

**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
tel: 015 2 150 150  
fax: 015 2 150 151  
e-mail: ce@ce.nl  
website: www.ce.n

## **Elektriciteit uit AVI's**

### **Eindrapport**

Delft, november 2001

Opgesteld door: Jan Vroonhof



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:  
Vroonhof, ir. J.T.W.  
Elektriciteit uit AVI's  
Delft, CE, 2001

AVI's / Elektriciteit / Energietechniek / Afvalverwerking / Kosten / Rendement

Publicatienummer: 01.5949.27

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: [publicatie@ce.nl](mailto:publicatie@ce.nl)

Opdrachtgever: Vereniging van Afvalverwerkers

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Jan Vroonhof

© copyright, CE, Delft

## **CE**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkteerrenen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doelstelling onderzoek	3
1.3 Opzet rapportage	4
2 Kostenopsplitsing AVI's	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Uitgangspunten opsplitsing	5
3 Kosten elektriciteitssysteem Twence	7
3.1 Inleiding	7
3.2 Gegevens elektriciteitssysteem Twence	7
3.3 Investerings elektriciteitssysteem Twence	7
3.4 Benodigde omzet elektriciteit	8
4 Kosten elektriciteitssysteem GDA	11
4.1 Inleiding	11
4.2 Gegevens elektriciteitssysteem GDA	11
4.3 Investerings elektriciteitssysteem GDA	11
4.4 Benodigde omzet elektriciteit	12
5 Conclusies	15
A Berekening benodigde omzet aan elektriciteit	19



# Samenvatting

Elektriciteitsopwekking in een AVI kost ongeveer  $f$  80,- (€ 36) tot  $f$  135,- (€ 61) per MWh. Dit blijkt uit dit onderzoek dat CE op verzoek van VEREBA heeft verricht naar de kosten van elektriciteitsopwekking in AVI's.

Om deze range te bepalen zijn de kosten van elektriciteitsopwekking van de AVI's Twence en GDA bepaald. De AVI van de GDA heeft een capaciteit van ongeveer 800 kton per jaar en is begin 90-er jaren in gebruik genomen. De AVI van Twence heeft een geringere capaciteit, 286 kton per jaar, en is eind 90-er jaren in gebruik genomen. Door het verschil in capaciteit en bouwjaar is de verwachting dat deze twee AVI's een representatief beeld geven van het AVI-park in Nederland.

De elektriciteitsopwekking door Twence zit aan de bovenkant van de kosten-range,  $f$  120,- (€ 54)/MWh  $\pm$  10%, en die van Amsterdam aan de onderkant,  $f$  87,- (€ 39)/MWh  $\pm$  8%. De verschillen zijn toe te schrijven aan de afvalverwerkingscapaciteit van de installaties.

In de kostenberekening van de elektriciteitsopwekking zijn meegenomen:

- De investeringen die voor de elektriciteitsopwekking zijn gemaakt. De investeringen die zijn vermeden als gevolg van de elektriciteitsopwekking, heetwaterketels, zijn in mindering gebracht.
- Grond- en gebouwkosten die aan de elektriciteitsopwekking zijn toe te schrijven.
- Onderhoud en verzekeringen van de voorzieningen voor opwekking van elektriciteit.
- Personeelskosten die aan de bediening van de elektrische voorzieningen zijn toe te rekenen.
- Eigen elektriciteitsgebruik voor de elektriciteitsopwekking.

Met behulp van de netto contante waarde methode is bepaald wat de jaarlijkse opbrengsten aan elektriciteit moeten zijn om de investeringen en exploitatiekosten over 15 jaar te kunnen dekken.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het afgelopen decennium is in Nederland het grootste deel van de bestaande capaciteit voor verbranding van afvalstoffen in afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) gerealiseerd. De installaties voldoen aan hoge eisen voor emissies (BLA-normen) en in elke AVI wordt elektriciteit (en soms ook warmte) opgewekt. Naast enig eigen gebruik wordt het grootste deel van de opgewekte elektriciteit op de markt afgezet.

De inkomsten van een AVI bestaan uit de poortprijs die zij krijgt per ton geleverd afval en de prijs die zij krijgt per kWh aan het elektriciteitsnet geleverde elektriciteit. Tevens krijgt zij sinds enkele jaren een vermindering doorberekend op de belasting ter zake van de levering van elektriciteit. Dit is forfaitair vastgesteld op basis van een aangenomen afvalsamenstelling waarin 50% van de opgewekte energie afkomstig is van biomassa. In het REB convenant tussen de AVI's aan de ene zijde en de Ministeries van Financiën, VROM en EZ aan de andere zijde is vastgelegd op welke wijze de AVI's het geld van dit belastingvoordeel in de periode 1999 – 2002 moeten aanwenden. Afgesproken is dat de AVI's gedurende de convenantperiode gezamenlijk hun totale energieproductie moeten verhogen met 23% ten opzichte van het referentiejaar 1997. De REB-gelden zijn dan ook bedoeld als financiële ondersteuning bij verhoging van het rendement.

Binnen de afvalmarkt en de elektriciteitsmarkt in de jaren 90 was er vrijwel geen concurrentie. Momenteel echter is de elektriciteitsmarkt geliberaliseerd en is er sprake van vrije concurrentie voor levering van elektriciteit voor grootgebruikers en binnenkort ook voor kleingebruikers. Een deel van de in Nederland gebruikte elektriciteit wordt momenteel geïmporteerd. Binnen deze vrije markt wordt door de producenten gestreefd naar het verlagen van de productiekosten van elektriciteit.

Ook de AVI's moeten concurreren op de elektriciteitsmarkt. Dit is voor de VEREBA (Vereniging Regulerende Energiebelasting Afvalverbranders) de aanleiding om na te gaan hoeveel de elektriciteitsproductie door een AVI nu daadwerkelijk kost. De VEREBA heeft aan CE de opdracht gegeven dit te onderzoeken.

## 1.2 Doelstelling onderzoek

Het doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in de kosten van de elektriciteitsproductie van de huidige AVI's.

De volgende vraag moet worden beantwoord:

Wat zijn de netto kosten die gebonden zijn aan de productie van elektriciteit in een huidige AVI?

### 1.3 Opzet rapportage

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten gegeven voor de vaststelling van de kosten van het elektriciteitssysteem van de AVI's.

In hoofdstuk 3 worden de kosten van het elektriciteitssysteem van Twence geanalyseerd.

In hoofdstuk 4 worden de kosten van het elektriciteitssysteem van de GDA van Amsterdam geanalyseerd.

Het rapport wordt afgesloten met hoofdstuk 5: conclusies.

#### **Woord van dank**

Een woord van dank gaat uit naar Twence en GDA voor de inspanningen om de kosten van de elektriciteitsopwekking te bepalen.



## 2 Kostenopsplitsing AVI's

### 2.1 Inleiding

Voor de analyse van de kosten van het elektriciteitssysteem van de AVI's is gekozen voor de analyse van twee AVI's. Gekozen is voor de twee AVI's waarvan wordt verwacht dat de kosten voor het elektriciteitssysteem ongeveer de range aangeven waarbinnen de andere AVI's vallen. Gekozen is voor analyse van de GDA van Amsterdam en Twence. De AVI van de GDA heeft een capaciteit van ongeveer 800 kton per jaar en is begin 90-er jaren in gebruik genomen. De AVI van Twence heeft een geringere capaciteit, 286 kton per jaar, en is eind 90-er jaren in gebruik genomen. Door het verschil in capaciteit en bouwjaar is de verwachting dat deze twee AVI's een representatief beeld geven van het AVI-park in Nederland.

### 2.2 Uitgangspunten opsplitsing

Voor de berekening van de kosten van het elektriciteitssysteem van de AVI is van het volgende uitgegaan.

#### Jaar

Richtjaar is 2001. Investeringskosten worden naar 2001 toegerekend, waarbij uitgegaan wordt van een prijscorrectie van 2% per jaar.

#### Afschrijvingskosten van de investeringen

De investeringen zijn als volgt verdeeld over afvalverwerking en elektriciteitsopwekking.

<b>Afvaldeel</b>	<b>elektriciteitsdeel</b>
Slakopwerking	ketel en ketelhuis
Rotorschaar	condensors
Rooster	turbine en turbinehuis
behandelings- en inspectiesysteem	demiwater installatie
kranen	auxiliary boiler
rookgasreiniging	trafo en netwerkaansluiting

#### Realisatie AVI zonder elektriciteitsopwekking

Voor het bepalen van de kosten van elektriciteitsopwekking in een AVI is uitgegaan van realisatie van de AVI's zonder elektriciteitsopwekking.

Indien de AVI zou zijn gebouwd zonder het systeem voor opwekking van elektriciteit, zouden enkele onderdelen moeten worden toegevoegd dan wel anders moeten worden gedimensioneerd. Zonder elektriciteitsopwekking moet de ontstane warmte worden afgevoerd.

Een eerste gedachte was daarvoor inspuitskoelers te installeren. Dit was voorheen, voordat rookgaszuivering werd verplicht, de gebruikte methode. In praktijk (bij Gevudo en AVIRA) is gebleken dat de rookgaszuivering niet goed kan worden beheerst wanneer inspuitskoelers worden gebruikt. Van deze gedachte is dan ook afgestapt.

Een tweede gedachte is het toepassen van een koelsysteem met warmtewisselaars waarbij de warmte met ventilatoren wordt weggekoeld. De rookgasreiniging behoeft dan niet te worden aangepast. Heetwaterketels met warmtewisselaars, die vergelijkbaar zijn met heetwaterketels als ware het de

bedoeling warmte te leveren, worden dan geïnstalleerd. Met een dergelijk systeem kunnen de emissies goed worden beheerst. Deze gedachte is dan ook uitgewerkt.

### **Grond- en gebouwkosten**

Grond- en gebouwkosten zijn verdeeld op basis van een raming van het oppervlak benodigd voor het systeem van de afvalverwerking en die van de elektriciteitsopwekking.

Niet direct aan een van de delen toe te kennen machines en installaties evenals overhead, zijn verdeeld op basis van de verhouding tussen directe investeringen voor beide systemen.

### **Onderhoud**

Door de GDA konden de onderhoudskosten volledig worden opgesplitst tussen beiden delen. Door Twence kon een deel van de onderhoudskosten direct worden verdeeld. De onderhoudskosten die niet direct konden worden verdeeld werden toegerekend op basis van de verhouding van de wel direct toe te delen onderhoudskosten.

### **Verzekeringen en exploitatiekosten**

Deze zijn zo goed mogelijk specifiek, dus per post, aan de beide systeemdelen toegerekend.

### **Personeelskosten**

Voor het personeel is nagegaan hoeveel personeel aan het elektriciteitsstelsel is toe te rekenen. Dit betreft voornamelijk een deel van het personeel dat het gehele bedrijfsproces van de AVI controleert. Bij de GDA betreft het 2 personeelsleden van de volcontinu dienst. Bij zes ploegen betreft het 12 personeelsleden. Bij Twence is naar raming 12% van het personeelsbestand toe te rekenen aan het elektriciteitsdeel.

### **Elektriciteitsverbruik**

Een deel van de opgewekte elektriciteit wordt door het bedrijfsproces en eigen gebouwen en kantoren gebruikt. Indien geen elektriciteit zou worden opgewekt zou deze elektriciteit op de markt moeten worden gekocht.

### **Netto contante waarde**

Met behulp van de netto contante waarde methode is bepaald wat de jaarlijkse opbrengsten aan elektriciteit moeten zijn om de investeringen en exploitatiekosten over de te kiezen afschrijvingsperiode te kunnen dekken. Een afschrijvingstermijn van 15 jaar is genomen voor het elektriciteitsstelsel omdat in de praktijk blijkt dat een groot deel van dit stelsel na circa 15 jaar dient te worden vervangen.

De wijze van afschrijving en financiering per AVI in Nederland verschilt nogal. Voor deze analyse is er van uitgegaan dat de netto contante waarde over de afschrijvingstermijn van 15 jaar nul is.

## 3 Kosten elektriciteitssysteem Twence

### 3.1 Inleiding

De kosten van het systeem voor opwekking van elektriciteit van de AVI Twence is in overleg met Twence vastgesteld. Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd. Allereerst worden enkele gegevens van het elektriciteitssysteem van de AVI gepresenteerd. In de daarop volgende paragraaf wordt een overzicht gegeven van de investeringen voor het elektriciteitssysteem. In de laatste paragraaf wordt de benodigde omzet aan elektriciteit berekend bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar.

### 3.2 Gegevens elektriciteitssysteem Twence

In Tabel 1 zijn de belangrijkste gegevens van het elektriciteitssysteem opgenomen.

Tabel 1 Gegevens elektriciteitssysteem Twence

				gemeten in 2000
Beschikbaarheid	7884 uur/jaar	=90% per lijn		
Doorzet	18 ton/h			
Aantal	2 lijnen			
Stookwaarde	9,5 MJ/kg			
Energie-input	95 MW			
Thermisch rendement	80%			
Energie-inhoud stoom	3200 kJ/kg	(40 bar/400 °C)		
Stoomproductie	24 kg/s			
Energie-input turbine-installatie	76 MW			
Rendement turbine-installatie	31%			
Energie-output elektrisch	23,2 MWe	182,8 GWh		172,6
Eigen verbruik:	4,5 MWe	0,016 kW/ton afval		0,016
Netto output:	18,6 MWe	147,00 GWh		140,67
Netto rendement:	20%			

### 3.3 Investerings elektriciteitssysteem Twence

In overleg met Twence zijn de investeringsbedragen voor het elektriciteitssysteem bepaald. Deze zijn in Tabel 2 opgenomen.

Van de door Twence opgegeven investering voor ketels plus roosters zijn de roosters afgetrokken. Per rooster is de investering geraamd op *f* 10 miljoen.

De vermeden investeringen als gevolg van de bouw van het elektriciteitssysteem zijn in overleg met de VVAV vastgesteld. De investering in heetwaterketels is geraamd op *f* 8.279.000,-. Voor de koelers plus het systeem is een investering geraamd van *f* 3.125.000,-. De montagekosten worden geraamd op *f* 3.421.000,-. Dit zijn ramingen prijspeil van het jaar van bouw van AVI Twence (1996).

Tabel 2 Investerings elektriciteitssysteem Twence<sup>1</sup>

<b>Installaties</b>		
Ketels	fl	55.644.000,00
Turbine	fl	13.715.000,00
Condensor	fl	8.372.000,00
Demi-installatie	fl	1.454.000,00
Hulpketel	fl	434.000,00
Overige	fl	16.347.993,00
<b>Grond en gebouwen</b>		
Machinezaal etc.	fl	11.000.000,00
deel ketelhuis	fl	15.928.449,74
Totaal:	fl	122.895.442,74
percentage t.o.v. totaal AVI		23,8%
<b>Vermeden investering</b>		
heetwaterketels	fl	8.279.000,00
koelers + systeem	fl	3.125.000,00
bijkomende kosten (montage e.d.)	fl	3.421.000,00
Onzekerheid (10%)	fl	1.482.500,00
	fl	16.307.500,00
Netto investering elektriciteitssysteem (prijspeil 1996)	fl	106.587.942,74
Netto investering elektriciteitssysteem (prijspeil 2001)	fl	117.681.701,44
Investering AVI Twence totaal (prijspeil 1996)	fl	517.000.000,00

### 3.4 Benodigde omzet elektriciteit

Hieronder wordt de benodigde omzet aan elektriciteit berekend bij een afschrijving in 15 jaar. De in Tabel 3 opgenomen kosten voor personeel, onderhoud, hulpstoffen en bedrijfskosten zijn in overleg met Twence vastgesteld.

Tabel 3 Exploitatiekosten Twence (bedragen in NLG)

	Aandeel elek.systeem	Totaal AVI	Exploitatiekosten elek.systeem
personeelskosten	12%	6.088.000	730.560
onderhoud			4.320.250
Vermeden exploitatiekosten	3% van invest.		-/- 489.225
Hulpstoffen en bedrijfskosten			500.000
overhead	7%		354.310
Vermeden inkoop elektriciteit	21482 MWh à 100 NLG/MWh		-/- 2.255.570
Sommatie			3.160.325

<sup>1</sup> Door Twence kan niet meer worden achterhaald of de trafo meegenomen is in de kosten van het elektriciteitssysteem. Er is vanuit gegaan dat dit het geval is. Nagegaan is wat het effect is wanneer de trafo niet is meegenomen. Dan stijgen de investeringskosten met NLG 7 miljoen. Op de benodigde elektriciteitsprijs om kostendekkend te kunnen draaien heeft dit een gering effect. In plaats van 120,20 NLG/MWh (zie paragraaf 3.4) is 126,60 NLG/MWh benodigd.

In Bijlage A wordt de benodigde omzet aan elektriciteit berekend. Bij een netto elektriciteitsproductie van 140.670 MWh per jaar moet de verkoop aan elektriciteit  $f$  120,20 per MWh opbrengen om kostendekkend elektriciteit te kunnen produceren.

#### **Onzekerheid en gevoeligheid**

De marges voor de toerekening van de investeringen voor het elektriciteits-systeem worden geraamd op 5%. Dit resulteert in een marge voor de elektriciteitsopbrengst tussen  $f$  114,- en  $f$  126,- per MWh.

Bij een afschrijvingstermijn over 20 jaar en een interne rentevoet van 8% moet de elektriciteitsopbrengst circa  $f$  108,- per MWh bedragen.

Bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar en een interne rentevoet van 10% moet de elektriciteitsopbrengst circa  $f$  132,- per MWh bedragen.

De onzekerheden en gevoeligheden resulteren in een marge van 10% voor de elektriciteitsprijs van  $f$  120,20 per MWh.



## 4 Kosten elektriciteitssysteem GDA

### 4.1 Inleiding

De kosten van het systeem voor opwekking van elektriciteit van de AVI GDA is in overleg met GDA vastgesteld. Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd. Allereerst worden enkele gegevens van het elektriciteitssysteem van de AVI gepresenteerd. In de daarop volgende paragraaf wordt een overzicht gegeven van de investeringen voor het elektriciteitssysteem. In de laatste paragraaf wordt de benodigde omzet aan elektriciteit berekend bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar.

### 4.2 Gegevens elektriciteitssysteem GDA

In Tabel 4 zijn de belangrijkste gegevens van het elektriciteitssysteem opgenomen.

Tabel 4 Gegevens van het elektriciteitssysteem van GDA

				gemeten in 2000
Beschikbaarheid	7884 uur/jaar	=90% per lijn		
Doorzet	25 ton/h			
Aantal	4 lijnen			
Stookwaarde	9,5 MJ/kg			
Energie-input	264 MW			
Thermisch rendement	80%			
Energie-inhoud stoom	3200 kJ/kg	(40 bar/400 °C)		
Stoomproductie	66 kg/s			
Energie-input turbine-installatie	211 MW			
Rendement turbine-installatie	33%			
Energie-output elektrisch	69 MWe	543 GWh		547
Eigen verbruik:	7,6 MWe	0,0096 kW/ton afval		
Netto output:	61 MWe	483 GWh		483
Netto rendement:	23,2%			

### 4.3 Investerings elektriciteitssysteem GDA

In overleg met GDA zijn de investeringsbedragen voor het elektriciteitssysteem bepaald. Deze zijn in Tabel 5 opgenomen.

Tabel 5 Investerings elektriciteitssysteem GDA

<b>Installaties</b>		
ketels	fl	40.000.000,00
basisinstallatie (inclusief trafo voor netwerkaansluiting en turbines)	fl	44.756.000,00
civiele werkzaamheden en stelposten	fl	7.300.000,00
Piping (van totaal 58.000.000) van het volledige stoomcircuit	fl	40.000.000,00
elektrisch gedeelte (30% van totaal) <sup>1)</sup>	fl	12.600.000,00
meet- en regelsysteem (20% van totaal)	fl	7.600.000,00
Demiwater + koelwater <sup>2)</sup>	fl	14.891.000,00
subtotaal	fl	167.147.000,00
<b>Grond en gebouwen</b>		
bouwkosten (32,8% <sup>3)</sup> van totaal 167 miljoen)	fl	55.000.000,00
grondkosten (10% van 33,9 miljoen) <sup>4)</sup>	fl	3.000.000,00
Totaal (prijspeil 1990)	fl	225.147.000,00
percentage t.o.v. totaal AVI		23,9%
<b>Vermeden investering alternatief</b>		
heetwaterketels	fl	20.830.000,00
koelers plus systeem	fl	7.860.000,00
bijkomende kosten (montage e.d.)	fl	8.607.000,00
post: onzekerheid (10%)	fl	3.730.000,00
totaal alternatief (prijspeil 1990)	fl	41.027.000,00
Netto investering elektriciteitssysteem (prijspeil 1990)	fl	184.120.000,00
Netto investering elek.systeem (prijspeil 2001, prijscorrectie 2%/jr)	fl	228.930.077,66
Investering totaal (prijspeil 1990)	fl	944.000.000,00
Vervangingsinvestering in jaar 6:	fl	9.400.000,00

<sup>1)</sup> De verschillende onderdelen van de AVI zijn in percelen aanbesteed. Zo zijn bijvoorbeeld de elektrische aansluitingen en leidingen apart aanbesteed van de elektrische voorzieningen (zoals trafo en turbines) in de AVI. Van de aansluitingen en leidingen is naar deskundige raming 30% toe te rekenen aan het systeem voor de opwekking van elektriciteit.

<sup>2)</sup> Van de inlaat- en uitlaatwerken voor het te gebruiken water is 80% toegerekend aan de koelwatervoorziening. 20% is toegerekend aan brandblusvoorzieningen voor de afvalverwerking.

<sup>3)</sup> De bouwkosten van de AVI van de GDA bedroegen 685 miljoen NLG. De som van de bijkomende kosten, voorbereidingskosten en rente bedroeg 225 miljoen NLG. Op de bouwkosten komt derhalve een opslag van 225 miljoen, ofwel 32,8%. Voor de bouwkosten van het elektrische deel wordt met hetzelfde opslagpercentage gerekend.

<sup>4)</sup> De totale grondkosten bedroegen 33,6 miljoen NLG. Naar raming is 90% daarvan toe te rekenen aan de afvalverwerking en 10% aan de elektriciteitsopwekking.

De vermeden investeringen als gevolg van de bouw van het elektriciteits-systeem zijn in overleg met de VVAV vastgesteld.

De vermeden investeringen als gevolg van de bouw van het elektriciteits-systeem zijn in overleg met de VVAV vastgesteld. De investering in heetwaterketels is geraamd op f 20.830.000,-. Voor de koelers plus het systeem is een investering geraamd van f 7.860.000,-. De montagekosten worden geraamd op f 8.607.000,-. Dit zijn ramingen prijspeil van het jaar van bouw van AVI GDA (1990).

#### 4.4 Benodigde omzet elektriciteit

Hieronder wordt de benodigde omzet aan elektriciteit berekend bij een afschrijving in 15 jaar. De in Tabel 6 opgenomen kosten voor personeel, onderhoud, hulpstoffen en bedrijfskosten zijn in overleg met GDA vastgesteld.



Tabel 6 Exploitatiekosten GDA (bedragen in NLG)

	Aandeel elek.systeem	Totaal AVI	Exploitatiekosten elek.systeem
personeelskosten	12 fte		1.615.700
onderhoud	2,8% van invest.		6.867.900
Overige kosten	30%	27.923.000	8.476.600
Hulpstoffen en bedrijfskosten			210.000
Vermeden inkoop elektriciteit	26963 MWh à 90 NLG/MWh		-/- 2.426.700
sommatie			14.743.500

In Bijlage A wordt de benodigde omzet aan elektriciteit berekend. Bij een netto elektriciteitsproductie van 483.000 MWh per jaar moet de verkoop aan elektriciteit *f* 87,30 per MWh opbrengen om kostendekkend elektriciteit te kunnen produceren.

#### **Onzekerheid en gevoeligheid**

De marges voor de toerekening van de investeringen voor het elektriciteits-systeem worden geraamd op 5%. Dit resulteert in een marge voor de elektriciteitsopbrengst tussen *f* 90,- en *f* 84,- per MWh.

Bij een afschrijvingstermijn over 20 jaar en een interne rentevoet van 8% moet de elektriciteitsopbrengst circa *f* 82,- per MWh bedragen.

Bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar en een interne rentevoet van 10% moet de elektriciteitsopbrengst circa *f* 94,- per MWh bedragen.

De onzekerheden en gevoeligheden resulteren in een marge van 8% voor de elektriciteitsprijs van *f* 87,30 per MWh.



## 5 Conclusies

In Tabel 7 zijn de resultaten van de analyse van Twence en van GDA opgenomen.

Tabel 7 Overzicht resultaten elektriciteitssysteem Twence en GDA

	Twence	GDA	GDA is x-maal Twence
Capaciteit afvalverwerking	286 kton/jr	800 kton/jr	2,8
Netto investeringskosten in elektriciteitssysteem (prijspeil 2001)	f 117.682.000	f 228.930.000	1,95
Aandeel investeringskosten elektriciteitssysteem t.o.v. totale investering AVI	23,8%	23,9%	
Totale investeringskosten AVI per ton capaciteit	f 1.807/ton cap.	f 1.180/ton cap.	
Netto elektriciteitsproductie	141 GWh	483 GWh	3,3
Verkoopprijs elektriciteit voor kostendekkende exploitatie (15 jr afschrijving, 8% rente)	f 120,- /MWh ± 10%	f 87,- / MWh ± 8%	

Ondanks het grote verschil in capaciteit zijn de relatieve investeringskosten voor het elektriciteitsdeel ten opzichte van de gehele AVI voor beide installaties zo goed als gelijk (23,8% en 23,9%).

De investeringskosten in het elektriciteitssysteem van GDA zijn een factor 1,95 groter dan die van Twence, terwijl de capaciteit van GDA een factor 2,8 groter is. Dit geeft aan dat de GDA ten opzichte van Twence een groot schaalvoordeel heeft wat betreft investeringskosten. De totale investeringskosten van de AVI per ton capaciteit geeft dit ook aan (f 1.807,-/ton capaciteit voor Twence t.o.v. f 1.180,-/ton capaciteit voor GDA).

De verkoopprijs van elektriciteit (afschrijving in 15 jaar, 8% rente) moet voor Twence f 120,-/MWh (plus of min 10%) bedragen en voor GDA f 87,-/MWh (plus of min 8%) om kostendekkend elektriciteit te kunnen produceren. Het verschil tussen beide is volledig toe te schrijven aan het verschil in investeringskosten voor het elektriciteitssysteem en daarmee aan de verwerkingscapaciteit aan afval van de AVI. De grotere capaciteit van GDA heeft dus duidelijk schaalvoordelen.



**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
tel: 015 2 150 150  
fax: 015 2 150 151  
e-mail: ce@ce.nl  
website: www.ce.nl

## **Elektriciteit uit AVI's**

### Bijlagen

#### **Eindrapport**

Delft, november 2001

Opgesteld door: Jan Vroonhof





## A Berekening benodigde omzet aan elektriciteit

Tabel 8 Berekening benodigde omzet aan elektriciteit Twence

8% Interne rentevoet						
jaar	kosten	benodigde baten	Netto cash flow	Contant gemaakte waarde cash flow		
0 fl	117.681.701,44	0 fl	117.681.701,44-	fl	117.681.701,44-	
1 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	12.730.277,48	
2 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	11.787.293,97	
3 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	10.914.161,08	
4 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	10.105.704,70	
5 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	9.357.133,98	
6 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	8.664.012,95	
7 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	8.022.234,21	
8 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	7.427.994,64	
9 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	6.877.772,81	
10 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	6.368.308,16	
11 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	5.896.581,63	
12 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	5.459.797,81	
13 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	5.055.368,34	
14 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	4.680.896,61	
15 fl	3.160.325,12 fl	16.909.024,80 fl	13.748.699,68 fl	fl	4.334.163,53	
				Netto contante waarde fl		0

Tabel 9 Berekening benodigde omzet GDA

8% Interne rentevoet						
jaar	kosten	benodigde baten	Netto cash flow	Contant gemaakte waarde cash flow		
0 fl	228.930.077,66	0 fl	228.930.077,66-	fl	228.930.077,66-	
1 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	25.405.414,53	
2 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	23.523.531,97	
3 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	21.781.048,12	
4 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	20.167.637,15	
5 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	18.673.738,10	
6 fl	24.143.557,33 fl	42.181.405,02 fl	18.037.847,69 fl	fl	11.366.903,75	
7 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	16.009.720,60	
8 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	14.823.815,37	
9 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	13.725.754,97	
10 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	12.709.032,38	
11 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	11.767.622,57	
12 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	10.895.946,83	
13 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	10.088.839,65	
14 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	9.341.518,20	
15 fl	14.743.557,33 fl	42.181.405,02 fl	27.437.847,69 fl	fl	8.649.553,89	
				Netto contante waarde fl		0
in jaar 6 is een vervangingsinvestering gedaan van 9,4 miljoen						