

**ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT
ELEKTRISCHE VOERTUIGEN IN STEDEN EN GEMEENTEN,
CITELEC c/o VUB-TW-ETEC, BRUSSEL**

Eindverslag

H. Janssens en J. Van Bael

Vito

Oktober 1998

0 MANAGEMENTSAMENVATTING

In het kader van de bevordering van REG-demonstratietechnieken (KB van 1983) heeft de Vlaamse overheid een subsidie toegekend ten belope van 35% aan het demonstratieproject “Elektrisch aangedreven voertuigen gericht naar steden en gemeenten” uitgevoerd door Citelec c/o VUB-TW-ETEC in een veertigtal gemeenten over gans Vlaanderen.

VITO voerde in opdracht van ANRE in 8 gemeenten een evaluatie van het energiegebruik van deze elektrische wagens uit. Op basis van metingen werd een analyse gemaakt van de bereikte energiebesparingen en de vermindering van CO₂-uitstoot.

Van augustus 1996 tot november 1996 werd het elektriciteitsverbruik van de demo-wagens in de volgende gemeenten gemeten: Hasselt, Ravels, Wuustwezel, Rijkevorsel, Blankenberge, Oostkamp, Maldegem. In de gemeente Mol verliep de meetcampagne van september 1997 tot oktober 1997.

Gedurende de VITO-meetcampagne werd het elektriciteitsverbruik van volgende wagens opgemeten: Renault Master, Renault Express, Renault Clio en Peugeot 106.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de totaal gereden kilometers, het totaal elektrisch verbruik en het elektrisch verbruik per kilometer van de verschillende wagens over de VITO-meetperiode.

Overzicht van de resultaten van de verschillende wagens

Type	Totaal gereden km	Totaal geladen kWh	kWh/km
Renault Express	2588	652,4	0,252
Renault Master	696	399,8	0,574
Renault Clio	210	51,0	0,243
Peugeot 106	365	70,2	0,192

Voor het bepalen van het primair energieverbruik en de CO₂-emissie bij de productie van de verbruikte elektriciteit, heeft de stuurgroep beslist dat de totale elektriciteitsproductie in België de best bruikbare kengetallen geeft.

Voor de vergelijking met wagens uitgerust met verbrandingsmotor, werden de verbruikscijfers van de desbetreffende constructeurs gebruikt.

Uit de resultaten van de VITO-meetperiode kan het volgende besloten worden wat betreft de besparing of meerverbruik aan primaire energie t.o.v. een benzine- en dieselveertuig.

Overzicht van besparing of meerverbruik aan primaire energie
(ref.: totale elektriciteitsproductie in België in 1996)

Type	Primair energieverbruik (vergelijking t.o.v. benzineversie)	Primair energieverbruik (vergelijking t.o.v. dieserversie)
Renault Express	-7 %	-8 %
Renault Master	+7 %	+7 %
Renault Clio	-12 %	-3 %
Peugeot 106	-30 %	-27 %

Het blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de besparing op primair energieverbruik 7% is in vergelijking met de benzineversie en 8% voor de dieselversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 12% en 3% en voor de Peugeot 106 is dit 30 % en 27%. De Renault Master blijkt in beide vergelijkingen 7 % meer aan primaire energie te verbruiken.

Bij de Elektrische Master dient echter opgemerkt te worden dat een vergelijking maken erg moeilijk is daar deze versie niet bestaat met verbrandingsmotor en het laadgewicht tijdens de testritten niet gekend is.

De CO₂-besparing over de VITO-meetperiode wordt weergegeven in betreffende tabel.

*Overzicht van de CO₂-reductie
(ref.: totale elektriciteitsproductie in België in 1996)*

Type	CO ₂ -emissie (vergelijking met benzineversie)	CO ₂ -emissie (vergelijking met dieselversie)
Renault Express	-63 %	-61 %
Renault Master	-57 %	-55 %
Renault Clio	-65 %	-60 %
Peugeot 106	-72 %	-70 %

Over de VITO-meetperiode is voor de Renault Express de vermindering van de CO₂-emissie 63% in vergelijking met de benzineversie en 61% met de dieselversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 65% en 60% en voor de Peugeot 106 is dit 72% en 70%. De Renault Master geeft een verminderde CO₂-emissie van 57% en 55% t.o.v. de referentie.

Naast deze vergelijking met als referentie de totale Belgische elektriciteitsproductie, werd door VITO ook een vergelijking gemaakt met als referentie de verwachte elektriciteitsproductie van kolen- en gascentrales in 2000. Dit laatste is de standaardreferentie voor alle gesubsidieerde demonstratieprojecten

*Overzicht van besparing aan primaire energie
(ref.: elektriciteitsproductie van kolen- en gascentrales in 2000)*

Type	Primair energieverbruik (vergelijking t.o.v. benzineversie)	Primair energieverbruik (vergelijking t.o.v. dieselversie)
Renault Express	-25 %	-26 %
Renault Master	-13 %	-13 %
Renault Clio	-29 %	-22 %
Peugeot 106	-44 %	-41 %

*Overzicht van de CO₂-reductie
(ref.: elektriciteitsproductie van kolen- en gascentrales in 2000)*

Type	CO ₂ -emissie (vergelijking met benzineversie)	CO ₂ -emissie (vergelijking met dieselversie)
Renault Express	-26 %	-23 %
Renault Master	-14 %	-10 %
Renault Clio	-30 %	-20 %
Peugeot 106	-44 %	-39 %

INHOUD

0	Managementsamenvatting.....	1
	Inhoud.....	4
1	Inleiding	5
2	Technische omschrijving van het project.....	6
2.1	“Ronde van Vlaanderen voor elektrische wagens”	6
2.2	Proefperiode bij de gemeenten.....	6
2.3	Aankoop	6
2.4	Overzicht van de wagens en plaats van de demonstratie	6
2.5	Demonstratieperiode in de gemeenten	7
3	Schema van de meetopstelling in de gemeenten.....	8
4	Meetresultaten van de wagens in de gemeenten	9
4.1	Meetresultaten van Renault Express	9
4.2	Meetresultaten van Renault Master.....	11
4.3	Meetresultaten van Renault Clio.....	12
4.4	Meetresultaten van Peugeot 106	13
5	Overzicht van de resultaten en evaluatie.....	14
5.1	Renault Express.....	14
5.2	Renault Master	14
5.3	Renault Clio.....	14
5.4	Peugeot 106.....	15
5.5	Technische evaluatie	15
6	Vergelijking primair energieverbruik.....	16
6.1	Gebruikte referenties	16
6.2	Kengetallen per wagen.....	16
7	Besluit.....	20
	Bijlage 1 : CO ₂ - Emissiefactor en rendement elektriciteitspark.....	23
	Bijlage 2 : Registratie en metingen van kWh-verbruik.....	24
	Bijlage 3: Lijst van de deelnemende gemeenten	26
	Referenties	29

1 INLEIDING

Citelec heeft in een veertigtal Vlaamse gemeenten een demonstratieproject “Elektrisch aangedreven voertuigen gericht naar steden en gemeenten” uitgevoerd. De volledige lijst van gemeenten wordt weergegeven in bijlage 3.

VITO verrichtte in opdracht van ANRE in 8 gemeenten een evaluatie van dit demonstratieproject.

Op basis van metingen in deze 8 gemeenten werd een evaluatie gemaakt van de technische prestaties van de technologie, de bereikte energiebesparingen en de vermindering van CO₂ uitstoot.

Van augustus 1996 tot november 1996 werd het elektriciteitsverbruik van de demo-wagens in de volgende gemeenten gemeten: Hasselt, Ravels, Wuustwezel, Rijkevorsel, Blankenberge, Oostkamp, Maldegem. In de gemeente Mol verliep de meetcampagne van september 1997 tot oktober 1997.

Gedurende de VITO-meetcampagne werd het elektriciteitsverbruik van volgende wagens opgemeten: Renault Master, Renault Express, Renault Clio en Peugeot 106.

In dit eindrapport wordt in hoofdstuk 2 een technische omschrijving van het project gegeven. In het derde hoofdstuk wordt de meetopstelling beschreven en in hoofdstuk 4 worden de meetresultaten weergegeven. Hoofdstuk 5 geeft een algemeen overzicht van de meetresultaten en vervolgens wordt in hoofdstuk 6 de primaire energiebesparing en CO₂-emissiereductie bepaald.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 het besluit geformuleerd.

Doordat bij de laatste “terbeschikkingstelling” van de wagens in de gemeente Mol de richtlijnen weinig of niet werden opgevolgd diende deze uitlening herhaald te worden in de maanden september en oktober 1997.

Tevens verliep het doorgeven van de gegevens vertraging op door een personeelwisseling bij Citelec waardoor het verschijnen van dit rapport niet kon plaatsvinden op de vooropgestelde datum.

2 TECHNISCHE OMSCHRIJVING VAN HET PROJECT

Het project bestaat uit 3 fasen nl. een informatiecampagne genaamd “Ronde van Vlaanderen voor elektrische wagens” gevolgd door, voor gemeenten die dit wensen, een proefperiode met demo-wagens. Als laatste fase kunnen de betrokken gemeenten overgaan tot de aankoop van een elektrische wagen.

2.1 “Ronde van Vlaanderen voor elektrische wagens”

Het luik “Ronde van Vlaanderen voor elektrische wagens” van dit demonstratieproject is bedoeld als eerste introductie bij de gemeenten en steden. Hierbij wordt aan de gemeentelijke mandatarissen een eerste algemene informatie verstrekt aangaande elektrisch aangedreven voertuigen.

Gespreid over de duur van het project wordt een aantal ritten met elektrische voertuigen georganiseerd doorheen het gehele Vlaamse gewest, waarbij in de bezochte gemeenten een informatiebijeenkomst wordt gehouden voor alle plaatselijke mandatarissen, alsmede voor de leidinggevende gemeenteambtenaren. Op deze bijeenkomsten worden de elektrische voertuigen gedemonstreerd.

2.2 Proefperiode bij de gemeenten

Teneinde een meer realistische inschatting van het potentieel van elektrische wagens in een bepaalde gemeente toe te laten, is het noodzakelijk een meer doorgedreven demonstratie door te voeren in de steden en gemeenten die er belangstelling voor hebben.

Enkel een demonstratie, waar een elektrisch voertuig werkelijk geïntegreerd wordt in het wagenpark van de betrokken gemeente, zou een objectieve evaluatie moeten mogelijk maken.

Daarom worden dan ook elektrische voertuigen ter beschikking gesteld van een aantal gemeenten gedurende een periode van enkele weken. De bedoeling is dat de voertuigen de taak van een bestaand voertuig overnemen.

2.3 Aankoop

In het kader van de promotie van elektrische voertuigen hebben de stads- en gemeentebesturen een belangrijke rol te spelen: zij kunnen een voorbeeld geven aan de overige gebruikers door zelf dergelijke voertuigen in dienst te nemen.

De proefperiode moet dan ook dienen als een objectieve evaluatie voor een eventuele aankoop van een elektrisch voertuig door de betrokken gemeente.

2.4 Overzicht van de wagens en plaats van de demonstratie

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de gedemonstreerde wagens en de plaats van demonstratie.

Tabel 2.1: Overzicht van de wagens en plaats

Wagen	Type	Plaats
Renault Master	grote bestelwagen	Hasselt,Ravels,Wuustwezel
Renault Express	kleine bestelwagen	Hasselt,Ravels,Rijkevorsel,Wuustwezel, Blankenberge, Oostkamp,Mol.
Renault Clio	kleine personenwagen	Maldegem
Peugeot 106	kleine personenwagen	Rijkevorsel,Mol

2.5 Demonstratieperiode in de gemeenten

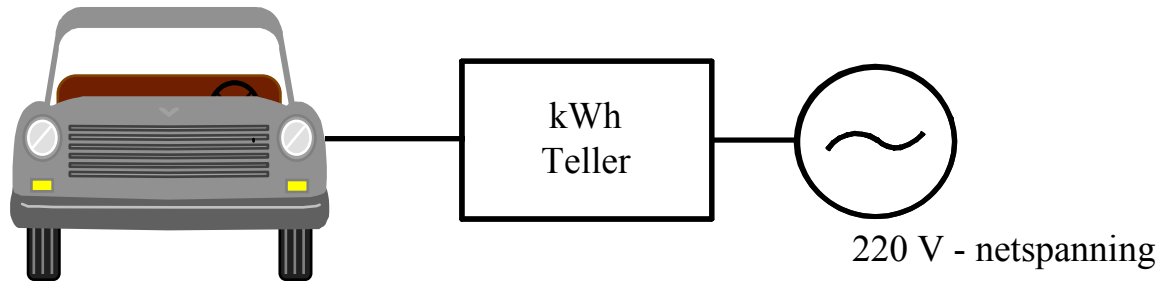
Tabel 2.2 geeft een overzicht van de meetperiodes in de verschillende gemeenten.

Tabel 2.2 : Overzicht van de meetperiodes

Gemeente	Start demonstratie	Einde demonstratie
Hasselt	06.08.96	29.08.96
Ravels	08.10.96	30.10.96
Wuustwezel	09.10.96	16.10.96
Rijkevorsel	18.10.96	30.10.96
Blankenberge	07.11.96	22.11.96
Oostkamp	07.11.96	22.11.96
Maldegem	07.11.96	22.11.96
Mol	18.09.97	03.10.97

3 SCHEMA VAN DE MEETOPSTELLING IN DE GEMEENTEN

Schema 3.2 toont de opstelling van de elektriciteitsmeter in de gemeenten.



Figuur 3.2 : Schema van de meetopstelling

De elektriciteitsmeters worden via traditionele stekkers tussen het elektriciteitsnet en de laadeenheid van de te bemeten wagens geplaatst. Deze tellers worden geleverd en geplaatst door VITO. In de gemeente Mol werden de meters van Citelec gebruikt.

De kWh-teller/omvormer/lader bij de grote bestelwagen type Renault Master is aangekocht en geplaatst in opdracht van Citelec.

De meetgegevens werden door VITO verwerkt.

Opmerking: Een demonstratie zoals beschreven maakt alleen kans op slagen als de betrokkenen gemotiveerd zijn. Men moet, om betrouwbare gegevens te verkrijgen, ervan uit kunnen gaan dat de batterijen steeds “vol” geladen worden.

Tevens is het noodzakelijk dat de voorzieningen voor het laden van de wagens slechts alleen hiervoor gebruikt worden, zoniet bekomt men eveneens meetwaarden die niet bruikbaar zijn.

4 MEETRESULTATEN VAN DE WAGENS IN DE GEMEENTEN

4.1 Meetresultaten van Renault Express

Tabel 4.1 toont de meetresultaten van de gemeente Blankenberge : het aantal kilometers gereden tot de aangegeven datum, de hoeveelheid laadenergie, de verbruikte energie per kilometer en de resp. totalen.

Tevens wordt het gewogen gemiddelde weergegeven.

Tabel 4.1 : Overzicht gemeente Blankenberge

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
13/11/96	41	14,3	0,349
18/11/96	59	16,6	0,281
22/11/96	23	8,2	0,357
Totaal	123	39,1	0,318

Tabel 4.2 toont de meetresultaten van de gemeente Oostkamp. Omdat de gegevens op dagbasis van deze gemeente onvolledig zijn, kan enkel met de begin- en eindstand rekening worden gehouden. De gegevens hebben betrekking op de periode van 07.11.96 tot 22.11.96.

Tabel 4.2 : Overzicht gemeente Oostkamp

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
Totaal	393	89,4	0,227

Tabel 4.3 toont de meetresultaten van de stad Hasselt

Tabel 4.3 : Overzicht stad Hasselt

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
7/08/96	43	10,0	0,233
8/08/96	41	9,2	0,224
9/08/96	48	11,0	0,299
13/08/96	41	9,4	0,299
14/08/96	45	14,6	0,324
19/08/96	45	14,1	0,313
20/08/96	43	9,2	0,214
21/08/96	41	9,3	0,227
22/08/96	42	9,0	0,214
23/08/96	47	9,6	0,204
26/08/96	50	11,9	0,238
27/08/96	47	8,9	0,189
28/08/96	41	9,0	0,220
29/08/96	45	10,3	0,229
Totaal	619	145,5	0,235

Tabel 4.4 toont de meetresultaten van gemeente Ravels

Tabel 4.4: Overzicht gemeente Ravels

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
9/10/96	61	16,9	0,277
10/10/96	52	14,0	0,269
11/10/96	62	18,3	0,295
14/10/96	63	17,0	0,270
15/10/96	54	14,9	0,276
16/10/96	61	16,6	0,272
17/10/96	51	13,8	0,271
18/10/96	24	8,2	0,342
21/10/96	58	16,6	0,286
22/10/96	54	13,6	0,256
23/10/96	58	16,7	0,288
24/10/96	61	15,2	0,249
25/10/96	48	5,2	0,108
28/10/96	35	9,5	0,271
29/10/96	34	8,7	0,256
Totaal	776	205,4	0,265

Tabel 4.5 toont de meetresultaten van de gemeente Rijkevorsel

Tabel 4.5 : Overzicht gemeente Rijkevorsel

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
24/10/96	66	7,4	0,112
25/10/96	8	2,8	0,350
28/10/96	22	6,5	0,295
29/10/96	44	12,4	0,282
30/10/96	53	14,9	0,281
Totaal	193	44,0	0,228

Tabel 4.6 toont de meetresultaten van de gemeente Wuustwezel

Tabel 4.6 : Overzicht van de gemeente Wuustwezel

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
10/10/96	60	19,8	0,330
11/10/96	20	8,5	0,425
14/10/96	34	9,4	0,276
16/10/96	75	22,2	0,296
Totaal	189	59,9	0,317

Tabel 4.7 toont de meetresultaten van de gemeente Mol. Omdat de formulieren onzorgvuldig ingevuld werden, leidde dit tot onbetrouwbare waarden op dagbasis. De enige betrouwbare waarde is bijgevolg de waarde die verkregen wordt over gans de testperiode. De gegevens hebben betrekking op de periode van 18.09.97 tot 03.10.97.

Tabel 4.7 : Overzicht van de gemeente Mol

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
Totaal	295	69,1	0,234

Tabel 4.8 toont het totaal aantal gereden kilometers, het totaal aantal geladen kWh en het gewogen gemiddelde van al de meetcampagnes samen.

Tabel 4.8 : Overzicht van de meetresultaten (Renault Express)

Totaal gereden km	Totaal geladen kWh	kWh per km
2588	652,4	0,252

4.2 Meetresultaten van Renault Master

Tabel 4.9 toont de meetresultaten van de gemeente Wuustwezel.

Tabel 4.9 : Overzicht gemeente Wuustwezel

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
21/10/96	47	29,8	0,634
22/10/96	58	30,8	0,531
24/10/96	29	15,6	0,538
24/10/96	35	20,9	0,597
25/10/96	12	11,7	0,975
Totaal	181	108,8	0,601

Tabel 4.10 toont de meetresultaten van de gemeente Ravels

Tabel 4.10 : Overzicht gemeente Ravels

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
9/10/96	31	30,5	0,984
10/10/96	23	11,2	0,487
11/10/96	4	4,2	1,050
14/10/96	13	11,1	0,854
15/10/96	12	6,7	0,558
16/10/96	18	7,9	0,439
17/10/96	22	11,3	0,514
18/10/96	23	13,1	0,570
21/10/96	34	20,2	0,594
22/10/96	35	15,0	0,429
23/10/96	29	12,9	0,445
24/10/96	11	6,0	0,545
25/10/96	18	19,2	1,067
28/10/96	23	6,2	0,270
29/10/96	20	2,8	0,140
Totaal	316	178,3	0,564

Tabel 4.11 toont de meetresultaten van de stad Hasselt.

Tabel 4.11 : Overzicht stad Hasselt

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
13/08/96	29	21,4	0,738
14/08/96	42	22,5	0,536
02/09/96	128	68,8	0,538
Totaal	199	112,7	0,566

Tabel 4.12 toont het totaal aantal gereden kilometers, het totaal aantal geladen kWh en het gewogen gemiddelde van al de meetcampagnes samen.

Tabel 4.12 : Overzicht van de meetresultaten (Renault Master)

Totaal gereden km	Totaal geladen kWh	Gewogen gemiddelde
696	399,8	0,574

4.3 Meetresultaten van Renault Clio

Tabel 4.13 toont de meetresultaten van de gemeente Maldegem.

Tabel 4.13 : Overzicht van gemeente Maldegem

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
12/11/96	67	16,4	0,245
14/11/96	54	14,0	0,259
19/11/96	43	5,0	0,116
20/11/96	20	15,0	0,750
22/11/96	26	0,6	0,023
Totaal	210	51,0	0,243

4.4 Meetresultaten van Peugeot 106

Tabel 4.14 toont de meetresultaten van de gemeente Rijkevorsel. Omdat de gegevens op dagbasis van deze gemeente onvolledig zijn, kan enkel met de begin- en eindstand rekening worden gehouden. De gegevens hebben betrekking op de periode van 18.10.96 tot 30.10.96.

Tabel 4.14 : Overzicht van gemeente Rijkevorsel

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
Totaal	137	21,7	0,158

Tabel 4.15 toont de meetresultaten van de gemeente Mol. Ook hier geldt dezelfde opmerking als voor de gemeente Rijkevorsel. De gegevens hebben betrekking op de periode van 19.09.97 tot 03.10.97.

Tabel 4.15 : Overzicht van gemeente Mol

Datum	aantal gereden km	kWh geladen	kWh per km
Totaal	228	48,5	0,213

Tabel 4.16 toont het totaal aantal gereden kilometers, het totaal aantal geladen kWh en het gewogen gemiddelde van al de meetcampagnes samen.

Tabel 4.16 : Overzicht van de meetresultaten (Peugeot 106)

Totaal gereden km	Totaal geladen kWh	Gewogen gemiddelde
365	70,2	0,192

5 OVERZICHT VAN DE RESULTATEN EN EVALUATIE

5.1 Renault Express

Tabel 5.1 geeft een overzicht van het aantal gereden kilometers, het aantal geladen kWh, het gemiddeld aantal kilometers gereden per dag en het elektrisch verbruik per km.

Tabel 5.1 : Overzicht van de resultaten in de verschillende gemeenten

Gemeente	aantal gereden km	gemiddeld aantal km gereden	kWh geladen	kWh per km
Blankenberge	123	41	39,1	0,318
Oostkamp	393	onjuiste gegevens	89,4	0,227
Hasselt	619	44	145,5	0,235
Ravels	776	52	205,4	0,265
Rijkevorsel	193	39	44,0	0,228
Wuustwezel	189	47	59,9	0,317
Mol	295	onjuiste gegevens	69,1	0,234
Totaal	2588		652,4	0,252

5.2 Renault Master

Tabel 5.2 geeft een overzicht van de meetgegevens in de verschillende gemeenten.

Tabel 5.2 : Overzicht van de resultaten in de verschillende gemeenten

Gemeente	aantal gereden km	gemiddeld aantal km gereden	kWh geladen	kWh per km
Wuustwezel	181	36	108,8	0,601
Ravels	316	21	178,7	0,564
Hasselt	199	33	112,7	0,566
Totaal	696		399,8	0,574

5.3 Renault Clio

Tabel 5.3 geeft een overzicht van de meetgegevens in de gemeente Maldegem.

Tabel 5.3 : Overzicht van de resultaten in de gemeente Maldegem

Gemeente	aantal gereden km	gemiddeld aantal km gereden	kWh geladen	kWh per km
Maldegem	210	42	51	0,243

5.4 Peugeot 106

Tabel 5.4 geeft een overzicht van de meetgegevens in de gemeenten Rijkevorsel en Mol.

Tabel 5.4 : Overzicht van de resultaten in de gemeenten Rijkevorsel en Mol

Gemeente	aantal gereden km	gemiddeld aantal km gereden	kWh geladen	kWh per km
Rijkevorsel	137	69	21,7	0,158
Mol	228	Onjuiste gegevens	48,5	0,213
Totaal	365		70,2	0,192

5.5 Technische evaluatie

Een verklaring voor het lage kWh-verbruik bij de laatste oplaadbeurt bij sommige wagens is dat er onvolledig zou geladen zijn.

Er dient ook opgemerkt te worden dat de wagens regelmatig op een onjuiste manier geladen werden : de elektrische wagens hebben een autonomie van 70 à 100 km. Uit de metingen blijkt echter dat sommige ritten niet langer waren dan 30 km en dat de wagens dan weer werden opgeladen. Om een batterij opnieuw op te laden na het afleggen van een korte afstand is meer energie vereist.

Tevens dient er opgemerkt te worden dat de dagmetingen soms onvolledig kunnen zijn door niet correct noteren van de kilometerstand, maar deze fout valt weg bij het bepalen van de gemiddelde verbruiken.

Het meerverbruik kan in sommige omstandigheden ook verklaard worden door het rijgedrag, het reliëf, het gebruik in stad of op het platteland en het gewicht van de belading.

6 VERGELIJKING PRIMAIR ENERGIEVERBRUIK

6.1 Gebruikte referenties

Voor de berekening van het primair energieverbruik en de CO₂-emissie worden onderstaande veronderstellingen gemaakt:

6.1.1 Elektriciteit

Referentie zoals deze door VITO gebruikt wordt voor de evaluatie van ANRE-demonstratieprojecten :

Rendement elektrische centrale (zonder nucleaire centrales) = **44 %** (1)
 dus primaire energie per kWh_e = 3,6 MJ/ 0,44 = **8,18 MJprim/ kWh_e**

CO₂-emissiefactor = **624 g / kWh_e** (1)

Referentie rekening houdend met de totale elektriciteitsproductie in België in 1996:

Rendement elektrische centrale = **35,6 %** (8)
 Dus primaire energie per kWh_e = 3,6 MJ/ 0,356 = **10,11 MJprim/kWh_e**

CO₂-emissiefactor = **314 g / kWh_e** (7)

6.1.2 Benzine

1 l benzine + 8,5% verlies distributie van ruwe olie, raffinage en verlies distributie benzine
 (3)

= 1,085 * 31 MJ/l (3)
 = **33,6 MJ prim./l**

CO₂-emissiefactor = **2,588 kg/l** (4)

6.1.3 Diesel

1 l diesel + 8,5% verlies distributie van ruwe olie, raffinage en verlies distributie benzine
 (3)

= 1,085 * 35,7 MJ/l (3)
 = **38,7 MJ prim./l**

CO₂-emissiefactor = **2,859 kg/l** (4)

Opmerking : De gegevens van IEA en TNO worden eveneens door het expertisecentrum “Verkeer en Milieu” van VITO als referentie gebruikt.

6.2 Kengetallen per wagen

6.2.1 Primair energieverbruik

Tabel 6.1 toont het primair energieverbruik per wagen en de energiebesparing. (referentie (5) dus zonder nucleaire centrales)

Tabel 6.1 : Primair energieverbruik per wagen

Type	Referentie			Elektrisch		Besparing
	Brandstof	verbruik in l/100 km	prim.energie verbruik in MJ/100 km	verbruik kWh/km	prim.energie verbruik in MJ/100 km	
Express	benzine	8,2-8,3 (2)	277	0,254	208	-25 %
Express	diesel	7,2 (2)	278	0,254	208	-26 %
Master	benzine	16 (2)	538	0,574	469	-13 %
Master	diesel	14 (2)	542	0,574	469	-13 %
Clio	benzine	8,3 (2)	279	0,243	199	-29 %
Clio	diesel	6,6 (2)	255	0,243	199	- 22 %
106	benzine	8,3 (6)	279	0,192	157	-44 %
106	diesel	6,9 (6)	267	0,192	157	-41 %

Uit deze tabel blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de besparing op primair energieverbruik 25% is in vergelijking met de benzineversie en 26% voor de dieserversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 29% en 22% en voor de Peugeot 106 is dit 44 % en 41%. De Renault Master blijkt in beide vergelijkingen 13 % minder aan primaire energie te verbruiken.

Tabel 6.2 toont het primair energieverbruik per wagen en de energiebesparing. (referentie (8), uitgaande van de totale elektriciteitsproductie in 1996)

Tabel 6.2 : Primair energieverbruik per wagen

Type	Referentie			Elektrisch		Besparing
	Brandstof	verbruik in l/100 km	prim.energie verbruik in MJ/100 km	verbruik kWh/km	prim.energie verbruik in MJ/100 km	
Express	benzine	8,2-8,3 (2)	277	0,254	257	-7 %
Express	diesel	7,2 (2)	279	0,254	257	-8 %
Master	benzine	16 (2)	538	0,574	580	+ 7 %
Master	diesel	14 (2)	542	0,574	580	+ 7 %
Clio	benzine	8,3 (2)	279	0,243	246	-12 %
Clio	diesel	6,6 (2)	255	0,243	246	-3 %
106	benzine	8,3 (6)	279	0,192	194	-30 %
106	diesel	6,9 (6)	267	0,192	194	-27 %

Uit deze tabel blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de besparing op primair energieverbruik 7% is in vergelijking met de benzineversie en 8% voor de dieserversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 12% en 3% en voor de Peugeot 106 is dit 30 % en 27%. De Renault Master blijkt in beide vergelijkingen 7 % meer aan primaire energie te verbruiken.

Bij de Elektrische Master dient echter opgemerkt te worden dat een vergelijking maken erg moeilijk is daar deze versie niet bestaat met verbrandingsmotor en daar het laadgewicht tijdens de testritten niet gekend is.

6.2.2 CO₂-emissies

Tabel 6.3 toont de CO₂-emissie per wagen. (referentie (5) dus zonder nucleaire centrales)

Tabel 6.3 : CO₂-emissie per wagen

Type	Referentie			Elektrisch		Besparing
	Brandstof	verbruik in l/100 km	CO ₂ emissie kg/km	verbruik kWh _e /km	CO ₂ emissie kg/km	
Express	benzine	8,2-8,3 (2)	0,214	0,254	0,158	-26 %
Express	diesel	7,2 (2)	0,206	0,254	0,158	-23 %
Master	benzine	16 (2)	0,414	0,574	0,358	-14 %
Master	diesel	14(2)	0,400	0,574	0,358	-10 %
Clio	benzine	8,3 (2)	0,215	0,243	0,151	-30 %
Clio	diesel	6,6 (2)	0,189	0,243	0,151	-20 %
106	benzine	8,3 (6)	0,215	0,192	0,120	-44 %
106	diesel	6,9 (6)	0,197	0,192	0,120	-39 %

Uit deze tabel blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de vermindering van de CO₂-emissie 26% is in vergelijking met de benzineversie en 23% voor de dieserversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 30% en 20% en voor de Peugeot 106 is dit 44% en 39%. De Renault Master geeft een verminderde CO₂-emissie van 14% en 10% t.o.v. de referentie.

Tabel 6.4 toont de CO₂-emissie per wagen. (referentie (8), uitgaande van de totale elektriciteitsproductie in 1996)

Tabel 6.4 : CO₂-emissie per wagen

Type	Referentie			Elektrisch		Besparing
	Brandstof	verbruik in l/100 km	CO ₂ emissie kg/km	verbruik kWh _e /km	CO ₂ emissie kg/km	
Express	benzine	8,2-8,3 (2)	0,214	0,254	0,080	-63 %
Express	diesel	7,2 (2)	0,206	0,254	0,080	-61 %
Master	benzine	16 (2)	0,414	0,574	0,180	-57 %
Master	diesel	14(2)	0,400	0,574	0,180	-55 %
Clio	benzine	8,3 (2)	0,215	0,243	0,076	-65 %
Clio	diesel	6,6 (2)	0,189	0,243	0,076	-60 %
106	benzine	8,3 (6)	0,215	0,192	0,060	-72 %
106	diesel	6,9 (6)	0,197	0,192	0,060	-70 %

Uit deze tabel blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de vermindering van de CO₂-emissie 63% is in vergelijking met de benzineversie en 61% met de dieserversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 65% en 60% en voor de Peugeot

106 is dit 72% en 70%. De Renault Master geeft een verminderde CO₂-emissie van 57% en 55% t.o.v. de referentie.

7 BESLUIT

Van augustus 1996 tot november 1996 werd het elektriciteitsverbruik van de demo-wagens in de volgende gemeenten gemeten: Hasselt, Ravels, Wuustwezel, Rijkevorsel, Blankenberge, Oostkamp, Maldegem. In de gemeente Mol verliep de meetcampagne van september 1997 tot oktober 1997.

Gedurende de VITO-meetcampagne werd het elektriciteitsverbruik van volgende wagens opgemeten: Renault Master, Renault Express, Renault Clio en Peugeot 106.

De volgende tabel geeft een overzicht van het totaal gereden kilometers, het totaal elektrisch verbruik en het elektrisch verbruik per kilometer van de verschillende wagens over de VITO-meetperiode in 8 gemeenten.

Overzicht van de resultaten van de verschillende wagens

Type	Totaal gereden km	Totaal geladen kWh	kWh/km
Renault Express	2588	652,4	0,252
Renault Master	696	399,8	0,574
Renault Clio	210	51,0	0,243
Peugeot 106	365	70,2	0,192

Voor de vergelijking van de elektrische voertuigen met wagens uitgerust met verbrandingsmotoren, zijn de cijfers van de desbetreffende constructeurs gebruikt. Binnen de stuurgroep werd afgesproken dat de beste referentie voor dit project, zowel voor de bepaling van de primaire energiebesparing als voor de reductie van de CO₂-emissie, de totale elektriciteitsproductie in België voor 1996 is. Uit de gegevens van de VITO-meetperiode kan het volgende besloten worden wat betreft de besparing of meerverbruik aan primaire energie:

*Overzicht van besparing of meerverbruik aan primaire energie
(ref.: totale elektriciteitsproductie in België in 1996)*

Type	Primair energieverbruik (vergelijking met benzineversie)	Primair energieverbruik (vergelijking met dieselversie)
Renault Express	-7 %	-8 %
Renault Master	+7 %	+7 %
Renault Clio	-12 %	-3 %
Peugeot 106	-30 %	-27 %

Uit deze tabel blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de besparing op primair energieverbruik 7% is in vergelijking met de benzineversie en 8% voor de dieselversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 12% en 3% en voor de Peugeot 106 is dit 30 % en 27%. De Renault Master blijkt in beide vergelijkingen 7 % meer aan primaire energie te verbruiken.

Bij de Elektrische Master dient echter opgemerkt te worden dat een vergelijking maken erg moeilijk is daar deze versie niet bestaat met verbrandingsmotor en daar het laadgewicht tijdens de testritten niet gekend is.

Voor wat de CO₂-besparing betreft kan het volgende besloten worden:

*Overzicht van de CO₂-reductie
(ref.: totale elektriciteitsproductie in België in 1996)*

Type	CO ₂ -emissie (vergelijking met benzineversie)	CO ₂ -emissie (vergelijking met dieselversie)
Renault Express	-63 %	-61 %
Renault Master	-57 %	-55 %
Renault Clio	-65 %	-60 %
Peugeot 106	-72 %	-70 %

Over de VITO-meetperiode is voor de Renault Express de vermindering van de CO₂-emissie 63% in vergelijking met de benzineversie en 61% met de dieselversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 65% en 60% en voor de Peugeot 106 is dit 72% en 70%. De Renault Master geeft een verminderde CO₂-emissie van 57% en 55% t.o.v. de referentie.

Naast deze vergelijking met als referentie de totale Belgische elektriciteitsproductie voor 1996, werd door VITO ook een vergelijking gemaakt met als referentie de verwachte elektriciteitsproductie van kolen- en gascentrales in 2000.

Uit de gegevens van de VITO-meetperiode kan het volgende besloten worden wat betreft de besparing of meerverbruik aan primaire energie t.o.v. een benzine- en dieselvoertuig.

*Overzicht van besparing aan primaire energie
(ref.: elektriciteitsproductie van kolen- en gascentrales in 2000)*

Type	Primair energieverbruik (vergelijking t.o.v. benzineversie)	Primair energieverbruik (vergelijking t.o.v. dieselversie)
Renault Express	-25 %	-26 %
Renault Master	-13 %	-13 %
Renault Clio	-29 %	-22 %
Peugeot 106	-44 %	-41 %

Met deze referentie wordt voor de Renault Express de besparing op primair energieverbruik 25% in vergelijking met de benzineversie en 26% voor de dieselversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 29% en 22% en voor de Peugeot 106 is dit 44 % en 41%. De Renault Master blijkt in beide vergelijkingen 13 % minder aan primaire energie te verbruiken.

De CO₂-besparing over de VITO-meetperiode wordt weergegeven in betreffende tabel.

*Overzicht van de CO₂-reductie
(ref.: elektriciteitsproductie van kolen- en gascentrales in 2000)*

Type	CO ₂ -emissie (vergelijking met benzineversie)	CO ₂ -emissie (vergelijking met dieselversie)
Renault Express	-26 %	-23 %
Renault Master	-14 %	-10 %
Renault Clio	-30 %	-20 %
Peugeot 106	-44 %	-39 %

Uit deze tabel blijkt dat over de VITO-meetperiode voor de Renault Express de vermindering van de CO₂-emissie 26% is in vergelijking met de benzineversie en 23% voor de dieselversie, voor de Renault Clio is dit respectievelijk 30% en 20% en voor de Peugeot 106 is dit 44% en 39%. De Renault Master geeft een verminderde CO₂-emissie van 14% en 10% t.o.v. de referentie.

BIJLAGE 1 : CO₂- Emissiefactor en rendement elektriciteitspark

1. Referentie zoals deze door VITO gebruikt wordt voor de evaluatie van ANRE-demonstratieprojecten :

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

- Volgens (5) 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 (5) 36,5 %; dit leidt tot een CO₂-emissiefactor van 962 g/kWh.
- Voor aardgas wordt verondersteld dat in 2000 het conversierendement gemiddeld 48 % bedraagt, wat leidt tot een CO₂-emissie van de elektriciteitsproductie met aardgas van 420 g/kWh.

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

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

2. Referentie rekening houdend met de totale elektriciteitsproductie in België in 1996:

Voor de rendementsbepaling maken we de opsplitsing van Belgische netto-elektriciteitsproductie volgens de aard van de primaire energiebron voor het jaar 1996. (bron = Beroepsfederatie van de producenten en verdelers van elektriciteit in België BFE)

56 % kerncentrales
 21% vaste brandstoffen
 1% vloeibare brandstoffen
 15% gasvormige brandstoffen
 4% recuperatiegas
 1% recuperatiestoom
 2% alternatief

Het gemiddelde rendement van de elektriciteitsproductie in België is dan **35,6 %**

Voor de specifieke CO₂-emissies zijn de gebruikte bronnen: de VITO-energiebalansen zoals gerapporteerd naar de Klimaatconventie met IPCC-emissiefactoren; voor de elektriciteitsproductie bron BFE.

	1996
Kton CO ₂	21822
GWh	69443,6
CO₂ in g/kWh	314,2

Per geproduceerde kWh komt er dus gemiddeld 314 g CO₂ vrij (1996).

BIJLAGE 2 : Registratie en metingen van kWh-verbruik

1. Meetresultaten van Renault Express

Gemeente: Blankenberge				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Express ELS-466				
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
7/11/96	6608	114,2	120,3	
13/11/96	6649	120,3	134,6	0,349
18/11/96	6708	134,6	151,2	0,281
21/11/96	6731	151,2	159,4	0,357

Gemeente: Oostkamp				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Express ELS-332				
Datum	km-stand	voor laden	na laden	kWh/km
7/11/96	7763	16,0	17,2	
8/11/96	8084	17,2	38,1	
12/11/96		38,1	84,9	
20/11/96	8117	84,9	94,2	
22/11/96	8156	94,2	106,6	

Opmerking: De gegevens van Oostkamp zijn onvolledig en onbetrouwbaar

Gemeente: Hasselt				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Express ELS 466				
Datum	km-stand	voor laden	na laden	kWh/km
6/08/96	4454	13,0	22,8	
7/08/96	4497	22,8	32,8	0,233
8/08/96	4538	32,8	42,0	0,224
9/08/96	4586	42,0	53,0	0,229
13/08/96	4627	53,0	62,4	0,229
14/08/96	4672	62,4	77,0	0,324
19/08/96	4717	77,0	91,1	0,313
20/08/96	4760	91,1	100,3	0,214
21/08/96	4801	100,3	109,6	0,227
22/08/96	4843	109,6	118,6	0,214
23/08/96	4890	118,6	128,2	0,204
26/08/96	4940	128,2	140,1	0,238
27/08/96	4987	140,1	149,0	0,189
28/08/96	5028	149,0	158,0	0,220
29/08/96	5073	158,0	168,3	0,229

Gemeente : Ravels				
Voertuig : type en plaatnummer			Renault Express	
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
8/10/96	5648		33,3	
9/10/96	5709	33,3	50,2	0,277
10/10/96	5761	50,2	64,2	0,269
11/10/96	5823	64,2	82,5	0,295
14/10/96	5886	82,5	99,5	0,27
15/10/96	5940	99,5	114,4	0,276
16/10/96	6001	114,4	131,0	0,272
17/10/96	6052	131,0	144,8	0,271
18/10/96	6076	144,8	153,0	0,342
21/10/96	6134	153,0	169,6	0,286
22/10/96	6188	169,8	183,4	0,256
23/10/96	6246	183,4	200,1	0,288
24/10/96	6307	200,1	215,3	0,249
25/10/96	6355	215,3	220,5	0,108
28/10/96	6390	220,5	230,0	0,271
29/10/96	6424	238,7		

Gemeente: Rijkevorsel				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Express ELS 332				
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
21.10.96	7439	168,3	189,0	
24.10.96	7505	189,0	196,4	0,112
25.10.96	7513	196,4	199,2	0,350
28.10.96	7535	199,2	205,7	0,295
29.10.96	7579	205,7	218,1	0,282
30.10.96	7632	218,1	233,0	0,335

Gemeente: Wuustwezel				
Voertuig : type en plaatnummer:			Express ELS332	
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
9/10/96	7233	12,3	28,7	
10/10/96	7293	28,7	48,5	0,330
11/10/96	7313	48,5	57,0	0,425
14/10/96	7347	57,0	66,4	0,276
16/10/96	7422	66,4	88,6	0,296

Gemeente: Mol				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Express 5				
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
19/09/97	12154	1901,6	1916,3	?
22/09/97	?	1916,3	1934,1	?
23/09/97	?	1934,1	1948,4	?
24/09/97	?	1948,4	1961,5	?
29/09/97	?	1961,5	1970,7	?
30/09/97	12449	1970,7		

2. Meetresultaten van Renault Master

Gemeente: Wuustwezel				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Master				
Datum	km-stand	kWh voor laden	na laden	kWh/km
18/10/96	4541	316,1	344,4	
21/10/96	4588	344,6	374,2	0,63
22/10/96	4646	374,2	405,0	0,531
24/10/96	4675	405,0	420,6	0,538
24/10/96	4710	420,6	441,5	0,597
25/10/96	4722	441,6	453,2	0,975

Gemeente: Ravels				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Master				
Datum	km-stand	kWh voor laden	na laden	kWh/km
8/10/96	2140	42,5	62,0	
9/10/96	2171	62,0	92,5	0,984
10/10/96	2194	92,5	103,7	0,487
11/10/96	2198	104,0	107,9	1,050
14/10/96	2211	107,9	119,0	0,854
15/10/96	2223	119,0	125,7	0,558
16/10/96	2241	125,7	133,6	0,439
17/10/96	2263	133,6	144,9	0,514
18/10/96	2286	144,9	158,0	0,570
21/10/96	2320	158,0	178,2	0,594
22/10/96	2355	178,2	193,2	0,429
23/10/96	2384	193,2	206,1	0,445
24/10/96	2395	206,1	212,1	0,545
25/10/96	2413	212,1	231,3	1,067
28/10/96	2436	231,3	237,5	0,270
29/10/96	2456	237,5	240,3	0,140

Gemeente: Hasselt 8/96				
Voertuig : type en plaatnummer:			Renault Master ELS 543	
Datum	km-stand	kWh voor laden	na laden	kWh/km
	3901	75,1	89,1	
13/08/96	3930	89,1	110,5	0,738
14/08/96	3972	110,5	133,0	0,536
2/09/96	4100	133,1	201,8	0,538

Opmerking: De gegevens van Rijkevorsel zijn onvolledig en onbetrouwbaar en daarom niet opgenomen in dit verslag.

3. Meetresultaten van Renault Clio

Gemeente: Maldegem				
Voertuig : type en plaatnummer: Renault Clio ELS-247				
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
7/11/96	8620	233,0	235,9	
12/11/96	8687	235,9	252,3	0,245
14/11/96	8741	252,3	266,3	0,259
19/11/96	8784	266,3	271,3	0,116
20/11/96	8804	271,3	286,3	0,750
22/11/96	8830	286,3	286,9	0,023

4. Meetresultaten van Peugeot 106

Gemeente: Rijkevorsel				
Voertuig : type en plaatnummer: Peugeot 106 NDT 498				
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
18/10/96	10783	88,6	92,5	
22/10/96	10810	92,5	109,2	
30/10/96	10920	109,2	114,2	

Gemeente: Mol				
Voertuig : type en plaatnummer: Peugeot 106 4				
Datum	km-stand	kWh voor laden	kWh na laden	kWh/km
18/09/97	20712	1821,1	1833,3	0,118
19/09/97	20815	1833,3	1844,3	0,423
21/09/97	20841	1844,3	1857,5	0,194
21/09/97	20909	1857,5	1866,7	0,438
22/09/97	20930	1866,7	1869,6	0,290
03/10/97	20940	1869,6		

BIJLAGE 3 : Lijst van de deelnemende gemeenten aan de “Ronde van Vlaanderen voor elektrische wagens”

Leuven	Aarschot	Brugge	Knokke	Gent
Wuustwezel	Rijkevorsel	Ravels	Aalst	Ninove
Hasselt	Hamme	Waasmunster	Mol	Geel
Mechelen	Kortrijk	Tongeren	Antwerpen	Geraardsbergen
Diest	Lommel	Overpelt	Koksijde	De Panne
Blankenberge	Oostkamp	Maldegem	Roeselare	Ieper
Hoegaarden	Tienen	De Haan	Bredene	Sint-Niklaas
Lokeren	Tielt	Deinze	Nieuwpoort	Sint-Truiden
Maasmechelen	Lanaken	Harelbeke	Oudenburg	Asse

REFERENTIES

1. VITO rapport REG.RB.9605
2. Renault Belgium
3. Automotive fuel survey part 1 & 2. Dec. '96 IEA
4. TNO. Emissies wegverkeer 1994. 17 jan. '96
5. P. Bulteel en F. Vandenberghe, Elektriciteitsproductie en CO₂ emissies, Informatiedag CO₂, Laborelec, Linkebeek, mei 1993
6. Peugeot België
7. VITO-energiebalansen - Klimaatconventie met IPCC-emissiefactoren
8. Belgische elektriciteitsproductie – Beroepsfederatie van de producenten en verdelers van elektriciteit in België (BFE)