

WARMTE/KRACHTKOPPELING IN WEST-VLAANDEREN

ir. K. Astaes

Stafmedewerker GOM – West-Vlaanderen

Inleiding

Warmte/kracht-koppeling, afgekort WKK, is stilaan een ingeburgerd begrip geworden in onze maatschappij. Warmte/kracht-koppeling is een techniek die dateert sedert het einde van de vorige eeuw, maar die de laatste jaren opnieuw aan de orde is omwille van milieuredenen. Ook de technische evolutie van warmte/kracht is de laatste vijf jaar in een stroomversnelling gekomen zodat het WKK-procédé ook economisch gezien meer toepassing vindt in de industrie en in de tertiaire sektor.

Warmte/kracht-koppeling is een techniek waarbij gelijktijdig kracht en warmte worden geproduceerd. De kracht kan ofwel een generator aandrijven voor het produceren van elektriciteit ofwel rechtstreeks een perslucht- of koelcompressor aandrijven. De warmte kan aangewend worden voor de productie van warm of oververhit water en/of stoom voor verwarming van lokalen of industriële processen.

De meeste bedrijven en instellingen hebben vandaag een gescheiden voorziening voor warmte en elektriciteit. Warm water voor verwarming of stoom voor bedrijfsdoeleinden wordt geproduceerd via een ketel op aardgas of stookolie. De benodigde elektriciteit voor verlichting of drijfkracht wordt aangekocht bij het openbaar distributienet. De ketels op aardgas of stookolie hebben een termisch rendement van 80 à 90 procent. De moderne elektriciteitscentrales, als voeding van het openbaar distributienet, zijn van het STEG-type (SToom En Gasturbine) en hebben een elektrisch rendement van 51 tot 53 procent.

Een warmte/kracht-koppelinginstallatie (WKK) produceert én warmte én elektriciteit. Een goed gedimensio-

neerde WKK heeft een rendement (termisch en elektrisch samen) van 85 tot 95 procent.

De bedrijven en de instellingen kunnen overwegen een WKK te installeren. Er zijn twee mogelijkheden. Ofwel heeft het bedrijf/instelling gedurende een voldoende lange periode een konstante behoefte aan warmte en kracht en dit in een vaste verhouding.

gas). Deze kan vergeleken worden met een straalmotor van een vliegtuig. Ten derde zijn er WKK-installaties met een klassieke stoomturbine zoals in de elektriciteitscentrales. Ten vierde bestaan er WKK-installaties met een combinatie van een gas- en stoomturbine (STEG).

In het kader van dit artikel worden alleen de WKK-installaties op basis

Warmte/kracht-koppeling is een techniek waarbij gelijktijdig kracht en warmte worden geproduceerd. Bedrijven en instellingen kunnen voor rendements- en milieuredenen overwegen een WKK te installeren. In West-Vlaanderen werden reeds 14 WKK-projecten gerealiseerd. Verschillende andere projecten staan op stapel.

Dan kan het bedrijf overwegen om zelf te investeren in een warmte/kracht-installatie en een kosten/baten-analyse uitvoeren. Ofwel heeft het bedrijf/instelling een konstante warmtevraag en een wisselende behoefte aan elektriciteit. In deze laatste situatie kan door de distributiemaatschappij een rendabiliteitsstudie worden uitgevoerd. Wanneer de studie positief wordt bevonden, kan de distributiemaatschappij in eigen beheer een WKK op het bedrijf/instelling plaatsen waarbij de warmte van de WKK tegen een reductie aan het bedrijf/instelling wordt verkocht.

Op basis van de technische componenten kunnen diverse types van warmte/krachtkoppeling worden onderscheiden. Er zijn WKK-installaties waarbij zuigermotoren worden gebruikt. De motoren kunnen diesel- of gasmotoren zijn. In het laatste geval wordt nog onderscheid gemaakt tussen aardgas- en biogasmotoren. Er bestaan ook WKK-installaties met een gasturbine (meestal op basis van aard-

van zuigermotoren verder besproken. De vermogens-grootte van deze WKK-installaties ligt tussen de 50 en 2.500 KW elektrisch. Dit is voor de meeste bedrijven in West-Vlaanderen de aangewezen techniek. De andere types WKK-installaties zijn maar economisch haalbaar vanaf een vermogen van 4 MW of meer. Het aantal bedrijven dat een continue elektriciteitsbehoefte over het ganse jaar heeft van 4 MW of meer is beperkt in West-Vlaanderen.

Warmte/krachtkoppeling op basis van zuigermotoren

De categorie warmte/krachtkoppeling met zuigermotoren kan onderverdeeld worden in twee categorieën. Ten eerste is er de gasmotor waarbij het lucht/gasmengsel tot ontbranding wordt gebracht door een ontstekingskaars (bougie). De gasmotoren kunnen zowel aardgas als biogas als brandstof gebruiken. Het biogas kan afkomstig zijn van een anaërobe waterzuive-

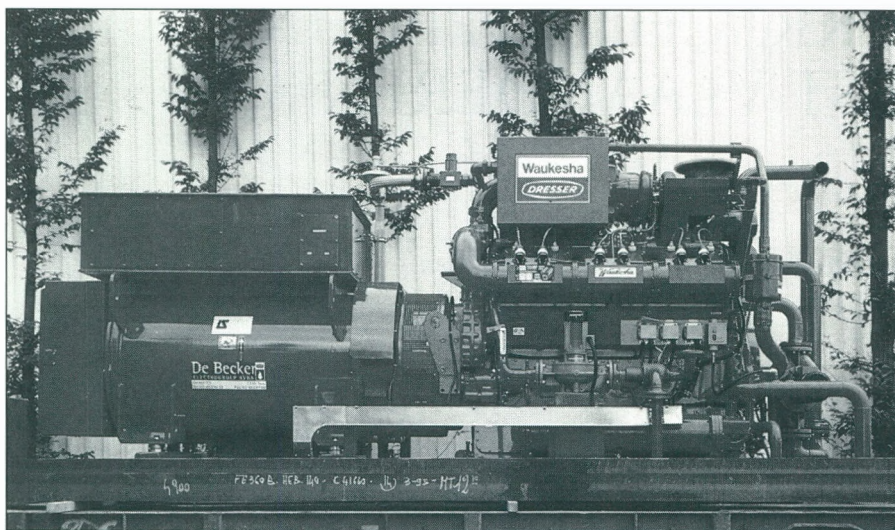


Foto: Inewo.

De naakte WKK-module van 470 KW elektrisch, bestemd voor het O.-L.-V.-ziekenhuis te Brugge.

ringsinstallatie, een mestverwerkingsinstallatie of van een stortplaats waarbij voldoende organisch materiaal aanwezig is. De gasmotoren die op biogas werken vragen een meer doorgedreven monitoring van de kwaliteit van het gas. De voorzuivering bestaat meestal uit een droging van het gas om het water eruit te halen alsook een voorzuivering om de elementen als zwavel, chloor- en fluorverbindingen en andere te verwijderen. Deze elementen beïnvloeden sterk de levensduur van de motor. De gasmotoren hebben een elektrisch rendement tussen de 32 en 40 procent. Het termisch rendement varieert tussen de 40 à 50 procent. De verhouding warmte/kracht ligt tussen de 1,5 en 1,9.

Bij bepaalde toepassingen kunnen de rookgassen van een gasmotor worden afgekoeld onder de 50°C waardoor de aanwezige waterdamp kan worden gekondenseerd. Hierdoor kan supplementair een belangrijke hoeveelheid warmte op een lage temperatuur (35 à 40°C) worden gewonnen. Mogelijke toepassingen zijn het voorverwarmen van het ketelvoedingswater van een stoomketel of het voorverwarmen van het afvalwater uit bijvoorbeeld de voedingsindustrie, vooraleer dit water naar de eerste anaërobe waterzuiveringstrap wordt gepompt. Door dit laatste wordt de efficiëntie van de waterzuivering sterk verhoogd zodat in de tweede aërobe waterzuiveringstrap er minder elektriciteit moet worden aangewend voor de aandrijving van de motoren van de beluchters.

Ten tweede zijn er de dieselmotoren waarbij de lucht in de cilinders wordt

samengedrukt tot een temperatuur waarbij de ingespoten diesel tot zelfontbranding komt. De dieselmotoren hebben een elektrisch rendement die ligt tussen de 40 en 45 procent. Het termisch rendement ligt lager dan bij gasmotoren omwille van de aanwezigheid van zwavel in de brandstof. Hierdoor kunnen de rookgassen van een dieselmotor niet zo laag worden afgekoeld als bij een gasmotor. Het termisch rendement ligt rond de 35 à 45 procent. De warmte/krachtverhouding ligt tussen de 1,1 en 1,5.

Kosten

De kostenzijde bestaat uit de globale investeringskost van de installatie, de onderhoudskost en de brandstofkost.

De *investeringskost* bestaat uit de investeringen in de naakte warmte/krachtmodule, de installatiekost van de WKK en de investering om de WKK in het eigen warmtedistributienet te integreren.

Voor een gasmotor varieert de prijs per KW elektrisch in functie van de grootte van de installatie. Voor kleine gasmotoren (150 KW) ligt de investeringskost rond de 30.000 BEF/KW. Voor motoren met een elektrisch vermogen hoger dan 750 KW is de investeringskost gedaald tot 18.000 BEF/KW. Voor dieselmotoren is de prijs per KW elektrisch niet afhankelijk van de grootte van de installatie. Het verschil wordt bepaald door het type dieselmotor. De investeringskost van een traaglopende dieselmotor (750 toeren/min) bedraagt ongeveer 14.000 BEF/KW. Voor een snellopende dieselmotor (1.500 toeren/min) ligt

de investeringskost in de buurt van 10.000 BEF/KW. Deze prijzen zijn richtwaarden. Door de onderlinge concurrentie van de verschillende leveranciers/konstruktoren van WKK-installaties kunnen deze prijzen lager liggen.

De installatiekost kan worden geraamd op 15% van de investeringskost van de naakte WKK-module.

De investeringen voor de inpassing van de WKK-module in het eigen warmtedistributienet kunnen zeer sterk variëren van installatie tot installatie. Het is niet uitzonderlijk dat de warmtezijdige inpassing 50% van de investeringskost van de WKK-module bedraagt.

De *onderhoudskost*, inclusief olieversing en machinebreukverzekering, wordt meestal in BEF/KWh geproduceerde elektriciteit uitgedrukt. Zij varieert voor een gasmotor tussen de 0,35 en 0,3 BEF/KWh afhankelijk van de grootte van de installatie. Voor een dieselmotor is de onderhoudskost onafhankelijk van het elektrische vermogen van de WKK-installatie. Zij bedraagt 0,3 BEF/KWh voor een snellopende dieselmotor en 0,25 BEF/KWh voor een traaglopende dieselmotor. De leveranciers/konstruktoren verrekenen dit tot een onderhoudskost per draaiuur. Wanneer de installatie overgedimensioneerd is en veel uren op deelland werkt, wordt de onderhoudskost per KWh geproduceerd hoger. Vanuit dit standpunt is het te kiezen de dimensionering van de WKK zo te kiezen dat altijd op vollast kan worden gewerkt.

De *brandstofkost* is afhankelijk van het elektrisch rendement van de motor en, de gas- of gasolieprijs. Zo wordt een brandstofkost per draaiuur berekend.

Baten

De opbrengsten zijn afhankelijk van de manier waarop de WKK-installatie wordt uitgebaat.

Wanneer de klant zelf investeert zijn de baten tweeledig. De min-aankoop van primaire energie (aardgas of stookolie) door de rekuperatie van de warmte van de WKK-installatie en de min-aankoop van elektriciteit uit het openbaar elektriciteitsnet.

Door warmte uit de WKK te rekuperen moet er minder primaire energie in de ketel worden gestopt. Er gebeurt een substitutie van energiehoeveel-

heden. De baat is afhankelijk van het verschil in kostprijs van de brandstof die in de motor wordt gebruikt en de gesubstitueerde brandstofprijs. Wanneer er een substitutie gebeurt van zware stookolie door de warmte uit een gasmotor zal de winst lager liggen dan wanneer het een substitutie betreft van aardgas naar aardgas.

De min-aankoop op de elektriciteitsfactuur zal afhankelijk zijn van het aantal geproduceerde KWh en wanneer deze geproduceerd werden. In het Uruseizoen- tarief is het slechts economisch rendabel om gedurende de 15 normale uren per dag te draaien. Het draaien van de WKK tijdens de spitsuren gedurende de vier wintermaanden heeft op de min-aankoop elektriciteit een zeer grote invloed. Wanneer de motor uitvalt tijdens deze 2 maal 2 spitsuren per dag in de wintermaanden (november - februari) zal de winst verminderd worden met ongeveer 630 BEF/KW. Voor een WKK-installatie van 360 KW elektrisch betekent één onderbreking een penaliteit van 226.000 BEF. Wanneer dit zich voordoet in meerdere wintermaanden wordt de financiële winst op de elektriciteitsfactuur sterk verminderd.

De terugverdientijd wordt bepaald door de totale investeringskost, inclusief installatiekost en warmtezijdige inpassing, te delen door de baten verminderd met de kosten. In de industrie wordt een terugverdientijd van drie jaar vooropgesteld. In de tertiaire sector worden terugverdientijden van 5 à 7 jaar aanvaard.

Wanneer de distributiemaatschappij investeert in de totale WKK-installatie, is de baat voor de klant een reduk-

tie op de prijs van de geleverde warmte. Meestal betreft het een reductie van 15% op de normale energieprijis die het bedrijf of instelling betaalt voor dezelfde toepassing. Een kleine variatie bestaat erin dat de klant een deel van de investeringskost op zich neemt. Meestal zal dit de investering van de inpassing van de WKK in het eigen warmtedistributienet zijn. De baat is in dit geval een specifiek op maat gemaakte overeenkomst.

Toepassingsgebieden voor WKK met zuigermotoren

De toepassingsgebieden voor WKK met zuigermotoren zijn de bedrijven en instellingen die een voldoende stabiele warmtevraag over het ganse jaar hebben. Tevens moet de warmtevraag op een temperatuurniveau zijn waarbij de gerecupereerde warmte uit de WKK nuttig kan gesubstitueerd worden.

De warmte die kan worden gerecupereerd uit een zuigermotor bevindt zich op twee temperatuurniveau's. Ten eerste is er de warmte uit het koelwater, de smeerolie en eventueel de in-terkoeler. Het temperatuurniveau is maximaal 120°C. De warmte die hieruit kan benut worden is enkel voor het opwarmen van water. Ten tweede is er de warmte uit de rookgassen. Het temperatuurniveau ligt tussen de 350°C en 600°C. De gerecupereerde warmte kan worden gebruikt om warm water of stoom (7 bar) te produceren. Een specifieke manier is het rechtstreeks gebruiken van de rookgassen zoals voor bepaalde droogprocessen (vb. steenbakkerijsector). Een heel speci-

fiek geval is het gebruik van de warmte voor de aandrijving van een absorptiekoelmachine.

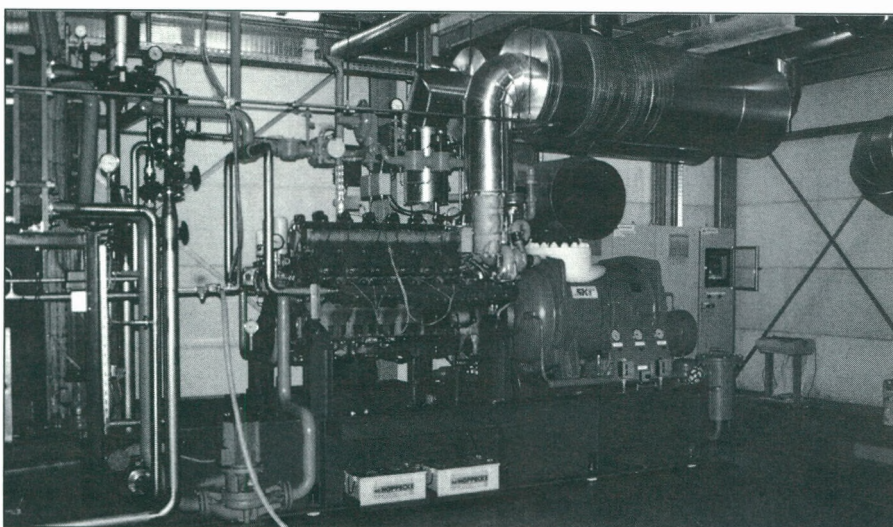
Wanneer het lage temperatuurniveau of omgekeerd het hoge temperatuurniveau niet kan worden gebruikt daalt het totaalrendement van de WKK sterk. Zowel op het financieel als op het ekologisch vlak is dit minder interessant. Het is dus van belang deze bedrijfssituaties op te sporen om het volledig potentieel aan warmterecuperatie te kunnen benutten.

Globaal zijn de criteria om WKK toe te passen de volgende. Een voldoende stabiele warmtevraag hebben op een temperatuurniveau waarbij een substitutie mogelijk is van de gerecupereerde warmte van de WKK. Beschikken over een voldoende aantal bedrijfsuren (3.300 of meer) zodat de WKK optimaal kan renderen. Wanneer zelf wordt geïnvesteerd in de WKK moet er tevens een gelijktijdigheid zijn tussen de warmte- en elektriciteitsvraag en dit in een relatief konstante verhouding.

De sectoren in West-Vlaanderen die het best aan de criteria voor de toepassing van WKK voldoen zijn de voedingssector (diepvries, slachthuizen), de textielsector, de steenbakkerijsector, de houtsector, de rust- en verzorgingsinstellingen, de ziekenhuizen en de grote zwembaden.

Uitbatingswijze

Indien het bedrijf/instelling zelf in de WKK-installatie investeert en deze beheert en wanneer er geen teruglevering van elektriciteit op het openbaar elektriciteitsnet gebeurt dan zal de dimensionering van de WKK gebeuren op de elektriciteitsvraag indien de warmte/krachtverhouding van het bedrijf groter is dan 1,5 à 1,9. Wanneer deze verhouding kleiner is wordt op de warmtevraag gedimensioneerd. De verhouding moet ook min of meer konstant zijn gedurende het hele jaar. In de meeste gevallen is het economisch niet interessant om elektriciteit op het net terug te leveren. Indien de gasmotor met biogas wordt aangedreven, wordt de terugleververgoeding verhoogd met één BEF per KWh. Deze maatregel is sedert begin 1995 in voege ter stimulering van de alternatieve energie. In deze situatie kan de terugleververgoeding variëren tussen de 2,08 en 2,39 BEF/KWh, afhankelijk van de gelijk-



Deze WKK-installatie van 360 KW van de firma d'Arta (Ardooië) drijft rechtstreeks een koelcompressor aan.

Foto SKT.

matigheid van terugleveren op het openbaar distributienet.

Indien de elektriciteitsdistributiemaatschappij de WKK-installatie plaatst en in eigen beheer heeft, dan zal de elektriciteitsfactuur van de klant niet veranderen. De geproduceerde warmte wordt met een reductie doorverkocht aan het bedrijf. Deze reductie bedraagt ongeveer 15% ten opzichte van de normale gasprijs die de klant zou betalen wanneer de klant zelf de warmte aanmaakt. Het voordeel voor de klant is het afwezig zijn van een risico. De eventuele onderbreking van de WKK tijdens de spitsuren zal geen invloed hebben op zijn elektriciteitsfactuur. Wanneer de warmte niet kan geleverd worden door de installatie kan terug overgeschakeld worden naar de eigen verwarmingsketel.

Milieu-aspekten

Door het toepassen van WKK wordt er minder primaire energie verbruikt. Bij het verbranden van fossiele energie zoals gas en gasolie wordt er CO₂ gevormd als restprodukt. Op makro-economische schaal zal een vermindering van de primaire energiebehoefte een evenredige vermindering van het broeikasgas CO₂ voor gevolg hebben. Dit is ook het belangrijkste argument van de Vlaamse Overheid om WKK als het middel tot het beperken van de CO₂-uitstoot te aanzien. Er zijn echter ook enkele nadelen op het milieuvlak bij toepassing van WKK-installaties op basis van zuigermotoren. De WKK-installaties op basis van zuiger-

motoren hebben een interne verbranding. In de verbrandingsgassen komen er schadelijke componenten voor. Deze zijn voornamelijk NO_x en eventueel SO₂. Ook kleine hoeveelheden CO en onverbrande koolwaterstoffen zijn aanwezig in de rookgassen van interne verbrandingsmotoren.

Tijdens de verbranding van zowel gas als gasolie ontstaat NO_x. Het verminderen van de uitstoot van NO_x kan op twee manieren gebeuren. Ten eerste wordt door het gebruik van een katalysator de NO_x gereduceerd tot het onschadelijke stikstof N₂. Dit is een gas die voor 79% in de ons omringende lucht aanwezig is. Ten tweede kan een "lean-burn" verbranding worden toegepast. Dit principe is gebaseerd op het toevoegen van een overmaat aan lucht bij de brandstof waarbij een soort afkoeling van de vlam in de cilinder ontstaat. De NO_x wordt voornamelijk gevormd bij zeer hoge temperaturen (1300 K). Door de afkoeling van het verbrande mengsel (lucht/brandstof) wordt er eveneens minder NO_x gevormd. Het is deze laatste techniek die in Vlaanderen het meest wordt toegepast.

Tijdens de verbranding van gasolie in dieselmotoren wordt er ook zwaveldioxide (SO₂) gevormd. Dit is te wijten aan de de gasolie die een hoeveelheid zwavel bevat. De component SO₂ in de verbrandingsgassen is net zoals NO_x verantwoordelijk voor de vorming van zure regen.

Voor stationaire motoren zoals WKK-installaties op gas en gasolie wordt er in de Vlaamse II bis geen spe-

cifieke normen opgegeven. De meeste gasmotoren die in Vlaanderen worden aangeboden voldoen aan de TA-Luft normen. De TA-Luft-norm voor gasmotoren en dieselmotoren met een vermogen beneden de 3.000 KW is respectievelijk 0,5 gram en 4 gram per kubieke meter rookgas. Hieruit blijkt dat de dieselmotor naast een hoeveelheid SO₂ tot acht maal meer NO_x mag uitstoten dan gasmotor. Vanuit het milieu-oogpunt stimuleert de Vlaamse Overheid dan ook het gebruik van gasmotoren voor WKK-installaties.

WKK-realizaties in West-Vlaanderen

De WKK-realizaties op basis van zuigermotoren worden in kronologische volgorde en in tabelvorm weergegeven. De eerste WKK installatie werd gerealiseerd eind 1992 door de WVEM in het Sint-Rembert ziekenhuis te Torhout. Sedertdien zijn reeds 14 installaties geplaatst voor een totaal elektrisch vermogen van 3.895 KW. Hiervan zijn 5 installaties voor rekening van de voedingssector. Twee installaties zijn reeds gerealiseerd in de tuinbouwsektor. De overige 7 installaties zijn geplaatst in de tertiaire sektor (recreatie, kantoren, scholen en ziekenhuizen).

In de hiernavolgende tabel worden meer details weergegeven over de verschillende WKK-installaties in West-Vlaanderen.

Er zijn nog onderhandelingen bezig met verschillende Westvlaamse bedrijven en instellingen voor WKK-instal-

Naam	Plaats	Jaar	Sektor	KWe motor	aantal stuks	brandstof	konstrukteur	motormerk
St-Rembert-ziekenhuis	Torhout	1992	ziekenhuis	165	1	aardgas	Nedalo	MAN
D'Arta	Ardooie	1993	diepvries	85	1	aardgas	Nedalo	MAN
Defever/WVEM	Gistel	1993	tuinbouw	380	2	aardgas	SKT	Caterpillar
Van de Perre	Gistel	1993	tuinbouw	165	1	aardgas	CES	MAN
Pasfrost	Affligem	1993	tuinbouw	320	1	diesel	De Becker	Cummins
Passendale	Passendale	1994	diepvries	380	1	aardgas	SKT	Caterpillar
Zon en Zee & WVEM	Westende	1994	vakantiecentrum	412	1	aardgas	Van Wingen	Dorman
De Vooght	Wingene	1994	Beton-centrale	288	1	diesel	Bobinindus	Scania
Pinguin	Zonnebeke	1995	diepvries	380	1	aardgas	SKT	Caterpillar
PIH	Kortrijk	1995	school	290	1	aardgas	Van Wingen	MAN
OCMW/WVEM	Harelbeke	1995	kantoor	165	1	aardgas	Depauw-Zantingh	MAN
OCMW/WVEM	Middelkerke	1995	kantoor	165	1	aardgas	Depauw-Zantingh	MAN
OLVziekenhuis & IMEWO	Brugge	1995	ziekenhuis	470	1	aardgas	De Becker	Waukesha
Sunpark & Gaselwest	De Haan	1995	recreatie	480	1	aardgas	SKT	Caterpillar

laties op basis van zuigermotoren voor een globaal vermogen van ongeveer 15 MW. Deze installaties zullen in 1996 en 1997 worden gerealiseerd.

Besluit

Warmte/kracht-koppeling is een techniek die opnieuw in de belangstelling is gekomen omwille van milieuredenen. De belangrijkste reden is de verminderde uitstoot van CO₂ als broeikasgas bij de toepassing van WKK. Door het stimuleren van Rationeel

Energiegebruik (REG) zijn er in West-Vlaanderen reeds 14 WKK-projecten gerealiseerd voor een totaal elektrisch vermogen van een kleine 4 MW. Er staan nog verschillende nieuwe projecten op stapel voor een totaal vermogen van 15 MW. Door de nieuwe strategie van de elektriciteitsproduktiebedrijven Electrabel en SPE zal WKK in de toekomst een groter aandeel krijgen in de totale produktiekapaciteit in Vlaanderen en in België. Ook West-Vlaanderen zal hieraan zijn steentje bijdragen.

Referenties

Kleinschalige warmte/krachtkoppeling in Vlaanderen, VITO, mei 1992. Warmte/krachtkoppeling wint aan belangstelling, *Het Ingenieursblad*, november 1995.

Aardgas-Toepassingstechniek, KVVB gegevens van de interkommunales IMEWO, GASELWEST en WVEM.

TIV

Technologische Innovatiecel voor Vlaanderen vzw Gemeenschappelijke Cel van de Vlaamse GOM's

Als **innoverende KMO** wenst U: een goed produkt, een geschikte partner, een klare kijk op de nieuwste technologische ontwikkelingen, een passende strategie, de juiste informatiekanalen, een snel resultaat

TIV: uw rechterhand voor een succesvolle innovatiestrategie

Tot uw beschikking staan:
een multidisciplinair team
jarenlange ervaring in het opsporen van de nieuwste produkten, processen of projecten
toegang tot databanken, instituten, federaties, ...
waar ook ter wereld
een flexibele, uitgeteste methodiek
technologie-monitoring
geleide workshop voor het initiëren van produktideën

TIV biedt U een volledig gepersonaliseerd programma aan

startbespreking en formulering van uw interesseprofiel
wereldwijde prospectie en kontaktnamen
analyse van de respons
evaluatie van de voorstellen
rapportering van de resultaten
opvolging van de contacten

**De Technologische Innovatiecel voor Vlaanderen vzw
werd opgericht door de vijf Vlaamse GOM's en
wordt door hen en de Vlaamse Executieve gesteund.**

Kontaktadressen:

GOM-West-Vlaanderen
Baron Ruzettelaan 33, 8310 Brugge-Assebroek
Tel. 050/35.81.31. - Fax 050/36.31.86

TIV
Bisschoffsheim 25, 1000 Brussel
Tel. 02/219.56.10 - Fax 02/219.82.27