

Een model voor een lokaal tuinbouwenergiesysteem

Opstap naar een regionaal energieweb
(programma van eisen)

Dit deelrapport is onderdeel van het Plan van Aanpak Innovatieprogramma Energie-
WEB (rapportnr. 05.2.100). Het deelrapport is opgesteld in opdracht van
InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en Stichting Innovatie Glastuinbouw
(SIGN) door:

Mevrouw drs. S.I. Besteboer (SIGnum management)



Ir.drs. J.J. de Wolff en ir. K.J. Braber (KEMA)



Het Plan van Aanpak en dit deelrapport vormen onderdeel van het programma
“Glastuinbouw 2020”, speerpunt “Kas als Energiebron”.

Programmaleider speerpunt “Kas als Energiebron”:

Dr.ir. H.J. van Oosten (InnovatieNetwerk, SIGN)

Een model voor een lokaal tuinbouwenergiesysteem

Opstap naar een regionaal energieweb (programma van eisen)

InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster

Postbus 19197

3501 DD Utrecht

tel.: 070 378 56 53

internet: <http://www.agro.nl/innovatienetwerk/>

Stichting Innovatie Glastuinbouw

Postbus 29773

2502 LT Den Haag

tel. : 070 338 27 55

internet : <http://www.lto.nl/>

ISBN: 90 - 5059 - 273 - 2

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

Rapportnr. 05.2.108 (serie achtergrondrapporten), Utrecht, augustus 2005

Voorwoord

Recentelijk hebben InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en de Stichting Innovatie Glastuinbouw (SIGN) een Plan van Aanpak voor een innovatieprogramma Energieweb uitgebracht. In dit Plan van Aanpak is een van de eerste stappen de ontwikkeling van een model voor een energieweb.

Vanuit het concept “Kas als Energiebron” is de gedachte ontstaan dat kassen daadwerkelijk energie in de vorm van warmte op jaarrondbasis kunnen overhouden en tot waarde brengen. Deze warmte kan geleverd worden aan verschillende vragers. Dat kunnen zowel tuinbouwbedrijven zijn las, in een latere fase ook andere typen bedrijven, gebouwen en huizen. Zo ontstaat dus een lokaal of regionaal energieweb van aanbieders en vragers van warmte.

Dit rapport bevat een programma van eisen voor een eerste versie van een energieweb voor gebruik in de tuinbouw. Het bevat niet alleen een overzicht van de eisen die aan het model worden gesteld maar ook welke kennis nog additioneel ontwikkeld moet worden.

Het Plan van Aanpak Innovatieprogramma Energieweb heeft inmiddels de aandacht getrokken en is één van de 4 speerpunten geworden van de innovatie- en kennisagenda Tuinbouwcluster “Tuinbouw 2020”. Wij hopen dat het opzetten van een model energieweb sterk kan bijdragen aan de discussie in de tuinbouw over clustering en samenwerking op dit gebied.

*Dr. G. Vos,
Directeur InnovatieNetwerk
Groene Ruimte en Agrocluster*

*F.H. Hoogervorst,
Voorzitter Stichting
Innovatie Glastuinbouw*

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
1. Inleiding	1
1.1. Achtergrond	1
1.2. Doelstelling	1
1.3. Leeswijzer	1
2. Functie en doelgroep	3
2.1. Starten met een promotionele functie	3
2.2. Doelgroep bestaat uit gebruikers en kennisnemers	4
3. Eisen ten aanzien van het Energieweb Model	5
3.1. Uitgangspunten	5
3.1.1. Warmteoverschot	5
3.1.2. Bron tot dienst	5
3.1.3. Prioritaire keuzen	6
3.1.4. Factor tijd en plaats	7
3.1.5. Referentie	8
3.1.6. Triple E-factoren	8
3.1.7. Systeemgrenzen	9
3.2. Modelparameters en componenten	9
3.2.1. Modulaire opbouw	9
3.2.2. In- en outputvariabelen	10
3.2.3. Energiefunctievragen	11
3.2.4. Energiemodaliteiten en fysieke distributiesystemen	12
3.2.5. Energie-installaties	14
3.2.6. Energieaanbod	16
3.3. Berekeningen	18
3.3.1. Langs energiestromen	18
3.3.2. Triple E-variabelen	18
3.3.3. Onzekerheidsanalyse	22
3.4. Rol van de server	22
3.4.1. Kruispunt voor beslissingen	22
3.5. Software	23
4. Mogelijke modelontwikkelaars	27
5. Samenvatting eisen ten aanzien van het EWM	29

1. Inleiding

1.1. Achtergrond

Nieuwe ontwikkelingen in de glastuinbouw zijn de reden geweest om de mogelijkheden van energiewebs (lokale tuinbouw energiewebs en regionale exergiewebs) te verkennen. Door innovatieve kasconcepten als 'De Kas als Energiebron' en ook de gesloten kas is duidelijk geworden dat de kenmerkende warmteoverschotten de bron voor toepassing elders kunnen zijn. Een dergelijke ontwikkeling kan alleen vorm krijgen in netwerken waarin verschillende glastuinbouwbedrijven via fysieke infrastructuur aan elkaar, en zo mogelijk ook aan andere agrobédrijven, gekoppeld zijn. De keuze om deel uit te willen maken van een energienetwerk zal voor een belangrijk deel afhangen van de voordelen die het biedt ten opzigt van individuele bedrijfsvoering.

In opdracht van InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en SIGN heeft KEMA de opdracht gekregen een Plan van Aanpak op te stellen voor een pilotproject met een lokaal energieweb op een nieuwe glastuinbouwlocatie. Voor het pilotproject zullen verschillende tuinders overtuigd moeten worden om eraan deel te nemen. Ter ondersteuning van die promotionele fase heeft SIGnum management, binnen het project van KEMA, de opdracht gekregen om een programma van eisen op te stellen voor een rekenmodel. Het rekenmodel moet de voordelen van een energieweb op een glastuinbouwlocatie met innovatieve kassen duidelijk illustreren.

1.2. Doelstelling

De doelstelling voor de opdracht luidt het opstellen van een programma van eisen voor de eerste versie van het lokale tuinbouw-Energieweb Model (EWM) dat geschikt is om in te zetten als promotioneel instrument.

1.3. Leeswijzer

Het voorliggende programma van eisen beschrijft allereerst de functie en de beoogde doelgroep voor het rekenmodel. Daarna gaat het in op de eisen die aan het model worden gesteld, opgesplitst in uitgangspunten, modelparameters en -componenten, berekeningen, de rol van de server en ten slotte de software. In hoofdstuk 4 wordt

aangegeven welke kennis nodig is voor de modelontwikkeling en wie het zou kunnen uitvoeren. Het laatste hoofdstuk vat alle functionele eisen aan het model samen.

2. Functie en doelgroep

2.1. Starten met een promotionele functie

De functie van het EWM (Energieweb Model) is in de eerste versie vooral promotioneel. Dat wil zeggen dat het model is bedoeld om de gedachtevorming (meningsvorming) over het nut van energiewebs te stimuleren en uiteindelijk ook de besluitvorming daaromtrent te ondersteunen. Het moet als het ware rekenkundig de *proof of principle* illustreren en visualiseren.

Voor het EWM zijn voorts een aantal ontwikkelingsfasen voorzien. De eerste fase betreft de fase waarop het voorliggende programma van eisen is toegespitst. Vervolgens zijn nog ten minste twee vervolgfases voorzien. De fasen kunnen gekenschetst worden met:

- Fase 1: promotioneel;
- Fase 2: ontwerpprocesondersteunend;
- Fase 3: handelsondersteunend.

Om de eerste fase overtuigend in te vullen, moet het EWM helder en duidelijk de voordelen van een energieweb kunnen visualiseren. Een tweede vereiste is dat de participanten in een energieweb zich in de visualisaties van het model kunnen herkennen. De output moet zo worden weergegeven dat zij vanuit hun handelingsperspectief de voordelen inderdaad als zodanig zien en onderkennen.

De reden voor de ontwikkeling van het EWM is het feit dat de praktijk (nog) concrete voorbeelden ontbeert. Energiewebs zijn technologisch nog geen standaard en met uitzondering van enkele lokale netten voor elektriciteit (Harmelen, Emmen) zijn er geen in ontwikkeling, laat staan in aanleg. Naast de complexiteit in organisatorische zin heeft het EWM vooral tot doel om de technologische integratie en voordelen te tonen.

In een tweede fase zou het EWM uitgebreid kunnen worden met een optimaliserende functie. Dat wil zeggen dat het model in staat moet zijn binnen het energieweb een optimale operationele strategie te berekenen. Deze versie zou vooral ondersteunend kunnen zijn in een ontwerpfase van een energieweb. In een derde ontwikkelingsfase zou het model een operationele rol functie kunnen krijgen ter ondersteuning van de 'server' van het energieweb. De twee laatst beschreven functies van het model – het

optimaliseren en het functioneren in het handelssysteem van de server - vallen buiten het bestek van dit programma van eisen.

2.2. Doelgroep bestaat uit gebruikers en kennisnemers

Voor het beschrijven van de doelgroep is onderscheid gemaakt in gebruikers en in kennisnemers en potentiële stakeholders. Gebruikers zijn degenen die het model inzetten voor promotionele doeleinden. De kennisnemers zijn dan degenen die door de gebruikers worden gestimuleerd om kennis te nemen van het gedachtegoed betreffende energiewebs en de voordelen daarvan.

Meer concreet kan de groep gebruikers worden geduid als:

- InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en SIGN;
- Potentiële leveranciers.

De groep kennisnemers en potentiële stakeholders kan worden omschreven met:

- Tuinders;
- Tuinbouwgebiedontwikkelaars;
- Gemeenten/provincies;
- Financiers;
- Andere betrokkenen bij het ontwikkelen van nieuwe tuinbouwlocaties en omliggende bedrijventerreinen;
- Journalisten.

3. Eisen ten aanzien van het Energieweb Model

3.1. Uitgangspunten

3.1.1. Warmteoverschot

Een fundamenteel kenmerk van het toepassen van innovatieve kasconcepten (de gesloten kas en vooral de kas als energiebron) is het feit dat er substantiële overschotten aan laagwaardige warmte ontstaan. Als deze warmte niet op één of andere wijze nuttig wordt toegepast, dan zal een belangrijk voordeel in termen van energiebesparing teniet worden gedaan. De innovatieve kasconcepten en de warmteoverschotten vormen de basis van het EWM.

Eis 1

Het EWM dient prioritair de warmteoverschotten die lokaal ontstaan door toepassing van innovatieve kasconcepten, volledig te benutten voor verwarmingsdoeleinden elders.

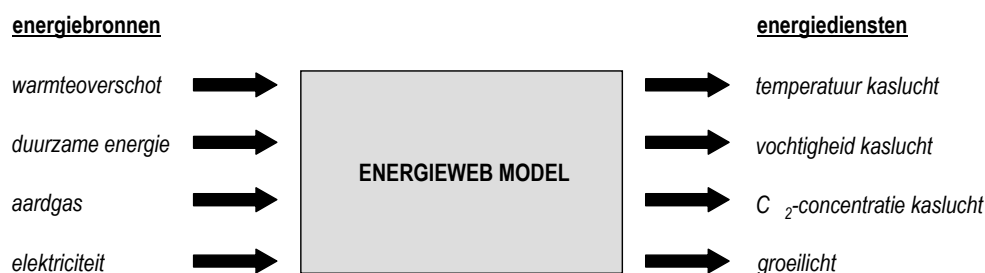
3.1.2. Bron tot dienst

Het EWM beschrijft alle in het model betrokken energiestromen van bron tot dienst (zie figuur 1). De dienst kan omschreven worden als de functionele output die ontstaat ten gevolge van energiegebruik aan de vraagzijde en draagt direct bij aan het teeltproces. De energiediensten in het EWM heten energiefunctievragen.

De bron van de energiestromen in het EWM is de vorm waarin de gebruikte energie:

1. In oorsprong *binnen* de systeemgrenzen aanwezig was;
2. Op de systeemgrens aanwezig was.

Voor het beschrijven van de bronnen van energie zijn de systeemgrenzen van het EWM van belang (zie daarvoor ook paragraaf 3.1.6).



Figuur 1: Een lokaal tuinbouw-EWM verbindt (rekenkundig) de energiediensten aan energiebronnen.

Eis 2

De **diensten** (ofwel 'energiefunctievragen'), die het EWM moet onderscheiden, zijn:

- Kasluchttemperatuur
- Concentratie CO₂ in kaslucht ten behoeve van bemesting
- Relatieve vochtigheid van de kaslucht
- Groeibelichting

Desgewenst in een tweede fase: comfortabel binnenklimaat (temperatuur) in gebouwen/woningen

Eis 3

De **bronnen** die het EWM moet onderscheiden, zijn:

- Warmteoverschotten met temperatuurniveau (kan warmte en koude zijn);
- Duurzame energie (biomassa, biogas of bio-olie);
- Aardgas;
- (Groene) elektriciteit.

Eis 4

Alle energiediensten moeten rekenkundig worden verbonden aan energiebronnen voor triple E-analyse.

3.1.3. Prioritaire keuzen

De berekeningen die het EWM op basis van het gedefinieerde energienetwerk uitvoert, verlopen langs de aangebrachte verbindingen. De berekeningen starten bij de energiefunctievragen en lopen via de tussenschakelingen van energiemodaliteiten en energieconversie-installaties en/of opslagsystemen naar de energiebronnen. Voor de berekeningen gelden drie voorwaarden:

1. Alle warmteoverschotten dienen prioritair benut te worden;
2. Benutting van lokale energiebronnen heeft prioriteit boven het gebruik van bronnen buiten de systeemgrenzen;

3. Gebruik van duurzame energie heeft prioriteit boven gebruik van fossiele brandstoffen.

Eis 5

In het EWM worden energiemodaliteiten conform een prioriteitsvolgorde benut: eerst warmteoverschotten, dan lokale energiebronnen en dan duurzame energie.

3.1.4. Factor tijd en plaats

Samenhangend met de promotionele functie van het EWM wordt ten aanzien van de factor tijd en plaats het volgende gesteld.

Factor tijd:

Het EWM zal een gewenst of denkbaar eindbeeld schetsen van een nieuw ingerichte tuinbouwlocatie rond het jaar 2010. Het gaat dan om een situatieschets van een tuinbouwlocatie met een volledig functionerend energieweb. Dat wil zeggen dat het model minder geschikt is om een pilotproject weer te geven. In hoeverre het jaar 2010 daarvoor een reële tijdshorizon is, zal in de verdere discussies omtrent het mogelijke realisatietempo van een energieweb moeten blijken.

Eis 6

Het EWM geeft voor het jaar 2010 een gewenst of denkbaar eindbeeld aan.

Factor plaats:

Voor het realiseren van een energieweb wordt uitgegaan van een 'groene weide'-situatie. Dat wil zeggen dat het model veronderstelt dat op een geheel nieuw te ontwikkelen locatie nieuwe bedrijven worden aangetrokken, die zich in het energieweb zullen verenigen. Een dergelijke locatie zal een omvang hebben van ca. 150 tot 200 ha. Bestaande locaties die door verkaveling en modernisering verder ontwikkelen, hebben locatiespecifieke eigenschappen die niet direct met een algemeen model beschreven kunnen worden. Daarom vallen deze locaties in eerste instantie buiten het bestek van het EWM. Mocht later blijken dat ook voor deze locaties behoefte is aan een aangepaste versie van het EWM, dan kan dat alsnog worden ingebouwd.

Eis 7

Het EWM heeft maximale vrijheidsgraden voor het situeren van energievragers, energiebronnen, energieconversiesystemen voor een tuinbouwlocatie met een grootte van ca 150 tot 200 ha.

3.1.5. Referentie

Om de voordelen van een energieweb te kunnen visualiseren, moet het eindbeeld vergeleken kunnen worden met een referentiesituatie. In de referentiesituatie wordt verondersteld dat er ook ontwikkelingen zijn ten aanzien van energiezuinigere kassen en toepassing van duurzame energie. Deze ontwikkelingen zullen echter incrementeel van aard zijn en plaatsvinden op bedrijfsniveau.

Het Besluit GLAMI biedt voor de termijn tot 2010 een kader. Op langere termijn, na 2010, is de situatie voor wat betreft de overheidseisen nog niet duidelijk.

Eis 8

Het EWM vergelijkt het eindbeeld van het energieweb met een referentiebeeld gebaseerd op een *business as usual* ontwikkeling tot 2010.

3.1.6. Triple E-factoren

Alle modelcomponenten worden door drie factoren gekenmerkt. Omdat alle drie de factoren beginnen met een E, worden deze triple E-factoren genoemd. De factoren zijn specifiek voor alle afzonderlijke componenten en representatief voor de periode waarvoor het eindbeeld wordt opgesteld (dus rond het jaar 2010).

De factoren zijn kort weergegeven:

- Energie;
- Economie;
- Ecologie.

Factor energie

De factor energie wordt gekarakteriseerd met:

- De grootte energie-inhoud (enthalpie).

Factor economie

Bij de factor economie wordt uitgegaan van een kostenbenadering. Dat wil zeggen dat in de berekeningen geen rekening wordt gehouden met mogelijke subsidies of fiscale voordelen. Verder wordt onderscheid gemaakt in kosten en in prijzen.

De factor economie wordt gekarakteriseerd door:

- Vaste kosten: de kosten voor investering en onderhoud & bediening voor energie-installaties (voor conversie en opslag);
- Variabele kosten: de (handels)prijzen voor energiemodaliteiten die van buiten de systeemgrenzen worden aangekocht.

Factor ecologie

De factor ecologie wordt gekarakteriseerd door:

- De uitstoot van CO₂ ten gevolge van de verbranding van fossiele brandstoffen.

Eis 9

Alle energiemodaliteiten en energie-installaties of -systemen zijn specifiek en representatief gekenmerkt met triple E-factoren voor de periode rond 2010.

3.1.7. Systeemgrenzen

Het EWM beschrijft een energieweb op een nieuwe glastuinbouwlocatie (lokaal tuinbouwweb) van ca 150 tot 200 ha. Afhankelijk van de ruimtelijke ordening rond specifieke locaties kunnen zich in de omgeving van de nieuwe glastuinbouwlocatie bedrijven bevinden die als mogelijke afnemer van warmteoverschotten kunnen fungeren. De werkelijke systeemgrens van het EWM (regionaal exergieweb) ligt daarom verder dan de buitengrenzen van de locatie. De systeemgrens voor het EWM strekt zich uit tot een gebied dat tot 10 km om de buitengrenzen van de glastuinbouwlocatie is gelegen.

Eis 10

Bedrijven (niet glastuinbouw) met een warmtevraag die zich binnen een straal van max. 10 km van een glastuinbouwlocatie bevinden, vallen binnen de systeemgrens van het EWM.

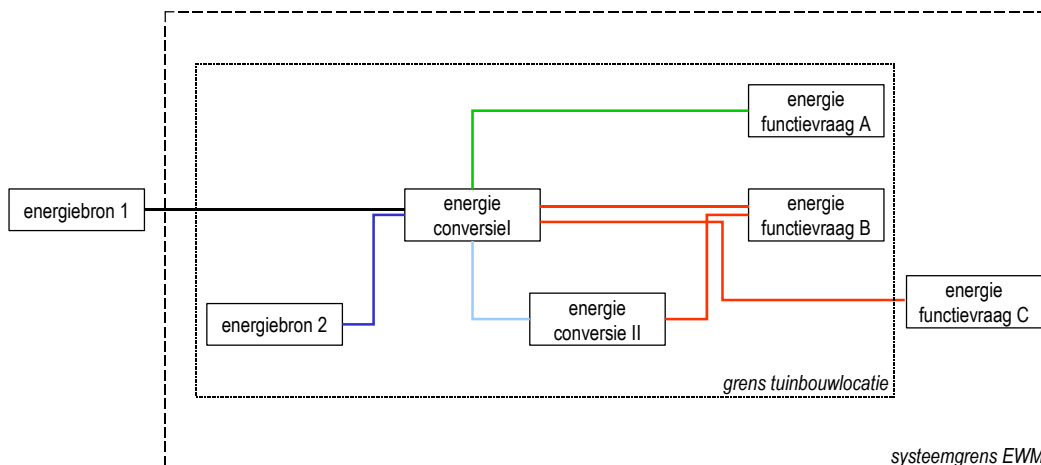
3.2. Modelparameters en componenten

3.2.1. Modulaire opbouw

Het EMW heeft een modulaire opbouw en wordt samengesteld uit verschillende componenten. De componenten zijn verdeeld over vier sets:

- Een set met gedefinieerde energiefunctievragen;
- Een set met energieprocessen;
- Een set met energiemodaliteiten en fysieke distributiesystemen;
- Een set met energiebronnen.

Het energieweb wordt gebouwd door energiefunctievragen te verbinden met energiebronnen door middel van energieprocessen en energiemodaliteiten. Energiefunctievragen hebben alleen een input en energiebronnen hebben alleen een output. Alle energieprocessen (inclusief distributiesystemen) hebben zowel een input als een output. De verbindende lijnen vertegenwoordigen de energiemodaliteiten. Afhankelijk van de tussenschakeling van energieconversie-installaties verandert de aard van de energiemodaliteit. Figuur 2 beeldt dit vereenvoudigd uit.



Figuur 2: Het EWM verbindt de energiefunctievragen A, B en C door tussenschakeling van energieprocessen of distributiesystemen met de energiebronnen 1 en 2.

Eis 11

Het EWM bevat sets van energiefunctievragen, energieprocessen, energie-modaliteiten en fysieke distributiesystemen en energiebronnen, waaruit een energienet kan worden opgebouwd.

3.2.2. In- en outputvariabelen

De gebruiker van het EWM heeft de keuze uit een aantal inputvariabelen. Met de keuze van inputvariabelen wordt het energienet gedefinieerd. Dit biedt de mogelijkheid om het energienet locatie specifiek te maken. De inputvariabelen zijn:

- Teeltspecifieke energiefunctievragen;
- Energiefunctievragen specifiek voor bedrijfsgebouwen van agrobédrijven;
- Grootte van de energiefunctievragen (in ha of m² bvo);
- Soort energieconversie-installaties, opslagsystemen en eindenergie-installaties;
- Soort energiebronnen;
- Beschikbare oppervlak voor een warmte-koudecollector in asfalt rond tuinbouwbedrijven.

Op basis van de opgegeven inputvariabelen en de gekozen functionele relaties tussen energiebronnen en energiefunctievragen, berekent het EWM verschillende outputvariabelen. Deze zijn:

- Het totale gebruik aan primaire energie (in GJ en/of in GJ/ha);
- De totale kosten voor gebruik van energie (in € en/of in €/ha);
- De totale uitstoot van CO₂ (in kg en/of in kg/ha);
- Aandeel duurzame energie (in % van totale primaire energiegebruik).

Naast de algemene outputvariabelen geeft het EWM meer specifiek resultaten voor:

- Primair energiegebruik afkomstig van energiebronnen binnen de systeemgrenzen;
- Hoeveelheid energie (vertaald in primaire energie) die van buiten de systeemgrenzen komt;
- Benodigd vermogen van de verschillende typen energieconversie-installaties;
- Benodigde hoeveelheid biomassa;
- Ondergronds ruimtebeslag voor energieopslag in aquifers;
- Restvraag warmte die met behulp van een hulpketel moet worden ingevuld.

Eis 12

Het EWM geeft een duidelijk overzicht van de gekozen inputvariabelen en de outputvariabelen die op basis daarvan zijn berekend.

3.2.3. Energiefunctievragen

Tussen de vraag naar energiefuncties en het aanbod van energie is afstemming nodig. Omdat het EWM in de eerste versie geen dynamisch model is, is geen voorspelling van de vraag naar energiefuncties nodig. De energiefunctievragen worden door de gebruiker gekozen en zijn:

- Representatief voor innovatieve kasconcepten (de gesloten kas en de kas als energiebron);
- Seizoensgemiddelde waarden voor elk van de vier seizoenen;
- Per teelt (belichte en niet-belichte) specifiek;
- Representatief voor bedrijfsgebouwen van agrobedrijven.

Bij het ontwikkelen van het EWM kan voor wat betreft de energiefunctievragen worden gebruikgemaakt van het project “Energygrid”, dat door LEI, A&F en PPO wordt uitgevoerd.

De set energiefunctievragen van het EWM bevat de specifieke gegevens voor teelten in kassen (zie tabel 1) en specifieke gegevens voor bedrijfsgebouwen van agro-bedrijven (zie tabel 2).

Tabel 1: Specifieke energiefunctievragen voor verschillende teelten in kassen.

Teelten	Energiefunctievragen in kaslucht als seizoensgemiddelde waarden			
	Lente	Zomer	Herfst	Winter
Tomaat	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH
Komkommer	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH
Paprika	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH
Ficus	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH
Chrysant *	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH
Roos *	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH	T, [CO ₂], RH

* belichte teelten

** T = kasluchttemperatuur, [CO₂] is de concentratie CO₂ in kaslucht, RH is relatieve luchtvochtigheid in kaslucht zoals die gewenst is in innovatieve kasconcepten (de gesloten kas en de kas als energiebron).

Tabel 2: Specifieke energiefunctievragen voor bedrijfsgebouwen van agrobédrijven.

Type bedrijven	Energiefunctievragen in agrobédrijven als seizoensgemiddelde waarden			
	Lente	Zomer	Herfst	Winter
bedrijfshal	T*	T	T	T
kantoorgebouw	T	T	T	T

* T = luchttemperatuur in bedrijfsruimten

De feitelijke functievraag dient in het EWM omgerekend te worden in energietermen, dat wil zeggen de hoeveelheid energie die vertegenwoordigd wordt door een bepaalde temperatuur, CO₂-concentratie of relatieve luchtvochtigheid in de kaslucht.

Eis 13

Het EWM heeft een set energiefunctievragen omgerekend in termen van energie, die specifiek en representatief zijn voor kasconcepten, teelten, seizoenen en voor agrobédrijven voor de periode rond 2010.

3.2.4. Energiemodaliteiten en fysieke distributiesystemen

Energie uit bronnen komt in verschillende modaliteiten (gas, warmte, CO₂, etc) voor. De modaliteiten veranderen door omzetting in een energieconversie-installatie. In het EWM kunnen energiemodaliteiten veranderen door conversie binnen de systeemgrenzen. Daarnaast is er een beperkt aantal modaliteiten dat van buiten de systeemgrens wordt betrokken. Voor alle energiemodaliteiten in het EWM geldt, met uitzondering van die modaliteiten die van buiten de systeemgrens worden betrokken, dat die altijd een verbinding vormen tussen:

- Een energiebron en een energie-installatie (inclusief opslagsystemen en systemen voor energiedistributie);
- Een energie-installatie en een andere energie-installatie;
- Een energie-installatie en een energiefunctievraag.

De energiemodaliteiten in het EWM die van *buiten* de systeemgrens kunnen worden betrokken, zijn:

- Aardgas;
- Biomassa (dat op een markt kan worden aangekocht);
- Bio-olie;
- CO₂-bron;
- (Groene) elektriciteit.

Deze energiemodaliteiten worden in het EWM behandeld als zijnde bronnen van energie (zie verder paragraaf 3.2.6).

De energiemodaliteiten in het EWM die *binnen* de systeemgrenzen kunnen worden gegenereerd, zijn:

- Warmte van lage temperatuur (warmteoverschot uit kassen, warmte uit asfalt);
- Koude van hoge temperatuur (koude uit asfalt);
- CO₂ in rookgassen;
- Elektriciteit.

De infrastructuur voor de fysieke distributie van de energiemodaliteiten bestaat in de praktijk uit verschillende leidingen en kabels. De set energiemodaliteiten en fysieke distributiesystemen van het EWM bevat verschillende componenten met bijbehorende specifieke triple E-parameters (zie tabel 3).

Tabel 3: Systemen voor fysieke distributie van energiemodaliteiten.

Distributiesystemen	Kenmerkende triple E-parameters voor		
	energie	economie	ecologie
Warmte lage temperatuur	rendement	Kosten voor I en o&b per J output*	-
Warmte hoge temperatuur	rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-
Koude	rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-
CO ₂	-	Kosten voor I en o&b per J output	-
Elektriciteit	rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-

* I = investering, o&b = onderhoud en bediening

Eis 14

Het EWM heeft een set energiemodaliteiten en systemen voor fysieke energiedistributie die specifiek en representatief gekenmerkt zijn met triple E-parameters voor de periode rond 2010.

3.2.5. Energie-installaties

De energie-installaties van het EWM bestaan uit energieconversie-installaties, uit eindenergie-installaties en uit systemen voor de opslag van energie. In de energieconversie-installaties wordt een energiemodaliteit omgezet in een andere modaliteit of in een andere hoogte (bijvoorbeeld m.b.v. een warmtepomp). In de energieopslagsystemen vindt geen verandering van de energiemodaliteit plaats. De eindenergie-installaties zijn de installaties die worden toegepast aan het eind van de keten – dus in de kassen of in de gebouwen. Met deze installaties wordt aan de feitelijke functievraag voldaan (bijvoorbeeld de radiator in huis die de feitelijke warmte voor ruimteverwarming afgeeft).

In het EWM kan uit een aantal energieconversie-installaties worden gekozen. Sommige van deze installaties zijn decentraal, dat wil zeggen bij elk bedrijf te plaatsen; andere kunnen alleen centraal op de tuinbouwlocatie, of semi-centraal bij een cluster van bedrijven worden geplaatst. Voor een aantal van deze installaties geldt dat ze in het EWM zowel in een groter aantal kleinere, als in een klein aantal grotere schaalgrootten kunnen worden gekozen. Het EWM moet met deze optie de mogelijkheid bieden een flexibele inzet van meerdere kleine conversie-installaties af te wegen tegen de schaalgrootte van centrale eenheden.

In het EWM wordt uitgegaan van het principe dat er op decentraal niveau binnen het energieweb **geen** individuele gasaansluitingen aanwezig zijn.

De set energieprocessen bevat drie subsets bestaande uit energieconversie-installaties (zie tabel 4), eindenergie-installatie (zie tabel 5) en energieopslagsystemen (zie tabel 6) met bijbehorende specifieke triple E-parameters.

Tabel 4: Energie-installaties voor de conversie van energie.

Energieconversie-installaties	Keuze voor plaatsing	Kenmerkende triple E-parameters voor		
		energie	economie	ecologie
Warmtepomp	Decentraal, semi-centraal	COP, representatieve bedrijfstijd**	Kosten voor I en o&b per J output	-
Biovergister	Centraal	Rendement, representatieve bedrijfstijd	Kosten voor I en o&b per J output	-
Warmte-/koude-collector in asfalt	Centraal*	Representatieve jaarlijkse opbrengst per oppervlakte-eenheid	Kosten voor I en o&b per J output naar rato voor W en E	-
Gasturbine-wkk	Semi-centraal, centraal	Rendement voor warmte en elektriciteit, representatieve bedrijfstijd**	Kosten voor I en o&b per J output naar rato voor W en E	Emissiefactor per J input naar rato voor W en E
Gasmotor-wkk (met rookgasreiniging)	Semi-centraal	Rendement voor warmte en elektriciteit, representatieve bedrijfstijd**	Kosten voor I en o&b per J output naar rato voor W en E	Emissiefactor per J input naar rato voor W en E
Hulpketel	Semi-centraal, centraal	Rendement**	Kosten voor I en o&b per J output	Emissiefactor per J input

* centraal betekent hier dat de opbrengst van de warmte-/koudecollector in asfalt centraal wordt verzameld en via een warmte-/koude-distributiesysteem aan afnemers wordt geleverd.

** voor de parameter economie is *economy of scale* van belang: het EWM moet de keuze hebben uit kosten voor meer kleine eenheden en voor een enkele grote eenheid.

Tabel 5: Energie-installaties voor de energieconversie.

Eindenergie-installaties	Kenmerkende triple E-parameters voor		
	energie	economie	ecologie
Warmteafgiftesysteem kassen	Rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-
Warmteafgiftesysteem gebouwen	Rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-
Koudeafgiftesysteem kassen	Rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-
Koudeafgiftesysteem gebouwen	Rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-

Tabel 6: Energie-installaties voor de opslag van energie.

Energie-opslagsystemen	plaatsing	Kenmerkende triple E-parameters voor		
		energie	economie	ecologie
Warmtebuffer voor dag-/nachttopslag	Decentraal	Rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-
Warmte- en koude-opslag in aquifer	Centraal	Rendement	Kosten voor I en o&b per J output	-

Eis 15

Het EWM heeft een set energie-installaties en energieopslagsystemen die specifiek en representatief gekenmerkt zijn met triple E-parameters voor de periode rond 2010.

3.2.6. Energieaanbod

Het energieaanbod is in oorsprong afkomstig uit energiebronnen. Het EWM maakt onderscheid in energiebronnen die binnen en die buiten de systeemgrenzen zijn gelegen. De energiebronnen die (ver) buiten de systeemgrenzen zijn gelegen, worden in het EWM op de systeemgrens aangeduid met de modaliteit waarin de energie daar wordt geleverd. De energiemodaliteit kan primaire energie zijn (bijvoorbeeld aardgas), maar kan ook buiten de systeemgrens al een secundaire vorm hebben gekregen (bijvoorbeeld elektriciteit).

De set energiebronnen bevat de subset energiebronnen binnen de systeemgrenzen (zie tabel 7) en energiebronnen (c.q. energiemodaliteiten) van buiten de systeemgrenzen (zie tabel 8).

Tabel 7: Energiebronnen binnen de systeemgrenzen.

Energiebron 'binnen'	Kenmerkende triple E-parameters voor		
	energie	economie	Ecologie
Zonnewarmte en winterkoude	Representatieve zoninstraling	-	-
Biomassa afkomstig van tuinbouwbedrijven of daaraan gelieerde bedrijvigheid (bijvoorbeeld veilingen of agrobedrijven)	Representatieve hoeveelheid reststroom per ha tuinbouwgebied of van agrobedrijven (hoeveelheid per bedrijfs grootte)	Waarde (vermeden kosten voor verwijdering reststromen)	-

Tabel 8: Energiebronnen (c.q. energiemodaliteiten) van buiten de systeemgrenzen.

Energiebron 'buiten'	Kenmerkende triple E-parameters voor		
	energie	economie	ecologie
Aardgas	Rendement*	prijs per GJ op de systeemgrens	Emissiefactor per GJ op de systeemgrens**
Biomassa (uit de markt aangekocht)			
Bio-olie			
CO ₂ -bron			

* rendement betekent hier de verrekening voor het verlies aan primaire energie dat is opgetreden ten gevolge van de productie van de brandstof, het transport en distributie ervan vanaf de feitelijke bron naar de systeemgrens van het EWM; in het geval van bio-olie, CO₂ of elektriciteit dient ook de conversie in het rendement te zijn verrekend.

** ook voor de emissiefactor geldt dat deze de uitstoot van CO₂ dient weer te geven die heeft plaatsgevonden ten gevolge van de productie van de brandstof, het transport en distributie ervan vanaf de feitelijke bron naar de systeemgrens van het EWM; in het geval van bio-olie, CO₂ of elektriciteit dient ook de conversie in de emissiefactor te zijn verrekend.

Eis 16

Het EWM heeft een set energiebronnen die specifiek en representatief gekenmerkt zijn met triple E-parameters voor de periode rond 2010.

3.3. Berekeningen

3.3.1. Langs energiestromen

Het EWM wordt vanuit de gedefinieerde energiefunctievragen opgebouwd. Dat betekent dat de eerste stap is om voor een specifieke situatie of locatie vast te leggen welke energiefunctievragen er zijn en welke grootte die hebben (zie paragraaf 3.2.3 over inputvariabelen). De functievragen worden vervolgens gekoppeld aan eind-energie-installaties. De eindenergie-installaties worden vervolgens door tussenschakeling van een energiemodaliteit (soms meer dan één, bijvoorbeeld in het geval van een wkk) gekoppeld aan één of meer energieconversie-installaties of opslagsystemen. Uiteindelijk worden de energieconversie-installaties of opslagsystemen, eveneens door tussenschakeling van een energiemodaliteit, gekoppeld aan een energiebron. In het geval dat er geen energiebron binnen de systeemgrenzen aanwezig is, wordt de laatste koppeling aangebracht met een specifiek benoemde energiemodaliteit die van buiten de systeemgrenzen geleverd wordt. Op deze wijze wordt binnen het EWM een energienetwerk gedefinieerd.

Aangezien het model in een eerste versie nog geen zelfoptimaliserende functie heeft, moet de gebruiker van het model zelf de prioritaire volgorde in verkozen energiemodaliteiten aanbrenge (zie paragraaf 3.1.3). Ook in het geval een energiefunctievraag vanuit meer dan één installatie van de gevraagde energiemodaliteit wordt voorzien, dient de gebruiker van het model aan te geven volgens welke verdeling dit gebeurt.

3.3.2. Triple E-variabelen

Voor elk van de triple E-variabelen worden de berekeningen uitgevoerd. De bepalende factor daarin is de berekening voor de variabele energie; de berekeningen voor de variabelen economie en ecologie zijn afgeleid van die voor energie.

Berekening energie

De berekening start met de berekening voor energie. De door de gebruiker gedefinieerde functievragen zijn opgesplitst naar type en in het EWM weergegeven als hoeveelheden energie (in GJ).

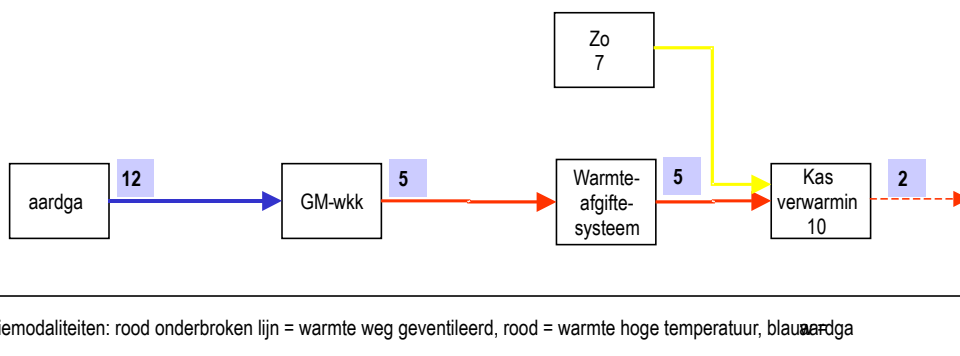
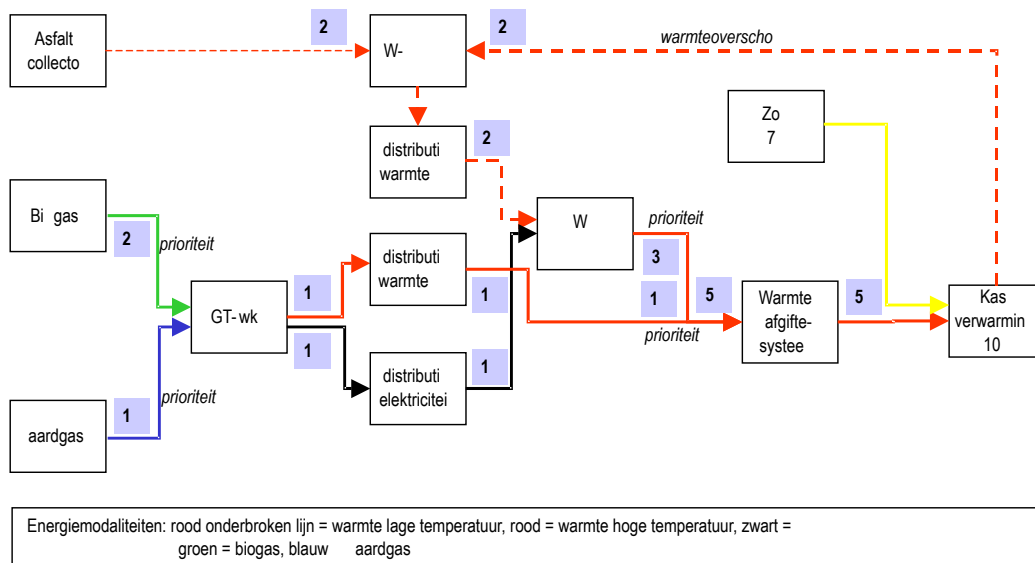
Figuur 2 geeft met imaginaire getallen (eenheden=eh) een voorbeeldberekening voor energie weer.

Start: de energiefunctievraag is kasverwarming en heeft een grootte van 100 eh.

1. Kasverwarming 100 eh, waarvan 50 eh uit warmteafgiftesysteem en 70 eh van de zon; het warmteoverschot bedraagt: $50 + 70 - 100 = 20$ eh.
2. Het warmteafgiftesysteem heeft een rendement van 98%, waardoor de input 51 eh bedraagt.

3. De input voor het warmteafgiftesysteem is voor 68% afkomstig van een lokale warmtepomp ($51 * 68\% = 35$ eh: prioriteit 1) en voor 32% uit een warmtedistributiesysteem (prioriteit 2).
4. De COP van de warmtepomp bedraagt 3, zodat de benodigde elektrische energie $35 / 3 = 12$ eh bedraagt; de bronwarmte bedraagt dan: $35 - 12 = 23$ eh.
5. De warmtepomp gebruikt als bronwarmte een centrale opslag die via een distributiesysteem (met een rendement van 100%) voor lage temperatuur warmte (zonder retoursysteem) levert.
6. De centrale (seizoens)opslag heeft een rendement van 50% en ontvangt de warmte uit twee bronnen: warmteoverschot uit de kas en uit een asfaltcollector: in het voorbeeld is de totale input in de warmteopslag $23 / 50\% = 46$ eh.
NB: in het EWM wordt de grootte van de asfaltcollector bepaald door de gebruiker.
7. De elektriciteit die door de warmtepomp wordt gebruikt, wordt gegenereerd in een centraal geplaatste gasturbine-wkk met een rendement van 50%. De gt-wkk produceert ook warmte met een hoge temperatuur die via een distributiesysteem wordt geleverd aan de kas (zie stap 3). Het warmtedistributiesysteem heeft een rendement van 85%. De outputenergie van de gt-wkk bedraagt 12 eh elektriciteit + $16 / 85\%$ eh warmte = 31 eh. Het totale rendement van de gt-wkk bedraagt 90%, zodat de inputenergie 34 eh bedraagt.
8. De gt-wkk draait op twee energiebronnen: biogas uit een biovergister en aardgas. Conform de prioritaire keuzen levert het biogas eh en het aardgas 14 eh.

De totale vraag naar primaire energie bedraagt in dit voorbeeld 34 eenheden. Dezelfde berekeningstappen uitgevoerd op een meer conventionele opbouw van de energievoorziening voor tuinbouwkassen, levert een primaire energiebehoefte op van 127 eh. Op basis van de berekende totale primaire energiebehoefte kunnen met behulp van de specifieke parameters (zie paragraaf 3.2.5) alle genoemde outputvariabelen (zie paragraaf 3.2.2) worden berekend.



Figuur 2: Een vereenvoudigd energienet (bovenste schema) voor het vervullen van de energiefunctievraag kasverwarming vergeleken met een conventionele voorziening (onderste schema) voor dezelfde functievraag.

Berekening economie

De berekening van de variabele economie vindt plaats op basis van die voor energie. Elke processtap is gekenmerkt door een getal dat de specifieke kosten per GJ output energie weergeeft (zie paragraaf 3.2.4 t/m 3.2.6). De totale kosten die samenhangen met het gekozen energienet bestaan uit:

- Vaste kosten voor de gebruikte energie-installaties, opslagsystemen en fysieke distributiesystemen;
- Variabele kosten voor gebruikte (primaire) brandstof.

De **totale vaste kosten**, voor het gekozen energienet, worden berekend door voor elke processtap de berekende hoeveelheid outputenergie te vermenigvuldigen met de parameter voor de specifieke kosten en het resultaat van al deze vermenigvuldigingen te sommeren. De sommatie vertegenwoordigt alle vaste kosten die binnen de systeemgrenzen vallen.

De totale **variabele kosten** zijn afhankelijk van het aandeel dat energiebronnen *binnen* de systeemgrenzen leveren en het aandeel energiemodaliteiten die van buiten de systeemgrenzen worden gebruikt. Het EWM berekent de totale variabele kosten door:

- De berekende hoeveelheid (primaire) energie per soort te vermenigvuldigen met vermeden kosten (het zal hier voornamelijk gaan om biomassa, waarvoor geen kosten voor verwijdering behoeven te worden gemaakt);
- De berekende hoeveelheid (primaire) energie die van buiten de systeemgrenzen wordt gebruikt, te vermenigvuldigen met een marktprijs die het op de systeemgrens heeft.

Berekening ecologie

De berekening van de variabele ecologie vindt plaats op basis van die voor energie. In het energieweb zijn processtappen opgenomen, waarin fossiele brandstoffen worden omgezet in een of meer andere energiemodaliteiten (bijvoorbeeld aardgas in elektriciteit en warmte in een gt-wkk). Daarnaast zijn er processtappen gebaseerd op het gebruik van duurzame energie. De uitstoot van CO₂ hangt samen met de verbranding van fossiele brandstoffen. De **totale uitstoot van CO₂** die moet worden toegerekend aan het energieweb, berekent het EWM door:

- Per processtap waar verbranding van fossiele brandstoffen plaatsvindt, de berekende inputenergie per soort te vermenigvuldigen met de specifieke emissiefactor;
- De berekende (primaire) energie die van buiten de systeemgrenzen wordt gebruikt, te vermenigvuldigen met een emissiefactor die het op de systeemgrens heeft.

Naast de uitstoot van CO₂ vertegenwoordigt de variabele ecologie ook de hoeveelheid duurzame energie. De **bijdrage van duurzame energie** berekent het EWM door de totale hoeveelheid energie afkomstig van duurzame bronnen als percentage weer te geven van de totale hoeveelheid (primaire) energie.

Eis 17

Het EWM sommeert de energie, kosten en uitstoot van CO₂ in totalen over de door de gebruiker aangegeven verbindingen tussen energiefunctievragen en energiebronnen; in het aanleggen van verbindingen moet aan drie voorwaarden zijn voldaan: warmteoverschotten worden prioritair benut, lokale bronnen hebben prioriteit boven bronnen van buiten de systeemgrens, en duurzame energie heeft prioriteit boven fossiele energie.

3.3.3. Onzekerheidsanalyse

Het EWM is in de eerste versie geen zelfoptimaliserend model. Dat wil zeggen dat de uitkomsten van de berekeningen afhankelijk zijn van de keuzen die de gebruiker maakt. Om inzicht te krijgen in welke mate de keuzen van de gebruiker de resultaten beïnvloeden, is het wenselijk dat het model een onzekerheidsanalyse kan uitvoeren. Het EWM geeft het effect van aangepaste keuzen weer in de vorm van tornadodiagrammen.

De belangrijkste variabelen en inputgegevens die van betekenis zijn voor de uitkomsten, zijn:

- Grootte van de energiefunctievragen: de grootte is direct afhankelijk van de teeltmix, de verhouding tussen belichte en niet-belichte teelten, de mate waarin er agrobedrijven met een warmtevraag in de buurt zijn gelegen;
- Seizoensgemiddelde waarden voor de energiefunctievraag: seizoensgemiddelde waarden vereffenen de werkelijkheid waarin sprake kan zijn van piekvragen die zowel leveringstechnisch (de capaciteit van het systeem) als prijstechnisch van invloed kunnen zijn;
- Prioritaire verdeling van energiemodaliteiten: er is weliswaar een voorwaarde voor prioritaire benutting geformuleerd, maar de vraag blijft in welke mate de prioriteit moet worden toegekend en welke factor bepaalt wanneer afgeweken kan worden;
- Kosten en marktprijzen: het EWM behandelt het energieweb binnen de systeemgrenzen vanuit een kostenoptiek, waarin geen subsidies, fiscale voordelen, et cetera zijn verrekend. Voor de energiemodaliteiten die van buiten de systeemgrenzen worden gebruikt, worden marktprijzen gebruikt. Marktprijzen zijn variabel en op langere termijn lastig te voorspellen.

Eis 18

Het EWM kan de invloed van variabele input op de resultaten voor een aantal inputvariabelen berekenen.

3.4. Rol van de server

3.4.1. Kruispunt voor beslissingen

In het operationaliseren van een energieweb op een tuinbouwlocatie is een belangrijke rol weggelegd voor de server. De server wordt gezien als een coördinerend orgaan dat het beheer heeft over de energiestromen binnen het energieweb. Het heeft als het ware de regel- en handelsfunctie in het energieweb.

De meerwaarde van de server zal door de participanten in het energieweb vooral dan worden gezien wanneer de server in staat is om:

- Energie met de juiste kwaliteit *on demand* aan afnemers te kunnen leveren (continuïteit in levering, geen negatieve invloed op primaire teeltproces);
- Een aantrekkelijke verhouding te leveren tussen kosten en baten (concurrerend tarief, verminderde investeringslast, ondernemersvrijheid, flexibiliteit, gunstige financieringsmogelijkheden en -constructies, afdekken risico's, etc.);
- Van onderscheidend belang te zijn (voldoen aan normen, imagoverbetering, klantenbinding).

Om deze taak uit te kunnen voeren, zal de server moeten beschikken over:

- Real-time en dynamisch inzicht in energievraag en -aanbod;
- Een voorspelling van de energievraag op korte termijn;
- Een set beslissingscriteria op grond waarvan energiestromen worden gedirigeerd die leiden tot een optimaliserend minimum, waaraan alle participanten zich kunnen conformeren;
- Een systeem voor bemeting en facturatie;
- Een organisatiestructuur (eigendom, zeggenschap, exploitatie en beheer) waaraan alle participanten zich kunnen conformeren.

Hoewel de rol van de server essentieel is voor het welslagen en functioneren van een energieweb, is het in de eerste versie van het EWM niet mogelijk deze rol te simuleren anders dan de keuzen die de gebruiker zelf maakt.

Eis 19

De eerste versie van het EWM bevat geen in het model gespecificeerde rol voor de server.

3.5. Software

De eerste versie van het EWM heeft vooral een promotionele functie. In de discussies omtrent het nut van energiewebs zal het gaan om de voordelen ten opzichte van een meer traditionele vormgeving van de energievoorziening. Dat zal in de praktijk betekenen dat niet het model zelf in de voorlichting zal worden gebruikt, maar dat juist de resultaten van het model het nut en de noodzaak moeten illustreren.

Als van deze premisse wordt uitgegaan, dan kunnen de eisen wat betreft gebruiksvriendelijkheid worden aangepast aan die van de beoogde gebruikers. De beoogde gebruikers zijn consultants in opdracht van de eigenaren van het EWM, InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en SIGN.

Van hen wordt verondersteld dat zij gewend zijn om gebruik te maken van rekenmodellen en spreadsheetberekeningen.

Het EWM zal daarom in een eerste versie opgezet kunnen worden als een spreadsheetmodel en bestaan uit:

- Een werkblad met de set energiefunctievragen met bijbehorende set aan parameters;
- Een werkblad met de set energiemodaliteiten en fysieke distributiesystemen met bijbehorende set aan parameters;
- Een werkblad met de set energieconversie-installaties, energieopslagsystemen en eindenergie-installaties met bijbehorende set aan parameters;
- Een werkblad met de set energiebronnen met bijbehorende set aan uitgangspunten;
- Een werkblad met de energieberekeningen, waarin de gebruiker kan aangeven:
 - De inputvariabelen, met de mogelijkheid om een bandbreedte aan te geven voor de onzekerheidsanalyse;
 - Welke processtappen aan elkaar worden verbonden;
 - Welke prioritaire verdelingen wordt aangebracht;
- Een werkblad met de economieberekeningen;
- Een werkblad met ecologieberekeningen;
- Een werkblad waarop de outputvariabelen worden samengevat.

Voor het presenteren van de resultaten is het van belang dat:

- De samenstelling van het energieweb goed is gevisualiseerd, zodat voor de kennismemers duidelijk is waar het energieweb verschilt van de referentiesituatie. Duidelijk moet zijn waar sprake is van lokaal geplaatste installaties en waar juist de installaties centraal zijn gesitueerd.
- De voordelen goed zijn geïllustreerd. De voordelen hebben zowel betrekking op de besparing in het totaal primair energiegebruik en in totaliteit lagere kosten. Ook het terugdringen van de CO₂-uitstoot valt onder de voordelen.
- De invloed op de resultaten van een variatie op bepaalde inputvariabelen duidelijk is. De onzekerheidsanalyse komt tegemoet aan discussies over de gevoeligheid van de resultaten voor veranderende omstandigheden.

Eis 20

De eerste versie van het EWM is gebouwd als een spreadsheetmodel, omdat het de berekeningsresultaten, en niet het model zelf, zijn die de promotionele functie vervullen.

4. Mogelijke modelontwikkelaars

Voor de ontwikkeling van het EWM zijn een aantal fasen voorzien. De eerste fase betreft de fase waarop het voorliggende programma van eisen is toegespitst. Vervolgens zijn nog ten minste twee vervolgfases voorzien. De fasen kunnen gekenschetst worden met:

- Fase 1: promotioneel;
- Fase 2: ontwerpprocesondersteunend;
- Fase 3: handelsondersteunend.

De opstellen van het model voor fase 1 dient uitgevoerd te worden door een organisatie die kennis heeft van de glastuinbouw, en meer specifiek van de energetische aspecten die daar een rol spelen, in combinatie met kennis van technologie en de toepassingsmogelijkheden daarvan. Omdat het in deze fase nog een spreadsheetmodel is, is kennis van softwareontwikkeling niet noodzakelijk.

Voor fase 2 is naast kennis beschreven bij fase 1 ook kennis nodig betreffende dynamische modellering van energetische processen in de glastuinbouw. Het model zal in deze fase meer geavanceerd zijn en routines bevatten die aan de hand van opgegeven beslissingscriteria optimaliserende berekeningen uitvoeren. Het moet dan bijvoorbeeld de relatie tussen de mate van collectiviteit (tussen de uitersten alle tuinders individueel en alle tuinders collectief) en de 'zwaarte' van de fysieke distributie-infrastructuur voor warmte/koude kunnen optimaliseren ten aanzien van bijvoorbeeld de parameterkosten. De functie van het model in deze fase is ondersteunend in het ontwerpproces van een energieweb.

De derde fase is de fase met een operationele functie, en voor de ontwikkeling daarvan is gespecialiseerde kennis nodig. In deze fase zal het model geen illustrerende betekenis meer hebben, maar doet het dienst als handelsondersteunend model. Het zal dan de actuele energiestromen real-time moeten kunnen dirigeren, zodat vraag en aanbod op elkaar zijn afgestemd. De handelsondersteunende functie is gelegen in de beslissingscriteria die de energiestromen dirigeren en die ertoe leiden dat de participanten in het energieweb onder de meest gunstige voorwaarden de benodigde energie geleverd krijgen.

Eis 21

De eerste versie van het EWM moet ontwikkeld worden door een organisatie met kennis van modellering, energetische aspecten van glastuinbouw en toepassingsmogelijkheden van energietechnologie.

5. Samenvatting eisen ten aanzien van het EWM

- Eis 1** Het EWM dient prioritair de warmteoverschotten die lokaal ontstaan door toepassing van innovatieve kasconcepten, volledig te benutten voor verwarmingsdoeleinden elders.
- Eis 2** De diensten (ofwel 'energiefunctievragen'), die het EWM moet onderscheiden, zijn:
- Kasluchttemperatuur
 - Concentratie CO₂ in kaslucht ten behoeve van bemesting
 - Relatieve vochtigheid van de kaslucht
 - Groeibelichting
- Desgewenst in een tweede fase: comfortabel binnenklimaat (temperatuur) in gebouwen/woningen
- Eis 3** De bronnen die het EWM moet onderscheiden, zijn:
- Warmteoverschotten met temperatuurniveau (kan warmte en koude zijn);
 - Duurzame energie (biomassa, biogas of bio-olie);
 - Aardgas;
 - (Groene) elektriciteit.
- Eis 4** Alle energiediensten moeten rekenkundig worden verbonden aan energiebronnen voor triple E-analyse.
- Eis 5** In het EWM worden energiemodaliteiten conform een prioriteitsvolgorde benut: eerst warmteoverschotten, dan lokale energiebronnen en dan duurzame energie.
- Eis 6** Het EWM geeft voor het jaar 2010 een gewenst of denkbaar eindbeeld aan.
- Eis 7** Het EWM heeft maximale vrijheidsgraden voor het situeren van energievragers, energiebronnen, energieconversiesystemen voor een tuinbouwlocatie met een grootte van ca 150 tot 200 ha.
- Eis 8** Het EWM vergelijkt het eindbeeld van het energieweb met een referentiebeeld gebaseerd op een *business as usual* ontwikkeling tot 2010.
- Eis 9** Alle energiemodaliteiten en energie-installaties of -systemen zijn specifiek en representatief gekenmerkt met triple E-factoren voor de periode rond 2010.
- Eis 10** Bedrijven (niet glastuinbouw) met een warmtevraag die zich binnen een straal van max. 10 km van een glastuinbouwlocatie bevinden, vallen binnen de systeemgrens van het EWM.
- Eis 11** Het EWM bevat sets van energiefunctievragen, energieprocessen, energiemodaliteiten en fysieke distributiesystemen en energiebronnen, waaruit een energieweb kan worden opgebouwd.

- Eis 12** Het EWM geeft een duidelijk overzicht van de gekozen inputvariabelen en de outputvariabelen die op basis daarvan zijn berekend.
- Eis 13** Het EWM heeft een set energiefunctievragen omgerekend in termen van energie, die specifiek en representatief zijn voor kasconcepten, teelten, seizoenen en voor agrobedrijven voor de periode rond 2010.
- Eis 14** Het EWM heeft een set energiemodaliteiten en systemen voor fysieke energiedistributie die specifiek en representatief gekenmerkt zijn met triple E-parameters voor de periode rond 2010.
- Eis 15** Het EWM heeft een set energie-installaties en energieopslagsystemen die specifiek en representatief gekenmerkt zijn met triple E-parameters voor de periode rond 2010.
- Eis 16** Het EWM heeft een set energiebronnen die specifiek en representatief gekenmerkt zijn met triple E-parameters voor de periode rond 2010.
- Eis 17** Het EWM sommeert de energie, kosten en uitstoot van CO₂ in totalen over de door de gebruiker aangegeven verbindingen tussen energiefunctievragen en energiebronnen; in het aanleggen van verbindingen moet aan drie voorwaarden zijn voldaan: warmteoverschotten worden prioritair benut, lokale bronnen hebben prioriteit boven bronnen van buiten de systeemgrens, en duurzame energie heeft prioriteit boven fossiele energie.
- Eis 18** Het EWM kan de invloed van variabele input op de resultaten voor een aantal inputvariabelen berekenen.
- Eis 19** De eerste versie van het EWM bevat geen in het model gespecificeerde rol voor de server.
- Eis 20** De eerste versie van het EWM is gebouwd als een spreadsheetmodel, omdat het de berekeningsresultaten, en niet het model zelf, zijn die de promotionele functie vervullen.
- Eis 21** De eerste versie van het EWM moet ontwikkeld worden door een organisatie met kennis van modellering, energetische aspecten van glastuinbouw en toepassingsmogelijkheden van energietechnologie.