



STUDIECENTRUM VOOR ECONOMISCH EN SOCIAAL ONDERZOEK

MODEL voor de RENDABILITEITSANALYSE
van WARMTE-KRACHT toepassingen
in BEDRIJVEN en INSTELLINGEN*

Aviel VERBRUGGEN

Chris BUYSE

Rapport 87/206

februari 1987

**Studie van de zelfproduktiemogelijkheden van elektriciteit.*

Universitaire Faculteiten St.-Ignatius

Prinsstraat 13 - 2000 Antwerpen

D/1987/1169/05

Abstract

Bij de warmte-krachtproduktie voldoet men gelijktijdig aan een warmtevraag en aan een elektriciteitsvraag. Omdat beide produkten economisch moeilijk stockeerbaar zijn moet de vraag ogenblikkelijk voldaan worden wanneer ze optreedt.

Daarom wordt voor ieder uur i van een jaar een vraagpaar (E_i, Q_i) in het vlak Elektriciteit (E) - Warmte (Q) geanalyseerd. In hetzelfde vlak (E,Q) worden de produktiemogelijkheden van de benutte warmte-kracht technologie omschreven. De rendabiliteit van de technologie wordt uur per uur nagegaan in functie van de positie van het vraagpaar en in functie van de condities waaronder energiewisselingen met het elektriciteitsnet kunnen plaatsvinden. Omdat tarieven afhangen van maandelijkse parameters wordt de uur per uur informatie geaggregeerd op maandbasis om optimale produktiewijzen te selecteren.

Het model laat toe in detail de invloed na te gaan van de factoren die de rendabiliteit van warmte-krachttoepassingen het meest beïnvloeden, nl. 1°) de structuur van de gecombineerde vraag naar warmte en elektriciteit, 2°) de condities waaronder elektriciteit met het net uitgewisseld wordt, 3°) de kenmerken van de specifieke warmte-krachttechnologie.

Model voor de rendabiliteitsanalyse van warmte-kracht toepassingen
in bedrijven en instellingen

Inhoud

I Inleiding : doel van het programma

II De technologie

1. De verbrandingsmotoren
2. De gasturbines
3. De tegendrukturbine

III De simulatie

1. Het principe
2. De veiligheid
3. De onzekerheid
4. De tarificatie

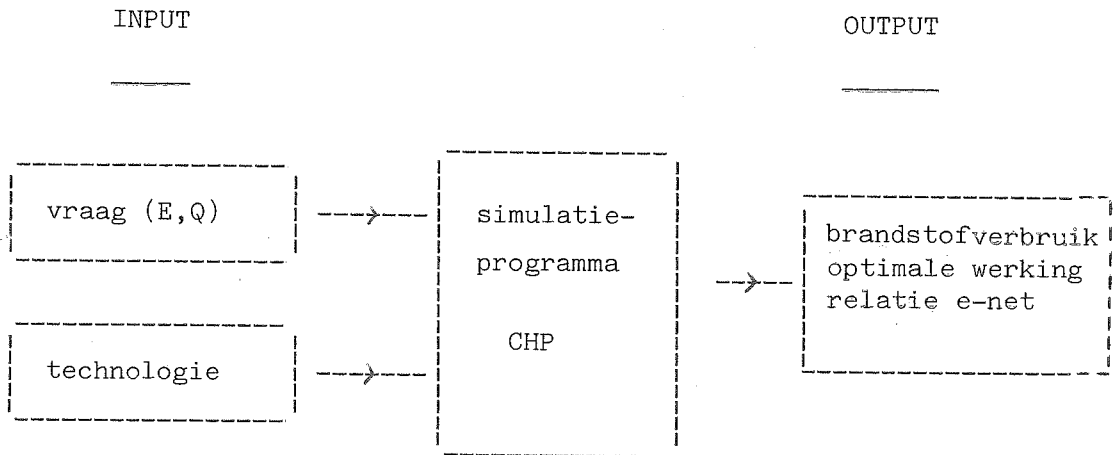
IV Besluit

Bibliografie

HOOFDSTUK I. : DOEL VAN HET PROGRAMMA

Het programma confronteert op uurbasis een gegeven vraag naar warmte (Q) en elektriciteit (E) met een voorafgekozen warmtekrachttechnologie. Het berekent het brandstofverbruik van de installatie, bestudeert de relatie met het openbaar elektriciteitsnet en geeft aan hoe de gekozen technologie optimaal aangewend kan worden (zie figuur 1).

Figuur 1 : input/output van het programma



Het programma leest per uur drie getallen in vanuit een 8760 x 3 matrix (8760 uren in een jaar) : 1) de vraag naar elektriciteit ; 2) de vraag naar warmte ; 3) een indicator voor de geldende tarificatie op het uur (daguur, stille uur). Deze matrix wordt geleverd door een programma, waar op basis van vraagpatronen voor typedagen en typeweken van een jaarkalender, de vraag op uurbasis gesimuleerd wordt (1).

Naast de vraag moet ook de beschikbare technologie gespecificeerd worden. De mogelijkheden worden behandeld in hoofdstuk II.

Hoofdstuk III bespreekt het principe van de simulatie zelf. De tarificatieproblematiek wordt er aangesneden.

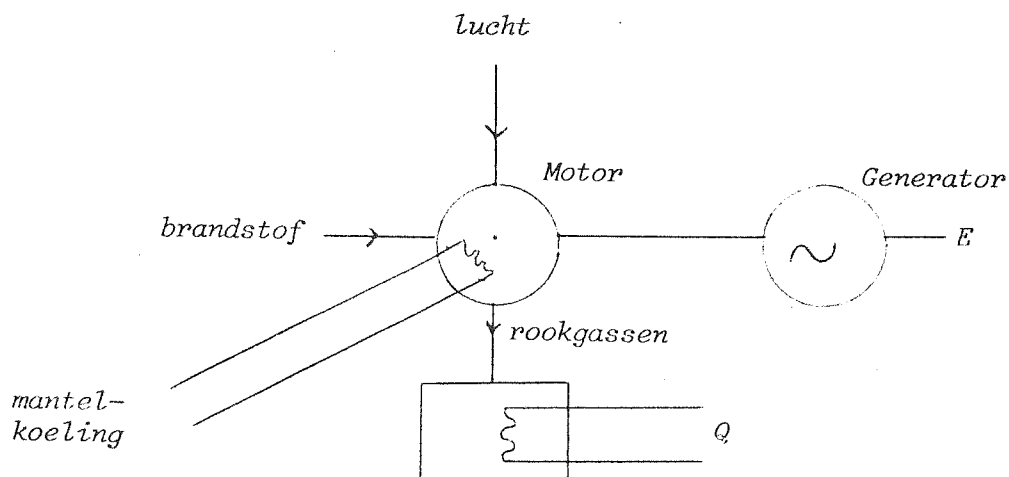
HOOFDSTUK II. : DE TECHNOLOGIE (2) (3)

De technologiekeuze is exogeen aan het model. Hoe die keuze verloopt valt buiten het bestek van deze nota. We overlopen de in aanmerking komende technologieën en de manier waarop zij gemodelleerd worden.

De relatie tussen geproduceerde elektriciteit en beschikbare warmte is van belang. Deze relatie wordt weergegeven door een verzameling produktiemogelijkheden in het vlak warmte-elektriciteit. Drie categorieën van warmte-kracht installaties, nl. verbrandingsmotoren, gasturbines en stoomturbines, worden geanalyseerd in deze tekst omdat ze het meest voorkomen in ondernemingen en instellingen.

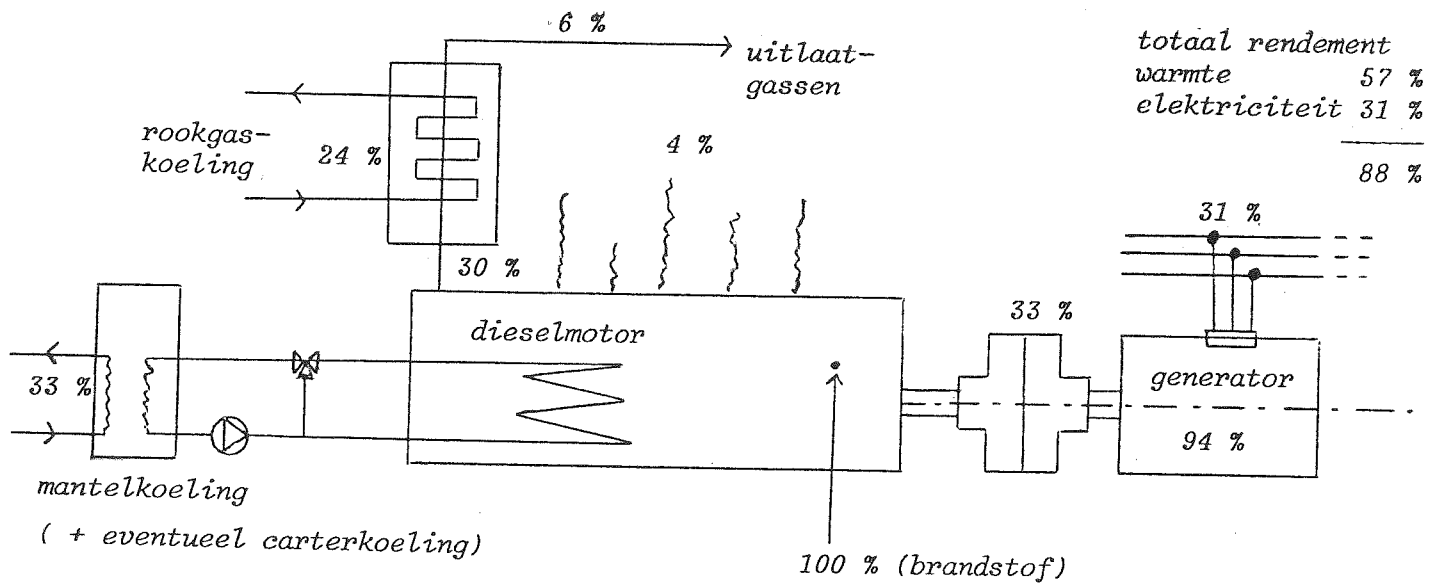
1. De verbrandingsmotor

Figuur 2 : Verbrandingsmotor ; principieschema



De diesel- of gasmotor drijft een generator aan. De warmte van de afvalgassen en van de mantelkoeling kan gerecupereerd worden. Deze recuperatie heeft weinig invloed op de elektriciteitsproduktie. Figuur 3 bevat een overzicht van de energiestromen bij een dieselgroep.

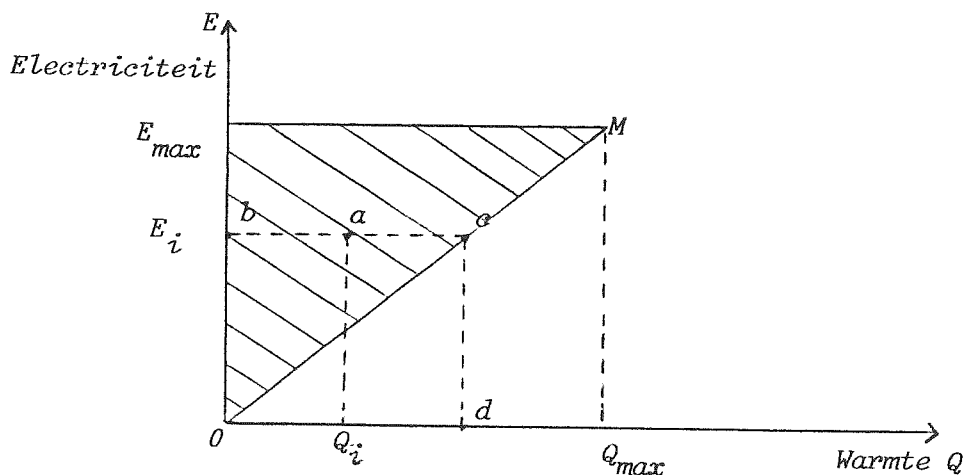
Figuur 3 : Energiestromen bij een dieselgroep



De mogelijke combinaties (E,Q) van een dergelijke opstelling kunnen worden weergegeven door de gearceerde driehoek OME_{max} , rechthoekig in E_{max} (figuur 4). De helling van de rechte OM is de kracht/warmte verhouding van de installatie. Deze is afhankelijk van de installatie zelf en van de gekozen uitvoering. Wanneer men enkel de warmte van de mantel- of rookgaskoeling zou benutten kent het lijnstuk OM een steil verloop; bij recuperatie van mantel- en rookgaswarmte is de rechte OM minder steil.

Punt M geeft de elektrische capaciteit E_{max} (ordinaat) en de warmte-capaciteit Q_{max} (abscis) van de eenheid aan.

Figuur 4 : Warmte-kracht produktiemogelijkheden van een verbrandingsmotorgroep



Elke vraag (E_i, Q_i) binnen de driehoek OME_{max} kan voldaan worden met de groep. Alle punten gelegen op een horizontale lijn binnen deze driehoek hebben eenzelfde totaal brandstofverbruik.

Voldoen aan vraagcombinatie a bijvoorbeeld vereist evenveel brandstof als voldoen aan vraagcombinatie b of vraagcombinatie c. Het brandstofverbruik in deze punten a, b of c is gelijk aan :

$$= (ob + od) / \text{energetisch rendement van de W/K installatie}$$

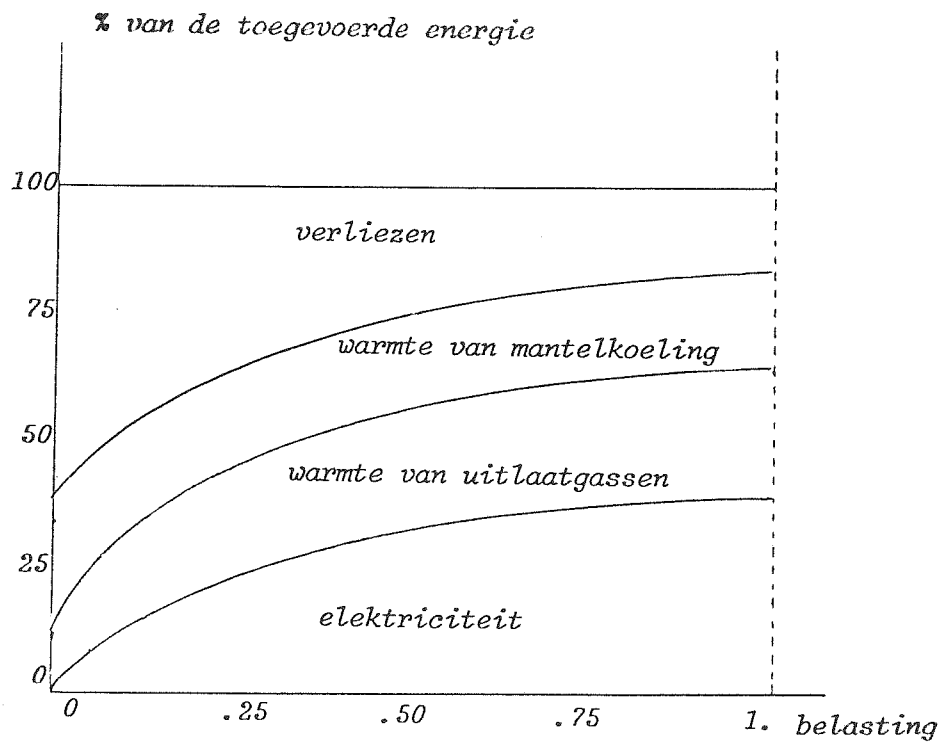
of

$$= ob / \text{rendement van de conversie naar elektriciteit}$$

Een vraagcombinatie (E_i, Q_i) buiten deze driehoek kan door deze technologie niet voldaan worden.

Het rendement van een dieselmotorgroep wordt getoond in figuur 5.

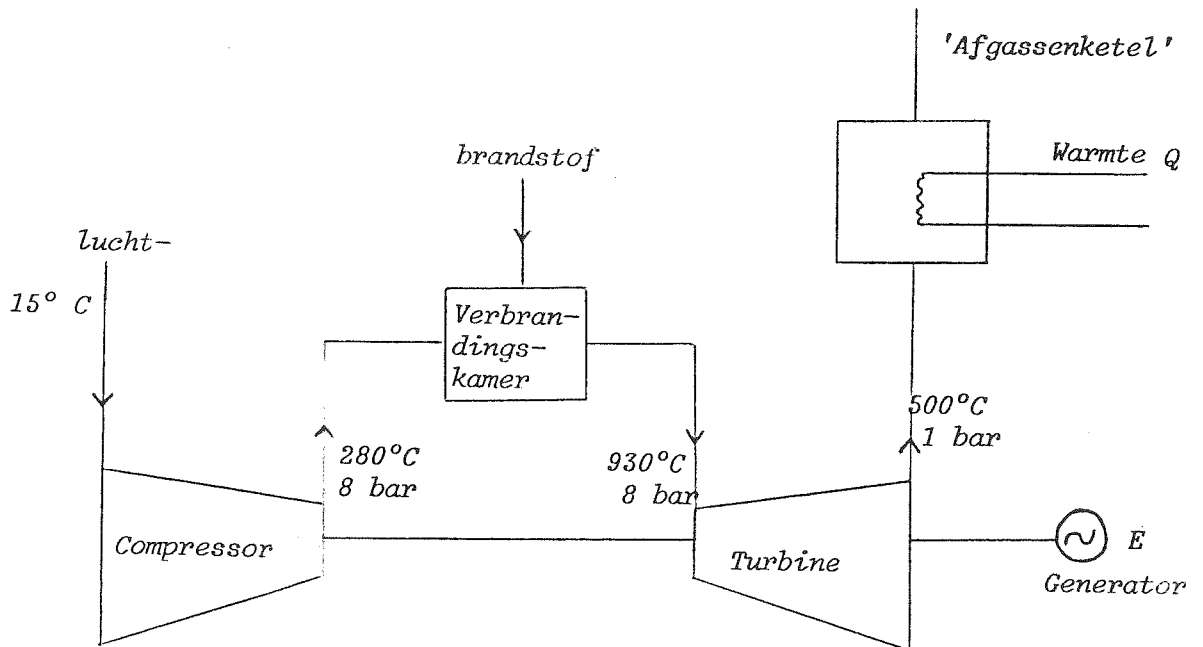
Figuur 5 : Dieselmotor. Rendement van de energie-omzetting bij verschillende belastingen



Bron : UCL. Afdeling thermodynamica en turbomachines

2. De gasturbine

Figuur 6 : Gasturbine ; principeschema



Lucht wordt aangezogen, gecomprimeerd en vervolgens in een verbrandingskamer met ingespoten brandstof (olie of gas) omgezet in hete verbrandingsproducten. Deze worden in een turbine geëxpandeerd en verrichten er arbeid. Via een warmtewisselaar ('afgassenketel') wordt de warmte van de verbrandingsgassen gerecupereerd.

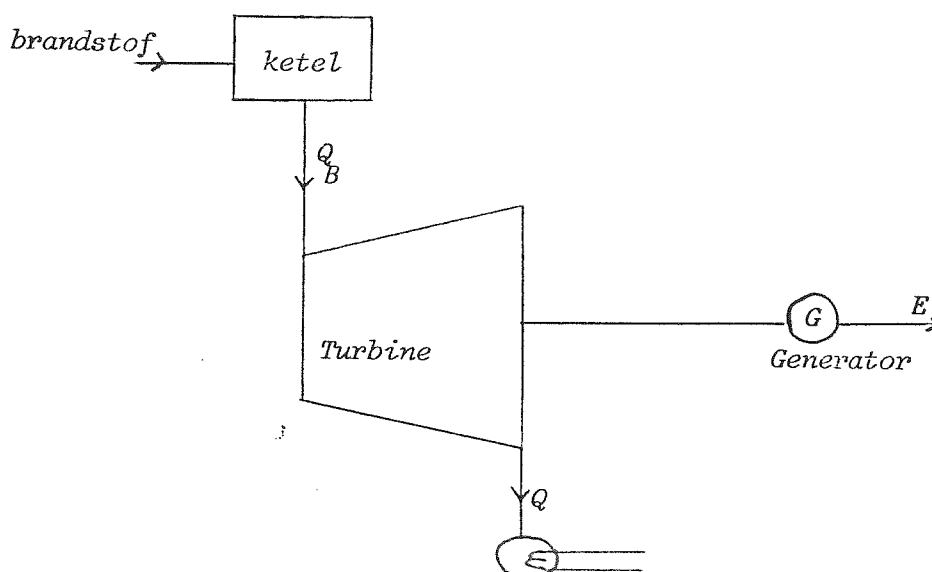
Ook hier heeft de warmterecuperatie weinig invloed op de elektriciteitsproductie, zodat de produktiemogelijkheden door een gelijkaardige driehoek worden weergegeven als bij diesel- of gasmotoren (zie figuur 4).

Wanneer in de afgassenketel hogedrukstoom wordt opgewekt kan hiermee een turbine worden aangedreven. Gekoppeld aan een generator levert deze dan een extra hoeveelheid elektriciteit. Deze combinatie gasturbine - stoomturbine noemt men een STEG-eenheid.

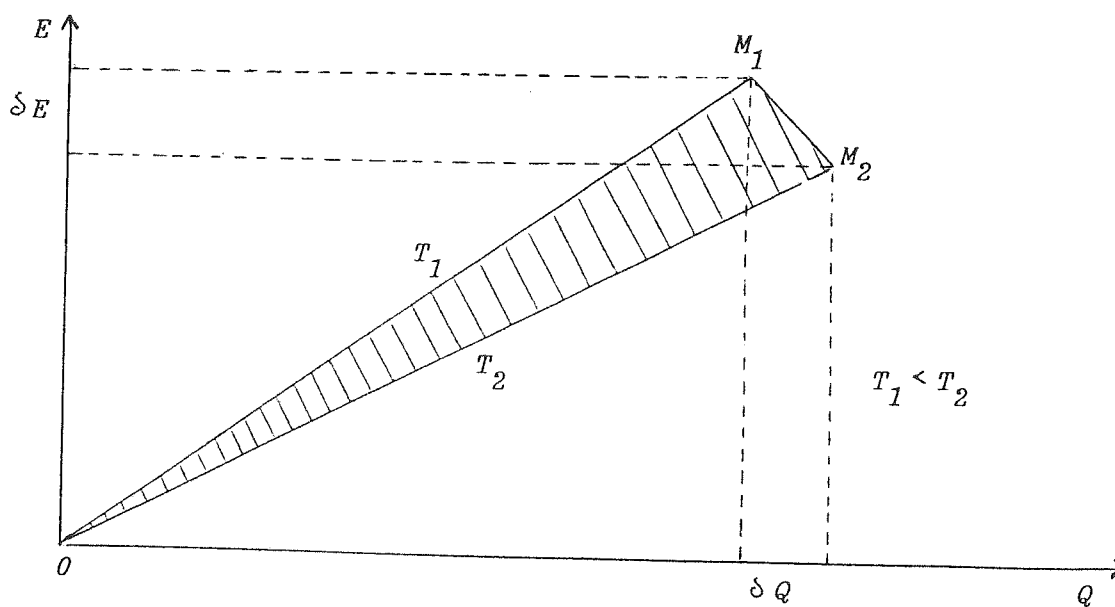
3. Stoomturbine

Voor kleinere toepassingen komen enkel tegendrukturbines in aanmerking.

Figuur 7 : tegendrukturbine ; principeschema



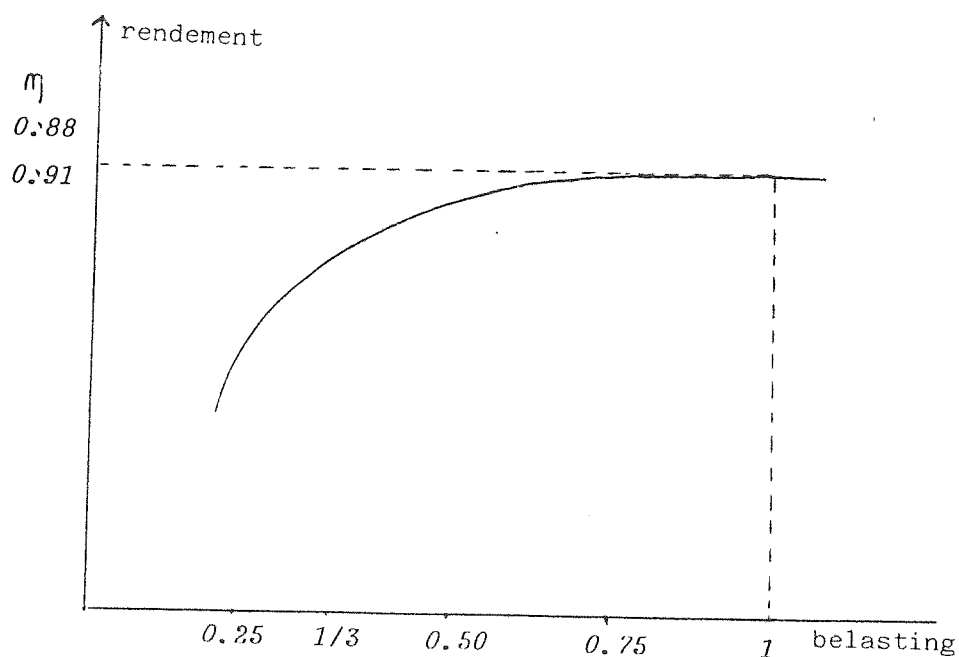
Figuur 8 : warmte-krachtproductie mogelijkheden van een tegendrukturbine



Voor gegeven condities (druk/temperatuur) van de verse stoom Q_B en van de afgenomen stoom Q , is bij een tegendrukturbine de kracht/warmte-verhouding constant. De produktiemogelijkheden (E_1, Q_1) worden door een lijnstuk in het (E, Q) -vlak weergegeven (vb. OM_1 of OM_2 in figuur 8). Door de tegendruk, en dus ook de uitgangstemperatuur van de stoom, te veranderen wordt de helling van het lijnstuk gewijzigd. Bij een toename van de tegendruk stijgt de beschikbare warmte ten nadele van eenzelfde hoeveelheid elektriciteit ($\Delta Q = -\Delta E$). Door ΔE om te zetten in ΔQ neemt de dure warmte/kracht-installatie de taak over van een goedkopere ketel waardoor het economisch gebruik van de installatie vermindert. De tegendruk moet daarom zo laag mogelijk gehouden worden. Het model beschouwt een constante uitgangstemperatuur van de stoom waardoor de produktiecombinaties beperkt blijven tot één lijn.

Het rendement van een tegendrukturbine wordt in figuur 9 getoond. Wanneer de vraag naar warmte kleiner wordt dan 20 à 25 % van de nominale capaciteit moet de installatie om veiligheidsredenen uitgeschakeld worden. Bij een belasting hoger dan 33 % bereikt men globale rendementen van 88 % tot 91 %.

Figuur 9 : conversie rendement van een tegendrukturbine



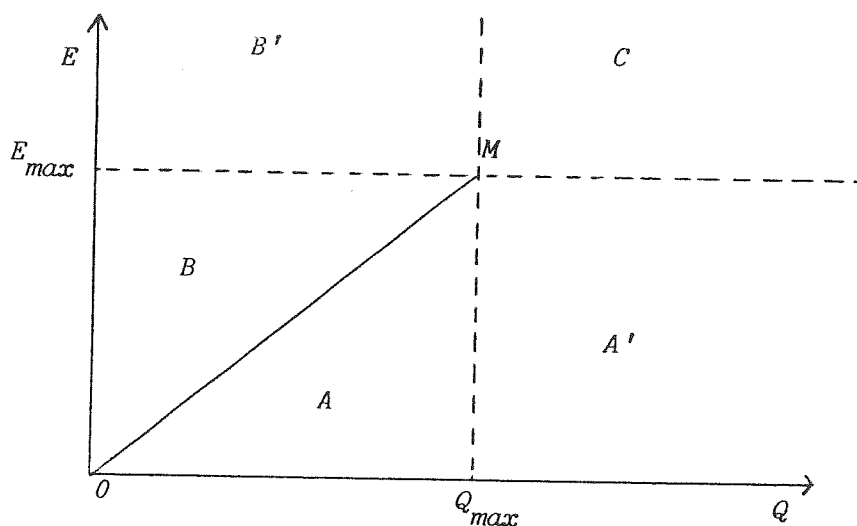
HOOFDSTUK III. : DE SIMULATIE

1. Het principe

De vraag naar warmte en naar elektriciteit wordt uur per uur weergegeven. Het model behandelt in zijn huidige opstelling één kalenderjaar per uitvoering. Er worden dus 8760 paren (E_i, Q_i) , $i=1, \dots, 8760$ verwerkt.

Een warmte-kracht technologie wordt beschreven door haar verzameling produktiemogelijkheden, door de energieconversierendementen en door de relevante kostprijsparameters. Dikwijls zal de vraagcombinatie (E_i, Q_i) buiten de mogelijkheden van de installatie vallen. Men zal soms moeten bijstoken en soms afkoelen ; soms zal men te weinig elektriciteit produceren en op andere ogenblikken teveel. Het programma onderzoekt per uur die situaties en geeft het optimaal beleid aan. Het principe wordt eerst uitgelegd voor een tegendrukturbine. Voor een gasturbine of verbrandingsmotor is de methode analoog. OM is de technologieline van een tegendrukturbine met warmtecapaciteit Q_{\max} en elektrische produktiecapaciteit E_{\max} . Voor een vraagpaar (E_i, Q_i) kunnen zich volgende situaties voordoen (zie figuur 10) :

Figuur 10 : Indeling van het warmte-krachtvlak in deelgebieden

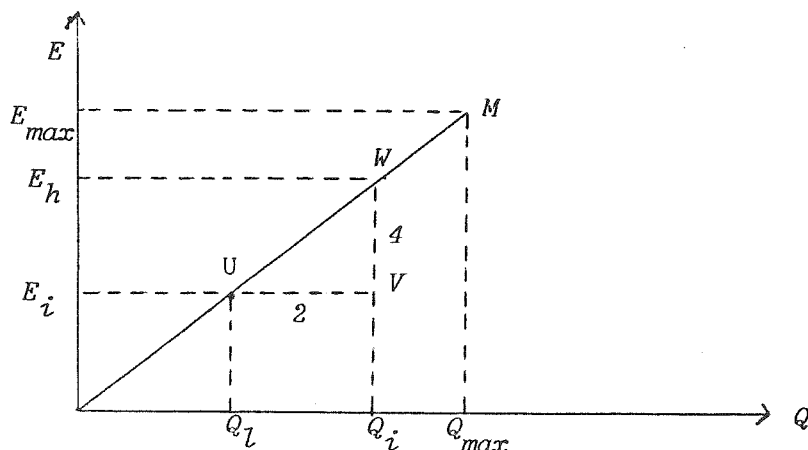


- het gebied A : (E_i, Q_i) ligt onder het lijnstuk OM
- het gebied A' : $E_i \leq E_{max}$
 $Q_i > Q_{max}$
- het gebied B : (E_i, Q_i) ligt boven het lijnstuk OM en
 $E_i \leq E_{max}$
- het gebied B' : (E_i, Q_i) ligt boven het lijnstuk OM en
 $E_i > E_{max}$
- het gebied C : $E_i > E_{max}$ en $Q_i > Q_{max}$

Elk van deze situaties vraagt een verschillende aanpak en wordt door het model afzonderlijk behandeld.

1° het gebied A (figuur 10)

Figuur 11 : Deelgebied A van het warmte-krachtvlak



De turbine kan de gewenste vraagcombinatie V niet voldoen.

Twee oplossingen dringen zich op (zie figuur 11) :

Ofwel produceert men in U : er wordt voldoende elektriciteit gemaakt, maar te weinig warmte. Een bijstookinstallatie levert het tekort aan warmte UV.

Ofwel produceert men in W : er is voldoende warmte maar teveel elektriciteit. De overtollige elektriciteit wordt, mits vergoeding, in het openbaar distributienet gestuurd.

De eerste mogelijkheid omschrijven we als 'elektriciteit volgend' (in het model strategie 2 geheten). De tweede mogelijkheid omschrijven we als 'warmtevolgend' en krijgt de naam strategie 4. Strategie 3 wordt gedefinieerd als een combinatie van strategie 2 en strategie 4 : tijdens de daguren wordt overtollige elektriciteit aan het net verkocht en tijdens de stille uren wordt bijgestookt.

De keuze tussen strategie 2 en 4 volgt uit een economische vergelijking van beide.

Stel :	P_f	:	eenheidsprijs brandstof van de WK-installatie
	P_b	:	eenheidsprijs brandstof van de bijstook- installatie
	P_{ea}	:	eenheidsprijs geleverde elektriciteit aan het net
	F_w	:	brandstofverbruik WK-installatie in punt W
	F_u	:	brandstofverbruik WK-installatie in punt U
	$F_b (Q_i - Q_1)$:	brandstofverbruik van de bijstookinstallatie bij een warmteproductie van $Q_i - Q_1$.

dan bedragen de kosten van strategie 2 :

$$P_f \cdot F_u + P_b \cdot F_b (Q_i - Q_1)$$

en deze van strategie 4 :

$$P_f \cdot F_w - P_{ea} \cdot (E_h - E_i)$$

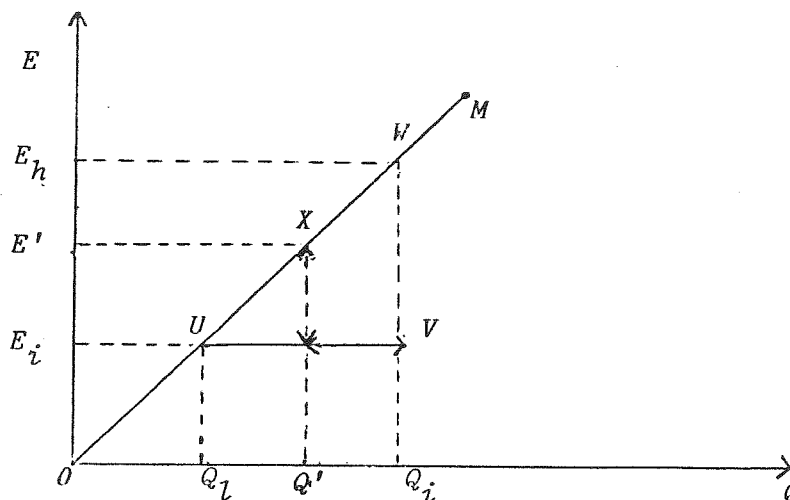
We kiezen strategie 2 wanneer :

$$P_f \cdot F_u + P_b \cdot F_b (Q_i - Q_1) < P_f \cdot F_w - P_{ea} \cdot (E_h - E_i)$$

$$\text{of } P_b \cdot F_b (Q_i - Q_1) < P_f \cdot (F_w - F_u) - P_{ea} \cdot (E_h - E_i)$$

Een variante van strategie 4 bestaat erin het teveel aan geproduceerde elektriciteit om te zetten in warmte via weerstanden i.p.v. te verkopen aan het openbaar net. Om aan de vraagcombinatie (E_i, Q_i) (punt V) te voldoen, wordt met deze strategie in het punt X van figuur 12 geproduceerd. De hoeveelheid $E_h - E_i$ wordt in warmte $Q_i - Q'$ omgezet. Deze variante wordt in het model strategie 1 genoemd.

Figuur 12 : Deelgebied A van het warmte-krachtvlak. Strategie 1



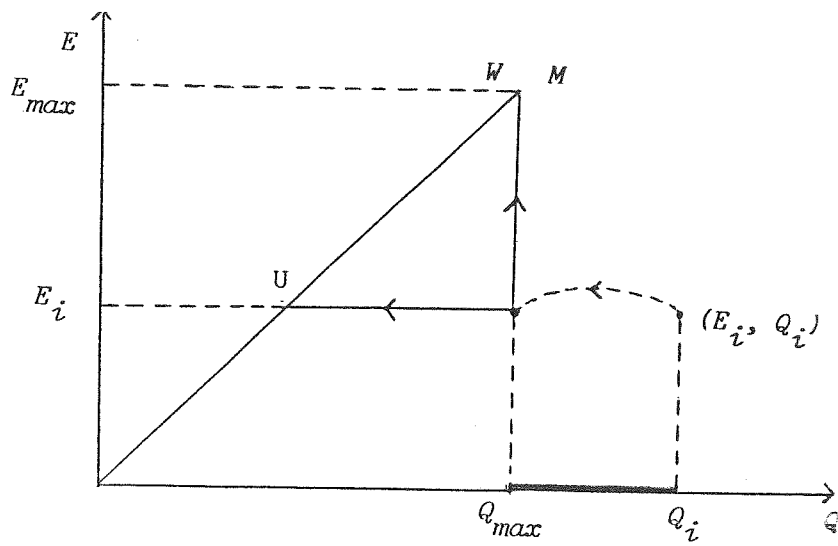
Om redenen die verband houden met de tarificatie (zie III.4) kan de economische evaluatie slechts maand per maand gemaakt worden. Daarom worden de gegevens per uur naar afzonderlijke telwerken verwezen voor de diverse strategieën en voor de diverse tariefperiodes.

2° het gebied A' (figuur 10)

De warmtehoeveelheid $Q_i - Q_{\max}$ kan hier onmogelijk door de WK-installatie geleverd worden. De vraagcombinatie (E_i, Q_i) in figuur 13 wordt herleid tot een vraagcombinatie (E_i, Q_{\max}) , die door de installatie wel voldaan kan worden (te behandelen zoals onder punt 1° beschreven). De warmtehoeveelheid $Q_i - Q_{\max}$ moet bijgestookt worden.

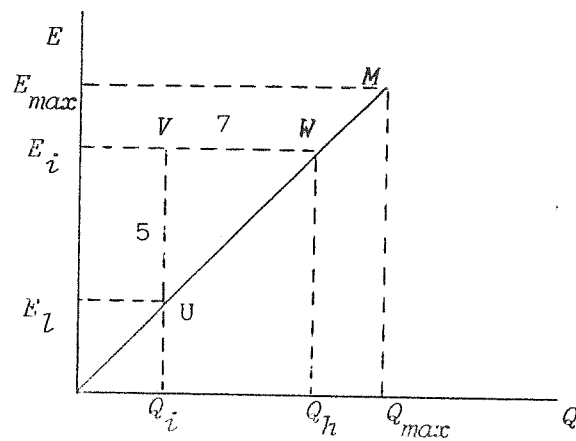
De variante waarin men het bijstoken vermijdt door het omzetten van het teveel aan elektriciteit in warmte door het Joule-effect wordt ook hier voorzien.

Figuur 13 : Deelgebied A' van het warmte-krachtvlak



3° het gebied B (figuur 10)

Figuur 14 : Deelgebied B van het warmte-krachtvlak



Ook hier zijn verschillende strategieën mogelijk (figuur 14) :

- ofwel produceert men in U : er is voldoende warmte maar te weinig elektriciteit. Deze hoeveelheid wordt aangekocht. (strategie 5).
- ofwel produceert men in W : er is voldoende elektriciteit maar teveel warmte die verloren gaat (strategie 7). De realisatie van deze strategie vereist de beschikbaarheid van hetzij een koeler, hetzij een afblaasinstallatie van de overtollige stoom.

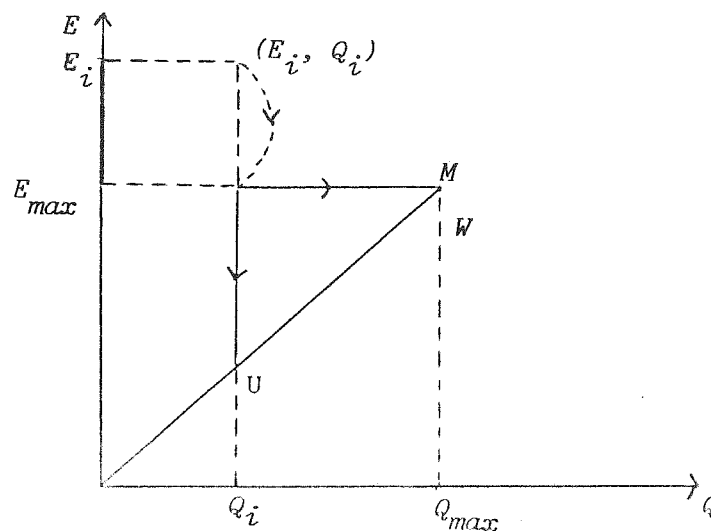
Strategie 6 is een combinatie van 5 en 7 : tijdens de daguren wordt in W geproduceerd, en tijdens de stille uren in U.

4° het gebied B' (figuur 10)

Een vraag gelegen in het gebied B' wordt op dezelfde manier behandeld als een vraag gelegen in het gebied B.

De elektriciteitsvraag E_i wordt teruggebracht tot E_{max} (figuur 15). De hoeveelheid $E_i - E_{max}$ wordt aangekocht van het net.

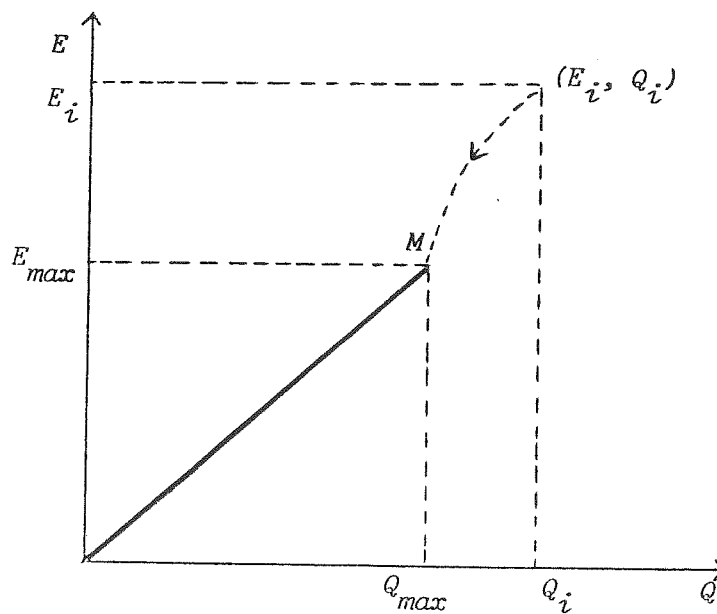
Figuur 15 : Deelgebied B' van het warmte-krachtvlak



5° het gebied C (zie figuur 10)

Wanneer een vraag gelegen is in het gebied C wordt steeds op maximum vermogen geproduceerd. De warmtehoeveelheid $Q_i - Q_{max}$ wordt bijgestookt, en de hoeveelheid elektriciteit $E_i - E_{max}$ wordt aangekocht. (figuur 16).

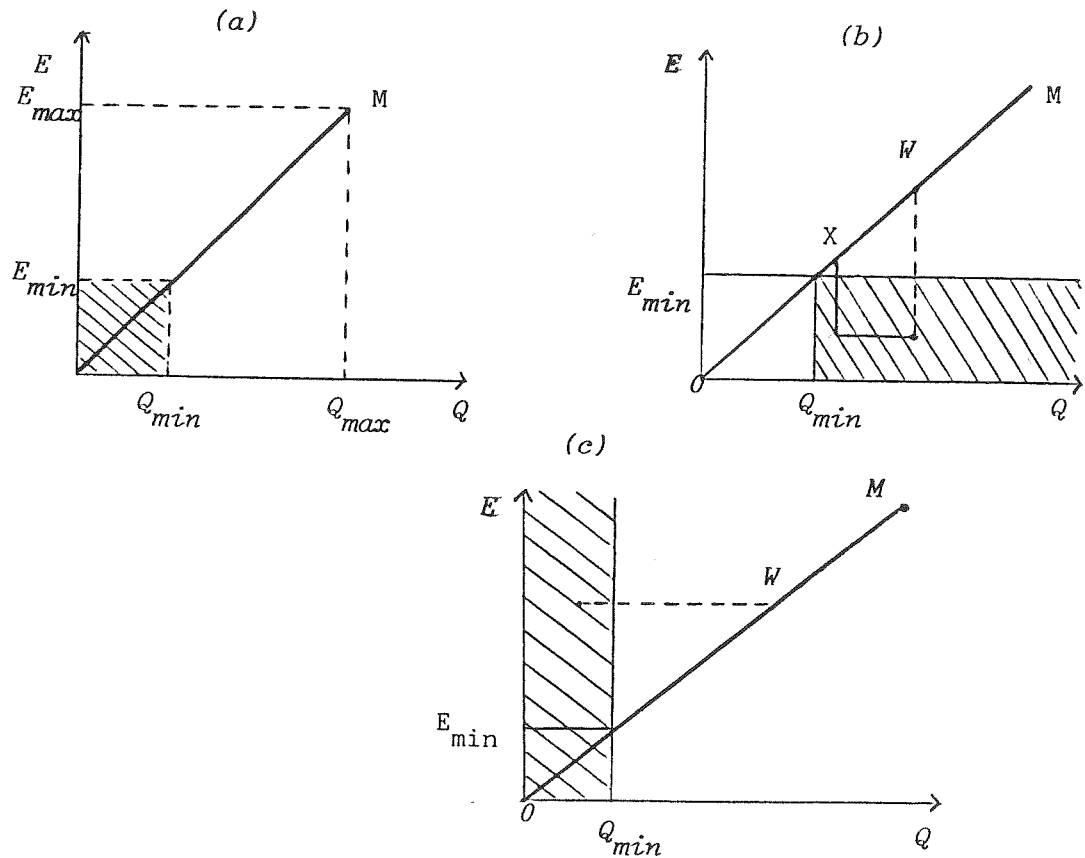
Figuur 16 : Deelgebied C van het warmte-krachtvlak



2. De veiligheid

Wanneer een vraag (E_i, Q_i) bepaalde minimumdrempels niet overschrijdt wordt de installatie uit veiligheidsoverwegingen stilgelegd.

Figuur 17 : Minimumdrempels van gevraagde energie voor een veilige werking van de installaties



Volgende situaties kunnen zich voordoen :

Ligt een vraag in het gearceerd gebied van figuur 17(a) ($E_i < E_{min}$ en $Q_i < Q_{min}$) dan moet voor alle strategieën 1, 2, 3 en 4 E_i aangekocht en Q_i bijgestookt worden.

Ligt een vraag in het gearceerd gebied van figuur 17(b) ($E_i < E_{min}$ en $Q_i > Q_{min}$) of van figuur 17(c) ($E_i > E_{min}$ en $Q_i < Q_{min}$) dan wordt ofwel in O geproduceerd ofwel in W . In de situatie zoals in figuur 17(b) afgebeeld, laat de variante met de omzetting via het Joule-effect ook toe in bepaalde gevallen te kiezen tussen O , W en X .

3. Onzekerheid

Wanneer we de evaluatie doorvoeren zoals hierboven uiteengezet veronderstellen we een nooit falende technologie. Onvoorziene onbeschikbaarheden kunnen de financiële resultaten beïnvloeden. Om dit te onderzoeken zijn volgende mogelijkheden in het programma ingebouwd :

1. Mits opgave van een onvoorziene onbeschikbaarheidsfactor kiest het programma 'at random' zowel een daarmee overeenstemmend aantal stilstanden als de tijdsduur ervan. We verduidelijken dit met een voorbeeld.
Veronderstel een onbeschikbaarheidsfactor van 5 % en relatieve frequenties van de tijdsduur van de stilstanden als volgt :

<u>tijdsduur van een stilstand</u>	<u>relatieve frequentie</u>
1 uur	0.80
5 uren	0.15
10 uren	0.05
	<hr/>
	1.00

Het programma berekent eerst het aantal uren onvoorziene onbeschikbaarheid ($= 8760 \times 0.05 = 438$ uren). Er wordt een trekking gedaan van een getal gelegen tussen 1 en 8760 (eerste uur van stilstand), en daarna een trekking van de tijdsduur. De trekkingen worden herhaald tot men aan het vereist aantal uren stilstand komt. De tijdsperioden worden chronologisch gerangschikt en gecontroleerd op eventuele overlapping. Een voorbeeld van de resultaten wordt getoond in figuur 18.

Figuur 18 : Overzicht van de stilstanden van een installatie,
op basis van een stochastische simulatie

JANUARY aantal stilstanden : 5 aantal uren : 14 (.0194)

Day/Hour	1	5	10	15	20	24
1 :					
2 :					
3 :					
4 :					
5 :					
6 :					
7 :					
8 :					
9 :					
10 :		*****			
11 :					
12 :				*	
13 :					
14 :					
15 :					
16 :					
17 :					
18 :					
19 :					
20 :					
21 :*					
22 :				*	
23 :					
24 :					
25 :					
26 :					
27 :					
28 :					
29 :*					
30 :					
31 :					

2. Men kan ook vooraf gedetermineerde stilstandsperioden geven. Dit laat toe de impact te berekenen van stilstanden gedurende perioden van spitsvraag.

4. Tarificatie

De prijzen van de brandstoffen benut in de Warmte-Kracht installatie en in de bijstookinstallatie worden opgegeven in frank/GJ voor elke maand van het jaar dat geanalyseerd wordt.

De prijzen van de elektriciteit verhandeld tussen het centraal net en de onderneming of instelling die de W/K-installatie uitbaat, beïnvloeden sterk de selectie van de optimale deelstrategieën zoals in §1 van dit hoofdstuk beschreven. Het programma laat toe de invloed te onderzoeken van variaties in de tariefcondities die de interactie van de decentrale elektriciteitsproducenten met het centraal net regelen.

In het programma zijn momenteel twee tariefopties voorzien :

- (a) toepassing van de BCEO-voorstellen, neergelegd bij het Controlecomité voor de Elektriciteit en het Gas in de jaren 1985-1986. Het betreft de tarieven voor hulplevering aan zelfproducenten en de tarieven voor levering van zelfproducenten aan het openbaar net. Deze voorstellen worden nader geanalyseerd in een SESO-rapport in voorbereiding (4).
- (b) toepassing van het normaal hoogspanningstarief A voor leveringen van het net aan de zelfproducenten en toepassing van de BCEO-voorstellen op leveringen van de zelfproducenten aan het net.

Een gedetailleerde studie van de tarieven is nog in ontwikkeling (4). Hier wordt enkel een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste elementen.

(a) Tarieven voor hulplevering aan de zelfproducenten

Het BCEO werkte 2 varianten uit : een tarief afgeleid van het hoogspanningsbarema A en een tarief afgeleid van het hoogspanningsbarema C.

Volgende symbolen worden gebruikt :

- P_S : het onderschreven vermogen dat de leverancier ter beschikking houdt van de klant (kW)
- P_{md} : het maximum vermogen dat door de klant tijdens de volle uren wordt afgenomen (kW)
- P_{mn} : het maximum vermogen dat door de klant tijdens de stille uren wordt afgenomen (kW)
- T_{fa} : de unitaire vaste term van het tweeledig tarief A (drijfkracht) (fr/kW - maand)
- T_{fc} : de unitaire vaste term van het tweeledig tarief C (fr/kW - maand)

a.1. tarief afgeleid uit het A-tarief

voorwaarde : aansluiting : - op spanning ≤ 15 kV
- op HS-net

proportionele term :

dag : 1,017. Indh. Ndh. D + 0,642. Nc
stille uren : 0,494 Indh. Ndh + 0,542. Nc

vaste term :

als $P_{md} \leq P_S$: $T_{fa} \cdot P_{md} + 0,5 \cdot T_{fa} \cdot (P_S - P_{md}) + 0,2 \cdot T_{fa} \cdot (P_{mn} - P_S)^\circ$

als $P_{md} > P_S$: $T_{fa} \cdot P_{md} + 5 \cdot T_{fa} (P_{md} - P_S) + 0,2 \cdot T_{fa} \cdot (P_{mn} - P_{md})^\circ$

($^\circ$: valt weg indien negatief)

a.2. tarief afgeleid uit het C-tarief

voorwaarde : aansluiting : - op spanning ≤ 15 kV
 - op grote post

proportionele term :

dag : $(0,204 \cdot \text{Inp} \cdot \text{Np} + 0,622 \cdot \text{Nc})$

stille uren : $(0,074 \cdot \text{Inp} \cdot \text{Np} + 0,536 \cdot \text{Nc})$

vaste term :

als $P_{\text{md}} \leq P_{\text{S}}$: $T_{\text{fc}} \cdot P_{\text{md}} + 0,28 \cdot T_{\text{fc}} \cdot (P_{\text{S}} - P_{\text{md}}) + 0,2 \cdot T_{\text{fc}} \cdot (P_{\text{mn}} - P_{\text{S}})^{\circ}$

als $P_{\text{md}} > P_{\text{S}}$: $T_{\text{fc}} \cdot P_{\text{md}} + 3 \cdot T_{\text{fc}} \cdot (P_{\text{md}} - P_{\text{S}}) + 0,2 \cdot T_{\text{fc}} \cdot (P_{\text{mn}} - P_{\text{md}})^{\circ}$

($^{\circ}$: valt weg indien negatief)

(b) tarieven voor leveringen aan het openbaar net

Ook hiervoor stelt het BCEO twee varianten voor, naargelang de zelfproducent een geïnstalleerd vermogen heeft boven of onder de 1000 kW.

b.1. geïnstalleerd vermogen ≤ 1000 kW

proportionele term :

dag : 0,622 Nc F/kWhd

stille uren : 0,536 Nc F/kWhn

De energie tijdens de nachturen aan het net geleverd, wordt slechts vergoed ten belope van 50 % van de energie die tijdens de daguren wordt geleverd.

vaste term : wordt jaarlijks toegekend indien de produktie-
groep van de zelfproducent ten belope van minstens
50 % tijdens de daguren voor het net beschikbaar
blijkt :

$$1200 \cdot \text{Inp.} \cdot K \cdot N_p \cdot F/\text{kW}$$

k = korrektieterm gelegen tussen 0 en 1 in functie
van de beschikbaarheid.

b.2. geïnstalleerd vermogen > 1000 kW

proportionele term :

$$\text{dag} \quad : \quad 0.622 \cdot F' \cdot N_c \quad F/\text{kWhd}$$

$$\text{stille uren} \quad : \quad 0.536 \cdot F' \cdot N_c \quad F/\text{kwhn}$$

vaste term : voor de berekening van de vaste term werd een inge-
wikkeld mechanisme bedacht dat rekening houdt met de
leveringen gedurende de 5 voorbijgaande jaren. Om-
wille van het onwaarschijnlijk karakter van het voorstel
wordt de vaste term door het programma verwaarloosd.

HOOFDSTUK IV. - BESLUIT

Het ontwikkelde model is gebaseerd op het concept van de verzameling warmte-krachtmogelijkheden van een bepaalde technologie (3). In deze studie beperken we ons tot technieken die ook kleinschalig realiseerbaar zijn (motoren, gasturbines, tegendrukturbines). De warmte-kracht mogelijkheden van deze technieken worden voorgesteld door een lijnstuk in een vlak warmteproductie - elektriciteitsproductie.

Over hetzelfde vlak "warmte-elektriciteit" werd een dichtheidsfunctie van de vraag naar beide energievormen opgesteld (1).

Het hier beschreven model zoekt uur per uur de optimale productie- en aankoop/verkoop-beslissingen en berekent in detail de kosten van de diverse opties. Hierbij wordt rekening gehouden met de nu door het BCEO voorgestelde reglementering van de interactie tussen de zelfproducenten en het centraal net. Ook alternatieve voorstellen terzake kunnen op hun impact onderzocht worden.

Het beschreven model en bijhorend computerprogramma vormt samen met het instrumentarium in (1) voorgesteld één geheel om met groot detail de warmte-krachtproductie in een onderneming of instelling te evalueren. Hierdoor verwerft de beslissingnemer een nauwkeurig, kwantitatief inzicht in de haalbaarheid van de warmte-krachtproductie onder verschillende condities. Zo worden enerzijds de vele valkuilen die de warmte-krachtproductie inhoudt voor een argeloze beslissingnemer blootgelegd. Anderzijds leert men de gunstige toepassingen van de warmte-krachttechniek onderscheiden en leert men welke bezwaren tegen warmte-krachtproductie reëel zijn en welke kunstmatig.

Bibliografie

- (1) DIERICK, F., VERBRUGGEN, A., 'Modelisatie van de vraag naar elektriciteit en naar warmte in bedrijven en instellingen', UFSIA-SES0, Antwerpen, 1987.
 - (2) VERBRUGGEN, A., 'Planning of district heating in Belgium', Ph D. thesis, UFSIA, 1979.
 - (3) VERBRUGGEN, A., 'A systemmodel of combined heat and power generation in district heating', Resources and Energy, Vol. 4, No. 3, 1982.
 - (4) VERBRUGGEN, A., BUYSE, C., KNOOREN, H., 'Studie van de voorwaarden van koppeling van decentrale elektriciteitsproducenten aan het centraal net', UFSIA-SES0, in voorbereiding.
-