

THE **DELTA**GREENHOUSE[®] (**D**urable **E**fficient **L**ight **T**ransmittance **A**daptable)

Position Paper voor het project Procesinnovatie Tuinbouwdelta

Versie 3.7 3-2-2005

Dr. Ir. J.C. Bakker (Agrotechnology & Food Innovations)

Ir. E.G.O.N. Janssen (TNO)

B.Sc. T.C. Tse (TNO)

Samenvatting

De Nederlandse tuinbouw neemt in de agrarische sector van Nederland en ook in Internationaal verband een leidende positie in. Om een toonaangevende rol in de toekomst te kunnen blijven spelen is het van belang om voortdurend te investeren in innovatie. Zodoende is het project 'Procesinnovatie Tuinbouwdelta' opgezet om ketenbrede innovatie te bevorderen, met als belangrijk onderdeel de innovatie en optimalisatie van de productietechniek in de glastuinbouw. Dit position paper heeft de doelstelling een toekomstvisie te schetsen aangaande de bouwaspecten. Op basis van de huidige state of the art worden in dit position paper de activiteiten beschreven die op lange termijn moeten leiden tot het gewenste toekomstbeeld.

De glastuinbouwsector wordt in toenemende mate geconfronteerd met concurrentiedruk, milieu-, ruimte, energie en arbeidsproblematiek en sterk veranderend consumentengedrag waardoor aanpassing van de tuinbouw noodzakelijk is. De state of the art is in hoge mate een afspiegeling van drie algemene trends in de huidige tuinbouwsector: maximalisatie van de controle in het productieproces, een verhoging van de productiewaarde per oppervlakte-eenheid en kostenbeheersing in het gehele proces. In toenemende mate wordt ook aandacht besteed aan het beter inpasbaar maken van de productiefaciliteiten in een dichtbevolkte omgeving. In de bijlage is een lijst opgenomen met huidige relevante projecten.

De innovatie tot nu toe op het terrein van tuinbouw productiesystemen kenmerkt zich door het zoeken naar individuele oplossingsrichtingen op verschillende terreinen. Veel van deze innovaties zijn zeer succesvol gebleken, maar daartegenover staat dat er slechts een zeer beperkt aantal projecten uitgevoerd is waarin getracht is om een totaal concept te ontwikkelen waarin de verschillende oplossingen geïntegreerd en geoptimaliseerd zijn.

Op basis van de huidige situatie, die wordt geschetst in dit en andere position papers, is gekozen voor het formuleren van de omschrijving "THE **DELTA**GREENHOUSE© (**D**urable **E**fficient **L**ight **T**ransmittance **A**daptable)":

- Een systeem met netto nul gebruik van fossiele brandstof door toenemend gebruik van duurzame energie (d.m.v. geïntegreerde energieconversie- en opslag systemen).
- Een zich aan de omstandigheden aanpasbaar systeem met een optimale productie door toepassing van mechanisatie.
- Een systeem met maximaal efficiënte benutting van de ruimte bijvoorbeeld door een combinatie van multilayer productiesystemen. Deze systemen moeten zowel in een landelijk als een stedelijk gebied kunnen worden ingepast.
- Een systeem met een hoge controleerbaarheid van het proces (zowel productie als kwaliteit) door gebruik te maken van geavanceerd besturing en control (bijvoorbeeld fotoselectieve en regelbare dek materialen).

Een aantal van de kernprojecten binnen de Tuinbouwdelta zullen gericht moeten worden op het ontwikkelen van productiesystemen die zowel voor de productie in Nederland als het toeleverend bedrijfsleven nieuwe perspectieven biedt en waardoor het mogelijk wordt om kennis intensieve productiesystemen te regisseren en (inter)nationaal te exploiteren.

De eerste twee grote samenhangende integrated projects zijn gericht op de invulling van de onderdelen van de visie duurzame energie/adptatie en besturing van het Delta Greenhouse:

- **Kas als energiebron of de energieproducerende kas**

Hierbij is eerder sprake van een aantal samenhangende projecten in de vorm van een, door Productschap tuinbouw en LTO getrokken programma dan van één integrated project. Een eerste project is in voorbereiding door een consortium bestaande uit FiWiHex, Lek-Habo, HSH, Huisman B.V. en A&F en is gericht op het realiseren van een “pilot kas als energiebron”. De inpassing van een dergelijke kas binnen de energie – infrastructuur wordt onderzocht binnen een consortium met als partners KEMA, A&F, PPO, LEI, ECB en mogelijk NUON. Binnen het Energie Onderzoeks Strategie programma bereiden TNO (bouw, MEP) en A&F i.s.m. de toeleverende industrie (verenigd in de AVAG) een project voor met als werktitel: ‘Ontwikkeling van een ‘Energie NUL kas’. Verder zijn binnen dit grote overkoepelende project/programma diverse projecten denkbaar die gericht worden op onderdelen van het Delta Greenhouse: omhullingen met regelbare stralings- en warmte uitwisseling, modificeerbare en/of controleerbare dek en schermmaterialen voor zowel het afvangen en omzetten van energie, de controle en regulatie van de invallende straling als voor het blokkeren van de lichtemissie vanuit het productiesysteem.

- **“Remote glastuinbouw”**

Dit project richt zich op de methodische ontwikkeling van generieke en specifieke oplossingen voor de dynamisch controle & besturing van vraaggestuurde tuinbouwproductiesystemen. Elementen daarbinnen zijn: objectieve beheersing van productie en productkwaliteit; Interactie gewas– teeltsysteem – logistiek – teelt en oogst automatisering; stuurbaarheid en automatiseerbaarheid van productietechnieken en systemen (inclusief oplossingen voor monitoring, detectie, selectie, sturing, groeibeoordeling en oogst) en objectieve kwaliteitsbeoordelings systemen. Participanten worden gevormd door Agrotechnologie & Food Innovations als de initiatiefnemer met daarnaast de kennis eenheid Plant binnen WUR, het toeleverend bedrijfsleven in de vorm van de automatiseerders, sensorleveranciers (Priva/Hortimax/Hoogendoorn), Greenery, VBA, FloraHolland, PT en LTO. Dit project zal worden ingediend bij Transforum Agro & Groen.

Doelstelling en Scope

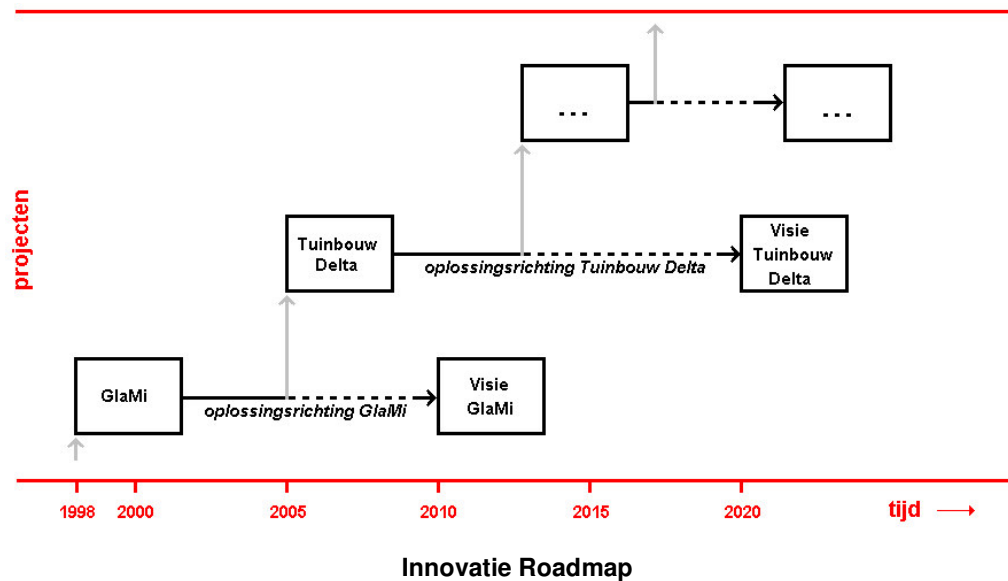
Als mondiale marktleider is Nederland leverancier van hoogwaardige en moderne kassen door de nieuwste technologieën toe te passen. Om een toonaangevende rol te kunnen blijven spelen is het van belang om continu te investeren in innovatie. Het doel van het project Procesinnovatie Tuinbouwdelta is daarom de duurzame bevestiging van een competitieve voorsprong van de Nederlandse tuinbouwcluster op de wereldmarkt door het bevorderen van voortdurende innovatie en stroomlijning van de gehele keten.

Een belangrijk onderdeel van het project Procesinnovatie Tuinbouwdelta is de innovatie en optimalisatie van de productietechniek in de tuinbouw. Zodoende heeft dit position paper het doel een visie en de daarbij behorende activiteiten te schetsen voor de bouw in de glastuinbouw op lange termijn.

De innovatie tot nu toe op het terrein van kasproductiesystemen kenmerkt zich door het zoeken naar individuele oplossingen op verschillende terreinen. Veel van deze innovaties zijn op zich zeer succesvol gebleken. Het verhogen van de lichttransmissie van kassen is door innovaties op het terrein van de bouwconstructie en materiaalontwikkeling daarvan een goed voorbeeld, evenals de vergroting van de interne logistieke mogelijkheden. Ook op het gebied van het energiegebruik en -efficiency, de besturing en control zijn in de afgelopen decennia enorme stappen gemaakt. Er zijn echter weinig projecten uitgevoerd die vanuit een integrale benadering gericht waren op een volledige systeeminnovatie. Binnen het beperkte aantal projecten met deze aanpak (bijvoorbeeld Kas van de Toekomst, Duurzaam Gewasproductie systeem, Zonnekas) is de systeemgrens bovendien veelal getrokken rondom het kassysteem als tuinbouwproductie unit met zijn energievoorziening. Voor een toekomstgerichte oplossing is een systeembenadering vereist gebaseerd op een (veel) breder overall architectuur ontwerp.

In dit paper wordt allereerst de state of the art van kassystemen beschreven. Op basis hiervan is een SWOT analyse uitgevoerd, waaruit blijkt welke sterke en zwakke eigenschappen de Nederlandse kassenbouw en systeemleveranciers bezitten en welke kansen en bedreigingen momenteel een rol spelen. De gekozen oplossingsrichting bestaat uit het benutten van deze kansen en het reduceren van de bedreigingen. Hieruit worden vervolgprojecten geformuleerd die uiteindelijk moeten resulteren in de beoogde visie. De resultaten van deze vervolgprojecten kunnen in de toekomst weer worden gebruikt bij andere projecten. Dit is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur.

Door de oplossingsrichtingen van de verscheidene position papers te combineren ontstaat er een helder beeld van de benodigde activiteiten voor de gehele keten om het leiderschap van de Nederlandse tuinbouw in kennis, productie en handel verder te verstevigen en de internationale positie van Nederland als tuinbouwland uit te bouwen.



State-of-the-art ontwikkelingen

De huidige state of the art is in hoge mate een afspiegeling van drie algemene trends in de huidige tuinbouwsector: maximalisatie van de controle van het productieproces, kostenbeheersing en tenslotte een verhoging van de productiewaarde per oppervlakte-eenheid. In toenemende mate wordt ook aandacht besteed aan het beter inpasbaar maken van de productiefaciliteiten in een dichtbevolkte omgeving door het voorkomen van hinderlijke en schadelijke emissies en in/aanpassing van de productiefaciliteiten.

Meer specifiek zijn de belangrijkste huidige trends in de tuinbouw, gerelateerd aan de kas met zijn inrichting als productie instrument:

- Schaalvergroting qua bedrijf, maar schaalverkleining qua aansturing
- Multifunctioneel ruimtegebruik als gevolg van hoge ruimtegebrek en grondprijzen. De hoge grondprijzen in de (Nederlandse) tuinbouwdelta vragen om inpassing van kasproductiesystemen en combinatie hiervan met de “*Urban environment*”
- Duurzaamheid speelt een essentiële rol bij de ontwikkeling van nieuwe kassystemen t.a.v. energie, grondstoffen, emissies, maatschappelijke acceptatie etc.
- Toename van productiewaarde en toegevoegde waarde per oppervlakte
- De huidige planningsgestuurde systemen zullen plaats maken voor meer marktgestuurde systemen

Voorbeeld projecten

De huidige state of the art kan het beste worden geïllustreerd aan hand van een aan tal recent afgesloten en lopend projecten die gerelateerd zijn aan de ontwikkeling van intelligente en duurzame kasproductiesystemen. In de bijlage is een lijst opgenomen met de meest relevante projecten.

Speerpunten huidige ontwikkelingen

Kort samengevat zijn de belangrijkste ontwikkelingen van deze technologieën/deelcomponenten waaraan is/wordt gewerkt:

1. Bouwkundig
2. Materialen
3. Energietechnieken
4. klimatisering
5. besturing/regeling/teeltplanning
6. teeltsystemen/robotica

1. Bouwkundig:

Kasconstructie:

Doordat zowel de wetgeving als de tuinder steeds hogere eisen stellen aan de kasconstructie, is het noodzakelijk om de kwaliteit voortdurend te verbeteren terwijl de kostprijs niet mag toenemen. Ook groeit de vraag naar grotere kolomvrije ruimtes in de kas, waardoor kasconstructies in toenemende mate groter worden uitgevoerd, voor de toepassing van mechanisatie en automatisering. Omdat tegelijkertijd de beschikbare ruimte voor glastuinbouw steeds schaarser wordt, is het noodzakelijk om ruimte efficiënter te benutten. Een oplossing die steeds vaker wordt toegepast is het gebruik maken van meerdere (teelt)lagen in een kasconstructie. Een voorbeeld van een uitgewerkt concept van meervoudig ruimtegebruik is het GlasKasTeel (zie bijlage).

Bouwproces:

Hoewel kassen traditioneel 'in situ' worden gebouwd, ontstaat er een tendens naar pre-gefabriceerde kasonderdelen, die kant en klaar op locatie worden afgeleverd. Dit is mogelijk door de opkomst van nieuwe funderingsmethoden zoals lichtgewicht en pre-gefabriceerde betonpalen. Hierdoor kan het bouwproces verder worden geautomatiseerd om de kostbare arbeidskosten te reduceren. Bovendien zijn de omstandigheden tijdens de bouw in de fabriek beter controleerbaar dan in situ. Het nadeel van pre-gefabriceerde kassen zijn de hoge transportkosten door de omvang van de constructie. Een derde mogelijkheid is daarom een combinatie van de twee: pre-gefabriceerde onderdelen die eenvoudig op locatie kunnen worden geassembleerd.

Onderhoud:

De kwaliteit en daarmee de waarde van de teelt wordt steeds hoger. De productiekwaliteit is sterk afhankelijk van het onderhoud aan de kas, dat regelmatig moet worden gepleegd. Hierbij is het van belang dat het gewas zo min mogelijk last heeft van de reparaties. Een goede mogelijkheid die in de laatste jaren is ontwikkeld is het verrichten van onderhoud en reparatiewerkzaamheden van buitenaf (Maurice 'wandelaar'). Deze oplossing is echter nog niet algemeen geaccepteerd vanwege de hoge investeringskosten.

2. Materialen:

Glas

In de tuinbouw wordt meestal blank glas gebruikt vanwege een aantal gunstige materiaaleigenschappen: een goede (chemische) stabiliteit en weersbestendigheid, dampdichtheid, goede bevochtigings-eigenschappen waardoor condenswater goed

afvloeit, nauwelijks doorlaatbaar voor warmtestraling (ver-infraroodstraling) en lage prijs. Nadelen zijn: vrij hoge reflectieverliezen, geringe isolatie, breekbaar (brosheid waardoor gevoelig voor hagelschade) en geringe treksterkte. Gehard glas kan het laatste nadeel deels ondervangen maar is kwetsbaar is voor krassen. Door de tendens naar grotere kapbreedtes van acht tot dertien meter wordt gedacht aan gehard glazen panelen, kunststoffen of sandwich constructies bestaande uit gelijmde platen van kunststof en prefab panelen van glas. De lichttransmissie van glas kan worden verbeterd door de reflectie te verminderen via het aanbrengen van een coating of ontspiegeling door middel van het aanbrengen van een microstructuur. "Low emissie" coatings verlagen de warmte-uitstraling (ver-infrarood).

Foliematerialen:

In de afgelopen 20 jaar is een groot aantal transparante kunststoffen op de markt gekomen waarvan de laatste tijd een aantal aanzienlijk is verbeterd door verschillende additieven en coatings. De meest gebruikte folies zijn op basis van polyethyleen (PE). Om de levensduur van één jaar te verlengen worden veelal UV- pigmenten toegevoegd of oppervlakte-coatings aangebracht. Voor gebieden met hoge warmtebelasting zijn folies ontwikkeld met interferentiepigmenten om een vermindering van de transmissie voor kortgolvlige warmtestraling (k-IR) te bereiken. Daarnaast zijn er folies met extra lichtverstrooiende pigmenten voor lichtvermindering en/of extra diffuus licht in de kas, luminifoor pigmenten die UV-licht omzetten naar licht in het zichtbare gebied en speciale folies die geoptimaliseerd zijn voor een bepaald gewas. Sinds 2000 zijn een aantal hoogtransparante folies geïntroduceerd zoals ETFE, FEP, PTFE, PFA, PVDF en THV alsmede polyurethaan folies (TPU). Naast een zeer goede lichttransmissie van 90 – 95 % PAR (Photosynthetic Active Radiation) hebben deze materialen een zeer goede stabiliteit waardoor de levensduur lang is. De eerste kasontwerpen op basis van deze materialen zijn eind 2004 geïntroduceerd. De verwachting is dat de ontwikkeling van nieuwe materialen nog niet ten einde is.

Hard kunststof:

Samen met glas vormen de harde kunststoffen binnen de tuinbouwdelta de meest toegepaste materialen. Door de lage brekingsindex van PMMA is de lichttransmissie hoog. De slagvastheid van dit materiaal is minder goed maar kan door additieven verbeterd worden. Polycarbonaat (PC) heeft als voordelen een goede sterkte, hoge slagvastheid en een grotere brandveiligheid t.o.v. PMMA. Door de hogere brekingsindex is de lichttransmissie van PC wat lager dan die van PMMA maar in combinatie met een zig zag vorm levert de Lexan ZigZag[®] plaat een uitstekende lichttransmissie en een hoge isolatiewaarde.

Verbetering isolatiewaarde:

Naast lichttransmissie vormt de warmte-isolatie een belangrijke materiaaleigenschap. Vergeleken met standaard enkelglas is door tweelaags toepassingen een flinke reductie van het warmteverlies mogelijk. Met een extra deklaag en een emissiecoating of vacuümisolatie kan het energiegebruik halveren. De grootste besparing, 75 – 86 %, is mogelijk met aërogels of vacuümisolatie in combinatie met een emissiecoating. Een aantal van deze technieken, met name aërogels en vacuümisolatie is momenteel nog (te) kostbaar. De verwachting is wel dat door opschaling van productiecapaciteit deze technieken sterk in prijs kunnen dalen.

Behalve de optimalisatie van passieve materialen zijn er ontwikkelingen op het gebied van “actieve kasdekken” door o.a. systemen met reflecterende of absorberende stoffen voor specifieke spectra, gaschromische vensters met een regelbare transmissie en thermotropische lagen waarbij de transmissie verandert als de temperatuur stijgt. Met buiten de tuinbouw ontwikkelde electrochromische vensters en LCD technologie zijn toekomstige adaptieve en beter controleerbare kasproductiesystemen te ontwikkelen.

3. Energietechnieken

De glastuinbouwsector is een van de grootverbruikers van fossiele brandstoffen. De drang naar de vervanging van conventionele energietechnieken wordt gevoed door de hoge energiekosten en door toenemende maatschappelijke druk. Door warmte kracht koppeling (WKK) kan energie veel efficiënter worden gebruikt voor verwarming en verlichting, maar in de laatste jaren staat toepassing van WKK door de liberalisering van de energiemarkt sterk onder druk. Het gebruik van duurzame energie is volop in onderzoek en ontwikkeling, maar de implementatie loopt moeilijk omdat het (nog) niet rendabel is of omdat de huidige wet en regelgeving remmend werkt. Van verschillende grootschalig toepasbare duurzame opties vormen warmtepompen met lange termijn (seizoens)opslag in aquifers één van de goedkoopste opties. Kleinschalige bijstook van biomassa of gebruik van plantaardige olie is in opkomst en vormen de eerste toepassingen van alternatieven voor fossiele brandstoffen. Schaalvergroting en clustering van bedrijven leidt tot nieuwe (gezamenlijke) energievoorzienings concepten zoals bijvoorbeeld de “Energie Combinatie Bergerden (ECB)”, waarbij door onderling benutten en afstemmen van energiestromen én de handel in elektriciteit, zowel energetische als financiële voordelen behaald worden. In de afgelopen jaren is tevens het besef gegroeid dat de kas een zeer efficiënte zonnecollector is die op jaarbasis meer energie invangt dan jaarrond nodig is voor de verwarming. Het opvangen, converteren, opslaan en op een later tijdstip benutten van dit *overschot aan warmte* vormt de kern van het gesloten kasconcept en “kas als energiebron”. Door de bijkomende voordelen voor de controlebaarheid van het klimaat en de gewasproductie in gesloten kassen leidt dit tot de mogelijke doorbraak van het gesloten kas concept. Het verhogen van conversierendementen door bijvoorbeeld nieuwe warmtewisselaars (FiWiHex) en het verhogen van de efficiency waarmee de zonne-energie direct wordt omgezet in bruikbare energie zullen de komende periode een belangrijk element vormen van de ontwikkelingsrichting voor de energievoorziening binnen de glastuinbouw. De implementatie van de brandstofcel als efficiënte WKK biedt daarbij mogelijkheden om tegemoet te komen aan de toenemende vraag naar conversie systemen met een hogere elektriciteits/warmte verhouding.

4. Klimatisering

De productie in kassen wordt sterk gestuurd door controle over de verschillende klimaatfactoren licht, temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂. In traditionele kassen vormt (buis)verwarming in combinatie met natuurlijke ventilatie, (rookgas) CO₂ dosering, (assimilatie) belichting en (energie- en/of zonne) schermen de elementen voor de beheersing van het teeltklimaat. De regelbaarheid is daarbij echter relatief beperkt door de grote invloed van de buitenomstandigheden op het binnenklimaat. Om een grotere invloed te kunnen uitoefenen op de groei omstandigheden is de ontwikkeling in de glastuinbouwsector de laatste tijd sterk gericht op (gesloten) productiesystemen zonder

natuurlijke ventilatie. Daarbij wordt de overtollige warmte uit de kas door middel van koelsystemen aan de kaslucht onttrokken.

Toepassing van belichting is in toenemende mate een voorwaarde voor een kwalitatief goede en economische jaarrond productie. Hierbij is het wenselijk om verschillende belichtingssterktes (en eventueel verschillende golf lengtes) te gebruiken voor bijvoorbeeld verschillende plantonderdelen of in verschillende groeistadia. Doel is om een optimale hoeveelheid licht aan te bieden op de plaatsen waar het nodig is en zodoende onnodig energiegebruik en lichtuitstoot te verminderen. Hierbij speelt de ontwikkeling van alternatieve lichtbronnen een belangrijke rol. De huidige belichtingssystemen vragen veel hoogwaardige energie in de vorm van elektriciteit. Momenteel worden in kassen vooral natriumlampen gebruikt. Deze hebben van alle soorten lampen de hoogste energie efficiëntie, maar de ontwikkeling van deze technologie is gestagneerd. De conversie efficiency van primaire brandstof naar voor het gewas bruikbaar licht is relatief laag: ca 10% van de energie wordt uiteindelijk omgezet in de voor het gewas bruikbare PAR. LED lampen hebben nu nog een lagere efficiëntie dan natriumlampen, maar door veelbelovende ontwikkelingen is deze technologie sterk in opkomst. Naar verwachting zal het rendement van de LED's binnen 10 jaar dat van de huidige lampen overstijgen [KEMA Sustainable Energy]. Toepassing van de bestaande belichtingssystemen (met incidenteel belichtingsniveau's tot boven de 30.000 lux) binnen gesloten kassystemen wordt nu zowel technisch als economisch bemoeilijkt door het extra energiegebruik, het extra (en moeilijk herbruikbare) warmte-overschot en de noodzakelijke verhoging van de koelcapaciteit (en de daarmee gepaard gaande investeringen).

5. Besturing/ regeling/ teeltplanning

De besturing van de productie en kwaliteit in kassen wordt sterk gestuurd door de combinatie van controle over de boven- en ondergrondse klimaatfactoren en teelthandelingen. De huidige generatie klimaatregelaars kenmerkt zich door het in toenemende mate toepassen van (eenvoudige tot redelijk complexe) fysische modellen rondom warmteverliezen en gewastranspiratie, toepassing van weersvoorspellingen en een verdere integratie met de besturing van de energie conversie- en opslagsystemen (ketels, WKK, buffers etc). Modellen voor gewasgroei en ontwikkeling worden, in combinatie met gewaswaarnemingen op beperkte schaal (en alleen nog off-line), gebruikt voor het aanpassen van de klimaatinstellingen (LetsGrow). Kennis rondom de temperatuurrespons van gewassen heeft geleid tot instelmogelijkheden voor langere termijn gemiddelden en maximale dag-nacht verschillen. Grote aanpassingen hebben met name plaatsgevonden op het terrein van de (grafische) user interface. De diverse sensoren voor binnen- en buitenomstandigheden (temperatuur, licht, straling, wind, vocht en CO₂) de meetprincipes en het aantal per regelafdeling is de laatste jaren nauwelijks op functioneel niveau aangepast. De plant temperatuursensor heeft z'n intrede gedaan en wordt o.a ingezet voor het voorkomen van condensatie op het gewas en de aansturing van (zonne)schermen. Plantmonitor systemen (bijvoorbeeld Growlab) worden (nog) niet ingezet voor operationele besturing maar slechts voor metingen van o.a. de waterstatus van het gewas. Diverse firma's werken aan de toepassing van direct aan het gewas gemeten signalen in de operationele besturing van het kasklimaat.

De ontwikkelingen op het terrein van de ordergestuurde productie zijn bij de opkweeksector het verst gevorderd waarbij planning van de productie en voorraadbeheer essentieel zijn om verliezen te voorkomen. Directe terugkoppeling vanuit veranderende marktvragen naar de daadwerkelijke operationele besturing van de productieprocessen

ontbreekt echter en vormt een uitdaging voor de omslag van de meer planningsgestuurde naar daadwerkelijk order gestuurde producties zoals die binnen de toekomstige tuinbouw delta aan de orde zal zijn.

6. Teeltsystemen/ robotica

Voor de Nederlandse tuinder is arbeid een van de grootste kostenposten. Het ligt vooral bij grote bedrijven voor de hand om een grotere mate van mechanisatie toe te passen om het uitvoeren van teelthandeling te automatiseren. Met name op de opkweekbedrijven is veel menselijk handelen vervangen door automatisering. Voor de productiebedrijven wordt in drie belangrijke robotica projecten gewerkt aan het automatisch blad verwijderen voor tomaat (project Tomation), het automatisch oogsten van rozen (Jentjes) en het automatisch aanbinden van paprikaplanten (TNO, PRIVA, paprikatelers). Verder zijn c.q. worden er verschillende systemen ontwikkeld voor het inspecteren en verwerken van producten (o.a. rozenbosmachines , tulpenbosmachine).

Na de mobiele tafels heeft het Walking Plant Systeem (met individuele planten op lopende banden) bij potplanten en bij snijbloemen de mobiele teeltgoot z'n intrede gedaan. Op deze manier kan de beschikbare ruimte in de kas efficiënter worden benut, wordt een hogere productiewaarde per oppervlakte gehaald en kunnen de gewashandelingen op een vaste locatie door mensen of machines worden uitgevoerd. Voor de groentegewassen bevinden de ontwikkelingen van mobiele systemen zich nog in de beginfase, voor paprika wordt op praktijkschaal gewerkt met het WPS systeem.

Analyse

De huidige kassystemen zijn het resultaat van decennia lange ontwikkeling, evolutie en meegroeien met de marktvraag en een systematische kostenoptimalisatie (zowel qua bouw als operationeel gebruik).

Op basis van de huidige situatie, de trends zoals hier en in de papers "Glasheldere gesloten teelten in de Tuinbouwdelta: Greenware" en de position papers Logistiek en ICT geschetste ontwikkelingen en richtingen is daarmee het kader geformuleerd voor de mogelijke oplossingsrichtingen. Daarbij is verder gebruik gemaakt van de sterktes en zwaktes van de huidige kassystemen (SWOT in onderstaande tabel.

Op basis van de hiervoor beschreven huidige status en de in dit en andere position papers geschetste visies is gekozen voor het formuleren van de volgende omschrijving voor de visie op het nieuwe glastuinbouwproductie systeem:

THE DELTAGREENHOUSE© (Durable Efficient Light Transmittance Adaptable)

als samenvattende omschrijving van een zich aan de omstandigheden aanpassend/ aanpasbaar kassysteem met een optimale gecontroleerde productie en netto nul gebruik van fossiele brandstof.

<p>■ Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • uitontwikkeld geoptimaliseerd systeem voor Nederlandse omstandigheden • samenwerking tussen bedrijfsleven en kennisinstituten • standaardisatie • snelle bouwtijd • recyclebaar 	<p>■ Kansen</p> <ul style="list-style-type: none"> • toepassen van hoogwaardig folie (voor export) • hoge productieniveaus per oppervlak • gebruik maken van duurzame energie door toepassing nieuwe warmtewisselaars en seizoensopslag • meervoudig ruimtegebruik en grotere kolomvrije ruimtes • aanpasbaar en flexibel systeem m.b.t. weers- en omgevingsomstandigheden • nieuwe energieconversietechnieken vergederd in ontwikkeling (brandstofcel) • snelle ontwikkelingen op terrein van belichting
<p>■ Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • hoog energieverbruik (fossiele brandstoffen) • te weinig gebruikmakend van duurzame energie • kasproductiesystemen nauwelijks toepasbaar in andere klimaten • onaantrekkelijke architectuur • niet 100% stuurbaar • statisch systeem 	<p>■ Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • strengere wetgeving (m.b.t. constructie eisen, lichtuitstoot, ...) • verhoging energie en arbeidskosten • toenemend ruimtegebrek en hoge grondkosten • snelle veranderingen in marktvraag

Oplossingsrichting

De oplossingsrichting voor de toekomst ligt in het benutten van de gesignaleerde kansen, het oplossen van de zwaktes en het wegnemen van de bedreigingen die gerelateerd zijn aan de huidige kassystemen. Deze kasproductiesystemen moeten worden getransformeerd tot zich aan de omstandigheden aanpassend/ aanpasbare systemen met een optimale gecontroleerde en traceerbare productie en netto nul gebruik van fossiele brandstof.

In de paper Greenware is de term The Transp(arant+Cl)osed Greenhouse geïntroduceerd. De vraag is echter of, gezien de randvoorwaarden van een volledige controle/ stuurbaarheid van de productie en kwaliteit, er bij de systeemontwikkeling uitsluitend sprake moet zijn van een KAS. De term plantfactory / plantfabriek moet in dit kader zeker worden meegenomen als mogelijke uitvoeringsvorm voor specifieke fasen in de gehele productieketen. In deze paper is, uitgaande van de hieronder uitgewerkte vier hoofdlijnen gekozen voor de term: **DELTA (Durable Efficient Light Transmittance Adaptable) Greenhouse**.

- Een zich aan de omstandigheden aanpassend/ aanpasbaar systeem met een optimale productie en netto nul gebruik van fossiele brandstof. Deze systemen moeten in elk landelijk en/of stedelijk gebied kunnen worden ingepast.
- fotoselectieve en regelbare dek materialen, geïntegreerde energieconversie- en opslag systemen, maximale ruimtebenutting door combinatie van multilayer productiesystemen.

Voor Nederland moeten de kassen mogelijk ook nog architectonisch aantrekkelijker worden dan de huidige systemen.

De hoofd oplossingsrichting kan worden onderverdeeld in een aantal hoofdlijnen:

1. Duurzame energie (Energiezuinige/ energieproducerende duurzame productiesystemen)
2. Efficiëntie (maximaal efficiënte benutting van de ruimte inclusief toepassing van mechanisatie/ robotica)

3. Adaptatie (optimalisatie/aanpassing /adaptatie van de omhulling/gebouw aan de regionale omstandigheden en randvoorwaarden)
4. Controleerbaarheid (volledig gecontroleerde besturing van productie en kwaliteit (aansturing vanuit de marktvraag) + traceerbaarheid)

Ad 1. Duurzame energie

Hoewel een groot aantal ontwikkelingen in de laatste decennia al tot een drastische afname in energieverbruik heeft geleid (o.a. Convenant glastuinbouw en milieu, GlaMi), moeten verdere ontwikkelingen in de toekomst uiteindelijk resulteren in de energie nul kas en de energie producerende kas: kassen die netto slechts gebruik maakt van (opgeslagen) natuurlijke energiebronnen of in staat zijn om self supporting te zijn en energie te leveren aan derden via inpassing in een zogenaamd Energie grid.

Alle (niet voor de gewasproductie noodzakelijke) energie wordt teruggewonnen en de energieverliezen naar de omgeving blijven beperkt. Overtollige warmte en instraling wordt hierbij omgezet in (hoogwaardige) energie om, ook over grote afstand, aan derden te kunnen worden geleverd. Dit als volgende stap op het omzetten van het warmte overschot in laagwaardige energie in de vorm van warm water (en eventuele levering aan naastgelegen kassen) zoals dat in de eerste gesloten kassystemen nu aan de orde is. Energiezuinige belichtingsconcepten met warmteterugwinning zijn geïntegreerd in de constructie om maximale benutting van de natuurlijk instraling te kunnen garanderen en/of worden toegepast in aparte volledig lichtdichte ruimtes om bij fasegestuurde teelt ongewenste lichtemissie naar de omgeving te vermijden. De hierna omschreven hoofdlijn heeft ook zijn weerslag op de duurzaamheid en energiezuinigheid van het systeem. Voor verschillende producten zal de productie per fase in apart geconditioneerde ruimtes plaatsvinden, elk met specifieke eigenschappen, afgestemd op de eisen. Elk compartiment (of het gehele bedrijf) is gekoppeld aan een lokaal of regionaal netwerk van gebruikers en leveranciers. Primair bestaat dit uit fysieke infrastructuur voor warmte-, koude-, CO₂, water, elektriciteits- en informatietransport in combinatie met opslagsystemen en een beheersunit voor beheersing en verrekening van alle stromen. Alle in het systeem geconsumeerde CO₂ is afkomstig van duurzame of reststromen. Gebruikers én leveranciers kunnen compartimenten of gehele tuinbouwproductie bedrijven zijn maar ook industrie zoals energieopwekkingsfirma's, handelsfirma's, voedselverwerkers, de omliggende civiele sector bijvoorbeeld ziekenhuizen, kantoren en huizen met name in situatie van inpassing van de tuinbouwproductie systemen in dicht bebouwde omgevingen. Gecombineerd met de onder efficiëntie genoemde maximale ruimtebenutting kunnen compacte, energetisch self supporting, combinatiesystemen ontstaan van tuinbouwproductie met andere functies binnen één gebouw (bijvoorbeeld zoals het GlasKasTeel), cluster (Californie), bedrijventerrein of wijk (City Fruifull).

Ad 2. Efficiëntie

Om te kunnen blijven produceren binnen de tuinbouwdelta is het is noodzakelijk om een hogere waardetoevoeging en (arbeids)kostenreductie per oppervlakte eenheid te bereiken. Enerzijds wordt dit bereikt door op dezelfde bodemoppervlak meerdere producten (tuinbouwproducten, energie, opslagruimte, waterberging etc) te genereren door het stapelen van functies en anderzijds door binnen het tuinbouwproductie oppervlak een maximale gewasproductie/kwaliteit/waarde te bereiken per oppervlakte eenheid. De mate waarin stapeling van functies zal plaatsvinden zal sterk regio (grondprijs) bepaald zijn maar ook afhankelijk van de maatschappelijke acceptatie van het "fabrieksmatig" geproduceerde vers voedsel of nieuwe ontwikkelde voedsel en sierproducten (zie ook paper Glasheldere gesloten

teelten in de tuinbouwdelta: Greenware). Binnen het tuinbouwproductie oppervlak worden systemen ingezet met zeer hoge plant dichtheden (in jonge stadia mogelijk meer meerlaags), hoge natuurlijke en additionele (gewasspecifieke) stralingsniveau's en monitoring van de individuele plantproductie zodat continu uitselecteren van laag producerende eenheden kan plaatsvinden. Modificatie van de gewassen via verdeling (paper Glasheldere gesloten teelten in de tuinbouwdelta: Greenware) gericht op verdere vermindering van de variatie biedt hierbij goede kansen. De hoge waarde toevoeging per oppervlakte eenheid leidt tot fase gestuurde teelt gekoppeld aan een verdere doorvoering van compartimentering van het productiesysteem waarbinnen individuele planten gevolgd worden. Menselijk handelen is tot een minimum teruggebracht en vindt uitsluitend plaats onder volledig optimale omgevingscondities in aparte (gefixeerde of mobiele) ruimtes afhankelijk of is gekozen voor het "plant to robot" of "robot to plant" principe.

Ad 3. Adaptatie

De nieuwe productieconcepten kunnen aangepast worden aan verschillende eisen en randvoorwaarden zoals regionale klimaatcondities, gewasspecifieke eisen, milieu en emissie eisen en omgevingseisen/ landschappelijke inpassing. Belangrijke elementen hierin zijn modulaire opbouw en regelbare stralings- en warmte uitwisseling. Naast toepassing van verfijnde (o.a elektriciteit leverende) schermen worden modificeerbare en/of controleerbare materialen ingezet voor zowel het afvangen van energie, de controle en regulatie van de invallende straling als voor het blokkeren van de lichtemissie vanuit het productiesysteem. De architectuur van de productiesystemen is veranderd van grote uniforme, fantasieloze, uitsluitend op de primaire (productie) functionaliteit geënte systemen naar een op de omgeving afgestemd gebouw met een aantrekkelijk uiterlijk.

Ad 4. Controleerbaarheid

Voor de volledige controle van de productie en kwaliteit is beheersing van alle productiefactoren, inclusief licht een absolute voorwaarde en naast de "individualisering van de controle van planten". De markt vraagt systemen waarbij de verkoopprognoses en de (in toenemende mate meer individuele) klantwensen worden vertaald in de tactische en operationele aansturing van het productieproces. De gecontroleerde productie zal daar plaatsvinden waar de (totale set van) randvoorwaarden optimaal is, eventueel onder regie vanuit één specifieke locatie zodat door gecombineerde levering van partijen (vanuit diverse productie eenheden of regio's) aan de totale vraag kan worden voldaan. Deze nieuwe vorm van aansturing ("Remote glastuinbouw") zal geavanceerde (sensor- en model gebaseerde) on-line feedforward/feed-back en optimal control systemen bevatten voor de verschillende operationele regelkringen op het niveau van procesbesturing van klimaat, voeding etc. op individueel plantniveau. Feed back vanuit de markt vraag vertaalt zich in bijstelling van de "doelfuncties" binnen de optimal control gebaseerde regelingen. De besturing van de diverse productieruimtes is teeltfase gekoppeld door de compartimentering van het productiesysteem met daarbinnen individuele plantsturing. Miniaturisering en draadloze communicatie vormen de kenmerken van de sensorsystemen voor o.a. visuele en interne kwaliteits inspectie/ , gedistribueerde en meegroeiende sensoren voor plant en gewasmonitoring en Tags voor Tracking&Tracing. De gecontroleerde productie in meer gesloten systemen wordt gecombineerd met on-site sortering, behandeling en verpakking in de nieuwe (city-box) systemen om de aansluiting met de verdere "gesloten" en geconditioneerde logistiek te waarborgen.

Samenhang

Paper Visie op Logistiek in de TuinbouwDelta

Bij verplaatsing en/of uitbreiding van kascluster locaties is het van belang om de verschillende bouwaspecten en operationele factoren te koppelen aan de logistiek. Hierbij kan men denken aan aspecten als schaalgrootte en productiecapaciteit. Er dient wel een onderscheid te worden gemaakt tussen de aspecten voor binnen en buiten de genoemde delta. Afhankelijk van de voordelen die (grootschalige) verplaatsingen uit logistiek en productie/kwalitatief oogpunt bieden is een verdere investering in de aanpassing van kasproductiesystemen aan geheel andere klimaten een route die met name voor de toeleverende industrie overwogen moet worden.

Paper Glasheldere gesloten teelten in de tuinbouwdelta: Greenware

Het paper Greenway geeft een duidelijk overzicht van de huidige trends binnen de tuinbouwproductie. De algemene lijn op het terrein van de productie en gewasmodificatie etc komen daarin aan de orde en zijn hier benut voor de verdere vertaling in de technische routes voor ontwikkeling van meer gecontroleerde productiesystemen als beginschakels binnen de gehele keten.

Paper Kennisintensieve ICT voor de tuinbouwketen

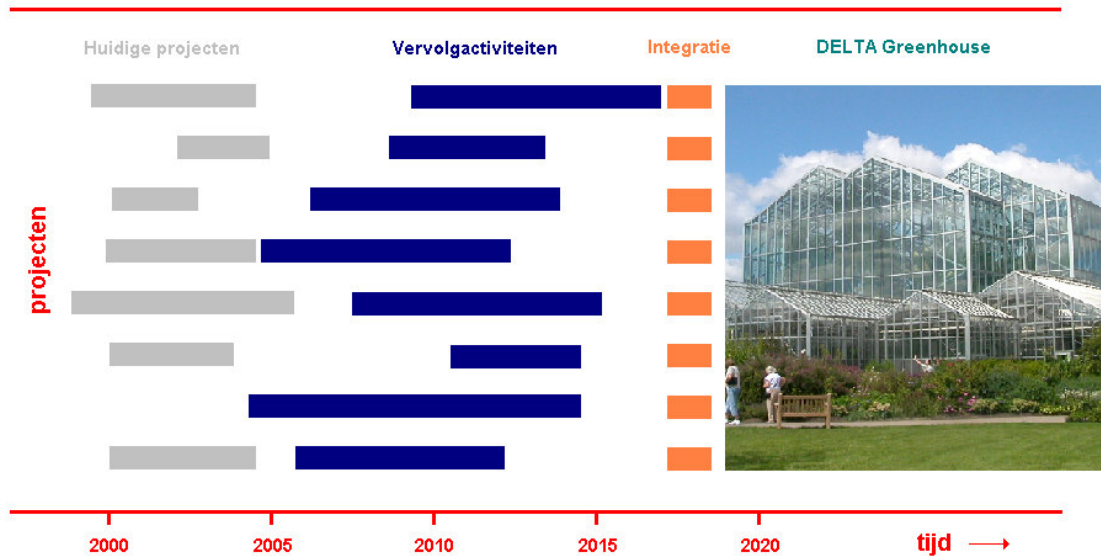
De gewenste volledig gecontroleerde besturing van productie en kwaliteit vraagt en zware inzet van ICT. In deze paper is slechts ingegaan op de zaken met betrekking tot operationele en tactische besturing van het productiesysteem en uitdrukkelijk niet op de daaraan ten grondslag liggende techniek en het gebruik van ICT bij de aansturing van de andere schakels in de gehele keten. De paper ICT omvat meer de overkoepelende visie rondom de integratie van de verschillende aspecten uit de diverse gerelateerde papers.

Vervolgactiviteiten

Op basis van de SWOT analyse en de visie wordt een aantal vervolgprojecten gedefinieerd die aansluiten op de huidige state of the art projecten (zie bijlage). Deze projecten hebben niet alleen betrekking op de bouwaspecten, maar op een groot deel van de gehele tuinbouwketen. De resultaten van deze afzonderlijke vervolgprojecten moeten in de toekomst uiteindelijk samen resulteren in de DELTA greenhouse (schematisch weergegeven in de onderstaande figuur).

Een aantal van de kernprojecten binnen de Tuinbouwdelta zullen gericht moeten worden op het ontwikkelen van productiesystemen die zowel voor de productie in Nederland als het toeleverend bedrijfsleven nieuwe perspectieven biedt en waardoor het mogelijk wordt om kennis intensieve productiesystemen te regisseren en (inter)nationaal te exploiteren.

Op basis van de in deze position paper geschetste oplossingrichting kunnen een aantal veelbelovende concrete vervolgactiviteiten worden gedefinieerd. De eerste twee grote samenhangende integrated projects zijn gericht op de invulling van de onderdelen van de visie duurzame energie/adptatie en besturing van het Delta Greenhouse.



Schematische weergave van ontwikkeling van de DELTA greenhouse

Kas als energiebron of de energieproducerende kas; hierbij is eerder sprake van een aantal samenhangende projecten in de vorm van een, door Productschap tuinbouw en LTO getrokken programma dan van één integrated project. Een eerste project is in voorbereiding door een consortium bestaande uit FiWiHex, Lek-Habo, HSH, Huisman B.V. en A&F en is gericht op het realiseren van een “pilot kas als energiebron”. Dit project is ingediend voor financiering bij LNV, VROM, EZ en PT. De inpassing van een dergelijke kas binnen de energie – infrastructuur wordt onderzocht binnen een consortium met als partners KEMA, A&F, PPO, LEI, ECB en mogelijk NUON. Binnen het Energie Onderzoeks Strategie programma bereiden TNO (bouw, MEP) en A&F ism de toeleverende industrie (verenigd in de AVAG) een project voor met als werktitel: ‘Ontwikkeling van een ‘Energie NUL kas’. Andere mogelijke partners binnen dit project zijn TU-Eindhoven en KEMA. Naast deze technisch gerichte componenten dient ook de teelt en gewasbeheersing onder de veranderde condities te worden aangepakt in een IP getrokken vanuit de WUR kennis eenheid plant. Met Transforum Agro & Groen loopt overleg over koppeling van het SIGN (PT/LTO) initiatief Kas als Energiebron en mogelijkheden voor additionele financiering van de verschillende projecten.

Binnen dit grote overkoepelende project/programma zijn diverse deel (wetenschappelijke en toegepast wetenschappelijke) projecten denkbaar die gericht worden op onderdelen van het Delta Greenhouse: omhullingen met regelbare stralings- en warmte uitwisseling, modificeerbare en/of controleerbare dek en schermmaterialen voor zowel het afvangen en omzetten van energie, de controle en regulatie van de invallende straling als voor het blokkeren van de lichtemissie vanuit het productiesysteem. Partijen voor de ontwikkeling hiervan zijn A&F, KEMA, TNO(bouw, TPD, FeI), TU Eindhoven, toeleverende industrie (GE plastics, Asahi, etc). Gezien de meer wetenschappelijke vraagstukken ligt financiering via o.a. STW, NWO en Senter/Novem.

“Remote glastuinbouw”; dit project richt zich op de methodische ontwikkeling van generieke en specifieke oplossingen voor de dynamisch controle & besturing van vraaggestuurde tuinbouwproductiesystemen. Elementen daarbinnen zijn: objectieve beheersing van productie en productkwaliteit; Interactie gewas– teeltsysteem – logistiek – teelt en oogst automatisering; stuurbaarheid en automatiseerbaarheid van productietechnieken en systemen (inclusief oplossingen voor monitoring, detectie, selectie, sturing, groeibeoordeling en oogst) en objectieve kwaliteitsbeoordelings systemen.

Participanten worden gevormd door Agrotechnologie & Food Innovations als de initiatiefnemer met daarnaast de kennisseenheid Plant binnen WUR, het toeleverend bedrijfsleven in de vorm van de automatiseerders, sensorleveranciers (Priva/Hortimax/Hoogendoorn), Greenery, VBA, FloraHolland, PT en LTO. Dit project zal worden ingediend bij Transforum Agro & Groen.

Conclusies

Een essentiële schakel in de ontwikkeling van een sterke Tuinbouw Delta is de realisatie van zich aan de omstandigheden aanpassend/ aanpasbare systemen met een controleerbare en traceerbare productie en netto nul gebruik van fossiele brandstof. Door een verregaande vorm van automatisering en conditionering wordt het mogelijk producten te produceren met een hoge product kwaliteit tegen lagere productiekosten. Het gesloten houden (volledige conditionering) van de volledige productie en de daarop volgende logistieke processen waarborgt een maximale initiële kwaliteit en een minimale kwaliteitsverandering in de verdere logistieke keten waarmee een groter markt bereik ontstaat. De ontwikkeling van de diverse componenten van het zogenaamde Delta Greenhouse zullen moeten leiden tot productiesystemen die zowel voor de productie in Nederland als het toeleverend bedrijfsleven nieuwe perspectieven bieden en waardoor het mogelijk wordt om kennis intensieve productiesystemen te regisseren en (inter)nationaal te exploiteren. Voor het vervolg binnen TuinbouwDelta worden twee hoofdlijnen aangegeven. De eerste vervolglijn: “Kas als energiebron of de energieproducerende kas” is gericht op kassen die netto slechts gebruik maakt van (opgeslagen) natuurlijke energiebronnen of naast self supporting ook energie leveren aan derden. De tweede lijn is samengevat als “Remote Glastuinbouw”, een overkoepelend project dat zich richt op de methodische ontwikkeling van generieke en specifieke oplossingen voor de dynamisch controle & besturing van vraaggestuurde tuinbouwproductiesystemen.

Referenties

1. **"Innoveren in een glazen huis"**, Berenshot; in opdracht van de AVAG, 2004
2. W.J.A. Ruijgrok, K.J. Braber, **"Kas als Energiebron"**, KEMA Sustainable Energy; in opdracht van SIGN en InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, 2002
3. **"Dossier Kassenbouw"**, AgriHolland internetpagina (<http://www.agriholland.nl/dossiers/kassenbouw/>), 2004
4. J.N. de Vries, **"Nederlandse tuinbouw, innovatie cluster van wereldformaat"**, Productschap Tuinbouw, LTO, Plantum NL e.a., 2004
5. F. Houben, B. Jongejan, S. Lenzholzer e.a., **"Kas als warmtebron: Glastuinbouw en Stad in Nieuwe Alliantie"**, Mecanoo Architecten B.V., in opdracht van SIGN en InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, 2003
6. J.C.M. Fransen, **"Energieproducerende Kas: Voorontwerp voor een pilot"**, Lek/Habo Groep B.V., in opdracht van SIGN en InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, 2003
7. P. den Hertog, J. Alleblas, F. Bongers, **"Het glas is halfvol, het glas is halfleeg"**, Dialogic en LEI, in opdracht van Ministerie LNV, 2001
8. W.J.A. Ruijgrok, K.J. Braber, O.H.C. de Kuijer, **"Innovatieprogramma Kas als energiebron, Plan van aanpak"**, Innovatienetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en Stichting Innovatie Glastuinbouw, 2003
9. W.J.A. Ruijgrok, K.J. Braber, **"Kas als energiebron, Inspirerende strategieën voor de glastuinbouw"**, Innovatienetwerk Groene Ruimte en Agrocluster en Stichting Innovatie Glastuinbouw, 2002
10. J.C. Bakker, J.C.J. Ammerlaan, H.D.M. Kool, J.J.G. Opdam, D. Snickers, **"Kas van de Toekomst, Eindrapportage"**, 1998
11. J.C. Bakker, **"Duurzaam Gewasproductiesysteem, haalbaarheidsstudie"**, IMAG-DLO nota V 99-03, 1999
12. **"Duurzame Energie Glastuinbouw 2002-2020, Beleidsvisie Energietransitie"**, Productschap Tuinbouw
13. J.A.F. de Ruijter, **"Verkenning van het perspectief van LEDs voor gewasbelichting in de glastuinbouw"**, KEMA Power Generation & Sustainables, In opdracht van PT en Ministerie van LNV, 2004
14. O. van Kooten, J.W. Donkers, N. de Groot, D. Kuiper, **"Glasheldere gesloten teelten in de Tuinbouwdelta: Greenware"**, Position Paper in het kader van het project Procesinnovatie Tuinbouwdelta, 2005
15. T.M. Verduijn, M. Duineveld, B-J. Pielage, **"Visie op logistiek in de TuinbouwDelta: Innovaties in inrichting en besturing en logistieke netwerken bij de introductie van gesloten kassystemen"**, Position Paper in het kader van het project Procesinnovatie Tuinbouwdelta, 2005
16. J.L. Top, C.N. Verdouw, J.W. Donkers, A.J.M. Beulens, **"Kennisintensieve ICT voor de tuinbouwketen"**, Position Paper in het kader van het project Procesinnovatie Tuinbouwdelta, 2005

Bijlage: State of the Art, projectenoverzicht

Gesloten kas

Tomatenbedrijf Themato ontwikkelde met Innogrow de eerste gesloten kas. De GeslotenKas™ is een nieuw klimaat- en energiesysteem waarbij de tuinder maximale controle krijgt op de groeifactoren luchtvochtigheid, temperatuur en CO2. Het direct kunnen sturen van de groeifactoren leidt tot een extra productie van tenminste 20%, bleek uit een eerste onderzoek van PPO. Bovendien functioneert de GeslotenKas™ als energiebron: de overtollige warmte wordt gevangen en opgeslagen in ondergrondse zandlagen (aquifers) en wordt gebruikt op het moment dat daar behoefte aan is. Afluchten behoort daarbij tot het verleden. In de zomer wordt gekoeld met water dat in de winter is opgeslagen in het ondergrondse opslagsysteem. En opvallende extra voordelen: met het sluiten van de kas wordt de infectiedruk van buitenaf aanzienlijk verlaagd. De behoefte aan gewasbeschermingsmiddelen neemt daardoor met gemiddeld 80% af.



Projectontwikkelaar(s): Innogrow, Themato
Status project: Lopend
Bron: www.agriholland.nl
Meer informatie: www.innogrow.nl

Kas van de toekomst

Dit onderzoeksprogramma is opgestart om te komen tot een concept voor het tuinbouwbedrijf van 2010. Dit project heeft geresulteerd in een paviljoen op de Floriade 2002 te Hoofddorp. Belangrijkste uitgangspunten voor de Kas van de Toekomst zijn een rendabele bedrijfsvoering en de eind 1997 vastgelegde milieueisen (Besluit glastuinbouw) voor het jaar 2010. Het paviljoen toont ontwikkelingen en innovaties op het gebied van onder meer het kasdek, energie-, teelt-, en bedrijfsmanagement en de landschappelijke inpassing.



Projectontwikkelaar(s): IMAG, PPO Naaldwijk, TNO, ECN
Status project: Afgerond
Bron: Bakker et al, 1999
Meer informatie: www.kasvandetoekomst.com

Kas als energiebron

In het programma 'Kas als Energiebron' (2000-2005) worden verschillende sporen uitgewerkt die kunnen bijdragen aan het bereiken van het doel: een energieleverende kas. In dit deelproject wordt een plan van aanpak beschreven voor een innovatieprogramma van 2003 tot 2020. Het uiteindelijke doel 'Kas als Energiebron' is zeer ambitieus en er is nog een lange weg te gaan voordat de belangrijkste sleuteltechnologieën zover zijn ontwikkeld dat ze toegepast kunnen worden in de tuinbouw. Er is een plan van aanpak nodig voor een ambitieus en langjarig innovatieprogramma. Met dit innovatieprogramma wordt beoogd keuzes te maken en een zodanige focus aan te brengen in de Research & Development inspanningen van de tuinbouw dat de Kas als energiebron via de meest efficiënte weg kan worden bereikt.

Projectontwikkelaar(s): SIGN, KEMA Sustainable Energy, KDO Advies
Status project: Afgerond/ wordt vervolgd met invulling
Bron: <http://www.agro.nl/>
Meer informatie: <http://www.lto.nl/sectoren/glastuinbouw/SIGN/Pdf/bestanden/Kasalsenergiebron.pdf?SMPROFILE=NO>

Watergy (geheel gesloten Mediterrane kas)

Vanuit Wageningen wordt via internet een Spaanse kas bestuurd, die gebruik maakt van zonne-energie en gesloten waterkringlopen. Waterdamp uit de kas condenseert, waarbij warmte en water vrijkomen. Een bevochtiger verhoogt de luchtvochtigheid door zout- of grijswater te verdampen. De geheel gesloten kas voor Mediterrane omstandigheden is nu als prototype operationeel.



A&F heeft voor de aansturing via internet van dit geavanceerde klimatiseringssysteem, in samenwerking met A&V-dept-MRS een meet- en regelsysteem ontworpen en geleverd dat de demokassen in Almeria en Berlijn bestuurt. Belangrijke items in dit project zijn: de regeling van de koelcapaciteit van de schoorsteen, de verdampers voor grijs- of zoutwater, de meet- en regelinstallatie, de besturingsalgoritmen en de besturing via internet.

Projectontwikkelaar(s): A&F, A&V-dept-MRS
Status project: Lopend
Bron: A&F

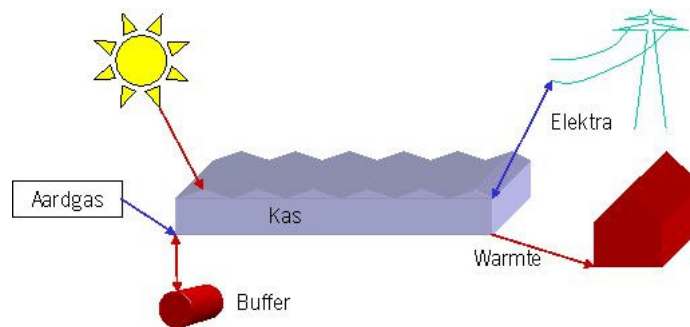
Kas in energiegrid

De kas is een collector van (zonne)energie en kan zo ook dienen als leverancier van warmte. In ondergrondse en bovengrondse buffers kan deze warmte worden opgeslagen. Ook worden warmte/ kracht-installaties op glastuinbouw bedrijven ingezet om elektriciteit aan het net te kunnen leveren. Doordat er zo veel energie van en naar kassen wordt getransporteerd en opgeslagen kan de glastuinbouw een belangrijk knooppunt in het energie-netwerk worden. Onderzocht wordt in hoeverre de glastuinbouw als leverancier en knooppunt in het energienet kan dienen.

Projectontwikkelaar(s): A&F, PPO, LEI, KEMA

Status project: Lopend

Bron: <http://www.syscope.nl/>



Drijvende kassen

Dura Vermeer werkt aan de ontwikkeling van nieuwe projecten voor drijvend bouwen. Als eerste project wordt gewerkt aan de realisatie van drijvende kassen in een retentiebekken. Hierbij spelen een uitgebreid aantal aspecten een rol: constructie en integratie van drijflichaam en bovenbouw, materiaalgebruik, wet- en regelgeving etc. De kennis op dit terrein is bij een aantal uiteenlopende partijen beschikbaar. A&F heeft in het multidisciplinaire project bijgedragen aan de opzet van het expertsysteem en het inbrengen van relevante kennis. Met de projectpartners zijn twee routes uitgewerkt: uitgaande van bestaande kassystemen uitwerking van de drijflichamen én innovatieve kassen met geïntegreerde klimatisering in het drijflichaam en meer flexibele bovenbouw. Een eerste pilot wordt gerealiseerd in de vijver bij Flora Holland.

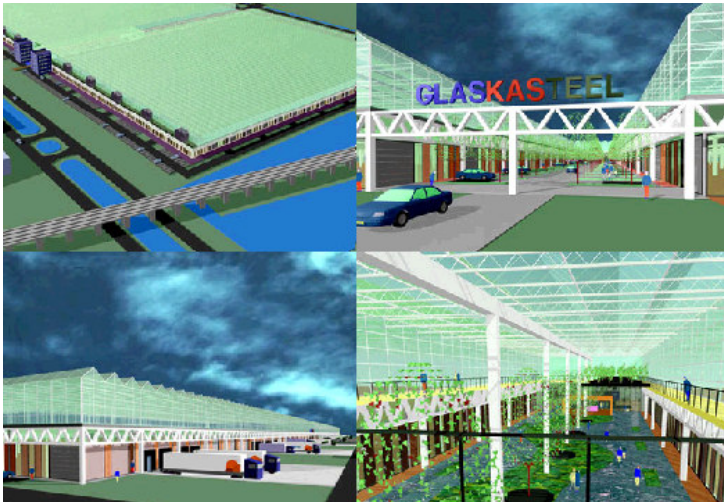
Projectontwikkelaar(s): Dura Vermeer, A&F, Intron

Status project: Afgerond

Bron: A&F

Glaskasteel

In 2004 wordt in de gemeente Bleiswijk een proefproject gestart voor meervoudig ruimtegebruik. Er komt een gebouw van 12 hectare, genaamd het GlasKasTeel, waarin meerdere functies worden ondergebracht. Op het dak komen kassen waar met de meest nieuwe technieken groente en planten worden geteeld. In de rest van het gebouw komen laboratoria, kantoren, bedrijfsruimten, een auditorium, congres- en horecaruimte, woningen voor mensen die werkzaam zijn in het gebouw en een ondergrondse waterberging. Het moet als Europa's meest innovatieve kenniscentrum voor de glastuinbouw gaan gelden. Het is de bedoeling dat in het GlasKasTeel 2000 mensen komen te werken. Het gebouw gaat 60 miljoen euro kosten en moet verrijzen aan de provinciale weg naar Zoetermeer, tegenover de veilingen The Greenery en FloraHolland.



Projectontwikkelaar(s):

PPO, Bunnik Plants, De Bleiswijkse Zoom

Status project: Lopend

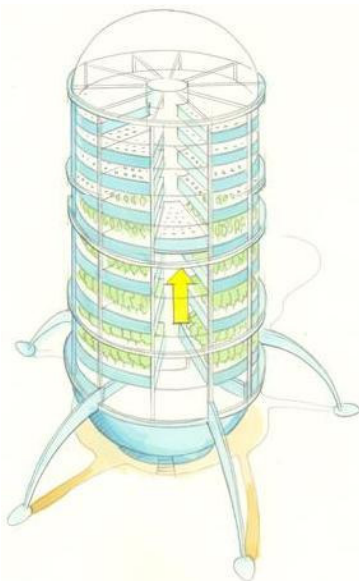
Bron: AgriHolland

Meer informatie:

<http://www.glaskasteel.nl/>

On Ground Experimental Growth Unit (OGEGU)

In opdracht van de Europese ruimtevaart organisatie ESA ontwikkelde TNO de OGEGU: een grond model voor toekomstige 'food production units', die astronauten van vers voedsel moet voorzien bij verre reizen. De OGEGU



De OGEGU is een gesloten systeem uitgerust met een geavanceerd besturing en controle systeem. Door gebruik te maken van robotica kan het systeem zowel aangestuurd als autonoom opereren.

Projectontwikkelaar(s): TNO, NTE S.A.,
European Space Agency

Status project: Afgerond

Bron: TNO

Paprika-aanbindrobot

Het aanbinden van paprikaplanten is een arbeidsintensieve activiteit die 12 tot 14 keer per jaar wordt uitgevoerd. Vanuit de paprikatelers is in samenwerking met LTO-Groeiservice een project geïnitieerd dat tot doel heeft een robot te ontwikkelen die zich volledig autonoom door de kas kan verplaatsen en met een hoge betrouwbaarheid de stengels van de paprikaplant aan het bijbehorende touwtje bindt.



Projectontwikkelaar(s):	TNO, PRIVA, Vereniging Nieuwe Ontwikkelingen Tuinbouw
Status project:	Lopend
Bron:	TNO

Tulpenbosmachine

Eind jaren negentig stelden een aantal tulpenbroeiers vast dat het voor hun toekomstige bedrijfsvoering economisch gezien noodzakelijk was om het bossen van tulpen te automatiseren. Zij gaven TNO opdracht om het concept voor een tulpenbosmachine te ontwikkelen. Belangrijke uitgangspunten voor de ontwikkelingen zijn hoge productiviteit (4 tulpen per seconde) en hoge nauwkeurigheid (afwijking in knophoogte maximaal 10 mm). Na een succesvolle demonstratie van de basisprincipes van de machine is de firma Bercomex bij het project betrokken om de machine door te ontwikkelen en uiteindelijk op de markt te brengen.

Projectontwikkelaar(s):	Consortium van tulpenbroeiers, TNO, Bercomex
Status project:	Lopend
Bron:	TNO



Mobysant

De Stichting Mobysant is opgericht door 13 ondernemers en heeft als doel om de een systeemdoorbraak te realiseren binnen de Chrysantenteelt. Het consortium denkt dit te realiseren door Chrysanten mobiel te telen, waarbij in de beginfase van een teelt de plantdichtheid groot is langzaam wijder wordt gezet. Hierdoor is 30% ruimtebenutting te realiseren. Mechanisatie van de teelt wordt eenvoudiger, waardoor het consortium denkt 30% te kunnen besparen op arbeidskosten.

Ook het uitgangsmateriaal dient te worden aangepast. De huidige perspot is ongeschikt voor een mobiel teeltsysteem waarbij op basis van water en nutriënten wordt geteeld. Door het streven naar een minimale hoeveelheid substraat met een goede waterhuishouding en groeikarakteristieken is kokos interessant. Kokos is echter duurder, maar recyclebaar. Energetisch zijn er ook nieuwe mogelijkheden. Minderbelichting en de korte dag fase, de grond niet hoeven stomen, ruimtebenutting en groeiversnelling leiden tot grote besparingen per vierkante meter en per eenheid product.

Het project bestaat inmiddels uit 4 deelprojecten, te weten:

1. Ontwikkeling uitgangsmateriaal
2. Ontwikkeling teeltsysteem
3. Onderzoek energieaspecten
4. Kennisoverdrachtproject proeflocatie



Opdrachtgever(s), verenigd in de

Stichting Mobysant: Logiqs Agro, Leen Huisman

Scherming, Nic Sosef, Bas van Buuren, Fides, Deliflor en 7 Chrysantentelers

Projectontwikkelaar: A&F (projectleiding)

Status project: Lopend

Bron: A&F

Snijrozen Oogstrobot

Doelstelling van dit innovatie project is het ontwikkelen en bouwen van een systeem dat geschikt is voor het volledig automatisch oogsten van snijrozen. Het project wordt uitgevoerd door een projectteam bestaand uit medewerkers van Jentjens Machinetechniek met een werktuigbouwkundige en elektrotechnische achtergrond en medewerkers van A&F die voor invulling van de vision technologie zullen zorgen. Verder maken vertegenwoordigers van



de snijrozentelers deel uit van het projectteam. Hun bijdrage is met name gericht op het beantwoorden van vragen met betrekking tot gewastechnische zaken. Van Doren Engineers zal activiteiten verrichten binnen het werkgebied van Jentjens Machinetechniek B.V. Het project wordt medegefinancierd door Productschap Tuinbouw en Stimulus (Ceres).

Projectteam: Jentjens Machinetechniek B.V., A&F B.V. en Van Doren Engineers B.V.

Status project: Lopend

Bron: A&F

Overige projecten

Duurzaam gewasproductiesysteem	Haalbaarheidsstudie naar een kasproductiesysteem met een 20 x lager milieubelasting dan de huidige systemen. Project uitgevoerd door A&F en PPO glastuinbouw. Bakker et al., 1999	3
Kassen met vaste waterbergings kelder	Zgn Plan Barendse, gebaseerd op het Waterblock systeem. Project in voorbereidingsfase. Overleg met waterschappen, provincie etc loopt	2
Autonomous robotic greenhouse	<i>Arbeidskosten maken een steeds groter deel uit van de kosten om te komen tot een eindproduct. Door ontwikkeling van een Autonomous robotic greenhouse kunnen enerzijds de arbeidskosten worden gereduceerd en anderzijds de productie en energie efficiëntie van de kas worden verhoogd. Dit heeft verregaande effecten op het kasconcept en het tuinbouwcluster.</i>	1
Emissievrije kas	<i>Globale ontwerpen van kassen met een (netto) nul emissie naar de omgeving</i> <i>PPO project in kader LNV Programma systeem innovaties</i>	2
Hoog efficiënte tuinbouwgebieden en combinatie met woningbouw	<i>De toenemende ruimtedruk drijft de grondprijzen op. In Nederland zijn inmiddels concentratiegebieden aangewezen voor de glastuinbouw. Door functiestapeling is een efficiëntieslag te maken in deze nieuw te ontwikkelen gebieden. Er is gestart met de uitwerking van een eerste ontwerpreeks voor de Zuidplaspolder</i>	2
City fruitfull	<i>Bij het opzetten van een nieuw ontwerp moet ook de inpassing in het landschap en de maatschappelijke functie van het teeltsysteem worden meegewogen. Een voorbeeld is het integreren van verschillende functies (teelt- plus woon- en/of werk- en kantoorruimten). Ruimtegebruik kan hierdoor afnemen en eentonige, uitgestrekte bebouwing wordt voorkomen. In de studie "City Fruitful" is een plan beschreven voor de integratie van kastuinbouw (80.000 m²) en wonen (1.830 woningen) in Dordrecht (Kuiper-Compagnons 7). Door deze functies te combineren ontstaat een synthese op het gebied van (warmte)energie, CO₂ en water.</i>	3
Plant Factory	<i>Zowel nationaal als internationaal zijn er diverse voorbeelden van volledige gesloten productiesystemen met kunstlicht. In Nederland het project uit de jaren 80: Schulte en Lestraden, in Japan begin 90tiger jaren en in 1995 in een studie van de Heidemij (DTO) de beschrijving van High-Tech Agroproductie (HTA) voor de toekomst tot 2040. Hierbij wordt een combinatie van gewasproductie en wonen, ondergrondse gewasproductie en een tuinbouwflat eventueel in combinatie met gesloten cellenteelt als toekomstige richtingen aangegeven. Alle studie en proefprojecten tot nu toe zijn gestrand vanwege technische en economische redenen. Een aantal van de voor deze teelten benodigde technologie is nog niet beschikbaar zoals systemen die diverse afvalstromen omzetten in bruikbare nutriënten (mineralen) met bijbehorende balansregeling; en conversiesystemen die het voor planten niet bruikbare zonne-energiestralings deel (UV + IR) omzetten in geschikt (PAR)licht voor planten of die deze energie kunnen omzetten in een andere vorm van een hoogwaardige opnieuw te gebruiken energievormen</i>	3

1 =in opstart/planvormingsfase , 2 = lopend, 3 = afgesloten