

**ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT
WKK IN BURGERLIJK ZIEKENHUIS, RONSE**

J. Desmedt

Eindrapport

VITO

Augustus 1997

SAMENVATTING

In het kader van het Koninklijk Besluit van 10/02/1983, ter ondersteuning van REG-demonstratieprojecten, heeft de Vlaamse Gemeenschap aan het burgerlijk ziekenhuis te Ronse een investeringssubsidie toegekend bij de aanschaf van een WKK-installatie.

De WKK-installatie bestaat uit een gasmotor met generator en heeft een elektrisch vermogen van 164 kW en een thermisch vermogen van 263 kW. De WKK-installatie werkt parallel met het net : er wordt bijkomende elektriciteit van het net aangekocht maar er wordt geen elektriciteit teruggeleverd. De warmte van de WKK-installatie wordt gebruikt in het centrale verwarmingssysteem van 2 blokken van het ziekenhuis (A en C). Bijkomende warmte wordt opgewekt in een condenserende en in een niet-condenserende aardgasketel.

VITO voerde in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit op basis van continue energiemetingen van oktober 1994 tot en met september 1995. De technische prestaties van de WKK-installatie, de bereikte besparing op primaire energie, de vermindering van de CO₂-emissie en de rendabiliteit werden geanalyseerd.

In september 1995 werd vastgesteld dat de meting van de totale warmteproductie foutief was omwille van een foutief aangesloten temperatuurvoeler. Daarom werd de gemeten warmteproductie gecorrigeerd op basis van graaddagen.

Na het juist aansluiten van de debietmeter werd er nog verder gemeten van oktober 1995 tot eind april 1996 om na te gaan of er warmte werd weggekoeld, wat in deze periode niet het geval was.

Gedurende de registratieperiode (van oktober 1994 tot en met september 1995) heeft de WKK-installatie 373 MWh elektriciteit en 602 MWh warmte geproduceerd. Van het openbaar net werd 737 MWh elektriciteit afgenomen. De condenserende aardgasketel produceerde 702 MWh en de niet-condenserende ketel leverde 227 MWh aanvullende warmte. De gemiddelde elektrische belasting van de WKK-installatie bedroeg 136 kW en de thermische belasting 220 kW. De WKK-installatie dekte 34% van de elektriciteitsvraag en 39% van de warmtevraag van het ziekenhuis. De WKK-installatie was enkel tijdens de normale uren in bedrijf en dus niet 's nachts noch in het weekend. De WKK-installatie maakte 2.705 draaiuren of 2.272 equivalente vollasturen.

Gedurende de registratieperiode haalde de WKK-installatie een gemiddeld elektrisch rendement van 25% en een thermisch rendement van 41% waarmee een totale brandstofbenuttigingsgraad van 66% werd bereikt. De relatief lage rendementen zijn te wijten aan het frequente deellastgedrag van de WKK-installatie.

Door het toepassen van WKK werd gedurende de registratieperiode 249 GJ primaire energie bespaard (equivalent aan 7.100 m³ aardgas) en werd de CO₂-emissie met 58 ton gereduceerd.

Uitgaande van de tariefvoorwaarden geldig tijdens de registratieperiode, kan het ziekenhuis een jaarlijkse besparing op de energierekening realiseren van 1,1 MBEF (19%). Bij

jaarlijkse onderhoudskosten van 0,2 MBEF en een investeringsbedrag van 5 MBEF, ligt de terugverdientijd van het project op 5,6 jaar (intern rendement 12%).

INHOUD

SAMENVATTING.....		2
1	INLEIDING.....	5
2	TECHNISCHE BESCHRIJVING	6
2.1	Elektriciteitsvoorziening.....	7
2.2	Warmtevoorziening.....	7
2.3	Bedrijfsstrategie WKK-installatie.....	10
3	METING EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN.....	11
4	TECHNISCHE EVALUATIE.....	13
4.1	Elektriciteitsproductie.....	13
4.2	Warmteproductie.....	16
4.3	Rendementen WKK-installatie.....	18
5	PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO ₂ -REDUCTIE.....	19
6	ECONOMISCHE EVALUATIE.....	20
7	BEVINDINGEN VAN DE GEBRUIKER.....	23
8	BESLUIT.....	24
	BIJLAGE 1 : Energiebalans van de WKK-installatie volgens de leverancier.....	25
	BIJLAGE 2 : Samenvattende tabel technische prestaties WKK.....	26
	BIJLAGE 3 : CO ₂ -emissiefactor en rendement elektriciteitspark.....	27
	BIJLAGE 4 : Primaire energiebesparing en CO ₂ -emissiereductie.....	28
	BIJLAGE 5 : Tarieven (geldig tijdens registratieperiode okt. '94 - sept. '95).....	29
	BIJLAGE 6 : Gevraagde en aangekochte piekvermogens.....	31
	Referenties.....	32

1 INLEIDING

Het burgerlijk ziekenhuis te Ronse was aan de vervanging toe van zijn oude en overgedimensioneerde stookplaats met stoomketels en heeft in dat opzicht de mogelijkheden voor de plaatsing van een WKK-installatie overwogen. Op basis van een gunstig advies van het studie bureau heeft het ziekenhuis in februari 1993 het licht op groen gezet voor de aanschaf van een WKK-installatie en eind juli 1993 kon de installatie proefdraaien.

In het kader van het Koninklijk Besluit van 10/02/1983, ter ondersteuning van REG-demonstratieprojecten, heeft de Vlaamse Gemeenschap aan het ziekenhuis een investeringssubsidie toegekend. VITO voerde in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. Van oktober 1994 tot en met september 1995 werden de energiestromen in het ziekenhuis gemeten en geregistreerd. Op basis van deze metingen werden de technische prestaties van de WKK-installatie, de bereikte besparing op primaire energie, de vermindering van de CO₂-emissie en de rendabiliteit geanalyseerd.

In september 1995 werd vastgesteld dat de meting van de totale warmteproductie foutief was omwille van een foutief aangesloten temperatuurvoeler. Daarom werd de gemeten warmteproductie gecorrigeerd op basis van graaddagen.

Na het juist aansluiten van de debietmeter werd er nog verder gemeten van oktober 1995 tot eind april 1996 om na te gaan of er warmte werd weggekoeld, wat in deze periode niet het geval was.

In dit eindrapport wordt in hoofdstuk 2 een technische beschrijving van het demonstratieproject gegeven. Daarna volgt in hoofdstuk 3 het meetschema waarna in hoofdstuk 4 de meetresultaten tijdens de registratieperiode worden besproken. Vervolgens worden in hoofdstuk 5 de besparing op primaire energie en de vermindering van de CO₂-emissie berekend. In hoofdstuk 6 wordt een economische evaluatie van het demonstratieproject gemaakt. Hoofdstuk 7 geeft de bevindingen van de gebruiker weer. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 het besluit geformuleerd.

2 TECHNISCHE BESCHRIJVING

Figuur 2.1 toont blok A van het ziekenhuis.



Figuur 2.1 : Foto blok A ziekenhuis

Het burgerlijk ziekenhuis te Ronse (210 bedden) heeft een WKK-installatie (164 kWe/263 kWt) geplaatst in de stookruimte van blok C, bestaande uit een gasmotor (MAN E2842E) en een generator (Stamford HC434C). De bedrijven Ingenium uit Brugge en Electro Entreprise uit Gullegem waren verantwoordelijk voor de studie en inbouw van de WKK-installatie. De WKK-installatie, het telemetrie- en monitoringsysteem werden geleverd door Lang Energy Systems. In bijlage 1 zijn de specificaties van de WKK-installatie zoals die door de leverancier zijn opgegeven weergegeven.

De installatie is gekoppeld met het net en voorziet de elektrische voeding van de blokken A tot en met E van het ziekenhuis. De warmte wordt geleverd aan het centrale verwarmingssysteem die enkel de blokken A en C van warmte voorziet. De andere blokken hebben elk hun afzonderlijke stookplaats op aardgas.

De energie-installatie in blok C van het ziekenhuis bestaat uit de volgende componenten :

- WKK-eenheid : 164 kWe/263 kWt
- ketel 1 (condenserend) : 585 kW

- ketel 2 (niet-condenserend) : 585 kW
- De voor WKK relevante oppervlaktes van het ziekenhuis zijn :
- elektrisch te voeden oppervlakte (blokken A t.e.m. E) : 11.228 m²
 - thermisch te voeden oppervlakte (blokken A en C) : 6.931 m²

2.1 Elektriciteitsvoorziening

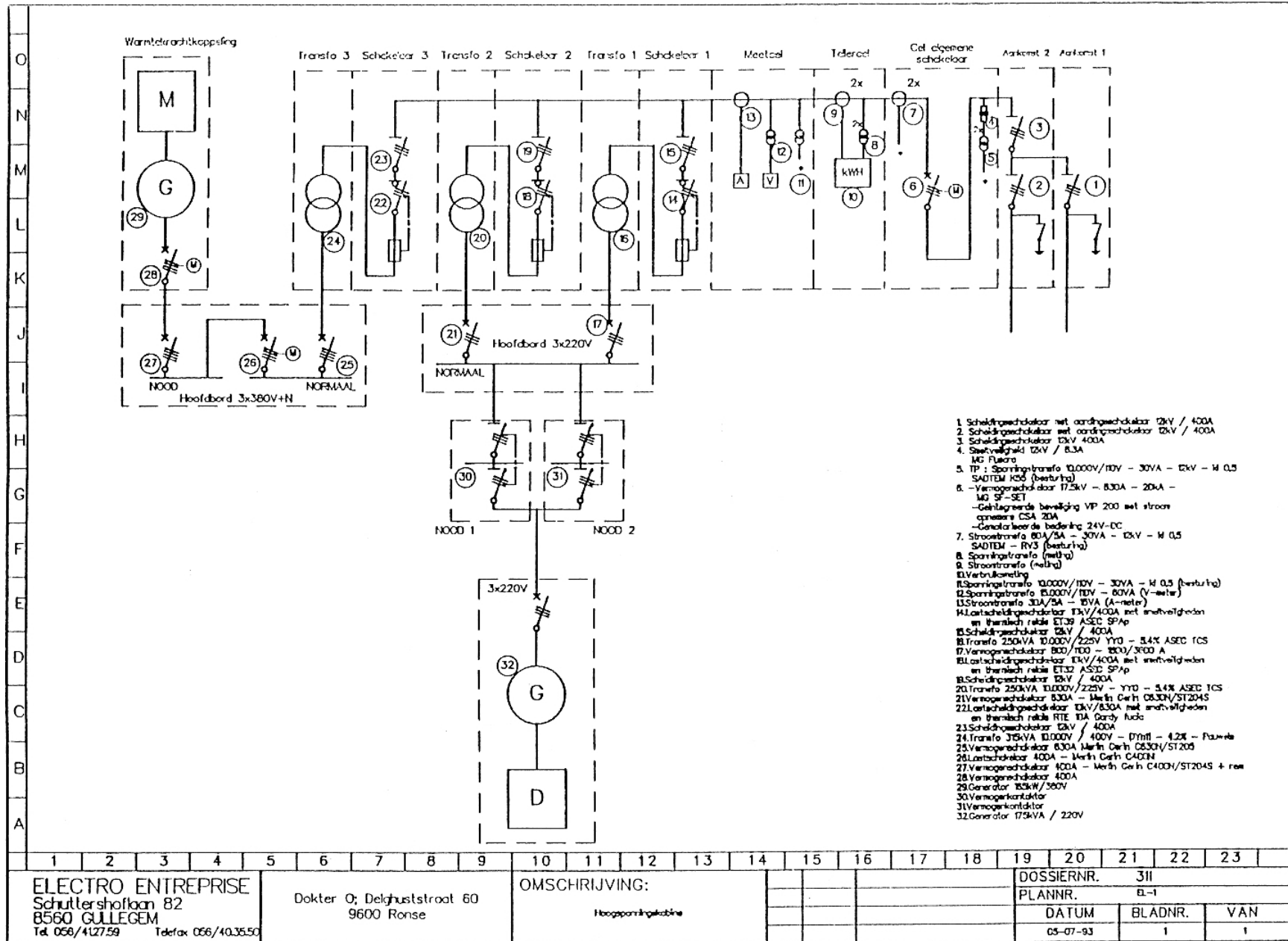
In normale omstandigheden levert de WKK-installatie zijn vermogen via het nood- en hoofdbord 3x380V. De WKK-installatie voorziet in een gedeelte van de elektriciteitsvraag van het ziekenhuis ; de extra gevraagde elektriciteit wordt van het net aangekocht. Er wordt geen elektriciteit teruggeleverd aan het net.

In noodsituaties (uitval van het net) wordt de WKK-installatie van het net afgeschakeld (eilandbedrijf) en worden enkel de vitale gedeelten van het ziekenhuis via het noodbord gevoed. De verbinding tussen nood- en hoofdbord wordt dan onderbroken. Figuur 2.2 geeft het schema weer van de elektriciteitsvoorziening in het ziekenhuis.

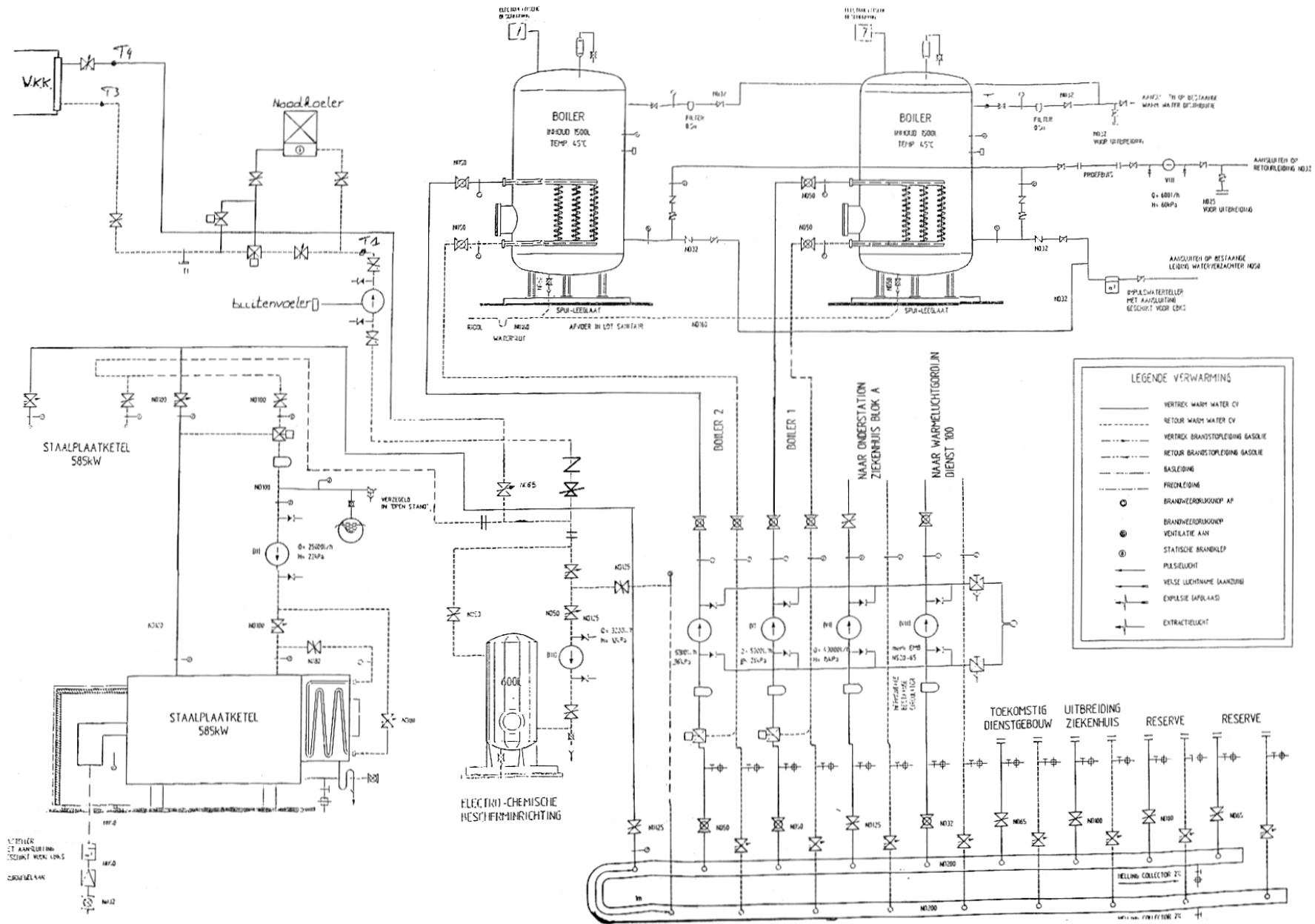
2.2 Warmtevoorziening

De warmte van de WKK-installatie wordt gebruikt voor ruimteverwarming en voor het opwarmen van het sanitair warm water in twee boilers van 1500 liter die op constante temperatuur (45 °C) gehouden worden. Additionele warmte wordt geproduceerd in een condenserende aardgasketel en een niet-condenserende ketel met mixbrander (aardgas/gasolie) van elk 585 kW. Een teveel aan de door de WKK-installatie geproduceerde warmte wordt indien nodig weggekoeld in een luchtgekoelde batterij.

Het thermisch vermogen van de WKK-installatie bedraagt bij vollast 263 kWt. Hiervan neemt de motorkoeling (recuperatie op het motorkoelwater incl. smeerolie) 162 kW of 62 % voor zijn rekening en wordt door de warmte in de uitlaatgassen te recuperen 101 kW of 38 % vrijgemaakt. De totale verliezen worden geraamd op 74 kW volgens de specificaties van de installateur. De WKK-installatie geeft zijn warmte af aan het centrale verwarmingsnet (temperatuurniveaus : vertrek 70 °C, retour 60 °C). Figuur 2.2 geeft een schema weer van de warmtevoorziening in het ziekenhuis.



Figuur 2.2 : Elektriciteitsvoorziening van het ziekenhuis



Figuur 2.3 : Warmtevoorziening van het ziekenhuis

2.3 Bedrijfsstrategie WKK-installatie

Er zijn drie mogelijke bedrijfsregimes : dagregime, spitsbedrijf en noodstroombedrijf.

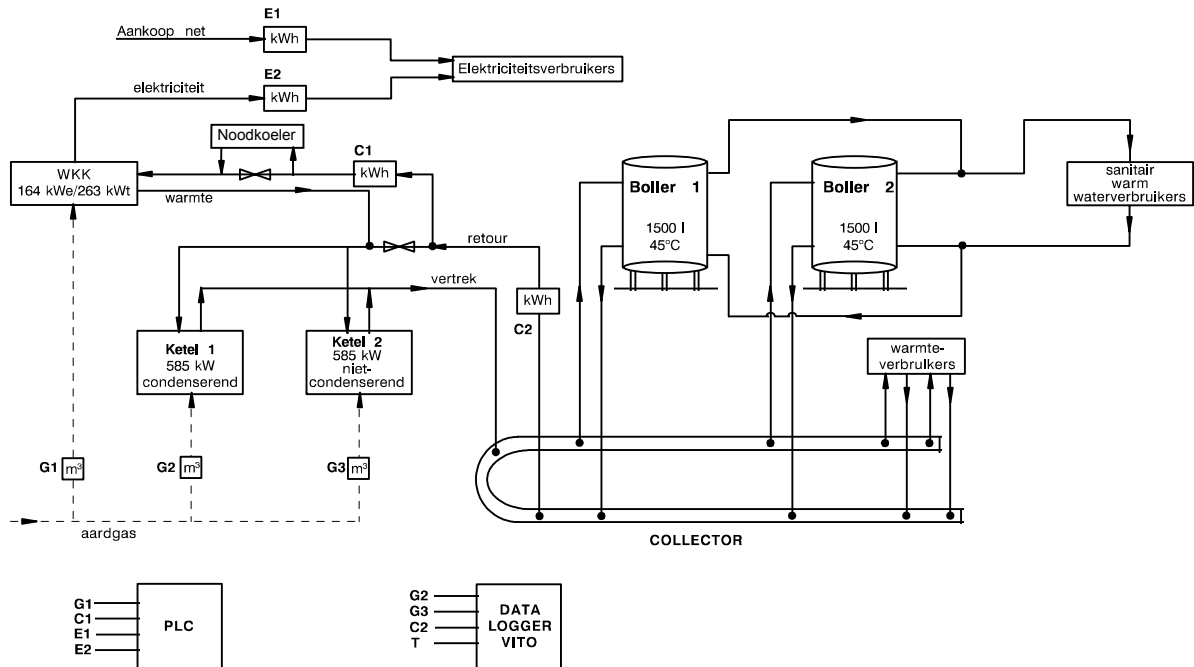
In dagregime werkt de WKK-installatie tijdens de normale uren (06.00 - 21.00 uur) van het uurseizoentarief buiten piekuren (07.00 - 09.00 uur en 11.00 en 13.00 uur) (zie bijlage 5). De WKK-installatie wordt gestuurd op de elektriciteitsvraag van het ziekenhuis en het openbaar net levert de bijkomende elektriciteit. Bij een minimum af te nemen elektrisch vermogen van 80 kW gaat de WKK-installatie pendelen m.a.w. kouddraaien en stilstaan. Na één uur worden de startvoorwaarden (minimum 100 kW te leveren elektrisch vermogen, 60% deellast) opnieuw bekeken.

Tijdens spitsbedrijf (tijdens piekuren uurseizoentarief) wordt de machine gestuurd op basis van de elektriciteitsvraag en wordt de eventuele overtollige warmte weggekoeld in een luchtgekoelde batterij. Om het gevaar van dichtvriezen van de noodkoeler te vermijden wordt tijdens vorstperiodes een kleine hoeveelheid van het debiet continu door de noodkoeler gestuurd.

Tijdens noodstroombedrijf (uitval van het openbaar net) levert de WKK-installatie de prioritaire stroomkringen met spanning 380 V en het dieselaggregaat verzekert de prioritaire stroomkringen van 220 V spanning (zie figuur 2.2).

3 METING EN REGISTRATIE ENERGIESTROMEN

Figuur 3.1 toont het meetschema van de installatie.



Figuur 3.1 : Meetschema van het project

Bij de plaatsing van de WKK-installatie zijn reeds enkele meters ingebouwd. Het betreft hier de volgende meters :

- G1 : gasteller op de WKK-installatie ;
- G2 : gasteller op ketel 1 (condenserend) ;
- G3 : gasteller op ketel 2 (niet-condenserend) ;
- E1 : elektriciteitsmeter voor de aankoop van elektriciteit van het net ;
- E2 : elektriciteitsmeter voor de productie van elektriciteit door de WKK ;
- C1 : debietmeter voor de warmteproductie door de WKK.

De meters G1 (gasverbruik WKK), E1 en E2 (aankoop respectievelijk productie elektriciteit) en C1 (warmteproductie WKK) zijn voorzien van pulsgevers die gebruikt worden door de PLC voor sturings- en bewakingsfuncties. De gegevens van de PLC worden in een computerprogramma, dat door de leverancier van de gasmotor werd geleverd, verwerkt. Het programma geeft het brandstofverbruik (G1) en het thermisch vermogen (C1) van de WKK weer als cumulatieve waarden. De metingen door E1 en E2 (aankoop respectievelijk productie elektriciteit) werden om de 5 minuten opgeslagen in een bestand. De waarden werden door het technisch diensthoofd van het ziekenhuis maandelijks naar VITO opgestuurd voor verwerking en analyse.

Naderhand werd door VITO een debietmeter (Aquametro WMH 125 + rekeneenheid) ter beschikking gesteld voor de meting van de totale warmteproductie van de twee ketels en de

WKK-installatie (C2). Op het einde van de registratieperiode (sept. '95) werd vastgesteld dat de metingen met C2 foutief waren daar de temperatuurvoeler (retour) niet diep genoeg in de waterstroming zat. De totale warmteproductie gemeten met C2 werd daarom gecorrigeerd volgens graaddagen 19/19 (zie 4.2). Het ziekenhuis heeft de warmteteller C2 na de registratieperiode overgenomen.

VITO heeft gedurende de registratieperiode tevens een datalogger ter beschikking gesteld. De meetgegevens uit de datalogger, namelijk brandstofverbruik ketel 1 en 2 (G2 en G3), warmteproductie WKK en ketels (C2) en verschillende temperaturen werden door VITO maandelijks afgehaald en verwerkt.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de gemeten energiestromen.

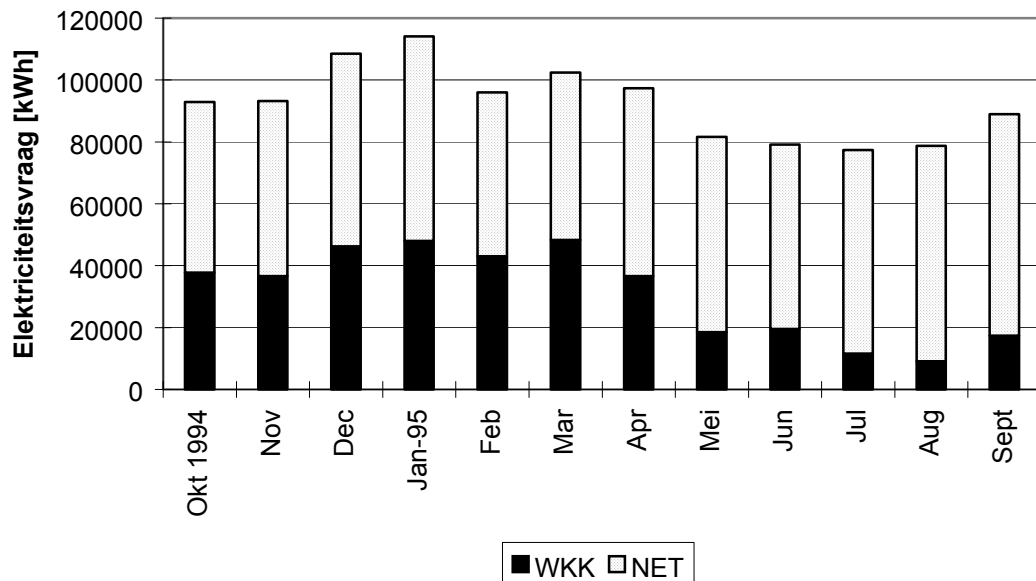
Tabel 3.1 : Gemeten grootheden

Installatie	Meting	Eenheid
WKK	elektriciteitsproductie	kWh
	brandstofverbruik	m ³
	warmteproductie	kWh
	temperatuur CV in/uit	°C
Ketels	brandstofverbruik	m ³
	temperatuur stookplaats	°C
	temperatuur CV in/uit	°C
WKK + Ketels	warmteproductie	kWh
Net	elektriciteitsaankoop	kWh
Algemeen	buitentemperatuur	°C

4 TECHNISCHE EVALUATIE

4.1 Elektriciteitsproductie

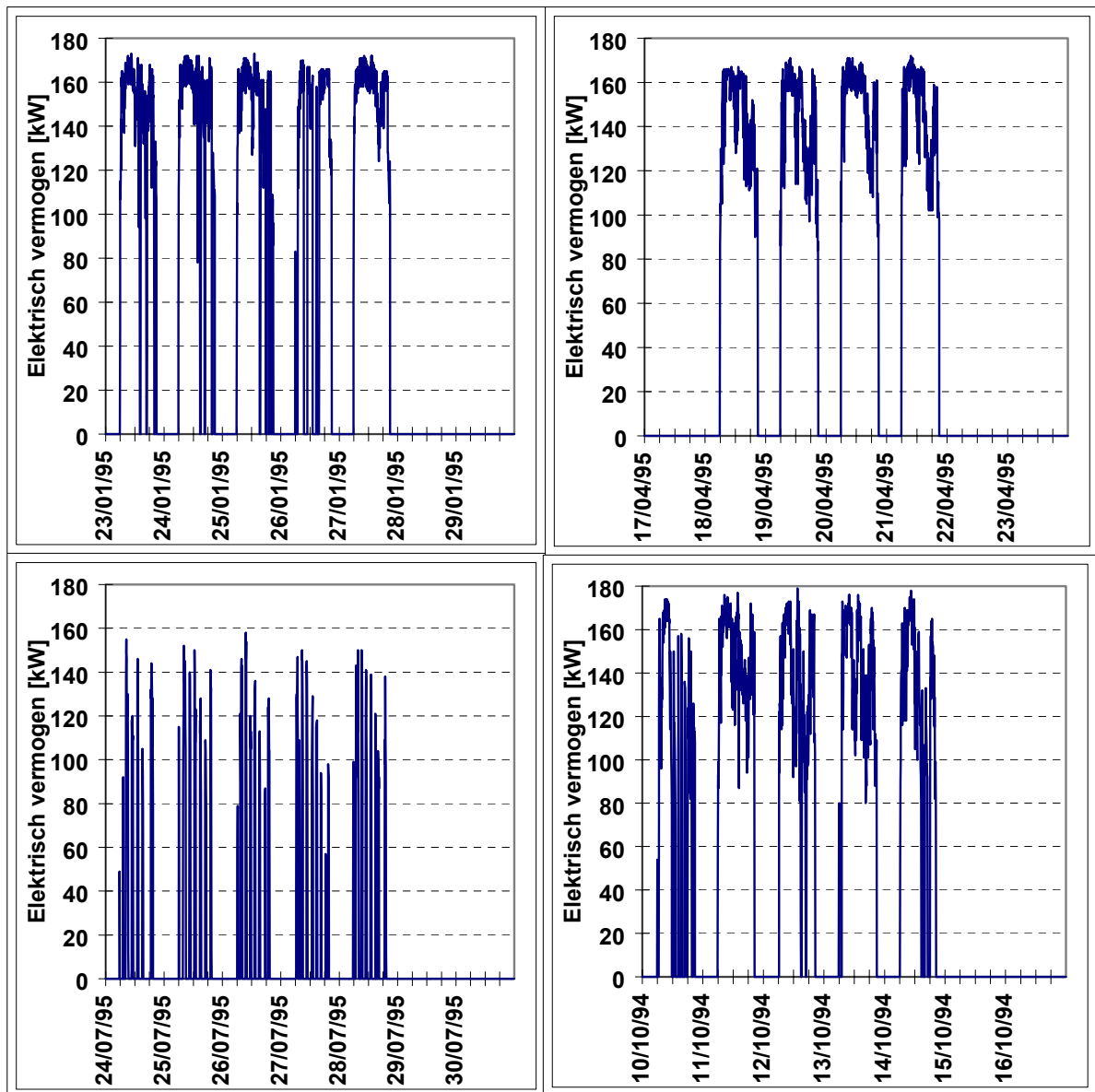
Figuur 4.1 geeft de maandelijkse elektriciteitsvraag (productie WKK + aankoop net) van het ziekenhuis weer. De getallen die bij deze figuur horen zijn opgenomen in bijlage 2.



Figuur 4.1 : Elektriciteitsvraag ziekenhuis Ronse

De WKK-installatie produceerde tijdens de registratieperiode 372.747 kWh elektriciteit en er werd 737.533 kWh van het net aangekocht. De WKK-installatie nam dus 34% van de elektriciteitsvraag voor zijn rekening. De WKK-installatie haalde 2.705 draaiuren of 2.272 equivalente vollasturen (372.747 kWh/164 kW).

Figuur 4.2 geeft het verloop weer van het elektrisch vermogen van de WKK-installatie gedurende een week in de 4 seizoenen.

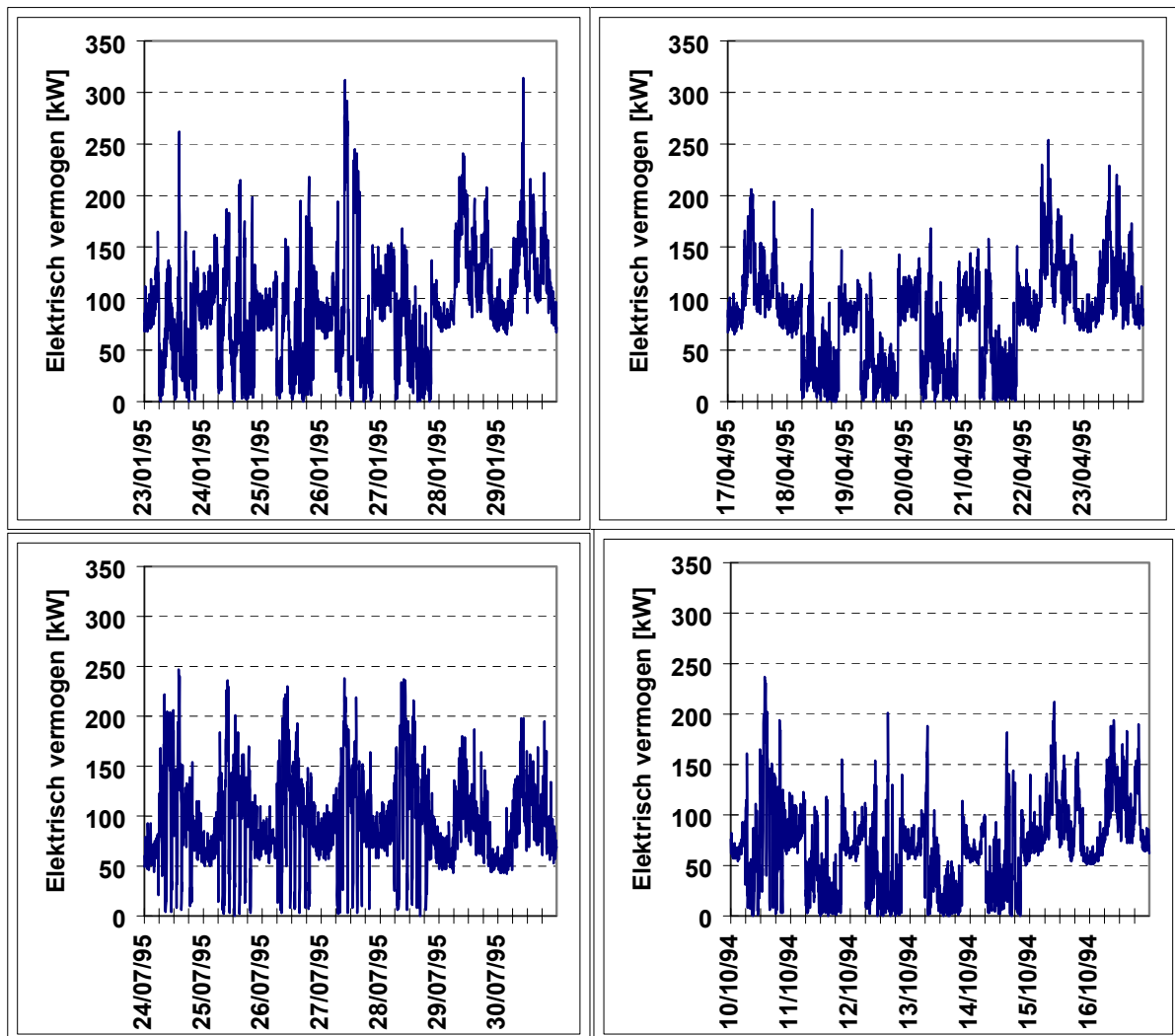


Figuur 4.2 : Elektrisch vermogen WKK-installatie gedurende een week in de 4 seizoenen

Uit figuur 4.2 kunnen we besluiten dat de WKK-installatie tijdens de weekdays een gelijkaardig patroon vertoont en tot 103% (170 kW) van zijn vollastvermogen gaat uitgezonderd in de zomermaand juli (120-140 kW). De WKK-installatie wordt niet permanent op vollast bedreven.

De WKK-installatie draait enkel tijdens de normale uren en werkt dus niet in het weekend noch 's nachts.

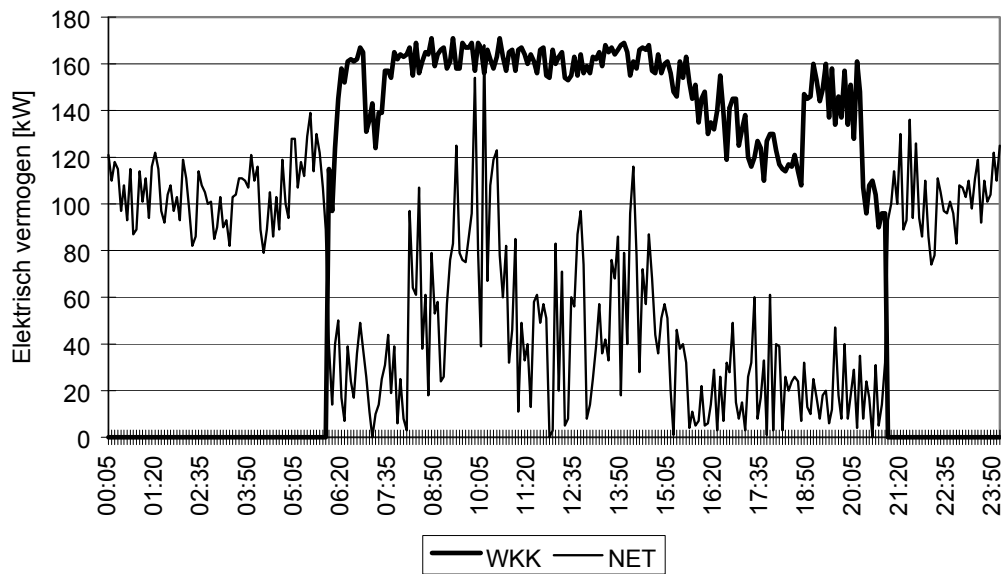
Figuur 4.3 geeft het verloop weer van het afgenomen vermogen uit het net voor dezelfde periode als in vorige figuur.



Figuur 4.3 : Elektrisch vermogen afgenomen van het net gedurende een week in de 4 seizoenen

Uit figuur 4.3 kunnen we besluiten dat er tijdens de normale uren van de weekdays tussen 0 en 300 kW van het net wordt afgenomen, terwijl er tijdens de stille uren van de weekdays (WKK niet in bedrijf) gemiddeld 80 kW van het net wordt afgenomen. Tijdens het weekend varieert het afgenomen vermogen tussen 50 en 300 kW.

Figuur 4.4 geeft het verloop weer van het elektrisch vermogen van de WKK-installatie en het afgenomen elektrisch vermogen uit het net tijdens een weekday.

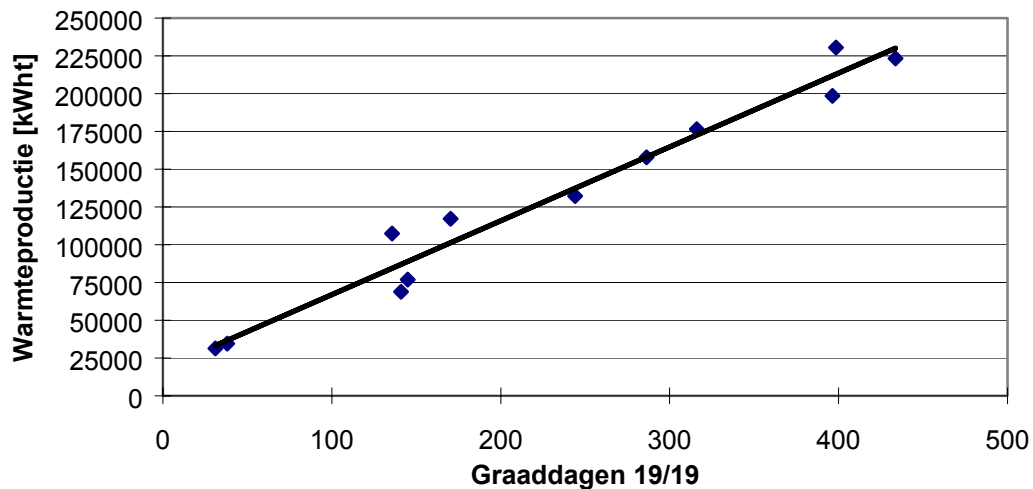


Figuur 4.4 : Elektrisch vermogen WKK-installatie en net gedurende een weekdag

De WKK-installatie begint te draaien omstreeks 6 uur en wordt uitgeschakeld omstreeks 20.30 uur.

4.2 Warmteproductie

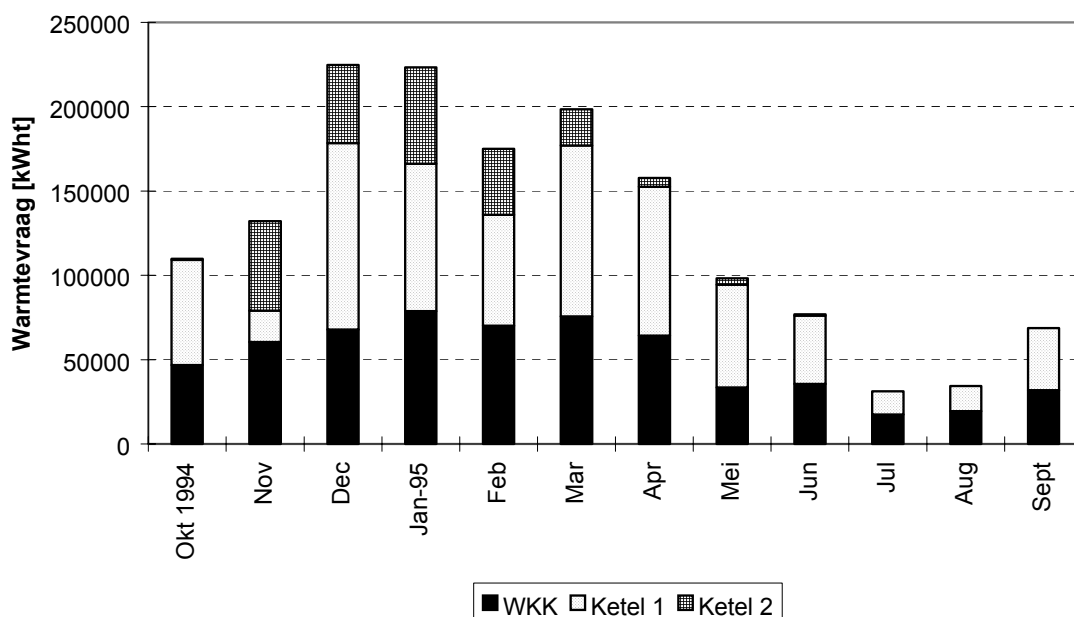
Figuur 4.5 geeft de gemeten maandelijkse warmteproductie (WKK + ketels) weer i.f.v. het aantal graaddagen 19/19.



Figuur 4.5 : Gemeten maandelijkse warmteproductie WKK en ketels i.f.v. het aantal graaddagen

Omdat de temperatuurvoeler van warmtemeter C2 (zie hoofdstuk 3) niet diep genoeg in de waterstroming zat, zit er een fout op de warmtemetingen. De warmteproductie werd daarom als volgt gecorrigeerd : voor de 4 maanden in figuur 4.5 waarvan de gemeten warmteproductie boven de rechte ligt werd de warmteproductie die correspondeert met het aantal graaddagen weerhouden.

Figuur 4.6 geeft de gecorrigeerde maandelijkse warmtevraag van het ziekenhuis weer. De getallen die bij deze figuur horen zijn opgenomen in bijlage 2.



Figuur 4.6 : Maandelijkse warmtevraag WKK-installatie en ketels

Gedurende de registratieperiode leverde de WKK-installatie 601.993 kWh thermisch, ketel 1 produceerde 701.953 kWh en ketel 2 leverde 227.502 kWh. De WKK-installatie dekte dus 39% van de warmtevraag.

4.3 Rendementen WKK-installatie

Uit tabel 4.1 leiden we af dat de WKK-installatie gemiddeld een elektrisch rendement haalde van 25% en een thermisch rendement van 41% wat de brandstofbenuttigingsgraad op gemiddeld 66% brengt. Het lage elektrische rendement heeft als oorzaak dat de machine relatief veel in deellast wordt bedreven.

Tabel 4.1 : Rendementen WKK-installatie

Maand	Elektrisch rendement [%]	Thermisch rendement [%]	Brandstofbenutting [%]
Oktober 1994	32	39	71
November	23	39	62
December	27	39	66
Januari 1995	25	41	66
Februari	25	41	66
Maart	27	42	69
April	24	42	66
Mei	23	41	64
Juni	23	42	65
Juli	27	41	68
Augustus	19	40	59
September	22	40	62
Gemiddeld	25	41	66

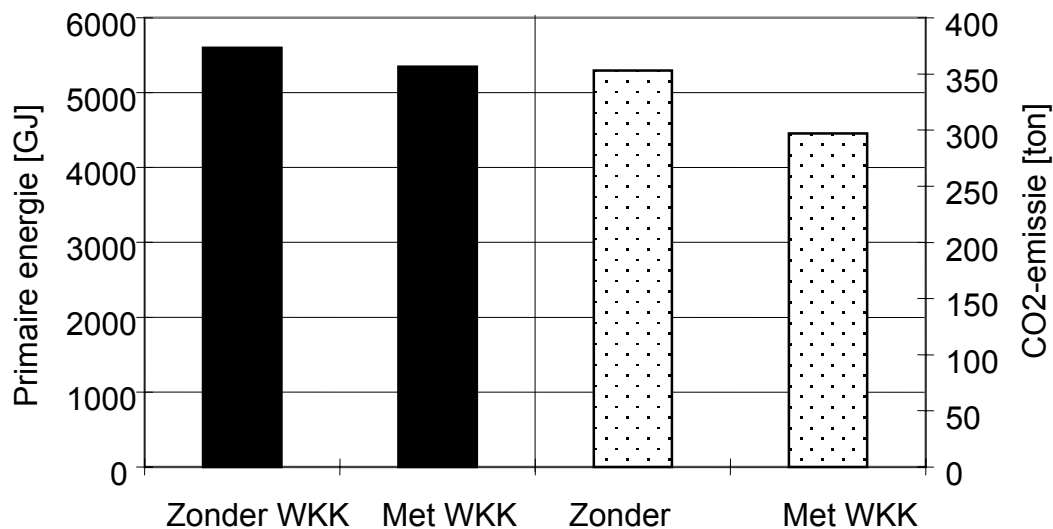
5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-REDUCTIE

Het primaire energieverbruik en de CO₂-emissie die teweeggebracht worden door de WKK-installatie zijn gerelateerd aan het aardgasverbruik van de installatie. Er wordt uitgegaan van een CO₂-emissiefactor van aardgas van 55,54 g/MJ.

Voor de berekening van de aangewende primaire energie en de CO₂-emissie in de situatie zonder WKK (referentiesituatie) zijn volgende uitgangspunten gedefinieerd :

- de door de WKK geleverde elektriciteit wordt aangekocht van het openbare net ; de elektriciteit wordt verondersteld opgewekt te worden in fossielgestookte centrales met een gemiddeld rendement van 44% en een gemiddelde emissiefactor van 624 g/kWh (zie bijlage 3) ;
- de door de WKK-installatie geproduceerde warmte wordt vervangen door warmte opgewekt in aardgasketels met een rendement van 85 % (onderste verbrandingswaarde).

Figuur 5.1 toont de aangewende primaire energie en de CO₂-emissie in de situatie zonder en met WKK.



Figuur 5.1 : Primaire energie en CO₂-emissie tijdens registratieperiode

De absolute waarden per maand zijn terug te vinden in bijlage 4. Er is gedurende de registratieperiode 249 GJ primaire energie bespaard (equivalent aan 7.100 m³ aardgas per jaar). De CO₂-emissie werd met 58 ton gereduceerd.

6 ECONOMISCHE EVALUATIE

De rendabiliteit van het project wordt berekend door het relateren van de baten aan de kosten van het project. Tabel 6.1 toont de kosten-baten/balans.

Tabel 6.1 Kosten en baten WKK-project

KOSTEN	BATEN
<ul style="list-style-type: none"> ◆ ONDERHOUDSKOSTEN ◆ INVESTERINGSKOSTEN 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ BESPARING OP DE ENERGIE-REKENING: <li style="padding-left: 20px;"><u>energierekening situatie met WKK</u> <li style="padding-left: 20px;">• aardgasverbruik WKK en ketels <li style="padding-left: 20px;">• aankoop aanvullende elektriciteit uit net <li style="text-align: center; padding: 10px 0;">↕ <li style="padding-left: 20px;"><u>energierekening situatie zonder WKK</u> <li style="padding-left: 20px;">• aardgasverbruik ketels <li style="padding-left: 20px;">• aankoop elektriciteit uit net

De besparing op de energierekening is de belangrijkste opbrengstenpost. In tabel 6.2 worden de energiekosten in de situatie met WKK, opgenomen in de energiefacturen van oktober 1994 tot en met september 1995, vergeleken met de energiekosten die zouden zijn opgetreden in een situatie zonder WKK. Onderaan de tabel wordt verwezen naar de oorsprong van de bedragen. De bedragen zijn inclusief BTW (20,5% tijdens meetperiode). De aardgas- en elektriciteitsstarieven worden in detail beschreven in bijlage 5.

*Tabel 6.2 : Energierekening situatie met WKK t.o.v. situatie zonder WKK
Feitelijke situatie oktober 1994 - september 1995*

	Situatie met WKK [MBEF]	Situatie zonder WKK [MBEF]
Aankoop aardgas	2,1 ^a	1,8 ^c
Aankoop elektriciteit	2,6 ^b	3,9 ^d
Totaal	4,7	5,7
Energiekostenbesparing	1,0	

a : som maandelijkse factuurbedragen (geen rekening houdend met korting op maximum dagafname, want is intussen vervallen)

b : som maandelijkse factuurbedragen

c : gemeten aardgasverbruik tegen tarief NH3

d : gemeten elektriciteitsvraag tegen uurseizoentarief

De aardgaskosten stijgen van 1,8 MBEF in de situatie zonder WKK tot 2,1 MBEF in de situatie met WKK of met 17%. De elektriciteitsrekening daarentegen daalt tengevolge van WKK aanzienlijk : van 3,9 MBEF tot 2,6 MBEF (-33%). Uiteindelijk ligt de totale energierekening in de situatie met WKK 1,0 MBEF (17%) lager dan in de situatie zonder WKK.

In tabel 6.2 weerspiegelen de getallen de feitelijke situatie tijdens de registratieperiode oktober 1994 - september 1995, zo ook wat betreft de aankoop van elektriciteit van het net. De tabel in bijlage 6 toont de reductie van de piekafnames tijdens de piekuren. Hieruit blijkt dat de piekafnames tijdens de piekuren van november en december 1994 nauwelijks werden gereduceerd (met 54 respectievelijk 45 kWe). We veronderstellen nu dat in deze 2 maanden de piekafnames tijdens de piekuren met 164 kWe worden gereduceerd. In tabel 6.3 wordt de energierekening in deze situatie weergegeven.

Na aftrek van de vermeden vermogenkosten bedraagt de elektriciteitsfactuur in de situatie met WKK dan geen 2,6 MBEF maar 2,5 MBEF. De besparing op de energierekening bedraagt dan 1,1 MBEF of 19%.

*Tabel 6.3 : Energierekening situatie met WKK t.o.v. situatie zonder WKK
Reductie van alle pieken tijdens piekuren in situatie met WKK*

	Situatie met WKK [MBEF]	Situatie zonder WKK [MBEF]
Aankoop aardgas	2,1	1,8
Aankoop elektriciteit	2,5	3,9
Totaal	4,6	5,7
Energiekostenbesparing	1,1	

We gaan bij de investeringsanalyse van het project uit van een energiekostenbesparing van 1,1 MBEF, dus bij reductie van de piekafnames tijdens alle piekuren. Het ziekenhuis heeft

met de installateur immers een onderhoudscontract afgesloten waarbij de installateur schadevergoeding verschuldigd is aan het ziekenhuis bij het uitvallen tijdens de piekuren. Dit contract bedraagt 70 BEF per draaiuur. De installatie heeft tijdens de registratieperiode 2.705 draaiuren gemaakt zodat de totale onderhoudskosten neerkomen op grosso modo 0,2 MBEF.

De jaarlijkse netto opbrengst van het project (energiekostenbesparing - onderhoudskosten) bedraagt 0,9 MBEF (zie tabel 6.4).

De investeringskosten van de WKK-installatie bedragen 5 MBEF.

Indien we er vanuit gaan dat er ieder jaar een netto opbrengst van 0,9 MBEF kan gerealiseerd worden dan wordt een project zoals in dit ziekenhuis op 5,6 jaar terugverdiend. Uitgaande van een levensduur van de installatie van 10 jaar, bedraagt het intern rendement 12,2%.

Tabel 6.4 Investeringsanalyse

Jaarl. energiekostenbesparing	1,1 MBEF
Jaarl. onderhoudskosten	0,2 MBEF
Jaarl. netto opbrengst	0,9 MBEF
Investeringskosten	5,0 MBEF
Terugverdientijd	5,6 jaar
Intern rendement	12,2 %

7 BEVINDINGEN VAN DE GEBRUIKER

De gebruiker is zeer tevreden van de WKK-installatie omwille van volgende punten:

- De besparingen op de **energierekening** zijn belangrijk maar zijn uiteraard afhankelijk van de tariefvoorwaarden,
- De **bedrijfszekerheid** van de installatie is uiteraard ook een belangrijk element. Regelingsvoorwaarden die vooral tijdens de zomermaanden veel starts-stops veroorzaken zijn niet gunstig voor de bedrijfszekerheid,
- De **telemetrie** en het dagelijks interpreteren van de resultaten zijn geen overbodige luxe. “Meten is weten...” niet alleen in functie van de werking van de installatie zelf maar ook heeft men continu zicht op het energieverbruik in de aangesloten gebouwen.

8 BESLUIT

Van oktober 1994 tot en met september 1995 heeft de WKK-installatie (164 kWe/263 kWt) in het burgerlijk ziekenhuis te Ronse 373 MWh elektriciteit en 602 MWh warmte geproduceerd. Van het openbaar net werd 737 MWh elektriciteit afgenomen. De condenserende ketel produceerde 702 MWh aanvullende warmte en de niet-condenserende ketel leverde 227 MWh warmte. De gemiddelde elektrische belasting van de WKK-installatie bedroeg 136 kW en de thermische belasting 220 kW. De WKK-installatie dekte 34% van de elektriciteitsvraag en 39% van de warmtevraag van het ziekenhuis. De WKK-installatie was enkel tijdens de normale uren in werking en dus niet 's nachts noch in het weekend. De WKK-installatie maakte 2.705 draaiuren of 2.272 equivalente vollasturen.

Gedurende de registratieperiode haalde de WKK-installatie een gemiddeld elektrisch rendement van 25% en een thermisch rendement van 41% waarmee een totale brandstofbenuttigingsgraad van 66% werd bereikt. De relatief lage rendementen zijn te wijten aan het frequente deellastgedrag van de WKK-installatie.

De werking van de WKK-installatie resulteerde tijdens de registratieperiode in een primaire energiebesparing van 249 GJ (equivalent aan 7.100 m³ aardgas) en een CO₂-emissiereductie van 58 ton.

Uitgaande van de tariefvoorwaarden geldig tijdens de registratieperiode, kan het ziekenhuis een jaarlijkse besparing op de energierekening realiseren van 1,1 MBEF (19%). Bij jaarlijkse onderhoudskosten van 0,2 MBEF en een investeringsbedrag van 5 MBEF, ligt de terugverdientijd van het project op 5,6 jaar (intern rendement 12%).

*BIJLAGE 1 : ENERGIEBALANS VAN DE WKK-INSTALLATIE VOLGENS
LEVERANCIER*

Belasting	%	100	75	50
Gasverbruik	Nm ³ /h	57,04	45,34	34,64
	kW	501,40	398,60	304,50
Verbrandingslucht	kg/h	795,30	747,17	570,78
Afgassen	kg/h	987,26	784,85	599,56
Asvermogen	kW	177,00	132,80	88,50
Asrendement	%	35,30		
Generatorrendement	%	92,80	93,50	93,60
Generatorbelasting	%	83,20	61,09	40,71
Elektrisch vermogen	kW	164,26	124,17	92,84
Elektrisch rendement	%	32,80		
Afgassen uit motor	°C	450,00	442,00	433,00
Afgassen uit koeler	°C	120,00	115,00	110,00
Thermisch uit afgassen	kW	101,36	79,84	60,25
Thermisch motorkoeling	kW	161,90	137,10	116,10
Thermisch oliekoeling	kW	incl.		
Thermisch totaal	kW	263,26	216,94	176,35
Thermisch rendement	%	52,50	54,43	57,91
Verliezen totaal	kW	73,89	57,49	45,31
Rendement totaal	%	85,26	95,58	85,12
NOx-uitstoot afgassen	gr/GJ		< 190,00	
Verbrandingswaarde gas	MJ/Nm ³		31,70	
Cos φ			0,80	

BIJLAGE 2 : SAMENVATTENDE TABEL TECHNISCHE PRESTATIES WKK

Maand	Draai- uren	WKK elektriciteit [kWh]	WKK warmte [kWh]	Net aankoop [kWh]	Ketel 1 [kWh]	Ketel 2 [kWh]	Elektrisch rendement [%]	Thermisch rendement [%]	Brandstof benutting [%]
Oktober 1994	247	37.763	46.805	55.095	62.368	753	32	39	71
November	277	36.650	60.428	56.517	18.683	53.137	23	39	62
December	316	46.232	67.875	62246	110.637	46.316	27	39	66
Januari 1995	320	47.958	78.727	66.116	87.505	57.157	25	41	66
Februari	291	43.012	70.156	52.979	65.826	38.965	25	41	66
Maart	313	48.294	75.673	54.113	101.486	21.325	27	42	69
April	272	35.588	64.242	60.781	88.237	5.304	24	42	66
Mei	193	18.500	33.520	63.119	61.027	3.786	23	41	64
Juni	161	19.602	35.566	59.577	40.697	647	23	42	65
Juli	81	11.629	17.450	65.784	13.860	11	27	41	68
Augustus	92	9.153	19.563	69.581	14.869	0	19	40	59
September	142	17.366	31.988	71.625	36.757	101	22	40	62
Totaal	2705	372.747	601.993	737.533	701.953	227.502			

BIJLAGE 3: CO₂-EMISSIEFACTOR EN RENDEMENT ELEKTRICITEITSPARK

De afleiding van de gehanteerde CO₂-emissiefactor voor elektriciteit (624 g/kWh) en het rendement (44 %) wordt nader toegelicht.

- Volgens [1] zijn de aandelen brandstof in de elektriciteitsvoorziening in 2000 als volgt:
 - 15,9 % steenkool ;
 - 26,4 % aardgas (voornamelijk STEG).
- Het rendement van een steenkoolcentrale bedraagt volgens [1] 36,5 %; dit leidt tot een CO₂-emissiefactor van 962 g/kWh.
- Voor aardgas wordt verondersteld dat in 2000 het conversierendement gemiddeld 48 % bedraagt, wat leidt tot een CO₂-emissie van de elektriciteitsproductie met aardgas van 420 g/kWh.

Het rendement en de CO₂-emissiefactor worden dan als volgt bepaald :

- rendement : $(0,159*36,5+0,264*48)/(0,159+0,264) = 44 \%$;
- CO₂-factor : $(0,159*962+0,264*420)/(0,159+0,264) = 624 \text{ g/kWh}$.

BIJLAGE 4 : PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-EMISSIEREDUCTIE

Tabel B4.1: Primaire energie in de situatie zonder en met WKK [GJ]

	Brandstof situatie zonder WKK			Brandstof WKK	Besparing
	elektriciteits - centrales	ketels	totaal		
Oktober '94	309	198	507	430	77
November	300	256	556	570	-14
December	378	287	665	620	45
Januari '95	392	333	725	690	35
Februari	352	297	649	618	31
Maart	395	320	715	651	64
April	299	272	571	548	23
Mei	151	142	293	294	-1
Juni	160	151	311	308	3
Juli	95	74	169	155	14
Augustus	75	83	158	174	-16
September	142	135	277	289	-12
Totaal	3048	2548	5596	5347	249

Tabel B4.2 : CO₂-emissie in de situatie zonder en met WKK [ton]

Maand	CO ₂ -emissie situatie zonder WKK			CO ₂ -emissie WKK	Besparing
	elektriciteits-centrales	ketels	totaal		
Oktober '94	24	9	33	24	9
November	23	12	35	32	3
December	29	14	43	34	9
Januari '95	30	16	46	38	8
Februari	27	14	41	34	7
Maart	30	15	45	36	9
April	23	13	36	30	6
Mei	12	7	19	16	3
Juni	12	7	19	17	2
Juli	7	3	10	9	1
Augustus	6	4	10	10	0
September	11	6	17	16	1
Totaal	234	120	354	296	58

BIJLAGE 5 : TARIEVEN (geldig tijdens registratieperiode oktober 1994 - september 1995)

1 ELEKTRICITEIT

Situatie zonder en met WKK : uurseizoentarief

Vermogenterm

winter

tijdens piekuren	$674,8 \cdot D \cdot N_E$	BEF/kW
buiten piekuren	$135,0 \cdot D \cdot N_E$	BEF/kW
tussenseizoen	$135,0 \cdot D \cdot N_E$	BEF/kW
zomer	$118,1 \cdot D \cdot N_E$	BEF/kW

Proportionele term

normale uren	$1,855 \cdot D \cdot N_E + 0,642 \cdot N_C$	BEF/kWh
stille uren	$0,904 \cdot N_E + 0,542 \cdot N_C$	BEF/kWh

Ristorno

Het ziekenhuis krijgt een korting van 10% op de factuur

Meterhuur : $1135 \cdot N_E$

met : kW : maandelijks maximaal kwatuurvermogen
 D : $0,74 + 70/(kW + 340)$
 (bij uurseizoentarief : $kW = \max(kW_{\text{piek}}, kW_{\text{buiten piek}})$)
 N_C en N_E : prijsherzieningsparameters, wijzigen maandelijks
 bv. jan. '95 : $N_C = 1,0149$ en $N_E = 1,1788$
 winter : november t.e.m. februari
 tussenseizoen : maart, april, september, oktober
 zomer : mei t.e.m. augustus
 normale uren : maandag t.e.m. vrijdag van 06.00 tot 21.00 (uitgezonderd feestdagen)
 stille uren : maandag t.e.m. vrijdag van 21.00 tot 06.00, zater-, zon- en feestdagen
 piekuren : maandag t.e.m. vrijdag van 07.00 tot 09.00 en van 11.00 tot 13.00 tijdens winter (uitgezonderd feestdagen)

2 AARDGAS

Situatie zonder en met WKK : tarief NH3

Vaste vergoeding	4227,67 . IGD	BEF/maand
Vergoeding voor maximum dagafname	$(4,377/12) \cdot \text{IGD} \cdot \text{MAXDA}$	BEF/maand
Proportionele term		
1ste schijf van 10.550 GJ/j	$(238,678 \cdot \text{IGA}) + (11,382 \cdot \text{IGD})$	BEF/GJ _{bv}
2de schijf (saldo)	$(238,678 \cdot \text{IGA}) + (11,382 \cdot \text{IGD}) - 8$	BEF/GJ _{bv}
Meterhuur (capaciteit meter : 200 m ³ /uur) :	726 . IGD	BEF/maand
Huurprijs gascabine :	3672 . IGD	BEF/maand

met : MAXDA : maximum dagelijkse afname over een jaar
 IGD en IGA : prijsherzieningsparameters, wijzigen maandelijks
 bv. jan. '95 : IGD = 1,2640 en IGA = 0,5371

BIJLAGE 6: GEVRAAGDE EN AANGEKOCHTE PIEKVERMOGENS

Maand	Max. gevraagd vermogen		Aangekocht maximaal vermogen van net	
	Normale uren [kW]	Piekuren [kW]	Normale uren [kW]	Piekuren [kW]
okt '94	295		278	
nov	284	262	284	208
dec	313	305	240	260
jan '95	352	301	282	138
feb	455	293	285	122
ma	311		275	
april	326		222	
mei '95	287		249	
juni	280		254	
juli	251		246	
aug	264		264	
sept	287		260	

Referenties

- [1]P. Bulteel en F. Vandenberghe, Elektriciteitsproductie en CO₂-emissies, Informatiedag CO₂, Laborelec, Linkebeek, mei 1993