



Warmte in alle openheid

Een warmtemarkt
in Zuid-Holland

18 november 2015

Op initiatief van Maya van der Steenhoven, directeur Programmabureau Warmte Koude Zuid Holland, is een werkgroep gestart om de mogelijkheid te onderzoeken van een marktplaats op de warmterotonde Zuid-Holland, waar meerdere aanbieders en afnemers op kunnen handelen. De werkgroep is hiervoor vier keer samengekomen en heeft in samenwerking met experts de werking van een open warmtemarkt onderzocht. De werkgroep heeft zich in deze exercitie gericht op een marktplaats voor warmte waar professionele partijen met elkaar handelen. De kleine eindgebruiker is buiten beschouwing gelaten.

Deze notitie is het resultaat van de inspanningen van de werkgroep. De werkgroep biedt de notitie aan de Provincie aan als voorzitter van het programmabureau Warmte Koude Zuid-Holland. De notitie kan als input gebruikt worden in de discussie over de wenselijkheid en mogelijkheid van een open warmtemarkt. Leden van de werkgroep zijn:

Maya van der Steenhoven



Roelof Potters, Lidy Vissinga &
Ingrid van Prooijen



Bert den Ouden

Berenschot

Edwin Valkenburg & Rien Bot



Sytse Jelles & Diederik Klip



Ferdi van Elswijk



Robert Geurts, Matthijs Mahler
& Arend Bosma



Rob Van der Valk



Frans Rooijers
(Voorzitter werkgroep)





Inleiding

slide 4-5

01

Waarom een marktplaats voor warmte?

slide 6-7

02

De inrichting van een marktplaats voor warmte

slide 8-17

03

Technische beschrijving van het warmtesysteem

slide 18-19

04

Incorporatie fysieke aspecten in het marktmodel

slide 20-22

05

Rollen en taken

slide 23-26

06

Kosten en prijzen van warmte

slide 27-29

07

CO₂ reductie

slide 30

08

Conclusie en volgende stappen

slide 31-32

Bijlages

slide 34-42

Inleiding

Er ligt een grote ambitie voor verduurzaming in de gebouwde omgeving. In 2050 dient de energievoorziening geheel emissievrij te zijn en dus geen CO₂ uit te stoten. Daarbij is de warmtevoorziening cruciaal: deze moet nagenoeg volledig worden verduurzaamd. Een grote opgave als we beseffen dat de warmtevraag circa 4 maal zo groot is als de elektriciteitsvraag.

Volgens recent onderzoek gaat warmtelevering een flink deel van de warmtevraag in de gebouwde omgeving dekken. Ook het ministerie van Economische Zaken (EZ) beseft dit goed, zie de recente warmtevisie waarin EZ voorstelt om de huidige gasvoorziening geleidelijk door warmtenetten te gaan vervangen. Deze warmtenetten kunnen in de toekomst grotendeels gevoed worden uit CO₂-vrije bronnen zoals geothermie, biogas, rioolwaterzuivering en (industriële) restwarmte. Warmtenetten zijn er dus voor de verduurzaming, hetgeen betekent dat de warmte (in vergelijking met de huidige warmtevoorziening op aardgas) CO₂-arm is en zelfs CO₂-vrij wordt.

Warmtenetten zijn vooral gunstig wanneer er sprake is van veel geschikt warmte aanbod enerzijds en veel geconcentreerde

warmtevraag anderzijds. In Zuid-Holland zijn beide het ruimst voorradig van heel Nederland. Deze regio is daarom bij uitstek geschikt voor duurzame warmtenetten. We verwachten dat in deze regio de warmte uit warmtenetten een substantieel aandeel in de voorzieningsmix wordt, vooral voor verduurzaming van de warmtevoorziening in de stedelijke bestaande bouw en in de tuinbouw.

Om de potentie van warmtenetten in Zuid-Holland te realiseren is het Programmabureau Warmte Koude Zuid-Holland opgezet. Het programma is een publiek private samenwerking van 27 partijen die werken aan het toekomstig warmtenet in Zuid-Holland, ook wel Warmterotonde genoemd. De ambitie van de Warmterotonde is om netten en gebieden te koppelen. Op deze manier kan warmte uit diverse bronnen elkaar aan vullen, waarbij het doelmatig is om overschotten en tekorten wederzijds aan te vullen. Door meerdere aanbieders en afnemers op het net vinden er (onderling) transacties plaats. Hiermee wordt een markt gecreëerd. Hoe deze markt op het warmtenet in Zuid-Holland vorm krijgt is nog niet uitgekristalliseerd. Met deze notitie wordt hier invulling aan gegeven.

Deze notitie schetst een open warmtemarkt op een integraal warmtenet in de regio Zuid-Holland voor 350.000 woningequivalenten en 1.000 hectare glastuinbouw. Het doel van deze notitie is:

Het uitwerken van de mogelijkheid van een open warmtemarkt en de condities die daarvoor nodig zijn.



Bij de ontwikkeling van de Warmterotonde zijn partijen betrokken (met name de grote afnemers in de tuinbouw en een aantal producenten) die van mening zijn dat een open warmtemarkt de beste kansen creëert voor verduurzaming tegen de laagste maatschappelijke kosten. Onderdelen van een open warmtemarkt zijn een marktplaats, een faciliteit waar vraag en aanbod bij elkaar komt, en een open warmtenet, een net waar partijen op non-discriminatoire voorwaarden toegang tot hebben. In deze notitie wordt de mogelijkheid onderzocht van een open warmtemarkt en de condities die nodig zijn om dit te realiseren. De werkgroep richt zich voor de uitwerking op warmteproducenten en professionele afnemers, waaronder de glastuinders. De open warmtemarkt bevindt zich in deze uitwerking op het hoofdtransportnet en de secundaire netten. Deelname op de marktplaats voor warmte van kleine eindgebruikers, zoals individuele woningen, is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Indirect kan een warmteleverancier kleine eindverbruikers via een distributienetwerk van warmte voorzien.

De organisatie van een open warmtemarkt behoeft een aantal keuzes. Een bepalende

keuze voor de inrichting van een warmtemarkt is de keuze voor het marktmodel. Om een goede uitwerking te faciliteren die rekening houdt met de specifieke kenmerken van warmtetransport, is de werkgroep tot de conclusie gekomen dat het knooppuntenmodel de open warmtemarkt het beste faciliteert. Dit model brengt in de regio Zuid-Holland de meeste voordelen met zich mee op het gebied van het beprijzen van warmte, CO₂ reductie en een optimalisatie van het warmtetransport. Deze keuze wordt in de notitie beargumenteerd. Voor onderdelen zoals beprijzing en CO₂-transparantie heeft de werkgroep mogelijke keuzes beschreven om te laten zien hoe dit kan werken op een open warmtemarkt. In een later stadium zullen hier keuzes in gemaakt moeten worden.

Professionele marktpartijen

In deze notitie wordt een open warmtemarkt voor professionele marktpartijen uitgewerkt. Met professionele marktpartijen worden alle partijen bedoeld die professioneel willen en kunnen handelen. Hieronder vallen warmteproducenten, afnemers zoals grootverbruikers en tuinders. Ook kunnen leveranciers van kleine eindgebruikers afnemers zijn, waaronder (buurt-) coöperaties. Kleine eindgebruikers, zoals individuele woningen zijn buiten beschouwing gelaten.

1. Waarom een marktplaats voor warmte?

Een open warmtemarkt geeft een goede invulling aan de markt die op de Warmterotonde in Zuid-Holland wordt ontwikkeld om daarmee tegen zo laag mogelijke kosten de verduurzaming te versnellen. Zo biedt het kansen voor het aansluiten van diverse warmteproducenten en afnemers, voor transparantie op de markt, voor prijsoptimalisatie en kansen om duurzame bronnen te prefereren boven andere bronnen. Voordat deze aspecten verder uitgewerkt worden, wordt hier eerst het concept van een open warmtemarkt verder toegelicht.

Een open warmtemarkt is een markt waarop vraag en aanbod van warmte bij elkaar komen en waarbij aanbieders en afnemers van warmte de mogelijkheid hebben om toe te treden. Partijen zijn vrij om te bepalen met wie zij transacties aan willen gaan. In een open warmtemarkt kunnen marktpartijen tevens onderling financiële transacties aangaan, waardoor zij lange termijn leverings- en investeringszekerheid krijgen.

Een onderdeel van de open warmtemarkt is de marktplaats. Dit is een faciliteit waar vraag en aanbod van warmte bij elkaar komen en die de handel in warmte en de afwikkeling van deze handel mogelijk maakt. Deze faciliteit zorgt ervoor dat de afwikkeling binnen de eisen van de SO plaatsvindt.

Een open warmtenet is een randvoorwaarde voor het vrij toe treden van aanbieders en afnemers van warmte op de open warmtemarkt. Een open warmtenet kenmerkt zich door het aanbieden van warmtetransport als een service voor iedereen die warmtetransport wenst op non-discriminatoire voorwaarden. Er wordt door de netbeheerder van het open warmtenet een transportvergoeding in rekening gebracht voor het gebruik van de service, die rekening houdt met de afstand waarover de warmte wordt getransporteerd. In hoofdstuk 2 wordt hier verder op ingegaan.

Toegankelijk

Iedereen die professioneel kan handelen heeft onder gelijke condities toegang tot de markt. Dit betekent dat iedere warmteproducent, leverancier of afnemer kan toetreden tot het netwerk onder de geldende voorwaarden van het netwerk. Door de toegankelijkheid van de markt ontstaat er een verlaagde drempel om lokale duurzame bronnen aan te sluiten op het net. Bovendien is het warmtenet minder afhankelijk van één warmtebron door de mogelijkheid om meerdere bronnen aan te sluiten. Daarnaast zijn lange-termijn garanties niet meer nodig wat het aansluiten op het net aantrekkelijker kan maken voor grote centrale restwarmteproducenten. Dit versnelt de groei van het netwerk en het zorgt voor een grotere benuttingsgraad van het net. Dit leidt tot een betere rentabiliteit van de infrastructuur.

Transparant

Doordat warmte wordt verhandeld op de marktplaats van de open warmtemarkt zijn de voorwaarden en volumes voor alle partijen inzichtelijk. Bovendien is er transparantie over de warmteprijs op elke locatie, welke door een centraal algoritme gevormd wordt. Hierdoor weten nieuwe aanbieders en afnemers waar ze instappen. Dit kan zorgen voor een betere acceptatie van warmte als energiedrager en daarmee een hogere aansluitdichtheid.

Optimalisatie

Een open warmtemarkt kan voor prijsoptimalisatie zorgen. Warmteproducenten krijgen op basis van hun kostprijs een plek in de merit order. De producent met de laagste kostprijs mag als eerste zijn warmte aanbieden om in de vraag te voorzien. Zo kunnen producenten met een lage kostprijs vrijwel al hun warmte aan het net leveren. In een groot warmtenet kan goedkopere warmte over een lange afstand nog steeds concurreren met duurdere warmte lokaal.

Naast deze prijsoptimalisatie vind er optimalisatie plaats door de integratie van het warmtesysteem met bestaande energiesystemen van gas en elektriciteit. Deze integratie is bijvoorbeeld zichtbaar bij tuinders met een warmtekrachtkoppeling (WKK). Wanneer de WKK gaat draaien wordt bepaald door de prijs van warmte, maar ook door de waarde van gas en elektriciteit.

Stuurbaar

Een markt zorgt uit zichzelf niet voor duurzaamheid en CO₂ besparing. Toch willen overheden, producenten en gebruikers van warmte daarop kunnen sturen. Het gebruik van duurzame of CO₂-arme warmte kan bevorderd worden doordat warmteverbruikers duurzame of CO₂-arme warmte kunnen prefereren boven minder duurzame alternatieven. Of doordat overheden eisen stellen aan de oorsprong van de warmte. In een markt kan dit bereikt worden door CO₂-informatie van de warmte transparant beschikbaar (certificering) te hebben en die informatie te betrekken bij de transacties in de marktplaats. Bovendien is het mogelijk om CO₂ op de warmtemarkt een prijs te geven.

Beperking in elke warmtemarkt

Naast de mogelijkheden die een open warmtemarkt biedt, zijn er ook aspecten waar het geen oplossing voor biedt. Zo blijft ook in een open warmtemarkt de terugverdientijd en zekerheid van de investering in de (hoofd)infrastructuur een obstakel. Wel kunnen risico's worden verkleind doordat de kans op een groter transportvolume toeneemt.

2. De inrichting van een marktplaats voor warmte

Een open warmtemarkt vraagt om het ontwikkelen van regels en verhoudingen tussen de marktpartijen. Ook in een situatie met weinig warmteproducenten is hier behoefte aan. Het ligt voor de hand om een stelsel uit te werken wat een volledige open warmtemarkt kan faciliteren. Op deze manier is de uitwerking van toepassing op zowel de huidige situatie met een beperkt aantal professionele partijen als een situatie van een uitgebreid open warmtemarkt in de toekomst..

Een goede marktorganisatie vereist veel regelingen vooraf, vooral over goed toegankelijk transport over het netwerk, voor alle marktpartijen en op gelijke basis. In plaats van een stelsel geregeld en beheerd door één partij moet dit gaan werken voor een situatie met meerdere marktpartijen. Als

het transport goed is geregeld, kan de markt goed worden ingericht. Voorbeelden van afspraken voor een goed warmtetransport zijn: gemeenschappelijk beheer, regelingen voor in- en uitvoeding en balanshandhaving, transportbeheer en regelingen voor transportcapaciteit, back-up en regelingen voor het hanteren van de warmteverliezen .

Een voordeel voor het inrichten van een open warmtemarkt en het organiseren van de bovenstaande aspecten is dat er overeenkomsten zijn met de eerdere inrichting van de markten voor elektriciteit en gas. Op basis daarvan kunnen we een open warmtemarkt inrichten met ervaring en vertrouwen in een goed eindresultaat, zeker als dit in eerste instantie wordt beperkt tot toegang voor professionele marktpartijen.

Dit hoofdstuk is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Een open warmte markt met professionele klanten
- Uitgangspunten Marktmodel
- Keuze Marktmodel
- Het marktmodel als clearing house
- Het verrekenen van de transportkosten

Een open warmte markt met professionele klanten



Op de open warmtemarkt zoals in deze notitie wordt uitgewerkt bestaat er een open toegang voor verschillende professionele marktpartijen op het hoofdtransportnet en de secundaire netten. Professionele verbruikers hebben al veel ervaring met open markten voor elektriciteit en gas, omdat dit voor hun bedrijfsvoering essentieel is. Belangrijk daarbij zijn de tuinders in de glastuinbouw. Zij zijn namelijk naast verbruiker ook regelmatig zelf warmteproducent, via bijvoorbeeld geothermische bronnen en warmtekrachtkoppeling (WKK's). Deze energie wordt onderling verhandeld en uitgewisseld. Er wordt binnen deze sector al aan praktische handelsplatforms gewerkt.

Het openstellen van de warmtemarkt voor grote en professionele verbruikers is in lijn met de ervaringen in de liberalisering van elektriciteit en gas. De start van de markt tussen producenten ging hier snel gepaard met liberalisering van de grotere

consumenten. De keuze voor marktopening voor de professionele marktpartijen beperkt de complexiteit en vergroot de slagkans voor de eerste fase van de ontwikkeling van een open warmtemarkt. Deze aanpak biedt ook perspectief voor bestaande warmtenetten door met een open markt toegang te bieden voor nieuwe duurzame bronnen.

Het is de vraag of de marktopening zich in de toekomst kan uitstrekken tot de kleinere eindverbruikers van warmte via distributienetten, zoals individuele woningen. Met wisseling van warmteleverancier voor kleinverbruikers is, tot nu toe, nationaal en internationaal, weinig ervaring. Door de transparantie op de open warmtemarkt voor professionele marktpartijen neemt wel de kans toe dat kleine eindverbruiker de laagste prijs gaat betalen.

Uitgangspunten Marktmodel

Het marktmodel beschrijft op welke manier de commerciële transacties georganiseerd verlopen tussen de marktpartijen. Er zijn voor het marktmodel verschillende alternatieven. Een eenmaal gekozen marktmodel gaat gepaard met een aantal duidelijke hoofdkeuzes zoals de rollen van de partijen en hun interacties. Hierop kunnen de overige aspecten gestructureerd, ingevuld en gekozen worden. Om deze reden heeft de werkgroep ervoor gekozen om een keuze te maken met betrekking tot het marktmodel. Voor andere aspecten worden keuzes enkel beschreven.

Voor dit marktmodel heeft de werkgroep in een aantal sessies de belangrijkste uitgangspunten geformuleerd, in lijn met het fysieke karakter van warmte en het warmtetransport, wat op belangrijke punten afwijkt van het karakter van gas en elektriciteit

Zo vormt bij gas en elektriciteit het afstandstransport geen groot onderdeel van de kosten. Er is afgesproken dat locatie geen rol speelt in de kosten toerekening (“koperen plaat”). Bij het transporteren van warmte zal echter wel rekening gehouden moeten worden met de afstand (slide 17). Ook zijn er inherente transportbeperkingen, omdat warmtetransport om economische redenen altijd maar op een deel van de totale piekcapaciteit wordt gedimensioneerd. Daardoor is er niet één groothandelsprijs voor het hele gebied, maar zal de groothandelsprijs per locatie verschillen.

Op basis van het fysieke karakter van warmte en het warmtetransport zijn de volgende uitgangspunten voor het marktmodel vastgesteld:

- Een markt met (mogelijk) verschillende prijzen per locatie. Deze prijsverschillen worden veroorzaakt door transport-

beperkingen en/of transport-verliezen tussen de aanbieders en de afnemers. Bovendien zijn er gebieden met vooral veel aanbod of juist met veel vraag. Dit leidt ook tot een locatie-afhankelijke prijs.

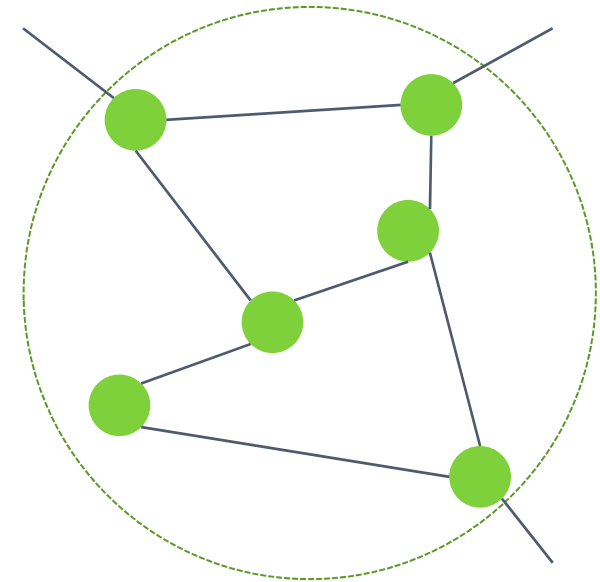
- Er is geen sprake van een “koperen plaat”, d.w.z. er zijn transportbeperkingen tussen knooppunten en/of regio's. We kiezen ervoor dit ook in het marktmodel tot uiting te laten komen.
- Tenslotte willen we graag de CO₂-inhoud van de warmte transparant kennen en zo mogelijk optimaliseren c.q. ter keuze voorleggen aan de afnemers.

Keuze Marktmodel

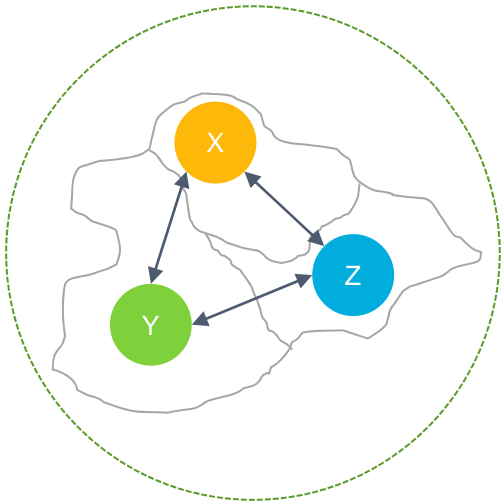
Uitgaande van het principe van locatie specifieke prijzen heeft de werkgroep gezocht naar een effectief marktmodel wat dit het beste ondersteunt. De werkgroep is overeen gekomen dat een zogenaamde knooppuntenmarkt de open warmtemarkt het beste faciliteert. Een knooppuntenmarkt is een collectieve fysieke markt gebaseerd op fysieke knooppunten in het net. De optimalisatie bepaalt op elk knooppunt de prijs en de transporten tussen alle knooppunten. Dit gebeurt op een marktplaats op basis van het volledige vraagvolume en al het ingeboden aanbod, rekening houdend met de gelimiteerde transportcapaciteit, eventuele temperatuurverschillen tussen knooppunten en transportverliezen en/of kosten.

Er is veel ervaring met de knooppuntenmarkt in elektriciteit, vooral in de VS (waar dit model de “Nodal Pool” wordt genoemd). Ook de Amerikaanse elektriciteitsmarkt wordt gekenmerkt door flinke transportkosten en transportverliezen over honderden kilometers. De Nederlandse situatie met warmtetransport lijkt hier sterk op, zij het uiteraard over andere afstanden.

Er zijn door de werkgroep ook andere marktmodellen overwogen, die hieronder kort zijn toegelicht. Een verdieping op deze marktmodellen is te vinden in bijlage A.



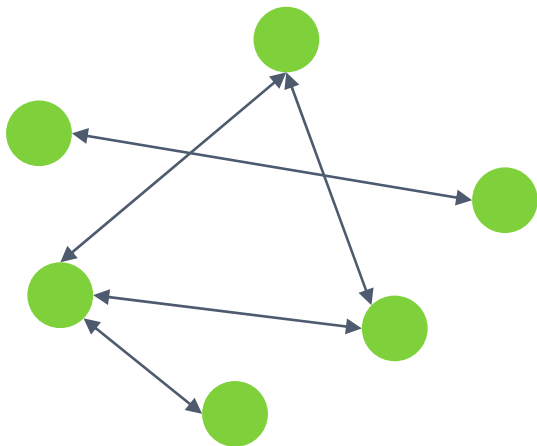
Het marktkoppelingsmodel



Dit is een collectieve markt gebaseerd op verschillende gebieden. Een voorbeeld van dit marktmodel is de elektriciteitsmarkt binnen Europa. De markt optimaliseert zowel de gebiedsprijzen als de dagelijkse collectieve transporten tussen deze gebieden. Dit model heeft zich in de Europese elektriciteitsmarkt inmiddels ruim bewezen en de marktpartijen kennen het goed. Toch is dit voor onze warmtemarkt minder geschikt. Het doel van marktkoppeling is om prijsverschillen, tussen min of meer zelfstandige

gebieden, zoveel mogelijk te verkleinen of te laten verdwijnen. Bij warmte gaan we juist uit van locaties met grote overschotten en grote tekorten, met verschillende warmteprijzen daartussen omwille van een goed verdienmodel voor het warmtetransport en ook voor facilitering van verschillende temperaturniveaus. Het marktkoppelingsmodel zou dan flink moeten worden aangepast met integratie van transportverliezen, transportkosten en overgangen tussen netvlakken.

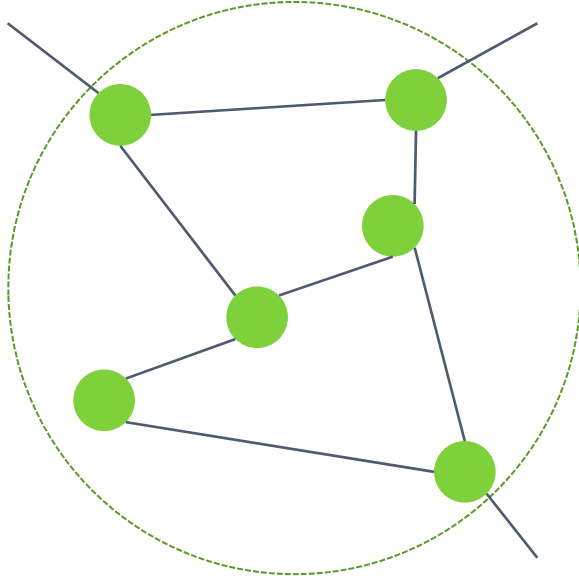
Bilaterale markt met capaciteitsreserveringen



Dit is een markt vooral bestaande uit individuele (bilaterale) transacties. Dit marktmodel komt voor in de gasmarkten. Er is geen centraal marktmechanisme: er kan een marktplaats zijn, maar deelname daaraan is niet verplicht. Partijen hebben transportrechten uit het verleden, uit hun aandeel in de aanleg van leidingen, of uit veilingen van transportcapaciteit, en gebruiken het transport individueel. Het marktsysteem coördineert dit niet. Dit model werkt doorgaans erg slecht bij een beperkte transportcapaciteit. Eigenlijk zou dit alleen enigszins kunnen werken bij een opzet zoals sommige gebieden in Denemarken en Zweden, waarbij er één grote warmteleverancier is die een

aantal kleinere warmtebronnen op zijn netwerk toestaat. In de situatie in de regio Zuid-Holland West is dat echter niet het uitgangspunt en moet er een systeem komen voor meerdere grote partijen plus een flink aantal kleinere. Dan is er een grote kans dat een bilateraal systeem vastloopt op de beperkte transportcapaciteit die niet wordt geoptimaliseerd, waarbij partijen zo lang mogelijk hun capaciteit vasthouden. Hierdoor raakt het systeem versnipperd en inefficiënt. Dit was vooral te zien in de Europese elektriciteitsmarkt: vóór de invoering van de marktkoppeling werd de bilaterale markt gehanteerd, waardoor de liberalisering eerst dreigde te mislukken.

Het knooppuntenmarkt-model



Volgens de werkgroep faciliteert het knooppuntenmarkt-model de open warmtemarkt voor de Warmterotonde in Zuid-Holland het beste. Het is gemaakt om de productie en het transport, inclusief de kosten daarvan, in één slag te optimaliseren. Transportkosten en knelpunten worden namelijk meegenomen in de prijsvorming door het warmteaanbod te rangschikken in volgorde van goedkoopste mogelijkheid. Dit betekent dat bijvoorbeeld goedkoop transport van verder weg, inclusief transportkosten over grotere afstand, goed afgewogen wordt tegen lokale productie die duurder is maar minder transport kost. Het knooppuntensysteem is daarvoor bij uitstek bedoeld en er is erg veel ervaring mee. Daarbij is het ook direct gekoppeld aan een verdienmodel voor het netwerk.

Het model is in staat om marktwerking te creëren op diverse netvlakken en deelnetten. Het model kan netvlakken met verschillende temperaturen behandelen als verschillende knooppunten, met een lokale prijs die een stimulans kan zijn voor het bouwen van capaciteit op locatie (zoals lokale geothermie of een warmtepomp wellicht mede door milieuregulering voor lokale uitstoot). Hetzelfde geldt voor lokale netten van tuinders die aan kunnen sluiten als nieuw knooppunt.

Een groot voordeel van het systeem is verder dat het werkt in elke denkbare situatie, ook met weinig verschillende warmteleveranciers: zelfs als er slechts 1 warmteleverancier is zorgt het nog voor de nodige transparantie. Het model kan dus heel goed worden opgebouwd vanuit een aanvangssituatie met weinig spelers/aanbieders, naar een meer diverse marktsituatie.

Een kenmerk van het systeem is wel, dat alle transacties via het model moeten lopen. Er is in beginsel geen plaats voor afzonderlijke bilaterale fysieke transacties. Dat kan eventueel worden aangepast, door de accommodatie van beperkte fysieke bilaterale transacties bijv. tussen bureaus, die dan buiten het optimalisatiesysteem blijven. In de praktijk blijkt daarnaast, zoals in de VS gebleken, dat partijen hun onderlinge transacties heel goed financieel kunnen vormgeven, met de systeemprijzen als referentie.

In box 1 wordt een historisch voorbeeld van het knooppuntenmodel beschreven.

Box 1: Nodal Power Pool (knooppuntenmarkt) PJM, Verenigde staten

In 1927 werd een “nodal power pool” opgericht door drie grote elektriciteitsbedrijven in de Amerikaanse staten Pennsylvania en New Jersey. Het doel hiervan was om de toewijzing van de productie van iedereen te baseren op de laagste kosten per centrale, en daardoor de totale stroomkosten te reduceren voor deze drie grote elektriciteitsbedrijven en al hun klanten. Naast de prijs per centrale houdt het model ook rekening met transportkosten tussen centrales bij belangrijke knooppunten en berekent zo een verschillende prijs per knooppunt: een knooppuntenmarkt.

Hoewel er toen slechts drie grote marktpartijen waren, was de markt meteen al meer divers, door het marktontwerp. Hierbij verplichtten de partijen zich om elk van hun productiecentrales afzonderlijk aan te bieden qua kostprijs. Daardoor bestond de markt toch al meteen uit meerdere partijen.

Deze formule was zo succesvol, dat anderen zich daarbij gingen aansluiten, als eerste uit Maryland, waarna het systeem PJM ging heten (initialen van de staten). Reeds in de decennia vóór de liberalisering sloten meer en meer elektriciteitsbedrijven (toen nog met elke hun leveringsmonopolie) zich aan. Het was een markt tussen de aanbieders, waar iedereen baat bij had - ook de klanten.

In de jaren negentig volgde daarop de liberalisering, waarbij het systeem ook geopend werd voor de klanten zelf en voor lokale aanbieders, de zogenaamde Independent Power Producers. Hiertoe werden vele onderdelen van het systeem ondergebracht in een Independent System operator (ISO). In meer recente jaren volgde de rol van kleinere klanten in de markt (demand response).

Interessant is ook de financiering van investeringen in het transportnet, door zogenaamde financiële transmissierechten (FTR's). Door deze verhandelbare FTR's krijgen financiers, vooral de banken, zekerheid over de transportinkomsten. Deze worden door de knooppuntenmarkt gegenereerd uit de verschillen tussen de prijzen per knooppunt. Dat is een prima systeem gebleken voor het financieren van nieuwe transportverbindingen.

Vandaag de dag is PJM de grootste elektriciteitsmarkt ter wereld. Het gebied beslaat 14 dicht bevolkte staten aan de Amerikaanse Oostkust, met meer dan 900 directe marktpartijen. Alle elektriciteitsvraag in dit enorme gebied gaat voor 100% via de knooppuntenmarkt.

Box 2: Noorse stroommarkt als rolmodel voor Europese liberalisering

Van oudsher was er in Noorwegen één elektriciteitsbedrijf voor alle klanten, het staatsbedrijf Statnett. Dit produceerde zelf elektriciteit uit waterkracht, maar kocht ook stroom in van dorpen in de Noorse bergen die zelf hun eigen waterkrachtcentrale hebben voor lokaal gebruik.

Vanwege de verschillen in neerslag en temperatuur, kwam het idee op om overschotten en tekorten te gaan verhandelen op een markt. Dit werd Statnett Market genoemd. Hoewel er slechts één grote partij was (Statnett), werd deze markt al snel een succes omdat er naast Statnett nog een flink aantal kleinere partijen waren: de verschillende dorpen met elk hun kleine centrale.

Vanwege de transportproblemen werd bedacht om de prijs te berekenen in verschillende gebieden met zo veel mogelijk één prijs bij voldoende transportcapaciteit, maar wel met verschillende prijzen als de transportcapaciteit ontoereikend was. Dit systeem met verschillende prijszones werd market splitting genoemd. Deze formule was zo succesvol, dat Zweden zich hierbij aansloot als extra prijszone, in de gezamenlijke markt Nord Pool. Later volgden Finland, Denemarken en de Baltische staten.

Intussen werd op initiatief van de Nederlandse APX en beurzen in Frankrijk, Duitsland en België het systeem ook ingevoerd in Noordwest-Europa onder de naam market coupling. Dit werd eveneens een groot succes, waardoor het is bestempeld tot "European target model".

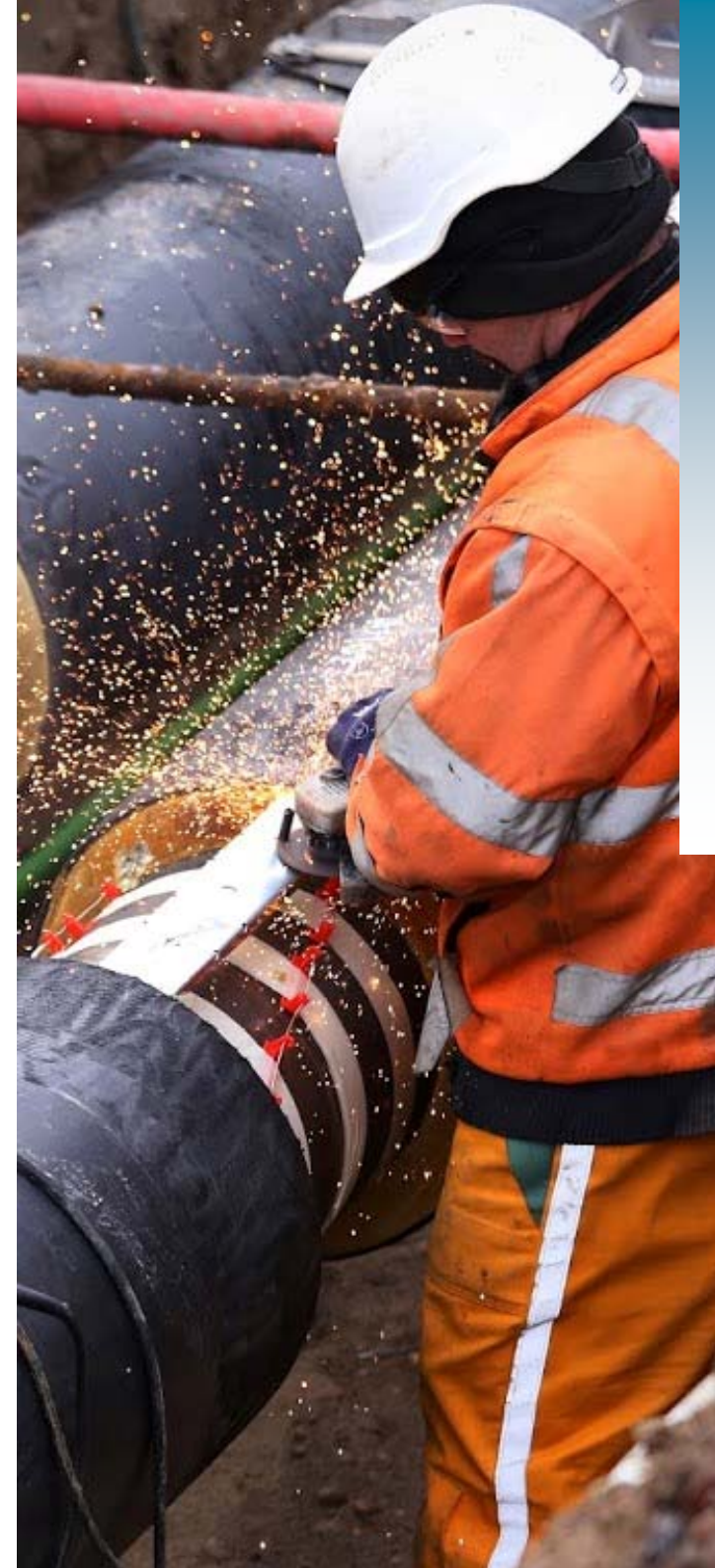
Vandaag de dag omvat de Europese marktkoppeling vrijwel heel West-Europa van de Noordkaap to Gibraltar. Het systeem in Oost-Europa is ook al in opbouw en zal hierbij worden aangekoppeld.

Interessant is, dat het systeem ook goed werkt in landen met weinig marktspelers, zoals Frankrijk. Door het transport integraal in de marktberekening te betrekken, zijn alle marktspelers uit andere gebieden ook betrokken en wordt de marktdiversiteit vermenigvuldigd. Het model van de knooppuntenmarkt in de Verenigde Staten heeft dit voordeel overigens ook.

Het marktmodel als clearing house

Het knooppuntenmodel is ook belangrijk in de afrekening van alle grote transacties tussen de professionele marktpartijen. Zoals al eerder genoemd, lopen alle fysieke transacties via het model. Dagelijks worden alle warmteleveringen vooraf op de marktplaats ingeboden, geoptimaliseerd en toegewezen zodat de totale verwachte warmtevraag wordt gedekt. Deze dagelijkse volumes van de warmtestromen worden ook via de marktplaats afgerekend. Dat betekent, dat de marktplaats dagelijks alle afname verrekent tussen alle partijen. Daarbij houdt de marktplaats ook de kredietwaardigheid van alle marktpartijen in het oog. Bovendien verlangt het van de deelnemers ook zekerheden vooraf zodat alle andere deelnemers altijd hun geld krijgen. In het knooppuntenmodel is de marktplaats dus ook het “clearing house” voor de financiële

afwikkeling van alle transacties tussen professionele partijen. Ook de fysieke afwikkeling wordt gegarandeerd: in samenhang met de functie van de system operator (zie hierna) wordt steeds nagegaan of alle leveringen ook worden gepland (programmering), of deze daadwerkelijk plaatsvinden (balansmonitoring) en of er afwijkingen in de balans opgelost moeten worden (balancering). Als er een onbalans is worden doorgaans marktpartijen opgeroepen om deze balans te herstellen tegen een vergoeding, waarbij degene die de onbalans heeft veroorzaakt betaalt voor de kosten.



Het verrekenen van de transportkosten

Er zijn verschillende soorten kosten die de werkgroep als de transportkosten van een warmtenet beschouwt. Er zijn vaste kosten (investeringen in warmtepijpen, verdeelstations, aansluitingen op het net) en variabele kosten (pompenergie, onderhoud, warmteverliezen).

Onafhankelijk van de indeling van verschillende kosten van transport staat voorop dat de transportkosten moeten worden terugverdiend. Het knooppuntenmodel biedt ruimte om de transportkosten terug te verdienen via het aangesloten vermogen (per MWth), via de afgenomen warmte (per GJ en gedifferentieerd naar afstand) of via een combinatie van beide. In de praktijk zal naar

een combinatie worden gezocht, waarbij nader bepaalt zal moeten worden hoe die verhouding zal uitpakken. Deze verhouding kan ook in de tijd veranderen. Zo is het mogelijk om eerst de transportkosten vooral per MWth te verrekenen en later, wanneer er voldoende afnemers zijn, meer per GJ. Dit is een optimalisatie vraagstuk dat verdere uitwerking behoeft.

Om een eerste gevoel te krijgen bij de effecten van het verrekenen van de transportkosten, worden de effecten van de uitersten in hoofdstuk 6 'Kosten en prijzen van warmte' (slide 29) beschreven.

3. Technische beschrijving van het warmtesysteem

Een veel gehoorde opgave met betrekking tot het openstellen van warmtenetten is de onderliggende technische complexiteit van deze systemen en de daar uit voortvloeiende noodzaak voor een hoge mate van coördinatie. Dit mondt in de praktijk doorgaans uit in verticale integratie en afscherming van eventuele toetreders. Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van het fysieke systeem om te laten zien dat een open knooppuntenmodel robuust is voor de technische complexiteit van warmtenetten. Dit als gevolg van het internaliseren van de benodigde pompenergie, het warmte verlies en de kosten met betrekking tot het overbruggen van eventuele temperatuurverschillen. Daarnaast is er de mogelijkheid tot de optimalisatie van systeemparameters zoals retourtemperatuur, maar ook tot sturing op een duurzaamheidsdoelstelling door middel van complementaire economische prikkels.



Het fysieke systeem

De hoofdinfrastructuur van het voorziene warmtenet bestaat uit een hoofdtransportleiding voor de aanvoer van warm water en een retourleiding. Deze infrastructuur verbindt industriële gebieden, zoals de haven van Rotterdam, residentiële gebieden, zoals Rotterdam, Den Haag, Delft, Leiden, maar tevens glastuinbouwgebieden zoals het Westland met elkaar. Het figuur hiernaast geeft een toekomstperspectief voor een dergelijk warmtenet.

De hoofdinfrastructuur verbindt meerdere knooppunten met elkaar waar warmte op kan worden ingevoerd of afgenomen. Op een knooppunt kan één bedrijf zijn aangesloten, zoals een elektriciteitscentrale of tankopslagbedrijf, maar het kan ook een Warmte Overdracht Station (WOS) zijn met achterliggend secundair net, zoals een bestaand stadsverwarmingsnet of een lokaal net in een glastuinbouwgebied. Op secundaire netten kunnen in potentie weer meerdere tertiaire netten zijn aangesloten

Figuur 2: Schematische weergave van een deel van de potentiële hoofdinfrastructuur, in dit geval van Maasvlakte richting de Europoort, Botlek en het Westland. Het gekozen traject voor dit plaatje is puur illustratief en de gekozen locaties hebben geen relatie tot de werkelijkheid.



Temperatuur van de hoofdinfrastructuur

Er zijn verschillende voor- en nadelen bij de handhaving van een hoge dan wel lage temperatuur op de hoofdtransportleiding. Een (relatief) hoge systeemtemperatuur vergroot de transportcapaciteit van de hoofdtransportleiding, aangezien er een hoger temperatuurverschil kan worden bewerkstelligd tussen de aanvoer en retourleiding. Het verschil tussen aanvoer en retourtemperatuur (minus warmteverlies) bepaalt uiteindelijk de benutting van de warmte in het systeem en dus de efficiëntie. Daarnaast kan de warmte van hoge temperatuur voor veel meer doeleinden rechtstreeks worden aangewend, zoals bestaande verwarmingssystemen en warm tapwater. Ook zijn afgifte installaties voor hoge temperatuur meer gangbaar en goedkoper. Bij een hogere temperatuur is er echter wel meer warmteverlies.

Het handhaven van een (relatief) lage systeemtemperatuur kent ook voordelen, de voornaamste is dat hiermee meer duurzame bronnen kunnen worden ingepast en het potentieel voor (lagere temperatuur) restwarmtebenutting wordt vergroot. Daarnaast is het tevens gunstig voor de efficiëntie van warmtepompen⁴.

4. Incorporatie fysieke aspecten in het marktmodel

De werkgroep acht het knooppuntenmodel het meest adequaat om te voldoen aan de eerder benoemde randvoorwaarden, waaronder het verrekenen van transportkosten, het faciliteren van temperatuurverschillen van verschillende netten en het reflecteren van transportbeperkingen.

Om inzicht te krijgen in de manier waarop het knooppuntenmodel omgaat met de fysieke karakteristieken van het warmtenet wordt allereerst beknopt het proces doorlopen.

1. De beheerder van de marktplaats maakt een dag van tevoren een analyse van hoeveel warmte er naar verwachting nodig is per knooppunt.
2. Er worden voorwaarden vastgesteld, bijvoorbeeld over de invoedtemperatuur waar de producenten van warmte aan moeten voldoen.
3. Producenten brengen vervolgens hun bod uit voor welke prijs zij bereid zijn om warmte te produceren.

4. Ten slotte volgt er een optimalisatie van de operationele kosten aan de hand van de biedingen en de kosten die voortvloeien uit de fysieke aspecten van het warmtenet.
5. De beheerder van de marktplaats maakt bekend welke producenten zullen produceren.

Transportkosten: pompenergie en warmteverlies

Binnen het knooppuntenmodel is het, zoals eerder beschreven, mogelijk om transportkosten te differentiëren in de afgenomen warmte per GJ.

Een deel van de transportkosten bestaan uit de kosten voor pompenergie. Daarnaast is er sprake van warmteverlies tijdens het transport. De warmteverliezen worden gecompenseerd door extra productie, wat kosten met zich meebrengt. Wanneer de kosten van de pompenergie en het

warmteverlies worden verrekend in de prijs van de afgenomen warmte dan gaat de locatie van een warmtebron een rol spelen. Er kan dan een optimale beslissing worden genomen of het bijvoorbeeld voordeliger is om warmte van de haven Rotterdam naar Leiden te transporteren, of dat het voordeliger is om de warmtevraag te vervullen met een lokale bron.

Het meenemen van de kosten van de pompenergie en het warmteverlies kan toegepast worden op zowel het hoofdtransportnet als op een secundair net. Denk hierbij bijvoorbeeld aan handel tussen tuinders onderling. Omdat de karakteristieken van een secundair net anders zijn dan van hoofdtransportleidingen, is het knooppuntenmodel hier bij uitstek geschikt voor. Een uitgebreide uitleg over de verhouding tussen warmteverlies en pompenergie staat in bijlage B & C.

Faciliteren van temperatuurverschil

In de vorige sectie zijn overwegingen beschreven ten aanzien van de temperatuur op de hoofdtransportleiding en de retourleiding. Deze overwegingen zijn nauw gerelateerd aan de temperatuur op de secundaire netten. Tijdens de discussie met de werkgroep kwam er naar voren dat een secundair net in principe vrij moet zijn om een hogere of lagere systeemtemperatuur aan te houden dan de temperatuur van de hoofdtransportleiding. Bovendien zal het voorziene marktmodel dit moeten kunnen faciliteren door de eventuele kosten voor het op- of afwaarderen van het temperatuurniveau te incorporeren.

Door de keuze voor de systeemtemperatuur te laten aan de beheerder van het secundaire net, bijvoorbeeld een lokaal initiatief, is het mogelijk om duurzame bronnen van warmte in te passen. Wanneer een lokaal net een lagere systeemtemperatuur aanhoudt, worden de (relatief lage) variabele kosten van het afwaarderen van de temperatuur bij de kosten van de afname van de hoofdtransportleiding opgeteld. Dit kan de concurrentiepositie van de lokale warmtebronnen binnen dit net lichtelijk verbeteren. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat

de hoofdtransportleiding een temperatuur heeft van 90°C in de winter, maar dat de tuinders aangesloten op een secundair net in het Westland beslissen een temperatuurniveau van 60°C te handhaven. In het geval van afnemen van- of invoeden op de hoofdtransportleiding is het dan wel nodig om het temperatuurniveau te verlagen of verhogen. Een ander voorbeeld is een nieuwbouwwijk waar de huizen op voorhand ingericht kunnen worden op basis van een lage temperatuur systeem.** Binnen een dergelijke wijk kunnen dan makkelijker hernieuwbare bronnen, zoals geothermie of zon thermisch worden ingepast of een (grootschalige) warmtepomp worden geïnstalleerd.

Wanneer de lokale bronnen tevens aan de hoofdtransportleiding willen leveren dient de temperatuur te worden opgewaardeerd op het knooppunt. Hier moet de benodigde apparatuur voor beschikbaar zijn, zoals een warmtepomp of hulpketel*. De bijkomende variabele kosten worden meegenomen tijdens de optimalisatie van het knooppuntenmodel. Dit verslechtert de competitiviteit van de lokale bronnen vergeleken met andere producenten die leveren aan de hoofdtransportleiding. In box 3

wordt beschreven hoe het knooppuntenmodel omgaat met lokale bronnen waarvan de temperatuur niet opgewaardeerd kan worden. Box 4 gaat in op de mogelijkheden van warmte cascadering.

**De investeringskosten voor deze apparatuur komen voor rekening van de beheerder van het secundaire net.*

***Een dergelijke inrichting behelst onder andere een hoge mate van isolatie en radiatoren met een groter oppervlakte, bijvoorbeeld in de vorm van vloerverwarming.*

Box 3: Lokale bronnen zonder opwaarderen van de temperatuur in het knooppuntenmodel

Wanneer de benodigde apparatuur voor het opwaarderen ontbreekt, kan het knooppuntenmodel alsnog de lokale bron adequaat mee kan nemen in de optimalisatie. Enerzijds kan de optie tot invoeden worden uitgesloten door de conversiekosten dermate hoog vast te stellen, binnen de optimalisatie, dat deze nooit zal plaatsvinden. Anderzijds worden de lokale bronnen nog steeds meegenomen in de optimalisatie wat leidt dat er een correcte afweging plaatsvindt of het goedkoper is om af te nemen van de hoofdtransportleiding of zelf lokaal te produceren.

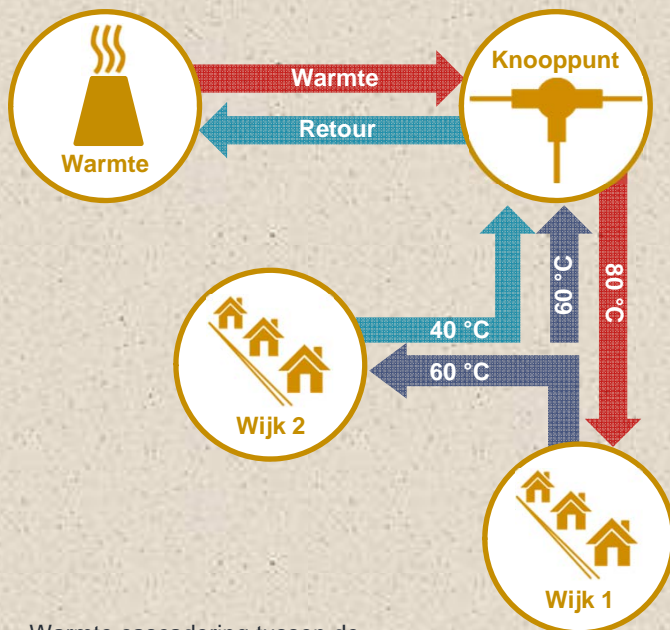
Reflecteren van transportbeperkingen

Aangezien een groot deel van de totale kosten van een warmtenet bestaan uit de investeringskosten van de fysieke infrastructuur is het wenselijk om het netwerk dusdanig te dimensioneren dat er een zo hoog mogelijke benutting van de hoofdtransportleiding kan worden bewerkstelligd. De vraag naar warmte is echter erg seizoensgebonden, met aanzienlijke piekmomenten in de winter. Het

is dan ook gebruikelijk om de warmtetransportleiding te dimensioneren op basis van de basislast in plaats van de pieklast. Dit heeft als gevolg dat in de winter de hoofdtransportleiding onvoldoende capaciteit zal hebben om volledig aan de vraag naar transport tussen de knooppunten te voldoen. Hierdoor zullen de hulpketels op de knooppunten op momenten van grote warmtevraag waarschijnlijk prijsbepalend zijn. Binnen het knooppuntenmodel kan dit

leiden tot een prijsverschil tussen de knooppunten. Deze prijsverschillen reflecteren de waarde van schaarse transportcapaciteit. De transparantie ten aanzien van prijsverschillen kan bepaalde partijen bewegen om enerzijds lokale bronnen te gaan ontwikkelen, ofwel de transportcapaciteit uit te breiden.

Box 4: Warmte cascadering



Warmte cascadering tussen de verschillende warmte overdracht stations binnen een secundair net.

Náast het feit dat een lagere retourtemperatuur de algehele warmtebenutting van het systeem ten goede komt, is een zo laag mogelijke retourtemperatuur gunstig voor bijvoorbeeld de efficiëntie van elektriciteitscentrales. Daarmee heeft het optimaal benutten van de warmte en het verder uit koelen van de retourstroom een economische waarde.

Om de retourtemperatuur verder te verlagen kan er gebruik worden gemaakt van cascadering. Dit proces is schematisch weergegeven in het figuur hiernaast. Waarin de retourstroom van een bepaald gebied (Wijk 1) wordt "hergebruikt" in een "stroomafwaarts" gebied (Wijk 2) om de resterende warmte te benutten en de retourstroom nog verder uit te koelen.

Om een dergelijke uitkoeling te stimuleren kan het wenselijk zijn om een economische stimulans te introduceren. In Zweden wordt er succesvol gebruik gemaakt van een zogenaamde bonus malus regeling, waarin de partij met een te hoge retourtemperatuur opdraait voor de kosten van een andere partij die zijn retourstroom verder uitkoelt om zo de onbalans op te heffen.

Een dergelijke stimulans zou de implementatie van cascadering bevorderen en bijvoorbeeld de business case van een grootschalige warmtepomp passend kunnen maken. Het kan bijvoorbeeld aantrekkelijk zijn om op de retourleiding die het Westland kruist een warmtepomp te installeren om de overgebleven warmte aan de retourstroom te onttrekken en de retourstroom daarmee nog verder uit te koelen. Deze koude stroom kan vervolgens weer interessant zijn voor elektriciteitscentrales.

5. Rollen en taken

Er zijn een aantal rollen en taken te onderscheiden die samen de knooppunten markt vormen. Anders dan in een gesloten warmtesysteem waar de meeste rollen door slechts één of enkele partijen worden uitgevoerd, worden de meeste rollen binnen een open warmtesysteem door verschillende

partijen uitgevoerd. In onderstaand figuur worden deze rollen schematisch weergegeven. In het figuur staan tevens voorbeelden van codes die tussen de marktpartijen kunnen gelden. Bijlage D bevat een overzicht van alle rollen met hun taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden.

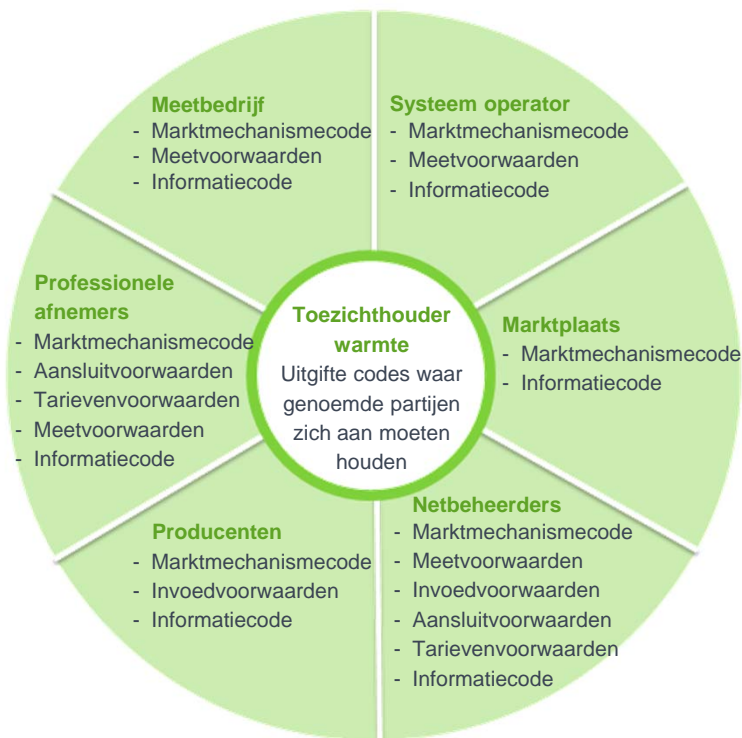
ToeziChthouder warmte

Voor een goed werkende open warmtemarkt zijn er afspraken nodig tussen de marktpartijen. Er vinden transacties plaats welke aan regels en/of contracten verbonden zijn. Het stellen van algemene regels en afspraken kan in een kleine open warmtemarkt onderling georganiseerd worden. Naarmate het systeem groter wordt is het wenselijk om een toezichthoudende instantie in te richten, welke een sanctionerende bevoegdheid heeft wanneer partijen niet binnen de gestelde kaders handelen. Zoals ook in de elektriciteitsmarkt en gasmarkt codes bestaan kan een toezichthoudende instantie codes ontwikkelen voor de warmtemarkt. Hierin zijn algemene regels opgesteld waaraan partijen

zich moeten houden indien ze een rol willen vervullen binnen de warmtemarkt.

Voorbeelden van codes die de toezichthouder kan inzetten zijn:

- Marktmechanisme code
- Meetvoorwaarden met netbeheerders en systeem operator
- Invoedvoorwaarden met netbeheerders
- Aansluitvoorwaarden producenten met netbeheerders
- Aansluitvoorwaarden professionele afnemers met netbeheerders
- Tarievenvoorwaarden met netbeheerders
- Informatiecode



Netbeheerders

De rol van de netbeheerder is het fysieke management van de getransporteerde volumes, ofwel flows, op het netwerk. Daarnaast legt de netbeheerder de warmtenetten aan en onderhoudt deze. Wanneer een producent of een afnemer zich op het net wil aansluiten is de netbeheerder degene die deze partijen aansluit op het netwerk.

De netbeheerder levert data aan de systeem

operator over de thermische transportverliezen en de benodigde pomp energie (kosten) die worden gebruikt als input voor de optimalisatie van het Centrale Dispatch Algoritme. Daarnaast moet de netbeheerder de systeem operator op de hoogte brengen van eventuele (geplande) werkzaamheden aan het warmtenet, zodat de systeem operator hier in de toewijzing op kan anticiperen.

Producenten

De producenten bieden, op een day ahead basis, hun beschikbare productiecapaciteit aan op de marktplaats voor een bepaalde prijs. Het Centrale Dispatch Algoritme bepaalt naar aanleiding van een optimalisatie de uiteindelijke dispatch, oftewel de hoeveelheid warmte die de individuele producenten kunnen produceren en voor welke prijs. De producenten zijn hiermee dan gelijk programma verantwoordelijk voor deze toegekende productie en moeten opdraaien voor de kosten van noodvermogen wanneer zij een onbalans veroorzaken.

In het geval van onbalans wordt er door de systeem operator eerst een beroep gedaan op de producenten die in de eerste instantie niet zijn gedispached. Er wordt allereerst een

beroep gedaan op de goedkoopste producent. Deze worden vervolgens gedispached voor de initieel geboden prijs plus een premie als compensatie voor het feit dat ze zo abrupt worden gedispached. Producenten kunnen ook weigeren of onderhandelen over de prijs. Het is belangrijk om hierbij te beseffen dat niet alle producenten dusdanig flexibele capaciteit hebben staan om het voor hun de moeite waard te laten zijn.

Wanneer producenten niet worden gedispached als gevolg van de initiële optimalisatie komen ze automatisch in het noodvermogen terecht, oftewel worden ze voor die periode als back up producent aangemerkt.

Systeme operator

De rol van de System Operator (SO) in het knooppuntenmodel is tamelijk groot, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de systeemrol van TenneT. De SO beheert het hele systeem min of meer zoals TenneT dat doet, inclusief programmering en balancering. In het knooppuntenmodel is ook de marktplaats nauw gelieerd aan de SO. De SO communiceert naar producenten en afnemers wat de uiteindelijke marktuitskomst (vraag, aanbod en prijsvorming) is voor de marktpartijen. De dispatch van de producenten geschiedt door middel van het kenbaar maken van de uitkomsten van het Centrale Dispatch Algoritme. Aan de hand van deze uitkomst wordt aan producenten een bindend (programmaverantwoordelijk)

productievolume toegekend. Wanneer noodvermogen moet worden ingezet door een onbalans, worden de kosten door de systeem operator verhaald op de in gebreke zijnde programmaverantwoordelijke partij.

Anderzijds is de rol van de SO minder groot dan die van TenneT omdat de warmte-SO niet noodzakelijkerwijs het eigendom heeft van alle transportnetten. Transportnetten kunnen dus van een andere partij zijn, wat zeker zo is in het begin als bestaande stadsverwarmingsprojecten hieraan gaan deelnemen.

Marktplaats

De marktplaats is het online handelsplatform waar de producenten hun capaciteit op kunnen aanbieden. Optimalisatie tussen vraag en aanbod vanuit de verschillende knooppunten geschiedt door het Centrale Dispatch Algoritme, wat uitgelezen wordt door de systeem operator. De marktplaats biedt transparantie voor alle marktactoren ten aanzien van de

prijsvorming op het handelsplatform vanuit een aanbod perspectief. Deze marktplaats staat immers centraal in het knooppuntenmodel waar alle warmte op wordt ingeboden en waaruit alle vraag wordt voorzien - en waaruit ook opbrengst komt voor het transportnetwerk.

Afneemers

De afneemers in dit systeem zijn enkel professionele marktpartijen, zoals grootverbruikers, tuinders en leveranciers van warmte aan bijvoorbeeld kleine eindverbruikers. Voor de kleine eindverbruiker is er geen vrije keuze voor welke leverancier de warmte levert – de

leverancier levert in een bepaald gebied de warmte. De afneemers nemen hun warmte direct van het knooppunt af. Prijsbepaling is afhankelijk van het knooppunt waarachter de afnemer zich bevindt.

Meetbedrijf

Het meetbedrijf is meetverantwoordelijke en draagt zorg voor de levering, plaatsing en het onderhoud van warmtemeters. Daarnaast verzamelt het meetbedrijf de data die voortkomt uit verrichte metingen en geeft dit

door aan de systeem operator die deze data gebruikt voor de verrekening van de input en output van warmte. Het gaat hier met name om data over volume en capaciteitsmetingen op de aansluitingen en systeemverbindingen.

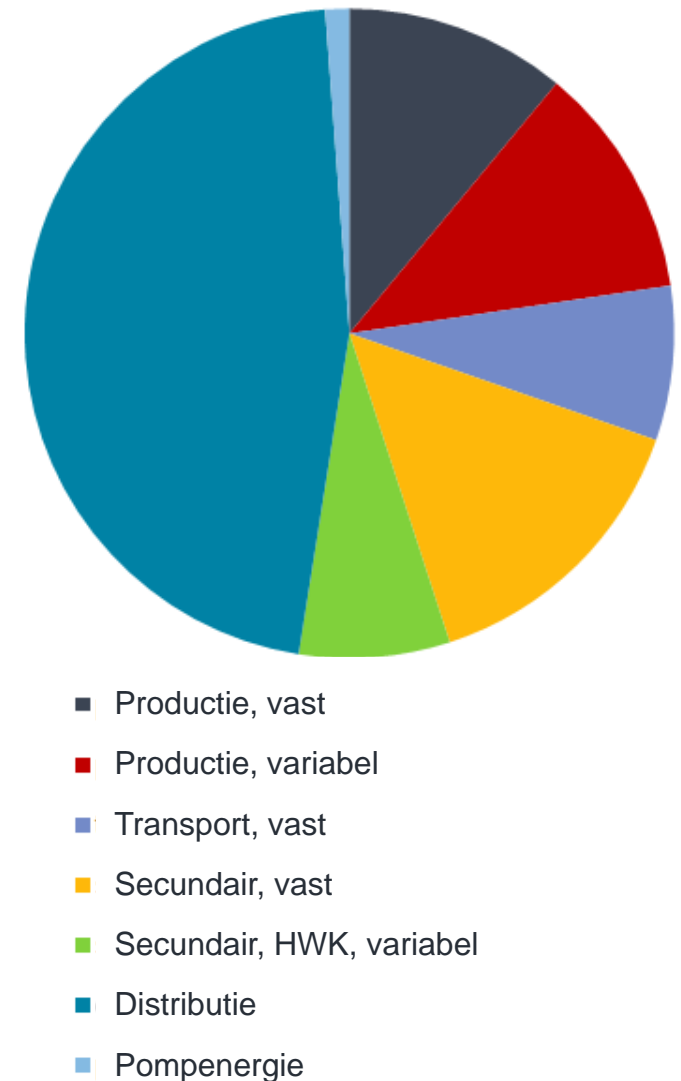
6. Kosten en prijzen van warmte

De kosten van een warmtenet zijn sterk afhankelijk van configuratie, lokale omstandigheden, de warmtebron en de afstand tot de afnemer. In het figuur hiernaast staan de kosten van een warmtenet met grote warmtebron op 20 km afstand van een wijk met 10.000 woningen en 250 ha glastuinbouw. Het figuur is uitgesplitst in diverse componenten met een verdeling naar productie, transport, secundair net en distributienet. Alles is uitgedrukt per geleverde GJ, dus met verdiscontering van de warmteverliezen over de hele keten. Meestal zijn, net zoals in dit voorbeeld, de variabele kosten beperkt tot de warmtebron en de hulpwarmteketel, die bij elkaar 20% van de totale kosten zijn. De hulpwarmteketel hoeft slechts een beperkt deel van het jaar te worden aangesproken. De distributiekosten zijn bijna 50% van de totale kosten.

In elke markt is de vraag hoe de kosten worden vertaald in prijzen voor de afnemers. De uitdaging van een marktsysteem is allereerst het acceptabel houden van het risico van hoge kosten van de hoofdinfrastructuur voor de investeerder. Een tweede uitdaging is het openhouden van de mogelijkheden voor goedkope lokale warmtebronnen.

Alle kosten voor de warmte-infrastructuur en de warmtebronnen zullen daarom in de markt een rol moeten krijgen om te realiseren dat de laagste maatschappelijke kosten ontstaan. In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden hiervoor beschreven voor de transportkosten en uitkoppelingskosten. Daarnaast wordt in gegaan op de mogelijkheid van het invoeren van beprijzingssystemen.

Huishoudens



Transportkosten

Zoals eerder is beschreven is het mogelijk om de transportkosten terug te verdienen via het aangesloten vermogen (per MWth), via de afgenomen warmte (per GJ en gedifferentieerd naar afstand) of via een combinatie van beide.

Om een beeld te schetsen van de effecten van deze mogelijkheden wordt op de volgende slide een beschrijving gegeven van twee uiterste gevallen. In het ene uiterste geval worden alle transportkosten verrekend via een vermogenvergoeding (per MWth). De afnemer betaalt dan alleen nog de productieprijs voor de warmte die wordt aangeboden. In het andere uiterste geval worden alle transportkosten verrekend via de afgenomen warmte (per GJ waarbij de afstand vanaf de producent tot aan de afnemer wordt verrekend in de GJ-prijs). De effecten voor de afnemer, investeerder van het net en de locatie van de warmtebron zijn

hier beschreven. Het verrekenen van transportkosten aan andere partijen (bijvoorbeeld via subsidie) is in deze beschrijving buiten beschouwing gelaten. Ook is uitgegaan van het toerekenen van alle transportkosten naar de afnemer, hetgeen ook deels aan de producent zou kunnen, die het dan weer in zijn GJ-prijs opneemt.

Uitkoppelingskosten

De uitkoppelingskosten van industriële warmtebronnen zullen naar verwachting hoog zijn. Om deze reden zouden deze kosten onderdeel moeten zijn van de bieding die een industriële partij doet voor zijn warmteprijs op het knooppunt. Hierbij is het mogelijk dat de investeerder (als het een ander is dan de industriële partij) in de uitkoppelingskosten het risico verdeelt door een minimumprijs en maximumprijs per GJ voor ontkoppeling af te spreken. Deze prijs is afhankelijk van het aantal GJ dat per jaar door de industriële warmteproducent wordt verkocht.

Bonus/malussysteem

Een nevenaspect van het beprijzingssysteem voor de hoofdinfrastructuur is dat er een bonus/malussysteem voor de temperatuur kan worden ingevoerd om te zorgen dat de warmte op het gewenste temperatuurniveau wordt ingevoed. Diegene die een te lage temperatuur invoedt betaalt, en diegene die hoger dan de gemiddelde temperatuur invoedt krijgt een bonus, per saldo nul.

Ook kan in het beprijzingssysteem een prijs voor CO₂ worden opgenomen.

In bijlage E wordt dieper inzicht gegeven in de verdeling van de kosten voor een warmteleveringssysteem. In bijlage C wordt inzicht gegeven in de vaststelling van de prijs bij warmteverliezen.

Transportkosten in de vermogenvergoeding (MWth)

Transportkosten in de prijs van het verbruik (GJ)



Het effect op afnemers

Door de transportkosten per MWth te verrekenen moet een afnemer meteen hoge kosten maken. Hierdoor zullen minder partijen geneigd zijn om aan te sluiten op het net. Dit resulteert in een lagere aansluitdichtheid, wat de benutting van het warmtenet niet bevordert.

Door het betalen van de transportkosten per MWth nemen de kosten per GJ af. Dit stimuleert maximaal gebruik van het systeem.

Door voorafgaand relatief hoge kosten te maken is er een hoger risico voor de afnemer. Het gebruik van het warmtenet moet zich na het betalen van de vermogenvergoeding voor de afnemer nog bewijzen.

Het effect op de investeerder van het netwerk

Voor de investeerder in het warmtenet komt de investering in het warmtenet terug via de vermogenvergoeding. Dit zorgt enerzijds voor meer zekerheid. Anderzijds ontstaat er een onzekerheid, want met hoge aansluitarieven op het warmtenet neemt het aantal afnemers af – wie sluit er dan nog op het warmtenet aan?

Het effect op de locatie van de warmtebron

Door het verrekenen van de kosten voor transport als vermogenvergoeding, is de keuze van locatie onafhankelijk van de transportkosten. Waar de warmte ook vandaan komt, het aansluittarief is gelijk voor alle partijen die aangesloten worden.

Door de transportkosten te verrekenen in het verbruik (per GJ) is er een lage (financiële) drempel om aan te sluiten op het warmtenet. Dit bevordert de aansluitdichtheid en de benutting van het net.

Het verrekenen van de transportkosten per GJ zorgt voor een laag risico voor de afnemer. Doordat alle transportkosten variabel zijn heeft de afnemer ieder moment een keuze om warmte af te nemen of niet, onafhankelijk van een reeds betaalde vaste vergoeding.

Voor de investeerder in het warmtenet wordt het terugverdienen van de investering afhankelijk van het gebruik van warmte. Dit zorgt voor een hoger risico voor de investeerder. Ondanks dat partijen zich wellicht gemakkelijker aansluiten, moet het verbruik van warmte voor de dekking van de investering zorgen.

Door alle kosten voor transport op te nemen in het verbruik van warmte, wordt de locatie van een warmtebron van belang. De afgelegde afstand tussen de vraag en het aanbod komt dan volledig tot uiting in de prijs van het verbruik (slide 20).

7. CO₂ reductie

Omdat de reductie van CO₂-emissies een belangrijke uitdaging wordt voor de komende decennia zal ook de warmtelevering uiteindelijk CO₂-vrij moeten worden. In de tussenliggende jaren zal daarom gestuurd moeten kunnen worden op de CO₂-emissie van het totale systeem en daarmee ook op de afzonderlijke warmtebronnen. In het open warmtesysteem zal elke aanbieder moeten aangeven wat de CO₂-emissie is die is vrijgekomen bij de productie van deze warmte. Hiervoor zal een eenduidig systeem moeten worden opgezet.

Vervolgens zijn er diverse manieren mogelijk om het hele warmtesysteem tot een gewenst emissieniveau te laten komen:

Prijs per kg CO₂-reductie

Reductie van CO₂ emissie is een keuze van elke mogelijke partij die een prijs per kg CO₂-reductie wil betalen ten opzichte van een gemiddelde waarde. De producent kan dan zijn warmte prijs verlagen met dit bedrag zodat zijn warmte eerder in de merit order komt. De partijen die geld over hebben voor CO₂-reductie kunnen afnemers zijn, maar ook een overheidspartij of een NGO.

Dit kan in de vorm van certificaten zoals nu gebruikelijk is bij hernieuwbare energie met het systeem van GvO's (garanties van oorsprong).

Schaduwprijs per kg CO₂

De CO₂-emissie krijgt een schaduwprijs per kg CO₂ in het dispatch, deze wordt opgeteld bij de biedprijs van elke warmtebron naar rato van de specifieke CO₂-emissie. Als de dispatch leidt tot een te hoge CO₂-emissie, dan wordt de schaduwprijs verhoogd en het dispatch opnieuw gedraaid en vallen de bronnen met relatief veel CO₂-emissie buiten de hitlijst. Wie de kosten van de CO₂ reductie (de som van de schaduwpreizen per warmtebron) draagt kunnen verschillende partijen zijn.

Bonus/malus voor CO₂

Via een bonus/malus voor CO₂ krijgen aanbieders van warmte een extra waarde c.q. strafkorting voor hun warmte als deze minder of juist meer CO₂-emissie uitstoot dan het gemiddelde. Deze methode is echter alleen toepasbaar voor die aanbieders die gehit worden in de dispatch.

8. Conclusie en volgende stappen

Bij de ontwikkeling van de Warmterotonde zijn partijen betrokken die van mening zijn dat een open warmtemarkt de beste kansen creëert voor verduurzaming tegen de laagste maatschappelijke kosten. Een open warmtemarkt is een markt waarop vraag en aanbod van warmte bij elkaar komen en waarbij aanbieders en afnemers van warmte de mogelijkheid hebben om toe te treden. Partijen zijn vrij om te bepalen met wie zij transacties aan willen gaan. In deze notitie is de mogelijkheid van een open warmtemarkt en de condities die nodig zijn om dit te realiseren onderzocht.

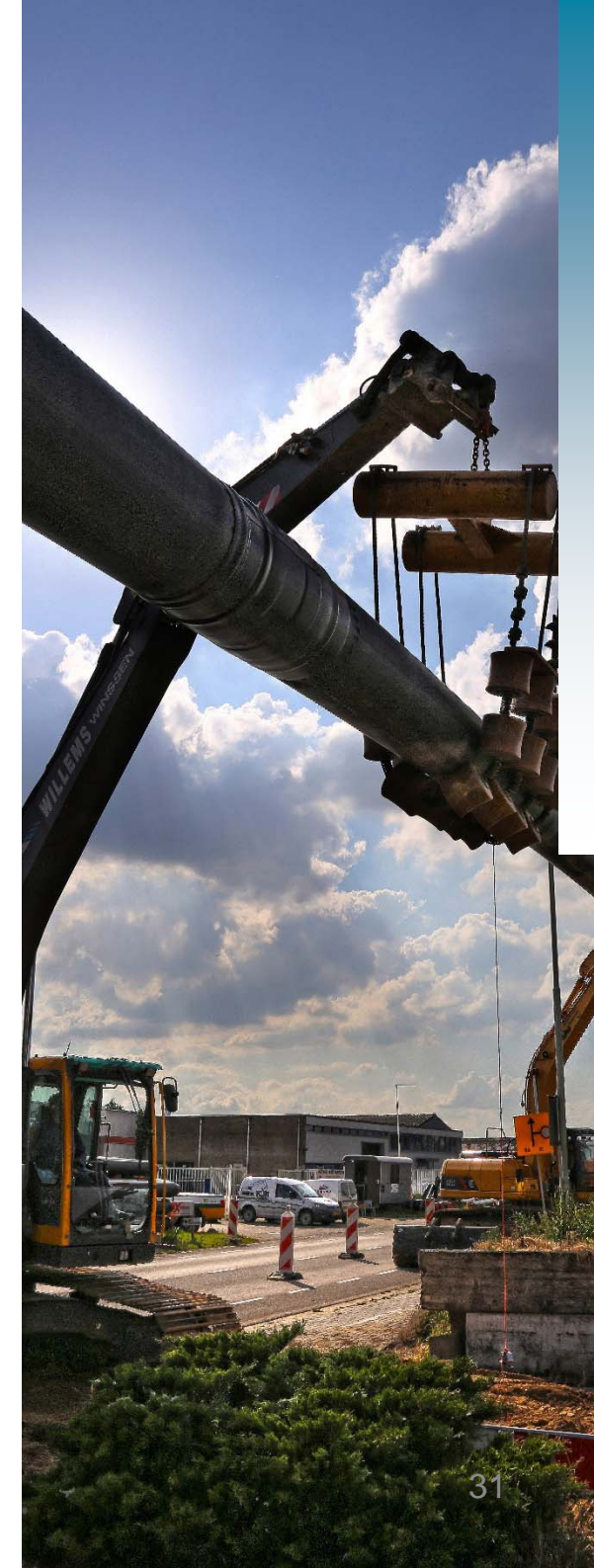
De werkgroep constateert op basis van haar eerste analyse dat een open warmtemarkt kan worden opgericht op de schaalgrootte van de Warmterotonde.

Voor een degelijke werking van een open warmtemarkt is een (transport) netwerk nodig met een onafhankelijke system operator en vrije

toegang voor professionele marktpartijen.

De open warmtemarkt is volgens de werkgroep leden vanaf het begin van de Warmterotonde mogelijk. Het verdient aanbeveling om indien deze open warmtemarkt gewenst is, deze ook vanaf het begin zo te organiseren. De uitwerking van de open warmtemarkt laat zien dat het ook meerdere voordelen kan bieden doordat zaken als CO₂ beprijzing en transportafstand in het model kunnen worden ingebouwd. Dit kan een voordeel opleveren voor lokale duurzame bronnen.

Met de partijen van het programmabureau zal verder worden onderzocht in hoeverre het advies van deze werkgroep kan worden uitgewerkt. Hierbij zullen ook de marktmodel studies door de leden waaronder studies van Nuon/PwC, Alliander/Berenschot, Eneco/Ecofys en Den Haag worden betrokken. Het programmabureau zal hiervoor het initiatief nemen.



Het ontwikkelen van een open warmtemarkt op de warmterotonde van Zuid-Holland kan niet in één keer gerealiseerd worden, maar dit gaat stapsgewijs waarbij steeds meer producenten, leveranciers en afnemers zich aansluiten. In deze paragraaf wordt kort weergegeven wat de insteek van de vervolgstappen zijn om tot een open warmtemarkt te komen in Zuid-Holland.

Allereerst is het van belang dat betrokken partijen zich uitspreken voor het idee van een warmte marktplaats. Op deze manier krijgt het concept aandacht onder stakeholders in de regio en kan discussie op gang komen rondom dit onderwerp.

Het knooppuntenmodel kan eerst worden toegepast op een bestaande tracé of op een kleinschalig nieuw project. Vanuit daar kan het systeem verder uitgebouwd worden. Elk nieuw project dat binnen Zuid-Holland opgestart wordt, heeft idealiter vanaf de start een open karakter. Op

deze manier kan er voor gezorgd worden dat aanbieders op een non discriminatoire wijze aansluiting vinden op het net. Dit bevordert een versnelde groei van het net aan zowel de vraag, als aanbod zijde.

Door een net een open karakter te geven wordt de switch gemaakt van een slechts vraag gedreven systeem naar vraag en aanbod gedreven systeem, waardoor er een echte warmtemarkt ontstaat. Het is van belang om concrete rollen en taken in te vullen en met alle stakeholders regels vast te leggen over hoe het systeem kan werken.

Verdere vervolgstappen en logische tussenstappen naar een complete marktplaats worden de komende tijd in beeld gebracht, zodanig dat de eerste nieuwe warmte projecten binnen Zuid-Holland in dit systeem ingepast kunnen worden.



Referenties

1. CE Delft, Op weg naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving 2050, mei 2015
2. Warmtevisie, Ministerie van Economische Zaken, 2 april 2015
3. “Verduurzaming gebouwde omgeving door open warmtenetten”, studie Berenschot i.o.v. Alliander, juli 2015
4. Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1–11.



Bijlages
Warmte in alle openheid

Bijlage A - Toelichting op de mogelijke marktmodellen

Bilaterale markt

Dit marktmodel werkt het beste in een markt waarin er geen of nauwelijks transportproblemen zijn. De deelnemende marktpartijen zijn volledig vrij hun deals te sluiten waarbij ze zich over het transport geen zorgen hoeven te maken, immers er is toch altijd genoeg transportcapaciteit.

Dit systeem werkt minder goed als er substantiële transportbeperkingen optreden. Dit bleek bijvoorbeeld bij de start van de Europese elektriciteitsmarkt. Deze liep aanvankelijk vrijwel vast doordat er op de grenzen tussen de landen te weinig transportcapaciteit was. Een bilateraal handelssysteem (zoals de elektriciteitsmarkt aanvankelijk was gestructureerd) gaat heel slecht met die transportbeperkingen om. In de praktijk blijft er vaak transportcapaciteit liggen omdat de commerciële transacties nooit goed overeenstemmen met het optimale transport en omdat er geen totaaloverzicht is. Uit de gasmarkt die volgens dit systeem gestructureerd is, zijn een

aantal andere moeilijkheden naar voren gekomen:

Partijen met bestaande transportrechten (vaak uit de oude situatie voor de liberalisering) proberen deze te behouden waardoor er weinig vrije capaciteit voor de markt beschikbaar is.

Om dit te vermijden wordt transportcapaciteit vaak open geveild. Niettemin blijven partijen hun rechten zo lang mogelijk vasthouden ook als dat voor de markt niet meer nuttig is.

Daarom wordt een “use it or lose it” regel ingesteld, maar ook dat is geen oplossing, zie de gasmarkt waarbij capaciteit te laat beschikbaar komt zodat de markt er niets meer mee kan.

Vanwege de imperfecte interactie tussen handel en transport ontstaat meestal een enorme fragmentatie waardoor er nooit één markt is, maar

een reeks van kleine markt-eilandjes met elk heel weinig liquiditeit en dus een slechte economische optimalisatie.

De warmtemarkt is juist bij uitstek een systeem waarbij transportbeperkingen inherent veel optreden. Om economische redenen wordt het hele warmtesysteem zelfs zo uitgelegd dat het transportnet nooit de volledige piekcapaciteit kan dekken (wat bij elektriciteit en gas wel het geval is). Congestie en transportverlies zijn onvermijdbare kenmerken van een warmtesysteem. Een bilaterale markt zou hier slecht mee overweg kunnen. Dit leidt tot een gefrustreerde markt met veel neiging tot reservering en slechte benutting van de totale transportcapaciteit, waarbij ook nieuwe partijen weinig kans krijgen.

Marktkoppeling

De marktkoppeling was het antwoord om, vanaf 2007, de Europese elektriciteitsmarkt veel beter te laten functioneren. In dit systeem wordt de transportcapaciteit toegewezen door een zogenaamde impliciete veiling waarbij alle biedingen uit alle gebieden meedingen in een integrale veiling van energie én het transport van die energie. Het marktsysteem berekent elke dag vooraf het totale optimum voor elk uur van de volgende dag, waarbij gegarandeerd alle transportcapaciteit wordt ingezet in de juiste richting, zolang dat een betere marktkomst geeft. De uitkomst is dan per uur een set van prijzen en transportstromen, met altijd één van twee mogelijkheden:

- De markt komt tot één prijs voor alle gebieden, dat wil zeggen er was genoeg transportcapaciteit;
- Er was niet genoeg transportcapaciteit, maar dan wordt alles maximaal ingezet om toch de prijsverschillen zo klein mogelijk te houden, in overeenstemming met het beste optimum.

Een belangrijk kenmerk is dat alle capaciteit op dagbasis in dit systeem wordt ingebracht zodat alle marktpartijen evenveel kansen hebben. Transportreserveringen zijn er voor deze dagcapaciteit niet. Alles wordt via de dagmarkt bepaald. De resulterende stromen over de transportleidingen worden niet individueel toegewezen, maar zijn collectief. In continentaal Europa wordt dit wel gecombineerd met een systeem van langere-termijn veilingen waardoor

marktpartijen desgewenst nog steeds een deel van de transportcapaciteit individueel kunnen vastleggen. Dat is dus een mix van marktkoppeling en bilaterale handel. In Scandinavië is dit niet het geval en is er alleen de marktkoppeling. Partijen kunnen dan wel transportcapaciteit afzekeren via financiële contracten, maar wat ze eigenlijk willen, ook voor continentaal Europa, is een systeem van “financiële transmissierechten”. Dat is nog in discussie.

Sinds de invoering heeft de marktkoppeling steeds goed gefunctioneerd, soms zelfs boven verwachting. Alle marktkenmerken zijn sterk verbeterd: liquiditeit, prijsconvergentie, mate van concurrentie en benutting van de transportcapaciteit. Hierdoor is het systeem door de Europese commissie aangemerkt als “target model” voor de Europese elektriciteitsmarkt. Steeds meer landen hebben zich hierbij aangesloten of zullen dit nog doen. Ook inhoudelijk ontwikkelt de marktkoppeling zich: zie de recente invoering van “flow based” marktkoppeling. Toch is de vraag of marktkoppeling het meest geschikte systeem is voor ons warmtesysteem in Zuid-Holland West, om de volgende redenen:

- Marktkoppeling gaat er standaard van uit dat er geen transportverliezen of tarieven zijn: bij elektriciteit worden deze gesocialiseerd en

spelen dus geen rol in de economische optimalisatie. Dat is niet het uitgangspunt van onze warmtemarkt, waar transportverliezen of –tarieven wel degelijk belangrijk zijn. Warmtetransport is nu eenmaal flink duurder en meer verliesgevend vergeleken met elektriciteitstransport. Weliswaar kan de marktkoppeling worden aangepast en verwerkt deze nu ook de transportverliezen en –tarieven op de transportkabels NorNed en BritNed, maar dat is niet de basis van het model.

- Marktkoppeling gaat uit van een startpositie met grote marktgebieden die onderling wel importen en exporten uitwisselen maar in de grond zelfstandig zijn. Bij onze warmtemarkt gaat het meer om uitwisseling tussen punten met enerzijds veel warmteproductie en anderzijds veel warmte-afname.
- Ook is de marktkoppeling bij uitstek bedoeld om prijsverschillen te verkleinen. Het is de vraag of wij dat willen voor de warmtemarkt in Zuid-Holland West, waar we streven naar een markt die ook verschillende prijzen toelaat voor verschillende lokale situaties en netvlakken, samen met verschillende temperaturen.

Een positief punt van marktkoppeling is wel, dat het goed te combineren valt met bilaterale transacties in elke denkbare mix. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld situaties met bestaande leveringscontracten makkelijker worden ingepast en ook lokale leveringen tussen partijen op lokaal niveau.

Nodal Pool (Knooppuntenmarkt)

De “Nodal Pool” oftewel kooppuntenmarkt is het meest gebruikte energiemarktsysteem ter wereld. Het wordt gebruikt voor de elektriciteitsmarkten in grote delen van Amerika, Australië, Nieuw-Zeeland en vele andere landen.

Het belangrijkste kenmerk is dat het systeem niet uitgaat van gebieden, maar van knooppunten met daartussen, net als bij marktkoppeling, transportcapaciteit – echter nu wel met verliezen en kosten. Je zou de knooppuntenmarkt ook kunnen zien als een ver doorgevoerde marktkoppeling met heel veel gebiedjes.

Net als bij marktkoppeling wordt deze transportcapaciteit elke dag integraal geoptimaliseerd op uurbasis, op basis van alle markt biedingen. Bij de knooppuntenmarkt zijn dit alleen biedingen van de aanbodzijde, waar alle aanbieders verplicht aan mee moeten doen. De marktvraag wordt vooraf per knooppunt en per uur geschat door de marktbeheerder, mede op

basis van historische statistieken.

Het systeem houdt dus wel rekening met transporttarieven en verliezen, die in het Amerikaanse elektriciteitsnet groot zijn door de grote afstanden. Ons warmte-systeem in Zuid-Holland West heeft eigenlijk dezelfde kenmerken: weliswaar over een kortere afstand, maar warmtetransport is nu eenmaal zoveel duurder per afstand en geeft meer verliezen.

Het systeem is dus goed geschikt voor de transportproblemen, maar heeft wel andere nadelen:

- Omdat alleen de aanbieders inbieden, is de vraag hoe de vragers aan de markt deelnemen. Dit wordt vaak opgelost door vraagresponsopties op te nemen als negatieve productie.
- Omdat alle aanbod verplicht via de markt gaat, zijn fysieke bilaterale contracten formeel niet mogelijk. Dat kan op twee manieren worden

opgelost: met financiële contracten en financiële transportrechten. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn voor contracten over de hoofdinfrastructuur, of bij levering tussen bureaus.

- Omdat fysieke contracten afgezonderd worden met een deel van de transportcapaciteit en dit als geheel buiten de knooppuntenmarkt wordt gehouden. Dat zou bijvoorbeeld kunnen voor lokale leveringen tussen bureaus. Nadeel is, dat als dit veel gebeurt de algehele optimalisatie verdwijnt en het systeem wordt uitgehold – dan ga je weer terug naar de bilaterale markt.

Een pluspunt van de knooppuntenmarkt kan zijn, dat het systeem al heel vaak is aangewend om vanuit een voormalige monopoliesituatie een markt in te voeren. Daarmee wordt dan in één keer een heel grote stap in de marktwerking gemaakt. Dit in tegenstelling tot de bilaterale systemen, die eigenlijk de bestaande monopolies vaak deels in tact laten en van daaruit geleidelijk vervangen door een echte marktsituatie.

Overzicht van de verschillende marktmodellen

Aspect	Model→	Bilaterale OTC	Marktkoppeling	Knooppunten-markt (Nodal Pool)
<i>Spotmarktvolume / liquiditeit:</i>		Klein	Groot, afh. van mix met bilateraal	100% v.d. vraag / aanbod
<i>Soort prijs- mechanisme:</i>		Bilaterale deals, schermhandel	Vraag & aanbod dagveiling	Aanbodzijdige dagveiling
<i>Transportverliezen in optimalisatie?</i>		Ja (bij gas), nee (bij stroom)	Niet standaard, maar kan wel	Ja, volledig
<i>Congesties in optimalisatie?</i>		Niet – of wel, maar inefficiënt	Ja, tussen hubs, efficiënt	Ja, tussen punten, efficiënt
<i>Prijsvorming:</i>		Per contract	Per hub (gebied)	Per punt (node) + event. omgeving
<i>Rol System Operator:</i>		<i>Matig groot</i>	<i>Groot</i>	<i>Zeer groot</i>
<i>Opbrengst voor transportlijnen uit:</i>		Open season en veilingen evt. met startprijs	Verschil tussen gebiedsprijzen evt. met starttarief	Verschil tussen knooppunt-prijzen met transporttarief
<i>Contra-indicatie:</i>		Situaties met veel congestie (= geen kopen plaat)	Veel transport- afhankelijke kosten en/of - tarieven	Wens bilaterale fysieke deals (alternatief: financieel)
<i>Benodigde Uitgangssituatie:</i>		Kan starten vanaf scratch	Tot nu toe gestart vanuit marktbasis	Kan starten vanaf scratch

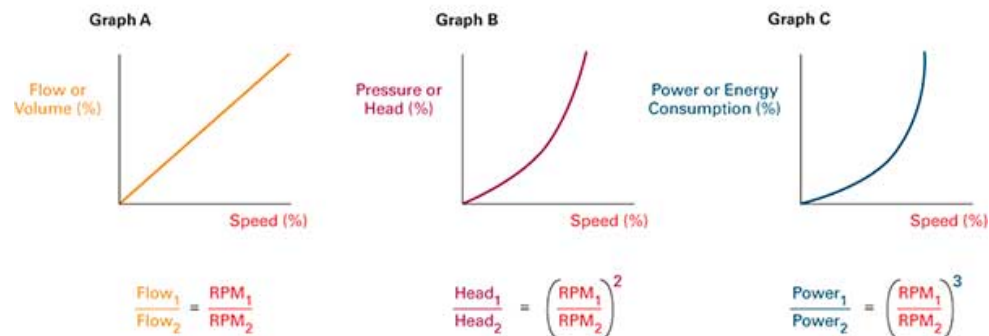
Bijlage B - Warmteverlies en pompenergie

De benodigde pompenergie is evenredig aan de het getransporteerde volume (m³). Let wel dat het niet constant evenredig is aan het te verplaatsen volume, maar tot de derde macht (zie figuur). In andere woorden, de toerekenbare kosten voor de pompenergie uitgedrukt in €/m³ zijn afhankelijk van het getransporteerde volume. Daarnaast is het getransporteerde vermogen (GJ/hr) afhankelijk van de hoeveelheid energie per kuub water, ofwel het verschil in temperatuur tussen aanvoer en retour van een kuub water. Een benadering van de benodigde pompenergie voor de verschillende combinaties van druk, volume en temperatuur kan hierin uitkomst bieden om de kosten te incorporeren in de optimalisatie van het knooppuntenmodel.

Het warmteverlies tijdens het transport is een functie van het verschil met de omgevingstemperatuur van de warmtetransportleiding. Het is daardoor

onafhankelijk van de leveringsomvang. Hierdoor zijn de toerekenbare kosten voor het compenseren van het warmteverlies (€/GJ) afhankelijk van de benutting van de warmtetransportleiding. Een benadering van de kosten, bijvoorbeeld op basis van de mate van eerder geobserveerde benutting van de warmtetransportleiding, kan hierin uitkomst bieden om de kosten te incorporeren in de optimalisatie van het knooppuntenmodel.

Het benodigd verdere studie om uit te zoeken of het mogelijk is en wenselijk is om de benutting van de warmtetransportleiding in real time mee te nemen in de bepaling van de benodigde pompenergie en de toekenning van de thermische verliezen in de optimalisatie van het knooppuntenmodel.



Bijlage C – Vaststelling prijs bij warmteverliezen

Het rekenvoorbeeld hiernaast dient om inzicht te krijgen in de vaststelling van de prijs wanneer warmteverliezen worden meegenomen. Dit voorbeeld gaat er vanuit dat de thermische verliezen in real time worden berekend door het algoritme en zodanig worden meegenomen in de dispatch-beslissing. Verder nemen we aan dat er voor 800 GJ/hr handel zal plaatsvinden voor de prijs die tot stand komt.

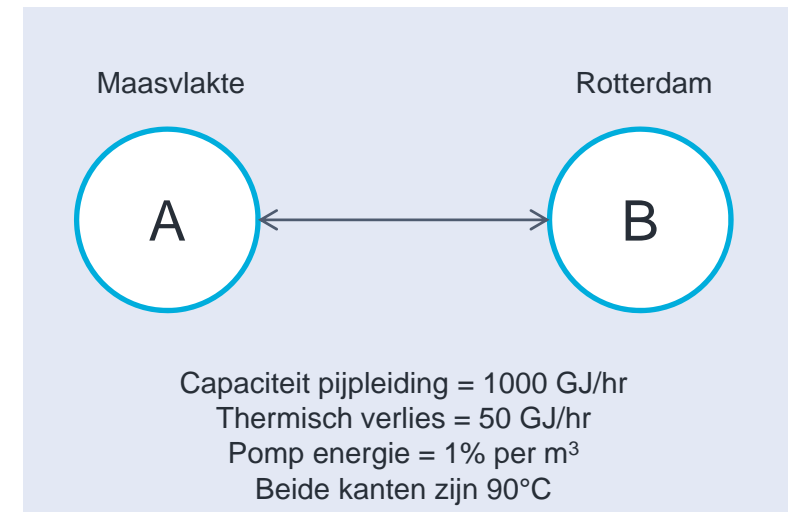
Op de Maasvlakte staan een aantal elektriciteitscentrales die warmte kunnen leveren, en dus inbieden, voor een (fictieve) marginale prijs van $P_a = 5 \text{ €/GJ}$.

Rekening houdend met de verliezen en kosten van het transport zal deze warmte in Rotterdam meer kosten. De berekening van de exacte prijs voor productie van de Maasvlakte in Rotterdam is als volgt:

$$P_b = P_a * 1,01 + \frac{P_a * QL}{Q_{ab}} = 5 * 1,01 + \frac{5 * 50}{800} = 5,36$$

- De term “1,01” bevat de kosten voor de pompenergie.
- Aangezien er 800 GJ/hr wordt gevraagd in Rotterdam moet er 850 GJ/hr worden getransporteerd, waarvan er 50 GJ/hr verloren gaat in de vorm van thermisch verlies. Q_{ab} staat voor de effectieve export, dus export minus verlies, ofwel $850 - 50 = 800 \text{ GJ/hr}$.
- QL is de hoeveelheid thermisch verlies (100 GJ/hr) die moet worden geproduceerd op de Maasvlakte om de pijp op temperatuur te houden. Dit verlies moet worden ingekocht voor P_a door de consumenten in Rotterdam.

De kosten voor de benodigde pomp energie bedragen € 0,05 en de kosten van het thermische verlies zorgen in dit voorbeeld voor een opslag van € 0,31 per GJ geleverde warmte aan Rotterdam. De totale meerprijs door transport is dus € 0,36. Dit betekent dat de mogelijke producenten in Rotterdam feitelijk concurreren met de Maasvlakte importprijs van € 5,36.



Bijlage D - Invulling van rollen diverse partijen

Rol	Taak	Bevoegdheid	Verantwoordelijkheid	Valt onder code:	Contract - contractanten
Toezichthouder	<ul style="list-style-type: none"> • Maakt de codes waar alle partijen zich aan moeten houden. • Dwingende voorschriften aan monopolisten • Toezien op nakoming van de kernafspraken • Conflictresolutie 	<ul style="list-style-type: none"> • Partijen aan de contracten houden en ingrijpen als hier niet aan wordt voldaan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uitgeven van de warmtecodes 	<ul style="list-style-type: none"> • Valt niet onder een code, maar schrijft deze voor. 	
Netbeheerders	<ul style="list-style-type: none"> • Aanleggen en onderhouden van warmtenetten • Bedrijfsvoering van het transportsysteem • Inkoop warmteverlies • Verzorgen warmtetransport 	<ul style="list-style-type: none"> • Afnemers en producenten toelaten op netwerk 	<ul style="list-style-type: none"> • Beheer en exploitatie warmtenetten • Voorzien van vrije toegang leveranciers • Pompenergie berekenen en thermische verliezen vaststellen als input voor het Centrale Dispatch Algoritme 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktmechanisme-code • Netkoppelingsvoorwaarden • Tarieencode • Invoedvoorwaarden • Aansluitvoorwaarden • Informatiecode 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportcontract met de shippers • Invoedcontract met de producenten • Aansluitcontract met afnemers, producenten • Koppelingscontract met andere netbeheerders • Datacontract met meetbedrijf
Producenten	<ul style="list-style-type: none"> • Beschikbare capaciteit inbieden bij de marktplaats • Bijstoken in het geval van een warmte tekort • Dispatch bronnen 		<ul style="list-style-type: none"> • De hoeveelheid warmte produceren die is toegekend door het dispatch algoritme 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktmechanisme code • Invoedvoorwaarden met netbeheerders • Informatiecode 	<ul style="list-style-type: none"> • Warmteleverings-overeenkomst met bieding en toegekende productievolumes • Warmteafname overeenkomst als gevolg van vraag/aanbod match via marktplaats • Meetovereenkomst met meetbedrijf
Systeem operator	<ul style="list-style-type: none"> • Beheren van de marktplaats en daarmee de dispatch van producenten • Dispatch noodvermogen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten voor noodvermogen doorberekenen aan de daarvoor programma verantwoordelijke partij 	<ul style="list-style-type: none"> • Balancering van het warmtenet • Productievolume toekennen aan producenten n.a.v. uitkomsten centraal dispatch algoritme 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktmechanisme-code • Meetvoorwaarden • Informatiecode 	<ul style="list-style-type: none"> • Contracten met de back-up producenten • Datacontract met netbeheerders
Marktplaats	<ul style="list-style-type: none"> • Het fysieke (online) handelsplatform waar de producenten geacht worden hun capaciteit aan te bieden 	<ul style="list-style-type: none"> • Producenten een bindend (programma-verantwoordelijk) productievolume toekennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparantie bieden t.a.v. de prijsvorming op het handelsplatform vanuit een aanbod perspectief 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktmechanisme-code 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorming van programma-verantwoordelijkheid als uitkomst van het centrale dispatch algoritme
Afnemers	<ul style="list-style-type: none"> • Gecontracteerde warmte afnemen (en eventueel doorvoeren naar eindgebruikers in het geval van een leverancier) 		<ul style="list-style-type: none"> • De gekozen leverancier op tijd betalen voor de afgenomen diensten 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktmechanisme-code • Aansluitvoorwaarden • Informatiecode 	<ul style="list-style-type: none"> • Warmteafname overeenkomst als gevolg van vraag/aanbod match via marktplaats • Meetovereenkomst met meetbedrijf
Meetbedrijf	<ul style="list-style-type: none"> • Verzamelen meetdata • Levering, plaatsing en onderhoud van de warmtemeters 	<ul style="list-style-type: none"> • Bepalen van de adequate meetinrichting 	<ul style="list-style-type: none"> • Het doorgeven van volume en capaciteitsmetingen op de aansluitingen en systeem-verbindingen aan de systeem operator, eigenaar van de data 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktmechanisme-code • Meetvoorwaarden • Allocatievoorwaarden • Informatiecode 	<ul style="list-style-type: none"> • Meetovereenkomst met afnemers • Meetovereenkomst met producenten • Dataovereenkomst met systeem operator

Bijlage E - Kostenindicatie

In deze bijlage wordt inzicht gegeven in de verdeling van de kosten voor een warmteleveringssysteem. Het is bedoeld om inzicht te geven in hoe de kosten zijn opgebouwd per geleverde GJ aan een klant. Specifieke systemen leiden tot andere specifieke kosten die sterk locatiegevoelig zijn.

Alle bedragen exclusief BTW. Investeringskosten zijn omgerekend naar jaarkosten (Excel-functie BET, met 5,5%), en afgerond op duizendtallen.

Voor huishoudens zijn de cijfers gebaseerd op een caseberekening met het CEGOIA-model van CE Delft. Aangenomen is een stedelijke wijk van 10.000 gestapelde woningbouw, een dichtheid van 40 woningen/hectare, een warmtevraag per woning van 27 GJ/jr en een AVI als restwarmtebron met een tracélengte van het warmtetransportnet van 5 km. De levensduur van alle investeringscomponenten is op 25 jaar gesteld, en de investeringen zijn omgerekend naar een jaarlast (functie BET, 5,5%). Daarbovenop is rekening gehouden met gangbare percentages t.b.v. jaarlijkse kosten voor onderhoud en beheer op de investeringen.

De cijfers zijn tot slot uitgedrukt in euro per aan de klanten geleverde GJth.

	Glastuinbouw € 2,50 (spreiding €1 - €5 per GJ)	Huishouden
Productie warmte (100 C)		
Uitkoppelingsinvestering [€/jr]	400.000	
Onderhoud en beheer op die investering [€/jr]	283.000	
Inkoopkosten aftapwarmte [€/jr]	721.000	
Totaal per GJgeleverd [€/GJ]	5,20	
Hoofdtransport (transportnet, WOS+hulpketels)* (100 C)		
Investeringslast transportnet** [€/jr]	276.000	
Onderhoud en beheer op die investering [€/jr]	39.000	
Investeringslast WOS en HWK [€/jr]	142.000	
Onderhoud en beheer op die investering [€/jr]	20.000	
Inkoopkosten aardgas voor HWK [€/jr]	465.000	
Totaal per GJgeleverd [€/GJth]	3,50	
Secundair transport (secundair net in het gebied, onderstations OS) (100 C)		
Investeringslast OS[€/jr]	Niet van toepassing	227.000
Onderhoud en beheer op die investering [€/jr]		32.000
Investeringslast sec. net tussen WOS en OS [€/jr]		569.000
Onderhoud en beheer op die investering [€/jr]		81.000
Totaal per GJgeleverd [€/GJth]		3,50
Distributie (net vanaf OS, en aansluitingen + afleverzet en meter, 10.000 woningen) (90 C)		
Investering per woning (meergezins) [€]		3.000
Investeringslast distr.net en aansluiting [€/jr]		2.120.000
Onderhoud en beheer op die investering [€/jr]		750.000
Totaal per GJgeleverd [€/GJth]		10,50
Algemeen		
Pompenergie in het net [GJe/GJth]	0,009 (2.5 kWhe/GJth_verpompt)	
Pompenergie in het net [€/GJth]	0,27	
Netverliezen (warmte volumes)	10% op jaarbasis, vooral in het distributiedeel van het net, i.v.m. verhouding omtrek en oppervlak	
Totaal [€/GJth] (geleverde GJth)		€23***