor Nederland als geheel. Dit laatste is relevant gezien het effect van het afstappen van het gasnet op de inkomsten uit energiebelasting voor de staat en de uitgaven aan SDE+.
- De kosten en baten worden gekwantificeerd voor de periode 2015-2065, waarbij de investeringen in het warmtenet worden uitgesmeerd over de periode 2015-2040 aangezien de warmteopties in de nabije toekomst worden geïmplementeerd om het doel van 400.000 WEQ (500.000 WEQ bijgesteld) te halen.
- De berekende effecten worden vervolgens contant gemaakt naar een basisjaar (2015), met als discontovoet het momenteel door het ministerie van Financiën voorgeschreven percentage van 5,5%⁵, bestaande uit een reële risicovrije rente van 2,5% en een risico-opslag van 3%⁶. Voor klimaat- en gezondheidsbaten wordt een lagere risico-opslag gehanteerd (1,5%), waarmee de discontovoet uitkomt op 4%.

De MKBA wordt uitgevoerd middels het rekenmodel ontwikkeld door CE Delft en Infinitus Energy Solutions voor de MKBA Warmte Zuid-Holland. Hierbij worden de effecten uit Tabel 1 meegenomen.

⁵ Referentie MinFin.

⁶ Voor effecten met een onherroepelijk karakter (bijv. gezondheid en klimaat) wordt een lagere risicopremie van 1,5 % voorgeschreven (totale discontovoet = 4%).

Tabel 1 MKBA-effecten

Type effect	Effect	Waardering	Schaalniveau	Duur
Direct	Eenmalige investeringskosten	€	MRA en nationaal	2015-2040
	Herinvesteringen	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Exploitatiekosten (O&M)	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Exploitatiekosten (inkoop CO ₂ glastuinbouw)	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Bespaarde brandstofkosten	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Welvaartseffect koudelevering	€	MRA en nationaal	2015-2065
	SDE+ subsidie	€	MRA	2015-2065
Indirect	Werkgelegenheid	€	MRA en nationaal	2015-2065
Extern	Klimaatbaten	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Gederfde inkomsten Energiebelasting	€	Nationaal	2015-2065
	Reductie overige emissies	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Voorzieningszekerheid	Gevoeligheidsanalyse	MRA en nationaal	2015-2065
	Vermeden investeringen gasnetten	€	MRA en nationaal	2015-2065
	Natuureffecten	Kwalitatief	MRA en nationaal	2015-2065

In Bijlage A zijn de gehanteerde kostenkentallen voor individuele warmte-afnemers (woningen en kassen), infrastructuur en warmteaanbieders opgenomen.

2.4 Koppeling externe CO₂ en warmte tuinders

Restwarmtelevering uit de industrie of energiesector en wko kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan energiebesparing in de glastuinbouw in de regio Greenport Aalsmeer (m.n. Rijssenhou, Kudelstaart, De Kwakel) en Haarlemmermeer. Voor de teelt in kassen is daarbij meestal CO₂ nodig. Op dit moment is het gangbaar dat deze CO₂ wordt gebruikt als bijproduct van de verbranding van aardgas in een WKK ('tri-generatie') en/of gasketel. Op 20% van het huidige areaal in Nederland vindt op dit moment externe levering van CO₂ plaats, namelijk daar waar bijvoorbeeld de kassen zijn aangesloten op een warmtenet of een geothermiebron. Bij toenemende besparing en daarmee een steeds lager gebruik van fossiele brandstoffen en ook bij het toepassen van de diverse warmteopties, ontstaat ook een steeds grotere noodzaak tot het extern leveren van CO₂.

Bij deze optie moet dus rekening gehouden worden dat de voor de planten-groei noodzakelijke CO₂ extern aangeleverd moet worden als het WKK- en/of ketelbedrijf wegvalt. Door gebruik te maken van zuivere CO₂ die vrijkomt bij de industrie kan in de behoefte aan CO₂ voor de plantengroei worden voldaan.

Een deel van deze tuinders zal daarom alleen instemmen met warmte-projecten wanneer ook op een kosteneffectieve en praktische manier in hun CO₂-behoefte voorzien is. Daarom kan beargumenteerd worden dat voor deze groep de kosten en baten van CO₂-levering/oplossing sterk gerelateerd zijn aan



warmtelevering aan de tuinbouw. In elke PMC voor de glastuinbouw waar warmtelevering aan de orde is, zal daarom ook steeds een oplossing voor de CO₂ in de berekeningen worden meegenomen.

Bij de uitwerking van het projectalternatief zijn de kosten en baten van de CO₂-levering/oplossing sterk gerelateerd aan het nuttig toepassen van rest-warmte en geothermie. Daarom zullen zowel de kosten en baten van CO₂-levering voor gewasteelt, naast de vermeden CO₂-emissies, meegenomen worden in de MKBA. Hiertoe behoren onder andere:

- incrementele investeringen in aanleg van CO₂-buisleidingen dan wel in andere vormen van CO₂-transport en -toepassing;
- incrementele productiekosten van zuivere CO₂, etc.;
- incrementele O&M-kosten;
- incrementele baten van CO₂-benutting.

We zijn er daarbij van uitgegaan dat CO₂ o.a. vanuit het Rotterdamse havengebied kan worden aangevoerd via de OCAP-leiding. Een andere CO₂-bron is de afvalverbrandingsinstallatie AEB die op 1,5 km van de OCAP-leiding ligt (en waar nu een praktijktest voor wordt uitgerold). Dit is in lijn met de ideeën die momenteel leven binnen de Greenport Aalsmeer.

2.5 Effecten op gasnetten

Het aanleggen van warmtenetten heeft meerdere effecten op de kosten en baten met betrekking tot het gasnet. Deze bestaan uit amoveringskosten voor gasleidingen die niet meer in gebruik zullen worden genomen, vervroegde afschrijvingen (kapitaalvernietiging) en vermeden onderhoudskosten ten gevolge van de overstap op een warmtenet.

Deze eerste twee posten betreffen kosten, terwijl de laatste post een baat betreft die alle ontstaan dankzij investeringen in nieuwe warmtedistributienetten. De omvang hangt af van het aantal meters gasleidingen dat vervangen wordt door een warmtenetleiding. Deze informatie is niet beschikbaar en dus onzeker. Op basis van een gedetailleerde analyse die is uitgevoerd voor de MKBA Zaanstad-Noord (Liander, 2015), wordt deze informatie geschat door een factor van meters te verwijderen per aangesloten WEQ te gebruiken.

Het amoveren van gasdistributienetten kan alleen indien er groepen of geconcentreerde afnemers overstappen op de warmteaansluiting teneinde het gasnet uit bedrijf te nemen. Voor de MRA is dit toegepast op de gestapelde woningen en niet voor de beschouwde kassen (gas blijft nodig) en voor de grondgebonden woningen voor zover deze op dit moment over een gasaansluiting⁷ beschikken (te verspreid).

⁷ Binnen de MRA zijn er (grondgebonden) woningen zonder gasaansluiting, bijvoorbeeld wanneer ze zijn aangesloten op individuele of collectieve wko-voorziening. Deze woningen blijven buiten beschouwing binnen de projectalternatieven omdat ze - in principe - al over een fossielarme warmtevoorziening beschikken.



2.6 Gevoeligheidsanalyse

De resultaten van deze MKBA zijn onderhevig aan onzekerheden omtrent de achterliggende aannames. Om deze reden wordt er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij met de belangrijkste parameters wordt gevarieerd (Tabel 2). Dit geeft inzicht in de robuustheid van de resultaten van deze MKBA. Deze parameters worden zo aangepast dat het MKBA-resultaat kantelt van een positief naar negatief resultaat of omgekeerd. Dit laat zien hoe belangrijk een verandering in deze parameters is voor het resultaat.

Tabel 2 Gevoeligheidsanalyse parameters

Gevoeligheidsanalyse parameters
CO ₂ -prijs (euro/ton)
Discontovoet (%)
Jaarlijkse stijging van de gas- en warmteprijs (%/jaar)
Kosten warmte-hoofdinfrastructuur (mln euro)
Voorzieningszekerheid
Technische gevoeligheidsvariant warmteKAScadering Tata



3 Projectalternatieven

3.1 Inleiding

In deze MKBA worden drie investeringsalternatieven vergeleken waarmee binnen de warmtevoorziening een vergelijkbare energiebesparings- en CO₂-doelstelling wordt bereikt. Daarmee zijn de alternatieven in doelbereik met elkaar vergelijkbaar.

Binnen de investeringsalternatieven leggen wij verschillende accenten op maatregelen gericht op woning, wijk/buurt of regio. Dit doen we zodanig dat conclusies kunnen worden getrokken over de meerwaarde van regionale aanpak ten opzichte van individuele of buurtgebonden aanpak.

In dit hoofdstuk beschrijven we de drie projectalternatieven en definiëren we de referentie. Paragraaf 3.2 beschrijft de aanpak om de alternatieven op te stellen. In Paragraaf 3.3 zijn de projectalternatieven beschreven. Paragraaf 3.4 sluit af met de beschrijving van de referentie.

3.2 De ambitie van de MRA

De MRA heeft de gezamenlijke ambitie om in 2040 als regio klimaatneutraal te zijn, dat wil zeggen dat de hoeveelheid energie die in de regio gebruikt wordt ook in dezelfde regio duurzaam wordt opgewekt.

Met het programma MRA Warmte & Koude wordt beoogd een substantiële bijdrage te leveren aan de klimaatdoelstellingen van de MRA. Doelstelling van dit programma is een jaarlijkse CO₂-besparingsdoelstelling van 400 kton per jaar in 2040.

Concreet betekent dit dat in 2040 in totaal 400.000 woningequivalenten (WEQ) verduurzaamd moeten zijn door middel van nieuwe en uitbreiding van bestaande warmte infrastructuur. Daarbovenop leveren ook gemeenten die het programma niet ondertekend hebben (bijvoorbeeld Almere en mogelijk andere gemeenten) een aanvullende bijdrage van 100.000 WEQ⁸ in de vorm van aan te sluiten woningen, kassen en kantoren. In totaal betekent dit een *bijgestelde ambitie* van ongeveer 500.000 WEQ die door warmte worden vergoend, te bereiken vóór 2040.

De ambitie kan via verschillende routes bereikt worden. Binnen deze studie hebben we gekozen voor een uitwerking in drie routes (projectalternatieven). Om de projectalternatieven vergelijkbaar te maken, realiseren de projectalternatieven eenzelfde hoeveelheid aardgasbesparing.

⁸ Voor Almere bestaat deze uit 65.000 gerealiseerde WEQ en een extra groei van 7.000 WEQ.



Elk projectalternatief moet in het jaar 2040 hetzelfde effect hebben op de vermindering van het fossiel energiegebruik als het aansluiten van in totaal 500.000 WEQ op warmte. Dit is vertaald naar ongeveer 12 PJ/jaar aan nieuwe warmte geleverd aan woningen en kassen in de MRA⁹. Ook voor de nieuwe warmtelevering zal fossiele energie nodig zijn, vanwege:

1. Derving van elektriciteitsproductie in elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties waardoor elders méér elektriciteit moet worden opgewekt (gerekend met huidige brandstofmix).
2. Gasgestookte piekketels die nodig zijn voor levering ten behoeve van de piekvraag.
3. Benodigde pompenergie.

De nettobesparing van een levering van 12 PJ/jaar aan warmte komt daarmee uit op een fossiele energiebesparing van 6 PJ/jaar voor de MRA.

In Paragraaf 3.4 worden de projectalternatieven nader uitgewerkt.

3.3 Nulalternatief

Van de beoogde 472.000 WEQ in 2040 is een deel van de warmteaansluitingen anno 2015 al gerealiseerd en is een ander deel op dit moment reeds gecontracteerd door marktpartijen (zie Tabel 3). Dat geldt bijvoorbeeld ook voor de warmte-infrastructuur (leiding AEB-warmte Noorderwarmte die in het najaar van 2016 gereed moet zijn). Deze bestaande en reeds gecontracteerde warmteaansluitingen, alsmede de nieuwe infrastructuur waartoe reeds opdracht is verstrekt, behoren in een MKBA in het nulalternatief.

Het projectalternatief omvat de resterende beleidsopgave die nu op een slimme manier ter hand moet worden genomen. Voor deze MKBA worden alle reeds gecontracteerde en reeds bestaande aansluitingen, bronnen en infrastructuur voor de peildatum van (1 januari) 2015 tot het nulalternatief gerekend.

Tabel 3 Overzicht bestaande en nieuwe aansluitingen op 1 januari 2015 in MRA

	Nulalternatief		Project-alternatief
Reeds aangesloten	Amsterdam Zuidoost	40.000	-
	Amsterdam West/Noord	20.000	
	Amstelveen	5.000	
	Almere	65.000	
	Zaanstad bestaand	1.200	
	Purmerend	32.500	
	totaal	163.700	
Onder contract	Amsterdam Zuidoost	5.000	-
	Amsterdam West/Noord	50.000	
	Totaal	55.000	
Totaal	Totaal WEQ	218.700	289.800

⁹ Gemiddeld gebruikt een woning anno 2015 circa 30 GJ per jaar aan gas. Wanneer deze later wordt aangesloten zal dit gasgebruik door efficiency verminderd zijn.



Het 'nulalternatief' (ofwel referentie) betreft de meest waarschijnlijke ontwikkeling zonder nieuw beleid en/of een nieuw project. Dit is wat anders dan 'niets doen' of 'geen beleid': ook in het nulalternatief zal er sprake zijn van een zekere marktpenetratie van warmteoplossingen en een beperking van de warmtevraag.

Globaal zijn volgende ontwikkelingen in de referentie van belang:

- **Bestaande woningbouw:** in de bestaande bouw bestaan er (nog) geen wettelijke eisen aan de energieprestatie, maar ligt het voor de hand dat de vraag naar ruimteverwarming van woningen en gebouwen onder invloed van 'staand beleid' geleidelijk afneemt. Daarbij gaan we uit van een gemiddelde, jaarlijkse daling van 1,5% van de warmtevraag gemeten over de hele portfolio van de bestaande woningbouw¹⁰.
- **Glastuinbouw:** ook voor deze groep geldt dat in de referentie warmtevraag per m² areaal door efficiencyverbeteringen zal afnemen door projecten als het Nieuwe Telen. Ook hier nemen we een 2% jaarlijkse 'autonome' afname van de warmtevraag aan. Dit betreft vooral de (dure) piekvraag naar warmte, niet de baseload. Door de 2% besparing over de gehele warmtevraag te nemen, zitten we aan de bovenkant van de te verwachten vraagdaling.

Daarnaast nemen we aan dat de volgende ontwikkelingen in de MRA in het nulalternatief zitten:

- de tot 1 januari 2015 gecontracteerde warmte-afzet van Nuon Warmte binnen Amsterdam en Almere en van Westpoort Warmte binnen de gemeente Amsterdam;
- de nieuwe leiding naar Amsterdam-Noord voor de afzet van AEB AVI-warmte.

3.4 Overzicht projectalternatieven

Een projectalternatief bestaat uit een slim gekozen set van oplossingen voor de vermindering van de thermische vraag en voorziening in de resterende warmtevraag. De maatregelen bestaan uit een mix van maatregelen op woning- en gebiedsniveau om warmtebesparing, duurzaam warmtegebruik en inzet van restwarmte bij de doelgroepen te realiseren. Hieraan gekoppeld is ook het besparen op CO₂-uitstoot. De alternatieven worden gepresenteerd in Tabel 4.

¹⁰ Dit komt overeen met een halvering van het gasverbruik in 40 jaar. Overigens kan dit voor de Metropoolregio afwijken van het Nederlands gemiddelde.



Tabel 4 Projectalternatieven gericht op 6 PJ besparing op fossiele energie (aardgas)

	Beschrijving
Projectalternatief 1 'Smart Skin' (PA1)	– Bestaand warmtenetwerk MRA blijft in huidige vorm (incl. reeds gecontracteerde aansluitingen en de 'Noorder-warmteleiding'), geen uitbreidingen en geen nieuwe netten. – Maatregelen gericht op energiebesparing door schilisolatie bij woningbouw en glastuinbouw. – Geen installatietechnische maatregelen. – Hoge volumina lage besparingen (absoluut). – Besparing rond 35-60%.
Projectalternatief 2 'Smart Thermal Grid' (PA2)	– Grootschalige afzet van AVI-warmte (AEB), WKK-warmte (m.n. centrale Diemen en de Hemwegcentrale (kolen/biomassa of de gas-STEG-centrale) en industriële restwarmte (m.n. Tata Steel) in combinatie met duurzame bronnen zoals de toekomstige Biomass Plant Amsterdam en geothermie. – Verbindend warmtenet door de MRA (sluiting van de 'Kleine Ring' van Amsterdam en de 'Westerwarmteleiding' van Tata Steel richting de glastuinbouw van Aalsmeer, e.o.). – Grote klappers, lage volumina in tuinbouw. – Besparing ca. 65%.
Projectalternatief 'Smart Installation' (PA3)	– Bestaand warmtenetwerk MRA blijft in huidige vorm (incl. reeds gecontracteerde aansluitingen en de 'Noorder-warmteleiding'), geen uitbreidingen en geen nieuwe netten – Optimale warmte-inzet ten behoeve van 12 PJ besparing – Combinatie van individueel (40%) en klein-collectief/ wijkgerichte (60%) maatregelen. – Mix van grote klappers en kleinere besparingen. – Besparing tussen 35 tot 60%.

In PA1 en P3 wordt er dus niet gedesinvesteerd in de bestaande warmtenetten. Alleen zullen er geen nieuwe woningen en kassen aangesloten worden boven op de aansluitingen die al gecontracteerd zijn.

3.5 PA1: Smart Skin

Het eerste projectalternatief (PA1) vult de 6 PJ/jaar aan fossiele energiebesparing volledig in door isolatiemaatregelen in de schil bij de doelgroepen bestaande glastuinbouw en bestaande woningen, zowel huur (grondgebonden en gestapeld) en koop (alleen grondgebonden). De 6 PJ/jr wordt gerealiseerd bij woningen zonder warmteaansluiting.

Woningbouw

Smart Skin gaat uit van een sterke verbetering van de isolatiewaarde van de schil (gevels, vloer, dak, beglazing) tot label A+. Installatiemaatregelen worden zoveel mogelijk vermeden, behalve verbetering van de ventilatie. Dat geeft gemiddelde besparingen (gewogen naar aandelen in de woningvoorraad) op de functionele warmtevraag van 36% (eengezinswoningen, EGW) resp. 41% (meergezinswoningen, MGW). Smart Skin gaat vrijwel uit van renovatie op passiefhuisniveau. N.B. In de praktijk blijkt bewonersgedrag een duidelijke invloed te hebben op de werkelijke besparing bij vergaande schilisolatie.



Deze besparing kan daardoor zowel hoger als lager uitpakken. We rekenen in de MKBA met bovengenoemde gemiddelde besparingen.

Glastuinbouw



hun economische levensduur zijn.

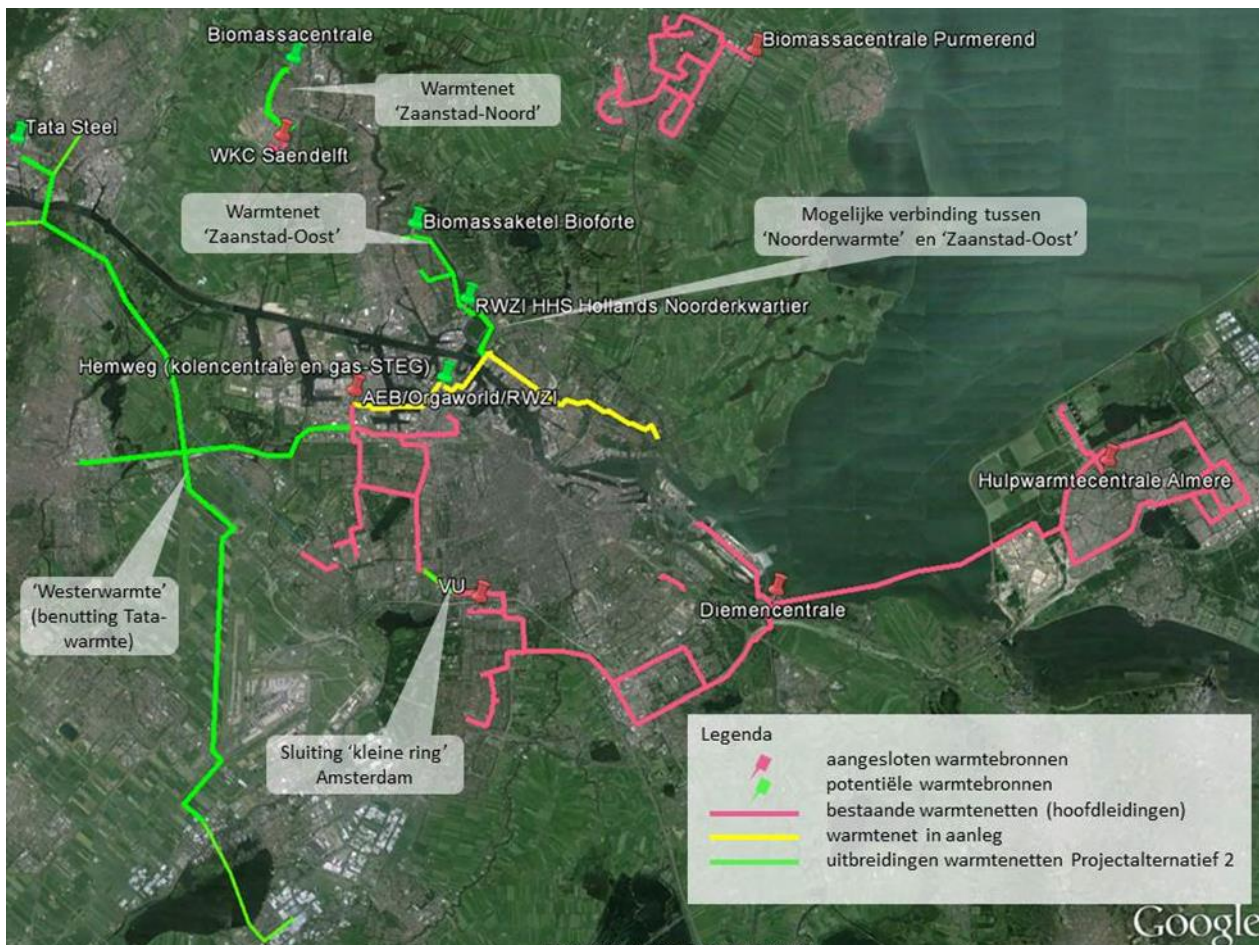
Smart Skin in de bestaande glastuinbouw gaat uit van het toepassen van drie principes: produceren volgens Het Nieuwe Telen, inclusief temperatuurintegratie waar mogelijk; het investeren in ‘zwaardere’ energieschermen dan tot nu toe gebruikelijk; het toepassen van andere, beter isolerende kasdekken en gevels in de verouderde bedrijven die aan het einde van

3.6 PA2: Smart Thermal grid

Smart Thermal Grid (PA2) betreft het regionale warmtenet voor de metro-poolregio. Dit alternatief gaat uit van collectieve levering van warmte uit een beperkt aantal warmtebronnen, te weten AVI-warmte (AEB), STEG-warmte (Diemen), warmte vanuit de Hemwegcentrale¹¹ (kolen/biomassa of gas-STEG), industriewarmte van hoge temperatuur (95°C, Tata) en enkele nieuwe hernieuwbare warmtebronnen (m.n. biomassa(WKK)centrales en geothermiebronnen).

¹¹ De warmtebronnen die op dit moment zijn aangesloten op de warmtenetten in de MRA hebben, ook na een aanvullende aansluiting van Tata, onvoldoende capaciteit om in de toekomstige vraag naar warmte in PA2 te voorzien. De optie die wellicht het meest voor de hand ligt, is om een of meer van de bestaande eenheden van de Hemwegcentrale aan te sluiten op het regionale warmtenet. In de MKBA wordt gerekend met aansluiting van een eenheid met netto CO₂-emissies per eenheid geleverde warmte die overeenkomen met de emissies van een gas-STEG. In de praktijk kan dat de reeds aanwezig gas-STEG zijn of de kolencentrale die dan met zoveel biomassa wordt bijgestookt dat per eenheid geleverde warmte vergelijkbare netto CO₂-emissies vrijkomen.

Figuur 3 Regionaal warmtenet Amsterdam t.b.v. PA2 (in groen ontbrekende schakels)



Bron: Infinitus Energy Solutions, CE Delft en Google Earth.

In Figuur 4 is een eerste schets gegeven van een mogelijk ontwerp van een uitbreiding van de hoofdwarmte-infrastructuur (een grand design hiervan moet t.z.t. nog worden gemaakt binnen de MRA). Het gaat hierbij met name om de aanleg van de groengekleurde leidingen die in PA2 als nieuw aangelegd worden verondersteld¹². De grootste investering betreft de lange leiding vanaf Tata Steel naar m.n. de glastuinbouw in Aalsmeer en omgeving (Rijssenhout, Kudelstaart, De Kwakel/Uithoorn). N.B. Er is geen leidingtak voorzien naar de overige bebouwing van Aalsmeer/Amstelveen omdat de hoeveelheid beschikbare warmte vanaf Tata hiervoor niet voldoende lijkt te zijn.

Deze verbinding kent aftakkingen in de IJmond (Noord en Zuid); de aansluitingen richting Haarlem en Amsterdam worden echter alleen in de gevoeligheidsanalyse meegenomen omdat dit alleen haalbaar lijkt te zijn wanneer Tata meer warmte beschikbaar heeft (op lagere temperaturen dan 95°C, bijv. 70°C) dan nu wordt voorzien. Verder zijn er kleinere investeringen in de lokale netten in Zaanstad (Oost en Noord) en uiteraard in de in- en uitbreidingen op de bestaande/nieuwe netten op lokaal niveau (Amsterdam,

¹² De leiding 'Noorderwarmte' (in geel aangegeven in de figuur), met warmtelevering aan Amsterdam-Noord, zit in de referentie, incl. de het daarbij behorende gunstige equivalente opwekkendement van de AEB-centrale als gevolg van de benutting van AVI-warmte.

Amstelveen, Almere, Zaanstad, Velsen, Heemskerk) om de betreffende afnemers aldaar te kunnen aansluiten.

Leveringszekerheid PA2

De warmte voor nieuwe warmteafnemers in PA2 wordt voor een deel betrokken uit industriële (rest)warmtebronnen. Voor de industrie is warmtelevering echter geen core business. In de praktijk reduceert een verplichting tot warmtelevering de interne flexibiliteit van een bedrijf en kan het aangaan van langjarige leveringsgaranties nadelige effecten hebben op nieuwe investeringsplannen. Er zijn in Nederland nauwelijks voorbeelden waarbij dit succesvol heeft plaatsgevonden.

In PA2 worden meerdere grote industriële restwarmtebronnen op het terrein van Tata Steel gekoppeld aan de hoofdwarmtestructuur. Afhankelijk van het beschikbare vermogen aan restwarmte zal het om ca 4 à 8 (in de gevoeligheidsanalyse) bronnen gaan. Om voldoende leveringszekerheid naar de eindgebruikers te kunnen garanderen, wordt hierbij in termen van warmtevermogen een duidelijke overcapaciteit gerealiseerd. We veronderstellen dat er feitelijk 2,5 zo veel aan uitkoppelingscapaciteit wordt voorzien als *minimaal* nodig is voor de vraag¹³.

Dat lijkt wellicht een grote overcapaciteit. Echter, de warmte is een rest-product voor een bedrijf als Tata met een beperkte leveringszekerheid en (daardoor) ook een relatief lage prijs. Wanneer bij een bepaalde industriële aansluiting de installaties in (gepland) onderhoud gaan of plotseling uitvallen om redenen van het primaire proces, moeten andere industriële bronnen kunnen bijspringen door een deel van het gevraagde vermogen te leveren.

Bij industriële restwarmte is aangenomen dat er geen extra fossiele energiegebruik of CO₂-emissies ontstaan door de restwarmte uit de processen te koppelen. De veronderstelling is dus dat deze warmte voorheen werd weggekoeld naar de omgeving.

Technische gevoeligheidsvariant: KAScadering (PA2)

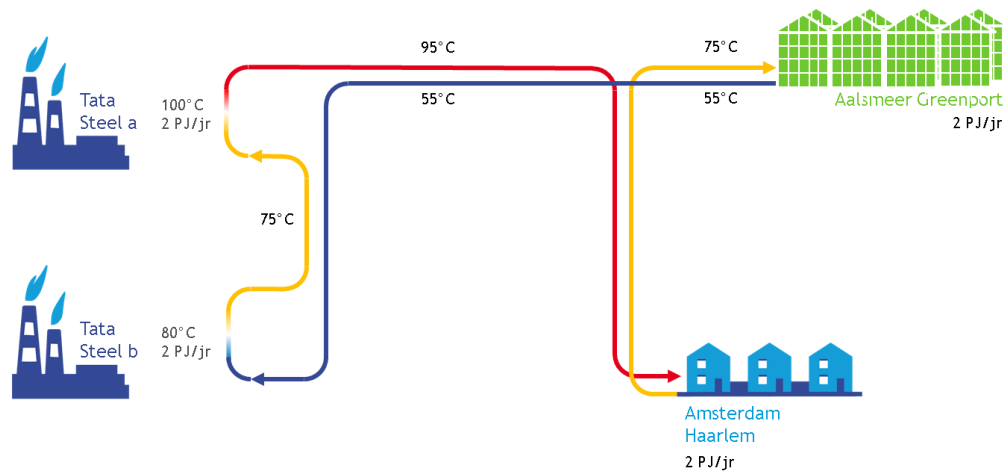
Een technische uitbreidingsvariant voor PA2 kan zich voordoen wanneer Tata Steel naast warmte van hoge temperatuur (ca 95 °C) in dezelfde orde van grootte ook restwarmte van lagere temperatuur (70-75 °C) zou hebben. Dit zou betekenen dat de beschikbaarheid van restwarmte zich uitbreidt ten koste van duurdere bronnen (€ 4,5/GJ i.p.v. € 6/GJ).

Naar de beschikbaarheid van verschillende bronnen en hun temperatuurbereik is nader onderzoek nodig. Indien er voldoende beschikbaar is kan er worden geKAScadeerd: warmte vanaf Tata gaat eerst op hoge temperatuur (90-95 °C) naar de gebouwde omgeving van Amsterdam en Haarlem en vervolgt zijn weg op lagere temperatuur (70-75 °C) naar de glastuinbouw van Aalsmeer en omgeving. Vanuit de kassen heeft het transportwater een temperatuur van globaal 40-50 °C waarmee het terugkeert naar Tata Steel in IJmuiden. Daar warmt het water in twee trappen (met hulp van verschillende bronnen die verschillende temperaturen hebben: laag en hoog) weer op naar 95 °C.

¹³ Globaal betekent dit dat een warmteleverancier voor industriële restwarmte een 2,5 keer zo hoge prijs betaalt dan wanneer de restwarmteaanbieder als leveringszeker kan worden beschouwd.



Figuur 4 Technische gevoeligheidsvariant extra gebruik van extra Tata-warmte (situatie 2040)



Warmte KAScadering van 4 PJ: De warmte afkomstig van Tata IJmuiden wordt eerst op hoogtemperatuur ingezet in de woningbouw (Amsterdam en Haarlem), en vervolgens op laagtemperatuur in de kassen in en om Aalsmeer. Meerdere Tata-bronnen zijn dan nodig om voldoende warmte weer op het niveau van 95°C aan te kunnen bieden.

Bron: Infinitus en CE Delft.

Het voordeel van deze *KAScadering* is dat de transportleiding vanaf Tata tot aan de zijtak naar Amsterdam en Haarlem een zeer groot temperatuurverschil kent tussen aanvoer en retour. Daarmee kan dezelfde leiding een dubbele hoeveelheid warmte transporteren ten opzichte van een leiding die alleen op hoge temperaturen werkt. Dit geeft een aanzienlijk voordeel in de investeringskosten.

Overigens is het mogelijk om met nog lagere temperaturen naar de glastuinbouw te gaan en hier ook nog lagere retourtemperaturen te creëren. Deze verdere optimalisatie valt echter buiten het bestek van deze gevoeligheidsanalyse.

3.7 PA3: Smart Installation and Grid



Het projectalternatief Smart Installation & Grid (PA3) bestaat uit een scala aan combinaties voor warmteoplossingen voor klantengroepen (42 stuks). Deze kenmerken zich door individuele oplossingen op objectniveau (isolatie en installatietechniek in woningen en kassen) en op buurt/wijkniveau (klein-collectief). De belangrijkste klantengroepen zijn de huursector binnen de woningbouw en de glastuinbouw. De toegepaste warmteoplossingen lopen uiteen van de inzet van groen gas, kleinschalige warmtenetten op midden-temperatuur (aanvoer 70°C) tot warmtepompen (individueel en via warmte/koudeopslagsystemen). Binnen elke markt zijn de aandelen van elk van de producten gelijk gekozen.

3.8 Overzicht volumes per alternatief en opbouw besparingen

In alle projectalternatieven wordt een besparing van 6 PJ fossiele energie op gebruikersniveau gerealiseerd. Deze paragraaf beschrijft per alternatief hoe deze besparing is opgebouwd binnen de woningvoorraad en de glastuinbouw.

Opbouw 'beschikbare' gebouwenvoorraad

Tabel 5 Beschikbare woningvoorraad

		Aantal woningen 'beschikbaar' (bestaand + nieuw)	Totale fossiele warmtevraag (PJ/jr)
Huur	Grondgebonden	218.000	9,6
	Gestapeld	122.000	2,6
Koop	Grondgebonden	165.000	7,3
	Gestapeld	118.000	2,5
Totaal		623.000	22,0

Alleen woningen die nog niet op een warmtenet zijn of worden aangesloten, zijn beschikbaar voor een warmteoplossing in één van de drie alternatieven. Ook nog te bouwen woningen komen in aanmerking. Woningen die al op een warmtenet zijn of worden aangesloten, zijn in geen van de drie alternatieven beschikbaar voor een warmteoplossing. Tabel 5 geeft het aantal beschikbare woningen en de bijbehorende warmtevraag. De totale fossiele warmtevraag van deze woningen bedraagt zonder warmteoplossingen zo'n 22 PJ per jaar.

Tabel 6 Beschikbare kassenvoorraad

	Aantal ha glastuinbouw (bestaand + nieuw) N.B. Dit is evenredig verdeeld	Totale warmtevraag (PJ/jr)
Onbelicht met WKK	158	0,9
Onbelicht zonder WKK	158	0,9
Belicht met WKK	158	1,5
Totaal	475	3,3

Momenteel staat er zo'n 250 hectare kassen in de regio Aalsmeer. We hebben verondersteld dat de helft van het door Greenport Aalsmeer genoemde areaal aan uitbreidingsplannen (225 van 450 ha aan uitbreidingsplannen) realistisch is om warmteoplossingen op toe te passen. De resulterende verduurzamings-opgave (475 ha) is vervolgens evenredig over de verschillende tuinbouw-segmenten toegepast. De totale fossiele warmtevraag van deze bestaande en nieuwe kassen bedraagt 3,3 PJ per jaar (situatie 2015, in 2040 is dit door de aangenomen autonome besparing gedaald tot ca. 2 PJ per jaar).

In totaal zijn er 623.000 woningen en 475 hectare intensieve glastuinbouw beschikbaar voor de warmteoplossingen in de drie alternatieven. Samen verbruiken zij jaarlijks ruim 25 PJ aan fossiele energie. De drie project-alternatieven zijn zo samengesteld dat er in ieder alternatief jaarlijks 6 PJ aan fossiele energie op gebruikersniveau bespaard zou worden wanneer alle investeringen hiervoor in 2015 zouden worden gedaan.



PA1: Smart Skin

Tabel 7 Opbouw besparingen PA1 Smart Skin

Markt		Penetratie- graad	Aantal woningen/ha aangepakt	Gemiddelde besparing fossiele energie	Totale besparing (PJ/jr)
Woningen					
Huur	Grondgebonden	76%	165.680	36%	3,1
	Gestapeld	50%	61.000	41%	0,6
Koop	Grondgebonden	40%	66.000	36%	1,2
	Gestapeld	27%	31.720	41%	0,4
Glastuinbouw					
Onbelicht met WKK		50%	79	50%	0,2
Onbelicht zonder WKK		80%	127	50%	0,4
Belicht met WKK		10%	16	50%	0,1
Totaal					6,0

In Smart Skin worden ruim 300.000 woningen en 200 hectare (intensieve) glastuinbouw verregaand geïsoleerd. Om de 6 PJ besparingen te halen, wordt meer dan de helft van de huurwoningvoorraad aangepakt. Dit scenario kent het grootst aantal deelnemende woningen. Grondgebonden huurwoningen realiseren bijna de helft van de besparingen. Omdat het aantal eigenaren waarmee een overeenkomst nodig is hier veel beperkter is, wordt de voorkeur gegeven aan woningen in de huursector. Toch worden er ook nog bijna 100.000 koopwoningen aangepakt. N.B. De veronderstelling is dat aan de huurders een zodanig aantrekkelijke propositie kan worden gedaan dat minimaal 70% van hen (per complex) hiermee instemt. De glastuinbouw neemt een beperkt deel van de besparing voor zijn rekening.

PA2: Smart Thermal Grid

In Smart Thermal Grid wordt ongeveer één derde van de beschikbare woningvoorraad op het collectieve warmtenet aangesloten. Gestapelde woningen hebben hierbij de prioriteit. Alleen in dit alternatief worden ook gestapelde *koopwoningen* (VVE appartementencomplexen) aangepakt. De ervaring bij Westpoort Warmte en Nuon Warmte in Amsterdam leert dat VVE's met succes zijn te overtuigen om een collectieve warmteaansluiting te nemen. Ook de glastuinbouw heeft een belangrijk aandeel in de besparing. Deze sector zal met name gebruik maken van de restwarmte van Tata Steel die via de leiding 'Westerwarmte' van IJmuiden naar het kassengebied rond Aalsmeer wordt vervoerd. Vanwege de beperking in het aanbod van Tata-warmte worden in totaal 'slechts' 324 ha aan kassen aangesloten, vooral onbelichte kassen (belichte kassen hebben ook behoefte aan elektriciteit waardoor daar warmtekrachtkoppeling interessant kan blijven).



Tabel 8 Opbouw besparingen PA2 Smart Thermal Grid

Markt		Penetratie- graad	Aantal woningen/ha aangepakt	Gemiddelde besparing fossiele energie	Totale besparing (PJ/jr)
Woningen					
Huur	Grondgebonden	15%	32.700	65%	1,10
	Gestapeld	65%	79.300	65%	1,31
Koop	Grondgebonden	10%	16.500	65%	0,55
	Gestapeld	60%	70.800	65%	1,20
Glastuinbouw					
Onbelicht met WKK		100%	158	90%	0,87
Onbelicht zonder WKK		100%	158	90%	0,87
Belicht met WKK		5%	8	90%	0,07
Totaal					6,00

PA3: Smart Installations and Grid

Tabel 9 Opbouw besparingen Smart Installations and Grid

Markt		Penetratie- graad	Aantal woningen/ha aangepakt	Gemiddelde besparing fossiele energie	Totale besparing (PJ/jr)
Woningen					
Huur	Grondgebonden	45%	98.100	63%	3,2
	Gestapeld	30%	36.600	60%	0,6
Koop	Grondgebonden	25%	41.250	63%	1,3
	Gestapeld	16%	18.300	0%	0,2
Glastuinbouw					
Onbelicht met WKK		50%	79	56%	0,3
Onbelicht zonder WKK		50%	79	56%	0,3
Belicht met WKK		10%	16	57%	0,1
Totaal					6,0

In Smart Installations and Grid krijgen bijna 200.000 woningen te maken met een (semi-)collectieve warmteoplossing. Dit zijn zowel grondgebonden als gestapelde woningen. Net als in PA1 ligt de focus op de huurwoningmarkt. Ook in Smart Installations and Grid is het aandeel glastuinbouw beperkt.

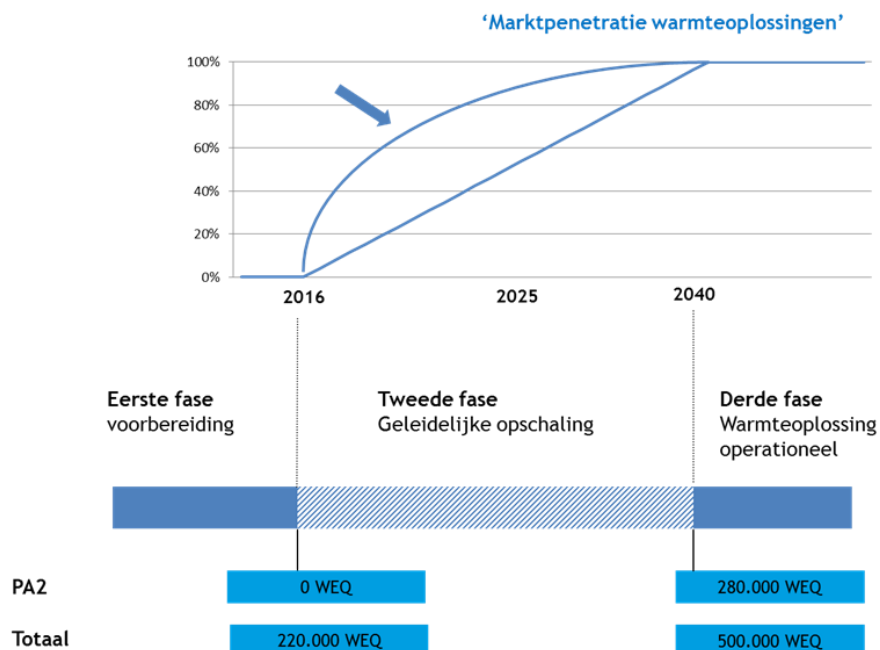
3.9 Ingroei kosten en baten

De benodigde investeringen in de verschillende projectalternatieven zijn dermate grootschalig dat het onwaarschijnlijk is dat deze in 1 jaar kunnen worden afgerond. Denk bijvoorbeeld aan het uitbreiden en verknopen van het regionale warmtenet in PA2 (Smart Thermal Grid).

De baten van dit projectalternatief zullen pas worden gerealiseerd op het moment dat woningen en glastuinders daadwerkelijk zijn aangesloten op dit net. Ook het aansluiten heeft een bepaalde aanlooptijd gezien het grote aantal woningen en glastuinders dat moet worden aangesloten in de projectalternatieven.



Figuur 5 Ingroeipad kosten en baten



Figuur 5 laat zien hoe de warmteoplossingen in de drie projectalternatieven vanaf het introductiejaar 2016 worden opgeschaald¹⁴. Zodra een woning of glastuinder is aangesloten op het warmtenet of een investering heeft gedaan in een individuele warmteoplossing kunnen de baten (bijv. CO₂-winst) gerealiseerd worden. In 2040 wordt de laatste woning aangesloten. Het ingroeipad is stijl in de periode 2015-2025 en vlakt na 2025 af. Dit betekent dat het gros van de investeringen (en bijbehorende baten) voor 2025 zal moeten plaatsvinden.

Tabel 10 laat de veronderstelde leadtime zien van de benodigde investeringen. De leadtime is gedefinieerd als het verschil tussen het moment waarop de investering plaatsvindt en de baten optreden.

Tabel 10 Ingroeipad voor de projectalternatieven

Projectalternatief	Jaren tussen kosten en baten	Kenmerken
PA1 Smart Skin	0 jaar	Woningaanpassingen direct te realiseren (max. 1 maand).
PA2 Smart Thermal Grid	2 jaar	Transportnet is schakel met langere aanlooptijd alvorens het net operationeel is.
PA3 Smart Installations & Grid	1 jaar	Installatietechnische maatregelen direct te realiseren. Gemiddeld 1 jaar voor wijknetten.

¹⁴ Merk hierbij op dat het bij collectieve oplossingen, waarbij warmtenetten nodig zijn, om aansluitingen op het warmtenet gaat, terwijl het bij de toepassing van individuele oplossingen gaat om het aantal woningen en glastuinders waarbij de investering in bijv. isolatie of een warmtepomp gemaakt wordt.

4 Overall resultaten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de welvaartseffecten van de projectalternatieven beschreven. De effecten van de projectalternatieven zijn hier beschreven ten opzichte van de referentie (verschillenbenadering).

Dit hoofdstuk start met kosten en baten vanuit het perspectief van MRA. In Paragraaf 4.6 breiden we de analyse verder uit naar Nederland door ook de derving van de Energiebelasting, de financiering van SDE+ voor enkele warmtebronnen (geothermie en biogas) en de effecten op de arbeidsmarkt mee te nemen.

In Hoofdstuk 5 worden de resultaten meer gedetailleerd beschreven per kosten- en batenpost.

4.2 Algemene uitgangspunten

De algemene uitgangspunten van de MKBA zijn:

- De looptijd van de MKBA is 50 jaar.
- Het startjaar van de kosten en baten is begin 2016.
- De kosten en baten hebben als prijspeil 1 januari 2015.
- Er is systematisch per post een -20% (laag) en +20% (hoog) aangehouden. Daar waar ‘laag’ en ‘hoog’ niet in de tekst genoemd worden, betreft het middenwaardes¹⁵.
- De discontovoet van de kosten en baten bedraagt 5,5%, met uitzondering van de milieu- en gezondheidsbaten waarvoor een discontovoet van 4,0% is gehanteerd.
- De kosten en baten worden op geaggregeerd niveau gepresenteerd. In Bijlage A hebben wij de onderliggende kentallen per object (woning of hectare gewas) gepresenteerd.
- De kosten en baten worden gepresenteerd aan de hand van de effecten die bij de verschillende stakeholders optreden. Er is geen rekening gehouden met financieringskosten en met transactiekosten (die o.a. aangeven welke moeite moet worden gestoken in het overtuigen van burgers en ondernemers om te investeren in maatregelen).
- Alle gerapporteerde effecten (directe, indirecte en externe effecten) betreffen het verschil tussen het nulalternatief en de drie projectalternatieven.

In dit hoofdstuk presenteren we de omvang van de posten in Contante Waardes (CW) voor de MRA en voor Nederland.

¹⁵ Voor de resulterende bandbreedtes van de saldi zijn alle afwijkingen met ongunstige resp. gunstig effect op het MKBA-saldo systematisch bij elkaar opgeteld. Dat betekent dat saldi-uitkomsten doorgaans een grotere bandbreedte zullen vertonen.



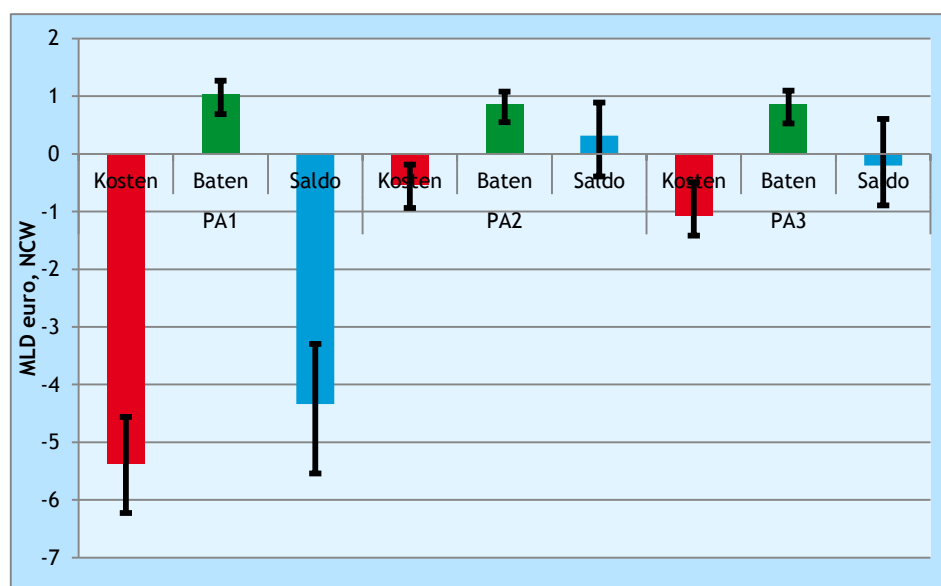
4.3 Resultaat MRA

Figuur 6 laat het overall saldo van kosten en baten zien voor Metropoolregio Amsterdam van additionele WEQs (dus niet die in het nulalternatief). Een positief MKBA-saldo van 0,3 mld euro (-0,2 tot 1 mld euro, NCW) van kosten en baten voor de Metropoolregio resulteert voor PA2. PA1 kent een sterk negatief saldo van ruim 4,2 mld euro (tussen 5,8 en 3,1 mld euro, NCW). Het saldo voor PA3 is minder negatief met -0,2 mld euro (bandbreedte -1 tot + 0,5 mld NCW).

PA2 levert daarmee een efficiënte bijdrage aan de verduurzaming van de warmtevraag in Metropoolregio. Belangrijkste posten uit het resultaat betreffen de investeringen, de bespaarde uitgaven aan gas en klimaatbaten. PA1 doet een beroep op omvangrijke additionele investeringen (ruim 5 mld euro) in de woningen (en in mindere mate in de bedrijven) in combinatie met substantiële volumes (300 duizend woningen), waardoor de investeringsbedragen aanzienlijk hoger liggen dan de overige projectalternatieven.

Hogere investeringsbedragen gelden in iets mindere mate ook voor PA3. Deze omvangrijke investeringen worden **niet** terugverdiend uit de lagere energienota van inwoners en bedrijven in Amsterdam, noch uit de maatschappelijke baten voor de regio die samenhangen met extra werkgelegenheid bij aanleg en beheer, klimaat en verbeterde luchtkwaliteit.

Figuur 6 MKBA-resultaat perspectief MRA (NCW, mld euro)

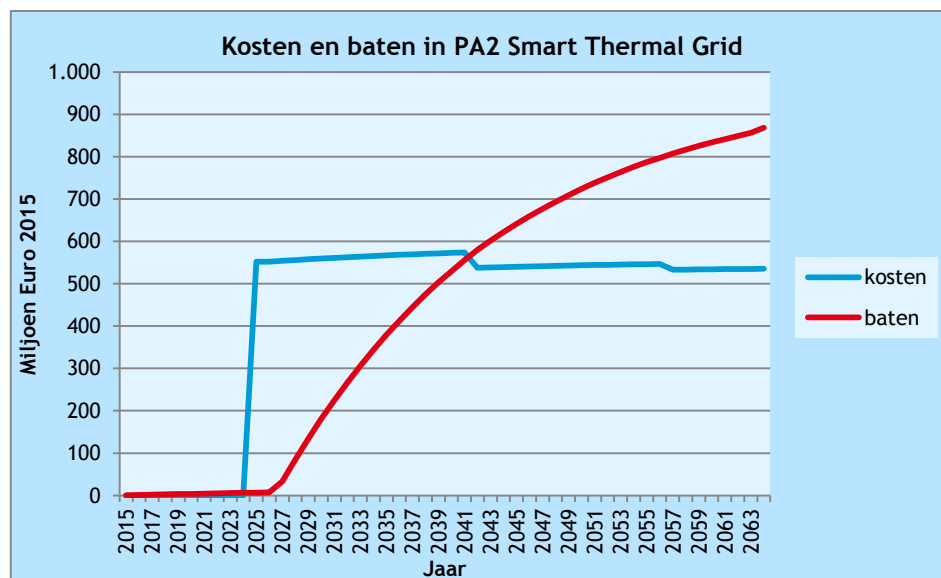


Uit Figuur 6 blijkt dat het MKBA-saldo van PA2 negatief kan zijn wanneer alle uitgangspunten - tegelijk - een afwijking hebben die ongunstig is voor het saldo (alle baten zijn dan relatief laag en alle kosten zijn dan relatief hoog). Aan de andere kant kan het MKBA-saldo ook veel positiever zijn dan de gemiddelde waarde wanneer de afwijking van alle uitgangspunten tegelijk gunstig is.

4.4 Ontwikkeling kosten en baten in de tijd

Alleen in PA2 wordt een positief saldo gerealiseerd. In Figuur 7 worden de cumulatieve kosten en baten *in de tijd* weergegeven. Vanaf 2042 zijn de baten hoger dan de kosten. De maatschappelijke terugverdientijd is dus 17 jaar vanaf het jaar van investering 2025. In de figuur zijn de investeringen voor het gemak van weergave geconcentreerd in het jaar 2025. In werkelijkheid zullen deze verspreid zijn binnen de implementatieperiode 2015-2040 (zie ook Hoofdstuk 3) over de ingroei van kosten en baten). In de andere alternatieven wordt geen positief saldo gerealiseerd en wordt de investering dus ook niet terugverdiend.

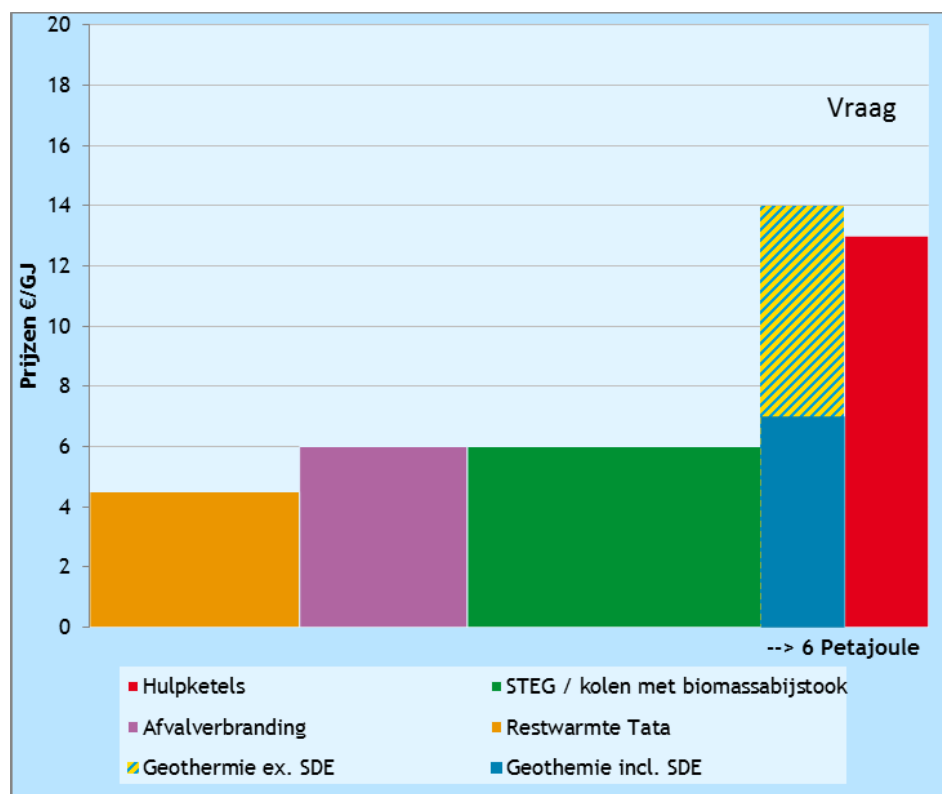
Figuur 7 Cumulatieve kosten en baten PA2: Smart Thermal Grid MRA (NCW, mln euro)



4.5 Inzetvolgorde warmtebronnen

Het gericht aanleggen van ontbrekende schakels biedt als mogelijkheid alle beschikbaar bronnen in de Metropoolregio met elkaar te verbinden. Naast de betrouwbaarheid (en afnemende back-upvoorzieningen) biedt dit de mogelijkheid om te sturen op de inzetvolgorde van de bronnen. In PA2 wordt ervan uitgegaan dat de inzetvolgorde is op gebaseerd op basis van oplopende kosten van warmtebronnen. Figuur 8 laat de inzetvolgorde van warmtebronnen in PA2 in de MRA zien.

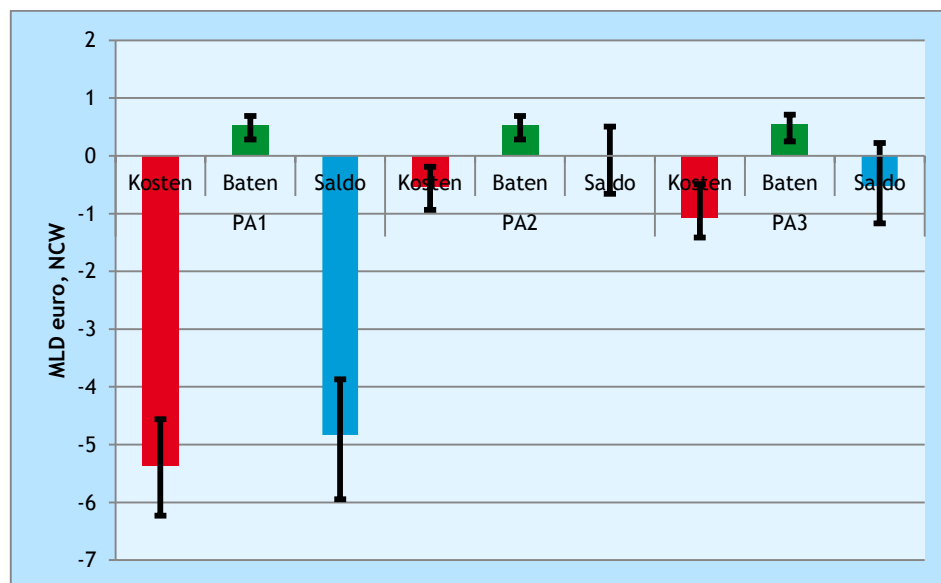
Figuur 8 Inzetvolgorde van warmtebronnen in PA2 t.b.v. warmtevraag in 2040



4.6 Resultaat nationaal

Figuur 9 laat het MKBA-saldo vanuit nationaal perspectief zien. Het kostenbatensaldo is voor alle alternatieven lager dan gezien vanuit het perspectief van de Metropoolregio. In de Metropoolregio is gerekend met energieprijzen inclusief heffingen en kan er voor hernieuwbare warmtebronnen (geothermie) SDE-subsidie worden aangevraagd. Vanuit het nationale perspectief worden deze positieve welvaartseffecten voor de ontvanger van de subsidie inclusief hoge besparing (warmte-exploitant en gebruikers) geneutraliseerd door negatieve financiële effecten voor de overheid (kosten SDE+ subsidie en belastingderving). Ook vanuit Nederland is PA2 nipt negatief, terwijl PA1 en PA3 een veel negatiever saldo laten zien. De omvang van dit saldo in relatie tot de bandbreedte is echter weinig robuust. Dit betekent dat het saldo voor PA2 ook evengoed positief zou kunnen uitpakken.

Figuur 9 MKBA-resultaat perspectief Nederland (NCW, mld euro)



4.7 Kosteneffectiviteit van geïnvesteerde klimaateuro

PA2 kent tevens de gunstige kosteneffectiviteit voor klimaat, zowel voor de Metropoolregio als voor Nederland. Per ton vermeden ton CO₂ is het saldo dus positief, terwijl het PA1 en PA3 geld kosten (Figuur 2). Nationaal gezien is de investering in PA2 ook kosteneffectief met 30 euro per ton vermeden CO₂.

Figuur 10 Overzicht van kosteneffectiviteit per alternatief



- Noot 1: Negatief kost geld, positief levert per saldo geld op.
 Noot 2: Kosteneffectiviteit gedefinieerd: (annuïteit directe investering -/- jaarlijkse brandstofkostenbesparing)/jaarlijkse CO₂-besparing.
 Noot 3: Kosteneffectiviteit Nederland is gerekend met gasprijs zonder EB.

PA2, en iets minder robuust ook PA3, kent een positief resultaat van directe kosten en baten voor de MRA. De bespaarde brandstofkosten zijn contant gemaakt naar 2015 groter dan het totaal van alle kosten. Met andere woorden hiervoor zijn geen externe baten als klimaat en luchtkwaliteit nodig om tot een positief maatschappelijk saldo te komen; de directe gasbesparing is al voldoende om investeringen te kunnen dekken.

Dat wil overigens niet zeggen dat ook de business case voor warmte-exploitanten meteen sluitend is, aangezien deze MKBA beperkt rekening houdt met financieringskosten. Deze MKBA rekent met een lage discontovoet van 5,5% (rendementseis). Dat wordt door financiers in de warmteketen doorgegaans als onvoldoende gezien om de aanzienlijke financiële risico's in de aanloopfase van warmte-investeringen in bronnen en infrastructuur te compenseren. De investeringen moeten in verschillende onderdelen van de warmteketen plaatsvinden, de kosten en baten liggen niet altijd op de goede plek. Financierings- en aanlooprisico's, onzekerheid over opbrengsten en gebrek aan samenwerking in de warmteketen zijn mede verantwoordelijk dat een maatschappelijke positieve business case onvoldoende van de grond komt.

4.8 Gevoeligheidsanalyse

In de gevoeligheidsanalyse is een aantal parameters gevarieerd om de gevoeligheden van aannames voor het gevonden resultaat te identificeren (Tabel 2). Dat is gedaan in de vorm van een 'kantelpuntanalyse': welke waarde van de aanname is nodig om het resultaat de andere kant op te laten slaan. De resultaten hiervan staan in Tabel 11, Tabel 12 en Tabel 13.

Voor het eerste projectalternatief, dat een negatief MKBA-resultaat heeft, moet er veel gebeuren om dit positief te krijgen. De CO₂-prijs zou met meer dan 2.000% moeten stijgen en de jaarlijkse toename van gas- en warmteprijs zou meer 800% moeten zijn. Dit is niet realistisch en dus leidt een verandering in de waardering van klimaateffecten of de prijs van gas en warmte niet tot een positief resultaat. Het bereiken van besparing van fossiele energie door middel van Smart Skin is geen maatschappelijk efficiënte route, hetgeen als een tamelijk robuust resultaat kan worden gekwalificeerd.

Het tweede projectalternatief heeft een positief MKBA-saldo. Op MRA-niveau blijft dit positief ook als de maatschappelijke baat van verminderen van CO₂ tot nul reduceert.

Als de gas- en warmteprijs daalt met meer dan 1,2% per jaar dan zal het saldo van PA2 negatief omslaan (ten opzichte van een in de basisvariant veronderstelde toename van 1%). Dit is ook het geval bij kostentoename van de transportinfrastructuur van meer dan een factor 4. Het implementeren van een 'Smart Thermal Grid' kan op een rendabele manier worden uitgevoerd op MRA-niveau, maar op nationaal niveau ligt het resultaat dicht tegen het omslagpunt.

Het derde projectalternatief heeft een negatief MKBA-resultaat, wat lastig te kantelen is door verandering in discontovoet (geen kantelpunt aanwezig) of CO₂-prijs (stijgingen van 90 tot 230% zijn relatief hoog). Wat wel tot een positief resultaat leidt, is een stijging van de gas- en warmteprijs met meer dan 2-5%. In dat geval zullen de baten van PA3 hoger uitvallen dan de kosten.



Tabel 11 Gevoeligheidsanalyse voor MKBA-saldo

	Kantelpunt PA1 Smart Skin		PA2 Smart Thermal Grid		PA3 Smart Installation & Grid	
	Nationaal (-4.583)	MRA (-4.338)	Nationaal (-7)	MRA (317)	Nationaal (-522)	MRA (-203)
CO ₂ -prijs (euro/ton)	ca. + 2.475%	ca. +2.300%	2%	n.v.t.	ca. +230%	ca. 90%
Discontovoet (%)	Geen kantelpunt	Geen kantelpunt	-2%	ca. +75%	Geen	ca. - 76%
Jaarlijkse stijging van de gas- en warmte-prijs (%/jaar)	10,5 %	9,1%	1,1%	-1.2%	5,5%	2,5%
Kosten warmte-hoofdinfrastructuur (mln euro)	n.v.t.	n.v.t.	-1%	+440%	n.v.t.	n.v.t.

Zekerheid van levering

Het effect van de projectalternatieven op de leveringszekerheid wordt berekend door een afslag op discontovoet van 0,8% (CPB, 2013) te nemen op de baten van brandstofbesparing. Dit verhoogt het MKBA-saldo in alle alternatieven, maar niet genoeg om PA1 en PA3 positief te maken (Tabel 12). Het is onduidelijk of de leveringszekerheid in PA2 verbetert ten opzichte van gas, aangezien PA2 sterk leunt op een beperkt aantal beschikbare bronnen. Een deel daarvan (AVI en STEGs) kan als zekere levering worden beschouwd. Voor de restwarmtebronnen bij Tata is het de vraag hoe leveringszeker deze zijn.

Tabel 12 Gevoeligheidsanalyse leveringszekerheid

	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installation & Grid
Basisvariant	-4.338	317	-203
Effect op saldo (mln euro)	92	73	60

Resultaten technische gevoeligheidsvariant

In Tabel 13 presenteren we het resultaat van de technische gevoeligheidsvariant voor PA2. Deze variant voorziet in een dubbel gebruik van mogelijk beschikbare warmte (4 PJ) bij Tata voor zowel woningen en daarna kassen.

Op MRA-niveau weegt de meerinvestering voor het aanleggen van de additionele transportleidingen naar Amsterdam en Haarlem¹⁶ niet op tegen het voordeel van de lagere inkoopprijs (€ 4,5 t.o.v. € 6/GJ) vanaf Tata. Indien de inkoopprijs van Tata-warmte zou komen te liggen op € 2/GJ zet, dan is de variant *KAScadering* wel een verbetering ten opzichte van de uitkomst van PA2.

¹⁶ Standaard is deze zijtak van Westerwarmte niet in PA2 opgenomen omdat de veronderstelde 2 PJ aan warmte-aanbod vanuit Tata te weinig is om naast de kassen ook nog woningen aan te sluiten.



Tabel 13 Gevoeligheidsanalyse KAScadering (PA2)

	Nationaal	Provinciaal
Basisvariant	-7	317
Nieuw saldo (mln euro)	1	289
Effect op saldo (mln euro)	8 (=1 - - 7)	-28 (=289-317)

Nationaal gezien is de technische variant wel een verbetering. Hierin speelt mee dat met een extra gebruik van industriële restwarmte van lage temperatuur (hogere CO₂-reductie dan met STEG-warmte) men minder WEQs nodig heeft om het doel te halen, hetgeen ook tot een lager exploitatie-resultaat leidt. Dit aantrekkelijke exploitatieresultaat bij woningen wordt bereikt dankzij de relatief hoge Energiebelasting op gas (ten opzichte van tuinders). Nationaal wordt hiervoor gecorrigeerd, vandaar wel een positief resultaat. Wanneer echter wordt gekozen om met de extra warmte van Tata meer WEQs te bedienen dan kunnen we concluderen dat qua saldo van kosten vs. baten van de MKBA dit positief uitpakt voor zowel het perspectief van de MRA als voor het perspectief van Nederland.

5 Resultaten per post

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk laten we uitsluitend de resultaten voor de MRA zien. Het enige verschil met de nationale kosten en baten betreft de derving en subsidies voor hernieuwbare warmte. Feitelijk betekent dit dat besparingen op aardgas in een nationale MKBA gewaardeerd worden met leveringsprijzen (exclusief EB), en subsidies voor investeerders in nieuwe warmtebronnen als overdracht worden gezien. Gevolgen voor de EB- en SDE+ subsidies kunnen gevonden worden in Bijlage A.5. De kosten en baten betreffen verschillen ten opzichte van de referentiesituatie ('nulalternatief'). Ook zijn de bedragen contant gemaakt naar het basisjaar 2015.

5.2 Overall resultaat per post

Tabel 14 geeft een overzicht van de resultaten voor de MRA per post. In de volgende paragrafen worden de verschillende posten nader toegelicht.

Tabel 14 Overall resultaat MRA per post

	Alternatief		
	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid
Kosten (mln €)			
Eenmalige investering	4.700 (4.100-5.300)	550 (310-770)	800 (585-1.140)
Herinvesteringen	430 (290-550)	-50 (-120- 0)	130 (50-225)
Operationele kosten (O&M)	210 (100-295)	0 (-75-60)	120 (60-250)
Operationele kosten (additionele inkoop CO ₂)	10 (10-25)	35 (20-50)	15 (10-20)
Totale kosten	5.400 (4.500 - 6.200)	540 (130 - 890)	1.100 (710 - 1.630)
Effecten (mln €)			
Bespaarde brandstofkosten (incl. EB)	800 (630-940)	645 (520-775)	515 (415-620)
SDE	(-)	40 (30 - 40)	110 (85-110)
Derving energiebelasting*	(-)	(-)	(-)
Werkgelegenheid	45 (40-50)	5 (5-10)	10 (6-10)
Klimaatbaten (CO ₂ -eq.)	185 (90-365)	165 (85-335)	225 (115-455)
Milieubaten (PM, NO _x , SO ₂)	10 (10-15)	10 (5-10)	5 (5-10)
Natuurbaten	PM	PM	PM
Netto baten omtrent gasnetwerk	n.v.t.	-15 (-20 - -5)	-5 (-10 - -5)



	Alternatief		
	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid
Totale effecten	1.000 (780-1.460)	850 (630-1.160)	860 (620-1.190)
Maatschappelijk saldo (mln €)			
MKBA-saldo	-4.300 (-5.400 - -3.100)	320 (-260- 1.030)	-210 (-490-1.020)

* De gedeelde energiebelasting is per definitie 0, omdat alleen het Rijk energiebelasting heft.

5.3 Kosten

5.3.1 Investeringskosten

Met de realisatie van de diverse projectalternatieven zijn forse investeringen gemoeid. Zie Tabel 15 voor een overzicht hiervan.

Tabel 15 Eenmalige investeringskosten (NCW, mln euro)

Alternatief	Additionele eenmalige investering in mln euro (NCW)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	4.714	4.093	5.296
PA2 Smart Thermal Grid	552	306	772
PA3 Smart Installations & Grid	799	585	1.140

In Tabel 15 is zichtbaar dat de projectalternatieven waar relatief veel aandacht is voor schilisolatie (PA1 en PA3) hoge eenmalige investeringen kennen. Het aanleggen van warmtetransport- en distributiesystemen vraagt ook investeringen maar is uiteindelijk minder kostbaar dan isolatie naar A+ label of combinaties van vraagbeperking en gebiedsoplossingen en/of installatiemaatregelen.

Tabel 16 geeft een uitsplitsing van de totale investeringskosten in PA2 gericht op het infrastructuurdeel en de warmtebronnen. De eenmalige investeringen in de ontbrekende schakels van MRA-warmtetransportnet bedragen tussen de 60 en 90 miljoen euro. Dit betreft ongeveer 13% van de totale infrastructurele kosten. Op distributieniveau ligt het bedrag tussen de 390 en 580 miljoen euro.

Tabel 16 Eenmalige investeringskosten PA2 (NCW, mln euro)

	Eenmalige investering, mln euro (NCW)		
	Midden	Laag	Hoog
Hoofdwarmte-infrastructuur	73	59	88
Distributienet	483	387	580
Hulpwarmtebronnen	189	151	227
Totaal*	745	597	895

* Het totaal wijkt af van het totaal van eenmalige investeringen aangezien het investeringsbedrag voor warmte-aansluitingen in PA2 negatief is ten opzichte van aanschaf en vervanging van CV-ketels.



5.3.2 Herinvesteringen

Ook in de referentiesituatie zijn er herinvesteringen aan de orde (bij woningbouw: ketelvervanging). Tabel 17 geeft aan wat de additionele herinvesteringen zijn per projectalternatief. PA2 kent relatieve lage investeringen en ook lange afschrijvingstermijnen op de warmtenetten. Om die reden is er hier ook een negatieve herinvestering (besparing ten opzichte van het vervangen van een ketel) aan de orde. In PA1 wegen de herinvesteringen in o.a. duurder 3-voudig isolatieglas relatief zwaar.

Tabel 17 Additionele herinvesteringen (NCW, mln euro)

Alternatief	Additionele herinvesteringen in mln euro (NCW)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	430	289	546
PA2 Smart Thermal Grid	-51	-120	3
PA3 Smart Installations & Grid	129	51	226

5.3.3 Operationele kosten (O&M)

Tabel 18 laat de additionele operationele kosten zien. PA1 en PA3 scoren in dezelfde orde van grootte. PA2 scoort hier gunstig vanwege relatief beperkt onderhoud aan de gebouwinstallaties.

Tabel 18 Operationele kosten O&M (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale additionele onderhoudskosten (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	211	99	293
PA2 Smart Thermal Grid	0	-75	60
PA3 Smart Installations & Grid	121	62	250

5.3.4 Operationele kosten inkoop CO₂

Tabel 19 laat zien dat m.n. in PA2 en in mindere mate in PA3 inkoop van CO₂ door glastuinders plaatsvindt. In PA2 is dit een essentiële voorwaarde voor een aansluiting op een warmtenet. In PA3 speelt dit bij de aansluitingen op een geothermiesysteem.

Tabel 19 Operationele kosten inkoop CO₂ (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale additionele CO ₂ -inkoop (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	4	11	26
PA2 Smart Thermal Grid	34	20	48
PA3 Smart Installations & Grid	13	7	17

5.4 Baten

5.4.1 Bespaarde brandstofkosten

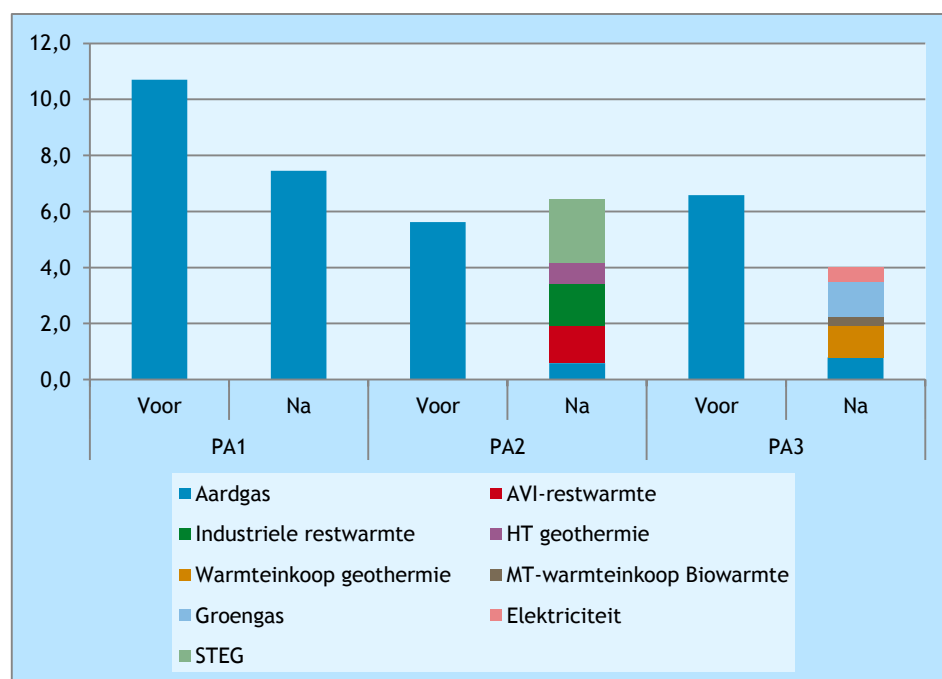
In de projectalternatieven wordt minder aardgas verbruikt dan in de referentie, bijv. door energiebesparing (PA1) of door het overstappen op een alternatieve warmtebron (PA2 en PA3). Dit leidt tot een verandering in de exploitatiekosten van de inkoop van brandstof.



Per alternatief is een invulling gegeven aan de benodigde hoeveelheid aardgas en alternatieve warmtebronnen om in de finale warmtevraag te kunnen voorzien. Hierbij is aangenomen dat aardgas in de referentie in de volledige warmtebehoefte voorziet.

In PA1 blijft aardgas nodig om het restant van de warmtevraag te voorzien. In PA2 en PA3 blijft aardgas nodig om een deel van de piekvraag op te vangen en is aardgas nodig om bijvoorbeeld hulpketels op te stoken. Figuur 11 laat de invulling van de warmtevraag per bron voor en na de ingreep zien. Dit betreft alleen de warmtevraag van de in het projectalternatief opgenomen woningen en kassen (de doelgroep). In PA2 stijgt het totale verbruik van energiedragers als gevolg van de meegerekende verliezen in de warmtenetten.

Figuur 11 Verandering invulling warmtevraag in het jaar 2040 bij verschillende doelgroepen (in PJ/jr)



Om de bespaarde brandstofkosten te berekenen, zijn eerst de energiekosten voor de referentie uitgerekend (gasnota). Vervolgens zijn de kosten in de alternatieven uitgerekend. In Bijlage A is een overzicht van de gehanteerde warmteprijsen per bron opgenomen. Het verschil is de brandstofkosten-besparing.

Figuur 12 Bespaarde brandstofkosten in de projectalternatieven (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale bespaarde brandstofkosten incl. Energiebelasting (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	782	626	939
PA2 Smart Thermal Grid	646	517	775
PA3 Smart Installations & Grid	516	413	619

De baten van bespaarde brandstof zijn het hoogste in PA1 (Smart Skin), omdat hier een forse besparing op de finale vraag plaatsvindt (ca. 45%) zonder dat daar een alternatieve warmtebron voor gebruikt hoeft te worden. Hoewel in PA2 (Smart Thermal Grid) en PA3 (Smart Installations & Grid) ook grofweg evenveel of meer aardgas bespaard wordt, geldt voor deze alternatieven dat het gebruik van aardgas voor een deel wordt overgenomen door de levering van groen gas (PA3) of vanuit een alternatieve warmtebron (PA2 en ook in PA3). Aan deze warmtebronnen zijn kosten verbonden.

5.4.2 Welvaartsbaten van koudevoorziening

Wko's leveren warmte in PA3 Smart Installations & Grid. Deze wko's leveren ook koude die in de zomer beschikbaar is voor het koelen van woningen. Deze kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor vloerkoeling. Zeker in een veranderend klimaat leidt deze koude tot extra welvaartsbaten. De koelvraag van woningen die worden aangesloten is gewaardeerd tegen € 25 per gigajoule. Alleen in PA3 is sprake van baten door koude. Deze zijn meegenomen bij de bespaarde brandstofkosten.

Tabel 20 Welvaartsbaten koude 2015-2064 (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale baten LT-koude uit wko		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	0	0	0
PA2 Smart Thermal Grid	0	0	0
PA3 Smart Installations & Grid	40	32	49

5.4.3 Klimaatbaten

De drie warmtealternatieven dragen bij aan het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de MRA en kennen daardoor positieve klimaatbaten. Bij PA1 wordt primaire energie bespaard en daarmee CO₂ vermeden door goed te isoleren. Bij PA2 is de CO₂-vermindering afhankelijk van het gekozen portfolio van warmte-opwekkers die aan het warmtenet leveren. Bij PA3 is een portfolio aan technieken in combinatie met besparing verantwoordelijk voor de CO₂-reductie.

De baten van deze CO₂-reductie zijn gewaardeerd tegen zogenaamde preventiekosten. De hoogte van de prijs voor CO₂ hangt samen met de kosten van alternatieven voor reductiemaatregelen van CO₂-emissie (zie Bijlage A voor een verdere toelichting op de gebruikte methode). De baten zijn gewaardeerd door de jaarlijkse CO₂-reductie te vermenigvuldigen met deze schaduwprijs gebaseerd op preventiekosten.

Tabel 21 Klimaatbaten 2015-2064 (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale CO ₂ -baten in mln € 2015		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	183	91	366
PA2 Smart Thermal Grid	167	84	334
PA3 Smart Installations & Grid	227	113	453



Tabel 21 laat de totale klimaatbaten voor de drie alternatieven zien. Hierbij valt op dat de verschillen niet zeer groot zijn. Hoewel alle alternatieven dezelfde besparing van 6 PJ fossiele energie per jaar op gebruikersniveau kennen in de vorm van aardgas in ketels (en ook WKK bij tuinders), verschilt de mate van CO₂-reductie. PA3 kent de hoogste klimaatbaten. Dit komt door een relatief hoge penetratiegraad in combinatie met de inzet van schone technieken zoals geothermie, de inzet van groen gas en de inzet van elektriciteit (die een relatief lage CO₂-emissie heeft in combinatie met warmtepompen). De afvalverbranding en m.n. de STEG kennen in PA2 nog significante CO₂-emissies. Hierdoor kent dit alternatief de minste klimaatbaten. Echter, per vermeden ton CO₂ kent PA2 verreweg het aantrekkelijkst saldo (positief), daar waar PA1 en PA2 negatieve saldi laten zien.

5.4.4 Vermindering overige emissies

Naast CO₂-reductie dragen de warmtealternatieven bij aan vermindering van overige luchtverontreinigende emissies via de besparing op gasinzet ten behoeve van de conventionele warmtevoorziening. Daarmee wordt een bijdrage geleverd aan de verbetering van luchtkwaliteit, zowel binnen als buiten.

De jaarlijkse baten zijn op dezelfde manier berekend als de CO₂-baten. Hierbij is vanzelfsprekend wel gerekend met andere kentallen. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen fijnstof, stikstof en zwaveldioxide. Tabel 22 vat de resultaten samen. De verschillen tussen de scenario's zijn beperkt. PA1 kent de hoogst milieubaten. Dit scenario kent een forse besparing van de fossiele gasvraag, terwijl daar geen extra inzet van andere - niet volledig schone - bronnen zoals afvalverbrandingswarmte tegenover staat. In vergelijking met klimaatbaten, zijn de milieubaten in ieder scenario beperkt.

Tabel 22 Milieubaten 2015-2064 (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale milieubaten in mln € 2015		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	11	9	13
PA2 Smart Thermal Grid	8	6	9
PA3 Smart Installations & Grid	7	5	8

5.4.5 Kosten en baten van verwijderen gasnetten

Het aanleggen van warmtenetten heeft meerdere effecten op de kosten en baten met betrekking tot het gasnet. Deze bestaan uit amoveringskosten voor gasleidingen die niet meer in gebruik zullen worden genomen, vermeden onderhoudskosten en versnelde afschrijvingen als gevolg van het buiten-gebruikstellen van een gasnet met een restwaarde.

De resultaten voor deze effecten staan weergegeven voor elk alternatief in Tabel 23. Voor PA1 wordt geen effect op het gasnet aangenomen, vanwege de relatief gespreide ligging van grondgebonden woningen. In PA2 en PA3 wordt verondersteld dat gasnetten alleen worden verwijderd bij (meer regionaal geclusterde) gestapelde bouw.

Wij zijn uitgegaan van *gemiddeld 4 meter* gasnet per gestapelde woning. De kosten en baten van het verwijderen van gasnetleidingen zijn gebaseerd op de lengte van het te verwijderen gasnet. De vervroegde afschrijvingen zijn berekend voor verwijdering van gasleidingen in 2040, rekening houdend met de penetratiegraad per projectalternatief.

Het verwijderen van gasnetten heeft geen effect op het saldo in PA1, en een negatief effect in PA2 en PA3. Dit geeft aan dat de kosten van het verwijderen van gasnetten (amoveringskosten en versnelde afschrijving) de baten (vermeden onderhoudskosten) hiervan overschrijden. Deze netto kosten zijn hoger in PA2 dan in PA3 vanwege het verschil in penetratiegraad.

Tabel 23 Effecten op gasnetten 2015-2064 (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale effecten op gasnetten in mln € 2015		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	0	0	0
PA2 Smart Thermal Grid	-14	-6	-21
PA3 Smart Installations & Grid	-6	-3	-8

5.4.6 Werkgelegenheid

Investerings in de drie warmteoplossingen kunnen leiden tot extra arbeidsvraag, maar niet alle effecten op de arbeidsvraag leiden in de MKBA tot extra welvaart. Voor de arbeidsmarkt geldt dat alleen veranderingen in bestaande marktimperfecties kunnen leiden tot additionele welvaartseffecten. De extra banen in de projectalternatieven kunnen namelijk leiden tot verdringing van andere banen, elders in de regio. Dit wordt vooral verwacht bij banen voor hoogopgeleiden. Ofwel, als deze werknemers niet werken aan de realisatie van de warmteoplossingen, gaan ze wel elders in de regio aan de slag. In dat geval wordt geen extra welvaart gecreëerd. Bij creatie van banen voor laag en middelbaar opgeleide werknemers is wel sprake van een additioneel welvaartseffect.

Het aantal banen in de investeringsfase hebben we geschat op basis van kentallen van het CBS (CBS, 2011). Vervolgens hebben we aangenomen dat in 2015 de helft van deze banen additioneel is en tot welvaartseffecten leidt. Dit aandeel loopt lineair af naar 0% in 2050, omdat we veronderstellen dat de arbeidsmarkt naar een evenwicht tendeert.

Het welvaartseffect van één extra baan hebben we geschat op € 10.500 per jaar. Dit is gelijk aan het verschil tussen de extra productie van een werknemer en zijn waardering voor vrije tijd (CE Delft, 2010).

Tabel 24 Effecten op werkgelegenheid 2015-2040 (NCW, mln euro)

Alternatief	Totale welvaartseffect werkgelegenheid (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	46	42	50
PA2 Smart Thermal Grid	5	4	6
PA3 Smart Installations & Grid	8	7	10



Tabel 24 laat de welvaartseffecten van additionele werkgelegenheid zien. Deze zijn het hoogst in PA1. Dit alternatief kent de hoogste investeringen en bovendien zijn de werkzaamheden (veel isolatiewerkzaamheden voor bouwbedrijven) relatief arbeidsintensief. PA2 kent de laagste welvaartseffecten voor de werkgelegenheid. Dit komt door het lage investeringsniveau en de hoge kapitaalintensiteit van de investeringen.

Een concurrerende warmtevoorziening (en CO₂) is van kritisch belang van het behoud en uitbreiding tuinbouwcluster Greenport Aalsmeer. Door de aardgaskosten terug te brengen kunnen ook indirecte economische effecten ontstaan voor de regio. Deze MKBA doet echter geen uitspraak over de omvang van deze indirecte effecten.

5.4.7 Natuureffecten

Natuureffecten ontstaan als gevolg van ruimtelijke claims van de nieuwe warmtebronnen of het uitsparen van bestaande centrales.

Deze effecten zijn niet gekwantificeerd, maar zullen in financiële zin beperkt zijn ten opzichte van de directe effecten en baten van CO₂-reductie.

Een belangrijk onderdeel betreft de verminderde lozing van restwarmte naar het oppervlaktewater PA2 door nuttige inzet. Zogenaamde *thermische vervuiling* wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door het lozen van koelwater van energiecentrales. Veranderingen van temperatuur kunnen onder andere gevolgen hebben voor de hoeveelheid zuurstof in water, en de samenstelling van een ecosysteem met gevolgen voor vissen en waterdieren. De effecten van de alternatieven staan dan ook op 'pro memorie'.

De natuureffecten (stikstofdepositie) van verminderde uitstoot dankzij de verschillende projectalternatieven zijn meegenomen in de baten voor luchtkwaliteit (in de schaduwprijs is opgenomen het effect op natuur, gebouwen en mensen).



6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Binnen deze MKBA is gekeken naar drie sterk uiteenlopende oplossingen voor de warmtevoorziening van woningen en glastuinbouwbedrijven. Deze zijn vertaald in investeringspaden die tot een besparing van elk 6 PJ op afnemersniveau leiden, maar deze besparing op een verschillende wijze invullen.

Maatschappelijk efficiëntie

De conclusie is dat investeren in het *gericht* uitbreiden (en verbinden) van een regionaal warmtenet in maatschappelijk opzicht efficiënt is voor de Metropoolregio. Binnen deze studie is gewerkt met bandbreedtes in investeringen en besparingen. Onder normale condities resulteert een positief saldo voor inwoners en bedrijven in de Amsterdamse regio. Niet 100% uit te sluiten valt dat bij een stapeling van tegenvallers het positieve resultaat van PA2 zou kunnen kantelen.

Een deel van de onzekerheid betreft echter een veranderende beleidscontext, externe economische ontwikkelingen en externe risico's. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat het niet direct voor de hand ligt dat belangrijke inputparameters (CO₂, gasprijzen, discontovoet) het resultaat negatief doen omslaan. Op de eerste plaats kan het maatschappelijk positieve saldo (MRA) ook zonder positieve externe baten voor luchtkwaliteit en klimaat. Op de tweede plaats is ook het MRA-resultaat positief bij hogere discontovoeten. Een kritische factor is de ontwikkeling van de gasprijzen. Als de gas- en warmteprijs dalen met meer dan 1,3% per jaar dan zal het saldo van PA2 negatief omslaan (ten opzichte van een in de basisvariant veronderstelde toename van 1%).

De ontwerpschets voor het regionale warmtetransportnet betreft een variant waarin ontbrekende schakels gericht worden gerealiseerd. De totale kosten kunnen daardoor beperkt blijven. Dat vermindert belangrijke financiële risico's van aanleg en beheer van het warmtenet. De eenmalige investeringen in de ontbrekende schakels van MRA-warmtetransportnet bedragen tussen de 60 en 90 miljoen euro (120 miljoen euro is de totale benodigde investering, niet-verdisconteerd), zo'n 13% van de totale infrastructurele kosten (dus inclusief warmtedistributienet).

Ook indien extra industriële warmte op lage temperatuur beschikbaar zou zijn (met een gedeeltelijk dubbelgebruik van warmte-infrastructuur, zie technische gevoeligheidsvariant) waarmee additionele WEQs worden bediend, verbetert het financiële en maatschappelijke resultaat (zowel landelijk als regionaal). Aan de andere kant concluderen we ook dat beschikbaarheid van minder dan 2PJ bij Tata het resultaat negatief beïnvloedt. M.a.w., de prijs en hoeveelheid voor een gegarandeerde warmtelevering aan de Metropoolregio betreft een belangrijke kritische factor, waarover in implementatie van MRA-plannen snel meer duidelijkheid dient te komen.

Op nationaal niveau achten wij het saldo minder robuust, maar nipt negatief. Het nationale resultaat ligt dus dicht tegen het omslagpunt. Nationaal worden de gederfde EB en uitgaven aan SDE+ subsidie in het saldo meegerekend.



Meerwaarde regionale aanpak

Niet alleen is een regionaal verbindend warmtenet maatschappelijk efficiënt voor de Metropoolregio en Nederland, er zijn zeer aanzienlijke financiële en maatschappelijke besparingen mogelijk ten opzichte van een aanpak waarin iedere gemeente zijn eigen netten aanlegt en beheert. Deze situatie wordt immers benaderd door PA1 en PA3, met een veel ongunstiger saldo (negatief). Van de laatste twee alternatieven kan geconcludeerd worden dat een extreme inzet op een optimale energieprestatie binnen de woning, wijk of gemeente zich maatschappelijk niet meer laat terugverdienen.

Naar verwachting betreft het meest economische investeringspad een combinatie van warmteoplossingen uit de verschillende projectalternatieven, waarbij een slim regionaal warmtenet in de Metropoolregio het mogelijk maakt om warmte met lage koolstofuitstoot van bron naar klant te krijgen

6.2 Aanbevelingen en leerevaringen

De studie heeft geleid tot de volgende aanbevelingen om de haalbaarheid van regionale investeringen in warmte te verbeteren:

- **Nationaal:** De MKBA gaat uit van een beduidend hogere waardering van m.n. de CO₂-prijs dan die op dit moment wordt betaald. Met hogere CO₂-prijzen op aardgas (ook voor de industrie) worden alternatieven voor aardgas aantrekkelijker en krijgt restwarmte ook meer waarde. De verhoging van de EB, bijvoorbeeld naar Deens niveau (61% van de gasprijs betaald door consumenten bestaat uit belasting, gasprijs is meer dan € 1 per m³) kan daarbij een belangrijke stimulerende werking hebben op warmte.¹⁷
- **Regionaal:** Het huidige implementatietempo van warmte-aansluitingen zal moeten worden opgevoerd tot minimaal 15.000 aansluitingen per jaar om in 2040 de beoogde 508.000 WEQ te kunnen realiseren. De kosten-effectieve oplossingen (het laaghangende fruit) zullen naar verloop van tijd uitgeput raken en bovendien zal de huursector binnen de woningbouw (de meest aantrekkelijke sector voor collectieve maatregelen) verzadigd zijn. De aandacht dient dan meer te gaan verschuiven richting de koopsector. Om het implementatietempo wel op peil te houden is een aanpak nodig die veel meer vanuit de klant wordt neergezet. Daarvoor dient de nieuwe warmte-aansluiting voor de klant minimaal goedkoper en aantrekkelijker (comfort, zekerheid, keuzemogelijkheid) te zijn dan aardgas. Regionale afspraken met investeerders en stakeholders zijn hiervoor noodzakelijk.
- **Regionaal:** De meerwaarde van een regionale aanpak blijkt uit het energetisch en economisch slim benutten van restwarmte van steeds lagere temperaturen. Op lagere temperaturen is er naar verwachting bij een bedrijf zoals Tata meer restwarmte beschikbaar dan bij hogere temperaturen; ook de ‘herbruikbaarheid’ binnen Tata is dan kleiner. Door slimme combinaties te maken van hoge temperaturen in de woningbouw (bijv. 90°C) en de retourwarmte daarvan nog in te zetten in de glastuinbouw (60-70°C) kan dezelfde hoofdinfrastructuur dubbel worden benut. Het verdient een sterke aanbeveling om daarom het onderzoek naar restwarmte bij Tata uit te breiden en ook naar restwarmte van lagere temperaturen te kijken.

¹⁷ Wellicht is dit ook de wijze waarop minister Kamp uiteindelijk wil zorgen voor een ‘level playing field’ voor aardgas en externe geleverde warmte (zie ook Kamerbrief Warmtevisie, 02-04-2015).



- **Regionaal:** Het regionale warmtenet leunt sterk op een beperkt aantal grotere warmtebronnen (AEB, Tata). Belangrijke investeringsbeslissingen in de core business van deze bedrijven en de transitie naar een circulaire economie kunnen de zekere warmtelevering op het spel zetten. Openstelling van de netten via een gereguleerd invoedingsmodel voor meerdere producenten is een voorwaarde om afhankelijkheid te beperken en een goedwerkende MRA-warmtemarkt aan de producentenkant te borgen.
- **Regionaal:** Vanwege de lange terugverdiertijden en financiële risico's bij beheer zal er een stevige investeringsinbreng vanuit samenwerkende overheden noodzakelijk zijn om een aantal verbindende transportschakels van de grond te krijgen. Per schakel zal daarvoor naar de meest geëigende oplossing moeten worden gezocht afhankelijk van financiële risico's en maatschappelijk nut. Ons MKBA-model kan daarbij zowel financieel en maatschappelijk helpen investeringen te prioriteren.



7 Bibliografie

CBS, 2011. *Economische radar duurzame energiesector*, Den Haag: Centraal bureau voor de Statistiek (CBS).

CE Delft, 2010a. *Handboek Schaduw prijzen : Waardering en weging van emissies en milieueffecten*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2010. *Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) op basis van kentallen*, Delft: CE Delft.

CPB, 2013. *CPB achtergrond document KBA structuurvisie 6000 MW windenergie op land*, Den Haag : Centraal Planbureau (CPB).

Liander, 2015. *Persoonlijke communicatie met Pieter Mans* [Interview] (oktober 2015).

OCAP, 2015. *OCAP CO2-transport*. [Online]
Available at:
www.ocap.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=28
[Geopend 26 oktober 2015].



Bijlage A Gebruikte kengetallen en methoden

A.1 Kosten warmtenet en levensduur

Investeringskosten

Investeringskosten bestaan uit de volgende componenten:

- kosten in de woningen en glastuinbouw voor afleversets, installaties en warmtebesparingen;
- kosten voor het warmtedistributienet en de warmteaansluiting;
- kosten voor het transportleidingnet;
- kosten voor de warmtebron.

Tabel 25 geeft de investeringskengetallen voor de verschillende doelgroepen in de drie alternatieven en de referentie. Voor de overzichtelijkheid zijn alleen de waarden van de middenvariant opgenomen.

Tabel 25 Eenmalige investeringskosten per woning en m² (glastuinbouw)

Markt	Eenmalige investeringskosten				
	Referentie	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid	PA3 Smart Installations & Grid
				Individueel	Collectief
Woningen in €/woning					
Bestaand huur grond	1.500	30.234	11.114	5.758	11.855
Bestaand huur gest	1.500	17.099	4.820	6.508	8.325
Bestaand koop grond	1.500	30.234	11.114	5.758	11.855
Glastuinbouw in €/m ²					
Onbelicht met WKK	114 ¹⁸	30	100	26	83
Onbelicht zonder WKK	7	30	100	26	83
Belicht met WKK	114 ¹⁹	30	100	26	83
Overige investeringen in mln €					
Warmte-infrastructuur	-	-	125	-	

Levensduur

Voor zowel de referentie als de drie projectalternatieven zijn herinvesteringen opgenomen. Tabel 26 geeft de vervangingsintervallen van verschillende componenten van de investeringen. Na het verstrijken van de levensduur, zijn deze componenten economisch afgeschreven en wordt opnieuw geïnvesteerd.

¹⁸ Bij de glastuinbouwbedrijven mét WKK betreft het hier de herinvesteringen in een nieuwe WKK op het moment dat de bestaande WKK aan het einde van zijn levensduur is. Dit is qua systematiek congruent met die voor de woningbouw, waarin de genoemde investeringen in de referentie ook betrekking hebben op vervangingsinvesteringen in nieuwe HR-ketels. Het getal lijkt (en is) hoog, omdat individuele WKK een relatief kapitaalintensieve investering is die vooral wordt (werd) terugverdiend vanuit de hoge opbrengsten op de markt voor de geproduceerde elektriciteit.

¹⁹ Zie Voetnoot 17.



We hebben aangenomen dat het herinvesteringsbedrag op componentniveau gelijk is aan de begininvestering.

Tabel 26 Vervangingsintervallen

		Afnemer	Distributienet	Collectieve warmtebron
Referentie				
Woning- en glastuinbouw	Ketel (gas)	15 jaar	-	-
PA1 smart skin				
Woningbouw	Gasketels, ventilatiesystemen	15 jaar	-	-
	Dubbel glas	30 jaar	-	-
	Gevel-, vloer-, dakisolatie	50 jaar		
Glastuinbouw	Schermen	7 jaar		
	Isolerend kasdek/glas	25 jaar	-	-
PA2 smart thermal grid				
Woningbouw	Afleverset	15 jaar	-	15 jaar
	Geothermiedoublet, AVI, uitkoppeling industrie		-	30 jaar
	Leidingen infra	-	50 jaar	
Glastuinbouw	Afleverset	15 jaar	-	
	Geothermiedoublet, AVI, uitkoppeling industrie		-	30 jaar
	Leidingen infra	-	50 jaar	
PA3 smart installations & grid - Individuele opties				
Woningbouw	CV-ketel (groen gas)/ compressor warmtepomp	15 jaar	-	
	Overige delen warmtepomp, warmtewisselaars	30 jaar	-	
Glastuinbouw	Installaties, pompen, bemetering	15 jaar	-	
	Leiding infra eigen terrein		50 jaar	-
PA3 smart installations & grid - collectieve opties				
Woningbouw grondgebonden	Compressor warmtepomp	15 jaar	-	15 jaar
	Overige delen warmtepomp, warmtewisselaars, dubbel glas	30 jaar	-	
	Leidingnet, overige isolatiemaatregelen		50 jaar	
Woningbouw gestapeld	Compressor collectieve warmtepomp	15 jaar	-	
	Overige delen warmtepomp, warmtewisselaars, dubbel glas, geothermiedoublet/wko-doublet	30 jaar	-	30 jaar
	Leidingnet, overige isolatiemaatregelen	-	50 jaar	
Glastuinbouw	Installaties, pompen, bemetering	15 jaar	-	
	geothermiedoublet/wko-doublet	30 jaar	-	30 jaar
	Leidingnet	-	50 jaar	



A.2 Operationele kosten

Operationele kosten bestaan uit kosten voor onderhoud en beheer van de warmtenetten en kosten voor inkoop van CO₂ voor glastuinders.

Operationele kosten (O&M)

Tabel 27 geeft de operationele kosten voor de referentie en de drie projectalternatieven.

Tabel 27 Operationele kosten per woning en per m² glastuinbouw, midden

Markt	Operationele kosten (O&M)				
	Referentie	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid	
				Individueel	Collectief
Woningbouw in €/woning/jaar					
Bestaand huur grond	60	151	153	66	195
Bestaand huur gest	60	85	69	73	145
Bestaand koop grond	60	151	153	66	195
Glastuinbouw in €/m²/jaar					
Onbelicht met WKK	3,4	0,6	1,8	0,45	1,7
Onbelicht zonder WKK	0,2	0,6	1,8	0,45	1,7
Belicht met WKK	3.4	0.6	1.8	0.45	1.7

Operationele kosten inkoop CO₂ glastuinbouw

Voor teelt in kassen wordt meestal extra CO₂ gedoseerd ter stimulering van de groei en productie van de gewassen. Hiervoor wordt vaak CO₂ gebruikt die vrijkomt als bijproduct van de verbranding van aardgas. Als er geen, of onvoldoende aardgas wordt verstookt, is externe levering van CO₂ nodig. Deze CO₂ kan worden geleverd door de industrie. Er bestaat een plan om via een pijpleiding ook CO₂ te leveren aan het kassengebied in en rond Aalsmeer (OCAP, 2015); zie Figuur 13. Alternatief kunnen tankauto's de CO₂ aanleveren. Tabel 19 geeft de benodigde aantal KG additionele inkoop van CO₂ per vierkante meter glastuinbouw. Deze kosten verschillen niet per type glastuinbouw, maar wel per alternatief. Met name de overstap naar collectieve warmte-oplossingen leidt tot een grotere externe CO₂-vraag. De kosten voor ingekochte CO₂ bedragen € 65 per ton.



Figuur 13 Kaart OCAP-transportleiding



Tabel 28 Benodigde additionele inkoop CO₂

	Additionele CO ₂ -inkoop per m ²			
	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid	PA3 Smart Installations & Grid
			Individueel	Collectief
Kg CO ₂ per m ² glastuinbouw per jaar	3	18	6	18

A.3 Klimaat- en milieubaten

Emissiefactoren

De verschillende typen ingezette warmtebronnen kennen allemaal hun eigen uitstoot van koolstofdioxide (CO₂), stikstofoxide (NO_x), fijnstof (PM) en zwaveldioxide (SO₂). In het model is uitgegaan van de volgende emissies per bron.

Tabel 29 Emissies per warmtebron ([K]G per GJ geleverde energie)

Emissies geleverde warmte door	Eenheid	CO ₂ *	NO _x	PM	SO ₂
Aardgas	g/GJ	56,8	20	0,0	0
Afvalverbranding	g/GJ	12	36	0,2	0,9
Industriële restwarmte	g/GJ	0	0	0,0	0
HT geothermie/bio-warmte	g/GJ	0	0	0,0	0
Groen gas	g/GJ	0	0	0,0	0
Elektriciteit	g/GJ	153	140	0,0	43
MT geothermie	g/GJ	0	0	0,0	0
MT biowarmte	g/GJ	1	0	0,0	0
LT geothermie	g/GJ	0	0	0,0	0
Wko	g/GJ	0	0	0,0	0
STEG	g/GJ	32	4,2	0	0

*De uitstoot van CO₂ is gemeten in kilogram per GJ.

Er is verondersteld dat de uitstoot constant blijft over de tijd.

Schaduw prijzen

Voor het inschatten van de baten voor klimaat en milieu zijn schaduw prijzen gebruikt, gebaseerd op de preventiekostenmethodiek.

Zonder de warmteoplossingen zal de MRA andere maatregelen moeten nemen om CO₂- en andere emissies te reduceren. De hoogte van de prijs voor deze vervuilende stoffen hangt samen met de kosten van alternatieve methoden voor emissiereductie, de zogenaamde preventiekosten. De gebruikte preventiekosten zijn gebaseerd op schattingen uit het Handboek Schaduw-prijzen (CE Delft, 2010a) De preventiekosten zijn aangepast naar het prijspeil van 2015.

CO₂-prijs

Tabel 30 geeft de prijsontwikkeling van CO₂ in de middenvariant, de lage variant en de hoge variant. Zo levert iedere ton CO₂-reductie in de middenvariant in 2015 een baat op van € 32. Tot 2050 neemt deze jaarlijks toe. Dit is aangenomen, omdat we veronderstellen dat de kosten voor alternatieve maatregelen ook blijven stijgen. Het wordt steeds moeilijker en duurder om CO₂ te reduceren. Na 2050 blijft de prijs constant. De middenvariant is gebaseerd op de schaduw prijs uit CE Delft (2010a). De lage variant is de helft van de middenvariant en de hoge variant is dubbel zo hoog als de middenvariant.

Tabel 30 Preventiekosten CO₂ (euro per ton)

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Midden	32	35	39	41	45	60	80	93
Laag	16	17	20	21	22	30	40	46
Hoog	65	69	78	83	90	121	159	186

Prijs overige emissies

Tabel 31 geeft de schaduw prijzen voor de overige emissies. Ook hier is gewerkt met een middenschatting, een lage schatting en een hoge schatting. De middenvariant is gebaseerd op de schaduw prijs van CE Delft (2010a). Deze prijs blijft constant over de tijd.

Tabel 31 Schaduw prijzen voor luchtvervuilende emissies (euro per kg of ton)

Emissie	Schaduw prijs in €2015		
	Midden	Laag	Hoog
NO _x -schaduw prijs (euro per kg)	11	9	13
PM-schaduw prijs (euro per kg)	58	47	70
SO ₂ -schaduw prijs (euro per ton)	715	572	857

Klimaat- en milieubaten

De jaarlijkse klimaat- en milieubaten zijn gemonetariseerd door de emissies van de gebruikte warmtebronnen uit Tabel 29 te vermenigvuldigen met de schaduw prijzen uit Tabel 30 en Tabel 31.



A.4 Energievraag- en prijzen

Totale warmtevraag

In de alternatieven verandert de grootte en/of samenstelling van de warmtevraag. Onderstaande tabellen geven de verandering in warmtevraag tussen projectalternatief en referentie.

Tabel 32 Vraag naar aardgas en alternatieve warmtebronnen in PA1

PA1 Smart Skin	Referentie PA1-doelgroep (zonder toepassing)	PA1 (na toepassing warmteoplossingen)
Aardgas (PJ/jaar)	13,5	8,4

Tabel 33 Vraag naar aardgas en alternatieve warmtebronnen in PA2

PA2 Smart Thermal Grid	Referentie PA2-doelgroep (zonder toepassing)	PA2 (na toepassing warmteoplossingen)
Aardgas (PJ/jaar)	7,0	0,7
AVI-restwarmte (PJ/jaar)		1,6
STEG (PJ/jaar)		2,7
Industriële restwarmte (PJ/jaar)		1,9
HT Geothermie (PJ/jaar)		0,9

Tabel 34 Vraag naar aardgas en alternatieve warmtebronnen in PA3

PA3 Smart Thermal Grid	Referentie PA3-doelgroep (zonder toepassing)	PA3 (na toepassing warmteoplossingen)
Aardgas (PJ/jaar)	7,1	1,0
Groengas	0	1,6
Elektriciteit	0	0,6
MT geothermie	0	1,4
MT biowarmte	0	0,4
LT-warmte-inkoop geothermie	0	0,1
LT-warmte-inkoop wko	0	0,1

Autonome besparing

In alle alternatieven en in de referentie hebben we een jaarlijkse autonome besparing van de warmtevraag van 1,5% verondersteld bovenop de maatregelen. Voor de glastuinbouw hebben we een jaarlijkse besparing van 2,0% verondersteld.

We nemen impliciet aan dat huishoudens ernaar streven om in 2050 energie-neutraal te zijn. In een energieneutrale woning is de gebruikte energie in balans met de zelfopgewekte energie. Huishoudens die in PA2 op een warmtenet worden aangesloten, blijven kosten betalen voor de afgenomen warmte volgens het (huidige) niet-meer-dan-anders-principe waarbij de warmterekening gelijk is aan de vermeden kosten van de huidige aansluiting op het gasnet. Hierdoor blijven zij geprikkeld om te investeren in besparingen. Dit geldt ook de huishoudens in PA3, waar kosten verbonden blijven aan duurzame warmteoplossingen.



Voor PA1 is verondersteld dat de autonome besparingsmogelijkheden afnemen na het implementeren van de warmteoplossing. We veronderstellen dat de jaarlijkse autonome besparingen afnemen naar 0,75% voor woningen en 1% voor de glastuinbouw.

Energieprijzen per bron

Tabel 35 geeft een overzicht van energieprijzen inclusief energiebelasting. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid zijn alle prijzen teruggerekend naar euro per GJ.

Voor rest- en aardwarmteprijzen is gerekend met afkoppelingsprijzen. Bij industriële restwarmte (Tata) gaan we uit van een uitkoppelingsprijs van € 1,50 per GJ. Deze is vermenigvuldigd met een factor 3, omdat leveringszekerheid verdeeld wordt over drie bronnen om zo de leveringszekerheid beter te kunnen waarborgen. De prijs van AVI-warmte en STEG-warmte is gebaseerd op expertopinions.

Voor alle warmtebronnen is verondersteld dat de consumentenprijs jaarlijks met 1% toeneemt.

Tabel 35 Energieprijzen per bron in 2015, incl. energiebelasting

Drager	Woningen	Glas- tuinbouw	Jaarlijkse toename in consumentenprijs in %
Aardgas (€/GJ)	18,8	10,2	1%
Groen gas (€/GJ)	30,0	30,0	1%
Elektriciteit (€/GJ)	51,6	18,2	1%
HT-warmte afvalverbranding (€/GJ)	6,0	6,0	1%
STEG (€/GJ)	6,0	6,0	1%
HT-warmte industrie (€/GJ)	4,5	4,5	1%
HT-warmte geothermie (€/GJ)	0,0	0,0	1%
MT-warmte geothermie (€/GJ)	0,0	0,0	1%
MT-warmte biowarmte (€/GJ)	10,0	10,0	1%
LT-warmte geothermie (€/GJ)	0,0	0,0	1%
LT-warmte wko (€/GJ)	0,0	0,0	1%

A.5 Energiebelasting/SDE

Energiebelasting

Een overstap van aardgas naar alternatieve warmtebronnen leidt tot derving van energiebelasting voor de overheid. Over warmte als energiedrager wordt geen energiebelasting geheven. Over gas wordt wel energiebelasting geheven. Aardgas gebruikt in WKK's in de glastuinbouw is ook vrijgesteld van energiebelasting. Ook over elektriciteit wordt energiebelasting geheven.

De derving van energiebelasting is een kostenpost voor de overheid en een baat voor de bewoners en tuinders in de MRA. Deze kostenpost is daarom alleen relevant vanuit het perspectief voor heel Nederland.

Tabel 36 Gehanteerde tarieven energiebelasting (gemiddelde over schijven)

	Woningen	Glastuinbouw
Aardgas (€/m ³)	0,194	0,0235
Elektriciteit (€/kWh)	0,1208	0,00053



Tabel 36 geeft de gehanteerde tarieven. We veronderstellen dat deze over de gehele looptijd van de MKBA gehandhaafd blijven.

SDE-subsidie

Exploitanten van groen gas en geothermie kunnen gebruik maken van SDE-subsidie. Deze subsidie wordt gefinancierd vanuit een opslag op de energierekening. De subsidie bedraagt een vast bedrag per GJ en dekt het verschil tussen marktprijs en exploitatiekosten van een bepaalde duurzame techniek. De SDE-tarieven, het budget en de voorwaarden worden jaarlijks vastgesteld. In deze MKBA werken we met de tarieven en looptijd zoals weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37 SDE-subsidie en looptijd

	SDE-tarief (euro / GJ)	Max. duur van SDE
LT geothermie	6,1	15
MT geothermie	7,4	15
HT geothermie	8,6	15
Groen gas	7,0	12

Voor de SDE-subsidie geldt dat de baat op nationaal niveau 0 is, het gaat immers om een herverdeling tussen consumenten, die de opslag betalen, en exploitanten, die de subsidie ontvangen. Op MRA-niveau nemen we de baat voor de exploitant wel mee.

