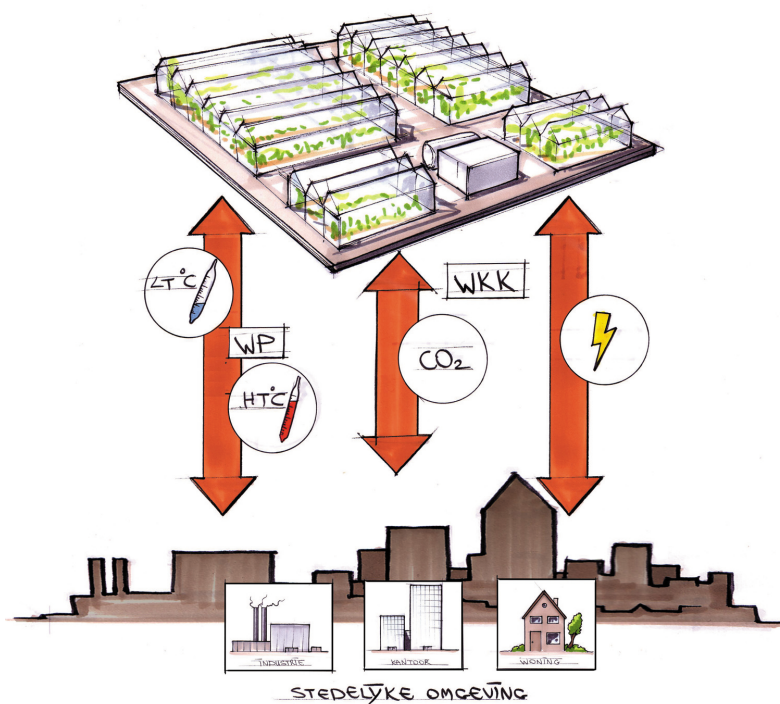


Warmtelevering door de glastuinbouw; quick scan Agriport A7





Warmtelevering door de glastuinbouw; quick scan Agriport A7

Nico van der Velden¹, Marcel Raaphorst², Christiaan Reijnders¹, Gert-Jan Swinkels²
& Jan Buurma¹

¹ LEI

² Wageningen UR Glastuinbouw

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Referaat

Warmtelevering door de glastuinbouw; quick scan Agriport A7

Velden, N.J.A. van der, M. Raaphorst, C.E. Reijnders, G.L.A.M. Swinkels & J.S. Buurma

ISBN-nr. 978-90-8585-175-2

34 p., 3 fig., 11 tab., 1 bijl.

Door het gebruik van wk-installaties wordt in de glastuinbouw een aanzienlijke reductie van de CO₂-emissie gerealiseerd. Deze reductie kan verder toenemen door levering van warmte aan bijvoorbeeld woningen.

In deze case voor het glastuinbouwgebied Agriport A7 met warmtelevering aan Middenmeer zijn de technisch-economische mogelijkheden onderzocht. Om een warmteleveringsproject bedrijfseconomisch kansrijk te maken dient de insteek met levering van hoogwaardige warmte (80°C) te worden gekozen en zal het aantal woningen niet te klein (enkele duizenden) en de transportafstand niet te groot (enkele km) moeten zijn. Bij laagwaardige warmte (45°C) zijn de investeringen hoger en de reductie van de CO₂-emissie kleiner. Die optie biedt daardoor weinig perspectief.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

LEI

Burgemeester Patijnlaan 19, 2585 BE Den Haag
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag
070 - 33 58 330
070 - 36 15 624
informatie.lei@wur.nl
www.lei.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Woord vooraf	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Methode	7
3. Systeembeschrijving	9
3.2 Inleiding	9
3.2 Woonwijk	9
3.3 Warmtetransport	10
3.4 Glastuinbouwbedrijven	10
4. Modelbeschrijving	11
4.1 Inleiding	11
4.2 Woonwijk	12
4.3 Transport	13
4.4 Glastuinbouwbedrijven	14
4.5 Algemene kosten	14
5. Vraag en aanbodpatronen en warmteprijs	15
5.1 Inleiding	15
5.2 Warmtevraag woonwijk	15
5.3 Warmteaanbod glastuinbouwbedrijven	16
5.4 Elektriciteitsproductie en warmteprijs	17
6. Analyse case Agriport A7	19
6.1 Inleiding	19
6.2 Hoogwaardige warmte	20
6.3 Laagwaardige warmte	23
6.4 Stimuleringsmaatregelen	24
7. Conclusies, aanbevelingen en discussie	25
Literatuur en websites	27
Bijlage I. Toelichting uitgangspunten voor bepaling van het primair brandstofverbruik van het totale warmteleveringsproject	1 p.

Woord vooraf

Zowel vanuit kosten oogpunt als vanuit milieuoogpunt staat het gebruik van energie sterk in de belangstelling. Zo ook in de glastuinbouw. In de glastuinbouw is een proces gaande van energieafnemer naar energieleverancier. Deze ontwikkeling wordt gestimuleerd vanuit het gezamenlijke programma Kas als Energiebron van het tuinbouwbedrijfsleven en de landelijke overheid (www.kasalsenergiebron.nl).

Dit proces krijgt momenteel vooral vorm door de sterke groei van warmtekrachtinstallaties die op grote schaal door de glastuinbouwbedrijven in gebruik worden genomen (Van der Velden *et al.*, 2007). Met deze installaties wordt zowel elektriciteit als warmte geproduceerd. De elektriciteit wordt deels gebruikt op de glastuinbouwbedrijven en deels verkocht in de geliberaliseerde elektriciteitsmarkt. De warmte wordt aangewend op de glastuinbouwbedrijven. Bij elektriciteitscentrales die alleen elektriciteit produceren komt een grote hoeveelheid afvalwarmte vrij. Door de warmtebenutting uit de wk-installaties in de glastuinbouw wordt nationaal een belangrijke hoeveelheid fossiele brandstof bespaard en reductie van de CO₂-emissie gerealiseerd. De elektriciteitsproductie met gebruik van warmte uit de wk-installaties kan verder toenemen door levering van warmte door de glastuinbouw, bijvoorbeeld aan woningen.

Tegen deze achtergrond hebben Wageningen UR Glastuinbouw en het LEI met financiering vanuit het programma Systeeminnovaties van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en de WUR Kennisbasisgelden bij het LEI een quick scan uitgevoerd naar de technisch-economische mogelijkheden van warmtelevering vanuit glastuinbouwbedrijven aan woningen. Voor deze studie is een model ontwikkeld waarmee warmteleveringsprojecten doorgerekend kunnen worden. Vervolgens is een case uitgevoerd voor het in ontwikkeling zijnde nieuwe glastuinbouwgebied Agriport A7 met warmtelevering aan een mogelijke nieuwbouwwijk in Middenmeer in de gemeente Wieringermeer in de provincie Noord Holland. Middels deze case is ook het model verder ontwikkeld.

Bij dit onderzoek heeft de Business unit Bouw en installaties van TNO in opdracht van Agriport A7 kennis ingebracht over de benodigde infrastructuur voor het warmtetransport van het glastuinbouwgebied naar de woningen.

De personen bij de betrokken partijen zijn:

- Programma Systeeminnovaties LNV: Jop Kipp en Wouter Verkerke
- Agriport A7: Robert Kielstra
- TNO Business unit Bouw en installaties: Roel Brand
- LEI Wageningen UR: Nico van der Velden, Christiaan Reijnders en Jan Buurma
- Wageningen UR Glastuinbouw: Gert-Jan Swinkels en Marcel Raaphorst

Wij danken het Ministerie van LNV en Agriport A7 voor de geboden mogelijkheid voor het uitvoeren van de case en TNO voor de kennisinbreng.

Dr.Ir. J.C. Bakker
Business Unit Manager
Wageningen UR Glastuinbouw

Drs. N.S.P. de Groot
Hoofd Afdeling Plant LEI

Samenvatting

Inleiding

Het gebruik van energie in de glastuinbouw staat zowel vanuit de kosten als vanuit het milieu sterk in de belangstelling. In de glastuinbouw is een proces gaande van energieafnemer naar energieleverancier. Dit proces krijgt momenteel vooral vorm door het op grote schaal in gebruik nemen van wk-installaties. Met deze installaties wordt zowel elektriciteit als warmte geproduceerd. Een belangrijk deel van de elektriciteit wordt verkocht. Door het gebruik van vrijkomende warmte uit de wk-installaties op glastuinbouwbedrijven wordt een aanzienlijke reductie van de CO₂-emissie gerealiseerd. Dit kan verder toenemen door de levering van warmte door de glastuinbouw aan bijvoorbeeld woningen.

In Agriport A7 in de gemeente Wieringermeer wordt een nieuw glastuinbouwgebied ontwikkeld. Op de bedrijven in dit gebied worden naast ketels ook wk-installaties in gebruik genomen. De doelstelling van dit onderzoek is middels een quick scan inzicht krijgen in de technisch-economische mogelijkheden en de energetische effecten van warmtelevering uit wk-installaties in Agriport A7 aan een nieuwe woonwijk in Middenmeer.

Methode

De quick scan bestaat uit een globale inventarisatie van de mogelijkheden. In het onderzoek wordt uitgegaan van twee uitgangssituaties; hoogwaardige (circa 80°C) en laagwaardige (circa 45°C) warmte uit de wk-installaties. Per uitgangssituatie worden meerdere varianten in beschouwing genomen waardoor inzicht in de toekomstige mogelijkheden ontstaat.

In het onderzoek zijn eerst de energiesystemen zonder en met warmtelevering in kaart gebracht. Vervolgens is een rekenmodel ontwikkeld waarin het gehele warmteleveringsproject integraal in beschouwing wordt genomen. Zowel de systeembeschrijving als het rekenmodel kent de modules woonwijk, transport en glastuinbouw. De werkelijke geleverde hoeveelheid energie wordt bepaald door de situatie bij de afnemer. De woonwijk is daardoor het vertrekpunt voor de systeembeschrijving, het rekenmodel en de analyse.

Systeembeschrijving

Het systeem voor warmtelevering bestaat op hoofdlijnen uit de componenten afleverset en warmtewisselaar bij de woningen, distributienetwerk in de woonwijk, transportleidingen tussen de woonwijk en het glastuinbouwgebied en de aansluiting van de glastuinbouwbedrijven waarbij extra buffercapaciteit wordt gerealiseerd. In de woningen met warmtelevering wordt elektrisch gekookt en bij laagwaardige warmte wordt het tapwater verwarmd met een elektrische boiler en zijn grote radiatoren nodig. Door warmtelevering is in de woningen geen aardgasketel nodig en de woonwijk kent geen distributienet voor aardgas.

Modelbeschrijving

Door het rekenmodel worden alle meer- en minderkosten voor het gehele warmteleveringsproject integraal in beschouwing worden genomen. Dit betreft de meer- en minderinvesteringen zoals genoemd bij de systeembeschrijving en de meerkosten voor het extra energiegebruik (warmte uit de wk-installaties van de tuinders en elektriciteit voor transport van de warmte, koken en tapwater) en de minderkosten door energiebesparing (aardgas in de woningen). De economische mogelijkheden zijn bepaald met de netto contante waarde methode (ncw-methode). In deze methode wordt rekening gehouden met de verschillende jaren waarin de investeringen en de besparingen plaatsvinden, met prijsstijgingen van bijvoorbeeld energie en met de waardevermindering van het geld in de tijd. De besparing aan primair brandstof en de hieraan gekoppelde reductie van de CO₂-emissie is voor het totale warmteleveringsproject bepaald. Het primair brandstofverbruik is het fossiele brandstofverbruik dat nodig is voor de productie van de afzonderlijke energiesoorten. Op basis van de besparing aan primair brandstof is de vermeden CO₂-emissie bepaald.

Vraag- en aanbodpatronen en warmteprijs

De energievraag is bepaald op basis van het aantal en type woningen in de nieuwe woonwijk. Hierbij is onderscheid gemaakt naar verwarming, tapwater en koken. Voor het warmteaanbod zijn drie typen glastuinbouwbedrijven in beschouwing genomen; vruchtgroente zonder belichting, met 50% belichting en met volledige belichting.

Bij alle drie de bedrijfstypen komt het vraagpatroon van de wijk niet overeen met het aanbod waardoor extra warmteproductie nodig is. De extra warmte productie wordt op de glastuinbouwbedrijven gerealiseerd via extra elektriciteitsproductie met de wk-installaties. De warmteprijs vanuit de glastuinbouwbedrijven is afhankelijk van de prijs die met elektriciteitsproductie uit de wk-installaties kan worden gerealiseerd. Het inzicht hierin over de gehele levensduur van het warmteleveringsproject (30 jaar) ontbreekt. Duidelijk is wel dat deze prijs ligt tussen nul en de aardgasprijs. Uitgegaan is van drie varianten voor de warmteprijs af glastuinbouwbedrijf en wel omgerekend 25, 50 en 75% van de aardgasprijs.

Analyse case Agriport A7

In de uitgangssituatie (transportafstand 6 km en 1.400 woningen) met hoogwaardige warmte bedragen de meer-investeringen € 21,3 miljoen en de minderinvesteringen € 5,5 miljoen. Per saldo wordt er zo'n € 15,8 miljoen extra geïnvesteerd. In de uitgangssituatie is de ncw bij alle drie de niveaus van de warmteprijs negatief waardoor het project in deze situatie niet uit kan. Vooral de varianten lagere investeringen, kortere transportafstand, geen obstakels bij het transport en een groter aantal woningen hebben een wezenlijk effect op dit resultaat. In de situatie met grotere aantallen woningen (2.800) en een kortere transportafstand (3 km) en een lage warmteprijs af glastuinbouwbedrijven is de ncw positief en zijn er kansen voor een warmteleveringsproject.

In de uitgangssituatie wordt gemiddeld per woning ruim duizend m³ a.e. primair brandstof bespaard. De reductie van de CO₂-emissie door het totale project bedraagt 2,6 kton per jaar. In de kansrijke variant (2.800 woningen en 3 km transportafstand) ligt de vermeden CO₂-emissie met 5,2 kton per jaar beduidend hoger.

In de uitgangssituatie met laagwaardige warmte ligt, vooral door het duurdere warmtetransportsysteem, het saldo van de meer- en minderinvesteringen met zo'n € 22 miljoen hoger dan bij hoogwaardige warmte. Door de hogere investering en de kleinere energiebesparing is bij laagwaardige warmte in alle varianten de ncw sterk negatief en brengt een warmteleveringsproject bedrijfseconomisch geen voordeel met zich mee. De besparing aan primair brandstof en de vermeden CO₂-emissie bedraagt bij laagwaardige warmte ongeveer de helft van de situatie met hoogwaardige warmte. Dit wordt veroorzaakt doordat het tapwater verwarmd wordt met elektriciteit en er meer elektriciteit nodig is voor het transport en distributie van de warmte.

Conclusies, aanbevelingen en discussie

Om een warmteleveringsproject bedrijfseconomisch mogelijk te maken dient de insteek met levering van hoogwaardige warmte te worden gekozen en vervolgens zal het aantal woningen niet te klein (enkele duizenden) en de transportafstand niet te groot (enkele km) moeten zijn. Andere mogelijkheden die lagere investeringen met zich meebrengen zoals het vermijden van obstakels in het transport geven een project extra kansen. Met dit alles kan rekening worden gehouden bij gebiedsinrichtingen en bij de keuze van toekomstige locaties voor woningbouw en glastuinbouw.

In dit onderzoek is het warmteleveringsproject integraal in beschouwing genomen zonder dat de verdeling van de kosten en baten en de vraag welke partij gaat investeren aan de orde is gekomen. Voor een dynamische bedrijfstak met een hoge technologische innovatiegraad als de glastuinbouw is een investering in de benodigde infrastructuur die 30 jaar meegaat een knelpunt.

1. Inleiding

Probleemstelling

In Nederland ontstaan op meerdere locaties nieuwe glastuinbouwgebieden, zo ook in Agriport A7 in de Wieringermeer in de kop van Noord-Holland. In dit gebied wordt een nieuw glastuinbouwgebied van zo'n 800 ha ontwikkeld, waarvan de eerste fase met zo'n 350 ha in aanbouw is. Het betreft grote bedrijven met de teelt van vruchtgroente (tomaat en paprika) zowel met als zonder belichting. Bij alle bedrijven worden naast de ketels ook wk-installaties geïnstalleerd waarvan de elektriciteitsproductie deels wordt gebruikt op de glastuinbouwbedrijven en deels wordt verkocht op de geliberaliseerde elektriciteitsmarkt. Bij deze elektriciteitsproductie komt ook warmte beschikbaar die voor een belangrijk deel wordt aangewend op de glastuinbouwbedrijven. De warmte uit de wk-installaties betreft zowel warmte die beschikbaar komt bij een hoge temperatuur (hoogwaardige warmte; zo'n 80°C) als bij een lage temperatuur (laagwaardige warmte; zo'n 45°C).

In Middenmeer zijn plannen in ontwikkeling voor de bouw van een nieuwe woonwijk. Vanuit Agriport A7 bestaat de vraag of warmte vanuit de wk-installaties op economische wijze nuttig kan worden aangewend in deze woningen. De huidige wk-toepassing met verkoop elektriciteit is sterk afhankelijk van het verschil tussen de aardgas- en de elektriciteitsprijzen. De algemene verwachting is dat het actuele grote verschil niet tot in lengte van jaren zal blijven bestaan. Door tuinders wordt dan ook serieus nagedacht om in de toekomst geconditioneerd te gaan telen in (semi) gesloten kassen. Bij geconditioneerd telen wordt de overtollige zonnewarmte niet zoals gebruikelijk afgelucht via de ramen maar door koelers 'geogst'. Hierdoor ontstaat dan een warmte-aanbod dat kan worden opgeslagen in aquifers en worden aangewend, al of niet met warmtepomp, in koudere perioden met warmtevraag. Het betreft warmte die beschikbaar komt bij een lagere temperatuur (zo'n 15-25°C) dan bij de warmte uit de wk-installatie.

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is middels een quick scan inzicht te krijgen in de technisch-economische mogelijkheden en energetische effecten van warmtelevering vanuit de wk-installaties van de glastuinbouwbedrijven in Agriport A7 aan de nieuwe woningen in Middenmeer. Zowel de hoogwaardige als de laagwaardige warmte uit de wk-installaties wordt in beschouwing genomen. Dit geldt niet voor de laagwaardige warmte uit de gesloten kas. Wel geeft de laagwaardige variant bij de wk-toepassing een indicatie van de mogelijkheden voor het gebruik van laagwaardige warmte uit de gesloten kas.

Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt de methode van onderzoek uiteengezet. Het warmtetransportsysteem in vergelijking met het traditionele systeem van energievoorziening (systeembeschrijving) wordt toegelicht in hoofdstuk 3. Het rekenmodel wordt behandeld in hoofdstuk 4 en de vraag en aanbodpatronen van de woningen en de glastuinbouwbedrijven en de warmteprijs af glastuinbouwbedrijven in hoofdstuk 5. De analyse volgt in hoofdstuk 6 en de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7.

2. Methode

Quick scan

De quick scan bestaat uit een globale inventarisatie van de technisch-economische mogelijkheden van warmtelevering vanuit de glastuinbouwbedrijven in Agriport A7 aan de in ontwikkeling zijnde woningbouw in Middenmeer. Hierbij is het de vraag of een dergelijk warmteleveringsproject bedrijfseconomisch mogelijk is of op welke wijze mogelijk wordt en wat de energetische effecten zijn. Op verzoek van Agriport A7 wordt uitgegaan van twee uitgangssituaties:

- een aanvoertemperatuur van circa 80°C (hoogwaardige warmte uit de wk-installatie) en
- een lagere aanvoertemperatuur van circa 45°C (laagwaardige warmte uit de wk-installatie of retourwater uit de kasverwarming).

In de analyse worden per uitgangssituatie meerdere varianten in beschouwing genomen waardoor inzicht in c.q. visie op de toekomstige mogelijkheden ontstaat.

Een quick scan wordt gekenmerkt door een globale aanpak. Hierdoor zijn niet alle aspecten volledig uitgezocht maar hebben de belangrijkste onderdelen de meeste aandacht gekregen.

Systeembeschrijving en vraag- en aanbodpatronen

Voor de analyse is inzicht nodig in de volgende deelaspecten:

1. de meer- en minderkosten bij de afnemer
2. de transportkosten
3. de meer- en minderkosten bij de leverancier
4. algemene kosten (organisatie, management en administratie)

Om deze informatie boven tafel te krijgen, zijn globale technische ontwerpen van de energiesystemen bij zowel afnemer als leverancier als van het transportsysteem in beeld gebracht. Naast deze systeembeschrijving is inzicht nodig in de energievraag op jaarbasis en het verloop over het jaar bij de afnemer c.q. woningen en het aanbod bij de leverancier c.q. glastuinbouwbedrijven. Omdat de hoeveelheid werkelijk geleverde energie wordt bepaald door de situatie bij de afnemer, is de situatie bij de afnemer het vertrekpunt voor de systeembeschrijving en de analyse.

Bedrijfseconomische mogelijkheden

Bij een bedrijfseconomische afweging moet het saldo van kosten en opbrengsten positief zijn ofwel er moet per saldo een kostenbesparing ontstaan. Bij de kostenaspecten wordt het project integraal benaderd. Dit wil zeggen dat de kosten en opbrengsten van warmtelevering als totaal project worden benaderd.

De bedrijfseconomische mogelijkheden worden bepaald met de netto contante waarde (ncw) methode. Hierbij wordt rekening gehouden met de uitgaven en besparingen die in verschillende jaren plaatsvinden, met fasering van de woningbouw en met prijsstijgingen in de toekomst. In paragraaf 4.2 wordt deze methode verder uitgelegd.

Energetische aspecten

Een belangrijk maatschappelijk voordeel van een warmteleveringsproject is de potentiële energiebesparing c.q. reductie van de CO₂-emissie. De besparing aan primair brandstof en de hieraan gekoppelde reductie van de CO₂-emissie wordt voor het totale warmteleveringsproject bepaald. In paragraaf 4.1 wordt dit verder uitgelegd.

Rekenmodel

In het rekenmodel worden alle meer- en minderkosten voor het gehele project in beschouwing genomen onafhankelijk van de partij die de kosten maakt of bespaart. De meer- en minderkosten worden wel voor de afzonderlijke onderdelen, glastuinbouw, transport en woonwijk, in kaart gebracht. Hiervoor is bij de opzet van het model gekozen voor een modulaire aanpak. De berekeningen, uitgangspunten en resultaten zijn per module gegroepeerd. Door de flexibele opzet kunnen op relatief eenvoudige wijze varianten met verschillende uitgangspunten worden doorgerekend.

Afbakening

Door de integrale benadering van het project wordt geen studie gemaakt van de wijze waarop door de leverancier, afnemer en eventueel energietransporteur onderling wordt afgerekend c.q. potentiële winsten worden verdeeld.

Binnen het project wordt geen studie gemaakt van bestaande subsidiemogelijkheden; wel wordt in de analyse gekeken naar benodigde subsidies.

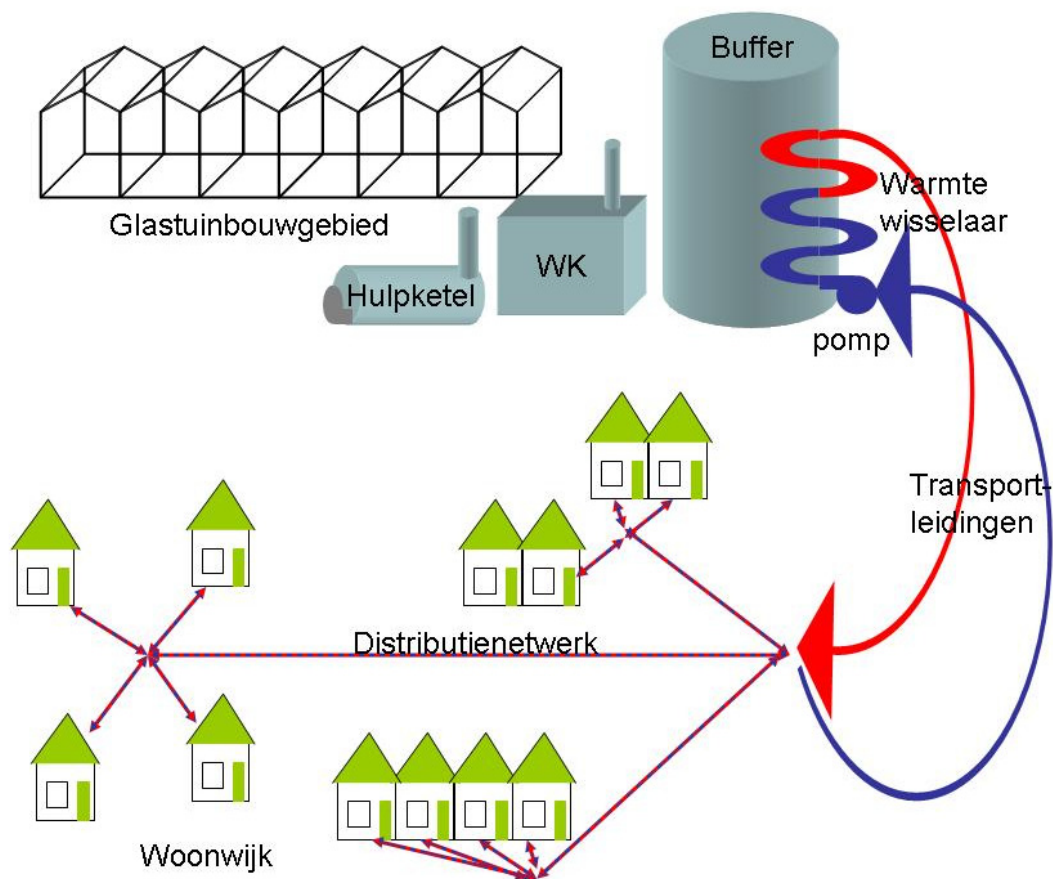
In het project wordt geen onderzoek gedaan naar de organisatorische aspecten die van belang zijn om een warmteleveringsproject te realiseren.

Naast de beperkte groep glastuinbouwbedrijven die nu al meedoet aan het Europese handelssysteem voor CO₂-emissierechten (EU-ETS) krijgt de gehele glastuinbouw waarschijnlijk te maken met CO₂-emissiehandel. Hoe dit voor de glastuinbouw vorm gaat krijgen, is nog niet uitgekristalliseerd. Om deze reden zijn de effecten van de CO₂-emissiehandel op het warmteleveringsproject buiten beschouwing gelaten.

3. Systeembeschrijving

3.2 Inleiding

In deze systeembeschrijving zijn de verschillende technische componenten beschreven die nodig zijn voor de warmtelevering vanuit een glastuinbouwgebied aan een woonwijk. Ook is aangegeven welke technische componenten in de situatie met warmtelevering niet meer nodig zijn. Het totale systeem van warmtelevering is weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1. Schematische weergave van het systeem voor warmtelevering vanuit een glastuinbouwgebied aan een woonwijk.

3.2 Woonwijk

Woningen

De woningen hebben door de warmtelevering geen verwarmingsketel meer nodig. Daarom wordt in de woonwijk ook geen distributienet voor aardgas aangelegd. In plaats van een aardgasaansluiting, een aardgasmeter en een aardgasketel wordt iedere woning voorzien van een warmtemeter en per groep woningen een warmtewisselaar.

De warmtevraag van woningen wordt bepaald door de vraag naar ruimteverwarming en naar warm tapwater.

De energie die nodig is voor het koken kan niet worden aangeleverd via een warmwaternet. Daarom moet iedere woning worden voorzien van elektrische kookapparatuur. In de situatie met laagwaardige warmte moet de woning voor ruimteverwarming worden aangepast met een groter verwarmend oppervlak.

In de laagwaardige variant is dat 45°C. Voor warm tapwater is minstens 60°C nodig. In de variant met laagwaardige warmte is de aanvoertemperatuur lager dan 60°C en moeten voorzieningen voor warm tapwater worden aangebracht, zoals een elektrische boiler of een elektrische warmtepomp. Aangezien een elektrische boiler goedkoper is dan een warmtepomp en bovendien het meest gangbare systeem is, is hier gekozen voor een elektrische boiler.

Warmtedistributie woonwijk

De mate van vertakking van het distributienet in de woonwijk is afhankelijk van de inrichting van de woonwijk ofwel het aantal en de typen woningen. Uitgegaan wordt van een vertakt netwerk (stervorm). In het rekenmodel (hoofdstuk 4) wordt op basis van het aantal per type woning, de omvang van het warmtedistributiesysteem bepaald. Het aantal warmtewisselaars in de woonwijk wordt beperkt gehouden door niet voor iedere woning apart, maar per groep woningen een warmtewisselaar te gebruiken. Daarnaast komt er per woning een afleverset met in de situatie met hoogwaardige warmte een warmtewisselaar voor het tapwater.

3.3 Warmtetransport

Bij warmtelevering van het glastuinbouwgebied naar de woonwijk bepaalt het temperatuurverschil tussen het aangevoerde water en het retourwater samen met het debiet (stroomsnelheid) het vermogen van het warmtetransportsysteem. Om de wrijvingsweerstand in de leidingen niet al te hoog op te laten lopen, mag de stroomsnelheid niet veel hoger worden dan 2 m/s. De benodigde diameter van de transportleidingen is bepaald op basis van het maximale warmtevraag vanuit de wijk, de warmtecapaciteit en de stroomsnelheid van water en het verschil in aanvoer- en retourtemperatuur. Bij het bepalen van het maximale warmtevermogen vanuit de woonwijk wordt rekening gehouden met de ongelijkheid in de warmtevraag vanuit de woningen. Ook wordt rekening gehouden met transportverliezen in zowel het distributiesysteem als het transportsysteem. De transportleidingen zijn geïsoleerd.

In het transporttracé kunnen obstakels (wegen en watergangen) voorkomen waar de warmtransportleidingen onderdoor of overheen moeten. Dit brengt extra investeringen met zich mee en is voor de case Agriport A7 uitgewerkt in hoofdstuk 6 (kenmerken project).

3.4 Glastuinbouwbedrijven

De warmte wordt geleverd door glastuinbouwbedrijven. Op glastuinbouwbedrijven wordt de warmte geproduceerd met wk-installaties, eventueel aangevuld met de ketel.

Pieken en dalen in het warmteaanbod worden met warmtebuffers opgevangen. De buffers kunnen op de glastuinbouwbedrijven of in de wijk worden geplaatst. Moderne glastuinbouwbedrijven met een wk-installatie hebben vaak een grote warmtebuffer. Een buffer in de woonwijk kan de capaciteit van de transportleiding tussen de glastuinbouwbedrijven en de woonwijk verkleinen. Gekozen is om de capaciteit van de buffers op de glastuinbouwbedrijven te vergroten en geen aparte en relatief dure warmtebuffer in de wijk te plaatsen.

Het areaal glastuinbouw en het aantal bedrijven dat wordt aangesloten is afhankelijk van de warmtevraag ofwel de omvang van de woonwijk (hoofdstuk 5). Voor de bedrijfszekerheid is gekozen voor de aansluiting van minimaal 2 ketelhuizen (met wk-installaties en een ketel). Bij de aansluiting van de glastuinbouwbedrijven wordt een warmtewisselaar gebruikt.

4. Modelbeschrijving

4.1 Inleiding

Opzet model

In dit hoofdstuk wordt het rekenmodel toegelicht. Met het model kunnen warmteleveringsprojecten technisch-economisch worden doorgerekend. Naast de technisch-economische resultaten berekent het model de potentiële besparing aan primair brandstof en de reductie van de CO₂-emissie van het gehele project.

Door het model wordt het warmteleveringsproject integraal benaderd. Dat wil zeggen dat het totale project van woonwijk tot en met de aansluiting bij de glastuinbouwbedrijven in beschouwing wordt genomen. Alle meer- en minderkosten worden voor het totale project in beschouwing genomen onafhankelijk van de partij die de kosten maakt of bespaart. De economische mogelijkheden worden bepaald met de netto contante waarde (ncw) methode. Bij de opzet is gekozen voor een modulaire aanpak. De berekeningen, uitgangspunten en resultaten zijn per module gegroepeerd. Het betreft de modules woonwijk, transport en glastuinbouw. Door de flexibele opzet kunnen op relatief eenvoudige wijze varianten met verschillende uitgangspunten worden doorgerekend.

In het vervolg van deze paragraaf wordt de ncw-methode toegelicht, wordt uiteengezet hoe de vermeden CO₂-emissie wordt bepaald en wordt toegelicht hoe wordt omgegaan met de warmteprijs, BTW en energiebelasting. In de volgende paragraaf worden de afzonderlijke modules en de meer- en minderkosten per module toegelicht.

Netto contante waarde

Bij een warmteleveringsproject worden in het begin investeringen gedaan (bijvoorbeeld in het transportsysteem) en uitgespaard (bijvoorbeeld in de aardgasketels in de woningen). Doordat een ketel in de woningen minder lang meegaat dan een warmtetransportsysteem komen daar op een later tijdstip bespaarde herinvesteringen bij. Naast de investeringen zijn er jaarlijkse kosten (bijvoorbeeld onderhoud, elektriciteit voor de transportpompen en algemene kosten) en besparingen (bijvoorbeeld aardgas voor de woningen). Deze kostenposten kunnen in de loop der jaren wijzigen. Doordat de huidige waarde van geld groter is dan in de toekomst dient rekening te worden gehouden met het jaar waarin de uitgaven en besparing plaatsvinden. Daarom wordt gebruik gemaakt van de netto contante waarde (ncw) methode. In de ncw-methode worden alle bedragen die jaarlijks worden uitgegeven en bespaard, teruggerekend naar het beginjaar van het project en vervolgens gesaldeerd. De terugrekening vindt plaats met een disconteringsvoet. Het resultaat van de berekening is de netto contante waarde. Dit is het bedrag dat over de gehele levensduur van het project aan winst (bij een positief resultaat) of verlies (bij een negatief resultaat) wordt gemaakt, uitgedrukt in euro's van het jaar dat het project wordt gestart. Met deze methode kan ook rekening worden gehouden met een gefaseerde aanleg van de woonwijk en toekomstige prijsstijgingen.

Reductie CO₂-emissie

De besparing aan primair brandstof en de hieraan gekoppelde reductie van de CO₂-emissie wordt voor het totale warmteleveringsproject bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met alle effecten op het energiegebruik: aardgas-besparingen woningen, extra aardgasverbruik en elektriciteitslevering door de glastuinbouwbedrijven en extra elektriciteitsverbruik voor distributie en transport van de warmte, elektrisch koken en (in de situatie met laagwaardige warmte) een elektrische tapwaterboiler in de woningen.

Het primair brandstofverbruik is het fossiel brandstofverbruik dat nodig is voor de productie van de afzonderlijke energiesoorten. Aardgas is reeds een primaire brandstof. Elektriciteit wordt elders geproduceerd; hiervoor wordt de brandstof gerekend die nodig is in een gemiddelde elektriciteitscentrale in Nederland. De omrekeningsfactoren van de afzonderlijke energiegebruiken naar primair brandstof zijn toegelicht in Bijlage I. De besparing aan primair brandstof wordt omgerekend naar vermeden CO₂-emissie. Hierbij wordt verondersteld dat al het primair brandstofverbruik aardgas betreft. Het verbranden van een m³ aardgas resulteert in 1,789 kg CO₂.

Warmteprijs en belastingen

Bij warmteleveringsprojecten wordt veel gebruik gemaakt van het niet meer dan anders (nmda) principe. Dit houdt in dat een consument niet meer voor de warmte betaalt dan in de referentiesituatie (aardgasgestookte hoogrendementsketel). Dit principe wordt ook gehanteerd in het model. Binnen het model wordt gerekend zonder belasting toegevoegde waarde (btw). Door ondernemers wordt ontvangen en betaalde btw verrekend met de belastingdienst. Voor consumenten geldt dat niet, maar door het nmda principe zullen zij bij het gebruik van aardgas ongeveer evenveel btw betalen als bij het gebruik van warmte. Voor warmte geldt een ander (lager) tarief voor energiebelasting van voor aardgas. De energiebelasting wordt daarom wel in beschouwing genomen in het model.

4.2 Woonwijk

In de module woonwijk wordt de warmte-afname op jaarbasis bepaald. Dit vindt plaats op basis van het aantal woningen. Onderscheid wordt gemaakt naar 4 typen woningen (zie hoofdstuk 5) met een verschillende warmtevraag en bebouwingsdichtheid. Op basis hiervan wordt het warmteleveringsproject gedimensioneerd. De module woonwijk is onderverdeeld in twee delen: woningen en warmtedistributie in de woonwijk. De meer- en minderkosten voor de woonwijk bij de levering van hoogwaardige warmte staan vermeld in Tabel 4.1 en voor laagwaardige warmte in Tabel 4.2.

Het verschil tussen hoogwaardige en laagwaardige warmte in deze module is de boiler voor het tapwater en de grotere radiatoren voor de centrale verwarming. Bij woningen met laagwaardige warmte moet het verwarmend oppervlak van de centrale verwarming worden vergroot. Dit kan met grotere radiatoren of met vloerverwarming. Grotere radiatoren zijn goedkoper dan vloerverwarming. Daarom wordt in de uitgangssituatie uitgegaan van grotere radiatoren. Daar staat tegenover dat vloerverwarming samen gaat met meer wooncomfort. In een afzonderlijke variant (hoofdstuk 6) zal het effect van de extra kosten voor vloerverwarming worden getoond.

Tabel 4.1. Meer- en minderkosten in een woonwijk bij hoogwaardige warmtelevering ten opzichte van verwarming met een aardgasketel.

	Meerkosten	Minderkosten
Woningen	Warmte-afleverset Elektrisch koken (duurder fornuis en pannen) Extra elektriciteitskosten (koken) (commodity, diensten en energiebelasting)	Aardgasketel Aardgasleiding inclusief meters Aardgaskosten (commodity, diensten en energiebelasting)
Warmte distributie	Distributienet warmte Onderstations (incl. pompen) Elektriciteitskosten (commodity, diensten en energiebelasting)	Distributienet aardgas

Tabel 4.2. Meer- en minderkosten in een woonwijk bij laagwaardige warmtelevering ten opzichte van verwarming met een aardgasketel.

	Meerkosten	Minderkosten
Woningen	Warmte-afleverset Elektrisch koken Elektrische boiler Extra elektriciteitskosten (koken en tapwater) (commodity, diensten en energiebelasting) Grotere radiatoren of vloerverwarming	Aardgasketel Aardgasleiding inclusief meters Aardgaskosten (commodity, diensten en energiebelasting)
Warmte distributie	Distributienet warmte Onderstations (incl. pompen) Elektriciteitskosten (commodity, diensten en energiebelasting)	Distributienet aardgas

4.3 Transport

In deze module wordt de capaciteit van de transportleiding (aanvoer en retour) die de woonwijk verbindt met het glastuinbouwgebied berekend op basis van de warmtevraag uit de module woonwijk. Hierbij wordt rekening gehouden met de warmteverliezen bij de distributie en transport. Daarnaast wordt ook bepaald hoe groot de transportpompen moeten worden en wat het elektriciteitsverbruik van deze pompen op jaarbasis bedraagt. In Tabel 4.3 is een overzicht gegeven van de meer- en minderkosten in deze module.

Tabel 4.3. Meer- en minderkosten bij het warmtetransport.

	Meerkosten	Minderkosten
Transport	Hoofdtransportleiding Pomp(en) Elektriciteitskosten (commodity, diensten en energiebelasting)	n.v.t.

4.4 Glastuinbouwbedrijven

De laatste module betreft de uitgangspunten en berekeningen voor de glastuinbouwbedrijven. Op basis van de totale warmtevraag van de woonwijk dient in deze module te worden ingebracht welk areaal van welke typen glastuinbouwbedrijven worden aangesloten in het warmteproject. In deze module wordt ook berekend hoe groot de extra warmteopslagcapaciteit bij de glastuinbouwbedrijven wordt. Een opsomming van de meerkosten is opgenomen in Tabel 4.4.

Tabel 4.4. De meer- en minderkosten in het glastuinbouwgebied.

	Meerkosten	Minderkosten
Glastuinbouwbedrijven	Aansluiting warmtetransportleiding Warmtewisselaar(s) Grotere buffer Grotere ketel Regeling Warmtekosten af glastuinbouwbedrijf a) Extra elektriciteitskosten (commodity, diensten en energiebelasting)	n.v.t.

a) Zie paragraaf 5.4.

4.5 Algemene kosten

De algemene kosten van een warmteleveringsproject, zoals de kosten voor facturering, zijn niet meegenomen in de hierboven beschreven modules. Deze kosten worden wel in de berekeningen van het model meegenomen.

5. Vraag en aanbodpatronen en warmteprijs

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de warmtevraag en het patroon over het jaar van de woonwijk uiteengezet. Vervolgens komen het warmteaanbod en -patroon vanuit de glastuinbouwbedrijven aan bod. Daarna wordt ingegaan op de extra elektriciteitsproductie van de wk-installaties en de prijs van de warmte die door de glastuinbouwbedrijven wordt geleverd.

5.2 Warmtevraag woonwijk

De warmtevraag van een woonwijk wordt bepaald door het aantal en het type woningen. Voor de mogelijke nieuwbouwwijk in Middenmeer is dit weergegeven in Tabel 5.1. In Tabel 5.2 zijn per type woning normen voor het warmteverbruik per jaar vermeld. Hierbij is onderscheid gemaakt naar verwarming, tapwater en koken.

Tabel 5.1. Aantal woningen per woningtype.

Woningtype	Aantal woningen
Villa	175
Hoek- of twee onder één kapwoning	175
Tussenwoning	910
Etagewoning	140
Totaal	1400

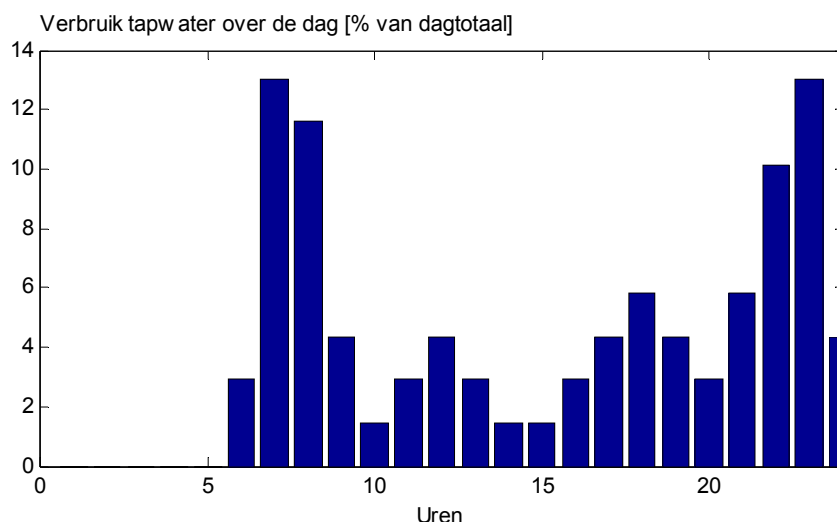
Bron: Woonplan Gemeente Wieringermeer.

Tabel 5.2. Warmtevraag per woningtype (m^3 a.e./jaar). ¹⁾

Woningtype	Warmtevraag			
	verwarming	tapwater	koken	totaal
Villa	1580	454	78	2112
Hoek- of twee onder één kapwoning	1112	318	78	1508
Tussenwoning	847	318	78	1243
Etagewoning	547	288	78	913

¹⁾ Aangeleverd door TNO; deze energiegebruiken komen globaal overeen met een energie prestatie coëfficiënt (epc) van 0,8.

Om de verdeling van de warmtevraag per uur te bepalen, is een k-waarde model opgesteld dat op basis van de verschillen tussen de binnen en buitentemperatuur een schatting maakt van de warmtebehoefte voor verwarming per uur. Voor de warmtebehoefte van het tapwater wordt aangenomen dat deze dagelijks het patroon volgt zoals in Figuur 5.1. Alleen in de hoogwaardige variant wordt in de warmtebehoefte voor het tapwater voorzien door middel van warmtelevering.



Figuur 5.1. Warmtebehoefte voor warm tapwater per uur verdeeld over een etmaal.

5.3 Warmteaanbod glastuinbouwbedrijven

Het warmte aanbod vanuit de glastuinbouwbedrijven is afhankelijk van het type glastuinbouwbedrijf en het areaal dat per type bedrijf wordt aangesloten. Vooral het type bedrijf is van belang voor de aanbodpatroon over het jaar.

Drie typen glastuinbouwbedrijven worden onderscheiden:

1. vruchtgroente zonder belichting
2. vruchtgroente met 50% belichting
3. vruchtgroente met volledige belichting

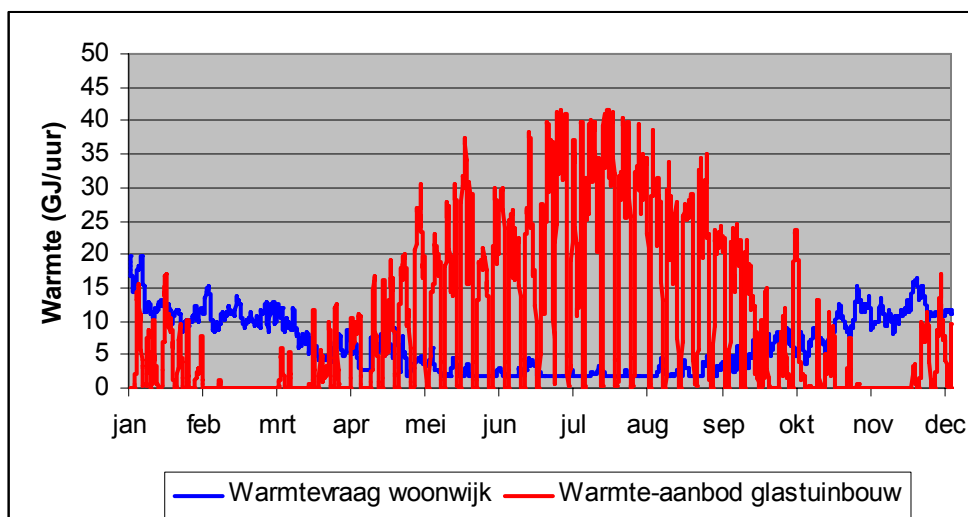
In Agriport A7 zijn op alle glastuinbouwbedrijven één of meerdere wk-installaties met een elektrisch vermogen van ongeveer $60 \text{ W}_e/\text{m}^2$ in gebruik. Verondersteld is dat deze installaties gedurende het grootste deel van de plateau-uren (ma-vr van 7:00 tot 23:00 uur) in gebruik zijn (totaal circa 3900 uur per jaar). Door de bedrijven met belichting wordt elektriciteit ingekocht in de goedkopere daluren. Deze energie komt via de lampen als warmte in de kas terecht en beïnvloedt het aanbodpatroon.

Op basis van het voorgaande is een indicatief aanbodpatroon per type glastuinbouwbedrijf gemaakt. Hiervoor is het kasklimaatmodel Kaspro (De Zwart, 1996) gebruikt, ontwikkeld door Wageningen UR Glastuinbouw. Dit model berekent gedetailleerd het kasklimaat, de gewasproductie en het energiegebruik van moderne tuinbouwkassen en vormt daarmee in feite een virtuele kas. De belangrijkste input voor het model zijn de bedrijfssituatie, het teeltregime (klimaatinstellingen) en het buitenklimaat. Voor het laatste wordt een standaard Nederlands klimaat gebruikt, het zogenaamde SEL-jaar

Door Wageningen UR en TNO, is onlangs een onderzoek uitgevoerd voor Agriport A7 naar bufferstrategien (Janssen *et al.*, 2006). Gegevens uit dit onderzoek, zoals klimaatinstellingen, van de (toekomstige) glastuinbouwbedrijven in Agriport A7 zijn als input gebruikt voor het berekenen van de aanbodpatronen.

Er wordt van uitgegaan dat zo'n 40 ha glastuinbouw met 2 ketelhuizen wordt aangesloten op het warmtetransportsysteem (zie ook hoofdstuk 3).

Bij alle drie de bedrijfstypen komt het aanbodpatroon niet volledig overeen met het vraagpatroon van de wijk uit de vorige paragraaf. Dit is geïllustreerd in Figuur 5.2 voor het gunstigste bedrijfstype 3. In de winterperiode is extra warmteproductie nodig en in de zomerperiode is er in potentie meer aanbod dan vraag. Door dit laatste worden in de zomerperiode de wk-installaties in de praktijk minder gebruikt.



Figuur 5.2. Warmtevraagpatroon van de woonwijk en een indicatief potentieel warmte-aanbodpatroon van een volledig belicht glastuinbouwbedrijf met vruchtgroente.

5.4 Elektriciteitsproductie en warmteprijs

De extra warmtevraag voor de woningen kan op de glastuinbouwbedrijven worden gerealiseerd door een langere gebruiksduur van de wk-installaties, de capaciteit van de wk-installatie te vergroten of door de ketel. De keuze van de warmtebron is afhankelijk van de opbrengst van de elektriciteitsproductie. Ook de warmteprijs van de totale warmtelevering vanuit de glastuinbouwbedrijven is afhankelijk van de prijs die met elektriciteitsproductie uit de wk-installaties kan worden gerealiseerd. Het uitvoeren van een uitgebreide bedrijfseconomische analyse naar de mogelijke exploitatie van de wk-installaties op de glastuinbouwbedrijven valt buiten de scope van deze quick scan. Bovendien zou hierbij een lange periode in de toekomst in beschouwing moeten worden genomen; verondersteld wordt immers dat de infrastructuur van het warmtetransport 30 jaar meegaat. Daarom is gekozen voor een eenvoudige insteek met een aantal varianten.

Uitgegaan wordt van de volgende drie situaties:

1. Uren met een hoge elektriciteitsprijs; in deze situatie is de elektriciteitsprijs zodanig dat opbrengsten van de warmteverkoop niet nodig zijn voor een sluitende exploitatie van de wk-installatie; de warmteprijs is dan € 0 per GJ.
2. Uren met een lage elektriciteitsprijs; in deze situatie is de elektriciteitsprijs zodanig dat opbrengsten van de warmteverkoop wel nodig zijn voor een sluitende exploitatie van de wk-installatie. De warmteprijs komt dan overeen met de gasprijs; bij een hogere warmteprijs zal immers warmteproductie met de ketel goedkoper zijn en zal de aardgasketel worden ingezet voor de warmteproductie.
3. Uren met een 'midden' elektriciteitsprijs; in deze situatie zijn ook opbrengsten uit de warmteverkoop nodig. De benodigde prijs voor de warmte ligt dan tussen de vorige twee uitersten ofwel tussen de € 0 per GJ en de gasprijs.

Het inzicht in welke mate deze drie situaties zich voordoen in een jaar en over de gehele levensduur van het warmteleveringsproject ontbreekt. Daarom wordt in dit onderzoek gerekend met drie varianten voor de warmteprijs af glastuinbouwbedrijf:

1. warmteprijs = 25% van de aardgasprijs;
2. warmteprijs = 50% van de aardgasprijs en
3. warmteprijs = 75% van de aardgasprijs.

Bij de omrekening van de gasprijs naar de warmteprijs wordt uitgegaan van een marginaal gebruiksrendement van de aardgasketel van 100% op onderwaarde.

6. Analyse case Agriport A7

6.1 Inleiding

In de analyse worden twee uitgangssituaties in beschouwing genomen:

- een aanvoertemperatuur van circa 80°C (hoogwaardige warmte);
- een lagere aanvoertemperatuur van circa 45°C (laagwaardige warmte).

Per uitgangssituatie worden een aantal varianten doorgerekend. De technische uitgangspunten per uitgangssituatie zijn opgenomen in hoofdstuk 4 (systeembeschrijving) en hoofdstuk 5 (vraag en aanbodspatronen energie en daaruit voortvloeiende warmteprijs af glastuinbouwbedrijven). Hierna worden de algemene kenmerken van het project, de algemene economische uitgangspunten, de uitgangspunten voor de energiekosten en de aanvullende kosten (onderhoud en algemene kosten) vermeld. In de paragrafen daarna worden de specifieke economische uitgangspunten (investeringen) per uitgangssituatie vermeld.

Algemene kenmerken warmteleveringsproject Agriport A7

- Transportafstand = 6 km
- Obstaten voor het transportsysteem
 - Rijksweg A7; er wordt van uitgegaan dat het warmtetransportsysteem onder het viaduct ten oosten van Middenmeer wordt aangelegd
 - Westfriese vaart (ten westen van A7)
 - Provinciale weg N242
- Verondersteld wordt dat de woonwijk in fasen wordt gebouwd; van het totaal aantal woningen van 1400 worden er 800 gebouwd in jaar 1 en 600 in jaar 5

Algemene uitgangspunten

- tijdshorizon netto contante waarde berekening = 30 jaar
- disconteringsvoet netto contante waarde = 5%/jaar
- inflatie = 2%/jaar
- index aanvullende jaarkosten (onderhoud en algemene kosten) = 2%/jaar
- index investeringen (herinvesteringen) = 2%/jaar

Energiekosten

Naast de commodityprijzen worden voor aardgas en elektriciteit de geldende dienstenkosten en de tarieven voor energiebelasting in beschouwing genomen.

- commodityprijs aardgas woningen eerste jaar = 31 €cent/m³
- commodityprijs aardgas glastuinbouwbedrijven eerste jaar = 22 €cent/m³
- commodityprijs elektriciteit transport en distributie, tuinders en woningen eerste jaar; standaardtarief = 10 en verlaagd tarief = 5 €cent/kWh
- index commodityprijs aardgas en elektriciteit = 3%/jaar
- index dienstenkosten aardgas en elektriciteit = 2%/jaar
- index energiebelasting aardgas en elektriciteit = 3%/jaar

Het voorgaande resulteert in de energieprijzen bij het begin van het project en na 30 jaar zoals vermeld in Tabel 6.1.

Tabel 6.1. *Commodity prijzen aardgas en elektriciteit.*

Commodity	Eenheid	Jaar 1 (€/eenheid)	Mutatie (%/jaar)	Jaar 30 (€/eenheid)
Aardgas woningen	m ³	0,31	3	0,75
Aardgas tuinders	m ³	0,22	3	0,53
Inkoop elektriciteit woningen, tuinders en warmteleveringsproject				
- standaard				
- verlaagd	kWh	0,10	3	0,24
	kWh	0,05	3	0,12
Warmte af glastuinbouwbedrijf				
- 25% aardgasprijs				
- 50% aardgasprijs	GJ	1,74	3	4,22
- 75% aardgasprijs	GJ	3,48	3	8,48
	GJ	5,22	3	12,67

Aanvullende kosten

De aanvullende kosten betreffen onderhoud voor de apparatuur en algemene kosten. De onderhoudskosten worden zowel bij de meer- als bij de minderinvesteringen in beschouwing genomen. Voor de onderhoudskosten is uitgegaan van een jaarlijkse kostenpost van een bepaald percentage van de investering. Bij de aardgasketel in de woningen is dit 4%, bij het warmtedistributiesysteem 2%, bij het transportsysteem 0,5% en bij de aansluitingen van de glastuinbouwbedrijven 2%. De algemene kosten zijn kosten voor management en administratie. Hiervoor is een extra jaarlijks bedrag van € 50.000 begroot.

6.2 Hoogwaardige warmte

Investeringen

De meer- en minderinvesteringen voor de situatie met hoogwaardige warmte zijn vermeld in Tabel 6.2. De meerinvesteringen bedragen € 21,3 miljoen en de minderinvesteringen € 5,5 miljoen. Per saldo wordt er in de situatie met hoogwaardige warmte dus zo'n € 15,8 miljoen extra geïnvesteerd.

Bij de investeringen die betrekking hebben op de levering van hoogwaardige warmte is in de begroting 10% onvoorzien opgenomen en zijn geen subsidies in beschouwing genomen. De afzonderlijke onderdelen van het totale systeem gaan niet allemaal even lang mee. Daarom worden gedurende de periode waarover het warmteproject wordt doorgerekend (30 jaar) herinvesteringen in beschouwing genomen. Dit betreft de aardgasketels in de woningen (na 15 jaar) en de aansluitingen en aanpassing bij de glastuinbouwbedrijven (na 15 jaar). Bij het warmtedistributiesysteem is uitgegaan van de mix van woningtypen zoals vermeld in hoofdstuk 5 waarbij ook rekening is gehouden met de bebouwingsdichtheid die bij villa's het kleinst en bij etagewoningen het grootst is.

Tabel 6.2. Meer- en minderinvesteringen uitgangssituatie met hoogwaardige warmte (miljoen €).

Meerinvesteringen	
- woningen a)	2,0
- distributie woonwijk a)	5,0
- transport	13,8
- glastuinbouwbedrijven	0,5
Totaal	21,3
Minderinvesteringen	
- verwarmingsketels in woningen	4,6
- aardgasnet in woonwijk	0,9
Totaal	5,5
Saldo	15,8

a) Dit betreft de totale investering die in fasen plaatsvindt.

Varianten

In Tabel 6.2 zijn de resultaten vermeld van de uitgangssituatie met hoogwaardige warmte. Daarnaast zijn de volgende varianten doorgerekend:

1. hogere investeringen warmtelevering (+10 en +20%)
2. lagere investeringen warmtelevering (-10 en -20%)
3. geen obstakels
4. kleinere stijging commodityprijs aardgas en elektriciteit (2 i.p.v. 3% per jaar)
5. grotere stijging commodityprijs aardgas en elektriciteit (4 i.p.v. 3% per jaar)
6. langere transportafstand (9 i.p.v. 6 km)
7. kortere transportafstand (3 i.p.v. 6 km)
8. kleiner aantal woningen (700 i.p.v. 1400)
9. groter aantal woningen (2800 i.p.v. 1400)
10. variant 6 plus 8
11. variant 7 plus 9
12. ongunstigere mix woningtypen (alleen villa's en twee onder 1 kap woningen)
13. gunstigere mix woningtypen (alleen rijtjes- en etagewoningen)
14. geen fasering van de bouw van de woningen
15. hogere disconteringsvoet (6 i.p.v. 5% per jaar)
16. lagere disconteringsvoet (4 i.p.v. 5% per jaar)

Bij de varianten 8 t/m 13 wijzigt ook het areaal glastuinbouw dat wordt aangesloten op het warmteleveringsproject.

Resultaten

Uit de resultaten (Tabel 6.3) blijkt dat in de uitgangssituatie met hoogwaardige warmte de netto contante waarde (ncw) bij alle drie de niveaus van warmteprijs negatief is. Dit betekent dat het project in deze situatie bedrijfseconomisch niet uit kan.

De varianten hebben allemaal een wezenlijk effect op het resultaat. Vooral de investeringen, de transportafstand en een groter aantal woningen hebben grote invloed op de ncw. Ook de hoogte van de warmteprijs af glastuinbouwbedrijven heeft een grote invloed op het resultaat. Dit betekent dat het 'bijdraaien' van elektriciteit met de wk-installaties in uren met hoge elektriciteitsprijzen het meeste perspectief biedt.

De meeste varianten resulteren in een negatieve ncw. Bij variant 7 (kortere transportafstand) is de ncw bij een lage warmteprijs nog net negatief maar de combinatie van variant 7 (kortere transportafstand) en variant 9 (groter aantal woningen) geeft bij zowel een warmteprijs van 25% als van 50% van de gasprijs een positief projectresultaat.

Dit betekent dat een warmteleveringsproject met hoogwaardige warmte kansrijk wordt indien de transportafstand kort is en er voldoende woningen in het project aangesloten worden in combinatie met niet te hoge warmteprijs af glastuinbouwbedrijven. Ook mogelijkheden om de hoogte van de investeringen te verminderen (varianten 2 en 3) kunnen, in combinatie met andere varianten met een gunstige invloed, het projectresultaat positief maken.

Energetische effecten

In de uitgangssituatie wordt jaarlijks zo'n 1,45 miljoen m³ aardgasequivalenten (a.e.) bespaard door het gehele project. Dit komt overeen met gemiddeld ruim duizend m³ a.e. per woning. De besparing komt voort uit aardgasbesparing in de woningen minus het extra aardgasverbruik op de glastuinbouwbedrijven plus de extra elektriciteitsproductie op de glastuinbouwbedrijven minus het extra elektriciteitsverbruik voor het transport en distributie van de warmte en het elektrisch koken. De besparing aan primair brandstof komt overeen met zo'n 2,6 kton vermeden CO₂-emissie per jaar (Tabel 6.3).

In de varianten 6 en 7 wijzigt de vermeden CO₂-emissie in geringe mate door respectievelijk meer en minder extra elektriciteitsverbruik voor het transport en warmteverlies. In de varianten 8 t/m 13 is het effect op de vermeden CO₂-emissie groter door een kleiner (variant 8) en groter (variant 9) aantal woningen en een ongunstigere (variant 12) en gunstigere (variant 13) woningmix. Bij variant 11 (groter aantal woningen plus kortere transportafstand) verdubbelt de primair brandstofbesparing en de vermeden CO₂-emissie naar respectievelijk 2,9 miljoen m³ a.e. en 5,2 kton CO₂, beiden per jaar. Naast het positieve economische resultaat is bij deze variant dus ook het energetisch effect beduidend gunstiger.

Tabel 6.3. Resultaten situatie met hoogwaardige warmte.

Variant	Netto contante waarde (miljoen €)			Reductie CO ₂ - emissie a) (kton/jaar)
	warmteprijs (% van de gasprijs)			
	25%	50%	75%	
Uitgangssituatie	-6,5	-8,9	-11,3	2,6
1. hogere investeringen (+10%/+20%)	-8,5 / -0,7	-11,0 / -13.1	-13,4 / -15,5	2,6
2. lagere investeringen (-10%/-20%)	-4,3 / -2,2	-6,7 / -4,6	-9,2 / -7,0	2,6
3. geen obstakels	-3,1	-5,5	-8,0	2,6
4. kleinere stijging energieprijzen	-6,6	-8,8	-10,9	2,6
5. grotere stijging energieprijzen	-6,3	-9,0	-11,6	2,6
6. langere transportafstand	-12,5	-15,0	17,4	2,6
7. kortere transportafstand	-0,4	-2,8	-5,2	2,6
8. kleiner aantal woningen	-6,8	-8,0	-9,2	1,3
9. groter aantal woningen	-3,5	-8,3	-13,2	5,2
10. variant 6 plus 8	-10,9	-12,1	-13,4	1,3
11. variant 7 plus 9	+5,5	+0,7	-4,0	5,2
12. ongunstigere woningmix	-8,9	-12,2	-15,5	3,5
13. gunstigere woningmix	-5,6	-7,5	-9,4	2,1
14. geen fasering woningbouw	-4,9	-7,7	-10,5	2,6
15. hogere disconteringsfactor	-7,7	-9,8	-11,9	2,6
16. lagere disconteringsfactor	-5,0	-7,8	-10,5	2,6

a) Na voltooiing gehele woonwijk.

6.3 Laagwaardige warmte

Investerings

De meer- en minderinvesteringen voor de situatie met laagwaardige warmte zijn vermeld in Tabel 6.4. De meerinvesteringen bedragen € 27,5 miljoen. Dit is hoger dan in de situatie met hoogwaardige warmte en wordt veroorzaakt doordat bij laagwaardige warmte het gehele warmtesysteem en de radiatoren in de woningen groter wordt. De minderinvesteringen zijn met € 5,5 miljoen gelijk aan de situatie met hoogwaardige warmte. Per saldo wordt er in de situatie met laagwaardige warmte zo'n € 22 miljoen extra geïnvesteerd; dat is ruim € 6 miljoen meer dan in de situatie met hoogwaardige warmte. Bij de investeringen die betrekking hebben op de warmtelevering is in de begroting 15% onvoorzien opgenomen omdat met dergelijke systemen minder ervaring is dan bij hoogwaardige warmte en er dus meer onzekerheid is over de hoogte van de investeringen.

Aanvullende kosten

Voor de aanvullende kosten wordt voor onderhoud hetzelfde percentage per jaar en voor algemene kosten hetzelfde bedrag per jaar aangehouden dan bij hoogwaardige warmte. Door de hogere investeringsbedragen zijn de absolute bedragen voor onderhoud groter.

Tabel 6.4. Meer- en minderinvesteringen uitgangssituatie met laagwaardige warmte (miljoen €).

Meerinvesteringen	
- woningen a)	4,2
- distributie woonwijk a)	5,8
- transport	16,8
- glastuinbouwbedrijven	0,7
Totaal	27,5
Minderinvesteringen	
- verwarmingsketels in woningen	4,6
- aardgasnet in woonwijk	0,9
Totaal	5,5
Saldo	22,0

a) Dit betreft de totale investering die in fasen plaatsvindt.

Varianten

In de situatie met laagwaardige warmte zijn dezelfde varianten doorgerekend als bij de situatie met hoogwaardige warmte. Hieraan is de variant met vloerverwarming (zie hoofdstuk 4) toegevoegd.

Resultaten

De resultaten van de situatie met laagwaardige warmte zijn vermeld in Tabel 6.5. Hierbij is alleen de lage variant voor de warmteprijs (25% van de gasprijs) in beschouwing genomen. Uit de resultaten blijkt dat in de uitgangssituatie en alle varianten de ncw sterk negatief is. Dit betekent dat de situatie met laagwaardige warmte in alle varianten bedrijfseconomisch niet uit kan.

Bij de resultaten valt op dat bij de variant 9 (groter aantal woningen) het resultaat slechter is dan in de uitgangssituatie. Dit komt doordat het project in de uitgangssituatie per woning verlies oplevert waardoor het totaal resultaat bij meer woningen nog ongunstiger wordt.

Energetische effecten

De besparing aan primair brandstof en de vermeden CO₂-emissie is in de uitgangssituatie en bij alle varianten met laagwaardige warmte kleiner dan de situatie met hoogwaardige warmte. Dit wordt veroorzaakt door het extra elektriciteitsverbruik voor de elektrische boiler voor het tapwater en de grotere hoeveelheid water die bij laagwaardige

warmte moet worden getransporteerd. De vermeden CO₂-emissie bedraagt bij laagwaardige warmte bij alle varianten ongeveer de helft van de situatie met hoogwaardige warmte.

Kijken we naar zowel de economische als de energetische verschillen tussen laagwaardige en hoogwaardige warmte dan zien we dat bij laagwaardige warmte de investering ongeveer een derde groter is en de vermeden CO₂-emissie ongeveer de helft bedraagt. Dit betekent dat een warmteleveringsproject met laagwaardige warmte duurder is en minder reductie van de CO₂-emissie oplevert.

Tabel 6.5. Resultaten situatie met laagwaardige warmte (warmteprijs = 25% van de gasprijs).

Variant	Netto contante waarde (miljoen €)	Reductie CO ₂ -emissie a) (kton/jaar)
Uitgangssituatie	-39,7	
1. hogere investeringen (+10%/+20%)	-42,2 / -44,8	1,3
2. lagere investeringen (-10%/-20%)	-37,1 / -34,5	1,3
3. geen obstakels	-35,7	1,3
4. kleinere stijging energieprijzen	-36,9	1,3
5. grotere stijging energieprijzen	-43,0	1,3
6. langere transportafstand	-55,4	1,3
7. kortere transportafstand	-37,0	1,3
8. kleiner aantal woningen	-23,9	0,7
9. groter aantal woningen	-68,3	2,6
10. variant 6 plus 8	-28,8	0,7
11. variant 7 plus 9	-57,3	2,6
12. ongunstigere woningmix	-43,1	2,1
13. gunstigere woningmix	-40,7	0,8
14. geen fasering woningbouw	-42,8	1,3
15. vloerverwarming	-43,1	1,3
16. hogere disconteringsfactor	-37,1	1,3
17. lagere disconteringsfactor	-42,8	1,3

a) Na voltooiing gehele woonwijk.

6.4 Stimuleringsmaatregelen

Een warmteleveringsproject kan economisch worden ondersteund door stimuleringsmaatregelen zoals investerings-subsidies. In deze paragraaf wordt ingegaan op de benodigde investeringssubsidies.

In de uitgangssituatie met hoogwaardige warmte en bij een relatief lage warmteprijs bedraagt de netto contante waarde minus € 6,5 miljoen. Dit betekent dat er in deze situatie minimaal een investeringssubsidie nodig is van € 6,5 miljoen om het projectresultaat bedrijfseconomisch neutraal (zonder verlies of winst) te laten zijn. Uitgedrukt in de investering (woonwijk, transport en glastuinbouw) van het warmteleveringsproject bedraagt de benodigde investeringssubsidie ruim 30%. Bij een relatief hoge warmteprijs (75% van de aardgasprijs) wordt dit respectievelijk € 11,3 miljoen en ruim 50%. In de situatie met laagwaardige warmte is in de uitgangssituatie met de lage warmteprijs minimaal € 39,7 miljoen nodig aan investeringssubsidie om het projectresultaat bedrijfseconomisch neutraal te laten zijn. Dit is bijna anderhalf keer de investering in het warmteleveringsproject.

De vraag is echter of een partij bereid is te investeren in een risicovol project met een lange levensduur zonder potentiële winst. Indien dit niet mogelijk is dan zal de investeringssubsidie hoger moeten zijn dan de genoemde 30% en 50%.

7. Conclusies, aanbevelingen en discussie

Conclusies

Op basis van de case voor een warmteleveringsproject vanuit Agriport A7 (AA7) kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Hoogwaardige warmte

- In de uitgangssituatie (transportafstand 6 km en 1.400 woningen) bij hoogwaardige warmte is een warmteleveringsproject in de case AA7 bedrijfseconomisch niet mogelijk.
- Bij grotere aantallen woningen (2.800), een kortere transportafstand (3 km) en een lage warmteprijs af glastuinbouwbedrijven zijn er wel kansen. Ook het reduceren van de benodigde investeringen draagt bij om een project kansrijk te maken.
- In de uitgangssituatie in de case AA7 brengt het warmteleveringsproject een besparing aan primair brandstof van 1,45 miljoen m³ a.e. per jaar met zich mee; dit komt overeen met ruim duizend m³ a.e. per woning per jaar en resulteert in een vermeden CO₂-emissie van 2,6 kton per jaar.
- Bij de kansrijke variant (2.800 woningen, 3 km transportafstand en lage warmteprijs) wordt meer primair brandstof (2,9 miljoen m³ a.e. per jaar) bespaard en is de vermeden CO₂-emissie met 5,2 kton per jaar beduidend groter.
- Om in de uitgangssituatie met hoogwaardige warmte en een lage warmteprijs het project economisch neutraal te krijgen is minimaal € 6,5 miljoen investeringssubsidie nodig; dit komt overeen met ruim 30% van de meerinvestering in het warmteleveringsproject. Bij een hoge warmteprijs wordt dit € 11,3 miljoen en ruim 50%.

Laagwaardige warmte

- In de situatie met laagwaardige warmte brengt een warmteleveringsproject in geen van de varianten bedrijfseconomisch voordeel met zich mee. Dit wordt veroorzaakt door de hogere investeringen en de kleinere energetische besparing.
- De situatie met laagwaardige warmte resulteert in circa de helft minder vermeden CO₂-emissie dan bij hoogwaardige warmte. Dit wordt veroorzaakt doordat het tapwater verwarmd wordt met elektriciteit en meer elektriciteit nodig is voor het transport en distributie van de warmte.
- Het voorgaande betekent dat in de situatie met lagere aanbodtemperaturen uit bijvoorbeeld een gesloten kas, een warmteleveringsproject nog moeilijker is dan bij levering vanuit een wk-installatie.

Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan.

- Van belang is dat het extra inschakelen van de wk-installaties voor de warmteproductie in die uren plaatsvindt waarin de elektriciteitsprijs hoog is waardoor de warmteprijs vanaf de glastuinbouwbedrijven voor het warmteproject gunstig kan zijn.
- Om een warmteleveringsproject kansrijk te maken dient de insteek met levering van hoogwaardige warmte te worden gekozen en vervolgens zal het aantal woningen niet te klein (enkele duizenden) en de transportafstand niet te groot (enkele km) moeten zijn. Ook kan naar andere mogelijkheden worden gezocht voor lagere investeringen; bijvoorbeeld een tracé met minder obstakels of eventueel een warmtebuffer in de woonwijk in combinatie met een goedkopere (dunnere) transportleiding. Met dit alles kan rekening worden gehouden bij gebieds-inrichtingen.
- Voor het realiseren van warmteleveringsprojecten op grote schaal is het van belang dat de keuze van toekomstige locaties voor woningbouw en glastuinbouw onderling worden afgestemd.

Discussie

In dit onderzoek is het warmteleveringsproject integraal in beschouwing genomen. Dit betekent dat de verdeling van de kosten en baten tussen partijen en de vraag welke partij gaat investeren niet aan de orde is gekomen. Bij de realisatie van een dergelijke risicovol project zijn deze aspecten echter wel van belang.

Voor een dynamisch bedrijfstak met een hoge technologische innovatiegraad als de glastuinbouw is hierbij vooral de investering in de infrastructuur die 30 jaar meegaat in relatie tot de gebruikelijke kortere investeringstermijnen een knelpunt. Daarnaast is ook de hoogte van de warmteprijs en de leveringszekerheid van belang. Voor de woonwijk zijn er wellicht andere toekomstige alternatieven voor de energievoorziening, zoals micro wkk, zonne-energie en aardwarmte.

Literatuur en websites

Jansen, E., J. Ruigrok, B. van 't Ooster & J. de Wit.

Buffering van aardwarmte en andere duurzame energiebronnen. TNO-rapport, TNO Bouw en ondergrond, 2006.

Velden, N. van der & J. Bremmer.

Glastuinbouw zonder aardgas; Lef of waanzin ?, LEI, Den Haag, Essay, 2005.

Velden, N. van der & P.X. Smit.

Energiemonitor van de glastuinbouw 2000-2006; LEI, Den Haag, Rapport 2.07.15, 2007.

Verhoeven, A.T.M., N.J.A. van der Velden & A.P. Verhaegh.

Levering van warmte aan glastuinbouwbedrijven; Warmte/kracht-contracten en bedrijfseconomische aspecten, LEI-DLO, Den Haag, Mededeling 563, 1996.

Zwart, H.F. de.

Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. Thesis, IMAG-DLO, 1996.

www.agriporta7

www.energiek2020.nu

www.kasalsenergiebron.nl

www.leiwur.nl

Bijlage I.

Toelichting uitgangspunten voor bepaling van het primair brandstofverbruik van het totale warmteleveringsproject

In deze bijlage wordt de bepaling van de besparing aan primair brandstof van het warmteleveringsproject toegelicht. Door een warmteleveringsproject hebben we te maken met minder en meer energiegebruiken. Het mindergebruik betreft aardgasbesparing in de woningen. Het meergebruik betreft de elektriciteit voor het warmtetransport en -distributie, tapwater en koken en het aardgasverbruik in de wk-installaties van de tuinders. Daarnaast wordt er brandstof bespaard in elektriciteitscentrales door de elektriciteitsproductie met wk-installaties. Dit alles wordt omgerekend naar primair brandstof. Het primair brandstofverbruik is het fossiel brandstofverbruik dat nodig is voor de productie van de afzonderlijke energiesoorten. Aardgas is reeds primair brandstof. Elektriciteit wordt elders geproduceerd; hiervoor wordt de brandstof gerekend die nodig is in een gemiddelde elektriciteitscentrale in Nederland. De omrekeningsfactoren van de afzonderlijke energiegebruiken naar primair brandstof staan vermeld in Tabel b1.a.

Tabel b1.a. Omrekeningsfactoren meer en minder energiegebruiken naar primair brandstof.

Meer of minder energiegebruik	Eenheid	Omrekeningsfactor primair brandstof (m ³ a.e./eenheid)
Aardgasbesparing woningen	m ³	1 a)
Elektriciteitsverbruik voor transport en distributie warmte, koken en tapwater	kWh	0,269 b)
Warmteproductie glastuinbouwbedrijf		
- ketel e)	GJ	30,6 c)
- wk-installatie e)	GJ	0,43 d)

a) $1 \text{ m}^3 \text{ aardgas} = 1 \text{ m}^3 \text{ a.e. (aardgasequivalent) primair brandstof.}$

b) $1 \text{ kWh elektriciteit} = 0,269 \text{ m}^3 \text{ a.e. primair brandstof (Van der Velden et al., 2007).}$

c) $1 \text{ GJ warmte uit ketel} = 30,6 \text{ m}^3 \text{ aardgas c.q. primair brandstof (marginaal aardgasverbruik ketel met eenvoudige condensor op apart net) (Verhoeven et al., 1996).}$

d) $1 \text{ GJ warmte uit wk-installatie} = 0,43 \text{ m}^3 \text{ a.e. primair brandstof (berekend uit jaargebruiksrendement elektrisch 42% (o.w.) en thermisch 49% (o.w.) en b).}$

e) Verondersteld is dat 5% van de warmte afkomstig is uit een ketel en 95% uit een wk-installatie.

system

·
innovatie
