

Eindrapport

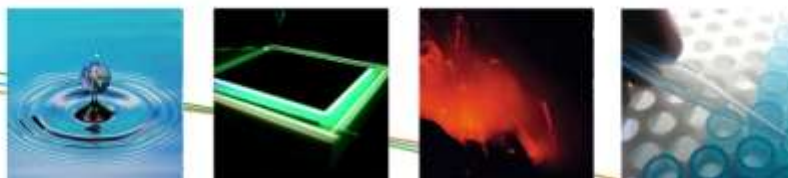
Stappenplan naar een CO₂ neutrale stad in 2050

Ontwikkeling van een afwegingskader voor evaluatie van het CO₂-reductiepotentieel van de stad Gent

Erika Meynaerts, Nele Renders, Laurent Franckx, Leen Gorissen, Pieter Lodewijks
In samenwerking met: Annick Van Hyfte (Arcadis)

Studie uitgevoerd in opdracht van: Stad Gent
2012/TEM/R/

Januari 2013



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIË
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

SAMENVATTING

Wat voorafging ...

Gent streeft ernaar om tegen 2050 een CO₂ neutrale stad te worden. Deze ambitie werd vooropgesteld in het Bestuursakkoord 2007 – 2012 en krijgt sindsdien concreet vorm in het energie- en klimaatbeleid dat Gent voert. Met de ondertekening van het Burgemeestersconvenant en de Klimaatverklaring Eurocities erkent Gent haar rol als stad in de strijd tegen klimaatverandering en wordt een CO₂-reductie vooropgesteld die verder gaat dan de Europese doelstelling van 20% tegen 2020. Om de voortgang ten opzicht van deze doelstellingen beter te kunnen opvolgen, liet de Stad Gent in 2009 - 2010 een CO₂-nulmeting uitvoeren voor de emissies van 2007. Deze CO₂-inventaris werd in de loop van 2012 geactualiseerd met emissies voor 2009. Ondertussen bereidt Gent zich voor op de opmaak van een ambitieus klimaatplan 2013 - 2050 dat een "roadmap" moet zijn naar CO₂-neutraliteit in 2050. Deze ambitieuze doelstelling werd gevoed door een transitieproces: een arena van koplopers die op basis van de troeven van de stad een aanzet gaf tot een gewenst toekomstbeeld 2050, gestoeld op principes die fundamenteel geacht worden voor echte duurzame ontwikkeling.

Een afwegingskader dat verder gaat dan kosten en effecten van technologieën ...

Binnen deze studieopdracht hebben we een afwegingskader ontwikkeld om het CO₂-reductiepotentieel van de stad Gent te evalueren. Bij deze evaluatie hebben we niet alleen economische criteria getoetst maar ook de principes van de trias energetica, duurzaamheidscriteria ("people, profit/prosperity, planet"), niveau en tijdstip van inspraak ("policy").

We kunnen concluderen dat het technisch haalbaar is om tegen 2030 de CO₂-uitstoot van de stad Gent (excl. ijzer en staal) te reduceren met 80% ten opzichte van 2009. Echter, wanneer we niet alleen kijken naar het technisch potentieel en ook andere criteria in rekening brengen, wordt het ook duidelijk dat de Stad voor een grote uitdaging staat om deze doelstelling in de praktijk te realiseren. Het gegeven dat een maatregel technisch haalbaar is, wil niet zeggen dat de maatregel tegen 2030 ook effectief kan geïmplementeerd worden. Niet-technologische hindernissen en afwegingen, die niet altijd becijferbaar zijn, kunnen deze implementatie bemoeilijken. Het zal dan ook nodig zijn om op verschillende strategieën tegelijkertijd in te zetten en niet alle "eieren in één mand te leggen".

De meeste onzekerheden met betrekking tot de kosten en het CO₂-reductiepotentieel zullen, normaal gezien, met de tijd afnemen. Het kan dus raadzaam zijn om een afwachtende houding aan te nemen tot wanneer een aantal sleutelonzekerheden verdwenen zijn (of in elk geval voldoende afgenomen). Anders bestaat er immers een gevaar voor een vroegtijdige "lock in" met technologieën die achteraf niet optimaal blijken (noch economisch, noch qua reductiepotentieel).

Sommige oplossingen vergen ook zware investeringen in infrastructuur die niet werden in rekening gebracht in de kostenberekening. Denken we maar aan de grootschalige inzet van voertuigen op CNG of waterstof of de inzet van elektrische voertuigen. Deze investeringen in infrastructuur zullen bovendien alleen hun effect hebben indien ze passen in een bredere inspanning op Europees niveau. Ook warmtenetten en de grootschalige inzet van PV en wind vereisen investeringen in het energiesysteem en/of opheffing van bestaande systemen (bv. aardgasnetwerk).

In de beoordeling van het potentieel spelen ook andere criteria mee die niet direct gevat worden in de financiële kost, zoals bijvoorbeeld de beperkte autonomie van elektrische voertuigen of de beschikbaarheid van biomassa. Tevens is duidelijk dat de Stad Gent niet alle hefboomen in handen

heeft om effectieve reducties te bewerkstelligen. De Stad heeft wel alle hefboomen in handen om slim te sturen.

“Zaaien en oogsten”: inzetten op verhogen van de effectiviteit van bestaand en beslist beleid. Indien de vooropgestelde inspanningen uit het referentiescenario effectief gerealiseerd worden, kan in 2030 een reductie van de scope 1 emissies met ca. 32% (excl. ijzer & staal) gerealiseerd worden ten opzichte van 2009. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de lokale energieproductie moet het sterkste afnemen ten opzichte van 2009 (ca. 58%). De realisatie van dit referentiescenario kan de Stad ondersteunen.

“Enthousiasmeren en initiëren”: inzetten op vergroten draagvlak voor vergaande CO₂-reducties, i.e. inspanningen die verder gaan dan bestaand beleid. Draagvlak kan vergroot worden door de voorbeeldfunctie van de Stad verder te versterken maar ook door instrumenten (middelen) van de Stad te richten op die maatregelen die op korte termijn effect kunnen hebben: inzetten van warmtepompen in de residentiële en tertiaire sector, overstappen van de auto naar de fiets in de binnenstad, energiebesparende maatregelen in de industriële sector.

“Vernieuwen van vernieuwing”: om van Gent een klimaatneutrale stad te maken tegen 2050 zijn verregaande inspanningen nodig. Inspanningen die verder gaan dan “quick wins” en de inzet van technologieën die vandaag commercieel beschikbaar zijn. Er is nood aan innovatie die verder reikt dan technologische vooruitgang. Hiervoor is meer nodig dan de gangbare innovatie van vandaag. Vaak gaat het om systeemveranderingen die veel voorbereidingstijd vergen: hoe sneller er mee aan de slag gegaan wordt, hoe sneller en accurater de mogelijke winst en nodige investeringen geraamd kunnen worden.

INHOUD

Samenvatting	I
Inhoud	I
Lijst van tabellen	V
Lijst van figuren	VIII
Lijst van Afkortingen	XI
HOOFDSTUK 1. Inleiding	13
1.1. <i>Achtergrond</i>	13
1.2. <i>Doel</i>	13
1.3. <i>Incrementele en radicale verandering</i>	14
1.4. <i>Leeswijzer</i>	16
HOOFDSTUK 2. Afbakening studiedomein	17
2.1. <i>Stedelijk grondgebied</i>	17
2.2. <i>Emissiebronnen</i>	18
2.3. <i>Directe en indirecte emissies</i>	19
HOOFDSTUK 3. Methodologie	21
3.1. <i>Stappenplan CO₂-neutrale stad</i>	21
3.2. <i>Referentiescenario</i>	22
3.3. <i>CO₂-kostencurve</i>	22
3.3.1. <i>Berekening jaarlijkse CO₂-reductie</i>	23
3.3.2. <i>Berekening jaarlijkse kost</i>	24
3.4. <i>Beoordelingsinstrument met maatregelenfiches</i>	25
3.5. <i>Datatrajecten</i>	27
3.5.1. <i>Identificeren essentiële datatekorten</i>	27
3.5.2. <i>Evalueren en groeperen essentiële datatekorten</i>	27
3.5.3. <i>Uittekenen datatrajecten</i>	28
HOOFDSTUK 4. Referentie scenario 2030	29
4.1. <i>Residentiële sector</i>	29
4.1.1. <i>Energieverbruik en CO₂-uitstoot 2009</i>	29
4.1.2. <i>Referentiescenario 2030</i>	33
4.2. <i>Tertiaire sector</i>	39
4.2.1. <i>Energieverbruik en CO₂-uitstoot 2009</i>	39
4.2.2. <i>Referentiescenario 2030</i>	40
4.3. <i>Industriële sector</i>	46
4.3.1. <i>Energieverbruik en CO₂-uitstoot 2009</i>	46

4.3.2.	Referentiescenario 2030	46
4.4.	<i>Verkeer en vervoer</i>	51
4.4.1.	CO ₂ -uitstoot 2009	51
4.4.2.	Referentiescenario 2030	51
4.5.	<i>Lokale energieproductie (excl. afvalverbranding)</i>	58
4.5.1.	Energieverbruik en CO ₂ -uitstoot 2009	58
4.5.2.	Referentiescenario 2030	59
4.6.	<i>Afvalverbranding</i>	61
4.6.1.	Energieverbruik en CO ₂ -uitstoot 2009	61
4.6.2.	Referentiescenario 2030	61
4.7.	<i>Rioolwaterzuiveringsinstallatie Gent</i>	63
4.7.1.	Energieverbruik en CO ₂ -uitstoot 2009	63
4.7.2.	Referentiescenario 2030	63
4.8.	<i>Totale CO₂-uitstoot stedelijk grondgebied Gent in referentiescenario 2030</i>	64
HOOFDSTUK 5.	Bijkomende maatregelen per sector	68
5.1.	<i>Residentiële sector</i>	68
5.1.1.	Reductie vraag naar warmte	69
5.1.2.	Efficiënte en/of hernieuwbare opwekking van warmte	73
5.2.	<i>Tertiaire sector</i>	78
5.2.1.	Reductie vraag naar HVAC	78
5.2.2.	Reductie warmtevraag door isolatie van de gebouwschil	79
5.2.3.	Efficiënte en/of hernieuwbare opwekking van warmte	81
5.2.4.	Efficiënte verlichting	82
5.3.	<i>Industriële sector</i>	85
5.3.1.	Energie-efficiëntieverbetering	85
5.3.2.	Energiemix	88
5.3.3.	Arcelor Mittal	99
5.3.4.	Carbon Capture and Storage	100
5.3.5.	Uitwisseling reststromen en valorisatie	100
5.4.	<i>Verkeer en vervoer</i>	103
5.4.1.	Vermijden van verplaatsingen aanmoedigen	104
5.4.2.	Modal shift in personenvervoer	104
5.4.3.	Modal shift in vrachtovervoer	107
5.4.4.	Technische maatregelen internationale scheepvaart	108
5.4.5.	Technische maatregelen binnenvaart	112
5.4.6.	Technische maatregelen spoorvervoer	114
5.4.7.	Biobrandstoffen	114
5.4.8.	Technische maatregelen voor personenvervoer over de weg	117
5.4.9.	Technische maatregelen voor vrachtovervoer over de weg	133
5.4.10.	Globaal overzicht doorrekeningen voor verkeer en vervoer	133
5.5.	<i>Lokale energieproductie</i>	136
5.5.1.	Centrale productie elektriciteit en warmte	136
5.5.2.	Hydroenergie	137
5.5.3.	Windenergie	137
5.5.4.	Fotovoltaïsche panelen	140

5.5.5.	Geothermie _____	142
5.5.6.	Maximale netto-elektriciteitsproductie en elektriciteitsverbruik _____	143
5.6.	<i>Afvalverbranding</i>	144
5.6.1.	Reductie afval per inwoner en totaal afval _____	144
5.6.2.	Alternatieve verwerking van restafval _____	144
5.7.	<i>biomassa: lokale vraag en aanbod</i>	147
5.8.	<i>Overzicht bijkomende maatregelen met kosten en effecten ten opzichte van referentiescenario</i>	149
HOOFDSTUK 6.	Scenario 2030 _____	158
6.1.	<i>Maximale CO₂-reductie</i>	158
6.2.	<i>CO₂-kostencurve</i>	162
6.2.1.	Wat is X en wat is Y? _____	162
6.2.2.	CO ₂ -kostencurve voor 2030 _____	163
6.2.3.	Enkele randbemerkingen bij interpretatie en gebruik van CO ₂ -kostencurve _____	167
6.3.	<i>Multicriteria-analyse (MCA)</i>	168
6.3.1.	Beoordeling bijkomende maatregelen op basis van de 4 p's _____	168
6.3.2.	Resultaten van de sector-overschrijdende MCA _____	171
6.3.3.	Lokale energieproductie _____	174
6.3.4.	Industriële sector _____	176
6.3.5.	Residentiële sector _____	177
6.3.6.	Tertiaire sector _____	182
6.3.7.	Verkeer en vervoer _____	187
6.3.8.	maatregelen per tijdsspanne _____	190
6.4.	<i>Mogelijke acties voor Stad Gent</i>	192
6.4.1.	Lokale energieproductie _____	192
6.4.2.	Industriële sector _____	193
6.4.3.	Residentiële sector _____	194
6.4.4.	Tertiaire sector _____	197
6.4.5.	Verkeer en vervoer _____	197
HOOFDSTUK 7.	Visionair scenario _____	201
7.1.	<i>De meerwaarde van een visionair scenario</i>	201
7.1.1.	Sociaal-maatschappelijk verantwoord _____	201
7.1.2.	Wetenschappelijk verantwoord _____	202
7.2.	<i>Aanpak voor het visionair scenario</i>	202
7.3.	<i>THEMA 1: Economie & Consumenten</i>	203
7.3.1.	Streefbeeld: Lokaal samen meerwaarde creëren met een poort op de wereld _____	203
7.4.	<i>THEMA 2: Mobiliteit, Ruimte & Welzijn</i>	213
7.4.1.	Streefbeeld: Gent, goed om in te leven _____	213
7.5.	<i>THEMA 3: Energie & Afval</i>	224
7.5.1.	Streefbeeld: Energieke stad – Intelligente kringlopen _____	224
7.6.	<i>THEMA 4: Betrokkenheid & Activering</i>	233
7.6.1.	Streefbeeld: De Gentenaars thuis in de stad _____	233

HOOFDSTUK 8. Datatrajecten	237
8.1. <i>Identificatie van essentiële datatekorten</i>	237
8.2. <i>Evalueren van essentiële datatekorten</i>	239
8.3. <i>Uittekenen van de datatrajecten</i>	241
8.3.1. Het potentieel voor geothermie in Gent	245
8.3.2. Het potentieel voor uitwisseling van restwarmte	246
8.3.3. Een onderscheid in het verbruik tussen verschillende woningtypes	247
8.3.4. Het Bruto Vloer Oppervlak in de sectoren huishoudens en handel en diensten	248
8.3.5. De koudevraag in de sector handel en diensten	249
8.3.6. Specifieke energievraag binnen de detailhandel	250
8.3.7. Capaciteit van bestaande netwerk openbaar vervoer in vergelijking met bestaande en maximale vraag	251
8.3.8. Beschikbare ruimte voor uitbreiding netwerk openbaar vervoer	252
8.3.9. In welke mate kunnen de huidige/toekomstige verplaatsingsbehoeften ingevuld worden met collectieve modi, rekening houdende met de ruimtelijke structuur van de stad	252
8.3.10. Gevoeligheid van de vraag naar vervoersmodi in functie van een aantal sleutelparameters (prijs, frequentie, organisatie van de aansluitingen, ...)	253
8.3.11. Bestaat de nodige capaciteit voor shift naar goederenvervoer via binnenvaart of spoor	254
8.3.12. Inschatting potentieel en kosteneffectiviteit walstroom voor de Gentse Haven	254
8.3.13. Verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas	255
HOOFDSTUK 9. Conclusies	257
9.1. <i>Kiezen is verliezen?</i>	257
9.2. <i>incrementale en radicale verandering: SWOT</i>	258
9.2.1. Scenario 2030: incrementele verandering	258
9.2.1. Visionair scenario: radicale verandering	260
9.3. <i>Datatrajecten</i>	261
Literatuurlijst	263
Bijlage A: Kengetallen ketels vaste biomassa en WKK turbine vaste biomassa	273
Bijlage B: Kengetallen ketels aardgas en WKK gasturbine	275

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Postcodes stad Gent	17
Tabel 2: Karakterisatie Gents woningpark 2009: Voorkomen en warmtevraag voor verwarming en SWW per m ² BVO	30
Tabel 3: Emissiefactoren per energiedrager (in kton per PJ)	37
Tabel 4: Aggregatie subsectoren tertiaire sector	39
Tabel 5. Karakterisatie per subsector in 2009: m ² bruto vloeroppervlakte BVO en finaal verbruik per m ² BVO ingedeeld naar eindtoepassing	40
Tabel 6. Veronderstelde besparingen per subsector bij vergunde renovaties	42
Tabel 7: Aandeel dat ETS-bedrijven vertegenwoordigen in de CO ₂ -emissies (2009)	46
Tabel 8: Aantal voertuigkilometers (vkm) per voertuigtype voor personenvervoer over de weg (2030)	52
Tabel 9: Aantal voertuigkilometers per voertuigtype voor zwaar goederenvervoer over de weg (2030)	52
Tabel 10: Aantal voertuigkilometers per voertuigtype voor goederenvervoer per bestelwagen over de weg (2030)	53
Tabel 11: Aantal voertuigkilometers per voertuigtype voor personenvervoer per bus (2030)	53
Tabel 12: Aantal bruto tonkilometers per type locomotief (2030)	54
Tabel 13: Emissiefactoren personenwagens in g CO ₂ per voertuigkilometer (2030)	54
Tabel 14: Emissiefactoren zware vrachtwagens in g CO ₂ per voertuigkilometer (2030)	55
Tabel 15: Emissiefactoren lichte vrachtwagens in g CO ₂ per voertuigkilometer (2030)	55
Tabel 16: Emissiefactoren bussen in g CO ₂ per voertuigkilometer (2030)	55
Tabel 17: Emissiefactoren treinen in g CO ₂ per bruto tonkilometer (2030)	56
Tabel 18: Evolutie emissiefactoren gerelateerd aan productie en transport van energiedragers in de transportsector in België (in g per MJ)	57
Tabel 19: Overzicht centrales en WKK in samenwerking met elektriciteitsproducent (2011)	59
Tabel 20: Elektriciteitsproductie in 2030 op basis van aannames referentiescenario (in PJ)	60
Tabel 21: Reductieniveaus warmtevraag	69
Tabel 22: Reductieniveaus warmtevraag: investeringskost per wooneenheid (incl. plaatsing, excl. BTW)	70
Tabel 23: Reductieniveaus warmtevraag: besparing op finaal verbruik voor verwarming en SWW door renovatie per woningcategorie (1.799 graaddagen)	71
Tabel 24: Energieprijzen residentiële sector (2030)	72
Tabel 25: Reductieniveaus warmtevraag: kost per ton CO ₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030	72
Tabel 26: Technische en economische eigenschappen van efficiënte en/of hernieuwbare warmte opwekking	74
Tabel 27: Efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingstechnieken: kost per ton CO ₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030, inclusief vraagreducerende maatregelen	75
Tabel 28: Energieprijzen tertiaire sector (2030)	79
Tabel 29: Reductieniveaus warmtevraag: kost per ton CO ₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030	80
Tabel 30: Efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingstechnieken: kost per ton CO ₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030, inclusief vraagreducerende maatregelen	82
Tabel 31: Overzicht WKK-installaties industrie Gent (dd. 28/09/2012)	88
Tabel 32: Referentierementen voor toepassing van voorwaarden kwalitatieve WKK	89
Tabel 33: Hoeveelheid ruimte nodig voor 7 PJ houtgerige biomassa	90
Tabel 34: Ketel schone houtchips (2 MWth)	90
Tabel 35: WKK turbine op vaste biomassa (5 MWe)	91

Tabel 36: Energieprijzen industrie (2030)	91
Tabel 37: Vergasser houtenige biomassa (300 MWth)	92
Tabel 38: Hoeveelheid ruimte nodig voor 11 PJ houtenige biomassa	92
Tabel 39: Vergelijking kosten technologieën die kunnen ingezet worden voor vergroening energiemix industrie in Gent	99
Tabel 40: Overzicht CO ₂ -reductiepotentieel en terugverdientijd technische maatregelen binnenvaart	112
Tabel 41: Projectie kostprijs benzine, diesel, bioethanol, biodiesel (2030)	115
Tabel 42: Prijs per voertuigtype ten opzichte van benzine in 2030 onder “laag” en “hoog” PROLIBIC-scenario	118
Tabel 43: Gemiddelde schrappingsleeftijd	119
Tabel 44: Elektriciteitsverbruik bij personenwagens	119
Tabel 45: Brandstofverbruik bij personenwagens	119
Tabel 46: Kostprijs per liter of per kg voor diesel, benzine, LPG en aardgas (2030)	120
Tabel 47: Kostprijs per kilometer voor waterstof (2030)	120
Tabel 48: Reductie CO ₂ -emissies (scope1) in kton per jaar	124
Tabel 49: Reductie CO ₂ -emissies (scope 1+2) in kton per jaar	125
Tabel 50: Totale kostprijs per jaar van de vervanging van auto's met een hogere CO ₂ -uitstoot (“laag” PROLIBIC scenario)	127
Tabel 51: Totale kostprijs per jaar van de vervanging van auto's met een hogere CO ₂ -uitstoot (“hoog” PROLIBIC scenario)	129
Tabel 52: Kosteneffectiviteit van de verschillende opties (“laag” PROLIBIC scenario)	131
Tabel 53: Kosteneffectiviteit van de verschillende opties (“hoog” PROLIBIC scenario)	132
Tabel 54: Implementatiegraad voertuigtechnologieën (in % voertuigkilometers personenauto's)	135
Tabel 55: Parameters en eenheidskosten biomassacentrale en STEG (10 MWe)	136
Tabel 56: Overzicht geïnstalleerde en bijkomende capaciteit en inschatting stroomproductie op basis van 1.600 vollasturen per jaar	138
Tabel 57: Parameters voor grootschalige windturbines (2 MWe)	138
Tabel 58: Parameters kleinschalige windturbines (5 kWe)	140
Tabel 59: Vergelijking maximaal PV scenario en gemengd systeem naar vermogen en productie	141
Tabel 60: Potentieel optimaal georiënteerd PV (gemengd systeem) per sector	141
Tabel 61: Parameters voor PV	142
Tabel 62: Parameters enhanced geothermal systems (11 MWe)	143
Tabel 63: Elektriciteitsproductie in 2030 op basis van (in PJ)	143
Tabel 64: Vraag naar biomassa indien maatregel voor 100% van zijn ingeschat potentieel wordt ingezet	147
Tabel 65: Potentieel biogas en biomethaan uitgaande van lokale GFT-stromen	147
Tabel 66: Inschatting van hoeveelheid bermmaaisel, kuilgras, GFT en kuilmaïs er nodig is om aan vraag van 16 PJ biomethaan te voldoen	148
Tabel 67: Hoeveelheid biogas per ton bermmaaisel, kuilgras, GFT en kuilmaïs	148
Tabel 68: Overzicht per sector van de jaarlijkse impact, jaarlijkse kosten en kosten per ton CO ₂ -reductie van de bijkomende maatregelen	150
Tabel 69: Overzicht maatregelen die werden meegenomen in berekening maximale reductie CO ₂	159
Tabel 70: Overzicht CO ₂ -reductie per jaar en kost per ton CO ₂ -reductie voor bijkomende maatregelen in CO ₂ -kostencurve	164
Tabel 71: Beoordelingskader voor de Multi-Criteria Analyse (MCA)	170
Tabel 72: Overzicht van de MCA voor alle maatregelen, zonder wegingsfactor	173
Tabel 73: Overzicht van de MCA maatregelen voor de residentiële sector, zonder rekening te houden met kosteneffectiviteit	178

Tabel 74: Overzicht van de MCA maatregelen voor de tertiaire sector, zonder rekening te houden met kosteneffectiviteit	183
Tabel 75: Overzicht van de MCA maatregelen voor de transport sector	187
Tabel 76: Overzicht van de MCA voor alle maatregelen, gesorteerd volgens haalbare timing maar exclusief effect van timing (kolom "tijd")	191
Tabel 77: Mogelijke barrières per doelgroep die de inzet van energiebesparende maatregelen kunnen verhinderen	196
Tabel 78: Eigenschappen van verschillende datatrajecten	240
Tabel 79: Beoordelingskader voor de verschillende criteria	240
Tabel 80: Evaluatie van de essentiële datatekorten	243
Tabel 81: Ketels schone houtchips en opgeschoonde houtchips	273
Tabel 82: Roosterverbranding stookhout (incl. multicycloon)	273
Tabel 83: WKK turbine op vaste biomassa	274

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Incrementele en radicale verandering	15
Figuur 2: Industriële sectoren en hun NACE Rev. 1 codes en NACE Rev. 2 codes, gelding vanaf 2008	18
Figuur 3: Algemeen denkkader stappenplan CO ₂ -neutrale stad	21
Figuur 4: Bijkomende CO ₂ -reductie ten opzichte van referentiescenario	23
Figuur 5: Beoordelingskader gebruikt in deze studie-opdracht	26
Figuur 6: Voorbeeld berekening totaalscores	26
Figuur 7: Stappenplan datatrajecten	27
Figuur 8: Karakterisatie Gentse woningpark 2009	31
Figuur 9: Aandeel woningcategorieën in totaal energieverbruik 2009 - Luik Verwarming en SWW	32
Figuur 10: Evolutie aantal wooneenheden 2009-2030	33
Figuur 11: Referentiescenario finaal energieverbruik residentiële sector (2009-2030) (2009: werkelijke graaddagen 1.825 – 2030: 1.799 graaddagen)	36
Figuur 12: Referentiescenario CO ₂ -emissies (scope 1) residentiële sector (2009-2030)	38
Figuur 13: Referentiescenario CO ₂ -emissies (scope 2) residentiële sector (2009-2030)	38
Figuur 14: Ingeschatte evolutie m ² BVO per subsector tussen 2009-2030	41
Figuur 15: Referentiescenario finaal energieverbruik tertiaire sector (2009-2030) (2009: werkelijke graaddagen 1.825 – 2030: 1.799 graaddagen)	44
Figuur 16: Referentiescenario CO ₂ emissies (scope 1) tertiaire sector (2009-2030)	45
Figuur 17: Referentiescenario CO ₂ emissies (scope 2) tertiaire sector (2009-2030)	45
Figuur 18: Referentiescenario finaal energieverbruik industrie (2009 – 2030) – inclusief ijzer & staal	48
Figuur 19: Referentiescenario finaal energieverbruik industrie (2009 – 2030) – exclusief ijzer & staal	48
Figuur 20: Effectiviteit convenanten in Nederland	49
Figuur 21: Referentiescenario CO ₂ -emissies industrie, met zoom op scope 1 emissies niet-ETS bedrijven (2009 – 2030)	50
Figuur 22: Referentiescenario CO ₂ -emissies transport (2009 – 2030)	58
Figuur 23: Elektriciteitsverbruik per sector in het referentiescenario 2030 (in PJ)	61
Figuur 24: Vergelijking totale CO ₂ -emissies 2009 en referentiescenario 2030 per sector – incl. ijzer & staal	64
Figuur 25: Vergelijking totale CO ₂ -emissies 2009 en referentiescenario 2030 per sector – excl. ijzer & staal	65
Figuur 26: Vergelijking totale CO ₂ -emissies 2009 en referentiescenario 2030 per sector – excl. ijzer & staal en lokale energieproductie	66
Figuur 27: Aandeel sectoren in totale CO ₂ -emissies referentiescenario 2030 – excl. ijzer & staal en lokale energieproductie	67
Figuur 28: Impact op CO ₂ -emissies residentiële sector (scope 1 en 2) door inzet van de maatregelen volgens technisch potentieel (% wooneenheden). Impact maatregelen m.b.t. efficiëntie en hernieuwbare energie is niet cumulatief	77
Figuur 29: Impact op CO ₂ -emissies tertiaire sector (scope 1 en 2) door inzet van de maatregelen volgens technisch potentieel (% BVO). Impact maatregelen m.b.t. efficiëntie en hernieuwbare energie is niet cumulatief	84
Figuur 30: Energieverbruik referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen (in PJ)	86
Figuur 31: CO ₂ -uitstoot referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen (in kton)	86
Figuur 32: Energieverbruik referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen - excl. ijzer & staal sector (in PJ)	87

Figuur 33: CO ₂ -uitstoot referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen - excl. ijzer & staal sector (in kton) _____	87
Figuur 34: Impact vergroening energiemix op energieverbruik na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in PJ) – incl. ijzer en staal sector _____	94
Figuur 35: Impact vergroening energiemix op energieverbruik na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in PJ) – excl. ijzer en staal sector _____	95
Figuur 36: Impact vergroening energiemix op CO ₂ -emissies, na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in kton) - incl. ijzer en staal sector _____	97
Figuur 37: Impact vergroening energiemix op CO ₂ -emissies, na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in kton) – excl. Ijzer en staal sector _____	98
Figuur 38: Bedrijven in Gentse Kanaalzone met potentieel voor industriële symbiose _____	101
Figuur 39: CO ₂ -emissies referentiescenario en ná technische maatregelen, modal shift naar de fiets voor personenvervoer over de weg _____	134
Figuur 40: Impact CO ₂ -emissies centrale productie elektriciteit en warmte na vergroening brandstofmix _____	137
Figuur 41: Investerings-baten ratio (na 15 jaar productie) van verschillende types kleine windturbines ten opzichte van grote windturbines en PV (in € per kWh) _____	139
Figuur 42: Principe van Hot-dry-rock heat mining system _____	142
Figuur 43: Schema mechanisch-biologische scheiding IOK-IVAREM (Geel) _____	145
Figuur 44: Scenario's verwerking HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval _____	146
Figuur 45: CO ₂ -emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen met maximaal CO ₂ -reductiepotentieel _____	160
Figuur 46: CO ₂ -emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen met maximaal CO ₂ -reductiepotentieel - excl. lokale energieproductie en ijzer&staal _____	161
Figuur 47: CO ₂ -kostencurve (x-as= kton CO ₂ -reductie per jaar i.e. scope 1 & 2; Y-as= € per ton CO ₂ -reductie) _____	163
Figuur 48: CO ₂ -emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen op basis van kosteneffectiviteit _____	166
Figuur 49: CO ₂ -emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen op basis van kosteneffectiviteit - excl. ijzer & staal en lokale energieproductie _____	167
Figuur 50: Afstemming tussen de criteria van de MCA en de 4 P's _____	169
Figuur 51: Overzicht van de resultaten van de MCA voor maatregelen binnen de sector energie (boven inclusief en onder exclusief kosteneffectiviteit) _____	174
Figuur 52: Overzicht van de resultaten van de MCA voor maatregelen binnen de sector industrie (boven inclusief en onder exclusief kosteneffectiviteit) _____	176
Figuur 53: MCA voor renovatie van woningen gebouwd voor 1900 _____	179
Figuur 54: MCA voor maatregelen met betrekking tot lage energie renovatie en meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen en PV (bovenaan inclusief en onderaan exclusief kosteneffectiviteit) _____	180
Figuur 55: MCA voor maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen en PV (boven: excl. kosteneffectiviteit; onder: met kosteneffectiviteit) _____	181
Figuur 56: MCA voor lage energie renovatie voor verschillende subsectoren en maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen in de tertiaire sector (inclusief en exclusief kosteneffectiviteit) _____	184
Figuur 57: MCA voor zeer lage energie renovatie voor verschillende subsectoren in de tertiaire sector (excl. kosteneffectiviteit) _____	185
Figuur 58: MCA voor maatregelen transport sector (boven inclusief en onder exclusief kosteneffectiviteit) _____	187
Figuur 59: Evolutie productie groene warmte in Vlaanderen (2005 – 2010) _____	194

Figuur 60: Tapijt geïnspireerd op de bodem van een bos (2002). Project partners: David Oakey Designs, InterfaceFLOR. © Biomimicry 3.8	206
Figuur 61: De LightCatcher van EcoNation © EcoNation werd genomineerd voor “Zayed Future Energy Prize” en EEP-award 2012	207
Figuur 62: Een broeikas voor productie van versgoed bovenop een supermarkt. © BrightFarm	208
Figuur 63: Stadslandbouw in Detroit. © jessicawinderl.com	209
Figuur 64: Een weergave van een “Contour Crafting” systeem ontworpen door ingenieur Behrokh Khoshnevis en collega’s van de University of Southern California. © Behrokh Khoshnevis.	210
Figuur 65: Permacultuurtuin van het Samenland CSA (community supported agriculture) initiatief aan Kasteel Nieuwenhoven in Sint-Truiden © permacultuur.eu	211
Figuur 66: Combinatie van een groendak en zonnepanelen. © ArchiexpO	214
Figuur 67: Groene parkeerplaatsen in Michigan © SWMPC en een kunstwerk waarin wegen en trottoirs in Tokyo uit gras bestaan © Ryo Taguchi, Yuichiro Imamura en Imakawa	214
Figuur 68: Västra Hamnen in Malmö. © Arlene Birt MEDEA Collaborative Media Initiative artist-in-residence	215
Figuur 69: Atlanta’s BeltLine transit netwerk ontworpen door Perkins & Will © Atlanta BeltLine Inc	216
Figuur 70: Een onderdeel van de low tech koelkast. © Jihyun Ryou	218
Figuur 71: Een bubbelvormig auto concept van ontwerper Ross Lovegrove. © Lovegrove	218
Figuur 72: Een ontwerpplan voor Chengdu Tianfu door Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. © Adrian Smith + Gordon Gill Architecture	219
Figuur 73: Greenville Liberty Bridge at Falls Park in Greenville, South Carolina, VS	220
Figuur 74: Links het dak van het nieuw treinstation en rechts een ondergronds platform © Abalos-Sentkiewicz Arquitectos	220
Figuur 75: Mattapan Mobile Farmstand. © BR+A+CE	221
Figuur 76: Een beeld van het Australisch High Speed Vehicle (A-HSV) concept aan de linkerzijde © Hassell Studios en een illustratie van de hyperloop aan de rechterzijde © Tesla	221
Figuur 77: Tesla’s supercharger laadstation © Tesla	222
Figuur 78: Een weergave van de Sanya Skypump © Cespa, de Puya © Honda en de Eggasus © eggasus	223
Figuur 79: Een weergave van een emissievrije waterbus © Aquawatt	223
Figuur 80: Een schematische weergave van een slim netwerk of smart grid	225
Figuur 81: Image X: CSP kan op verschillende wijzen toegepast worden. Deze afbeelding geeft een power tower systeem weer © solarPACES	226
Figuur 82: Links een foto van Vibro-wind © Cornell University en rechts een afbeelding van een micro turbine AeroCam © Broadstar	227
Figuur 83: Het FLOWE wind farm design © The Caltech Field Laboratory for Optimized Wind Energy	227
Figuur 84: Zonneschermen van algen rond het BIQ gebouw © Spitterwerk Architects	229
Figuur 85: Concept van ECP uit de ECP project brochure	229
Figuur 86: Aanleg van een zonnepaneelcollector in Toddington, UK © ICAX	231
Figuur 87: Proefwoning in de woonwijk “De Kroeven” in het Nederlandse Roosendaal. De renovatie van van F/G naar A++ woningen neemt slechts vijf dagen in beslag dankzij de doorgedreven ketensamenwerking tussen alle partners (meer info in brochure passief renoveren De Kroeven Roosendaal)	232
Figuur 88: Beslissingsboom datatraject	242
Figuur 89: SWOT scenario 2030 - incrementele verandering	259
Figuur 90: SWOT visionair scenario - radicale verandering	260

LIJST VAN AFKORTINGEN

ACCL	Abatement Cost curve Light
A-HSV	Australian High Speed Vehicle
BBT	Beste Beschikbare Technieken
BEV	volledig elektrische voertuigen op batterijen
BNG	Bruto Nationaal Geluk
BNP	Bruto Nationaal Product
BTW	Belastingen over de Toegevoegde Waarde
BVO	bruto vloeroppervlakte
C2C	cradle-to-cradle
CCS	carbon capture and storage
CE	circulaire economie
CH ₄	methaan
CNG	compressed natural gas
CO ₂	koolstofdioxide
CO ₂ -eq	koolstofdioxide equivalenten
COP	coefficient of performance
CSP	concentrating solar power
CZV	chemisch zuurstofverbruik
DIES	diesel (met toevoeging van 5 % biodiesel tegen 2030)
DIESHYBRCS	hybride voertuigen met diesel
DIESPHEV	plug-in hybride voertuigen met diesel
EC	Europese Commissie
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EF	emissiefactor
EG	Europese Gemeenschap
EPC	energieprestatie certificaat
ETS	Emission Trading System
EU	Europese Unie
GAS	benzine (met toevoeging van 5% bioethanol tegen 2030)
GASHYBRCS	hybride voertuigen met benzine
GASPHEV	plug-in hybride voertuigen met benzine
GJ	gigajoule
GWh	gigawatt uur
H2FUELCELL	waterstof met brandstofcellen
H2ICE	waterstof in verbrandingsmotor
HVAC	verwarming, ventilatie en koeling (heating, ventilation, air conditioning)
IEA	Internationaal Energie Agentschap
IMO	International Maritime Organisation
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km	kilometer
kWe	kilowatt elektrisch
LPG	liquified petroleum gas
MBC	microbiële brandstofcellen
MCA	multi-criteria analyse
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MIRA	Milieurapport
MJA	meerjarenafspraken
MKM	Milieukostenmodel

MWe	megawatt elektrisch
MWth	megawatt thermisch
N	stikstof
N ₂ O	lachgas
NACE	Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne
NMBS	Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen
NO _x	stikstofoxide
NRDC	Natural Resources Defense Council
NZEB	nearly zero energy buildings
OPS	Onshore Power Supply
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
P+R	park and ride
PJ	petajoule
PV	fotovoltaïsche panelen
RDF	Refused Derived Fuel
REF	referentiescenario
REG	rationeel energiegebruik
RFID	Radio frequency identification
R-O	Ruimtelijke Ordening
RUP	Ruimtelijk uitvoeringsplan
RWO	Ruimtelijke Ordening, Woonbeleid en Onroerend Erfgoed
RWZI	rioolwaterzuiveringsinstallatie
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
SPE	Samenwerkende vennootschap voor Productie van Electriciteit
SPF	seasonal performance factor
STEG	stoom- en gasturbine
SWW	sanitair warm water
TJ	terrajoule
tkm	tonkilometer
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
UNFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USA	United States of America
USD	US Dollar
VEA	Vlaams Energie Agentschap
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
vkm	voertuigkilometer
VLAREA	Vlaams Reglement voor Afvalvoorkoming en -beheer
VOKA	Vlaams Netwerk van Ondernemingen
VREG	Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt
VS	Verenigde Staten
WKK	warmtekrachtkoppeling
WP	warmtepomp
WPCI	World Ports Climate Initiative
WTW	warmteterugwinning

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

1.1. ACHTERGROND

Gent streeft ernaar om tegen 2050 een CO₂ neutrale stad te worden. Deze ambitie werd vooropgesteld in het Bestuursakkoord 2007 – 2012 en krijgt sindsdien concreet vorm in het energie- en klimaatbeleid dat Gent voert.

Het **Lokaal Klimaatplan 2008-2020** stelt ambitieuze doelstellingen voorop om het energieverbruik en de CO₂-uitstoot van het eigen stadsbestuur en de stad Gent tegen 2020 te reduceren. Met de ondertekening van het **Burgemeestersconvenant** en de **Klimaatverklaring Eurocities** erkent Gent haar rol als stad in de strijd tegen klimaatverandering en wordt een CO₂-reductie vooropgesteld die verder gaat dan de Europese doelstelling van 20% tegen 2020. Om de voortgang ten opzicht van deze doelstellingen beter te kunnen opvolgen, liet de Stad Gent in 2009 - 2010 een CO₂-nulmeting uitvoeren voor de emissies van 2007. Deze CO₂-inventaris werd in de loop van 2012 geactualiseerd met emissies voor 2009.

Ondertussen bereidt Gent zich voor op de opmaak van een ambitieus **klimaatplan 2013 - 2050** dat een **“roadmap”** moet zijn **naar CO₂-neutraliteit in 2050**. Deze ambitieuze doelstelling werd gevoed door een transitieproces: een arena van koplopers die op basis van de troeven van de stad een aanzet gaf tot een gewenst toekomstbeeld 2050, gestoeld op principes die fundamenteel geacht worden voor echte duurzame ontwikkeling. De arena ontwikkelde, in navolging van dit gewenst toekomstbeeld, een 20-tal belangrijke strategieën of “transitiepaden” die de basis vormen voor concrete acties in klimaatwerkgroepen. Wanneer deze klimaatwerkgroepen resulteren in elkaar versterkende en aanvullende acties, zal een “klimaatverbond” ontstaan, waarin de diverse actoren samen de transitie agenda opmaken en invullen, met een gedeeld gewenst toekomstbeeld voor ogen.

1.2. DOEL

Met voorliggende studieopdracht ambieert de Stad Gent een **“abatement cost curve light”** (ACCL). Deze curve moet het mogelijk maken om de kosten en het CO₂ reductiepotentieel te evalueren van pakketten van maatregelen die tot CO₂-neutraliteit of een CO₂-reductie van 80% (EU-doelstelling) kunnen leiden. Bij de formulering van de pakketten van maatregelen moet ondermeer:

- afgestemd worden op de prioritaire transitiepaden van de transitie-arena.
- rekening gehouden worden met het verschil in termijn waarbinnen pakketten van maatregelen investeringen vereisen en effectief CO₂ reductie realiseren.
- een evenwichtige mix nagestreefd worden in functie van de draagkracht van elke legislatuur.

Bij de evaluatie van pakketten van maatregelen worden **niet alleen economische criteria** getoetst maar ook de principes van de trias energetica, duurzaamheidscriteria (“people, profit/prosperity, planet”), niveau en tijdstip van inspraak (“policy”).

Voor de opmaak van de ACCL wordt een **spreadsheet** ontwikkeld. Deze spreadsheet moet voldoende flexibiliteit toelaten voor de Stad om zelf andere of varianten van pakketten van maatregelen door te rekenen. Deze spreadsheet moet het niet alleen mogelijk maken om doorrekeningen te doen maar ook om pakketten van maatregelen te evalueren op basis van voornoemde criteria.

De Stad Gent wil met deze studieopdracht ook de **datatrajecten** in kaart brengen om betere en meer gedetailleerde datasets te bekomen. Op die manier kan Gent de ACCL gefaseerd uitbouwen naar een volwaardige “abatement cost curve” (ACC). De datatrajecten gaan uit van de essentiële datatekorten die werden aangegeven in de haalbaarheidsstudie voor de opmaak van een “abatement cost curve” op maat van Gent (Tritel, 2011).

“Light” verwijst naar het instrument dat we ontwikkelen en waarin we niet alleen kosten en effecten van maatregelen afwegen maar ook andere criteria.

“Light” verwijst ook naar leemtes in kennis over toekomstige CO₂-uitstoot en reductiepotentieel. Het gaat hier om leemtes in kennis die relevant zijn gegeven het toekomstperspectief 2050 en de doelstelling van CO₂-neutraliteit. We hebben geen glazen bol dus er zijn grenzen aan het niveau van betrouwbaarheid dat we kunnen realiseren.

1.3. INCREMENTELE EN RADICALE VERANDERING

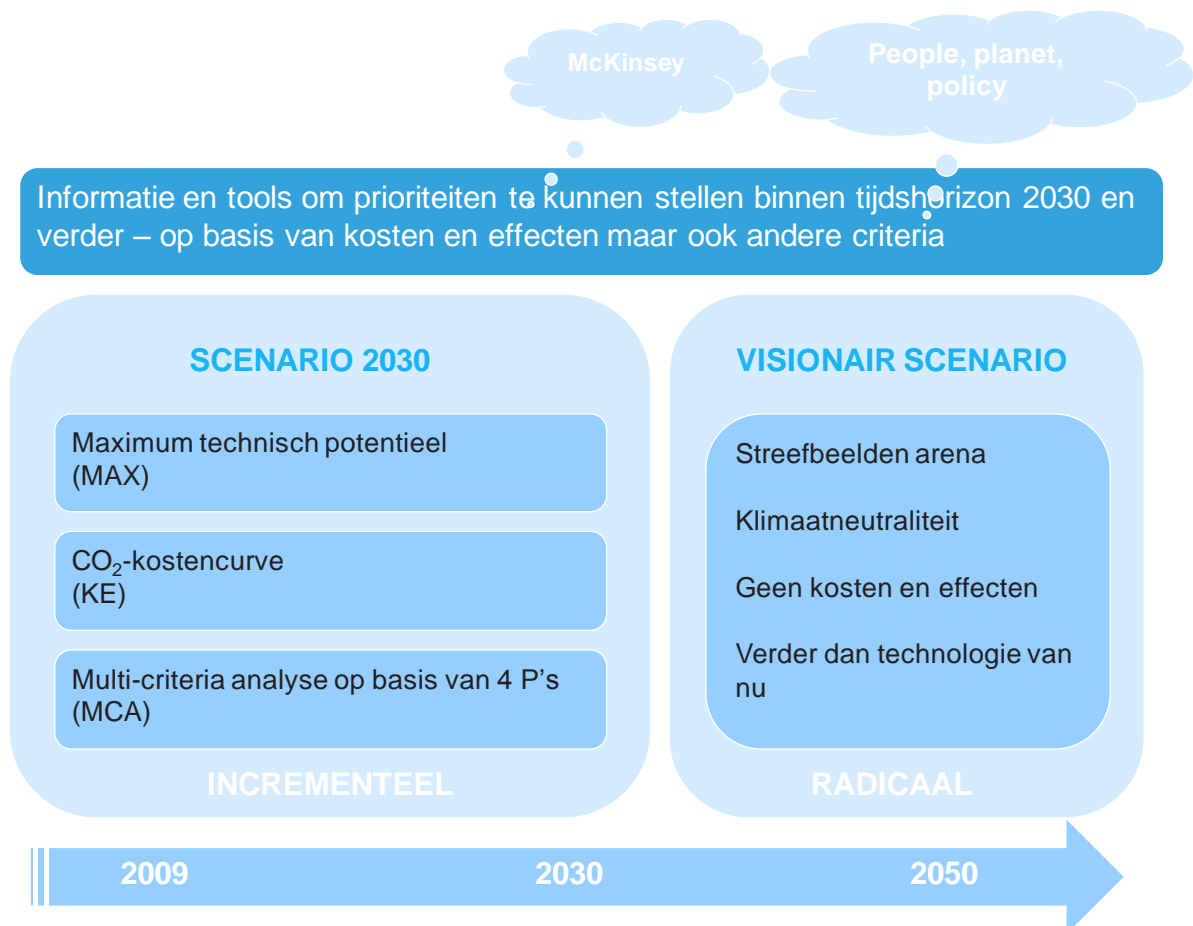
Om vernieuwing in functie van CO₂-neutraliteit te stimuleren op korte en middellange termijn (tijdshorizon tot 2030) is een economisch waarderingskader zoals een kostencurve een waardevol instrument. Een kostencurve laat toe om de kosten en baten van verschillende maatregelen in te schatten en af te wegen voor één doelstelling tegelijkertijd. Het is (één van de) instrument(en) om beleidskeuzen te informeren en onderbouwen; de (helling van de) kostencurve geeft aan waar de “quick wins” zitten (i.e. vergaande reductie tegen negatieve of beperkte kost per eenheid reductie) en is instrumenteel voor het stellen van prioriteiten, zowel tussen maatregelen binnen één sector als tussen sectoren.

Echter, naast voornoemde voordelen, heeft een kostencurve ook een aantal nadelen. Een kostencurve weegt alleen maar kosten en effecten van maatregelen af en stelt hierbij één doelstelling tegelijkertijd voorop (bv. reductie van CO₂). Deze afweging gebeurt op één moment in de tijd en zegt niets over de periode ervoor of erna. Een kostencurve is geen investeringsanalyse of cash flow berekening en doet geen uitspraak over de betaalbaarheid van maatregelen. De inschatting van de kosten en effecten is functie van de beschikbaarheid en de betrouwbaarheid van de gegevensbronnen maar ook van de aannames die gemaakt worden over bv. discontovoet, levensduur, referentiescenario. Om een maatregel te kunnen opnemen in een kostencurve, moeten (toekomstige) kosten en effecten ingeschat kunnen worden. Deze dataverste heeft tot gevolg dat in een kostencurve voornamelijk commercieel beschikbare, technische maatregelen opgenomen worden en in mindere mate gedragsmaatregelen en technische maatregelen die zich in een vroeg stadium van R&D bevinden.

Om aan (een deel van) voornoemde beperkingen tegemoet te komen, nemen we ook andere criteria dan kosteneffectiviteit mee in de beoordeling van de maatregelen. Aan de hand van een multicriteria-analyse beoordelen we, per sector, de maatregelen die binnen de tijdshorizon 2013 - 2030 kunnen ingezet worden in de transitie naar een CO₂-neutrale stad. Naar analogie met de CO₂-kostencurve, ligt de focus op maatregelen die technologisch haalbaar zijn tegen 2030 en waarvan de kosten en het CO₂-reductiepotentieel kunnen ingeschat worden. Echter, bij de beoordeling van

de maatregelen houden we niet alleen rekening met de rangschikking van de maatregelen in de CO₂-kostencurve maar ook met andere criteria die gebaseerd zijn op de 4 P's "people, planet, prosperity, policy". Daarnaast houden we bij de beoordeling ook rekening met niet-technologische hindernissen en afwegingen die de ontwikkeling, verspreiding en implementatie van technologische innovaties kunnen doen slagen of falen.

De CO₂-kostencurve en multicriteria-analyse gaan uit van het systeem zoals het nu is en geven maar een beperkt beeld over hoe het systeem zou kunnen zijn. In termen van vernieuwing wil dit zeggen dat zij focussen op incrementele verandering. Ze sluiten een aantal interessante pistes en opties uit zoals verrassende nieuwe doorbraken op vlak van technologie en sociale innovatie. Vanuit het transitiedenken kan men zeggen dat er een gevaar schuilt van lock-in. Om deze tekortkoming op te vangen ontwikkelen we tevens een visionair scenario dat focust op fundamentele verandering (tijdshorizon tot 2050). Dit scenario is bijgevolg niet gebonden aan incrementele (becijferbare) innovaties. Het visionair scenario kijkt vanuit systeemperspectief naar radicale innovaties en omvat zowel technologische doorbraken als shifts in bestaande paradigma's op vlak van cultuur, praktijk en structuur.



Figuur 1: Incrementele en radicale verandering

1.4. LEESWIJZER

In **hoofdstuk 2** bakenen we het studiedomein af. We maken een evenwichtige afweging tussen de informatie en kennis die de Stad Gent uit deze studie opdracht wenst te halen en het detailniveau dat haalbaar is binnen deze studie opdracht. We stemmen maximaal af met de scope van de CO₂-inventaris voor 2009.

In **hoofdstuk 3** beschrijven we de methodologie die we hanteren bij de opmaak van het scenario 2030 en het visionair scenario, de ontwikkeling van het beoordelingsinstrument en de uitwerking van toekomstige strategieën voor dataverzameling.

In **hoofdstuk 4** schatten we, per sector, het energieverbruik in voor 2030 en de gerelateerde CO₂-emissies. Hierbij gaan we uit van de CO₂-inventaris van 2009 voor de stad Gent en houden we rekening met de autonome evolutie van de CO₂-uitstoot en de impact van het beslist beleid op deze uitstoot.

In **hoofdstuk 5** geven we per sector een overzicht van maatregelen die tegen 2030 een bijkomende CO₂-reductie kunnen realiseren ten opzichte van het referentiescenario. We geven per maatregel een indicatie van het CO₂-reductiepotentieel en de kost per eenheid CO₂-reductie.

In **hoofdstuk 6** beschrijven we, per sector, de maatregelen die binnen de tijdshorizon 2013 - 2030 kunnen ingezet worden in de transitie naar een CO₂-neutrale stad. De focus ligt op de maatregelen die technologisch haalbaar zijn tegen 2030 en waarvan de kosten en het CO₂-reductiepotentieel kan ingeschat worden. Bij de beoordeling van de maatregelen houden we niet alleen rekening met het maximaal technisch potentieel, de rangschikking van de maatregelen in de CO₂-kostencurve maar ook met andere criteria die gebaseerd zijn op de 4 P's "people, planet, prosperity, policy".

In **hoofdstuk 7** geven we de Stad en de arena's een andere bril om naar het 2030 scenario te kijken. Het visionair scenario illustreert waar verregaande innovatie mogelijk is uitgaande van de thema's en begeleidende streefbeelden van de transitie arena. Waar mogelijk lichten we voorbeelden van potentieel radicale technologische en sociale innovatie toe. Het gaat in dit scenario eerder om het verbreden van de oplossingsportfolio zodanig dat deze verder reikt dan de technologische oplossingen die we vandaag al kennen.

In **hoofdstuk 8** identificeren we essentiële datatekorten. Naast het identificeren van nieuwe datatekorten, baseren we ons op de studie "Evaluatie van de haalbaarheid van de methodologie abatament cost curve op maat van Gent" (TRITEL, 2011). We onderwerpen de lijst van essentiële datatekorten aan een evaluatie en schrijven specifieke trajecten uit om de essentiële datatekorten in te vullen.

In **hoofdstuk 9** geven we een overzicht van de belangrijkste conclusies met betrekking tot beleid, methodologisch kader en datatrajecten.

HOOFDSTUK 2. ABAKENING STUDIEDOMEIN

Bij de afbakening van het studiedomein maken we een evenwichtige afweging tussen de informatie en kennis die de Stad Gent uit deze studie opdracht wenst te halen en het detailniveau dat haalbaar is binnen deze studie opdracht. Focus van voorliggende studie opdracht is om (pakketten van) maatregelen te inventariseren en te evalueren die de onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen verhogen en de CO₂-uitstoot reduceren. We stemmen tevens maximaal af met de scope van de CO₂-inventaris voor 2009. Deze afstemming is onontbeerlijk als de Stad Gent haar voortgang ten opzichte van de CO₂-reductiedoelstelling(en) wil monitoren.

2.1. STEDELIJK GRONDGEBIED

De postcodes van de gemeentes waarmee we het studiedomein geografisch afbakenen, staan opgelijst in volgende tabel.

Tabel 1: Postcodes stad Gent

Postcode	Gemeente	Kaart
9000	Gent	I
9030	Mariakerke	IV
9031	Drongen	III
9032	Wondelgem	II
9040	Sint-Amandsberg	V
9041	Oostakker	VI
9042	Desteldonk	VII
9042	Mendonk	VIII
9042	Sint-Kruis-Winkel	IX
9050	Ledeberg	X
9050	Gentbrugge	XI
9051	Afsnee	XII
9051	Sint-Denijs-Westrem	XIII
9052	Zwijnaarde	XIV

Bron: www.gent.be; <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GentMap.svg>

2.2. EMISSIEBRONNEN

We bekijken de uitstoot van CO₂ gerelateerd aan het verbruik van fossiele brandstoffen. Binnen het stedelijk grondgebied Gent maken we een onderscheid tussen volgende bronnen van CO₂:

- industrie,
- lokale (of eigen) energieproductie,
- huishoudens,
- handel en diensten (tertiair),
- transport,
- landbouw.

Bovenstaande indeling van emissiebronnen komt overeen met de indeling van de CO₂-inventaris 2009. De gebouwen en vloot van de stedelijke organisatie maken deel uit van, respectievelijk, de sector handel en diensten en transport.

Industrie en energieproductie omvatten zowel ETS- als niet-ETS bedrijven. Binnen de sector industrie maken we een onderscheid tussen verschillende subsectoren. Deze indeling in subsectoren stemt overeen met de indeling van de Energiebalans Vlaanderen, zoals weergegeven in volgende figuur.

Industriële sector	NACE code (Rev.1)	NACE 2008
IJzer- en staalnijverheid	27.1; 27.2; 27.3; 27.51; 27.52	24.1; 24.2; 24.3; 24.51; 24.52
Non-ferro	27.4; 27.53; 27.54	24.4; 24.53; 24.54
Chemie	24	20; 21
Voeding, dranken en tabak	15; 16	10; 11; 12
Papier en uitgeverijen	21; 22	17; 18
Minerale niet-metaalproducten	14, 26	07; 08; 09.9; 23
Metaalverwerkende nijverheid	28; 29; 30, 31; 32; 33; 34; 35	29; 30; 33.15; 33.16; 33.17; 25; 26 (excl. 26.5; 26.6 ; 26.7); 27; 28; 33.11-33.14; 33.2
Textiel, leder en kleding	17; 18; 19	13; 14; 15
Andere industrieën	20; 25; 36; 37; 45	16; 41.2; 42; 43; 22; 26.5; 26.6; 26.7; 31; 32; 33.19; 38.3

Figuur 2: Industriële sectoren en hun NACE Rev. 1 codes en NACE Rev. 2 codes, gelding vanaf 2008

Bron: Aernouts et al. (2009)

Transport omvat wegverkeer (personenwagens, lichte en zware vrachtwagens, incl. stedelijke vloot) en openbaar vervoer (bus, tram, trein). Binnen deze studieopdracht nemen we eveneens de CO₂-uitstoot mee van de scheepvaart (zee- en binnenvaart).

Handel en diensten omvat welzijn, onderwijs, kantoren en administraties, overige diensten en openbare verlichting.

Landbouw omvat enkel de energiegerelateerde emissiebronnen. De broeikasgasemissies als gevolg van verteringsprocessen van dieren, mestopslag, -bewerking en -verwerking maken geen onderdeel uit van deze studie-opdracht.

De verandering van de koolstofvoorraad in landbouwbodems, natuur, bossen (sinks) wordt niet bekeken binnen deze studieopdracht, aangezien het (potentieel) beschikbare oppervlakte beperkt is.

In de CO₂-inventaris voor 2009 worden eveneens de CH₄ en N₂O-emissies van afvalwaterzuivering in kaart gebracht. Aangezien deze emissies een beperkt aandeel in de totale CO₂-uitstoot van Gent vertegenwoordigen (3 kton CO₂eq in 2009 of 0,03%), worden binnen deze studieopdracht geen (pakketten van) maatregelen gedefinieerd.

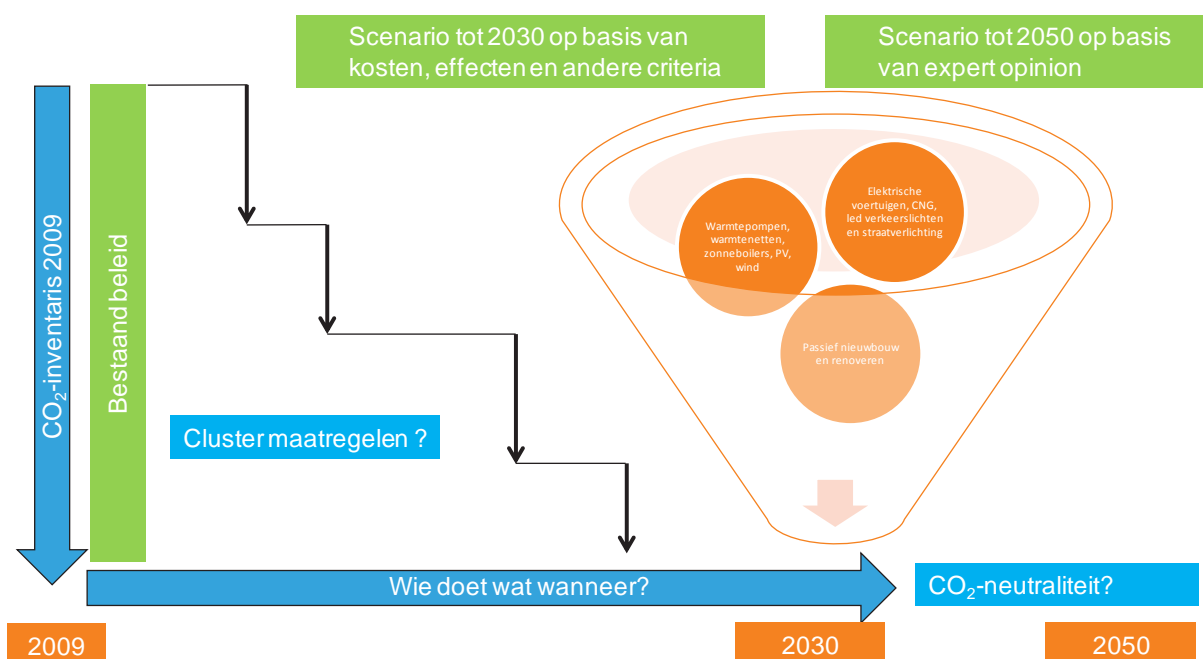
2.3. DIRECTE EN INDIRECTE EMISSIES

Het gaat hier zowel om scope 1 als scope 2 emissies. Scope 3 emissies worden niet meegenomen binnen deze studieopdracht.

- Scope 1: directe emissies uit bronnen die zich op het stedelijk grondgebied Gent bevinden;
- Scope 2: indirecte emissies tengevolge van het verbruik van aangekochte elektriciteit, warmte/koude en stoom op het grondgebied Gent;
- Scope 3: andere indirecte emissies gerelateerd aan, bijvoorbeeld, verwerking van stedelijk afval, productie en levering van goederen en diensten die op het stedelijk grondgebied gebruikt of toegepast worden.

HOOFDSTUK 3. METHODOLOGIE

We beschrijven de methodologie die we hanteren bij de opmaak van de scenario's, de ontwikkeling van het beoordelingsinstrument en de uitwerking van toekomstige strategieën voor dataverzameling.

3.1. STAPPENPLAN CO₂-NEUTRALE STAD

Figuur 3: Algemeen denkkader stappenplan CO₂-neutrale stad

We definiëren **twee scenario's** die aansluiten bij de ambitie van de Stad Gent om tegen 2050 CO₂-neutraal te worden.

In het eerste scenario (**tijdshorizon tot 2030**) beschrijven we per sector de maatregelen die binnen de tijdshorizon 2013 - 2030 kunnen ingezet worden in de transitie naar een CO₂-neutrale stad. Het gaat om maatregelen die de Stad bijkomend kan inzetten ten opzichte van het referentiescenario. Dit referentiescenario gaat uit van de meest recente CO₂-inventaris (van 2009) en brengt de impact van autonome evoluties en het bestaand energie- en klimaatbeleid in rekening voor de tijdshorizon 2009 – 2030. Bij de keuze van de bijkomende maatregelen houden we rekening met:

- het maximaal technisch reductiepotentieel;
- de rangschikking van de maatregelen in de CO₂-kostencurve;
- de score voor één of meerdere (gewogen) criteria uit het beoordelingsinstrument.

De kosten en CO₂-reductie kunnen voor dit scenario ingeschat worden.

In het tweede of het "visionair" scenario (**tijdshorizon tot 2050**) laten we het 2030 objectief deels los en verlengen we de tijdshorizon tot 2050. Dit verruimt het gezichtsveld en laat dus meer ruimte voor

strategische keuzes. Een tijdshorizon tot 2050 gaat samen met grote onzekerheden. Deze onzekerheden maken het onmogelijk om emissies en kosten op een onderbouwde manier te berekenen. Het “visionair” scenario zal dan ook eerder bestaan uit een beschrijving van “state-of-the-art” wetenschappelijke inzichten. Dit scenario combineert potentieel interessante technologische en niet-technologische maatregelen en inzichten, die we toespitsen op de ambitie van de Stad Gent om tegen 2050 CO₂-neutraal te zijn.

3.2. REFERENTIESCENARIO

Het referentiescenario gaat uit van de meest recente CO₂-inventaris (van 2009) en brengt de impact van autonome evoluties (exogeen), zoals bevolkingsgroei, economische groei, groei in toegevoegde waarde, aantal voertuigkilometers, en het bestaand (beslist) energie- en klimaatbeleid (Gent, Vlaanderen, België, EU) in rekening voor de tijdshorizon 2009 – 2030.

Het bestaand beleid gaat uit van wat nu (dd. 08/2012) beslist is en “wat niet meer kan teruggeschroefd worden”. Het betreft tevens beleid waaraan concrete maatregelen kunnen gekoppeld worden, zoals bijvoorbeeld E-peil, Euro-normen, bijna energieneutrale nieuwbouw (E30).

In het referentiescenario rekenen we noch reductiedoelstellingen noch flankerende maatregelen door. Door doelstellingen voorop te stellen (bv. CO₂-reductiedoelstelling van -20% tegen 2020), worden engagementen aangegaan. We kunnen veronderstellen dat deze engagementen gerealiseerd worden maar dit zegt niets over de maatregelen die ingezet worden om deze doelstellingen te halen. De keuze van maatregelen kan beïnvloed worden door verschillende criteria die niet altijd economisch van aard zijn. Flankerende maatregelen die de implementatie van het beleid of de realisatie van doelstellingen ondersteunen, zoals informatiecampagnes, premies (bv. REG-premies), convenanten (bv. benchmark- en audit covenant), hebben vaak een beperkte looptijd. De tijdshorizon van 2030 ligt bijgevolg te veraf om te veronderstellen dat deze maatregelen nog van kracht zullen zijn. Bovendien moeten we aannames maken over de effectiviteit van flankerende maatregelen (hoeveel Gentenaars worden bereikt en welke maatregel zullen zij vervolgens inzetten?) om de impact op het energieverbruik of de CO₂-uitstoot te kunnen inschatten.

3.3. CO₂-KOSTENCURVE

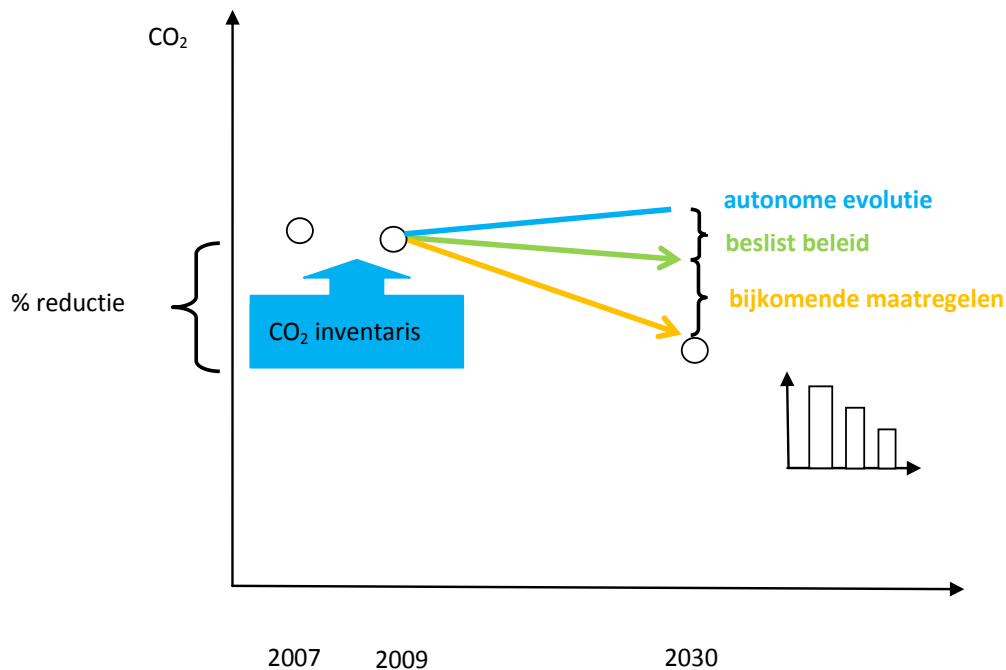
Een CO₂-kostencurve geeft grafisch weer tegen welke kost een bijkomende reductie van CO₂ kan gerealiseerd worden. Naarmate de reductie stijgt, nemen kosten toe omdat steeds duurdere maatregelen moeten ingezet worden om bijkomende reductie van CO₂-emissies te realiseren.

We maken een CO₂-kostencurve op voor één zichtjaar, namelijk 2030, uitgaande van het referentiescenario. Deze termijn laat toe om met voldoende toekomstperspectief en mate van betrouwbaarheid een inschatting te maken van de effecten en kosten van maatregelen die bijdragen tot CO₂ neutraliteit. Meerdere ACC's voor tussenliggende zichtjaren leveren niet noodzakelijk extra informatie op omwille van het tekort aan accurate data.

3.3.1. BEREKENING JAARLIJKE CO₂-REDUCTIE

In de CO₂-kostencurve worden maatregelen opgenomen die er rechtstreeks toe bijdragen dat de CO₂-uitstoot gereduceerd wordt door daling van het energieverbruik en/of de emissiefactor.

De bijkomende CO₂-reductie (X-as van de kostencurve) berekenen we ten opzichte van de CO₂-uitstoot in 2030 volgens het referentiescenario. In onderstaande figuur wordt dit schematisch weergegeven aan de hand van een fictief voorbeeld.



Figuur 4: Bijkomende CO₂-reductie ten opzichte van referentiescenario

Er kunnen interacties zijn tussen maatregelen binnen een bepaalde sector die een impact kunnen hebben op het CO₂-reductiepotentieel van de maatregelen.

Indien maatregelen niet samen kunnen ingezet worden omdat ze betrekking hebben op hetzelfde energieverbruik of dezelfde CO₂-uitstoot, moeten er op voorhand keuzes gemaakt worden over de inzet van deze maatregelen. Indien het gaat over één bron dan sluiten de maatregelen elkaar uit en moet er een keuze gemaakt worden welke maatregel doorgerekend wordt en welke niet. Indien het gaat over meerdere bronnen kunnen de maatregelen samen ingezet worden, maar de totale inzet van de maatregelen mag niet hoger zijn dan 100% of de maximale toepasbaarheid.

Voorbeeld: bestaande ketels op fossiele brandstof vervangen door wamtekrachtkoppeling (WKK) sluit de optie uit om dezelfde ketels te vervangen door ketels op biomassa. Indien er een vervangingspotentieel van 100% is, kan wel x% van de bestaande ketels op fossiele brandstoffen vervangen worden door WKK en y% omschakelen op biomassa, zolang $x\% + y\% \leq 100\%$.

Voorbeeld: maatregelen op perceelsniveau dragen bij tot de energie-onafhankelijkheid van de Gentenaar. Vandaar dat we eerst kijken naar maatregelen die mogelijk zijn op schaalniveau van de individuele woning (bv. isolatie, zonneboiler), vervolgens op niveau van een wijk (bv. warmtenet) en tenslotte op niveau van de stad/Vlaanderen (bv. windturbines, centrale op biomassa).

Indien meerdere maatregelen samen kunnen ingezet worden en elkaar niet uitsluiten, maken we een assumptie over de volgorde. We baseren ons op de principes van de “trias energetica”:

1. Verminder vraag naar energie;
2. Gebruik en productie van duurzame energie;
3. Efficiënt gebruik van fossiele brandstoffen.

Voorbeeld: isoleren van woningen voordat overgeschakeld wordt naar warmtepompen.

3.3.2. BEREKENING JAARLIJKSE KOST

We gaan uit van kosten van maatregelen die de verschillende sectoren kunnen inzetten om een effectieve reductie van het energieverbruik en de CO₂-uitstoot te realiseren. Kosten van beleidsmaatregelen of –instrumenten (zogenaamde reguleringskosten) nemen we niet mee want deze instrumenten dragen niet rechtstreeks bij tot de reductie van de CO₂-uitstoot. De kosten van de maatregelen waarvan de impact wordt doorgerekend in het referentiescenario zijn “sunk costs” of gemaakte kosten die je niet laat meespelen in de keuze van bijkomende maatregelen.

We nemen directe kosten van maatregelen mee: investeringskosten, operationele kosten en opbrengsten (bv. door besparing op brandstof- en/of elektriciteitsverbruik). We maken hierbij abstractie van subsidies, belastingen, transactie- en programmakosten, maar ook van partiële en algemene evenwichtseffecten op gerelateerde of afgeleide markten. We nemen geen externe kosten of baten mee. In de maatregelenfiches geven we wel een (kwalitatieve) indicatie van de “impact op andere milieucompartimenten” (cf. paragraaf 3.3) zodat dit eventueel als criterium kan meegenomen worden in de afweging tussen pakketten van maatregelen.

De totale jaarlijkse kost in 2030 omvat:

- de annuïteit van de investeringskost per maatregel (kapitaalkost), verrekend aan de levensduur van de maatregel en een (maatschappelijke) discontovoet van 4%;
- de jaarlijkse operationele kost;
- de jaarlijkse brandstofkost of –besparing.

De eenmalige investeringskosten (I_0) worden omgerekend naar een jaarlijkse kost (JK). De jaarlijkse kapitaalkost wordt berekend door de investeringsuitgave over de levensduur van de maatregel met een annuïteitenfactor te vermenigvuldigen. De som van de afschrijvingen en de rentekost worden als een constant bedrag over de levensduur van de maatregel beschouwd (Ochelen et al., 2007):

$$JK = I_0 \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Met:

JK = jaarlijkse kapitaalkost
 I_0 = eenmalig investeringsbedrag
 r = discontovoet in %
 n = levensduur in jaren

De jaarlijkse investeringskosten worden opgeteld bij de andere jaarlijkse kosten/opbrengsten (bv. operationele kosten). De jaarlijkse brandstofkost of –besparing als gevolg van, respectievelijk, een toename of besparing van het energieverbruik, is afhankelijk van de energiedrager en de sector die deze kosten draagt.

Ochelen et al. (2007) geven aan dat de maatschappelijke discontovoet typisch lager ligt dan de private discontovoet. Dit komt doordat de maatschappij als geheel meer belang hecht aan de toekomst dan individuele gezinnen en bedrijven. Het is immers logisch te veronderstellen dat de maatschappij meer rekening houdt met de belangen van toekomstige generaties. Wanneer er een te hoge discontovoet wordt gekozen, wordt de actuele waarde van de milieubaten voor toekomstige generaties (bijvoorbeeld door de bestrijding van het broeikas-effect) verwaarloosbaar klein. Ochelen et al. (2007) stellen voor om in Vlaanderen een (maatschappelijke) discontovoet van 4% als referentiewaarde te nemen, uitgaande van de intrestvoet op risicovrije beleggingen. Ook de Europese Commissie volgt deze benadering in haar handleiding voor het uitvoeren van impact assessments (European Commission, 2009) en hanteert ook in recent uitgevoerde “impact assessments” de discontovoet van 4% (European Commission, 2012).

3.4. BEOORDELINGSINSTRUMENT MET MAATREGELENFICHES

We maken een beoordelingsinstrument in Excel dat de Stad Gent in staat moet stellen om:

- prioriteiten te stellen op basis van economische criteria of “kostenefficiëntie”; af te leiden wie welke rol heeft in de realisatie van een vooropgestelde CO₂-reductie;
- om in discussie te gaan met de sectoren over de 4P’s (people, profit, planet, policy);
- onderscheid te maken in maatregelen die op korte, middellange en lange termijn kunnen geïmplementeerd worden;
- te beoordelen welke prioriteiten kunnen/moeten gesteld worden om in 2050 CO₂-neutraal te zijn.

Het beoordelingsinstrument bestaat uit fiches, met een beschrijving van de bijkomende maatregelen en afwegingskader voor evaluatie van de bijkomende maatregelen, gebaseerd op Multi criteria analyse (MCA). In de maatregelenfiches worden de maatregelen beschreven aan de hand van meer kwantitatieve criteria (kosteneffectiviteit, jaarlijkse kost) en meer kwalitatieve (sociaal-maatschappelijke effecten, effect op andere milieucompartimenten) criteria.

Op basis van een toetsingskader per criterium, kennen we aan elk criterium een score toe. Figuur 5 toont het beoordelingskader dat we gebruiken voor deze studie-opdracht (en de multicriteria-analyse in paragraaf 6.3). Niet alle criteria die aan bod komen in de maatregelenfiche kunnen gescoord worden, zoals bijvoorbeeld, het type instrument dat kan gebruikt worden of de verantwoordelijken/rollen.

CRITERIUM	SCORE				
	1	2	3	4	5
Effect (reductiepotentieel)	<0,5%	0,5%<...<1%	1%<...<5%	5%<...<10%	>10%
Tijdsschema	2025-2030		2018-2024		voor 2017
Kosteneffectiviteit	>1300 €/ton	700<...<1300 €/ton	450<...<700 €/ton	0<...<450 €/ton	<0€/ton
Andere milieu-effecten	overwegend negatief	matig negatief	geen significante effecten	matig positief	overwegend positief
Sociaal-Maatschappelijke effecten	overwegend negatief	matig negatief	geen significante effecten	matig positief	overwegend positief

Figuur 5: Beoordelingskader gebruikt in deze studie-opdracht

We kunnen in het beoordelingskader voorzien dat een bepaald criterium zwaarder doorweegt dan een ander. In dat geval, wordt bij de multicriteria-analyse gebruik gemaakt van wegingsfactoren. Met die weging kunnen dan prioriteiten worden toegekend aan bepaalde criteria. We berekenen de totaalscores op basis van een optelsom van het product van de gewichten en de scores van de verschillende criteria. Het doel van dergelijke beoordeling met score is om de verschillende maatregelen te kunnen rangschikken op basis van meer dan economische criteria. De scores mogen dus niet als vaste waarden worden beschouwd maar moeten steeds in relatie met de andere scores gebruikt worden. Dit wordt geïllustreerd in volgende tabel.

	TOTAAL	EFFECT	KOSTEN	TIJD	ANDERE MILIEU-	SOCIAAL MAATSCH
ENERGIE1-WKK ism op vaste biomassa	13	1	4	5	1	2
ENERGIE2-biomassacentrale	13	4	3	3	1	2
ENERGIE3-grootschalige windturbines	19	3	4	5	2	5
ENERGIE6-fotovoltaïsche panelen landbouw	17	2	4	5	2	4
ENERGIE8- enhanced geothermal systems	9	1	4	1	1	2
ENERGIE5-fotovoltaïsche panelen industrie	18	3	4	5	2	4
IND1 - Energiebesparende maatregelen	20	1	4	5	5	5
IND2 - WKK op vaste biomassa	15	3	4	5	1	2
IND3 - ketel op vaste biomassa	17	5	4	5	1	2
IND4 - inzet van biogas (vergassing houten biomassa)	14	5	4	1	2	2
RESID1 - Lage Energie Woning < 1900	17	4	4	3	4	2
RESID2 - Lage Energie Woning 1900-1945	16	4	3	3	4	2
RESID3 - Lage Energie Woning 1946-1970	14	3	2	3	4	2

Figuur 6: Voorbeeld berekening totaalscores

3.5. DATATRAJECTEN

We doorlopen volgende stappen om toekomstige strategieën voor dataverzameling uit te werken:



Figuur 7: Stappenplan datatrajecten

3.5.1. IDENTIFICEREN ESSENTIËLE DATATEKORTEN

We gaan uit van de haalbaarheidstudie van Tritel (2011) waarin databehoeften voor de opmaak van een CO₂-kostencurve geïdentificeerd en geëvalueerd werden.

Met essentiële datatekorten worden de datatekorten bedoeld die een significante invloed hebben op de eindresultaten, m.a.w. de gegevens die bepalend zijn om de kosten en effecten van een maatregel te bepalen en dus om de nodige strategische keuzes te maken. Dit wil zeggen dat bepaalde data die misschien wel een invloed hebben op de opmaak van een ACCL, maar die deze niet significant gaan beïnvloeden, uitgesloten worden. Het al dan niet significante invloed hebben op het eindresultaat is een criterium die de selectie van datatekorten stuurt.

Doordat Tritel in de haalbaarheidstudie de databehoeften evalueerde naar beschikbaarheid, kunnen alle “niet-beschikbare” data, en dus de datatekorten, met een eenvoudige stap uit de lijst van databehoeften gefilterd worden. Om te weten welke data wel en niet significant zijn voor het maken van strategische keuzes, doen wij een beroep op de jarenlange ervaring van VITO en ARCADIS in het opstellen van kostencurves en het uitvoeren van beleidstudies. Extra databehoeften ten opzichte van de haalbaarheidstudie die geïdentificeerd worden tijdens de uitvoering van deze studieopdracht worden meegenomen. Datatekorten die eerder werden geïdentificeerd door Tritel maar die ondertussen niet meer relevant zijn omdat, bijvoorbeeld, de gegevens beschikbaar zijn, worden niet meer opgenomen in de lijst.

3.5.2. EVALUEREN EN GROEPEREN ESSENTIËLE DATATEKORTEN

Voor de (relevante) essentiële datatekorten die door Tritel geïdentificeerd werden, herbekijken we het criterium beschikbaarheid. De datatekorten die we bijkomend identificeren binnen deze studie

opdracht, evalueren we voor volgende criteria: beschikbaarheid, recent, bruikbaarheid, betrouwbaarheid en arbeidsintensiviteit.

De evaluatie van de essentiële datatekortingen houdt ook in dat we de belangrijkste knelpunten of moeilijkheden identificeren:

- Welke dataleveranciers zijn cruciaal, bijvoorbeeld, overheid, burgers, bepaalde beroepssectoren?
- Zijn het data die periodiek terugkomen of moeten ze slechts eenmalig worden ingevuld?
- Wat zijn de terugkerende moeilijkheden (data die niet openbaar zijn, data die niet worden bijgehouden, data die wel bijgehouden worden maar op een te geaggregeerd niveau, data die slordig worden bijgehouden)?

Wanneer we de grootste problemen hebben geïdentificeerd, gaan we ook na of er toekomstige opportuniteiten zijn om deze datatekortingen op te lossen. Bijvoorbeeld: zijn er bepaalde enquêtes die al gebeuren en waarin de datavraag gemakkelijk kan worden meegenomen? Zijn er reeds stappen ondernomen om deze datatekortingen in te vullen?

Na de evaluatie van de elk van de essentiële datatekortingen, groeperen we de datatekortingen met het oog op het uitschrijven van een aantal “standaard” datatrajecten. Een mogelijke indeling in groepen kan gemaakt worden op basis van, bijvoorbeeld, het type data (bv. economische of milieugegevens) of de moeilijkheden/opportuniteiten die we zien bij de invulling van de datatekortingen.

3.5.3. UITTEKENEN DATATRAJECTEN

Voor elke groep van datatekortingen stellen we een datatraject voor dat weergeeft hoe deze datatekortingen in de toekomst kunnen ingevuld worden of, indien dit onmogelijk blijkt te zijn, wat de mogelijke terugvalopties zijn.

Om het juiste traject te kunnen bepalen, stellen we een beslissingsboom op die rekening houdt met de volgende parameters:

- Periodiciteit: eenmalige of periodieke bevraging van gegevens;
- Grootte van de groep dataleveranciers: beschikbaarheid van de gegevens bij één instantie of moeten meerdere instanties worden aangesproken; is het nodig om een deel van de markt te bevragen, bv. leveranciers;
- Kosten: welke kosten ontstaan bij burgers, bedrijven of overheidsinstanties door bv. een bevraging, aankoop van data;
- Beschikbaarheid van de data: zijn de data publiek beschikbaar.

Het in rekening brengen van bovenstaande parameters, leidt ons dan naar de keuze van het datatraject, bijvoorbeeld:

- Studie-opdracht door experts;
- Verwerken van bestaande statistieken;
- Enquêtes;
- Interviews/persoonlijke contacten;
- Case-studies.

Het uittekenen van de datatrajecten worden verder toegelicht in paragraaf 0.

HOOFDSTUK 4. REFERENTIE SCENARIO 2030

We schatten, per sector, het energieverbruik in voor 2030 en de gerelateerde CO₂-emissies. Hierbij gaan we uit van de CO₂-inventaris van 2009 voor de stad Gent en houden we rekening met de autonome evolutie van de CO₂-uitstoot en de impact van het beslist beleid op deze uitstoot.

4.1. RESIDENTIËLE SECTOR

Het energieverbruik en de gerelateerde CO₂-emissies van de residentiële sector delen we op naar:

- energieverbruik voor verwarming en sanitair warm water (SWW);
- energieverbruik voor elektrische toestellen en verlichting (elektriciteit).

Om een inschatting te kunnen maken van het toekomstig energieverbruik voor verwarming en SWW hebben we het Gentse woningpark (dd. 2009) verder ingedeeld naar leeftijd en type woning.

4.1.1. ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT 2009

→ **Energieverbruik voor verwarming & SWW**

Het energieverbruik voor verwarming en SWW en gerelateerde emissies delen we op naar 10 woningcategorieën, zodat we de toekomstige evolutie van de energieprestatie van gebouwen gedetailleerder en specifiek voor Gent kunnen bepalen. Aangezien leeftijd en type woning een sterke correlatie met de energieprestaties van de gebouwen vertonen, delen we het woningpark in aan de hand van deze parameters (Milieukostenmodel¹ van VITO, Tabula (2012)).

Het Gentse kadaster (2010) geeft het aantal wooneenheden (adressen) per woningcategorie in 2010 aan. We veronderstellen hetzelfde woningpark in 2009, het referentiejaar van de geactualiseerde CO₂-inventaris van de stad Gent.

Uit Tabula (2012 – Luik National Energy Balances) kennen we het finaal verbruik voor verwarming & SWW per woningcategorie (GJ per wooneenheid). Deze Belgische verbruiken of kengetallen passen we aan naar de Gentse situatie door een afstemming met de CO₂-inventaris 2009. Deze aanpassingen zijn echter gering, aangezien bij een rechtstreekse extrapolatie naar Gent, het resulterende, totale verbruik voor Gent slechts 5% afwijkt t.o.v. voornoemde inventaris 2009. We passen een correctiefactor van 5% toe op de verbruiken uit Tabula.

¹ Het Milieukostenmodel of MKM is een technisch-economisch, bottom-up model ontwikkeld door VITO i.o.v. LNE. Bij het optimaliseren staat kostenefficiëntie centraal maar daarnaast kunnen met het model ook verschillende varianten op de meest optimale oplossing doorgerekend worden of kan het model gebruikt worden om toekomstige emissies in te schatten. Het model bestaat enerzijds uit een omvangrijke en gedetailleerde databank met informatie over emissiebronnen en mogelijke reductiemaatregelen en anderzijds uit een rekenalgoritme in MARKAL om berekeningen uit te voeren. Sinds begin 2010 is het MKM Lucht & Klimaat operationeel. Deze geïntegreerde toepassing maakt het mogelijk om voor de tijdshorizon 2010 – 2035, met vijfjaarlijkse tijdsintervallen, berekeningen uit te voeren ter onderbouwing van het energie-, klimaat- en luchtbeleid in Vlaanderen.

Finaal, willen we de vraag naar verwarming en SWW per m² bruto vloeroppervlakte (BVO) bekomen, zodat vergelijkingen met streefcijfers en beleidsmaatregelen (bv. lage energie woning versus passief woning) mogelijk worden. Hiertoe schatten we de BVO per woningcategorie voor Gent in. Vermits in het Kadaster enkel de grondoppervlakte per wooneenheid is gekend, en niet de totale BVO, bepalen we deze parameter aan de hand van het aantal bouwlagen per bouwtype (enkel beschikbaar voor totaal Gent in het kadaster en niet voor elke woning afzonderlijk). Voor appartementen bedraagt dit gemiddeld 3,5 lagen per gebouw, voor woningen gemiddeld 2,2 lagen per gebouw. De resulterende vloeroppervlaktes kan je in onderstaande tabel terugvinden. We willen benadrukken dat het gaat om een ruwe inschatting en de werkelijke vloeroppervlaktes sterk kunnen afwijken van deze inschatting. De deling van BVO per wooneenheid en het verbruik per wooneenheid levert het verbruik per m² BVO per woningcategorie voor het jaar 2009 op.

In een laatste stap vertalen we het finale verbruik naar een warmtevraag per m² BVO. Dit doen we aan de hand van het gemiddelde installatierendement van ketels/kachels in het Gentse woningpark. In Renders et al. (2011) werd het gemiddelde rendement voor Vlaanderen in 2008 bepaald: dit bedroeg 71% gemiddeld over alle ketel/kacheltypes heen.

Het resultaat van onze berekeningen hebben we, per woningcategorie, opgenomen in onderstaande tabel. We willen opmerken dat onderstaande kengetallen zijn uitgedrukt in 1.825 graaddagen of het aantal graaddagen 15/15 opgemeten in het jaar 2009 (te Ukkel). Het aandeel SWW in het totale verbruik vormt ongeveer 15% (Aernouts et al., 2011).

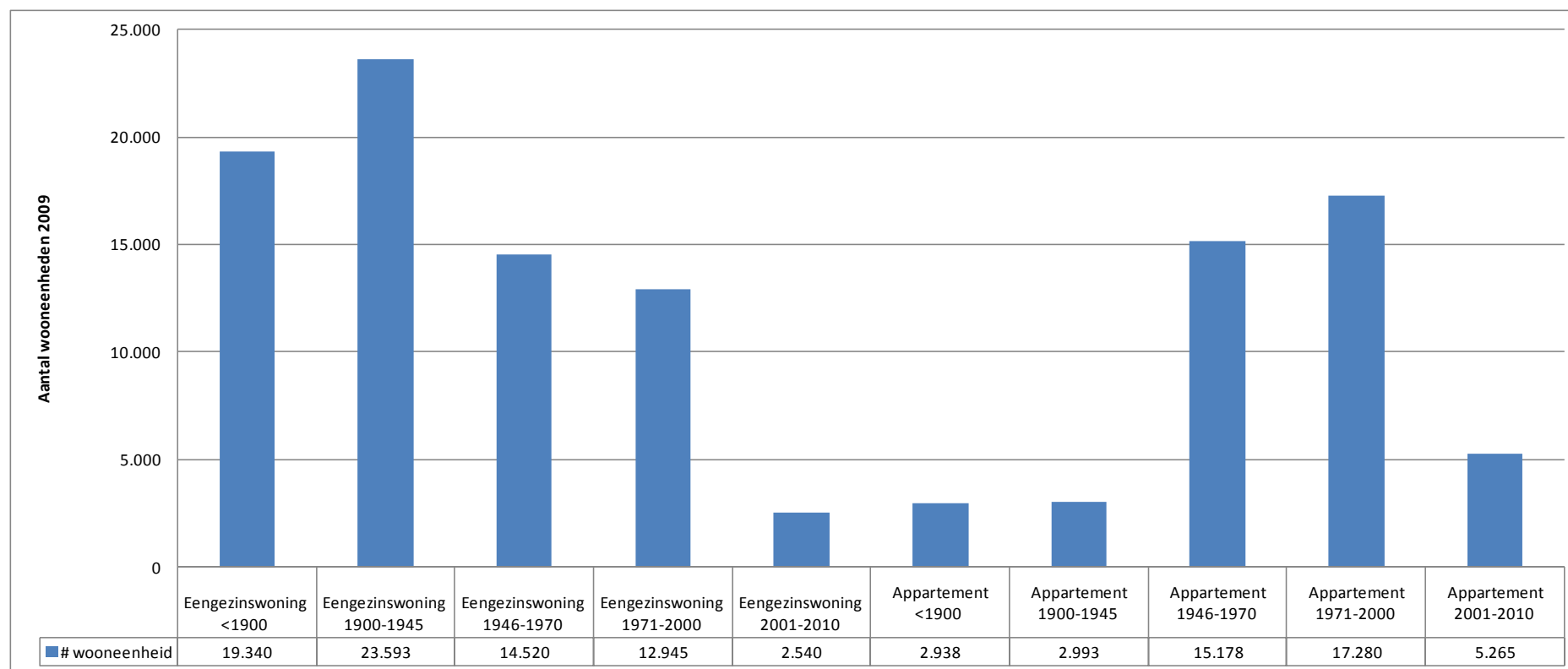
Tabel 2: Karakterisatie Gents woningpark 2009: Voorkomen en warmtevraag voor verwarming en SWW per m² BVO

Type woning	Leeftijdsgroep	Frequentie	Vloeroppervlakte	Warmtevraag 2009
		[# wooneenheden]	[m ² BVO/wooneenh.]	[GJ/m ² BVO]
Eengezinswoning	<1900	19.340	105	156
	1900-1945	23.593	128	128
	1946-1970	14.520	155	112
	1971-2000	12.945	203	79
	2001-2010	2.540	189	72
Appartement	<1900	2.938	75	75
	1900-1945	2.993	78	72
	1946-1970	15.178	79	71
	1971-2000	17.280	80	63
	2001-2010	5.265	80	53

Noot: graaddagen 15/15 in 2009 = 1.825 graaddagen

Op basis van : Kadaster (2010), Tabula (2012)

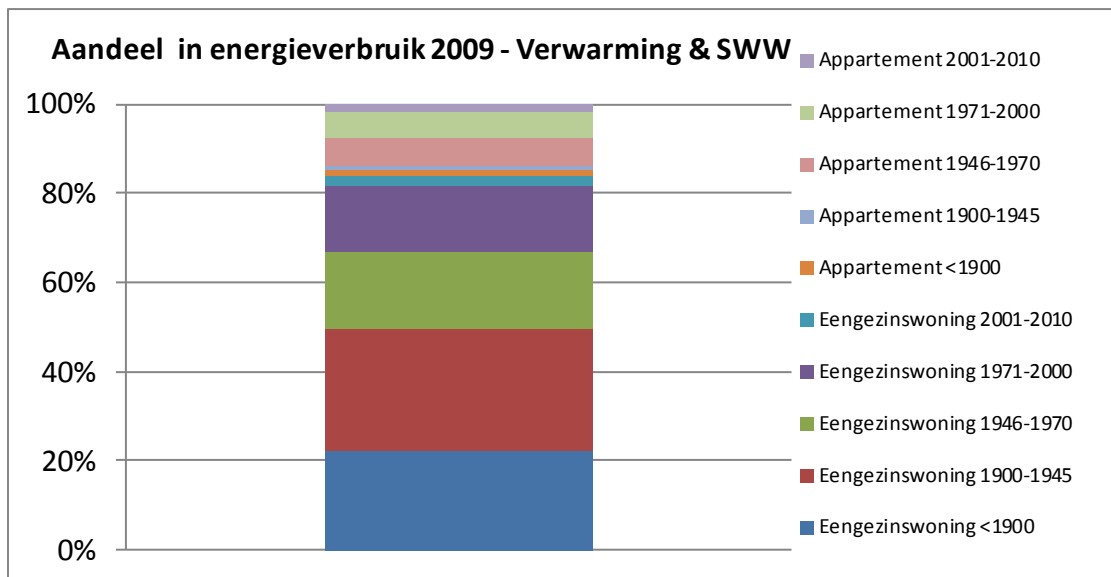
Zoals je kan zien in onderstaande figuur zijn ééngesinswoningen de meest voorkomende woningcategorie op stedelijk grondgebied Gent. Deze woningen dateren voornamelijk van het Interbellum (1900 – 1945). Appartementen kenden een sterke groei na de Tweede Wereldoorlog.



Figuur 8: Karakterisatie Gentse woningpark 2009

Bron: Kadaster 2010

In onderstaande figuur geven we per woningcategorie het aandeel van het energieverbruik voor verwarming en SWW in het totale verbruik voor 2009. De ééngezinswoningen ouder dan 1970 hebben het grootste aandeel, gezien hun hoge frequentie en hogere warmtevraag per m² (beperkte isolatie).



Figuur 9: Aandeel woningcategorieën in totaal energieverbruik 2009 - Luik Verwarming en SWW

→ **Energieverbruik voor elektrische toestellen en verlichting**

Het grootste deel van het residentiële elektriciteitsverbruik is gerelateerd aan het gebruik van elektrische toestellen (bv. televisies, koelkasten, circulatiepompen, wekkerradio's) en verlichting. Een kleiner aandeel wordt gebruikt voor de verwarming van woningen en sanitair warm water. We nemen aan dat ongeveer 22% van het totale elektriciteitsverbruik wordt aangewend voor verwarming of SWW, oftewel 0,3 PJ in 2009. Dit aandeel stemt overeen met de aannames in de Vlaamse Energiebalans (Aernouts et al., 2011), waar men ervan uitgaat dat 8,5% van de Vlaamse gezinnen elektriciteit gebruikt voor hoofdverwarming. Volgens de Socio-Economische enquête van het NIS in 2001 bedroeg dit 9% op het Gentse grondgebied. Het verbruik voor elektrische toestellen en verlichting schatten we bijgevolg in op 1,13 PJ in 2009.

→ **Beschermd gebouwen of gebouwen met beschermd stadszicht**

Het gebouwenpatrimonium van een stad omvat waardevolle panden en dit voornamelijk in de binnenstad. Zulke gebouwen zijn vaak moeilijker te renoveren, aangezien het behoud van het originele karakter voorop staat.

Het kadaster van Gent geeft het aantal waardevolle gebouwen die beschermd zijn of liggen in een gebied met een beschermd stads- of dorpsgezicht. Voor de residentiële sector bedroeg het aantal wooneenheden binnen een gebied met beschermd stadszicht ongeveer 1.950 in het jaar 2009. Ondanks de sterke vertegenwoordiging van zulke panden in de binnenstad kunnen we concluderen dat het aandeel zeer gering is in het totale Gentse woningpark, namelijk 1,7%. Over het aantal gebouwen die noch beschermd zijn, noch gelegen zijn in een gebied met waardevol stads- of dorpsgezicht, maar door de bewoners toch als waardevol worden geacht, zijn geen gegevens beschikbaar.

→ CO₂-inventaris 2009

De CO₂-uitstoot van de residentiële sector bedroeg in 2009 ongeveer 424 kton CO₂ door het gebruik van fossiele brandstoffen (scope 1) en 127 kton CO₂ door het gebruik van elektriciteit (scope 2) (Van Hyfte, 2012). Aardgas en stookolie vertegenwoordigen een aandeel van resp. 55% en 42% in de brandstofgerelateerde uitstoot.

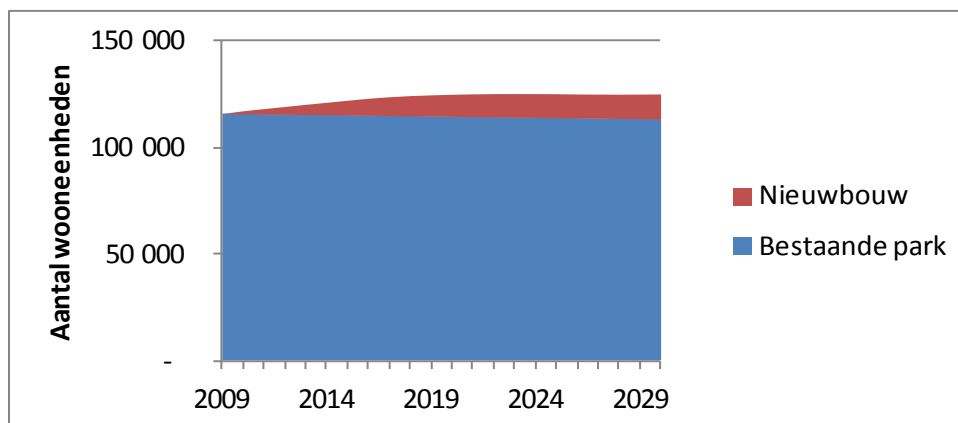
4.1.2. REFERENTIESCENARIO 2030

We bepalen de CO₂-uitstoot in 2030 op basis van projecties van de finale energieverbruiken in 2030 en de emissiefactoren die in de CO₂-inventaris 2009 (Van Hyfte, 2012) gebruikt werden.

→ Finaal energieverbruik

Evolutie gebouwenpark

Het hierboven beschreven gebouwenpark vormt het bestaande woningpark, i.e. gebouwd vóór 2010. Het aantal wooneenheden op Gents grondgebied bedroeg 115.283 in 2009, wat ongeveer overeenstemt met het aantal huishoudens in dat jaar. Dit bestaande park zal tot 2030 slechts lichtjes afnemen, gezien de geringe sloop die in Gent plaatsvindt (aanname: 0,1% per jaar, Milieukostenmodel van VITO). Dit wordt tevens in volgende figuur weergegeven.



Figuur 10: Evolutie aantal wooneenheden 2009-2030

Tegen 2030 verwacht men een demografische groei op Gents grondgebied: een toename van het aantal huishoudens met 8% tussen 2009-2030 (Willems et al., 2011). De sterkste groei verwacht men in de volgende vijf jaar om vervolgens te stagneren. Om de groei op te vangen zullen nieuwe ééngezinshuizen en appartementen worden gebouwd: **aantal nieuwbouw tussen 2010 en 2030 bedraagt 11.870 wooneenheden**. We verwachten dat deze nieuwbouw voornamelijk appartementen zullen zijn, aangezien vandaag het aandeel appartementen reeds gemiddeld 75% bedraagt (Kadaster NIS, 2012). Dit hoge aandeel veronderstellen we constant tot en met 2030.

Aantal graaddagen

Het energieverbruik voor verwarming in de gebouwen is sterk temperatuursafhankelijk. De verwarmingsbehoefte in een jaar wordt uitgedrukt aan de hand van het aantal graaddagen, waarbij meestal wordt uitgegaan van een grenswaarde van 15°C voor het aanslaan van de verwarming.

Voor de berekening van het aantal graaddagen in een jaar wordt elke gemiddelde etmaaltemperatuur vergeleken met een constant etmaalgemiddelde van 15°C. Dat wil zeggen elke graad die de gemiddelde etmaaltemperatuur beneden de 15°C ligt, wordt een graaddag genoemd. Alle etmalen van het jaar opgeteld levert het aantal graaddagen per jaar op. Hierbij wordt gerekend met de gemiddelde etmaaltemperaturen in Ukkel zoals opgegeven door het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (<http://www.meteo.be>). Hoe meer graaddagen een jaar heeft, hoe kouder het geweest is en hoe meer brandstof voor verwarming nodig geweest zal zijn.

In de periode 2000-2009 bedroeg het gemiddelde aantal graaddagen 1.799. In alle scenario's en voor alle zichtjaren rekenen we met deze **1.799 graaddagen** (15/15).

Autonome evoluties en beslist beleid

We veronderstellen volgende **autonome evoluties** in het Gentse woningpark:

- Autonome ketelvervanging: ketels worden op einde levensduur automatisch vervangen. Aangezien nieuwe ketels performanter zijn dan bestaande toestellen zal deze autonome vervanging zorgen voor een rendementsverbetering van het totale ketelpark. In Renders et al. (2011) werd deze rendementsverbetering berekend, namelijk van 71% in 2010 naar 83% in 2030.
- Omschakeling naar aardgas: in Vlaanderen neemt het aantal woningen die op aardgas verwarmen toe. Het zijn voornamelijk woningen op stookolie die omschakelen naar aardgas. In deze studie veronderstellen we een omschakeling van 1% per jaar van stookolie naar aardgas. Deze 1% komt overeen met historische cijfers voor Vlaanderen uit de periode 2001-2008, waarbij men uitgaat van de toename aan huishoudelijke afnemers volgens de VREG-statistieken (gecorrigeerd voor nieuwbouw).
- Renovatie gebouwschil: vergunde renovaties tot lage energiewoning (70 kWh/m² bruto vloeropp.): 1.530 per jaar. Een woning wordt tijdens zijn levensduur maar op beperkte momenten grondig gerenoveerd. Deze momenten vallen hoofdzakelijk samen met veranderingen van huiseigenaar. Als autonome evolutie m.b.t. renovatie van de gebouwschil veronderstellen we enkel deze grondige renovaties.² Kleine renovaties (bv. plaatsen dakisolatie) beschouwen we als niet-autonoom, gezien de sterke afhankelijkheid van en onzekerheid op het federale, regionale en lokale subsidie- en fiscaal beleid. De behaalde warmtebehoefte na renovatie stemmen we af op het huidige EnergiePrestatieBeleid EPB (70 kWh warmtevraag/m²). We veronderstellen in deze studie dat het aantal vergunde renovaties een indicatie geeft van het aantal grondige renovaties op jaarbasis op Gents grondgebied. Gemiddeld bedroeg dit voor de periode 2000-2011 ca. 1.530 wooneenheden op jaarbasis (Kadaster, 2012).

² We veronderstellen hierbij dat alle vergunde renovaties, tevens grondige renovaties zijn waarbij energiebesparende maatregelen worden doorgevoerd. In de praktijk vallen deze niet noodzakelijk samen.

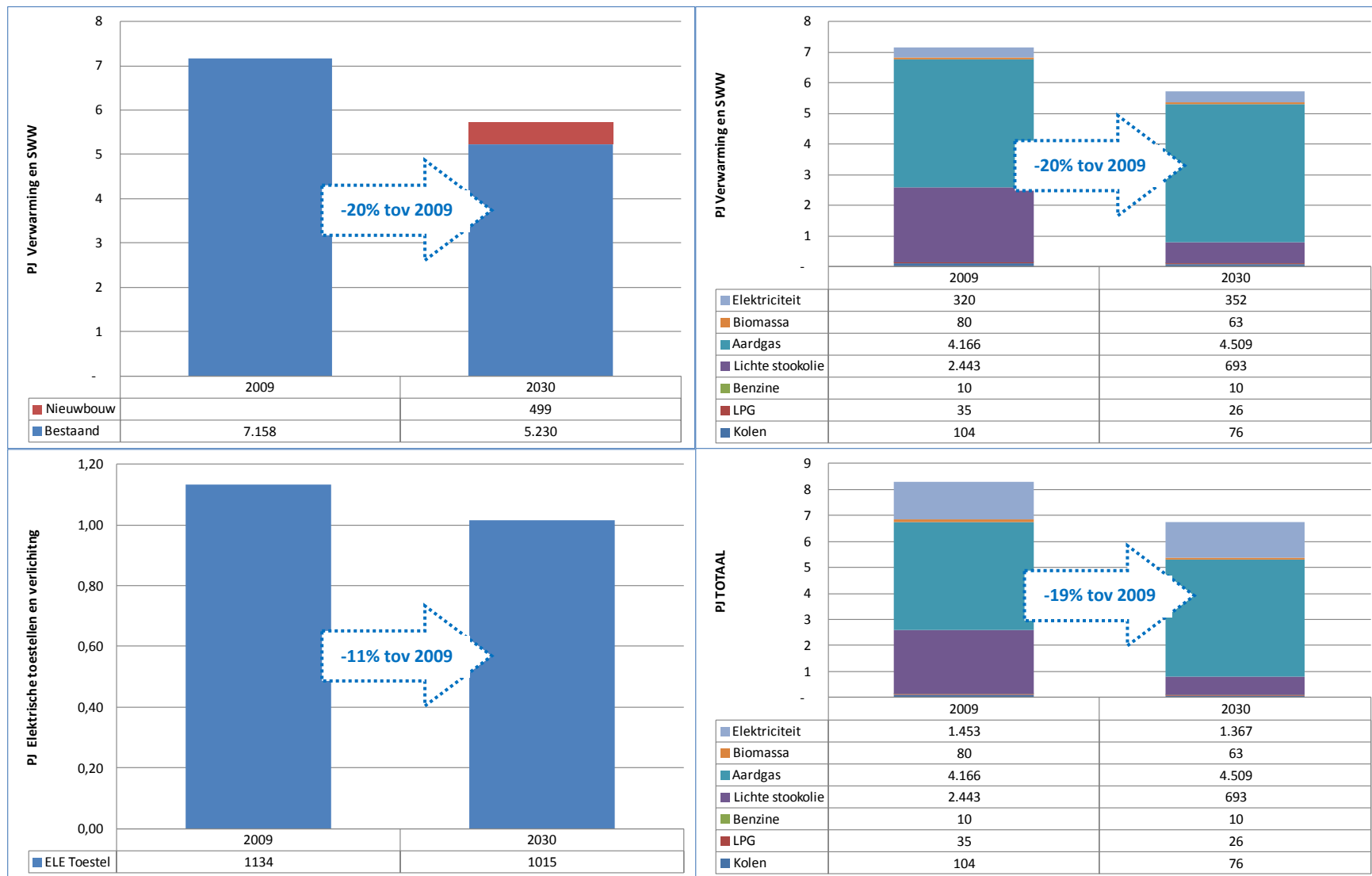
We nemen volgend **beslist beleid** op in het referentiescenario:

- Evolutie nieuwbouw naar Nearly Zero Energy Buildings NZEB: EPBD recast (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>), Article 9 vereist dat: *“Member States shall ensure that by 31 December 2020 all new buildings are nearly zero-energy buildings”*. We nemen aan dat deze doelstelling tegen 2020 tevens op Gents grondgebied zal worden gerealiseerd. De warmtevraag van een NZEB stellen we gelijk aan de warmtevraag van een E30 woning. Als verwarmingstoestel veronderstellen we hoofdzakelijk grondgekoppelde warmtepompen. Deze veronderstelling baseren we op de *Vlaamse Energieprestatieregelgeving Nieuwbouw in Vlaanderen* (Wijzigingsbesluit met de bepalingen van het minimumaandeel hernieuwbare energie in de bouw, zoals goedgekeurd door de Vlaamse Regering op 28 september 2012): Indien keuze voor warmtepomp om aan verplichting te voldoen, dient de Seasonal Performance Factor (SPF) zeer hoog te zijn, namelijk minstens 4.
- Ecodesign Richtlijn (2009/125/EC): Ecodesign Richtlijn met bijhorende Implementing Measures voor de diverse Loten, geeft criteria op waar nieuwe elektrische toestellen en installaties aan moeten voldoen. Zo wordt een tijdsschema van minimale energie-efficiëntie opgelegd aan televisies, circulatiepompen etc. De impact per maatregel werd op Europees niveau reeds bepaald (DG Enterprise and Industry: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/ecodesign/product-groups/index_en.htm). Indien we veronderstellen dat het park aan elektrische toestellen en verlichting op Gents grondgebied in grote lijnen overeenstemt met het gemiddelde Europese park, kunnen we deze impact vertalen naar Gent. We bekomen dat het totale energieverbruik voor elektrische toestellen en verlichting autonoom met ca. 0,5% per jaar zal dalen tot 2030, door de aankoop van efficiëntere apparaten.

Finaal energieverbruik 2009 – 2030

In Figuur 11 geven we de evolutie van het energieverbruik in PJ voor 2009 en 2030. We maken een onderscheid tussen het energieverbruik voor verwarming en SWW versus het energieverbruik voor elektrische toestellen en verlichting. Het totale, finale verbruik (incl. elektriciteit) neemt af van 8,3 PJ in 2009 naar 6,7 PJ in 2030 (-19%). De sterkste daling treedt op bij het verbruik voor verwarming en SWW, namelijk een daling van 20% (7,2 in 2009 naar 5,7 PJ in 2030). Het elektriciteitsverbruik van elektrische toestellen en verlichting neemt af met 0,1 PJ (-10%).

Als we kijken naar de inzet van de verschillende energiedragers, merken we een toename van het aandeel aardgas (+17%) en elektriciteit (+2%) op, in tegenstelling tot het aandeel van stookolie (-19%).



Figuur 11: Referentiescenario finaal energieverbruik residentiële sector (2009-2030) (2009: werkelijke graaddagen 1.825 – 2030: 1.799 graaddagen)

→ Emissiefactoren

We hebben de **brandstofgerelateerde emissiefactoren** afgestemd op de CO₂-inventaris 2009 (Van Hyfte, 2012). In volgende tabel geven we per energiedrager een overzicht van de gehanteerde emissiefactoren.

Tabel 3: Emissiefactoren per energiedrager (in kton per PJ)

Energiedrager	kton CO ₂ /PJ
Kolen	92,71
Cokes	106,00
LPG	62,44
Benzine	68,61
Gas- en dieselolie	73,33
Lamppetroleum	71,10
Zware stookolie	76,59
Petroleumcokes	99,80
Aard- en mijngas	55,82
Cokesovengas	47,40
Biomassa	0
Elektriciteit	87,97

De **emissiefactor van het gemiddeld Belgisch elektriciteitsproductiepark** varieert jaarlijks aangezien ook de productie en uitstoot jaarlijks varieert. Voor een inschatting van de CO₂-uitstoot per kWh van het gemiddelde, Belgische elektriciteitsproductiepark in 2030, kunnen we uitgaan van berekeningen die door VITO werden uitgevoerd met het technisch-economisch energiemodel Markal-TIMES. Echter, er is geen eenduidig antwoord en de emissiefactor hangt af van de aannames die gemaakt worden met betrekking tot vervanging van de nucleaire capaciteit. Enkele voorbeelden:

- Energie- en Klimaatscenario's voor de sectoren Energie en Industrie (Lodewijks et al., 2010): 109 g per MJ (Europa scenario), afname in nucleaire capaciteit wordt voornamelijk opgevangen door nieuwe superkritische kolencentrales, inclusief 20% bijstook van biomassa.
- Indien geen inzet van kolencentrales verondersteld wordt: 60 à 100 g per MJ afhankelijk van inzet van hernieuwbare energiebronnen versus gascentrales ter vervanging van nucleaire capaciteit.

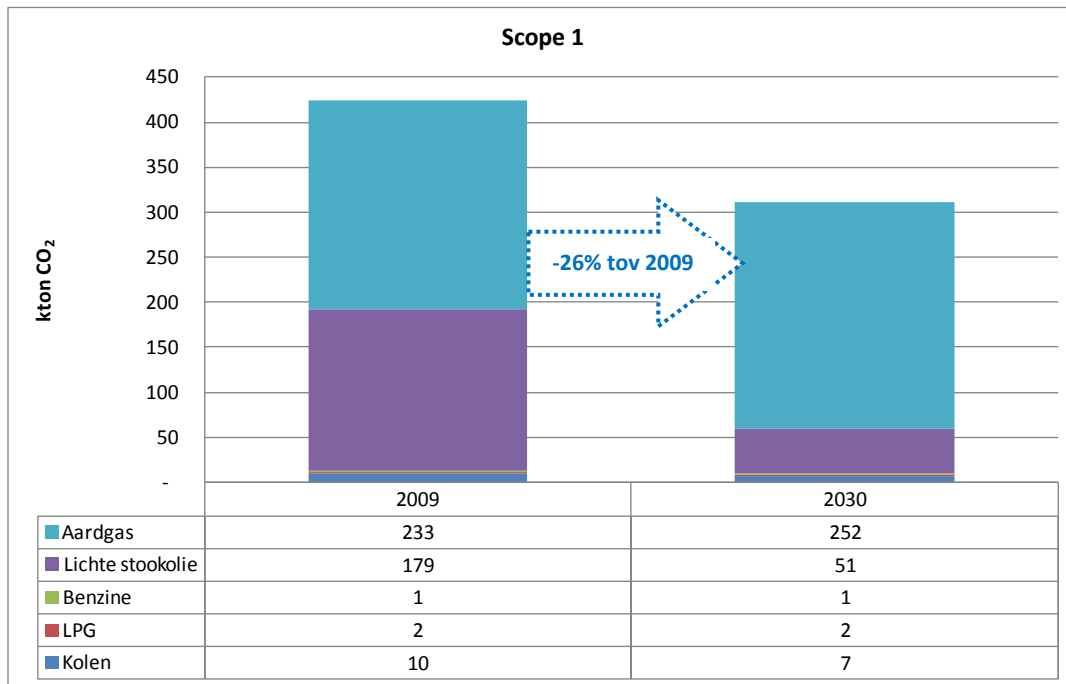
Gemiddeld komt dit (ongeveer) neer op de emissiefactor die gebruikt werd voor de opmaak van de CO₂-inventaris 2009 (Van Hyfte, 2012), of 87,97 kton CO₂ per PJ.

→ CO₂-emissies

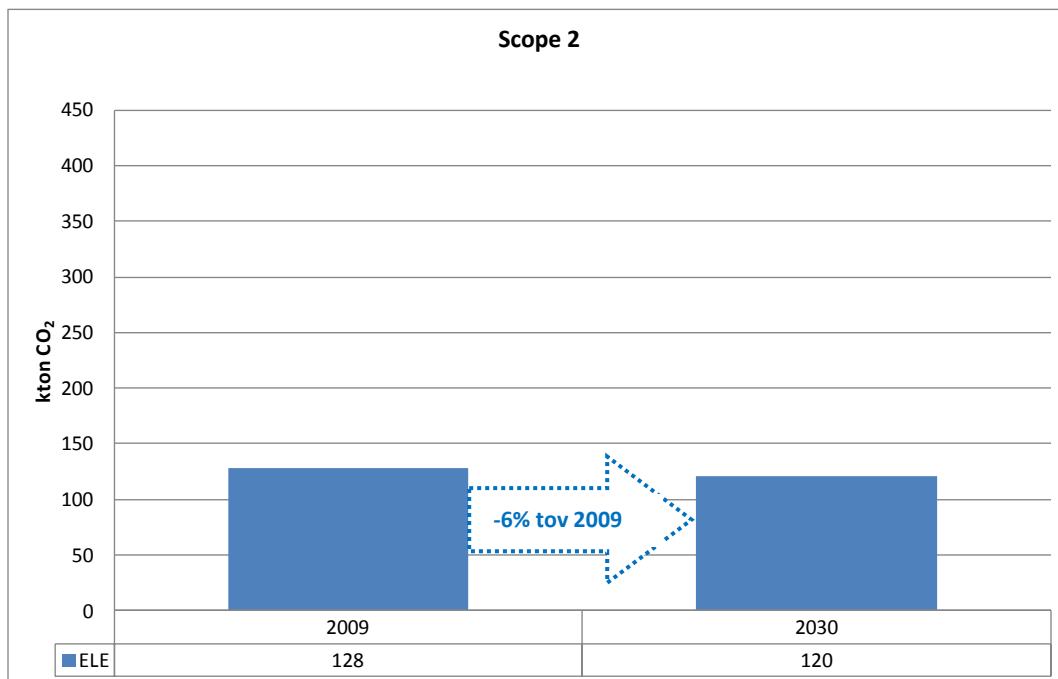
In het referentiescenario schatten we voor 2030 de CO₂-emissies van de residentiële sector op ca. 312 kton (scope 1) of een reductie van ca. 26% ten opzichte van 2009. De reductie in CO₂ emissies is groter in vergelijking met de energiebesparing omwille van de brandstofomschakeling van stookolie naar aardgas.

Indien we de reductie in het elektriciteitsverbruik vermenigvuldigen met de emissiefactor uit de CO₂-inventaris van 2009 (87,97 kton CO₂ per PJ), kunnen we stellen dat de CO₂-uitstoot gedaald is met ca. 6% of 8 kton ten opzichte van 2009.

In volgende grafieken worden, per energiedrager, de scope 1 en scope 2 emissies weergegeven voor 2009 en 2030.



Figuur 12: Referentiescenario CO₂-emissies (scope 1) residentiële sector (2009-2030)



Figuur 13: Referentiescenario CO₂-emissies (scope 2) residentiële sector (2009-2030)

4.2. TERTIAIRE SECTOR

De tertiaire sector omvat verschillende subsectoren. In de CO₂-inventaris 2009 (Van Hyfte, 2012) wordt de tertiaire sector ingedeeld in 7 subsectoren. Voor het referentiescenario aggregeren we enkele subsectoren, gegeven de beperkte beschikbaarheid van gegevens op een meer gedetailleerd niveau. De aggregatie brengt de subsectoren “handel”, “andere diensten” en “hotel en restaurants” samen onder één subsector “overig”. Deze opdeling van de tertiaire werd ook gehanteerd in andere VITO-studies (bijvoorbeeld Gorissen et al., 2011) en geven we weer in onderstaande tabel. Ter vergelijking geven we ook de initiële verdeling uit de inventaris weer.

Tabel 4: Aggregatie subsectoren tertiaire sector

Inventaris 2009	Referentiescenario
gezondheidszorg	welzijn
onderwijs	onderwijs
kantoren en administraties	kantoren en administraties
handel	overig
andere diensten	
hotels en restaurants	
openbare verlichting	openbare verlichting

4.2.1. ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT 2009

→ Energieverbruik per m² bruto vloeroppervlakte ingedeeld naar eindtoepassing

De toekomstige evolutie van het finale energieverbruik is sterk afhankelijk van de verwachte groei aan bruto vloeroppervlakte. Deze groei is sterk gecorreleerd met de economische vooruitzichten van een gebied, die al dan niet mede bepaald worden door demografische ontwikkelingen (bv. leeftijdsstructuur bevolking). Om de impact van een toename in vloeroppervlaktes in het referentiescenario te kunnen opnemen, moeten we een zicht krijgen op het huidige verbruik per m² brutovloeroppervlak of BVO anno 2009. Idealiter, ingedeeld naar type eindtoepassing, namelijk naar HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning), verlichting en elektrische toestellen. Om deze kengetallen te bepalen hebben we verschillende stappen doorlopen.

In een eerste stap schatten we het totale bruto vloeroppervlak (BVO) per subsector in. Vanuit het Gentse kadaster kennen we het aantal gebouwen en de grondoppervlakte (m²) per subsector. Om de grondoppervlakte te vertalen naar BVO, hebben we een veronderstelling gemaakt over het gemiddeld aantal verdiepingen per gebouw. Het aantal verdiepingen leiden we af uit het kadaster van Gent. In het kadaster is het aantal bouwlagen en aantal gebouwen enkel beschikbaar voor totaal Gent en niet voor elke gebouw afzonderlijk. Dit leidt tot volgende aannames:

- kantoren, onderwijs en welzijn: 3,5 lagen per gebouw,
- overige: 2,3 lagen per gebouw.

Aantal lagen voor subsector “Overige” stellen we gelijk aan het aantal bouwlagen van ééngezinswoningen, gezien de vele handelszaken, dokterspraktijken etc. die tot deze subsector behoren. De totale m² BVO per subsector vind je terug in Tabel 5. We willen benadrukken dat het gaat om een ruwe inschatting en de werkelijke vloeroppervlaktes sterk kunnen afwijken van deze inschatting.

De verhouding van het finale energieverbruik en voornoemd bruto vloeroppervlaktes levert ons, per subsector, de kengetallen “finaal verbruik per m² BVO” op en dit zowel voor brandstof- als elektriciteitsverbruik. We veronderstellen hierbij dat het brandstofverbruik volledig wordt ingezet voor de verwarming van gebouwen. De verdere verdeling van het kengetal voor elektriciteit over de drie eindtoepassingen baseren we op Bertoldi et al. (2009):

- Kantoren, welzijn en overige:
 - o HVAC: 54%
 - o Verlichting: 22%
 - o Elektrische apparaten: 24%
- Onderwijs: gegeven beperkte inzet van ventilatie, koeling, etc. veronderstellen we een lager aandeel voor HVAC bij scholen:
 - o HVAC: 24%
 - o Verlichting: 38%
 - o Elektrische apparaten: 38%

Als we deze veronderstellingen toepassen op het elektriciteits- en brandstofverbruik uit de CO₂-inventaris voor 2009 (Van Hyfte, 2012), bekomen we de kengetallen(GJ per m² BVO) in Tabel 5.

Tabel 5. Karakterisatie per subsector in 2009: m² bruto vloeroppervlakte BVO en finaal verbruik per m² BVO ingedeeld naar eindtoepassing

	m ² BVO	Brandstof [GJ/m ² BVO]	Elektriciteit [GJ/m ² BVO]		
			Verwarming	HVAC	Verlichting
Onderwijs	931.439	0,5	0,06	0,10	0,10
Kantoren	935.310	2,1	0,56	0,23	0,25
Overig	2.601.108	0,5	0,28	0,11	0,12
Welzijn	415.144	0,7	0,30	0,12	0,13

De *subsector openbare verlichting* vormt een aparte subsector wat betreft methodologie en behandelen we in zijn geheel. We rekenen met het totale elektriciteitsverbruik voor openbare verlichting uit de CO₂-inventaris 2009 (0,07 PJ) en niet met kengetallen.

→ **CO₂- inventaris 2009**

De totale CO₂-uitstoot van de sector handel en diensten was in 2009 ca. 241 kton CO₂ door het gebruik van fossiele brandstoffen (scope 1) en 250 kton CO₂ door het gebruik van elektriciteit (scope 2) (Van Hyfte, 2012). Net zoals in de residentiële sector, hebben aardgas, stookolie en elektriciteit het grootste aandeel in de emissies. De subsectoren “kantoren & administraties” en “overige” dragen het sterkst bij tot de totale uitstoot, respectievelijk 115 kton CO₂ scope 1 (92 kton CO₂ scope 2) en 76 kton CO₂ scope 1 (117 kton CO₂ scope 2).

4.2.2. REFERENTIESCENARIO 2030

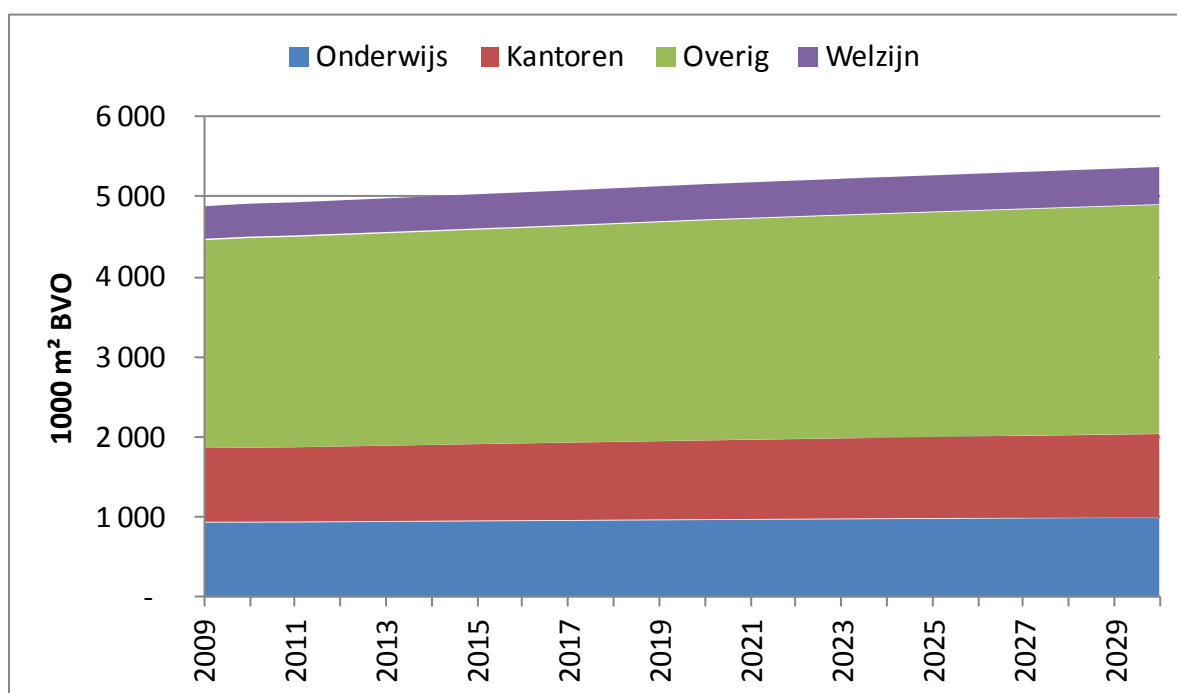
→ **Finaal energieverbruik**

Evolutie gebouwenpark

Zoals reeds eerder aangehaald, is de toekomstige evolutie van het finale energieverbruik sterk afhankelijk van de hoeveelheid nieuwe gebouwen die zullen worden gebouwd op Gents

grondgebied. Dit drukken we uit aan de hand van de groei aan m² BVO per subsector. Deze evolutie in BVO is op zijn beurt sterk afhankelijk van de verwachte economische groei per subsector. Deze economische groeiverwachting baseren we op de projecties van toegevoegde waarde voor België opgesteld door het Federaal Planbureau (Bosier et al., 2011). Specifiek voor Gent zijn geen groeivoorzichten beschikbaar. De groei in toegevoegde waarde is niet 1 op 1 gecorreleerd aan de groei in m² BVO: toegevoegde waarde groeit sterker dan zowel de vloeroppervlakte als het finale verbruik. De verwachte groei in toegevoegde waardes corrigeren we hiertoe m.b.v. een elasticiteit van 0,27, naar analogie met andere studies (Gorissen et al., 2011; Meynaerts et al., 2012).

In onderstaande figuur geven we, per subsector, de evolutie van het BVO tussen 2009-2030. De subsectoren kantoren en welzijn groeien het sterkst, respectievelijk met 13% en 14% t.o.v. 2009; De subsectoren overig en onderwijs respectievelijk met 10% en 7%.



Figuur 14: Ingeschatte evolutie m² BVO per subsector tussen 2009-2030

Aantal graaddagen

Naar analogie met de residentiële sector, is het energieverbruik voor verwarming in de gebouwen sterk temperatuursafhankelijk. De verwarmingsbehoefte in een jaar wordt uitgedrukt aan de hand van het aantal graaddagen. In de periode 2000-2009 bedroeg het gemiddelde aantal graaddagen 1799. In alle scenario's en voor alle zichtjaren rekenen we met deze 1.799 graaddagen (15/15).

Autonome evoluties en beslist beleid

We veronderstellen volgende **autonome evoluties** in het Gentse gebouwenpark:

- Autonome ketelvervanging: ketels worden op einde levensduur automatisch vervangen. Aangezien nieuwe ketels performanter zijn dan bestaande toestellen zal deze autonome vervanging zorgen voor een rendementsverbetering van het totale ketelpark. In Renders et al. (2011) werd deze rendementsverbetering berekend voor de residentiële sector, namelijk 71% in 2010 naar 83% in 2030. In de studie werd verondersteld – wegens gebrek aan betrouwbare data – dat deze rendementsverbetering ook van toepassing is voor elke subsector van de tertiaire sector.

- Omschakeling naar aardgas: in Vlaanderen is er een blijvende toename van verwarming op aardgas. In deze studie veronderstellen we een omschakeling van 1% per jaar van (zware) stookolie naar aardgas voor de subsectoren “overige” en “onderwijs”. Dit percentage komt overeen met de aannames voor de residentiële sector. Gegeven het zeer hoge aandeel van aardgas in de subsectoren “kantoren” en “welzijn” (cfr. CO₂-inventaris 2009: Kantoren 86%, Welzijn 90% (Van Hyfte, 2012)), veronderstellen we hier geen spontane brandstofomschakeling in het referentiescenario.
- Renovatie gebouwschil: naar analogie met de residentiële sector, beperken we de autonome renovaties tot de vergunde renovaties. Uit het kadaster (2012) kunnen we ruwweg afleiden dat 2,5% van de totale BVO in de tertiaire sector jaarlijks grondig wordt gerenoveerd. We veronderstellen deze renovatiesnelheid voor alle subsectoren. Naast het aantal renovaties per jaar, is ook de renovatiegraad van groot belang. Hiervoor baseren we ons op 3^E & KUL (2005). De veronderstelde reducties en mogelijke maatregelpakketten per subsector kan je terugvinden in onderstaande tabel.

Tabel 6. Veronderstelde besparingen per subsector bij vergunde renovaties

Subsector	Reductie% renovatie	door	Voorbeeld maatregelenpakket
Onderwijs	-40%		Relighting (TL, daglichtsturing, afwezigheidsdetectie), mechanische ventilatie met freq. sturing, condenserende ketel, K40
Kantoren	-55%		zonwerende beglazing, condenserende ketel, relighting incl. aanwezigheidsdetectie en daglichtsturing, natuurlijke ventilatie of mechanische extractie, compressiekoelmachine met ventiloconvectoren
Overige	-40%		Relighting (TL, spaarlampspots (ipv halogeen)), condenserende ketel, extractieventilatie, K55
Welzijn	-40%		K40, relighting (afwezigheidsdetectie, daglichtsturing, spaarlampspots i.p.v. halogeen), extractieventilatie, condenserende ketel

Bron: 3E & KULeuven (2005)

We nemen volgend **beslist beleid** op in het referentiescenario:

- Evolutie nieuwbouw naar Nearly Zero Energy Buildings NZEB: Directive 2010/31/EU (EPBD recast) Article 9 vereist dat “*Member States shall ensure that by 31 December 2020 all new buildings are nearly zero-energy buildings*”. We nemen aan dat tegen 2020 deze doelstelling tevens op Gents grondgebied zal worden gerealiseerd. Het finale verbruik voor HVAC en verlichting van een NZEB stellen we gelijk aan het verbruik van een E30 gebouw. Als verwarmingstoestel veronderstellen we – naar analogie met residentiële sector - hoofdzakelijk grondgekoppelde warmtepompen. Inzet van warmtekrachtkoppeling (WKK) in de tertiaire sector is onder het huidige beleid zeer onwaarschijnlijk, wat tevens blijkt uit de afwezigheid van WKK in de tertiaire sector op dit moment.
- Ecodesign Richtlijn (2009/125/EC): Ecodesign Richtlijn met bijhorende Implementing Measures voor de diverse Loten, geeft criteria op waar nieuwe elektrische toestellen en installaties aan moeten voldoen. Zo wordt een tijdsschema van minimale energie-efficiëntie opgelegd aan televisies, computers, circulatiepompen etc. De impact per maatregel werd op Europees niveau reeds bepaald (DG Enterprise and Industry: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/ecodesign/product-groups/index_en.htm). Indien we veronderstellen dat het park aan elektrische toestellen en verlichting op Gents grondgebied in grote lijnen overeenstemt met het gemiddelde Europese park, kunnen we deze impact vertalen naar Gent. We bekomen dat het

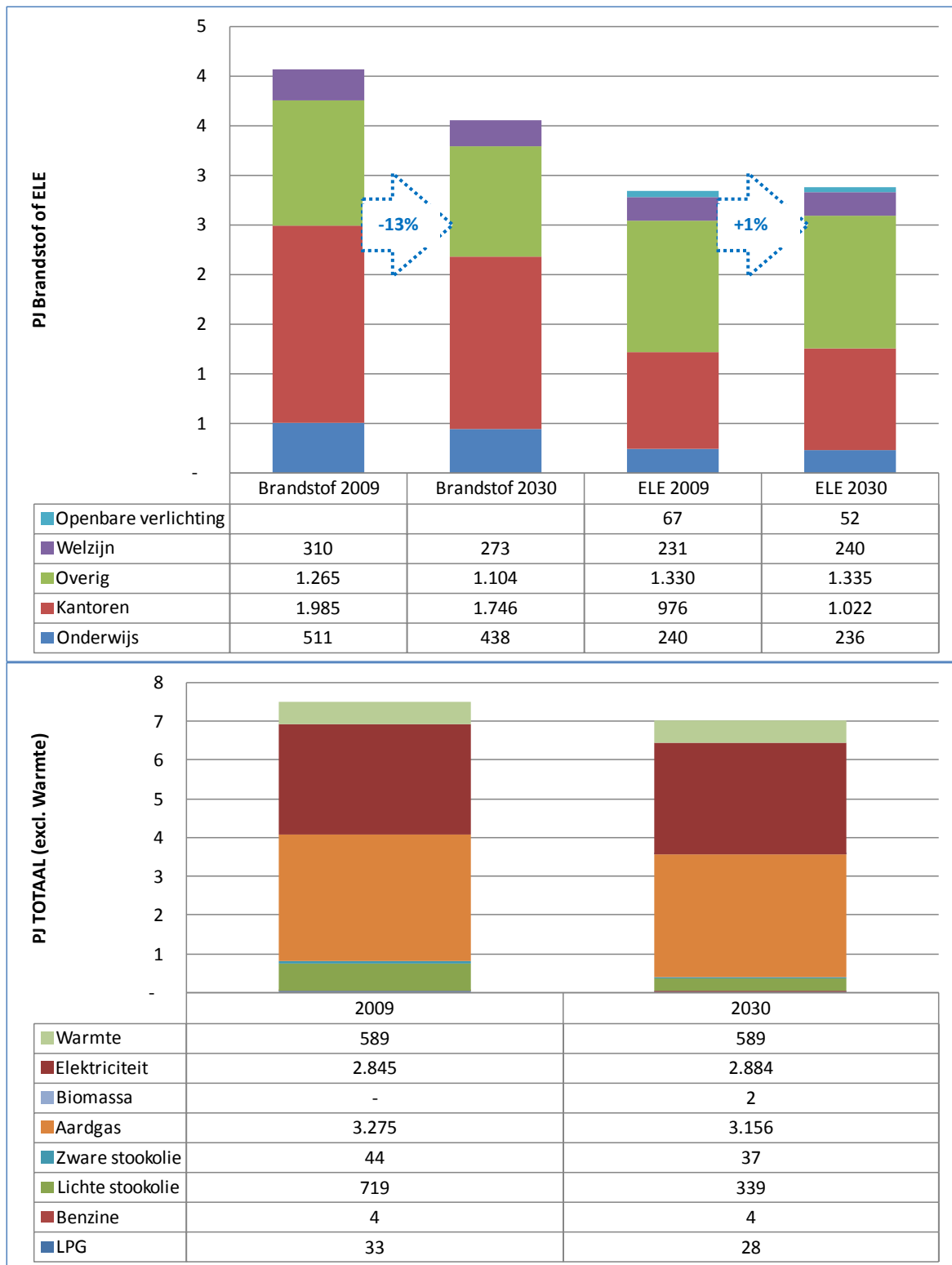
totale energieverbruik voor elektrische toestellen en verlichting autonoom met 0,5% per jaar zal dalen tot 2030, door de aankoop van efficiëntere apparaten.

- Lichtplan Gent: voor Gent werd een Lichtplan voor openbare verlichting opgesteld dat vanaf 2011 werd ingevoerd. Het Lichtplan omvat twee belangrijke luiken, namelijk de toepassing van LED-verlichting in verkeerslichten (vanaf 2011) en een versnelde sanering van de openbare verlichting (afgerond in 2013). Stad Gent heeft in kader van deze studie aangegeven dat beide maatregelen samen zouden leiden tot een besparing van ongeveer 15 TJ elektriciteit op jaarbasis.

Finaal energieverbruik 2009 – 2030

De resultaten van het referentiescenario vind je terug in Figuur 14, opgedeeld naar energiedrager en naar subsector. Het totale, finaal verbruik (incl. elektriciteit en warmte) neemt af van 7,5 PJ in 2009 naar 7,0 PJ in 2030 (-6%). De sterkste daling treedt op in het brandstofverbruik (incl. warmte), namelijk een daling van 11% (4,7 PJ in 2009 naar 4,2 PJ in 2030). Het elektriciteitsverbruik voor HVAC, elektrische toestellen en verlichting stagneert, aangezien de energiebesparingen ten gevolge van autonome evoluties en beslist beleid gecompenseerd worden door de economische groei. Dit wordt duidelijker als we de evolutie per subsector bekijken: de sterkst groeiende sectoren, namelijk welzijn en kantoren, kennen de sterkste toename tussen 2009 en 2030 (welzijn +4%, kantoren +5%).

Als we kijken naar de inzet van de verschillende brandstoftypes, merken we een toename van het aandeel aardgas (+1%) en elektriciteit (+3%) op, in tegenstelling tot het aandeel van stookolie (-5%).



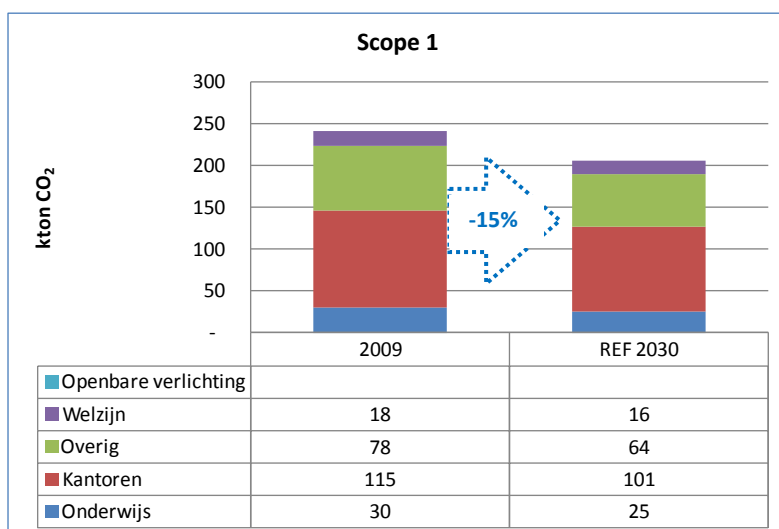
Figuur 15: Referentiescenario finaal energieverbruik tertiaire sector (2009-2030) (2009: werkelijke graaddagen 1.825 – 2030: 1.799 graaddagen)

→ CO₂-emissies

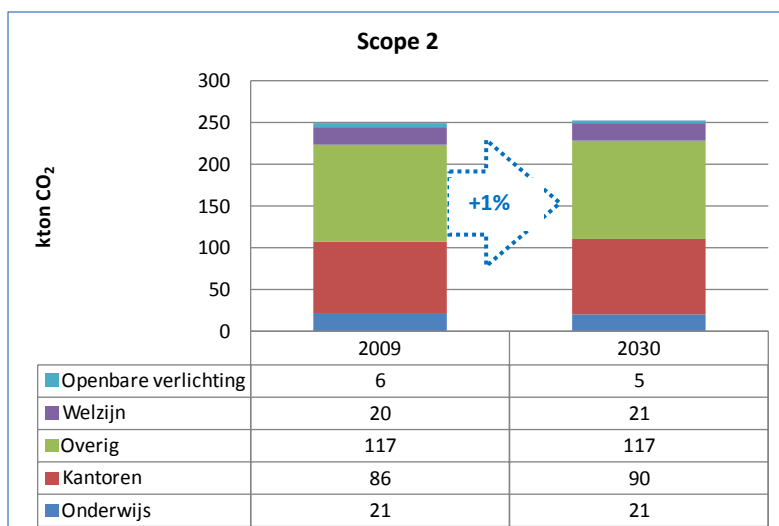
In het referentiescenario schatten we voor 2030 de CO₂-emissies van de tertiaire sector op ca. 206 kton (scope 1) of een reductie van ca. 15% ten opzichte van 2009. De reductie in CO₂ emissies is groter in vergelijking met de energiebesparing omwille van de brandstofomschakeling van stookolie naar aardgas.

Indien we de reductie in het elektriciteitsverbruik vermenigvuldigen met de emissiefactor uit de CO₂-inventaris van 2009 (88 kton CO₂ per PJ), kunnen we stellen dat de CO₂-uitstoot (scope 2) lichtjes toeneemt met ca. 1% of 4 kton ten opzichte van 2009.

In volgende grafieken worden, per subsector, de scope 1 en scope 2 emissies weergegeven voor 2009 en 2030.



Figuur 16: Referentiescenario CO₂ emissies (scope 1) tertiaire sector (2009-2030)



Figuur 17: Referentiescenario CO₂ emissies (scope 2) tertiaire sector (2009-2030)

4.3. INDUSTRIËLE SECTOR

4.3.1. ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT 2009

In 2009 bedroeg het totale netto-energieverbruik van de industrie in Gent ca. 85 PJ (Van Hyfte, 2012). De subsector “ijzer en staal” is verantwoordelijk voor ca. 84% van het energieverbruik (voornamelijk kolen en cokes).

De totale CO₂-uitstoot (scope 1) bedroeg ca. 6.260 kton in 2009 (Van Hyfte, 2012). Voor de subsectoren “ijzer & staal” en “papier & uitgeverijen” werd uitgegaan van de CO₂-uitstoot uit de ETS-rapportage (<http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/co2-emissiehandel/vaste-installaties-1/>). Voor de overige subsectoren werd de CO₂-uitstoot berekend uitgaande van het energieverbruik per energiedrager en de gerelateerde emissiefactor. Ongeveer 90% van de emissies werd veroorzaakt door de subsector “ijzer en staal”. De CO₂-emissies door het gebruik van elektriciteit (scope 2) bedroegen ca. 718 kton.

De industrie in Gent telde 13 ETS-bedrijven in 2009, verantwoordelijk voor ongeveer 98% van de CO₂-emissies. Tabel 7 illustreert dat, afhankelijk van de subsector, het aandeel van de ETS-bedrijven in de CO₂-emissies kan variëren van 0% tot 100%.

Tabel 7: Aandeel dat ETS-bedrijven vertegenwoordigen in de CO₂-emissies (2009)

Subsector	aandeel niet-ETS	aandeel ETS
IJzer en staal	0%	100%
Non-ferro	100%	0%
Chemie	22%	78%
Voeding, dranken en tabak	46%	54%
Papier en uitgeverijen	0%	100%
Minerale niet-metaalproducten	74%	26%
Metaalverwerkende nijverheid	27%	73%
Textiel, leder en kleding	25%	75%
Andere industrieën	7%	93%

Bron: Van Hyfte (2012)

4.3.2. REFERENTIESCENARIO 2030

We bepalen de CO₂-uitstoot in 2030 op basis van projecties van de finale energieverbruiken in 2030 en de emissiefactoren (per eenheid energiedrager) zoals opgelijst in Tabel 3. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 3.2, gaat het referentiescenario uit van de meest recente CO₂-inventaris (van 2009) en brengt de impact van autonome evoluties, zoals economische groei, en het bestaand (beslist) energie- en klimaatbeleid (Gent, Vlaanderen, België, EU) in rekening voor de tijdshorizon 2009 – 2030.

→ Finaal energieverbruik

We veronderstellen in het referentiescenario dat het energieverbruik (brandstof, elektriciteit) afhankelijk is van de evolutie in productievolumes. We gaan in deze studie uit van de aannames die gemaakt werden in het kader van de energie- en broeikasgasprognoses voor Vlaanderen (VITO in

opdracht van LNE, 2011). We hebben in het kader van voorliggende studie de groei gecorrigeerd voor de economische groeivertraging in 2011, 2012 en 2013. Door het Federaal Planbureau werd dd. 14/09/2012 de groei bijgesteld naar respectievelijk 1,8%, -0,1% en 0,7%. We komen op die manier tot een gemiddelde groei van het finaal energieverbruik van ca. 25% (excl. ijzer & staal) in 2030 ten opzichte van 2009 (of ca. 1% per jaar).

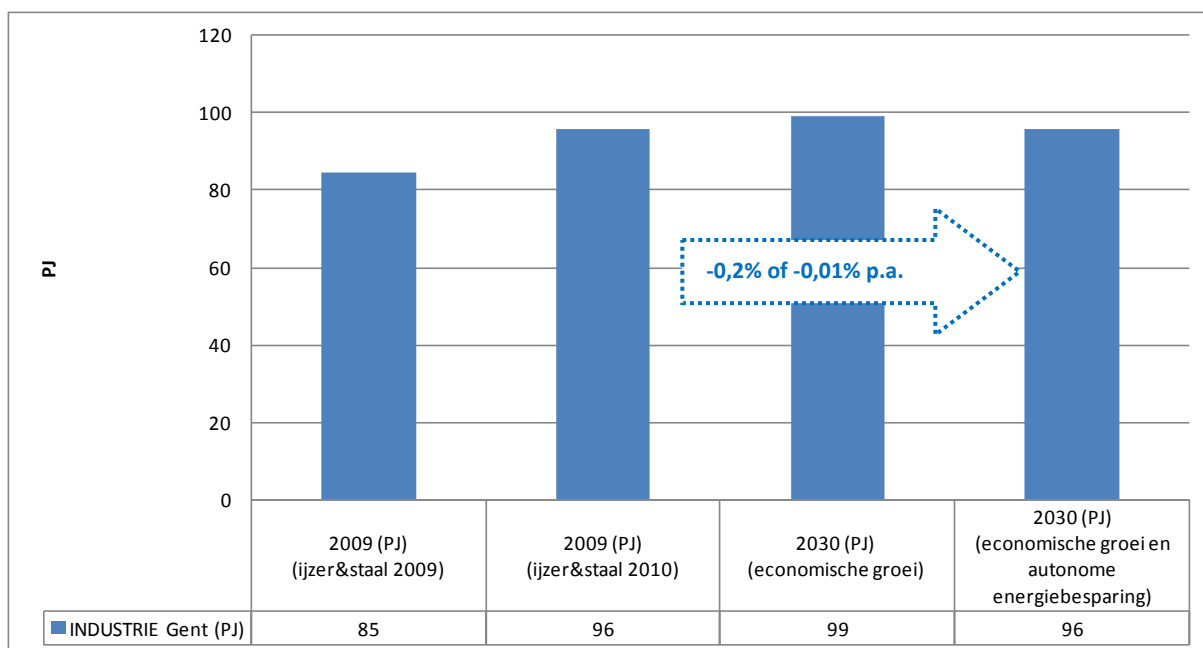
We veronderstellen dat de groei ingevuld wordt door nieuwe capaciteit en niet gerealiseerd wordt binnen de bestaande capaciteit. Hierbij volgen we per subsector dezelfde aannames als in de SERPEC-CC-studie (Overgaag et al., oktober 2009). In deze studie wordt verondersteld dat de nieuwe capaciteit wordt ingevuld met de Best Beschikbare Technieken (BBT) die, afhankelijk van de subsector, ca. 20% à 40% energie-efficiënter zijn dan de bestaande capaciteit. Naar analogie met voornoemde SERPEC-CC-studie veronderstellen we een autonome vervanging of retrofit van de bestaande capaciteit door de BBT. Op die manier komen we tot de aanname dat in 2030 ca. 50% van het energieverbruik van chemie, minerale niet-metaal, papier en uitgeverijen en 100% van het energieverbruik van de andere industrie gereduceerd wordt met 20% à 40%.

Voor de subsector “ijzer & staal” veronderstellen we dat de energieverbruiken en CO₂-uitstoot ongewijzigd blijven. We gaan wel uit van de energieverbruiken (Energiebalans Vlaanderen, betrouwbaar) en CO₂-uitstoot voor het jaar 2010 in plaats van 2009. In 2009 werden uitzonderlijk lage emissies gerapporteerd omdat in de eerste helft van 2009 één van de twee hoogovens van Arcelor Mittal niet in werking was. Volgens de ETS-rapportering (<http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/co2-emissiehandel/vaste-installaties-1/>) bedroeg de uitstoot in 2010 ca. 8.017 kton CO₂.

We veronderstellen dat de energiemix niet wijzigt. Aardgas vertegenwoordigt reeds 90% van het brandstofverbruik (excl. ijzer en staal). Het resterend verbruik van stookolie is voornamelijk back-up of opstart fuel. Bijgevolg blijft de verdeling van het totale energieverbruik over de verschillende energiedragers in 2030 ongewijzigd ten opzichte van 2009.

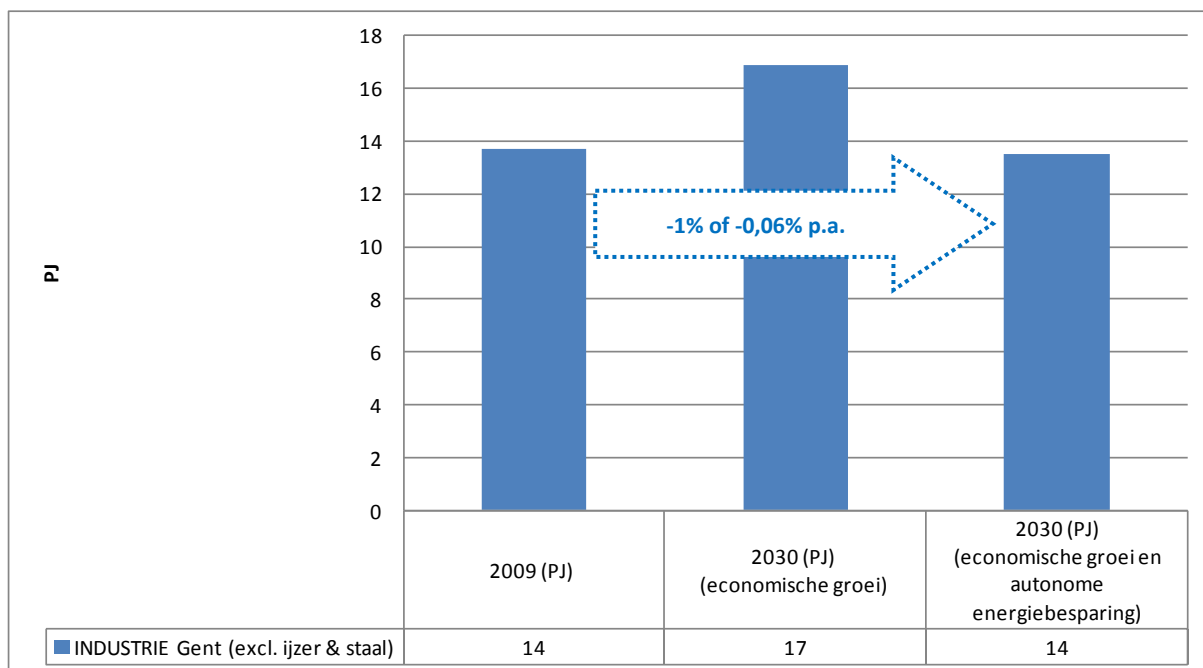
We veronderstellen dat de hoeveelheid geleverde warmte in 2030 ongewijzigd blijft ten opzichte van 2009 of ca. 2 PJ.

De doorrekening van de groei en autonome besparing doet het finaal energieverbruik in 2030 dalen met 0,2% ten opzichte van 2009 (ijzer & staal cijfers 2010!) of ca. 0,01% per jaar. Het finaal energieverbruik in 2030 bedraagt ca. 96 PJ (incl. ijzer & staal en geleverde warmte). In volgende figuur vergelijken we het energieverbruik voor 2009 met het verbruik in het referentiescenario 2030, rekening houdend met (gecorrigeerde) economische groei en autonome energiebesparing.



Figuur 18: Referentiescenario finaal energieverbruik industrie (2009 – 2030) – inclusief ijzer & staal

Indien we het verbruik van de subsector “ijzer & staal” niet meenemen in de berekeningen dan daalt het finaal energieverbruik met ca. 1% ten opzichte van 2009 of met ca. 0,06% per jaar. Het finaal energieverbruik in 2030 bedraagt ca. 14 PJ (excl. ijzer & staal, incl. geleverde warmte).

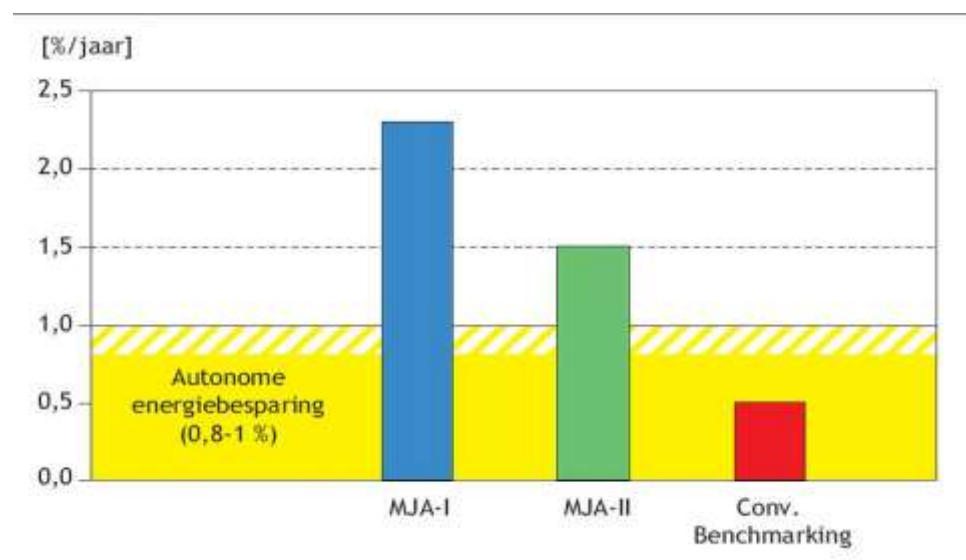


Figuur 19: Referentiescenario finaal energieverbruik industrie (2009 – 2030) – exclusief ijzer & staal

Ten opzichte van de uitstoot in 2030, waarbij enkel economische groei wordt doorgerekend, wordt het finaal energieverbruik gereduceerd met 20% of ca. 1% per jaar. Een jaarlijkse besparing van het finaal energieverbruik met ca. 1% lijkt ons een realistische aanname. Het merendeel van het

energieverbruik van de verschillende subsectoren in Gent kan immers toegewezen worden aan een beperkt aantal energie-intensieve bedrijven. Het gaat bijgevolg over bedrijven waarvan we kunnen veronderstellen dat ze energiebesparende maatregelen hebben genomen of plannen, niet alleen binnen het huidige beleidskader van ETS, benchmark- of auditconvenant, nieuwe energiebeleidsovereenkomst met industrie (Persbericht Vlaamse Regering 7/11/2012) maar ook vanuit puur economische overwegingen (energieverbruik is een belangrijke kostenpost). We veronderstellen ook dat de investering plaatsvindt bij vervanging of uitbreiding van de bestaande capaciteit. Dergelijke investeringen in “core business” of “venture capital”, vinden gemakkelijker aansluiting bij de investeringscyclus van bedrijven.

In Nederland heeft CE Delft, in opdracht van de Algemene Rekenkamer, de kosten en effecten geëvalueerd ten aanzien van energiebesparing in de Nederlandse industrie en energiesector van 1995 tot en met 2008 (CE Delft, december 2011). Het energiebesparingstempo lag in de periode van de meerjarenafspraken (MJA) hoger dan het “autonome” tempo (zonder beleid) dankzij een combinatie van meerjarenafspraken en ondersteunend beleid zoals subsidies, energie-investeringsaftrek en energiebelastingen. In de periode van het convenant benchmarking lag het besparingsritme lager dan het “autonome” tempo, o.a. omdat het “laaghangend fruit” al geplukt was maar ook door een gebrek aan beleidsdruk.



Figuur 20: Effectiviteit convenanten in Nederland

Bron: CE Delft (december 2011)

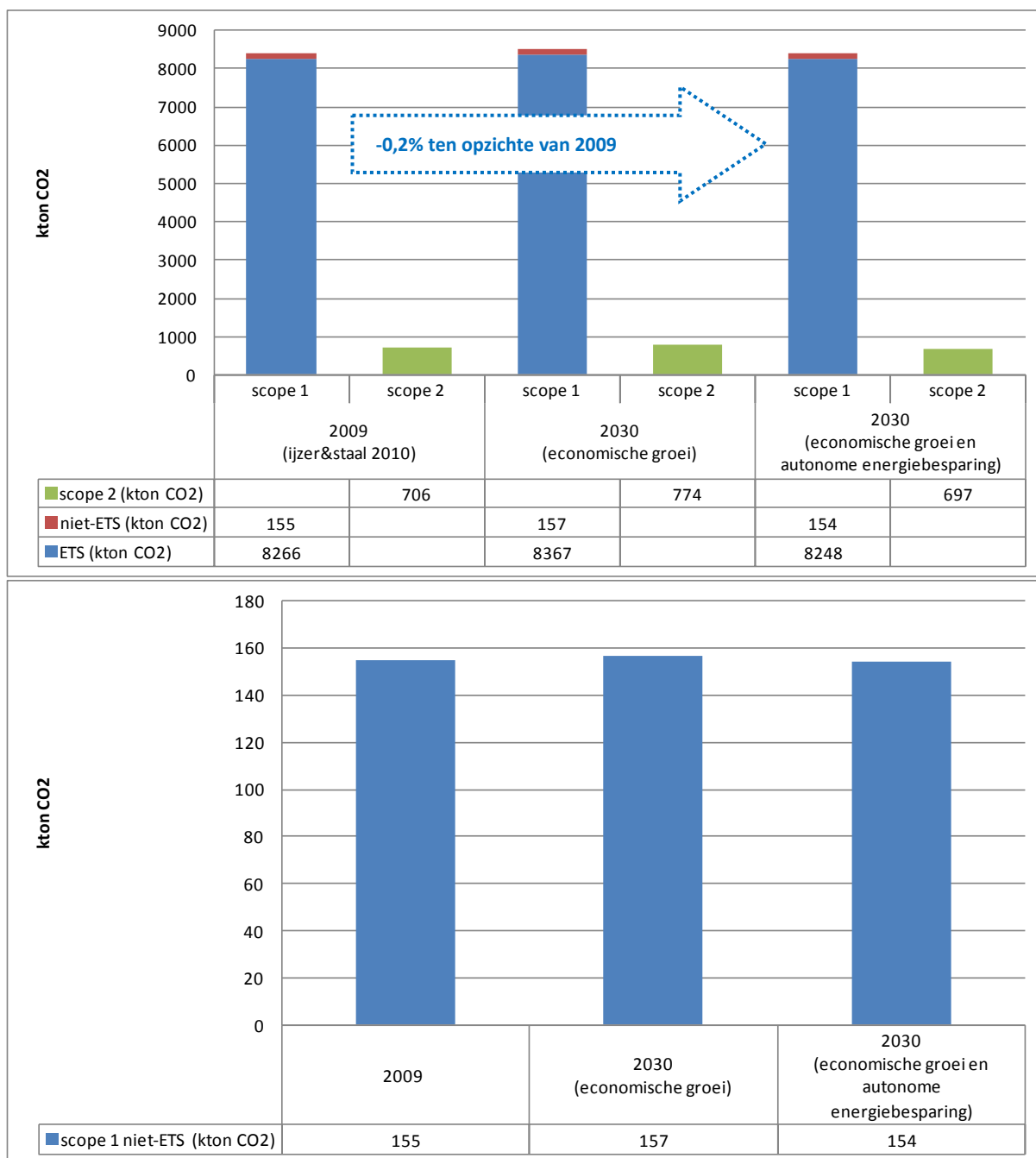
→ CO₂-emissies

We bepalen de CO₂-uitstoot in 2030 op basis van projecties van de finale energieverbruiken in 2030 en de emissiefactoren die in de CO₂-inventaris 2009 (Van Hyfte, 2012) gebruikt werden. Voor een overzicht van de emissiefactoren verwijzen we naar Tabel 3.

In het referentiescenario schatten we voor 2030 de CO₂-emissies van industrie op ca. 8.403 kton (scope 1) of een reductie van ca. 0,2% ten opzichte van 2009 (ijzer & staal cijfers 2010!). Indien we abstractie maken van de subsector “ijzer & staal”, daalt de CO₂-uitstoot (scope 1) met ca. 5% ten opzichte van 2009.

Indien we de reductie in het elektriciteitsverbruik vermenigvuldigen met de emissiefactor uit de CO₂-inventaris van 2009 (88 kton CO₂ per PJ), kunnen we stellen dat de CO₂-uitstoot (incl. ijzer & staal) gedaald is met ca. 0,3 % ten opzichte van 2009.

In volgende grafieken wordt voor de scope 1 emissies een onderscheid gemaakt tussen ETS en niet-ETS op basis van het aandeel in de CO₂-inventaris 2009, i.e. 98% ETS en 2% niet-ETS.



Figuur 21: Referentiescenario CO₂-emissies industrie, met zoom op scope 1 emissies niet-ETS bedrijven (2009 – 2030)

4.4. VERKEER EN VERVOER

4.4.1. CO₂-UITSTOOT 2009

In 2009 bedroeg de totale CO₂-uitstoot ca. 418 kton (Van Hyfte, 2012). De CO₂-uitstoot gerelateerd aan het verkeer over de weg vertegenwoordigt het grootste aandeel of ca. 85%. De CO₂-emissies als gevolg van het elektriciteitsverbruik (scope 2) waren beperkt in 2009 of ca. 12 kton. Laatstgenoemde emissies zijn gerelateerd aan het elektriciteitsverbruik door treinen en trams (openbaar vervoer).

4.4.2. REFERENTIESCENARIO 2030

De CO₂-uitstoot voor 2030 wordt voor het merendeel van de transportmodi ingeschat op basis van projecties van de activiteitsniveaus (bv. aantal voertuigkilometers of vkm) en de emissiefactoren (bv. g CO₂ per voertuigkilometer).

In overleg met de opdrachtgever (e-mail dd. 20/06/2012) houden we de projecties voor internationale scheepvaart, binnenvaart, recreatievaart en havengebonden machines, die opgemaakt werden in het kader van de CO₂-nulmeting (Van Hyfte, 2010), ongewijzigd.

→ Activiteitsniveaus

Voor de projecties van de activiteitsniveaus voor **vervoer over de weg** zijn we uitgegaan van drie gegevensbronnen:

- Het aantal voertuigkilometers dat in 2007 werd afgelegd op het grondgebied van Gent, zoals afkomstig uit de CO₂- nulmeting voor de stad Gent (Van Hyfte, 2010).
- De groei van het aantal kilometers op nationaal niveau, afkomstig uit de projecties van het Federaal Planbureau (2012).
- De verdeling van het aantal voertuig km (vkm) dat in 2030 nationaal zal worden afgelegd door elk voertuigtype – hiervoor maken we gebruik van de projecties uit het transportmodel van VITO of het E-MOTION model.

Het transportmodel van VITO biedt voor volgende propulsietechnologieën projecties met betrekking tot de kostprijs per km en de emissies per km:

- GAS: benzine (met toevoeging van 5% bioethanol tegen 2030)
- DIES: diesel (met toevoeging van 5 % biodiesel tegen 2030)
- LPG : LPG
- CNG :CNG
- BEV: volledig elektrische voertuigen op batterijen
- H2FUELCELL: waterstof met brandstofcellen
- H2ICE: waterstof in verbrandingsmotor
- GASHYBRCS: hybride voertuigen met benzine
- DIESHYBRCS : hybride voertuigen met diesel
- GASPHEV: plug-in hybride voertuigen met benzine
- DIESPHEV: plug-in hybride voertuigen met diesel

We gaan er van uit dat het aantal voertuigkilometers op het gebied van Gent even snel groeit als het nationaal gemiddelde, en dat de verdeling over de verschillende voertuigtypes proportioneel is met de verdeling op nationaal niveau.

Voor het **personenvervoer over de weg** gaan we uit van een groei van ca. 19% in 2030 ten opzichte van 2007. In onderstaande tabel wordt voor de verschillende voertuigtypes een overzicht gegeven van het aantal voertuigkilometers in 2030.

Tabel 8: Aantal voertuigkilometers (vkm) per voertuigtype voor personenvervoer over de weg (2030)

fuel_technology	miljoenen vkm (nationaal)	miljoenen vkm (Gent)
BEV	652	26
CNG	401	16
DIES	33.466	1.321
DIESHYBRCS	2.302	91
DIESPHEV	3.293	130
GAS	5.639	223
GASHYBRCS	3.067	121
GASPHEV	3.911	154
H2FUELCELL	75	3
H2ICE	65	3
LPG	164	6
Totaal	53.035	2.094

Voor het **zwaar goederenvervoer** over de weg gaan we, in overeenstemming met de projecties van het Federaal Planbureau, uit van een groei van ca. 68% in 2030 ten opzichte van 2007. In onderstaande tabel staat het aantal voertuigkilometers in 2030 voor de verschillende voertuigtypes.

Tabel 9: Aantal voertuigkilometers per voertuigtype voor zwaar goederenvervoer over de weg (2030)

fuel_technology	miljoenen km (nationaal)	miljoenen km (Gent)
Diesel	9.083,92	239,80
DIESHYBRCS	6,67	0,18
DIESPHEV	41,61	1,10
Totaal	9.132,20	241,08

Voor het **goederenvervoer over de weg per bestelwagen** gaan we ook uit van een groei van ca. 68% in 2030 ten opzichte van 2007. In onderstaande tabel staat het aantal voertuigkilometers in 2030 voor de verschillende voertuigtypes.

Tabel 10: Aantal voertuigkilometers per voertuigtype voor goederenvervoer per bestelwagen over de weg (2030)

fuel_technology	miljoenen km (nationaal)	miljoenen km (Gent)
CNG	59,82	0,96
Diesel	6.117,33	98,61
Diesel Hybrid CS	427,12	6,88
Diesel Hybrid PHEV	636,43	10,26
Fuel Cell H2	11,81	0,19
LPG	23,61	0,38
Petrol	111,78	1,80
Totaal	7.387,89	119,09

Voor het **personenvervoer met de bus** gaan we, in overeenstemming met de projecties van het Federaal Planbureau, uit van een reductie met ca. 22% in 2030 ten opzichte van 2007. In onderstaande tabel wordt voor de verschillende voertuigtypes een overzicht gegeven van het aantal voertuigkilometers in 2030.

Tabel 11: Aantal voertuigkilometers per voertuigtype voor personenvervoer per bus (2030)

fuel_technology	miljoenen km (nationaal)	miljoenen km (Gent)
CNG	7,11	0,15
Diesel	266,22	6,99
Diesel Hybrid CS	9,36	0,25
Diesel Hybrid PHEV	31,81	0,83
Fuel Cell H2	4,85	0,13
Totaal	319,34	8,34

In het geval van **spoorvervoer** zijn we, zowel voor wat betreft het aantal kilometers op het grondgebied van Gent, als voor wat betreft de verdeling over de verschillende soorten locomotieven, uitgegaan van gegevens die de NMBS heeft aangeleverd in het kader van de CO₂-nulmeting (Van Hyfte, 2010). Voor de groei van het aantal kilometers hebben we ons gebaseerd op de projecties van het Federaal Planbureau (2012): 43% voor het personenvervoer en 72% voor het goederenvervoer in 2030 ten opzichte van 2007. We hebben het aantal kilometers dat afgelegd wordt door rangeerlocomotieven gelijkgesteld aan ca. 6% van het totaal aantal kilometers.

Tabel 12: Aantal bruto tonkilometers per type locomotief (2030)

technologie	type trein	miljoen bruto-tkm
elektrisch	goederen	651
elektrisch	IC	390
elektrisch	IR	151
elektrisch	L	27
Totaal elektrisch		1.219
diesel	goederen	330
diesel	L	47
Totaal diesel		377

Voor het **vervoer per tram** zijn we uitgegaan van het elektriciteitsverbruik door trams en trolleys in Gent in 2007 (of ca. 11 GWh), zoals door De Lijn aangeleverd in het kader van de CO₂-nulmeting (Van Hyfte, 2010). Ca. 87% van dit verbruik is toe te schrijven aan trams. Voor de groei van het aantal kilometers hebben we ons gebaseerd op de projecties van het Federaal Planbureau (2012), i.e. ca. 7% gecumuleerde groei tegen 2030.

→ **Emissiefactoren**

Voor de (directe) CO₂-emissies (scope 1) van personenwagens maken we gebruik van de emissiefactoren (EF) uit E-MOTION (projecties 2030).

Tabel 13: Emissiefactoren personenwagens in g CO₂ per voertuigkilometer (2030)

fuel_technology	EF_g_km
CNG	111
DIES	130
DIESHYBRCS	107
DIESPHEV	45
LPG	139
GAS	135
GASHYBRCS	103
GASPHEV	44

Volgende tabel geeft een overzicht van de CO₂-emissiefactoren voor zware vrachtwagens. Deze emissiefactoren worden uitgedrukt als een functie van het aantal voertuigkilometers. Dat is natuurlijk alleen een geldige methode indien de beladingsgraad van de vrachtwagens niet wijzigt door de tijd. Voor de CO₂-uitstoot gerelateerd aan het verbruik van elektriciteit gaan we (bij de PHEV) uit van een (indirecte) emissiefactor van 87,97 kton CO₂ per PJ.

Tabel 14: Emissiefactoren zware vrachtwagens in g CO₂ per voertuigkilometer (2030)

fuel_technology	EF_g_km
DIES	649
DIESHYBRCS	327
DIESPHEV	313

Volgende tabel geeft een overzicht van de CO₂-emissiefactoren voor lichte vrachtwagens. Deze emissiefactoren worden uitgedrukt als een functie van het aantal voertuigkilometers. Dat is natuurlijk alleen een geldige methode indien de beladingsgraad van de vrachtwagens niet wijzigt door de tijd.

Tabel 15: Emissiefactoren lichte vrachtwagens in g CO₂ per voertuigkilometer (2030)

fuel_technology	EF_g_km
CNG	188
DIES	197
DIESHYBRCS	160
DIESPHEV	65
Fuel Cell H2	0
LPG	130
Petrol	226

Volgende tabel geeft een overzicht van de CO₂-emissiefactoren voor bussen.

Tabel 16: Emissiefactoren bussen in g CO₂ per voertuigkilometer (2030)

fuel_technology	EF_g_km
CNG	569
DIES	603
DIESHYBRCS	472
DIESPHEV	192
Fuel Cell H2	0

Voor dieseltreinen gebruiken we de CO₂-emissiefactoren per bruto tonkilometer in volgende tabel.

Tabel 17: Emissiefactoren treinen in g CO₂ per bruto tonkilometer (2030)

train_type	EF_g_gh tkm
Goods	13
Passengers	31

Een aantal van de voertuigen (BEV= volledig elektrische voertuigen op batterijen, GASPHEV= plug-in hybride voertuigen met benzine, DIESPHEV= plug-in hybride voertuigen met diesel), treinen en trams verbruiken ook elektriciteit. Voor de inschatting van de (indirecte) CO₂-emissies gerelateerd aan het verbruik van elektriciteit (scope 2), gebruiken we de emissiefactor van 87,97 kton CO₂ per PJ.

We willen hierbij opmerken dat voornoemde emissiefactoren enkel de directe CO₂-emissies in rekening brengen. Deze emissiefactoren kunnen afwijken van inschattingen waarbij ook rekening gehouden wordt met de indirecte emissies. In volgende tabel geven we voor de energiedragers van de transportsector in België een overzicht van emissiefactoren van broeikasgassen en enkele luchtverontreinigende pollutanten, waarbij tevens rekening gehouden wordt met de uitstoot tijdens productie en transport van de energiedragers (De Vlieger et al., 2011).

Voor de zeer hoge indirecte emissiefactoren voor waterstof vallen hierbij op. Een rapport van de European Conference of Ministers of Transport (2007) heeft aangetoond dat deze emissiefactoren enorm gevoelig zijn voor de bron van waterstof: de emissiefactoren kunnen variëren van 7 gram CO₂eq per km (elektrolyse van water door elektriciteit opgewekt met kernenergie) tot 196 gram CO₂eq per km (elektrolyse van water door elektriciteit opgewekt met de bestaande energy mix binnen de EU). Deze opmerking geldt natuurlijk ook voor de productie van elektriciteit die verbruikt wordt in elektrische voertuigen. Ook in het geval van CNG kunnen de indirecte emissies bijna met een factor 3 van elkaar verschillen naar gelang de geografische oorsprong van het gas (Edwards et al., 2008).

Tabel 18: Evolutie emissiefactoren gerelateerd aan productie en transport van energiedragers in de transportsector in België (in g per MJ)

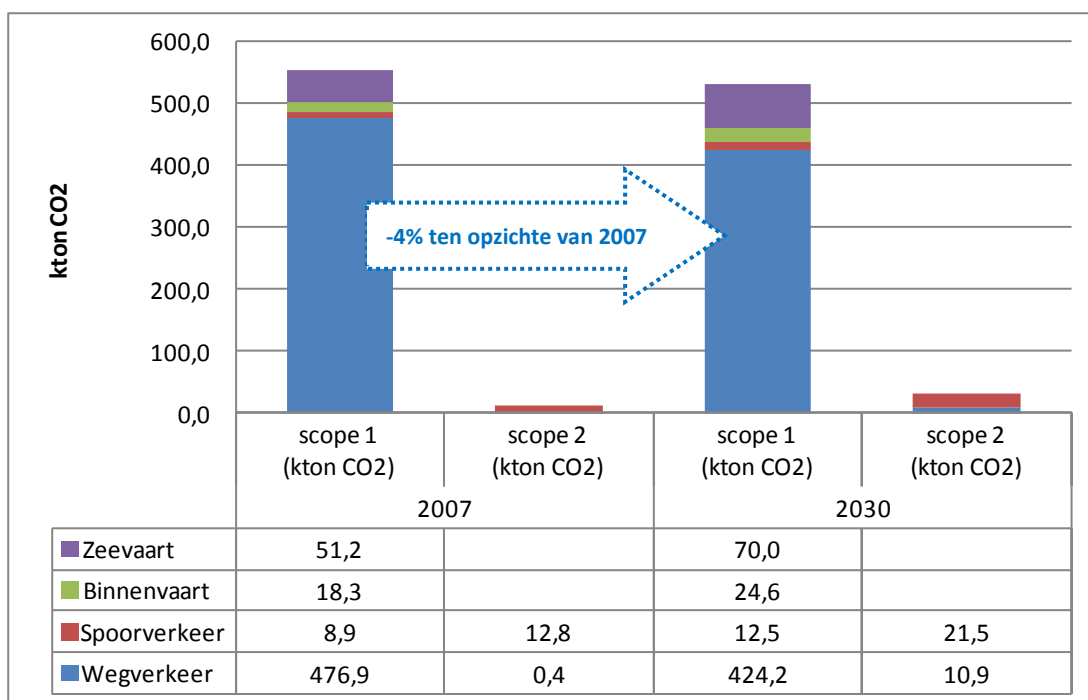
Energy carrier	Source	CO ₂ eq			NO _x			PM			NMVOC			SO ₂		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
diesel	crude oil	14.5	16.0	17.5	0.021	0.018	0.018	0.002	0.002	0.002	0.088	0.088	0.088	0.053	0.050	0.050
petrol	crude oil	12.9	14.6	16.4	0.026	0.022	0.022	0.003	0.003	0.003	0.211	0.211	0.211	0.063	0.059	0.059
LPG	crude oil	8.1	8.5	8.9	0.020	0.017	0.017	0.002	0.002	0.002	0.057	0.057	0.057	0.030	0.028	0.028
kerosene	crude oil	14.2	16.1	18.1	0.299	0.256	0.256	0.002	0.002	0.002	0.211	0.211	0.211	0.052	0.049	0.049
diesel oil	crude oil	11.5	12.7	13.9	0.017	0.014	0.014	0.002	0.002	0.002	0.088	0.088	0.088	0.043	0.040	0.040
HFO	crude oil	10.1	11.3	12.6	0.017	0.014	0.014	0.002	0.002	0.002	0.088	0.088	0.088	0.043	0.040	0.040
biodiesel	mix	44.6	35.3	32.8	0.143	0.090	0.036	0.033	0.021	0.008	0.018	0.018	0.018	0.080	0.050	0.020
FT-diesel	farmed wood		6.9	6.9	0.101	0.063	0.025	0.021	0.013	0.005	0.027	0.027	0.027	0.043	0.027	0.011
bio-ethanol	mix	40.8	33.9	27.0	0.178	0.111	0.044	0.192	0.120	0.048	0.023	0.023	0.023	0.087	0.054	0.022
CNG	natural gas	12.6	15.0	17.4	0.011	0.011	0.011	0.001	0.001	0.001	0.028	0.028	0.028	0.017	0.017	0.017
biogas	mix	20.5	18.6	16.7	0.022	0.014	0.005	0.005	0.003	0.001	0.005	0.005	0.005	0.012	0.008	0.003
electricity	mix	85.0	97.0	109.0	0.079	0.060	0.045	0.001	0.001	0.003	0.004	0.004	0.004	0.028	0.021	0.019
hydrogen	mix	112.8	139.0	126.1	0.078	0.084	0.090	0.003	0.005	0.007	0.039	0.111	0.183	0.020	0.022	0.023

Bron: De Vlieger et al. (2011)

→ CO₂-uitstoot

De CO₂-uitstoot (scope 1) wordt voor het referentiescenario 2030 geschat op ca. 531 kton of een reductie van 4% ten opzichte van 2007. De uitstoot gerelateerd aan het vervoer over de weg daalt met ca. 11% in 2030 ten opzichte van 2007. De uitstoot van de andere emissiebronnen neemt toe met 34% (binnenvaart, recreatievaart, havengebonden machines), 37% (internationale scheepvaart) en 41% (spoorverkeer). De toename van het aantal kilometers wordt gecompenseerd door de inzet van technologieën met een lagere CO₂-uitstoot per kilometer.

De CO₂-uitstoot gerelateerd aan het verbruik van elektriciteit wordt geschat op ca. 32 kton of meer dan een verdubbeling ten opzichte van de uitstoot in 2007. Deze toename is gerelateerd aan de inzet van meer elektrische treinen, trams en elektrische voertuigen op de weg.



Figuur 22: Referentiescenario CO₂-emissies transport (2009 – 2030)

Noot: binnenvaart omvat eveneens recreatievaart en havengebonden machines

4.5. LOKALE ENERGIEPRODUCTIE (EXCL. AFVALVERBRANDING)

4.5.1. ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT 2009

De lokale energieproductie omvat de productie van warmte en elektriciteit door WKK (in samenwerking met elektriciteitsproducent) en hernieuwbare energieproductie (PV, wind, waterkracht). De verbranding van afval met energierecuperatie door IVAGO wordt besproken in paragraaf 4.6. De productie van groene stroom door RWZI Gent wordt besproken in paragraaf 0.

Voor de productie van warmte en elektriciteit door WKK zelfproducenten verwijzen we naar de sector industrie.

In de CO₂-inventaris voor 2009 bedraagt de totale CO₂-uitstoot van deze sector ca. 1.700 kton CO₂ (Van Hyfte, 2012). Het totale verbruik van de centrales en WKK's (in samenwerking met een elektriciteitsproducent) bedraagt ca. 46 PJ en bestaat voornamelijk uit aardgas (56%), hoogovengas (20%) en biomassa (7%). De hernieuwbare stroomproductie door PV en wind bedraagt ca. 0,2 PJ.

4.5.2. REFERENTIESCENARIO 2030

Voor een inschatting van het toekomstige energieverbruik en de gerelateerde CO₂-uitstoot baseren we ons op concrete plannen voor uitbreiding van capaciteit op het stedelijk grondgebied die vóór 2030 effectief gerealiseerd worden (of ondertussen gerealiseerd werden).

→ Centrale productie elektriciteit en warmte

We veronderstellen in het referentiescenario geen bijkomende groei, efficiëntieverbetering of brandstofomschakeling. We gaan wel uit van de meest recente (2011) cijfers over brandstofverbruik (Energiebalans Vlaanderen, vertrouwelijk) en CO₂-uitstoot op basis van de ETS-rapportage (<http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/co2-emissiehandel/vaste-installaties-1/>). De CO₂-uitstoot in 2011 ligt gevoelig lager dan de CO₂-inventaris 2009 (ca. 58%). De daling in CO₂-uitstoot kan enerzijds verklaard worden door een wijziging in het productiepark (SPE Taminco, Max Green en Knippegroen). Anderzijds lag de netto-elektriciteitsproductie in 2011 ca. 23% lager ten opzichte van 2009 (of ca. 14 PJ in 2011 en ca. 18 PJ in 2009).

In volgende tabel geven we voor de installaties die vallen binnen de subsector centrale productie elektriciteit en warmte een overzicht van het vermogen en type brandstof.

Tabel 19: Overzicht centrales en WKK in samenwerking met elektriciteitsproducent (2011)

Installatie	Vermogen	Eenheid	Brandstof
Knippegroen	305	MWe	Hoogovengas
Rodenhuize (Max Green)	180	MWe	Biomassa
SPE Gent Ham (STEG)	52	MWe	Aardgas
SPE Gent Ringvaart (STEG)	357	MWe	Aardgas
SPE Taminco (WKK ism)	6,3	MWe	Aardgas
Langerbrugge (WKK) (*)	230	MWth	Aardgas

(*) produceerde in 2011 enkel nog warmte

We schatten het brandstofverbruik in 2030 op ca. 36 PJ, i.e. daling met ca. 23% ten opzichte van CO₂-inventaris 2009, inclusief verbruik van hoogovengas. In 2030 schatten we de **CO₂-uitstoot** op **ca. 707 kton**, i.e. daling met ca. 58% ten opzichte van CO₂-inventaris 2009. De emissies gerelateerd aan het verbruik van hoogovengas werden reeds in rekening gebracht bij de productie van hoogovengas (cf. sector industrie).

→ **Wind**

De huidige capaciteit aan grootschalige windturbines bedraagt ca. 42 MWe (VREG-statistieken geïnstalleerd vermogen per gemeente, dd. 23/08/2012), waarvan 32 MWe in het havengebied gelegen is. We veronderstellen geen bijkomende capaciteit in het referentiescenario 2030.

→ **Fotovoltaïsche panelen (PV)**

De huidige capaciteit aan fotovoltaïsche panelen bedraagt ca. 34.415 kWp. Het betreft hier zowel PV met een vermogen > 10 kWe als PV bij particulieren (VREG-statistieken geïnstalleerd vermogen per gemeente, dd. 23/08/2012). We veronderstellen geen bijkomende capaciteit in het referentiescenario 2030. Volgens de marktcijfers van de VREG (<http://www.vreg.be/maandelijke-statistieken-groene-stroom>) is het aantal installaties in 2012 sterk teruggelopen ten opzichte van 2011, o.a. als gevolg van de afbouw van de steun uit groene stroomcertificaten.

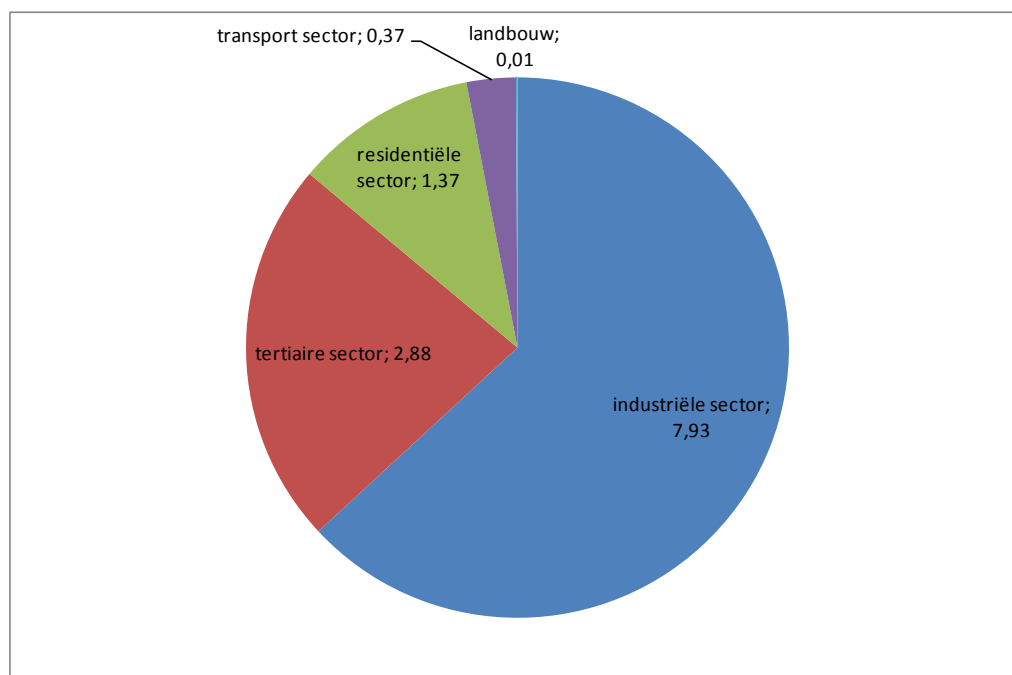
→ **Netto-elektriciteitsproductie en elektriciteitsverbruik**

Op basis van de aannames in het referentiescenario, schatten we de **(netto) elektriciteitsproductie** door lokale centrales (WKK), PV en wind op **ca. 14,6 PJ** in 2030.

Tabel 20: Elektriciteitsproductie in 2030 op basis van aannames referentiescenario (in PJ)

Installatie	PJ
centrales & WKK in samenwerking met elektriciteitsproducent	14,2
PV	0,11
wind	0,2
IVAGO (cf. paragraaf 4.6)	0,1
TOTAAL	14,6

Het totale **elektriciteitsverbruik** schatten we voor het referentiescenario op **ca. 12,6 PJ**. Dit is een beperkte daling van het verbruik met ca. 0,4% ten opzichte van de CO₂-inventaris 2009. De sector industrie vertegenwoordigt een aandeel van ca. 63% in het totale elektriciteitsverbruik in 2030. De subsector “ijzer & staal” in het bijzonder vertegenwoordigt een aandeel van ca. 41%. Het aandeel van de tertiaire, residentiële en transport sector in het elektriciteitsverbruik in 2030 is respectievelijk gelijk aan 23%, 11% en 3%.



Figuur 23: Elektriciteitsverbruik per sector in het referentiescenario 2030 (in PJ)

4.6. AFVALVERBRANDING

4.6.1. ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT 2009

De afvalverbrandingsoven van IVAGO heeft een capaciteit van 100.000 ton afval per jaar en is voorzien van een energierecuperatie-eenheid. In 2009 werd er door IVAGO 100.523 ton afval verbrand. Er werd 311 kton stoom geproduceerd of 278.135 MWh thermische energie. De stoom werd gebruikt voor heropwarming van de rookgassen en verwarming van eigen gebouwen (ca. 32 GWhth). Via een stoomnet werd stoom geleverd aan het UZ Gent of ca. 42 GWh thermische energie. Er werd tevens elektriciteit geproduceerd, namelijk ca. 24 GWhe, waarvan ca. 12 GWhe op het net werd gezet. (Jaarverslag IVAGO, 2009).

In 2009 bedroeg de uitstoot van IVAGO **ca. 53 kton CO₂** (Van Hyfte, 2012). Voor verbranding van afval wordt voor de hernieuwbare fractie van het afval uitgegaan van een emissiefactor van 0 ton CO₂ per PJ. Voor de niet-hernieuwbare fractie gaan we uit van een emissiefactor van 111 ton CO₂ per PJ. Tot 2008 wordt 41,075% van de totale afvalfractie als hernieuwbaar beschouwd (Jespers et al., februari 2011). Dit percentage werd bepaald aan de hand van sorteeranalyses van de huisvuilzak en de verbrandingswaarden van de verschillende fracties. Met ingang vanaf 1 juli 2009 werd de hernieuwbare fractie vastgelegd op 47,78% volgens het besluit van de Vlaamse Regering van 5 juni 2009 (Jespers et al., februari 2011).

4.6.2. REFERENTIESCENARIO 2030

De hoeveelheid afval die verbrand, gestort en gecomposteerd wordt, hangt samen met de bevolkingsgroei (huishoudelijk afval) en economische groei (bedrijfsafval) maar ook met het afvalbeleid dat gevoerd wordt vanuit Europa (bv. Waste Directive (2006/12/EC), Waste

Management Directive (2008/98/EC), Landfill Directive (1999/31/EC)) en geïmplementeerd wordt in Vlaanderen.

De voorbije jaren heeft de Stad Gent heel wat maatregelen genomen om de hoeveelheid afval per inwoner en de totale hoeveelheid afval te reduceren (Jaarverslag IVAGO, 2009). Deze maatregelen waren gericht op preventie van afval en selectieve inzameling van afval, zoals bijvoorbeeld de aanpassing van de retributietarieven. In 2009 bedroeg de hoeveelheid terminaal te verwerken afval ca. 178,8 kg per inwoner. Na correctie voor de grote groep kotstudenten en toeristen bleef Gent voor het eerst onder de doelstelling van 150 kg per inwoner zoals vastgelegd in het Uitvoeringsplan Milieuverantwoord beheer van Afvalstoffen en vooropgesteld in het ambitieus scenario uit "Opmaak afval preventieplan voor de stad Gent voor de periode 2008 – 2013" (BECO, 2008).

De komende decennia zal het afvalbeleid in Vlaanderen gestuurd worden door het nieuwe Materialendecreet en zijn uitvoeringsbesluit. Het Materialendecreet dat dit jaar van kracht werd, implementeert de Europese kaderrichtlijn (EG) 2008/98 voor het beheer van afvalstoffen in Vlaanderen en verankert het duurzaam materialenbeheer in Vlaanderen. Parallel aan het decreet, is er een nieuw uitvoeringsbesluit dat het VLAREA volledig vervangt. Het Vlaams Reglement voor het duurzaam beheer van materiaalcringlopen en afvalstoffen (VLAREMA), bevat meer gedetailleerde voorschriften over (bijzondere) afvalstoffen, grondstoffen, selectieve inzameling, vervoer, de registerplicht en de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid. (<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/2509>)

Het nieuwe Materialendecreet sluit aan bij de toekomstvisie van een groene kringlooeconomie, waarin innovatie en duurzaamheid centraal staan. Behalve dwingende voorschriften en, bijvoorbeeld, milieuheffingen die het verbranden en storten van afval beperken, verankert het Materialendecreet een milieubewust en ondernemend beleid. Vlaanderen wil vermijden dat afvalstoffen worden verbrand of gestort binnen of buiten Vlaanderen als door recyclage meer milieuwinst kan worden gehaald. Vlaanderen zet volop in op selectieve inzameling en behoudt de sturing over de omvang van de verbrandingscapaciteit om ervoor te zorgen dat er geen over- of ondercapaciteit komt. (<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/2509>)

Wat het restafval betreft, is er nog een beperkt potentieel aan selectief in te zamelen en te recycleren/composteren afvalstoffen (OVAM, april 2010). In het Evaluatierapport 2006 van het Uitvoeringsplan Huishoudelijke afvalstoffen 2003-2007 wordt aangegeven dat gemiddeld 59,55% (gewichtspcent) van de huisvuilzak bestaat uit de organische fractie (natte fractie). Ongeveer 30,60% is composteerbaar organisch keukenafval. De resultaten van een meer recente analyse van de samenstelling van de huisvuilzak zijn niet publiek beschikbaar.

We veronderstellen dat in 2030 evenveel afval verbrand wordt op Gents grondgebied als in 2009. De hoeveelheid energie die gerecupereerd wordt blijft dan ook ongewijzigd. Dit lijkt ons een realistische aanname gegeven:

- een eerder beperkte toename in aantal inwoners in Gent, ca. 8% volgens de bevolkingsvooruitzichten 2009 – 2030 van de studiedienst van de Vlaamse Regering (Willems et al., 2011).
- het nieuwe Materialendecreet en zijn uitvoeringsbesluit die inzetten op selectieve inzameling en optimale benutting van de afvalverbrandingscapaciteit;
- dat de capaciteit van IVAGO hervergund wordt.

4.7. RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIE GENT

4.7.1. ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT 2009

In 2009 bedroeg de uitstoot van de RWZI Gent ca. 3,1 kton CO₂ equivalenten of 0,01 kton N₂O en 0,004 kton CH₄.

4.7.2. REFERENTIESCENARIO 2030

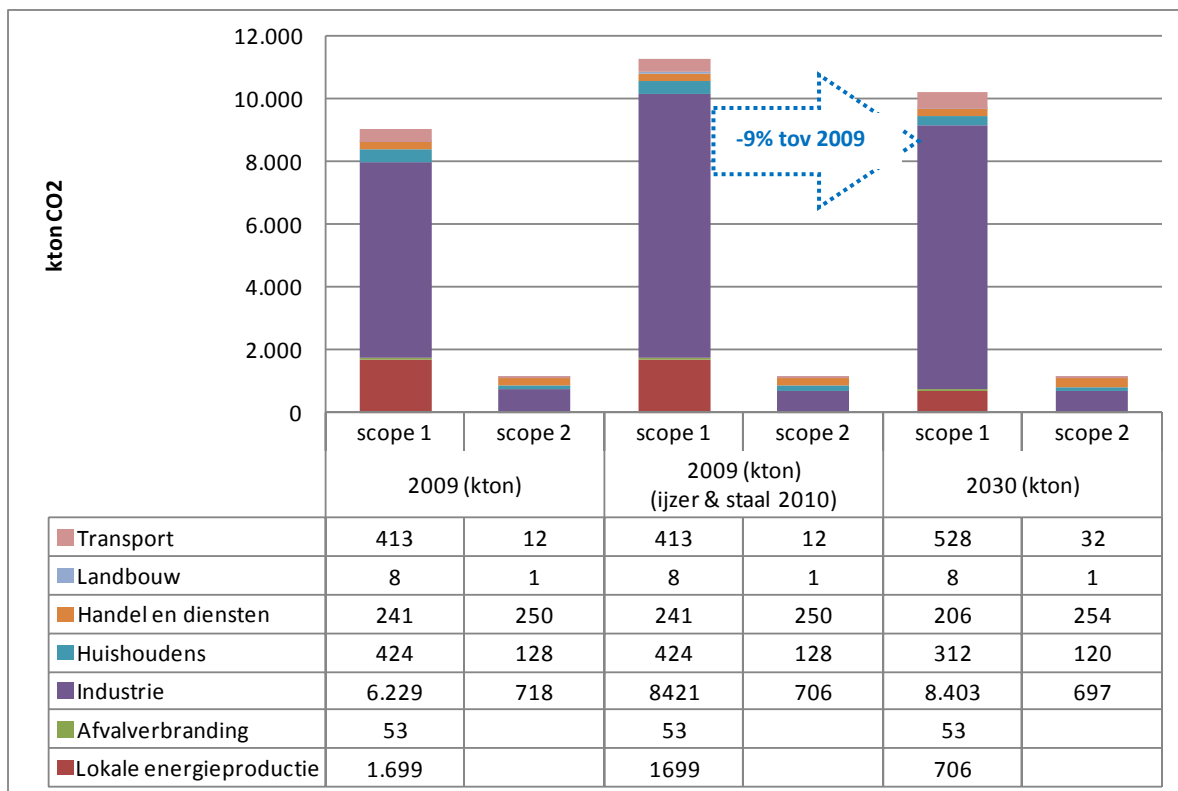
De hoeveelheid afvalwater die gezuiverd wordt in de RWZI, hangt samen met de evolutie van het aantal inwoners en de zuiveringsgraad. De zuiveringsgraad is het percentage van de inwoners waarvan het afvalwater, na transport via het riolerings- en collecteringsnetwerk, effectief gezuiverd wordt in een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) zorgt voor een toename van de zuiveringsgraad in Vlaanderen.

In 2009 beschikte Gent over een rioleringsgraad van 97,1% en zuiveringsgraad van 80,4% (Profielschets gemeente Gent, 10/04/2012). De zuiveringsgraad geeft het aantal op riool aangesloten inwoners die gezuiverd worden op een RWZI t.o.v. het totaal aantal inwoners voor de gemeente volgens de rijksregister-stratentabel van de VMM.

Indien we veronderstellen dat de vuilvracht (N en CZV) van het huishoudelijk afvalwater en het zuiveringsrendement van de RWZI ongewijzigd blijft, zal de uitstoot evenredig toenemen met het aantal inwoners en de zuiveringsgraad. Volgens de bevolkingsvooruitzichten 2009 – 2030 van de studiedienst van de Vlaamse Regering (Willems et al., 2011) zal het aantal inwoners in Gent toenemen met ca. 8%. Gent stelt een zuiveringsgraad van 90% voorop tegen 2015. Bijgevolg bedraagt de uitstoot in 2030 **ca. 3,8 kton CO₂-equivalenten**.

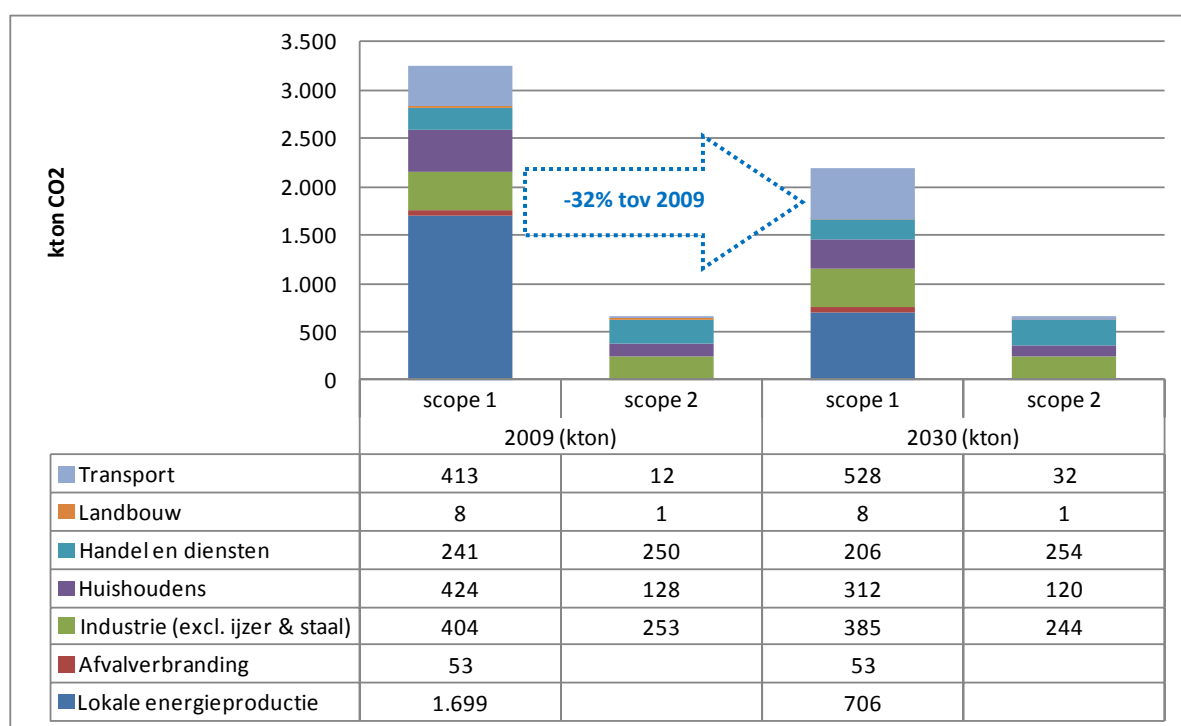
4.8. TOTALE CO₂-UITSTOOT STEDELIJK GRONDGEBIED GENT IN REFERENTIESCENARIO 2030

Als we voor alle sectoren de CO₂-emissies doorrekenen volgens het referentiescenario dat in voorgaande paragrafen beschreven werd, is de CO₂-uitstoot in 2030 gelijk aan ca. 10.216 kton (scope1) en ca. 1.105 kton (scope 2). De brandstofgerelateerde CO₂-uitstoot neemt af met ca. 9% ten opzichte van 2009 (cijfers ijzer & staal 2010!). De afname in de CO₂-uitstoot gerelateerd aan het elektriciteitsverbruik is verwaarloosbaar. In onderstaande figuur vergelijken we voor de verschillende sectoren de CO₂-uitstoot in 2009 met deze volgens het referentiescenario 2030. We maken tevens een onderscheid tussen scope 1 en scope 2 emissies.



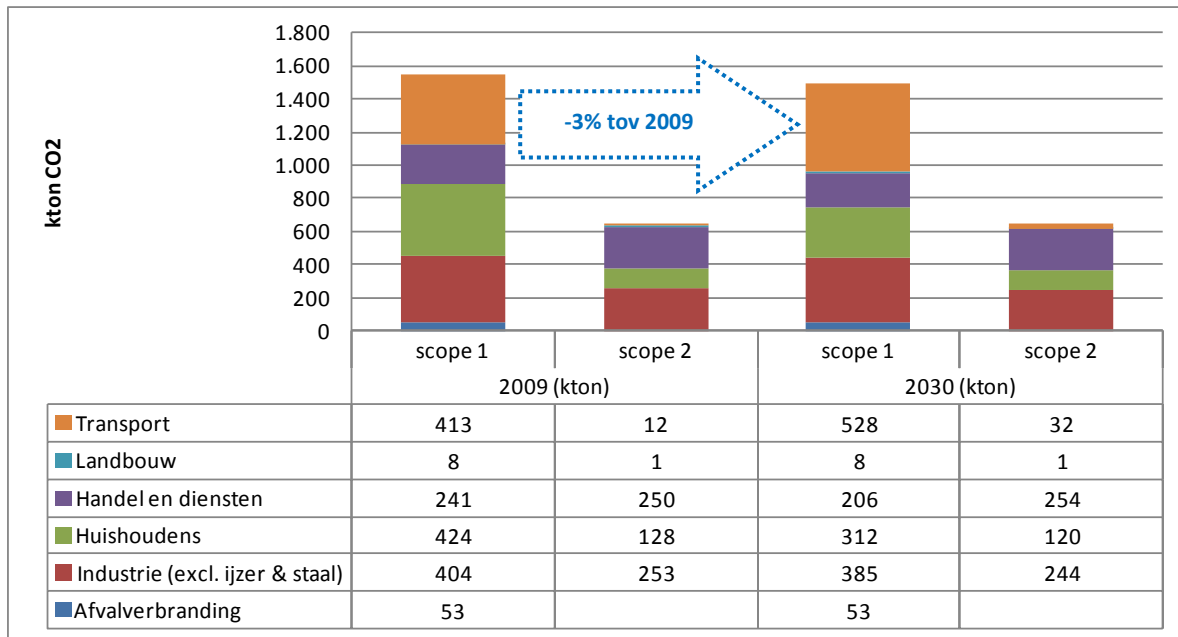
Figuur 24: Vergelijking totale CO₂-emissies 2009 en referentiescenario 2030 per sector – incl. ijzer & staal

Als we de sector ijzer & staal uitsluiten (figuur 22), daalt de brandstofgerelateerde CO₂-uitstoot met 32% in 2030 ten opzichte van 2009 en bedraagt ca. 2.199 kton in 2030. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de lokale energieproductie neemt het sterkste af, ca. 58% in 2030 ten opzichte van 2009. We merken hierbij op dat we voor de inschatting van de CO₂-uitstoot van de centrales (en WKK) zijn uitgegaan van de ETS-rapportage voor 2011. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de residentiële, tertiaire sector en industrie neemt in het referentiescenario af met respectievelijk, 26%, 14% en 5%. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de transportsector neemt toe met ca. 28%. De CO₂-uitstoot gerelateerd aan het elektriciteitsverbruik neemt beperkt toe met ca. 1% (tot 652 kton in 2030), als gevolg van een toename van het verbruik (voornamelijk) in de transportsector en (in beperkte mate) in de tertiaire sector.



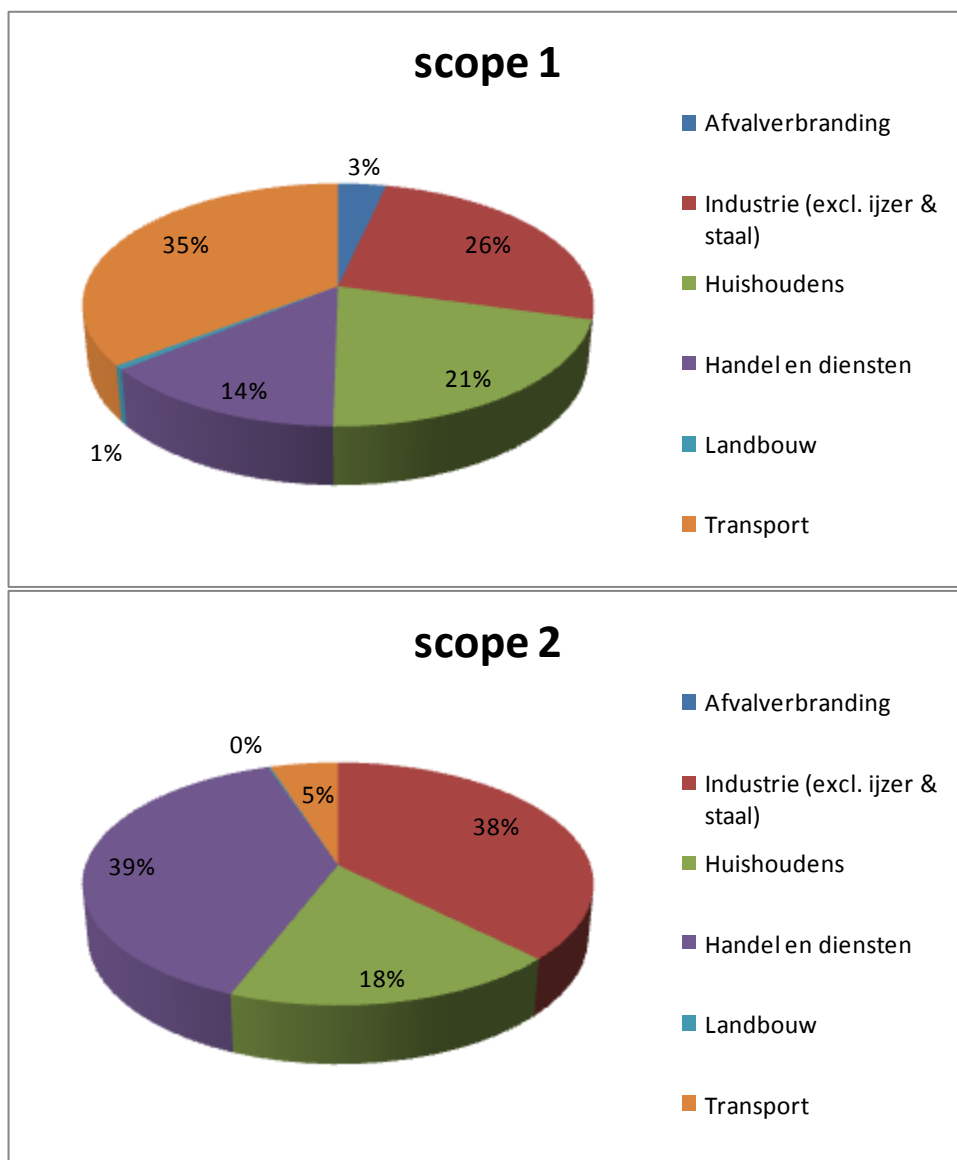
Figuur 25: Vergelijking totale CO₂-emissies 2009 en referentiescenario 2030 per sector – excl. ijzer & staal

Indien we ook de lokale energieproductie niet meenemen in de grafiek, blijft de reductie van de CO₂-uitstoot (scope 1) beperkt tot 3% in 2030 ten opzichte van 2009 en bedraagt ca. 1.493 kton in 2030. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de residentiële sector, tertiaire sector en industrie neemt in het referentiescenario af met respectievelijk, 26%, 14% en 5%. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de transportsector neemt toe met ca. 28%. De CO₂-uitstoot gerelateerd aan het elektriciteitsverbruik neemt beperkt toe met ca. 1% (tot 652 kton in 2030), als gevolg van een toename van het verbruik (voornamelijk) in de transportsector en (in beperkte mate) in de tertiaire sector.



Figuur 26: Vergelijking totale CO₂-emissies 2009 en referentiescenario 2030 per sector – excl. ijzer & staal en lokale energieproductie

In volgende figuur geven we het aandeel dat de verschillende sectoren vertegenwoordigen (excl. ijzer & staal, lokale energieproductie) in de totale CO₂-uitstoot in 2030. We maken een onderscheid tussen scope 1 en scope 2 emissies. In de totale scope 1 emissies vertegenwoordigt de transportsector het grootste aandeel of ca. 35%. In de totale scope 2 emissies vertegenwoordigen zowel industrie (excl. ijzer & staal) als handel en diensten, een aandeel van bijna 40%.



Figuur 27: Aandeel sectoren in totale CO₂-emissies referentiescenario 2030 – excl. ijzer & staal en lokale energieproductie

HOOFDSTUK 5. BIJKOMENDE MAATREGELEN PER SECTOR

We geven per sector een overzicht van maatregelen die tegen 2030 een bijkomende CO₂-reductie kunnen realiseren ten opzichte van het referentiescenario. We geven per maatregel een indicatie van het CO₂-reductiepotentieel en de kost per eenheid CO₂-reductie.

5.1. RESIDENTIËLE SECTOR

In het referentiescenario zullen autonome evoluties en beslist beleid het totale energieverbruik en bijhorende emissies van de residentiële sector reduceren. Maatregelen bovenop dit scenario kunnen zorgen voor grotere besparingen in energieverbruik en gerelateerde CO₂-emissies. Voor de residentiële sector hebben we deze bijkomende maatregelen ingedeeld of geclusterd in volgende “pakketten” van maatregelen:

- Reductie vraag naar verwarming (en sanitair warm water of SWW). Voorbeeld: isolatie gebouwschil;
- Inzet van efficiëntere verwarmingstoestellen. Voorbeeld: condenserende gasketel;
- Vergroening energiemix. Voorbeeld: pelletketels.

Combinaties van bovenstaande clusters zijn echter ook mogelijk. Warmtepompen vormen hiervan een mooi voorbeeld, aangezien ze zowel efficiënter als hernieuwbaar zijn. Volgens het principe van de “trias energetica” hebben maatregelen die de warmtevraag reduceren voorrang op maatregelen die efficiëntere en/of hernieuwbare verwarmingssystemen promoten. Deze volgorde zullen we steeds hanteren bij het inschatten van kosten en effecten per maatregel.

Wat het energieverbruik van elektrische toestellen en verlichting betreft, stellen we geen bijkomende maatregelen voor aangezien we de impact van de Ecodesign Richtlijn hebben doorgerekend in het referentiescenario. We bekomen dat het totale energieverbruik voor elektrische toestellen en verlichting autonoom met ca. 0,5% per jaar zal dalen tot 2030, door de aankoop van efficiëntere apparaten (cf. paragraaf 4.1.2).

In onderstaande paragrafen bespreken we elk van voornoemde pakketten of clusters van maatregelen meer in detail.

5.1.1. REDUCTIE VRAAG NAAR WARMTE

Isolatie van de gebouwschil is de belangrijkste maatregel om de warmtevraag voor verwarming te reduceren. In deze studie veronderstellen we vier “reductie”-niveaus voor bestaande woningbouw, zoals weergegeven in volgende tabel. Voor het niveau “laag energie renovatie” en “renovatie tot passief niveau” geven we tevens, ter illustratie, mogelijke isolatiewaarden voor de belangrijkste gebouwschilcomponenten (CEERA, 2008).

We willen bemerken dat voornoemde maatregelen enkel gedefinieerd en geanalyseerd worden voor bestaande woningbouw. Voor nieuwbouw formuleren we geen bijkomende maatregelen aangezien we in het referentiescenario veronderstellen dat een “Nearly Zero Energy Buildings” de standaard is vanaf 2020 (cf. paragraaf 4.1.2).

Tabel 21: Reductieniveaus warmtevraag

Renovatieniveau	Warmtevraag verwarming ná renovatie	Voorbeeld isolatiewaarden per gebouwschilcomponent
Medium renovatie	99 kWh/m ² BVO	
Laag energie renovatie:	60 kWh/m ² BVO	dak U = 0,2 W/m ² K, raam U= 1,5 W/m ² K, muur U= 0,3 W/m ² K
Zeer laag energie renovatie:	30 kWh/m ² BVO	
Renovatie tot passief niveau	15 kWh/m ² BVO	dak U=0,1 W/m ² K, raam U=0,8 W/m ² K, muur U=0,12 W/m ² K

We veronderstellen dat vanuit technisch standpunt bovenstaande niveaus kunnen worden toegepast, zowel op appartementen als ééngezinwoningen en zowel op zeer oude als recente woningen. We nemen aan dat slechts 5% van het Gentse woningpark (bv. beschermde of waardevolle gebouwen) de 4 niveaus niet kunnen behalen.

Wat de investeringskosten betreft, veronderstellen we wel een grotere variatie tussen woningcategorieën, vooral voor de minder doorgedreven renovatie niveaus. Niet alleen de grootte en compactheid van de woning, de hoeveelheid ramen etc. beïnvloeden de kost per wooneenheid, ook de leeftijd speelt een belangrijke rol. Recente woningen hebben immers nog degelijk buitenschrijnwerk, zodat plaatsing van beter isolerende beglazing goedkoper is in vergelijking met een oude woning waarvan tevens het buitenschrijnwerk vervangen zal worden. Indien een recente woning echter streeft naar de energieprestatie van een passieve woning, en bijgevolg ook het schrijnwerk dient vervangen te worden, zullen de vervangingskosten voor zowel de oude als de recente woning sterk samenvallen.

In volgende tabel geven we een overzicht van de investeringskosten per wooneenheid. Deze kosten omvatten zowel materiaal- als plaatsingskosten (exclusief BTW), maar omvatten geen kosten die niet direct gerelateerd zijn aan de energieprestatie van gebouwen (bijvoorbeeld vloertegels, dakpannen). We baseren de kosten op BPIE (2011) en CEERA (2012). We maken een onderscheid tussen 10 wooncategorieën, gedefinieerd op basis van leeftijd, ééngezinwoning versus appartement.

Tabel 22: Reductieniveaus warmtevraag: investeringskost per wooneenheid (incl. plaatsing, excl. BTW)

[€/wooneenheid]		<1900	1900-1945	1946-1970	1971-2000	2001-2010
Medium	Woning	27.358	33.207	40.342	36.584	/
	App.	26.405	27.474	27.587	19.403	/
Laag	Woning	29.252	35.505	43.134	42.476	26.488
	App.	28.232	29.376	29.496	22.529	15.153
Zeer Laag	Woning	51.412	62.402	75.811	83.183	77.456
	App.	49.620	51.630	51.842	44.119	44.309
Passief	Woning	88.354	107.242	130.286	144.262	134.331
	App.	85.275	88.729	89.093	76.514	76.845

Bron: BPIE (2011), CEERA (2008)

Om de energiebesparing per woningcategorie te bepalen, vertrekken we van het finale verbruik voor verwarming en sanitair warm water in 2009. Deze verbruiken per woningcategorie vind je terug in Tabel 2. Het energieverbruik voor verwarming en SWW en gerelateerde emissies delen we op naar 10 woningcategorieën, zodat we de toekomstige evolutie van de energieprestatie van gebouwen gedetailleerder en specifiek voor Gent kunnen bepalen. Aangezien leeftijd en type woning een sterke correlatie met de energieprestaties van de gebouwen vertonen, delen we het woningpark in aan de hand van deze parameters.

Het Gentse kadaster (2010) geeft het aantal wooneenheden (adressen) per woningcategorie in 2010 aan. We veronderstellen hetzelfde woningpark in 2009, het referentiejaar van de geactualiseerde CO₂-inventaris van de stad Gent.

Uit Tabula (2012 – Luik National Energy Balances) kennen we het finaal verbruik voor verwarming & SWW per woningcategorie (GJ per wooneenheid). Deze Belgische verbruiken of kengetallen passen we aan naar de Gentse situatie door een afstemming met de CO₂-inventaris 2009. Deze aanpassingen zijn echter gering, aangezien bij een rechtstreekse extrapolatie naar Gent, het resulterende, totale verbruik voor Gent slechts 5% afwijkt t.o.v. voornoemde inventaris 2009. We passen een correctiefactor van 5% toe op de verbruiken uit Tabula.

Finaal, willen we de vraag naar verwarming en SWW per m² bruto vloeroppervlakte (BVO) bekomen, zodat vergelijkingen met streefcijfers en beleidsmaatregelen (bv. lage energie woning versus passief woning) mogelijk worden. Hiertoe schatten we de BVO per woningcategorie voor Gent in. Vermits in het kadaster enkel de grondoppervlakte per wooneenheid is gekend, en niet de totale BVO, bepalen we deze parameter aan de hand van het aantal bouwlagen per bouwtype (enkel beschikbaar voor totaal Gent in het kadaster en niet voor elke woning afzonderlijk). Voor appartementen bedraagt dit gemiddeld 3,5 lagen per gebouw, voor woningen gemiddeld 2,2 lagen per gebouw. De resulterende vloeroppervlaktes kan je in onderstaande tabel terugvinden. We willen benadrukken dat het gaat om een ruwe inschatting en de werkelijke vloeroppervlaktes sterk kunnen afwijken van deze inschatting. De deling van BVO per wooneenheid en het verbruik per wooneenheid levert het verbruik per m² BVO per woningcategorie voor het jaar 2009 op.

In een laatste stap vertalen we het finale verbruik naar een warmtevraag per m² BVO. Dit doen we aan de hand van het gemiddelde installatierendement van ketels/kachels in het Gentse

woningpark. In Renders et al. (2011) werd het gemiddelde rendement voor Vlaanderen in 2008 bepaald: dit bedroeg 71% gemiddeld over alle ketel/kacheltypes heen.

Het resultaat van onze berekeningen hebben we, per woningcategorie, opgenomen in onderstaande tabel. We willen opmerken dat onderstaande kengetallen zijn uitgedrukt in 1.799 graaddagen of het gemiddeld aantal graaddagen 15/15 in de periode 2000-2009 (te Ukkel). Vervolgens brengen we het finale verbruik ná renovatie in mindering. De resulterende besparingen per woningcategorie worden in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 23: Reductieniveaus warmtevraag: besparing op finaal verbruik voor verwarming en SWW door renovatie per woningcategorie (1.799 graaddagen)

[GJ/woning]		<1900	1900-1945	1946-1970	1971-2000	2001-2010
Medium	Woning	-23	-15	-8		/
	App.					/
Laag	Woning	-40	-35	-33	-16	-8
	App.					
Zeer Laag	Woning	-53	-51	-52	-40	-31
	App.	-12	-12	-11	-9	-5
Passief	Woning	-59	-58	-61	-52	-43
	App.	-17	-16	-16	-14	-10

Voor bepaalde maatregelen en woningcategorieën is er geen besparing, aangezien het verbruik anno 2009 reeds voldoet aan de streefwaarde (cf. blanco cellen in bovenstaande tabel). Zo komt het huidige verbruik van appartementen reeds overeen met de streefwaarde van een lage energie woning, zelfs voor oude appartementen. Appartementen kennen sowieso een lagere warmtevraag (cf. tabel 2) in vergelijking met woningen gegeven hun compactheid. Toch kunnen we de lage verbruiken niet zuiver toekennen aan de technische eigenschappen van de woning. Dit wijst er op dat de levenswijze van gezinnen zich aanpast aan de energieprestatie (of kwaliteit) van de woning, ook wel rebound effect genoemd. Indien woningen een slechte energieprestatie hebben (bv. lage isolatiegraad), zullen gezinnen een lager wooncomfort aanvaarden door de gemiddelde binnentemperatuur te verlagen (bv. minder kamers verwarmen). Dit rebound effect leidt er toe dat de reële verbruiken lager kunnen zijn dan men theoretisch – op basis van energieprestatie van de woning – zou verwachten. Dit blijkt ook voor de woningen binnen het Gentse grondgebied van toepassing te zijn. We willen wel benadrukken dat het huidige verbruik per woningcategorie een inschatting is die sterk afhankelijk is van de aannames en beschikbare data. Zoals reeds eerder aangehaald, zijn aannames over m² BVO onzeker.

Voor de bepaling van de kost (€) per eenheid CO₂ reductie (ton) per maatregel, maken we tevens volgende assumpties:

- De **levensduur** van deze maatregelen stellen we gelijk aan **50 jaar**.
- Een vertaling van voornoemde energiebesparingen naar CO₂-reducties (scope 1 en 2) gebeurt aan de hand van CO₂ emissiefactoren. Aangezien we enkel de impact van besparingen op de warmtevraag in 2030 in kaart willen brengen, veronderstellen we dezelfde brandstofmix als in het referentiescenario.
- Om de besparingen op brandstofkosten in te schatten, nemen we de brandstofprijzen aan, zoals weergegeven in Tabel 24. We gaan uit van de energieprijzen die aangeleverd werden door de Europese Commissie in het kader van de rapportering van de energie- en

broeikasgasprognoses voor Vlaanderen in 2011. Deze prijzen zijn gebaseerd op: http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/trends_to_2030_update_2009.pdf. Wat de prijzen van biomassa betreft, baseren we ons op de gegevensbronnen die ook voor de “Onrendabele Top” studies gebruikt worden. De C.A.R.M.E.N. website (<http://www.carmen-ev.de>) geeft actuele prijsinformatie voor hernieuwbare brandstoffen. De projecties na 2010 werden door VITO opgesteld d.m.v. extrapolatie uit tijdsreeksen en in afstemming met de prijsstijgingen die PRIMES vooropstelt voor fossiele brandstoffen.

Tabel 24: Energieprijzen residentiële sector (2030)

[€2009/GJ]	2030
Kolen	19,37
LPG	15,68
Lichte stookolie	19,37
Aardgas	15,68
Biomassa (gemiddelde houtpellets, chips en stukhout)	22,78
Elektriciteit	41,81

Bron: VITO

In volgende tabel wordt, per wooncategorie en reductieniveau, een overzicht gegeven van de bijkomende kost per eenheid CO₂-reductie in 2030 t.o.v. referentiescenario. Zoals je merkt, zijn de cijfers voor alle maatregelen en woningcategorieën sterk positief, wat aangeeft dat de kosten (voornamelijk investeringskosten) hoog tot veel hoger zijn dan de besparing in brandstof.

Tabel 25: Reductieniveaus warmtevraag: kost per ton CO₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030

[€/ton CO ₂]		<1900	1900-1945	1946-1970	1971-2000	2001-2010
Medium	Woning					
	App.					
Laag	Woning	275	487	720	1.839	2.207
	App.					
Zeer Laag	Woning	466	663	845	1.324	1.648
	App.	2.934	3.172	3.319	3.665	6.365
Passief	Woning	874	1.136	1.366	1.856	2.170
	App.	3.732	3.943	4.069	4.126	5.687

Volgens het principe van de “trias energetica” zet men bij voorkeur eerst in op energiebesparing en in tweede instantie op efficiëntere (al dan niet hernieuwbare) warmte opwekking. Echter, op basis van de analyse in paragraaf 5.1.2, blijkt dat de kosteneffectiviteit van vraagreducerende maatregelen systematisch hoger ligt dan deze van efficiëntie maatregelen.³ Om een evenwicht te vinden tussen de principes van de “trias energetica” en kosteneffectiviteit, stellen we voor om

³ Om vraagreducerende en efficiëntie maatregelen op een gelijke basis te kunnen vergelijken, werden in deze studie zowel de vraagreducerende als efficiënte maatregelen geëvalueerd t.o.v. hetzelfde startpunt, nl. het referentiescenario. Ook hier scoren efficiëntiemaatregelen beter naar kosteneffectiviteit dan vraagreducerende maatregelen.

volgende maatregelen vast te prikken, alvorens de impact en kosten van efficiëntie maatregelen in volgende paragraaf door te rekenen:

- zeer lage energierenovatie bij bestaande ééngezinswoning <1900: 466 €/ton
- lage energie renovatie bestaande ééngezinswoning 1900-1945: 487 €/ton
- lage energie renovatie bestaande ééngezinswoning 1946-1970: 720 €/ton

We willen hierbij opmerken dat bovenstaande keuze naar inzet van vraagreducerende maatregelen sterk gestuurd wordt door onze aannames (bv. investeringen, besparingen), zowel voor vraagreducerende als efficiëntie maatregelen. Indien de bijkomende kosten per eenheid CO₂-reductie veranderen, zal ook de selectie van vraagreducerende maatregelen wijzigen. Aangezien het kantelpunt (€/ton) voor bovenstaande selectie niet “exogeen” bepaald wordt, willen we dit ook niet zo benoemen in deze studie.

We veronderstellen bijgevolg dat ééngezinswoningen ouder dan 1970 een renovatie zullen ondergaan in 2030 ten opzichte van het referentiescenario, waardoor de vraag naar warmte zal reduceren. Voor de overige woningcategorieën (appartementen en woningen jonger dan 1970) stellen we geen bijkomende maatregelen t.o.v. het referentiescenario voorop. De kosteneffectiviteit van een betere verwarmingsinstallatie is sterk afhankelijk van de warmtevraag: des te lager de warmtevraag, des te lager de kosteneffectiviteit.

In Figuur 28 geven we een indicatie van de impact van de vraagreducerende maatregelen op de totale CO₂-emissies van de residentiële sector. De CO₂-emissies (scope 1 en scope 2) worden met ca. 86 kton gereduceerd ten opzichte van het referentiescenario in 2030.

5.1.2. EFFICIËNTE EN/OF HERNIEUWBARE OPWEKKING VAN WARMTE

Diverse installatie- en brandstoftypes zijn inzetbaar in de residentiële sector om de efficiëntie (rendement) en vergroening van warmte opwekking te verhogen t.o.v. het referentiescenario in 2030. In deze studie schatten we de kosten en effecten in voor volgende maatregelen:

- Collectieve stadsverwarming met warmte afkomstig van een grootschalige biomassaketel;
- Biogas afkomstig van vergassing houten biomassa waarbij het gas via huidig aardgasnet wordt getransporteerd (“pipeline quality”). De vergassing van biomassa in een grote centrale is eerder een experimentele techniek. Tegen 2030 beschouwen we de techniek als voldoende matuur om toe te passen in Gent;
- Luchtwarmtepompen (lucht/water);
- Bodemwarmtepompen (water/water);
- Individuele pelletketels;
- Zonneboiler als aanvulling voor productie SWW.

In tegenstelling tot de vraagreducerende maatregelen, passen we voornoemde maatregelen toe zowel op de bestaande als nieuwe woningen.

Uiteraard zijn er nog andere opties vanuit technisch standpunt mogelijk: zo kan collectieve stadsverwarming gekoppeld aan WKK op biogas of biomassa tevens worden toegepast. Deze techniek kent echter zeer hoge investeringskosten (4.000 – 4.500 €/kWe) en onderhoudskosten (100-300 €/kWe/jaar), met een lage kosteneffectiviteit tot gevolg (Moorkens et al., november 2010). Condenserende gasketels hebben een degelijke performantie maar zitten reeds in het referentiescenario. De recuperatie van warmte uit grijs water als mogelijke warmtebron voor warmtepompen werd niet verder geëvalueerd in deze studie, gezien het gebrek aan betrouwbare informatie.

Enkele technische en economische eigenschappen van bovenstaande reductietechnieken (uitgedrukt per wooneenheid) zijn samengevat in volgende tabel. De gegevens zijn gebaseerd op volgende referenties:

- Stadsverwarming met grootschalige biomassaketel: DECC (2009)
- Biogas via vergassing biomassa ("pipeline quality"): Progressive Energy & CNG Services (2010)
- Warmtepomp: Milieukostenmodel van VITO⁴ en Meynaerts et al. (2012)
- Individuele pelletketel: Renders et al. (2011)
- Zonneboiler (als aanvulling voor productie SWW): Milieukostenmodel van VITO; www.livios.be; Devoldere (2011)

Tabel 26: Technische en economische eigenschappen van efficiënte en/of hernieuwbare warmte opwekking

	Thermisch rendement	Technisch potentieel	Levensduur	Investeringskost	operationele kost
	[%]	[%]	[Jaar]	[€/wooneenheid]	[€/wooneenheid]
Stadsverwarming met grootschalige biomassaketel	73% ¹	95%	20	19.891 ⁴	339
Biogas via vergassing biomassa ("pipeline quality")	59% ²	95%	20	1.841	123
Luchtwarmtepomp	270% (SPF ⁶)	95%	15	8.000	/
Grondwarmtepomp	300% (SPF)	95%	20	14.000	/
Individuele pelletketel	77%	25%	20	8.125 ⁵	/
Zonneboiler (als aanvulling voor productie SWW)	60% ³	75%	20	4.000	/

¹ Incl. 5% warmteverliezen warmtenet

² TJ biogas per TJ hout

³ Dekkingsgraad warmtevraag SWW

⁴ Incl. stadsverwarmingsnet (7.000 €/wooneenheid)

⁵ Inclusief opslagruimte (2.000 €/ketel)

⁶ SPF = Seasonal Performance Factor of de seizoensgerelateerde rendement van een warmtepomp

Voor de maatregelen stadsverwarming, warmtepompen en pelletketels omvatten deze kosten de meerkosten t.o.v. de investeringskost van een gemiddelde verwarmingsinstallatie anno 2030 in het referentiescenario (meerkost van 1.000 euro per wooneenheid; Renders et al. (2011)).

De investerings – en operationele kosten zijn exclusief BTW, maar inclusief plaatsingskosten. Om de vergassing van biomassa op een gelijkwaardige basis te kunnen afwegen met de overige maatregelen, veronderstellen we dat de investering in een biovergassingscentrale en in een stadsverwarmingsnet volledig wordt gedragen door de huishoudens en niet door bv. netbeheerder of energiemaatschappij.

⁴ Het Milieukostenmodel of MKM is een technisch-economisch, bottom-up model ontwikkeld door VITO i.o.v. LNE. Bij het optimaliseren staat kostenefficiëntie centraal maar daarnaast kunnen met het model ook verschillende varianten op de meest optimale oplossing doorgerekend worden of kan het model gebruikt worden om toekomstige emissies in te schatten. Het model bestaat enerzijds uit een omvangrijke en gedetailleerde databank met informatie over emissiebronnen en mogelijke reductiemaatregelen en anderzijds uit een rekenalgoritme in MARKAL om berekeningen uit te voeren. Sinds begin 2010 is het MKM Lucht & Klimaat operationeel. Deze geïntegreerde toepassing maakt het mogelijk om voor de tijdshorizon 2010 – 2035, met vijfjaarlijkse tijdsintervallen, berekeningen uit te voeren ter onderbouwing van het energie-, klimaat- en luchtbeleid in Vlaanderen.

Het technische potentieel stellen we voor de meeste technieken gelijk aan 95%, zowel voor lucht- als bodemwarmtepompen. Vanuit zuiver technisch standpunt, is een verticale bodemwarmtewisselaar (Boorgaat Energie Opslag BEO) vaak een goede keuze, omdat het een beperkt grondoppervlak vergt en bijna overal goed toepasbaar. Grondwarmte als bron is bovendien aantrekkelijk vanwege de relatief hoge en constante brontemperatuur waardoor een hoog rendement van de warmtepomp mogelijk is. Ook de functie van natuurlijke koeling is mogelijk bij toepassing van dit brontype. Buitenlucht als bron voor dekking van de volledige warmtebehoefte is vooral interessant als bodemwarmte en grondwater geen geschikte brontypes zijn voor de specifieke omstandigheden bij de particulier. Buitenlucht heeft over het algemeen een minder gunstig energetisch rendement dan de hiervoor genoemde brontypes, maar vergt slechts een geringe investering.

De “Code van goede praktijk warmtepompsystemen in woningbouw” van de Vlaamse overheid (http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/code_warmtepompen.pdf) geeft aan dat dit type warmtebron bijna overal toepasbaar is, maar wel geluidshinder met zich kan meebrengen, zodat hierbij zeker ook naar de omgeving moet worden gekeken of dit al dan niet aanvaardbaar is.

Het technisch potentieel van pelletketels bedraagt slechts 25% (op basis van Kadaster (2012)), aangezien we ervan uitgaan dat enkel open en halfopen bebouwingen voldoende (opslag)ruimte hebben voor de pelletinstallatie (Milieukostenmodel van VITO).

Voor zonneboilers, als aanvulling voor productie SWW, nemen we het technische potentieel over uit de hernieuwbare energiescan voor de stad Gent (Devoldere, 2011). We gaan uit van het scenario “gemengd systeem”, waarvoor men aangeeft dat drie kwart van de wooneenheden een geschikt dak hebben voor de plaatsing van een zonneboiler. Verder onderzoek is nodig om het potentieel en de kosteneffectiviteit uit te klaren van zonneboilers gekoppeld aan ruimteverwarming (bv. koppeling met warmtepompen).

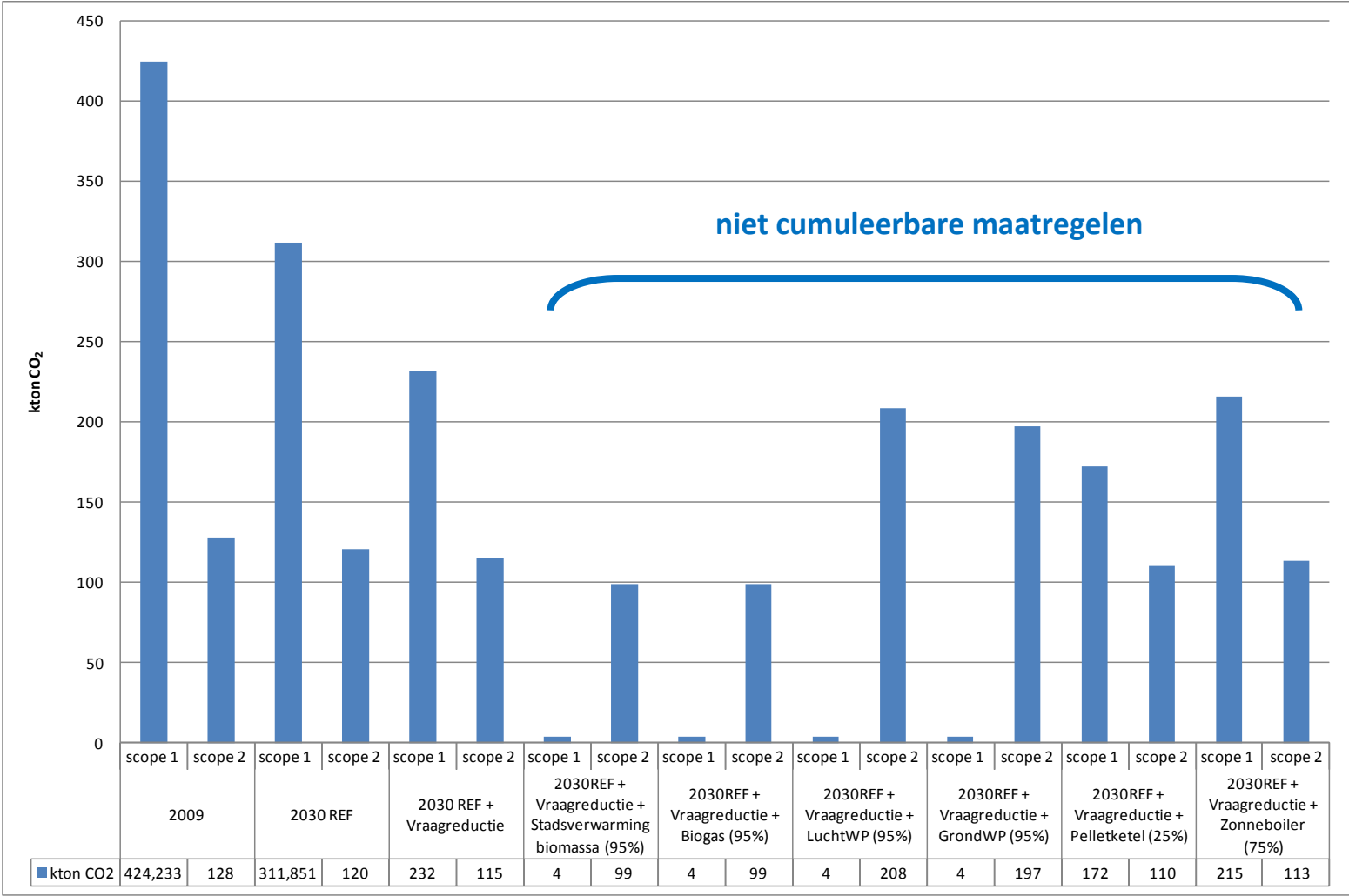
Vertrekkende van de technische en economische eigenschappen van efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen kan men de gemiddelde kost per ton CO₂-reductie (scope 1 en scope 2) bepalen. Het finaal energieverbruik per wooneenheid vóór de installatie van efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen stemmen we af op het verbruik in 2030 volgens het referentiescenario, inclusief de impact van de drie vraagreducerende maatregelen (cf. paragraaf 0). De impact van een nieuwe installatie is immers sterk afhankelijk van het initiële verbruik. De resulterende gemiddelde kosten vind je terug in onderstaande tabel.

Tabel 27: Efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingstechnieken: kost per ton CO₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030, inclusief vraagreducerende maatregelen

[€/ton CO ₂]	Gemiddelde kost t.o.v. REF 2030
Stadsverwarming met grootschalige biomassaketel	916
Biogas via vergassing biomassa (“pipeline quality”)	475
Luchtwarmtepomp	481
Grondwarmtepomp	661
Individuele pelletketels	400
Zonneboilers (als aanvulling voor productie SWW)	1.265

Zonneboilers (als aanvulling voor productie SWW) en stadsverwarming hebben een hoge kost per eenheid CO₂-reductie i.v.m. de overige maatregelen. De hoge investeringskosten van stadsverwarming verklaren de lage kosteneffectiviteit. Bij zonneboilers verklaren we dit door de lagere reducties en hogere investeringskosten. Indien we Tabel 25 en Tabel 27 vergelijken, valt duidelijk op dat vraagreducerende maatregelen een hogere kost per eenheid CO₂-reductie hebben dan efficiënte (en/of hernieuwbare) verwarmingssystemen. Maatregelen, zoals pelletketels, reduceren immers de emissies van deze ketels tot nul, aangezien men biomassa als brandstof gebruikt.

In Figuur 28 geven we een indicatie van de impact – bovenop de vraagreducerende maatregelen – door de inzet van efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen op de totale CO₂-emissies (scope 1 en 2) van de residentiële sector. We veronderstellen hierbij telkens een inzet volgens technisch potentieel. Dit impliceert dat de weergegeven reducties per maatregel niet optelbaar zijn. De sterkste reducties kunnen worden bereikt door stadsverwarming met grootschalige biomassaketel of door het gebruik van biogas: de scope 1 emissies dalen tot ca. 4 kton CO₂ in 2030. De implementatie van individuele pelletketels en zonneboilers kan vanuit technisch standpunt leiden tot reducties van respectievelijk 64 kton en 18 kton CO₂ (scope 1 + scope 2) bovenop impact vraagreducerende maatregelen. De lagere impact kunnen we enerzijds verklaren door de beperkte technische inzetbaarheid (pellets en zonneboiler) en anderzijds door de beperkte impact per huishouden (zonneboiler als aanvulling voor productie SWW). We willen opmerken dat de inzet van individuele pelletketels een negatieve impact heeft op de luchtkwaliteit (hoge stofemissies). Bij grootschalige inzet van deze techniek dient men hier aandacht aan te geven.



Figuur 28: Impact op CO₂-emissies residentiële sector (scope 1 en 2) door inzet van de maatregelen volgens technisch potentieel (% wooneenheden). Impact maatregelen m.b.t. efficiëntie en hernieuwbare energie is niet cumulatief

5.2. TERTIAIRE SECTOR

De tertiaire sector heeft vele gelijkenissen met de residentiële sector. Aangezien verlichting, naast verwarming, ventilatie en koeling (HVAC) een groter aandeel hebben in het verbruik van de tertiaire sector nemen we deze eindtoepassingen ook expliciet op in de formulering van “pakketten” van maatregelen:

- Reductie vraag naar HVAC. Voorbeeld: isolatie gebouwschil, warmteterugwinning op ventilatie (kantoren)
- Inzet van efficiëntere verwarmingssystemen. Voorbeeld: condenserende gasketels;
- Vergroening energiemix. Voorbeeld pelletketels;
- Reductie vraag naar verlichting en elektrische apparaten. Voorbeeld: relighting.

Bovenstaande maatregelen passen we toe voor elk van de vier subsectoren (welzijn, kantoren en administraties, onderwijs en overige). Ondanks het verbeterpotentieel, berekenen we geen bijkomende maatregelen voor de subsector openbare verlichting in kader van deze studie.

We willen opmerken dat de diversiteit aan type gebouwen en type gebruikers binnen de tertiaire sector resulteert in een grote onzekerheid op de beperkt beschikbare data. Onze inschattingen van kosten en effecten voor de bijkomende maatregelen zijn dan ook richtinggevend.

Volgens het principe van de “trias energetica” hebben maatregelen die de warmtevraag reduceren voorrang op maatregelen die efficiëntere en/of hernieuwbare verwarmingssystemen promoten. Deze volgorde zullen we steeds hanteren bij het inschatten van kosten en effecten per maatregel.

5.2.1. REDUCTIE VRAAG NAAR HVAC

Om de vraag naar HVAC te reduceren veronderstellen we volgende bijkomende maatregelen ten opzichte van het referentiescenario:

- Reductie warmtevraag van het gebouw door isolatie van de gebouwschil. Naar analogie met de residentiële sector beschouwen we vier reductieniveaus (medium renovatie, laag energie renovatie, zeer laag energie renovatie en renovatie tot passief).
- Reductie warmtevraag door toepassing van warmteterugwinning (WTW) op ventilatie. Kosten en effecten schatten we enkel in voor de subsector kantoren, gezien het belang van ventilatie in deze subsector.⁵

We willen opmerken dat voor nieuwbouw geen bijkomende maatregelen worden geformuleerd. In het referentiescenario wordt immers een “Nearly Zero Energy Buildings” doorgerekend als de standaard vanaf 2020.

Voor deze maatregelen schatten we de kosten en effecten in op Gents grondgebied voor het jaar 2030. Andere maatregelen kunnen eveneens technisch haalbaar zijn binnen deze sector en bovendien een significante impact op CO₂-emissies hebben. Denken we hierbij aan maatregelen die de koelvraag reduceren (bv. natuurlijke koeling, zonnewering). Gezien het aandeel van koeling binnen het totale elektriciteitsverbruik niet gekend of erg onzeker is, kunnen we geen kosteneffectiviteit voor deze maatregel inschatten.

⁵ Gezien beperkte beschikbaarheid van gegevens en de vermoedelijke specifieke kwaliteitseisen bij de sector welzijn, evalueren we WTW niet wegens te grote onzekerheid op resultaten.

5.2.2. REDUCTIE WARMTEVRAAG DOOR ISOLATIE VAN DE GEBOUWSCHIL

Zoals eerder aangegeven, veronderstellen we vier mogelijke reductieniveaus (medium renovatie, laag energie renovatie, zeer laag energie renovatie en renovatie tot passief) en dit voor de vier subsectoren. De technische en economische aannames, zoals besparing (%) op finaal verbruik voor verwarming t.o.v. het referentiescenario 2030, investeringskosten per m² BVO, levensduur (50 jaar) en technisch potentieel (95% BVO) leiden we af uit de residentiële assumpties. Deze aannames kan je terugvinden in paragraaf 0 en nemen we hier over voor elke subsector.

Om de energiebesparing in 2030 per subsector te bepalen, vertrekken we van het finale brandstofverbruik voor verwarming en SWW. Deze verbruiken vind je per subsector terug in Tabel 5. Vervolgens brengen we de besparing door renovatie (%) in mindering. Voor de maatregel “medium renovatie” is er geen besparing, aangezien het verbruik anno 2009 reeds voldoet aan de streefwaarde (cfr. Het resultaat van onze berekeningen hebben we, per woningcategorie, opgenomen in onderstaande tabel. We willen opmerken dat onderstaande kengetallen zijn uitgedrukt in 1.799 graaddagen of het gemiddeld aantal graaddagen 15/15 in de periode 2000-2009 (te Ukkel). Vervolgens brengen we het finale verbruik ná renovatie in mindering. De resulterende besparingen per woningcategorie worden in onderstaande tabel weergegeven. Tabel 23). We willen wel benadrukken dat het huidige verbruik per m² BVO een inschatting is, en sterk afhankelijk is van de aannames en beschikbare data. Zoals reeds eerder aangehaald, zijn de aannames over m² BVO erg onzeker.

We maken volgende assumpties om de kost (€) per eenheid CO₂-reductie (ton) in te schatten:

- Een vertaling van de brandstofbesparingen naar CO₂-reducties gebeurt aan de hand van CO₂-emissiefactoren. Aangezien we enkel de impact van besparingen op warmtevraag in 2030 in kaart willen brengen, veronderstellen we dezelfde brandstofmix als in het referentiescenario 2030.
- Om de besparingen op brandstofkosten in te schatten, nemen we de brandstofprijzen aan, zoals weergegeven in Tabel 28. We gaan uit van de energieprijzen die aangeleverd werden door de Europese Commissie in het kader van de rapportering van de energie- en broeikasgasprognoses voor Vlaanderen in 2011. Deze prijzen zijn gebaseerd op: http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/trends_to_2030_update_2009.pdf. Wat de prijzen van biomassa betreft, baseren we ons op de gegevensbronnen die ook voor de “Onrendabele Top” studies gebruikt worden. De C.A.R.M.E.N. website (<http://www.carmen-ev.de>) geeft actuele prijsinformatie voor hernieuwbare brandstoffen. De projecties na 2010 werden door VITO opgesteld d.m.v. extrapolatie uit tijdsreeksen en in afstemming met de prijsstijgingen die PRIMES vooropstelt voor fossiele brandstoffen.

Tabel 28: Energieprijzen tertiaire sector (2030)

[€2009/GJ]	2030
LPG	14,29
Lichte stookolie	19,08
Zware stookolie	19,08
Aardgas	14,29
Biomassa (gemiddelde houtpellets, chips en stukhout)	21,49
Elektriciteit	41,81

Bron: VITO

In volgende tabel wordt, per subsector en reductieniveau, een overzicht gegeven van de bijkomende kost per eenheid CO₂-reductie in 2030 t.o.v. referentiescenario. Zoals je merkt, zijn de cijfers voor alle maatregelen en subsectoren sterk positief, wat aangeeft dat de kosten (voornamelijk investeringskosten) hoog tot veel hoger zijn dan de besparing in brandstof. Bovendien zijn de gemiddelde kosten sterk gelijkaardig voor de verschillende subsectoren, wat we verklaren door de gelijke assumpties m.b.t. besparing (%) en investeringskosten.

Tabel 29: Reductieniveaus warmtevraag: kost per ton CO₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030

[€/ton CO ₂]	Onderwijs	Kantoren	Overige	Welzijn
Medium	-	-	-	-
Laag	556	551	558	555
Zeer laag	738	731	740	737
Passief	1.227	1.216	1.231	1.225

Volgens het principe van de “trias energetica” zet men best eerst in op energiebesparing en in tweede instantie op efficiëntere (al dan niet hernieuwbare) warmte opwekking. Uit analyse (cf. paragraaf 5.2.3) blijkt dat de kosteneffectiviteit van de lage energie renovatie een gelijkaardige grootte orde heeft dan de efficiëntie maatregelen. Om een evenwicht te vinden tussen de principes “trias energetica” en kosteneffectiviteit, prikken we lage energierenovatie als maatregel bij alle subsectoren vast, alvorens de impact en kosten van efficiëntie maatregelen door te rekenen.

We willen hierbij opmerken dat bovenstaande keuze van inzet vraagreducerende maatregelen sterk gestuurd wordt door onze aannames (bv. investeringen, besparingen), zowel voor vraagreducerende als efficiëntie maatregelen. Indien de bijkomende kosten per eenheid CO₂-reductie veranderen, zal ook de selectie van vraagreducerende maatregelen wijzigen. Aangezien het kantelpunt (€/ton) voor bovenstaande selectie niet “exogeen” bepaald wordt, willen we dit ook niet zo benoemen in deze studie.

→ Reductie warmtevraag door WTW op ventilatie bij subsector kantoren & administraties

In de subsector kantoren zal de toepassing van warmteterugwinning (WTW) op ventilatie de warmteverliezen via ventilatie terugdringen. We nemen aan dat WTW de warmtevraag voor verwarming met ca. 15% zal terugdringen t.o.v. het referentiescenario. De investeringskost (incl. plaatsing, excl. BTW) stellen we gelijk aan 1 € per m² BVO, de technische toepasbaarheid veronderstellen we 75% van het BVO aan kantoren, i.e. het aandeel kantoren met ventilatie (Milieukostenmodel, VITO).

Indien we de kosteneffectiviteit op een analoge wijze berekenen als voor de vraagreducerende maatregelen, bekomen we een gemiddelde kost van ongeveer -250 € per ton in 2030, kost en reductie berekend t.o.v. het referentiescenario. Deze negatieve kost per eenheid reductie geeft aan dat de brandstofbesparingen hoger zijn dan de investeringskosten. Gezien de hoge kosteneffectiviteit prikken we deze maatregel vast, alvorens de impact van efficiëntere en/of hernieuwbare installaties te bepalen.

We veronderstellen dus dat in 2030 en t.o.v. het referentiescenario alle subsectoren een lage energie renovatie zullen ondergaan en dat de subsector kantoren WTW zal toepassen op ventilatie, waardoor de vraag naar warmte zal reduceren.

In Figuur 29 geven we een indicatie van de impact van alle vraagreducerende maatregelen (isolatie en WTW) op de totale CO₂-emissies van de tertiaire sector. De brandstofgerelateerde CO₂-emissies (scope 1) worden met ca. 92 kton gereduceerd ten opzichte van het referentiescenario in 2030. De impact op de scope 2 emissies ten opzichte van het referentiescenario is gelijk aan nul.

5.2.3. EFFICIËNTE EN/OF HERNIEUWBARE OPWEKKING VAN WARMTE

Diverse installatie- en brandstoftypes zijn inzetbaar in de tertiaire sector om de rendabiliteit en vergroening van warmte opwekking te verhogen t.o.v. het referentiescenario in 2030. In deze studie schatten we de kosten en effecten in voor volgende maatregelen (gelijkaardig aan deze van de residentiële sector):

- Collectieve stadsverwarming met warmte afkomstig van een grootschalige biomassaketel;
- Biogas afkomstig van vergassing houten biomassa waarbij het gas via huidig aardgasnet wordt getransporteerd ("pipeline quality"). De vergassing van biomassa in een grote centrale is eerder een experimentele techniek. Tegen 2030 beschouwen de techniek als voldoende matuur om toe te passen in Gent;
- Luchtwarmtepompen (lucht/water);
- Bodemwarmtepompen (water/water);
- Individuele pelletketels.

Uiteraard zijn er nog opties vanuit technisch standpunt mogelijk: zo kan collectieve stadsverwarming gekoppeld aan WKK op biogas of biomassa tevens worden toegepast. Deze techniek kent echter zeer hoge investeringskosten (4000 – 4500 €/kWe) en onderhoudskosten (100-300 €/kWe/jaar), met een lage kosteneffectiviteit tot gevolg (Moorkens et al., november 2010). Gelijkaardige redenering gaat op voor de toepassing van zonneboilers in de tertiaire sector (cfr. hoge kosteneffectiviteit residentiële sector). Condenserende gasketels hebben een degelijke performantie maar zitten reeds in het referentiescenario. De recuperatie van warmte uit grijs water als mogelijke warmtebron voor warmtepompen kan voor de subsector "welzijn" mogelijk interessant zijn, gezien het hoge verbruik van SWW. Deze techniek hebben we niet verder geëvalueerd in deze studie, gezien het gebrek aan betrouwbare informatie.

De technische en economische eigenschappen van voornoemde maatregelen nemen we over van de residentiële sector (uitgedrukt per m² BVO) voor alle subsectoren. De aannames zijn samengevat in Tabel 26. Enkel voor de pelletketels nemen we een verschillend technisch potentieel aan in vergelijking met de residentiële sector, namelijk 95% i.p.v. 25% omwille van voldoende ruimte voor opslag in de tertiaire sector.

Vertrekkende van de technische en economische eigenschappen van de efficiëntere verwarmingssystemen kan men de kost per ton CO₂ reductie (scope 1 en scope 2) bepalen. Het finaal energieverbruik per m² BVO, vóór de installatie van efficiëntere systemen stemmen we af op het verbruik in 2030 volgens het referentiescenario, inclusief de vraagreducerende maatregelen (cf. paragraaf 5.2.1). De impact van een nieuwe installatie is immers sterk afhankelijk van het initiële verbruik. De resulterende kosten per eenheid CO₂-reductie vind je terug in onderstaande tabel.

Tabel 30: Efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingstechnieken: kost per ton CO₂ per maatregel ten opzichte van referentiescenario 2030, inclusief vraagreducerende maatregelen

[€/ton CO ₂]	Onderwijs	Kantoren	Overig	Welzijn
Stadsverwarming met grootschalige biomassaketel	883	883	883	883
Biogas via vergassing biomassa ("pipeline quality")	514	514	514	514
Luchtwarmtepomp	454	454	454	454
Grondwarmtepomp	584	584	584	584
Individuele pelletketels	373	373	373	373

Stadsverwarming kent de hoogste kost per eenheid CO₂-reductie i.v.m. de overige maatregelen. De hoge investeringskosten van stadsverwarming verklaren de lage kosteneffectiviteit. Indien we Tabel 29 en Tabel 30 vergelijken, valt op dat de vraagreducerende maatregelen "zeer lage energie renovatie" en "renovatie tot passief" een hogere kost per eenheid CO₂-reductie hebben dan efficiënte (en/of hernieuwbare) installaties. Maatregelen, zoals pelletketels, reduceren immers de emissies van deze ketels tot nul, aangezien men biomassa als brandstof gebruikt.

In Figuur 29 geven we een indicatie van de impact – bovenop de vraagreducerende maatregelen – door de inzet van efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingstechnieken op de totale CO₂-emissies (scope 1 en 2) van de tertiaire sector. We veronderstellen hierbij telkens een inzet volgens technisch potentieel. Dit impliceert dat de weergegeven reducties per maatregel niet cumuleerbaar zijn. De sterkste reducties kunnen worden bereikt door de aanleg van stadsverwarming op biomassa, door het gebruik van biogas of door de installatie van pelletketels: de scope 1 emissies dalen tot nog ca. 4 kton CO₂ in 2030 terwijl de scope 2 emissies constant blijven. We willen opmerken dat de inzet van individuele pelletketels een negatieve impact heeft op luchtkwaliteit (hoge stofemissies). Bij het grootschalig inzetten van deze techniek dient hier aandacht aan worden gegeven. De inzet van warmtepompen zal tevens leiden tot sterke reducties van de scope 1 emissies (7 kton), maar zal de scope 2 emissies doen toenemen (grootteorde 300 kton CO₂). We willen aangeven dat enkel de reductie van warmtevraag in rekening werd gebracht. Bij gebouwen met een hoge koelvraag, hebben warmtepompen als bijkomend voordeel dat ze de koelvraag tevens (gedeeltelijk) reduceren.

5.2.4. EFFICIËNTE VERLICHTING

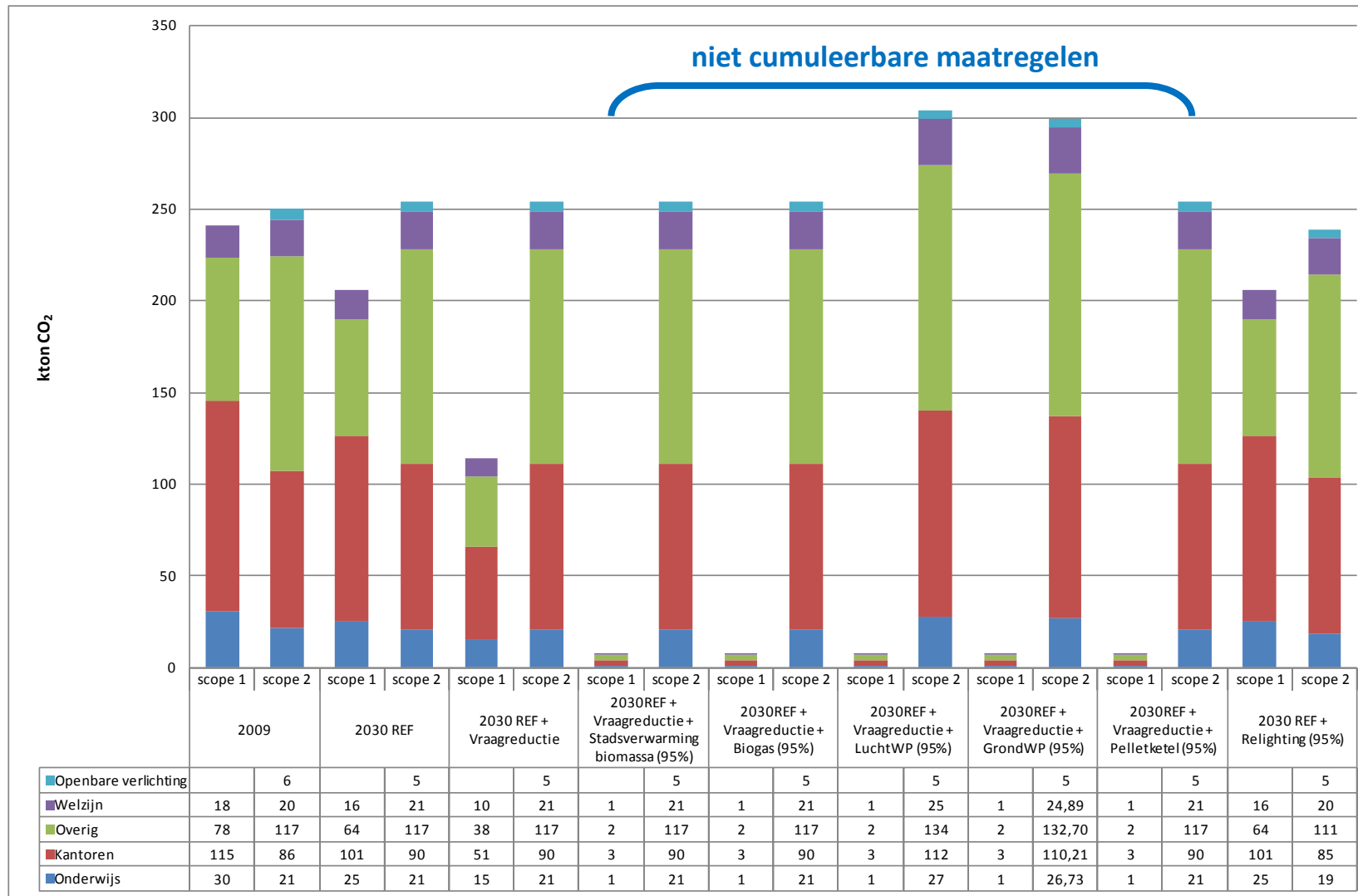
Gezien het belang van verlichting in het totale elektriciteitsverbruik (cf. Tabel 5) van de tertiaire sector, kan relighting in bestaande gebouwen een behoorlijke reductie van het elektriciteitsverbruik realiseren in de vier subsectoren. Om de kosteneffectiviteit voor deze maatregel te bepalen, maken we volgende techno-economische assumpties:

- Elektriciteitsbesparing van 29% t.o.v. het verbruik voor verlichting in het referentiescenario 2030 (Milieukostenmodel, VITO);

- Investeringskosten per m² BVO (incl. plaatsing, excl. BTW) bedragen voor de verschillende subsectoren: onderwijs 13 €/m², kantoren 31 €/m², overig 15 €/m², welzijn 8 €/m² (Milieukostenmodel, VITO);
- Levensduur gelijk aan 20 jaar;
- Technisch potentieel bedraagt 95% van het totale BVO;

Als resultaat bekomen we negatieve gemiddelde kosten voor alle vier subsectoren. Deze hoge kosteneffectiviteit is het gevolg van relatief lage investeringskosten in vergelijking tot de besparingen op elektriciteitskosten.

In Figuur 29 geven we een indicatie van de impact van relighting op de totale CO₂-emissies (scope 1 en 2) van de tertiaire sector. We veronderstellen hierbij een inzet volgens het technisch potentieel. De scope 2 emissies dalen met ca. 15 kton t.o.v. het referentiescenario in 2030.



Figuur 29: Impact op CO₂-emissies tertiaire sector (scope 1 en 2) door inzet van de maatregelen volgens technisch potentieel (% BVO). Impact maatregelen m.b.t. efficiëntie en hernieuwbare energie is niet cumulatief

5.3. INDUSTRIËLE SECTOR

Gegeven de diversiteit aan processen en producten binnen de industrie is het niet mogelijk om één technologie te definiëren om de CO₂-uitstoot te kunnen reduceren tot het vooropgestelde ambitieniveau. Verschillende maatregelen zijn nodig om een significante reductie van CO₂ te realiseren (Brown et al., 2012).

We bespreken in volgende paragrafen (pakketten van) maatregelen die een impact kunnen hebben op het energieverbruik en/of CO₂-uitstoot van de sector industrie door:

- verbetering van energie-efficiëntie;
- vergroening van energiemix: omschakeling naar koolstofarme brandstoffen, omschakeling naar biomassa(afval), inzet van biogas (productie uit houderige biomassa);
- Carbon Capture and Storage (CCS);
- uitwisseling en valorisatie reststromen.

Voor zover informatie beschikbaar is, schatten we kosten en effecten van deze maatregelen in.

Gegeven het grote aandeel dat de subsector “ijzer en staal” vertegenwoordigd in de CO₂-uitstoot van de sector industrie, bespreken we het energiebesparingspotentieel en CO₂-reductiepotentieel voor Arcelor Mittal in een afzonderlijke paragraaf.

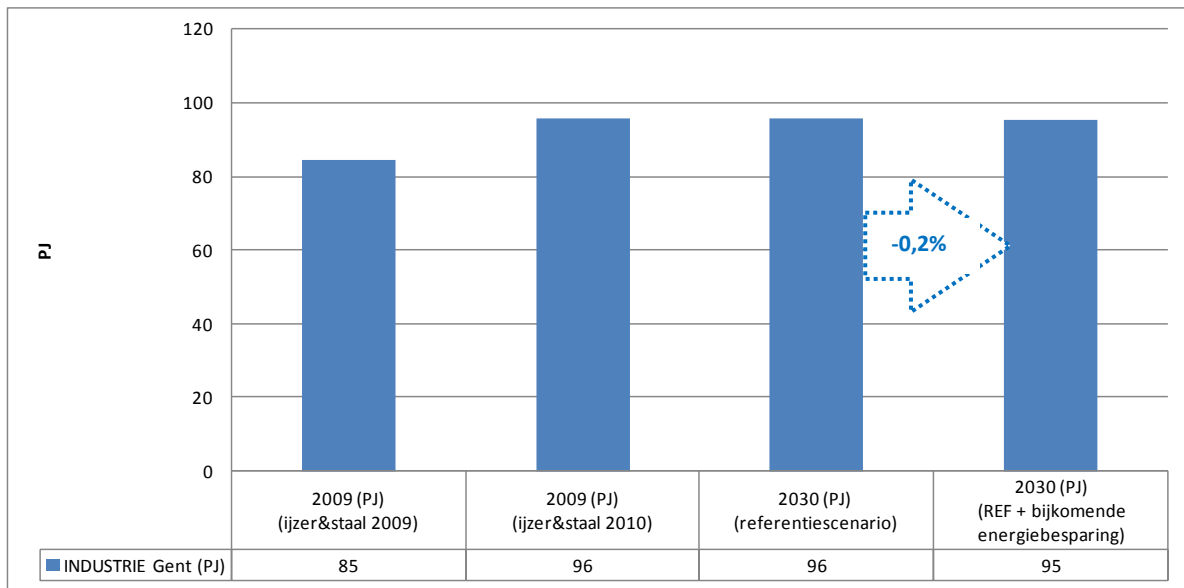
Voor de huidige industriële processen is het bijkomend potentieel voor elektrificatie beperkt, bv. vlamboogoven voor productie staal (Brown et al., 2012). Elektrificatie (CO₂-vrij of -arm) en waterstof ter vervanging van fossiele brandstoffen, liggen het meest voor hand in de gebouwde omgeving en transport (Daniëls et al., mei 2012). We moeten hier tevens opmerken dat de impact afhangt van de brandstofmix waarmee elektriciteit of waterstof geproduceerd wordt.

5.3.1. ENERGIE-EFFICIËNTIEVERBETERING

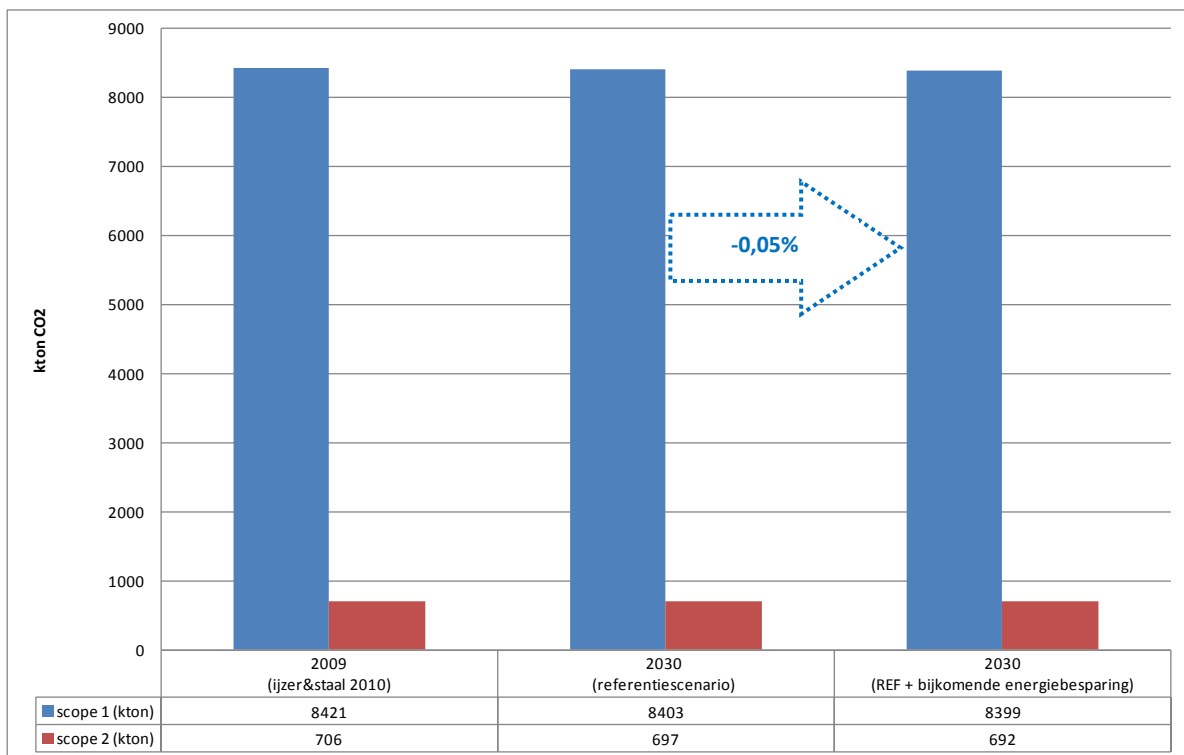
In het referentiescenario brengen we de inzet van de “Best Beschikbare Technieken” in rekening. Voor heel wat van deze technieken kan gesteld worden dat, naar energie-efficiëntieverbetering, de grenzen van de thermodynamica bereikt zijn. Verdergaande reductie van het energieverbruik is niet mogelijk binnen de bestaande processen en nieuwe processen moeten ontwikkeld worden.

Voor de bestaande capaciteit, die niet vervangen wordt binnen de tijdshorizon 2009 – 2030, stellen we een pakket van “generieke” maatregelen voor die het energieverbruik reduceren, zoals bijvoorbeeld, efficiëntere motoren, efficiëntere boilers, WKK maar ook lekdetectie, monitoring energieverbruik, energiemanagement, etc. Het gaat hier om maatregelen die (technisch) haalbaar zijn en beperkt financiële inspanningen vereisen (negatieve of beperkte kost). Het betreffende energieverbruik wordt, afhankelijk van de sector, met ca. 2 à 6% gereduceerd ten opzichte van het referentiescenario.

Echter, op het totale energieverbruik en CO₂-uitstoot van de industrie in Gent hebben deze bijkomende energiebesparende maatregelen een beperkte impact. De maatregelen reduceren het finaal energieverbruik met ca. 0,2% ten opzichte van het referentiescenario 2030. De brandstofgerelateerde CO₂-uitstoot (scope 1) wordt in 2030 door de inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen met 0,05% gereduceerd ten opzichte van het referentiescenario. De scope 2 emissies worden gereduceerd met ca. 0,74%.

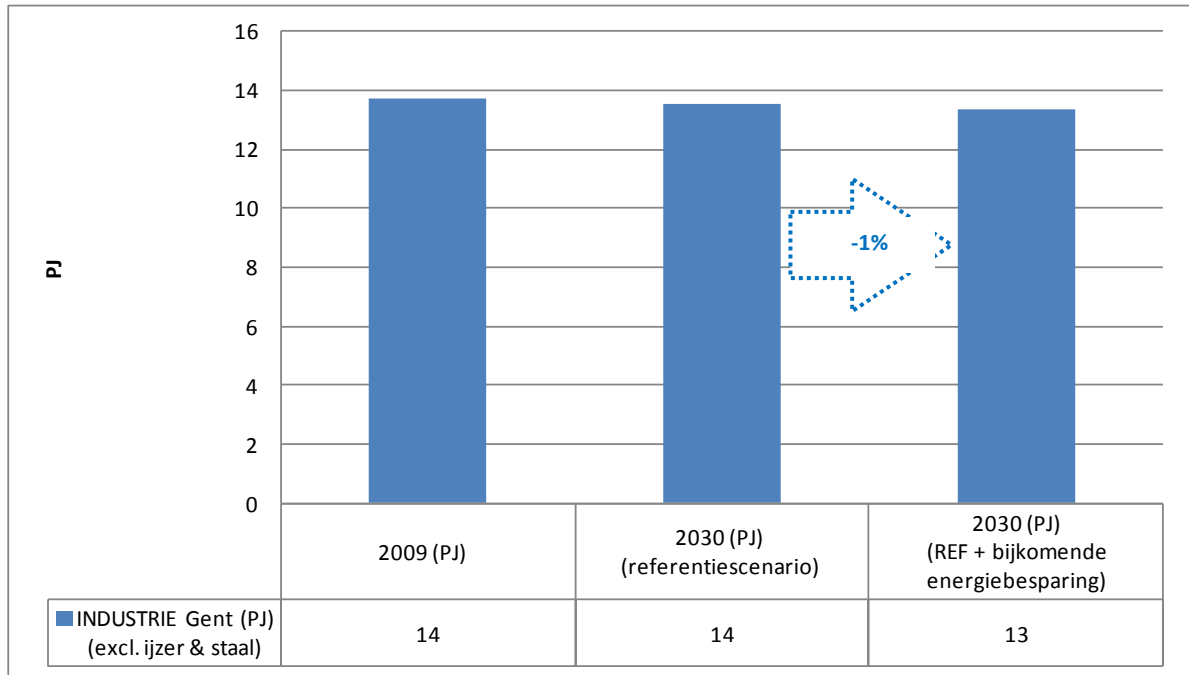


Figuur 30: Energieverbruik referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen (in PJ)

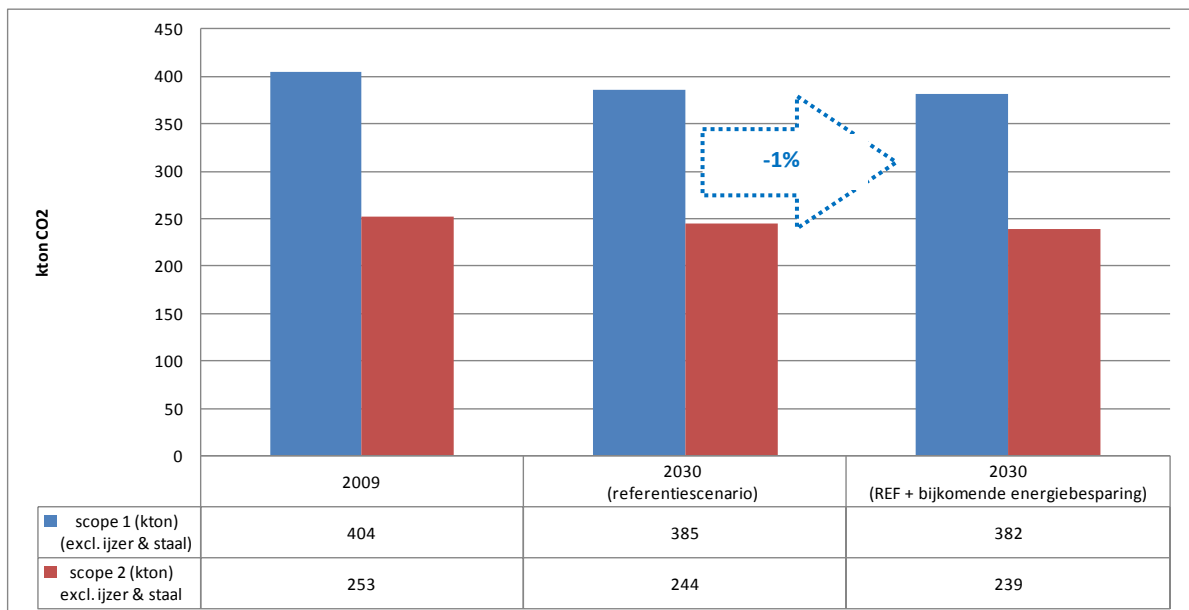


Figuur 31: CO₂-uitstoot referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen (in kton)

Indien we de sector ijzer & staal niet meenemen, wordt het finaal energieverbruik met ca. 1% gereduceerd ten opzichte van het referentiescenario. De brandstofgerelateerde CO₂-uitstoot wordt gereduceerd met ca. 1%. De scope 2 emissies worden gereduceerd met ca. 2%.



Figuur 32: Energieverbruik referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen - excl. ijzer & staal sector (in PJ)



Figuur 33: CO₂-uitstoot referentiescenario en ná energiebesparende maatregelen - excl. ijzer & staal sector (in kton)

5.3.2. ENERGIEMIX

→ Omschakeling naar koolstofarme brandstoffen

In het referentiescenario vertegenwoordigt aardgas ca. 90% van het brandstofverbruik (excl. ijzer en staal) in 2030. Het resterend verbruik van stookolie beschouwen we als back-up of opstart fuel. **Er wordt geen bijkomend potentieel verondersteld voor omschakeling naar aardgas.**

→ Omschakeling naar biomassa(afval)

WKK versus ketel

Een WKK is nuttig in die gevallen waar de warmtevraag voldoende groot is en vrij constant in de tijd, zoals bijvoorbeeld in geval van de papier en voeding industrie. Door VOKA wordt aangegeven dat een WKK minstens 4.000 à 6.000 draaiuren per jaar moet hebben om economisch rendabel te zijn (www.energieprofessionals.be: Best Practices voor rationeel energiegebruik, informatiefiche voor ondernemingen - warmtekrachtkoppeling). Het lijkt ons dan ook hoogst onwaarschijnlijk dat de warmtevraag van de industrie in Gent voor 100% wordt ingevuld door WKK.

Het aantal WKK's dat op dit moment in Gent operationeel is, is alleszins zeer beperkt en kan toegekend worden aan volgende sectoren: "chemie", "papier en uitgeverijen", "voeding, dranken en tabak". De lijst van huidige (kwalitatieve) WKK's is opgenomen in onderstaande tabel. De WKK van Taminco, wordt meegerekend in de sector energie omdat deze WKK in samenwerking met een elektriciteitsproducent wordt uitgebaat. De WKK van Rousselot (1,9 MWe) is niet opgenomen in de VREG-statistieken omdat hij reeds van 1976 in bedrijf is en bijgevolg niet in aanmerking komt voor warmtekrachtcertificaten. Volgens de VREG—statistieken ontvangen Stora Enso en VLS-group Ghent NV ook groene stroom certificaten.

Tabel 31: Overzicht WKK-installaties industrie Gent (dd. 28/09/2012)

Producent	Technologie	Elektrisch Vermogen [kWe]
Stora Enso NV	tegendrukstoomturbine	11.000
Cargill Gent	tegendrukstoomturbine	4.900
Algist Bruggeman nv	Gasturbine met warmteterugwinning	4.652
Taminco NV	Gasturbine met warmteterugwinning	6.210
VLS-Group Ghent NV (= ADPO)	interne verbrandingsmotor	2.200

Bron: <http://www.vreg.be/maandelijkse-statistieken-wkk>

- We veronderstellen dat de warmtevraag in 2030 wordt ingevuld door WKK's en ketels volgens onderstaande verdeling. De optie WKK werd enkel toegekend aan de sectoren waar op dit moment reeds een WKK staat.
 - Non ferro: 100% ketel
 - Chemie: 50% WKK en 50% ketel
 - Minerale niet-metaal: 100% ketel
 - Voeding en drank: 50% WKK en 50% ketel
 - Papier en uitgeverijen: 100% WKK (~ Stora Enso)
 - Textiel: 100% ketel

- Metaalverwerkende nijverheid: 100% ketel
- Andere: 100% ketel

Voor onze berekeningen hebben we de vraag naar warmte afgeleid van het verbruik van fossiele brandstoffen, na inzet van de energiebesparende maatregelen die beschreven werden in voorgaande paragraaf. Voor de bepaling van de warmtevraag van de ketels gaan we uit van de referentierendementen uit het Ministerieel besluit van 06.10.2006 inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties (cf. Tabel 32). Voor de bepaling van de warmtevraag van de WKK's gaan we uit van een thermisch rendement van 60% (Moorkens, maart 2010). Op die manier komen we aan een warmtevraag van ca. 5,2 PJ.

Tabel 32: Referentierendementen voor toepassing van voorwaarden kwalitatieve WKK

Brandstoftype	Stoom/warm water
Steenkool/Cokes	88%
Bruinkool/Bruinkoolbriketten	86%
Turf/turfbriketten	86%
Houtbrandstoffen en houtafval	86%
Landbouwbiomassa	80%
Bio-afbreekbaar (stads)afval	80%
Niet-hernieuwbaar (stads- en industrie-)afval	80%
Steenolie	86%
Olie (gasolie + stookolie), LPG	89%
Biobrandstoffen	89%
Bio-afbreekbaar afval	80%
Niet-hernieuwbaar afval	80%
Aardgas	90%
Raffinaderijgas/waterstof	89%
Biogas	70%
Cokesovengas, hoogovengas + andere afvalgassen	80%

Bron: <http://212.123.19.141/ALLESNL/wet/detailframe.vwp?SID=0&WetID=1015220>

Vaste, vloeibare of gasvormige biomassa

We veronderstellen dat de ketels en WKK's omschakelen naar vaste biomassa. In de inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010 (Jespers et al., 2011) zien we dat vaste biomassa een aandeel van ca. 89% vertegenwoordigt in de totale productie van warmte/stoom door industriële installaties die enkel warmte/stoom produceren (dus geen WKK) en ca. 73% van de installaties met gecombineerde productie van elektriciteit en warmte (WKK, zelfproducenten).

Wat de inzet van biomassa betreft, zullen er praktische belemmeringen zijn die de omschakeling van fossiele brandstoffen naar biomassa bemoeilijken, zoals bijvoorbeeld de beschikbaarheid, transport en opslag. Uitgaande van een thermisch rendement voor WKK op vaste biomassa van 58% en een thermisch rendement van 86% voor een ketel op vaste biomassa, is er 7 PJ vaste biomassa nodig om aan een warmtevraag van 5,2 PJ te voldoen. In volgende tabel wordt een inschatting gegeven van de hoeveelheid ruimte die nodig is voor de opslag van 7 PJ houderige biomassa. Ter vergelijking: je kan het S.M.A.K museum ongeveer 2 tot 9 keer vullen met de berekende hoeveelheid houderige biomassa.

Tabel 33: Hoeveelheid ruimte nodig voor 7 PJ houderige biomassa

	Energie-inhoud		1 m ³ opslagruimte		kton	m ³
		GJ/ton				
Pellets	18	GJ/ton	650 kg	pellets	151	232.923
Houtchips of stukhout	14	GJ/ton	200-250 kg	chips	189	946.248

Op basis van: Gorissen et al. (2011)

Om bij verbranding van vaste biomassa de emissienormen voor NO_x en stof te kunnen halen is er in veel gevallen ook een nageschakelde rookgasreiniging nodig (multicycloon, SCR of SNCR, doekfilter). Bovendien kan er een spanningsveld ontstaan tussen de inzet van biomassa voor de productie van stoom/warmte in de industrie en andere toepassingen (elektriciteitsproductie, materiaaltoepassingen, voedsel, biobrandstoffen).

Vermogensklasse

De prijs van een ketel en WKK op biomassa is niet alleen functie van de brandstof die ingezet wordt maar ook van het opgesteld vermogen.

In onze berekeningen gaan we uit van een ketel met gemiddeld geïnstalleerd vermogen van 2 MWth op schone houtchips. Door Moorkens et al. (2009) wordt ook aangegeven dat het merendeel van de bestaande industriële houtverbranders in Vlaanderen een vermogen hebben in de grootteorde tot 2 MWth. In bijlage A wordt voor verschillende vermogensklassen een overzicht gegeven van kengetallen voor ketels en WKK-turbines op vaste biomassa.

Tabel 34: Ketel schone houtchips (2 MWth)

	Eenheid	Waarde
Unit grootte	kWth	2.000
Bedrijfstijd/vollasturen	uren per jaar	4.500
Economische levensduur	Jaar	15
Elektrisch rendement	%	-
Thermisch rendement ¹	%	86
Investeringskosten ²	€ per kW	208
Onderhoudskosten	€ per kWh	0,001
Overige operationele kosten ³	€ per kWh	0,004

¹Referentierendement voor houtbrandstoffen volgens het Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallatie.

²Investeringskosten zijn exclusief BTW maar inclusief planning en ontwikkeling. De investeringskosten omvatten geen rookgasreinigingstechnologie maar wel aanpassingen aan bestaande gebouwen, ketel met opslag (buffervat), toevoersysteem, rookgasafvoer, regeling, waterzijdige aansluiting, transportleiding en verzwaaring elektrische leidingen.

³Overige operationele kosten zijn de kosten voor dagelijks onderhoud en bediening, kosten voor asverwijdering en -afvoer, elektriciteitsverbruik installatie.

Bron: Moorkens et al. (2009)

Een stoomketel met nageschakelde stoomturbine is de commercieel meest toegepaste techniek voor het opwekken van elektriciteit op medium en grote schaal met biomassa. Voor de WKK-installaties gaan we uit van een WKK-turbine op vaste biomassa van 5 MWe. De parameters en eenheidskosten zijn gebaseerd op de studie “Prognoses voor hernieuwbare en WKK tot 2020” (Briffaerts et al., oktober 2009).

Tabel 35: WKK turbine op vaste biomassa (5 MWe)

	Eenheid	Waarde
Unit grootte	kWe	5.000
Bedrijfstijd/vollasturen	Uren/jaar	7.000
Economische levensduur	Jaar	15
Elektrisch rendement	%	20%
Thermisch rendement	%	58%
Investeringskosten	€ per kW	3.000
Werkingskosten	€ per kWh	0,019

Bron: Briffaerts et al. (2009)

Naast voornoemde kosten is er ook nog een verschil in brandstofkosten dat in rekening moet gebracht worden. We gaan uit van de energieprijzen die aangeleverd werden door de Europese Commissie in het kader van de rapportering van de energie- en broeikasgasprognoses voor Vlaanderen in 2011. Deze prijzen zijn gebaseerd op: http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/trends_to_2030_update_2009.pdf.

Wat de prijzen van biomassa betreft, baseren we ons op de gegevensbronnen die ook voor de “Onrendabele Top” studies gebruikt worden. De C.A.R.M.E.N. website (<http://www.carmen-ev.de>) geeft actuele prijsinformatie voor hernieuwbare brandstoffen. De projecties na 2010 werden door VITO opgesteld d.m.v. extrapolatie uit tijdsreeksen en in afstemming met de prijsstijgingen die PRIMES vooropstelt voor fossiele brandstoffen.

Tabel 36: Energieprijzen industrie (2030)

[€2009/GJ]	2030
Lichte stookolie	19,37
Zware stookolie	11,61
Aardgas	11,00
Biomassa (gemiddelde houtpellets, chips en stukhout)	17,71
Elektriciteit	29,41

Bron: VITO

Gegeven dat ca. 90% van het fossiele brandstofverbruik in het referentiescenario in 2030 aardgas is, veronderstellen we dat de ketels en WKK's op biomassa, ter vervanging komen van ketels en WKK's op aardgas.

→ Inzet van biogas

Na inzet van de energiebesparende maatregelen die beschreven werden in paragraaf 5.3.1, bedraagt het fossiele brandstofverbruik van de industrie in Gent (excl. ijzer & staal) ca. 7 PJ. We veronderstellen dat de bestaande ketels en WKK omschakelen naar synthesegas of syngas (mengsel van koolstofmonoxide en waterstof). Om in de behoefte aan syngas te voorzien wordt biogas centraal geproduceerd via vergassing van houtterige biomassa. Biogas wordt opgewaardeerd tot bio-syngas (bio-SNG) en geïnjecteerd in het bestaande aardgasnet. In volgende tabel zijn de kengetallen opgenomen voor een vergasser van houtterige biomassa met een vermogen van 300 MWth. Om de vergassing van biomassa op een gelijkwaardige basis te kunnen afwegen met de overige maatregelen, veronderstellen we dat de investering in een biovergassingscentrale volledig wordt gedragen door de industrie en niet door bv. netbeheerder of energiemaatschappij.

Tabel 37: Vergasser houtterige biomassa (300 MWth)

	Waarde	eenheid
Investering	53.465	€/TJ Bio-SNG
Operationele kost	3.564	€/TJ Bio-SNG
Rendement	59%	TJ SNG per TJ hout
Levensduur	20	jaar

Bron: *Progressive Energy & CNG Services (2010)*

Indien we uitgaan van een rendement van 59%, is er ca. 11 PJ houtterige biomassa nodig voor de productie van 7 PJ syngas. In volgende tabel wordt een inschatting gegeven van de hoeveelheid ruimte die nodig is voor de opslag van 11 PJ houtterige biomassa. Ter vergelijking: je kan het S.M.A.K museum ongeveer 9 tot 32 keer vullen met de berekende hoeveelheid houtterige biomassa.

Tabel 38: Hoeveelheid ruimte nodig voor 11 PJ houtterige biomassa

	Energie-inhoud		1 m ³ opslagruimte		ton	m ³
Pellets	18	GJ/ton	650 kg	pellets	645.408	992.935
Houtchips of stookhout	14	GJ/ton	200-250 kg	chips	806.760	3.227.039

Op basis van: *Gorissen et al. (2011)*

→ Energieverbruik en CO₂-uitstoot

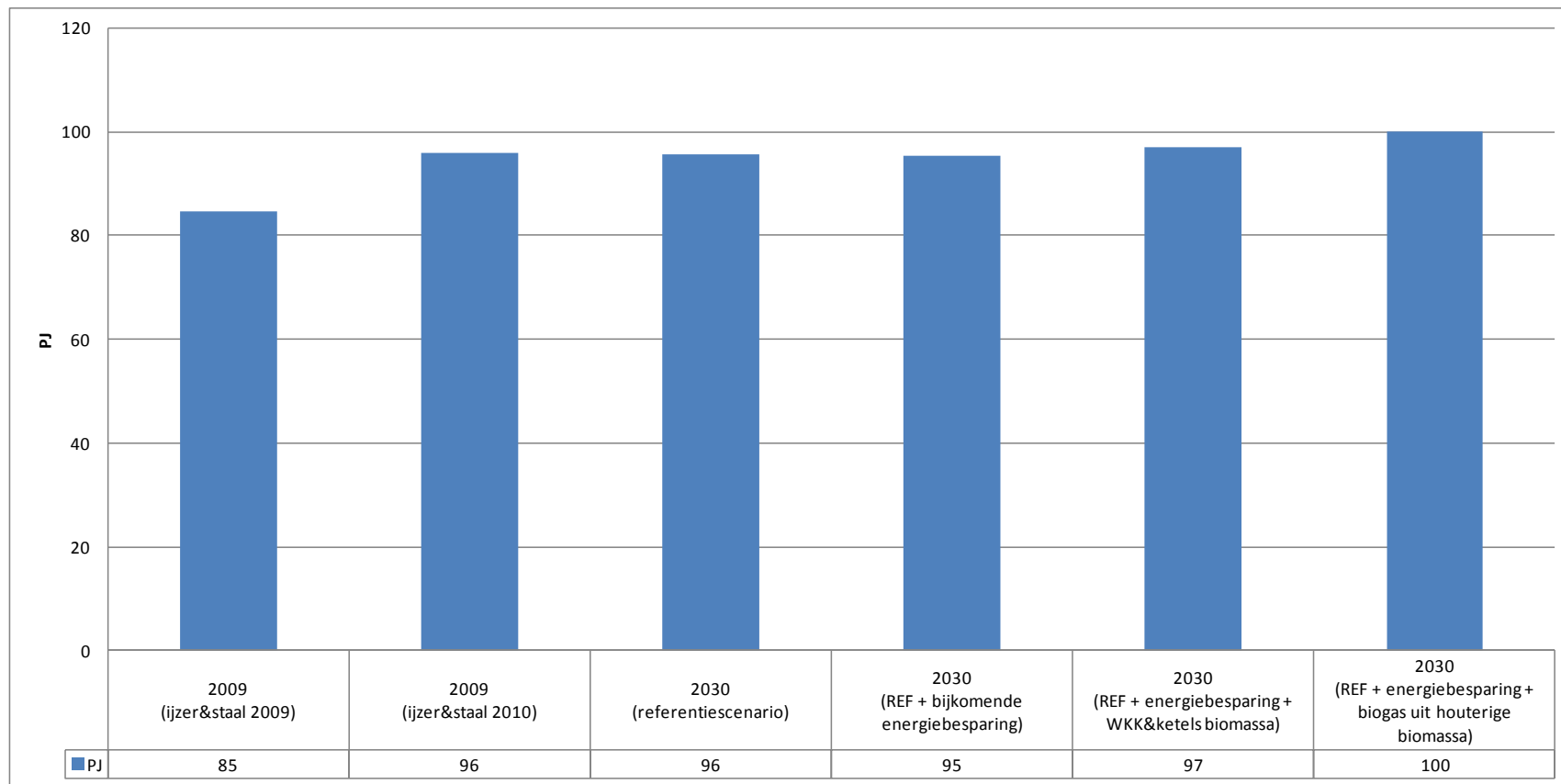
We rekenen het effect door op, respectievelijk het energieverbruik en de CO₂-uitstoot, voor volgende maatregelen:

- Warmtevraag wordt ingevuld door WKK's en ketels op vaste biomassa volgens onderstaande verdeling per sector (WKK&ketel biomassa):
 - Non ferro: 100% ketel
 - Chemie: 50% WKK en 50% ketel
 - Minerale niet-metaal: 100% ketel
 - Voeding en drank: 50% WKK en 50% ketel

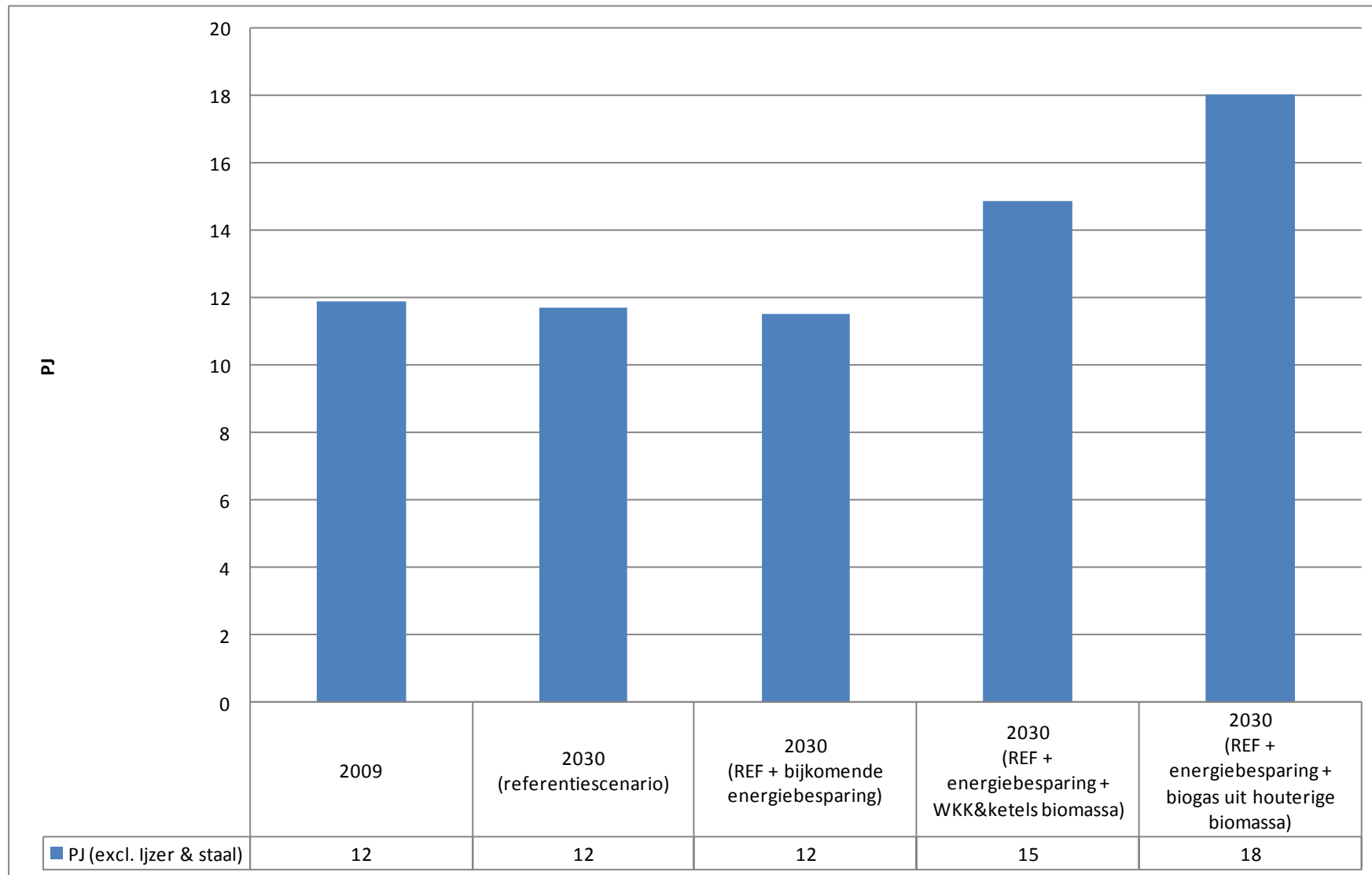
- Papier en uitgeverijen: 100% WKK
 - Textiel: 100% ketel
 - Metaalverwerkende nijverheid: 100% ketel
 - Andere: 100% ketel
- Warmtevraag wordt ingevuld door centrale productie van biogas, aangeleverd via bestaande aardgasleiding (biogas).

Hierbij moeten we opmerken dat de maatregelen elkaar uitsluiten, zodat de impact niet cumuleerbaar is. Bovendien veronderstellen we dat de maatregelen voor hun volledig technisch potentieel worden ingezet. In de praktijk zullen niet alle bedrijven een (groene) WKK op een kwalitatieve wijze kunnen inzetten.

In volgende figuren wordt een overzicht gegeven van het energieverbruik voor en na maatregelen, respectievelijk inclusief en exclusief de ijzer en staal sector. Het energieverbruik in 2030 (ná bijkomende energiebesparende maatregelen) neemt toe als gevolg van de vergroening van de energiemix. Deze toename kan verklaard worden door het verschil in rendement tussen een ketel (WKK) op biomassa en ketel (WKK) op fossiele brandstoffen (ca. 2%). Het verbruik bij centrale productie van biogas ligt hoger door de inzet van houten biomassa (ca. 5%).

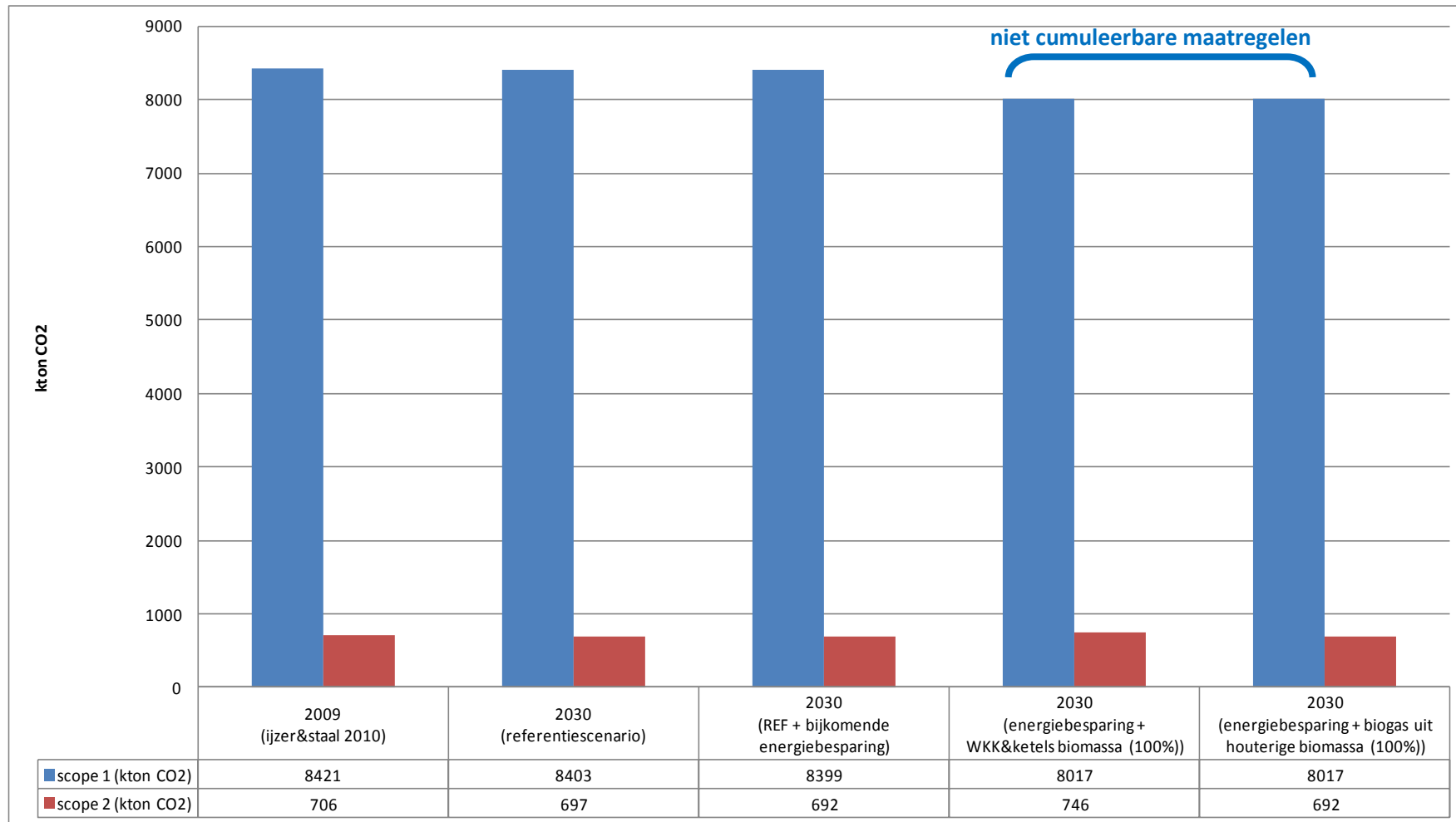


Figuur 34: Impact vergroening energiemix op energieverbruik na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in PJ) – incl. ijzer en staal sector

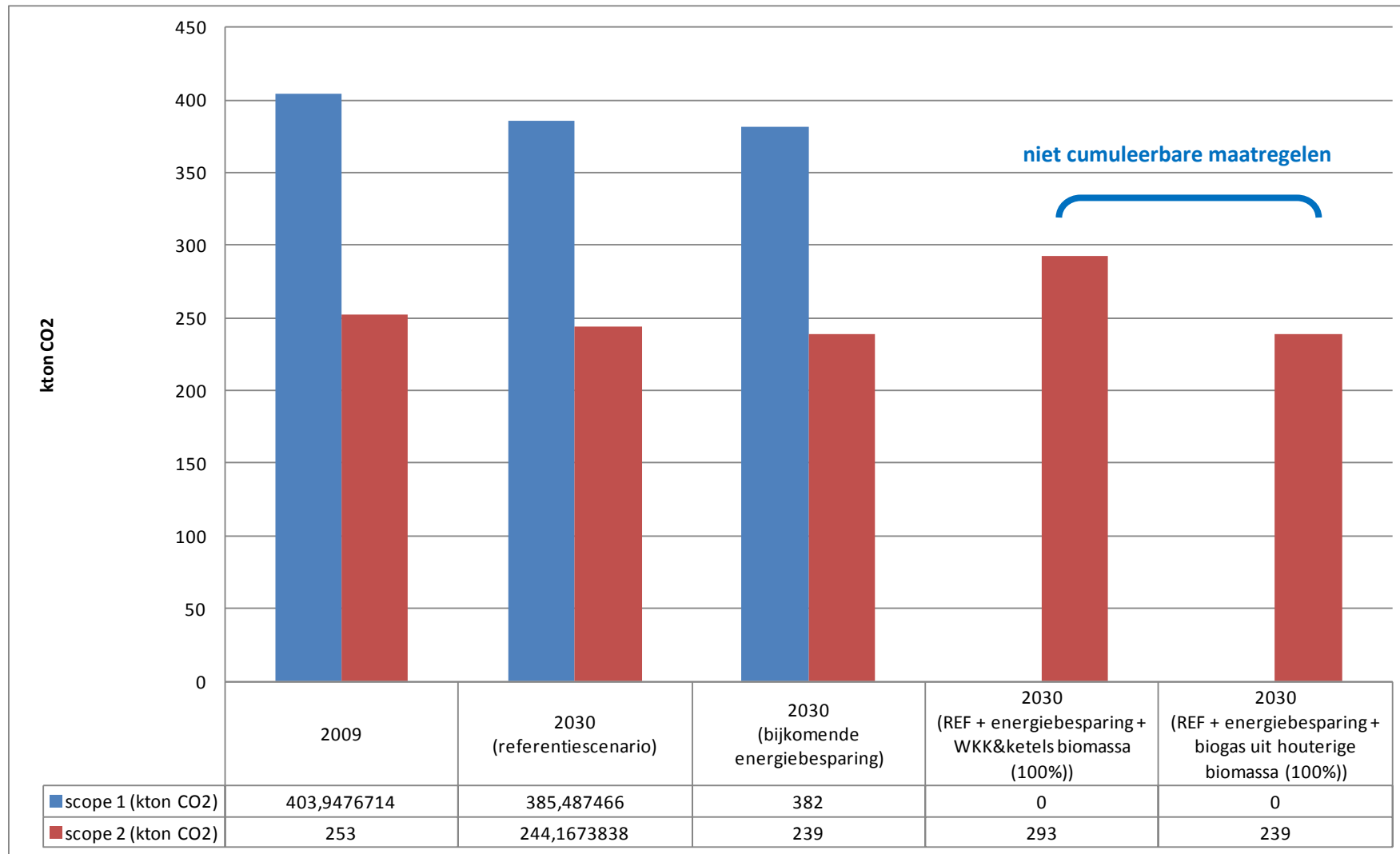


Figuur 35: Impact vergroening energiemix op energieverbruik na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in PJ) – excl. ijzer en staal sector

De inzet van WKK en ketels op biomassa en de inzet van biogas (via aardgasleiding) hebben dezelfde impact op de scope 1 emissies van CO₂, aangezien voor beide maatregelen dezelfde hoeveelheid fossiel brandstofverbruik vervangen wordt door biomassa/biogas. De brandstofgerelateerde uitstoot in 2030 (ná bijkomende energiebesparende maatregelen) wordt gereduceerd met ca. 5%. De resterende CO₂-uitstoot is deze van de sector ijzer & staal. De inzet van WKK op biomassa in plaats van op aardgas zorgt voor een bijkomende impact op de scope 2 emissies van CO₂, met name een toename van deze uitstoot met ca. 8%. In volgende figuren wordt een overzicht gegeven van de CO₂-emissies, respectievelijk inclusief en exclusief de ijzer en staal sector.



Figuur 36: Impact vergroening energiemix op CO₂-emissies, na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in kton) - incl. ijzer en staal sector



Figuur 37: Impact vergroening energiemix op CO₂-emissies, na inzet van bijkomende energiebesparende maatregelen (in kton) – excl. Ijzer en staal sector

De meerkost van de verschillende maatregelen wordt weergegeven in volgende tabel. Het gaat hier om de meerkost van een ketel op vaste biomassa ten opzichte van een ketel op aardgas en een WKK op vaste biomassa ten opzichte van een WKK op gas. We verwijzen naar bijlage B voor een overzicht van de parameters van de referentietechnologie.

Tabel 39: Vergelijking kosten technologieën die kunnen ingezet worden voor vergroening energiemix industrie in Gent

	WKK & ketel biomassa	Biogas
Kost technologie (M€ per jaar)	12	0,05
Brandstofkost (M€ per jaar)	67	127
Totale kosten (M€ per jaar)	79	127
reductie (kton CO ₂ per jaar)	328	382
€ per ton CO ₂	243	333

5.3.3. ARCELOR MITTAL

Wat de staalproductie op het grondgebied van de stad Gent betreft, werden er een aantal opties om CO₂ te reduceren besproken met de sector in het kader van de studie “Low Carbon Roadmap 2050 Belgium” (VITO en CLIMACT i.o.v. FOD, *lopende studie*).

Door de sector werd ondermeer aangegeven dat er in het verleden al heel wat maatregelen genomen zijn om het energieverbruik te reduceren van het bestaande productieproces in Gent (efficiëntie verbetering met ca. 0,4 % per jaar). Op dit moment is de plant in Gent reeds de meest efficiënte binnen de Arcelor Group.

De mogelijkheden van omschakeling naar koolstofarme inputs zijn binnen het bestaande productieproces beperkt. In de plant in Gent wordt reeds maximaal kolen geïnjecteerd om het verbruik van cokes te beperken. Eventueel kan cokes vervangen worden door houtskool (biomassa). Echter, grote vraagtekens kunnen geplaatst worden bij de duurzaamheid van deze energiebron. Bovendien is houtskool minder stabiel dan cokes (Brown et al., 2012).

We brengen geen bijkomende energiebesparende maatregelen of brandstofomschakeling in rekening.

Daarnaast kan retrofit van het bestaande productieproces of een nieuw productieproces bijdragen tot een reductie van de uitstoot van CO₂.

ULCOS (<http://www.ulcos.org/>) test momenteel de haalbaarheid van technologieën die kunnen bijdragen tot een reductie van de CO₂-emissies van primaire staal productie. Top gas recycling (reductie van het cokesverbruik door recuperatie van de afgassen als reductiemiddel in de oven; geschikt voor toepassing van Carbon Capture and Storage) heeft op dit moment het grootste potentieel voor toepassing in Gent. Een technologisch doorbraak (al dan niet met CCS), wordt verwacht op lange termijn, i.e. 2035 – 2050 en kan een significante impact hebben op de CO₂-uitstoot van de ijzer en staal industrie.

Gegeven dat voornoemde technologische innovaties nog in een R&D fase zitten, nemen we ze niet verder mee in onze doorrekeningen.

5.3.4. CARBON CAPTURE AND STORAGE

De toepassing van carbon capture and storage (and reuse) (CCS, CCUS) voor industrie zit nog in de R&D fase en zal eerder op de lange termijn kunnen bijdragen tot een reductie van de CO₂-uitstoot. Bijkomend onderzoek is nodig om de technologie op commerciële schaal te demonstreren en de kosten te reduceren. Daarnaast staat CCS nog voor een aantal juridische en sociaal-maatschappelijke uitdagingen, zowel naar opslag als naar transport van CO₂.

Toepassing van Carbon Capture and Storage (CCS) in industrie is voornamelijk een optie voor ijzer en staal sector (bv. in combinatie met “Top gas recycling”) en cement industrie (maar in Gent geen klinkerproductie, enkel vermaling klinkers tot cement) en in beperkte mate chemie (petrochemie, ammoniak productie) (Brown et al., 2012).

Lokaal CO₂ opslaan in de bodem is geen optie voor Gent. België beschikt over beperkte (theoretische) opslagcapaciteit in de bodem, waarvan het werkelijk potentieel bovendien nog onderzocht moet worden. Daarnaast behoren ook de niet ontgonnen steenkoollagen in de Kempen en Henegouwen tot de opties die op termijn kunnen worden overwogen. Maar deze piste, met overigens een beperkte capaciteit, blijft zeer theoretisch en vergt nog bijkomend onderzoek. Eventueel kan het afgevangen CO₂ vervoerd worden naar andere landen zoals bijvoorbeeld Nederland, waar Rotterdam zich wil profileren als CO₂-hub. Het transport van CO₂ kent op dit moment nog verschillende sociaal-maatschappelijke en juridische barrières.

Toepassing van CCS voor elektriciteitsproductie staat verder dan de toepassing voor industrie maar ook hier moeten er nog technische, sociaal-maatschappelijke en juridische hindernissen genomen worden vóór grootschalige toepassing. Toepassing voor centrale elektriciteitsproductie op het grondgebied van Gent is hoogst onwaarschijnlijk uitgaande van een centrale elektriciteitsproductie met (efficiëntere) STEG's op aardgas in 2030 (lage CO₂-concentratie). Bovendien is CCS een dure technologie waarvan de rendabiliteit in vraag kan gesteld worden als het aantal draaiuren van de STEG's afneemt door meer zon en wind op het net.

Naast opslag in de bodem, worden ook de mogelijkheden onderzocht om het afgevangen CO₂ te zuiveren en te hergebruiken in, bijvoorbeeld, tuinbouw of voedingsindustrie. <http://www.co2cleaning.eu/>, bijvoorbeeld, helpt aanbieders en afnemers van CO₂ op weg door een aantal technische mogelijkheden voor isoleren van CO₂ uit rookgassen en transporteren van CO₂ tussen vrager en aanbieder.

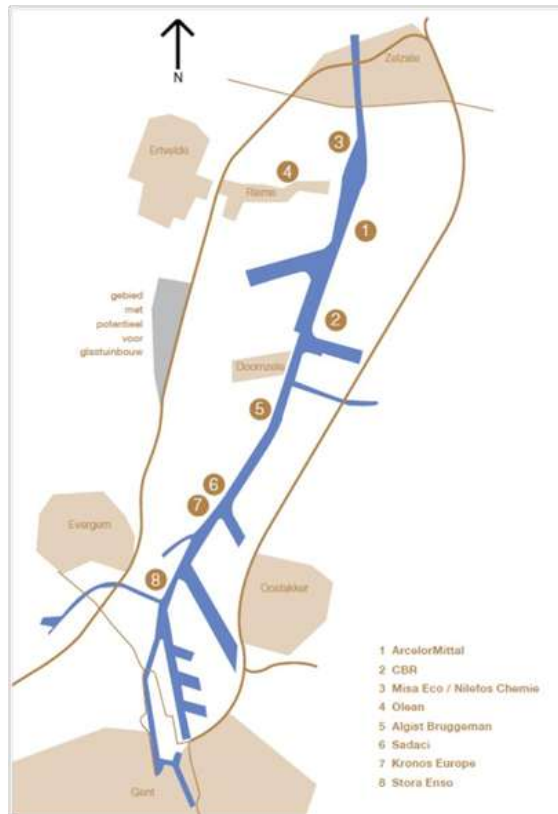
Carbon-capture-and-storage (CCS) en het hergebruik van CO₂ (CCUS) nemen we niet verder mee in onze doorrekeningen.

5.3.5. UITWISSELING RESTSTROMEN EN VALORISATIE

Reststromen omvatten zowel vaste, vloeibare als gasvormige afvalstromen. Specifiek voor energie gaat het om uitwisseling of gemeenschappelijk gebruik en hergebruik of valorisatie van restwarmte, stoom, koelwater. We hebben enkele specifieke gevalstudies onder de loep genomen voor de stad Gent.

→ **Gentse Kanaalzone**

In de studie “Reststromen in de Gentse Kanaalzone” (Van Dyck, 2008) werd voor de 8 meest energie-intensieve bedrijven in de Gentse Kanaalzone bekeken of er mogelijkheden zijn voor uitwisseling en valorisatie van reststromen. Deze bedrijven werden samengebracht in 3 clusters of mogelijke netwerken voor industriële symbiose. Eén van de drie clusters (Arcelor Mittal, CBR) valt binnen de scope van deze studie opdracht maar levert geen informatie op die relevant is.



Figuur 38: Bedrijven in Gentse Kanaalzone met potentieel voor industriële symbiose

Bron: Van Dyck (2008)

In Van Dyck (2008) wordt aangegeven dat een reststromenplatform een belangrijke faciliterende rol kan spelen bij het stimuleren van concrete industriële ecologieprojecten in de toekomst. Ondertussen is binnen het programma “Fabriek van de toekomst” het Symbiose-project gestart. Binnen dit project wordt een Vlaams platform voor uitwisseling van reststromen en bevordering van industriële symbiose opgericht en wordt meest geschikte businessmodel voor het platform bestudeerd. Concrete uitwisselingen en valorisaties zijn er nog niet. Het project mikt op 50 implementaties op 2 jaar, maar op dit moment kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de beoogde CO₂-reducties.

Eventueel kan het Interreg IVA-project “Duurzame havens” meer duidelijkheid geven over het potentieel aan uitwisseling en valorisatie van reststromen. Met steun van Europa slaan de vier Vlaamse havenbesturen – Gent, Antwerpen, Zeebrugge en Oostende – en het Nederlandse Zeeland Seaports (de havens van Terneuzen en Vlissingen) de handen in elkaar om de duurzame ontwikkeling van de zeehavens te bevorderen (. De havenbesturen willen kennis verwerven en

ervaringen delen over de duurzame ontwikkeling van havens op het vlak van energie in al haar aspecten. Het Havenbedrijf Gent richt zich binnen dit project op de mogelijkheden voor de uitwisseling van rest- en nevenstromen in het Gentse havengebied met in de eerste plaats de focus op warmte en CO₂. Bedrijven produceren naast hun producten vaak ook reststromen. Dit “afval” kan nuttig zijn voor andere bedrijven. Ook mogelijke verbindingen met de Zeeuws-Vlaamse Kanaalzone, de haven van Antwerpen en de woongebieden rond de haven en het stedelijke gebied zullen worden bestudeerd. (<http://www.vlaanderen.be/int/nieuws/project-duurzame-havens-vlaanderen-en-zeeuws-vlaanderen-slaan-handen-elkaar>)

→ **Uitbreiding stoomnet IVAGO**

IVAGO produceert ca. 40 ton stoom per uur. Een groot deel van deze productie wordt gebruikt voor de eigen voorzieningen (gebouwenverwarming, voorverwarming lucht oven, DeNOx) en stoomlevering aan het UZ Gent. IVAGO heeft gemiddeld 6,3 ton stoom per uur over, die momenteel gebruikt wordt voor de productie van elektriciteit. Indien de natte waskolom, die gebruikt wordt voor de reiniging van de rookgassen, vervangen wordt door een droge variant neemt de resterende hoeveelheid stoom toe met 4 ton per uur. Aangezien de stoomvraag van het UZ Gent fluctueert, is het stoomoverschot niet constant (E-Maze, april 2012).

Op basis van het stoomoverschot kunnen we stellen dat IVAGO, in geval van de natte waskolom, ca. 30 GWhth beschikbaar heeft of ca. 47 GWhth, in geval van de droge variant. Het stoomoverschot van IVAGO kan via een leiding of netwerk geleverd worden aan bedrijven of gebouwen die een stoom- en/of warmtevraag hebben. Potentieel en rentabiliteit hangen af van afstemming vraag en aanbod, afstand etc. Richtprijs voor een ondergrondse (stoom en condensaat) leiding is ca. 800 € per meter (op basis van stoomleiding UZ Gent). Naast de infrastructuurkosten kunnen er door de bedrijven die aansluiten op de stoomleiding besparingen gerealiseerd worden. Deze besparingen zijn afhankelijk van het verschil in kostprijs tussen de stoom die aangekocht wordt en de stoom die zelf geproduceerd wordt. Door IVAGO kunnen er eveneens besparingen gerealiseerd worden die afhankelijk zijn van het verschil in kostprijs tussen de levering van stoom aan het netwerk en de productie van stroom (heden wordt resterende stoom ingezet voor eigen stroomproductie).

Door E-Maze (april 2012) werd onderzocht of de resterende stoom van IVAGO nuttig kan aangewend worden door bedrijven of gebouwen op het bedrijventerrein Gent Zuid I. In deze (vertrouwelijke) studie zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om de reductie van CO₂ in te schatten op basis van het huidig brandstofverbruik van de bedrijven. Indien we het warmte/stoom aanbod van IVAGO, i.e. 30 à 47 GWhth omzetten naar PJ (impliciet wordt een rendement van 100% verondersteld) en veronderstellen dat op dit moment door de bedrijven aardgas wordt verbruikt voor de productie van stoom, komen we tot een reductie van CO₂ die gelijk is aan 6 à 9 kton CO₂. Echter, op dit moment wordt de resterende stoom gebruikt voor productie van elektriciteit. In 2009 werd er 23.904 MWhe geproduceerd waarvan ca. 12.076 MWhe aan het net geleverd werd. Uitgaande van een emissiefactor van 316,7 ton per MWh (op basis van CO₂-inventaris 2009) wordt een reductie van 8 kton CO₂ gerealiseerd. De bijkomende CO₂-reductie die gerealiseerd wordt door een uitbreiding van het stoomnet zal bijgevolg beperkt zijn.

Er wordt geen uitbreiding van het stoomnet van IVAGO meegenomen in onze doorrekeningen.

5.4. VERKEER EN VERVOER

Maatregelen die inwerken op het **aantal gereden kilometers** zijn uiteraard het meest effectief voor de transportsector want elke vermeden kilometer is vermeden

Daarnaast zijn **ook ingrepen mogelijk op andere aspecten van mobiliteit** waarmee de CO₂-uitstoot kan gereduceerd worden, zonder dat daarbij wordt ingebonden op het aantal verplaatsingen:

- Maatregelen op het vlak van milieukeurmerken van de voertuigvloot, bijvoorbeeld zuinigere voertuigen met een brandstofmotor, hybride voertuigen of elektrische voertuigen.
- Maatregelen op het vlak van brandstoffen, bijvoorbeeld bijmengen van biobrandstoffen in diesel en benzine of elektrificatie van vervoer.
- Maatregelen op het vlak van infrastructuur: aanpassingen aan het wegennet en de verkeersgeleiding zodat congestie wordt vermeden en de doorstroming wordt verbeterd. Studies tonen immers aan dat een vlottere doorstroming meestal leidt tot een verbetering van de emissies; zelfs in bepaalde gevallen waarbij er zich een rebound effect⁶ voordoet en de infrastructurele ingreep (bv. aanleg weg of brug) aanleiding geeft tot meer verkeer. (OECD, 2009).

Tenslotte kan men de CO₂-uitstoot reduceren aan de hand van **“modal shift”**. Een type maatregel die daarbij vaak centraal staat, is de shift van individueel personenvervoer naar meer collectief vervoer of niet-gemotoriseerd vervoer. Voor vrachtvervoer is een shift mogelijk van vervoer per vrachtwagen naar vervoer per spoor of per binnenschip. Ook ondergronds transport via pijpleidingen vormt een alternatief voor het transport van, bijvoorbeeld, liquide goederen over de weg.

Voor de behoeften van deze studie classificeren we de beschouwde maatregelen als volgt:

- Vermijden van verplaatsingen aanmoedigen.
- Modal shift in personen- en in vrachtvervoer.
- Technische maatregelen voor niet-weg modi: internationale scheep, binnenvaart, spoorvervoer.
- Technische maatregelen in het personenvervoer over de weg.
- Technische maatregelen in het vrachtvervoer over de weg.

Maatregelen om verplaatsingen te vermijden en om modal shift aan te moedigen, worden kwalitatief besproken. Een kwantitatieve evaluatie vereist gedetailleerde, lokale terreinkennis. Wat de inschatting van het CO₂-reductiepotentieel en gerelateerde kosten betreft, leggen we de nadruk op individuele voertuigen gebruikt voor personenvervoer. Het is vooral in dit marksegment dat er een uitgebreide literatuur bestaat met betrekking tot de kosten en baten van de belangrijkste technologische opties. We besteden verder een korte paragraaf aan de technologische opties voor vrachtvervoer over de weg, maar de beschikbare informatie is veel meer rudimentair.

In een aparte paragraaf bespreken we ook waarom we het gebruik van biobrandstoffen niet hebben beschouwd.

⁶ Het “rebound” effect in deze context betekent dat de infrastructurele ingreep (bv. aanleg weg of brug) aanleiding geeft tot meer verkeer omdat de kost van de verplaatsingen afneemt. Bij de aanleg van belangrijke nieuwe infrastructuur (eerder dan verbeteringen aan de bestaande infrastructuur) kan het geïnduceerd verkeer de toename van de efficiëntie tenietdoen. Flankerende maatregelen zoals rekeningrijden kunnen dan vermijden dat er zich een dergelijk “rebound effect” voordoet.

5.4.1. VERMIJDEN VAN VERPLAATSTINGEN AANMOEDIGEN

De vraag naar transport is een afgeleide vraag. Er bestaat bijgevolg een zeer nauw verband tussen de economische activiteit, de woonplaatskeuze en de vraag naar transport.

Dit neemt niet weg dat er mogelijkheden tot verdere optimalisatie van het systeem bestaan. Met name dankzij de technologische ontwikkelingen in ICT bestaat er ongetwijfeld nog ruimte om economische interacties mogelijk te maken zonder bijkomende verplaatsingen te genereren.

Volgende maatregelen zouden, **bijvoorbeeld**, kunnen bijdragen tot het vermijden van verplaatsingen:

- Het aanmoedigen van telewerken en het opzetten van satellietkantoren;
- Het gebruik van videoconferenties en live streaming als alternatief voor vergaderingen en conferenties ter plaatse;
- Veranderingen in de organisatie van de kleinhandel met over het grondgebied verspreide afleverpunten voor goederen die via het internet besteld zijn.

Een evaluatie van de netto-effecten van voornoemde maatregelen is uitermate complex. Door satellietkantoren op te zetten kunnen verplaatsingen op korte termijn vermeden worden maar kunnen op lange termijn nieuwe verplaatsingen genereren indien het wonen buiten stedelijke agglomeraties relatief aantrekkelijker wordt. Gelijkaardige beschouwingen gaan op voor de andere vermelde maatregelen. Tot nu toe bestaat er geen overtuigend bewijs dat, bijvoorbeeld, het gebruik van moderne telecommunicatie leidt tot een netto afname van het aantal verplaatstingen – voor meer details verwijzen we naar Weltevreden (2007) en Mokhtarian (2004).

Om het netto-effect in te schatten, is een diepgaand inzicht nodig in de interactie tussen de lokale ruimtelijke structuur en de kosten van transport. Deze interactie zou, bijvoorbeeld, kunnen bestudeerd worden aan de hand van het ATLAS model van VITO – dit model bevindt zich nog in de ontwikkelfase.

Als vuistregel kunnen we stellen dat **maatregelen die leiden tot een toename van de efficiëntie van het transportsysteem veelal een toename van de transportvraag tot gevolg zullen hebben, tenzij ze worden gecombineerd met aangepaste flankerende maatregelen**, zoals bijvoorbeeld rekeningrijden. Een hogere efficiëntie van het transportsysteem verlaagt immers de kost van verplaatsingen.

5.4.2. MODAL SHIFT IN PERSONENVERVOER

→ Shift naar collectieve transportmodi

In de regel is de geobserveerde energie-efficiëntie van collectieve transportmodi hoger dan deze van individuele transportmodi. De vraag is of hieruit voortvloeit dat een modal shift naar collectieve transportmodi zal leiden tot een afname van de energievraag.

CE Delft (van Essen et al., 2003) stelt, bijvoorbeeld, dat het zeer gevaarlijk is om zich enkel te baseren op de gemiddelde milieuprestaties van transportmodi. Transportmodi zijn immers allen gericht op specifieke markten met hun eigen kenmerken. Het vergelijken van milieuprestaties heeft alleen zin wanneer het betrekking heeft op duidelijk gedefinieerde en homogene markten die met elkaar in concurrentie staan. Bovendien moet de volledige transportketen geëvalueerd worden.

Bijvoorbeeld: indien iemand de auto neemt om zich naar een spoorstation te verplaatsen, dan moeten de emissies van deze verplaatsing naar het startpunt van de “hoofdmodus” (de trein) ook toegekend worden aan de “hoofdmodus”, aangezien zonder deze initiële verplaatsing de verplaatsing per trein niet mogelijk is. Bovendien wordt de relatieve aantrekkelijkheid en de bezettingsgraad van de verschillende modi sterk bepaald door de lengte van de verplaatsing –zo ligt de bezettingsgraad van auto’s hoger bij lange verplaatsingen dan bij korte verplaatsingen (den Boer et al., 2008).

Een recente studie voor de Europese Commissie heeft het potentieel van “modal shift” in personenvervoer bekeken (van Essen et al., 2009). Een aantal belangrijke conclusies:

- Auto’s en moto’s stoten meer CO₂ per passagierskm uit dan de meeste collectieve modi, maar het exact verschil hangt in zeer sterke mate af van de bezettingsgraad.
- Spoorwegen in de brede zin presteren beter dan bussen, met uitzondering van autocars op lange afstand.
- Indien men rekening houdt met alle emissies tijdens een verplaatsing, dan zijn de verschillen tussen de modi niet zo uitgesproken (tenminste, als de bezettingsgraad van het openbaar vervoer hoog genoeg is).
- In alle transportmodi verwacht men zich aan een toename van de brandstofefficiëntie in de toekomst, maar er bestaan geen globale vergelijkingen tussen de modi in de literatuur. Het is dus onduidelijk hoe de verbetering van de efficiëntie in de collectieve modi zich zal verhouden ten opzichte van de verbetering van de efficiëntie in de private modi.

Om het effect van een modal shift in te schatten is het bijgevolg noodzakelijk om te begrijpen hoe concrete beleidsmaatregelen de bezettingsgraad zullen beïnvloeden.

Laten we het zogenaamde Mohring effect beschouwen (Gómez-Lobo, 2011). Indien de frequentie van een bepaalde lijn in het openbaar vervoer (OV) hoog genoeg is, zullen de klanten in de regel de tijdstabel niet consulteren voordat ze zich naar een halte verplaatsen. Indien de frequentie van de OV-lijn verder toeneemt, zal de gemiddelde wachttijd voor de lijn afnemen, en dat maakt de OV-lijn relatief aantrekkelijker ten opzichte van de alternatieven (zoals privé-modi). Dit zou *kunnen* leiden tot een toename van de vraag naar deze OV-lijn - of dit ook effectief zo is, hangt natuurlijk af van het relatief belang van de wachttijd ten opzichte van andere parameters die de keuze van de vervoerswijze beïnvloeden. Daar tegenover staat dat de vraag naar transport enorm fluctueert tijdens de dag. Een uitbreiding van het aanbod van het openbaar vervoer tijdens de piekuren kan misschien wel leiden tot een modal shift *tijdens de piekuren* (en dus ook tot een afname van de CO₂ uitstoot tijdens de piekuren). Indien de vraag naar openbaar vervoer tijdens de daluren ongewijzigd blijft (of enkel toeneemt door het ontstaan van een vraag naar nieuwe verplaatsingen eerder dan door een modal shift), daalt echter de beladingsgraad van het openbaar vervoer en is het netto effect op de CO₂ uitstoot onduidelijk.

Merken we op dat uit de update CO₂-meting Gent 2009 (Van Hyfte, 2012) blijkt dat meer dan de helft van de CO₂ uitstoot van personenwagens in Gent plaatsvindt op autosnelwegen, en nog eens 18% op gewestwegen. Omdat deze cijfers niet opgesplitst zijn in functie van oorsprong en bestemming van de auto’s moet men heel erg opletten voor hun interpretatie: het is mogelijk dat een deel van het verkeer op de autosnel- en gewestwegen wel degelijk Gent als bestemming heeft of vanuit Gent vertrekt. Maar aangezien slechts 30% van de emissies van personenwagens plaatsvindt binnen de stadsring (R4), kunnen we er toch van uit gaan dat een groot deel van het personenvervoer op het grondgebied van Gent bestaat uit transitverkeer of uit bestemmingsverkeer buiten de dichtbebouwde stadskern. Aangezien Gent een groot gebied bestrijkt, waarvan een deel relatief dun bevolkt, zal een deel van het “intern” autoverkeer trouwens bestaan uit verplaatsingen van een punt van oorsprong buiten de stadskern (bijvoorbeeld

Drongen) naar een punt van bestemming buiten de stadskern (bijvoorbeeld, in de havenzone) zonder effectief langs het stadscentrum te rijden

Aangezien openbaar vervoer vooral kostenefficiënt kan georganiseerd worden wanneer grote hoeveelheden personen vervoerd worden van eenzelfde punt van oorsprong naar dezelfde bestemming, laat dit in elk geval vermoeden dat:

- een significant deel van het autoverkeer relatief ongevoelig zal blijven voor veranderingen in het aanbod van openbaar vervoer in Gent.
- een belangrijke modal shift een uitbreiding zal vereisen van het aanbod van openbaar vervoer, en dus ook zal leiden tot wijzigingen in de bezettingsgraden (en dus mogelijks een afname van de bezettingsgraden en toename van de CO₂ uitstoot per passagierskm in het openbaar vervoer).

Samengevat kunnen we stellen dat, **onder bepaalde voorwaarden, een toename van het aanbod van openbaar vervoer kan leiden tot een toename van de vraag naar openbaar vervoer** – de tegenpool van een vicieuze cirkel dus! **Of die voorwaarden vervuld zijn, kan alleen geval per geval beoordeeld worden.** Binnen het opzet van de huidige studie is een dergelijke detailstudie niet mogelijk.

Merken we op dat het begrip “collectieve vervoersmodi” breder is dan het begrip “openbaar vervoer”. Pendeldiensten georganiseerd door bedrijven (of door groepen van bedrijven) bieden ten opzichte van het openbaar vervoer het voordeel dat de grootte van de voertuigen en de gevolgde route beter kunnen aangepast worden aan de specifieke situatie van het bedrijf. Of de bezettingsgraad van deze voertuigen in de praktijk hoog genoeg zal zijn om te leiden tot een lagere CO₂-uitstoot per passagierskilometer, zal afhangen van diverse factoren, zoals: de ligging van deze bedrijven (en met name de afstand tot belangrijke “hubs” voor het openbaar vervoer), de ruimtelijke spreiding van de woonplaats van de pendelaars, de regelmaat van de werkuren, het aantal deelnemers aan het systeem enz. Zoals hierboven aangehaald, is het relevante criterium de CO₂-uitstoot over de hele verplaatsingsketen.

→ Shift naar de fiets

Modal shift kan natuurlijk ook betrekking hebben op een “shift” naar de fiets. Indien alle verplaatsingen binnen de stadsring (R4) zouden worden afgelegd per fiets in plaats van per auto, zou dit leiden tot een **afname van de jaarlijkse CO₂ uitstoot met 71 kton** (scope 1) ten opzichte van het referentiescenario in 2030. Indien men ook rekening houdt met de emissies bij de productie van elektriciteit (scope 2) (door shift van plug-in hybride voertuigen en volledig elektrische voertuigen naar de fiets), komt daar nog een bijkomende besparing van 3 kton bij. Indien men gebruik maakt van elektrische fietsen, zal de reductie van de CO₂-uitstoot uiteraard lager liggen. Dit is hier niet gekwantificeerd.

Indien we er van uitgaan dat iedereen sowieso een fiets bezit en de opportuniteitskost van, bijvoorbeeld, tijd en comfortverlies verwaarloosbaar zijn, dan is de kostprijs van deze maatregel nul, en dan kan deze zonder specifieke overgangsmaatregelen worden ingevoerd.

Het reëel CO₂-reductiepotentieel van een shift naar de fiets ligt hoogstwaarschijnlijk lager aangezien de opportuniteitskost van tijd en comfortverlies niet noodzakelijk verwaarloosbaar is. Bovendien bestaat het lokaal verkeer voor een deel uit verkeer dat van buiten de stadsring komt of dat een bestemming buiten de stadsring heeft. Technische maatregelen zijn noodzakelijk indien men een significante daling van de CO₂-uitstoot wenst te bekomen van het personenvervoer.

5.4.3. MODAL SHIFT IN VRACHTVERVOER

Veel beschouwingen die we hebben geformuleerd in het kader van het personenvervoer gaan ook op voor vrachtvervoer. Bijvoorbeeld (van Essen et al., 2009):

- In alle transportmodi verwacht men zich aan een toename van de efficiëntie in de toekomst, maar in de literatuur bestaan geen globale vergelijkingen tussen de modi.
- De gemiddelde emissies liggen lager bij voertuigen met een hogere capaciteit.
- De spoorwegen presteren gemiddeld beter dan alle andere modi, behalve grote schepen.
- De emissies van wegtransport liggen gemiddeld hoger dan die van andere modi, behalve luchttransport. Echter, de doorslaggevende factor zijn de logistieke kenmerken van de keten.

Dit laatste element wordt in van Essen et al. (2009) als volgt toegelicht:

- De dichtheid van de goederen vervoerd per spoor en binnenvaart ligt gemiddeld veel hoger dan de dichtheid van de goederen die per weg worden vervoerd.
- Goederen met een hoge waarde en lage dichtheid worden vooral langs de weg getransporteerd.
- Wegtransport is de dominante modus wanneer snelheid belangrijk is.
- Stedelijke distributie vindt bijna uitsluitend langs de weg plaats.

De relatief hoge emissies van vrachtwagens zouden dan vooral te wijten zijn aan verschillen in de beladingsgraad. **Een modal shift van transport over de weg naar spoor en water zou dan leiden tot een lagere beladingsgraad voor deze alternatieve modi, en het effect op de emissies zou kleiner zijn dan men zou verwachten op basis van de bestaande gemiddelde emissiefactoren.**

Daarnaast is het ook twijfelachtig of een stad unilateraal maatregelen kan nemen die kunnen leiden tot een significante modal shift in interstedelijk vervoer. Het grote voordeel van wegtransport, naast snelheid, is immers grote flexibiliteit. Voor de “eerste kilometer” en voor de “laatste” kilometer zullen nog altijd vrachtwagens nodig zijn. Tenzij men zou overgaan tot een grootschalige uitbreiding van de infrastructuur voor spoor en binnenvaart. Echter, dergelijke investeringen zouden niet alleen duur zijn. Tijdens de werken zouden ook grote hoeveelheden CO₂ vrijkomen, niet alleen door het energieverbruik, maar ook omdat er koolstof zal vrijkomen die nu in de grond opgeslagen zit. Er kunnen natuurlijk door de Stad maatregelen genomen worden om intermodaliteit te promoten, maar deze hebben alleen zin als de volledige transportketen wordt herbekeken.

Een stad zou wel maatregelen kunnen nemen op het niveau van de beladingsgraad van de vrachtwagens die gebruikt worden voor stadsdistributie. Omdat een belangrijk deel van deze vrachtwagens voor eigen rekening rijdt, is de beladingsgraad vaak erg laag. Het gebruik van stedelijke consolidatiecentra waar de lading van zware vrachtwagens buiten het stadscentrum wordt overgeladen op lichtere vrachtwagens zou, bijvoorbeeld, kunnen leiden tot een hogere beladingsgraad. Bovendien zou de Stad eisen kunnen stellen met betrekking tot de technologie die gebruikt wordt in de vrachtwagens die voor stadsdistributie worden gebruikt. Een stedelijke consolidatiecentrum vergt natuurlijk een belangrijke investering in infrastructuur.

Een stad zou het ook op zich kunnen nemen om een systeem op punt te zetten voor informatieuitwisseling tussen kleinhandelaars. Deze zouden daardoor onderling transportdiensten kunnen verlenen, wat kan leiden tot een hogere beladingsgraad. Een soort “carpool” systeem voor vrachtvervoer dus.

5.4.4. TECHNISCHE MAATREGELEN INTERNATIONALE SCHEEPVAART

We behandelen in deze paragraaf achtereenvolgens volgende vragen:

- Wat is het technisch en economisch potentieel om de CO₂-emissies van de internationale scheepvaart terug te dringen?
- Welke beleidsmaatregelen zijn er mogelijk op het niveau van een individuele haven, rekening houdende met de internationale context?
- Welke CO₂-reductie is mogelijk indien aanliggende schepen hun elektriciteit van het netwerk halen (“walstroom”) in plaats van het op te wekken met generatoren?

→ **Technisch potentieel**

Het technisch en economisch potentieel om de CO₂-emissies van de internationale scheepvaart terug te dringen werd uitgebreid behandeld in een rapport voor de Europese Commissie (Faber et al., 2009). De volledige beschrijving van de beschouwde technische en operationele maatregelen kan teruggevonden worden in Annex A van het rapport: http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/ghg_ships_annexes.pdf.

In dit rapport worden de kosten per eenheid CO₂-reductie berekend onder volgende hypothesen:

- 700 USD per ton voor de bunker fuels die in de scheepvaart worden gebruikt;
- Interestvoet van 9%;
- Het referentiescenario gaat er van uit dat er tegen 2030 geen verdere efficiëntie-verbeteringen plaatsvinden in het brandstofverbruik van individuele scheepstypes.

Faber et al. (2009) besluiten dat, indien alle maatregelen die in de studie overwogen worden, genomen worden, de globale CO₂-emissies van de zeevaart tegen 2030 kunnen afnemen met 27 tot 47% (ten opzichte van een scenario met onveranderde technologieën). Ca. 23 tot 45% van deze reductie vindt plaats tegen een negatieve kost (met 33% als mediaan voor deze parameter). Het gaat hier dus over maatregelen die de eigenaar van het schip netto financiële baten zouden kunnen brengen, maar die momenteel niet worden genomen. Hierbij dient wel opgemerkt dat sommige potentiële maatregelen nog niet commercieel beschikbaar zijn. Voor de bestaande vloot besluiten Faber et al. (2009) dat een CO₂-reductie tussen 2 en 20% (met 10% als mediaan voor deze parameter) kan gerealiseerd worden tegen een negatieve kost.

Mogelijke redenen waarom de maatregelen met negatieve kosten niet werden doorgevoerd, zijn volgens Faber et al. (2009) onder andere:

- Bij ontwerp van de schepen waren de brandstofprijzen laag en was brandstofverbruik geen belangrijk criterium.
- De risico's verbonden aan innovaties die in operationele omstandigheden misschien niet zullen renderen.
- De kost van het brandstofverbruik wordt niet altijd gedragen door de eigenaar van het schip.
- De transactiekosten verbonden aan het verbeteren van de energieprestaties, zoals bijvoorbeeld kosten gerelateerd aan het verzamelen van relevante informatie over de te nemen maatregelen.
- De volatiliteit van de brandstofprijzen.
- Het nemen van dergelijke maatregelen vergt een tijdelijke uitgebraukname van een schip. Rekening houdende met de hoge opportuniteitskost van een dergelijke uitgebraukname, worden efficiëntie-verhogende maatregelen uitgesteld om ze te combineren met andere maatregelen.

Merk op dat het merendeel van deze obstakels gerelateerd zijn aan de extreem lange levensduur van zeeschepen. Een maatregel die vandaag kosteneffectief is, kan door veranderingen in externe parameters binnen tien jaar toch niet rendabel blijken te zijn.

Op basis van voornoemd rapport, kunnen we stellen dat er een substantieel, theoretisch, potentieel bestaat voor het terugdringen van CO₂-emissies in de internationale scheepvaart. Echter, het is onwaarschijnlijk dat dit potentieel zal gerealiseerd worden zonder maatregelen van overheidswege. Bovendien hangt de kosteneffectiviteit van de potentiële maatregelen sterk af van de brandstofprijzen, die zeer volatiel zijn ten opzichte van de verwachte levensduur van een schip.

→ Mogelijke beleidsmaatregelen

Internationale scheepvaart is onderworpen aan verdragen. Het probleem van de regulering van broeikasgasemissies door de internationale scheepvaart ligt op het kruispunt van de bevoegdheden van de International Maritime Organisation (IMO) en van de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

Artikel 2.2 van het Kyotoprotocol stelt (http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php): “The Parties included in Annex I shall pursue limitation or reduction of emissions of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol from aviation and marine bunker fuels, working through the International Civil Aviation Organization and the International Maritime Organization, respectively”. Concreet wil dit zeggen dat het nemen van maatregelen door het UNFCCC wordt “gedelegeerd” aan de IMO. Tot 2011 heeft deze benadering ervoor gezorgd dat er geen concrete maatregelen genomen werden.

In juli 2011 heeft de IMO uiteindelijk voor het eerst dwingende maatregelen ingevoerd rond de broeikasgasemissies van schepen (<http://www.imo.org/MediaCentre/PressBriefings/Pages/42-mepc-ghg.aspx>). Deze maatregelen werden vastgelegd in een nieuw hoofdstuk van het MARPOL verdrag (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, cf. [http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)):

- De zogenaamde Energy Efficiency Design Index (EEDI) wordt verplicht gemaakt voor nieuwe schepen, en legt een bepaald niveau van energie-efficiëntie op. De keuze van de technologie om deze doelstelling te halen wordt vrij gelaten.
- Het Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) geldt voor alle schepen, en creëert een mechanisme om de energetische efficiëntie van schepen te verbeteren.

Deze maatregelen zijn van toepassing op alle schepen boven de 400 bruto ton en zouden in voege moeten treden op 1 januari 2013. Het nieuw hoofdstuk bevat ook clausules rond technische samenwerking en technologie-overdracht. Het Marine Environment Protection Committee (MEPC) is overeengekomen om verder te werken rond maatregelen voor scheepstypes die niet gedekt zijn door deze regelgeving, en om verdere concrete richtlijnen te ontwikkelen.

Omwille van de trage vooruitgang in het kader van de IMO overweegt de Europese Unie al lang het nemen van unilaterale maatregelen zoals het invoeren van verhandelbare emissierechten of van heffingen op de uitstoot van broeikasgassen. Op 1 oktober 2012 hebben de Europese Commissarissen Kallas (transport) en Hedegraad (klimaat) een gemeenschappelijke positie ingenomen met betrekking tot deze problematiek (http://ec.europa.eu/clima/news/articles/news_2012100101_en.htm). Daarin stellen ze dat de EEDI niet snel genoeg zal leiden tot een afname van de CO₂-uitstoot van de maritieme sector, en

dat er bijkomende maatregelen nodig zijn om de energie-efficiëntie van bestaande schepen te verbeteren. De Commissie wenst daarom tegen 2013 een monitoring, rapportage en verificatie systeem in te voeren dat zou kunnen gebruikt worden als grondslag voor de eventuele invoering van marktmechanismen (zoals verhandelbare emissierechten) om de emissies te reduceren. Alhoewel het internationaal recht geen unilaterale maatregelen a priori uitsluit, zullen dergelijke maatregelen onvermijdelijk aangevochten worden door internationale handelspartners. We verwijzen hierbij naar de problemen die zich momenteel stellen rond het systeem van verhandelbare emissierechten voor de luchtvaart (<http://www.euractiv.com/climate-environment/aviation-emissions-trading-links-dossier-188345>).

Het lijkt dus niet aangewezen om, als stad, individuele beleidsmaatregelen te nemen die verder zouden gaan dan de maatregelen die op Europees niveau zullen worden voorgesteld. In de komende maanden zou in elk geval meer duidelijkheid moeten ontstaan over de positie van de Europese Commissie. Dit ligt ook in lijn met de conclusies van een recent MIRA rapport (De Geest et al., 2010): “Bij het opstellen van nieuwe regelgeving is het nodig rekening te houden met de economische context van de internationale scheepvaart. Door het internationale karakter is gevaar voor verstoorde concurrentie reëel. Maatregelen om emissies te reduceren kunnen dan ook enkel doeltreffend zijn als ze internationaal consistent zijn. De rol van nationale overheden is daardoor eerder beperkt tot het opmaken van lokale maatregelen en het uitoefenen van druk op de IMO en de Europese Commissie, die de emissieproblematiek internationaal kunnen aanpakken.”

→ **Walstroom**

Bij walstroom maken aangemeerde schepen gebruik van het elektriciteitsnetwerk in plaats van hun eigen generatoren. Walstroom biedt hierbij een aantal mogelijke voordelen:

- afname van lokale luchtverontreiniging (fijn stof, NO_x),
- afname van geluidsoverlast,
- afname van CO₂ uitstoot, afhankelijk van productiewijze elektriciteit.

De Europese Commissie moedigt dan ook expliciet het bevorderen van walstroom aan in (cf. Commission Recommendation 2006/339/EC of 8 May 2006 on the promotion of shore-side electricity for use by ships at berth in Community ports). Het Gentse havenbedrijf sluit zich hierbij aan. In een recent persbericht werd er, bijvoorbeeld, op gewezen dat de Deense rederij DFDS Seaways tegen 2014 zijn schepen zal aanpassen om ze op walstroom aan te sluiten, en dat het Havenbedrijf Gent er voor zorgt dat de stroomvoorzieningen aan de kaaien er komen (<http://www.argusactueel.be/binnenlands-nieuws/gentse-schepen-pluggen-in>).

De “working group on Onshore Power Supply (OPS)” van het World Ports Climate Initiative (WPCI) schat de CO₂-uitstoot van generatoren op 680 g per kWh (<http://www.ops.wpci.nl/environment--and--health/climate/>) of dus 189 g per MJ. Deze emissiefactor ligt dus significant hoger dan de uitstoot indien men elektriciteit van het Belgisch net verbruikt.

Bestaande studies rond dit onderwerp bevestigen dat het totaal effectief reductiepotentieel en de kosteneffectiviteit situatiespecifiek zijn, en dat algemene uitspraken onmogelijk zijn:

- TL&Associés Consulting en Cabinet Lebéfaude, Etude sur les pratiques de navigation et les technologies dans le domaine de la performance énergétique du transport fluvial des marchandises. Fiches Innovations. (2010)
- Royal Haskoning, Onderzoek walstroom voor de binnenvaart in de Drechtsteden, definitief eindrapport ten voordele van het projectbureau Drechtsteden. (2008)
- Havenbedrijf Rotterdam NV, Joulz BV (voorheen Eneco Infra BV) en Utiliq BV, Evaluatie pilot walstroom binnenvaart.

Dit blijkt ook duidelijk uit de on-line OPS calculation tool van het WPCI die de informatievereisten zeer expliciet oplijst.

Ten eerste moeten de volgende gegevens met betrekking tot de generatoren gekend zijn (Franckx et al., 2010):

- maximaal vermogen,
- aantal uren per jaar dat ze in de haven gebruikt worden,
- gemiddelde belasting tijdens het draaien,
- kostprijs brandstof generatoren,
- onderhoudskosten generatoren,
- afschrijving generatoren,
- brandstofverbruik generatoren tijdens een “gemiddeld” uur,
- brandstofdichtheid.

Het vereiste vermogen varieert van schip tot schip – het kan gaan van een paar honderd kW tot tientallen MW (Kajanan, 2011). Een berekening van de emissies en de kosten van de generatoren vereist dus een zeer gedetailleerde kennis van het profiel van de schepen die jaarlijks aanmeren.

Ten tweede moet men beschikken over volgende informatie met betrekking tot de walstroominfrastructuur (Franckx et al., 2010):

- investeringkosten, met inbegrip van de kostprijs van de frequentieconverter - de vereiste spanning en frequentie kan immers variëren van schip tot schip (Kajanan, 2011). Merk op dat deze kosten zeer sterk afhangen van de afstand tussen de kaai en het netwerk.
- onderhoudskosten.

Een recent MIRA rapport (De Geest et al., 2010) heeft het potentieel met betrekking tot walstroom als volgt samengevat: “De infrastructuur die nodig is voor het gebruik van walstroom is echter relatief duur. Indien walstroom als optie overwogen wordt, dan moeten de kosten (infrastructuur, operationeel, ...) en baten (emissiereductie) per mogelijke toepassing zorgvuldig afgewogen worden. Een internationale standaardisatie inzake de technische aspecten (aansluitingsmodaliteiten, vermogen, spanning, ...) zou nodig zijn om walstroom meer algemeen te kunnen implementeren”.

Samengevat kunnen we stellen dat **walstroom** in de Belgische situatie inderdaad de mogelijkheid biedt om de CO₂-emissies van aangemeerde schepen terug te dringen. Echter, het **inschatten van het potentieel** en de kosteneffectiviteit van het grootschalig invoeren van walstroom **voor een specifieke haven, vereisen een zeer gedetailleerde terreinkennis** van deze haven. **Andere maatregelen om de CO₂-uitstoot van schepen in de zeevaart terug te dringen, worden best Europees gecoördineerd.**

5.4.5. TECHNISCHE MAATREGELEN BINNENVAART

De vragen die we ons moeten stellen met betrekking tot mogelijke maatregelen in de binnenvaart zijn gelijkaardig aan de vragen die we ons hebben gesteld in het kader van de zeevaart, namelijk: Wat zijn de technische mogelijkheden om de uitstoot van CO₂ te reduceren? Welke beleidsmaatregelen kunnen op het niveau van een stad genomen worden?

→ **Technisch potentieel**

In volgende tabel wordt voor een aantal technische maatregelen een overzicht gegeven van het CO₂-reductiepotentieel, gebaseerd op een recent rapport voor de Europese Commissie. In dit rapport benadrukken de auteurs dat het totaal reductiepotentieel niet kan berekend worden door de individuele waarden simpelweg op te sommen, en dat deze maatregelen niet op alle types schepen kunnen toegepast worden. Ze wijzen er ook op dat schaalvergroting van schepen alleen mogelijk is indien de infrastructuur aangepast is aan grotere schepen. Er worden geen concrete kostenramingen geboden. In elk geval gaat het hier vooral over maatregelen die betrekking hebben op nieuwe schepen en/of propulsiesystemen. Beleidsmatig stelt zich dan de vraag welke maatregelen kunnen genomen worden door bestaande schepen en/of propulsiesystemen te vervangen door alternatieven die beter presteren op het niveau van CO₂ uitstoot?

Tabel 40: Overzicht CO₂-reductiepotentieel en terugverdientijd technische maatregelen binnenvaart

Technische optie	Reductiepotentieel op niveau individuele schepen	Terugverdientijd
Motor		
Meer efficiënte motoren	15% - 20%	Meer dan 10 jaar
Diesel-elektrische propulsie	10%	Meer dan 10 jaar
Gebruik LNG als brandstof	20%	
Afname vereist vermogen		
Grotere eenheden (schaalvoordelen)	Kan oplopen tot 75% (in functie van de schaalverschillen)	Geen veralgemeende conclusie mogelijk
Veranderingen in propellers	20%-30%	Snel
Verbeteringen in ontwerp romp	10%-20%	Snel
Computerondersteunde routeplanning en snelheidsmanagement	5% -10%	Minder dan een jaar
Lichtere rompen	5% -15%	Meer dan 10 jaar
"Air lubrication" om de weerstand van het water te verminderen	10%	Ongekend (experimenteel)
Experimentele propulsiesystemen/walvisstaarten	25%	Ongekend (experimenteel)

Bron: Hazeldine et al. (2009)

→ **Mogelijke beleidsmaatregelen**

In een recente studie met betrekking tot de toekomst van de binnenvaart in Europa (CE Delft, 2011) wordt gewezen op de belangrijkste rem op een snelle verbetering van de milieuprestaties

van de binnenvaart: de zeer lage verhouding tussen het aantal nieuwe motoren en het aantal bestaande motoren. Dit is te wijten aan de lange levensduur van deze motoren enerzijds, en de bestaande overcapaciteit in de sector anderzijds. Om op relatief korte termijn de milieuprestaties van de binnenvaart te verbeteren, is het dus nodig om ook maatregelen te nemen met betrekking tot de emissies van de bestaande motoren.

In Nederland en Duitsland zijn de laatste jaren steunmaatregelen toegepast om scheepseigenaars aan te moedigen om motoren aan te kopen die beter presteren vanuit milieustandpunt. Deze maatregelen hebben een zeer beperkt effect gehad (Franckx et al., 2010).

In CE Delft et al. (2011) worden volgende mogelijke beleidsmaatregelen besproken om de milieuprestaties van de binnenvaart, vooral gericht op de uitstoot van lokale pollutanten zoals fijn stof en NO_x, te verbeteren:

- Verplichte emissiestandaarden – indien deze ook zou toegepast worden op de bestaande vloot zou de kost ervan hoog kunnen oplopen;
- Invoeren van milieuzones;
- Emissiebelastingen;
- Differentiatie van havenrechten in functie van milieuprestaties;
- Vrijwillige maatregelen (weinig waarschijnlijk dat dit zou kunnen leiden tot belangrijke emissiereducties).

Specifiek met betrekking tot de CO₂ uitstoot wordt opgemerkt dat er geen wettelijke normen zijn met betrekking tot het brandstofverbruik van motoren die gebruikt worden in de binnenvaart. Er zijn wel wettelijke emissienormen met betrekking tot de “conventionele” luchtpolluenten, vastgelegd in Richtlijn 97/68/EG, zoals geamendeerd door Richtlijn 2002/88/EG, Richtlijn 2004/26/EG, en Richtlijn 2006/105/EG.

Belastingen op brandstof zouden een stimulans kunnen bieden om de CO₂-uitstoot terug te dringen, maar om “brandstoftoerisme” te vermijden zouden dergelijke belastingen best op Europees niveau worden gecoördineerd. Echter, de mogelijkheid om belastingen te heffen op brandstof bestemd voor de binnenvaart wordt beperkt door twee internationale verplichtingen:

- Artikel 15 van Richtlijn 2003/96/EG van de Raad van 27 oktober 2003 tot herstructurering van de communautaire regeling voor de belasting van energieproducten en elektriciteit staat de lidstaten toe om vrijstellingen te verlenen aan brandstof gebruikt in de binnenvaart (met uitzondering van recreatieve doeleinden).
- België, Duitsland, Frankrijk, Nederland en Switzerland hebben in het kader van de Mannheim Conventie (http://wetten.overheid.nl/BWBV0003363/geldigheidsdatum_06-11-2012) overeengekomen geen heffingen in te voeren op brandstof gebruikt door schepen op de Rijn en zijrivieren.

Samenvattend kunnen we stellen dat, in het domein van de binnenvaart, een gecoördineerde Europese aanpak nodig is. De mogelijkheden om op het niveau van individuele lidstaten maatregelen te nemen zijn dus beperkt. In CE Delft et al. (2011) wordt dan ook het gevaar benadrukt van een proliferatie van ongecoördineerde lokale of nationale maatregelen. Zij zien een centrale rol voor de Europese Commissie, niet alleen in de coördinatie van individuele maatregelen, maar ook in het verlenen van steun voor onderzoek en ontwikkeling. Het invoeren van een heffing op brandstofverbruik vergt in elk geval een verdragswijziging.

5.4.6. TECHNISCHE MAATREGELEN SPOORVERVOER

Een recent rapport voor de Europese Commissie (Hazeldine et al., 2009) heeft de problematiek van technische CO₂-reductiemaatregelen voor spoorvervoer samengevat. Wij lichten enkele punten uit deze samenvatting die relevant zijn:

- De voertuigen hebben een economische levensduur die kan oplopen tot 30-35 jaar. Daardoor is het potentieel om de emissies op korte termijn te reduceren beperkt, zeker in het geval van diesellocomotieven.
- In de mate dat de sector door de overheid wordt gesubsidieerd, kan de overheid een grotere invloed uitoefenen op de technologiekeuzen dan in het geval van wegtransport of transport over het water.
- Zeer complexe sector, met een zeer grote diversiteit aan voertuigen en (onderling incompatibele) netwerken. Omwille van het netwerkarakter van de sector moet bij de beoordeling van een maatregel geëvalueerd worden welke de indirecte effecten van de maatregel zijn. Dit vereist meestal gedetailleerde lokale kennis. Ten gevolge van de vrijmaking van de sector is het aantal stakeholders met tegenstrijdige belangen nog verder toegenomen, waardoor het invoeren van nieuwe technologieën trager verloopt. Het optimaliseren van de signalisatie zou, bijvoorbeeld, moeten gebeuren door de netwerkbeheerder, maar zou vooral de operatoren ten goede komen.
- Het reduceren van de CO₂-uitstoot is vaak in contradictie met de ambitie om het comfort voor de passagiers te verbeteren (bijvoorbeeld, door air-conditioning).
- Betrouwbaarheid en veiligheid zijn essentieel in de sector, maar deze eisen kunnen in conflict komen met de behoefte aan innovatie.

Uit Hazeldine et al. (2009) blijkt dat een verdere elektrificering van het netwerk het grootste potentieel biedt met betrekking tot de reductie van CO₂, maar dat deze maatregel zeer kapitaalintensief en duur is. Bovendien zijn de lijnen met veel verkeer grotendeels al geëlektrificeerd, zodat wat overblijft meestal de lijnen zijn waar elektrificering het duurste zou zijn en het minste potentieel zou bieden. In het algemeen zijn de terugverdientijden voor het nemen van CO₂-reductiemaatregelen relatief lang, wat volgens de auteurs verklaart waarom het retrofitten van bestaande treinen beperkt blijft. Ongeveer de helft van de maatregelen hebben een terugverdientijd van meer dan 8 jaar. De grote meerderheid van de andere maatregelen hebben een terugverdientijd van 3 tot 8 jaar. In feite stelt zich hetzelfde probleem als bij schepen: als de terugverdientijd van een investering lang is, en bovendien afhangt van een zeer volatiele variabele (de energieprijis), zullen bedrijven terughoudend zijn om deze investering door te voeren, zelfs indien de terugverdientijd lager is dan de verwachte levensduur van het beschouwde voertuig.

Het terugdringen van de CO₂ uitstoot van spoorvervoer zou vooral moeten gedreven worden door de specificaties met betrekking tot nieuwe voertuigen – dit is echter geen lokale bevoegdheid.

5.4.7. BIOBRANDSTOFFEN

Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) benadrukt in zijn “Technology Roadmap. Biofuels for transport” dat de meest efficiënte manier om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen binnen de transportsector bestaat in het verhogen van de efficiëntie van de voertuigen. In sommige gevallen zouden biobrandstoffen wel een belangrijke rol kunnen spelen, vooral in de sectoren die zich niet lenen voor elektrificatie (luchtvaart, zeevaart en andere zware transportmodi) (IEA, 2011).

Volgens het IEA zouden biobrandstoffen een significante bijdrage kunnen leveren aan een 50% afname van de broeikasgasemissies tegen 2050 indien hun marktaandeel binnen de energievraag van de transportsector zou toenemen van 2% tot 27%. Deze bijdrage zou echter voor een groot deel moeten komen van technologieën die nu nog niet commercieel worden gebruikt (IEA, 2010).

Voor biobrandstoffen dient inderdaad het onderscheid gemaakt te worden tussen eerste generatie en tweede generatie biobrandstoffen.

In het kader van BIOSSES (Lievens et al., 2009) werd, onder andere, een projectie gemaakt van de kostprijverschillen tussen benzine en bioethanol enerzijds, en diesel en biodiesel anderzijds. Deze projecties zijn gebaseerd op aannames met betrekking tot de evolutie van de grondstoffen in het productieproces van zowel fossiele als biobrandstoffen. Er wordt verondersteld dat er tegen 2030 geen bijkomende kosten verbonden zijn aan het aanpassen van de voertuigen.

Tabel 41: Projectie kostprijs benzine, diesel, bioethanol, biodiesel (2030)

Brandstoftype	€ per GJ
Benzine	45,1
Diesel	43,3
Bio-ethanol	42,9
Biodiesel	45,5

Bron: Lievens et al. (2009)

Noot: prijzen vóór belastingen en subsidies.

Het valt hierbij op dat, volgens deze projecties, biobrandstoffen tegen 2030 grotendeels competitief zullen zijn met hun fossiele substituten. Bio-ethanol zou, voor een gegeven energiedienst, zelfs goedkoper zijn dan benzine. In dat geval is er geen enkele noodzaak tot actief openbaar optreden, tenzij dan in het wegwerken van eventuele fiscale distorties.

Het voornaamste probleem met eerste generatie biobrandstoffen ligt eerder in de onzekerheid met betrekking tot de milieu-effecten. Deze onzekerheid wordt al langer erkend, zeker als het gaat over de indirecte effecten op het landgebruik (IEA, 2011). Daarnaast is er ook controverse rond de impact op voedselprijzen. Deze discussie gaat echter verder dan de reikwijdte van deze studie.

Sinds december 2010 zijn er Europees niveau een aantal duurzaamheidscriteria van kracht (artikels 17, 18 en 19, Richtlijn 2009/28/EG), aangevuld door een aantal verduidelijkende teksten van de EC (http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_criteria_en.htm).

Volgens een zeer recente studie van de International Council on Clean Transportation (ICCT) (Malins, 2012) zouden biobrandstoffen die beantwoorden aan de criteria van Richtlijn 2009/28/EG (en dus geen rekening houden met de indirecte impact op landgebruik), leiden tot een CO₂-reductie van maximaal 4% in vergelijking met fossiele brandstoffen. Er is zelfs 30% kans dat de netto emissie zouden toenemen. Voor zover het Europees beleid zou leiden tot een netto afname van de emissies, zou dat enkel gerelateerd zijn aan ethanol.

Ook het IEA (IEA, 2011) erkent dat de onzekerheid met betrekking tot het indirect effect op landgebruik zo groot is dat deze alle directe CO₂-reducties zouden kunnen tenietdoen.

De Europese Commissie heeft ondertussen officieel aangekondigd (COM(2012) 595 final) dat ze tegen 2020 een bovengrens van 5% (ten opzichte van het totaal energieverbruik binnen de transportsector) wenst op te leggen voor het gebruik van biobrandstoffen afkomstig uit gewassen.

Om de doelstelling van 10% hernieuwbare energiebronnen in de transportsector te halen zou de Commissie dan vooral rekenen op biobrandstoffen die geen impact hebben op het landgebruik, zoals biobrandstoffen geproduceerd op basis van huishoudelijk afval en algen. Er wordt ook verwacht dat de gewijzigde regelgeving zou leiden tot een toename van het marktaandeel van bioethanol binnen de Europese markt voor biobrandstoffen, van 20 tot 78% - en dat terwijl het aandeel van dieselauto's in Europa stijgende is. Deze herziening wordt door sommigen gezien als een erkenning van de twijfelachtige milieu-impact van eerste generatie biobrandstoffen.

Voor tweede generatie biobrandstoffen liggen projecties van kostprijzen zo mogelijk nog moeilijker. Deze brandstoffen bevinden zich momenteel nog allemaal in het pre-commercieel stadium, sommigen zelfs nog in de fase van fundamenteel onderzoek (IEA 2011). Nochtans is het IEA optimistisch met betrekking tot deze nieuwe generaties brandstoffen, zowel qua milieu-impact, qua impact op landgebruik als qua commerciële leefbaarheid. In sommige gevallen zou de emissiereductie zelfs meer dan 100% bedragen, vooral in het geval van ethanol en diesel geproduceerd op basis van lignocellulose (IEA, 2011).

Indien de verwachtingen correct blijken te zijn, zou tegen 2030 geen enkele vorm van financiële ondersteuning nodig zijn om tweede generatie biobrandstoffen te laten concurreren met fossiele brandstoffen. Dit zou wel afhangen van de mate waarin de productiekosten van biobrandstoffen kunnen ontkoppeld worden van de prijzen van petroleum.

Tegen 2050 zouden de conventionele biobrandstoffen zelfs niet meer concurrentieel zijn in vergelijking met de tweede generatie biobrandstoffen, vooral omdat hun productiekost te zeer afhankelijk is van de volatiele prijs van grondstoffen.

In het BIOSSES project (Lievens et al., 2009) worden de projecties van het IEA als "te optimistisch" beschouwd. Lievens et al. verwachten dat de grondstoffen voor tweede generatie biobrandstoffen zullen stijgen wanneer de vraag zal stijgen. Ze wijzen er ook op dat er een factor twee verschil bestaat tussen de hoogste en de laagste schatting van de productiekost van tweede generatie bioethanol.

Samenvattend kunnen we stellen dat de onzekerheid met betrekking tot de netto milieueffecten van biobrandstoffen zo groot is, dat we ze niet meenemen als optie om de CO₂-uitstoot van de transportsector te reduceren.

5.4.8. TECHNISCHE MAATREGELEN VOOR PERSONENVERVOER OVER DE WEG

In de volgende paragrafen bestuderen we het CO₂-reductiepotentieel en de gerelateerde kosten van technische maatregelen voor personenwagens. Eerst bespreken we in detail de aannames die we hebben gemaakt met betrekking tot de kosten van de verschillende voertuigtypes. Ten tweede geven we een indicatie van de investeringen in distributie- en laadinfrastructuur, indien nodig om over te stappen op alternatieve technologieën. Ten derde geven we een overzicht van de impact op de CO₂-emissies en op de kostprijs van het wagenpark, indien het wagenpark uit het referentiescenario (cf. paragraaf 4.4.2) zou vervangen worden door alternatieve technologieën. Als jaar voor de vergelijking nemen we 2030. Tenslotte bespreken we de voor- en nadelen van deze technologieën afzonderlijk.

→ Kostprijs per km

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 4.4.2, biedt het transportmodel van VITO (E-MOTION) projecties met betrekking tot de kostprijs per km van personenwagens voor volgende propulsietechnologieën:

- GAS: benzine (met toevoeging van 5% bio-ethanol tegen 2030)
- DIES: diesel (met toevoeging van 5 % biodiesel tegen 2030)
- LPG : LPG
- CNG :CNG
- BEV: volledig elektrische voertuigen op batterijen
- H2FUELCELL: waterstof met brandstofcellen
- H2ICE: waterstof in verbrandingsmotor
- GASHYBRCS: hybride voertuigen met benzine
- DIESHYBRCS : hybride voertuigen met diesel
- GASPHEV: plug-in hybride voertuigen met benzine
- DIESPHEV: plug-in hybride voertuigen met diesel

Voor de vergelijking van de kosten van voornoemde voertuigtypes gaan we uit van de zogenaamde “factorkosten”, dat zijn de kosten voór belastingen en subsidies. Deze kosten bestaan uit volgende componenten:

- aanschafkosten,
- verzekeringskosten,
- onderhoudskosten,
- keuringskosten,
- brandstofkosten.

In werkelijkheid wijkt de kost voor de gebruiker af van de factorkosten door het bestaan van belastingen en subsidies. Deze belastingen en subsidies kunnen de keuze tussen verschillende voertuigtypes beïnvloeden. Wanneer we in wat volgt spreken over “kosten voor de gebruiker” bedoelen we: “kosten voor de gebruiker onder de aanname van een fiscaliteit die neutraal staat tegenover de voertuigkeuze”.

Aanschafkosten

Voor de extrapolaties van de historische kostprijsgegevens hebben we voor benzine, LPG en CNG gebruik gemaakt van de aannames die ook in Transport & Mobility Leuven (2010) gebruikt werden: jaarlijkse toename van de aankoopprijs met 3% voor benzine en LPG auto’s, constante prijzen voor CNG auto’s. Voor alle andere voertuigtypes zijn we uitgegaan van de PROLIBIC projecties (Michiels

et al., 2012). PROLIBIC heeft twee kostenscenario's beschouwd: een "laag" en een "hoog" scenario. Onderstaande tabel geeft de verhouding tussen de verwachte prijs van elk autotype en de verwachte prijs van een benzine auto in 2030 onder beide scenario's (in €2009).

Tabel 42: Prijs per voertuigtype ten opzichte van benzine in 2030 onder "laag" en "hoog" PROLIBIC-scenario

Voertuigtype	"laag" scenario	"hoog" scenario
DIES	1,09	1,09
BEV	1,15	1,61
H2FUELCELL	1,15	1,38
H2ICE	1,08	1,24
GASHYBRCS	1,06	1,38
DIESHYBRCS	1,14	1,5
GASPHEV	1,15	1,61
DIESPHEV	1,15	1,57

Op basis van: Michiels et al. (2012)

Verzekeringskosten

Voor het berekenen van de verzekeringskosten zijn we uitgegaan van de verzekeringspremies die effectief van kracht waren in 2009. Deze premies hebben we, evenredig met de verwachte aankoopprijs, geëxtrapoleerd naar toekomstige jaren en naar modellen die momenteel nog niet commercieel beschikbaar zijn.

Onderhoudskosten

De jaarlijkse onderhoudskosten hebben we ingeschat als vast percentage van de aankoopprijs. Daarbij zijn we uitgegaan van dezelfde percentage gehanteerd als in Transport & Mobility Leuven (2010).

Voor voertuigen op basis van waterstof zijn we vertrokken van de onderhoudskosten voor volledig elektrische voertuigen op batterijen en voor gas voertuigen, die we gecorrigeerd hebben om rekening te houden met de componenten die niet aanwezig zijn bij waterstofvoertuigen.

Keuringskosten

Indien beschikbaar, werden de reële kosten over de levensduur (<http://www.goca.be/fr/>) gedeeld door het gemiddeld aantal kilometer dat door elk type voertuig wordt afgelegd. De gemiddelde schrappingsleeftijd is (waar mogelijk) gebaseerd op historische gegevens van de DIV – voor het gemiddeld aantal km per jaar. Voor voertuigen op basis van waterstof werd gewerkt met de keuringskost van “gelijkaardige” voertuigtype, met name elektrische voertuigen op batterijen en gas voertuigen.

Tabel 43: Gemiddelde schrappingsleeftijd

Gemiddelde schrappingsleeftijd	Jaren
GAS	13
DIES	9
LPG	14
CNG	11
BEV	11
H2FUELCELL	11
H2ICE	11
GASHYBRCS	11
DIESHYBRCS	11
GASPHEV	11
DIESPHEV	11

Brandstofkosten

Voor het brandstof (behalve voor waterstof) –en elektriciteitsverbruik per voertuigtype in 2030, zijn we uitgegaan van de projecties in het E-MOTION model van VITO.

Tabel 44: Elektriciteitsverbruik bij personenwagens

Voertuigtype	kWh per 100 km
BEV	17,42
GASPHEV	10,45
DIESPHEV	10,45

Bron: E-MOTION model (VITO)

Tabel 45: Brandstofverbruik bij personenwagens

Voertuigtype	Liter per 100 km
GAS	6,47
DIES	4,75
LPG	8,75
CNG	3,62
GASHYBRCS	4,45
DIESHYBRCS	3,87
GASPHEV	1,78
DIESPHEV	1,55

Bron: E-MOTION model (VITO)

Het vertrekpunt voor de projecties van de brandstofprijzen voor diesel, benzine, LPG en gas voor 2030 zijn de bestaande prijzen en een jaarlijkse groeivoet die de lange termijn projecties van de

Europese Commissie volgt. Deze groeivoeten zijn terug te vinden in: http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/trends_to_2030_update_2009.pdf.

Tabel 46: Kostprijs per liter of per kg voor diesel, benzine, LPG en aardgas (2030)

Voertuigtype	€2009 per liter of per kg
benzine (per l)	0,77
diesel (per l)	0,79
LPG (per l)	0,63
aardgas (per kg)	0,90

Op basis van: *EU Energy Trends to 2030 (update 2009)*

Voor waterstof werd de kostprijs per kilometer voor 2030 ingeschat door volgende gegevens te combineren (beide afkomstig uit berekeningen die door VITO werden uitgevoerd met het technisch-economisch energiemodel Markal-TIMES):

- het aantal km per GJ, waarbij het onderscheid wordt gemaakt tussen “korte” (< 40 km) en “lange” (> 40 km) afstanden
- de kostprijs per GJ voor “synthetic fuel H₂ liquid”.

De resulterende kostprijs per kilometer is opgenomen in volgende tabel.

Tabel 47: Kostprijs per kilometer voor waterstof (2030)

Voertuigtype	€2009 per km
H2FUELCELL lange afstand	0,028
H2ICE lange afstand	0,053
H2FUELCELL korte afstand	0,034
H2ICE korte afstand	0,063

Bron: VITO

De prijs van elektriciteit volgt de energievoorzichten van het Federaal Plan Bureau (2012), met name 0,17 € per kWh in 2030.

→ Infrastructuurkosten

Sommige technologieën vereisen een aparte distributie-infrastructuur. De kosten van de voertuigen kunnen niet los van deze infrastructuur worden beschouwd. Er stelt zich immers een “kip of ei” probleem: gebruikers zullen niet overschakelen op de technologie indien er geen laadinfrastructuur beschikbaar is, maar het is niet rendabel om te investeren in laadinfrastructuur indien er geen perspectief is op een voldoende aantal eindgebruikers.

Bovendien hebben investeringen in infrastructuur niet altijd zin indien ze zuiver lokaal blijven. Zelfs indien er, bijvoorbeeld, een dicht lokaal netwerk zou ontstaan voor de distributie van natuurlijk gas, zullen mensen pas overwegen om over te schakelen naar natuurlijk gas als er voor hen ook het perspectief bestaat dat ze kunnen tanken buiten hun eigen stad.

Elektrische voertuigen

De kosten van de laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen bestaan uit:

- Aankoopkosten (hardware en software in de paal);
- Installatiekosten (bekabeling + manuren om de paal verkeersveilig te installeren en aan te sluiten op het energiedistributienetwerk);
- Onderhoudskosten (recurrente kost) voor upgraden software, onderhoud van de hardware, kleine reparaties.

Voor auto's kan men het onderscheid maken tussen volgende soorten stations:

- thuislaadstation ("eenvoudige" laadpaal in een garage),
- traaglaadstations op publiek toegankelijke plaatsen,
- snellaadstations op publiek toegankelijke plaatsen.

Een thuislaadstation heeft meestal maar 1 laadpunt. Er bestaan echter batterijkastsystemen en laadeilanden waar meerdere voertuigen/batterijen gelijktijdig kunnen laden (bijvoorbeeld stations met 10 of 12 laadpunten).

"Traagladen" duurt 6 tot 8 uur per wagen (als de batterij leeg is), terwijl "snelladen" kan op 10 tot 15 minuten. Het is echter de bedoeling dat de wagens telkens bijladen als ze parkeren, ook als de batterij nog niet leeg is.

De kostprijs van een laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen hangt af van talrijke factoren:

- Vermogen (traag of snelladen);
- Aantal laadpunten of batterijkastjes, al dan niet met extra bergruimte in een station;
- Indicatie van de status van het laadproces (bijvoorbeeld ledlampje dat de status aangeeft);
- Vergrendeling van de batterijkastjes, bijvoorbeeld: mechanisch slot met sleutel, mechanisch muntslot, elektronische pincode, RFID pasje, mechanisme dat via SMS ontsloten kan worden;
- Betaalmogelijkheid voor het laden, bijvoorbeeld: geen betaalmogelijkheid (i.e. gratis laden voor de gebruiker), betalen met munten, betalen via SMS of via abonnement (gebruik van een pasje);
- Met of zonder fietsrek/overkapping;
- Met of zonder verlichting.

Volgende weblink geeft een indicatie van relevante prijzen: http://www.e-mobilbw.de/Website-Management/UserData/ModuleContents/1045/Downloads/Systemanalyse_BWemobil_IKT_Energie.pdf geven. Enkele voorbeelden ter illustratie:

- Snellaadstations kosten snel 20.000 tot 30.000 €;
- Kosten infrastructuur in 2012:
 - o Thuislaadstation: 2.500 €;
 - o Publieke traaglaadstations (6 à 8uur per wagen): 8.000 €;
- Verwachte kosten infrastructuur tegen 2020:
 - o Thuislaadstation: 1.000 €;
 - o Publieke traaglaadstations: 3.700 €.

Natuurlijk gas

Ook bij natuurlijk gas hangt de prijs van de laadinfrastructuur af van de laadsnelheid. Een zogenaamde "slow filler" voor CNG kan 4 voertuigen op 8 uur tanken tegen een investeringskost van 12.000 €. Dit soort laadinfrastructuur is dus geschikt voor voertuigen die 's nachts in een collectieve garage staan, zoals commerciële voertuigen of voertuigen van stadsdiensten. Een "fast filler" voor CNG zou een investeringskost vereisen van 150.000 €. Dit soort laadsystemen is geschikt voor de gewone gebruiker. Indien de helft van de ongeveer 60 stations in Gent uitgerust zouden

worden met "fast filler" (schatting op basis van gegevens van TomTom en Gouden Gids) komt dat overeen met een kostprijs van 4,5 M€.

CNG-tankstations worden aangesloten op het aardgasnet. Een LNG tankstation zou een investering van 500.000 € vergen (persoonlijke communicaties van Tobias Denys (VITO) met leverancier van tankinfrastructuur).

De tankstations kunnen bevoorrad worden met vloeibaar aardgas (LNG) via tankwagens. Het natuurlijk gas kan dan in die vorm worden aangeboden (voor trucks bijvoorbeeld) maar kan ook op een eenvoudige manier naar CNG omgezet worden. De tankwagens kunnen zich bevoorraden in Zeebrugge bij de LNG-terminal van Fluxys waar een dergelijk aftakpunt voorzien is. In L-CNG stations gebeurt de conversie zo goed als kosteloos. In dergelijke stations kan je op een vrij eenvoudige manier het zeer koude LNG omzetten naar CNG op omgevingstemperatuur (en dus onder hoge druk). De meerkost ligt enkel in de bijkomende investering van 200.000 € in vergelijking met een standaard LNG station (persoonlijke communicaties van Tobias Denys (VITO) met leverancier van tankinfrastructuur).

Biogas dat geschikt is voor transport kan gebruik maken van deze infrastructuur zonder verdere aanpassingen. De meerkost hier ligt eerder bij de aanmaak van biogas dat meer gezuiverd moet worden dan wanneer het voor stationaire toepassingen zou ingezet worden (zoals bijvoorbeeld WKK).

Waterstof

Het International Energy Agency verwacht dat de enige kosteneffectieve wijze om waterstof te verdelen er in bestaat om deze per pipeline te vervoeren tot dicht bij de gebruiker en te stockeren onder druk. Waterstof vloeibaar maken en per schip of vrachtwagen vervoeren zou duurder zijn. Deze pipeline zou moeten bestaan uit buizen van roestvrij staal, die 100.000 USD per km zouden kosten (prijzen van 2005) – dat is zes maal hoger dan de kostprijs van pipelines voor natuurlijk gas (IEA, 2005).

In elk geval is er een volledig nieuw distributiesysteem nodig, dat volgens IEA (2005) een wereldwijde investering zou vereisen van 2,5 triljoen USD (prijzen van 2005).

→ Jaarlijkse kosten en CO₂-emissies voor personenwagens

Voor de berekening van de kosten en emissies per jaar gaan we als volgt te werk:

- We stellen een tabel op waarbij elk type voertuig zowel in de rijen als in de kolommen wordt hernomen.
- Voor elk type voertuig bepalen we in de rij van de tabel de emissies en de totale kostprijs per jaar, op basis van het verwacht aantal voertuigkilometer voor dat voertuigtype.
- Voor elk voertuigtype bepalen we in de kolom van de tabel de emissies en de totale kostprijs per jaar, indien dat voertuigtype evenveel kilometers zou afleggen als het overeenkomstig voertuigtype in de rij van de tabel.
- We berekenen het verschil in emissies en kosten voor elk voertuigtype uit de rij indien het zou vervangen worden door een voertuigtype uit de kolom van de tabel. De CO₂-reductie wordt berekend indien *alle* voertuigkilometers op grondgebied Gent (incl. autosnelwegen en gewestwegen) afgelegd zouden worden door een voertuig met het brandstoftype dat in de overeenkomende kolom van de tabel wordt weergegeven.

- Om de tabellen overzichtelijk te houden stellen we de verschillen alleen voor indien de vervanging van het voertuigtype in de rij door het voertuigtype in de kolom leidt tot een reductie van de directe emissies.

We geven hieronder de belangrijkste resultaten weer voor personenwagens. Eerst geven we een overzicht van de impact op de CO₂-emissies. Vervolgens maken we een inschatting van de totale kostprijs per jaar van eventuele technologische veranderingen. Tenslotte geven we een overzicht van de kosteneffectiviteit van de verschillende mogelijkheden.

Jaarlijkse CO₂-reductie

De hierna volgende tabellen geven, per kolom, weer wat de jaarlijkse CO₂-reductie zou zijn indien het voertuig in de kolom de voertuigen in de rij met een hogere CO₂ uitstoot (scope 1 & scope 2) zou vervangen. Ten minste, voor het aantal voertuig kilometer dat op het grondgebied van Gent wordt afgelegd. Het gaat hier dus over hypothetische voertuigen.

Tabel 48: Reductie CO₂-emissies (scope1) in kton per jaar

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE	LPG
BEV											
CNG	1,76			0,07	1,04		0,12	1,06	1,76	1,76	
DIES	172,33	25,84		31,31	112,90		36,15	113,98	172,33	172,33	
DIESHYBRCS	9,70				5,61		0,33	5,69	9,70	9,70	
DIESPHEV	5,85							0,11	5,85	5,85	
GAS	29,98	5,29	0,94	6,21	19,96		7,03	20,14	29,98	29,98	
GASHYBRCS	12,48				7,03			7,13	12,48	12,48	
GASPHEV	6,82								6,82	6,82	
H2FUELCELL											
H2ICE											
LPG	0,90	0,18	0,05	0,21	0,61	0,03	0,23	0,61	0,90	0,90	
Totaal	239,81	31,31	0,99	37,80	147,16	0,03	43,87	148,71	239,81	239,81	

Tabel 49: Reductie CO₂-emissies (scope 1+2) in kton per jaar

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE	LPG
BEV											
CNG	0,88			0,07	0,52		0,12	0,53	1,76	1,76	
DIES	99,47	25,84		31,31	69,18		36,15	70,26	172,33	172,33	
DIESHYBRCS	4,69				2,61		0,33	2,68	9,70	9,70	
DIESPHEV	2,98							0,11	10,15	10,15	
GAS	17,70	5,29	0,94	6,21	12,60		7,03	12,78	29,98	29,98	
GASHYBRCS	5,80				3,03			3,13	12,48	12,48	
GASPHEV	3,41								11,93	11,93	
H2FUELCELL											
H2ICE											
LPG	0,54	0,18	0,05	0,21	0,39	0,03	0,23	0,40	0,90	0,90	
Totaal	135,47	31,31	0,99	37,80	88,32	0,03	43,87	89,88	249,22	249,22	

We wensen hierbij wel nogmaals te benadrukken dat de CO₂-emissies geen rekening houden met de indirecte emissies die gepaard gaan met, bijvoorbeeld, de productie van de brandstoffen. Voor de meeste propulsietechnologieën verandert de rangschikking niet indien men rekening houdt met alle indirecte emissies, alleen de absolute waarden van de emissies veranderen.

De zeer goede prestaties van waterstof zijn echter enkel te wijten aan het negeren van de (broeikasgas)emissies die gepaard gaan met de productie van waterstof. Indien men daar wel rekening mee houdt, dan blijkt dat voertuigen op basis van waterstof slechter presteren dan *alle* alternatieven, met inbegrip van benzine-auto's! In het geval van auto's op basis van brandstofcellen blijft het totaal reductiepotentieel beperkt tot ongeveer 30 kton per jaar. Kiezen voor waterstof omwille van de nul-emissies tijdens het rijden komt dus grotendeels neer op het geografisch verplaatsen van de emissies.

Merken we ook op dat LPG slechter presteert dan alle alternatieven. Volgens onze berekeningen zullen LPG voertuigen tegen 2030 immers meer CO₂ uitstoten dan benzine-wagens of 62 kg CO₂ per wagen per jaar. De reden hiervoor is de gestage toename van het aandeel van bio-ethanol in benzine. Zoals elders betoogd zijn de indirecte emissies van biobrandstoffen echter een belangrijke bron van ongerustheid. Als men wel rekening houdt met indirecte emissies, dan blijkt dat indien alle voertuigkilometers die in het referentiescenario in 2030 in Gent zullen worden afgelegd door LPG wagens worden afgelegd, dit neerkomt op een afname van de totale CO₂-uitstoot met 135 kg per wagen per jaar – dit zou dan weer pleiten ten voordele van LPG. Het **beperkt potentieel van LPG op lange termijn** is echter bevestigd in een recente studie voor de Europese Commissie (Hill et al., 2009).

Totale jaarlijkse kost

De hierna volgende tabellen geven, per kolom, weer wat de totale jaarlijkse kostprijs zou zijn indien het voertuig in de kolom de voertuigen in de rij met een hogere CO₂ uitstoot (scope 1 & scope 2) zou vervangen. Tenminste voor het aantal voertuig kilometer dat op het grondgebied van Gent wordt afgelegd. Het gaat hier dus over hypothetische voertuigen.

De vergelijking vindt altijd plaats op basis van kosten vóór belastingen en subsidies. Bij de interpretatie moet men er ook rekening mee houden dat we uitgaan van het aantal kilometers dat jaarlijks wordt afgelegd door het voertuig in de rij van de tabel. Bij voertuigen met een hoog aantal kilometers op jaarbasis worden de vaste kosten dus beter gespreid. Dus, als we zeggen dat een optie goedkoper is dan de alternatieven, wil dat altijd zeggen: “voor het aantal kilometer op jaarbasis dat een dergelijke wagen rijdt”.

Tabel 50: Totale kostprijs per jaar van de vervanging van auto's met een hogere CO₂-uitstoot ("laag" PROLIBIC scenario)

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE
CNG	-98.220			-144.377	-106.734		-166.285	-89.707	510.678	614.528
DIES	-35.899.129	-30.308.100		-37.759.815	-36.319.460		-36.036.470	-34.593.324	-10.633.318	12.019.277
DIESHYBRCS	118.734				91.170		135.052	211.324	1.737.928	3.361.136
DIESPHEV	37.448							173.997	2.178.974	4.597.170
GAS	11.267.118	12.712.839	22.785.341	10.568.176	11.140.161		10.169.991	11.371.496	20.469.077	21.570.972
GASHYBRCS	10.308				-28.096			130.231	2.315.429	4.397.302
GASPHEV	-159.122								2.514.497	5.314.874
LPG	-8.955	21.751	203.172	-20.632	-11.385	-144.052	-16.817	-3.345	147.675	240.242
Totaal	-24.731.817	-17.573.510	22.988.513	-27.356.648	-25.234.344	-144.052	-25.914.529	-22.799.329	19.240.940	52.115.501

We stellen vast dat benzine altijd de goedkoopste optie is. Onder het “lage kost” PROLIBIC scenario is diesel duurder dan alle alternatieven met een lagere uitstoot (behalve voor voertuigen met verbrandingsmotor op waterstof – H2ICE). Dit betekent echter niet dat er geen financiële stimulansen nodig zouden zijn om de overstap aan te moedigen naar technologieën met een lagere uitstoot, vermits de eigenaar van een dieselauto ook zou kunnen overstappen naar een benzine-auto.

De totale kostprijs van de vervanging van benzine-voertuigkilometers (i.e. voertuigkilometers die in het referentiescenario door benzine-auto's worden afgelegd) **door alternatieven varieert van 11 tot 23 M€ per jaar**. Om de eigenaars van benzine-auto's te overtuigen om over te schakelen op de alternatieven, is er dus een financiële stimulans van mintens tien miljoen *per jaar* nodig.

We kunnen bovenstaande tabel ook interpreteren vanuit de kolommen. Dan zien we dat, onder het “lage kosten” scenario, de vervanging van het wagenpark uit het referentiescenario door **elektrische voertuigen** leidt tot netto financiële opbrengsten van 25 M€ op jaarbasis. Deze baat is echter voornamelijk te wijten aan het kostenvoordeel ten opzichte van dieselauto's. De paradox hier is dat het voornaamste nadeel van elektrische voertuigen ligt in hun beperkte autonomie, terwijl dieselauto's in de regel meer kilometers afleggen dan benzine-auto's (die dan weer goedkoper zijn dan elektrische auto's).

CNG auto's leiden tot een kostenbesparing ten opzichte van dieselauto's, ca. 30 miljoen EUR op jaarbasis, maar zijn duurder dan benzine-auto's, ca. 13 miljoen EUR op jaarbasis. Ze scoren echter slechter dan de andere alternatieve technologieën qua reductiepotentieel.

Diesel auto's scoren alleen beter dan benzine-auto's met betrekking tot de uitstoot, maar zijn wel significant duurder, met name jaarlijkse meerkost van 23 M€.

De kostenprestaties van **hybride voertuigen** zijn vergelijkbaar met deze van elektrische voertuigen, zowel voor plug-in als voor “gewone” hybride voertuigen. De plug-in hybrides zijn 2 tot 3 miljoen EUR goedkoper op jaarbasis dan de elektrische voertuigen. Er zijn ook geen spectaculaire verschillen tussen de diesel en de benzine hybrides. Indien het wagenpark uit het referentiescenario door deze hybride voertuigen zou worden vervangen, zou dat leiden tot een netto-besparing die zou liggen tussen de 23 en de 28 M€ op jaarbasis.

Benzine auto's presteren slechter dan alle andere types voertuigen behalve LPG voertuigen.

Waterstof auto's met brandstofcellen zijn duurder dan alle alternatieven (behalve diesel). Het vervangen van het wagenpark uit het referentiescenario door deze waterstofauto's komt neer op een jaarlijkse meerkost van ongeveer 19 M€. Waterstofauto's met verbrandingsmotor, tenslotte, zijn duurder dan alle alternatieven, en leiden tot een jaarlijkse meerkost van bijna 53 M€.

Zoals hierboven aangehaald, is het toekomstig kostenverloop van voertuigtechnologieën echter zeer onzeker. We moeten daarom ook kijken naar de relatieve kostenimpact onder een alternatief scenario. Onder het “hoge kost” PROLIBIC scenario is diesel alleen nog goedkoper dan CNG en hybride benzine-auto's. Dat betekent dus dat, onder een minder gunstig kostenscenario, ook voor de vervanging van het dieselpark significante financiële stimulansen zullen nodig zijn.

Tabel 51: Totale kostprijs per jaar van de vervanging van auto's met een hogere CO₂-uitstoot ("hoog" PROLIBIC scenario)

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE
CNG	1.150.581			832.991	1.033.540		702.477	1.159.166	1.135.093	1.048.904
DIES	14.531.778	-30.308.100		1.709.703	9.728.720		-952.828	15.840.476	14.582.710	29.560.861
DIESHYBRCS	818.391				511.081		-144.894	911.165	828.139	1.961.494
DIESPHEV	405.653							542.445	428.807	2.202.252
GAS	30.174.966	12.712.839	22.785.341	25.366.317	28.404.812		23.323.754	30.280.429	29.923.216	28.147.764
GASHYBRCS	1.410.163				972.002			1.530.350	1.415.384	2.797.255
GASPHEV	-159.426								-138.787	1.854.124
LPG	-21.441	-306.990	-125.569	-101.858	-51.356	-472.793	-125.547	-15.813	-22.935	21.505
Totaal	48.310.665	-17.902.251	22.659.772	27.807.153	40.598.798	-472.793	22.802.963	50.248.218	48.151.626	67.594.160

De totale kostprijs van de vervanging van benzine-voertuigkilometers door alternatieven varieert van 12 tot 31 M€ per jaar.

Ook hier leggen we bij de interpretatie van de tabel de nadruk op de kolommen.

We stellen vast dat onder dit alternatief kostenscenario **elektrische voertuigen** significant duurder uitvallen dan alle alternatieven (behalve plug-in benzine hybrides auto's en LPG auto's). De totale jaarlijkse meerkost komt dan neer op bijna 49 M€. Ten opzichte van het "laag" PROLIBIC scenario komt dit neer op een verschil van bijna 75 M€ op jaarbasis.

We stellen tevens vast dat het globaal plaatje voor **CNG en diesel** auto's dicht ligt bij wat we hebben bekomen voor het "laag" PROLIBIC scenario.

Hybride voertuigen leiden onder het "hoog" PROLIBIC scenario tot een significante meerkost ten opzicht van het wagenpark in het referentiescenario. De jaarlijkse meerkost loopt van 23 tot bijna 51 M€. Het kostenverschil ten opzichte van het laag PROLIBIC scenario kan dus tot meer dan 70 M€ op jaarbasis oplopen.

Benzine auto's presteren beter dan alle andere types voertuigen (behalve LPG voertuigen).

Waterstof auto's met brandstofcellen zijn duurder dan alle alternatieven (behalve diesel). Het vervangen van het wagenpark uit het referentiescenario door deze auto's komt neer op een jaarlijkse meerkost van bijna 49 M€ – meer dan het dubbele onder het "laag" PROLIBIC scenario. Waterstofauto's met verbrandingsmotor zijn duurder dan alle alternatieven, en leiden ze tot een jaarlijkse meerkost van meer dan 68 M€ bij vervanging van het wagenpark uit het referentiescenario.

Samenvattend kunnen we stellen dat er zeer belangrijke verschillen bestaan tussen het financieel plaatje onder de twee PROLIBIC scenario's. Aangezien het verschil in financiële impact kan oplopen tot enkele 10 M€ per jaar, mogen we voor de bepaling van de kosteneffectiviteit zeker niet uitgaan van de meest gunstige kostenevolutie.

Kosteneffectiviteit

We geven, voor elk mogelijk paar alternatieve voertuigtypes, het verschil in kostprijs ten opzichte van het verschil in CO₂ uitstoot. Dit geeft een indicatie van de goedkoopste manier om de CO₂ uitstoot te reduceren binnen de sector "privé personenvervoer langs de weg".

Bij de interpretatie van de kosten per eenheid CO₂-reductie moet men enigszins opletten: de verschillende voertuigtypes verschillen niet alleen van elkaar qua CO₂-emissies. De volledige meerkost ten opzichte van een benzinewagen toeschrijven aan de lagere CO₂ uitstoot is dus niet correct. Dit valt met name op als het gaat over de zeer hoge meerkost van dieselauto's: deze vloeit enerzijds voort uit de zeer lage verschillen in CO₂-uitstoot per km ten opzichte van benzinewagens, maar anderzijds ook in de grote verschillen in afstanden die per jaar worden afgelegd.

Tenslotte merken we dat de rangschikking van de alternatieve technologieën zeer gevoelig is voor het gebruikte kostenscenario.

Onder het "lage kost" PROLIBIC scenario is diesel altijd goedkoper dan de alternatieven. Ten opzichte van benzine (cf. GAS in Tabel 52) kunnen de alternatieven als volgt worden gerangschikt in dalende volgorde van kosteneffectiviteit:

- » ~637 € per ton CO₂: volledig elektrisch
- » ~700 € per ton CO₂ waterstof (FC en IC)
- » ~890 € per ton CO₂: plug in hybride voertuigen
- » 1.400-1.700 € per ton CO₂: hybride voertuigen
- » 2.400 € per ton CO₂: CNG
- » 24.000 € per ton CO₂: diesel

Tabel 52: Kosteneffectiviteit van de verschillende opties ("laag" PROLIBIC scenario)

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE
CNG	-111			-2.200	-205		-1.344	-168	291	350
DIES	-361	-1.173		-1.206	-525		-997	-492	-62	70
DIESHYBRCS	25				35		405	79	179	347
DIESPHEV	13							1.646	215	453
GAS	637	2.402	24.283	1.701	884		1.447	890	683	720
GASHYBRCS	2				-9			42	186	352
GASPHEV	-47								211	446
LPG	-17	120	3.743	-100	-29	-5.323	-73	-8	165	268
Gemiddeld	-183	-561	23.160	-724	-286	-5.323	-591	-254	77	209

Ook hier is het interessant om te kijken naar de kosteneffectiviteit indien het volledig park uit het referentiescenario vervangen worden door het voertuigtype uit de kolommen.

Ten eerste stellen we vast dat er een aantal voertuigtypes bestaan met een negatieve kost indien ze voertuigen vervangen met een hogere CO₂ uitstoot (elektrische voertuigen, CNG, hybrides, benzine) – we moeten echter voor ogen blijven houden dat dit resultaat enkel opgaat onder het "laag" PROLIBIC scenario.

Ten tweede valt de extreem hoge kost van emissiereductie op indien dieselauto's benzine-auto's vervangen. Zoals hierboven besproken, vloeit dit enerzijds voort uit de zeer lage verschillen in CO₂-uitstoot per km ten opzichte van benzinewagens, maar anderzijds ook uit de grote verschillen in afstanden die per jaar worden afgelegd.

Tenslotte is de relatief goede prestatie van waterstof gerelateerd aan het feit dat we enkel de scope 1 en scope 2 emissies meenemen.

Onder het “hoge kost” PROLIBIC scenario stellen we vast dat, ten opzichte van diesel, de kostprijs van een ton CO₂-reductie altijd lager ligt dan 250 EUR. Ten opzichte van benzine (cf. GAS in Tabel 53) kunnen de alternatieven als volgt worden gerangschikt in stijgende volgorde van kosteneffectiviteit:

- » 900-1.000 EUR per ton CO₂: waterstof (brandstofcel en verbrandingsmotor)
- » 1.705 EUR per ton CO₂: volledig elektrisch
- » 2.200-2.400 EUR per ton CO₂: plug in hybride voertuigen
- » 2.400 EUR per ton CO₂:CNG
- » 3.300-4.100 EUR per ton CO₂: hybride voertuigen
- » ~24.000 EUR per ton CO₂: diesel

Tabel 53: Kosteneffectiviteit van de verschillende opties (“hoog” PROLIBIC scenario)

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE
CNG	1.303			12.696	1.988		5.678	2.175	646	597
DIES	146	-1.173		55	141		-26	225	85	172
DIESHYBRCS	175				196		-435	340	85	202
DIESPHEV	136							5.132	42	217
GAS	1.705	2.402	24.283	4.082	2.255		3.318	2.370	998	939
GASHYBRCS	243				321			490	113	224
GASPHEV	-47								-12	155
LPG	-40	-1.700	-2.313	-491	-131	-17.472	-543	-40	-26	24
Gemiddeld	357	-572	22.829	736	460	-17.472	520	559	193	271

Ook hier is het interessant om te kijken naar de kosteneffectiviteit indien het volledig park uit het referentiescenario vervangen wordt door de technologieën uit de kolommen.

Ten eerste stellen we vast dat er een aantal technologieën bestaan met een negatieve kost indien ze voertuigen vervangen met een hogere CO₂-uitstoot. Onder dit scenario is dit echter beperkt tot CNG en benzine - het aantal voertuigen dat slechter presteert dan CNG en benzine auto's qua CO₂ uitstoot is beperkt.

Ten tweede ligt de kost per ton CO₂-reductie vooral laag bij voertuigen op basis van waterstof omdat de CO₂-uitstoot gerelateerd aan, bijvoorbeeld, de productie van waterstof niet wordt meegenomen in de berekeningen.

Ten derde, indien we abstractie maken van voertuigen op basis van waterstof, stellen we vast dat elektrische voertuigen het best scoren qua kosteneffectiviteit, met name ca. 360 EUR per ton CO₂-reductie. Deze goede score houdt echter geen rekening met de beperkte autonomie van elektrische voertuigen.

Ten vierde, bij hybride voertuigen stelt zich niet het probleem van de beperkte (ten opzichte van conventionele auto's) autonomie. De kostprijs per ton CO₂-reductie varieert daar tussen 460 en 736 EUR.

Ten vijfde, de hoge kost van diesel ligt in de lijn van wat we hierboven hebben besproken.

5.4.9. TECHNISCHE MAATREGELEN VOOR VRACHTVERVOER OVER DE WEG

Er bestaan minder systematische studies met betrekking tot de mogelijke opties voor zware voertuigen dan voor personenwagens. Zo bestaan er geen bruikbare projecties van de kosteneffectiviteit van zuiver elektrische oplossingen in zware vrachtwagens (Hill et al., 2009).

Op dit moment komt de aankoopprijs van PHEV vrachtwagens overeen met 200 à 300 % van de aankoopprijs van gelijkaardige conventionele vrachtwagens. Binnen tien jaar zouden de aankooprijzen dicht bij elkaar liggen (Expertopinie VITO Energietechnologie).

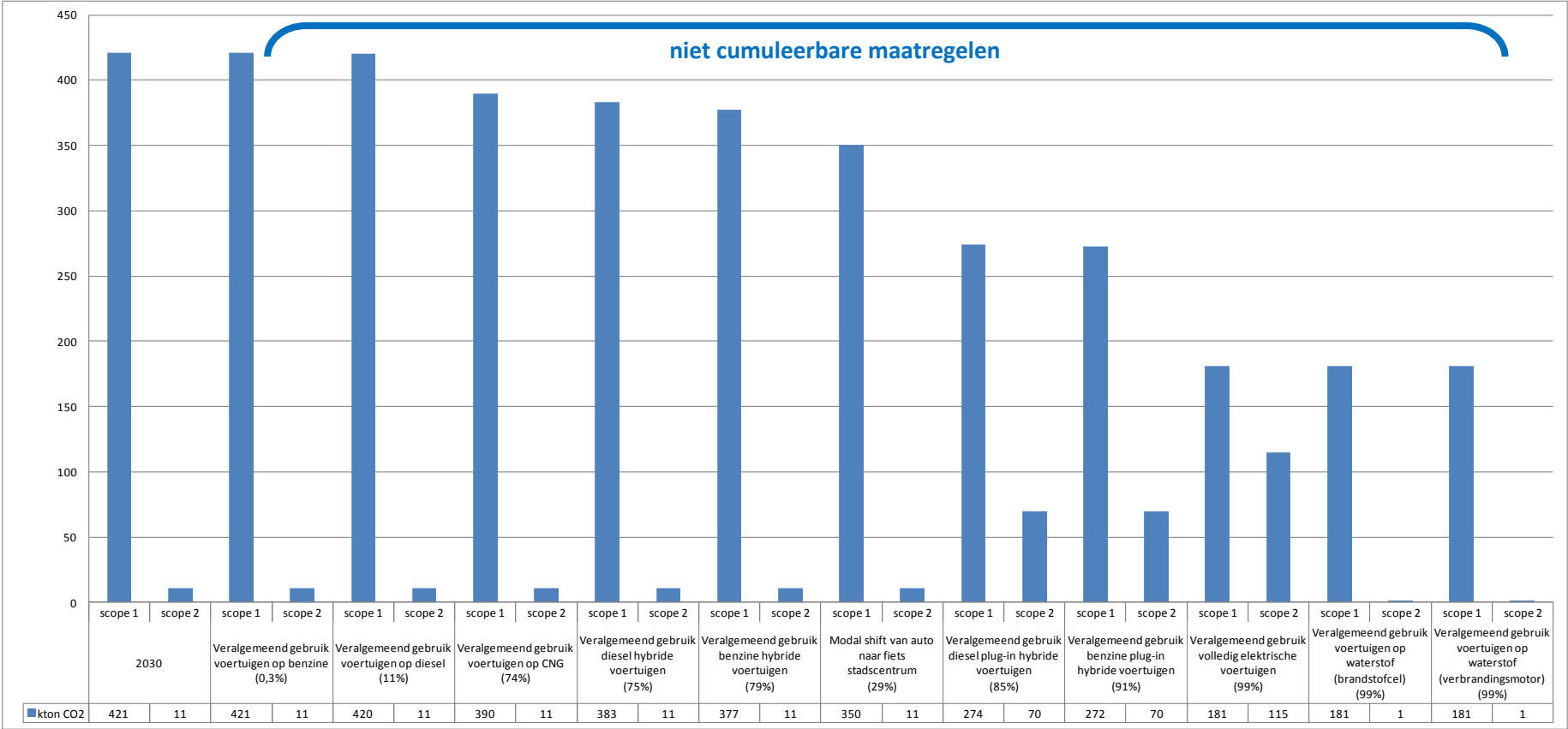
Voor LNG vrachtwagens is een bijkomende investering van 28.000 EUR nodig ten opzichte van diesel vrachtwagen. De bijkomende jaarlijkse onderhoudskosten bedrage 2.400 EUR. Tegen 2030 zou de besparing qua brandstofverbruik 100.000 EUR kunnen bedragen over de volledige levenscyclus (op basis van: Hendrickx (2012)). Deze berekening gaat echter uit van de bestaande belastingstructuur: bij een neutraal belastingstelsel zouden de hogere aankoopprijs en onderhoudskosten niet worden gecompenseerd door het lager brandstofverbruik. Voor bussen en vuilniswagens zou de kost vergelijkbaar zijn

Sommigen wijzen ook op het potentieel van trolleybussen. Het gaat hier over een bestaande technologie, waar ruime ervaring rond bestaat, en die significant goedkoper zou zijn dan trams en "light rail" systemen. Ook trolley systemen voor vrachtwagens zou een mogelijke optie kunnen zijn op autosnelwegen (Hill et al., 2009).

Tenslotte zouden "lange" bussen met brandstofcellen goedkoper kunnen worden dan trams. De vraag blijft dan wel open of dergelijke nichetoevoering de infrastructuurkosten kan rechtvaardigen.

5.4.10. GLOBAAL OVERZICHT DOORREKENINGEN VOOR VERKEER EN VERVOER

In onze berekeningen hebben we de nadruk gelegd op het personenvervoer over de weg. We hebben hiervoor gebruikt gemaakt van het E-MOTION model van VITO, en van recente schattingen van de kosten van alternatieve technologieën, zoals gerapporteerd in Michiels et al. (2012) (cf. PROLIBIC). In volgende figuur geven we voor de verschillende technische maatregelen en modal shift naar de fiets, een overzicht van de impact op de CO₂-uitstoot in 2030 (scope 1 en scope 2) ten opzichte van het referentiescenario 2030.



Figuur 39: CO₂-emissies referentiescenario en ná technische maatregelen, modal shift naar de fiets voor personenvervoer over de weg

In volgende tabel geven we een overzicht van de implementatiegraad (in % voertuigkilometers personenauto's) voor de verschillende voertuigtechnologieën. Bijvoorbeeld: indien alle auto's die slechter scoren dan BEV met betrekking tot directe CO₂-uitstoot vervangen worden door BEV, dan heeft dat betrekking op 98,51% van de voertuigkilometers in het referentiescenario 2030. De modal shift naar de fiets komt overeen met 29% van het aantal voertuigkilometers van personenauto's.

Tabel 54: Implementatiegraad voertuigtechnologieën (in % voertuigkilometers personenauto's)

	BEV	CNG	DIES	DIESHYBRCS	DIESPHEV	GAS	GASHYBRCS	GASPHEV	H2FUELCELL	H2ICE
BEV										
CNG	0,76%			0,76%	0,76%		0,76%	0,76%	0,76%	0,76%
DIES	63,10%	63,10%		63,10%	63,10%		63,10%	63,10%	63,10%	63,10%
DIESHYBRCS	4,34%				4,34%		4,34%	4,34%	4,34%	4,34%
DIESPHEV	6,21%							6,21%	6,21%	6,21%
GAS	10,63%	10,63%	10,63%	10,63%	10,63%		10,63%	10,63%	10,63%	10,63%
GASHYBRCS	5,78%				5,78%			5,78%	5,78%	5,78%
GASPHEV	7,37%								7,37%	7,37%
H2FUELCELL										
H2ICE										
LPG	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%
TOTAAL	98,51%	74,04%	10,94%	74,80%	84,92%	0,31%	79,14%	91,13%	98,51%	98,51%

Er zijn twee elementen die het synthetiseren van de modelresultaten compliceren:

- De onzekerheid met betrekking tot de toekomstige kostenevoluties, waardoor we twee PROLIBIC scenario's hebben beschouwd. De rangschikking volgens kosteneffectiviteit is zeer gevoelig voor de verwachte evolutie van de kosten: de twee PROLIBIC scenario's geven een verschillend beeld. In het "lage" scenario, bijvoorbeeld, scoren plug-in hybride voertuigen significant beter dan voertuigen op basis van waterstof. In het "hoge" scenario scoren voertuigen op basis van waterstof dan weer beter. Alleen de relatieve plaats van volledig elektrische voertuigen blijft ongeveer dezelfde.
- Sommige oplossingen die goed scoren qua impact op "scope 1" en "scope 2" emissies scoren slecht tot zeer slecht indien ook rekening wordt gehouden met alle indirecte emissies (vooral waterstof) – dit hangt echter af van, bijvoorbeeld, de wijze waarop deze brandstoffen worden geproduceerd. Indien de fuel mix voor elektriciteitsproductie duurzamer wordt, kunnen de indirecte emissies van elektrische voertuigen en van voertuigen op basis van waterstof wel dalen.

5.5. LOKALE ENERGIEPRODUCTIE

De CO₂-uitstoot van bestaande centrales en WKK's (in samenwerking met de elektriciteitssector) kan gereduceerd worden door omschakeling naar biomassa.

De Stad kan er ook voor opteren om op eigen grondgebied te investeren in duurzame energievoorzieningen (wind, PV, hydroenergie, geothermie). Een uitbreiding van het lokale productiepark, dat bij voorkeur CO₂-neutraal is, draagt bij tot de transitie naar een energieneutrale en CO₂-neutrale stad.

5.5.1. CENTRALE PRODUCTIE ELEKTRICITEIT EN WARMTE

We verwijzen naar Tabel 19 voor een overzicht van de betreffende centrales en WKK's.

WKK Taminco is een WKK-turbine op aardgas die kan vervangen worden door een WKK-turbine op biomassa. We gaan uit van een capaciteit van 6,3 MWe. Voor de parameters en eenheidskosten van de referentie-installatie en de maatregel verwijzen we, respectievelijk, naar bijlage B en Tabel 55. Door inzet van **WKK op biomassa** kan een CO₂ reductie van 40 kton gerealiseerd worden ten opzichte van WKK op aardgas. De totale meerkost bedraagt 6 M€ per jaar, i.e. verschil in jaarlijkse investeringskosten en netto operationele kosten ten opzichte van WKK op aardgas. Het verbruik aan vaste biomassa bedraagt ca. 0,6 PJ. De kost per eenheid CO₂-reductie bedraagt ca. 143 € per ton CO₂.

De STEG-centrales op aardgas die ingezet worden voor centrale elektriciteitsproductie, i.e. SPE Gent Ham en SPE Gent Ringvaart, kunnen vervangen worden door biomassacentrales. We gaan uit van een capaciteit van ca. 409 MWe. Voor de parameters en eenheidskosten van de referentie-installatie (STEG) en de biomassacentrale verwijzen we naar volgende tabel. Met uitzondering van de rendementen, zijn de kengetallen gebaseerd op de studie "Onrendabele toppen voor duurzame elektriciteitsopties" (Moorkens et al., november 2010). De rendementen zijn gebaseerd op berekeningen door VITO met het technisch-economisch energiemodel Markal-TIMES.

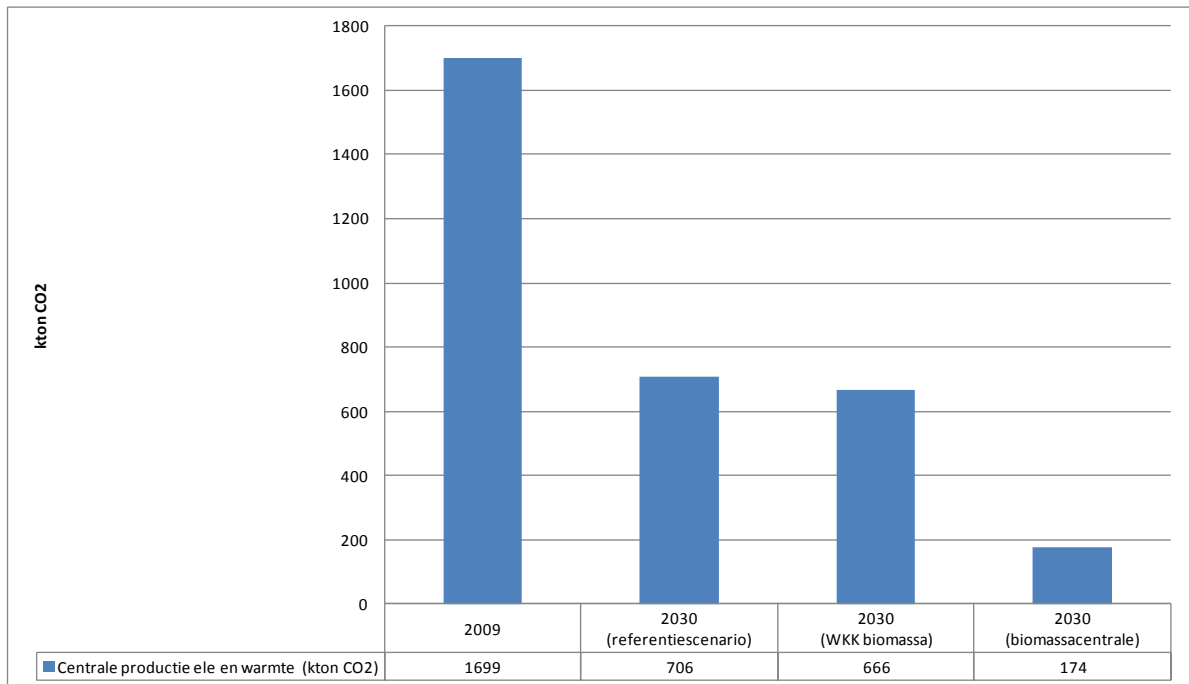
Tabel 55: Parameters en eenheidskosten biomassacentrale en STEG (10 MWe)

Technologie	Biomassacentrale	STEG	Eenheid
Installatiegrootte	9.800	10.000	kWe
Investeringskosten	3.750	1.331	€ per kWe
Vaste O&M kosten	296		€ per kWe
Variabele onderhoudskosten	-	0,015	€ per kWhe
Levensduur	15	15	jaar
Elektrisch rendement	36%	61%	

Bron: Moorkens et al. (november 2010); VITO

Door inzet van **biomassacentrales** kan een CO₂-reductie van 532 kton gerealiseerd worden ten opzichte van de STEGs. De totale meerkost bedraagt 261 M€ per jaar, i.e. verschil in jaarlijkse investeringskosten en netto operationele kosten ten opzichte van de STEGs. Het verbruik aan vaste biomassa bedraagt ca. 16 PJ. De kost per eenheid CO₂-reductie bedraagt ca. 490 € per ton CO₂.

In volgende figuur geven we grafisch weer wat de impact is op de totale CO₂-uitstoot van elk van voornoemde maatregelen. De impact van de bio-WKK en biomassacentrale wordt afzonderlijk weergegeven, maar is in principe cumuleerbaar.



Figuur 40: Impact CO₂-emissies centrale productie elektriciteit en warmte na vergroening brandstofmix

5.5.2. HYDROENERGIE

We stellen geen bijkomende maatregelen met betrekking tot **hydro-energie** voor aangezien het potentieel beperkt is in Gent.

5.5.3. WINDENERGIE

Door het Havenbedrijf wordt aangegeven dat er binnen de Gentse Kanaalzone een potentieel is van 90 windturbines van 2 à 3 MWe, waarvan er 16 turbines operationeel zijn:

- 11 windmolens ten noorden en ten zuiden van het Kluizendok;
- 3 windmolens op de terreinen van Volvo Cars;
- 2 windmolens nabij de elektriciteitscentrale van Rodenhuize.

In de studie "Opmaak van een hernieuwbare energiescan voor het grondgebied Gent" (excl. Gentse Kanaalzone) (Devoldere, 2011), wordt aangegeven dat er nog een bijkomend potentieel is aan grootschalige windenergie van 88 à 100 MWe zodat de totale jaarlijkse stroomproductie ca. 156.800 à 176.000 MWh bedraagt.

We gaan uit van een bijkomende capaciteit van $74 \times 2,5 \text{ MWe} = 185 \text{ MWe}$ en 94 MWe (=gemiddelde van minimum en maximum vermogen) en 1.600 vollasturen (Devoldere, 2011)⁷. De aanname over het aantal vollasturen is gebaseerd op de hernieuwbare energiescan die in opdracht van de Stad Gent werd uitgevoerd. Door Electrabel werd aangegeven dat

Tabel 56: Overzicht geïnstalleerde en bijkomende capaciteit en inschatting stroomproductie op basis van 1.600 vollasturen per jaar

	geïnstalleerd vermogen (MW)	huidige productie (MWh)	bijkomend vermogen (MW)	bijkomende productie (MWh)
Gentse Kanaalzone	32	51.440	185	296.000
excl. Gentse Kanaalzone	10	16.000	94	150.400

De totale stroomproductie door **grootschalige windenergie** (bestaande en bijkomende capaciteit) bedraagt ca. 514 GWh (of 1,8 PJ). De bijkomende productie bedraagt ca. 1,6 PJ of ca. 9% van de lokale netto-elektriciteitsproductie in 2009 volgens de CO₂-inventaris (Van Hyfte, 2012). In totaal ca. 321 MWe of 9% van het potentieel aan windenergie in Vlaanderen in 2020 (Infrac, 2011). In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de kostprijs van een grootschalige windturbine.

Tabel 57: Parameters voor grootschalige windturbines (2 MWe)

	Waarde	Eenheid
Installatiegrootte	2000	kWe
Investeringskosten	891	€ per kWe
Vaste O&M kosten	19	€ per kWe
Levensduur	20	jaar

Bron: VITO

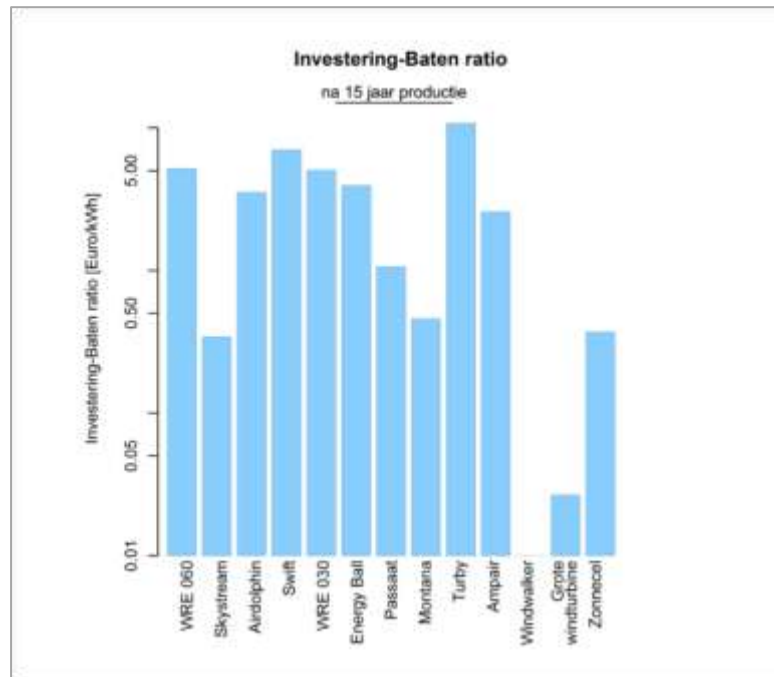
Uitgaande van een emissiefactor van 87,97 kton CO₂ per PJ, wordt een CO₂-reductie van 163 kton gerealiseerd tegen een totale jaarlijkse kost van 18 M€. Indien we veronderstellen dat de bijkomende capaciteit ingevuld wordt met windturbines van 2MWe, moet er geïnvesteerd worden in ca. 140 turbines. De kost per eenheid CO₂-reductie bedraagt ca. 115 € per ton CO₂.

Naast de grootschalige windturbines bestaan er ook **mirco windturbines** of windmolens die speciaal ontworpen zijn voor plaatsing op een dak of in de tuin. Echter, de markt van kleinschalige windturbines staat in België nog in zijn kinderschoenen en de gemeentes zijn erg terughoudend in het verlenen van een stedenbouwkundige vergunning. Bovendien tonen grootschalige projecten zoals "Wind energy integration in the Urban Environment – Wineur" (Intelligent Energy Europe) (<http://www.urbanwind.net/wineur.html>), en kleinschalige testprojecten zoals in Nederland

⁷ De aanname over het aantal vollasturen is gebaseerd op de hernieuwbare energiescan die in opdracht van de stad Gent werd uitgevoerd. Door Electrabel (F. Meuleman) wordt aangegeven dat zij 5 windturbines in de Kanaalzone hebben van ca. 2 MW en ca. 2.400 – 2.500 eq. vollasturen per jaar. Jaarlijks brengen deze turbines 4,8 GWh per turbine op. Indien we voor de windturbines in de Kanaalzone zouden uitgaan van 2.400 vollasturen, neemt de productie toe met 34%; indien we ook voor de windturbines buiten Kanaalzone zouden uitgaan van 2.400 vollasturen, neemt de productie toe met 50%.

(http://provincie.zeeland.nl/milieu_natuur/windenergie/) en Groot-Brittannië (<http://www.warwickwindtrials.org.uk/>), aan dat de opbrengst van de kleine windturbines niet opweegt tegen deze van grote windturbines of PV en dat kleine windturbines niet altijd financieel rendabel zijn.

We illustreren dit aan de hand van de resultaten van het testproject in Schoondijke (Provincie Zeeland, Nederland). Gedurende een jaar (april 2008 tot april 2009) werd op een testveld de windsnelheid en de energieopbrengst van elf kleine windturbines gemeten.



Figuur 41: Investerings-baten ratio (na 15 jaar productie) van verschillende types kleine windturbines ten opzichte van grote windturbines en PV (in € per kWh)

Bron: Mertens (2009)

In het evaluatierapport (Mertens, 2009) wordt aangegeven dat, ondanks de lage windsnelheid (3,8 m per seconde) tijdens het testjaar en ondanks de jonge markt, de betere kleine windturbines vergelijkbare investerings-baten ratio's hebben als zonnepanelen. Een certificering van kleine windturbines kan dan ook bijdragen tot een kwaliteitsverbetering en, in combinatie met een ondersteunende subsidie, de markt vergroten.

Ondertussen is de Universiteit van Gent gestart met onderzoek naar kleine windturbines vanuit het perspectief dat technologische verbeteringen kunnen bijdragen tot de ontwikkeling van de markt en de verbetering van de financiële rendabiliteit (De Kooning et al., 2011). De Power-Link PowerMonitor (<http://tools.power-link.be/monitoring/>) meet, logt en toont de elektrische opbrengsten van het demonstratiepark voor decentrale energietechnieken op het Greenbridge wetenschapspark (wind, PV, micro-WKK). Daarnaast worden ook de lokale meteorologische parameters zoals windsnelheid, windrichting, temperatuur, zonlicht, etc. opgemeten en gevisualiseerd.

In volgende tabel wordt een overzicht gegeven van de kostprijs van kleinschalige windturbines uitgaande van gemiddelde turbine testveld in Zeeland en meest performante, namelijk Skystream.

Tabel 58: Parameters kleinschalige windturbines (5 kWe)

	Eenheid	Alle	Skystream
Installatiegrootte	kWe	5	5
Investeringskost	€ per kWe	8.978	5.968
Vollasturen	uren per jaar	354	1.172
Vaste O&M kosten	€ per kWe	314	209
Levensduur	jaar	15	15

Bron: Moorkens et al. (november 2010)

We stellen geen bijkomende maatregelen met betrekking tot **kleinschalige windenergie** voor aangezien het potentieel beperkt is in Gent.

5.5.4. FOTOVOLTAÏSCHE PANELEN

In de studie “Opmaak van een hernieuwbare energiescan voor het grondgebied Gent” (excl. Gentse Kanaalzone) (Devoldere, 2011) zijn twee scenario’s gedefinieerd die het dakgebonden potentieel van fotovoltaïsche panelen beschrijven. Het scenario “maximaal PV” wijst het potentieel enkel toe aan PV. Het scenario “gemengd systeem” wijst een deel van het dakoppervlak (van residentiële en tertiaire gebouwen) toe aan zonthermische systemen, aangevuld met PV. Daarnaast wordt er ook een onderscheid gemaakt tussen optimaal georiënteerde en niet optimaal georiënteerde PV.

In het scenario “maximaal PV” wordt het piekvermogen aan optimaal georiënteerde PV geschat op ca. 335.036 kWp. De jaarlijkse stroomproductie bedraagt ca. 302 GWh. Niet optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen kunnen bijkomend ca. 99 GWh per jaar aan groene stroom leveren (145.113 kWp). In totaal ca. 480.000 kWp of ca. 17% van het potentieel aan PV in Vlaanderen in 2020 (Infrax, 2011).

In het scenario “gemengd systeem” wordt het potentieel aan PV ingeschat op ca. 443.725 kWp of ca. 15% van het potentieel aan PV in Vlaanderen in 2020 (Infrax, 2011). Dit komt overeen met een stroomproductie van 352 GWh per jaar of een reductie met 12% ten opzichte van het scenario “maximaal PV” (optimaal en niet-optimaal georiënteerde PV)

In volgende tabel worden de scenario's met elkaar vergeleken op basis van het geïnstalleerd vermogen en de stroomproductie (in MWh en GJ per jaar)

Tabel 59: Vergelijking maximaal PV scenario en gemengd systeem naar vermogen en productie

	Maximaal PV scenario		Gemengd systeem	
<u>Vermogen</u>				
optimaal georiënteerd	335.036	kWp	296.768	kWp
niet-optimaal georiënteerd	145.113	kWp	146.956	kWp
Totaal	480.149	kWp	443.724	kWp
<u>Productie in MWh</u>				
optimaal georiënteerd	301.780	MWh per jaar	252.253	MWh per jaar
niet-optimaal georiënteerd	98.677	MWh per jaar	99.930	MWh per jaar
Totaal	400.457		352.183	
<u>Productie in GJ</u>				
optimaal georiënteerd	1.086.409	GJ per jaar	908.111	GJ per jaar
niet-optimaal georiënteerd	355.237	GJ per jaar	359.747	GJ per jaar
Totaal	1.441.646		1.267.859	

Bron: Devoldere (2011)

We gaan uit van het potentieel aan optimaal georiënteerde PV volgens het scenario "gemengd systeem" of ca. 0,9 PJ groene stroomproductie per jaar. In volgende tabel maken we voor het geïnstalleerd vermogen (kWp) en de jaarlijkse stroomproductie per jaar (GJ per jaar) een onderscheid tussen de verschillende sectoren.

Tabel 60: Potentieel optimaal georiënteerd PV (gemengd systeem) per sector

	kWp	GJ per jaar
huishoudens	136.343	417.211
industrie	73.932	226.232
landbouw	9.062	27.730
tertiair	77.431	236.939
Totaal	296.768	908.111

Op basis van: Devoldere (2011)

De kengetallen voor PV zijn gebaseerd op berekeningen die door VITO werden uitgevoerd met het technisch-economisch energiemodel Markal-TIMES.

Tabel 61: Parameters voor PV

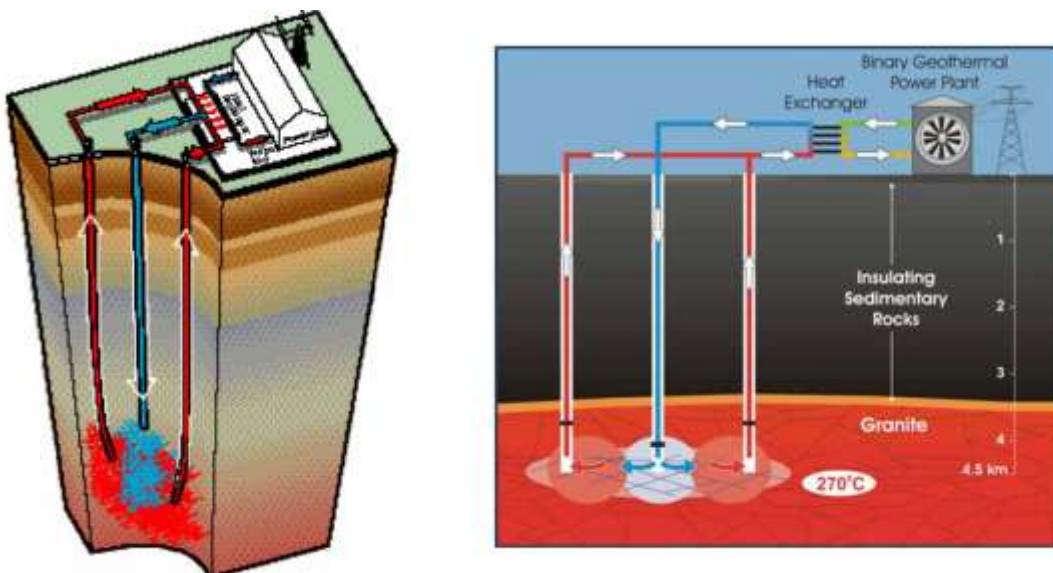
	Waarde	Eenheid
Investeringskosten	1.000	€ per kWp
Vaste operationele kosten	10	€ per kWp
Vollasturen	850	Uren per jaar
Levensduur	25	jaar

Bron: VITO

Uitgaande van een emissiefactor van 87,97 kton CO₂ per PJ, wordt een CO₂-reductie van 80 kton gerealiseerd tegen een totale jaarlijkse kost van 19 M€. De kost per eenheid CO₂-reductie bedraagt ca. 240 € per ton CO₂.

5.5.5. GEOTHERMIE

In Vlaanderen is enkel de Kempen (Antwerpen, Limburg) geschikt voor hydrothermale systemen. Voor opwekking van elektriciteit biedt Hot-dry-rock of EGS (enhanced geothermal systems) een alternatief. Dit is een systeem waarbij met hydraulische stimulatiemaatregelen spleten en kloven worden gemaakt in een gesteente dat hoge temperaturen bevat, maar dat te weinig poreus is om water uit te halen (Dreesen et al., 2010).



Figuur 42: Principe van Hot-dry-rock heat mining system

Bron : Dreesen et al. (2010)

We stellen voor 2030 een beperkte implementatie voor, gegeven dat niet elke km² geschikt zal zijn voor boringen (grondgebied Gent ca. 154 km², excl. binnenstad) maar ook het feit dat deze technologie nog in volle ontwikkeling is en nog geen toepassing in België aanwezig is. Bovendien geraakt de ondergrond ook “uitgeput” en moet ongeveer een even lange herstelperiode in acht genomen worden als de duur van de productieperiode voor een praktisch herstel van 95%: bijvoorbeeld een herstelperiode van 25 jaar voor 25 jaar gebruik (Dreesen et al., 2010). In samenspraak met de opdrachtgever, gaan we **voor 2030 uit van 20 MWe of 2 systemen, met als doel centrale elektriciteitsopwekking**. Uitgaande van 8.000 vollasturen is een netto-elektriciteitsproductie van 0,52 PJ in 2030 mogelijk.

De kengetallen voor Hot-dry-rock zijn gebaseerd op berekeningen die door VITO werden uitgevoerd met het technisch-economisch energiemodel Markal-TIMES.

Tabel 62: Parameters enhanced geothermal systems (11 MWe)

Parameter	Waarde	Eenheid
Diepte	> 5000	m
Gemiddeld	6000	m
Aantal boringen	3	
Netto elektr. eff.	37,5	%
Vermogen thermisch	29	MWth
Vermogen elektrisch	11	MWe
Investeringskost	5.742	€ per kWe
Vaste operationele kosten	175	€ per kWe
Levensduur	25	Jaar

Bron: VITO

Uitgaande van een emissiefactor van 87,97 kton CO₂ per PJ, wordt een CO₂-reductie van 46 kton gerealiseerd tegen een totale jaarlijkse kost van 7 M€. De kost per eenheid CO₂-reductie bedraagt ca. 149 € per ton CO₂.

5.5.6. MAXIMALE NETTO-ELEKTRICITEITSPRODUCTIE EN ELEKTRICITEITSVERBRUIK

Op basis van de aannames die in voorgaande paragrafen gemaakt werden, schatten we de lokale **(netto) elektriciteitsproductie** door lokale centrales (WKK), PV, wind en geothermie op **(maximaal) ca. 17,5 PJ** in 2030.

Tabel 63: Elektriciteitsproductie in 2030 op basis van (in PJ)

Installatie	PJ
Centrales & WKK in samenwerking met elektriciteitsproducent	14,2
PV	0,9
wind	1,8
IVAGO (cf. paragraaf 4.6)	0,1
Geothermie	0,52
TOTAAL	17,5

In het slechtste geval neemt het **elektriciteitsverbruik** in 2030 (ná energiebesparende maatregelen) toe met 3,33 PJ ten opzichte van het referentiescenario of in totaal **ca. 16 PJ**. Deze toename in het elektriciteitsverbruik is gekoppeld aan de inzet van WKK op biomassa (industrie), luchtwarmtepompen (huishoudens en tertiair) en elektrische voertuigen (transport).

5.6. AFVALVERBRANDING

In volgende paragrafen wordt een oplisting gegeven van mogelijke maatregelen om de CO₂-uitstoot gerelateerd aan de verbranding van de afval te reduceren.

5.6.1. REDUCTIE AFVAL PER INWONER EN TOTAAL AFVAL

We verwijzen hier naar de doorrekening van het referentiescenario.

5.6.2. ALTERNATIEVE VERWERKING VAN RESTAFVAL

Verbrandingsprocessen voor huishoudelijk restafval en gelijkgesteld bedrijfsafval zijn vandaag in de E.U. "Stand der Techniek". De verbranding vindt meestal plaats in een roosteroven. Alternatieve verwerking betekent dat het restafval niet verwerkt wordt in een klassieke verbrandingsinstallatie. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen organisch-biologische voorbehandelingstechnieken (bv. scheiden-vergisten, biologisch drogen-scheiden) en thermische behandelingstechnieken (bv. pyrolyse, vergassing). In volgende paragrafen worden deze technieken verder toegelicht.

→ Voorbehandelingstechnieken

In Duitsland (bv. Bassum) en Nederland (bv. Groningen; meer informatie: <http://www.attero.nl/nl/bedrijf-organisatie/activiteiten/energie-uit-vergisten/>) wordt gedacht aan, en geopteerd voor een alternatieve verwerking van het grijs afval in zogenaamde scheidings- en vergistingsinstallaties (SVI's).

Niettegenstaande het Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003 – 2007 voorzag in een uitbreiding van het aantal installaties met voorbehandelingstechnieken, is er vandaag slechts 1 installatie operationeel. De mechanisch-biologische scheiding van IOK-IVAREM te Geel trad in 2005 in werking (Dubois et al., december 2011). De installatie draait echter (nog steeds) niet op volle capaciteit (150.000 ton per jaar). Door de aanwezigheid van biologisch materiaal in het restafval kan het materiaal gedroogd worden. Na de droging vindt een mechanische scheiding plaats van het gedroogde materiaal dat daardoor opnieuw kan aangewend worden als grondstof en brandstof. De voorbehandeling verbetert de scheiding en de droging van het afval. Inerten en metalen worden afgescheiden. Biologisch afval en vocht verdwijnen uit het afval. De behandelde restfractie is hoogcalorisch. De aanwezigheid van verontreinigingen zoals PVC beperken echter de toepassing als secundaire brandstof zodat de restfractie elders verbrand wordt.



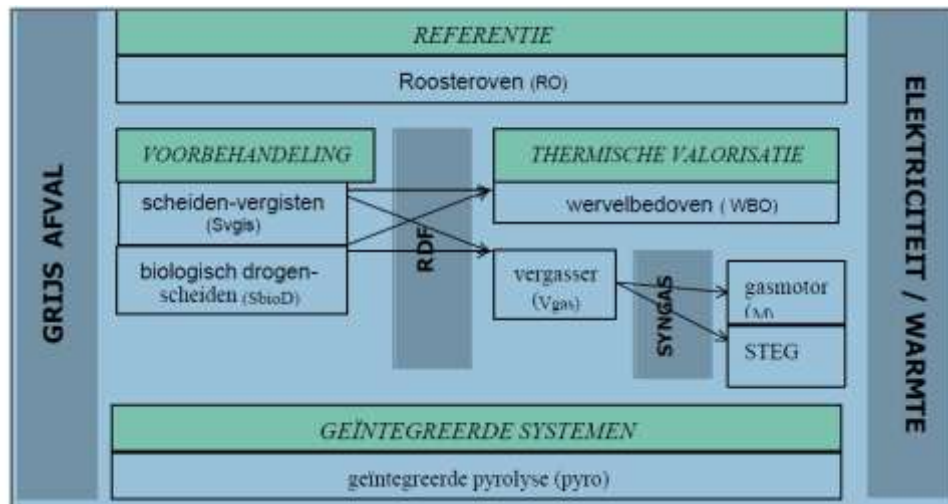
Figuur 43: Schema mechanisch-biologische scheiding IOK-IVAREM (Geel)

Bron: <http://www.vlaamseingenieurskamer.be/site/kpn/iok>

Het grootste knelpunt bij de uitbouw van voorbehandelingsinstallaties in Vlaanderen is de kostprijs (Dubois et al., december 2011). Onzekerheid over de aanvoer van voldoende (bedrijfs)afval om de installatie te laten draaien doet de kostprijs stijgen. Verder wordt de kostprijs ook bepaald door het al dan niet bestaan van afzetmogelijkheden voor de verschillende fracties. Deze afzetmogelijkheden blijken in de praktijk beperkt te zijn (cf. supra). Bovendien lijkt de verhoogde klemtoon op preventie en recyclage een groot deel van de bijkomende capaciteit overbodig te maken.

Door VITO werd in 2001 een aantal alternatieve scenario's voor de verwerking van huishoudelijk afval (HHA) en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval in Vlaanderen met elkaar vergeleken. In deze studie wordt geconcludeerd dat een roosteroven met energierecuperatie (+ katalytische of niet-katalytische DeNO_x), scheiden – drogen en wervelbedoven (verbranding RDF), scheiden – vergisten en wervelbedoven (verbranding RDF) weinig van elkaar verschillen naar milieuperformantie, energie, kostprijs en procesvoering. Geïntegreerde pyrolyse (cf. infra) heeft relatief hoge kostprijs, lage energetische opbrengst en is nog niet bewezen. Vergassing voor thermische verwerking van RDF fractie is onvoldoende technisch bewezen.

Er worden geen voorbehandelingstechnieken meegenomen in onze doorrekening.



Figuur 44: Scenario's verwerking HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval

Bron: Vrancken et al. (2001)

→ Vergassing en pyrolyse

Vergassing en pyrolyse zijn belangrijke industriële processen. Echter, als deze processen worden ingezet voor verwerking van huisvuil, worden laagwaardige producten bekomen die sterk kunnen variëren in kwaliteit en samenstelling. Bovendien gebeurt de opwerking van deze producten op een te kleine schaal om economisch rendabel te zijn (Buekens, 2010).

Bij huisvuilvergassing ontstaat een arm gas, dat theoretisch voor alle mogelijke toepassingen kan worden aangewend, maar praktisch in nagenoeg alle gevallen onmiddellijk wordt verbrand (Buekens, 2010). De meeste vergassingsprocessen van afval komen neer op een tweetrapsverbranding, die aanleiding geeft tot meer investeringen en meestal meer problemen dan de rechtstreekse verbranding. De reiniging van vergassingsproducten wordt bemoeilijkt door de aanwezigheid van teerlevels, die ontstaan wanneer het gas beneden 400°C wordt gekoeld. Een aantal vergassingsprocessen in Japan kunnen beschouwd worden als Stand der Techniek, meer bepaald, het Schachtovenproces van o.m. Nippon Steel en het wervelbedproces van o.m. Ebara. Echter, de vergassingsprocessen voor huisvuil en gelijkgesteld afval zijn nog niet bewezen onder Europese werkingsvoorwaarden.

Bij pyrolyse wordt afval thermisch behandeld in afwezigheid van zuurstof. Een geïntegreerd pyrolysesysteem bestaat uit een pyrolyseoven en een verglazingsoven. Het afval wordt verkoold in de pyrolyse-oven. De metalen en inerten worden afgescheiden. Het restproduct (pyrolysecokes) wordt bij hoge temperatuur vergast. Een gasmotor zet het synthesegas samen met het pyrolysegas om in elektriciteit (Dubois et al., december 2011). Pyrolyseprocessen voor huisvuil en gelijkgesteld afval zijn complexer, duurder, gevaarlijker, en nadeliger voor het milieu dan de directe en tweetrapsverbranding. Hun uitvoerbaarheid blijft globaal nog onbewezen (Buekens, 2010).

Vergassing en pyrolyse worden niet meegenomen in onze doorrekeningen.

5.7. BIOMASSA: LOKALE VRAAG EN AANBOD

In voorgaande paragrafen werden een aantal maatregelen beschreven die de inzet van biomassa vereisen. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van deze maatregelen en de hoeveelheid biomassa (in PJ) vereist is voor verbranding voor de productie van stoom/warmte of voor de productie biogas.

Tabel 64: Vraag naar biomassa indien maatregel voor 100% van zijn ingeschat potentieel wordt ingezet

Maatregel	Beschrijving	PJ
IND2	WKK op vaste biomassa	2,6
IND3	ketel op vaste biomassa	4,3
IND4	inzet van biogas (vergassing houten biomassa)	11,3
ENERGIE1	WKK ism op vaste biomassa	0,6
ENERGIE2	biomassacentrale	16,1
RESID26	Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	4,6
RESID29	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houten biomassa	6,9
RESID30	Pelletketels in open/halfopen bebouwing (~25% wooneenheden in Gent)	1,2
TERT14	Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	2,1
TERT17	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houten biomassa	3,2
TERT18	Pelletketels	2,0

Hierbij moeten we opmerken dat, met uitzondering van de maatregelen in de energiesector en IND3 en IND4, de maatregelen binnen één sector elkaar uitsluiten. De vraag naar biomassa bedraagt max. 37,5 PJ, indien de maatregelen “inzet van biogas” en “biomassacentrale” voor 100% van hun potentieel worden ingezet.

De vraag naar biogas zou ook ingevuld kunnen worden door vergisting van lokale stromen zoals GFT (opwaardering naar biomethaan). In volgende tabel wordt een inschatting gemaakt van het potentieel aan biomethaan dat lokaal kan geproduceerd worden door vergisting van GFT, selectief ingezameld, en groene fractie in restafval van de stadskern. Uitgaande van de lokale stromen in de tabel kan er ca. 0,23 PJ aan biomethaan geproduceerd worden. De vraag naar biogas voor de verschillende sectoren (industrie, tertiaire en residentiële sector) bedraagt ca. 16 PJ. Bijgevolg kan ca. 1,4% van de vraag ingevuld worden door het potentieel dat werd ingeschat.

Tabel 65: Potentieel biogas en biomethaan uitgaande van lokale GFT-stromen

Potentieel lokale stromen		Land van Aalst (40 kton)	GFT compostering (10 kton)	fractie in restafval (4 kton)
biogas	MWh	31.200	7.800	3.120
biogas	PJ	0,11	0,03	0,01
biomethaan	PJ	0,17	0,04	0,02

Op basis van: berekeningen klimaatwerkgroep Afvalwater en GFT

Noot: omzetting van biogas naar biomethaan op basis van verhouding 10 kWh per Nm³ en 6,5 kWh per Nm³.

In Tabel 66 geven we een inschatting van de hoeveelheid bermmaaisel, kuilgras, GFT en kuilmaïs dat er nodig is om aan vraag van 16 PJ biomethaan te voldoen. Ter vergelijking: in Vlaanderen wordt ca. 400 kton bermmaaisel per jaar “geproduceerd” (www.vilt.be).

Tabel 66: Inschatting van hoeveelheid bermmaaisel, kuilgras, GFT en kuilmaïs er nodig is om aan vraag van 16 PJ biomethaan te voldoen

	Residentiële sector	Tertiaire sector	Industrie
PJ	4	5	7
kWh	735.841.787	964.771.533	1.197.511.041
Nm ³	113.206.429	148.426.390	184.232.468
vers bermmaaisel (kton)	1.132	1.484	1.842
bermmaaisel na silo (kton)	1.617	2.120	2.632
kuilgras (kton)	566	742	921
GFT afval (kton)	943	1.237	1.535
kuilmaïs (kton)	596	781	970

Voor de inschatting in bovenstaande tabel werd uitgegaan van de omzettingcoëfficiënten in Tabel 67.

Tabel 67: Hoeveelheid biogas per ton bermmaaisel, kuilgras, GFT en kuilmaïs

via vergisting	Nm ³ per ton
vers bermmaaisel	100
bermmaaisel na silo	70
kuilgras	200
GFT afval	120
kuilmaïs	190

Bron: Wierinck (2011)

Indien we zouden uitgaan van een evenredige verdeling van het wereldpotentieel aan biomassa resources op basis van het aantal inwoners (De Ruyck, 2009) zou dit voor België neerkomen op ca. 300 PJ biomassa (resources). Hierbij veronderstellen we een potentieel aan biomassa resources op wereldschaal van ca. 215.000 PJ (Haberl et al., 2010). We veronderstellen dat de wereldbevolking in 2050 ca. $9.300 \cdot 10^6$ inwoners telt en België ca. $13 \cdot 10^6$ inwoners.

Als we het Belgisch potentieel verder zouden verdelen over de verschillende steden op basis van het aantal inwoners, zou dit voor Gent neerkomen op ca. 7 PJ. We willen opmerken dat dit cijfer vooral indicatief bedoeld is, met name om de hoeveelheid biomassa die Gent nodig heeft om de bijkomende maatregelen voor 100% te implementeren in het juiste perspectief te plaatsen. Een verdeling op basis van aantal inwoners houdt geen rekening met bijvoorbeeld centrale elektriciteitsproductie en staalproductie op het grondgebied Gent.

5.8. OVERZICHT BIJKOMENDE MAATREGELEN MET KOSTEN EN EFFECTEN TEN OPZICHTE VAN REFERENTIESCENARIO

In volgende tabellen wordt, per sector, een overzicht gegeven van de bijkomende maatregelen. Voor elk van de maatregelen wordt achtereenvolgens een overzicht gegeven van de jaarlijkse CO₂-reductie, jaarlijkse besparing in energieverbruik, de jaarlijkse kosten en de kosten per eenheid CO₂-reductie voor het zichtjaar 2030.

Het betreft de bijkomende kosten en bijkomende reductie (toename) van CO₂ of energieverbruik ten opzichte van het referentiescenario.

De resultaten hebben ook enkel betrekking op een bepaalde combinatie en volgorde van maatregelen. Dit wil zeggen dat:

- De effecten van de efficiëntere installaties en vergroening energiemix voor de sector industrie werden berekend uitgaande van het resterend energieverbruik ná inzet van de energiebesparende maatregel IND1.
- De effecten van de efficiëntere en/of hernieuwbare verwarmingssystemen voor de residentiële sector werden berekend uitgaande van het resterend energieverbruik ná inzet van de vraagreducerende maatregelen RESID2, RESID3, RESID 6.
- De effecten van de efficiëntere en/of hernieuwbare verwarmingssystemen voor de tertiaire sector werden berekend uitgaande van het resterend energieverbruik ná inzet van de vraagreducerende maatregelen TERT1, TERT2, TERT3, TERT4, TERT13.

Maatregelen die betrekking hebben op hetzelfde energieverbruik of dezelfde CO₂-emissiebron, zijn onderling niet combineerbaar.

Tabel 68: Overzicht per sector van de jaarlijkse impact, jaarlijkse kosten en kosten per ton CO₂-reductie van de bijkomende maatregelen

Sector	TYPE ACTIES	Effect (kton CO ₂) (scope 1)	Effect (kton CO ₂) (scope 2)	Effect (besparing in PJ) (brandstof)	Effect (besparing in PJ) (elektriciteit)	Jaarlijkse kost (k€ per jaar)	Kosteneffectiviteit (€ per ton CO ₂)
ENERGIE	ENERGIE						
ENERGIE1	WKK in samenwerking met op vaste biomassa t.v.v. WKK-gasturbine	-42	2	0,02	0,02	5751	143
ENERGIE2	Biomassacentrale t.v.v. STEG	-532	0	6,60	0,00	260589	490
ENERGIE3	grootschalige windenergie of een bijkomende groene stroomproductie van 1,6 PJ, uitgaande van potentieel Havengebied en hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemiddelde minimum en maximum scenario)	0	-163	0,00	-1,6	18686	115
ENERGIE4	PV op daken huishoudens of een bijkomende groene stroomproductie van 0,4 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-37	0,00	-0,42	8815	240
ENERGIE5	PV bedrijven of een bijkomende groene stroomproductie van 0,2 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-20	0,00	-0,23	4780	240
ENERGIE6	PV landbouw of een bijkomende groene stroomproductie van 0,03 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-2	0,00	-0,03	586	240
ENERGIE7	PV tertiair of een bijkomende groene stroomproductie van 0,2 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-21	0,00	-0,24	5006	240
ENERGIE8	enhanced geothermal systems	0	-46	-	-0,52	6840	149

Sector	TYPE ACTIES	Effect (kton CO ₂) (scope 1)	Effect (kton CO ₂) (scope 2)	Effect (besparing in PJ) (brandstof)	Effect (besparing in PJ) (elektriciteit)	Jaarlijkse kost (k€ per jaar)	Kosteneffectiviteit (€ per ton CO ₂)
INDUSTRIE	IND						
Energiebesparende maatregelen							
IND1	Energiebesparende maatregelen met negatieve of beperkte kosten, bv. efficiëntere motoren, boilers, WKK, energie monitoringsystemen	-4	-5	-0,12	-0,06	0	0
Efficiëntere installaties & vergroening energiemix							
IND2	50% vraag naar stoom/warm water chemie, voeding en drank en 100% vraag naar stoom/warm water papier en uitgeverijen ingevuld door WKK op biomassa	-145	54	0,09	0,61	40264	442
IND3	50% vraag naar stoom/warm water chemie, voeding en drank en 100% vraag naar stoom/warm water non ferro, minerale niet-metaal, textiel, metaalverwerkende nijverheid en andere ingevuld door ketel op biomassa	-237	0	0,18	0,00	39259	166
IND4	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houten biomassa, geleverd aan bedrijven via bestaande aardgasleiding	-382	0	4,66	0,00	127122	333

Sector	TYPE ACTIES	Effect (kton CO ₂) (scope 1)	Effect (kton CO ₂) (scope 2)	Effect (besparing in PJ) (brandstof)	Effect (besparing in PJ) (elektriciteit)	Jaarlijkse kost (k€ per jaar)	Kosteneffectiviteit (€ per ton CO ₂)
Huishoudens	RESID						
Energiebesparende maatregelen							
RESID1	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning <1900: lage energie renovatie	-26	-2	-0,45	-0,02	7655	275
RESID2	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1900-1945: lage energie renovatie	-28	-2	-0,48	-0,02	14680	487
RESID3	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1946-1970: lage energie renovatie	-18	-1	-0,30	-0,01	13547	720
RESID4	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1971-2000: lage energie renovatie	-7	-1	-0,13	-0,01	14479	1839
RESID5	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 2001-2010: lage energie renovatie	-1	0	-0,02	0,00	2590	2207
RESID6	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning <1900: zeer lage energie renovatie	-34	-2	-0,59	-0,03	17121	466
RESID7	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1900-1945: zeer lage energie renovatie	-40	-3	-0,69	-0,03	28695	663
RESID8	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1946-1970: zeer lage energie renovatie	-28	-2	-0,47	-0,02	24887	845
RESID9	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1971-2000: zeer lage energie renovatie	-19	-1	-0,33	-0,02	26891	1324
RESID10	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 2001-2010: zeer lage energie renovatie	-4	0	-0,07	0,00	7279	1648

RESID11	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning <1900: passieve renovatie	-38	-3	-0,66	-0,03	36007	874
RESID12	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1900-1945: passieve renovatie	-47	-3	-0,80	-0,04	56660	1136
RESID13	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1946-1970: passieve renovatie	-32	-2	-0,56	-0,03	47514	1366
RESID14	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1971-2000: passieve renovatie	-25	-2	-0,43	-0,02	49241	1856
RESID15	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 2001-2010: passieve renovatie	-6	0	-0,10	0,00	13110	2170
RESID16	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning <1900: zeer lage energie renovatie	-1	0	-0,02	0,00	3743	2934
RESID17	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1900-1945: zeer lage energie renovatie	-1	0	-0,02	0,00	3995	3172
RESID18	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1946-1970: zeer lage energie renovatie	-6	0	-0,11	0,00	22100	3319
RESID19	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1971-2000: zeer lage energie renovatie	-6	0	-0,09	0,00	21581	3665
RESID20	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 2001-2010: zeer lage energie renovatie	-1	0	-0,02	0,00	9743	6365
RESID21	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning <1900: passieve renovatie	-2	0	-0,03	0,00	6563	3732
RESID22	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1900-1945: passieve renovatie	-2	0	-0,03	0,00	6984	3943

RESID23	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1946-1970: passieve renovatie	-9	-1	-0,15	-0,01	38569	4069
RESID24	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1971-2000: passieve renovatie	-9	-1	-0,15	-0,01	37746	4126
RESID25	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 2001-2010: passieve renovatie	-3	0	-0,05	0,00	16807	5687
Efficiëntere installaties & vergroening energiemix							
RESID26	Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	-228	-16	0,73	0,18	223655	916
RESID27	Plaatsing van luchtwarmtepompen (lucht/water)	-228	94	-3,89	1,07	64676	481
RESID28	Plaatsing van bodemwarmtepompen (bodem/water)	-228	83	-3,89	0,94	96219	661
RESID29	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houten biomassa	-228	-16	3,05	-0,18	115989	475
RESID30	Pelletketels in open/halfopen bebouwing (~25% wooneenheden in Gent)	-60	-4	0,13	-0,05	25736	400
RESID31	Inzet van zonneboilers voor productie warm water	-17	-1	-0,28	-0,01	22338	1265

Sector	TYPE ACTIES	Effect (kton CO2) (scope 1)	Effect (kton CO2) (scope 2)	Effect (besparing in PJ) (brandstof)	Effect (besparing in PJ) (elektriciteit)	Jaarlijkse kost (k€ per jaar)	Kosteneffectiviteit (€ per ton CO ₂)
HANDEL EN DIENSTEN	TERT						
Energiebesparende maatregelen							
TERT1	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector onderwijs	-10	0	-0,18	0,00	5693	556
TERT2	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector kantoren	-40	0	-0,69	0,00	22017	551
TERT3	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector overige	-25	0	-0,44	0,00	14105	558
TERT4	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector welzijn	-6	0	-0,11	0,00	3455	555
TERT5	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - zeer lage energie renovatie in subsector onderwijs	-15	0	-0,26	0,00	10850	738
TERT6	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - zeer lage energie renovatie in subsector kantoren	-57	0	-0,99	0,00	41961	731
TERT7	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - zeer lage energie renovatie in subsector overige	-36	0	-0,63	0,00	26881	740
TERT8	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - zeer lage energie renovatie in subsector welzijn	-9	0	-0,15	0,00	6585	737
TERT9	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Renovatie tot passief gebouw in subsector onderwijs	-17	0	-0,29	0,00	20789	1227
TERT10	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Renovatie tot passief gebouw in subsector kantoren	-66	0	-1,14	0,00	80398	1216

TERT11	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Renovatie tot passief gebouw in subsector overige	-42	0	-0,73	0,00	51504	1231
TERT12	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Renovatie tot passief gebouw in subsector welzijn	-10	0	-0,18	0,00	12617	1225
TERT13	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Plaatsing warmteterugwinning WTW op ventilatie in subsector kantoren	-10	0	-0,18	0,00	-2518	-252
Efficiëntere installaties & vergroening energiemix							
TERT14	Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	-107	0	0,25	0,00	94242	883
TERT15	Plaatsing van luchtwarmtepompen (lucht/water)	-107	50	-1,87	0,57	25547	454
TERT16	Plaatsing van bodemwarmtepompen (bodem/water)	-107	45	-1,87	0,52	35810	584
TERT17	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houtterige biomassa	-107	0	1,32	0,00	54859	514
TERT18	Pelletketels	-107	0	0,14	0,00	39810	373
TERT19	Relighting in bestaande gebouwen	0	-15	0,00	-0,17	-1322	-87

Sector	TYPE ACTIES	Effect (kton CO2) (scope 1)	Effect (kton CO2) (scope 2)	Effect (besparing in PJ) (brandstof)	Effect (besparing in PJ) (elektriciteit)	Jaarlijkse kost (k€ per jaar)	Kosteneffectiviteit (€ per ton CO ₂)
VERKEER EN VERVOER	TPT						
TPT1	Vergemeend gebruik volledig elektrische voertuigen	-243	106	0,00	1,20	48909	357
TPT2	Vergemeend gebruik voertuigen op CNG	-32	0	0,00	0,00	-18000	-563
TPT3	Vergemeend gebruik diesel hybride voertuigen	-38	0	0,00	0,00	27968	736
TPT4	Vergemeend gebruik benzine hybride voertuigen	-44	0	0,00	0,00	22880	520
TPT5	Vergemeend gebruik diesel plug-in hybride voertuigen	-149	60	0,00	0,68	40940	460
TPT6	Vergemeend gebruik benzine plug-in hybride voertuigen	-151	60	0,00	0,68	50869	559
TPT7	Vergemeend gebruik voertuigen op waterstof (brandstofcel)	-243	-10	0,00	-0,11	48829	193
TPT8	Vergemeend gebruik voertuigen op waterstof (verbrandingsmotor)	-243	-10	0,00	-0,11	68563	271
TPT9	Massale modal shift van auto naar fiets op lokale wegen	-71	-3	0,00	0,00	0	0

HOOFDSTUK 6. SCENARIO 2030

In het scenario 2030 beschrijven we, per sector, de maatregelen die binnen de tijdshorizon 2013 - 2030 kunnen ingezet worden in de transitie naar een CO₂-neutrale stad. De focus ligt op de maatregelen die technologisch haalbaar zijn tegen 2030 en waarvan de kosten en het CO₂-reductiepotentieel kan ingeschat worden. Het gegeven dat een maatregel technisch haalbaar is, wil niet zeggen dat de maatregel in deze tijdspanne ook effectief kan geïmplementeerd worden. Niet-technologische hindernissen en afwegingen kunnen de ontwikkeling, verspreiding en implementatie van technologische innovaties doen slagen of falen. Bij de beoordeling van de maatregelen houden we niet alleen rekening met het maximaal technisch potentieel, de rangschikking van de maatregelen in de CO₂-kostencurve maar ook met andere criteria die gebaseerd zijn op de 4 P's "people, planet, prosperity, policy".

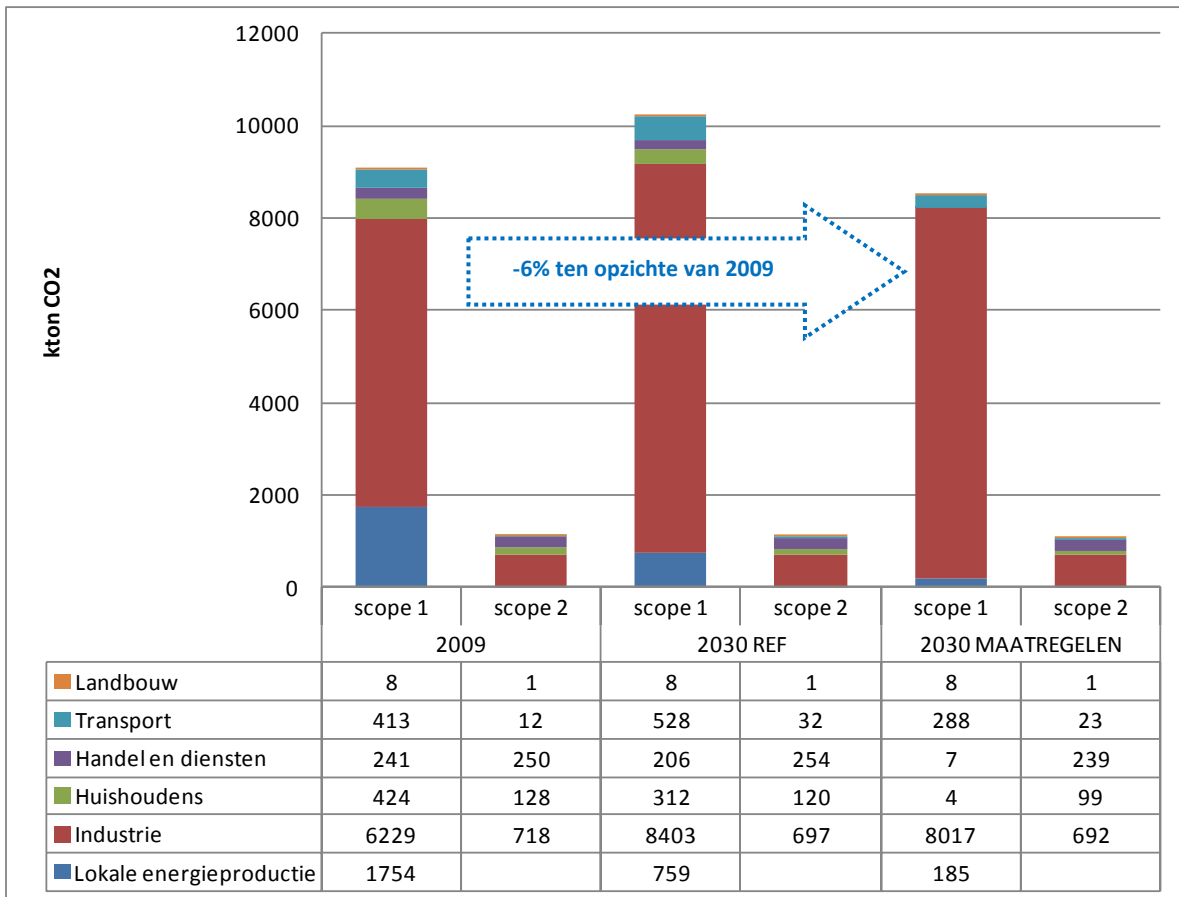
6.1. MAXIMALE CO₂-REDUCTIE

Met de maatregelen die gedefinieerd werden in hoofdstuk 5 kan in 2030 een **maximale CO₂-reductie** gerealiseerd worden van **1.706 kton (scope 1) of ca. -17% ten opzichte van het referentiescenario**. De scope 2 emissies nemen af met 338 kton of ca. 5% ten opzichte van het referentiescenario. Deze reductie vereist een meerkost van ca. 644 M€ per jaar ten opzichte van het referentiescenario in 2030.

Tabel 69: Overzicht maatregelen die werden meegenomen in berekening maximale reductie CO₂

TYPE ACTIES		effect (kton CO ₂) (scope 1)	effect (kton CO ₂) (scope 2)	jaarlijkse kost (k€ per jaar)
ENERGIE1	WKK in samenwerking met op vaste biomassa t.v.v. WKK-gasturbine	-42	2	5751
ENERGIE2	Biomassacentrale t.v.v. STEG	-532	0	260589
ENERGIE3	grootschalige windenergie of een bijkomende groene stroomproductie van 1,6 PJ, uitgaande van potentieel Havengebied en hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemiddelde minimum en maximum scenario)	0	-163	18686
ENERGIE4	PV op daken huishoudens of een bijkomende groene stroomproductie van 0,4 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-37	8815
ENERGIE5	PV bedrijven of een bijkomende groene stroomproductie van 0,2 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-20	4780
ENERGIE6	PV landbouw of een bijkomende groene stroomproductie van 0,03 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-2	586
ENERGIE7	PV tertiair of een bijkomende groene stroomproductie van 0,2 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	0	-21	5006
ENERGIE8	enhanced geothermal systems	0	-46	6840
IND1	Energiebesparende maatregelen met negatieve of beperkte kosten, bv. efficiëntere motoren, boilers, WKK, energie monitoringsystemen	-4	-5	0
IND5	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houtterige biomassa, geleverd aan bedrijven via bestaande aardgasleiding	-382	0	127122
RESID2	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1900-1945: lage energie renovatie	-28	-2	487
RESID3	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning 1946-1970: lage energie renovatie	-18	-1	720
RESID6	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngesinswoning <1900: zeer lage energie renovatie	-34	-2	466
RESID29	Inzet van biogas afkomstig van vergassing houtterige biomassa	-228	-16	115989
TERT1	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector onderwijs	-10	0	556
TERT2	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector kantoren	-40	0	551
TERT3	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector overige	-25	0	558
TERT4	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector welzijn	-6	0	555
TERT13	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Plaatsing warmteterugwinning WTW op ventilatie in subsector kantoren	-10	0	-252
TERT18	Pelletketels	-107	0	39810
TERT19	Relighting in bestaande gebouwen	0	-15	-1322
TPT7	Veralgemeend gebruik voertuigen op waterstof (brandstofcel)	-240	-9	48057

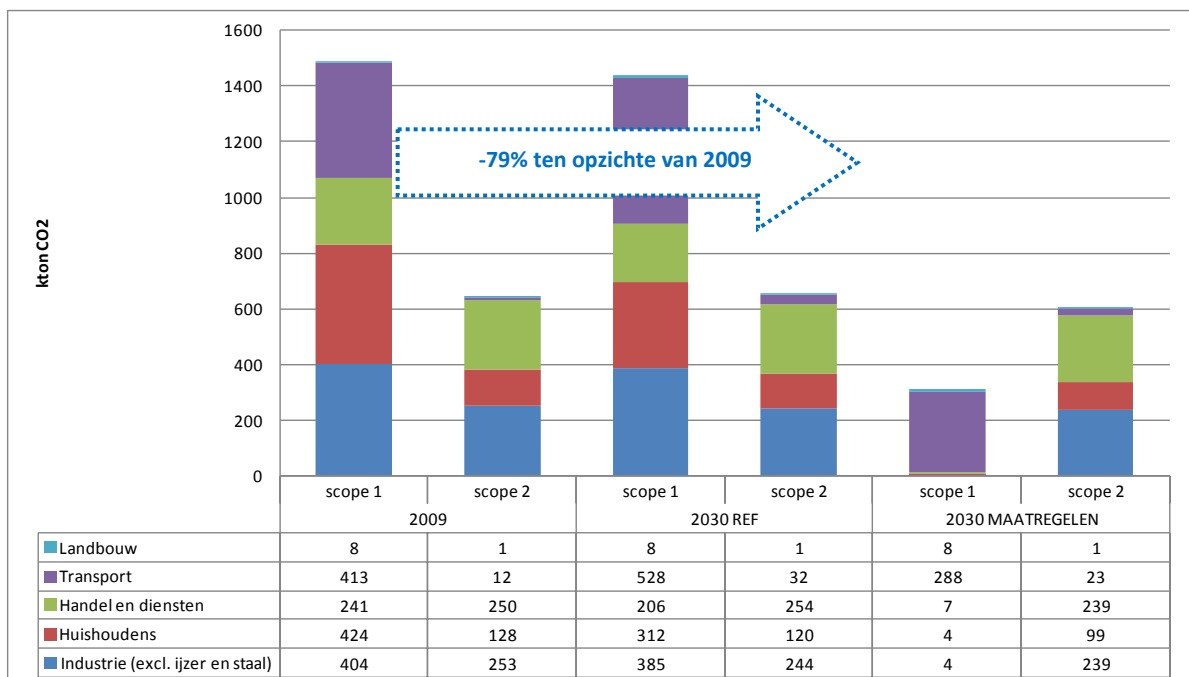
Ten opzichte van 2009 kunnen de scope 1 emissies met maximaal 6% gereduceerd worden. De belangrijkste emissiereducties worden gerealiseerd door de lokale energieproductie, residentiële en tertiaire sector, resp. 89%, 99% en 97% ten opzichte van 2009 (scope 1). Desondanks de inzet van bijkomende maatregelen nemen de emissies van industrie toe met ca. 29% ten opzichte van 2009. Deze toename kan grotendeels verklaard worden door de emissies van de ijzer & staal sector die we ongewijzigd veronderstellen vanaf 2010. De emissies van de transportsector (scope 1) dalen met ca. 29% ten opzichte van 2009.



Figuur 45: CO₂-emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen met maximaal CO₂-reductiepotentieel

Indien we de lokale energieproductie en ijzer & staal niet meenemen in de analyse dan ziet het plaatje er anders uit. De maximale reductie die gerealiseerd wordt, is **1.128 kton (scope 1) of ca. 78% ten opzichte van het referentiescenario**. De scope 2 emissies nemen af met 52 kton of ca. 8% ten opzichte van het referentiescenario. Deze reductie vereist een meerkost van ca. 333 M€ per jaar ten opzichte van het referentiescenario in 2030.

Ten opzichte van 2009 kunnen de scope 1 emissies met maximaal 79% gereduceerd worden. De belangrijkste emissiereducties worden gerealiseerd door de sector industrie, de residentiële sector en de tertiaire sector, resp. 99%, 99% en 97% ten opzichte van 2009 (scope 1). De conclusies voor de transportsector blijven dezelfde: de emissies (scope 1) van de transportsector dalen met ca. 29% ten opzichte van 2009. **Als we enkel “ijzer& staal” buiten beschouwing laten, kan een reductie van 85% gerealiseerd worden ten opzichte van 2009.**



Figuur 46: CO₂-emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen met maximaal CO₂-reductiepotentieel - excl. lokale energieproductie en ijzer&staal

Deze grafiek geeft eveneens een indicatie van het CO₂-reductiepotentieel voor de emissiebronnen die niet vallen onder het systeem van verhandelbare emissierechten (ETS). Door gebrek aan informatie over de verdeling ETS versus niet-ETS binnen de sector industrie in 2030, hebben we niet alle ETS-bedrijven kunnen afzonderen. Echter, dit is verwaarloosbaar aangezien de subsector “ijzer en staal” veruit het grootste aandeel in de totale CO₂-uitstoot van de industrie vertegenwoordigt, zowel in 2009 als 2030.

6.2. CO₂-KOSTENCURVE

6.2.1. WAT IS X EN WAT IS Y?

Een CO₂-kostencurve geeft grafisch weer tegen welke kost een bijkomende reductie van CO₂ kan gerealiseerd worden. Naarmate de reductie stijgt, nemen kosten toe omdat steeds duurdere maatregelen moeten ingezet worden om bijkomende reductie van CO₂-emissies te realiseren.

In de **X-as van de kostencurve** wordt voor elke maatregel (of pakket van maatregelen) aangegeven hoeveel CO₂ er bijkomend gereduceerd wordt ten opzichte van de CO₂-uitstoot in 2030, volgens het referentiescenario.

In de **Y-as van de kostencurve** wordt voor elke maatregel (of pakket van maatregelen) de bijkomende kost per eenheid emissiereductie aangegeven. Het betreft hier de meerkost ten opzichte van het referentiescenario in 2030.

Een voorbeeld ter illustratie: ketel op vaste biomassa – sector industrie

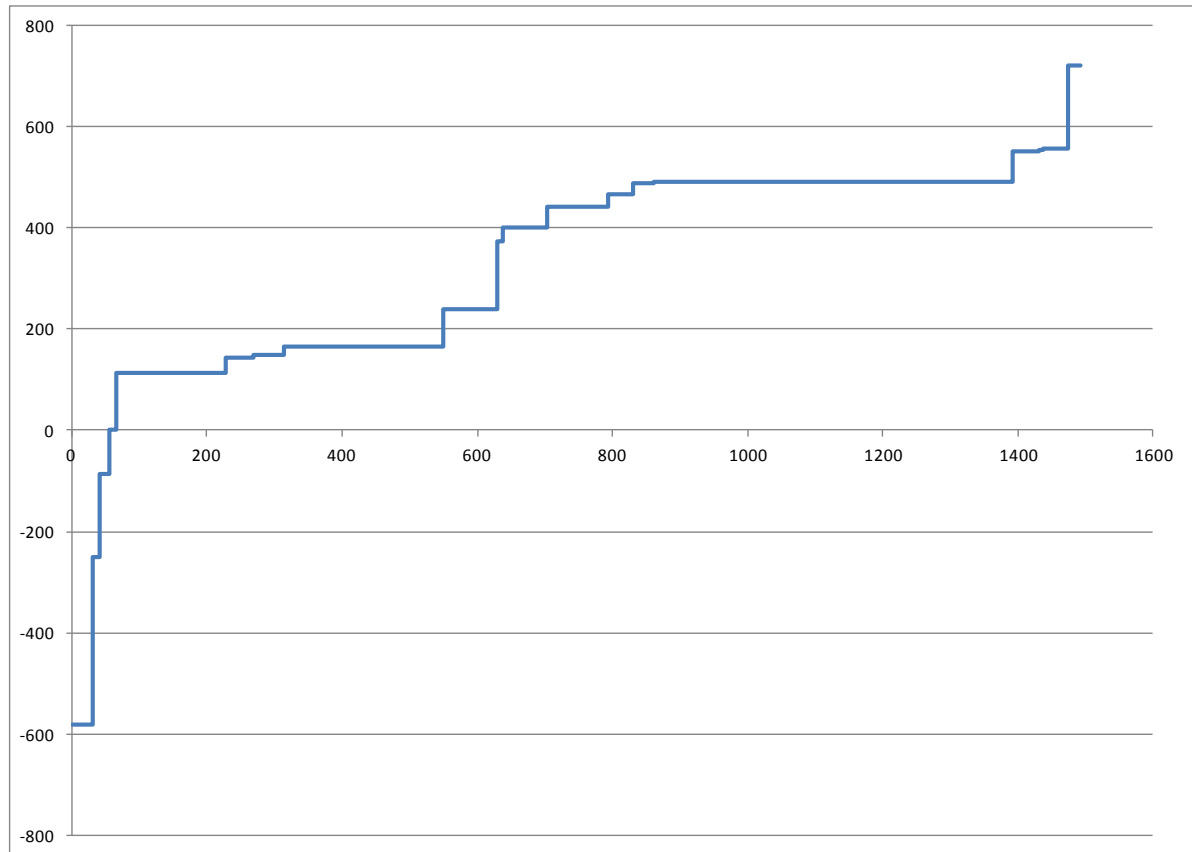
Voor de maatregel “ketels op vaste biomassa” in de sector industrie wordt de kost van de maatregel berekend als de “meerkost” ten opzichte van een ketel op aardgas omdat we verondersteld hebben dat in 2030, in het referentiescenario, de (meerheid) van de warmtevraag wordt ingevuld door ketels op aardgas. Deze “meerkost” omvat zowel het verschil in investeringskosten, jaarlijkse operationele kosten, als ook het verschil in brandstofkosten. Er wordt hierbij rekening gehouden met projecties van brandstofprijzen voor 2030. De bijkomende emissiereductie wordt berekend als het verschil in CO₂-emissies indien de warmtevraag wordt ingevuld door ketels op vaste biomassa versus ketels op aardgas.

We verwijzen naar paragraaf 3.3 voor een gedetailleerde beschrijving van de methodologie die we hanteren om de jaarlijkse kosten en jaarlijkse CO₂-reductie van een pakket van maatregelen in te schatten.

In de CO₂-kostencurve voor de stad Gent gaan we uit van de maatregelen die beschreven werden in hoofdstuk 5 en waarvoor effecten en kosten konden ingeschat worden. Het betreft maatregelen die primair gericht zijn op de reductie van CO₂ zodat we de kosten van de maatregelen ook volledig kunnen toewijzen aan de reductie van CO₂.

6.2.2. CO₂-KOSTENCURVE VOOR 2030

In onderstaande figuur worden de maatregelen gerangschikt volgens kost per eenheid CO₂-reductie.



Figuur 47: CO₂-kostencurve (x-as= kton CO₂-reductie per jaar i.e. scope 1 & 2; Y-as= € per ton CO₂-reductie)

In Tabel 70 worden de maatregelen uit de CO₂-kostencurve achtereenvolgens omschreven en wordt voor elke maatregel een inschatting gegeven van de CO₂-reductie in kton (scope 1&2) ten opzichte van het referentiescenario in 2030 en de kost per eenheid CO₂-reductie. Indien maatregelen niet combineerbaar zijn, wordt de meest kosteneffectieve maatregel opgenomen in de curve.

De opmaak van de CO₂-kostencurve werd verwerkt in een tool in Excel. De excelbestand geeft een overzicht van de stappen die achtereenvolgens doorlopen werden om tot de curve te komen. Tevens biedt de tool de mogelijkheid om voor een selectie van maatregelen de impact op de CO₂-uitstoot en kost (ten opzichte van het referentiescenario 2030) te evalueren.

Tabel 70: Overzicht CO₂-reductie per jaar en kost per ton CO₂-reductie voor bijkomende maatregelen in CO₂-kostencurve

Sector	Maatregel	kton CO ₂ per jaar (scope 1&2)	€ per ton CO ₂
TPT2	Veralgemeend gebruik voertuigen op CNG	31	-581
TERT13	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Plaatsing warmteterugwinning WTW op ventilatie in subsector kantoren	10	-252
TERT19	Relighting in bestaande gebouwen	15	-87
IND1	Energiebesparende maatregelen met negatieve of beperkte kosten, bv. efficiëntere motoren, boilers, WKK, energie monitoringsystemen	9	0
ENE3	grootschalige windenergie of een bijkomende groene stroomproductie van 1,6 PJ, uitgaande van potentieel Havengebied en hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemiddelde minimum en maximum scenario)	163	115
ENE1	WKK in samenwerking met op vaste biomassa t.v.v. WKK-gasturbine	40	143
ENE8	enhanced geothermal systems	46	149
IND3	50% vraag naar stoom/warm water chemie, voeding en drank en 100% vraag naar stoom/warm water non ferro, minerale niet-metaal, textiel, metaalverwerkende nijverheid en andere ingevuld door ketel op biomassa	237	166
ENE4	PV op daken huishoudens of een bijkomende groene stroomproductie van 0,4 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	37	240
ENE5	PV bedrijven of een bijkomende groene stroomproductie van 0,2 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	20	240
ENE6	PV landbouw of een bijkomende groene stroomproductie van 0,03 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	2	240
ENE7	PV tertiair of een bijkomende groene stroomproductie van 0,2 PJ; uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV)	21	240
TERT18	Pelletketels	8	373
RESID30	Pelletketels in open/halfopen bebouwing (~25% wooneenheden in Gent)	64	400
IND2	50% vraag naar stoom/warm water chemie, voeding en drank en 100% vraag naar stoom/warm water papier en uitgeverijen ingevuld door WKK op biomassa	91	442
RESID6	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning <1900: zeer lage energie renovatie	37	466
RESID2	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1900-1945: lage energie renovatie	30	487
ENE2	Biomassacentrale t.v.v. STEG	532	490
TERT2	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector kantoren	40	551
TERT4	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector welzijn	6	555
TERT1	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector onderwijs	10	556
TERT3	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - lage energie renovatie in subsector overige	25	558
RESID3	Maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande woningen - Eéngzinswoning 1946-1970: lage energie renovatie	19	720

Er zijn vier maatregelen met een kost per eenheid CO₂-reductie ≤ 0 : veralgemeend gebruik voertuigen op CNG, maatregel ter reductie van de warmtevraag in bestaande gebouwen - Plaatsing warmteterugwinning WTW op ventilatie in subsector kantoren, relighting gebouwen van de tertiaire sector, in bestaande energiebesparende maatregelen met negatieve of beperkte kosten in de industrie (bv. efficiëntere motoren, boilers, WKK, energie monitoringsystemen). De andere maatregelen hebben een kost per eenheid CO₂-reductie die groter is dan 100 € per ton CO₂. De eerstvolgende maatregel met een kost per eenheid CO₂-reductie > 0 € per ton CO₂ is de inzet van grootschalige windturbines.

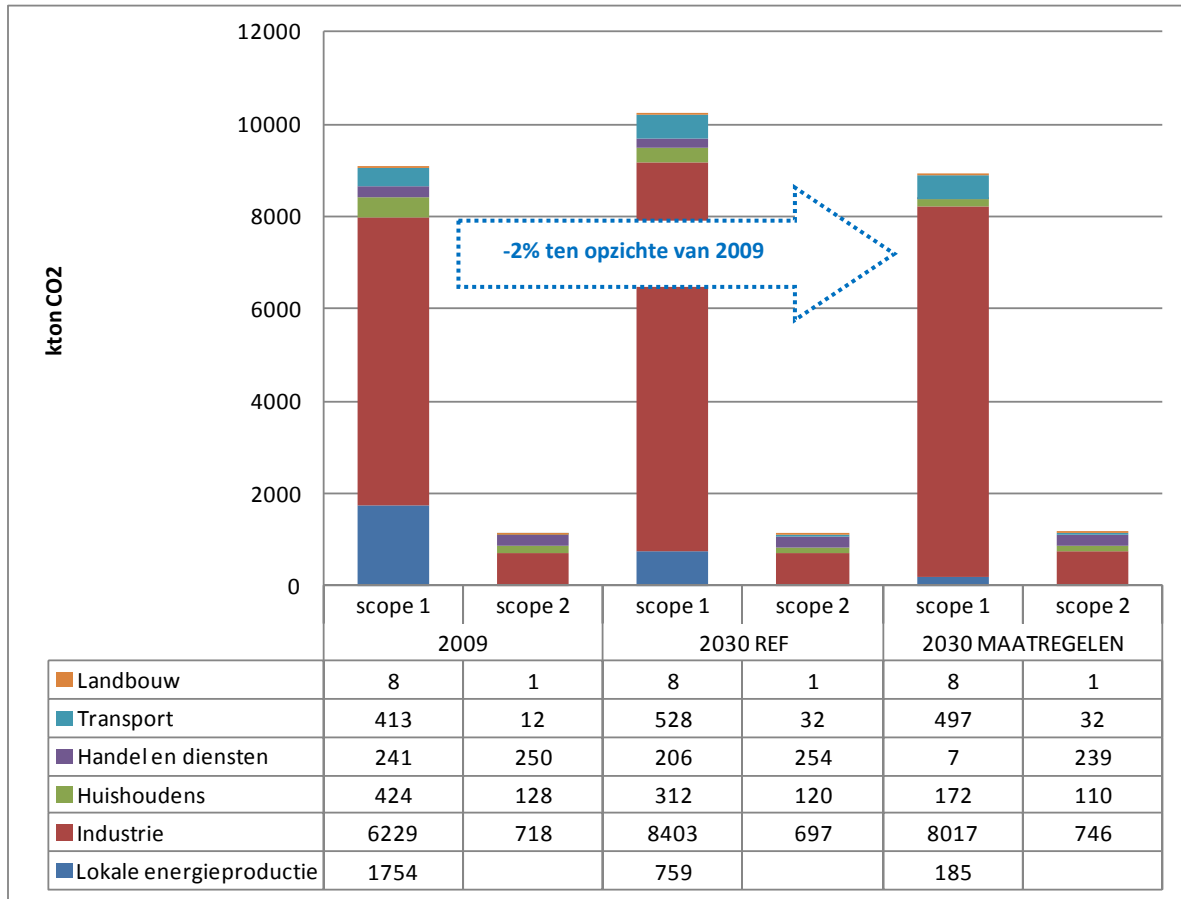
Een beperkt aantal maatregelen zijn “no regret maatregelen” of maatregelen met een negatieve of “nul” kost per eenheid CO₂-reductie. De praktijk leert ons dat we niet zomaar kunnen aannemen dat deze maatregelen “spontaan” worden genomen (barrière-effecten) en als ze genomen worden, de vooropgestelde energiebesparingen of CO₂-reductie gerealiseerd worden (rebound effecten). Daartegenover staan de maatregelen met een positieve kost per eenheid CO₂-reductie die meer dan het 10-voud bedraagt van de CO₂-prijs (EU ETS) die verwacht wordt in 2020, namelijk 25 € per ton CO₂ (PRIMES, with measures scenario) of de CO₂-prijs uit de Energy Roadmap 2050 (Current Policy Initiatives’ scenario), namelijk 32 € per ton CO₂ in 2030.

De maatregelen die ingezet kunnen worden in de residentiële en tertiaire sector scoren in het algemeen slechter op kosteneffectiviteit dan de maatregelen in de transportsector, industrie en lokale energieproductie.

De lage (negatieve) kost per eenheid CO₂-reductie voor CNG auto’s hangt samen met de manier waarop we de kosten berekend hebben: als we abstractie maken van taksen en subsidie, infrastructuurkosten, zijn auto’s op CNG goedkoper dan dieselauto’s, zodat de netto kost van de vervanging van het wagenpark uit het referentiescenario negatief is. Wat ook opvalt is dat er vraagreducerende maatregelen zijn die in de CO₂-kostencurve ná de meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen komen. Weliswaar hebben we bij de inschatting van de kosten en effecten van deze maatregelen rekening gehouden met de principes van de “trias-energetica”. Dit wil zeggen dat we het CO₂-reductiepotentieel van deze maatregelen hebben bepaald, uitgaande van het resterend energieverbruik, ná inzet van vraagreducerende maatregelen (residentiële sector: RESID2, RESID3 en RESID6; tertiaire sector: TERT1, TERT2, TERT3, TERT4, TERT13).

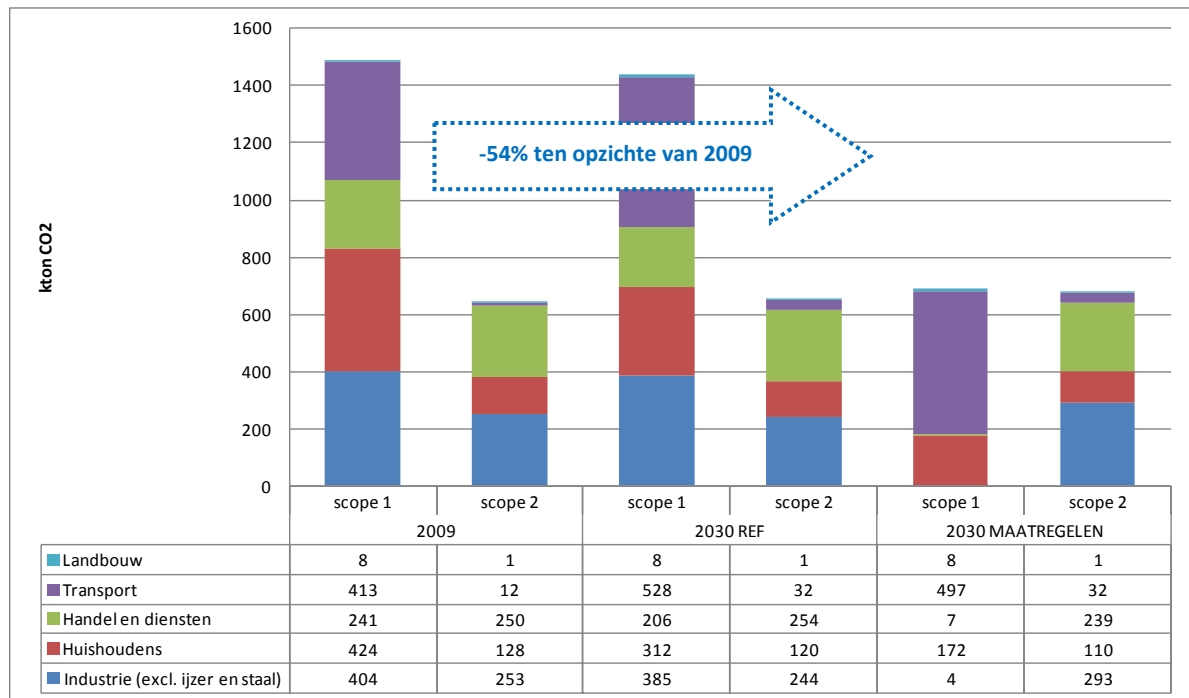
Uitgaande van de maatregelen die opgenomen zijn in de CO₂-kostencurve kunnen de CO₂-emissies met ca. 1.329 kton (scope 1) gereduceerd worden ten opzichte van het referentiescenario in 2030.⁸ De scope 2 emissies kunnen met 263 kton gereduceerd worden ten opzichte van het referentiescenario in 2030. Ten opzichte van 2009 wordt een beperkte CO₂-reductie gerealiseerd, ca. 2% (scope 1). Deze reductie vereist een meerkost van ca. 440 M€ per jaar ten opzichte van het referentiescenario in 2030. De belangrijkste emissiereducties worden gerealiseerd door de lokale energieproductie, residentiële en tertiaire sector, resp. 89%, 60% en 97% ten opzichte van 2009 (scope 1). Desondanks de inzet van bijkomende maatregelen nemen de emissies van industrie en transport toe met, respectievelijk, ca. 29% en 21% ten opzichte van 2009.

⁸ Verschil met het scenario dat doorgerekend werd in vorige paragraaf zit hem in volgende maatregelen: IND5 vs IND3 (IND5 heeft grootste effect op CO₂ maar IND3 heeft lagere kost per eenheid CO₂ reductie), RESID 29 vs RESID30 en TPT 7 vs TPT2.



Figuur 48: CO₂-emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen op basis van kosteneffectiviteit

Indien alle maatregelen uit de kostencurve ingezet worden en we de ijzer & staal sector en de energiesector niet meenemen, dan kan de CO₂-uitstoot (scope 1) met ca. 54% gereduceerd worden ten opzichte van 2009. Enkel in de transportsector liggen de CO₂-emissies (21%) hoger dan in 2009. De residentiële sector realiseert een reductie van 60%, industrie 99% en tertiaire sector ten 97% opzichte van 2009. Deze reductie vereist een meerkost van ca. 129 M€ per jaar ten opzichte van het referentiescenario in 2030.



Figuur 49: CO₂-emissies 2009, referentiescenario 2030 en ná inzet van maatregelen op basis van kosteneffectiviteit - excl. ijzer & staal en lokale energieproductie

6.2.3. ENKELE RANDBEMERKINGEN BIJ INTERPRETATIE EN GEBRUIK VAN CO₂-KOSTENCURVE

Bij de opmaak van een CO₂-kostencurve wordt enkel rekening gehouden met het criterium kosteneffectiviteit of de kost per eenheid CO₂-reductie. Hierbij staat ook één doelstelling voorop, met name de reductie van CO₂. De impact op andere milieucompartimenten of systeem wordt niet meegenomen. Naast kosten en effecten kunnen ook andere criteria de keuze om maatregelen al dan niet in te zetten positief of negatief beoordelen. Deze stimulansen of barrières worden niet altijd weerspiegeld in de financiële kost van de maatregel of in het CO₂-reductiepotentieel (dat uitgaat van het technisch haalbaar potentieel).

Een kostencurve geeft aan wat de kost per eenheid reductie is ten opzichte van een referentiepunt nu of in de toekomst. De inschatting van de kosten en effecten is functie van de aannames die gemaakt worden over bv. discontovoet, levensduur, referentiescenario. Een kostencurve doet dan ook geen uitspraak over het implementatiepad van maatregelen of over de jaarlijkse cash flows en doet ook geen uitspraak over de betaalbaarheid van maatregelen.

De voornaamste tekortkomingen van een kostencurve worden ook door Kesicki en Trachan (2011) aangehaald: onzekerheid, informatiefouten, gebrek aan systeemkijk, andere dan de klassieke financiële kosten en inertie, tijdsaspecten. Zij geven eveneens aan dat deze tekortkomingen dienen opgevangen te worden door een benadering waarin de kostencurve weliswaar een belangrijk instrument is, maar niet het enige.

Aan voornoemde beperkingen van de kostencurve proberen we tegemoet te komen door in hoofdstuk 7 ook andere criteria mee te nemen in de beoordeling van de maatregelen dan enkel kosteneffectiviteit.

De bruikbaarheid van een kostencurve is functie van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van gegevens. In een kostencurve kunnen enkel die maatregelen opgenomen waarvoor kosten en effecten kunnen ingeschat worden. Deze datavereiste heeft tot gevolg dat in een curve voornamelijk commercieel beschikbare, technische maatregelen opgenomen worden en in mindere mate gedragsmaatregelen en technische maatregelen die zich in een vroeg stadium van R&D bevinden. Bovendien zijn het niveau van beschikbaarheid en betrouwbaarheid van gegevens niet noodzakelijk dezelfde voor de verschillende types van maatregelen (bv. gedragsveranderingen versus technologieën, maatregelen personenvervoer versus vrachtvervoer). Wat “kosten” van maatregelen betreft, is geweten dat een betrouwbare inschatting van kosten voor “Change in Process” (CIP) maatregelen vaak moeilijker te maken is dan voor “End of pipe” oplossingen (Beaumont and Tinch, 2004). We trachten in hoofdstuk 8 een indicatie te geven van de datatrajecten die kunnen gevolgd worden om de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de inputgegevens van de kostencurve te verhogen. Niettegenstaande willen we toch aangeven dat een onzekerheid inert is aan toekomstprojecties en zeker als deze projecties betrekking hebben op tijdshorizon 2030 en verder.

Het is dan ook belangrijk om aan te geven dat een kostencurve in eerste instantie bedoeld is om de relatieve grootteordes zo goed mogelijk te vatten en strategische beleidskeuzes te ondersteunen, eerder dan als een “correct” begrotingsinstrument.

Een alternatief voor het evalueren en vergelijken van milieumaatregelen met verschillende looptijden is de terugverdientijd. Dit is de verhouding van de investeringskosten ten opzichte van de jaarlijkse netto opbrengst. Het voordeel van deze methode is dat ze eenvoudig te berekenen en interpreteren is. De terugverdientijd is immers de tijd vanaf wanneer de baten (incl. baten CO₂-reductie) van de maatregel groter zijn dan de kosten. De belangrijkste nadelen van deze methode zijn dat ze geen rekening houdt met de tijdsvoorkeur of met de opbrengsten na de terugverdientijd. Bovendien is deze methode niet bruikbaar wanneer er geen sprake is van een éénmalige investeringskost of wanneer de jaarlijkse netto opbrengst niet constant is.

6.3. MULTICRITERIA-ANALYSE (MCA)

6.3.1. BEOORDELING BIJKOMENDE MAATREGELLEN OP BASIS VAN DE 4 P'S

De CO₂-kostencurve houdt enkel rekening met de potentiële **CO₂-reducties** en de daaraan verbonden kosten, de zogenaamde **kosteneffectiviteit**. Om ook people, planet en prosperity (of een gezonde economische/maatschappelijke ontwikkeling) mee te nemen in de beoordeling van de verschillende maatregelen, worden daarom een aantal extra criteria toegevoegd. Daarnaast is het ook belangrijk om aan te geven over welke instrumenten de Stad Gent beschikt om de sectoren te ondersteunen in de realisatie van vergaande CO₂-reducties (policy). Deze instrumenten geven een indicatie van de slagkracht die de Stad Gent heeft om de realisatie van de CO₂-reductie te sturen. Tenslotte willen we ook een indicatie geven van de tijdspanne waarbinnen het CO₂-reductiepotentieel kan gerealiseerd worden.

Naast de (meer)kosten en effecten van de maatregelen houden we in onze beoordeling rekening met volgende criteria, hetzij op een meer kwalitatieve manier:

Sociaal-maatschappelijke effecten: het fysiek en geestelijk welzijn van de mensen (*people*) maar ook een gezonde economische/maatschappelijke ontwikkeling (*prosperity*). Uiteenlopende effecten worden op een kwalitatieve manier aangegeven zoals bijvoorbeeld bijdrage tot creëren

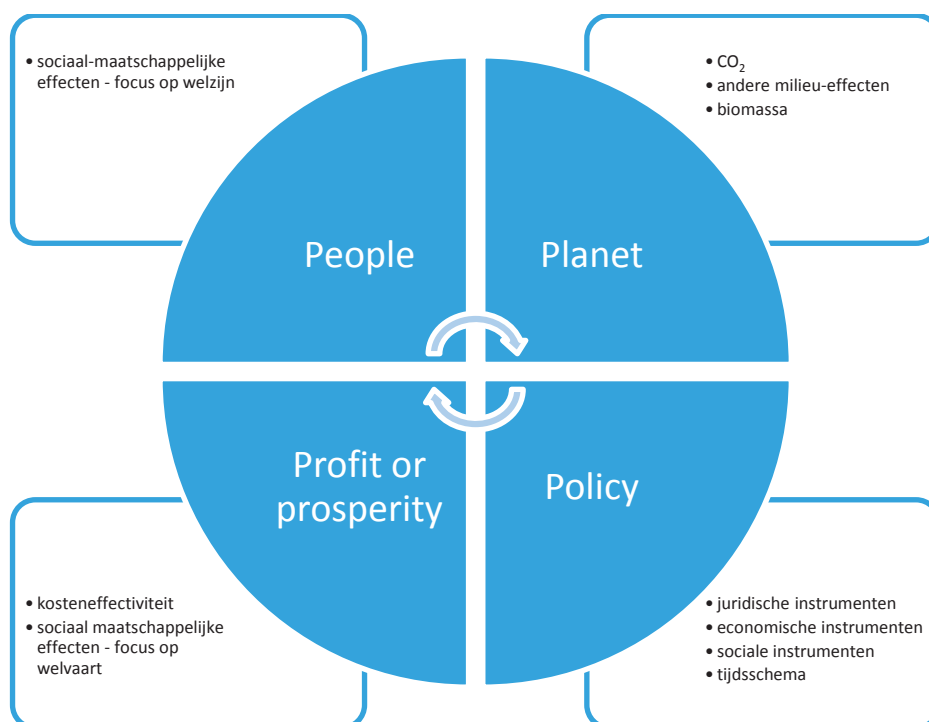
van werkgelegenheid of groen imago. Hier bekijken we ook mogelijke barrières die de inzet van een maatregel kunnen hinderen of vertragen zoals bijvoorbeeld het gebrek aan expertise of split-incentive tussen huurder en verhuurder.

Andere milieueffecten (planet): hier kijken we niet alleen naar de impact op de CO₂-emissies maar ook op de impact op andere milieucompartmenten zoals bijvoorbeeld luchtkwaliteit, geluidshinder.

Tijdsschema: dit criterium richt zich op de (theoretische) tijdsspanne waarbinnen kan verwacht worden dat de maatregel reeds voor een belangrijk aandeel geïmplementeerd is; dit criterium geeft een indicatie van de marktrijpheid van de technologie én van de nood aan belangrijke organisatorische of infrastructuurwerken. Bij de keuze van het tijdsschema wordt rekening gehouden met de verschillende legislaturen om te kunnen aangeven welke maatregelen binnen welke legislatuur kunnen geïmplementeerd worden.

We willen tevens opmerken dat de criteria zodanig gedefinieerd zijn dat er geen dubbeltelling bij de beoordeling kan zijn. M.a.w., de score die aan elk criterium wordt toegekend is onafhankelijk van de score op de andere criteria. Het criterium “tijdsschema”, bijvoorbeeld, wordt beoordeeld op basis van technisch-organisatorische parameters en niet op basis van economische parameters. De impact van laatstgenoemde parameter wordt via het criterium kosteneffectiviteit beoordeeld.

In volgende figuur koppelen we de criteria die we hanteren in het beoordelingsinstrument aan de 4 P's (people, planet, profit/prosperity en policy).



Figuur 50: Afstemming tussen de criteria van de MCA en de 4 P's

Om de verschillende criteria te kunnen beoordelen, hebben we een beoordelingskader opgesteld. Dit kader laat toe om aan elk van de criteria een score toe te kennen en de maatregelen te

evalueren voor meerdere (gewogen) criteria tegelijkertijd. Het beoordelingskader voor deze Multi-criteria analyse (MCA) wordt in Tabel 71 weergegeven.

We hebben het beoordelingskader ook verwerkt in een beoordelingsinstrument in Excel. Dit instrument werd ook gebruikt bij de opmaak van MCA en figuren die in volgende paragrafen beschreven worden. De gebruiker kan ook zelf de gewichten, die toegekend worden aan de verschillende criteria, wijzigen. In dit instrument zijn ook fiches opgenomen waarin elk van de maatregelen beschreven wordt aan de hand van de criteria.

Tabel 71: Beoordelingskader voor de Multi-Criteria Analyse (MCA)

CRITERIUM	SCORE				
	1	2	3	4	5
Effect (reductiepotentieel)	<0,5%	0,5%<...<1%	1%<...<5%	5%<...<10%	>10%
Tijdsschema	2025-2030		2018-2024		voor 2018
Kosteneffectiviteit	>1300 €/ton	700<...<1300 €/ton	450<...<700 €/ton	0<...<450 €/ton	<0€/ton
Andere milieu-effecten	overwegend negatief	matig negatief	geen significante effecten	matig positief	overwegend positief
Sociaal-Maatschappelijke effecten/barrières	overwegend negatief	matig negatief	geen significante effecten	matig positief	overwegend positief

We willen hierbij opmerken dat het criterium “effect (reductiepotentieel)” niet voor elke sector op dezelfde manier wordt afgewogen. Voor de sector lokale energieproductie wordt de CO₂-reductie beoordeeld ten opzichte van totale CO₂-emissies, exclusief de CO₂-emissies van de sector ijzer & staal. Voor de andere sectoren wordt de CO₂-reductie beoordeeld ten opzichte van totale CO₂-emissies, exclusief de CO₂-emissies van de sector ijzer & staal en lokale energieproductie. De reden is dat de CO₂-emissies van de stad Gent quasi volledig gestuurd worden door de emissies van de sector ijzer & staal, en ook voor een belangrijk deel door de emissies van de lokale (centrale) energieproductie (cf. Figuur 21 – Figuur 23 Figuur 26:) waardoor CO₂-reducties in om het even welke sector “verwaarloosbaar” zijn ten opzichte van de totale emissies in Gent. Bovendien vallen de centrale elektriciteitsproductie en de ijzer & staal sector reeds onder het toepassingsgebied van de CO₂-emissierechtenhandel (ETS). De bijkomende instrumenten die de Stad Gent kan inzetten om een effectieve CO₂-reductie te realiseren bij deze bedrijven zijn beperkt tot het aanspreken van hogere overheden, die bijvoorbeeld economische/juridische instrumenten kunnen inzetten.

Daarnaast willen we ook opmerken dat het niet altijd mogelijk is om sociaal-maatschappelijke effecten van maatregelen en barrières éénduidig te koppelen aan een bepaalde maatregel. De maatregelen werden initieel gedefinieerd of ingedeeld uitgaande van het verschil in kosten en/of effecten. Dit verschil kan gestuurd worden door andere parameters dan het verschil in sociaal-maatschappelijke effecten en barrières. Barrières gekoppeld aan de renovatie van een woning, bijvoorbeeld, zijn niet alleen maar functie van de leeftijd van de woning maar ook van het gedrag van de bewoner. We verwijzen naar een recente studie van CE Delft (2012) waarin gedragsmaatregelen beschreven en gekwantificeerd worden, maar waarin ook aangegeven wordt

hoe deze maatregelen kunnen ingepast worden in beleidsscenario's op langere termijn. Er wordt in deze studie verwezen naar twee types van gedrag: (1) onbewust gedrag (gewoonte) en (2) bewust gedrag. Mogelijke maatregelen om dit gedrag te veranderen stoten vaak op barrières, op te splitsen in individuele/interne en sociale/externe barrières. Enkel voorbeelden ter illustratie:

- Individuele barrières: gedrag, interesse, gevoel, overtuiging, onvoldoende kennis, routine, gewoonte, leeftijd, opvoeding, inkomen, ...
- Sociale barrières: te kort aan noodzakelijke infrastructuur, sociale normen/tradities, economisch, wetgeving, politiek, organisatorische structuur, ...

In volgende paragrafen zullen we de maatregelen eerst beoordelen over alle sectoren heen (sectoroverschrijdende MCA). Daarna bespreken we de verschillende maatregelen per sector en kan de beoordeling, vooral wat betreft sociaal/maatschappelijke effecten en barrières, verschillen van de sectoroverschrijdende MCA.

6.3.2. RESULTATEN VAN DE SECTOR-OVERSCHRIJDENDE MCA

Tabel 72 geeft een overzicht van de resultaten van de "niet-gewogen"-MCA. Dit wil zeggen dat de verschillende criteria hetzelfde gewicht krijgen in de eindscore per maatregel of elk criterium weegt even sterk door in de eindbeoordeling.

In de eerste kolom "TOTAAL" krijgen de 33-percentiel maatregelen met de hoogste score een groene indicator en de 33-percentiel maatregelen met laagste score een rode indicator. De maatregelen ertussenin krijgen een gele indicator.

In de overige kolommen worden, voor elk criterium, de hoogste scores met groen aangeduid en de laagste scores met rood. De P50-waarde wordt aangeduid met geel en de tussenliggende scores met licht groen en oranje.

Op basis van de beoordeling in deze tabel, krijgen we een indicatie van:

- de maatregelen die het beste scoren over alle sectoren en criteria heen,
- de maatregelen die het beste scoren per individueel criterium, over alle sectoren heen.

De 15 maatregelen die op basis van de hierboven beschreven MCA (met de vermelde beperkingen) een "groene" totaal score kregen, zijn:

- grootschalige windturbines: deze maatregel krijgt een vrij positieve beoordeling op alle parameters. We gaan ervan uit dat de implementatie op korte termijn kan, dat er weinig of geen sociaal-maatschappelijke effecten of barrières zijn en dat de Stad Gent over de nodige instrumenten beschikt om deze implementatie op korte termijn te ondersteunen;
- PV bij residentiële en tertiaire sector uitgaande van het potentieel uit de hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent (gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV). Voor de landbouw wordt PV als minder positief beoordeeld doordat het potentieel veel kleiner is dan in andere sectoren en daardoor het effect minder hoog scoort;
- Energiebesparende maatregelen met negatieve of beperkte kosten bij industrie, bv. efficiëntere motoren, boilers, WKK, energie monitoringsystemen: niettegenstaande de instrumenten die de Stad kan inzetten beperkt zijn (vooral verwijzend naar de kleine invloed op ETS-bedrijven waar het grootste effect kan gehaald worden), worden het tijdschema waarbinnen deze maatregel kan uitgevoerd worden, de andere milieueffecten en de mogelijke barrières als positief beoordeeld;

- Gebruik van warmtepompen in de residentiële en tertiaire sector (zowel lucht als bodem): hier wegen vooral de omvang van het effect en de positieve beoordeling van het sociaal-maatschappelijk draagvlak sterker door dan bij de andere maatregelen;
- Plaatsing van warmteterugwinning op ventilatiesystemen in kantoren: de kosteneffectiviteit geeft een netto-opbrengst aan en weegt hier zwaar door in de positieve beoordeling; ook wordt het CO₂-reductiepotentieel relatief hoog ingeschat en kan een implementatie van deze maatregel op korte termijn;
- Relighting van bestaande gebouwen van de tertiaire sector: naast de positieve beoordeling op basis van kosteneffectiviteit (netto-opbrengst), wordt ook het CO₂-reductiepotentieel relatief hoog ingeschat en kan een implementatie van deze maatregel op korte termijn; voor de implementatie van deze maatregel zijn de sociaal-maatschappelijke barrières laag (geen belangrijke werken nodig en resultaat is onmiddellijk zichtbaar op de energiefactuur);
- Elektrische voertuigen: combinatie van groot effect, hoge kosteneffectiviteit en andere positieve milieueffecten (vooral naar luchtkwaliteit toe);
- CNG-voertuigen: combinatie van groot effect, hoge kosteneffectiviteit, positieve andere milieueffecten (vooral naar luchtkwaliteit toe) en de mogelijkheid tot implementatie op korte termijn
- Overstappen van auto naar fiets op lokale wegen: door een combinatie van een hoge kosteneffectiviteit en een erg positieve impact, niet alleen op CO₂ maar ook op andere milieucompartimenten (vooral naar luchtkwaliteit toe), niettegenstaande heel wat sociaal-maatschappelijke barrières zullen moeten doorbroken worden om alle verplaatsingen binnen de stadsring te laten afleggen met de fiets (of te voet) in plaats van met de wagen.

Voor deze maatregelen kunnen we de totale impact op de CO₂-uitstoot niet éénduidig doorrekenen omdat dit bepaalde keuzes inhoudt. Bepaalde maatregelen zijn niet combineerbaar (sluiten elkaar uit omdat ze betrekking hebben op dezelfde emissiebron of hetzelfde energieverbruik). Bovendien werd bij de inschatting van het CO₂-reductiepotentieel rekening gehouden met de principes van de “trias energetica”. Dit wil zeggen dat het potentieel van bepaalde maatregelen enkel geldt ná inzet van energiebesparende of vraagreducerende maatregelen.

Tabel 72: Overzicht van de MCA voor alle maatregelen, zonder wegingsfactor⁹

	TOTAAL	EFFECT	KOSTENEFFEC- TIVITEIT	TIJD	ANDERE MILIEUEFFECTE	MAATSCH. EFFECTEN
ENERGIE1-WKK ism op vaste biomassa	13	1	4	5	1	2
ENERGIE2-biomassacentrale	13	4	3	3	1	2
ENERGIE3-grootschalige windturbines	19	3	4	5	2	5
ENERGIE6-fotovoltaïsche panelen landbouw	17	2	4	5	2	4
ENERGIE8- enhanced geothermal systems	9	1	4	1	1	2
ENERGIE5-fotovoltaïsche panelen industrie	18	3	4	5	2	4
IND1 - Energiebesparende maatregelen	20	1	4	5	5	5
IND2 - WKK op vaste biomassa	15	3	4	5	1	2
IND3 - ketel op vaste biomassa	17	5	4	5	1	2
IND4 - inzet van biogas (vergassing houderige biomassa)	14	5	4	1	2	2
RESID1 - Lage Energie Woning < 1900	17	4	4	3	4	2
RESID2 - Lage Energie Woning 1900-1945	16	4	3	3	4	2
RESID3 - Lage Energie Woning 1946-1970	14	3	2	3	4	2
RESID4 - Lage Energie Woning 1971-2000	13	3	1	3	4	2
RESID5 - Lage Energie Woning 2001-2010	10	1	1	3	4	1
RESID6 - Zeer Lage Energie Woning < 1900	16	4	3	3	4	2
RESID7 - Zeer Lage Energie Woning 1900-1945	17	5	3	3	4	2
RESID8 - Zeer Lage Energie Woning 1946-1970	15	4	2	3	4	2
RESID9 - Zeer Lage Energie Woning 1971-2000	13	3	1	3	4	2
RESID10 - Zeer Lage Energie Woning 2001-2010	12	3	1	3	4	1
RESID11 - Passieve Woning < 1900	15	4	2	3	4	2
RESID12 - Passieve Woning 1900-1945	16	5	2	3	4	2
RESID13 - Passieve Woning 1946-1970	14	4	1	3	4	2
RESID14 - Passieve Woning 1971-2000	14	4	1	3	4	2
RESID15 - Passieve Woning 2001-2010	12	3	1	3	4	1
RESID16 - Zeer Laag Energie Appartement < 1900	10	1	1	3	4	1
RESID17 - Zeer Laag Energie Appartement 1900-1945	10	1	1	3	4	1
RESID18 - Zeer Laag Energie Appartement 1946-1970	12	3	1	3	4	1
RESID19 - Zeer Laag Energie Appartement 1971-2000	12	3	1	3	4	1
RESID20 - Zeer Laag Energie Appartement 2001-2010	10	1	1	3	4	1
RESID21 - Passief Appartement < 1900	10	1	1	3	4	1
RESID22 - Passief Appartement 1900-1945	10	1	1	3	4	1
RESID23 - Passief Appartement 1946-1970	12	3	1	3	4	1
RESID24 - Passief Appartement 1971-2000	12	3	1	3	4	1
RESID25 - Passief Appartement 2001-2010	11	2	1	3	4	1
RESID26 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	13	5	2	3	1	2
ENERGIE4-fotovoltaïsche panelen huishoudens	19	4	4	5	2	4
RESID27 - Luchtwarmtepompen	20	5	3	5	2	5
RESID28 - bodemwarmtepompen	21	5	3	5	3	5
RESID29 - Inzet van biogas (vergassing houderige biomassa)	13	5	3	1	2	2
RESID30 - Pelletketels	17	5	4	5	1	2
RESID31 - Zonneboilers	17	3	2	5	3	4
TERT1 - Lage energie renovatie in subsector Onderwijs	17	3	3	3	4	4
TERT2 - Lage energie renovatie in subsector Kantoren	16	4	3	3	4	2
TERT3 - Lage energie renovatie in subsector Overige	18	4	3	3	4	4
TERT4 - Lage energie renovatie in subsector Welzijn	17	3	3	3	4	4
TERT5 - Zeer lage energie renovatie in subsector Onderwijs	16	3	2	3	4	4
TERT6 - Zeer lage energie renovatie in subsector Kantoren	16	5	2	3	4	2
TERT7 - Zeer lage energie renovatie in subsector Overige	17	4	2	3	4	4
TERT8 - Zeer lage energie renovatie in subsector Welzijn	16	3	2	3	4	4
TERT9 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Onderwijs	16	3	2	3	4	4
TERT10 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Kantoren	16	5	2	3	4	2
TERT11 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Overige	18	5	2	3	4	4
TERT12 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Welzijn	16	3	2	3	4	4
TERT13 - Plaatsing van warmteterugwinning op ventilatie in subsector kantoren	20	3	5	5	3	4
TERT14 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	13	5	2	3	1	2
ENERGIE7-fotovoltaïsche panelen tertiair	19	4	4	5	2	4
TERT15 - Luchtwarmtepompen	20	5	3	5	2	5
TERT16 - Plaatsing van bodemwarmtepompen	21	5	3	5	3	5
TERT17 - Inzet van biogas (vergassing houderige biomassa)	12	5	3	1	1	2
TERT18 - Pelletketels	17	5	4	5	1	2
TERT19 - Relighting in bestaande gebouwen	21	3	5	5	3	5
TRANSPORT1- elektrische voertuigen	21	5	4	3	5	4
TRANSPORT2- voertuigen op CNG	20	4	5	5	4	2
TRANSPORT3- Diesel hybride voertuigen	15	4	2	3	4	2
TRANSPORT4- Benzine hybride voertuigen	17	5	3	3	4	2
TRANSPORT5- Diesel plug-in hybride voertuigen	19	5	3	3	4	4
TRANSPORT6- Benzine plug-in hybride voertuigen	19	5	3	3	4	4
TRANSPORT7- Voertuigen op waterstof (brandstofcel)	17	5	4	1	5	2
TRANSPORT8- Voertuigen op waterstof (verbrandingsmotor)	17	5	4	1	5	2
TRANSPORT9- Overstappen op fietsen op lokale wegen	20	5	4	5	5	1

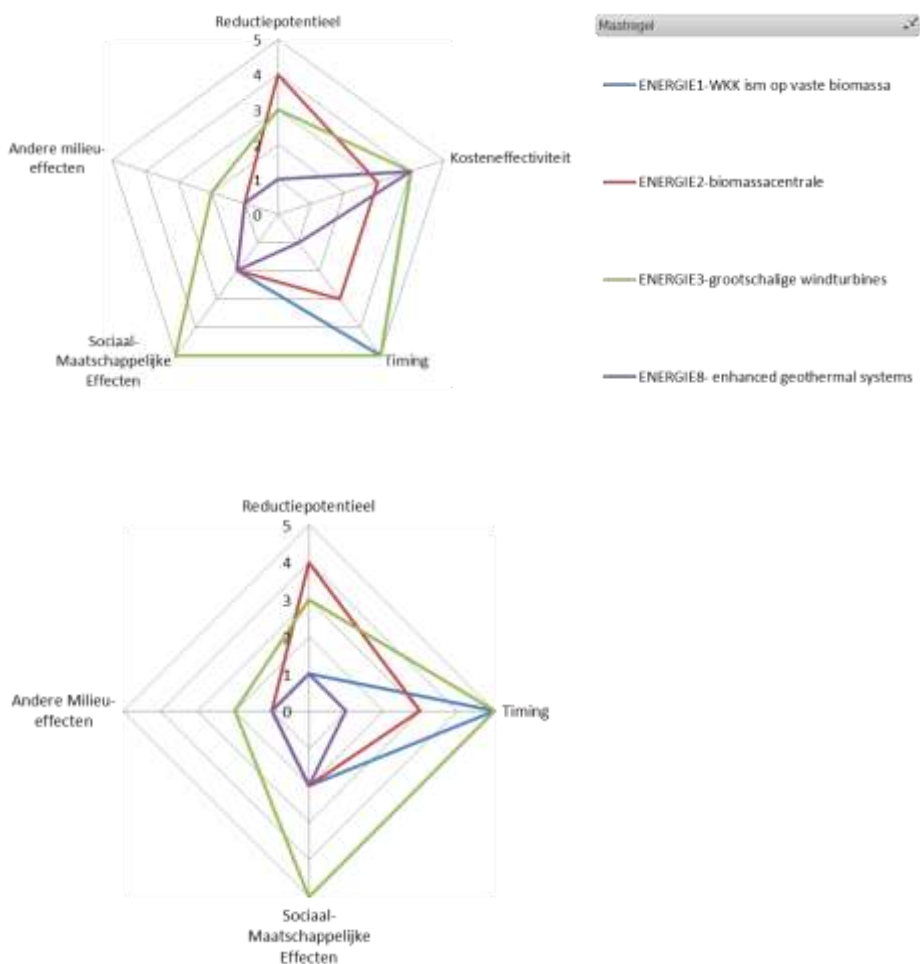
⁹ Zonder wegingsfactor betekent dat in de beoordeling aan alle criteria eenzelfde gewicht werd toegekend, zodat elk criterium even zwaar doorweegt in de eindbeoordeling

6.3.3. LOKALE ENERGIEPRODUCTIE

Binnen de sector “lokale energieproductie” beschouwen we hier enkel de maatregelen die rechtstreeks gekoppeld zijn aan de energiesector. Om die reden wordt de installatie van PV besproken bij de sectoren zelf.

Een overzicht van de scores per criterium wordt voor de verschillende maatregelen voor de sector energie weergegeven in Figuur 51.

Parameters	ENERGIE1-WKK ism op vaste biomassa	ENERGIE2-biomassacentrale	ENERGIE3-grootschalige windturbines	ENERGIE8- enhanced geothermal systems
Reductiepotentieel	1	4	3	1
Kosteneffectiviteit	4	3	4	4
Timing	5	3	5	1
Sociaal-Maatschappelijke Effecten	2	2	5	2
Andere milieu-effecten	1	1	2	1



Figuur 51: Overzicht van de resultaten van de MCA voor maatregelen binnen de sector energie (boven inclusief en onder exclusief kosteneffectiviteit)

De meest kosteneffectieve maatregel, namelijk grootschalige windturbines, scoort het beste op alle criteria samen. De minst kosteneffectieve maatregel, namelijk de biomassacentrale, heeft in absolute waarde, wel een erg hoog reductiepotentieel en wordt daardoor, over alle criteria heen,

beter beoordeeld dan meer kosteneffectieve maatregelen zoals WKK op vaste biomassa of enhanced geothermal systems.

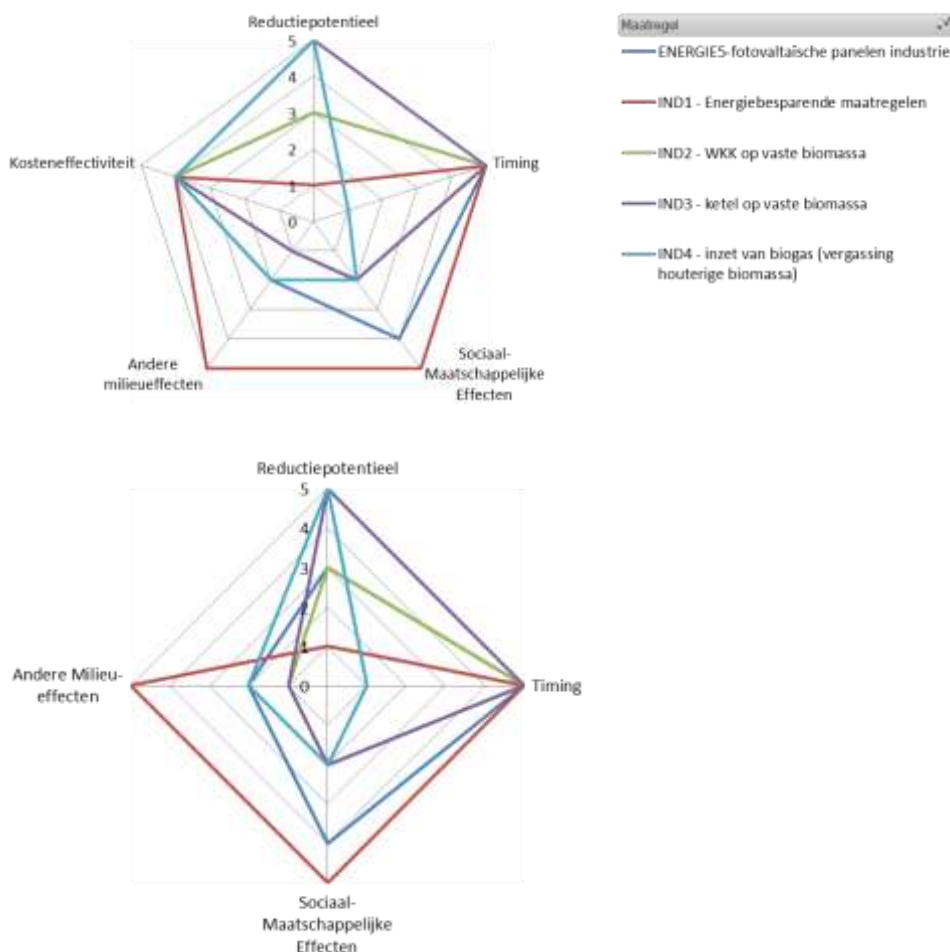
Het sociaal-maatschappelijk draagvlak voor WKK op vaste biomassa en een biomassacentrale wordt als matig negatief beoordeeld omwille van het maatschappelijk debat over de biomassa en de onzekerheid met betrekking tot de beschikbaarheid van (duurzame) biomassa die kan ingezet worden voor energieproductie. Enhanced geothermal systems scoort het minst goed over alle criteria heen. Dit is een experimentele techniek, waarbij vragen zijn rond o.a. stabiliteit van de ondergrond en veiligheid van het systeem. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 5.5.5, geraakt de ondergrond ook “uitgeput” en moet ongeveer een even lange herstelperiode in acht genomen worden als de duur van de productieperiode voor een praktisch herstel van 95%. Er is ook onzekerheid over de (grootschalige) toepasbaarheid op het grondgebied Gent op basis van de huidige informatie, zodat extra studiewerk nodig is.

6.3.4. INDUSTRIËLE SECTOR

Volgens de kostencurve is de meest kosteneffectieve maatregel het installeren van efficiëntere motoren, boilers, WKK, energie monitoringsystemen, waarvan geschat wordt dat de kosten verwaarloosbaar zullen zijn of zelfs een netto-opbrengst opleveren.

Een overzicht van de scores per criterium voor de verschillende maatregelen voor de sector industrie wordt weergegeven in onderstaande figuur.

Parameters	ENERGIES-fotovoltaïsche panelen industrie	IND1 - Energiebesparende maatregelen	IND2 - WKK op vaste biomassa	IND3 - ketel op vaste biomassa	IND4 - inzet van biogas (vergassing houterige biomassa)
Reductiepotentieel	3	1	3	5	5
Timing	5	5	5	5	1
Sociaal-Maatschappelijke Effecten	4	5	2	2	2
Andere milieueffecten	2	5	1	1	2
Kosteneffectiviteit	4	4	4	4	4
TOTAAL	18	20	15	17	14



Figuur 52: Overzicht van de resultaten van de MCA voor maatregelen binnen de sector industrie (boven inclusief en onder exclusief kosteneffectiviteit)

Uit bovenstaande figuur kunnen we afleiden dat de vijf maatregelen die gedefinieerd werden voor de sector industrie hetzelfde scoren op het criterium kosteneffectiviteit. Bovendien scoren de

energiebesparende maatregelen, met een verwaarloosbare kost of zelfs netto-opbrengst, ook op de andere criteria goed, behalve het reductiepotentieel, welke vrij gering is. Er zijn weinig barrières aangezien dergelijke maatregelen slechts beperkte investeringen vergen en het effect onmiddellijk voelbaar is in de energiefactuur.

Installeren van PV-panelen scoort beter naar reductiepotentieel t.o.v. energiebesparende maatregelen. Naar sociaal-maatschappelijke effecten wordt deze maatregel als matig positief ingeschat wegens de onduidelijkheid over subsidies in de toekomst (en dus onduidelijkheid over terugverdiëntijd) en de split-incentives tussen huurder en eigenaars. Naar andere milieu-effecten is vooral nog onzekerheid rond de recyclage van PV-panelen.

Het overschakelen op een WKK met biomassa heeft vooral een lage score naar effecten op andere milieu-compartimenten (door de hogere emissies van stof bij verbranden van biomassa) en naar sociaal-maatschappelijk draagvlak (o.a. omwille van de problematiek rond het al dan niet duurzaam zijn van biomassa).

De inzet van biogas (via vergassing houten biomassa) wordt iets lager beoordeeld dan de andere maatregelen voor de sector industrie omdat we veronderstellen dat een grootschalige implementatie niet op korte termijn zal gebeuren. Het criterium “tijdsschema” stuurt hier de beoordeling.

6.3.5. RESIDENTIËLE SECTOR

Binnen de residentiële sector worden maatregelen die inwerken op meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen als het meest kostenefficiënt beoordeeld. Eerst inzetten op dergelijke maatregelen druist echter in tegen het “trias energetica”-principe, welke de Stad Gent wenst te volgen in zijn strategie. Als input voor de kostencurve werd dit principe dan ook gevolgd en werd het CO₂-reductiepotentieel van deze maatregelen bepaald, uitgaande van het resterend energieverbruik, ná inzet van energiebesparende maatregelen (RESID2, RESID3 en RESID6).

Zelfs al wordt kosteneffectiviteit niet meegenomen in de beoordeling, dan nog scoren de maatregelen met betrekking tot meer efficiënte installaties en/of hernieuwbare verwarmingssystemen beter dan de vraagreducerende maatregelen (RESID 1 - RESID25) (Tabel 73). Immers, het CO₂-reductiepotentieel is hoger, de tijdsspanne waarbinnen de maatregel kan geïmplementeerd worden is korter en er zijn minder sociaal-maatschappelijke effecten of barrières voor de inzet van meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen.

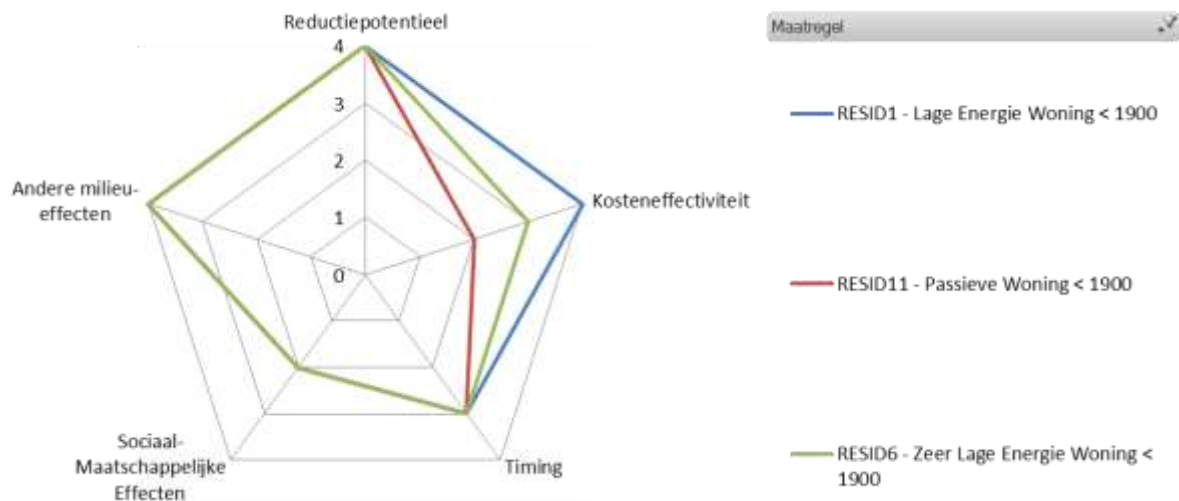
Tabel 73: Overzicht van de MCA maatregelen voor de residentiële sector, zonder rekening te houden met kosteneffectiviteit

Rijlabels	Som van	Som van	Som van	Som van	Som van
	TOTAAL	EFFECT	TIJD	ANDERE	SOCIAAL MAATSCH.
				MILIEUEFFECTE	EFFECTEN
RESID1 - Lage Energie Woning < 1900	13	4	3	4	2
RESID2 - Lage Energie Woning 1900-1945	13	4	3	4	2
RESID3 - Lage Energie Woning 1946-1970	12	3	3	4	2
RESID4 - Lage Energie Woning 1971-2000	12	3	3	4	2
RESID5 - Lage Energie Woning 2001-2010	9	1	3	4	1
RESID6 - Zeer Lage Energie Woning < 1900	13	4	3	4	2
RESID7 - Zeer Lage Energie Woning 1900-1945	14	5	3	4	2
RESID8 - Zeer Lage Energie Woning 1946-1970	13	4	3	4	2
RESID9 - Zeer Lage Energie Woning 1971-2000	12	3	3	4	2
RESID10 - Zeer Lage Energie Woning 2001-2010	11	3	3	4	1
RESID11 - Passieve Woning < 1900	13	4	3	4	2
RESID12 - Passieve Woning 1900-1945	14	5	3	4	2
RESID13 - Passieve Woning 1946-1970	13	4	3	4	2
RESID14 - Passieve Woning 1971-2000	13	4	3	4	2
RESID15 - Passieve Woning 2001-2010	11	3	3	4	1
RESID16 - Zeer Laag Energie Appartement < 1900	9	1	3	4	1
RESID17 - Zeer Laag Energie Appartement 1900-1945	9	1	3	4	1
RESID18 - Zeer Laag Energie Appartement 1946-1970	11	3	3	4	1
RESID19 - Zeer Laag Energie Appartement 1971-2000	11	3	3	4	1
RESID20 - Zeer Laag Energie Appartement 2001-2010	9	1	3	4	1
RESID21 - Passief Appartement < 1900	9	1	3	4	1
RESID22 - Passief Appartement 1900-1945	9	1	3	4	1
RESID23 - Passief Appartement 1946-1970	11	3	3	4	1
RESID24 - Passief Appartement 1971-2000	11	3	3	4	1
RESID25 - Passief Appartement 2001-2010	10	2	3	4	1
RESID26 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	11	5	3	1	2
ENERGIE4-fotovoltaïsche panelen huishoudens	15	4	5	2	4
RESID27 - Luchtwarmtepompen	17	5	5	2	5
RESID28 - bodemwarmtepompen	18	5	5	3	5
RESID29 - Inzet van biogas (vergassing houten biomassa)	10	5	1	2	2
RESID30 - Pelletketels	13	5	5	1	2
RESID31 - Zonneboilers	15	3	5	3	4

We kunnen uit de MCA afleiden dat het renoveren van woningen beter scoort dan appartementen. Dit heeft vooral te maken met het probleem van “split-incentives” huurders en verhuurders, waarbij de verhuurder voor het dilemma staat om al dan niet te investeren in energiebesparende maatregelen, terwijl de opbrengst voor de huurder is.

Echter, de MCA levert weinig extra informatie aangaande welke woningen het eerst kunnen aangepakt worden en aan welke graad van renovatie die dan moeten onderworpen worden. Als voorbeeld tonen we Figuur 53 de MCA voor huizen ouder dan 1900. Voor de drie maatregelen die beoordeeld worden, worden de verschillende criteria identiek beoordeeld, behalve het criterium kosteneffectiviteit. De reden is dat de leeftijd van de woning voor de beoordeling van de andere criteria niet de geschikte indeling is.

Parameters	RESID1 - Lage Energie Woning < 1900	RESID11 - Passieve Woning < 1900	RESID6 - Zeer Lage Energie Woning < 1900
Reductiepotentieel	4	4	4
Kosteneffectiviteit	4	2	3
Timing	3	3	3
Sociaal-Maatschappelijke Effecten	2	2	2
Andere milieu-effecten	4	4	4



Figuur 53: MCA voor renovatie van woningen gebouwd voor 1900

Voor alle vraagreducerende maatregelen wordt aangenomen dat het effect slechts op middellange termijn (2018-2024) zal zichtbaar zijn. Deze maatregelen moeten immers ingezet worden bovenop de maatregelen die doorgerekend werden in het referentiescenario. In het referentiescenario wordt verondersteld dat het verbruik voor verwarming en SWW daalt met ca. 20% (7,2 in 2009 naar 5,7 PJ in 2030).

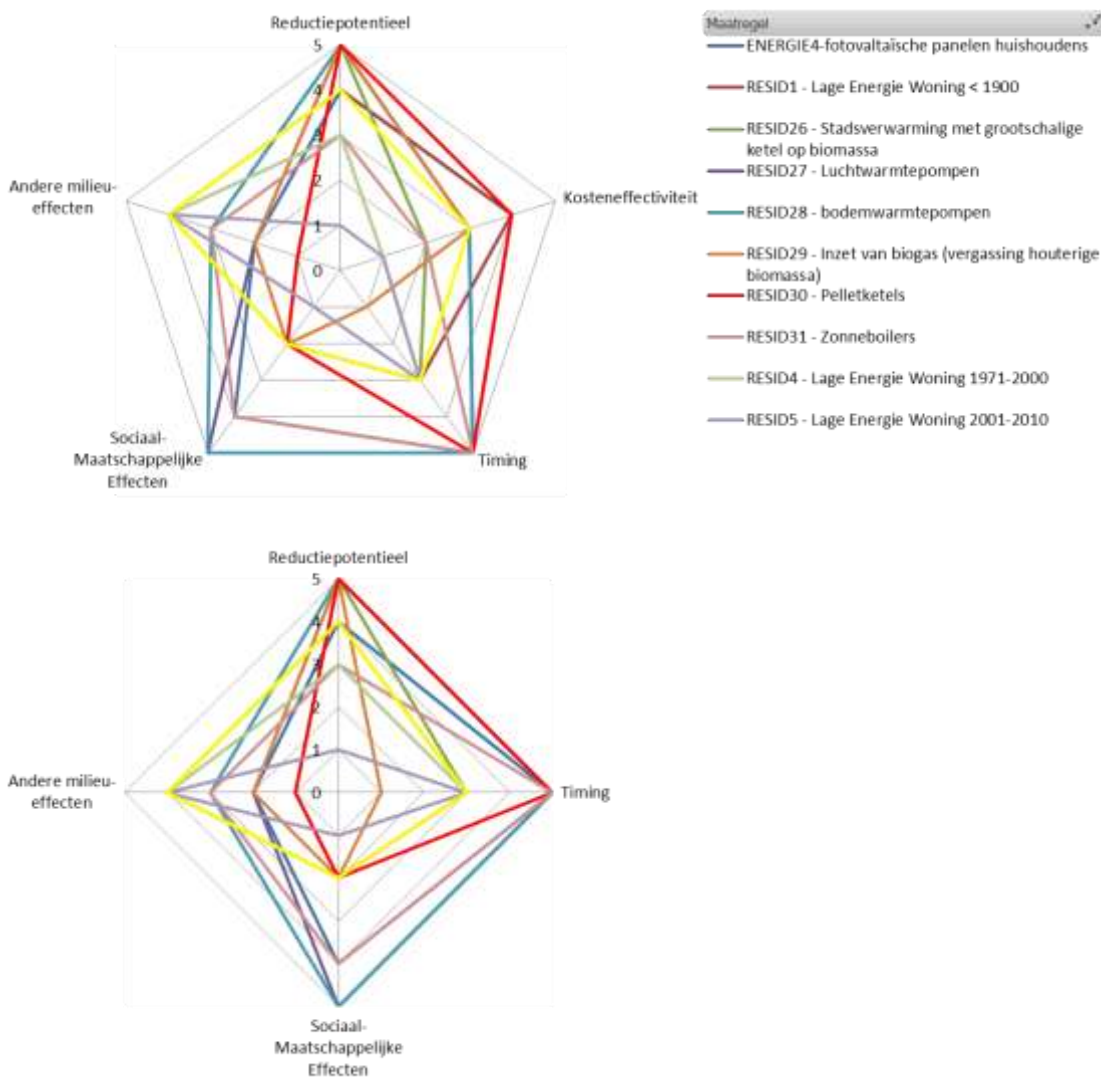
Barrières die de inzet van vraagreducerende maatregelen kunnen verhinderen zijn (CE Delft, 2006):

- weerstanden onder de vorm van rompslomp, ongemak tijdens de uitvoering, overlast,...; weerstand kan worden verminderd door dergelijke energiebesparende renovatie aan te laten sluiten bij een geplande renovatie omwille van andere redenen dan energiebesparing.
- gebrek aan prioriteit: vooral door het geringe aandeel van de energiekosten in het gemiddelde huishoudbudget.
- split-incentives: de voordelen van de energiebesparingsmaatregelen komen niet terecht bij diegenen die de investering doen (huurder/verhuurder dilemma).
- gebrek aan kennis over energiebesparingsmogelijkheden.

De Stad Gent moet dan ook proberen in te spelen op voornoemde barrières/effecten, wil zij renovatie van woningen tot lage energie, zeer lage energie of passief woningen stimuleren.

Op basis van Figuur 53 kunnen we afleiden dat een lage energierenovatie hoger scoort dan een zeer lage energierenovatie, welke op zijn beurt hoger scoort dan een passiefbouw renovatie bij woningen ouder dan 1900, op basis van de kosteneffectiviteit van deze maatregelen. Hetzelfde geldt voor andere categorieën van woningen.

Om het verschil in score tussen vraagreducerende maatregelen en maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen te visualiseren, wordt in volgende figuur een overzicht gegeven van de beoordeling van lage energie renovatie voor alle types woningen en de maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen.

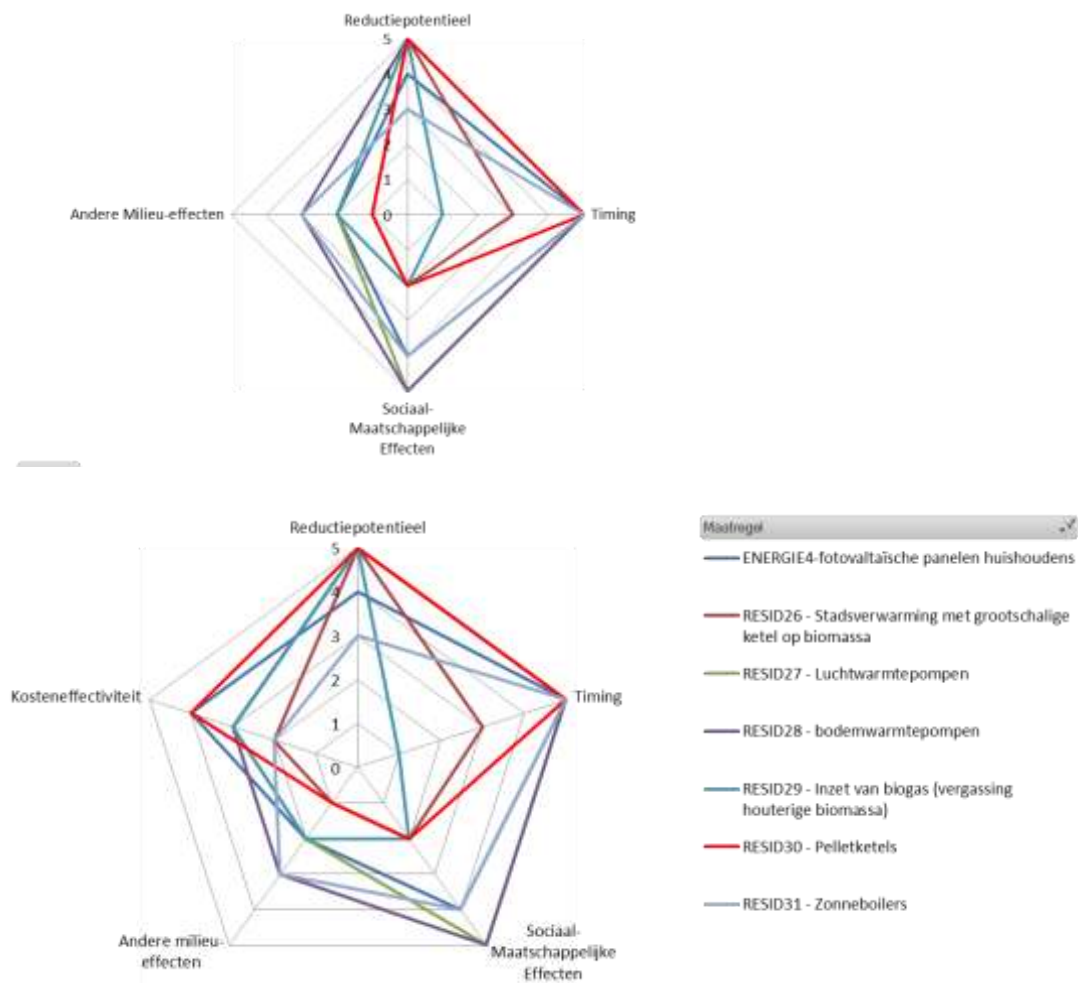


Figuur 54: MCA voor maatregelen met betrekking tot lage energie renovatie en meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen en PV (bovenaan inclusief en onderaan exclusief kosteneffectiviteit)

De meest kostenefficiënte maatregel met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen zijn pelletketels in open/halfopen bebouwing. Het minst kosteneffectief is het inzetten van een zonneboiler voor warm water productie en het voorzien van stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa.

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de beoordeling van alle maatregelen binnen deze categorie volgens de MCA (bovenaan exclusief kosteneffectiviteit, onderaan inclusief kosteneffectiviteit).

Parameters	ENERGIE4-fotovoltaïsche panelen huishoudens	RESID26 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	RESID27 - Luchtwarmtepompen	RESID28 - bodemwarmtepompen	RESID29 - Inzet van biogas (vergassing houterige biomassa)	RESID30 - Pelletketels	RESID31 - Zonneboilers
Reductiepotentieel	4	5	5	5	5	5	3
Timing	5	3	5	5	1	5	5
Sociaal-Maatschappelijke Effecten	4	2	5	5	2	2	4
Andere milieu-effecten	2	1	2	3	2	1	3
Kosteneffectiviteit	4	2	3	3	3	4	2



Figuur 55: MCA voor maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen en PV (boven: excl. kosteneffectiviteit; onder: met kosteneffectiviteit)

Bekijken we de MCA echter, zonder rekening te houden met kosteneffectiviteit, dan blijken lucht-/bodempompen, zonneboilers en PV (uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent, scenario “gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV”) het best te scoren.

Ook naar sociaal-maatschappelijke effecten scoren lucht-/bodempompen beter dan zonneboilers: de efficiëntie van zonneboilers is afhankelijk van de dakoriëntatie en vaak is er nog bijverwarming nodig terwijl dit bij lucht-/bodempompen niet het geval is. Ook moet hier

vermeld worden dat een combinatie van meerdere maatregelen ook tot betere prestaties kan leiden. Een zonneboiler met luchtwarmtepomp, bijvoorbeeld, kan door een goede afstemming van de afzonderlijke onderdelen beter presteren dan de afzonderlijke maatregelen. Het water dat door de zonneboiler verwarmd wordt, hoeft de warmtepomp niet meer te verwarmen. Dit heeft als gevolg dat de warmtepomp minder hoeft te werken en dus minder elektriciteit zal verbruiken.

Pelletketels scoren minder, vooral omwille van de mogelijke impact op luchtkwaliteit en de maatschappelijke discussie rond het al dan niet duurzaam zijn van biomassa. De inzet van biogas scoort minder goed naar het tijdsbestek waarbinnen dit kan geïmplementeerd worden en de invloed van de Stad hierop.

De impact van zonneboilers is iets lager dan van lucht-/bodemwarmtepompen omdat het toepasbaar potentieel voor zonneboilers lager ligt (75% van de wooneenheden t.o.v. 95% voor warmtepompen).

6.3.6. TERTIAIRE SECTOR

Naar analogie met de residentiële sector, worden maatregelen die inwerken op meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen als het meest kostenefficiënt beoordeeld. Eerst inzetten op dergelijke maatregelen druist echter in tegen het “trias energetica”-principe, welke de Stad Gent wenst te volgen in zijn strategie. Als input voor de kostencurve werd dit principe dan ook gevolgd en werd het CO₂-reductiepotentieel van deze maatregelen bepaald, uitgaande van het resterend energieverbruik, ná inzet van energiebesparende maatregelen (TERT1, TERT2, TERT3, TERT4).

Zelfs al wordt de kosteneffectiviteit niet mee beoordeeld, dan nog komen de maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen, er beter uit dan de vraagreducerende maatregelen (Tabel 74). Voornamelijk omdat het effect op CO₂-reductie hoger is, de tijdsspanne waarbinnen de maatregel kan geïmplementeerd worden als korter wordt beoordeeld en er minder sociaal-maatschappelijke barrières zijn voor het installeren van meer efficiënte installaties.

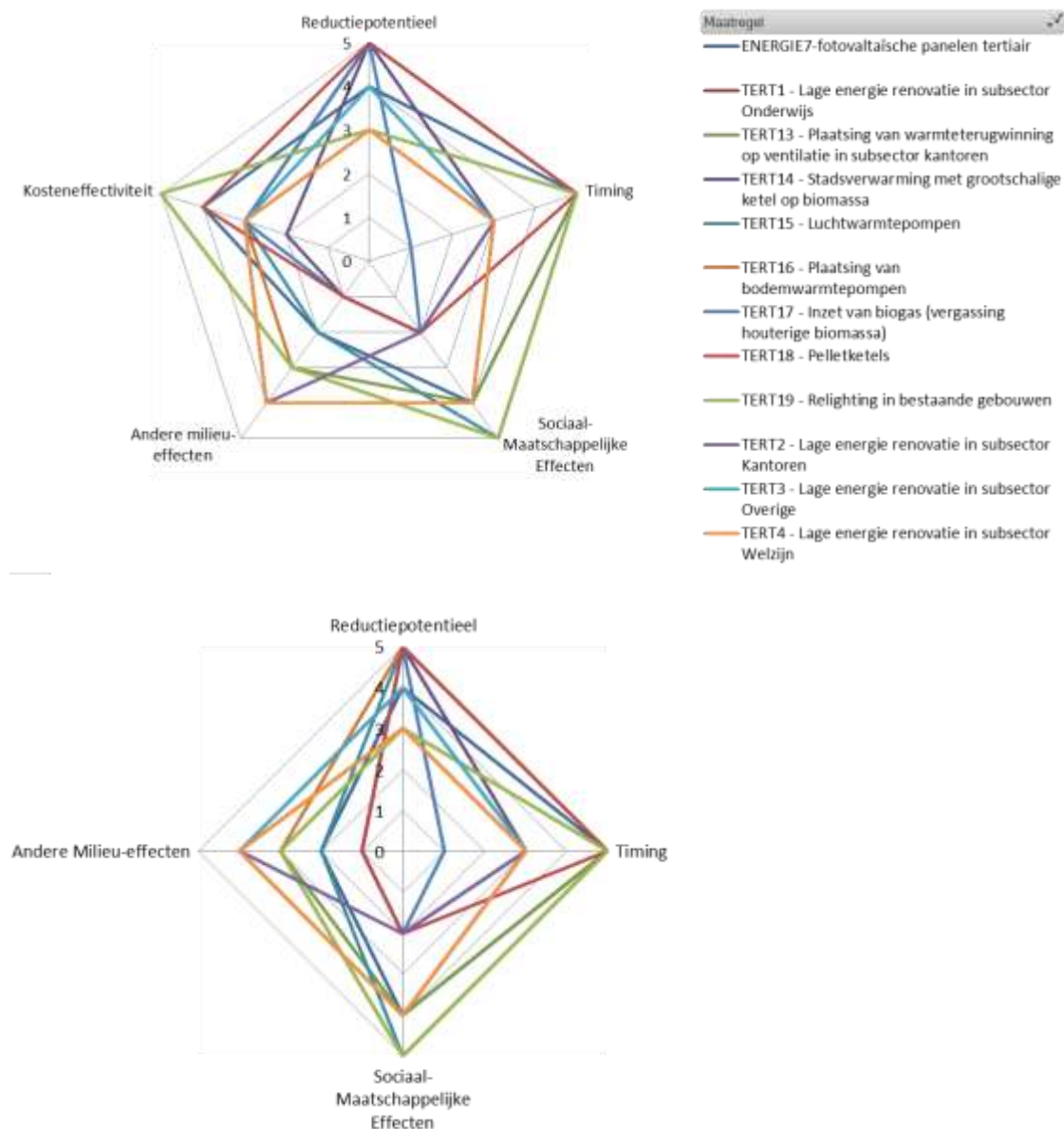
Volgend vraagreducerende maatregelen, zijn de meest kostenefficiënte maatregelen met tevens een netto-opbrengst:

- Plaatsing van warmteterugwinning op ventilatie in subsector kantoren
- Relighting in bestaande gebouwen

Als we geen rekening houden met kosteneffectiviteit dan worden lucht-/bodemwarmtepompen en relighting van gebouwen best beoordeeld, alsook het voorzien van PV (uitgaande van hernieuwbare energiescan voor grondgebied Gent, scenario gemengd systeem, optimaal georiënteerde PV) en de renovatie tot passiefbouw, lage en zeer lage energierenovatie bij de subsector “overig”.

Tabel 74: Overzicht van de MCA maatregelen voor de tertiaire sector, zonder rekening te houden met kosteneffectiviteit

	TOTAAL	EFFECT	TIJD	ANDERE MILIEU-	SOCIAAL MAATSCH
TERT1 - Lage energie renovatie in subsector Onderwijs	14	3	3	4	4
TERT2 - Lage energie renovatie in subsector Kantoren	13	4	3	4	2
TERT3 - Lage energie renovatie in subsector Overige	15	4	3	4	4
TERT4 - Lage energie renovatie in subsector Welzijn	14	3	3	4	4
TERT5 - Zeer lage energie renovatie in subsector Onderwijs	14	3	3	4	4
TERT6 - Zeer lage energie renovatie in subsector Kantoren	14	5	3	4	2
TERT7 - Zeer lage energie renovatie in subsector Overige	15	4	3	4	4
TERT8 - Zeer lage energie renovatie in subsector Welzijn	14	3	3	4	4
TERT9 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Onderwijs	14	3	3	4	4
TERT10 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Kantoren	14	5	3	4	2
TERT11 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Overige	16	5	3	4	4
TERT12 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Welzijn	14	3	3	4	4
TERT13 - Plaatsing van warmteterugwinning op ventilatie in subsector kantoren	15	3	5	3	4
TERT14 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	11	5	3	1	2
ENERGIE7-fotovoltaïsche panelen tertiair	15	4	5	2	4
TERT15 - Luchtwarmtepompen	17	5	5	2	5
TERT16 - Plaatsing van bodemwarmtepompen	18	5	5	3	5
TERT17 - Inzet van biogas (vergassing houten biomassa)	9	5	1	1	2
TERT18 - Pelletketels	13	5	5	1	2
TERT19 - Relighting in bestaande gebouwen	16	3	5	3	5

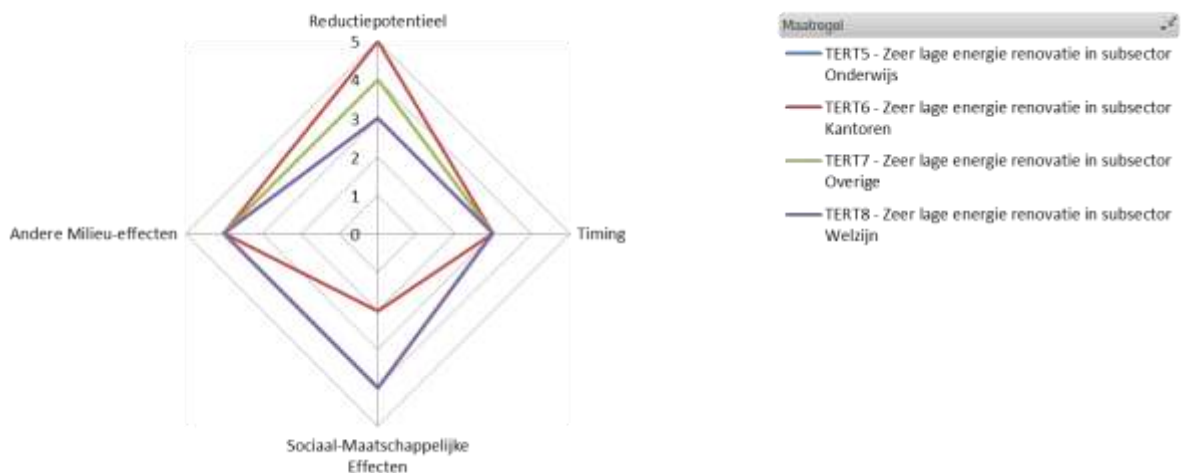


Figuur 56: MCA voor lage energie renovatie voor verschillende subsectoren en maatregelen met betrekking tot meer efficiënte en/of hernieuwbare verwarmingssystemen in de tertiaire sector (inclusief en exclusief kosteneffectiviteit)

Binnen de tertiaire sector daalt de kosteneffectiviteit naarmate de graad van renovatie hoger wordt (dus van lage-energie naar zeer lage-energie naar passief). Het effect stijgt met de graad van renovatie en dit voor elke subsector. Het effect op andere milieucompartimenten is matig positief voor alle vraagreducerende maatregelen (hier geldt ook dat het effect op luchtkwaliteit stijgt met de graad van renovatie), er wordt aangenomen dat het effect op CO₂ slechts zichtbaar wordt op middellange termijn en dat de invloed van de Stad beperkt is.

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de beoordeling van verschillende parameters (andere dan kosteneffectiviteit) voor zeer lage energie renovatie voor de verschillende subsectoren van de tertiaire sector. Deze beoordeling is voor de verschillende sectoren vrij gelijkaardig.

Parameters	TERT5 - Zeer lage energie renovatie in subsector Onderwijs	TERT6 - Zeer lage energie renovatie in subsector Kantoren	TERT7 - Zeer lage energie renovatie in subsector Overige	TERT8 - Zeer lage energie renovatie in subsector Welzijn
Reductiepotentieel	3	5	4	3
Timing	3	3	3	3
Sociaal-Maatschappelijke Effecten	4	2	4	4
Andere Milieucompartimenten	4	4	4	4
TOTAAL	14	14	15	14



Figuur 57: MCA voor zeer lage energie renovatie voor verschillende subsectoren in de tertiaire sector (excl. kosteneffectiviteit)

Naar analogie met de residentiële sector, kan gesteld worden dat vooral de sociaal/maatschappelijke barrières of effecten bij het renoveren van gebouwen in de tertiaire sector, bepalend zullen zijn voor het al dan niet uitvoeren van dergelijke werken. De Stad Gent moet dan ook proberen in te spelen op deze barrières/effecten, wil zij laag energie, zeer laag energie en passief renovatie van gebouwen in de tertiaire sector stimuleren:

- Algemeen kunnen we stellen dat bij de renovatie van een gebouw de kosteneffectiviteit van de maatregel zal doorwegen. Nochtans kunnen we wel aannemen dat de doorweging van deze factor sterker zal spelen bij kantoorgebouwen/onderwijs/overige dan bij de welzijnssector. Gebouwen in de welzijnssector hebben typisch een hoge bezetting (24/24) en dus ook een hoog energieverbruik. Hoge investeringen zullen eerder gedaan worden, aangezien de jaarlijkse opbrengst door daling van de energiefactuur aanzienlijk zal zijn.
- Voor investeerders/projectontwikkelaars is het investeren in rusthuizen, serviceflats, studentenwoningen interessanter dan het investeren in kantoorgebouwen. Bedrijven zien hun noden veel sneller veranderen dan bijvoorbeeld gezinnen: ze hebben meer oppervlakte nodig, een nieuwe vestigingsplaats, een beter onderkomen en zijn liever huurder dan eigenaar. Voor de eigenaar is dit een risico omdat het verloop groter is en de eigenaar achterblijft met een oud, leegstaand gebouw.
- Renovatie van gebouwen wordt ook gedaan met het oog op een goed energetisch label (groen imago). De economische crisis belemmert de bouw / renovatie van deze gebouwen omdat het op korte termijn een kostelijke optie is (kost loopt op met graad van renovatie). In het

onderwijs is het uitdragen van een voorbeeldfunctie wel een belangrijke incentive. Vanuit deze sector wordt de bouw van duurzame gebouwen dan ook sterk gestimuleerd. De voorbeeldfunctie kan ook een belangrijke reden zijn tot het uitvoeren van vraagreducerende renovatiewerken bij publieke gebouwen;

- Split incentives huurders/verhuurders; alhoewel huurders meer en meer interesse tonen in het “groene” karakter van hun gebouw en gevoelig zijn voor het energieverbruik op vlak van kostprijs.

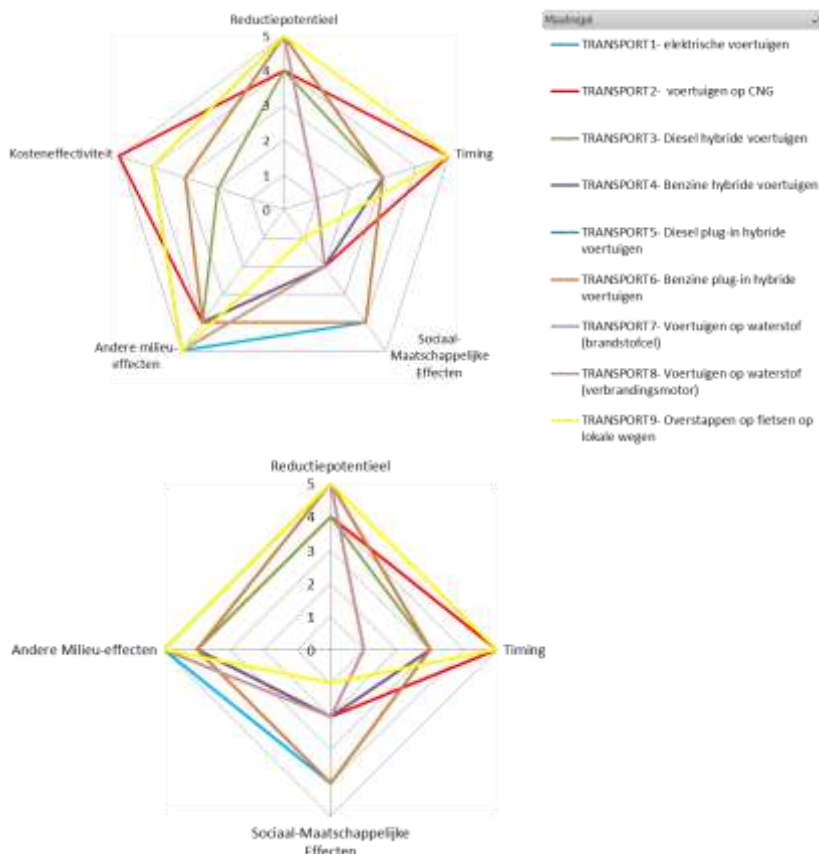
6.3.7. VERKEER EN VERVOER

Voor wat betreft deze sector ligt de focus op personenvervoer. De meest kosteneffectieve maatregel voor de transportsector is het veralgemeend gebruik van voertuigen op CNG. Deze maatregel heeft tevens een netto-opbrengst. De minst kosteneffectieve maatregelen zijn diesel en benzine hybride en plug-in hybride voertuigen.

Onderstaande tabel en figuur geven aan welke maatregelen het beste scoren over de verschillende criteria heen.

Tabel 75: Overzicht van de MCA maatregelen voor de transport sector

Rijlabels	Som van TOTAAL	Som van EFFECT	Som van KOSTEN-EFFECTIVITEIT	Som van TIJD	Som van ANDERE MILIEUEFFECTE	Som van SOCIAAL MAATSCH.
TRANSPORT1- elektrische voertuigen	↑ 21	5	4	3	5	4
TRANSPORT2- voertuigen op CNG	↑ 20	4	5	5	4	2
TRANSPORT3- Diesel hybride voertuigen	→ 15	4	2	3	4	2
TRANSPORT4- Benzine hybride voertuigen	↘ 17	5	3	3	4	2
TRANSPORT5- Diesel plug-in hybride voertuigen	↑ 19	5	3	3	4	4
TRANSPORT6- Benzine plug-in hybride voertuigen	↑ 19	5	3	3	4	4
TRANSPORT7- Voertuigen op waterstof (brandstofcel)	↘ 17	5	4	1	5	2
TRANSPORT8- Voertuigen op waterstof (verbrandingsmotor)	↘ 17	5	4	1	5	2
TRANSPORT9- Overstappen op fietsen op lokale wegen	↑ 20	5	4	5	5	1



Figuur 58: MCA voor maatregelen transport sector (boven inclusief en onder exclusief kosteneffectiviteit)

Alle maatregelen vertonen een belangrijk CO₂-reductiepotentieel (alleen score 4 of 5). In absolute waarde echter varieert het CO₂-reductiepotentieel tussen deze maatregelen van ca. 8% (voor voertuigen op CNG) tot ca. 61% (voor voertuigen op waterstof). Het overschakelen op elektrische voertuigen heeft vooral een belangrijk positief effect op luchtkwaliteit in het algemeen omdat emissies terugvallen op nul tijdens het gebruik. Met well-to-wheel emissies wordt echter geen rekening gehouden bij deze beoordeling. De sociaal-maatschappelijke barrières worden als matig positief beschreven. Huishoudens en bedrijven zullen hun auto moeten vervangen. Volgens de meest recente projecties zullen elektrische voertuigen duurder blijven dan de alternatieven (behalve CNG, diesel, benzine plug-in hybride en LPG auto's onder het "laag" PROLOBIC scenario, cf. Tabel 50). Zonder financiële stimulansen van de overheid is het dus onwaarschijnlijk dat er tegen 2030 een grootschalige overstap naar elektrische voertuigen zal plaatsvinden (zeker indien men rekening houdt met hun beperkte autonomie), tenzij er een nieuw businessmodel aan gekoppeld wordt zoals beschreven in het visionair scenario. In vergelijking met de andere alternatieve technologieën zijn elektrische voertuigen vanuit het standpunt van de gebruiker de meest kosteneffectieve oplossing (hoewel de kost per eenheid CO₂-reductie bij de vervanging van benzine auto's zeer hoog ligt in vergelijking met andere sectoren). De voornaamste beperking is uiteraard de actieradius van deze voertuigen. Bovendien is een commerciële doorbraak afhankelijk van het bestaan van een voldoende dichte laadinfrastructuur (zie visionair scenario). Het grootste potentieel ligt dus bij gebruikers die een hoog aantal kilometers afleggen op jaarbasis (zodat de hogere vaste kosten over meer kilometers worden gespreid), maar telkens voor ritten over relatief korte afstanden en/of over voorspelbare trajecten. Volgende sectoren lenen zich daar bij uitstek toe: bepaalde stadsdiensten, bepaalde segmenten van de markt voor autodelen, voertuigen die gebruikt worden voor stadsdistributie.

Het reductiepotentieel van overschakelen op CNG voertuigen en het algemeen effect op luchtkwaliteit is matig positief. Voertuigen op CNG zijn relatief goedkoop ten opzichte van de alternatieven, commercieel beschikbaar en kunnen een substituuut zijn voor diesel (en met lagere luchtvervuiling). Deze voertuigen bieden dus een kans tot een "quick win". Aangezien de laadinfrastructuur ook geschikt is voor biogas, bestaat er minder risico op "lock in" indien met de tijd betere oplossingen beschikbaar worden. De voornaamste bottleneck voor het gebruik van deze voertuigen is de infrastructuur, waar zich een "kip en ei" probleem stelt: gebruikers zullen niet overschakelen op alternatieve energiedragers indien er geen laadinfrastructuur beschikbaar is, maar het is niet rendabel om te investeren in laadinfrastructuur indien er geen perspectief is op een voldoende aantal eindgebruikers. Bovendien hebben investeringen in infrastructuur niet altijd zin indien ze zuiver lokaal blijven.

Diesel en benzine hybride voertuigen bieden een lager emissiereductiepotentieel en kosteneffectiviteit dan volledig elektrische voertuigen of plug-in hybride voertuigen, maar ze zijn wel goedkoper. Ze bieden ook een hogere actieradius dan volledig elektrische voertuigen, wat een niet te verwaarlozen voordeel voor de gebruiker is.

Het overschakelen naar diesel en benzine plug-in hybride voertuigen heeft vooral een belangrijk CO₂-reductiepotentieel en een belangrijk positief effect op luchtkwaliteit in het algemeen. Met well-to-wheel emissies wordt echter geen rekening gehouden bij deze beoordeling. Er bestaat enorm veel onzekerheid met betrekking tot de toekomstige kostenevolutie van dit type voertuigen. In afwachting van een grootschalige ontplooiing kunnen pilootprojecten interessant zijn om ervaring op te doen. Het grootste nadeel ligt in de hoge kostprijs in vergelijking met benzine auto's. Er bestaat ook een zeer grote mate van onzekerheid met betrekking tot de toekomstige kostenevolutie. Ze bieden wel een hoger actieradius dan volledig elektrische voertuigen, wat een niet te verwaarlozen voordeel voor de gebruiker is. Indien ze in "elektrische" modus rijden, stoten ze ook geen luchtvervuilende pollutanten uit, wat dan weer een voordeel is ten opzichte van

“conventionele” hybride voertuigen is. Een nadeel van deze voertuigen is dan weer dat de nodige laadinfrastructuur moet worden voorzien.

Het gebruik van waterstof (zowel in brandstofcellen als in verbrandingsmotoren) biedt een hoog reductiepotentieel en hoge kosteneffectiviteit, maar alleen als men geen rekening houdt met indirecte emissies. De productiewijze van de waterstof is dus cruciaal in de eindevaluatie. Deze auto's zijn duurder dan de meeste alternatieven. Auto's op basis van brandstofcellen zouden tegen 2030 goedkoper kunnen worden dan dieselwagens (onder het “laag” PROLIBIC scenario, cf. Tabel 50). Naast de eventuele hoge indirecte emissies, stelt het voornaamste probleem zich op het niveau van de hoge kost van de distributieinfrastructuur. Een recent rapport voor de Europese Commissie besluit dan ook dat deze technologie op middellange termijn geen grote bijdrage kan leveren aan het terugdringen van broeikasgasemissies (Hill et al., 2009).

Het overstappen op de fiets op lokale wegen vraagt geen overgangsfase en kan op korte termijn geïmplementeerd worden. Het uitbreiden van het gebruik van fietsen is in grote mate afhankelijk van een voldoende aanbod aan veilige fietspaden en aan fietsstallingen. Indien men elektrische fietsen wil promoten, moet ook een laadinfrastructuur worden voorzien. Bovendien bestaat het lokaal verkeer voor een deel uit verkeer dat buiten de stadsring komt (of dat of een bestemming buiten de stadsring heeft) en zal een overschakeling naar de fiets niet altijd mogelijk zijn, zelfs niet voor korte verplaatsingen door bv. lichamelijke beperkingen. Het reëel reductiepotentieel ligt dus zeker lager. Bij elektrische fietsen stelt het probleem van de opportuniteitskost van de tijd minder.

6.3.8. MAATREGELEN PER TIJDSPANNE

Tabel 76 geeft een overzicht van de beoordeelde maatregelen, gesorteerd volgens aangegeven haalbare timing. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen:

- Score 5: korte termijn = voor 2017
- Score 3: middellange termijn = tussen 2017 en 2024
- Score 1: lange termijn = vanaf 2025

Uit de tabel blijkt dat veel van de als best beoordeelde maatregelen, op korte termijn implementeerbaar zijn en hun effect kunnen laten voelen:

- Voertuigen op CNG;
- Plaatsing van warmteterugwinning op ventilatie in subsector kantoren;
- Energiebesparende maatregelen industrie;
- Relighting bestaande gebouwen tertiaire sector;
- Lucht/bodemwarmtepompen residentiële en tertiaire sector;
- Overstappen op de fiets op lokale wegen.

Voor deze maatregelen kunnen we de totale impact op de CO₂-uitstoot niet éénduidig doorrekenen omdat dit bepaalde keuzes inhoudt. Bepaalde maatregelen zijn niet combineerbaar (sluiten elkaar uit omdat ze betrekking hebben op dezelfde emissiebron of hetzelfde energieverbruik). Bovendien werd bij de inschatting van het CO₂-reductiepotentieel rekening gehouden met de principes van de "trias energetica". Dit wil zeggen dat het potentieel van bepaalde maatregelen enkel geldt ná inzet van energiebesparende of vraagreducerende maatregelen.

Tabel 76: Overzicht van de MCA voor alle maatregelen, gesorteerd volgens haalbare timing maar exclusief effect van timing (kolom "tijd")

	TOTAAL	TIJD	KOSTEN-EFFECTIVITEIT	EFFECT	ANDERE MILIEUEFFEC	SOCIAAL MAATSCH. EFFECTEN
TERT15 - Luchtwarmtepompen	↑ 15	5	3	5	2	5
RESID30 - Pelletketels	→ 12	5	4	5	1	2
TRANSPORT2- voertuigen op CNG	↑ 15	5	5	4	4	2
ENERGIE3-grootschalige windturbines	→ 14	5	4	3	2	5
TERT13 - Plaatsing van warmteterugwinning op ventilatie in subsector kantoren	↑ 15	5	5	3	3	4
ENERGIE6-fotovoltaïsche panelen landbouw	→ 12	5	4	2	2	4
TERT18 - Pelletketels	→ 12	5	4	5	1	2
ENERGIE5-fotovoltaïsche panelen industrie	→ 13	5	4	3	2	4
RESID28 - bodemwarmtepompen	↑ 16	5	3	5	3	5
IND1 - Energiebesparende maatregelen	↑ 15	5	4	1	5	5
RESID31 - Zonneboilers	→ 12	5	2	3	3	4
IND2 - WKK op vaste biomassa	↑ 10	5	4	3	1	2
ENERGIE7-fotovoltaïsche panelen tertiair	→ 14	5	4	4	2	4
IND3 - ketel op vaste biomassa	→ 12	5	4	5	1	2
TERT16 - Plaatsing van bodemwarmtepompen	↑ 16	5	3	5	3	5
ENERGIE1-WKK ism op vaste biomassa	↓ 8	5	4	1	1	2
TERT19 - Relighting in bestaande gebouwen	↑ 16	5	5	3	3	5
ENERGIE4-fotovoltaïsche panelen huishoudens	→ 14	5	4	4	2	4
RESID27 - Luchtwarmtepompen	↑ 15	5	3	5	2	5
TRANSPORT9- Overstappen op fietsen op lokale wegen	↑ 15	5	4	5	5	1
RESID6 - Zeer Lage Energie Woning < 1900	→ 13	3	3	4	4	2
TERT5 - Zeer lage energie renovatie in subsector Onderwijs	→ 13	3	2	3	4	4
RESID12 - Passieve Woning 1900-1945	→ 13	3	2	5	4	2
RESID14 - Passieve Woning 1971-2000	→ 11	3	1	4	4	2
TERT9 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Onderwijs	→ 13	3	2	3	4	4
RESID15 - Passieve Woning 2001-2010	↓ 9	3	1	3	4	1
RESID9 - Zeer Lage Energie Woning 1971-2000	→ 10	3	1	3	4	2
RESID16 - Zeer Laag Energie Appartement < 1900	↓ 7	3	1	1	4	1
RESID13 - Passieve Woning 1946-1970	→ 11	3	1	4	4	2
RESID17 - Zeer Laag Energie Appartement 1900-1945	↓ 7	3	1	1	4	1
TERT7 - Zeer lage energie renovatie in subsector Overige	→ 14	3	2	4	4	4
RESID18 - Zeer Laag Energie Appartement 1946-1970	↓ 9	3	1	3	4	1
TERT11 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Overige	↑ 15	3	2	5	4	4
RESID19 - Zeer Laag Energie Appartement 1971-2000	→ 9	3	1	3	4	1
RESID7 - Zeer Lage Energie Woning 1900-1945	→ 14	3	3	5	4	2
RESID20 - Zeer Laag Energie Appartement 2001-2010	↓ 7	3	1	1	4	1
RESID11 - Passieve Woning < 1900	→ 12	3	2	4	4	2
RESID21 - Passief Appartement < 1900	↓ 7	3	1	1	4	1
TRANSPORT4- Benzine hybride voertuigen	→ 14	3	3	5	4	2
RESID22 - Passief Appartement 1900-1945	→ 7	3	1	1	4	1
TERT4 - Lage energie renovatie in subsector Welzijn	→ 14	3	3	3	4	4
RESID23 - Passief Appartement 1946-1970	↓ 9	3	1	3	4	1
TERT6 - Zeer lage energie renovatie in subsector Kantoren	↑ 13	3	2	5	4	2
TRANSPORT6- Benzine plug-in hybride voertuigen	↑ 16	3	3	5	4	4
TERT8 - Zeer lage energie renovatie in subsector Welzijn	→ 13	3	2	3	4	4
RESID25 - Passief Appartement 2001-2010	↓ 8	3	1	2	4	1
TERT10 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Kantoren	→ 13	3	2	5	4	2
ENERGIE2-biomassacentrale	↑ 10	3	3	4	1	2
TERT12 - Renovatie tot passief gebouw in subsector Welzijn	→ 13	3	2	3	4	4
RESID1 - Lage Energie Woning < 1900	→ 14	3	4	4	4	2
TERT14 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	→ 10	3	2	5	1	2
RESID2 - Lage Energie Woning 1900-1945	→ 13	3	3	4	4	2
RESID8 - Zeer Lage Energie Woning 1946-1970	→ 12	3	2	4	4	2
RESID3 - Lage Energie Woning 1946-1970	→ 11	3	2	3	4	2
RESID10 - Zeer Lage Energie Woning 2001-2010	↓ 9	3	1	3	4	1
RESID4 - Lage Energie Woning 1971-2000	→ 10	3	1	3	4	2
TRANSPORT1- elektrische voertuigen	↑ 18	3	4	5	5	4
RESID5 - Lage Energie Woning 2001-2010	↓ 7	3	1	1	4	1
TRANSPORT3- Diesel hybride voertuigen	→ 12	3	2	4	4	2
TERT1 - Lage energie renovatie in subsector Onderwijs	→ 14	3	3	3	4	4
TRANSPORT5- Diesel plug-in hybride voertuigen	↑ 16	3	3	5	4	4
TERT2 - Lage energie renovatie in subsector Kantoren	→ 13	3	3	4	4	2
TERT3 - Lage energie renovatie in subsector Overige	↑ 15	3	3	4	4	4
RESID24 - Passief Appartement 1971-2000	↓ 9	3	1	3	4	1
RESID26 - Stadsverwarming met grootschalige ketel op biomassa	→ 10	3	2	5	1	2
RESID29 - Inzet van biogas (vergassing houderige biomassa)	→ 12	1	3	5	2	2
ENERGIE8- enhanced geothermal systems	↓ 8	1	4	1	1	2
TRANSPORT8- Voertuigen op waterstof (verbrandingsmotor)	↑ 16	1	4	5	5	2
IND4 - inzet van biogas (vergassing houderige biomassa)	→ 13	1	4	5	2	2
TERT17 - Inzet van biogas (vergassing houderige biomassa)	→ 11	1	3	5	1	2
TRANSPORT7- Voertuigen op waterstof (brandstofcel)	↑ 16	1	4	5	5	2

6.4. MOGELIJKE ACTIES VOOR STAD GENT

We geven voor elke sector ook een indicatie van de slagkracht van de Stad i.e. een overzicht van de instrumenten die de Stad kan inzetten om de implementatie van maatregelen te promoten, ondersteunen of af te dwingen. We maken een onderscheid tussen drie types van instrumenten, met name sociaal, economisch, juridisch. In het algemeen kan gesteld worden dat de Stad Gent voornamelijk via sociale regulering en financiële instrumenten zijn bewoners kan sensibiliseren en aanzetten tot energiezuiniger gedrag. De mogelijkheden tot directe regulering zijn voor het stedelijk beleid relatief beperkt en zijn geregeld via de Belgische grondwet en via het gemeentedecreet. Daarnaast worden de gemeenten ook betrokken bij een aantal procedures (bv. milieuvergunningprocedure, convenanten, beleidsplannen), waar de gemeente dus wel op een indirecte manier invloed kan uitoefenen.

6.4.1. LOKALE ENERGIEPRODUCTIE

Zoals reeds aangegeven beschikt de Stad Gent over een beperkt aantal instrumenten om rechtstreeks de inzet van CO₂ reductiemaatregelen door de ETS-bedrijven te promoten, ondersteunen of af te dwingen. Niettegenstaande, kan de Stad Gent onrechtstreeks wel een stimulerende, faciliterende rol hebben in de uitvoering van projecten bij ETS-bedrijven. Zo kunnen zij mee rond de tafel zitten om alle informatie en mogelijkheden rond grote projecten uit te wisselen en te bediscussiëren.

Hoewel de “trias energetica” en het Covenant of Mayors energiebesparing vooropstelt, is er ook aandacht nodig voor lokale duurzame energieproductie opdat de Stad zoveel mogelijk onafhankelijk kan zijn van fossiele brandstoffen.

Een uitgebreide biomassa-scan voor het hele stedelijk grondgebied brengt het potentieel aan biomassa (vraag en aanbod) in kaart en geeft een indicatie van de meest kansrijke opties. Soortgelijke scans kunnen eveneens uitgevoerd worden voor windenergie en zonne-energie. In opdracht van de Stad Gent werd het potentieel van zon, wind en biomassa reeds in kaart gebracht (Devoldere, 2010). Het toepassingsgebied van deze studie kan verder uitgebreid worden met bijvoorbeeld, de Gentse Kanaalzone. De stad Gent zou kunnen overwegen om – naast haar eigen eigendommen - na te gaan of andere overheden en semi-overheden grondposities bezitten die in aanmerking kunnen komen voor de productie van hernieuwbare energie

Om het potentieel voor, bijvoorbeeld, WKK en stads/wijkverwarming in te schatten op het stedelijk grondgebied is een gedetailleerd overzicht nodig van de warmtevraag en –aanbod op lokaal niveau. Op basis van deze Warmteatlas kan een realistisch inschatting gemaakt worden van de mate waarin de stad voor haar energiegebruik op lokale (duurzame) energiestromen kan rekenen. Bij de lokale inplanting van duurzame energieprojecten is het vaak belangrijk om op de actieve steun van buurtbewoners te kunnen rekenen. Lokale besturen kunnen hiertoe bijdragen door als “bemiddelaar” of “facilitator” op te treden voor dergelijke projecten en de lokale inbreng in het project tijdig te organiseren.

Daarnaast kan de Stad ook actief onderzoeksprojecten (blijven) ondersteunen (financieel of communicatief) die betrekking hebben op kansrijke opties voor de toekomst, zoals bijvoorbeeld, slimme energieproductie en –vraagsturing via een energie-internet, turbinevrije windsystemen of energieconversieparken voor optimale benutting van biomassastromen.

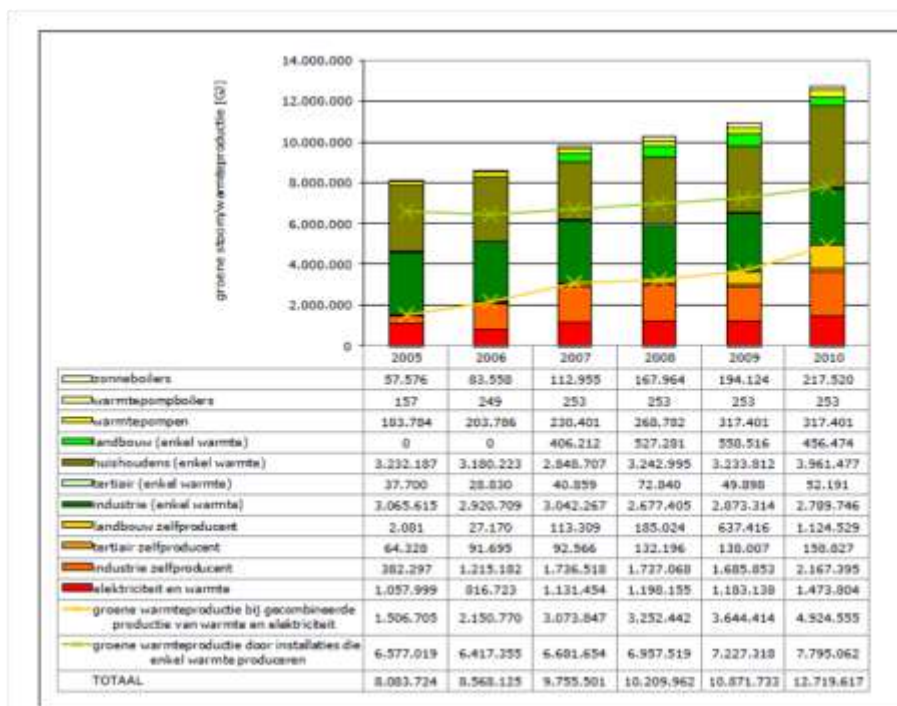
Aanvullend op het realiseren van duurzame energieproductie op het eigen grondgebied kan de Stad ook de aankoop van duurzame energie bij burgers en bedrijven (blijven) stimuleren.

6.4.2. INDUSTRIËLE SECTOR

Zoals reeds aangegeven, beschikt de Stad Gent over beperkt aantal instrumenten om de inzet van maatregelen door de ETS-bedrijven te promoten, ondersteunen of af te dwingen. Niettegenstaande kan de Stad wel een stimulerende, faciliterende rol hebben in de uitvoering van projecten bij ETS-bedrijven. Daarnaast is er een belangrijke rol weggelegd voor de Stad in het ondersteunen van de niet-ETS bedrijven.

Ondanks het feit dat heel wat van de energiebesparende maatregelen een beperkte terugverdiendtijd hebben, worden ze niet per definitie toegepast. Deze “energie efficiëntie gap” kan ondermeer verklaard worden door het gebrek aan monitoringsystemen (men is zich niet bewust van het energieverbruik), financiële middelen (competitie met investeringen in “core business” of “venture capital”, bijvoorbeeld procesverbetering of capaciteitsuitbreiding) of doelgericht beleid. Het is dan ook belangrijk om de voortgang in energieverbruik te monitoren en vanuit de Stad de nodige (aanvullende) instrumenten te voorzien die de bedrijven kan aanzetten tot effectieve investeringen in energiebesparende maatregelen.

Als een ketel of WKK voor het einde van zijn levensduur moet vervangen worden, geldt ook hier de bemerking dat in een competitie om middelen, de “internal rate of return” van dergelijke investering dusdanig hoog kan liggen en een vroegtijdige vervangingsinvestering het niet haalt ten opzichte van een investering in “venture capital”. Bovendien maken onzekerheid over de beschikbaarheid (en prijs) van biomassa en het gebrek aan ondersteuningsmechanismen voor groene warmte, investeringen in groene ketels en groene (niet kwalitatieve) WKK's onzeker. Als we de evolutie van de productie van groene warmte in Vlaanderen bekijken tussen 2005 en 2010 (Jespers et al., 2011) zien we een (beperkte) daling van productie van groene warmte/stoom in industrie (omvat zowel ETS als niet-ETS bedrijven). De toename van de warmteproductie door groene WKK's in industrie in 2010 ten opzichte van 2009 kan verklaard worden door de WKK-installatie bij Stora Enso (sector papier en uitgeverijen) die als inputstromen houtafval (B-hout) en een RDF-fractie (Refused Derived Fuel) aanwendt (Jespers et al., 2011).



Figuur 59: Evolutie productie groene warmte in Vlaanderen (2005 – 2010)

Enkel warmte= installaties die enkel warmte produceren (niet-WKK).

Zelfproducent= bedrijf (energieverbruiker) financiert en exploiteert zelf WKK-installatie.

Elektriciteit en warmte= WKK-installatie niet-zelfproducenten.

Bron: Jespers et al. (2011)

De inzet van biomassa voor productie van warmte/stoom (en stroom) door industrie lijkt ons dan ook enkel (financieel) haalbaar mits de aanname van een progressief, hernieuwbaar energiebeleid in Vlaanderen en flankerende maatregelen vanuit de Stad Gent.

De vraag kan gesteld worden of het opportuun is om ondersteunings- en financieringsmechanismen op lokaal niveau op te zetten die zich enkel richten naar de niet-ETS bedrijven op het stedelijk grondgebied Gent. De Stad kan gebruik maken van bestaande mechanismen, zoals bijvoorbeeld premies netbeheerders, om bijkomende ondersteuning of financiering te geven. Op die manier kunnen de bijkomende reguleringskosten beperkt blijven voor de Stad maar ook voor de bedrijven. De Stad kan de bedrijven informeren en stimuleren om gebruik te maken van de bestaande mechanismen zoals voornoemde premies van de netbeheerders maar ook de ecologiepremie. Op Vlaams niveau is sinds 16 april 2012 de groene waarborg van kracht worden (<http://www.pmv.eu/nl/diensten/waarboregeling>). De bedrijven kunnen een dossier indienen om energiebesparende technologieën (die niet onder ecologiesteun vallen) op de limitatieve lijst van de groene waarborg te zetten.

De Stad kan ook een belangrijke rol spelen in het ontsluiten, integreren en dissemineren van informatie zodat potentiële gekend zijn en een dynamiek op gang gebracht wordt tussen de betrokken actoren met betrekking tot, bijvoorbeeld, uitwisselen van reststromen of rationeel energiegebruik. Via deze weg kan de Stad slim sturen naar beloftevolle toekomstige maatregelen zoals het voorbeeld van energieconversieparken in het visionair scenario.

6.4.3. RESIDENTIËLE SECTOR

Zoals reeds aangegeven, beschikt de Stad vandaag reeds over een aantal instrumenten die ze kan inzetten om haar burgers te informeren en te sensibiliseren rond thema's zoals duurzaamheid, klimaat en energiebesparing. Daarnaast beschikt de Stad ook over een aantal financiële instrumenten zoals bijvoorbeeld, de premie voor het plaatsen van dakisolatie en onderdaken. Daarnaast kan de Stad een faciliterende rol op zich nemen om een meer fundamentele omschakeling naar passiefrenovatie te bewerkstelligen via, bijvoorbeeld, ketenintegratie zoals aangegeven in het visionair scenario.

De effectiviteit van de bestaande (en nieuwe) instrumenten kan verhoogd worden door, bijvoorbeeld, de keuze van het instrument af te stemmen op het profiel van de bewoners. In het "Actieplan van het Energierenovatieprogramma 2020 voor het Vlaamse woningbestand, Monitoringrapport 2011" van het Vlaams Energieagentschap wordt aangegeven dat "het niet mogelijk lijkt om de doelstellingen te behalen met enkel een aantal algemene maatregelen zoals, belastingvermindering, algemene premies, algemene communicatie, ... maar dat er moet ingespeeld worden op de specifieke redenen waarom bepaalde bevolkingsgroepen tot op heden zeer rendabele energiebesparende investeringen nog niet hebben uitgevoerd."

In deze studie wordt een onderscheid gemaakt tussen volgende doelgroepen:

- Hoger opgeleiden, middenklasse en hogere inkomens;
- Lager opgeleiden – lagere inkomens;
- Kopers van een woning/appartement en jonge eigenaars;
- Oudere eigenaars;
- Verhuurders.

In volgende tabel wordt voor elk van voornoemde doelgroepen een overzicht gegeven van mogelijke barrières die de inzet van (zeer rendabele) energiebesparende maatregelen kunnen verhinderen.

Tabel 77: Mogelijke barrières per doelgroep die de inzet van energiebesparende maatregelen kunnen verhinderen

Doelgroep	Sociale/maatschappelijk barrières tot renovatie
Hoger opgeleiden, middenklasse en hogere inkomens	Dit is de doelgroep, die reeds een hoog milieubewustzijn heeft. Zij zijn goed geïnformeerd en bereid om energiebesparende maatregelen te doen. Er kan vanuit gegaan worden dat zij de bestaande ondersteuningsmaatregelen kennen en hiervan ook gebruik zullen maken.
Lager opgeleiden – lagere inkomens	Deze doelgroep heeft andere bezorgdheden en besteedt quasi geen aandacht aan het uitvoeren van energiebesparende investeringen. Zij zijn slechts beperkt op de hoogte van bestaande ondersteuningsmaatregelen. Het probleem bij deze doelgroep ligt ook in het feit dat zij vaak zelf werken uitvoeren (om de kosten te drukken) en dat zij op die manier geen gebruik kunnen maken van bestaande ondersteuningsmaatregelen, waarbij vereist wordt dat deze door een erkend vakman worden uitgevoerd.
Kopers van een woning/appartement en jonge eigenaars	Uit onderzoek van VCB blijkt dat het grootste gedeelte van de aangekochte eengezinswoningen binnen het jaar na de aankoop een (grondige) renovatie ondergaan. Zelfs als informeren de meeste kopers zich uitgebreid over de renovatiepremies, dan nog blijkt dat men de voorkeur geeft aan werken die de woning meer geschikt maken voor de levenswijze van de nieuwe bewoner, eerder dan aan energiebesparende renovatiewerken. Kopers zijn vaak jonge gezinnen en hebben een beperkt budget. Ook hier verkiezen zij de werken vaak zelf te doen om de kosten te drukken. Appartementen worden in veel mindere mate gerenoveerd. Energiebesparende renovatiewerken blijven beperkt tot vervangen van ramen en beglazing omdat zij over andere maatregelen niet alleen kunnen beslissen (bijv. vervangen van CV, isoleren van dak).
Oudere eigenaars	Bij de woningen van oudere eigenaars zit er vaak nog een hoog energiebesparingspotentieel. Deze zijn echter beperkt geïnteresseerd in en geïnformeerd over de voordelen aangaande de uitvoering van energiebesparende maatregel. Ze beschikken dikwijls wel over de nodige financiële middelen maar willen zich de last die bij de uitvoering van renovatiewerken komt kijken niet meer aantrekken. Zij vrezen ook dat de uitvoering van deze investering een impact zal hebben op de KI of te betalen successierechten door de erfgenamen.
Verhuurders	Zijn meestal niet geïnteresseerd in het uitvoeren van energiebesparende renovatiewerken omdat dit ten goede komt van de huurder (daling van de energiefactuur).

Bron: Actieplan van het Energierenovatieprogramma 2020 voor het Vlaamse woningbestand, Monitoringrapport 2011 (VEA)

Voor het nemen van acties kan de Stad Gent zich ook laten inspireren door voorbeelden in andere steden. Zo voerde de Stad Kortrijk de “Nu-of-Nooit”- premie in en wil ze hiermee, in samenwerking met het OCMW, inzetten op de verbetering van de woonkwaliteit van de woningen op Overleie. Met de tijdelijke renovatiepremie willen ze eigenaars ondersteunen die werken uitvoeren die de veiligheid, gezondheid, comfort en energiezuinigheid van de woningen verbeteren. Daarbovenop wordt ook ondersteuning aangeboden van een ervaren renovatiebegeleider. De “Nu-of-Nooit”-premie wordt uitbetaald binnen een contract tussen de Stad en de bouwheer. In dit renovatiecontract worden de uit te voeren werken en een maximum huurprijs voor een periode van 9 jaar vastgelegd. Deze maximum huurprijs wordt bepaald op basis van de grootte, de ligging en het kwaliteitsniveau van de woning. De “Nu of Nooit”- premie bedraagt de helft van de

aanvaarde factuur verminderd met de overige premies (federaal, Vlaams, Eandis, Stad Kortrijk) met een maximum van 5.000 € (www.kortrijk.be)

Reeds bestaande acties kunnen breder toegepast worden. Een voorbeeld van een reeds bestaande acties is de actie binnen het projectgebied “Ledeberg Leeft!”. Wie daar woont kan zijn woning laten nakijken door een technisch consultant van de Dienst Wonen van de Stad Gent. De Stad Gent wil eigenaars aanmoedigen om verbeteringswerken uit te voeren die de woning veiliger, gezonder en comfortabeler maken. De Stad Gent verleent daarom een toelage voor het verbeteren van de woonkwaliteit in het kader van het project “Ledeberg Leeft” aan eigenaars-bewoners of eigenaars-verhuurders (www.gent.be).

6.4.4. TERTIAIRE SECTOR

Vanuit haar voorbeeldfunctie heeft de Stad al maatregelen ingezet of gepland om het energieverbruik van haar eigen patrimonium te beperken en/of meer onafhankelijk te maken van fossiele brandstoffen.

Instrumenten die kunnen ingezet worden om de handelaars en dienstverleners te informeren, te sensibiliseren en te stimuleren tot energiezuiniger gedrag zijn bijvoorbeeld:

- Afspraken rond het collectief sluiten van winkeldeuren tijdens de koudere periodes van het jaar;
- Faciliteren van groepsaankopen groene stroom/PV;
- Informatie aanbieden rond het gebruik van energiezuinige apparaten, buitenzonnewering, koeling via hernieuwbare energiebronnen;
- Huisvestingsmaatschappijen/projectontwikkelaars stimuleren door aanvraagprocedures te vereenvoudigen.

De effectiviteit van de bestaande (en nieuwe) instrumenten kan verhoogd worden door, bijvoorbeeld, de keuze van het instrument af te stemmen op het profiel van de gebouwgebruiker/eigenaar. De grote heterogeniteit binnen de tertiaire sector maakt dat afstemming op het gebruikersprofiel erg belangrijk wordt. Zo vraagt de sensibilisering van scholen om een andere aanpak en verspreidingskanalen dan de sensibilisering van handelaars. Daarenboven moet er ook voldoende en specifieke aandacht zijn voor de problematiek huurder versus gebouweigenaar.

Om de doeltreffendheid en de impact van de instrumenten te verhogen, is het wegwerken van de bestaande lacunes in de databeschikbaarheid van groot belang. Hiervoor dient onderzoek te gebeuren naar de specifieke energieverbruiken en gebouwenmerken per subsector voor het stedelijk grondgebied. Het beter in kaart brengen van de sector zal toelaten om de impact en kostprijs van CO₂-reductiemaatregelen met een grotere betrouwbaarheid te kunnen bepalen. Dit laat op zijn beurt toe om de beleidsuitvoerende instrumenten beter af te stemmen op de te dichten CO₂-kloof.

6.4.5. VERKEER EN VERVOER

De maatregelen in voorgaande paragrafen en de daarbij berekende kosten en effecten, gaan ervan uit dat alle kilometers op het grondgebied Gent in de toekomst gereden worden met alternatieve voertuigtypes. Aangezien het lokaal verkeer voor een deel uit verkeer bestaat dat buiten de

stadsring komt (of dat of een bestemming buiten de stadsring heeft), zullen acties van de Stad Gent of de Gentenaar niet voldoende zijn om het ingeschatte CO₂-reductiepotentieel te bewerkstelligen. Er zijn ook maatregelen die binnen de transportsector kunnen genomen worden en die potentieel een impact kunnen hebben op de CO₂-uitstoot maar die niet meegenomen werden in de CO₂-kostencurve of MCA. De redenen hiervoor zijn tweëerlei:

Maatregelen waarvoor we impact niet kunnen doorrekenen op basis van theoretische beschouwingen maar geval per geval moeten bekijken. Dergelijke detailstudie was niet haalbaar binnen het bestek van deze studie. Echter, het kan wel zinvol zijn voor de Stad Gent om een aantal cases onder de loep te nemen en na te gaan wat het effect is op de CO₂-emissies (en andere criteria). We denken hierbij aan:

- Modal shift van personenvervoer naar collectieve modi: dergelijke shift zal namelijk leiden tot een verandering in de gemiddelde bezettingsgraad van het openbaar vervoer, en dus ook in de gemiddelde emissiefactoren. Het is in principe dus mogelijk dat een modal shift dus leidt tot een toename van de CO₂ uitstoot (of tegen een afname, maar tegen een zeer hoge financiële kost per eenheid reductie).
- Walstroom: ondersteunen van walstroom kan leiden tot een afname van de CO₂-uitstoot door aangemeerde schepen. De effectieve kost van deze maatregel is zeer locatiespecifiek en hangt samen met de kosten voor de nodige infrastructuur maar ook kosten voor de eventuele aanpassing van de schepen die willen gebruik maken van walstroom.

Maatregelen waarvoor de hefboomen het lokaal niveau overstijgen en waarvoor we kunnen stellen dat het onwaarschijnlijk is dat unilaterale maatregelen op stedelijk niveau veel effect zullen teweegbrengen naar CO₂. We denken hierbij aan:

- Modal shift van het vrachtvervoer van de weg naar spoor en water. Dergelijke maatregel zou kunnen leiden tot een lagere beladingsgraad voor deze modi, en dus ook tot een hogere gemiddelde emissiefactor. In het kader van interstedelijk vervoer hebben maatregelen om een dergelijke modal shift te promoten sowieso enkel zin indien de hele logistieke keten wordt beschouwd.
- Spoorvervoer: hefboomen voor het opleggen van specificaties aan nieuwe voertuigen liggen vooral op nationaal vlak.
- Zeevaart en Binnenvaart: mogelijkheden om maatregelen te nemen in de worden in grote mate beperkt door de internationale spelregels. Als individuele haven is het dan ook moeilijk om initiatieven te nemen voor emissiereductie van de schepen. Daarom moet er gestreefd worden naar het mee instappen in internationale initiatieven en meefinancieren of meewerken daarin o.a: goed verkeers- en informatiemanagementsysteem, belonen van schepen met verlaagde haventaksen.

Een actie voor de Stad kan zijn om de regionale, nationale en Europese overheden te wijzen op de rol die zij kunnen spelen: invoeren van rekeningrijden, het veranderen van internationale verdragen zodat ook maatregelen kunnen genomen worden in de maritieme en in de binnenvaartsector, het steunen van onderzoek en ontwikkeling, het stimuleren van maatregelen die de hele logistieke keten heroptimaliseren, enz.

Niettegenstaande deze bedenkingen kan de Stad Gent een aantal instrumenten inzetten die de vervanging van conventionele door alternatieve voertuigtechnologieën kunnen stimuleren of ertoe kunnen bijdragen dat het aantal kilometers dat gereden wordt op grondgebied Gent gereduceerd wordt.

Substitutie van conventionele naar alternatieve voertuigtechnologieën stimuleren:

- Rechtstreeks de aankoop en het gebruik van alternatieve voertuigen subsidiëren¹⁰, hier moet men er zich bewust van zijn dat de budgettaire impact zou kunnen oplopen tot meerdere tientallen miljoenen euro's *per jaar*.
- Vanuit de eigen voorbeeldfunctie, de eigen stadsvloot vervangen¹¹
- Gent kan ook het bedrijfsleven actief benaderen om alternatieve brandstoffen of technologieën in hun wagenpark toe te passen (aankoop van elektrische voertuigen of voertuigen op aardgas/groen gas, trucks op aardgas/groen gas.). De Stad kan stimuleren en afspraken maken met de doelgroep over de vergroening van hun wagenpark.
- Investerings in distributieinfrastructuur, die bovendien alleen effect zullen hebben indien ze passen in een bredere inspanning op Europees niveau: de meeste mensen zullen geen voertuigen kopen waar ze zich alleen lokaal mee kunnen bewegen. Gent kan hierbij wel een bijdrage leveren door te investeren in tankpunten en zodiende een rol te spelen in de uitbouw van een gebiedsdekkend netwerk.
- Het ontwikkelen van milieuzones of lage emissie zones: dit zijn zones, waar alleen voertuigen mogen rijden die aan bepaalde emissie-eisen voldoen. De emissie-eisen kunnen gebaseerd zijn op voertuigtype (personenauto's, vrachtwagens), brandstoftype (diesel, benzine), Euro-klasse, aanwezigheid van roetfilter, leeftijd van het voertuig ... Met andere woorden; automobilisten moeten dus met een schonere auto of met een andere vervoerswijze gaan reizen.

Acties die ertoe bijdragen om de gereden aantal kilometers te reduceren

- Overheden kunnen maatregelen nemen om mensen aan te moedigen om fysieke verplaatsingen te vermijden door, bijvoorbeeld, telewerken en Internet aankopen. Tenzij dergelijke maatregelen worden gecombineerd met andere instrumenten (zoals rekeningrijden), zullen ze op lange termijn geen effect uitoefenen op de vraag naar transport. De ervaringen in steden zoals London (<http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/>, geraadpleegd: november 2012) en Stockholm (Borjesson et al., 2012) hebben aangetoond dat een systeem van rekeningrijden inderdaad kan leiden tot een significante afname van het verkeersvolume – in het geval van Stockholm, tot bijna 30%. Echter, de Vlaamse regering heeft zich eerder dit jaar nog uitgesproken ten voordele van een wegenvignet (eerder dan een kilometerheffing) voor personenwagens (<http://vlaandereninactie.be/nieuws/akkoord-over-systeem-kilometerheffing-en-wegenvignet/>). Bij een wegenvignet bestaat er geen enkele stimulans om het aantal en de lengte van de verplaatsingen te beperken.
- Een stad kan maatregelen nemen om de eigen stadsdistributie te optimaliseren, bijvoorbeeld door het creëren van stedelijke consolidatiecentra of door een systeem te ondersteunen van "carpool voor het vrachtvervoer". Dergelijke maatregelen kunnen resulteren in een hogere beladingsgraad voor de vrachtwagens die in stadsdistributie worden gebruikt.

¹⁰ Sinds 1 januari 2012 was in Gent een nieuw subsidiereglement van kracht om milieuvriendelijke vervoer aan te moedigen. Het reglement richtte zich tot particulieren en tot taxidiensten, koerierdiensten en autodeelorganisaties. In totaal werden 1.335 subsidieaanvragen ingediend. Vooral de subsidie voor de elektrische fiets was een succes (bron:www.gent.be)

¹¹ De Stad Gent wil instaan voor een innovatief vlootbeheer en zal haar diensten aanmoedigen om te kiezen voor elektrische voertuigen. Het aanbod van een nieuw raamcontract dat deze week werd goedgekeurd, omvat een kleine personenwagen, een model kleine middenklasse en een bestelwagen met lang of kort chassis. Het gaat om een honderdtal voertuigen die in een periode van vier jaar kunnen worden aangekocht afhankelijk van de beschikbare budgetten en de noden van de diensten binnen de Groep Gent. De eerste ervaringen met dertien elektrische voertuigen waren positief. Ook de leden van de Groep Gent, zoals het Havenbedrijf en het OCMW, kunnen onder dezelfde voordelige voorwaarden die elektrische voertuigen aankopen. De Stad Gent richt hiervoor een aankoop- en opdrachtcentrale op (bron:www.gent.be op 09/11/2012)

-
- Ook het verder ontwikkelen van P+R parkings aan de rand van de stad kan ertoe bijdragen om het verkeer in de binnenstad te verminderen. Ook aangepaste parkeertarieven in de stad zijn nodig om de mensen te stimuleren gebruik te maken van de P+R faciliteiten. Dit moet samengaan met verbetering in OV in de nabijheid van P+R (verhoging van de toegankelijkheid om dit alternatief aantrekkelijk te maken) en fietsvoorzieningen. P+R-voorzieningen kunnen bijdragen aan de haalbaarheid van maatregelen die een beperking van het autogebruik op een bepaalde locatie afdwingen (gedifferentieerde parkeertarieven, instellen verkeersvrije zone). Dergelijke maatregelen beperkt mensen hun bewegingsvrijheid, de implementatie van P+R-voorzieningen hierbij biedt mensen een bruikbaar alternatief waardoor de weerstand zal afnemen.
 - Het instellen en het handhaven van een verkeersvrije zone. Een nader af te bakenen gebied wordt met beweegbare fysieke afsluitingen afgesloten voor personenverkeer en/of bestelverkeer, al dan niet met ontheffingen. Hierbij dient steeds een afweging te gebeuren of de creatie van verkeersvrije zones een bedreiging vormt voor de bereikbaarheid van de handelaars in de binnenstad
 - Het stimuleren van het rijden met de fiets kan door het algemeen verbeteren van de fietsinfrastructuur: de aanleg van fietsbruggen en –onderdoorgangen, het vervolledigen van de hoofdfietsroutes, het verbeteren van fietspaden, kleinere aanpassingen voor meer comfort en veiligheid (wegmarkeringen, aangepaste verkeerscirculatie, ...).
 - Maatregelen om het gebruik van fietsen te promoten zoals: gebruik opleggen voor bepaalde stadsdiensten; verlenen van financiële steun aan kleinhandelaars die deelnemen aan een systeem van stadsdistributie per fiets; verlenen van financiële steun aan initiatieven voor fietsverhuur; toekennen van fietspremies; steun verlenen aan uitbouw van laadinfrastructuur voor elektrische fietsen.

HOOFDSTUK 7. VISIONAIR SCENARIO

Om van Gent een klimaatneutrale stad te maken tegen 2050 zijn verre gaande inspanningen nodig. Inspanningen die verder gaan dan “quick wins” en de inzet van technologieën die vandaag commercieel beschikbaar zijn. Er is nood aan innovatie die verder reikt dan technologische vooruitgang. Hiervoor is meer nodig dan de gangbare innovatie van vandaag. Anders gezegd, er is nood aan **het vernieuwen van vernieuwing**. Vernieuwing die gelijktijdig inspeelt op de korte, middellange en lange termijn (fast track & slow track) en op “harde” systeemwaarden, zoals efficiëntie, en “zachte” menselijke waarden zoals levenskwaliteit (hardware & software).

7.1. DE MEERWAARDE VAN EEN VISIONAIR SCENARIO

7.1.1. SOCIAAL-MAATSCHAPPELIJK VERANTWOORD

Gent klimaatneutraal gaat niet enkel over de (infra)structuur, regelgeving en beleid van de Stad, hierna vermeld als de “**hardware**” van Gent maar ook over de denkwijze, attitude en cultuur van haar inwoners, hierna vermeld als de “**software**” van de Gentenaar. Dit inzicht vormde de grondslag van de transitie aanpak die Gent vooropstelde om het veranderingsproces naar klimaatneutraliteit in gang te zetten. Dat op beide fronten, hardware en software vernieuwing nodig is, is ontegensprekelijk. Het is evenwel ook tekenend dat er een spanningsveld ontstaat tussen enerzijds de “harde” systeemwaarden die vaak uitgaan van technologische innovaties en de “zachte” menselijke waarden, zoals bijvoorbeeld levenskwaliteit, die tijdens de arenasessies naar boven kwamen. Gent klimaatneutraal in 2050 impliceert immers niet enkel dat de stad evolueert naar een klimaatneutrale stad door de inzet van technologieën. Ook de Gentenaar dient zijn steentje bij te dragen via nieuwe attitudes. Hoewel de focus bij de start van het arena traject klimaatneutraliteit was, verruimden de deelnemers van de arena de ambitie naar een meer integrale aanpak waarbij nieuwe aspecten, zoals onder andere welzijn, mobiliteit, duurzame bevoorrading, en nieuwe bedrijfsmodellen aan bod kwamen (nota van transitiepaden). Daarom is het aangewezen om het veranderingsproces naar klimaatneutraliteit tot stand te laten komen in samenhang met deze andere ambities, zoals beschreven in de vier thema’s en begeleidende streefbeeldens die in de arena’s werden ontwikkeld: economie & consumeren; mobiliteit, ruimte & welzijn; energieke stad & intelligente kringlopen en betrokkenheid & activering. Een knelpunt is zodoende hoe de “hardware update van Gent” en de “software herziening” van de inwoners op elkaar geënt kunnen worden zodat ze mekaar versterken. Hiervoor dienen bruggen te worden geslagen tussen de “harde” en “zachte” systeem aanpakken. Er bestaat geen handleiding of methodiek over hoe je dit best doet. We weten wel dat een lock-in in onduurzame systemen vermeden dient te worden en dat er openingen gecreëerd dienen te worden die “**vernieuwing van vernieuwing**” toelaten, zowel op technologisch als op sociaal-maatschappelijk vlak. Daarom is het aangewezen om naast een “**fast track**” van **relatief snel integreerbare, incrementele vernieuwing** – datgene waarmee je snel resultaat kunt boeken – ook een “**slow track**” van **meer radicale vernieuwing** te koppelen. Of anders gezegd, ruimte te creëren om oplossingen te zoeken die verder gaan dan “*doing things better*”, maar die de basis leggen voor “*doing better things*”.

Om hieraan te beantwoorden koppelen we het 2030 scenario met een visionair scenario dat focust op meer fundamentele systeemvernieuwing. Om een brug te slaan met de visies die geformuleerd werden in de arena's zal het visionair scenario geïnspireerd zijn op de vier thema's en begeleidende streefbeelden die de arenadeelnemers samen formuleerden in het transitietraject.

7.1.2. WETENSCHAPPELIJK VERANTWOORD

Het visionair scenario geeft de Stad en de arena's **een andere bril om naar het 2030 scenario te kijken**. Radicale innovaties vragen immers een andere aanpak dan incrementele vernieuwingen en vragen om vroegtijdige, langdurige en doordachte voorbereiding. Het naast elkaar leggen van het 2030 scenario en het visionair scenario geeft aan welke belangrijke nieuwe vragen en dilemma's zich opdringen. Bijvoorbeeld, waar zitten de onzekerheden, welke lock-ins kunnen er optreden, waar werken incrementele verandering en radicale verandering mekaar tegen, waar kunnen "*windows of opportunity*" verschijnen...? Het identificeren van kenmerken zoals nieuwe onzekerheden, spanningsvelden, synergie en trade-offs, "*windows of opportunity*"... is essentieel voor het **stimuleren van het leerproces** dat nodig is om een ambitie zoals klimaatneutraliteit om te zetten in de realiteit. Bovendien kan deze aanpak de discussie in de arena's aanzwengelen en stimuleert ze zo het voortschrijdend inzicht van alle actoren. Het bevorderen van het **reflectief vermogen** wordt in de transitie literatuur als sleutelvoorwaarde voor transitie beschouwd (Grin et al. 2010). Het visionair scenario illustreert waar verregaande innovatie mogelijk is uitgaande van de thema's en begeleidende streefbeelden van de transitie arena. Waar mogelijk zullen voorbeelden van potentieel radicale technologische en sociale innovatie worden toegelicht. Of dergelijke doorbraken er werkelijk zullen komen, is niet gegarandeerd. Het gaat in dit scenario eerder om het **verbreden van de oplossingsportfolio** zodanig dat deze verder reikt dan de technologische oplossingen die we vandaag al kennen. Omwille van die reden is het onderstaand overzicht geen keuzelijst van pasklare oplossingen binnen de absolute wetenschap zoals we ze vandaag hanteren en is het overzicht niet volledig en niet limitatief. Immers, de wetenschap zelf zal evolueren. Dus het visionair scenario wordt best beschouwd als een "snapshot" van verregaande vernieuwingen in concepten en technieken waarover vandaag reeds wordt nagedacht. Over een jaar kan de oplossingsportfolio er anders uitzien. Omdat het over radicale innovaties gaat die zich nog in conceptuele/demo fase bevinden, kunnen er geen uitspraken gedaan worden over effecten en kosten. Dat het belangrijk is om rekening te houden met dergelijke visionaire innovaties, ook vanuit economisch oogpunt, illustreert het voorbeeld van de muziekindustrie. Deze hield onvoldoende rekening met de visies van digitale vooruitgang die aan de basis lagen van online muziekbibliotheken en -platformen (het online delen van muziekbestanden en platformen zoals iTunes) die de aankoop van muziekcd's overbodig maakte. Daardoor miste de platenmaatschappijen de boot en leden ze een miljardenverlies (Rifkin, 2012).

7.2. AANPAK VOOR HET VISIONAIR SCENARIO

In de transitie arena's die voorliggend onderzoeksproject vooraf gingen, hebben de deelnemers in een participatorische setting een visie ontwikkeld over hoe Gent er in 2050 idealiter uitziet. De toekomstvisie werd verbeeld in vier streefbeelden rond de thema's die voor de deelnemers van essentieel belang zijn:

- Economie & Consumeren
- Mobiliteit, Ruimte & Welzijn
- Energie & Afval
- Betrokkenheid & Activering

Per streefbeeld zijn er meerdere, mogelijke transitiepaden geïdentificeerd. Op dit moment is de lijst van transitiepaden nog niet definitief. Omwille van deze reden, gebruiken we de geschetste streefbeelden als uitgangspunt voor de ontwikkeling van het visionair scenario. Op deze manier sluit het aan bij het werk dat reeds verricht is in de transitie arena's en kan het als voedingsbodem dienen om het reflectief proces in de arena's in de toekomst aan te zwengelen. Bovendien reikt het visionair scenario ook verder dan enkel technologische oplossingen en worden interessante concepten zoals sociale innovatie bijvoorbeeld, mee opgenomen. Per streefbeeld zal er dus een waaier aan mogelijke maatregelen worden weergegeven die geënt zijn op de voorliggende transitiepaden (in cursief). De maatregelen worden voor zover als mogelijk gegroepeerd onder vernieuwende concepten of systeemveranderingen (in vet blauw). Dit houdt ook in dat we in dit scenario onze blik verruimen: niet enkel CO₂-reductie staat centraal, maar ook levenskwaliteit, duurzaam ondernemen enz. Het visionair scenario is geen blauwdruk of recept in de strikte zin van het woord, eerder een niet limitatieve oplossingsportfolio die instrumenteel kan zijn om richting te geven aan denk- en handelwijzen op de korte, middellange en lange termijn. Met andere woorden: de concepten en shifts die hieronder aangehaald worden, zijn ook relevant voor de korte termijn agenda. Vaak gaat het om systeemveranderingen die veel voorbereidingstijd vergen: hoe sneller er mee aan de slag gegaan wordt, hoe sneller en accurater de mogelijke winst en nodige investeringen geraamd kunnen worden. Om de beschreven systeemveranderingen meer tastbaar te maken, worden waar mogelijk voorbeelden toegevoegd. Het gaat hier voornamelijk over koplopers op vlak van sociale, ecologische en technologische innovatie waarbij duurzaamheidsaspecten deel uitmaken van hun business model.

7.3. THEMA 1: ECONOMIE & CONSUMEREN

7.3.1. STREEFBEELD: LOKAAL SAMEN MEERWAARDE CREËREN MET EEN POORT OP DE WERELD

Economie & Consumenten, Lokaal samen meerwaarde creëren met een poort op de wereld

<p>Gent is een stad met sterke kennisinstellingen (universiteiten, hogescholen,...), die een drijvende kracht zijn achter innovatie. We zijn een stad van bewuste consumenten, met een belangrijke haven en bloeiende bedrijven. In de toekomst wil Gent een voorbeeld zijn op het gebied van lokaal produceren en consumeren, waar de blauwe economie steeds belangrijker wordt. De blauwe economie staat voor een economie die de aarde niet uitput of vervuult, maar steeds perfectere kringlopen van energie, grondstoffen en goederen creëert. Bedrijven in de blauwe economie vervuilen steeds minder en gaan afval als grondstof beschouwen, waardoor</p>	<p>extra werkgelegenheid en innovatieve diensten worden gecreëerd. In een afvalloze en uitstootloze maatschappij wordt het steeds aantrekkelijker voor bedrijven en burgers om dichterbij elkaar te wonen en goede burens te zijn. De tegenstellingen tussen woongebieden en bedrijventerreinen vervagen. Woon- en werkfuncties worden vermengd, waardoor er steeds minder transport nodig is van goederen en van mensen. Overheden spelen daarbij een voortrekkersrol. Ze geven het goede voorbeeld door bij aanbestedingen producten afkomstig uit de bio-economie en gekenmerkt door innovatieve eigenschappen hoog op hun verlanglijstje te</p>	<p>plaatsen. De komende decennia gaan kennisinstellingen, bedrijven en haven steeds nauwer samenwerken rond innovatie, kennisdeling en decentralisering. Duurzaamheid wordt het sleutelwoord in alles wat we doen, produceren en consumeren. In 2050 ondernemen alle bedrijven honderd procent maatschappelijk verantwoord, alle Gentse evenementen zijn 100% duurzaam, de kennisdeling tussen overheden, kennisinstellingen en bedrijven is grenzeloos, meer dan de helft van de in Gent geconsumeerde producten wordt lokaal geproduceerd en Gent is de thuishaven en aantrekkingspool geworden van een innovatieve blauwe economie.</p>
--	---	--

Veelbelovende overkoepelende concepten, potentiële maatregelen en voorbeelden

Geld laten werken, maar anders

Het implementeren van nieuwe waarderingskaders aangaande niet economisch kapitaal

Aan de grondslag van de huidige onduurzame denk- en handelwijzen ligt de overwaardering van ons economisch kapitaal ten koste van ons natuurlijk en cultureel kapitaal. Met natuurlijk kapitaal bedoelen we de ecosystemen en biodiversiteit die cruciale diensten aanbieden die ons welzijn en welvaart onderbouwen: o.a. het zuiveren van water en lucht, het regelen van het klimaat, het bufferen van overstromingen, het voorzien van voedsel, biomassa, recreatiemogelijkheden, het herbergen van biodiversiteit enz. Met cultureel kapitaal bedoelen we die dingen die de lokale identiteit van Gent vormgeven en die Gent uniek maken ten opzichte van de andere steden. Zowel het cultureel als het natuurlijk kapitaal zijn van essentieel belang voor het onderbouwen van het welzijnsgevoel van de Gentenaar en tegelijkertijd weerspiegelen zij de charme van Gent naar de buitenwereld toe. Op deze manier zijn deze twee vormen van kapitaal aantrekkingspolen voor ondernemerschap en toerisme.

Voorbeeld: Een illustratie van deze maatregel is het waarderen van ecosysteemdiensten en biodiversiteit (zowel monetair als niet monetair). Een recente internationale studie rond de economie van ecosystemen en biodiversiteit (TEEB, 2010) heeft een stapsgewijze aanpak ontwikkeld om ecologische overwegingen op te nemen in het beleid. De grote lijnen hiervan komen neer op:

- beschouw wat ecosystemen en biodiversiteit betekenen voor de lokale economie;
- evalueer en verbeter bestaand beleid navenant en op alle niveaus;
- en zet instrumenten in die een beter beheer toelaten (o.a. monetaire evaluatie).

Deze instrumenten worden bij voorkeur zo ontwikkeld dat ze gelijktijdig de drijfveren die leiden tot degradatie van het natuurlijk kapitaal doen afnemen en stimulansen bieden voor activiteiten die de ecosystemen en biodiversiteit ten goede komen. Een concreet voorbeeld waarbij de private sector investeert in ecosysteemdiensten is dit van Vittel, de producent van flessen natuurlijk mineraalwater. Om de kwaliteit van haar flessenwater te garanderen heeft Vittel een overeenkomst afgesloten met de landbouwers uit haar waterwinningsgebied. De landbouwers worden door Vittel betaald om landbouwpraktijken te hanteren die de waterkwaliteit niet in gevaar brengen, o.a. het verminderen van het aantal dieren per ha, het composteren van de mest en het vermijden van chemische producten zoals insecticiden, pesticiden en kunstmest. Op deze manier blijft de waterkwaliteit van het waterwinningsgebied verzekerd zonder dat de lokale landbouwers hier financieel nadeel van ondervinden. In andere woorden, de landbouwers hebben hun werkwijzen aangepast om de ecosysteemdienst “zuiver water” te vrijwaren en worden hiervoor vergoed door Vittel (Perrot-Maitre, 2006; Wunder & Wertz-Kanounnikoff, 2009).

Het implementeren van nieuwe waarderingskaders en werkregimes aangaande arbeid

Discussies over klimaatneutraliteit en andere duurzaamheidstopics gaan vaak over productie en consumptie maar zelden over tijdsbesteding, terwijl patronen van menselijke tijdsbesteding nu net de drijfveren achter de impact op onze omgeving zijn (Schor, 2010). In de context van economische bedrijvigheid, is het daarom zinvol om stil te staan bij de relatie tussen tijdsbesteding en arbeid. Arbeidskrachten worden vandaag vaak beoordeeld op hun tijdsbesteding. Echter, de digitale vooruitgang kan een opening creëren om efficiëntie- en milieuwinsten aan elkaar te koppelen via het herdenken van het waarderingskader van arbeid; het gepresteerde werk beoordelen in plaats van de tijdsbesteding. Het digitaliseren van kennis biedt meteen ook ruimte voor het herlokaliseren van de plaats waar de arbeid wordt verricht. Het tijdsverlies dat gepaard gaat met woon –en werkverkeer en de daarmee gepaard gaande files en emissies kosten de maatschappij handen vol

geld, terwijl je via thuiswerk en eigen controle over werkuren gelijktijdig een positieve impact verwezenlijkt op vlak van het milieu en het welzijn van de arbeidskracht.

Voorbeeld: Een koploper op dit vlak is Frank Van Massenhove, voorzitter van het directiecomité van de federale overheidsdienst Sociale Zaken en Overheidsmanager van het Jaar 2007 aan (De Standaard, 7 januari 2012). Van Massenhove zelf zegt: *“Bij ons zijn mensen de regisseur van hun eigen leven. Ze werken waar, wanneer en hoe ze willen. Dat is revolutionair. Maar doordat ze zoveel vrijheid hebben, moeten we wel precies weten wat we van iedereen verwachten. Dat is kern van het nieuwe werken.”* Dankzij deze aanpak haalt deze overheidsdienst betere resultaten qua efficiëntie en werken de mensen er langer voordat ze op pensioen gaan. Bovendien scoort de dienst de hoogste tevredenheid bij werknemers, het laagste ziekteverzuim, de laagste stakingsbereidheid, en besparen ze miljoenen op kantoorruimtes (De Morgen, 18 augustus 2012). De uitgespaarde kilometers woon-werk verkeer zorgen op hun beurt voor veel lagere transportemissies en brengen zo milieuvoordeel met zich mee.

Het ontwikkelen van nieuwe verdienmodellen: naar shared value-denken voor ondernemingen

Porter & Kramer publiceerden in januari 2011 het artikel “Creating Shared Value” in de Harvard Business Review. Met dit principe beogen de auteurs een nieuwe soort waardecreatie die verschilt van de definitie van maatschappelijk verantwoord ondernemen: bedrijven dienen hun succes te koppelen aan sociale vooruitgang zodat het creëren van economische meerwaarde steeds gepaard gaat met meerwaarde voor de maatschappij via het inspelen op maatschappelijke noden en uitdagingen. Shared value-denken wijzigt de ondernemingsstrategie dus ingrijpend want maatschappelijke meerwaarde staat centraal in het bedrijfsmodel. Verder is het noodzakelijk dat er nagedacht wordt over nieuwe financieringsvormen en –mechanismen om duurzaam ondernemerschap te stimuleren. Een voorbeeld hiervan dat tijdens de transitie arena naar boven kwam is de blauwe economie (Pauli, 2010). Hierin worden milieuproblemen en (natuur)wetenschappelijke inzichten op een ongewone manier met elkaar verbonden zodat ze tegelijkertijd het milieuprobleem oplossen en maatschappelijke en economische meerwaarde creëren. De vele voorbeelden van greenwashing, wanneer bedrijven of organisaties zich milieuvriendelijker of meer maatschappelijk verantwoord voordoen dan ze daadwerkelijk zijn, tonen aan dat er een gevaar schuilt van een vals gevoel van vooruitgang. Om dit te vermijden is het nodig dat duurzaamheid binnendringt in het hart van het verdienmodel. Dit kan bewerkstelligd worden door een fundamentele transformatie van bestaande verdienmodellen of via het ontwikkelen van nieuwe. Bovendien staat de rol van gebruikers meer centraal bij het herdenken van verdienmodellen zoals in geval van particulier opdrachtgeverschap, collectief particulier opdrachtgeverschap en de coöperatie. De rol van de overheid hierin bestaat dan uit het zorgen voor eerlijke concurrentie, zorgen voor kwaliteit, en het stimuleren, ook wel faciliteren van particulier initiatief (van der Heijden, 2011). Een voorbeeld van een nieuw verdienmodel is het verkopen van diensten of oplossingen in plaats van producten. Op deze manier blijft het bedrijf de eigenaar van het product, houden ze waardevolle materialen in een gesloten kringloop en zijn ze bijgevolg minder kwetsbaar wanneer noodzakelijke grondstoffen schaarser worden.

Voorbeeld 1: Een voorbeeld van een radicale transformatie van een bedrijfsmodel is het voorbeeld van de tapijtenfabrikant Interface Inc uit de Verenigde Staten. De missie van dit bedrijf is om tegen 2020 te komen tot “Mission Zero”: het elimineren van haar negatieve milieu impact. Tijdens haar 15 jaar durende traject heeft het bedrijf onder andere een significante reductie gerealiseerd in haar broeikasgasemissies met 71 %; waterintensiteit met 74%; gestort afval met 67% en totaal energieverbruik met 44% (Anderson et al., 2010). Verder heeft het bedrijf 80 miljoen kg oud tapijt duurzaam gerecycleerd via een nieuwe

technologie. Dankzij het herdenken van haar bedrijfsmodel heeft het bedrijf 405 miljoen USD bespaard en wezenlijke meerwaarde gecreëerd in haar merk en reputatie (Anderson et al., 2010). Bovendien bereikte het bedrijf met haar duurzaam product de bestseller lijst veel sneller dan ooit te voren en werd het duurzaam tapijtconcept heel snel door de concurrentie opgepikt waardoor hun activiteiten onrechtstreeks ook veel duurzamer geworden zijn (Lovins, 2008).



Figuur 60: Tapijt geïnspireerd op de bodem van een bos (2002). Project partners: David Oakey Designs, InterfaceFLOR. © Biomimicry 3.8

Voorbeeld 2: Een illustratie van een nieuw verdienmodel is dit van het product LightCatcher van EcoNation. Een LightCatcher is een compacte, intelligente lichtkoepel gebaseerd op slimme daglichttechnologie. Een LightCatcher brengt het zonlicht op verstandige wijze het gebouw binnen gedurende de hele dag en bespaart op die manier 3.650 uur per jaar aan kunstlicht (<http://www.econation.be/>). Het businessmodel van EcoNation laat toe dat het bedrijf zelf de investering draagt van de plaatsing van de lichtkoepels, samen met de gebruiker in realtime de energieopbrengsten registreert en de winst deelt met de gebruiker.



Figuur 61: De LightCatcher van EcoNation © EcoNation werd genomineerd voor “Zayed Future Energy Prize” en EEP-award 2012

Bron: <http://www.argusactueel.be/binnenlands-nieuws/econation-in-%C3%A9%C3%A9n-week-genomineerd-voor-twee-gerenommeerde-milieuprijzen>

Bedrijvigheid: van globalisatie naar lokalisatie

Het re-lokaliseren van bedrijvigheid voor duurzaamheid

De definitie van duurzaamheid - het tegemoet komen aan de noden van deze generatie zonder de noden van toekomstige generaties in gedrang te brengen – kan verfijnd worden via het inbrengen van een genuanceerd begrip van plaats. Een verfijnde definitie van duurzaamheid wordt dan: een gemeenschap voorziet in zijn huidige en toekomstige noden zonder de mogelijkheid van andere gemeenschappen in gevaar te brengen om in hun huidige en toekomstige noden te voorzien (Shuman, 2010). Deze definitie belicht het belang van het maximaliseren van het niveau van onafhankelijkheid en lokale veerkracht. In een lokale economische context kan dit vertaald worden in een ruime en diverse waaier van lokale bedrijven die steunen op duurzame businessmodellen. Hoewel lokalisatie geen garantie biedt voor duurzaamheid, verhoogt ze de kans erop op verschillende manieren:

- een economie die erg afhankelijk is van niet lokale bedrijven dient voortdurend duurzaamheidscompromissen te sluiten om te verhinderen dat deze bedrijven wegtrekken;
- indien lokale bedrijven schaars of afwezig zijn, worden de aspecten van duurzaamheid voor de gemeenschap gedicteerd door externen die niet verankerd zijn in de lokale gemeenschap ;
- lokale bedrijven kunnen eenvoudiger aansprakelijk worden gehouden voor ongewenste activiteiten;
- lokale bedrijvigheid is voordelig voor het stimuleren van korte ketens van aankoop en verkoop.

Voorbeeld 1: De stad Bellingham in Washington werd in 2010 uitgeroepen tot de “slimste” kleine stad van de VS door de USA Natural Resources Defense Council (NRDC). De kuststad wordt aanzien als een pionier in economische ontwikkeling omdat ze een radicaal nieuw model uitbouwden dat niet gedomineerd wordt door het aantrekken en behouden van internationale bedrijven. Via dit nieuw model, aangevuurd door het leiderschap van een non-profit organisatie, werd de volledige lokale economie heropgebouwd rond lokale ondernemingen/bedrijven via een krachtig netwerk van samenwerking wat de lokale welvarendheid ten goede komt. De aanpak in Bellingham wordt ondertussen overgenomen door steden over heel de VS en Canada (NRDC, 2010).

Voorbeeld 2: Waarom grote hoeveelheden verse groenten en fruit transporteren in energievervlindende koelwagens wanneer supermarkten ze op hun dak kunnen kweken. Dat is het uitgangspunt van het in New York gebaseerd bedrijf BrightFarms dat een korte keten benadering voor versgoed opzet via het plaatsen van broeikassen op supermarkten. Het is een voorbeeld van multifunctioneel ruimtegebruik, het optimaliseert korte ketens en kwaliteit en het leidt tot vermindering van transporttijd en transportemissies.



Figuur 62: Een broeikas voor productie van versgoed bovenop een supermarkt. © BrightFarm

Het optimaliseren van veerkracht en zelfvoorzienendheid

De veelvoudige crisis op vlak van klimaat, grondstoffen, energie en ecologie nopen ons om anders te leren omgaan met de dynamiek van verandering. De aankomende energiecrisis bijvoorbeeld duidt ons op het risico van energieafhankelijkheid. Wat gebeurt er wanneer omwille van de een of andere reden de toevoer van energiedragende grondstoffen onderbroken wordt? Het zelfde geldt voor ons huidig voedingsysteem. Klimaatexperten verwachten dat er een toename zal zijn in extreme weerfenomenen door de klimaatsverandering (IPCC 2007). Extreme weerfenomenen zoals

overstromingen, droogtes, koude en hittegolven gaan vaak gepaard met enorme oogstverliezen die forse stijgingen in voedselprijzen tot gevolg kunnen hebben zoals in het jaar 2008 (Elobio 2009). Om aan dergelijke onvoorspelbare dynamieken een antwoord te kunnen bieden is veerkracht denken nodig (Dhondt, 2010). Een mooi voorbeeld hiervan zijn de vele grassroot initiatieven omtrent stadslandbouw die over de hele wereld worden opgezet.

Voorbeeld: Detroit was ooit de motor van de auto industrie in Amerika. Totdat de industrie in elkaar stuwte en de stad in verval geraakte. Hierdoor halveerde het inwonersaantal waardoor leegstand van woningen en bedrijventerreinen en werkloosheid het urbaan landschap hertekende. Sindsdien is er een opmerkelijke bottom -up transformatie aan de gang die in de geschreven pers omschreven wordt als “*From motown to growtown*”. Stadslandbouw is er erg in opgang om de stad nieuw leven in te blazen en initiatieven variëren van de productie van gezonde voeding voor de inwoners op kleine schaal tot groothandel via commerciële stadsboerderijen op grote schaal (The Guardian, 11 Juli 2010).



Figuur 63: Stadslandbouw in Detroit. © jessicawinderl.com

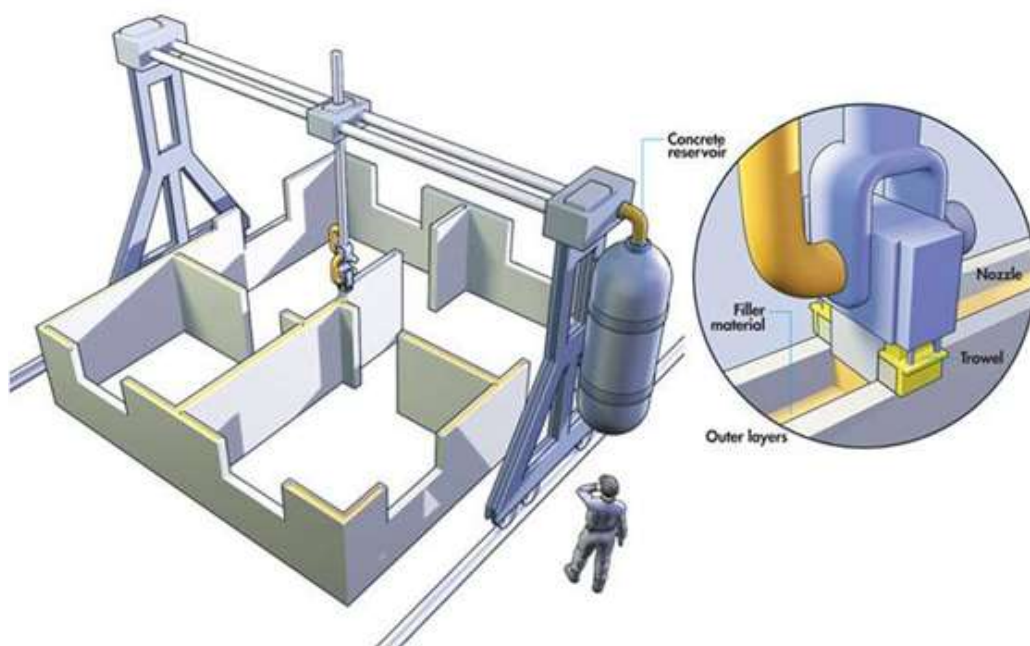
Het opzetten van nieuwe productie en consumptie systemen: naar een circulaire economie

Duurzaam ontwerpen, duurzame ontwerpen en nieuwe vormen van eigenaarschap

Aan het huidige tempo van consumptie zal de hoeveelheid mineralen, ertsen, fossiele bronnen en biomassa die jaarlijks geconsumeerd worden, verdrievoudigen tegen het jaar 2050 (Fischer-Kowalski et al. 2011). Dat dit gevolgen zal hebben op economisch vlak en op vlak van milieu – en levenskwaliteit lijkt onvermijdelijk. Een veelbelovende aanpak die inspeelt op deze tendens is het concept van de “circulaire economie” (CE). De sterkte van de CE is dat ze de functie van grondstoffen in de economie transformeert via het slim sluiten van kringlopen (EMF report, 2012). Om te evolueren naar een CE is er een paradigma shift nodig in de manier waarop producten

gemaakt worden en in de manier waarop ze geconsumeerd worden. Het eerste slaat op het herontwerpen van materialen en materiaalcringlopen, zoals C2C, design for disassembly, zelfhelende materialen. Een boeiende opkomende discipline binnen duurzaam ontwerpen is bijvoorbeeld biomimicry, waar oplossingen uit de natuur worden toegepast op maatschappelijke duurzaamheidvraagstukken (<http://biomimicry.net/about/biomimicry38/ask-nature/>). Het tweede verwijst naar nieuwe manieren van eigenaarschap of product-dienstsysteinen zoals collaborative consumption, het delen, huren, ruilen... van producten. Op deze manier blijven de goederen steeds het bezit van de fabrikant waardoor het rendeert om te investeren in kwaliteitsvolle producten. Een algemeen toegepast voorbeeld hiervan is dit van stadsfietsen en auto deelsysteinen zoals cambio. In dit op zicht kan de rol van de bibliotheek ook vernieuwd worden, denk maar aan een bibliotheek voor tuinmateriaal, fietsen of meubilair.

Voorbeeld 1: Een nieuwe manier om producten te vervaardigen is bijvoorbeeld 3D-printing. Een 3D-printer verschilt van een conventionele printer door het feit dat de 3D-printer objecten driedimensionaal afdrukt en zo een 3D-model laag na laag opbouwt. Wanneer het procedé gebruik maakt van hernieuwbare, lokaal beschikbare grondstoffen scoort het nog beter qua duurzaamheid. Het gehele proces heeft de naam “rapid prototype technology” gekregen. Een speciale vorm van 3D-printing, “contour crafting” genoemd, gaat verder dan het printen van consumentengoederen en zou in de toekomst volledige infrastructuuren kunnen vervaardigen zoals huizen, fabrieken of kantoorgebouwen. Deze methode kan de bouwsector fundamenteel veranderen en is bovendien veelbelovend op vlak van emissie- en energiebesparing (bijdrage van Professor Behrokh Khoshnevis aan de TEDX Ojai conference, februari 2012, http://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog&feature=player_embedded#!).



Figuur 64: Een weergave van een “Contour Crafting” systeem ontworpen door ingenieur Behrokh Khoshnevis en collega’s van de University of Southern California. © Behrokh Khoshnevis.

Voorbeeld 2: De landbouw is de grootste drijfveer van de degradatie van ecosystemen en het verlies aan biodiversiteit (MEA 2005). Maar het kan ook anders. Een voorbeeld waarin een voedselproductiesysteem in harmonie met de lokale ecosystemen ontworpen wordt en waar biodiversiteit toeneemt in plaats van afneemt is permacultuur. Permacultuur staat voor

“*permanent agriculture*” en werd ontwikkeld door academici Bill Mollison en David Holmgren om oplossingen te vinden voor een groot aantal problemen die de industriële monocultuur landbouw met zich meebrengt. Permacultuur ontwerpt natuurlijke ecosystemen die een duurzame voedselproductie garanderen op basis van een systeembenadering en het inzetten van natuurlijke oplossingen. Denk hierbij aan het inzetten van groenbemesters om uitspoeling van nutriënten te voorkomen, het slim combineren van verschillende plantenfamilies om ziektes te voorkomen/bestrijden en zo pesticiden en insecticiden overbodig te maken, het ontwerpen van een slim water management systeem dat regenwater opvangt en vasthoudt zodat irrigatie overbodig wordt... Op deze manier is het productieproces veel minder invasief en energie intensief. In vergelijking met de traditionele monoculturen zijn de opbrengsten per tijdseenheid van permacultuur verrassend hoog aangezien er in lagen gewerkt wordt via verticale begroeiing (Whitefield, 2004).



Figuur 65: Permacultuurtuin van het Samenland CSA (community supported agriculture) initiatief aan Kasteel Nieuwenhoven in Sint-Truiden © permacultuur.eu

Het ontginnen van lokale grondstofbanken: Stadsmijnbouw

Een zeer onduurzaam businessmodel dat aan de basis ligt van de overconsumptie in onze huidige maatschappij is het bedrijfsmodel dat de korte levensduur van zijn producten optimaliseert. Dergelijke bedrijven ontwerpen hun producten op een manier dat ze moeilijk te upgraden zijn, snel stuk gaan en onpraktisch zijn om te herstellen. Hierdoor dienen consumenten de producten sneller te vervangen, verkoopt het bedrijf meer producten en wordt er samen een hele hoop afval genereert. In het Engels wordt deze strategie omschreven als “*Design for the dump*”. In het huidige

klimaat van toenemende grondstoffen- en energieschaarste zijn dergelijke bedrijfsmodellen niet langer houdbaar en dus dringen zich nieuwe verdienmodellen op zoals eerder beschreven. Echter, het afval dat reeds geproduceerd is, kan nog nuttig ingezet worden. Het zit namelijk boordevol herbruikbare materialen en vormt zo als het ware een lokale grondstofbank (urban mine) die gemakkelijk te ontginnen is. Bovendien is stadsmijnbouw is ook vaak energievriendelijker dan primaire mijnbouw: het recyclen van een kilogram platina bijvoorbeeld, kost veertig keer minder energie dan het opdelven van dezelfde kilogram (Knack, 10 oktober 2012).

Voorbeeld: De internationale mijnigant Umicore specialiseert zich sinds een aantal jaren in stadsmijnbouw. In een interview geeft Christian Hagelüken van Umicore aan dat het potentieel van recyclage van apparaten enorm is: *“In totaal zijn er tot in 2010 wereldwijd 10 miljard gsm’s verkocht. Daar zit ongeveer 38.000 ton kobalt in, 2500 ton zilver, 240 ton goud en 90 ton van het zeldzame palladium. In 2011 werden er wereldwijd 1,8 miljard gsm’s en 365 miljoen computers verkocht. Daar ging 20 procent van de wereldproductie aan kobalt en palladium in. Ondanks dat enorme potentieel wordt van veel elementen minder dan één procent gerecycleerd”* (Knack, 10 oktober 2012).

Economische vooruitgang: meten wat er toe doet

Van Bruto Nationaal Product naar Bruto Nationaal Geluk

In 2008 werd onder impuls van de Franse president een commissie (Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress) opgericht om te onderzoeken welke nadelen het meten van BNP met zich meebrengt en hoe deze kunnen overkomen worden. Wat we meten beïnvloedt namelijk wat we doen en als onze metingen gebrekkig zijn, vertekenen ze onze beslissingen. In diezelfde zin trekken we conclusies over wat goede beleidkeuzen zijn in functie van hun bijdrage aan economische groei. Echter, als onze meetkundige eenheden van vooruitgang incorrect zijn, dan zijn ook onze conclusies verkeerd (Stiglitz et al. 2009). In hun rapport schrijven de auteurs dat de tijd rijp is om de klemtoon van het meten van economische productie te verleggen naar het meten van het welzijn van de bevolking en dat dit laatste in de context van duurzaamheid dient te worden geïnterpreteerd (Stiglitz et al. 2009). In andere woorden, in plaats van het meten van het bruto nationaal product worden parameters die een beeld geven van levenskwaliteit en sociale vooruitgang zoals socio-economische ontwikkeling, ecologie, culturele waarden en goed bestuur gemeten, in het kort bruto nationaal geluk (BNG).

Voorbeeld: Het concept BNG is afkomstig van de koning van het boeddhistische koninkrijk Bhutan, een land in Azië dat in de Himalaya ingeklemd ligt tussen China (Tibet) en India. Reeds in 1972 verklaarde de koning dat bruto nationaal geluk belangrijker is dan bruto nationaal product. De term ‘geluk’ verwijst naar een harmonische samenleving waarin mensen dicht bij de natuur, hun tradities, cultureel erfgoed, bestuur en gemeenschap staan. Bhutan toetst beleidsbeslissingen en wetten af aan de hand van negen domeinen (psychologisch welzijn, levensstandaard, gezondheid, educatie, cultuur, tijdsbesteding, goed bestuur, community vitality, ecologische diversiteit and veerkracht) en 72 happiness indicatoren (<http://www.grossnationalhappiness.com/>).

7.4. THEMA 2: MOBILITEIT, RUIMTE & WELZIJN

7.4.1. STREEFBEELD: GENT, GOED OM IN TE LEVEN



Veelbelovende overkoepelende concepten, potentiële maatregelen en voorbeelden

Multifunctioneel ontwikkelen

Naar slim en veelzijdig ruimtegebruik

Veel van de uitdagen die we dienen aan te pakken om duurzaam te ontwikkelen hebben een ruimtelijke component; bijvoorbeeld biodiversiteitsverlies, wateroverlast, erosie, transportoverlast... Hoewel de ruimte in het verleden vaak monofunctioneel werd ingericht, wordt stilaan duidelijk dat er een groot, veelal onontgonnen potentieel ligt in het multifunctioneel inrichten van ruimte op elk schaalniveau. Op gebouwniveau bijvoorbeeld kan men denken aan het stapelen en verweven van functies, op wijkniveau aan het integreren van wonen en energieopwekking en op stadsniveau aan het harmoniseren van wonen, natuur en mobiliteit.

Voorbeeld 1: Een voorbeeld van veelzijdig ruimtegebruik op gebouwniveau is het combineren van een groendak met een PV-installatie. Bovendien verhoogt het combineren van beiden het rendement van de zonnecellen omdat het verkoelend effect van de planten oververhitting voorkomt (Hannequart & Schamp, 2010).



Figuur 66: Combinatie van een groendak en zonnepanelen. © ArchiexpO

Voorbeeld 2: Een ander voorbeeld van slim en veelzijdig ruimtegebruik waarbij de negatieve impact van het “verhardening/verstenen” van de bodem wordt vermeden is het inzetten van groene, doorlaatbare bodems op onverwachte plaatsen. Zo ontwikkelt het planningsdepartement van Zuidwest Michigan groene parkeerplaatsen omdat deze een aantal voordelen hebben ten opzichte van geasfalteerde parkeerplaatsen: minder opwarming in de zomer (urban heat island effect), de doorlaatbaarheid vermindert de negatieve gevolgen van wateroverlast en zorgt op die manier dat de waterbodentafels een meer natuurlijk evenwicht kunnen behouden (http://www.swmpc.org/green_parking.asp). Bovendien verandert groen het aanzicht van steden beduidend zoals blijkt uit het kunstwerk van Ryo Taguchi, Yuichiro Imamura en Imakawa (<http://www.wejetset.com/magazine/2009/2/17/546/art & culture: tokyo>). Met hun kunstwerk willen de artiesten mensen bewustmaken dat we standaard het “grijze” karakter van steden niet in vraag stellen. Verder herinnert het kunstwerk mensen eraan dat er een enorm potentieel bestaat om dergelijke ontwikkelde “grijze” zones te vergroenen.

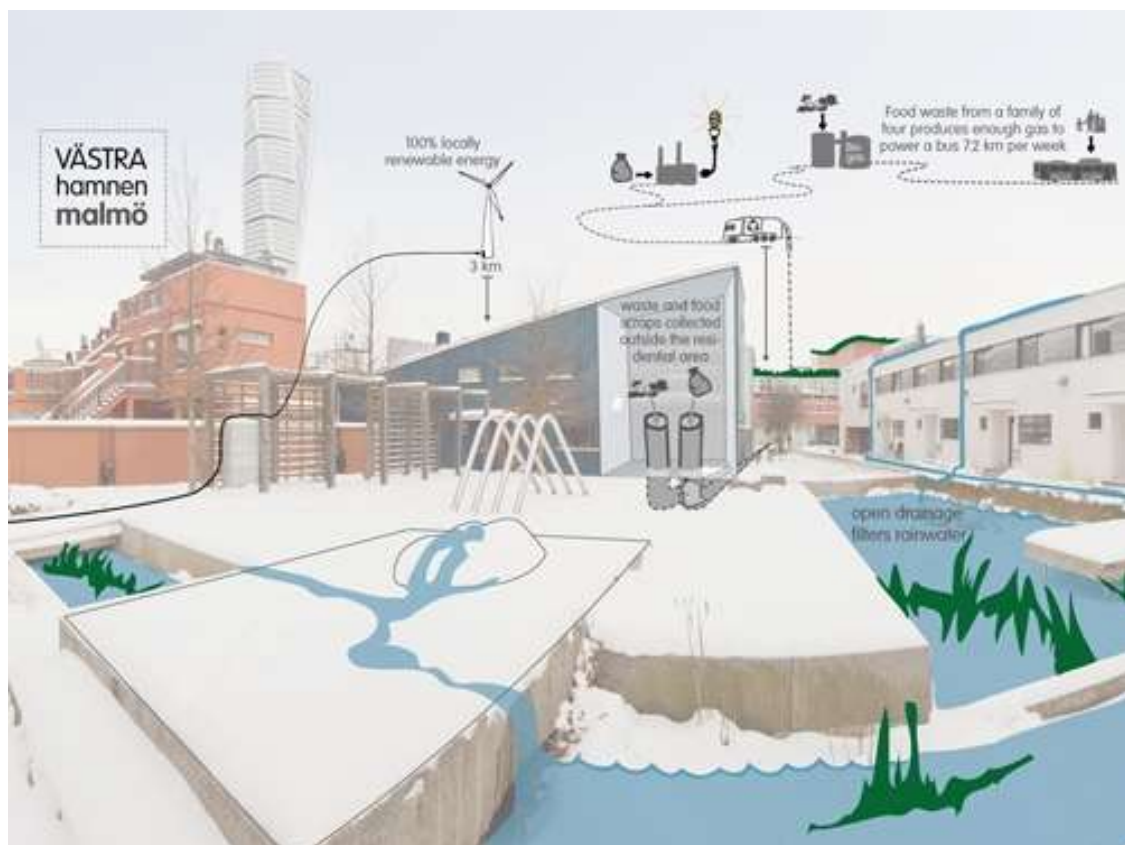


Figuur 67: Groene parkeerplaatsen in Michigan © SWMPC en een kunstwerk waarin wegen en trottoirs in Tokyo uit gras bestaan © Ryo Taguchi, Yuichiro Imamura en Imakawa

Van retrofitting naar redesign

De erfenis van het verleden bemoeilijkt in vele gevallen het verduurzamen van historische steden. Om een stad autoluw te maken, groene en blauwe zones te laten doordringen tot in het centrum en functies slim op mekaar af te stemmen is een volledig herontwerp van een stad vaak onoverkomelijk. Op de korte termijn is dit moeilijk realiseerbaar. Toch kun je via het slim sturen van incrementele verandering een volledig herontwerp op lange termijn realiseren dat duurzaamheidsambities en cultureel historisch erfgoed met elkaar verzoent.

Voorbeeld 1: Zweden is een koploper op het vlak van duurzame steden en heeft een veelomvattend concept ontwikkeld dat “Symbiocity” genoemd wordt. Het concept neemt het creëren van synergie als uitgangspunt en biedt een holistische aanpak aan waarbij ruimtelijke ordening, hernieuwbare energieopwekking, transport en afvalmanagement met elkaar verbonden worden. Het ecodistrict Västra Hamnen in Malmö, Zweden is hier een voorbeeld van. Deze stad wordt de “stad van morgen” genoemd omdat ze instaat voor haar eigen hernieuwbare energievoorziening en afvalverwerking en tegelijkertijd autoluw is. Volgens burgemeester Ilmar Reepalu, is Västra Hamnen in Malmö het eerste koolstofneutrale district in Europa (<http://www.greatenergychallengeblog.com/2012/07/03/europes-first-carbon-neutral-neighborhood-western-harbour/>).



Figuur 68: Västra Hamnen in Malmö. © Arlene Birt MEDEA Collaborative Media Initiative artist-in-residence

Voorbeeld 2: Eén van de meest progressieve en vernieuwende stedelijke ontwikkelingen in de VS is het “Atlanta’s BeltLine” transit netwerk (<http://inhabitat.com/the-atlanta-beltline-is-a>

smart-ambitious-6000-acre-urban-revitalization-by-perkins-will/) van 35 km lengte rond de stad Atlanta. De beltline combineert snel transport (light rail), trage wegen en 400 ha parken met de grootste bomentuin van de wereld. Het idee voor dit ambitieuze plan werd geformuleerd in 1999 en dankzij publieke steun werd in 2005 het Atlanta BeltLine TAD (Tax Allocation District) opgericht. Zo kon de stad de benodigde gronden aanwerven en kon er een plan ontworpen worden dat de stad toelaat om in een slimme richting te evolueren. Het project zal binnen enkele jaren afgerond worden en maakt deel uit van de lange termijn visie van Atlanta voor 2040. Het project toont aan dat slimme sturing van incrementele verandering effectief kan leiden naar fundamentele verandering op vlak van ruimtelijke ordening op de lange termijn.



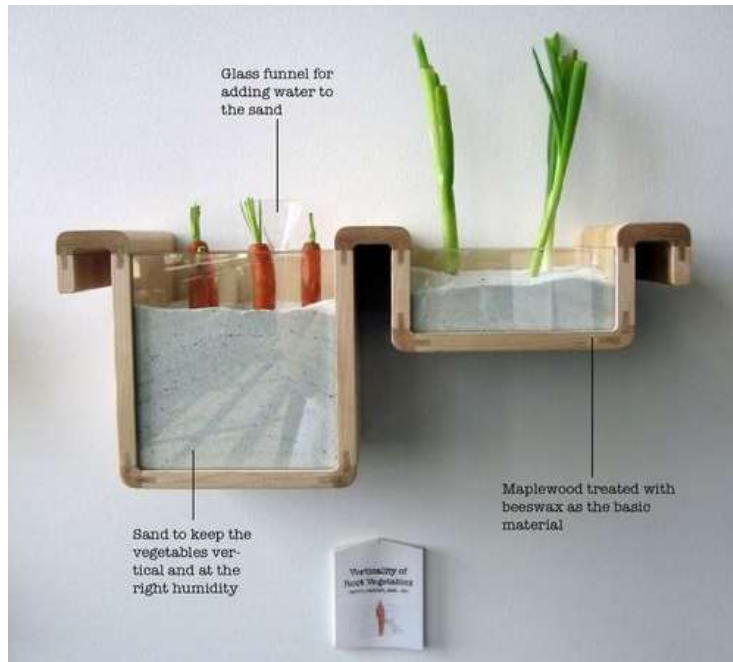
Figuur 69: Atlanta's BeltLine transit netwerk ontworpen door Perkins & Will © Atlanta BeltLine Inc

Levenskwaliteit als leitmotiv

Naar een slimme combinatie van high tech, low tech en slow tech

Het leven gaat steeds sneller waardoor de tijd en ruimte voor reflectie, ontspanning en ontplooiing onder druk komt te staan. Uit de transitieliteratuur weten we dat reflectie – diepgaand nadenken en bezinnen – echter een sleutelvoorwaarde is om naar meer duurzame systemen te evolueren (Grin et al. 2010). Hoewel hoogtechnologische of *high tech* oplossingen oorspronkelijk als doel hebben om bij te dragen aan de levenskwaliteit van de gebruiker door tijdswinst of gebruiksgemak, denk maar aan het verschil tussen een computer en typemachine, blijkt soms ook het omgekeerde het geval: de snelheid van de technologische ontwikkeling en de complexiteit van de nieuwe technologieën kan ook leiden tot meer stress bij gebruikers. Een voorbeeld hiervan is de snelheid waarmee nieuwe computer sturingsprogramma's op de markt worden gebracht; vooraleer je de vorige versie volledig doorgrond hebt is er reeds een nieuw programma. Sneller is echter niet altijd beter. Om tot kwaliteit te komen dienen sommige processen weer vertraagd te worden. De Zweedse ontwerpers Hallnäs & Redström (2000) noemen dit "*slow technology: design for reflection*". *Slow tech* focust meer doordacht op de rol van levenskwaliteit in de relatie tussen technologie en gebruiker. Eén van de aanhangers van de *slow tech* beweging, Joe Kraus, een partner van Google Ventures beschrijft tijdens een presentatie (<http://joekraus.com/were-creating-a-culture-of-distraction>) de risico's van onze steeds snellere levensstijl: "*We're radically over-developing the parts of quick thinking, distractable brain and letting the long-form-thinking, creative, contemplative, solitude-seeking, thought-consolidating pieces of our brain atrophy by not using them. I'd argue that what's happening is that we're becoming like the mal-formed weight lifter who trains only their upper body and has tiny little legs.*" Net zoals MIT professor Sherry Turkle in haar boek "*Alone Together: Why we expect more from technology and less from each other*" (2011) stelt, toont Kraus aan dat er nood is aan meer reflectie omtrent de rol van technologie in de maatschappij en hoe deze zich verhoudt tot de duurzaamheidsambities die we nastreven. In navolging van de "*slow food*" beweging die de reflectie omtrent seizoensgebonden en lokaal geproduceerde voeding heeft aangezwengeld, kan een *slow tech* beweging de aandacht voor kwaliteit en ambachtelijkheid hernieuwen. Aangezien België vermeld staat als de grootste exporteur van "*art crafts*" wereldwijd in het creative economy report van UNCTAD (2010), speelt ambachtelijkheid een belangrijke rol op economisch vlak. Dankzij de snelle technologische evolutie van onze maatschappij zijn laag technologische of *low tech* oplossingen naar de achtergrond verdwenen. Schaarser wordende energie- en grondstoffenbronnen, brengen *low tech* oplossingen evenwel terug naar de voorgrond zoals het onderstaand voorbeeld van de *low tech* koelkast illustreert.

Voorbeeld 1: Een groot deel van het voedsel dat we in de koelkast bewaren, hoort er eigenlijk niet in thuis. Dat geldt voornamelijk voor verschillende soorten fruit en groenten. Een Koreaanse afgestudeerde van de Nederlandse Design Academy in Eindhoven Jihyun Ryou, combineerde eeuwenoude bewaarmethodes met hedendaags design waardoor zowat de helft van de koelkast overbodig wordt gemaakt (<http://www.lowtechmagazine.be/2012/03/leven-zonder-koel-en-vriestkast-2-jihyun-ryou.html>). Een dergelijk systeem bespaart dus tegelijkertijd waardevolle grondstoffen en energie uit die nodig zijn voor het fabriceren van grote koelkasten en vereisen geen energie voor het bewaren van groenten en fruit.



Figuur 70: Een onderdeel van de low tech koelkast. © Jihyun Ryou

Voorbeeld 2: Een voorbeeld van *slow tech* is het autoconcept “*car on a stick*” van ontwerper Ross Lovegrove.

(http://www.rosslovegrove.com/index.php/custom_type/coas/?category=transport)

Een zelfrijdende auto verschaft inzittenden tijd om te genieten, om te reflecteren en stimuleert sociale interactie. Het voertuig wordt aangedreven door zonne-energie, beweegt zich aan laag tempo tussen voetgangers en fietsers en wordt geparkeerd op een paal, waar het 's avonds dienst doet als verlichting.



Figuur 71: Een bubbelvormig auto concept van ontwerper Ross Lovegrove. ©Lovegrove

Trage wegen en snelle verbindingen

Auto: van koning naar gast in de stad

De voornaamste functie of dienst van een auto, met name snel en comfortabel transport van plaats A naar plaats B is het slachtoffer geworden van zijn eigen succes. Hoge concentraties van auto's op bepaalde locaties/wegen zorgt voor een afname van comfort en snelheid, denk maar aan de lange zoektochten voor een parkeerplaats en het fileleed. Bovendien sloppen wagens en bijhorende parkeerplaatsen een groot aandeel van de voorhanden ruimte van een stad op die niet voor andere doeleinden kan gebruikt worden en zijn de emissies schadelijk voor de gezondheid van de inwoners van de stad en voor het klimaat. Een gecombineerd concept van trage, kind- en voetgangersvriendelijke wegen en snelle verbindingen van openbaar vervoer biedt stedelingen transportdiensten die tegelijkertijd welzijn, comfort en snelheid toelaten.

Voorbeeld 1: Een illustratie van een masterplan voor een autoluwe stad, is de satellietstad Chengdu Tianfu in China, ontworpen door Architectenbureau Adrian Smith & Gordon Gill. De nieuwe zelfvoorzienende stad is zo ontworpen dat autovervoer grotendeels overbodig is. Hoewel het hier gaat om het ontwikkelen van een nieuwe stad, levert het plan ook inspiratie voor het gradueel omvormen van reeds bestaande steden via het slim sturen van incrementele verandering.



Figuur 72: Een ontwerpplan voor Chengdu Tianfu door Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. © Adrian Smith + Gordon Gill Architecture

Voorbeeld 2: Een mooi voorbeeld van een trage weg ontworpen voor voetgangers en fietsers in combinatie met groen en water is de Liberty Bridge in Greenville. De stad ontwierp in de jaren 80 een masterplan voor het herstel van het Falls park en verving de oude brug door een fietsbrug. Dankzij de investeringen van publiek-private partnerschappen is de buurt

heropgeleefd en de combinatie van het park met het ontwerp van de brug is een belangrijke aantrekkingspool geworden voor toerisme.



Figuur 73: Greenville Liberty Bridge at Falls Park in Greenville, South Carolina, VS

Voorbeeld 3: Het nieuwe treinstation van Logroño, Spanje is een transporthub met een groen dak dat als park functioneert. De ondergrondse platforms worden op een natuurlijke wijze verlicht via paviljoenen op het dak. Het slim ontwerp van deze hub biedt tegelijkertijd snelle verbindingen aan via haar hogesnelheidstreinen en een relax- en recreatiezone via het park op haar dak. De dakpaviljoenen en spiegels laten toe om te besparen op energie voor verlichting.



Figuur 74: Links het dak van het nieuwe treinstation en rechts een ondergronds platform © Abalos-Sentkiewicz Arquitectos

Voorbeeld 4: Er wordt ook nagedacht over hoe je goederen kunt vervoeren op trage wegen. Een mooi voorbeeld van huis aan huis levering van verse groenten en fruit is de Mattapan Mobile Farmstand. Deze minimarkt ontworpen door het collectief Building Research, Architecture en Community Exchange (BR+A+CE) kan ca 70 kg aan waren vervoeren zonder schadelijke uitstoot.



Figuur 75: Mattapan Mobile Farmstand. © BR+A+CE

Elektrische hoge snelheidstreinen voor transport op lange afstanden

Een recente studie van Chester & Horvath (2012) toont aan dat hogesnelheidstreinen milieuvriendelijker zijn dan de conventionele vormen transport wanneer men ze onderwerpt aan een levenscyclusanalyse. Het milieuvoordeel wordt nog hoger wanneer de treinen aangedreven worden door hernieuwbare energie.

Voorbeeld: Ontwerpbureau Hassell Studios heeft een concept ontworpen voor een koolstofarme dubbeldekkertrein de “Australian High Speed Vehicle” (A-HSV) genoemd die snelheden van meer dan 300km/u kan halen (afbeelding aan linkerkant). De CEO van Tesla, Elon Musk, heeft recent een nog meer verregaand concept van hogesnelheidstrein genaamd “hyperloop” onthult (<http://inhabitat.com/elon-musks-hyperloop-train-could-travel-from-los-angeles-to-san-francisco-in-30-minutes-flat/>).

Deze hoge snelheidstrein zou in staat zijn om zonne-energie rechtstreeks te benutten zodat er geen batterijen nodig zijn en zou snelheden halen die vier keer hoger liggen dan die van de snelste hoge snelheidstrein van vandaag.



Figuur 76: Een beeld van het Australisch High Speed Vehicle (A-HSV) concept aan de linkerkant © Hassell Studios en een illustratie van de hyperloop aan de rechterzijde © Tesla

Radicale doorbraken in korte afstandstransport

Fundamentele doorbraken in hernieuwbare energiewinning bieden ruimte aan tal van emissieloze transport mogelijkheden. Er bestaan reeds vele nieuwe concepten en demonstraties van transport op dit vlak. In het onderstaand voorbeeld worden er enkele opgesomd.

Voorbeelden: Tesla heeft in het geheim 6 nieuwe supercharger laadstations gebouwd in de buurt van Los Angeles en San Francisco in de VS (<http://www.teslamotors.com/supercharger>). De combinatie van supersnel en gratis laden – op een half uur is je batterij terug halfvol wat wil zeggen dat je 240 km kunt rijden met een 85 kWh batterij – op locaties waar je graag wilt stoppen zoals aan een wegrerestaurant of shopping centre maakt elektrisch transport een stuk aantrekkelijker voor gebruikers. Het bedrijf is van plan om 100 van dergelijke laadstations in bedrijf te hebben tegen 2015. Andere voorbeelden zijn o.a. de Sanya Skypump, die een 4K windturbine combineert met een oplaadmogelijkheid voor elektrische voertuigen; de Puya van Honda een ultra efficiënte en veilige auto gebaseerd op waterstoftechnologie en zachte materialen; de Eggasus, ontworpen voor transport in de stad, die elektrisch wordt aangestuurd en meer comfort biedt dan de scooter. Radicale doorbraken in hernieuwbare energie laten ook een emissieloos watertransport toe zoals bijvoorbeeld de solar powered waterbus van Aquawatt.



Figuur 77: Tesla's supercharger laadstation © Tesla



Figuur 78: Een weergave van de Sanya Skypump © Cespa, de Puya © Honda en de Eggasus © eggasus



Figuur 79: Een weergave van een emissievrije waterbus © Aquawatt

7.5. THEMA 3: ENERGIE & AFVAL

7.5.1. STREEFBEELD: ENERGIEKE STAD – INTELLIGENTE KRINGLOPEN



Veelbelovende overkoepelende concepten, potentiële maatregelen en voorbeelden

Energie opwekken, delen en stockeren, maar anders

Naar een internet van elektriciteit, biogas en warmte

Decentrale hernieuwbare energiebronnen vragen om een andere infrastructuur dan het huidige centrale fossiele systeem. De nieuwe infrastructuur voor uitwisseling van elektriciteit, warmte en biogas dient slim, snel, flexibel, geïntegreerd en toegankelijk te zijn, een beetje zoals het internet vandaag werkt: iedereen met toegang tot het internet kan op elk moment elektriciteit of warmte uploaden, delen en downloaden. Jeremy Rifkin (2012) bestempelt een dergelijke omwenteling als de derde industriële revolutie.

Voorbeeld: Het onderzoek naar slimme netwerken of smart grids is in volle opgang. Centraal hierin is een betere (smart) meting van het energiegebruik en een verhoogde communicatie tussen de verschillende netelementen die een dynamisch netwerk toelaten. Het slaat op een flexibel systeem, analoog aan het internet waarin vermogen- en informatiestromen bidirectioneel zijn: de gebruiker kan bij voorbeeld ook producent worden als zijn zonnepanelen meer energie leveren dan hij verbruikt. Centrale productie, gedistribueerde opwekking en grootschalige hernieuwbare bronnen kunnen dankzij een intelligent netwerk verbonden worden zodanig dat het energienetwerk een meer efficiënte (zowel in energetische als economische zin), betrouwbare en milieuvriendelijke opwekking en distributie toelaat.

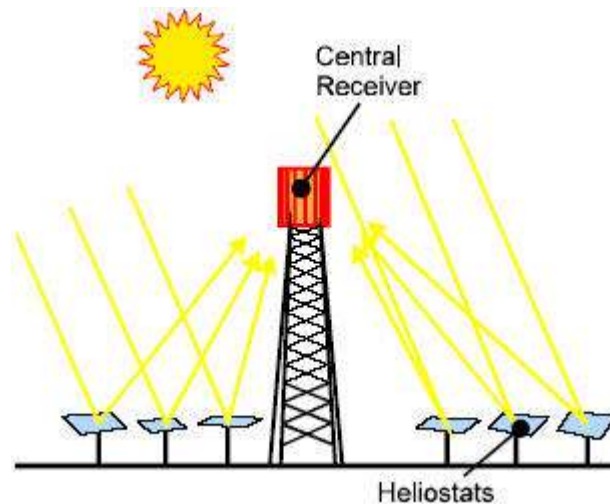


Figuur 80: Een schematische weergave van een slim netwerk of smart grid

Fundamentele doorbraken op vlak van zonne-energie

De efficiëntie van energieomzetting uit de zon fluctueert op dit moment rond de 25% in optimale omstandigheden. Er is bijgevolg nog veel ruimte voor radicale verbeteringen in efficiëntie. Dergelijke nieuwe technologieën kunnen ofwel op het eigen grondgebied ingezet worden ofwel kan er groene stroom uit het buitenland aangekocht worden (bv. via grote CSP collectoren in de woestijnen).

Bijvoorbeeld: Op vlak van PV technologie is men reeds ver gevorderd in het capteren van infraroodstraling. Het Kyoto Instituut van Technologie heeft een nieuw soort PV cellen ontworpen die tegelijkertijd ultraviolet en infrarood licht kunnen omzetten in elektriciteit waardoor het rendement van de PV-cellen vele malen hoger is. Dankzij deze technologie produceren zonnecellen ook elektriciteit wanneer de zon niet schijnt; bij bewolkt weer en 's nachts. Onderzoekers van het MIT in de VS hebben dit verder ontwikkeld in een nieuw materiaal dat enorme efficiëntiewinsten toelaat wanneer het wordt toegepast in PV-cellen (Jain et al. 2012). Een andere veelbelovende toepassing is deze van geconcentreerde zonne-energie systemen (concentrating solar power; CSP) die lenzen of spiegels gebruiken om een groot zonlichtgebied te concentreren in een kleine straal die als warmtebron (stoom) kan ingezet worden in een elektrische centrale. Deze zijn het meest rendabel wanneer ze in woestijnen geplaatst worden. Volgens het Duitse Aerospace Center kan een CSP centrale in Noord Afrika tegen 2050 tot 470.000 MW produceren (DESERTEC foundation) (<http://www.desertec.org/en/concept/questions-answers/>).



Figuur 81: Image X: CSP kan op verschillende wijzen toegepast worden. Deze afbeelding geeft een power tower systeem weer © solarPACES

Fundamentele doorbraken op vlak van windenergie

Ook op vlak van windenergie zijn fundamentele doorbraken mogelijk. Niet enkel op vlak van energie efficiëntie maar ook op vlak van landgebruik en design: meer windturbines op een zelfde oppervlakte kunnen inzetten, designs die beter in de omgeving kunnen integreren en zo op minder weerstand stuiten, kleinere toepassingen die in urbanisaties ingezet kunnen worden,... het potentieel is groot.

Voorbeeld: Op vlak van windenergie zijn er vele, uiteenlopende nieuwe toepassingen. Op kleine schaal wordt er geëxperimenteerd met turbine vrije windsystemen, zoals bijvoorbeeld “Vibro-wind” (<http://www.news.cornell.edu/stories/May10/VibroWind.html>) een systeem ontworpen door ingenieurs van de Cornell universiteit in de VS. Vibro-wind is een systeem van kleine panelen die oscilleren in de wind en elektriciteit produceren bij elke vibratie, naar analogie van het ruisen van de bladeren van een boom (<http://www.asknature.org/product/3345209b7cdb4ce09f12259d951eaf75>). Dit systeem kost volgens de bedenkers slechts een fractie van een conventionele windturbine, geeft geen visuele of geluidsoverlast en kan gemakkelijk geïntegreerd worden in steden zoals op daken, wanden en bruggen. Een ander voorbeeld van een microturbine is de van AeroCam van Broadstar, een installatie die lijkt op een watermolen en die geoptimaliseerd is voor lage windsnelheden typisch voor in residentiële omgevingen (<http://www.broadstarwindsystems.com/home.php>). Een illustratie op grotere schaal zijn de wind farms waar elke windturbine gebruik maakt van de vortex die door de naburige turbines wordt gecreëerd. Dankzij deze nieuwe technologie kan tot 10 keer meer energie opgewekt worden per oppervlakte (Whittlesey et al., 2010).



Figuur 82: Links een foto van Vibro-wind © Cornell University en rechts een afbeelding van een micro turbine AeroCam © Broadstar



Figuur 83: Het FLOWE wind farm design © The Caltech Field Laboratory for Optimized Wind Energy

Fundamentele doorbraken op vlak van waterkracht

Op vlak van waterkracht wordt evenzeer veel vooruitgang geboekt. Nieuwe doorbraken van groot- en kleinschalige hydrotoepassingen laten toe om constant en goedkoop hernieuwbare energie produceren. Vooral in mariene omstandigheden, waar het corrosief effect van zeewater beperkingen oplegt, is het innovatiepotentieel zeer hoog. Op het grondgebied van Gent weerspiegelen de mogelijkheden van waterkracht echter meer kleinschalige toepassingen zoals van hydrokinetische aandrijving.

Voorbeeld: Een interessant voorbeeld dat voorlopig nog in zijn kinderschoenen staat, maar niettemin een interessante toepassing voor stedelijk gebied inhoudt is een gecombineerde PV-piezoelektrische installatie die de energie van zowel zon, wind en regen kan omzetten in elektriciteit (<http://www.energyharvestingjournal.com/articles/harvesting-solar-wind-and-rain-energy-00003563.asp?sessionid=1>). Dankzij dit hybride systeem wordt er meer continue energie geproduceerd waardoor piek- en dalmomenten van één bron zoals de zon bijvoorbeeld gemakkelijker overbrugd kunnen worden.

Fundamentele doorbraken op vlak van biomassa

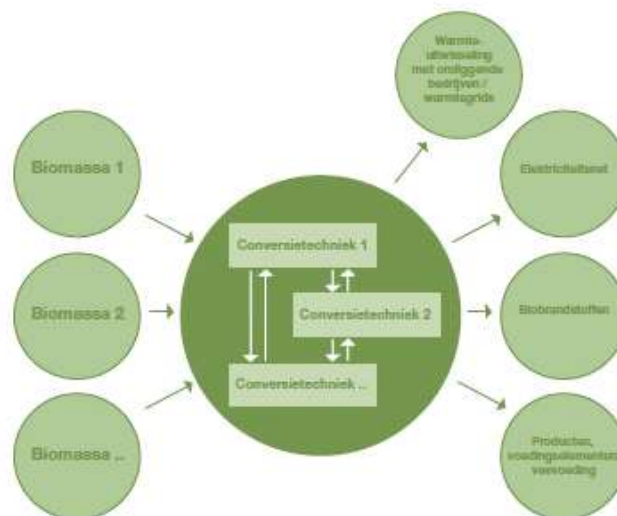
Een ander verhaal dient zich aan op vlak van biomassa. De veelzijdige inzetbaarheid van biomassa (voedsel, vezel, materiaal, brandstof...) gecombineerd met de functionele rol die biomassa speelt in ecologische processen (bv. bodemverbetering, koolstofopslag, huisvesting), vragen om een doordachte biomassastrategie. Omwille van ruimtelijke beperkingen kan er niet zo maar van uitgegaan worden dat de toepassing van biomassa als grondstof voor materialen of energieopwekking geen probleemverschuivingen op geografische of temporele schaal te weeg brengt. De toenemende bevolkingsgroei en de stijgende levensstandaard in de niet-Westerse wereld die de vleesconsumptie in deze landen doet toenemen, zorgt ervoor dat er weinig ruimte over blijft voor duurzame productie van energiegewassen zonder dat dit ten koste gaat van waardevolle natuurgebieden en ecosystemen. Vernieuwingen op dit vlak zullen vooral gericht zijn op het in gebruik nemen van oppervlakten die niet in concurrentie gaan met de voedselproductie of de integriteit van ecosystemen, zoals bijvoorbeeld de productie van algen op brownfields of op vervuilde gebieden op zee. Technieken zoals fyto-remediatie, waar biomassa wordt ingezet om vervuiling op te ruimen kunnen ook gecombineerd worden met energietoepassingen wanneer de vervuilende elementen (zware metalen) uit de rookgassen gefilterd kunnen worden. Verder is er ook nog potentieel voor effectievere benutting van biomassa via het slim combineren van meerdere verwerkingstechnologieën en deze te koppelen aan geschikte locaties (waar bv. warmtevraag is).

Voorbeeld 1: Dankzij een bio-adaptieve façade van microalgen wordt een gebouw voorzien van een flexibel zonneneringsysteem terwijl er tegelijkertijd algen worden produceert (<http://inhabitat.com/splitterwerk-architects-design-worlds-first-algae-powered-building-for-germany/>). De door de algen geproduceerde energie wordt via bioreactoren opgevangen en wordt ingezet om het gebouw van energie te voorzien. Dit concept werd ontwikkeld door een samenwerking van Spitterwerk Architects, ARUP and Colt International en het Strategic Science Consult of Germany.



Figuur 84: Zonneschermen van algen rond het BIQ gebouw © Spitterwerk Architects

Voorbeeld 2: Het concept van energieconversieparken (<http://www.ecp-biomassa.eu/>) speelt in op variatie in aanbodstromen van biomassa en zorgt voor een effectievere valorisatie via diverse toepassingen (warmteuitwisseling, materiaal, elektriciteit, biobrandstof, materiaal etc) via het slim koppelen van verscheidene conversietechnologieën.



Figuur 85: Concept van ECP uit de ECP project brochure

Fundamentele doorbraken op vlak van geothermie

Geothermische energie kan als bron dienen voor zowel duurzame warmte als duurzame elektriciteit. Bovendien heeft geothermie als voordeel in vergelijking met bronnen als zon en wind dat de winning onafhankelijk is van weersomstandigheden en continu doorloopt. Bijkomende voordelen zijn dat geothermiecentrales compact zijn en dus geen “horizonvervuiling” en geluidsoverlast veroorzaken. Naast deze voordelen zijn er ook enkele nadelen verbonden aan geothermie: in tegenstelling tot zon en wind kan geothermie lokaal wel uitgeput geraken wanneer

er meer warmte wordt afgevoerd dan aangevoerd. Verder dient nog onderzocht te worden of dit procedé nadelige gevolgen heeft op andere systemen zoals het grondwaterhuishouden. Wanneer het gaat om diepe boringen, is er ook een risico van het opwekken van kleine aardbevingen bij het splijten van gesteentelagen. In die zin dienen geothermieprojecten steeds voorafgegaan te worden door een grondige risico-analyse en dienen de omstandigheden bij bestaande projecten opgevolgd te worden. Doorbraken die de risico's op nadelige gevolgen beperken kunnen opschaling van geothermie ondersteunen.

Voorbeeld 1: Een samenwerkingsverband tussen een fabrikant van warmtepompen en Oak Ridge National Labo van het Amerikaans energie departement heeft geleid tot een toename in efficiëntie van warmtepompen. Testen en analyse van de warmtepomp met de naam Trilogy 40 Q-Mode™ tonen aan dat deze tot 30% meer efficiënt is dan de huidige generatie warmtepompen (<http://energy.gov/articles/technology-breakthrough-geothermal>).

Voorbeeld 2: In het Zwitserse Winterthur worden 400 woningen verwarmd met behulp van warmtepompen die het rioolwater als warmtebron gebruiken. Men heeft over een lengte van 78 meter een nieuwe betonnen buis naast de bestaande rioleringsbuis gelegd en vervolgens de stroom omgeleid via dit nieuwe stukje riool. De nieuwe buis is aan de onderzijde voorzien van ingegoten pijpen waar schoon water doorheen stroomt. Dit schone water wordt opgewarmd door het rioolwater, dat een tussen de 10 en 20 °C schommelende temperatuur heeft. Het opgewarmde water wordt naar de warmtecentrale van de woonwijk gevoerd, waar het als warmtebron voor warmtepompen dient. In de verdamer van de warmtepompen wordt warmte aan het water onttrokken, dat vervolgens weer teruggaat naar de speciale rioolbuis om weer te worden opgewarmd. Er zijn in Winterthur 27 locaties waar warmtewinning uit het rioleringsstelsel economisch en technisch haalbaar is. De potentiële reductie van de emissie van het broeikasgas CO₂ is totaal, voor al deze locaties samen, 4.000 ton per jaar.

Naar efficiëntere vormen van energieopslag

Energie kan op verschillende wijzen opgeslagen worden. Denk o.a. maar aan batterijen, warmte of koudeopslag in de ondergrond, waterkrachtcentrales of in de vorm van waterstof of algen. Op vlak van efficiëntie is er nog veel potentieel voor verbetering. Het ontwikkelen van slimme netwerken laat toe om op een intelligentere manier om te gaan met energieopslag. Zo kan een deel van de energie van het net opgeslagen worden in de batterijen van elektrische auto's.

Voorbeeld: Een illustratie van een slimme vorm van energie opslag zijn zonnecollectoren (solar road collector). Via een netwerk van buizen in de toplagen van asfalt of beton slaan zonnecollectoren de warmte ondergronds op in de zomer. In de winter wordt deze warmte terug naar boven gehaald om de wegen ijsvrij te kunnen houden (<http://www.asfaltnet.nl/ShowCase/22553/Zonnecollector>).



Figuur 86: Aanleg van een zonnewegcollector in Toddington, UK © ICAX

Van consument naar prosument

Naar een slimme combinatie van energie-efficiëntie en energieproductie

Om van energieverpillende woningen verleden tijd te maken is een slimme combinatie nodig van maatregelen rond energie-efficiëntie en energieproductie. De stappen van de *trias energetica*: (1) verminder de energievraag en (2) gebruik en productie van duurzame energie geven een kader voor de te volgen acties. Voor nieuwbouw is deze benadering helder. Wanneer het gaat over renovatie wordt het geheel complexer: wanneer is afbraak en opbouw verstandiger dan renovatie? Hoe kan de maatschappelijke meerwaarde in dit geval meegenomen worden zodanig dat afbraak en heropbouw toch economisch interessant is voor particulieren? Ook op vlak van energie-opwekking speelt dit een rol. Benut de particulier de energie van zijn PV-installatie voor eigen gebruik, zelfs als het gaat om technologieën met laag rendement zoals elektrische verwarming of investeert hij in een andere warmtebron (bijvoorbeeld warmtepomp) en zet hij het elektriciteitsoverschot van zijn PV-installatie op het net? Waar ligt de meeste meerwaarde voor de maatschappij en is er een win-win voordeel mogelijk met het particulier belang? Op dit gebied is er duidelijk nog veel potentieel voor innovatie.

Voorbeeld: Een interessant concept voor renovatie is het opzetten van ketensamenwerking om de energie-efficiëntie van het woonpark te verbeteren. Voor de woonwijk “De Kroeven” in het Nederlandse Roosendaal zijn de opdrachtgever, architect en ketenaannemers samen op zoek gegaan naar de grenzen van efficiënt en effectief renoveren. De belangrijkste functionele doelstelling die ze voorop stelden was het ombuigen van het bestaande energielabel F/G in A ++. Voor deze woningen geldt het PassiefBouwen Keur waardoor de energiekosten aanzienlijk zullen dalen (Vissers, 2009). Daarnaast streefde het collectief naar een verfraaiing van de buurt om verpaupering tegen te gaan. Via deze ingreep kreeg de wijk een kwaliteitsimpuls waarmee de leefbaarheid voor minimaal vijftig jaar gegarandeerd is. Een doorgedreven ketensamenwerking tussen alle partners zorgt ervoor de passief renovatie slechts vijf dagen in beslag neemt en een besparing van zo’n 80% op het energiegebruik voor ruimteverwarming oplevert. De zonnecollectoren worden prefab op de dakelementen vastgelegd en zorgen voor een besparing van 50% op het energiegebruik voor warm water. De woningcorporatie Aramis AlleeWonen garandeert alle huurders dat de ingreep

“budgetneutraal” plaatsvindt. De huurverhoging bedraagt na renovatie 65 euro per maand wat ruimschoots gecompenseerd wordt door de daling van de energierekening.



Figuur 87: Proefwoning in de woonwijk “De Kroeven” in het Nederlandse Roosendaal. De renovatie van van F/G naar A++ woningen neemt slechts vijf dagen in beslag dankzij de doorgedreven ketensamenwerking tussen alle partners (meer info in brochure passief renoveren De Kroeven Roosendaal)

Afval als grondstof

Het opzetten van slimme kringlopen

Voor dit onderdeel verwijzen naar het concept “Circulaire economie” dat in Thema 1-Economie en consumeren beschreven werd.

Elektriciteit creëren uit afvalstromen

In microbiële brandstofcellen worden afvalstromen (afvalwater) verwerkt en deels gezuiverd door micro-organismen/bacteriën. In afwezigheid van zuurstof produceren specifieke bacteriën CO_2 , elektronen en waterstof bij de afbraak van organisch materiaal. In een microbiële brandstofcel worden de bacteriën gekweekt op een elektrode (Anode). De elektronen die vrijkomen bij de afbraak van organisch materiaal wekken een elektrische stroom op. De vrijgekomen waterstofprotonen migreren door het membraan van de anode naar de kathode en worden daar opnieuw geoxideerd naar water (H_2O). Microbiële brandstofcellen (MBC) worden tot dusver in gecontroleerde omgevingen uitgetest. In het algemeen hebben MBC potentieel voor toepassing op grotere schaal op locaties waar elektrische infrastructuur ontbreekt, al dient het opschaalprocedé nog verder onderzocht en ontwikkeld te worden. Een optimale werking is immers onderhevig aan een groot aantal parameters: temperatuur, verontreiniging van afvalstromen met voor de bacteriën giftige bestanddelen, licht, ... (Dewan et al., 2010). De combinatie van verwerking van afvalstromen met opwekking van energie maakt deze technologie op heden vooral aantrekkelijk op kleinere schaal.

Voorbeeld: Verfijning van de MBC technologie zou in de toekomst kunnen zorgen dat zuiveringsinstallaties van rioolwater elektriciteit produceren. Indien de MBC technologie gecombineerd wordt met omgekeerde elektrolyse kan er ongeveer 0,9 kWh aan elektriciteit worden geproduceerd per kilogram organisch afval (<http://inhabitat.com/new-poo-power-device-could-help-sewage-plants-transform-wastewater-into-wattage/>).

7.6. THEMA 4: BETROKKENHEID & ACTIVERING

7.6.1. STREEFBELD: DE GENTENAARS THUIS IN DE STAD

Betrokkenheid & Activering, De Gentenaars thuis in hun stad

<p>Transitie valt stil als er niet voortdurend mensen rond bezig zijn die nieuwe ideeën aanbrengen, oude structuren veranderen en die het beleid, de bedrijven en hun medeburgers blijven voortstuwten op de diverse transitiepaden. Daarom is het van vitaal belang dat de Gentenaars niet alleen weten wat de ideeën, de visie en de plannen rond transitie zoal inhouden, maar dat steeds meer mensen, verenigingen en bedrijven</p>	<p>ook actief deelnemen aan het denken en doen rond transitie. Dit is dan ook een oproep naar de Gentenaars om hun stem te laten horen en nieuwe initiatieven te ontplooiën. Door actief te worden in een van de werkgroepen of door zelf een nieuwe te beginnen, help je de transitie in Gent waar te maken en ze nationaal en internationaal uit te dragen. Als we er met zijn allen de schouders onder zetten, worden al deze mooie</p>	<p>plannen realiteit en wordt Gent een nog mooiere, duurzamere, socialere, leefbare én klimaatneutrale stad.</p>
---	--	--

Veelbelovende overkoepelende concepten, potentiële maatregelen en voorbeelden

Duurzaam leren leren: een slimme combinatie van leren, verleren en herleren

Het stimuleren van veerkracht denken, voortschrijdend inzicht en creativiteit

In het artikel *veerkracht denken* (Dhondt, 201) beschrijft Rudy Dhondt de impact van de denkkaders die we hanteren treffend: *“Lopen we vast met onze duurzaamheid? Een belangrijk deel van de modellen en denkkaders die we rond duurzaamheid hanteren, doen onvoldoende recht aan de complexiteit, het dynamisch karakter en de gelaagdheid van de werkelijkheden om ons heen. Verdacht veel van wat we ondernemen onder het mom van duurzame ontwikkeling lijkt vooral gewoon meer van hetzelfde... en brengt ons niet waar we moeten zijn. Kan het zijn dat we onze gangbare denkmodellen nog onvoldoende in vraag stellen? Vooral in tijden van urgentie lijken we te vergeten dat hoe problemen verschijnen, en welke mogelijke antwoorden en oplossingen ervoor zijn, sterk afhankelijk is van hoe we naar de werkelijkheid kijken: met welke frames en denkmodellen. Als de (duurzaamheids)nood het hoogst is, focussen we immers nog sneller op wat we zien en niet op hoe we kijken. Terwijl de manier waarop we kijken misschien net het probleem uitmaakt.”* (zie ook de paragraaf rond Economische vooruitgang: meten wat er toe doet). Gangbaar managements-, efficiëntie- en optimalisatiedenken houdt vaak geen of weinig rekening met de dynamiek van verandering die de werkelijkheid ten voeten uit typeert. Dhondt (2010) beschrijft veerkrachtdenken via het uitgangspunt dat wij ons in het bestaan op open zee bevinden en rekening dienen te houden met de golven en verrassingen ervan. In de praktijk kan het principe van veerkrachtdenken toegepast worden via actief adaptief management. Het gaat om een bewust, systematisch proces dat beleid en aanpak voortdurend wil bijstellen door te leren van eerder

gevoerd beleid en aanpakken. Het reflecteert een manier van leren over socio-ecologische systemen waarbij management, beleid, en zelfs opvattingen en zienswijzen, bekeken worden als veronderstellingen en hypothesen, en acties als manieren om die veronderstellingen te testen (Dhondt, 2010). Het komt neer op het doordringen in het systeem om erover te leren, met gebruikmaking van georganiseerde experimenten, en zo de ontwikkeling van voortschrijdend inzicht te stimuleren. Dit wordt in de transitieliteratuur het stimuleren van het reflectief vermogen genoemd (Grin et al., 2010). Creativiteit is een uitstekende manier om verder te kijken dan de gangbare denkkaders en patronen. Kunst en cultuur spelen hierin een cruciale rol. Investerings in kunst en cultuur renderen omdat ze sociale innovatie aanzwengelen (Kagan, 2012). Verder is het aangewezen om ook onze capaciteit van “*verleren*” verder te ontwikkelen. Eens we weten wat onduurzame denk- en handelwijzen zijn, dienen we deze te vervangen door andere zienswijzen en attitudes zodat we kunnen evolueren naar een duurzaamheidcultuur (Assadourian, 2010).

Voorbeeld: Een voorbeeld waar veerkracht denken in de praktijk wordt uitgetest is het initiatief Veerkracht Carnisse (www.veerkrachtcarnisse.nl). Dit is een vier jaar durend sociaal innovatieproject in de Rotterdamse wijk Carnisse (deelgemeente Oud-Charlois). Onder deze naam gaan een viertal Rotterdamse partijen in samenwerking met de (deel-)gemeente, instellingen, bewoners en andere wijkpartners werken aan een integrale aanpak om te werken aan het zelforganiserend vermogen van de wijk. De doelstelling van dit initiatief is om het aanwezige potentieel in Carnisse te verkennen, versterken en er richting aan te geven zodat de sociale, ecologische en economische veerkracht van de wijk gezamenlijk met alle betrokkenen wordt vormgegeven. Deze co-productie gebeurt door noodzakelijke condities voor samenleven te ontwikkelen; door betrokkenheid en collectiviteit in de openbare ruimte te stimuleren; door vakmanschap te ontwikkelen via onderwijs en educatie en via het opbouwen van een zelforganiserend netwerk in de wijk.

Werken aan de condities voor verandering: Mensen als aanjagers van verandering zien

Inzetten op veranderkracht en veranderbaarheid: cycli van bezinning, omvorming, ontmanteling, creatie en herbezinning

Rigide, moeilijk veranderbare systemen zoals het overheidsregime zijn niet goed aangepast om met de snelheid van verandering om te gaan. Hierdoor kunnen nadelige gevolgen vaak niet vermeden worden of worden oplossingen pas geïmplementeerd wanneer ze reeds door de werkelijkheid achterhaald zijn. Bovendien zijn traditionele beleidsprocessen doorgaans gericht op het bereiken van consensus en op besluitvorming vanuit de behartiging van bestaande belangen. Dit leidt vaak tot suboptimale oplossingen of verbeteringen van bestaande situaties gericht op het beperken van de schade in plaats van het wegnemen van de oorzaak. De duurzaamheidsproblemen waar we als maatschappij voor staan vereisen een aanpak die verder reikt dan suboptimale oplossingen, namelijk systeemveranderingen. Om dergelijke systeemveranderingen toe te laten is een bezinning nodig over onze bestaande instituties: welke rol spelen ze vandaag en welke rol dienen ze te spelen? Kunnen bestaande instituties omgevormd worden om te voldoen aan de nieuwe werkelijkheid of is ontmanteling aangewezen? Dienen er nieuwe instituties opgericht te worden? In vele geledingen van de maatschappij beginnen dit soort vragen meer en meer doorgang te krijgen en worden vernieuwingsprocessen opgestart. Dergelijke vernieuwingsprocessen zijn echter erg fragiel en verlopen vaak moeizaam omdat ze verwarring, chaos, turbulentie, onzekerheid en spanningen veroorzaken (Loorbach & Rotmans, 2010). Meer dan niet valt het proces hierdoor stil waardoor durf, goede facilitatie, leiderschap en mandaten nodig zijn om de dynamiek op een energieke en constructieve wijze gaande te houden en de barrières, die duurzame verandering tegenwerken, weg te nemen. Hierin is het “*empoweren*” van koplopers, pioniers en veranderaars essentieel (Loorbach & Rotmans, 2010). Hiermee bedoelen we het stimuleren, ontwikkelen,

onderhouden en opschalen van pioniersvermogen voor verandering via het voorzien van noodzakelijke middelen (ruimte, tijd en budget). De opgang van onze netwerkmaatschappij biedt een brede waaier van nieuwe mogelijkheden voor maatschappelijk entrepreneurschap zoals crowd sourcing, crowd funding, gemeenschapsfondsen, microfinanciering etc.

Voorbeeld: Een voorbeeld waarbij er wordt ingezet op de veranderkracht van mensen is de transitie arena (zie o.a. Loorbach & Rotmans, 2010). Dergelijke arena's worden niet bevolkt met vertegenwoordigers maar met een diverse groep mensen die verder kunnen kijken dan een bepaald belang, systeemdenkers, bruggenbouwers, visionairen en pioniers. Vaak gaat het hier om mensen met "goesting en vernuft" om duurzame vernieuwing in gang te zetten. In arena's wordt er eerste gewerkt aan een smal en diep draagvlak, dat vervolgens stap voor stap verbreed wordt.

Het ontwikkelen van nieuwe competenties

De innovaties beschreven onder de voorgaande thema's tonen de noodzaak aan van het verwerven van nieuwe vaardigheden. Het gaat hier zowel om technische competenties zoals o.a. het installeren, onderhouden en repareren van hernieuwbare technologieën en om sociale competenties zoals verbinden, samenwerken, netwerken en het in praktijk brengen van multi- en transdisciplinariteit. Of, zoals eerder reeds aangegeven, vaardigheden die nodig zijn om de hardware en software van een in dit geval duurzame stad, vorm te geven. In het boek "Supercooperators" beschrijft evolutie-expert en directeur van het Harvard programma voor evolutionaire dynamiek Martin Nowak (2011) dat samenwerking cruciaal is voor het voortbestaan van onze beschaving. Samenwerking maakt bovendien deel uit van onze natuur op fysiek en sociaal vlak – een ziekte treedt op wanneer bepaalde cellen, weefsels of organen niet meer samenwerken – waardoor het mogelijk is om onze technieken van samenwerking te verfijnen en uit te breiden. Dit vraagt bovendien om een slimme match tussen functie en vaardigheden in werkomstandigheden.

Voorbeelden: Een voorbeeld waarbij technische vaardigheden worden doorgegeven is een "repaircafé". Dit zijn samenkomsten waar technisch onderlegde individuen tegelijkertijd toestellen repareren en de eigenaars leren hoe het in de toekomst zelf hun toestel kunnen herstellen. Een mooi voorbeeld van samenwerking zijn de voedselteams. Een voedselteam is een groep van mensen uit een zelfde buurt die samenwerken voor de rechtstreekse aankoop van biologische groenten en fruit, van hoevezuivel en hoevevlees (al dan niet bio), van brood en bloem ... van streek- en seizoensproducten. De aankoop wordt via het internet gedaan en de aangekochte waren worden geleverd en verdeeld in een depot, vaak een garage of een schuurtje bij één van de leden.

Kennis voor transformatie

Het ontwikkelen van nieuwe kennis

Ook op vlak van kennismanagement is er nog veel potentieel voor vernieuwing. Factoren zoals verzuiling en verkokering van wetenschappelijke disciplines bijvoorbeeld bemoeilijken het aangaan van discipline overschrijdende dialogen (denk maar aan de barrières veroorzaakt door vakjargon) en vertragen processen van systeemdenken. Ook de gangbare methodiek van aan wetenschap doen, dient verbreed te worden: systeembenaderingen overstijgen de praktijk van het stellen en testen van hypothesen die dan universeel herhaalbaar dienen te zijn. Nieuwe waarderingskaders met betrekking tot wetenschappelijke expertise dringen zich op en nieuwe methoden van "review" of beoordeling dienen ontwikkeld te worden om op een geschikte wijze om te gaan met

systeembenaderingen. Nieuwe kennis dient tevens een nieuw contract aan te gaan met de maatschappij (WBGU, 2011) waarbij er ruimte wordt gecreëerd voor co-creatie en co-interpretatie van resultaten.

Voorbeeld: De universiteit van Gent toont leiderschap op vlak van duurzaamheid. Via het project TransitieUGent onderzoekt de universiteit hoe ze een proactief duurzaamheidsbeleid vorm kan geven (<http://www.ugent.be/nl/univgent/welzijnmilieu/energie/campagne2012>). Aangezien dit project recent opgestart is, kunnen er nog geen resultaten opgesomd worden.

Empowerment, legitimiteit en draagvlakcreatie

Stimuleren van zelforganisatie en het zelfoplossend vermogen

Uit de transitieliteratuur weten we dat transitie enkel tot stand kunnen komen via interactie en samenspel waarbij geen van de partijen absolute zeggingskracht en regie heeft. Dit houdt in dat de overheid haar traditionele rol van beheersen, controleren en regelen deels los zal moeten laten. Indien dit niet gebeurt, vormt de overheid zelf de grootste barrière voor het realiseren van brede maatschappelijke transitie (Krosse et al., 2012). Via het stimuleren van zelforganisatie en het zelfoplossend vermogen, kunnen de Gentenaars zelf betrokken en geactiveerd worden en wordt er tegelijkertijd ingezet op essentiële factoren zoals legitimiteit, draagvlak en empowerment.

Voorbeelden: Er zijn tal van voorbeelden waarbij deze strategie in het verleden goede resultaten boekte in termen van crisismanagement. Een voorbeeld zijn de volkstuintjes die tijdens de oorlog in vele steden aangelegd werden om verhogering te voorkomen. Een ander voorbeeld is de oprichting van “*Local Exchange and Trading System*”, kortweg LETS of lokaal uitwisselingssysteem (<http://www.letsvlaanderen.be/>). LETS ontstond in Canada onder impuls van een economische crisis waar op korte termijn de tewerkstelling wegtrok en het inkomen van de inwoners onder druk kwam te staan. Uit noodzaak gingen zij weer ruilen; ruilen van zowel goederen als vaardigheden maar ingevuld op een eigentijdse manier. Het idee heeft zich snel verspreid over de hele wereld en vond ook toegang in Vlaanderen.

HOOFDSTUK 8. DATATRAJECTEN

In dit hoofdstuk identificeren we essentiële datatekortingen. Naast het identificeren van nieuwe datatekortingen, baseren we ons op de studie “Evaluatie van de haalbaarheid van de methodologie abatement cost curve op maat van Gent” (TRITEL, 2011). We onderwerpen de lijst van essentiële datatekortingen aan een evaluatie en schrijven specifieke trajecten uit om de essentiële datatekortingen in te vullen.

8.1. IDENTIFICATIE VAN ESSENTIËLE DATATEKORTEN

Doorheen het traject van de opmaak van het scenario 2030 (zie hoofdstuk 6) werden een aantal datatekortingen geïdentificeerd. Het invullen van deze datatekortingen zou ervoor kunnen zorgen dat:

- een bijkomend CO₂-reductiepotentieel kan becijferd worden, en/of
- het huidige CO₂-reductiepotentieel beter in kaart kan worden gebracht.

Het invullen van deze datatekortingen kan bijdragen tot het formuleren van concrete acties (uitgaande van de kostencurve) en het lanceren van projecten maar moet zich ook richten op het verwerven van de nodige informatie om de voortgang ten opzichte van de vooropgestelde doelstelling te kunnen opvolgen (monitoring). We willen tevens opmerken dat dat een verdere detaillering of extra informatie op zich niet noodzakelijk tot een “betere” kostencurve leidt. Dit blijft afhankelijk van het resultaat van de dataverzameling en is onzeker zolang de oefening niet werd gedaan.

Uitgaande van de analyse in voorgaande hoofdstukken identificeren VITO/ARCADIS volgende datatekortingen per sector.

- Lokale energieproductie:
 - o Het praktische potentieel voor hernieuwbare energie (geothermie/restwarmte, riothermie, wind)/
- Industriële sector:
 - o Het verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas.
- Residentiële sector:
 - o Een verdere opsplitsing van het energieverbruik tussen open/halfopen/gesloten bebouwing om zo ook de variatie in warmtevraag per type woning in kaart te kunnen brengen.
 - o Een meer realistisch beeld van het BVO per type woning met een onderscheid tussen woningen in een stedelijke/landelijke omgeving.
 - o Het verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas.
- Tertiaire sector:
 - o De koudevraag in de sector handel en diensten om zo de impact van airconditioning en mogelijke maatregelen om verhitting/koeling te voorkomen mee te kunnen meenemen.
 - o De specifieke energievraag binnen de detailhandel.
 - o Het verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas.

- De diversiteit aan type gebruikers en type gebouwen binnen de tertiaire sector in kaart brengen.
- Verkeer en vervoer:
 - Capaciteit van bestaande netwerk voor openbaar vervoer in vergelijking met bestaande en maximale vraag.
 - Beschikbare ruimte voor uitbreiding netwerk openbaar vervoer.
 - De mate waarin de huidige/toekomstige verplaatsingsbehoeften ingevuld kunnen worden met collectieve modi, rekening houdend met de ruimtelijke structuur van de stad.
 - De gevoeligheid van de vraag naar vervoersmodi in functie van een aantal sleutelparameters (prijs, frequentie, organisatie van de aansluitingen, ...).
 - Bestaat de nodige capaciteit voor een shift naar goederenvervoer via spoor (niet alleen lokaal, maar op alle verbindingen naar de plaats van bestemming of vanaf de plaats van oorsprong)? Zijn de bottlenecks lokaal of liggen die buiten het gebied van de stad?
 - Bestaat de nodige capaciteit voor shift naar goederenvervoer via binnenvaart (niet alleen lokaal, maar op alle verbindingen naar de plaats van bestemming of vanaf de plaats van oorsprong)? Zijn de bottlenecks lokaal of liggen die buiten het gebied van de stad?
 - Voor welk aandeel van de te verladen goederen is modal shift geen optie (door de aard van de goederen en/of de ligging van de bestemming of oorsprong)?
 - Inschatting potentieel en kosteneffectiviteit walstroom voor de Gentse Haven.

Voorvoemde datatekortten nemen we mee in de evaluatie van de verschillende criteria en het uitschrijven van de datatrajecten.

In de TRITEL-studie (2011) worden in het “maximumaanpak” scenario 63 datatekortten geïdentificeerd. Binnen dit maatregelenpakket zijn er voor ongeveer 75% van de databehoeften reeds kwalitatieve data voorhanden. De datatekortten zijn specifiek gekoppeld aan de methodiek die TRITEL voorstelt om een kostencurve op te bouwen. Deze methodiek verschilt fundamenteel van de VITO/ARCADIS aanpak. Daardoor zal het invullen van deze datatekortten niet noodzakelijk leiden tot het beter in kaart brengen van het CO₂-reductiepotentieel en bijhorende kosten of tot het in rekening brengen van additionele maatregelen en bijhorend reductiepotentieel. Bovendien hebben de datatekortten die door TRITEL in kaart gebracht werden eerder nut in het praktisch uitwerken van de maatregelen (in projectvoorstellen of concrete acties) en niet zozeer in het verbeteren van een kostencurve. Bepaalde datatekortten vertonen een overlap met de door VITO/ARCADIS geïdentificeerde datatekortten. Bijvoorbeeld de datatekortten “potentieel voor geothermie” en “potentieel voor uitwisseling restwarmte” omvatten volgende door TRITEL geïdentificeerde datatekortten:

- Energieverbruik sites nabij restwarmtebronnen: kWh of J / m²;
- Gemiddelde restwarmte (kWh of J / dag of jaar) per site;
- Huidige warmteopwekkingsmethodes sites nabij restwarmtebronnen;
- Percentage reductie energieverbruik door gebruik diepe geothermie;
- Percentage reductie energieverbruik door gebruik BEO;
- Percentage kantoorgebouwen waar KWO kan toegepast worden;
- Aantal sites in Gent met restwarmte in de buurt van kantoorgebouwen;
- Percentage kantoorgebouwen waar potentieel BEO kan gedaan worden;
- Percentage woningen waar diepe geothermie kan toegepast worden;
- Percentage woningen waar KWO kan toegepast worden;
- Aantal sites in Gent met restwarmte in de buurt van flatgebouwen.

8.2. EVALUEREN VAN ESSENTIËLE DATATEKORTEN

Om het juiste datatraject te selecteren, evalueren we de essentiële datatekortten volgens een aantal criteria. Om de meest relevante criteria vast te leggen, bekijken we de eigenschappen van verschillende types datatrajecten.

Eerst maken we een onderscheid tussen desk- en fieldresearch.

- **Deskresearch:** hierbij maak je gebruik van bestaande gegevens in de vorm van:
 - o literatuur, bestaand onderzoek waaruit nieuwe conclusies kunnen getrokken worden.
 - o bestaande databanken die niet publiek beschikbaar zijn en die mogelijk beperkte bewerkingen nodig hebben of die dienen gecombineerd te worden.
- **Fieldresearch:** hierbij ga je zelf gegevens verzamelen door een eigen onderzoek op te zetten en uit te voeren, waarbij onderscheid kan gemaakt worden tussen bijvoorbeeld:
 - o Enquêtes: hierbij wordt een grote groep van mensen geconfronteerd met standaard vragen.
 - o Interviews: hierbij wordt een kleine groep van mensen geconfronteerd met mogelijk uiteenlopende vragen.
 - o Case-studies: hierbij wordt inzicht verworven in een specifiek datatekort door bestaande of nieuw opgezette projecten te evalueren of door bestaande informatie te vertalen naar een specifieke case.

Vervolgens selecteren we een aantal criteria om de verschillende datatrajecten te identificeren.

- **Periodiciteit:** hierbij geven we aan of dit datatraject eerder éénmalig informatie aanlevert of makkelijk kan/moet herhaald worden.
- **Bron:** hierbij wordt aangegeven of de informatie dient verzameld worden bij een grote groep of een kleine groep experts/instanties/bedrijven/inwoners.
- **Vorm:** dit criterium geeft aan onder welke vorm de informatie verzameld en verwerkt wordt gaande van literatuur, bestaande rapporten, info uit databases tot kwantitatieve of kwalitatieve gegevens.
- **Beschikbaarheid:** dit criterium geeft aan of de informatie die moet verzameld worden reeds bestaat en dus moet aangevraagd worden of nog niet bestaat. Indien de informatie nog niet bestaat wordt aangegeven of deze informatie al dan niet kan afgeleid worden uit verwerking van bestaande informatie.

Volgende tabel geeft een beschrijving van de **verschillende datatrajecten** volgens de verschillende criteria.

Tabel 78: Eigenschappen van verschillende datatrajecten

Type datatraject	Periodiciteit	Criteria Bron	Vorm	Beschikbaarheid
Deskresearch				
Studie-opdracht door experts	Eénmalig	Grote groep	Literatuur/Expert judgement	Publiek/Bij experts
Verwerken van bestaande statistieken	Mogelijks periodiek	Kleine groep	Databases/Rapporten	Verwerking van bestaande info (niet-publiek)
Fieldresearch				
Enquêtes	Mogelijks periodiek	Grote groep bedrijven/ Inwoners	Data	Nieuwe info
Interviews/persoonlijke contacten	Eénmalig	Kleine groep Experten/ Instanties	Statistieken/kwalitatieve info	Nieuwe info
Case-studies	Eénmalig	Kleine groep Experten	Case-specifieke info (kwantitatief/kwalitatief)	Nieuwe info/verwerking van bestaande info

Op basis van deze analyse stellen we voor de criteria periodiciteit, bron, vorm en beschikbaarheid een **beoordelingskader** op. Het resultaat wordt weergegeven in Tabel 79.

Tabel 79: Beoordelingskader voor de verschillende criteria

Parameters	Parameterwaarden		
Periodiciteit	Eénmalig	Periodiek	
Databron	Eén instantie	Kleine groep	Grote groep
Vorm van de data	Statistieken/ databases	Combinatie van literatuur en specifieke situatie	Literatuur/bestaande rapporten
Beschikbaarheid	Beschikbaar maar niet publiek	Beschikbaar na bewerking van dataleverancier	Zelf verzamelen

Tenslotte maken we een **beslissingsboom** op om het meest geschikte datatraject te kunnen selecteren.

8.3. UITTEKENEN VAN DE DATATRAJECTEN

Voor elke groep van datatekortten stellen we een datatraject op dat weergeeft hoe deze datatekortten in de toekomst kunnen ingevuld worden of, indien dit onmogelijk blijkt te zijn, wat de mogelijke terugvalopties zijn.

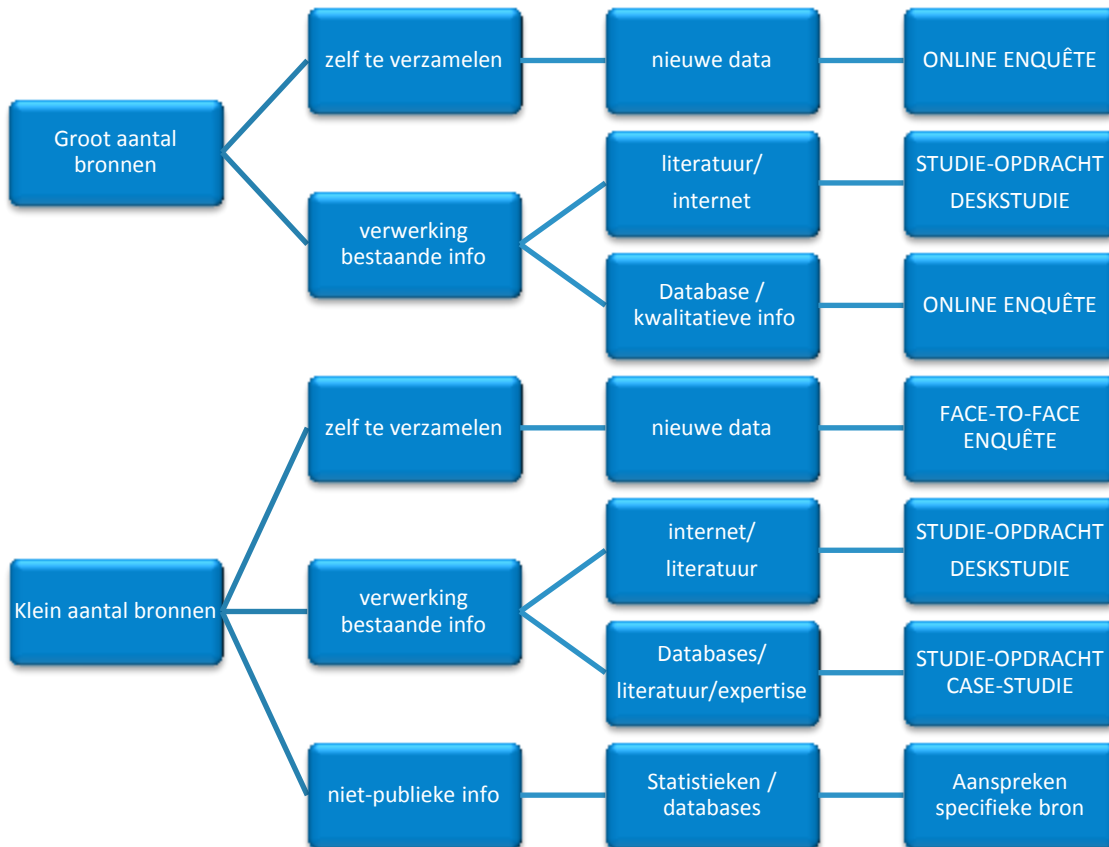
Om het juiste traject te kunnen bepalen, hebben we een beslissingsboom opgesteld, die rekening houdt met de reeds vermelde parameters: periodiciteit, grootte van de groep dataleveranciers (databron), beschikbaarheid van de gegevens en de vorm waarin de gegevens beschikbaar zijn of moeten aangeleverd worden.

Het in rekening brengen van bovenstaande parameters, leidt ons dan naar de keuze van het datatraject, we onderscheiden hierbij:

- Uitsturen van enquêtes;
- Afnemen van gerichte interviews (face-to-face enquête);
- Aanspreken van (een) specifieke bron(nen);
- Uitvoeren van steekproeven, meetcampagnes;
- Desk-studies op basis van literatuur en rapporten (kengetallen, trendlijnen, historische data);
- Desk-studies uitgevoerd door experts;
- Uitwerken van case-studies;
- Een combinatie van voorgaande trajecten.

Heel wat van voornoemde trajecten houden impliciet ook nog een deel deskwerk in. Bijvoorbeeld enquêtering vraagt naast de fase van enquêtering zelf, ook een correcte verwerking van deze gegevens. Afhankelijk van de beschikbare mankracht en het budget binnen Stad Gent, kan deze fase van verwerking intern of extern uitgevoerd worden.

In volgende paragrafen wordt een meer uitgebreide beschrijving gegeven van de geëvalueerde parameters, wordt via de beslissingsboom het meest geschikte datatraject geselecteerd en wordt ook een indicatie gegeven van het belang van de kost, die gepaard kan gaan met de invulling van het geselecteerde datatraject.



Figuur 88: Beslissingsboom datatraject

Tabel 80: Evaluatie van de essentiële datatekorten

Databehoefte	Periodiciteit	Bron	Beschikbaarheid	Vorm	Datatraject	Wie
Lokale energieproductie						
Potentieel voor geothermie	éénmalig	grote groep	zelf te verzamelen/publiek/experten	data/expert judgement/literatuur	enquête / case-studie	studiedienst/studiebureau
Potentieel voor restwarmte	éénmalig	grote groep	zelf te verzamelen/publiek/experten	data/expert judgement/literatuur	enquête / case-studie	studiedienst/studiebureau
Residentiële sector						
Verdere opsplitsing in energieverbruik per type woning	periodiek	grote groep	nieuw te verzamelen	databases	enquête	studiedienst/studiebureau
BVO van woningen (meer realistisch beeld met voor de Gentse situatie)	periodiek	grote groep	verwerking van bestaande info	databases	enquête/case-studie/specifiek bron	VEA
Tertiaire sector						
De koudevraag in de sector handel en diensten	periodiek	grote groep	zelf te verzamelen/verwerken bestaande info	gegevens/statistieken	enquête / literatuur/ case-studie	studiedienst/studiebureau
Energievraag binnen de detailhandel	periodiek	grote groep	zelf te verzamelen info	gegevens	enquête	studiedienst/studiebureau
Verkeer en vervoer						
Huidige capaciteit/vraag Openbaar Vervoer	eenmalig	kleine groep	Niet publieke info	statistieken/databases	specifieke bron	De Lijn, NMBS
Beschikbare ruimte voor uitbreiding netwerk openbaar vervoer	eenmalig	kleine groep	verwerking bestaande info	databases	specifieke bron	Stad Gent-dienst RO

Maximale capaciteit Openbaar Vervoer in de toekomst	eenmalig	kleine groep	verwerking bestaande info / verzamelen nieuwe info/expertise	statistieken/kwalitatieve info/databases	Studie-opdracht / case-studie	studiedienst/studiebureau
Gevoeligheid van de vraag naar vervoersmodi in functie van een aantal sleutelparameters	eenmalig	grote groep	zelf te verzamelen/verwerking van bestaande info	nieuw/literatuur/data/statistieken	enquête / desk-studie	studiedienst/studiebureau
Bestaat de nodige capaciteit voor shift naar goederenvervoer via spoor/binnenvaart	eenmalig	kleine groep	zelf te verzamelen/verwerking van bestaande info	databases/statistieken /expertise	Studie-opdracht / case-studie	studiedienst/studiebureau
Potentieel walstroom voor de Gentse Haven	eenmalig	Kleine groep	Niet publieke info/verwerking obv expertise	Databases/literatuur/expertise	Specifiek bron + case-studie	Havenbedrijf Gent/studiebureau
Algemeen						
Verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas (industrie/residentieel/tertiair)	periodiek	Middelgrote groep/grote groep	Niet publieke info en/of bestaande info / zelf te verzamelen	Databases/kwalitatieve info	Enquête / case-studie	Stad Gent ism energieleveranciers

Bij de voorgestelde datatrajecten komt vaak “enquêtering” naar voor. De betrouwbaarheid en representativiteit van het resultaat van enquêtering is volledig afhankelijk van de respons. De responsgraad en de kwaliteit van de antwoorden kunnen gestuurd worden door de juiste vorm van enquêtering te kiezen: (1) face-to-face onderzoek; (2) telefonisch onderzoek; (3) schriftelijk onderzoek en (4) online onderzoek. Elk van deze methodes hebben hun eigen voor- en nadelen afhankelijk van het type doelgroep, de graad van detail van het onderzoek, het type onderzoek, ... Zo zijn face-to-face onderzoeken geschikt wanneer het om een vrij gedetailleerde en moeilijke vraagstelling gaat, het nadeel is dan weer dat dit vrij duur is. Met een schriftelijk onderzoek kan men op een eenvoudige manier hele grote groepen mensen bereiken. Het nadeel is dan weer dat het vrij onpersoonlijk is en dat de stimulans om deel te nemen vaak lager ligt. Met de groei van sociale media en internetapplicaties komt een online onderzoek meer en meer in de kijker. Online onderzoek biedt ook veel mogelijkheden om de juiste doelgroepen te bereiken. Een aantal mogelijkheden om de vragenlijsten tot bij de deelnemer te krijgen zijn:

- Pop-up methode: waarbij de respondenten via pop-up schermen op websites uitgenodigd worden om deel te nemen aan online onderzoek.
- Internetpanel: waarbij respondenten uit een internetpanel via mail uitgenodigd worden tot deelname. Dit type biedt zelfs de mogelijkheid om heel specifieke groepen op te nemen in het onderzoek, op basis van het profiel van de respondenten.
- Onderzoek binnen communities: on-line ontmoetingsplaatsen om te discussiëren over bepaalde onderwerpen waarbij informatie kan verzameld worden door een reactie of vraag te posten of dergelijke fora.
- Een recente ontwikkeling in het online bevraging is de zogenaamde “gaming”: bevragingen worden gecombineerd met een online game. Deelnemers moeten, bijvoorbeeld, eerst informatie geven vooraleer ze kunnen deelnemen of informatie wordt tijdens het spel gevraagd.

Het verhogen van de responsgraad kan in alle gevallen ook door het voor de deelnemer interessanter te maken om deel te nemen:

- Het geven van een vergoeding (vandaag bestaan er reeds applicaties waarbij je door deelname aan enquêtes punten kan verzamelen, die kunnen ingeruild worden voor cadeaus).
- Het verloten van prijzen onder de deelnemers.
- Het geven van een toepasselijk cadeau bij deelname.

Bij elke organisatie van een bevraging moet dus eerst en vooral nagedacht worden over bovenstaande punten.

8.3.1. HET POTENTIEEL VOOR GEOTHERMIE IN GENT

→ Nodige data

Om het potentieel van geothermie in Gent in kaart te brengen, zijn volgende gegevens relevant:

- Overzicht van randvoorwaarden voor de toepassing van BEO/KWO, zowel in de sector handel en diensten als bij woningen;
- Inschatting van percentage woningen/kantoorgebouwen waar KWO/BEO kan toegepast worden op basis van de geïdentificeerde randvoorwaarden;
- Mogelijkheden in Gent voor toepassing van diepe geothermie.

Praktische betekent dit dat volgende informatie moet verzameld worden:

- Welke randvoorwaarden kunnen gesteld worden om een BEO/KWO systeem of diepe geothermie rendabel te maken?
- Op welke locaties in Gent wordt aan deze randvoorwaarden voldaan?
- Welke daling in gebruik van fossiele brandstoffen kan hieraan worden gekoppeld?

→ **Eigenschappen van de data**

De gegevens die moeten verzameld worden zijn een combinatie van informatie uit literatuur, case-studies (om kentallen te verzamelen en type gebouwen af te leiden) en het verzamelen van nieuwe informatie in Gent (specifieke energieverbruiken van gebouwen).

→ **Voorgesteld datatraject**

Het te volgen datatraject zal een combinatie zijn van bevraging en het uitwerken van een desk-studie, het bekijken van case-studies, waarbij ook specifiek expertises noodzakelijk zijn. Het uitschrijven van een specifieke studie-opdracht is hier aangewezen.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

De kosten verbonden aan een studie-opdracht zijn aanzienlijk.

8.3.2. HET POTENTIEEL VOOR UITWISSELING VAN RESTWARMTE

→ **Nodige data**

Om het potentieel van restwarmte in Gent in kaart te brengen, zijn volgende data relevant:

- Mogelijke restwarmtebronnen;
- Energieverbruiken in de omgeving van restwarmtebronnen.

Concreet betekent dit het in kaart brengen in Gent van:

- Restwarmte (kWh of J / dag of jaar), kan ingeschat worden op basis van:
 - o Primair energieverbruik:
 - Energieverbruik elektriciteit, aardgas, stookolie, kolen, afval, ... in MWh, GJ, ton, liter, kg.
 - Energieverbruik voor warmteproductie + doel van dit warmtegebruik (eventuele indicatie van nodige temperatuur).
 - Energieverbruik voor koudeproductie + doel van dit koudegebruik (eventuele indicatie van nodige temperatuur).
 - o Energieproductiegegevens:
 - Totale warmte- of stoomproductie;
 - Waarde in MWh, GJ;
 - Temperatuur;
 - Manier van opwekking;
 - Totale elektriciteitsproductie;
 - Waarde in MWh;
 - Manier van opwekking.

- Energieverbruik en type brandstof/energieopwekking sites nabij restwarmtebronnen: kWh of J/m².

Op basis van deze informatie kan Gent inzicht krijgen in het potentieel om restwarmte uit te wisselen tussen bedrijven en kantoorgebouwen/flatgebouwen/ woonwijken/... .

→ Eigenschappen van de data

De meeste van deze data, vooral rond mogelijke aanwezigheid van restwarmte, zijn nog niet beschikbaar en moeten nog verzameld worden. Naast het verzamelen van nieuwe informatie moet deze informatie ook gekoppeld worden aan informatie door expertise/literatuur/...

Ook bestaande informatie kan gebruikt worden. We denken hier aan de studies in opdracht van Vegho waar specifiek een inschatting wordt gemaakt van de aanwezige restwarmte in 2 deelclustere in de haven van Gent (ARCADIS, 2012 en Port Expertise, 2011).

→ Voorgesteld datatraject

Het meest aangewezen datatraject is een bevraging van clusters van bedrijven en woonwijken/flatgebouwen/kantoorgebouwen. Daarnaast is hier ook veel expertise nodig en zal dit dus moeten gekoppeld worden aan een of meerdere studie-opdrachten.

→ Kosten verbonden aan dit traject

Het in kaart brengen van alle clusters in de haven alleen al vergt een aanzienlijk budget.

8.3.3. EEN ONDERSCHIED IN HET VERBRUIK TUSSEN VERSCHILLENDE WONINGTYPES

→ Nodige data

Ten behoeve van de opmaak van de CO₂-kostencurve werd het energieverbruik van de sector huishoudens ingeschat naar analogie met de methodologie die gevolgd wordt bij de opmaak van de Energiebalans Vlaanderen. Het totaal aardgas- en elektriciteitsverbruik is gekend. De verdeling van deze verbruiken naar type woning echter niet en is gebaseerd op aannames. Ook het verbruik van andere brandstoffen (stookolie, kolen) wordt momenteel ruw ingeschat op basis van verhoudingen tussen aardgas- en stookolie/kolen in Vlaanderen. Met het invullen van dit datatekort kunnen de verbruiken naar type woning correcter ingeschat worden om zodoende concrete acties beter te kunnen identificeren en het beleid te kunnen afstemmen op de werkelijke vraag naar warmte.

→ Eigenschappen van de data

Sowieso dienen nieuwe data omtrent verbruiken verzameld te worden en dit bij een grote groep van mogelijke dataleveranciers (bewoners) om tot een representatieve steekproef te komen.

→ Voorgesteld datatraject

In de zoektocht naar een geschikt datatraject willen we eerst even stilstaan bij reeds genomen acties op Vlaams niveau om verbruiken beter in kaart te brengen. Vooral het verbruik van andere brandstoffen dan aardgas en elektriciteit voor verwarming van woningen is een heikel punt. In tegenstelling tot aardgas en elektriciteit (cf EANDIS, ELIA, FLUXYS), bestaat er geen centrale beheerder voor de overige brandstoffen. Elke gebruiker van andere brandstoffen kiest zijn leverancier zelf en dus is het moeilijk om een juist beeld te krijgen op stadsniveau.

Verbruiken van stookolie/kolen/... door de huishoudens/tertiaire sector/industrie in Gent zouden benaderend kunnen bepaald worden door alle leveranciers binnen een aanvaardbare straal rond Gent te bevragen naar hun leveringen.

Gemiddelde verbruiken per type woning (zowel voor aardgas, elektriciteit als andere brandstoffen) kunnen accurater worden bepaald aan de hand van een representatieve steekproef. Een nog verdere accuraatheid kan bekomen worden door een uitgebreide enquêtering. In kader van de Energiebalans Vlaanderen werden vroeger reeds inschattingen gemaakt van gemiddelde verbruiken per woning. Naast de optie om zelf bevragingen te doen kan ook:

- gevraagd worden aan EANDIS om aan hun klanten extra informatie te vragen rond type woning van de klant zodat verbruiken en types kunnen gekoppeld worden.
- aan de leveranciers van andere brandstoffen dezelfde vraag gesteld worden en, bijvoorbeeld, bij levering te vragen aan de klant om een enquête in te vullen.

→ Kosten verbonden aan dit traject

De kosten verbonden aan het uitsturen van een enquête zijn aanzienlijk. Een representatieve steekproef zal een beperkter budget vereisen. Met medewerking van de energieleveranciers kunnen deze kosten gedrukt worden.

8.3.4. HET BRUTO VLOER OPPERVLAK IN DE SECTOREN HUISHOUDENS EN HANDEL EN DIENSTEN

→ Nodige data

Voor het berekenen van kosteneffectiviteit van maatregelen binnen de residentiële en tertiaire sector werd het BVO ingeschat op basis van:

BVO= grondoppervlakte x gemiddeld aantal bouwlagen te Gent (op basis van kadaster).

Beide parameters werden benaderend bepaald:

- **Grondoppervlakte** is de volledige grondoppervlakte, inclusief achterbouw, tuinhuis en dergelijke, dus vermoedelijk een overschatting.
- Gemiddeld **aantal bouwlagen** is een rudimentair gemiddelde voor woningen versus appartementen, zonder verdere opsplitsing.

Bovendien kan uit het kadaster geen correcte opsplitsing gemaakt worden tussen woningen en gebouwen uit de tertiaire sector. Sommige gebouwen hebben beide functies maar het kadaster beperkt zich altijd tot één functie. Voor een meer correcte inschatting van effecten en kosten van maatregelen is een verbetering van beide parameters noodzakelijk.

Om BVO correcter in te schatten, moet men een beter zicht krijgen op het effectief aantal bouwlagen van de Gentse gebouwen (met opdeling naar woningcategorieën). Ook de grondoppervlakte corrigeert men best naar effectieve woonoppervlakte. De opsplitsing tussen hoofd- en bijgebouw is aanwezig in het kadaster maar het is niet altijd duidelijk wat achterbouw (tuinhuis) is.

→ Eigenschappen van de data

Om een correct beeld te krijgen van het totaal BVO moeten gegevens op gebouwniveau beschikbaar komen. Dit betekent dat er een grote groep van bronnen moet geraadpleegd worden waarbij data, die nu nog niet beschikbaar zijn, verzameld worden. Mogelijks is er reeds informatie beschikbaar bij bepaalde instanties zoals het VEA (EPC-databank) die het mogelijk maakt om enerzijds een beeld te krijgen van het woningpark, en meer specifiek, het BVO per individuele woning, en anderzijds de kritische woningen te identificeren.

→ Voorgesteld datatraject

De meest nauwkeurigste oplossing is om het bewoonbaar oppervlakte te verzamelen van individuele gebouwen.

De EPC-databank kan misschien een oplossing bieden en dus eerst en vooral dient het VEA rechtstreeks gecontacteerd worden, waarbij het datatekort voor de stad Gent voorgelegd wordt. Op die manier kan het VEA eventueel bijkomende data aanleveren uit hun bestaande EPC-databank.

Indien vanuit deze databank onvoldoende informatie kan aangeleverd worden, is een volgend traject het uitsturen van een enquête naar bewoners en eigenaars/huurders van gebouwen uit de sector handel en diensten met de vraag naar hun BVO (grondoppervlakte + aantal bouwlagen).

Een bijkomend, meer toekomstgericht datatraject, zou erin kunnen bestaan om als stad ook de burgers aan te moedigen om na renovatie een EPC op te stellen (niet enkel bij verkoop/verhuur) om zodoende stapsgewijs over meer huizeninformatie te verzamelen.

→ Kosten verbonden aan dit traject

De kosten verbonden aan het uitsturen van een enquête zijn aanzienlijk. De kosten verbonden aan het gebruik van gegevens uit de EPC-databank zijn onbekend.

8.3.5. DE KOUDEVRAAG IN DE SECTOR HANDEL EN DIENSTEN

→ Nodige data

De koudevraag inventariseren in de sector handel en diensten heeft als doel om de energievraag naar airconditioning in kaart te kunnen brengen en waar mogelijk maatregelen te definiëren die verwarming/koeling voorkomen. Hiertoe dient volgende informatie verzameld te worden:

Of:

- de koudevraag per gebouw in de sector handel en diensten,

- de manier waarop deze koude wordt opgewekt (type installatie, energiebron,...),
- eigenschappen, van de koudevraag (temperatuur, dagprofiel, ...).

Of:

- het aantal gebouwen, volume per deelsector (welzijn, gezondheidszorg, scholen,...),
- kengetallen rond de energievraag per deelsector.

→ Eigenschappen van de data

Zoals reeds eerder aangegeven, kunnen voor de invulling van dit datatekort verschillende opties gekozen worden:

- Een erg gedetailleerde inventaris specifiek voor Gent, waarbij nieuwe informatie moet verzameld worden bij een grote groep mensen binnen de sector.
- Een meer top-down benadering waarbij algemene kengetallen gecombineerd worden met informatie over de specifieke situatie in Gent en gewerkt wordt op basis van bestaande informatie (databases, literatuur, ...). Sowieso is nieuwe informatie nodig over het gebouwenpark. Op basis daarvan kan een gemiddelde koudevraag per type gebouw afgeleid worden.

→ Voorgesteld datatraject

Bij het kiezen van de eerste optie is het uitvoeren van een uitgebreide enquêtering binnen de sector handel en diensten het aangewezen te volgen traject. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de kwaliteit van het resultaat erg afhankelijk is van de responsgraad en de kwaliteit van de aangeleverde data.

De tweede optie vergt het beter in kaart brengen van de types gebouwen en dergelijke. Hierbij kan gewerkt worden met steekproeven, case-studies om bepaalde kengetallen voor gemiddelde koudevraag af te leiden. Deze studies dienen zelfs niet op lokaal niveau te gebeuren maar kan ook op hoger niveau gestimuleerd worden. Aangezien informatie over het energieverbruik van de tertiaire sector tevens een "gap" is in de Vlaamse statistieken, is het uitschrijven van een studie op hoger niveau hier misschien het aangewezen datatraject. Het voordeel van dergelijk traject is dat men niet afhankelijk is van de *goodwill* van een grote groep van mensen. Het nadeel is echter dat je, in vergelijking met een enquête met grote respons, een grotere uitmiddeling maakt van de werkelijkheid.

→ Kosten verbonden aan dit traject

Zowel een uitgebreide enquêtering als een specifieke studie-opdracht vereisen een aanzienlijk budget.

8.3.6. SPECIFIEKE ENERGIEVRAAG BINNEN DE DETAILHANDEL

→ Nodige data

De detailhandel is geen aparte subsector binnen de tertiaire sector. Om specifieke maatregelen te kunnen definiëren voor de detailhandel, is het interessant om meer data over deze subsector te

verzamenen, zoals bijvoorbeeld: aantal gebouwen, BVO, verbruiken (voor warmte/koude/elektriciteit) per gebouw, aandeel verschillende brandstoftypes.

→ **Eigenschappen van de data**

Gegevens moeten opgevraagd worden bij verschillende partijen (bv. huurders, eigenaar, overkoepelende instanties, ..). Deze informatie werd tot nu toe nog niet verzameld dus het betreft nieuwe informatie onder de vorm van data/statistieken/databases.

→ **Voorgesteld datatraject**

Om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de subsector detailhandel is een uitgebreide enquête het meest aangewezen datatraject.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

De kosten verbonden aan een uitgebreide enquête zijn aanzienlijk.

8.3.7. CAPACITEIT VAN BESTAANDE NETWERK OPENBAAR VERVOER IN VERGELIJKING MET BESTAANDE EN MAXIMALE VRAAG

→ **Nodige data**

Om de capaciteit van het bestaande netwerk voor openbaar vervoer te bepalen, zijn volgende data nodig:

- Frequentie van alle aanwezige trajecten (bus, tram, trein);
- Capaciteit of aantal beschikbare plaatsen per rit (bus, tram, trein).

De bestaande en maximale vraag kan in kaart worden gebracht door de bezetting van de verschillende ritten in kaart te brengen.

→ **Eigenschappen van de data**

Deze informatie is beschikbaar bij de verschillende vervoersmaatschappijen, zijnde De Lijn en de NMBS. Informatie over aantal reizigers, aantal trajecten, frequentie van deze trajecten is aanwezig in een database van deze maatschappijen. De bestaande vraag is vermoedelijk zelfs aanwezig in het mobiliteitsmodel van de stad Gent. Het samenvoegen en vergelijken van deze informatie zal leiden tot een inzicht in de bestaande vraag en welk aandeel van de totale capaciteit hierbij benut wordt.

→ **Voorgesteld datatraject**

De Lijn en de NMBS dienen persoonlijk gecontacteerd te worden met een specificering van de vraag. Concrete acties zijn dus:

- Gedetailleerd uitschrijven van de vraag;
- Contact nemen met de juiste persoon bij De Lijn en NMBS;

- Verwerken van de ontvangen informatie.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

Vermoedelijk kunnen De Lijn en de NMBS deze informatie kosteloos (of toch tegen zeer lage kost) aanleveren. Ook voor Stad Gent zelf zal de kost voor verwerking van deze informatie beperkt zijn tot een aantal mandagen.

8.3.8. BESCHIKBARE RUIMTE VOOR UITBREIDING NETWERK OPENBAAR VERVOER

→ **Nodige data**

Met deze data moet getracht worden een koppeling te maken tussen het eventuele capaciteitstekort of het verbeteren van de kwaliteit van het OV en de mogelijkheden tot uitbreiding op basis van beschikbare ruimte.

→ **Eigenschappen van de data**

Informatie over beschikbare ruimte moet gezocht worden in Gewestplannen, RUP's, ontwikkelingsprojecten en in hoeverre hierin ruimte voor uitbreiding van OV is voorzien.

→ **Voorgesteld datatraject**

Deze informatie is vermoedelijk decentraal aanwezig bij de verschillende departementen van de Stad Gent. Hierbij denken we vooral aan ruimtelijke ordening en mobiliteit.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

Het verwerken van deze informatie houdt slechts een beperkte investering in.

8.3.9. IN WELKE MATE KUNNEN DE HUIDIGE/TOEKOMSTIGE VERPLAATSINGSBEHOEFTE INGEVULD WORDEN MET COLLECTIEVE MODI, REKENING HOUDENDE MET DE RUIMTELIJKE STRUCTUUR VAN DE STAD

→ **Nodige data**

Hier moet vooral een inschatting gemaakt worden van de toekomstige verplaatsingsbehoeften. Deze zijn afhankelijk van een algemene ontwikkeling gebaseerd op:

- Demografische ontwikkelingen;
- Economische ontwikkelingen;
- Ruimtelijke ontwikkelingen;
- Mobiliteitsontwikkeling.

In welke mate de vraag varieert zal ook afhangen van veranderingen in de kwaliteit van het openbaar vervoer, parkeerbeleid, ...

→ **Eigenschappen van de data**

Toekomstige verplaatsingsbehoeften inschatten is een complex gegeven, waarbij verschillende types data, op verschillende niveaus dienen verzameld, vergeleken en geanalyseerd te worden. Het betreft meer dan alleen maar verzamelen van beschikbare data maar ook het verzamelen van nieuwe data of het toepassen van informatie op de specifieke Gentse situatie.

→ **Voorgesteld datatraject**

Het creëren van een inzicht in toekomstige verplaatsingsbehoeften kan niet alleen door gebruik te maken van bestaande informatie, literatuur en statistieken maar ook de inbreng van experts is hierbij noodzakelijk. De noodzaak tot combineren van deze verschillende vormen van data, vraagt om een uitgebreide studie-opdracht.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

Een studie-opdracht houdt een aanzienlijke investering in.

8.3.10. GEVOELIGHEID VAN DE VRAAG NAAR VERVOERSMODI IN FUNCTIE VAN EEN AANTAL SLEUTELPARAMETERS (PRIJS, FREQUENTIE, ORGANISATIE VAN DE AANSLUITINGEN, ...)

→ **Nodige data**

Hiertoe moet algemene informatie verzameld worden over hoe de keuze van de bevolking tussen openbaar vervoer en auto beïnvloed wordt door de prijs, frequentie, organisatie aansluitingen bij openbaar vervoer.

→ **Eigenschappen van de data**

Dergelijke informatie hoeft niet Gent-specifiek te zijn. Informatie kan gehaald worden uit bestaande literatuur, case-studies, ...

→ **Voorgesteld datatraject**

Een desk-studie, waarbij vooral bestaande literatuur verwerkt wordt, wordt hier als datatraject aanbevolen.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

Het uitvoeren van dergelijke desk-studie vereist een beperkte investering.

8.3.11. BESTAAT DE NODIGE CAPACITEIT VOOR SHIFT NAAR GOEDERENVERVOER VIA BINNENVAART OF SPOOR**→ Nodige data**

Om dergelijk inzicht te krijgen, is het verzamelen van volgende informatie noodzakelijk:

- Wat is de samenstelling van de goederenstromen op het grondgebied van Gent (lokaal en transit), met opsplitsing tussen spoor, weg en binnenvaart.
- Deze goederenstromen moeten in kaart worden gebracht:
 - o plaats van oorsprong en bestemming,
 - o welke producten,
 - o grootte van de ladingen.
- Beschrijven van de randvoorwaarden voor vervoer per spoor of via binnenvaart. Daarbij denken we aan, bijvoorbeeld, minimale/maximale hoeveelheden; af te leggen afstanden, ...
- Wat is de capaciteit voor transport via spoor en binnenvaart in Gent (logistieke/technische randvoorwaarden)?
- Welke randvoorwaarden spelen bij de vervoerder/aanbieder/koper?

→ Eigenschappen van de data

Opnieuw hebben we hier te maken met een complex gegeven, waarbij data van verschillende aard en op verschillende niveau's dienen verzameld, vergeleken en geanalyseerd worden. Het betreft meer dan verzamelen van beschikbare data maar ook het verzamelen van nieuwe data of het toepassen van informatie op de specifieke Gentse situatie.

→ Voorgesteld datatraject

Het creëren van een inzicht in mogelijke modal shift voor goederentransport kan niet alleen door gebruik te maken van bestaande informatie, literatuur en statistieken maar ook de inbreng van nieuwe informatie en tevens van experts is hierbij noodzakelijk. De noodzaak tot combineren van deze verschillende types van data vraagt om een uitgebreide studie-opdracht.

→ Kosten verbonden aan dit traject

Een studie-opdracht houdt een grote investering in.

8.3.12. INSCHATTING POTENTIEEL EN KOSTENEFFECTIVITEIT WALSTROOM VOOR DE GENTSE HAVEN**→ Nodige data**

Om het potentieel en de kosteneffectiviteit van walstroom te kunnen bepalen moet een samenbrengen en analyse van volgende data gebeuren:

- Gedetailleerde informatie/databanken over alle scheepsbewegingen: vooral informatie over frequentie van aanleggen van schepen aan de verschillende kades in de Gentse Haven.
- Technische haalbaarheid van walstroom (randvoorwaarden aan kade- en scheepszijde, aantal installaties, nadelen (bijv aanwezigheid van kabel, impact op het lokaal elektriciteitsnetwerk,...)).

- Economische haalbaarheid van walstroom (installatiekosten aan kade- en scheepzijde, onderhoudskosten,...).
- Milieu-impact (verschil in emissies ten opzichte van gebruik van motoren).

→ **Eigenschappen van de data**

De verschillende hierboven aangehaalde data zijn van volgend type:

- Gedetailleerde informatie/databanken over alle scheepsbewegingen: is reeds beschikbaar.
- Technische/Economische haalbaarheid en milieu-impact: combinatie van literatuur en expertise.

→ **Voorgesteld datatraject**

Inzicht verwerven in de technische en economische haalbaarheid van walstroom kan best gebeuren door het uitvoeren van een case-studie. Hierbij moet eerst en vooral de databank rond scheepsbewegingen ter beschikking gesteld worden. Het Havenbedrijf Gent beschikt over deze informatie. Een nauwe samenwerking en persoonlijk contact met deze instantie is hier dan ook de meest voor de hand liggende optie. Het verwerken van de gegevens uit deze databank moet gebeuren door het toepassen van algemene informatie op de specifieke Gentse case, waarbij berekeningen moeten gebeuren van het aantal noodzakelijke walstroomvoorzieningen met de daarbij horende technische, economische en milieu-impact.

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

Het bekijken van een case-studie houdt een grote investering in.

8.3.13. VERBRUIK VAN ENERGIE, ANDERE DAN ELEKTRICITEIT EN AARDGAS

→ **Nodige data**

Niet alleen voor de residentiële sector maar ook voor de tertiaire sector en industrie (andere dan ETS) zijn er momenteel slechts ruwe inschattingen van het verbruik van brandstoffen zoals stookolie, kolen,

→ **Eigenschappen van de data**

Deze data zijn momenteel niet beschikbaar.

→ **Voorgesteld datatraject**

Zoals reeds aangegeven is er geen centrale beheerder, die een zicht heeft op alle leveringen van dergelijke brandstoffen. Als alternatief moeten ofwel:

- De verschillende leveranciers bevroegd worden (het nadeel is hier dat het moeilijk zal zijn om alle leveranciers te zoeken).
- De verschillende afnemers bevroegd worden (nadeel is hier dat het om een grote groep gaat).

- Representatieve steekproeven opgezet worden (vooral naar industrie en de verscheidenheid in activiteiten blijft vergelijking tussen bedrijven moeilijk).

→ **Kosten verbonden aan dit traject**

Het bevragen van een grote groep vraagt een aanzienlijke kost.

HOOFDSTUK 9. CONCLUSIES

We geven een overzicht van de belangrijkste conclusies met betrekking tot het klimaat- en energiebeleid (9.1), het methodologisch kader (9.2) en de datatrajecten (9.3).

9.1. KIEZEN IS VERLIEZEN?

We kunnen concluderen dat **het technisch haalbaar is om tegen 2030 de CO₂-uitstoot van de stad Gent (excl. ijzer en staal) te reduceren met 80% ten opzichte van 2009**. Echter, wanneer we niet alleen kijken naar het technisch potentieel en ook andere criteria in rekening brengen, wordt het ook duidelijk dat de Stad voor een grote uitdaging staat om deze doelstelling in de praktijk te realiseren. Het zal dan ook nodig zijn om op verschillende strategieën tegelijkertijd in te zetten en niet alle “eieren in één mand te leggen”.

De meeste onzekerheden met betrekking tot de kosten en het CO₂-reductiepotentieel zullen, normaal gezien, met de tijd afnemen. Het kan dus raadzaam zijn om een afwachtende houding aan te nemen tot wanneer een aantal sleutelonzekerheden verdwenen zijn (of in elk geval voldoende afgenomen). Anders bestaat er immers een gevaar voor een vroegtijdige “lock in” met technologieën die achteraf niet optimaal blijken (noch economisch, noch qua reductiepotentieel). De eerste generatie biobrandstoffen is hiervan een sprekend voorbeeld: terwijl er op grote schaal is geïnvesteerd in productiefaciliteiten, heeft de Europese Commissie nu besloten om terug te komen op een aantal vroeger genomen beleidsopties.

Sommige oplossingen vergen ook zware investeringen in infrastructuur die niet werden in rekening gebracht in de kostenberekening. Denken we maar aan de grootschalige inzet van voertuigen op CNG of waterstof of de inzet van elektrische voertuigen. Deze investeringen in infrastructuur zullen bovendien alleen hun effect hebben indien ze passen in een bredere inspanning op Europees niveau. Ook warmtenetten en de grootschalige inzet van PV en wind vereisen investeringen in het energiesysteem en/of opheffing van bestaande systemen (bv. aardgasnetwerk).

Bovendien toont de multicriteria-analyse aan dat in de beoordeling van technologieën ook andere criteria meespelen die niet direct gevat worden in de financiële kost, zoals bijvoorbeeld de beperkte autonomie van elektrische voertuigen of de beschikbaarheid van biomassa. Uit de analyse is eveneens duidelijk dat de Stad Gent niet alle hefboomen in handen heeft om effectieve reducties te bewerkstelligen. **De Stad heeft wel alle hefboomen in handen om slim te sturen ...**

Hoe kan de Stad slim sturen?

“Zaaien en oogsten”: inzetten op verhogen van de effectiviteit van bestaand en beslist beleid. Indien de vooropgestelde inspanningen uit het referentiescenario effectief gerealiseerd worden, kan in 2030 een reductie van de scope 1 emissies met ca. 32% (excl. ijzer & staal) gerealiseerd worden ten opzichte van 2009. De CO₂-uitstoot (scope 1) van de lokale energieproductie moet het sterkste afnemen ten opzichte van 2009 (ca. 58%). De realisatie van dit referentiescenario kan de Stad ondersteunen.

“Enthousiasmeren en initiëren”: inzetten op vergroten draagvlak voor vergaande CO₂-reducties, i.e. inspanningen die verder gaan dan bestaand beleid. Draagvlak kan vergroot worden door de voorbeeldfunctie van de Stad verder te versterken maar ook door instrumenten (middelen) van de Stad te richten op die maatregelen die op korte termijn effect kunnen hebben (cf. groene pijlen in MCA die hoge score hebben voor tijd): inzetten van warmtepompen in de residentiële en tertiaire sector, overstappen van de auto naar de fiets in de binnenstad, energiebesparende maatregelen in de industriële sector.

“Vernieuwen van vernieuwing”: om van Gent een klimaatneutrale stad te maken tegen 2050 zijn verregaande inspanningen nodig. Inspanningen die verder gaan dan “quick wins” en de inzet van technologieën die vandaag commercieel beschikbaar zijn. Er is nood aan innovatie die verder reikt dan technologische vooruitgang. Hiervoor is meer nodig dan de gangbare innovatie van vandaag. Vaak gaat het om systeemveranderingen die veel voorbereidingstijd vergen: hoe sneller er mee aan de slag gegaan wordt, hoe sneller en accurater de mogelijke winst en nodige investeringen geraamd kunnen worden.

9.2. INCREMENTALE EN RADICALE VERANDERING: SWOT

De sterkte-zwakke analyse bundelt de sterktes (**S**trengths) en zwaktes (**W**eaknesses) per scenario in het kader van de potentiële kansen (**O**pportunities) en gevaren (**T**hreats). Een dergelijke analyse wordt vaak gebruikt bij het nemen van beslissingen en bij het bepalen van koers en strategie.

9.2.1. SCENARIO 2030: INCREMENTELE VERANDERING

Het scenario 2030 **gaat uit van het systeem zoals het nu is en geeft maar een beperkt beeld over hoe het systeem zou kunnen zijn**. In termen van vernieuwing wil dit zeggen dat het scenario uitgaat van incrementele verandering. Deze benadering houdt enkele gevaren in:

- Het beperkt de waaier aan opties tot “quick wins” en de inzet van technologieën die vandaag commercieel beschikbaar zijn. Bovendien kan het daarbij radicale technologische en sociale innovaties uit.
- Het gegeven dat een maatregel technisch haalbaar is, wil niet zeggen dat de maatregel in deze tijdspanne ook effectief kan geïmplementeerd worden. Niet-technologisch hindernissen en afwegingen kunnen de ontwikkeling, verspreiding en implementatie van technologische innovaties doen slagen of falen.



Figuur 89: SWOT scenario 2030 - incrementele verandering

De realisatie van het maximum technisch potentieel maar ook van de meest kosteneffectieve oplossing vereist enorme investeringen (resp. 640 - 440 M€ per jaar ten opzichte van het referentiescenario 2030). Daartegenover staat dat we ook een aantal 'no regret' (4% reductie ten opzichte van referentiescenario 2030) en lage kost maatregelen konden identificeren. De sectorspecifieke aanpak en de doorrekening van de kosten en effecten van het scenario 2030 laat de stad toe om via een gerichte aanpak (de economische) opportuniteiten te identificeren. Uiteraard is het binnen de scope van deze studie niet mogelijk om een gedetailleerde investeringsanalyse van de voorgestelde maatregelen uit te voeren. We doen ook geen uitspraak over het implementatiepad van maatregelen of de betaalbaarheid van maatregelen.

Bij de doorrekening van de effecten van de maatregelen werden de scope 3 emissies buiten beschouwing gelaten. Hierdoor worden niet alleen de werkelijke emissies onderschat, ook het reductiepotentieel wordt niet volledig benut.

Alle maatregelen opgenomen in het scenario 2030 zijn in principe technologisch haalbaar. Het merendeel van de maatregelen vereisen ook geen drastische aanpassingen aan het huidig systeem om geïmplementeerd te worden, wat kansen biedt voor een succesvolle uitrol. Enkele maatregelen, zoals bijvoorbeeld, de versnelde introductie van alternatieve transportmodi vereisen een eerder fundamentele ommezwaai in denkwijze en/of infrastructuur.

Eén van de grootste zwaktes van het scenario 2030 is de grote afhankelijkheid van biomassa. De vraag naar biomassa bedraagt 37,5 PJ, indien de maatregelen “inzet van biogas” en “biomassacentrale” voor 100% van hun potentieel worden ingezet. Tegen 2030 kan de stad zijn CO₂-uitstoot met 80% reduceren ten opzichte van 2009, maar dit kan ten koste gaan van emissies elders.

De CO₂-kostencurve en de multicriteria-analyse zijn waardevol instrument om beleidskeuzen te informeren en te onderbouwen. Ze zijn instrumenteel voor het stellen van prioriteiten, zowel tussen maatregelen binnen één sector als tussen sectoren. Een algemene zwakte van dergelijke instrumenten zijn de onzekerheden en aannames die ermee gepaard gaan. Niet alleen kunnen deze de resultaten beïnvloeden, ze kunnen ook het draagvlak beïnvloeden en mogelijk zelfs leiden tot vertraging van actie of verlamming van essentiële actoren.

9.2.1. VISIONAIR SCENARIO: RADICALE VERANDERING

Het visionair scenario is niet gebonden aan incrementele (becijferbare) innovaties. Het visionair scenario **kijkt vanuit systeemperspectief naar radicale innovaties en omvat zowel technologische doorbraken als shifts in bestaande paradigma's op vlak van cultuur, praktijk en structuur**. Het visionair scenario biedt kansen voor een transitie naar oprecht duurzame en dynamische systemen zodat er adaptief gereageerd kan worden op veranderingen in de omgeving.



Figuur 90: SWOT visionair scenario - radicale verandering

Eén van de grootste sterktes van het visionair scenario is dat het langetermijn perspectief richting geeft en dus leidend kan zijn voor alle beleidsniveaus. Bovendien wordt de oplossingenportfolio

verbreed aangezien onverwachte doorbraken niet uitgesloten worden. Het visionair scenario illustreert waar verregaande innovatie mogelijk is uitgaande van de thema's en begeleidende streefbeelden van de transitie arena.

Anderzijds wordt de tijdshorizon tot 2050 ook gepercipieerd als “te ver van het dagelijks denken en doen”. Dit levert gevaren vooral op vlak van psychologische barrières en beschermingsmechanismen.

Een andere zwakte van het visionair scenario is dat heel wat van de beschreven maatregelen abstract en niet becijferbaar zijn. Aangezien het kostenplaatje en reductiepotentieel ongekend is, laat dit scenario meer ruimte voor discussie is en kan het de kansen om investeringsklimaat te creëren hypotheceren. Keuzes kunnen minder goed onderbouwd worden wat op zich het draagvlak en het nemen van actie nadelig kan beïnvloeden.

9.3. DATATRAJECTEN

Doorheen het traject van de opmaak van het scenario 2030 werden een aantal datatekortingen geïdentificeerd. Het invullen van deze datatekortingen zou ervoor kunnen zorgen dat een bijkomend CO₂-reductiepotentieel kan becijferd worden, en/of het huidige CO₂-reductiepotentieel beter in kaart kan worden gebracht. [We identificeerden volgende datatekortingen per sector.](#)

- Energie:
 - o Het praktische potentieel voor hernieuwbare energie (geothermie/restwarmte, riothermie, wind)/
- Industrie:
 - o Het verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas.
- Residentiële sector:
 - o Een verdere opsplitsing van het energieverbruik tussen open/halfopen/gesloten bebouwing om zo ook de variatie in warmtevraag per type woning in kaart te kunnen brengen.
 - o Een meer realistisch beeld van het BVO per type woning met een onderscheid tussen woningen in een stedelijke/landelijke omgeving.
 - o Het verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas.
- Tertiaire sector:
 - o De koudevraag in de sector handel en diensten om zo de impact van airconditioning en mogelijke maatregelen om verwarming/koeling te voorkomen mee te kunnen meenemen.
 - o De specifieke energievraag binnen de detailhandel.
 - o Het verbruik van energie, andere dan elektriciteit en aardgas.
 - o De diversiteit aan type gebruikers en type gebouwen binnen de tertiaire sector in kaart brengen.
- Transport:
 - o Capaciteit van bestaande netwerk voor openbaar vervoer in vergelijking met bestaande en maximale vraag.
 - o Beschikbare ruimte voor uitbreiding netwerk openbaar vervoer.
 - o De mate waarin de huidige/toekomstige verplaatsingsbehoeften ingevuld kunnen worden met collectieve modi, rekening houdend met de ruimtelijke structuur van de stad.
 - o De gevoeligheid van de vraag naar vervoersmodi in functie van een aantal sleutelparameters (prijs, frequentie, organisatie van de aansluitingen, ...).

- Bestaat de nodige capaciteit voor een shift naar goederenvervoer via spoor (niet alleen lokaal, maar op alle verbindingen naar de plaats van bestemming of vanaf de plaats van oorsprong)? Zijn de bottlenecks lokaal of liggen die buiten het gebied van de stad?
- Bestaat de nodige capaciteit voor shift naar goederenvervoer via binnenvaart (niet alleen lokaal, maar op alle verbindingen naar de plaats van bestemming of vanaf de plaats van oorsprong)? Zijn de bottlenecks lokaal of liggen die buiten het gebied van de stad?
- Voor welk aandeel van de te verladen goederen is modal shift geen optie (door de aard van de goederen en/of de ligging van de bestemming of oorsprong)?
- Inschatting potentieel en kosteneffectiviteit walstroom voor de Gentse Haven.

Voornoemde datatekorten werden meegenomen in de evaluatie op basis van verschillende criteria (periodiciteit, type bron, beschikbaarheid, vorm) om de specifieke datatrajecten uit te schrijven.

Voor elk van de geïdentificeerde datatekorten werd het meest geschikte datatraject gekozen en beschreven:

- Uitsturen van enquêtes;
- Afnemen van gerichte interviews (face-to-face enquête);
- Aanspreken van (een) specifieke bron(nen);
- Uitvoeren van steekproeven, meetcampagnes;
- Desk-studies op basis van literatuur en rapporten (kengetallen, trendlijnen, historische data);
- Desk-studies uitgevoerd door experts;
- Uitwerken van case-studies;
- Een combinatie van voorgaande trajecten.

LITERATUURLIJST

3E & KUL, *Technisch-economische analyse van de rendabiliteit van energiebesparende investeringen*, oktober 2005.

Aernouts K., Jespers K., Vangeel S., *Energiebalans Vlaanderen 2009*, november 2011.

Anderson R., Amodeo M., Hartzfeld J., *Changing business cultures from within*, State of the world 2010. Innovations for a sustainable economy, Worldwatch Institute Report, 2010.

ARCADIS, *Energieanalyse deelcluster Gentse haven*, in opdracht van POM Oost-Vlaanderen en VEGHO, 2012.

Assadourian E., *Cultural change for a bearable climate*, Sustainability: science, practice and policy 6: 1-5, 2010.

Beaumont, N., Tinch, R., *Abatement cost curves: a viable management tool for enabling the achievement of win-win waste reduction strategies?* Journal of Environmental Management 71, 207-215, 2004.

BECO, *Opmaak afval preventieplan voor de stad Gent voor de periode 2008 – 2013*, 2008.

Bertoldi P., Atanasiu B., *Electricity Consumption and Efficiency*, Trends in European Union - Status Report 2009, JRC, 2009.

Biogas-E, *Biomethaan voor injectie op het aardgasnet of als vervoersbrandstof*, presentatie presentatie Wetenschappelijke Studiedag Graskracht, 25 november 2011.

Borjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M. B., Brundell-Freij, K., *The Stockholm congestion charge – 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt*, Transport Policy. 20: 1-12. DOI: 10.1016/j.tranpol.2011.11.001, 2012.

Bossier, F., Bracke, I., *Projections of GHG Emissions by 2020 for Belgium*, Federaal Planbureau, 2011.

Briffaerts K., Cornelis E., Dauwe T., Devriendt N., Guisson R., Nijs W., Vanassche S., *Prognoses hernieuwbare energie en warmtekrachtkoppeling tot 2020*, VITO, oktober 2009.

Brown T., Gambhir A., Florin N., Fennell P., *Reducing CO₂ emissions from heavy industry: a review of technologies and considerations for policy makers*, Imperial College London, Grantham Institute for Climate Change, Briefing paper No 7, February 2012.

Buekens A., *Verbranding - Vergassing – Pyrolyse*, Vergelijkende studie opgesteld in opdracht van BIONERGA, te Houthalen, 30 maart 2010.

Buildings Performance Institute Europe (BPIE), *Europe's buildings under the microscope - A country-by-country review of the energy performance of buildings*; October 2011.

CE Delft, *Leuker kunnen we het niet maken, wel groener* Fiscale en financiële opties voor energiebesparing, studie in opdracht van VROM, 2006.

CE Delft, *Advies voor CO₂-reductiemaatregelen in de Stadsregio Rotterdam. Substantiële CO₂-emissiereductie door haalbare en kosteneffectieve maatregelen*, 2008.

CE Delft, MDS Transmodal, NEA, PLANCO en Via Donau, *Medium and long term perspectives of Inland Waterway Transport in the European Union*, 2011.

CE Delft, *Evaluatie energiebesparingsbeleid in de industrie*, Nieuwsbrief Milieu en Economie, <http://www.nieuwsbriefmilieueconomie.nl/>, geraadpleegd januari 2012.

CE Delft, *Behavioural Climate Change Mitigation Options and Their Appropriate Inclusion in Quantitative Longer Term Policy Scenarios*, studie in opdracht van European Commission, DG Climate Action, 2012.

Chester M., Horvath A., *High-speed rail with emerging automobiles and aircraft can reduce environmental impacts in California's future*, Environ. Res. Lett. 7 (2012) 034012, 2012.

De Standaard, *Een werkgever moet sexy zijn*, Interview met Frank Van Massenhove, <http://www.standaard.be/artikel/detail.aspx?artikelid=7O3KJ2V3>, 7 januari 2012.

De Morgen, *Tijd is het nieuwe geld*, Interview met Frank Van Massenhove, 18 augustus 2012.

Dewan A., Donovan C., Heo D., Beyenal H., *Evaluating the performance of microbial fuel cells powering electronic devices*, Journal of Power Sources 195(1): 90-96. 2010.

Dhondt R., *Veerkrachtdenken*, Oikos 55: 6-24. 2010.

Draulans D., *Stadsmijnbouw is de toekomst*, Knack, 10 oktober 2012.

Elobio, *Induced market disturbances related to biofuels*, Report of ELOBIO project (Effective and low-disturbing biofuel policies) subtask 2.3., <http://www.elobio.eu/publications/>, 2009.

VEA, *Actieplan van het Energierenovatieprogramma 2020 voor het Vlaamse woningbestand, Monitoringrapport 2011*.

Centre d'Etude, de Recherche et d'Action en Architecture (CEERA), *L'Application de principes de la maison passive en Région de Bruxells-Capitale*, 2008.

Daniels B., Tieben B., Weda J., Hekkenberg M., Smekens K., Vethman P., *Kosten en baten van CO₂-emissiereductie maatregelen*, ECN, mei 2012.

DECC, *Potential and cost of district heating networks*, 2009.

De Geest C., De Vlieger I., Denys T., Govaerts L., Pelkmans L., Schrooten L., Vernailen S., Delhaye E., Vanherle K., De Ceuster G., Macharis C., Turcksin L., Lebeau K., Mairesse O., Van Lier T., Pekin E., Van Mierlo J., Sergeant N., Messagie M., Matheys J., Timmermans J-M., *Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2010, Transport*, Vlaamse Milieumaatschappij, 2010.

De Kooning J., De Maeyer J., Laveyne J., Van Eetvelde G., Vandeveldel L., *Kleine windturbines*, Het Ingenieursblad, nummer 5, 2011.

den Boer L.C. Eelco, Brouwer F.P.E. Femke, van Essen H.P. Huib, *Stream Studie naar Transport Emissies van Alle Modaliteiten*, CE Delft, 2008.

De Ruyck J., *Annex 3 : vragen ivm invoer en emissies van biomassa. Quel mix énergétique idéal pour la Belgique aux horizons 2020 et 2030 ?*, Rapport Final, Etude confiée par le Ministre Paul Magnette, ministre du Climat et de l'Energie, 2009.

De Vlieger I., Mayeres I., Michiels H., Schrooten L., Vanhulsel M. (VITO), Gusbin D., Hoornaert B., Vandresse M., Van Steenberghe A. (FPB), Dewaele D., Jourquin B. (FUCaM), *Long-run impacts of policy packages on mobility in Belgium (LIMOBEL)*, Final Report (Research Programme Science for a Sustainable Development), Belgian Science Policy, 2011.

Devoldere K., *Opmaak van een hernieuwbare energiescan voor het grondgebied Gent*, Arcadis i.o.v. Stad Gent – Departement Milieu, Groen en Gezondheid, oktober 2011.

Dreesen R., Laenen B., *Technology watch: geothermie en het potentieel in Vlaanderen*, VITO i.o.v. ALBON, januari 2010.

Dubois M., Van Acker K., Claes K., Van der Linden A., Briffaerts K., Putseys L., Umans L., De Groof M., Wille D., Vandeputte A., D'Haese A., Vander Putten E., *Milieurapport Vlaanderen MIRA – Achtergronddocument, Thema Beheer afvalstoffen*, VMM, december 2011.

Edwards R., Larivé J-F., Mahieu V., Rouveïrolles P., *Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context*, Version 3, JRC-IES / EUCAR / CONCAWE, November 2008.

E-Maze, *Interbedrijfsamenwerking op vlak van energie-efficiëntie en duurzame energie: Stoomstudie Gent Zuid I*, in opdracht van Stad Gent, april 2012 (vertrouwelijk).

European Conference of Ministers of Transport, *Cutting Transport Emissions – What Progress?*, 2007.

EMF report, *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*, Ellen MacArthur Foundation, 2012.

European Commission, *Impact Assessment Guidelines*, 15 January 2009.

European Commission, *Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van Richtlijn 2001/77/EG en Richtlijn 2003/30/EG*.

European Commission, *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on ship recycling*, Brussels, 23.3.2012, SWD(2012) 47.

European Commission, *Final Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council on fluorinated greenhouse gases*, Brussels, 7.11.2012 SWD(2012) 363 final.

European Commission, *Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending*

Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, COM(2012) 595 final.

Faber J., Markowska A., Nelissen D., Davidson M. (CE Delft), Eyring V., Cionni I. (DLR), Selstad E. (Fearnley Consultants), Kågeson P. (Nature Associates), Lee D. (Manchester Metropolitan University), Buhaug Ø., Lindstad H. (MARINTEK), Roche P., Humpries E. (Norton Rose), Graichen J., Cames M. (Öko Institut), Schwarz W. (Öko-Recherche), with assistance from DNV on some issues, *Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport*, CE Delft, December 2009.

Federaal Planbureau, *Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2030*, 2012.

Fischer-Kowalski, M. et al., *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*, UNEP, 2011. f

Franckx L. (ARCADIS), Vanhove F. (TML), Schoukens H. (LDR), *Lokale Maatregelen voor emissiereductie van binnenvaartemissies*, rapport voor de Vlaamse Overheid, LNE, 2010.

Gorissen L., Vercaemst P., Aernouts K., Beckx C., Briffaerts K., Cornelis E., Dils E., Franckx L. Laes E., Lodewijks P., Meynaerts E., Renders N., Vercalsteren A., Vos D., *Totaal Actieplan CO₂ - Scenario's voor een CO₂-neutraal Limburg in 2020*, VITO, april 2011.

Grin J., Rotmans J., Schot J. *Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long term Structural Change*, KSI-book series part I, Routledge Publishers, UK, 2010.

Hallnäs L., Redström J., *Slow Technology - Designing for Reflection*, Journal of Personal and Ubiquitous Computing, Springer-Verlag, 2000.

Hannequart J.-P., Schamp E., *Technisch verslag "voorbeeldgebouwen": Fiche 4.2 verenigbaarheid tussen zonnepanelen en het ontwerpen van groendaken*, 2010.

Haberl H., Beringer T., Bhattacharya S.C., Erb K.H., Hoogwijk M., *The global technical potential of bio-energy in 2050 considering sustainability constraints*, Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 2, Issues 5–6, December 2010.

Hazeldine, Pridmore, Nelissen and Hulskotte, *Technical Options to reduce GHG for non-Road Transport Modes*, Paper 3 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc, 2009.

Havenbedrijf Rotterdam NV, Joulz BV en Utiliq BV, *Evaluatie pilot walstroom binnenvaart*.

Hendrickx P., *Liquefied natural gas as a substitute for diesel*, workshop LNG4 Trucks And Ships, Amsterdam, 20-21 september, 2012.

Hill, N. et al., *Alternative Energy Carriers and Powertrains to Reduce GHG from Transport*; European Commission, 2009.

IPCC, *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)], Geneva, Switzerland, 104 pp, 2007.

International Energy Agency (IEA), *Prospects for Hydrogen and Fuel Cells*, 2005.

International Energy Agency (IEA), *Energy Technology Perspectives 2010, BLUE Map Scenario*, 2010.

International Energy Agency (IEA), *Technology Roadmap. Biofuels for Transport*, 2011.

Infrac, Eandis, Elia, *Onthaalcapaciteit decentrale productie in Vlaanderen 2011-2020*.

IVAGO, *Jaarverslag 2009 – Bedrijf, activiteiten en cijfers*.

Jain R. M., Howden R., Tvrdy K., Shimizu S., Hilmer A. J., McNicholas T. P., Gleason K. K. & Strano M. S., *Polymer-Free Near-Infrared Photovoltaics with Single Chirality (6,5) Semiconducting Carbon Nanotube Active Layers*, *Adv. Mater.*, 24: 4436–4439. doi: 10.1002/adma.201202088, 2012.

Jespers, K., Aernouts, K., Vangeel, S., Cornelis, E., *Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2009 DEEL I hernieuwbare energie*, VITO, februari 2011.

Jespers, K., Aernouts, K., Vangeel, S., *Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2010 DEEL I hernieuwbare energie*, november 2011.

Kadaster, *Bouwvergunningen residentiële nieuwbouw 1996-2011, – gemiddelde 2006-2011*, NIS, 2012.

Kagan S., *Toward global (enviro)mental change: transformative art and cultures of sustainability*, Volume 20 of the publication series ecology, Edited by Heinrich Böll Foundation, Berlin, 2012.

Kajanen Kaarle, *Improving Energy Efficiency And Environmental Sustainability Of A Bulk Carrier*, Turku University Of Applied Sciences, 2011.

Kesicki, F., Strachan, N., *Marginal abatement cost (MAC) curves: confronting theory and practice*, *Environmental Science & Policy* 14, 1195 – 1204, 2011.

Krosse P., Loorbach D., Rotmans J., *De rol van de overhead bij lange termijn maatschappelijke opgaven*, Bijlage rapport 10 Transitie in energie en proces voor duurzame gebiedsontwikkeling, 2012.

Lievens E., Jossart J-M, Mertens L., *Micro-Economic Cost Overview of Biofuels*, Report within task 3.1 of the BIOSSES project. Contract SD/EN/03A – Biofuels Sustainable Ende uSe (BIOSSES), study performed under the authority of Belgian Federal Science Policy, Programme “Science for a Sustainable Development”, 2009.

Lodewijks P., Brouwers J., Van Hooste H., Meynaerts E., *Energie- en Klimaatscenario's voor de sectoren Energie en Industrie (MIRA 2009, Wetenschappelijk rapport)*, VITO in opdracht van VMM-MIRA, juli 2010.

Loorbach D., Rotmans J., *The practice of transition management: examples and lessons from four distinct cases*, *Futures* 42, 237–246, 2010.

Lovins H., *Rethinking production*, State of the world 2008, Innovations for a sustainable economy, Worldwatch Institute Report, 2008.

- Malins C., *A model-based quantitative assessment of the carbon benefits of introducing iLUC factors in the European Renewable Energy Directive*, The International Council on Clean Transportation, 2012.
- Mertens, S., *1ste Evaluatie meetresultaten testveld kleine windturbines Zeeland*, Ingreenious, mei 2009.
- Meynaerts E., Renders N., Cools I., Lodewijks P., *Impactberekening klimaatacties stad Antwerpen*, VITO, februari 2012.
- Michiels H., De Vlieger I., *Annex 1 to the final report of the PROLIBIC project*, study financed by the Belgian FPS Science Policy, 2012.
- Mokhtarian P.L., *Reducing Road Congestion: A Reality Check—A Comment*, Transport Policy, 11:183-184, 2004.
- Moorkens I., Briffaerts K., *Onrendabele toppen groene warmte*, VITO i.o.v. VEA, mei 2009.
- Moorkens I., *Update onrendabele toppen van WKK installaties in Vlaanderen*, VITO, maart 2010.
- Moorkens I., Vangeel S., Vos D., *Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties*, VITO, november 2010.
- Nowak M., *Supercooperators, Altruism, Evolution, and Why We Need Each Other to Succeed*, Free Press, Simon & Schuster Inc, New York, 2011.
- Ochelen S., Putzeys B., *Milieubeleidskosten – Begrippen en berekeningsmethoden*, Vlaamse Overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, 2007.
- ODE Vlaanderen, *Vergisting – Omzetting van biomassa in een energierijk gas*, D/2006/3241/212, 2006.
- OECD, *The Cost and Efficiency of Reducing Transport GHG Emissions*, Preliminary Findings, 2009.
- OVAM, *Inventarisatie biomassa 2007 – 2008 met potentieel 2020*, april 2010.
- Overgaag M., Harmsen R., Schmitz A., *Industry & refineries sector (SERPEC-CC)*, Ecofys; JRC-IPTS, October 2009.
- Pauli, *The blue economy. 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*, Pardigm Publications, US. 2010.
- Perrot-Maitre D., *The Vittel payment for ecosystem services: A 'perfect' PES case?* International institute for environment and development, London, 2006.
- Port Expertise, *Energiemapping VEGHO*, in opdracht van VEGHO, 2011.
- Porter M.E., Kramer M.R., *Creating shared value*, Harvard business review, January 2011.
- Progressive Energy & CNG Services, *Bio-SNG: Feasibility Study. Establishment of a Regional Project*, 2010.

Renders N., Duerinck J., Altdorfer F., Baillot Y., *Potentiële emissiereducties van de verwarmingssector tegen 2030*, VITO en Econotec, studie in opdracht van FOD Leefmilieu, januari 2011.

Rifkin J., *The third industrial revolution: How the internet, green Electricity and 3-D printing are ushering in a sustainable era of distributed capitalism*, The world financial review, 2012.

Royal Haskoning, *Onderzoek walstroom voor de binnenvaart in de Drechtsteden*, definitief eindrapport ten voordele van het projectbureau Drechtsteden, 2008.

Schor J., *Sustainable work schedules for all*, State of the world 2010, Transforming cultures, The worldwatch Institute Report, 2010.

Schuman M.H., *Relocalizing Business*, State of the world 2010, Innovations for a sustainable economy, Worldwatch Institute Report, 2010.

Stiglitz J.E., Sen A., Fitoussie J.P., *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*.

Tabula Project team, *Application of Building Typologies for Modelling the Energy Balance of the Residential Building Stock - Thematic Report N° 2*, supported by IEE, mei 2012.

TEEB report, *The economics of ecosystem services and biodiversity*, 2009.

The Guardian, *Detroit gets growing*, <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/jul/11/detroit-urban-renewal-city-farms-paul-harris>, 11 Juli 2010.

TL&Associés Consulting en Cabinet Lebéfaude, *Etude sur les pratiques de navigation et les technologies dans le domaine de la performance énergétique du transport fluvial des marchandises. Fiches Innovations*, 2010.

Transport & Mobility Leuven, *Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen. Eindrapport*, studie uitgevoerd in opdracht van MIRA, Milieurapport Vlaanderen, 2010.

Turkle S., *Alone Together: Why we expect more from technology and less from each other*, Basic books, New York, 2011.

Tritel, *Evaluatie van de haalbaarheid van de methodologie "Abatement Cost Curve" op de maat van Gent*, in opdracht van Stad Gent, Departement Milieu, groen en gezondheid, Milieudienst, 2011.

UNCTAD, *Creative economy report 2010*, <http://unctad.org/SearchCenter/Pages/Results.aspx?k=creative%20economy>.

Van den Kerckhove O., Verheyen W., Leguijt W., Afman M., *Evaluatie van de haalbaarheid van de methodologie "abatement cost curve" op de maat van Gent*, Tritel i.o.v. stad Gent (Milieudienst), 27 juni 2011.

Van der Heijden J., *Productie door de burger. Democratischer dan volksvertegenwoordiging*, Eburon, Nederland, 2011.

Van Dyck B., *Reststromen in de Gentse Kanaalzone – onderzoek naar mogelijkheden voor uitwisseling en valorisatie*, Gents Milieufrent, 2008.

van Essen Huib (CE), Bello Olivier (CE), Dings Jos (CE), van den Brink Robert (RIVM), *To shift or not to shift, that's the question, The environmental performance of freight and passenger transport modes in the light of policy making*, CE Delft, March 2003.

van Essen, Rijkee, Verbrakk, Quak and Wilmink, *Modal split and decoupling options*, Paper 5 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc, 2009.

Van Hyfte A., *Het opmaken van een CO₂-nulmeting voor de stad Gent*, Arcadis i.o.v. stad Gent – Departement Milieu, Groen en Gezondheid, januari 2010.

Van Hyfte A., *Update CO₂-meting Gent 2009*, Arcadis in samenwerking met VITO i.o.v. stad Gent – Departement Milieu, Groen en Gezondheid, december 2012.

Vissers T., *Passiefhuisrenovatie 'de kroeven'*, Nieuwsbrief Bouwen en Beheren, november 2009.

Vlaamse Regering, *De Vlaamse regering maakt afspraken met de Vlaamse industrie over energiebesparing*, gezamenlijke persmededeling van minister-president Kris Peeters, tevens bevoegd voor economie, en Vlaams minister voor energie, Freya Van den Bossche, woensdag 7 november 2012.

Vrancken K., Torfs R., Van der Linden A., Vercaemst P., Geuzens P., *Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval*, VITO, 2001.

WBGU, *The world in transition. A social contract for sustainability*, German Advisory Council, Berlin, 2011.

Weltevreden J.W.J., *Substitution or Complementarity? How the Internet Changes City Centre Shopping*, Journal of Retailing and Consumer Services, 14:192–207, 2007.

Whitefield P., *The earthcare manual. A permaculture handbook for Britain and other temperate climates*, Permanent Publications, Hampshire. 2004.

Wierinck I., *Mogelijkheden van de DRANCO-technologie bij vergisting van GFT en gras*, ORGANIC WASTE SYSTEMS nv, presentatie Wetenschappelijke Studiedag Graskracht, 25 november 2011.

Willems P., Lodewijckx E., *SVR-projecties van de bevolking en huishoudens voor Vlaamse steden en gemeenten, 2009 – 2030*, studiedienst van de Vlaamse Regering, 2011.

Whittlesey R.W., Liska S., Dabiri J.O., *Fish schooling as the basis for vertical axis wind turbine farm design*, Biospiration and Biomimetics 5, 035005 doi: 10.1088/1748-3182/5/3/0350052010.

Wunder S., Wertz-Kanounnikoff S., *Payments for ecosystem services: A new way of conserving biodiversity in forests*, Journal for sustainable forestry 28: 576-596, 2009.

Overzicht websites

<http://www.gent.be>
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GentMap.svg>
<http://www.meteo.be>
<http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/co2-emissiehandel/vaste-installaties-1/>
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>
http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/ecodesign/product-groups/index_en.htm
<http://www.vreg.be/maandelijkse-statistieken-groene-stroom>
<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/2509>
http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/trends_to_2030_update_2009.pdf
<http://www.carmen-ev.de>
http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/code_warmtepompen.pdf
<http://www.vreg.be/maandelijkse-statistieken-wkk>
<http://www.livios.be>
www.energieprofessionals.be
<http://www.ulcos.org/>
<http://www.co2cleaning.eu/>
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php
[http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)
http://ec.europa.eu/clima/news/articles/news_2012100101_en.htm
<http://www.euractiv.com/climate-environment/aviation-emissions-trading-links dossier-188345>
<http://www.argusactueel.be/binnenlands-nieuws/gentse-schepen-pluggen-in>
<http://www.ops.wpci.nl/environment--and--health/climate>
http://wetten.overheid.nl/BWBV0003363/geldigheidsdatum_06-11-2012
http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_criteria_en.htm
<http://www.goca.be/fr/>
<http://www.e-mobilbw.de/>
http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/ghg_ships_annexes.pdf
http://Management/UserData/ModuleContents/1045/Downloads/Systemanalyse_BWemobil_IKT_Energie.pdf
<http://www.urbanwind.net/wineur.html>
http://provincie.zeeland.nl/milieu_natuur/windenergie/
<http://www.warwickwindtrials.org.uk/>
<http://tools.power-link.be/monitoring/>
<http://www.attero.nl/nl/bedrijf-organisatie/activiteiten/energie-uit-vergisten/>
<http://www.vlaamseingenieurskamer.be/site/kpn/iok>
<http://www.vilt.be>
<http://www.pmv.eu/nl/diensten/waarborgregeling>
<http://www.kortrijk.be>
<http://www.econation.be/>
<http://www.argusactueel.be/binnenlands-nieuws/econation-in-%C3%A9%C3%A9n-week-genomineerd-voor-twee-gerenommeerde-milieuprijzen>
<http://biomimicry.net/about/biomimicry38/ask-nature/>
http://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog&feature=player_embedded#!
<http://www.grossnationalhappiness.com/>
<http://www.bostoan.be/nl/passief-ecovillage>

<http://www.greatenergychallengeblog.com/2012/07/03/europes-first-carbon-neutral-neighborhood-western-harbour/>
<http://inhabitat.com/the-atlanta-beltline-is-a-smart-ambitious-6000-acre-urban-revitalization-by-perkins-will/>
<http://joekraus.com/were-creating-a-culture-of-distraction>
<http://www.lowtechmagazine.be/2012/03/leven-zonder-koel-en-vriestkast-2-jihyun-ryou.html>
http://www.rosslovegrove.com/index.php/custom_type/coas/?category=transport
<http://inhabitat.com/elon-musks-hyperloop-train-could-travel-from-los-angeles-to-san-francisco-in-30-minutes-flat/>
<http://www.teslamotors.com/supercharger>
<http://www.desertec.org/en/concept/questions-answers/>
<http://www.asknature.org/product/3345209b7cdb4ce09f12259d951eaf75>
<http://www.news.cornell.edu/stories/May10/VibroWind.html>
<http://www.broadstarwindsystems.com/home.php>
<http://www.energyharvestingjournal.com/articles/harvesting-solar-wind-and-rain-energy-00003563.asp?sessionid=1>
<http://inhabitat.com/splitterwerk-architects-design-worlds-first-algae-powered-building-for-germany/>
<http://www.ecp-biomassa.eu/>
<http://energy.gov/articles/technology-breakthrough-geothermal>
<http://www.asfalt.net.nl/ShowCase/22553/Zonnecollector>
<http://inhabitat.com/new-poo-power-device-could-help-sewage-plants-transform-wastewater-into-wattage/>
<http://www.veerkrachtcarnisse.nl>
<http://www.ugent.be/nl/univgent/welzijnmilieu/energie/campagne2012>
<http://www.letsvlaanderen.be>
http://www.wejetset.com/magazine/2009/2/17/546/art_&_culture:_tokyo_
http://www.swmpc.org/green_parking.asp
<http://smartercities.nrdc.org/rankings/small> (Natural Resources Defense Council)
<http://www.sustainableconnections.org>
<http://www.vlaanderen.be/int/nieuws/project-duurzame-havens-vlaanderen-en-zeeuws-vlaanderen-slaan-handen-elkaar>

BIJLAGE A: KENGETALLEN KETELS VASTE BIOMASSA EN WKK TURBINE VASTE BIOMASSA

Voor industriële ketels op vaste biomassa wordt in de studie “Onrendabele toppen groene warmte” (Moorkens, 2009) voor een aantal referentie installaties eenheidskosten en parameters opgegeven. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de kengetallen voor een ketel met een vermogen van 1 MWth en 5 MWth op houtchips (schoon versus opgeschoond), ketel met een vermogen van 10 MWth op stukhout. Voor ketels op gasvormige en vloeibare biomassa hebben we geen cijfergegevens opgenomen omwille van beperkt potentieel (beschikbaarheid, brandstofkost).

Tabel 81: Ketels schone houtchips en opgeschoonde houtchips

	Eenheid	Waarde			
		Schone houtchips		Opgeschoonde houtchips	
Unit grootte	kW	1.000	5.000	1.000	5.000
Bedrijfstijd/vollasturen	Uren/jaar	4.500	4.500	4.500	4.500
Economische levensduur	Jaar	10	10	10	10
Elektrisch rendement	%	-	-	-	-
Thermisch rendement	%	86%	86%	86%	86%
Investeringskosten	€/kW	246	168	246	168
Onderhoudskosten variabel	€/kWh	0,001	0,001	0,002	0,002
Overige operationele kosten	€/kWh	0,004	0,004	0,006	0,006

Bron: Moorkens et al. (2009)

Noot: referentierendement voor houtbrandstoffen volgens het Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties.

Om bij verbranding van vaste biomassa de emissienormen voor NO_x en stof te kunnen halen is in veel gevallen een nageschakelde rookgasreiniging nodig (multicycloon, SCR of SNCR, doekfilter). De kwaliteit van de brandstof (bv. schone versus opgeschoonde houtchips) bepaalt in grote mate het soort rookgasreiniging dat zal moeten toegepast worden. In de studie “onrendabele toppen groene warmte” (Moorkens et al., 2009) zijn eenheidskosten terug te vinden voor investering in:

- SCR: ca. 30 € per kWth (500 – 5.000 kW) (+ doekenfilter, opgeschoonde houtchips)
- SNCR: ca. 5 € per kWth (500 – 5.000 kW) (al dan niet + doekenfilter, opgeschoonde houtchips)
- Doekenfilter: ca. 269 – 55 € per kWth (500 – 5.000 kW)(schone houtchips, stukhout)

Tabel 82: Roosterverbranding stukhout (incl. multicycloon)

	Eenheid	Waarde	
		Warm water	HD stoom
Unit grootte	kW	10.000	10.000
Bedrijfstijd/vollasturen	Uren/jaar	4.500	4.500
Economische levensduur	Jaar	10	10
Elektrisch rendement	%	-	-
Thermisch rendement	%	86%	86%
Investeringskosten	€/kW	115	405
Onderhoudskosten variabel	€/kWh	0,0008	0,0027
Overige operationele kosten	€/kWh	0,0025	0,0090

Bron: Moorkens et al. (2009)

Voor de WKK turbines op vaste biomassa zijn de parameters en eenheidskosten gebaseerd op de studie “Prognoses voor hernieuwbare en WKK tot 2020” (Briffaerts et al., oktober 2009).

Tabel 83: WKK turbine op vaste biomassa

	Eenheid	Waarde		
Unit grootte	<i>MWe</i>	5	20	250
Bedrijfstijd/vollasturen	<i>Uren/jaar</i>	7.000	7.000	8.000
Economische levensduur	<i>Jaar</i>	25	25	25
Elektrisch rendement	<i>%</i>	20%	30%	32%
Thermisch rendement WKK	<i>%</i>	58%	55%	50%
Investeringskosten	<i>€/kWe</i>	3.000	2.200	1.500
Werkingskost	<i>e/kWhe</i>	0,019	0,011	0,007

Bron: Briffaerts et al. (2009)

BIJLAGE B: KENGETALLEN KETELS AARDGAS EN WKK GASTURBINE

Technologie	Ketel op aardgas	eenheid	WKK turbine op gas	eenheid
Bron	Berekeningen in kader van Steunpunt Energie (VITO)		Update onrendabele toppen van WKK installaties in Vlaanderen (Moorkens, maart 2010)	
Unit grootte	2.000	kW	5	Mwe
Bedrijfstijd/vollasturen	5.535	uren per jaar	6.237	uren per jaar
Economische levensduur	15	Jaar	15	Jaar
Elektrisch rendement		%	25%	%
Thermisch rendement	90%	%	60%	%
Investeringskosten	30	€ per kWth	1.407	€ per kWe
Werkingskosten		€ per kWh	0,0175	€ per kWhe