

Transitie naar 'intelligente warmtenetten'

Om de transitie naar duurzame energieopwekking te maken is het noodzakelijk om van centrale naar decentrale energievoorziening te gaan. Naast de elektriciteitsvoorziening kan ook de warmtevoorziening decentraal opgewekt worden. In huidige warmtenetten spelen nog andere ontwikkelingen een rol die een stimulans vormen om over te gaan naar een decentrale warmteopwekking. Dit artikel beschrijft deze ontwikkelingen en illustreert de transitie aan de hand van een voorbeeld. Knelpunten worden beschreven en oplossingen aangedragen. Kortom, de filosofie over decentrale warmteopwekking.

Ir. J.M.E. (Jorik) van de Waerdt en ir. J.J. (Hans) Buitenhuis, DWA

In de eerste paragraaf van dit artikel worden de ontwikkelingen in huidige warmtenetten beschreven. In de tweede paragraaf worden de gevolgen van de ontwikkelingen getoond, de knelpunten aangegeven en de transitie naar decentrale opwekking beschreven aan de hand van een voorbeeld casus. De laatste paragraaf geeft een eindbeeld van een decentraal gevoed warmtenetwerk.

■ TRANSITIE STIMULEREN

Huidige warmtenetten in Nederland worden meestal gevoed door één vaste producent (aanbieder). Deze aanbieder is in veel gevallen een elektriciteitscentrale, afvalverbrandingscentrale of een gebouw waarin een industrieel proces plaatsvindt en restwarmte vrijkomt. De warmtevoorziening vindt centraal plaats, vanuit één aanbieder. Een belangrijke overeenkomst tussen deze aanbieders is dat het niet hun *core business* is om warmte te leveren aan een warmtenet. Een bedreiging kan zijn dat de leveringszekerheid in gevaar komt, omdat een aanbieder zich wil terugtrekken om warmte te leveren.

Voor een gasgestookte elektriciteitscentrale

speelt daarnaast een ander probleem een rol: de zogenaamde *sparkspread* (Energiek, 2012). Doordat de gasprijs minder is gedaald dan de elektriciteitsprijs (FD I, 2012) kunnen elektriciteitscentrales niet meer tegen een acceptabele prijs warmte leveren. Centrales kunnen besluiten om zich terug te trekken van het leveren van warmte aan het warmtenet. Bovendien vindt er door een overcapaciteit aan afvalverbrandingsinstallaties (AVI) al jaren een strijd plaats op de markt voor afvalverbranding (FD II, 2012). Afvalverbrandingsinstallaties produceren elektriciteit tegen dumprijzen en zijn dus minder rendabel. Op langere termijn is er minder afval beschikbaar, omdat er meer stimulans is om afval te hergebruiken en afval ook meer hergebruikt kan worden (circulaire economie). De overcapaciteit zal daarom alleen maar stijgen. Om dit tegen te gaan kan deze strijd uit idealistisch oogpunt een bedreiging zijn voor inzameling en recycling van afval. Hergebruik van afval komt daardoor in gevaar, in weerwil van Nederlands en Europees milieubeleid (Recycling, 2009; Duurzame wijk, 2012). Het kan een logisch gevolg zijn dat AVI's zich terugtrekken, waardoor de warmteleve-

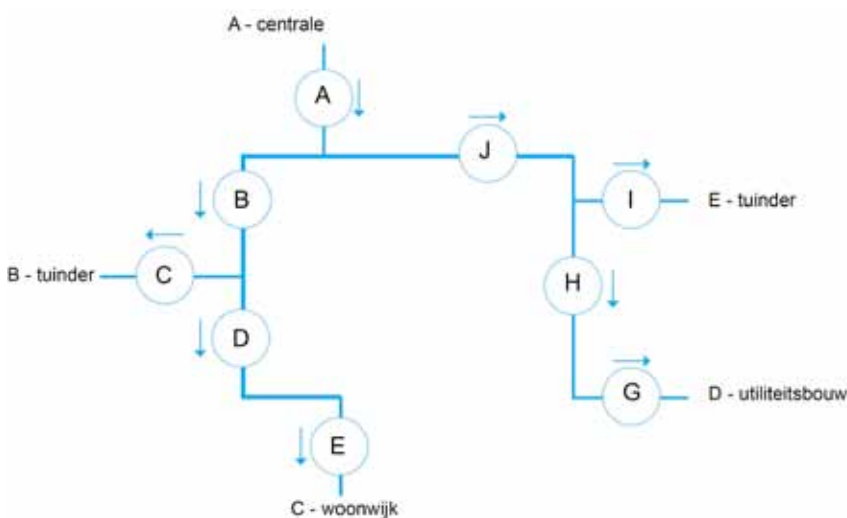
ring in gevaar komt.

Voor alle CO₂-producerende bedrijven geldt dat ze verplicht zijn certificaten te kopen waarmee ze een bepaalde hoeveelheid CO₂ mogen uitstoten. Die certificaten mogen worden verkocht en van andere bedrijven worden gekocht (emissiehandel). Door een overaanbod, mede door de economische crisis, zijn de prijzen voor de certificaten laag. De Europese Commissie kondigde aan om de CO₂-prijs te laten stijgen (Trouw, 2012). Het wordt dus duurder om CO₂ uit te stoten, waardoor het produceren van warmte (op basis van fossiele brandstoffen) alleen maar duurder zal worden.

Om meer duurzame warmte-opwekkers toe te passen zijn huidige warmtenetten niet geschikt. Duurzame opwekking is vaak afhankelijk van het klimaat. Hierdoor is het aanbod grilliger. Om toch de warmte af te geven, biedt een warmtenet met decentrale energievoorziening kansen. Hierdoor kan een zonnecollector warmte blijven leveren en een wkk-installatie meer draaiuren maken. Tevens zijn er meerdere aanbieders mogelijk. Als de huidige centrale producenten (aanbie-

Actoren	Situatie	1	2	3	4	5	6
A – Centrale [kW]		+10.000	+5.000	+500	+500	0	0
B – Tuinder met WKK [kW]		-3.000	0	0	0	+1.000	+1.000
C – Woonwijk met collectoren [kW]		-2.000	-2.000	-2.000	-2.000	+500	+500
D – U-bouw met geothermie [kW]		-2.000	0	+1.500	+1.500	+1.500	+1.500
E – Tuinder [kW]		-3.000	-3.000	0	0	-3.000	-3.000
Pompvermogen [kW]		43,5	16,3	7,2	5,0	6,9	6,9
CO ₂ -uitstoot [kg/h]		3.303	1.651	246	246	387	387

-Tabel 1- Warmtevraag (-) en aanbod (+) van de actoren voor iedere beschreven situatie



-Figuur 1- Warmtenet met vier warmte-afnemers en één centrale (situatie 1)

ders) zich om uiteenlopende redenen terug zouden willen trekken, komt de warmtelevering in gevaar. Nieuwe duurzame aanbieders moeten deze warmtelevering gaan vervullen. In veel gevallen ligt er een bruikbaar warmtenet. Dit huidige warmtenet moet dus worden omgekeerd tot een warmtenet waarop meerdere warmteaanbieders en warmtevragers zijn aangesloten. Tevens moet een aanbieder ook een vrager kunnen worden en andersom.

■ VOORBEELD TRANSITIE

Om de gevolgen van de hiervoor beschreven ontwikkelingen duidelijk te maken en om de transitie naar een warmtenet met decentrale warmtevoorziening te laten zien, is er een voorbeeld casus ontwikkeld van één centrale voor warmteproductie en vier afnemers. De warmteproducent en de vier afnemers zijn aangesloten op een warmtenet met vertakkingen. De afnemers bestaan uit: twee glastuinbouwbedrijven, een woonwijk en een kantoorwijk (utiliteitsbouw) (figuur 1). De leidingstukken worden aangegeven met een letter en de stromingsrichtingen met pijlen. De dimensies van de leidingen staan in kader 1.

Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat het aanbod altijd aan de vraag voldoet. Tevens moeten de warmteproducenten zorgen dat er een drukverschil over de warmtewisselaar aan de afnamepunten wordt geleverd van tenminste 15 kPa (in verband met de berekening van de pompenergie). In deze paragraaf wordt een aantal situaties beschreven en doorgerekend die van toepassing zijn bij de transitie van een centraal gevoed warmtenet naar een decentraal gevoed warmtenet. Hieronder volgen de beschrijvingen van de situaties en van de resultaten. Vraag en aanbod van warmte van de actoren zijn weergegeven in tabel 1. De berekeningen zijn gemaakt voor één situatie en nog niet voor een heel jaar rond. Deze berekeningen zijn bedoeld als illustratie.

Centrale warmtevoorziening

De huidige situatie is gebaseerd op een centraal gevoed warmtenet waarbij alle vragers (4) aangesloten zijn op het warmtenet. Dit warmtenet is gedimensioneerd op een op vollast draaiende vraag en dus ook centrale. Het totale warmtevraagvermogen is 10.000

kW. Dit moet ook worden geleverd door de centrale (A). Om een minimaal drukverschil over het afnamepunt te krijgen van 15 kPa zal het elektrische pompvermogen bij de centrale ongeveer 44 kW moeten zijn. In dit geval wordt de warmte enkel geleverd door de centrale. Deze leverancier bepaalt de warmte-tarieven en heeft een monopolie op de warmtelevering. Hierdoor is er geen plaats voor andere warmteaanbieders, laat staan duurzame warmteaanbieders.

Centrale warmtevoorziening na wegvalen vragers

Door de *sparksread* en de hogere prijs voor CO₂-uitstoot stijgt de prijs voor warmte. In deze casus besluiten een glastuinbouwbedrijf (B) en het kantoorterrein (D) om zich af te sluiten van het warmtenet en zelf warmte op te wekken. Bij een tuinder wordt een wkk-installatie geplaatst en bij het kantoorterrein een geothermiebron. Deze twee afnemers zullen geen warmte meer afnemen en hier dus ook niet meer voor betalen. De vaste kosten van de exploitatie van het warmtenet zullen hierdoor per aansluiting hoger worden, waardoor warmte niet meer geleverd kan worden tegen een acceptabele prijs. Nog meer afnemers zouden met de gedachte kunnen spelen om zich af te sluiten van het warmtenet. In veel gevallen is er geen warmtevraag bij de tuinder met wkk-installatie en het kantoorterrein met geothermiebron. In deze gevallen is er wel warmte beschikbaar die nu niet gebruikt kan worden. In zo'n geval is een decentraal warmtenet wenselijk en kunnen de wkk-installatie van de tuinder en de geothermiebron ingezet worden om warmte te leveren aan andere afnemers, zodat de centrale minder hoeft te leveren. Tevens kunnen warmte-opwekkers efficiënter ingezet worden.

Decentrale productie-units op bestaand warmtenet

Wanneer afnemers naast het vragen van warmte ook warmte kunnen leveren aan het warmtenet door middel van hun warmte-

opwekker (wkk-installatie en geothermiebron) moet er een decentraal gevoed warmtenet ontwikkeld worden. In deze situatie levert de geothermiebron van het kantoorterrein samen met de centrale warmte aan de woonwijk (tabel 1). De tuinders hebben beide geen warmtevraag.

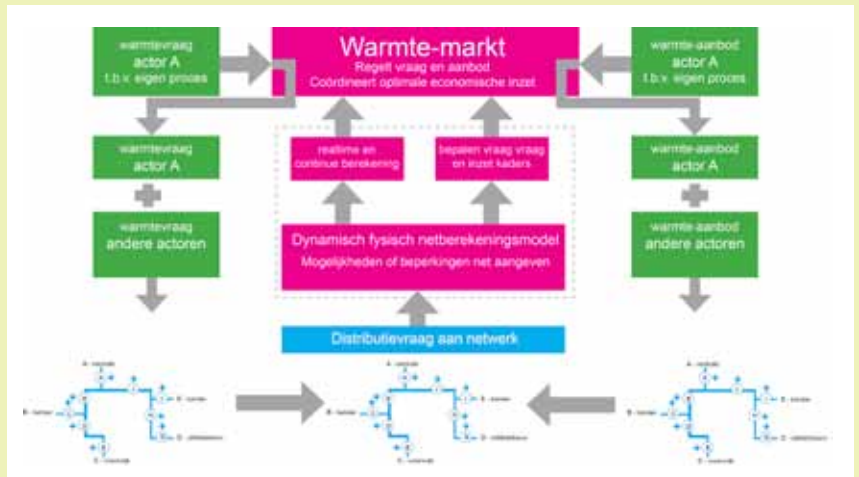
Het kantoorterrein is nu geen vrager van warmte maar een aanbieder. Om dit mogelijk te maken, zal het afleverstation aangepast moeten worden (kader 2). Tevens zal iedere aanbieder van warmte een eigen pomp moeten hebben om de warmte te kunnen transporteren. Wanneer dit gerealiseerd is, kan het kantoorterrein ook warmte leveren. Er vindt dus meer toepassing van duurzame energie plaats in de vorm van geothermie. Tevens kan nu de uitstoot van CO₂ door de wkk afgevangen worden en gebruikt worden om de groei van planten te bevorderen.

De geothermiebron verbruikt tijdens de productie van warmte minder fossiele brandstoffen. Daarom zijn de marginale kosten voor warmte van de geothermiebron lager dan voor warmte van de centrale. Er kan dus tegen een lagere prijs warmte geleverd worden en er vindt dus meer concurrentie plaats. Om vraag en aanbod te reguleren zal er een 'intelligent warmtenet' moeten worden ontwikkeld (figuur 2).

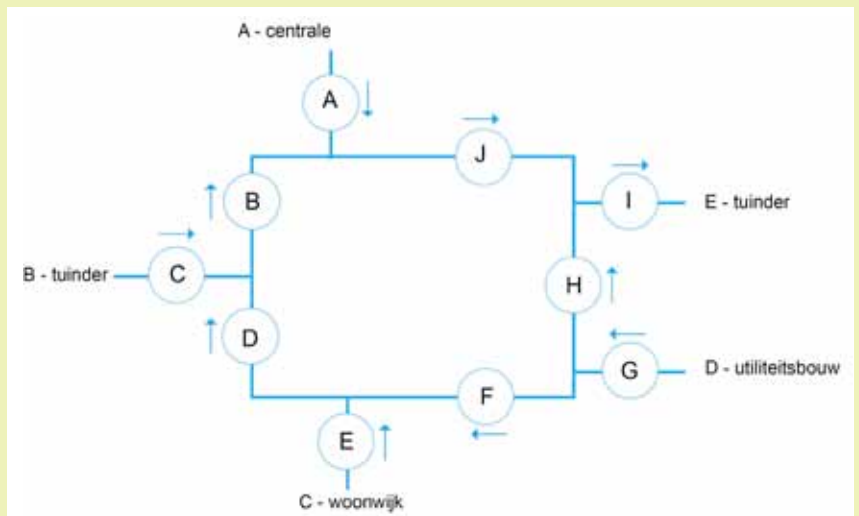
Het grote verschil tussen een intelligent warmtenet (smart thermal grid) en een conventioneel warmtenet is dat de warmtelevering van centraal naar decentraal gaat. Op het warmtenet worden meerdere aanbieders aangesloten. Deze aanbieders kunnen ook weer vragers worden. Het zijn actoren op de warmtemarkt. Vraag en aanbod worden op elkaar afgestemd op een warmtemarkt of handelsplatform. Dit stelt de volgende eisen aan een intelligent warmtenet:

1. meerdere warmteaanbieders en warmtevragers aangesloten;
2. warmteaanbieder moet warmtevrager kunnen worden en andersom;
3. om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen is een warmtemarkt noodzakelijk.

Elke warmtevrager of warmteaanbieder geeft zijn warmtevraag of warmteaanbod door aan de warmtemarkt en een fysisch netberekenningsmodel. Het fysieke netberekenningsmodel berekent de situatie door op beperkingen en mogelijkheden. Via een interface worden de situaties continu en real time doorgegeven aan de warmtemarkt. De warmtemarkt stemt uiteindelijk vraag en aanbod op elkaar af en beslist wie er warmte gaat leveren. Warmteaanbieders kunnen dus 'overruled' worden om geen warmte te leveren aan het net.



-Figuur 2- Schematische weergave werking warmtenet met warmtemarkt (ontwikkeld in samenspraak met Eneco)



-Figuur 3- Intelligent warmtenet met ringleiding met verschillende afnemers en aanbieders (situatie 5)

Intelligent warmtenet met ringleiding

De circulatiepomp bij de geothermiebron in situatie 3 moet nu het grootste deel helemaal naar de woonwijk (C) pompen. Dit resulteert in een totaal pompvermogen van ongeveer 7 à 8 kW. Om meer flexibiliteit in het warmtenet te creëren en om het energiegebruik van de circulatiepompen te reduceren is het wenselijk om een leidingstuk aan te leggen zodat er een ringleiding ontstaat (figuur 3).

In deze situatie levert de geothermiebron van het kantoorterrein (D) samen met de centrale (A) warmte aan de woonwijk. De tuinders hebben beide geen warmtevraag. Dit is dezelfde situatie als situatie 3, maar nu is er een ringleiding gevormd (figuur 3). De volumestromen volgen nu de weg van de minste weerstand. Warmte wordt nu over een kleiner stuk gepompt waardoor het benodigde elektrische pompvermogen met 30% wordt gereduceerd. Dit resulteert in een lagere CO₂-uitstoot en een lager tarief voor de warmte. Hierdoor is de geothermie, als duurzame energiebron, concurrerender.

Intelligent warmtenet met ringleiding en duurzame opwekkers

Door de hogere flexibiliteit kunnen er nu meerdere opwekkers aangesloten worden op het warmtenet. Naast de geothermiebron kan bijvoorbeeld ook een veld van zonnecollectoren aangesloten worden. In de buurt van de woonwijk is een zonnecollectorenveld geplaatst die als eerste de woonwijk voorziet van warmte en bij een warmteoverschot warmte levert aan het warmtenet. De wkk-installatie, de geothermiebron en het zonnecollectorenveld leveren nu warmte aan de tuinder zonder wkk-installatie. Daarbij hoeft de centrale niets te leveren. Zo kan men gebruik maken van het huidige warmtenet en de centrale hoeft minder te leveren. De duurzame opwekkers kunnen meer draaiuren maken, wat gunstiger is voor hun efficiëntie. Het geheel van vraag en aanbod wordt geregeld door middel van de warmtemarkt. De centrale levert in dit geval geen warmte. Een groot aandeel van de warmte wordt nu geleverd door duurzame energiebron-

nen (zonnecollectoren en geothermiebron). Deze bronnen leveren warmte tegen lagere verbruikskosten en zijn hierdoor concurrerend (figuur 4). Het grotere aandeel duurzame energiebronnen in de warmtelevering resulteert in lagere CO₂-uitstoot.

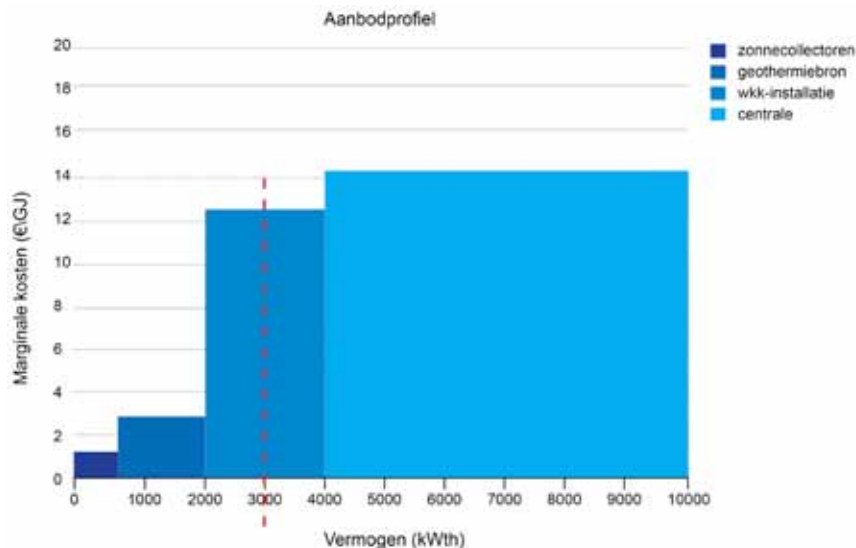
Intelligent warmtenet met overaanbod

Het kan goed voorkomen dat er een overaanbod is aan warmte. Producenten kunnen meer warmte aanbieden dan dat er warmtevraag is. In dat geval moeten sommige aanbieders hun warmte niet leveren. Het wel of niet leveren van warmte door de aanbieders wordt bepaald door de warmtemarkt met behulp van het vraag-en-aanbod-principe.

Elke aanbieder van warmte heeft verbruikskosten voor zijn warmte (marginale kosten, €/GJ). De wkk verbruikt gas en elektriciteit voor zijn pomp, de geothermiebron verbruikt elektriciteit voor het oppompen en rondpompen van warmte en de zonnecollectoren verbruiken elektriciteit voor de pompen in het collectorcircuit en voor de pomp in het warmtenet. Er kan dus voor ieder moment een aanbodprofiel worden opgesteld met het aan te bieden vermogen en de daarbij behorende marginale kosten. De zonnecollectoren (C) bieden een thermisch vermogen van 500 kW en de geothermiebron (D) een thermisch vermogen van 1.500 kW. De wkk (B) heeft een thermisch vermogen van 2.000 kW over terwijl de tuinder (E) maar 3.000 kW (rode lijn) vraagt (figuur 4).

Zoals is te zien in figuur 4 zijn de marginale kosten van de warmte te leveren door de zonnecollectoren het laagst, gevolgd door de geothermiebron. Om warmte te leveren tegen zo laag mogelijke kosten worden de zonnecollectoren en geothermiebron ingezet om warmte te leveren. Om helemaal aan de warmtevraag te voldoen zal de wkk-installatie het laatste deel moeten leveren. De aangeboden prijs van de wkk-installatie zal betaald worden door de warmteafnemer. Het verschil met de gemaakte kosten is de winst van de warmteaanbieders of de exploitant van het gehele netwerk. Zo werkt het momenteel ook op de Nederlands elektriciteitsmarkt (spotmarkt) waarbij blokken van een uur ingezet worden.

De zonnecollectoren (C) zullen nu warmte leveren met een vermogen van 500 kW en de geothermiebron (D) met een vermogen van 1.500 kW. De wkk (B) mag nu maar 1.000 kW leveren aan het warmtenet. De wkk zal dus in deellast moeten draaien of hij zal die andere 1.000 kW moeten leveren aan een buffer. Vanuit de markt van vraag en aanbod wordt de wkk dus 'overruled' en mag hij niet meer warmte leveren omdat er een overaanbod aan



-Figuur 4- Aanbodprofiel met het aangeboden thermische vermogen en de daarbij behorende marginale kosten (situatie 6)

warmte is en de variabele kostprijs voor de warmte van de wkk hoog is. Dit voorbeeld laat zien dat duurzame bronnen eerder worden toegepast. Het aandeel van duurzame opwekkers in de totale warmtelevering zal toenemen op basis van de lage kostprijs. Het maakt de duurzame opwekkers meer concurrerend.

CONCLUSIE

Uit de berichtgeving en onderzoek blijkt dat er veel ontwikkelingen plaatsvinden in huidige warmtenetwerken. Deze ontwikkelingen vormen een stimulans om naar een warmtenetwerk te gaan met decentrale warmtevoorziening. De voornaamste ontwikkelingen zijn:

- toepassing duurzame energiebronnen;
- efficiënter gebruik van warmte;
- verslechterde *sparksread*;

- overcapaciteit verbrandingsinstallaties;
- bedreiging voor recycling afval;
- niet de *core business* van de warmteproducent;
- aankondiging stijging CO₂-prijs.

Aan de hand van een voorbeeld casus zijn de knelpunten in de transitie naar decentrale warmtevoorziening beschreven en oplossingen aangedragen. Afleverstations moeten aangepast worden en iedere warmteaanbieder moet een circulatiepomp hebben om warmte te kunnen leveren aan het netwerk. Ook kan het voorkomen dat in sommige gevallen het warmtenetwerk moet worden aangepast tot bijvoorbeeld ringleiding. Voor het afstemmen van vraag en aanbod zal een handelsplatform ontwikkeld moeten worden. Dit alles zal resulteren in een *intelligent warmtenetwerk* met de



Aanleg van flexibele warmteleidingen van een wkk op biogas bij een boerderij naar gebruikers (bron Rehau)

Leidingstuk	Diameter [mm]	Lengte [m]
a	490	147
b	340	131
c	310	16
d	210	48
e	210	80
f	340	14
g	490	204
h	210	76
i	210	15
j	210	22

-Kader 1- Leidingdimensies

volgende kenmerken:

1. meerdere warmteaanbieders en warmtevragers aangesloten;
2. warmteaanbieder moet warmtevragers kunnen worden en andersom;
3. om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen is een warmtemarkt noodzakelijk.

De situaties in de voorbeeld casus schetsen het beeld dat intelligente warmtenetten kunnen bijdragen aan de volgende doelstellingen:

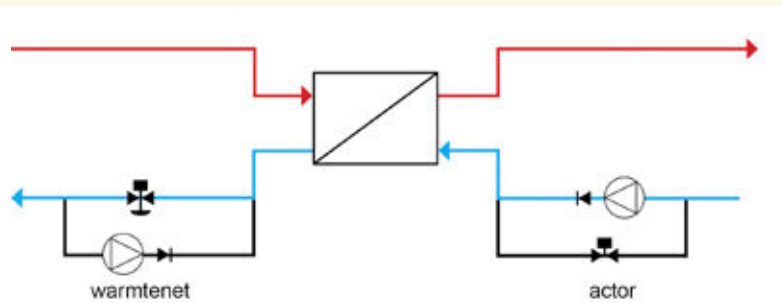
- minder CO₂-uitstoot;
- duurzame energie;
- benutting van het potentieel aan energiebesparing;
- concurrerende energieprijzen op korte en lange termijn;
- een versterkte positie van Nederland in essentiële sectoren;
- sneller meer concurrerend maken van duurzame energieopties.

REFERENTIES

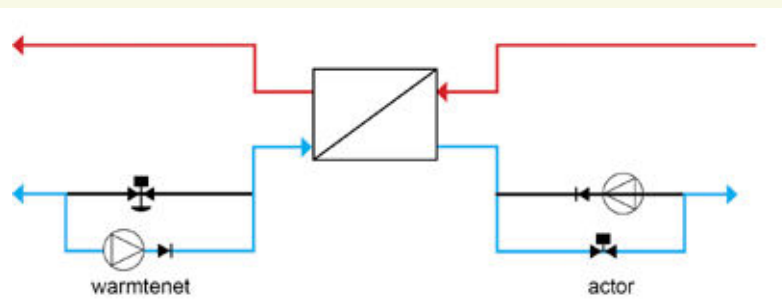
- Duurzame wijk, 2012, <http://www.duurzaamewijk.nl/?p=3444>, bezocht oktober 2012
- Energiek, 2012, <http://www.energiek2020.nu/nieuws/detail/sparkspread-langere-termijn-verder-verslechterd/>, bezocht oktober 2012
- Bökkering, I., FD I, 2012, Financieel Dagblad; Nuon €1 mrd minder waard; 31-10-2012
- Verbeek, J., FD II, 2011, Financieel Dagblad; Sita voegt verbrandingsoven toe aan reeds overvolle afvalmarkt; 19 oktober 2012
- Ingenia, 2012, <http://www.ingenia.nl/flex/Site/Page.aspx?PageID=18560>, bezocht december 2012
- Recycling, 2009, <http://www.recyclingnetwerk.org/nieuws/Persbericht%20recycling-sector.pdf>, bezocht oktober 2012
- Trouw, 2012, Trouw; Brussel wil CO₂-uitstoot duurder maken; 25 juli 2012

AFLEVERSTATION DECENTRALE OPWEKKING

Eén van de kenmerken is dat warmteaanbieder ook een warmteafnemer moet kunnen worden. Daarom is het nodig om iedere warmteaanbieder van een circulatiepomp te voorzien. In figuur 5 wordt het afleverstation schematisch weergegeven van iedere actor. De actor gedraagt zich in de ene situatie als een warmtevragers (boven) en de andere keer als een warmteaanbieder. De afleverstations moeten dus geschikt worden gemaakt, zodat de volumestroom omgekeerd kan worden. Daarbij horen naast een circulatiepomp ook een regelventiel.



-Figuur 5a- Actor is warmtevragers



-Figuur 5b- Actor is warmte-aanbieder

-Kader 2- Aanpassing afleverstation

KASSENWARMTESYSTEEM HOOGELAND

De nieuwbouwwijk Hoogeland-Oost te Naaldwijk gaat ruim 41% minder CO₂ uitstoten dankzij de toepassing van een energiesysteem dat is gebaseerd op individuele warmtepompen en collectieve warmte- en koudeopslag (wko) in de bodem.

In totaal staan ruim 700 energiezuinige woningen en ongeveer 26.500 m² aan utiliteits- en zorggebouwen gepland voor deze wijk. De op ongeveer 1.500 m afstand van de wijk gelegen tomatenkas van de telersvereniging Prominent gaat 's zomers warmte leveren aan de wijk. Warmte en koude worden uitgewisseld. Hierbij kan een afnemer ook een aanbieder worden en andersom. Meer informatie is te vinden op www.dwa.nl/hoogeland.

[figuur 6]



-Kader 3- Voorbeeldproject kassenwarmtesysteem Hoogeland