

De gesloten kas



finale opdracht voor de

Alympiade 2008

Garderen,
14 en 15 maart 2008

WERKWIJZER FINALE WISKUNDE A-LYMPIADE 2008

VOORAF:

- Lees eerst de volledige tekst van de opdracht door zodat je weet wat je dit weekend allemaal te doen staat.
- Opdracht 1, het ontwerpen van een schema, heeft mede als doel om er voor te zorgen dat je zélf het hele systeem van de gesloten kas begrijpt.
- Verdeel de taken waar mogelijk en overleg indien nodig.

TIJDSPLANNING:

- Na het ontbijt op zaterdag krijg je de extra informatie, bestaande uit de typering van drie dagen, uitgereikt.
- Bewaak je tijd bij het werken aan de verschillende onderdelen.
- Houd genoeg tijd over voor het voorbereiden van je posterpresentatie op zaterdag!
- Zaterdagmiddag om 13 uur moet je je verslag inleveren.

INLEVEREN:

De uitgewerkte antwoorden van alle onderdelen. Zorg er voor dat alle informatie die op je poster staat, ook in je werkstuk zit!

De jury krijgt kopieën van jullie werk. Die kopieën moeten uiteraard goed leesbaar zijn. Schrijf daarom met zwarte pen en print alleen op A4-formaat. Tekeningen die mee ingeleverd worden moeten ook goed kopieerbaar zijn en kunnen daarom ook beter niet met potlood gemaakt worden.

BEOORDELING:

Bij de beoordeling wordt onder andere gelet op:

- de volledigheid van de antwoorden op de verschillende onderdelen;
- het gebruik van wiskunde;
- de gebruikte argumentatie en de verantwoording van de gemaakte keuzes;
- de diepgang waarmee de verschillende opdrachten worden beantwoord;
- de wijze waarop het geheel gepresenteerd wordt: vorm, leesbaarheid, (kopieerbare) illustraties enzovoort;
- de originaliteit en creativiteit.

Van alle onderdelen tellen de twee eindopdrachten het zwaarst mee. Hierbij wordt wel gelet op de relatie die je legt met de resultaten uit de eerste vier opdrachten.

De gesloten kas



Inleiding

Veel groente en fruit wordt in een kas gekweekt. Met name in het Westland zie je heel veel van dit soort kassen, zoals je op de Google Earth afbeelding kunt zien. De kas dient er voor om het klimaat voor de planten te kunnen regelen, zodat je niet afhankelijk bent van het weer. Ofwel:

In een kas kun je op ieder moment de temperatuur en de hoeveelheid licht instellen op de waarde die je zelf kiest.

De zon zorgt voor licht en met lampen zorg je er voor dat er ook 's nachts en als het bewolkt is voldoende licht is,.

De zon zorgt ook voor warmte: de temperatuur loopt behoorlijk op als de zon rechtstreeks op de kas schijnt, vandaar de naam 'broeikaseffect'. Als de zon niet schijnt dan kun je de kas natuurlijk verwarmen, met een kachel of op een andere manier. Als de temperatuur te hoog opgelopen is zet je de ramen open om te koelen, veel warmte verdwijnt dan weer uit de kas.

De meeste kassen zijn niet erg zuinig in het gebruik van energie.

De nieuwste ontwikkeling in de tuinbouw is de **gesloten kas**.

In een gesloten kas blijven de ramen altijd dicht. Dit heeft als groot bijkomend voordeel dat er ook geen ongedierte meer in de kas kan komen! Bovendien beschikt de gesloten kas over een verwarmingssysteem dat tegelijkertijd ook elektriciteit kan opwekken. **En zelfs de mogelijkheid om via het grondwater de kas te koelen.**

Het hoofdvraag van deze Olympiade-opdracht is:

Hoe kun je door het jaar heen het klimaat (temperatuur en licht) in een gesloten kas regelen zodat de energiekosten zo laag mogelijk zijn.

Temperatuur en licht regelen

In de gesloten kas worden temperatuur en licht als volgt geregeld:

Het licht wordt gegenereerd door:

- de zon
- lampen

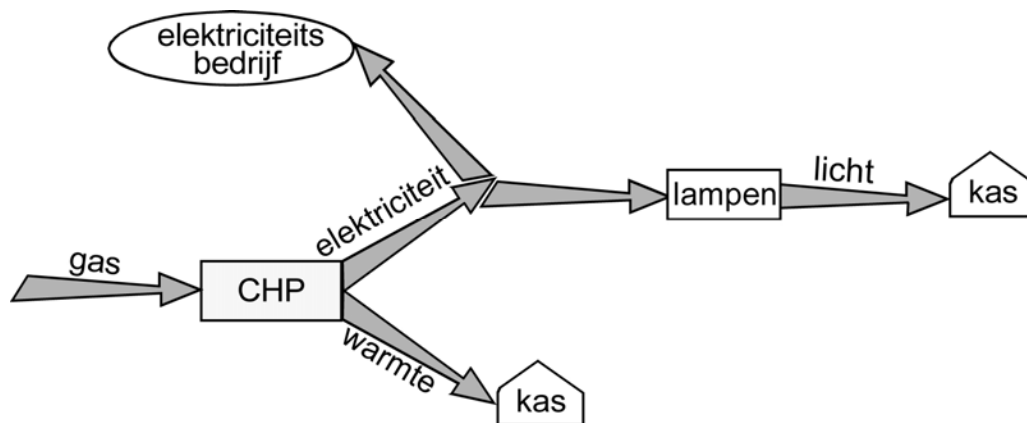
De warmte wordt gegenereerd door:

- de zon
- een CHP generator

Wat de zon doet spreekt voor zich, de lampen werken op elektriciteit, die komt van het elektriciteitsbedrijf. Een CHP generator heeft enige uitleg.

CHP betekent Combined Heat & Power. CHP generatoren leveren zowel warmte (en functioneren dus als 'kachel') als elektriciteit. De CHP, zoals we hem vanaf nu noemen, werkt op gas.

De elektriciteit die de CHP levert kun je zelf gebruiken, maar als je op zeker moment geen elektriciteit nodig hebt, dan kun je die elektriciteit ook verkopen aan het elektriciteitsbedrijf. In een schema ziet de CHP er zo uit:



Alle elementen in het systeem van de gesloten kas zijn nu voorgesteld:

de bronnen: zon, gas- en elektriciteitsbedrijf

de apparatuur: CHP en lampen

en

de hoofdrolspelers: warmte en licht.

Om het systeem goed te begrijpen ga je eerst een tweetal schema's ontwerpen.

Opdracht 1

Ontwerp een grafisch schema waarin alle bovengenoemde elementen staan en

waaruit duidelijk blijkt hoe het licht en de warmte in de kas komen.

Geef in je schema ook de geldstromen, de energiekosten dus, aan.

Ontwerp het schema met zo weinig mogelijk tekst, maar wel zo dat iemand zonder voorkennis het schema kan begrijpen.

De kas in getallen



Alle elementen die een rol kunnen spelen in het regelen van temperatuur en licht in de kas zijn bekend. Om nu te kunnen gaan rekenen moet je een aantal waardes kennen. De effecten en de kosten van opwarmen, afkoelen en verlichten staan hieronder.

Lampen

- Er zijn 100 identieke lampen in de kas.
- Eén lamp verbruikt per uur 5 cent aan elektriciteit.
- 's Nachts branden altijd alle 100 lampen.
- Op bewolkte momenten en tijdens de ochtend- en avondschemering moeten er 50 lampen aan.

Zon

- De zon geeft voldoende licht voor de kas op onbewolkte momenten.
- Op onbewolkte dagen laat de zon de temperatuur in de kas ieder uur 2°C stijgen, onafhankelijk van de binnen- of buitentemperatuur
- Als het in de kas warmer is dan buiten, dan daalt op bewolkte dagen en 's nachts de temperatuur in de kas ieder uur 1°C (tot de buitentemperatuur is bereikt)
- Omgekeerd: als het in de kas kouder is dan buiten en de zon niet schijnt, dan stijgt de temperatuur iedere uur met 1°C tot de buitentemperatuur is bereikt.

CHP

- De CHP verbruikt, als hij brandt, per uur 10 euro aan gas.
- De CHP kan de temperatuur in de kas maximaal met 3°C per uur laten stijgen.
- De CHP levert, als hij aanstaat, precies genoeg elektriciteit om alle 100 lampen te laten branden.
- De elektriciteit van de CHP levert maximaal 3 euro per uur op als de stroom aan het elektriciteitsbedrijf wordt verkocht
- De CHP kan ook een deel van de stroom aan de lampen leveren en de rest aan het elektriciteitsbedrijf.

De eerste planten



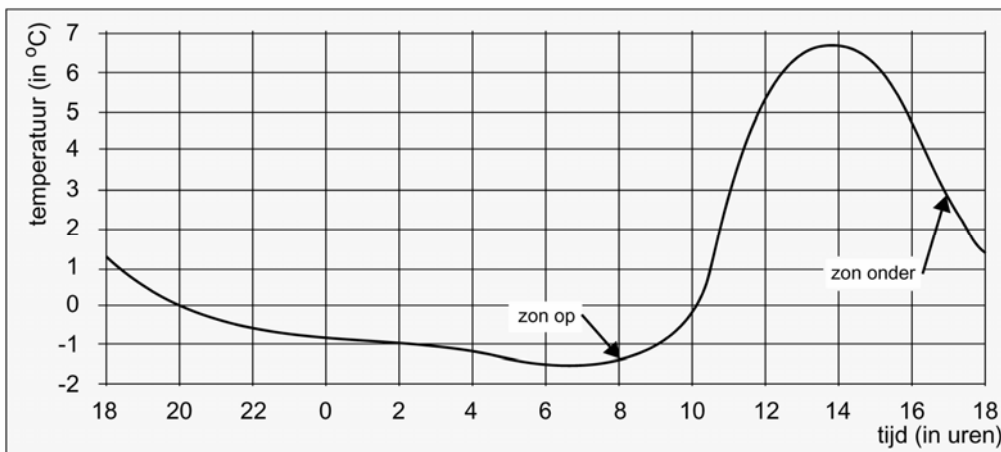
De eerste planten die in de kas gekweekt worden zijn tomaten. De tomatenplanten groeien het beste onder de volgende omstandigheden:

- overdag moet het vrijwel constant 25° C zijn, 's nachts mag de temperatuur dalen tot hooguit 18°C
- er is dag en nacht maximaal licht nodig

De tuinder zal proberen deze omstandigheden te realiseren door aan- en uitschakelen van lampen en CHP. Hij wil natuurlijk zo min mogelijk kosten maken. Wanneer en hoelang de CHP en de lampen aan staan, hangt natuurlijk af van de weersomstandigheden van de dag en de steeds veranderende omstandigheden in de kas.

Hier zie je de weersomstandigheden van een winterse dag:

- het is de hele dag bewolkt.
- de zon komt op om 8.00 uur en gaat onder om 17.00 uur
- de buitentemperatuur verloopt volgens onderstaande grafiek.



Wat moet de tuinder doen met de CHP en lampen om voor de tomatenplanten gedurende deze hele dag en nacht de geschikte omstandigheden te creëren in de kas?

Opdracht 2

In feite ga je de instellingen van de kas nu simuleren; je gaat aangeven wanneer en wat de CHP en de lampen doen. Die instellingen bepalen samen de temperatuur en het licht in de kas. Daarnaast is het ook nog eens je doel om dat zo goedkoop mogelijk te doen.

a. De nacht

Om 22 uur staat de CHP uit, alle lampen branden. De temperatuur in de kas is op dat moment precies 19 °C.

Ontwerp een schema voor het aan- en uitzetten van de CHP en de lampen, zodat de temperatuur en het licht de hele nacht (tot 8.00 uur), op de juiste waardes blijven.

Geef dit schakelschema overzichtelijk weer, geef ook op elk moment de temperatuur in de kas.

Onderzoek een aantal mogelijkheden voor het aan- en uitzetten en kijk of je een goedkoopste schakelschema kunt vinden.

b. De dag

Breidt vervolgens je schakelschema uit met het schema voor de dag (8.00 - 18.00).

Onderzoek ook hier verschillende alternatieven om zo tot de goedkoopste en dus, wat energie betreft, duurzaamste manier, te komen.

Het hoofd koel houden



Het verwarmen van de gesloten kas gaat met behulp van de CHP. Je kunt je voorstellen dat op een extreem zonnige dag de temperatuur te hoog wordt, hoger dan de buitentemperatuur, zelfs als de CHP uitstaat. Dit is het broeikas-effect. En dan kun je niet de ramen openzetten.

De oplossing komt via het grondwater. We besparen je de technische details, maar het komt er op neer dat je koud grondwater als koelwater kunt gebruiken. Je voegt dan een speciale pomp toe aan het systeem van de kas.

Technische gegevens over dit koelsysteem:

- De pomp kan de temperatuur met 2 °C per uur laten dalen.
- De pomp werkt op elektriciteit. De pomp verbruikt 4 euro aan elektriciteit per uur.

Opdracht 3

Het is een zonnige zomerdag. De zon komt op om 6.00 en gaat onder om 21.30. De minimumtemperatuur is 18,1 °C, en de maximumtemperatuur 30,6 °C.

Ontwerp voor deze zonnige dag (het hele etmaal) een optimaal (dus goedkoopst) schakelschema. Geeft daarin voor zowel de lampen, de CHP als de pomp aan wanneer en hoelang ze aan of uit staan en wat steeds de temperatuur in de kas is. Laat zien wat jullie schema kost en leg uit waarom dit het goedkoopst is.

Verfijning van het model

Natuurkundig gezien werkt de stijging en daling van de temperatuur als de verwarming uitstaat en de zon niet schijnt, niet helemaal zoals hierboven beschreven is. De warmte-energie die per tijdseenheid verloren gaat heeft niet een vaste waarde, maar is in werkelijkheid evenredig met het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur.

Met andere woorden: als je niet verwarmt dan koelt de kas sneller af als het temperatuurverschil met buiten groot is.

In ons model vertalen we dit als volgt:

Het aantal graden dat de kas per uur afkoelt (of opwarmt) zonder verwarming (of koeling) bedraagt het één tiende deel van het temperatuurverschil.



Opdracht 4

Onderzoek de invloed die deze verfijning van het model heeft op de resultaten van opdracht 2 en 3.

Eindopdracht 1

a

Bedenk zelf de (weers)omstandigheden van zomaar vier dagen in het jaar en onderzoek met welk schakelschema kunt je op die dagen de kas het meest rendabel kan laten werken.

b

Natuurlijk zijn er extreme omstandigheden waarin de apparatuur (de verwarming en de koeling) het eenvoudigweg niet aan kan. Beschrijf zo nauwkeurig mogelijk de (weers)omstandigheden van extreem winterse en extreem zomerse dagen waarop de kas niet aan de optimale omstandigheden voor de tomatenplant kan voldoen.

c

Maak een beargumenteerde schatting van de energiekosten per jaar, als er het hele jaar door tomaten in de kas staan. Motiveer alle aannames die je maakt.

Eindopdracht 2

Inmiddels ben je een ervaren 'kas operator'!

Zaterdagochtend krijg je:

- de karakteristieken van het weer op drie verschillende dagen
- de eisen waar de kas aan moet voldoen (wb licht en temperatuur)
- de benodigde startwaarden.

Bepaal voor iedere dag het optimale schakelschema van CHP, koeling (pomp) en lampen.

Presentatie

De Olympiade finale wordt afgesloten met een presentatie van de resultaten.

Maak een poster waarop staat:

- het schema van opdracht 1, aangevuld met het koelsysteem
- een schakelschema van een van de drie dagen die je 's zaterdagochtend hebt ontvangen
- de totale energiekosten van die drie uitgereikte dagen.