

**ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT:
ENERGIEBESPARENDE REGELING VAN WALSMOTOREN
ALZ, GENK**

Eindrapport

I. De Laet, P. Van Tichelen, W. Luyckx, J. Stroobants

Vito

December 1999

SAMENVATTING

ALZ, gevestigd te Genk, is een geïntegreerd productiebedrijf voor de productie van koudgewalst roestvast staal of inox. In het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 10/02/1983) heeft de Vlaamse overheid aan ALZ een subsidie toegekend van 10 MBEF voor de investeringskosten van een 3-niveau GTO-sturing i.p.v. een klassieke DC-sturing ten behoeve van een nieuwe CRM-walsinstallatie (Cold Rolling Mill) uitgerust met synchrone wisselstroommotoren met een totaal vermogen voor alle motoren van 19.385 kWe. Met deze nieuwe wals, die verder als “CRM3 AC-GTO” zal worden aangeduid, is het de bedoeling een aanzienlijke besparing te realiseren op het elektriciteitsverbruik.

Vito voert in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. De rechtstreekse besparing t.g.v. rendementsverbeteringen van de motoren kon niet worden gemeten, omdat hiervoor koppelmeetcellen nodig zijn, wat te duur is. Bovendien meet een koppelmeetcel met een nauwkeurigheid van typisch 2 a 3 %, waardoor het moeilijk is om een besparing van 5 a 6 % te meten. Daarom werd het totaal energieverbruik van één walscyclus, inclusief de aandrijving, op de “CRM3 AC-GTO wals” opgemeten.

Tijdens een eerste meting werd een bepaald eenheidsmateriaal gewalst in 5 passen. Tijdens een tweede meting, werd dit zelfde eenheidsmateriaal gewalst in 4 passen en was de rol 3% langer.

Om de jaarlijkse energiebesparing te bepalen, wordt een extrapolatie gemaakt op basis van deze twee metingen en gebruiken we een tweede fictieve wals die identiek is aan de CRM3 AC-GTO, maar uitgerust met DC motoren en een DC-sturing. Deze fictieve wals wordt “CRM3 DC” genoemd.

Theoretische berekeningen tonen aan dat een wals uitgerust met synchrone AC-motoren en een GTO-sturing een energiebesparing oplevert van 5,3% t.o.v. een zelfde wals uitgerust met DC-motoren en een DC-sturing.

Op basis van deze metingen werden de technische prestaties van de technologie, de bereikte energiebesparing en de vermindering van de CO₂-emissie geëvalueerd.

Tenslotte werd ook nog een oude wals, Wals 2000, met DC-motoren en een DC-sturing opgemeten. De resultaten hiervan worden ook als referentie gebruikt.

De Wals 2000 en de CRM3 AC-GTO wals zijn op mechanisch vlak niet identiek. De walscilinders van de Wals 2000 worden afgesteund met 4 steunschalen en 4 steuncilinders, Terwijl bij de wals CRM3 AC-GTO de walscilinders worden afgesteund m.b.v. 18 steuncilinders.

Tijdens de eerste meting op de CRM3 AC-GTO wals, was er een totaal elektriciteitsverbruik van 1926 kWh. Na een tweede meting op deze wals werd een netto energieverbruik opgemeten van 2104 kWh. Het gemiddeld energieverbruik op de CRM3 AC-GTO wals is 2015 kWh per walscyclus.

Om een zelfde rol eenheidsmateriaal te walsen op oude Wals 2000, werd een energieverbruik van 2633 kWh geregistreerd.

Wordt er 10000 ton/maand van het eenheidsmateriaal gewalst op de CRM3 AC-GTO wals, bedraagt het gemiddeld jaarlijks energieverbruik 10989 MWh/jaar, het gemiddeld

energieverbruik op de CRM3 DC wals is 11606 MWh/jaar. Dit komt neer op een meerverbruik van 617 MWh/jaar of 5,3%.

De besparing van primaire energie en de verminderde CO₂-emissie wordt bepaald op basis van de theoretische besparing van 5,3% die de AC-aandrijving oplevert t.o.v. de DC-aandrijving.

Tussen de wals CRM3 AC-GTO en de WALS 2000 werd echter ook nog een bijkomende besparing opgemeten van ongeveer 15%. Deze 15% heeft eveneens een impact op de totale besparing van de primaire energie en de verminderde CO₂-emissie, maar wordt in dit rapport niet in rekening gebracht omdat deze in verband staat met de totale investering van het ganse project.

Vertrekkende van de gemeten elektriciteitsverbruiken en van de theoretisch bepaalde rendementsverbetering t.g.v. de AC-GTO aandrijving en de synchrone motoren, blijkt dat voor de wals CRM3 AC-GTO het primaire energieverbruik 89914 GJ/jaar bedraagt en voor de wals CRM3 DC 94958 GJ/jaar. Dit komt neer op een besparing van 5044 GJ/jaar ofwel 5,3%.

De bepaling van de CO₂-emissie bij de productie van de benodigde elektriciteit gebeurt gelijkaardig aan de bepaling van het primaire energieverbruik. De totale CO₂-emissie is 6857 ton/jaar voor de CRM3 AC-GTO wals en 7242 ton/jaar indien een CRM3 DC wals wordt gebruikt m.a.w. 685 ton/jaar meer.

Voor de economische evaluatie werd dezelfde extrapolatie gemaakt als bij de bepaling van de primaire energiebesparing. De jaarlijkse energiekostenbesparing bedraagt dan 1,42 MBEF inclusief de beperkte onderhoudskosten. Zonder rekening te houden met subsidies, bedraagt de meer investeringskosten van de CRM3 AC-GTO wals 37 MBEF en wordt de installatie terugbetaald op 26 jaar. De terugverdientijd wordt echter sterk beïnvloed door de vermogenterm. Deze wordt bepaald door de tijd dat de wals zijn piekvermogen levert gedurende een kwartier. Het piekvermogen kan in de toekomst sterk toenemen enerzijds als een harder materiaal direct in een kleinere einddikte gewalst wordt en anderzijds indien het productievolume opgedreven wordt. Vandaar dat de opgegeven terugverdientijden moeten gerelativeerd worden.

INHOUD

1	INLEIDING	5
2	TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE CRM3 AC-GTO WALS.....	7
2.1	WERKING VAN EEN WALSINSTALLATIE.....	7
2.2	DE AANDRIJVING VAN DE CRM3 AC-GTO WALS	7
2.3	DE AANDRIJVING VAN DE WALS 2000	9
2.4	THEORETISCHE BESPARING DOOR DE NIEUWE AANDRIJVING	9
3	METINGEN EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN	13
3.1	OVERZICHT VAN DE METINGEN.....	13
3.2	CRM3 AC-GTO-WALS	13
3.3	WALS 2000.....	14
4	TECHNISCHE EVALUATIE.....	15
4.1	ENERGIEVERBRUIK VAN DE CRM3 AC-GTO WALS	15
4.2	ENERGIEVERBRUIK VAN DE WALS 2000	16
4.3	ENERGIEBALANS	17
4.3.1	<i>Vergelijking van het energieverbruik tussen de Wals 2000 en de CRM3 AC-GTO wals.....</i>	<i>17</i>
4.3.2	<i>Beperkingen bij de extrapolatie van de energiebesparing op jaarbasis</i>	<i>19</i>
4.3.3	<i>Vergelijking energiegebruik tussen CRM3 AC-GTO vs. CRM3 DC.....</i>	<i>19</i>
5	PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN VERMINDERING CO₂-EMISSION.....	22
5.1	PRIMAIRE ENERGIEBESPARING.....	22
5.2	VERMINDERING CO ₂ -EMISSION.....	23
6	ECONOMISCHE EVALUATIE	24
6.1	INVESTERING	24
6.2	GEREALISEERDE BESPARING.....	24
6.3	RENDABILITEIT.....	24

BIJLAGE I

BIJLAGE II

BIJLAGE III

1 INLEIDING

ALZ, gevestigd te Genk, is een geïntegreerd productiebedrijf voor de productie van koudgewalst roestvast staal of inox. De eindproducten zijn plakken, banden (of bobijnen), platen en strips met volgende kenmerken:

- een dikte van 160 of 200 mm
- een breedte die ligt tussen 800 en 2100 mm
- een lengte die ligt tussen 4350 mm en 14700 mm

De afmetingen van de warmgewalste platen en bobijnen schommelen tussen:

- 0,4 en 8 mm dikte
- 50 en 2060 mm breedte

Omwille van een tekort aan capaciteit en omwille van een uitbreiding van het assortiment aan walsplaten, heeft ALZ besloten om een nieuwe CRM-walslijn (Cold Rolling Mill) te plaatsen. Voor de aandrijving van de reversierhaspels en de walskooi werd geopteerd voor synchrone AC motoren, aangestuurd door 3-niveau GTO-omvormers i.p.v. een klassieke DC-sturing. Deze nieuwe manier van aandrijven leidt tot een lager energieverbruik vergeleken met de conventionele aandrijftechnieken. Deze techniek werd mogelijk door de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van snelheidsregeling van wisselstroommotoren, wat de verliezen beperkt, waardoor er ook minder netfilters nodig zijn en er hogere rendementen kunnen gehaald worden. Dit geeft dan weer aanleiding tot vermindering van het benodigd koel- en ventilatievermogen.

Vito voert in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. De rechtstreekse besparing t.g.v. rendementsverbeteringen van de motoren kon niet worden gemeten, omdat hiervoor koppelmeetcellen nodig zijn, wat te duur is. Bovendien meet een koppelmeetcel met een nauwkeurigheid van typisch 2 a 3 %, waardoor het moeilijk is om een besparing van 5 a 6 % te meten. Daarom werd het totaal energieverbruik van één walscyclus, inclusief de aandrijving, op de “CRM3 AC-GTO wals” opgemeten.

Tijdens een eerste meting werd een bepaald eenheidsmateriaal gewalst in 5 passen. Tijdens een tweede meting, werd dit zelfde eenheidsmateriaal gewalst in 4 passen en was de rol 3% langer.

Om de jaarlijkse energiebesparing te bepalen, wordt een extrapolatie gemaakt op basis van deze twee metingen en gebruiken we een tweede fictieve wals die identiek is aan de CRM3 AC-GTO, maar uitgerust met DC motoren en een DC-sturing. Deze fictieve wals wordt “CRM3 DC” genoemd.

Theoretische berekeningen tonen aan dat een wals uitgerust met synchrone AC-motoren en een GTO-sturing een energiebesparing oplevert van 5,3% t.o.v. een zelfde wals uitgerust met DC-motoren en een DC-sturing.

Op basis van deze metingen werden de technische prestaties van de technologie, de bereikte energiebesparing en de vermindering van de CO₂-emissie geëvalueerd.

Tenslotte werd ook nog een oude wals, Wals 2000, met DC-motoren en een DC-sturing opgemeten. De resultaten hiervan worden ook als referentie gebruikt.

De Wals 2000 en de CRM3 AC-GTO wals zijn op mechanisch vlak niet identiek. De walscilinders van de Wals 2000 worden afgesteund met 4 steunschalen en 4 steuncilinders,

Terwijl bij de wals CRM3 AC-GTO de walscilinders worden afgesteund m.b.v. 18 steuncilinders.

Het demonstratieproject werd goedgekeurd in maart 1997 en het aanvangsverslag werd opgemaakt in april 1997. In oktober 1997 werd de nieuwe wals in bedrijf genomen.

Op basis van deze metingen worden de technische prestaties van de technologie, de bereikte energiebesparing en de vermindering van de CO₂-emissie geëvalueerd.

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een technische beschrijving van de walsinstallatie gegeven. In het derde hoofdstuk wordt de meetprocedure en de energieregistratie weergegeven en in hoofdstuk 4 worden de meetgegevens geanalyseerd. In hoofdstuk 5 wordt de primaire energiebesparing en de CO₂-emissiereductie bepaald. De economische evaluatie wordt beschreven in hoofdstuk 6, waarna het besluit geformuleerd wordt.

2 TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE CRM3 AC-GTO WALS

2.1 Werking van een walsinstallatie

Een koudwalsprocédé is een techniek waarbij een bepaald materiaal met een ingangsdikte d_1 m.b.v. een aantal walspassen plastisch vervormd wordt tot een uitgangsdikte d_2 die kleiner is dan d_1 .

Tijdens de eerste pas voert de afhaspel het materiaal in de wals in. Door deze afhaspel wordt de stilstandtijd gereduceerd omdat de volgende bobijn geplaatst en voorbereid kan worden terwijl de eerste bobijn gewalst wordt. Na deze eerste pas wordt het materiaal afwisselend opgerold op één van de reversierhaspels. De eerste stap gebeurt met een lagere trekspanning dan de andere passen, vandaar dat de afhaspel een kleiner vermogen heeft dan de twee reversierhaspels die van gelijk vermogen zijn.

De walskooi zelf bevat een groep van cilinders waarvan een aantal cilinders via een tandwielkast worden aangedreven door de walsmotor. De dunne werkcilinders, die in rechtstreeks contact staan met het materiaal, laten samen met de hoge trekkrachten een hoge reductie per pas toe.

2.2 De aandrijving van de CRM3 AC-GTO wals

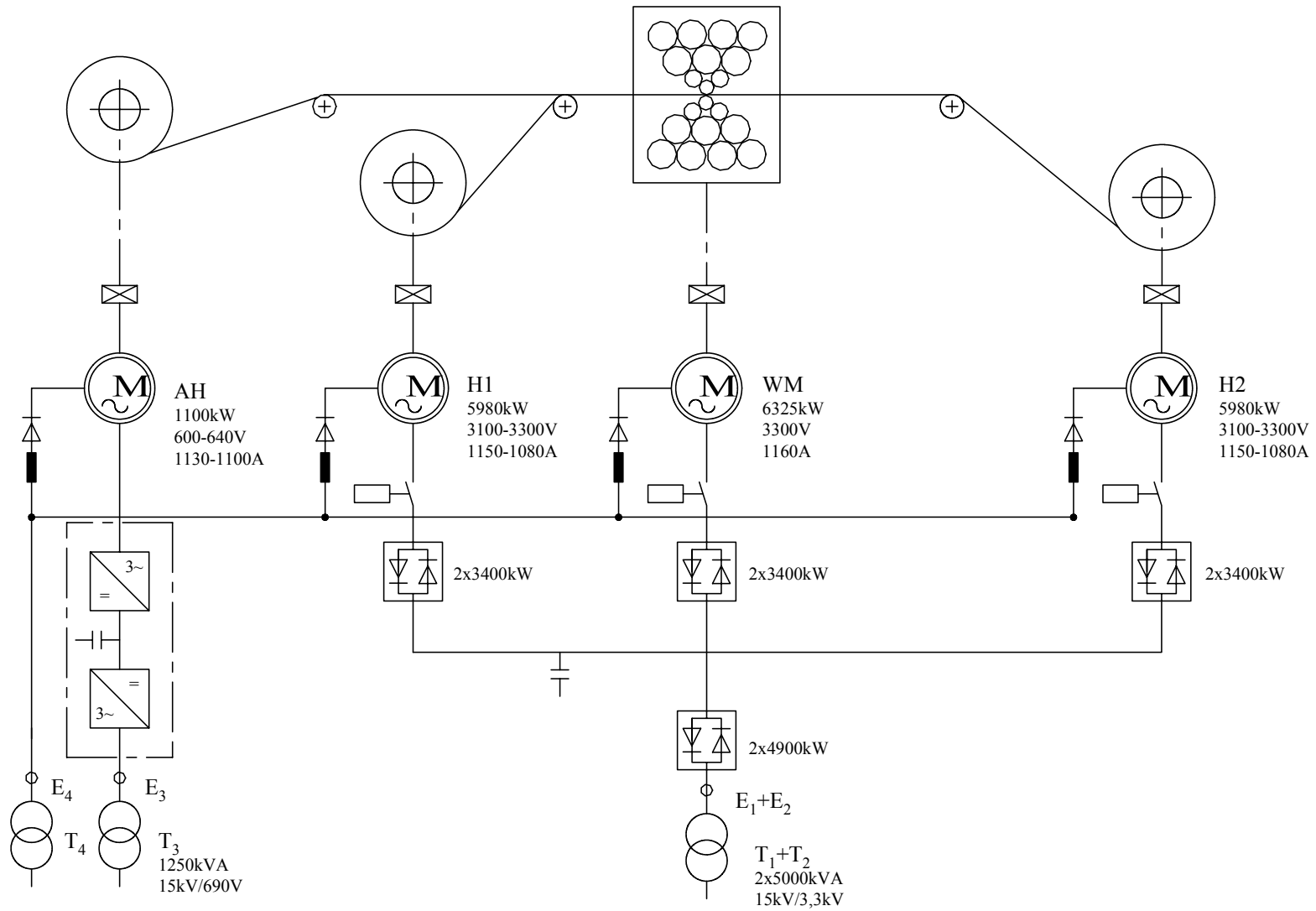
Een schema van de installaties wordt weergegeven in figuur 2.1. De CRM3 AC-GTO wals bestaat uit vier grote synchrone motoren, nl.: Afhaspel (AH), Reversierhaspel 1 (H1), Walsmotor (WM) en Reversierhaspel 2 (H2).

Tabel 2.1: Verklaring symbolen bij figuur 2.1

Symbool	Verklaring
AH	Afhaspel
H1	Reversierhaspel 1
H2	Reversierhaspel 2
WM	Walsmotor
T1	Voedingstransformator GTO zijde A
T2	Voedingstransformator GTO zijde B
T3	Voedingstransformator AH
E1	Elektriciteitsmeter GTO zijde A
E2	Elektriciteitsmeter GTO zijde B
E3	Elektriciteitsmeter AH
E4	Elektriciteitsmeter Velden

De motor van de afhaspel (1100kW 600-640V) wordt aangedreven door een gate turn-off (GTO) convertor/invertor van het type Simovert welke gevoed wordt door een transformator T_3 (1250kVA 15kV/690V).

De motoren van de reversierhaspels 1&2 (5980kW 3100-3300V) en de walskooi (6325kW 3300V), zijn elk door twee GTO-invertoren (3400kW) gekoppeld aan een gemeenschappelijke DC-bus. Deze bus is via twee convertoren (4900kW) met elk hun voedingstransformator $T_1 + T_2$ aan het net gekoppeld.



Figuur 2.1: Schematische voorstelling CRM3 AC-GTO-wals

De dubbele uitvoering van convertoren en invertoren heeft als voordeel dat er bij uitval van één eenheid toch nog kan doorgewalst worden, zij het dan op een kleiner vermogen.

2.3 De aandrijving van de Wals 2000

Een schema van de Wals 2000 wordt weergegeven in figuur 2.2. De aandrijving voor deze wals bestaat uit tien DC-motoren die twee aan twee gekoppeld de Afhaspel (AH), Reversierhaspel 1 (H1), Bovenmotor (BM), Ondermotor (OM) of de Reversierhaspel 2 (H2) aandrijven.

Tabel 2.2: Verklaring symbolen bij figuur 2.2

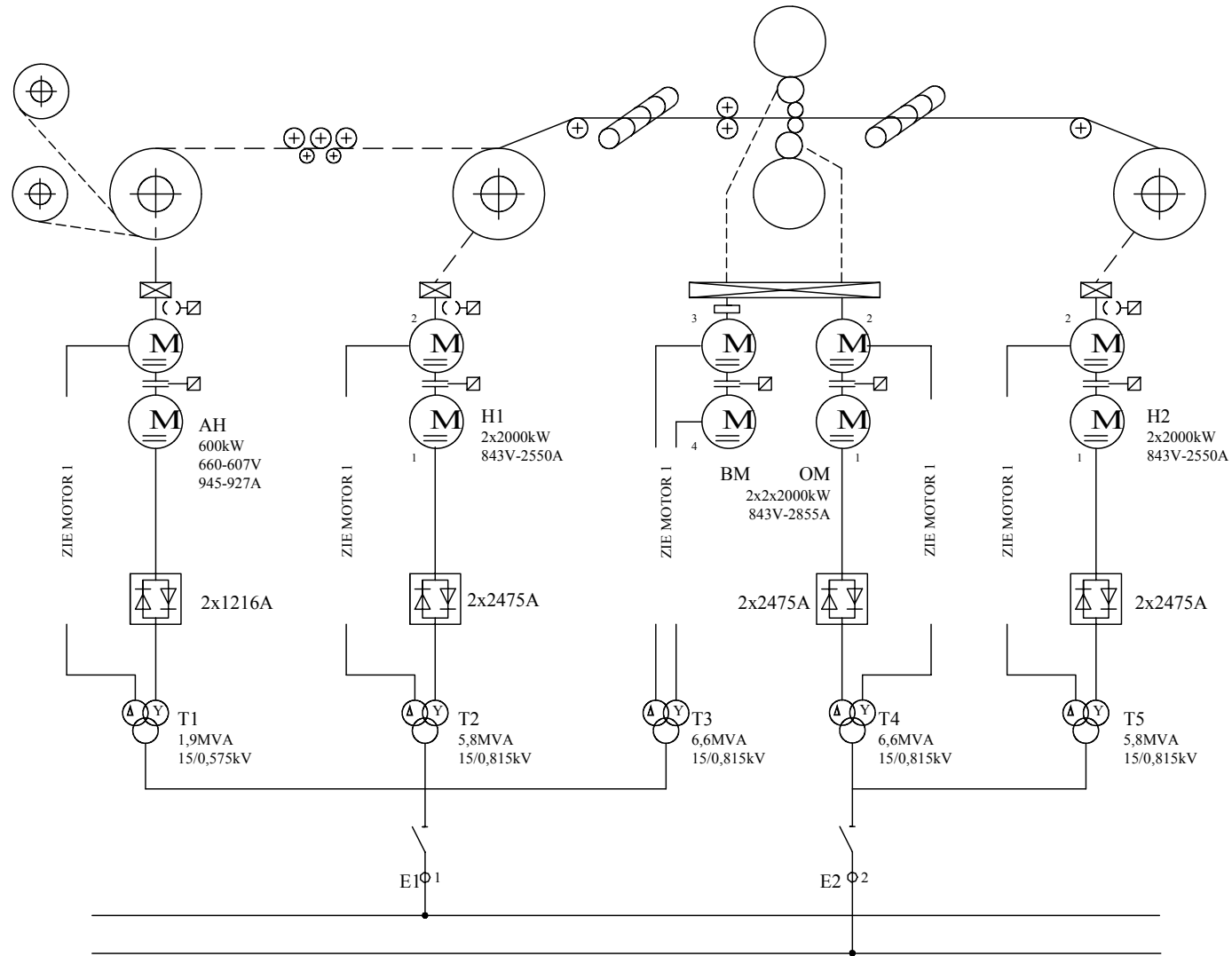
AH	Afhaspel
H1	Reversierhaspel 1
BM	Bovenmotor
OM	Ondermotor
H2	Reversierhaspel 2
T1	Voedingstransformator motoren AH
T2	Voedingstransformator motoren H1
T3	Voedingstransformator motoren BM
T4	Voedingstransformator motoren OM
T5	Voedingstransformator motoren H2
E1	Elektriciteitsmeter AH/H1/BM
E2	Elektriciteitsmeter OM/H2
E3	Elektriciteitsmeter velden DC-motoren (niet getekend)

Elke motor van de afhaspel (600kW 660-607V) wordt aangedreven door een gelijkrichter (1216A). Beide gelijkrichters worden gevoed door een transformator T1 (1,9 MVA 15/0,575kV).

De motoren van de reversierhaspels 1&2 de boven en ondermotoren van de walskooi zijn allemaal identiek (2000kW 853V), zijn net zoals de afhaspel elk door een gelijkrichter (2475A) gekoppeld aan hun voedingstransformatoren. De transformatoren T2 en T5 voor de reversierhaspels 1&2, hebben hetzelfde vermogen (5,8MVA 15/0815kV) evenals die voor de walsmotoren T3 en T4 (6,6MVA 15/0,815kV).

2.4 Theoretische besparing door de nieuwe aandrijving

ALZ heeft de theoretische rendementen en verliezen van verschillende aandrijvingen naast elkaar gezet in tabel 2.3. Uit deze tabel kan afgeleid worden dat het gebruik van een GTO-sturing i.p.v. een DC-sturing een theoretische besparing van 5,3% oplevert. De “veronderstelde” vermogens zijn effectief nuttige vermogens.



Figuur 2.2: Schematische voorstelling Wals-2000

Tabel 2.3: Theoretische besparing, vergelijking van de verschillende mogelijkheden (deel1)

Vergelijking aandrijfsystemen voor roestvrij-staal koudwals ALZ : CRM3													
Basis	Walsmotor	1 x 5600 kW	=	5600 kW									
	Haspelmotoren	2 x 5200 kW	=	10400 kW									
Alle cijfers zijn geldig onder normale omstandigheden waarbij het nominaal vermogen van de installatie wordt geëist													
Omschrijving	DC				AC cycloconverter				AC GTO-omvormer				
Motoren	Vermogen [kW]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	Vermogen [kW]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	Vermogen [kW]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	
Rendementen (inclusief veld)				80%				80%				80%	
Walsmotor	5600	0,937	377	301	5600	0,97	174	139,2	5600	0,969	180	144	
Haspelmotors	10400	0,939	676	540	10400	0,97	322	257,6	10400	0,969	333	266	
Ventilatoren voor interne koeling motoren				100%				Niet nodig				Niet nodig	
Walsmotor	4 x 11 kW		44	44									
Haspelmotors	8 x 11 kW		88	88									
Som			1185	973			496	396			513	410	
Convertors - omvormers	Vermogen [kW]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	Vermogen [kW]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	Vermogen [kW]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	
Walsmotor	5977	0,994	36,1	28,9	5774	0,988	70,2	56,2	5780	0,99	58,4	46,8	
Haspelmotors	11076	0,994	66,9	53,6	10722	0,988	130,3	104,3	10733	0,99	108,5	86,8	
Gelijkrichters									6280	0,99	62,9	50,4	
Som			103	83			200,5	160,4			229	184	
Transformatoren	Vermogen [kVA]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	Vermogen [kVA]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	Vermogen [kVA]	Rendem. [kW]	Verliezen [kW]	Benutting [kW]	
Walsmotor	(cos phi = 0,79) 7600	0,99	77	61	(cos phi = 0,74) 7900	0,99	80	64	(cos phi = 1) Gemeenschappelijk 6400	0,99	65	52	
Haspelmotors	14100	0,99	143	114	14700	0,99	149	119,2			65	52	
Som			220	176			229	183,2			65	52	

Tabel 2.3: Theoretische besparing, vergelijking van de verschillende mogelijkheden (deel2)

Kabels 185 mm ² ; 500 A/kabel ; 0,1162 Ohm/km	Stroom	# kabels	Verliezen	Benutting	Stroom	# kabels	Verliezen	Benutting	Stroom	# kabels	Verliezen	Benutting
	per pool [A]	per pool	motor [kW] [I ² r]	[kW]	per fase [A]	per fase	motor [kW] [I ² r]	[kW]	per fase [A]	per fase	totaal [kW] [I ² r]	[kW]
Converter - motor : afstand 40 m				80%				80%				
Walsmotor	5692	12	25,1	20,1	2020	4	14,3	11,44	990	2	6,9	5,6
Haspelmotors 2 x l	5274	11	47,1	37,7	1876	4	24,6	19,68	995	2	13,9	11,2
Transformator - converter : afstand 15 m												
Walsmotor	4375	9	11,2	8,96	3667	8	8,8	7,04	Gemeenschappelijk			
Haspelmotors 2 x l	4053	8	21,5	17,2	3405	7	17,4	13,92	1109	3	2,2	1,76
Som			105	84			65,1	52,1			23	19
Statische compensatie			Verliezen [kW]	Benutting [kW]			Verliezen [kW]	Benutting [kW]				Niet nodig
Filters			20	20			20	20				
Transformator			60	60			60	60				
Thyristoren			25	25			25	25				
Som			105	105			105	105				
Samenvatting				[kW]				[kW]				[kW]
Motoren				973				396				410
Convertors				83				160,4				184
Transformatoren				176				183,2				52
Kabels				84				52,1				19
Statische compensatie				105				105				0
Totaal verliezen				1421				896,7				665
Theoretische rendementsverbetering												
Totaal nuttige vermogen (bel=80%)	12800				12800				12800			
Totaal theoretisch rendement			0,900077				0,934532				0,950613	
Totale rendementsverbetering			Basis				3,7%				5,3%	

3 METINGEN EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN

3.1 Overzicht van de metingen

Om de besparing te bepalen, zijn er metingen gebeurd op twee verschillende walsen, nl. een referentiemeting op de Wals-2000 en een meting op de nieuwe CRM3 AC-GTO wals.

Een echte rendementsmeting van beide walsen is niet gebeurd omdat hiervoor een koppelmeetcel vereist is, wat te duur is. De metingen werden beperkt tot het meten van de energie die nodig is voor de aanmaak van gelijkaardige producten op de twee verschillende walsen.

3.2 CRM3 AC-GTO-Wals

Volgende metingen worden continu uitgevoerd tijdens één walsproces (voor de plaats van de meetpunten, zie figuur 2.1):

a) elektriciteitsmeting GTO A en GTO B

Op de twee meetpunten (E1 en E2) wordt de totale energie gemeten, die de ankers van de motoren H1, WM en H2 nodig hebben voor één walscyclus. Deze meting gebeurt op de voeding van de gelijkrichters, zodat de energierecuperatie die ontstaat bij het afwisselend motorisch en generatorisch werken van H1 en H2 niet gemeten wordt. Deze uitwisseling gebeurt op de DC-bus.

b) elektriciteitsmeting AH

Bij de CRM3 AC-GTO wals heeft de AH een afzonderlijke aandrijving. Op deze plaats (E3) wordt zowel de energie die de AH nodig heeft bij motorwerking als de energie die vrijgegeven wordt bij generatorische werking (= invoeren in de wals bij de eerste pas) opgemeten.

c) elektriciteitsmeting velden

Met een laatste continue meting (E4) wordt de energie die nodig is voor de bekrachtiging van de synchrone motoren opgemeten. Doordat er nog andere verbruikers via hetzelfde vertrek gevoed worden, moeten er nog bijkomende puntmetingen gedaan worden om de netto veldenergie te kunnen bepalen.

d) puntmetingen Airco en Andere bel.

Aan de hand van deze bijkomende metingen wordt het vermogen bepaald van enkele bijkomende verbruikers. Deze verbruiken moeten gekend zijn om de totale energiebilan te kunnen opstellen.

- Opmeting van de “andere verbruiken” (papierwikkelaars) gevoed via hetzelfde vertrek als de velden. Dit vermogen, dat niet in rekening mag worden gebracht, wordt vermenigvuldigd met de totale walsduur, en afgetrokken van de energiemeting van de velden.

- Bij de CRM3 AC-GTO wals was het noodzakelijk om in de ruimte waar de omvormers staan airconditioning te installeren, om de vrijgekomen warmte (door koeling van de stuurmodules) van de GTO's af te voeren. Omdat dit een extra verbruiker is, moet de energie opgenomen door de airconditioning opgeteld worden bij het totale energieverbruik van de wals.

3.3 Wals 2000

Bij de Wals 2000 wordt een soortgelijke meetmethode gebruikt (voor de plaats van de meetpunten, zie figuur 2.2):

a) elektriciteitsmeting van AH, H1 en BM

De energie (E4) die uit het net wordt opgenomen, wordt gemeten op de voedingslijn die de primaire van de verschillende transformatoren voedt, die op hun beurt de gelijkrichters van hun respectievelijke motoren voeden. Ook hier kan weer de opmerking gemaakt worden dat de hoeveelheid energie die gerecupereerd wordt door het afwisselend motorisch en generatorisch werken van H1, niet gemeten wordt omdat deze energieuitwisseling voor de meters gebeurt.

b) elektriciteitsmeting OM, H2

Voor de OM en H2 (E5) geldt hetzelfde als voor AH, H1 en BM.

c) elektriciteitsmeting velden

Net zoals bij de CRM3 AC-GTO wals, wordt hier de energie gemeten die vereist is voor de bekrachtiging van de motoren, maar tegelijkertijd ook de energie nodig voor de koeling van de stuurmodules en de motoren. Dit vermogen wordt niet in rekening gebracht. Om deze fout te corrigeren, worden bijkomend enkele puntmetingen uitgevoerd.

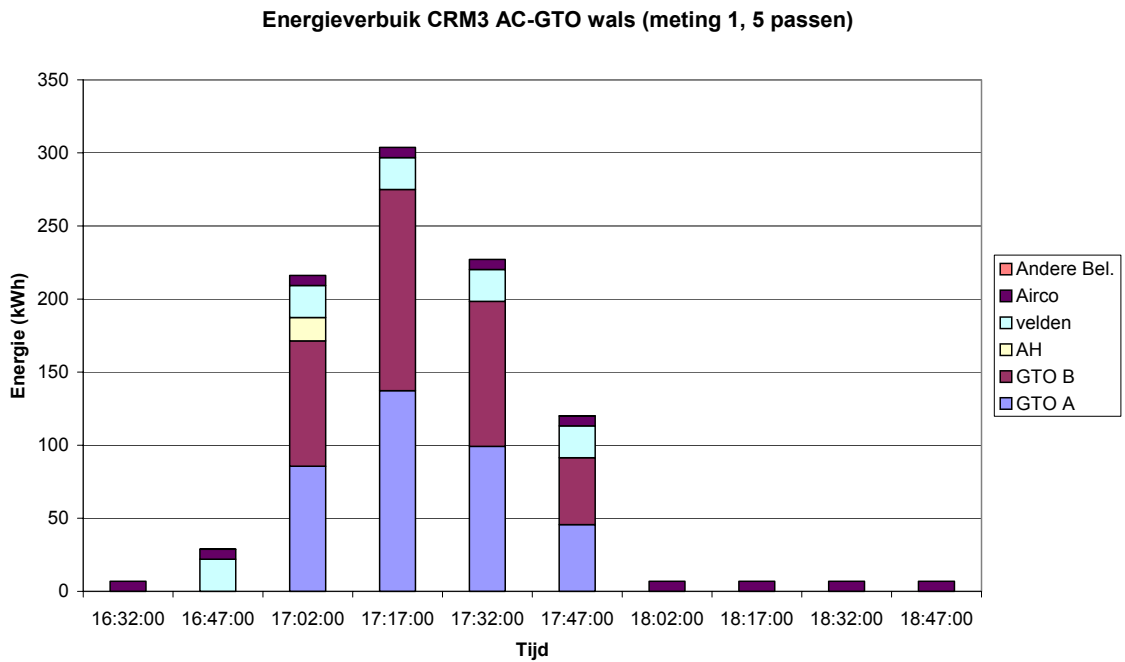
d) puntmeting koeling

Het totale vermogen van de koeling van de motoren wordt bepaald. Dit vermogen vermenigvuldigd met de totale tijd van het walsprocédé wordt afgetrokken van het totaal gevraagd vermogen, zodat netto het vermogen voor de bekrachtiging en de sturing van de koelmodules overblijft.

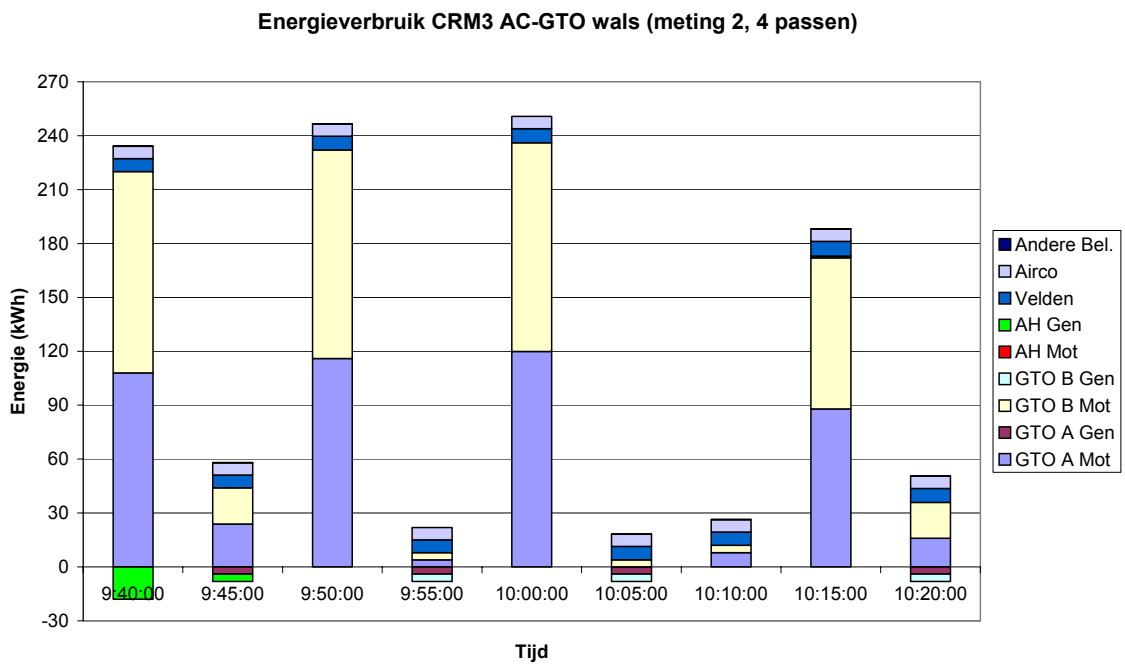
4 TECHNISCHE EVALUATIE

4.1 Energieverbruik van de CRM3 AC-GTO wals

Figuren 4.1 en 4.2 geven het energieverbruik van de CRM3 AC-GTO wals tijdens één walsprocédé weer.



Figuur 4.1: Energieverbruik CRM3 AC-GTO wals (meting 1, 5 passen)



Figuur 4.2: Energieverbruik CRM-wals (meting 2, 4 passen)

Er is een duidelijk verschil te zien tussen het energieverbruik tijdens meting 1 en meting 2 die gebeurd zijn op de CRM3 AC-GTO wals.

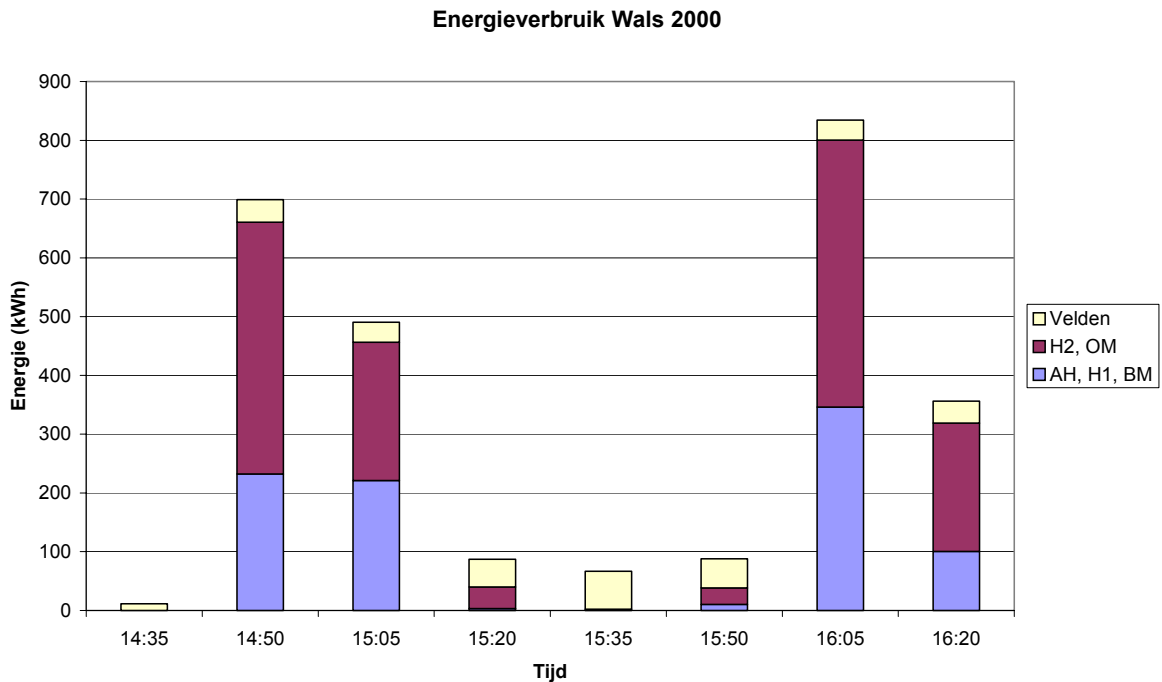
De reden waarom er een tweede meting heeft plaatsgevonden, is dat tijdens de eerste meting de energiemeters de teruggeleverde energie niet geregistreerd hadden. Achteraf bleek dit geen grote meetfout te zijn daar de hoeveelheid teruggeleverde energie niet in verhouding staat tot de totaal opgenomen energie. Het grote verschil in energieverbruik zou te wijten zijn aan de lengte van het gewalste materiaal en aan het walsprocédé op zich, nl.:

- de rol was 3% langer tijdens meting 2;
- tijdens meting 2 werd het materiaal gewalst in 4 passen i.p.v. in 5 passen (dit leverde interessante bijkomende gegevens op).

Uit figuur 4.2 is duidelijk af te leiden op welk ogenblik de verschillende passen gewalst werden. Onmiddellijk valt het grote verbruik op van de twee GTO zijden (A+B). Dit is logisch gezien de grote vermogens van de gevoede motoren. Wat ook opvalt zijn de gelijke hoeveelheden energie, die wordt opgenomen door de airconditioning (Airco) en de andere belastingen (Andere Bel.). Het gaat in dit geval over de vermogens afgeleid van de puntmetingen zoals beschreven in §3.2 d. Figuur 4.2 toont aan dat er niet enkel energie opgenomen werd, maar dat er ook energie in het net gestuurd werd, zij het dan een beperkt aandeel. De grootste hoeveelheid energie is teruggeleverd tijdens de eerste pas, gewalst tussen 9u35 en 9u40. Er kan duidelijk gezien worden dat de Afhaspel in generatorisch bedrijf was, en zodoende een bepaalde hoeveelheid energie, ongeveer 20kWh, terug in het net gestuurd heeft. Naast de Afhaspel, sturen ook de omvormers van de Reversierhaspel 1&2 en de walsmotor van tijd tot tijd energie terug het net in, ongeveer 30kWh. In het totaal wordt er tijdens één walsprocédé ongeveer 50kWh terug in het net gestuurd. Op een totaal energieverbruik van 1050kWh is dit klein. De grote energierecuperaties gebeuren echter op de DC-bus, zoals in §3.2 uitgelegd.

4.2 Energieverbruik van de Wals 2000

Figuur 4.3 geeft de totale energievraag weer voor de Wals 2000, welke als referentiewals werd gebruikt. Hier is een gelijksoortig verloop af te leiden als bij de CRM3 AC-GTO wals. De grote verbruiken van de AH, H1, BM, OM en H2 springen onmiddellijk in het oog, evenals de constante energievraag van de velden. In deze grafiek is het verbruik van de koeling van de motoren, welke tijdens het walsprocédé automatisch mee gemeten worden, maar waar geen rekening mee mag gehouden worden, reeds in mindering gebracht. Zie ook §3.3.d. Het totaal energieverbruik kan berekend worden door alle verbruiken op te tellen en bedraagt 2633kWh.



Figuur 4.3: Energieverbruik Wals 2000

4.3 Energiebalans

4.3.1 Vergelijking van het energieverbruik tussen de Wals 2000 en de CRM3 AC-GTO wals

In tabel 4.1, wordt de netto energiebalans voorgesteld. Hier moet wel vermeld worden dat bij dit onderzoek enkel het energieverbruik van de koeling van de stuurmodules in rekening werd gebracht, en niet het energieverbruik van de koeling van de motoren.

Tabel 4.1: Energiebalans

WALS 2000: meting 3				CRM3 AC-GTO wals: meting1		meting2	
EmotDC =	2317	kWh		EmotAC =	1504	kWh	1842 kWh
Ebekstuurkoel =	1028	kWh		Ebekstuur =	215	kWh	131 kWh
Pkoelmot =	356	kWh		Pstuurairco =	83	kWh	83 kWh
Totale duur =	2h00	h		Totale duur =	2h30'	h	1h35 h
Etotoud=	2633	kWh		Etotnieuw =	1926	kWh	2104 kWh
Besp, =	707	kWh	27 % t.o.v. meting 1				
	530	kWh	20 % t.o.v. meting 2				

Deze tabel is een samenvatting van de meetgegevens die weergegeven worden in Bijlage I. In deze tabel zijn enkele termen terug te vinden met de volgende verklaring:

EmotDC: Elektrische energie (Ankerstromen) voor alle motoren zonder koeling en bekrachtiging bij de wals 2000 (=AH+H1+BM+OM+H2 zie figuur 4.3);

EmotAC:	Elektrische energie (Ankerstromen) voor alle motoren zonder koeling en bekrachtiging bij de CRM3 AC-GTO (=AH+GTO A+ GTO B zie figuren 4.1 en 4.2);
Ebekstuurkoel:	Energieverbruik voor de bekrachtiging van de DC-motoren, aansturing van de thyristorbruggen en de energie voor de koeling van de motoren (=velden zie figuur 4.3);
Ebekstuur:	Energieverbruik voor de bekrachtiging van de synchrone motoren en de aansturing van de GTO-omvormers (=velden zie figuren 4.1 en 4.2);
Pkoelmot:	Het vermogen van de koeling van de motoren;
Pairco:	Het vermogen van de airconditioning. Dit is een combinatie van twee toestanden, nl. een toestand waarbij de wals zich in stand-by bevindt en een toestand waarbij de wals in werking is (=Airco zie figuren 4.1 en 4.2);
Totale duur:	De tijd nodig voor het walsen van het materiaal;
Etot***:	Totale elektrische energie voor het walsen, exclusief koeling van motoren.

Om Etotoud en Etotnieuw te bepalen, worden volgende formules toegepast:

$$E_{totoud} = E_{mot} + E_{bekstuurkoel} - P_{koelmot} \times Totaleduur$$

$$E_{totnieuw} = E_{mot} + E_{bekstuur} + P_{airco} \times Totaleduur$$

De verschillen tussen de twee metingen op de CRM3 AC-GTO wals, zie §4.1, in acht genomen verklaren waarom er tijdens meting 2 ongeveer 7% meer energie verbruikt werd dan gedurende meting 1.

Uit deze twee metingen blijkt ook dat het aantal passen dat per cyclus gewalst wordt een invloed heeft op het totale energieverbruik. Er is meer energie nodig om een grotere diktereductie per pas te bekomen, dan voor het walsen van een volledige pas met kleinere diktereductie. Dit wordt verklaard door het meer opwarmen van het materiaal wanneer de diktereductie per pas groter is.

De analyse van de totale besparing is terug te vinden in tabel 4.2. Hierbij wordt aangenomen dat de synchrone AC-motoren met hun GTO-sturing 5,3% besparing opleveren.

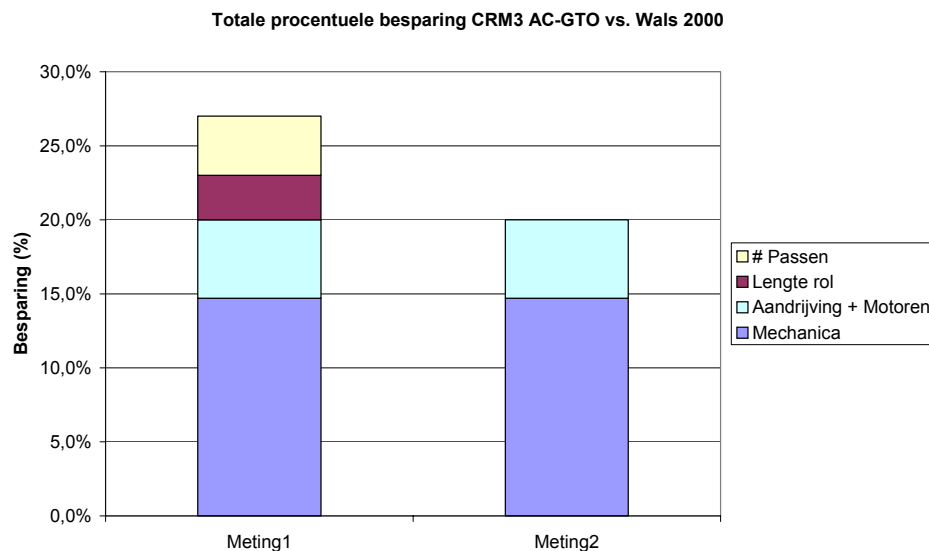
Tabel 4.2: Analyse van de energiebesparing van de CRM3 AC-GTO wals vs. Wals 2000

Besparing	Meting1	Meting2
Mechanica	14,7%	14,7%
Aandrijving + Motoren	5,3%	5,3%
Lengte rol	3,0%	
# Passen	4,0%	

Uit deze tabel blijkt dat de aandrijving en de motoren niet de grootste besparende factor is. De grootste besparende factor blijkt gewoon de nieuwe mechanica van de wals te zijn. Deze is goed voor 14,7%. Deze twee factoren zijn echter theoretisch bepaald waarbij werd vertrokken van hypothetische waarden. Indien de meting zou gebeuren met behulp van een koppelmeetsel, zouden deze waarden kunnen wijzigen. Wat wel opmerkelijk is, is de

besparing die kan gerealiseerd worden door het aantal passen te wijzigen. Blijkbaar is er meer energie nodig om een grotere diktereductie/pas (4 passen) te bekomen dan om dezelfde einddikte te verkrijgen door het materiaal in meerdere passen (5 passen) te walsen.

Om volledig te zijn, werd ook de lengte van de rol in rekening gebracht, maar dit mag niet als een besparing aanzien worden. Een grafische voorstelling van deze besparingen is te zien in figuur 4.4.



Figuur 4.4: Totale procentuele besparing CRM3 AC-GTO .vs. Wals 2000

4.3.2 Beperkingen bij de extrapolatie van de energiebesparing op jaarbasis

Beide walsen kunnen een verschillend eindproduct maken:

- Wals 2000 is op wereldbasis de breedste koudwals voor inox. Hiermee kunnen rollen gewalst worden tot een maximale breedte van 2100mm.
- De CRM3 AC-GTO wals is bedoeld om hoogglans inox te walsen. Dit vereist een onberispelijke walskwaliteit, wat de maximale walsbreedte beperkt tot 1500mm.
- Per wals bestaat er nog een diversiteit van producten, afhankelijk van het soort materiaal met elk hun eigen walsprocédé, zodat ook dit een bijkomende moeilijkheidsgraad is.

Dit wil echter niet zeggen dat er geen uitwisseling van producten mogelijk is tussen de twee walsen, doch mits enkele beperkingen. Al het materiaal dat op de Wals 2000 gewalst wordt en een maximale breedte heeft van 1500mm en een maximale dikte van 6mm kan op de nieuwe CRM3 AC-GTO wals uitgevoerd worden.

4.3.3. Vergelijking energiegebruik tussen CRM3 AC-GTO vs. CRM3 DC

Bij de vergelijking van het energieverbruik worden eveneens de beperkingen zoals opgegeven in §4.3.2 in rekening gebracht. Alle verdere berekeningen zullen gemaakt worden op basis van een besparing van 5,3% die de nieuwe aandrijving en motoren oplevert t.o.v. een DC aandrijving en DC motoren, zie §2.4. Om deze vergelijking makkelijker te maken, wordt gebruik gemaakt van een fictieve wals “CRM3 DC”, die op mechanisch vlak identiek is aan de CRM3 AC-GTO wals, maar die uitgerust is met een DC aandrijving en DC motoren.

Omdat de fictieve wals op mechanisch vlak identiek is aan de CRM3 AC-GTO wals, moet de resterende 14,7%, die toegeschreven wordt aan de mechanische verbetering van de wals, niet in rekening worden gebracht.

De extrapolatie wordt gemaakt aan de hand van het gewicht dat op jaarbasis gewalst wordt. Tijdens de metingen werd er een bepaald materiaal gewalst, dat voor de verdere berekening als eenheidsmateriaal zal aanzien worden. Dit materiaal heeft de volgende eigenschappen:

- materiaaltipe: 304,5
- breedte: 1288mm
- begindikte: 2,80mm
- einddikte: 1,37mm
- gewicht: 22ton

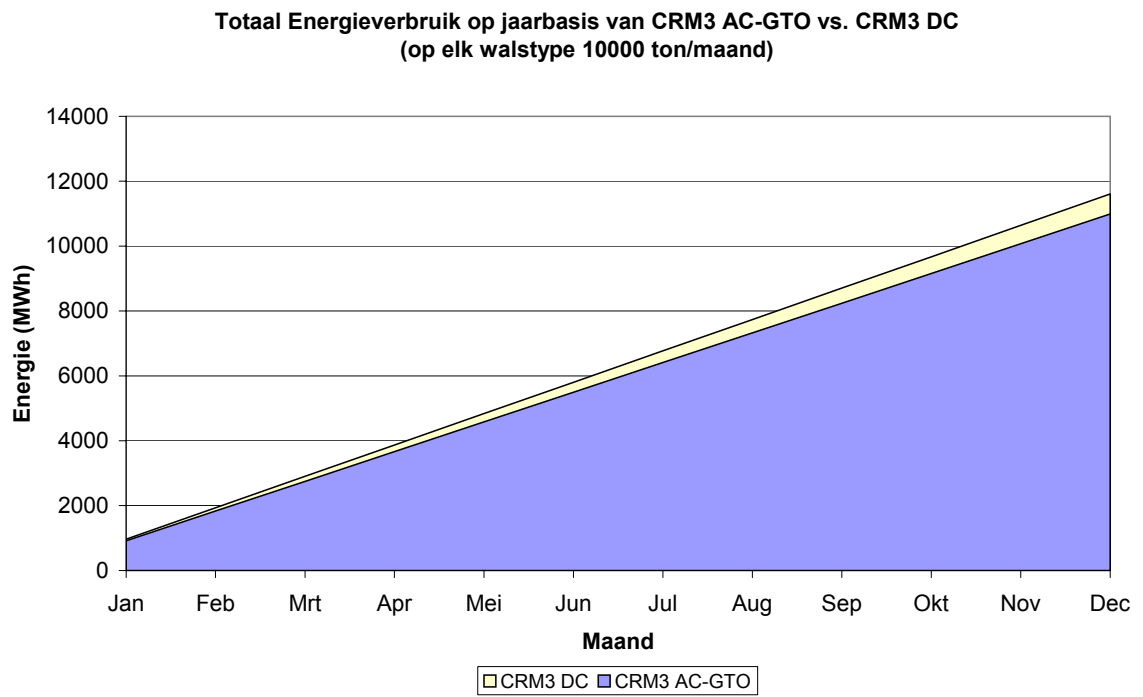
Ook wordt er een gemiddeld energieverbruik genomen, berekend aan de hand van de opmeting (zie figuren 4.1 en 4.2, tabel 4.1). Er wordt dan verondersteld dat op jaarbasis de ene helft van de totale productie in 5 passen en de andere helft in 4 passen gewalst wordt.

Tabel 4.3 toont het gewicht van de tijdens de test gewalste rollen (Eenheidsgewicht), het gewicht dat maandelijks gewalst wordt (Gewicht/wals) zoals doorgekregen van ALZ en het energieverbruik door ons opgemeten per eenheid gewicht (22 ton) op de CRM3 AC-GTO wals. CRM3 DC is de fictieve wals, waarvan het energieverbruik berekend is aan de hand van de 5,3% besparing.

Tabel 4.3: Gewalst gewicht/maand/wals en gemiddeld energieverbruik per eenheidsgewicht

Eenheidsgewicht: 22 ton	Gewicht/wals	Energie/22ton (kWh)
CRM3 AC-GTO	10000 ton/mnd	2015
CRM3 DC	10000 ton/mnd	2127

In figuur 4.5 en tabel 4.3 is duidelijk een meerverbruik af te lezen mocht er 10000 ton/maand van het eenheidsmateriaal gewalst worden op de fictieve CRM3 DC wals i.p.v. op de CRM3 AC-GTO wals. Het gemiddeld jaarlijks energieverbruik op de CRM3 AC-GTO wals bedraagt 10989 MWh/jaar, het gemiddeld energieverbruik op de CRM3 DC wals is 11606 MWh/jaar. Dit komt neer op een meerverbruik van 617 MWh/jaar of 5,3%.



Figuur 4.5: Totaal energieverbruik op jaarbasis van CRM3 AC-GTO vs. CRM3 DC

5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN VERMINDERING CO₂-EMISSIE

De besparing van primaire energie en de verminderde CO₂-emissie wordt bepaald op basis van de theoretische besparing van 5,3% die de AC-aandrijving oplevert t.o.v. de DC-aandrijving.

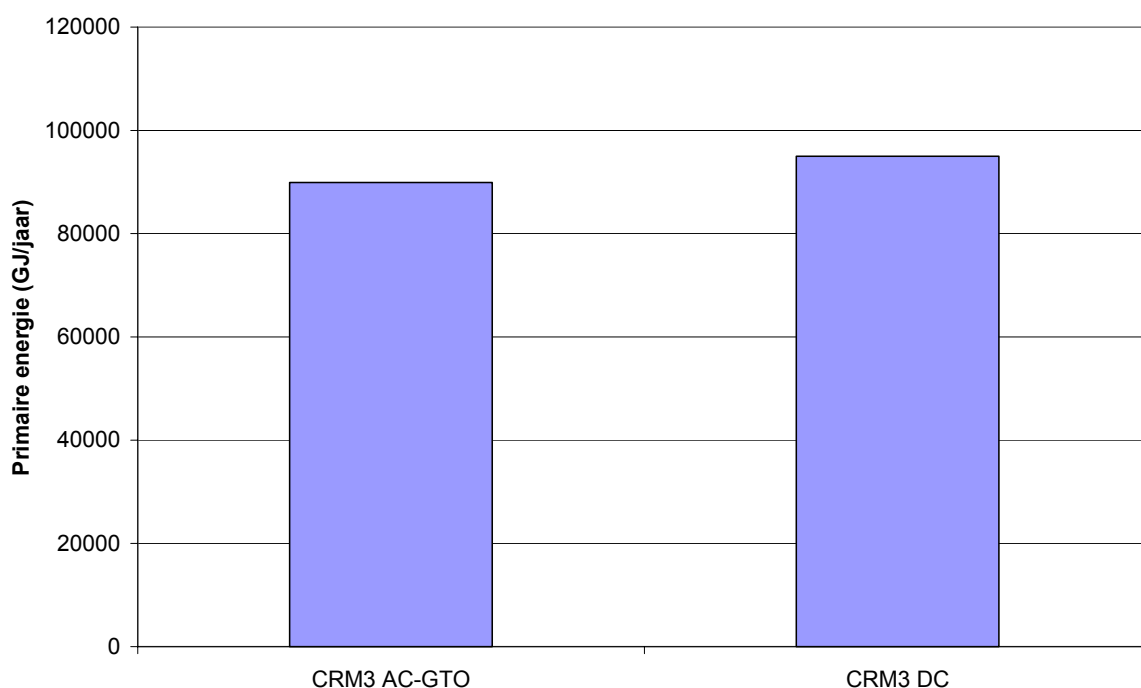
Tussen de wals CRM3 AC-GTO en de WALS 2000 werd echter ook nog een bijkomende besparing opgemeten van ongeveer 15%. Deze 15% heeft eveneens een impact op de totale besparing van de primaire energie en de verminderde CO₂-emissie, maar wordt in dit rapport niet in rekening gebracht omdat deze in verband staat met de totale investering van het ganse project.

5.1 Primaire energiebesparing

Voor de bepaling van de besparing op primaire energie worden volgende uitgangspunten genomen (eveneens gebruikt bij de economische evaluatie):

- De nieuwe wals CRM3 AC-GTO wordt vergeleken met een zelfde fictieve wals CRM3 DC. Hiervoor wordt de theoretische besparing (5,3%) gebruikt zoals berekent in tabel 2.1. Deze vergelijking gebeurt zowel voor een walscyclus met 4 passen als een walscyclus met 5 passen.
- Voor het rendement van een elektriciteitscentrale wordt 44% aangenomen (zie bijlage II)

In figuur 5.1 wordt een overzicht gegeven van het primaire energieverbruik voor de verschillende sturingen. Als walscapaciteit wordt 10000 ton/maand aangenomen.



Figuur 5.1: Primair energieverbruik/jaar: CRM3 AC-GTO vs. CRM3 DC

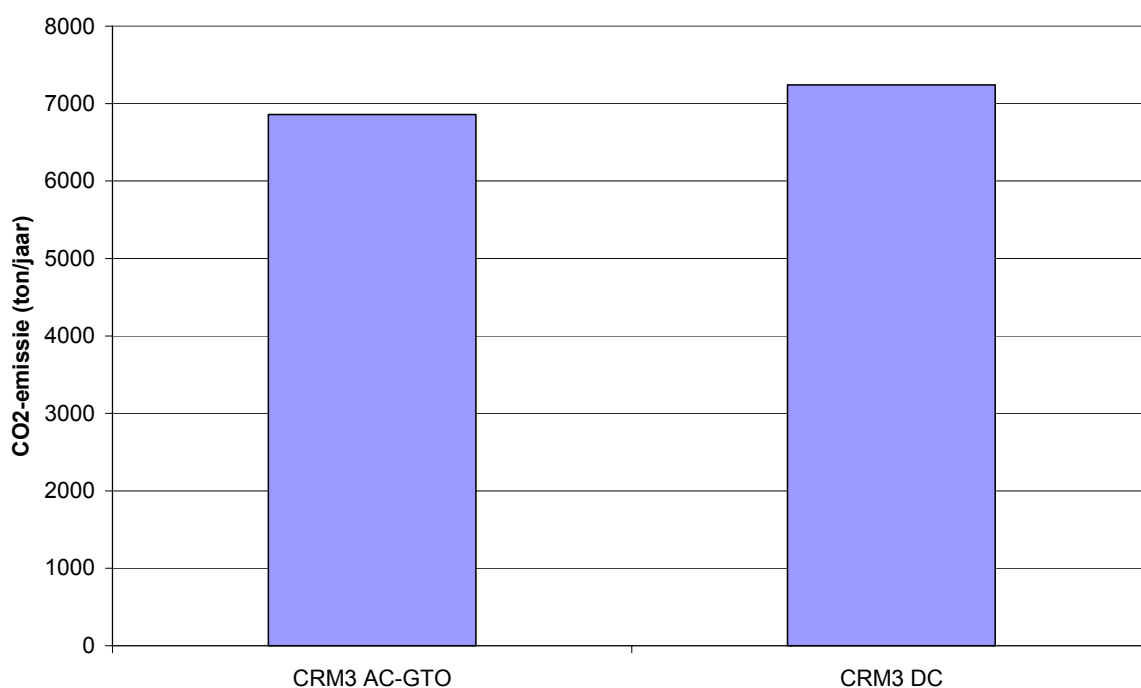
Uit deze figuren kan afgeleid worden, dat het primair energieverbruik voor de wals CRM3 AC-GTO 89914 GJ/jaar bedraagt en voor een de wals CRM3 DC 94958 GJ/jaar. Dit komt neer op een besparing van 5044 GJ/jaar ofwel 5,3%.

5.2 Vermindering CO₂-emissie

Voor de bepaling van de reductie op CO₂-emissie worden naast de veronderstellingen gemaakt bij de bepaling van de besparingen op primaire energie nog de volgende aanname gedaan:

- De CO₂-emissie voor de productie van elektriciteit in een centrale bedraagt 624 g CO₂/kWh_{el} (zie bijlage II).

De figuur 5.2 toont de CO₂-emissie voor de twee verschillende aandrijvingen. Wordt er weer van uitgegaan dat er 10000 ton/maand gewalst wordt.



Figuur 5.2: CO₂-emissie: CRM3 AC-GTO vs. CRM3 DC-sturing

Als logisch gevolg, volgend op figuur 4.5, kan er besloten worden dat de CO₂-emissie bij de productie van de benodigde elektriciteit kleiner is voor de wals CRM3 AC-GTO dan deze voor de wals CRM3 DC. Wanneer het eenheidsmateriaal gewalst wordt, is de totale productie van CO₂ 6857 ton/jaar voor de CRM3 AC-GTO wals en 7242 ton/jaar indien de wals CRM3 DC wordt gebruikt m.a.w. 385 ton/jaar meer. Er dus wordt 5,3% meer CO₂-uitgestoten indien een DC-sturing wordt toegepast.

6 ECONOMISCHE EVALUATIE

Voor de economische evaluatie dient de investering afgewogen te worden tegen de gerealiseerde besparing op de elektriciteitsfactuur. Voor deze economische evaluatie wordt uitgegaan van meting 2.

6.1 Investering

De meerinvestering (uitvoering wisselstroommotoren) bedraagt 37 MBEF. Er werd een subsidie toegekend van 10 MBEF.

6.2 Gerealiseerde besparing

De gerealiseerde financiële besparing bestaat uit een daling van de elektriciteitsfactuur. Hierbij wordt gerekend met het huidige tarief en parameters. Er dient wel opgemerkt te worden dat elektriciteitsprijzen sinds het moment van de investeringsbeslissing aanzienlijk gedaald zijn, wat de rendabiliteit negatief beïnvloedt. Verder gelden volgende uitgangspunten:

- Kostprijs vermogen:

- jaarvermogenterm	:	92 BEF/kW
- maandvermogen	:	335 BEF/kW

- Kostprijs kWh

- normale uren	:	1,00 BEF/kWh
- stille uren	:	0,60 BEF/kWh
- gewogen gemiddelde	:	0,77 BEF/kWh

De vermogensdaling kan geraamd worden op 170 kW wat een financiële besparing oplevert van :

$$\begin{array}{rcl}
 185 \text{ kW} \times 92 \text{ BEF/kW} \times 12 & = & 204 \text{ kBEF} \\
 185 \text{ kW} \times 335 \text{ BEF/kW} \times 12 & = & \frac{744 \text{ kBEF}}{948 \text{ kBEF}}
 \end{array}$$

De energiebesparing van 617 MWh levert aan een gemiddelde kostprijs van 0,77 BEF/kWh een financiële besparing van:

$$617 \text{ MWh} \times 0,77 \text{ BEF/kWh} = 475 \text{ kBEF}$$

In totaal bedraagt de gerealiseerde financiële besparing ongeveer 1,42 MBEF (inclusief beperkte kosten voor onderhoud).

6.3 Rendabiliteit

Uitgaande van bovenstaande cijfers bedraagt de terugverdientijd van dit project 26 jaar. Inclusief subsidie is dit 19 jaar. De terugverdientijd wordt echter sterk beïnvloed door de vermogenterm. Deze wordt bepaald door de tijd dat de wals zijn piekvermogen levert

gedurende een kwartier. Het piekvermogen kan in de toekomst sterk toenemen enerzijds als een harder materiaal direct in een kleinere einddikte gewalst wordt en anderzijds indien het productievolume opgedreven wordt. Vandaar dat de opgegeven terugverdiertijden moeten gerelativeerd worden.

7 BESLUIT

De nieuwe CRM-wals werd 2 keer opgemeten. Tijdens de eerste meting op de CRM3 AC-GTO wals, was er een totaal elektriciteitsverbruik van 1926 kWh. Na een tweede meting op deze wals werd een netto energieverbruik opgemeten van 2104 kWh. Het gemiddeld energieverbruik op de CRM3 AC-GTO wals is 2015 kWh per walscyclus.

Om een zelfde rol eenheidsmateriaal te walsen op oude Wals 2000, werd een energieverbruik van 2633 kWh geregistreerd.

Wordt er 10000 ton/maand van het eenheidsmateriaal gewalst op de CRM3 AC-GTO wals, bedraagt het gemiddeld jaarlijks energieverbruik 10989 MWh/jaar, het gemiddeld energieverbruik op de CRM3 DC wals is 11606 MWh/jaar. Dit komt neer op een meerverbruik van 617 MWh/jaar of 5,3%.

De besparing van primaire energie en de verminderde CO₂-emissie wordt bepaald op basis van de theoretische besparing van 5,3% die de AC-aandrijving oplevert t.o.v. de DC-aandrijving.

Tussen de wals CRM3 AC-GTO en de WALS 2000 werd echter ook nog een bijkomende besparing opgemeten van ongeveer 15%. Deze 15% heeft eveneens een impact op de totale besparing van de primaire energie en de verminderde CO₂-emissie, maar wordt in dit rapport niet in rekening gebracht omdat deze in verband staat met de totale investering van het ganse project.

Vertrekkende van de gemeten elektriciteitsverbruiken en van de theoretisch bepaalde rendementsverbetering t.g.v. de AC-GTO aandrijving en de synchrone motoren, blijkt dat voor de wals CRM3 AC-GTO het primaire energieverbruik 89914 GJ/jaar bedraagt en voor de wals CRM3 DC 94958 GJ/jaar. Dit komt neer op een besparing van 5044 GJ/jaar ofwel 5,3%.

De bepaling van de CO₂-emissie bij de productie van de benodigde elektriciteit gebeurt gelijkaardig aan de bepaling van het primaire energieverbruik. De totale CO₂-emissie is 6857 ton/jaar voor de CRM3 AC-GTO wals en 7242 ton/jaar indien een CRM3 DC wals wordt gebruikt m.a.w. 685 ton/jaar meer.

Voor de economische evaluatie werd dezelfde extrapolatie gemaakt als bij de bepaling van de primaire energiebesparing. De jaarlijkse energiekostenbesparing bedraagt dan 1,42 MBEF inclusief de beperkte onderhoudskosten. Zonder rekening te houden met subsidies, bedraagt de meer investeringskosten van de CRM3 AC-GTO wals 37 MBEF en wordt de installatie terugbetaald op 26 jaar. De terugverdientijd wordt echter sterk beïnvloed door de vermogenterm. Deze wordt bepaald door de tijd dat de wals zijn piekvermogen levert gedurende een kwartier. Het piekvermogen kan in de toekomst sterk toenemen enerzijds als een harder materiaal direct in een kleinere einddikte gewalst wordt en anderzijds indien het productievolume opgedreven wordt. Vandaar dat de opgegeven terugverdientijden moeten gerelativeerd worden.

BIJLAGE I: Energieverbruik van de verschillende walsen

CRM 1	16:32:00	16:47:00	17:02:00	17:17:00	17:32:00	17:47:00	18:02:00	18:17:00	18:32:00	18:47:00	totaal	
GTO A	0	0	86	137	99	46	0	0	0	0	368	kWh
GTO B	0	0	86	138	99	46	0	0	0	0	368	kWh
AH	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	kWh
velden	0	22	22	22	22	22	0	0	0	0	109	kWh
Airco	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	69	kWh
Andere Bel.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	1	kWh
	Algemeen Totaa										931	kWh
	20:02:00	20:17:00	20:32:00	20:47:00	21:02:00	21:17:00					totaal	
GTO A	0	91	103	32	76	66					368	kWh
GTO B	0	91	102	33	76	65					367	kWh
AH	0	17	0	0	0	0					17	kWh
velden	0	22	22	21	22	22					108	kWh
Airco	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89					41	kWh
Andere Bel.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07					0	kWh
	Algemeen Totaa										902	kWh

Energieverbruik CRM3 AC-GTO wals (meting 1, 5 passen)

CRM 2	9:40:00	9:45:00	9:50:00	9:55:00	10:00:00	10:05:00	10:10:00	10:15:00	10:20:00	Totaal		
GTO A Mot	108	24	116	4	120	0	8	88	16	484	kWh	
GTO A Gen	0	-4	0	-4	0	-4	0	0	-4	-16	kWh	
GTO B Mot	112	20	116	4	116	4	4	84	20	480	kWh	
GTO B Gen	0	0	0	-4	0	-4	0	0	-4	-12	kWh	
AH Mot	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	kWh	
AH Gen	-18	-4	0	0	0	0	0	0	0	-22	kWh	
Velden	7,28128	7,19409	7,72343	7,03619	7,83434	7,36812	7,46535	8,23644	7,75978	68	kWh	
Airco	6,887	6,887	6,887	6,887	6,887	6,887	6,887	6,887	6,887	62	kWh	
Andere Bel.	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	1	kWh	
Algemeen Totaal										1046	kWh	
	10:30:00	10:35:00	10:40:00	10:45:00	10:50:00	10:55:00	11:00:00	11:05:00	11:10:00	11:15:00	totaal	
GTO A Mot	76	56	56	60	4	52	76	16	88	12	496	kWh
GTO A Gen	-4	0	0	-4	-4	0	0	0	0	-4	-16	kWh
GTO B Mot	76	52	56	60	0	56	68	16	88	8	480	kWh
GTO B Gen	0	-4	0	-4	0	-4	0	0	0	0	-12	kWh
AH Mot	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	kWh
AH Gen	-13	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	-22	kWh
Velden	7,56	6,31	5,96	6,29	5,82	5,96	6,79	6,52	6,78	6,18	64	kWh
Airco	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	69	kWh
Andere Bel.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	1	kWh
Algemeen Totaal										1061	kWh	

Energieverbruik CRM3 AC-GTO wals (meting 1, 4 passen)

	14:35	14:50	15:05	15:20	15:35	15:50	16:05	16:20	Totaal	
AH, H1, BM	0	232	221	3	0	10	346	101	914	kWh
H2, OM	0	428	236	37	2	28	454	218	1403	kWh
Velden	12	39	34	47	64	50	34	37	316	kWh
Algemeen Totaal									2633	kWh

Bij de energie van de velden is de energie nodig voor de koeling (89kWh) reeds in mindering gebracht

Energieverbruik Wals 2000 (5 passen)

BIJLAGE II: RENDEMENT EN CO₂-EMISSIEFACTOR ELEKTRICITEITSPARK

De afleiding van de gehanteerde CO₂-emissiefactor voor elektriciteit (624 g/kWh) en het rendement wordt in deze bijlage meer specifiek beschreven.

- 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_{el}.
- Voor aardgas wordt verondersteld dat in 2000 het conversierendement gemiddeld 48 % bedraagt, wat leidt tot een CO₂-emissie van de elektriciteitsproductie met deze primaire energievorm van 420 g/kWh_{el}.

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 III: Energieverbruik, primair energieverbruik en reductie van de CO2-emissie op jaarbasis

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	
CRM3 AC-GTO	916	1832	2747	3663	4579	5495	6411	7326	8242	9158	10074	10989	MWh
CRM3 DC	967	1934	2901	3869	4836	5803	6770	7737	8704	9672	10639	11606	MWh

Energieverbruik op jaarbasis (10000 ton/maand)

	Primaire Energie	CO2-emissie
	GJ/jaar	ton/jaar
CRM3 AC-GTO	89914	6857
CRM3 DC	94958	7242

Primaire energieverbruik en CO2-emissie

REFERENTIES

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