



Opmaak van een hernieuwbare energiescan voor het grondgebied Gent

Stad Gent – Departement Milieu, Groen en Gezondheid

Projectnummer 11654 | versie 5 | 27-10-2011





| | |
|---------------|--|
| Opdrachtgever | Stad Gent Botermarkt 1 9000 Gent Indra van Sande Tel : 09/268.23.34 Fax : |
|---------------|--|

Projectomschrijving

In deze studie worden enerzijds het bestaande aanbod aan hernieuwbare energie-opwekking op het grondgebied van de stad Gent in kaart gebracht, en anderzijds, het potentieel om hernieuwbare energie op te wekken. Hierbij wordt het potentieel dak, bodem, water en wind en het biomassapotentieel geanalyseerd en in kaart gebracht.



| | |
|---------------|---|
| Opdrachtnemer | ARCADIS Belgium nv/sa Maatschappelijke zetel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel Postadres Kortrijksesteenweg 302 B-9000 Gent |
|---------------|---|

| | |
|----------------|--|
| Contactpersoon | Kris Devoldere |
| Telefoon | +32 9 242 44 44 |
| Telefax | +32 9 242 44 45 |
| E-mail | k.devoldere@aracdisbelgium.be |
| Website | www.arcadisbelgium.be |

| Revisie | | | | |
|----------------------------|----------------|--|---------------------|--------------|
| Versie | Datum | Opmerking | | |
| 4 | | Draft finale versie na opmerkingen Stad Gent | | |
| 5 | | Herwerkte versie na opmerkingen Stad Gent | | |
| | | | | |
| Opgesteld | | | | |
| Afdeling/discipline | Functie | Naam | Handtekening | Datum |
| BE Milieu | | Kris Devoldere | | |
| | | Dirk Libbrecht | | |
| | | Inge Leroy | | |
| | | Jimmie Huylebroeck | | |
| ARCADIS Nederland | | Jos Bakker | | |
| | | Simon Tristan | | |
| | | Geert Warringa | | |
| | | Hanneke van Giffen | | |

Inhoudsopgave

| | |
|--|---|
| Opmaak van een hernieuwbare energiescan voor het grondgebied Gent | 15 |
| 1 | Inleiding |
| 2 | Studiegebied |
| 3 | Inventarisatie bestaand aanbod |
| 4 | Analyse dakpotentieel |
| 4.1 | Analyse dakoppervlak |
| 4.1.1 | Bronbestanden |
| 4.1.2 | Bepalen van de oriëntatie en helling |
| 4.1.3 | Bepalen van de functie |
| 4.1.4 | Resultaten dakoppervlak |
| 4.2 | Bepaling dakpotentieel |
| 4.2.1 | Detailgebied |
| 4.2.2 | Extrapolatie naar het studiegebied..... |
| 4.2.3 | Vergelijking met de resultaten van de HE-scan van ODE Vlaanderen |
| 4.3 | Kosten-baten analyse |
| 4.3.1 | Kengetallen |
| 4.3.2 | Kengetallen PV..... |
| 4.3.3 | Zonthermische systemen..... |
| 4.3.4 | Kleinschalige windenergie |
| 4.3.5 | Methodiekb beschrijving rekenmodel kosten-baten analyse dakpotentieel |
| 4.4 | Besluit..... |
| 5 | Analyse potentieel biomassa |
| 5.1 | Bestaande situatie..... |
| 5.2 | Bepaling potentieel |
| 6 | Analyse bodempotentieel |
| 6.1 | Methodologie..... |
| 6.1.1 | Koude-warmte opslag (KWO) |
| 6.1.2 | Boorgat energie-opslag (BEO)..... |
| 6.2 | Kartering |
| 6.2.1 | KWO |
| 6.2.2 | BEO |
| 6.3 | Besluit..... |
| 7 | Analyse waterpotentieel |
| 7.1 | Inleiding..... |
| 7.2 | Potentieelbepaling |
| 7.3 | Koppeling met KWO en/of BEO |
| 8 | Analyse windpotentieel |
| 8.1 | Bestaande situatie..... |
| 8.2 | Potentieel |
| 9 | Indicatoren |
| 10 | Conclusies en aanbevelingen |

Figurenlijst

| | |
|--|----|
| Figuur 2.1 : Studiegebied | 17 |
| Figuur 3.1 : Lokatie van de grootschalige PV installaties (> 10 kW _p) in het studiegebied | 21 |
| Figuur 3.2 : Locatie van bestaande windturbines binnen het studiegebied | 22 |
| Figuur 4.1 : Verdeling van het de totale dakoppervlakte over de verschillende types voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad | 29 |
| Figuur 4.2 : Verdeling van de totale dakoppervlakte over de verschillende functies voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad | 31 |
| Figuur 4.3 : Verdeling van het dakoppervlak naar helling voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad | 32 |
| Figuur 4.4 : Verdeling van het totale dakoppervlak naar oriëntatie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad | 33 |
| Figuur 4.5 : Verdeling van het totale dakoppervlak naar oriëntatie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad voor de categorieën Industrie en KMO, Vrije Tijd en Zorg | 34 |
| Figuur 4.6 : Dakoppervlakte met helling ZO/Z/ZW voor eengezinswoningen met een hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte | 55 |
| Figuur 4.7 : Dakoppervlakte met helling OW voor eengezinswoningen met een hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte | 55 |
| Figuur 4.8 : Dakoppervlakte van het plat gedeelte voor eengezinswoningen met een gecombineerd plat/hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte | 56 |
| Figuur 4.9 : Dakoppervlakte van het gedeelte met oriëntatie ZO/Z/ZW voor eengezinswoningen met een gecombineerd plat/hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte | 56 |
| Figuur 4.10 : Dakoppervlakte van het gedeelte met oriëntatie OW voor eengezinswoningen met een gecombineerd plat/hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte | 57 |
| Figuur 4.11 : Aandeel appartementsgebouwen met 40 m ² zonthermische panelen per klasse van gebouwoppervlakte in het detailgebied..... | 58 |
| Figuur 4.12 : Aandeel gebouwen met een vrije tijdsfunctie met 60 m ² zonthermische panelen per klasse van gebouwoppervlakte in het detailgebied..... | 64 |
| Figuur 4.13 : Aandeel gebouwen in de zorgsector met 50 m ² zonthermische panelen per klasse van gebouwoppervlakte in het detailgebied..... | 66 |
| Figuur 4.14 : Financiële kosten en baten van dakgebonden technieken in het studiegebied – weergegeven op verschillende schalen..... | 78 |
| Figuur 4.15 : Maatschappelijke kosten en baten van dakgebonden technieken in het studiegebied – weergegeven op verschillende schalen | 78 |
| Figuur 6.1 : Stad Gent – Overzicht aquifersystemen (HCOV)..... | 87 |
| Figuur 6.2: Thermische geleidbaarheid van de grond in Vlaanderen (bron: VITO)..... | 90 |

| | |
|---|-----|
| Figuur 7.1 : Watertemperatuur in de Ringvaart (VMM meetpost 780000) in functie van de dag van het jaar over de periode 1991-2010 | 98 |
| Figuur 7.2 : Watertemperatuur in de Leie (VMM meetpost 571900) in functie van de dag van het jaar over de periode 1995-2010..... | 98 |
| Figuur 7.3 : Watertemperatuur in de Bovenschelde (VMM meetpost 172100) in functie van de dag van het jaar over de periode 1993-2010 | 99 |
| Figuur 7.4 : Watertemperatuur in de Zeeschelde (VMM meetpost 169000) in functie van de dag van het jaar over de periode 1989-2010 | 99 |
| Figuur 7.5 : Temperatuursverschil tussen ingenomen en geloosd water – limitatie op basis van een maximale stijging van 10°C of een maximale temperatuur van 25°C in de mengzone | 100 |
| Figuur 7.6 : Werkingsprincipe van een oppervlaktewater gekoppeld BEO-veld | 103 |
| Figuur 9.1 : Aantal huishoudens dat van lokaal opgewekte, hernieuwbare energie kan worden voorzien ... | 108 |
| Figuur 9.2 : Percentage van de huishoudens dat van lokaal opgewekte, hernieuwbare energie kan worden voorzien..... | 108 |
| Figuur 9.3 : Potentieel voor fotovoltaïsche toepassingen in het studiegebied volgens verschillende scenario's (kWp/1000 inwoners) | 109 |
| Figuur 9.4 : Technisch potentieel voor grootschalige windenergie in het studiegebied (W/inwoner) | 110 |

Tabellenlijst

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 : Geïnstalleerd vermogen voor groene stroom productie en groene stroom productie in 2010 op het grondgebied van stad Gent en in het studiegebied | 20 |
| Tabel 4.1 : Indeling van de gebouwen in categorieën volgens kadastrale aard | 26 |
| Tabel 4.2 : Aantal gebouwen, grond- en dakoppervlak in het detailgebied en in het detailgebied zonder binnenstad..... | 28 |
| Tabel 4.3 : Gebouw- en dakoppervlakte in het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad naar functie..... | 30 |
| Tabel 4.4 : Verdeling van het dakoppervlak naar helling en functie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad (%)..... | 31 |
| Tabel 4.5 : Verdeling van het dakoppervlak (%) naar oriëntatie en functie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad..... | 32 |
| Tabel 4.6 : Dakoppervlak voor woningen in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 36 |
| Tabel 4.7 : Dakpotentieel voor eengezinswoningen in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 38 |
| Tabel 4.8 : Dakoppervlak voor appartementsgebouwen in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.9 : Dakpotentieel voor appartementsgebouwen in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 40 |
| Tabel 4.10 : Dakoppervlak voor industrie en KMO in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 41 |
| Tabel 4.11 : Dakpotentieel PV voor Industrie en KMO in het detailgebied | 42 |
| Tabel 4.12 : Dakoppervlak voor de tertiaire sector in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 43 |
| Tabel 4.13 : Dakpotentieel PV voor de tertiaire sector in het detailgebied | 43 |
| Tabel 4.14 : Dakoppervlak voor openbare gebouwen in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 44 |
| Tabel 4.15 : Dakpotentieel PV voor openbare gebouwen in het detailgebied | 45 |
| Tabel 4.16 : Dakoppervlak voor onderwijs in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 46 |
| Tabel 4.17 : Dakpotentieel PV voor onderwijsgebouwen in het detailgebied | 46 |
| Tabel 4.18 : Dakoppervlak voor de zorgsector in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 47 |
| Tabel 4.19 : Dakpotentieel voor gebouwen uit de zorgsector in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 48 |
| Tabel 4.20 : Dakoppervlak voor vrije tijd in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie..... | 49 |
| Tabel 4.21 : Dakpotentieel voor gebouwen uit de sector vrije tijd in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 50 |
| Tabel 4.22 : Dakpotentieel voor de gebouwen in het detailgebied - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 52 |
| Tabel 4.23 : Verdeling naar daktype van de eengezinswoningen per klasse van gebouwoppervlakte | 53 |
| Tabel 4.24 : Dakpotentieel voor eengezinswoningen - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 54 |
| Tabel 4.25 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij appartementsgebouwen voor het maximum PV scenario per klasse van gebouwoppervlakte | 58 |
| Tabel 4.26 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Appartementsgebouwen’ - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 59 |
| Tabel 4.27 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij industrie en KMO per klasse van gebouwoppervlakte..... | 60 |
| Tabel 4.28 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Industrie en KMO’ | 60 |
| Tabel 4.29 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Land- en tuinbouw’..... | 61 |
| Tabel 4.30 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) voor onderwijsgebouwen per klasse van gebouwoppervlakte..... | 61 |
| Tabel 4.31 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Onderwijs’ | 61 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4.32 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) voor openbare gebouwen per klasse van gebouwoppervlakte | 62 |
| Tabel 4.33 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Openbaar’ | 62 |
| Tabel 4.34 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) voor gebouwen uit de tertiaire sector per gebouwoppervlakte-categorie | 63 |
| Tabel 4.35 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Tertiair’ | 63 |
| Tabel 4.36 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij Vrije tijdsgebouwen voor het maximum PV scenario per klasse van gebouwoppervlakte | 64 |
| Tabel 4.37 : Dakpotentieel voor de categorie ‘Vrije tijdsgebouwen’ - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 65 |
| Tabel 4.38 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij gebouwen uit de zorgsector voor het maximum PV scenario per klasse van gebouwoppervlakte | 67 |
| Tabel 4.39 : Dakpotentieel voor de categorie gebouwen uit de zorgsector - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 67 |
| Tabel 4.40 : Dakpotentieel voor de gebouwen in het studiegebied - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV | 69 |
| Tabel 4.41 : Percentage van het elektriciteitsverbruik in de subsectoren residentieel, tertiair en land- en tuinbouw invulbaar door PV in deze subsectoren voor gemengde systemen (zonthermisch + PV) en het maximum PV scenario | 69 |
| Tabel 4.42 : Vergelijking tussen het dakgebonden potentieel berekend door middel van de HE scan van ODE Vlaanderen en berekend volgens de methode in deze studie | 72 |
| Tabel 5.1 : Potentieel voor productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van GFT en groenafval | 81 |
| Tabel 5.2 : Potentieel voor productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van dierlijke mest | 82 |
| Tabel 5.3 : Vergelijking van de resultaten van de HE scan van ODE met deze studie voor het otentieel voor productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van dierlijke mest | 83 |
| Tabel 7.1 : Relevante karakteristieken van de Ringvaart, de Leie, de Bovenschelde en de Zeeschelde op het grondgebied van Gent | 96 |
| Tabel 7.2 : Energiepotentieel voor de relevante waterlichamen op het grondgebied van Gent | 101 |
| Tabel 8.1 : Potentieel voor windenergie in het studiegebied | 106 |

Kaartenlijst

| | |
|---|----|
| Kaart 1 : Totale dakoppervlakte (m ²) op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren | 70 |
| Kaart 2 : Totaal potentieel oppervlakte zonthermische panelen (m ²) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren..... | 70 |
| Kaart 3 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren..... | 70 |
| Kaart 4 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen (kW _p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren..... | 70 |
| Kaart 5 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren..... | 70 |
| Kaart 6 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen (kW _p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren..... | 70 |
| Kaart 7 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen en optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren .. | 70 |
| Kaart 8 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen, optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren | 70 |
| Kaart 9 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren | 70 |
| Kaart 10 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren | 70 |
| Kaart 11 : Totale dakoppervlakte (m ²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’ | 70 |
| Kaart 12 : Totaal potentieel oppervlakte zonthermische panelen (m ²) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’..... | 70 |
| Kaart 13 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’..... | 70 |
| Kaart 14 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen (kW _p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’..... | 70 |
| Kaart 15 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’..... | 70 |
| Kaart 16 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen (kW _p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’..... | 70 |
| Kaart 17 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen en optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Kaart 18 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen, optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’ | 70 |
| Kaart 19 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’ | 70 |
| Kaart 20 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘residentieel’ | 70 |
| Kaart 21 : Totale dakoppervlakte (m ²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘industrie’ | 70 |
| Kaart 22 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘industrie’ | 70 |
| Kaart 23 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW _p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘industrie’ | 70 |
| Kaart 24 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘industrie’ | 70 |
| Kaart 25 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘industrie’ | 70 |
| Kaart 26 : Totale dakoppervlakte (m ²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘landbouw’ | 70 |
| Kaart 27 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘landbouw’ | 70 |
| Kaart 28 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW _p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘landbouw’ | 70 |
| Kaart 29 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘landbouw’ | 70 |
| Kaart 30 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘landbouw’ | 71 |
| Kaart 31 : Totale dakoppervlakte (m ²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ | 71 |
| Kaart 32 : Totaal potentieel oppervlakte zonthermische panelen (m ²) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ | 71 |
| Kaart 33 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ | 71 |
| Kaart 34 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW _p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ | 71 |
| Kaart 35 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW _p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ | 71 |
| Kaart 36 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW _p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ | 71 |

Kaart 37 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen en optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ 71

Kaart 38 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen, optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ 71

Kaart 39 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ 71

Kaart 40 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’ 71

Kaart 41 : Overzicht Gent – Transmissiviteit (m²/dag) 91

Kaart 42 : Overzicht Gent – Energiepotentieel (kWh/jaar) 91

Kaart 43 : Overzicht Gent – Benodigde oppervlakte KWO (ha) 91

Kaart 44 : Digitaal hoogtemodel stad Gent met aanduiding van zones met een hellingspercentage ≥ 2 % .. 93

Kaart 45 : Capaciteit voor BEO-veld toepassingen (W/m²) bij een onderlinge lusafstand van 7 m 93

Kaart 46 : Energiepotentieel voor BEO-veld toepassingen (kWh/m².jaar) bij een onderlinge lusafstand van 7 m 93

Kaart 47 : Waterpotentieel op het grondgebied van stad Gent100

Afkortingenlijst

| | |
|--------|--|
| BEO | Boorgat energie opslag |
| GJ | Gigajoule (energie-opbrengst – 10^9 Joule) |
| GIS | Geografisch informatiesysteem |
| GRB | Grootschalig referentiebestand |
| GSC | Groene stroomcertificaten |
| KWO | Koude warmte opslag |
| kW_e | Geïnstalleerd elektrisch vermogen in kilowatt |
| kWh | Kilowattuur (energie-opbrengst) |
| kWp | Kilowatt piek (geïnstalleerd vermogen fotovoltaïsche zonnepanelen) |
| LiDAR | Light Detection and Ranging |
| MWh | Megawattuur (energie-opbrengst) |
| PV | Fotovoltaïsche panelen |
| RUP | Ruimtelijk uitvoeringsplan |
| RWZI | Rioolwaterzuiveringsinstallatie |
| STAM | Stadsmuseum Gent |
| WKK | Warmte-kracht koppeling |

Opmaak van een hernieuwbare energiescan voor het grondgebied Gent

1 Inleiding

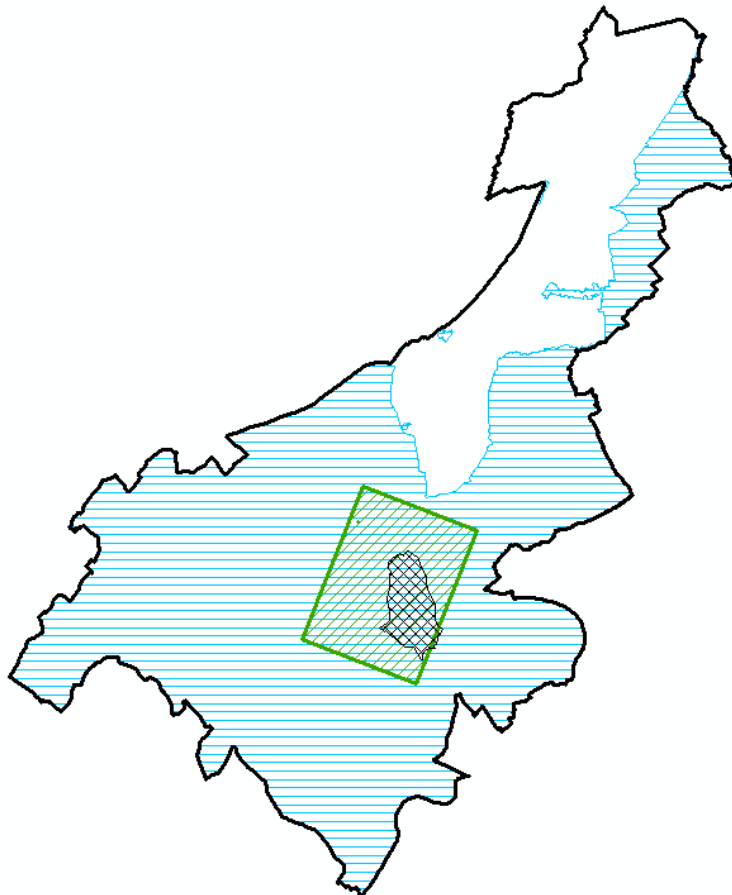
De Stad Gent heeft in 2009 met het opstarten van het Klimaatverbond ervoor gekozen een actieve rol op te nemen om CO₂-reductie te realiseren op haar grondgebied. De Stad liet een CO₂-nulmeting voor geheel de stad inclusief het havengebied opmaken om de stand van zaken van de huidige uitstoot te kennen en de verdeling ervan over de diverse Gentse sectoren. Als volgende stap wil de Stad Gent energiekaarten opmaken die reductie-opportunities geografisch voorstellen. Energiekaarten zijn een GIS-applicatie die de CO₂-uitstoot van de stad, de bestaande energieconsumptie en –vraag, evenals het bestaande en potentiële aanbod van hernieuwbare energie in beeld brengen en de mogelijkheid bieden om naar geografische opportuniteiten voor afstemming van vraag en aanbod te zoeken. Die energiekaarten zullen een belangrijke insteek vormen om diverse transitiepaden te bepalen met maatregelen die de Stad kunnen leiden naar CO₂-neutraliteit.

Om energiekaarten te maken is het belangrijk inzicht te krijgen in het bestaand aanbod van alle vormen van hernieuwbare energie en vooral in het potentieel aanbod van hernieuwbare energie. Er zijn nog veel kansen voor de uitbouw van het lokale potentieel van hernieuwbare energie op gebouwniveau en op het niveau van de wijken of grotere gebieden in de stad (niet-gebouwgebonden). In deze studie gebeurt dit op vlak van zonne- en windenergie, waterkracht, omgevings- en geothermische energie en biomassa. Gent heeft geen geschikte waterlopen voor grootschalige waterkracht waardoor dit aandeel niet in beschouwing is genomen. De Stad Gent wil uit de GIS-layer met het potentieel aan hernieuwbare energie actiepunten en concrete doelstellingen halen voor stadsrenovatie- en stadsontwikkelingsprojecten, (her)ontwikkeling van bedrijven-terreinen, links tussen economische sites en hun omgeving, en dergelijke meer.

2 Studiegebied

Het studiegebied van deze studie is het grondgebied van de Stad Gent met uitzondering van het gebied dat volgens het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan 'Afbakening Zeehavengebied Gent - Inrichting R4-west en R4-oost' is afgebakend als zeehavengebied. Het studiegebied is blauw gearceerd in Figuur 2.1.

Het detailgebied omvat dit deel van het grondgebied van de Stad Gent dat 3-dimensioneel door middel van LiDAR gekarteerd werd. Voor de bepaling van het dakpotentieel werden de 3-dimensionele gegevens van het detailgebied gehanteerd voor een gedetailleerde analyse, waarna de resultaten werden geëxtrapoleerd naar het studiegebied. Het detailgebied is groen gearceerd in Figuur 2.1 en valt volledig binnen het studiegebied. De analyse van het detailgebied werd ook doorgevoerd met de wijk 'binnenstad' buiten beschouwing gelaten. De motivatie daarvoor was dat verwacht werd dat in deze zone voornamelijk woningen met kleinere dak-oppervlakte voorkomen, die bij extrapolatie aanleiding kunnen geven tot een verschillend resultaat. Uit de verdere analyse zal blijken dat het buiten beschouwing laten van de wijk 'binnenstad' geen aanleiding geeft tot significant verschillende resultaten bij extrapolatie. Deze wijk 'binnenstad' is zwart gearceerd in Figuur 2.1 en valt bijna volledig binnen het detailgebied.



Figuur 2.1 : Studiegebied

3 Inventarisatie bestaand aanbod

Het bestaande aanbod aan hernieuwbare energie-opwekking op het grondgebied van de stad Gent werd in kaart gebracht aan de hand van de resultaten van de VREG (www.vreg.be/statistieken-groene-stroom):

- overzicht van het geïnstalleerd vermogen per technologie per gemeente voor 2010;
- overzicht van het aantal uitgereikte groene stroomcertificaten per technologie en per gemeente voor 2010;
- lijst van de individuele installaties die groene stroomcertificaten (GSC) ontvangen, exclusief zonne-energie;
- lijst van de zonne-energie installaties groter dan 10 kW_e die GSC ontvangen.

Aan de hand van de adresgegevens van de individuele installaties, kan nagegaan worden of deze installaties zich al dan niet binnen het studiegebied bevinden. Voor de PV-installaties < 10 kW_e zijn geen locatiegegevens beschikbaar. Gezien het hier hoofdzakelijk PV installaties bij particulieren betreft, wordt er van uitgegaan dat alle installaties < 10 kW_e zich binnen het studiegebied bevinden.

In Tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van het geïnstalleerd vermogen en de groene stroomproductie in 2010 voor de installaties op het grondgebied Gent en binnen het studiegebied. De omrekening naar groene stroomproductie binnen het studiegebied gebeurt proportioneel met het geïnstalleerd vermogen:

- Zoals reeds hierboven vermeld, werd de hypothese gemaakt dat alle PV-installaties < 10 kW_e zich binnen het studiegebied bevinden. Het volledige geïnstalleerde vermogen en de volledige groene stroom productie werd dan ook aan het studiegebied toegekend.
- Op basis van de adresgegevens voor PV-installaties > 10 kW_e blijkt dat 10.035,55 kW_e van de totaal geïnstalleerde capaciteit op het grondgebied van de Stad Gent (20.560,55 kW_e) binnen de grenzen van het studiegebied staat opgesteld (Figuur 3.1). De overige installaties betreft grootschalige PV toepassingen binnen het zeehavengebied.
- Op basis van de adresgegevens voor windturbines blijkt dat 10.000 kW_e van de totaal geïnstalleerde capaciteit op het grondgebied van de Stad Gent (42.150 kW_e) binnen de grenzen van het studiegebied staat opgesteld (Figuur 3.2). De overige installaties betreft windturbines binnen het zeehavengebied. Voor de groene stroomproductie wordt voor grootschalige windenergie bij de omrekening rekening gehouden met het gegeven dat een windturbinepark met een geïnstalleerd vermogen van 6150 kW_e, gelegen in het zeehavengebied, pas begin september 2010 werd opgestart en bijgevolg maar gedurende 3 maand operationeel is geweest.
- De installatie voor elektriciteitsproductie uit biogas van vergisting van RWZI-slib bevindt zich binnen het studiegebied.
- Alle installaties voor productie van elektriciteit uit geselecteerd of selectief ingezameld afval bevinden zich in het zeehavengebied.

- Met uitzondering van een kleine installatie voor elektriciteitsopwekking uit plantaardige olie met een capaciteit van 9 kW_e, die zich binnen het studiegebied bevindt, bevinden alle installaties voor productie van elektriciteit uit biomassa van land- of bosbouw zich in het zeehavengebied.
- De installatie voor elektriciteitsproductie uit huishoudelijk afval bevindt zich binnen de grenzen van het studiegebied.

Tabel 3.1 : Geïnstalleerd vermogen voor groene stroom productie en groene stroom productie in 2010 op het grondgebied van stad Gent en in het studiegebied

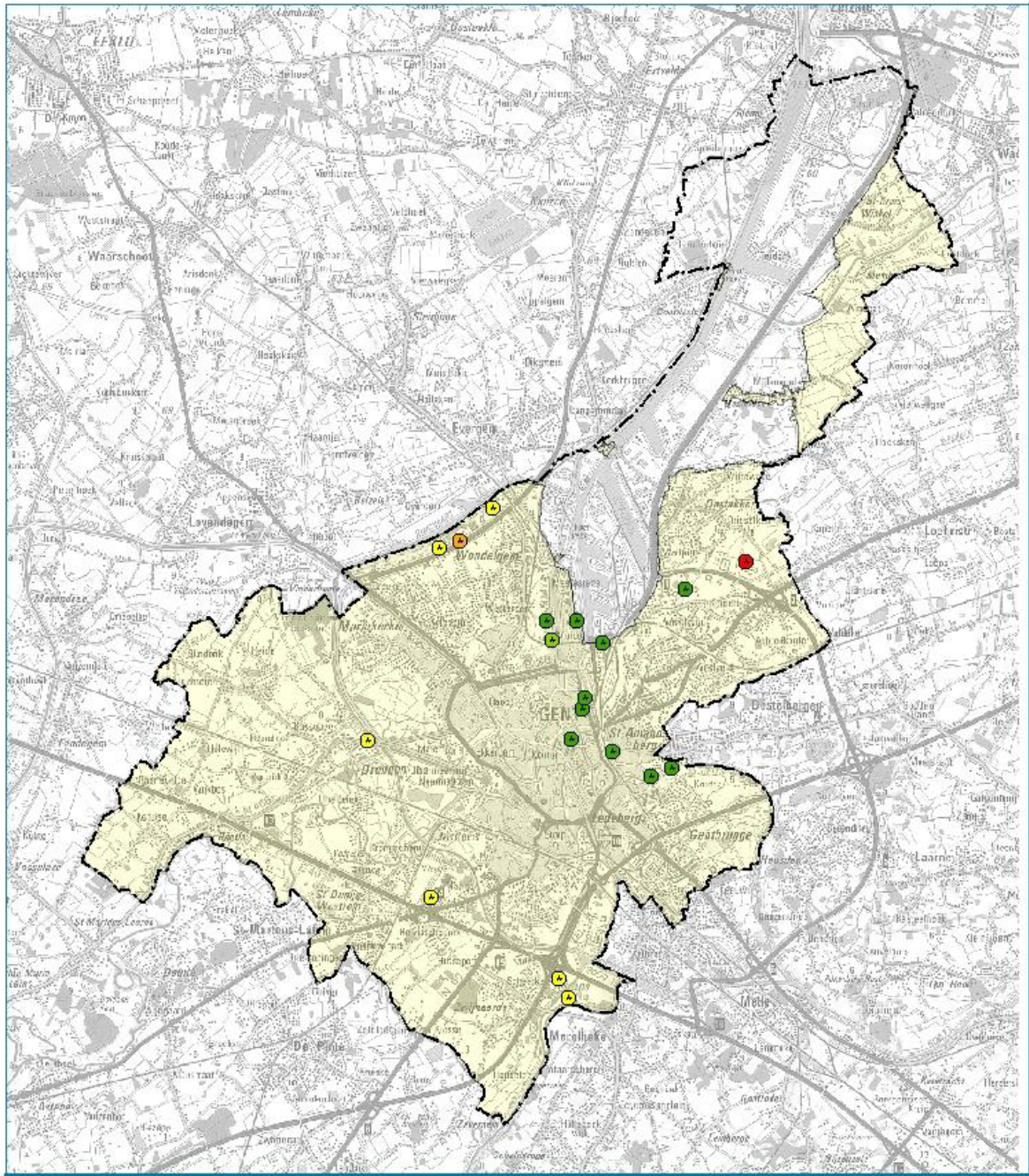
| | Geïnstalleerd vermogen (kW _e) | | Groene stroom productie 2010 (MWh) | |
|---|---|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Grondgebied Gent | Studiegebied | Grondgebied Gent | Studiegebied |
| PV < 10 kW _e | 7.972 | 7.972 | 194 | 194 |
| PV > 10 kW _e | 20.560,55 | 10.035,55 | 8.064 | 3.936 |
| Wind grootschalig | 42.150 | 10.000 | 56.887 | 16.000 |
| Biogas – RWZI | 413 | 413 | 291 | 291 |
| Biomassa – geselecteerd of selectief ingezameld afval | 47.125 | 0 | 207.499 | 0 |
| Biomassa – land- of bosbouw | 132.209 | 9 | 555.682 | 38 |
| Biomassa – huishoudelijk afval | 3.200 | 3.200 | 9.663 | 9.663 |
| Totaal | 245.657,55 | 23.657,55 | 838.230 | 30.122 |

Het gebruik van oppervlaktewater als koelwater voor industriële processen wordt al in grote mate toegepast, zeker voor de grotere bedrijven in de Gentse Kanaalzone (wat buiten het studiegebied van deze studie valt). Met betrekking tot gebruik van oppervlaktewater voor klimatisatie van gebouwen (koeling/verwarming) zijn op dit ogenblik geen toepassingen bekend.

Op dit ogenblik wordt geen lijst bijgehouden van KWO- of BEO-toepassingen op het grondgebied van Vlaanderen, zodat geen detailgegevens beschikbaar zijn voor het studiegebied. Bij het STAM in Gent is een BEO-veld toepassing van 36 boorgaten met een diepte van 100 m operationeel.

In 2010 wordt op het grondgebied van stad Gent 838.230 MWh of 3.017.628 GJ aan hernieuwbare energie geproduceerd. Meer dan 90% daarvan is afkomstig van grootschalige toepassingen van biomassa, hoofdzakelijk in het Zeehavengebied. Deze productie is voldoende om het primaire energieverbruik van 24.735 huishoudens (21,4% van het aantal huishoudens in Gent in 2010) te dekken. De productie aan hernieuwbare energie in het studiegebied van deze studie belooft in 2010 30.122 MWh of 108.439 GJ. Meer dan de helft daarvan is afkomstig van grootschalige windenergie. De productie in het studiegebied van deze studie is voldoende om het primaire energieverbruik van 889 huishoudens (0,77% van het aantal huishoudens in Gent in 2010) te dekken.

Figuur 3.1 : Lokatie van de grootschalige PV installaties (> 10 kW_p) in het studiegebied



- Geïnstalleerd vermogen grootschalige PV installatie (kWp)**
- 24,00 - 100
 - 100,01 - 250
 - 250,01 - 500
 - 500,01 - 1000
 - 1000,01 - 6525
- Studiegebied
- Gent



1:117.423 (A4)



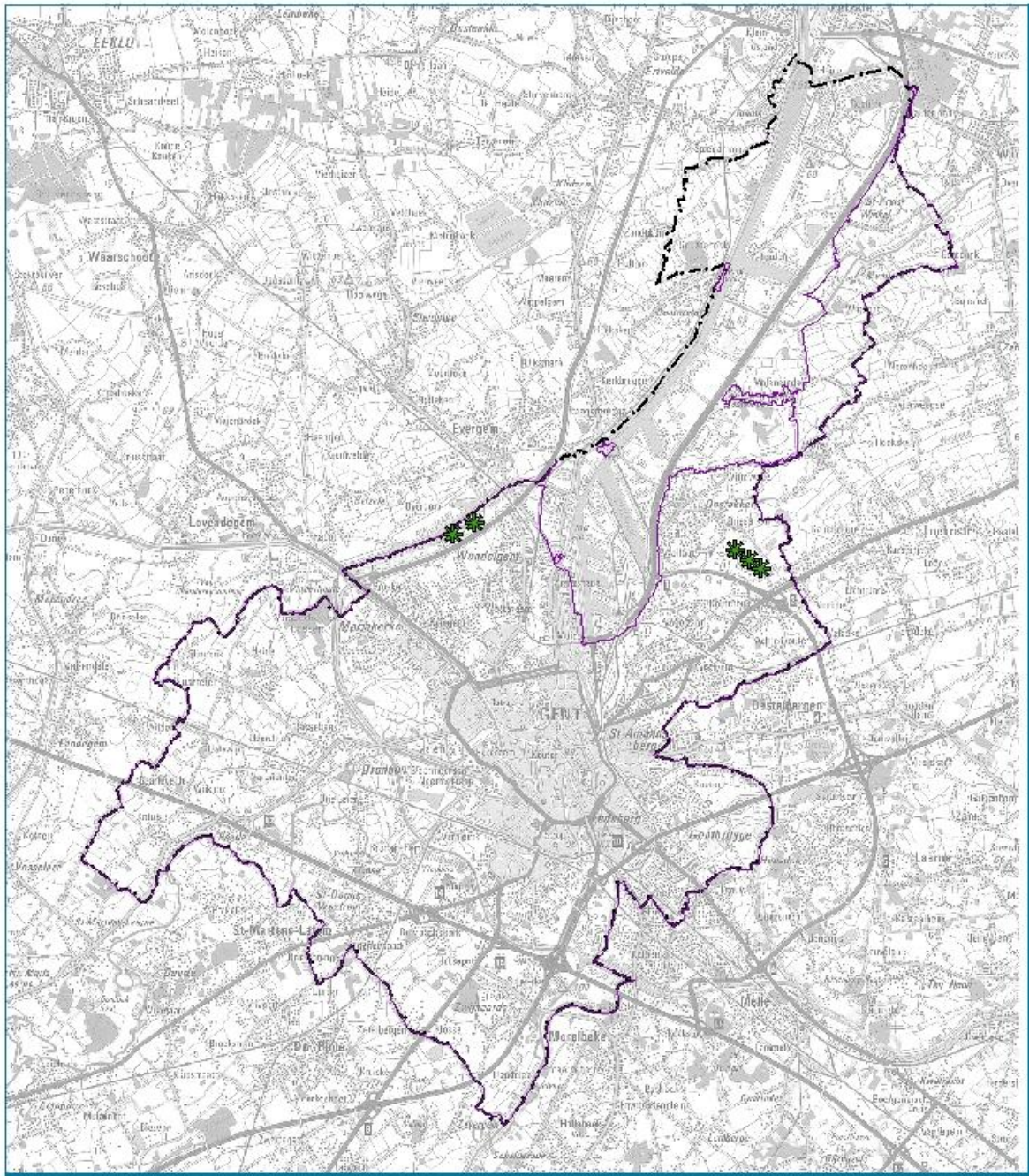
H:\11_011654_Eve rgb\2014\Geüp\project\03-1 grootschalig PV.mxd

Kaart 3.1
Grootschalige PV installaties



omgeving@brabde.nl

Figuur 3.2 : Locatie van bestaande windturbines binnen het studiegebied



Geïnstalleerd vermogen windturbines (MW) :

-  2,000000
-  Studiegebied
-  Gent



1:117.423 (A4)



R:\111_011654_Energie scan Gent\p\rolectie n3-2 wind turbines.mxd

Kaart 3.2
Windturbines

www.gent.be/energie/ez



4 Analyse dakpotentieel

In dit deel wordt een inschatting gemaakt van het dakgebonden potentieel voor de opwekking van hernieuwbare energie. Meer specifiek gaat het hier om fotovoltaïsche panelen voor de opwekking van groene stroom en om zonthermische systemen voor de productie van sanitair warm water.

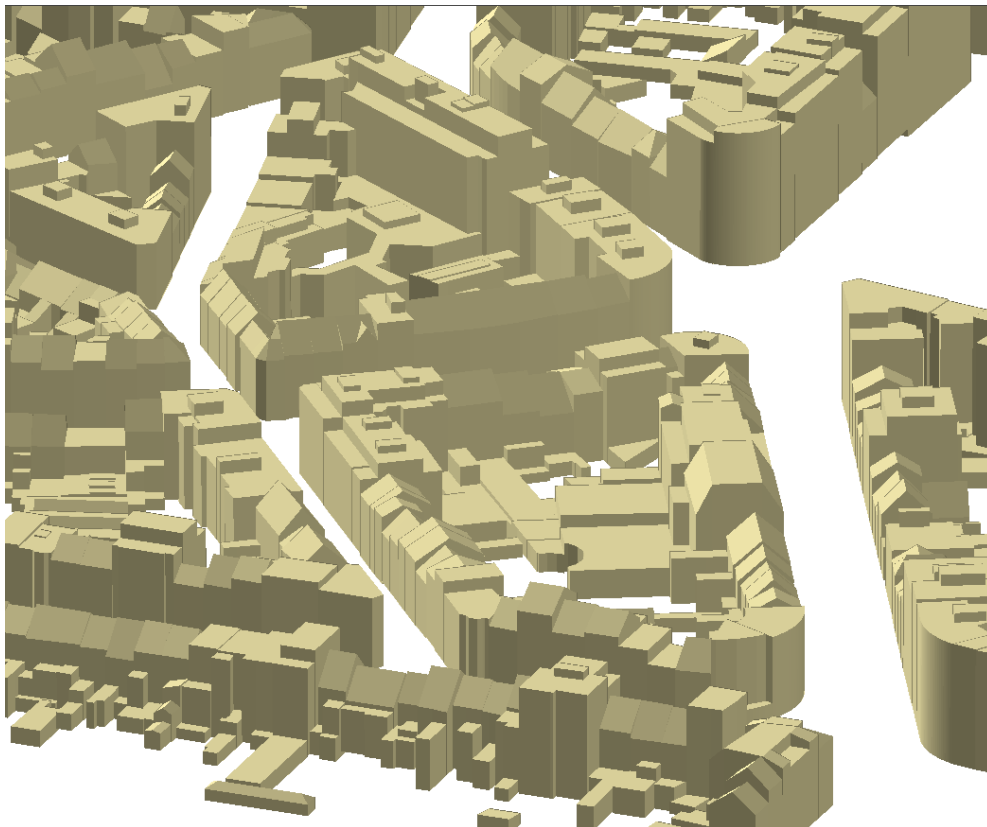
4.1 Analyse dakoppervlak

Een gedetailleerde analyse van het dakoppervlak wordt uitgevoerd voor een gedeelte van het grondgebied Gent, met name het gebied dat 3-dimensioneel door middel van LiDAR gekarteerd werd (detailgebied). Dit wordt voorgesteld als het groen gearceerd gebied in Figuur 2.1. De resultaten van deze gedetailleerde analyse worden vervolgens geëxtrapoleerd naar de rest van het studiegebied (blauw gearceerd in Figuur 2.1).

4.1.1 Bronbestanden

4.1.1.1 LiDAR

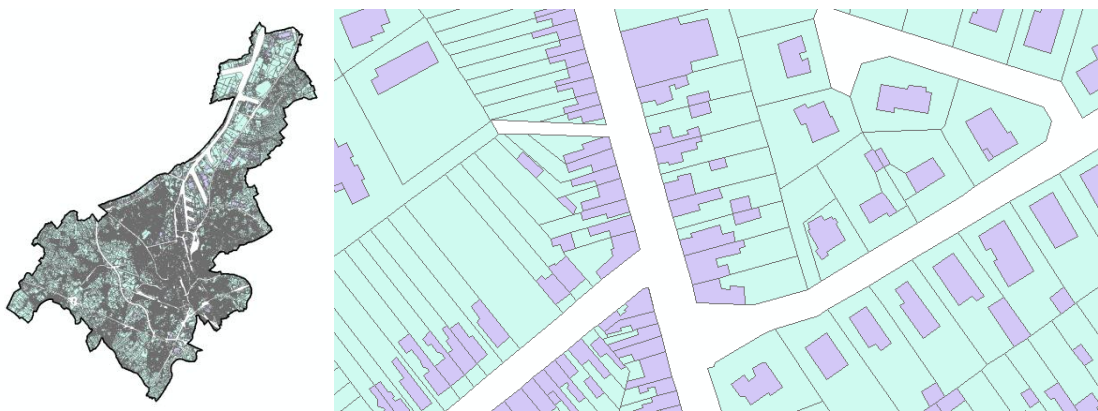
Als basis voor de gedetailleerde analyse werden LiDAR-gegevens (Light Detection And Ranging) aangeleverd door stad Gent voor het detailgebied. Dit zijn nauwkeurige opmetingen vanuit de lucht met behulp van lasertechnologie. Hieruit resulteert een 3-dimensioneel stadsmodel van het detailgebied.



Uit de attributen van het bestand 'gebouwen_binnenstad.shp' kan de oriëntatie, de helling, de hoogte en het oppervlak van de dakvlakken van de gebouwen bepaald worden. Per gebouw worden de oriëntatie, helling, hoogte en oppervlak van alle dakvlakken in rekening gebracht.

4.1.1.2 Kadastergegevens

CADMAP is de vectorisering van de ingescande kadastrale plannen van het grondgebied van België. De kadastrale gegevens (kadastrale gebouwen, kadastrale percelen en de kadastrale aard van het perceel) werden aangeleverd voor het volledig grondgebied van de stad Gent. Deze gegevens zijn echter minder nauwkeurig dan de LiDAR gegevens.



4.1.1.3 Grootschalig Referentie Bestand - GRB

Het Grootschalig Referentie Bestand (GRB) is een authentieke geografische gegevensbron in wording, die een unieke en objectgerichte kaart levert met precieze informatie van gebouwen, administratieve percelen, wegen, waterlopen en spoorbanen. De gegevens worden in zodanig detail opgenomen dat zij kunnen voorgesteld worden op een schaal tussen 1/250 en 1/5.000. De opmaak, beheer en toegang tot het GRB is geregeld in het GRB-decreet. Het GRB is in volle opmaak en ten laatste in 2015 zal het bestand gebiedsdekkend zijn voor het Vlaamse Gewest. Het AGIV beheert de gegevens in de centrale databank en zorgt voor de toegang tot de verschillende informatieproducten.

Het GRB werd aangeleverd voor het volledig grondgebied van de stad Gent (brongegevens 2010). De gebouwen in het GRB worden onderscheiden in hoofdgebouwen en bijgebouwen op basis van de kadastragegevens. Dit onderscheid is niet altijd even eenduidig. Zo wordt een aanbouw of achterbouw altijd bij het hoofdgebouw gerekend. Enkel losstaande bijgebouwen worden in de meeste gevallen als bijgebouw gecatalogeerd. Het GRB wordt als basis gebruikt voor het gebied waarop de extrapolatie wordt toegepast.

4.1.1.4 Administratieve grenzen

De geometrie van de grenzen van de deelgemeenten, de stadswijken en de statistische sectoren werden aangeleverd voor het grondgebied Gent. Een statistische sector is de kleinste territoriale basiseenheid

gecreëerd door het Belgische Nationaal Instituut voor de Statistiek waarvoor nog socio-economische statistieken worden opgesteld.



4.1.1.5 Luchtfoto

De orthofoto versie 2010 werd aangeleverd voor het grondgebied Gent.

4.1.2 Bepalen van de oriëntatie en helling

De verstrekte shape-file 'gebouwen_binnenstad.shp' bevat de daken (dakvlakken), gevels en de basis van de gebouwen. In het kader van deze analyse dient er enkel gewerkt te worden met de polygonen die de daken/dakvlakken voorstellen. In de attributen van deze shape-file wordt de nokhoogte van het dak weergegeven als "Z_MAX". De helling van het dak kan afgeleid worden uit het veld "Normal_H". Op basis van de oppervlakte van de polygonen en de helling wordt vervolgens de oppervlakte van de dakvlakken berekend. De oriëntatie van de dakvlakken werd bepaald op basis van de velden "Normal_X" en "Normal_Y".

De hoogte van de daken werd vervolgens vertaald naar 5 categorieën :

- < 3 meter
- 3 – 6 meter
- 6 – 9 meter
- 9 - 12 meter
- > 12 meter

Het onderscheid naar hoogte werd doorgevoerd omdat initieel verwacht werd dat installatie van zonthermische of fotovoltaïsche panelen op hogere gebouwen aanleiding zou geven tot een meerprijs, wat tot uiting zou komen in de kosten-baten analyse (zie 4.3). Bij de analyse van de beschikbare kostengegevens is geen indicatie teruggevonden van een hogere installatiekost bij hogere gebouwen. De dakhoogte werd dan ook verder in de analyse niet gebruikt.

De helling van de daken werd ingedeeld in 3 categorieën :

- plat (0 – 5°)
- schuin (5 – 35°)
- zeer schuin (> 35°)

De oriëntatie van de schuine daken werd ingedeeld in volgende categorieën :

- Noord
- Noordoost
- Oost
- Zuidoost
- Zuid
- Zuidwest
- West
- Noordwest

4.1.3 Bepalen van de functie

De functie van de gebouwen werd bepaald op basis van de kadastrale aard. De geometrie van de laag 'kadastrale aard' was echter minder nauwkeurig dan de geometrie van de gebouwen uit de laseraltimetrie. Het grondvlak van de gebouwen in de laag met de kadastrale aard vertoont een afwijking/verschuiving t.o.v. de gebouwen_binnenstad shape-file. De functie werd aan de gebouwen toegekend op basis van de ligging van het centroïde van het gebouw (grondoppervlak). Indien deze centroïde in een polygoon met kadastrale aard 'huis' gelegen is, werd aan het respectievelijk gebouw de aard 'huis' toegekend. De kadastrale aard werd vervolgens ingedeeld in de volgende categorieën (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 : Indeling van de gebouwen in categorieën volgens kadastrale aard

| Categorie | ID | Aard | Categorie | ID | Aard |
|-----------------------|-----|------------|-----------|------------|------------|
| Appartements-gebouwen | 166 | BEB.OPP.A | Onderwijs | 463 | BIBLIOTH. |
| | 222 | BUILDING | | 462 | MUSEUM |
| | 220 | D.AP.GEB.# | | 460 | SCHOOLGEB. |
| | 165 | G.D.AP.GEB | | 461 | UNIVERSIT. |
| | 223 | HUIS# | Openbaar | 434 | ADMIN.GEB. |
| | 221 | M.D.AP.GEB | | 420 | GEM/HUIS |
| | 164 | OPP.& G.D. | | 426 | GENDARMER. |
| Industrie en KMO | 281 | BAKKERIJ | 423 | GERECHTSH. | |
| | 069 | BEB.OPP.N | 433 | LIJKENHUIS | |
| | 382 | BEDRIJFSC# | 427 | MILIT.GEB. | |
| | 324 | BOUWMAT/F. | 428 | STATION | |
| | 346 | CHEMIC/FAB | 424 | STRAFINR. | |

| Categorie | ID | Aard | Categorie | ID | Aard |
|----------------------|-----|------------|------------------------|-----|-------------|
| | 343 | CONSTR/WPL | | 431 | TELECOM/G. |
| | 287 | DRANKFABR. | | 429 | WACHTHUIS |
| | 260 | DRUKKERIJ | Tertiair | 400 | BANK |
| | 353 | ELEK.CENTR | | 415 | DIERENGEB. |
| | 344 | ELEK.MAT.F | | 403 | DRANKHUIS |
| | 261 | GAR.WERKPL | | 406 | FEESTZAAL |
| | 354 | GASFABRIEK | | 409 | GAR.STELPL |
| | 306 | GEBRUIKS/F | | 408 | GR.WARENH. |
| | 370 | HANGAR | | 407 | HAND/HUIS |
| | 300 | KLEDINGFAB | | 404 | HOTEL |
| | 380 | KOELINR. | | 402 | KANTOORGE B |
| | 302 | LEDERWAR/F | | 410 | PARKEERGE B |
| | 289 | MAALDERIJ | | 405 | RESTAURANT |
| | 371 | MAGAZIJN | | 411 | SERV.STAT. |
| | 340 | METAALNIJV | | 413 | TOONZAAL |
| | 303 | MEUBELFAB. | Vrije Tijd | 500 | BADINRICHT |
| | 357 | NIJV/GEB. | | 508 | BIOSCOOP |
| | 050 | NIJV/GROND | | 509 | CASINO |
| | 378 | ONDERZOEKC | | 504 | JEUGDHEEM |
| | 350 | PLAST/FAB. | | 021 | KAMPEERT. |
| | 263 | SCHRIJNW. | | 507 | KULT.CENTR |
| | 283 | SLACHTERIJ | | 017 | PARK |
| | 262 | SMIDSE | | 020 | SPEELTERR. |
| | 301 | TEXTIELFAB | | 506 | SPEKT/ZAAL |
| | 284 | VEEVOE/FAB | | 501 | SPORTGEB. |
| | 323 | VERFFABR. | | 018 | SPORTTERR. |
| | 282 | VLEESW/FAB | | 505 | THEATER |
| | 290 | VOEDINGS/F | | 502 | VAKAN/TEH. |
| | 264 | WASSERIJ | | 503 | VAKAN/VERB |
| | 265 | WERKPLAATS | | 022 | ZWEMBAD |
| | 322 | ZAGERIJ | Eengezins- woningen | 205 | AFDAK |
| | 280 | ZUIVELFAB. | | 067 | BEB.OPP.G |
| Land- en tuinbouw | 242 | DUIVENTIL | | 203 | BERGPLAATS |
| | 244 | G.VEETEELT | | 204 | GARAGE |
| | 240 | HOEVE | | 200 | HUIS |
| | 243 | K.VEETEELT | | 206 | LAVATORY |
| | 247 | LANDGEBOUW | Zorg | 442 | BESCHERW. |
| | 241 | PAARDESTAL | | 441 | KINDERBEW. |

| Categorie | ID | Aard | Categorie | ID | Aard |
|-----------|----|------|-----------|-----|------------|
| | | | | 443 | RUSTHUIS |
| | | | | 444 | VERPL/INR. |
| | | | | 446 | WELZIJNSG. |

Gebouwen voor 'Erediensten' en 'Speciale gebouwen' werden niet meegenomen in de analyse, gezien het toepassen van duurzame daktechnieken op dit soort gebouwen bij voorbaat kan uitgesloten worden.

4.1.4 Resultaten dakoppervlak

Omdat verwacht werd dat de gebouwkenmerken in de historische binnenstad van Gent kunnen afwijken van de andere zones in het detailgebied, werd, naast het volledige detailgebied, ook een analyse gemaakt van de gebouwen binnen het detailgebied met uitzondering van de wijk 'binnenstad' (Figuur 2.1).

4.1.4.1 Resultaten detailgebied

4.1.4.1.1 Oppervlakte

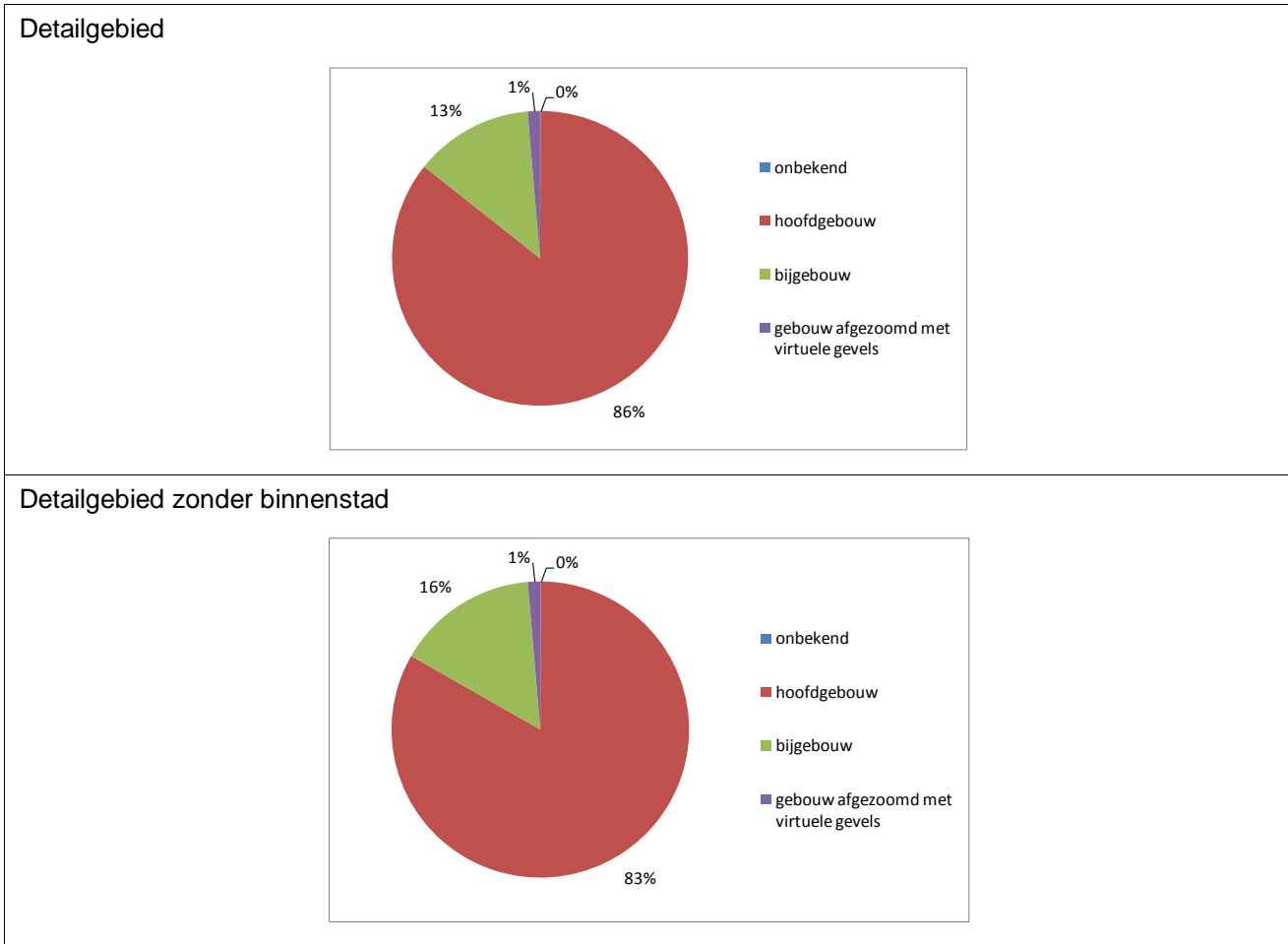
Het detailgebied heeft een oppervlakte van 13,7 km². In dit gebied zijn 28.768 gebouwen gelegen met een gemiddeld dakoppervlak van 185 m²/gebouw. De totale dakoppervlakte in het detailgebied bedraagt 5,3 miljoen m².

In detailgebied zonder de wijk 'binnenstad' zijn 22.461 gebouwen gelegen met een gemiddeld dakoppervlak van 176 m²/gebouw. De totale dakoppervlakte in het detailgebied bedraagt 3,9 miljoen m².

Gezien het onderscheid tussen hoofd- en bijgebouwen bij de kadastrale gegevens niet consequent wordt toegepast, is met dit onderscheid bij de verdere analyse geen rekening gehouden. Alle gebouwen met een geschikt dakoppervlak (qua oriëntatie en dakvlakoppervlakte) werden meegenomen in de analyse, onafhankelijk van het feit of ze in de kadastrale gegevens als hoofd- dan wel als bijgebouw zijn getypeerd.

Tabel 4.2 : Aantal gebouwen, grond- en dakoppervlak in het detailgebied en in het detailgebied zonder binnenstad

| | Aantal gebouwen | Grondoppervlak (m ²) | Dakoppervlak (m ²) | Gemiddeld dakoppervlak (m ² /gebouw) |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------------|---|
| Detailgebied | | | | |
| Onbekend | 545 | 66.037 | 72.229 | 133 |
| Hoofdgebouw | 24.804 | 3.920.927 | 4.555.636 | 184 |
| Bijgebouw | 3.405 | 633.643 | 690.777 | 203 |
| Gebouw met virtuele gevels | 14 | 2.442 | 2.442 | 174 |
| Totaal | 28.768 | 4.623.049 | 5.321.085 | 185 |
| Detailgebied zonder binnenstad | | | | |
| Onbekend | 408 | 49.510 | 53.567 | 131 |
| Hoofdgebouw | 19.104 | 2.858.380 | 3.285.894 | 172 |
| Bijgebouw | 2.941 | 570.094 | 603.322 | 205 |
| Gebouw met virtuele gevels | 8 | 1.483 | 1.483 | 185 |
| Totaal | 22.461 | 3.479.468 | 3.949.267 | 176 |



Figuur 4.1 : Verdeling van het de totale dakoppervlakte over de verschillende types voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad

4.1.4.2 Functie

In Tabel 4.3 wordt de gebouw- en dakoppervlakte van het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad naar functie ingedeeld. In het detailgebied werden in de categorie 'Land- en tuinbouw' voornamelijk tuinhuisjes e.d. opgenomen, dit is echter geen representatieve weergave van deze categorie in functie van de extrapolatie. Bij de extrapolatie kan er bijgevolg geen beroep gedaan worden op de dakkenmerken van deze categorie in het detailgebied.

Uit de analyse blijkt dat in het volledige detailgebied de gemiddelde gebouwoppervlakte voor de categorieën 'Industrie en KMO' en 'Zorg' lager is dan voor het detailgebied zonder binnenstad. Voor de categorie 'Vrije tijd' is de gemiddelde gebouwoppervlakte dan weer lager in het detailgebied zonder binnenstad.

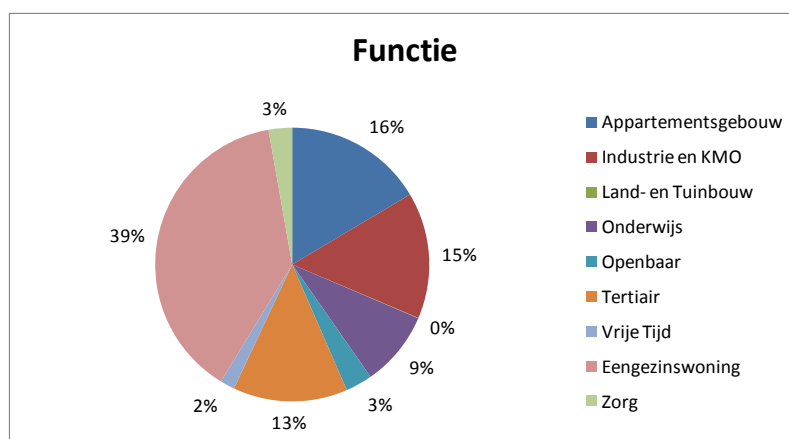
Het grootste aandeel aan dakoppervlakte in het detailgebied wordt vertegenwoordigd door de categorie 'Eengezinswoningen', ca. 40% van de dakoppervlakte behoort toe aan woningen. 'Appartementsgebouwen' en 'Industrie en KMO' vertegenwoordigen ca. 15% van de dakoppervlakte en de tertiaire sector 13%. De overige categorieën nemen elk minder dan 10% van de dakoppervlakte in. Voor het detailgebied zonder binnenstad neemt het aandeel van de Industrie en KMO in de totale dakoppervlakte toe tot 19% maar vertegenwoordigt de categorie tertiair slechts 11%. De grootste gemiddelde dakoppervlakken worden logischerwijze aangetroffen bij gebouwen die worden ingedeeld in de categorieën 'Zorg', 'Onderwijs',

'Industrie en KMO' en 'Openbaar'. Gemiddeld bezitten eengezinswoningen de kleinste dakoppervlakte per gebouw.

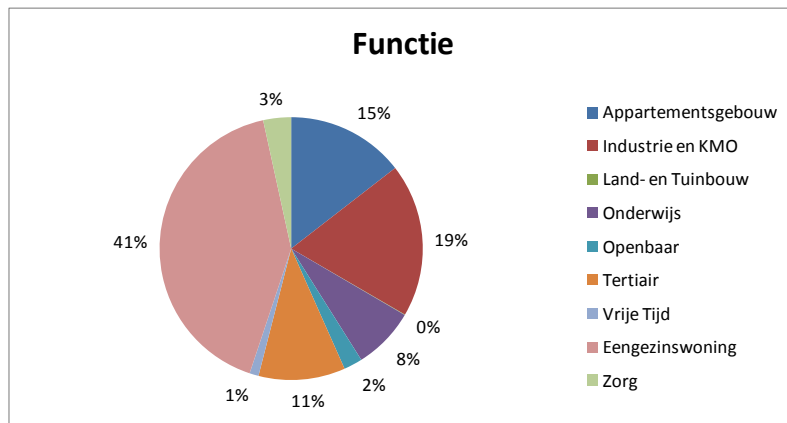
Tabel 4.3 : Gebouw- en dakoppervlakte in het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad naar functie

| Funcie | Aantal gebouwen | Totaal gebouw-oppervlak (m ²) | Totaal dak-oppervlak (m ²) | Gemiddeld gebouw-oppervlak (m ² /gebouw) | Gemiddeld dakoppervlak (m ² /gebouw) |
|---------------------------------------|-----------------|---|--|---|---|
| Detailgebied | | | | | |
| Appartementsgebouw | 3.229 | 770.212 | 844.140 | 239 | 261 |
| Industrie en KMO | 805 | 712.881 | 765.852 | 886 | 951 |
| Land- en tuinbouw | 43 | 2.198 | 2.332 | 51 | 54 |
| Onderwijs | 458 | 401.117 | 455.908 | 876 | 995 |
| Openbaar | 174 | 140.454 | 162.669 | 807 | 935 |
| Tertiair | 35.19 | 601.516 | 693.064 | 171 | 197 |
| Vrije Tijd | 117 | 75.544 | 88.355 | 646 | 755 |
| Eensgezinswoningen | 19.850 | 1.648.785 | 1.975.857 | 83 | 100 |
| Zorg | 138 | 130.912 | 142.463 | 949 | 1032 |
| Totaal | 28.333 | 4.483.619 | 5.130.639 | 158 | 181 |
| Detailgebied zonder binnenstad | | | | | |
| Appartementsgebouw | 2.170 | 508.499 | 554.337 | 234 | 255 |
| Industrie en KMO | 703 | 672.269 | 722.256 | 956 | 1.027 |
| Land- en tuinbouw | 36 | 1906 | 2.034 | 53 | 56 |
| Onderwijs | 324 | 258.018 | 291.558 | 796 | 900 |
| Openbaar | 93 | 79.688 | 87.808 | 857 | 944 |
| Tertiair | 2.012 | 360.287 | 407.115 | 179 | 202 |
| Vrije Tijd | 86 | 37.976 | 42.714 | 442 | 497 |
| Eensgezinswoningen | 16.591 | 1.324.432 | 1.585.444 | 80 | 96 |
| Zorg | 112 | 120.973 | 130.995 | 1.080 | 1.169 |
| Totaal | 22.127 | 3.364.048 | 3.824.251 | 152 | 173 |

Detailgebied



Detailgebied zonder binnenstad



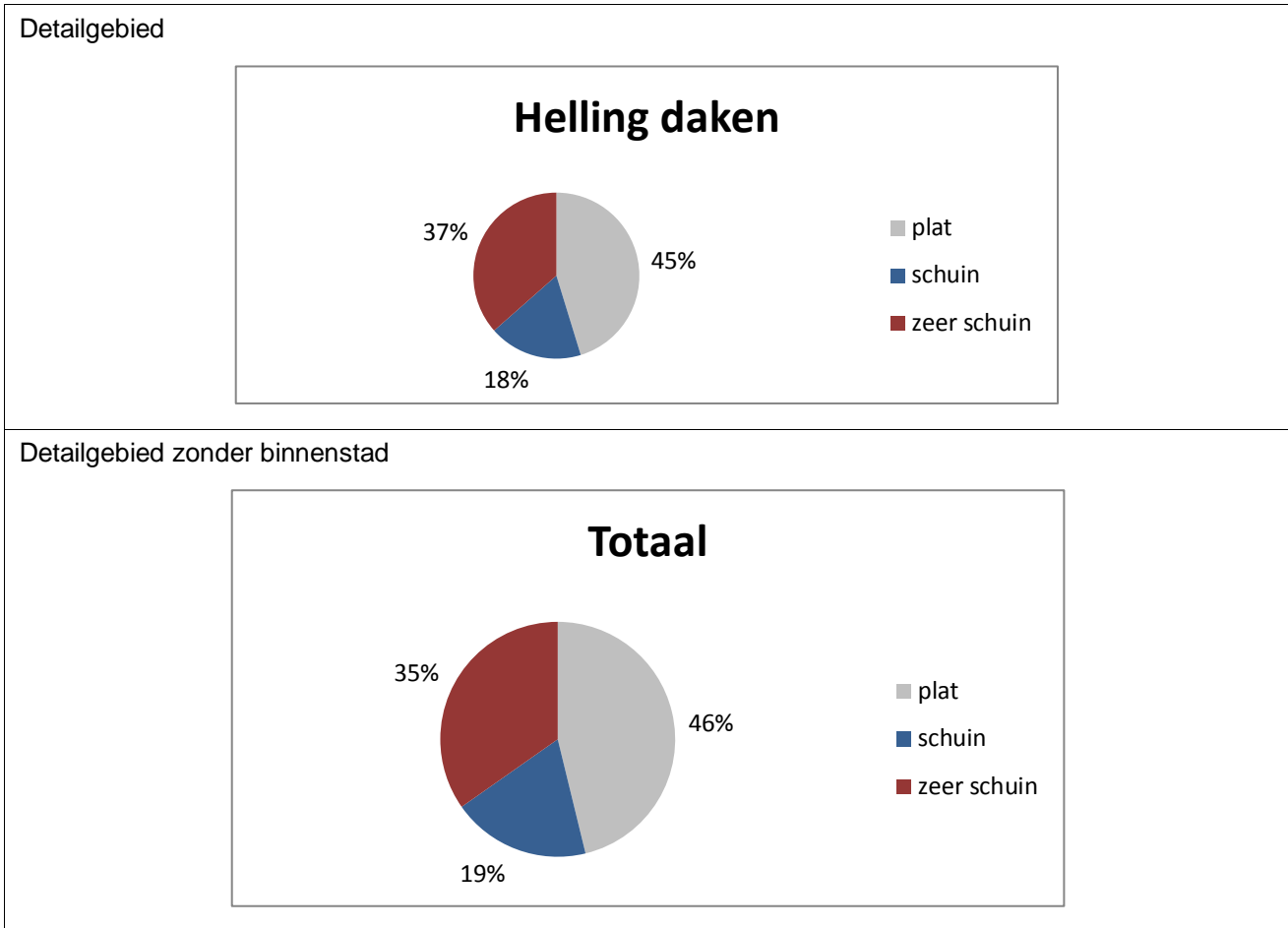
Figuur 4.2 : Verdeling van de totale dakoppervlakte over de verschillende functies voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad

4.1.4.3 Helling

Tabel 4.4 toont de verdeling van de dakoppervlakte over de 3 hellingklassen. Hieruit blijkt dat gebouwen in de categorieën 'Zorg' en 'Appartementsgebouw' voornamelijk een plat dakoppervlakte kennen, ook de helft van het dakoppervlakte van 'Industrie en KMO', 'Onderwijs', 'Openbaar' en 'Tertiair' hebben een plat dak. 'Eengezinswoningen' hebben overwegend zeer schuine daken (>35°). De daken in de categorie 'Vrije tijd' zijn gelijkmatig verdeeld over de 3 categorieën. Globaal gezien zijn er in het detailgebied voornamelijk platte daken (45%), ook zeer schuine daken zijn sterk vertegenwoordigd (37%).

Tabel 4.4 : Verdeling van het dakoppervlakte naar helling en functie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad (%)

| | Detailgebied | | | Detailgebied zonder binnenstad | | |
|--------------------|--------------|--------------|------------------|--------------------------------|--------------|------------------|
| | Plat 0-5° | Schuin 5-35° | Zeet schuin >35° | Plat 0-5° | Schuin 5-35° | Zeet schuin >35° |
| Appartementsgebouw | 62 | 14 | 23 | 62 | 16 | 22 |
| Industrie en KMO | 51 | 36 | 13 | 51 | 37 | 12 |
| Land- en Tuinbouw | 64 | 28 | 14 | 56 | 32 | 12 |
| Onderwijs | 48 | 24 | 28 | 50 | 24 | 27 |
| Openbaar | 51 | 20 | 29 | 63 | 17 | 20 |
| Tertiair | 46 | 15 | 39 | 50 | 16 | 34 |
| Vrije Tijd | 33 | 37 | 30 | 41 | 37 | 21 |
| Eengezinswoningen | 33 | 12 | 55 | 34 | 12 | 54 |
| Zorg | 68 | 12 | 20 | 71 | 11 | 18 |
| Totaal | 45 | 18 | 37 | 46 | 19 | 35 |



Figuur 4.3 : Verdeling van het dakoppervlak naar helling voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad

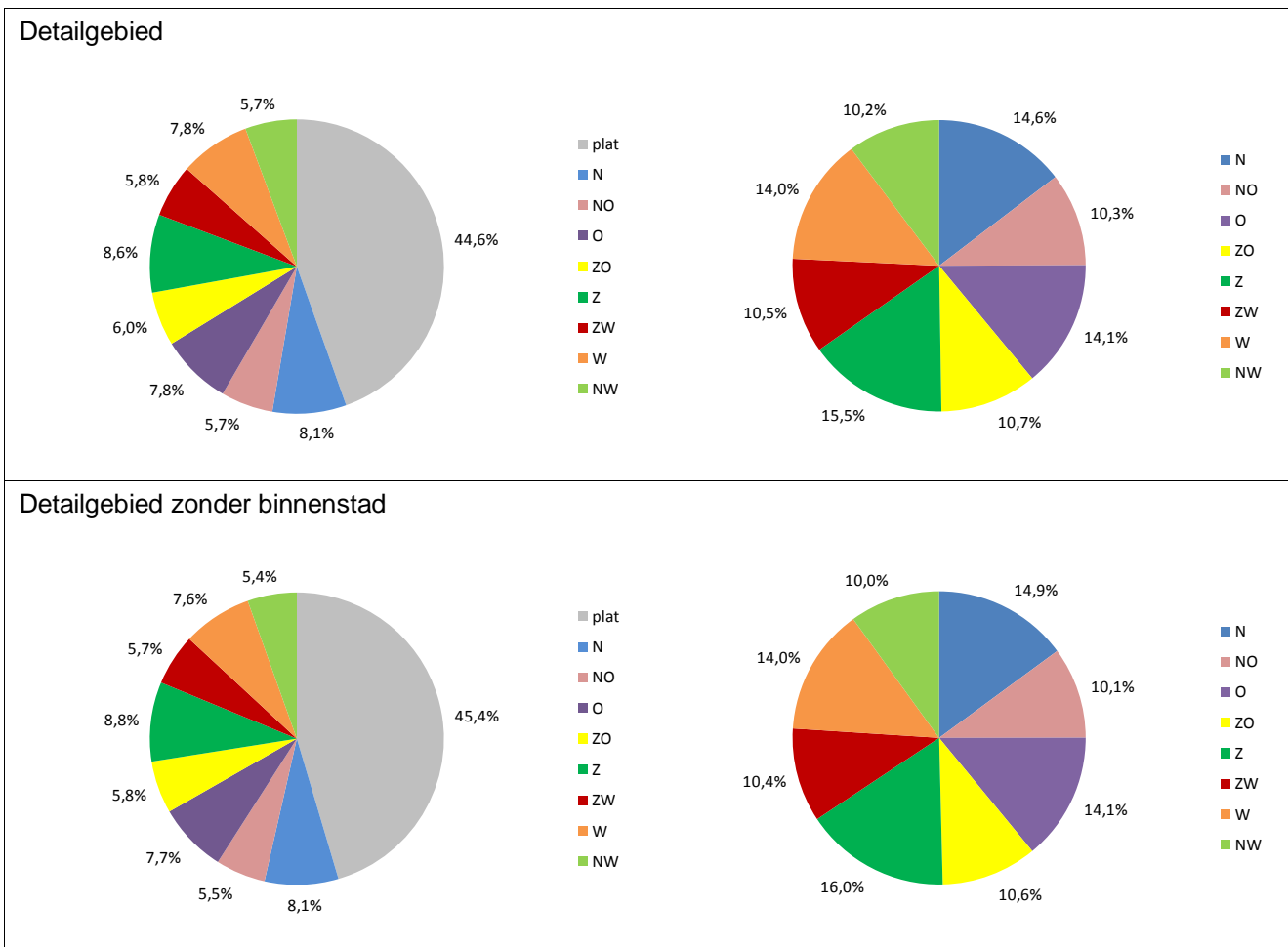
4.1.4.4 Oriëntatie

Uit de analyse van de oriëntatie van de daken in het detailgebied blijkt dat de daken niet evenredig verdeeld zijn over alle windrichtingen. Dit is vooral het geval voor de categorieën 'Industrie en KMO', 'Vrije tijd' en 'Zorg'. In de categorieën 'Eengezinswoningen' en 'Tertiair' zijn alle windrichtingen ongeveer evenredig vertegenwoordigd. De windrichtingen 'Z', 'ZO' en 'ZW' vertegenwoordigen in de meeste categorieën ca. 35% van de dakoppervlakken (excl.plat).

Tabel 4.5 : Verdeling van het dakoppervlak (%) naar oriëntatie en functie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad

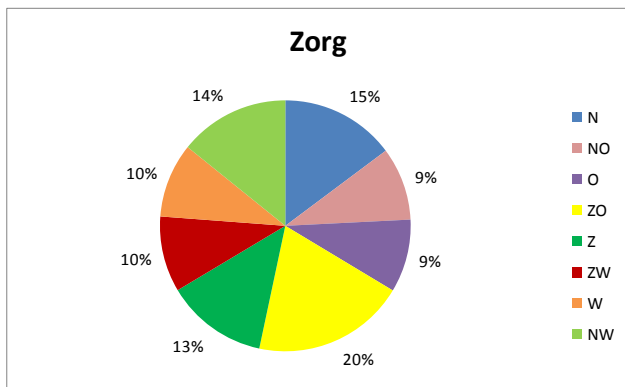
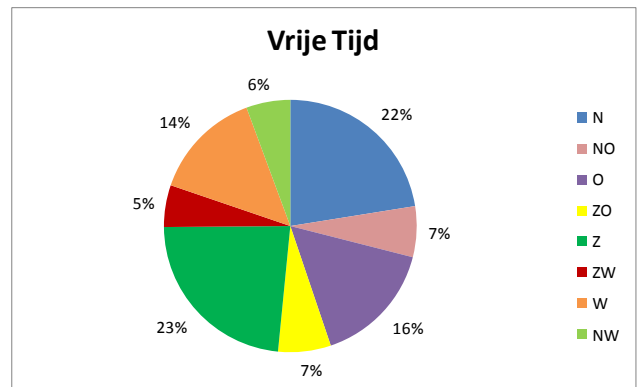
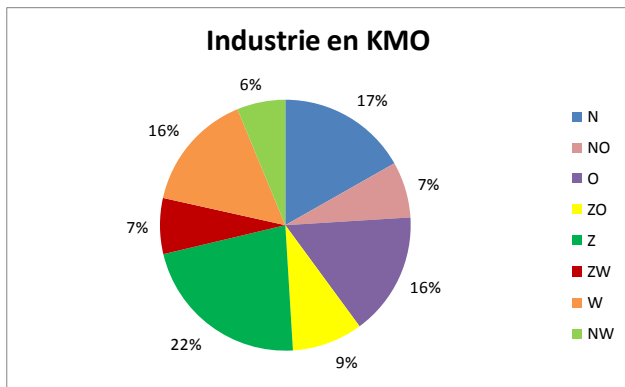
| | Plat | N | NO | NW | O | W | Z | ZO | ZW |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Detailgebied | | | | | | | | | |
| Appartementsgebouw | 61,0 | 5,7 | 3,6 | 4,0 | 5,9 | 6,2 | 5,8 | 3,9 | 3,8 |
| Industrie en KMO | 49,3 | 8,5 | 3,7 | 3,1 | 8,1 | 7,8 | 11,3 | 4,6 | 3,7 |
| Land- en tuinbouw | 61,0 | 9,1 | 5,1 | 5,1 | 0,7 | 0,7 | 9,6 | 4,0 | 4,7 |
| Onderwijs | 47,0 | 7,7 | 4,6 | 5,2 | 7,9 | 7,7 | 8,5 | 5,6 | 5,8 |
| Openbaar | 50,3 | 8,0 | 3,3 | 5,1 | 8,5 | 8,2 | 7,4 | 5,6 | 3,7 |
| Tertiair | 46,1 | 7,1 | 6,3 | 6,4 | 7,1 | 7,2 | 7,3 | 6,4 | 6,2 |
| Vrije Tijd | 32,6 | 15,1 | 4,4 | 3,8 | 10,7 | 9,5 | 15,7 | 4,5 | 3,6 |
| Eengezinswoningen | 33,0 | 9,3 | 7,9 | 7,4 | 8,9 | 8,9 | 9,3 | 7,3 | 7,9 |
| Zorg | 67,9 | 4,7 | 3,0 | 4,6 | 3,0 | 3,1 | 4,2 | 6,3 | 3,1 |
| Totaal | 44,6 | 8,1 | 5,7 | 5,7 | 7,8 | 7,8 | 8,6 | 6,0 | 5,8 |

| Detailgebied zonder binnenstad | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Appartementsgebouw | 60,4 | 6,2 | 3,1 | 3,9 | 6,1 | 6,7 | 6,3 | 3,8 | 3,4 |
| Industrie en KMO | 49,5 | 8,6 | 3,6 | 2,9 | 8,2 | 7,8 | 11,4 | 4,4 | 3,6 |
| Land- en tuinbouw | 56,3 | 10,2 | 5,9 | 5,9 | 0,5 | 0,5 | 10,8 | 4,6 | 5,3 |
| Onderwijs | 48,6 | 6,9 | 4,6 | 5,5 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 6,1 | 5,9 |
| Openbaar | 62,6 | 5,1 | 2,3 | 4,9 | 6,3 | 5,7 | 5,1 | 5,3 | 2,8 |
| Tertiair | 49,9 | 6,6 | 5,5 | 5,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 5,9 | 5,4 |
| Vrije Tijd | 41,1 | 13,3 | 4,6 | 2,1 | 9,8 | 7,8 | 14,6 | 2,8 | 3,7 |
| Eengezinswoningen | 33,7 | 9,6 | 7,8 | 7,2 | 8,6 | 8,6 | 9,6 | 7,1 | 7,8 |
| Zorg | 70,3 | 4,2 | 3,1 | 4,2 | 2,5 | 2,5 | 3,9 | 6,0 | 3,2 |
| Totaal | 45,4 | 8,1 | 5,5 | 5,4 | 7,7 | 7,6 | 8,8 | 5,8 | 5,7 |

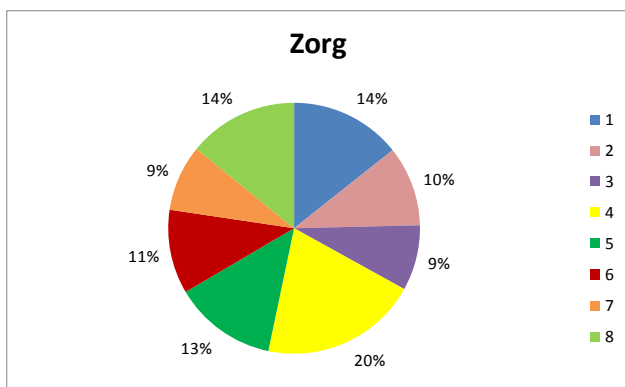
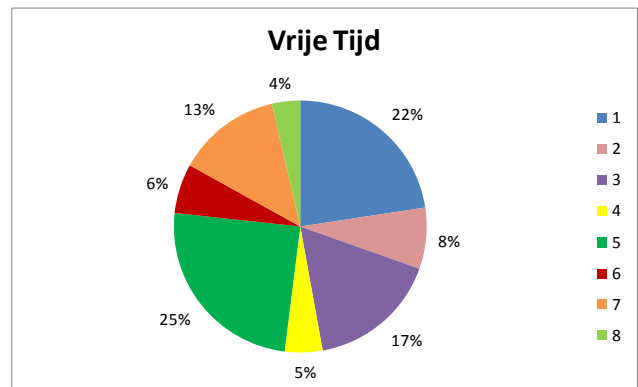
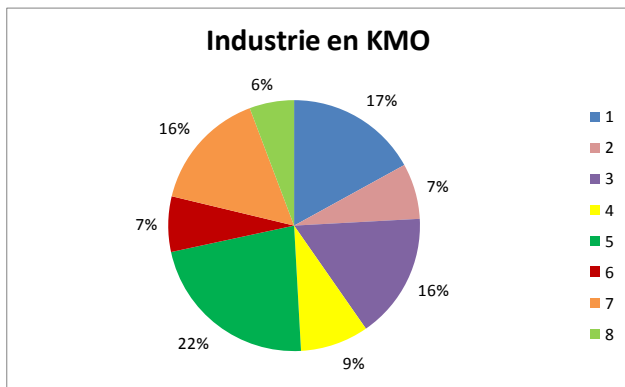


Figuur 4.4 : Verdeling van het totale dakoppervlak naar oriëntatie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad

Detailgebied



Detailgebied zonder binnenstad



Figuur 4.5 : Verdeling van het totale dakoppervlak naar oriëntatie voor het detailgebied en het detailgebied zonder binnenstad voor de categorieën Industrie en KMO, Vrije Tijd en Zorg

4.2 Bepaling dakpotentieel

Op basis van een bespreking van de tussentijdse resultaten op 04/05/2011 zijn een aantal vragen naar boven gekomen, die aanleiding hebben gegeven tot een meer gedetailleerde analyse met het oog op het bepalen van het potentieel:

- In Vlaanderen (en zeker in woonkernen) doet zich voor eengezinswoningen dikwijls de situatie voor van een hoofdgebouw met zadeldak en een lagere aanbouw met plat dak. Omwille van potentiële beschaduwing is niet alle dakoppervlakte van de lagere aanbouw beschikbaar voor dakgebonden technieken (PV of zonthermisch). Het is voor de bepaling van het potentieel m.a.w. noodzakelijk om een onderscheid te kunnen maken tussen gebouwen met platte daken en gebouwen met een aanbouw met plat dak. De beschikbare data in GIS laten niet toe een onderscheid te maken tussen een hoofdgebouw en een aanbouw. Gebouwen, die in de kadastrale gegevens als bijgebouw worden gecatalogeerd, zijn alleenstaande gebouwen. Een aanbouw wordt in de kadastrale gegevens altijd samen met het hoofdgebouw als hoofdgebouw gecatalogeerd.
- Bij het oorspronkelijke rekenmodel is voor eengezinswoningen uitgegaan van ofwel een PV systeem van 5 kW_p per gebouw (+/- 40 m² panelen) ofwel een zonthermisch systeem voor sanitair warm water met een paneeloppervlakte van 5 m². Beiden werden maximaal doorgerekend (overall PV of overall zonthermisch). Vele eengezinswoningen hebben echter geen 40 m² goed georiënteerde dakoppervlakte beschikbaar voor het plaatsen van PV. Op andere gebouwen bestaat het potentieel om zowel PV als een zonthermisch systeem te plaatsen. Het is m.a.w. noodzakelijk om een onderscheid te maken naar gebouwgrootte.
- Voor bepaalde categorieën gebouwen is het elektriciteitsverbruik hoger ('Industrie en KMO', 'Zorg', 'Openbaar', 'Onderwijs', 'Vrije tijd', 'Appartementsgebouwen') of is er een hogere behoefte aan sanitair warm water ('Zorg', 'Vrije tijd', 'Appartementsgebouwen'), waardoor grotere systemen kunnen geplaatst worden en het potentieel kan gemaximaliseerd worden.

Rekening houdend met de gemaakte opmerkingen werd voor het detailgebied per categorie een meer gedetailleerde analyse gemaakt. Hierbij werd onderverdeeld naar gebouwoppervlakte (verschillende klassen) en werd per gebouwklasse eveneens een onderscheid gemaakt tussen gebouwen met 100% plat dak, gebouwen met 100% hellend dak en gemengde gebouwen (met een deel plat dak en een deel hellend dak). Het aandeel oppervlakte hellend dak werd samengenomen in 3 groepen qua oriëntatie (ZW/Z/ZO: zeer geschikt voor PV of zonthermisch (optimaal rendement) – O/W: mogelijks geschikt voor PV (lager rendement) – NO/N/NW: ongeschikt).

4.2.1 Detailgebied

4.2.1.1 Eengezinswoningen

De categorie 'Eengezinswoningen' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²

- Grondoppervlak > 100 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.6. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Tabel 4.6 : Dakoppervlak voor woningen in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw- oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|---------|------------------|---------|--------|---------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 696 | 8.903 | 230 | 1.798 | 1.065 | 1.977 | 8 | 22 | 69 | 26 | 48 |
| 20 - 50 m ² | 668 | 22.239 | 1.687 | 31.310 | 19.488 | 31.696 | 2.256 | 27.810 | 34.248 | 18.688 | 34.675 |
| 50 - 100 m ² | 966 | 71.241 | 1.331 | 43.960 | 34.150 | 44.268 | 7.456 | 195.041 | 165.784 | 113.692 | 167.658 |
| > 100 m ² | 628 | 111.564 | 605 | 47.391 | 31.170 | 48.001 | 3.319 | 214.844 | 160.290 | 132.534 | 160.203 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 12,8 | | 7,8 | 4,6 | 8,6 | | 2,7 | 8,7 | 3,2 | 6,0 |
| 20 - 50 m ² | | 33,3 | | 18,6 | 11,6 | 18,8 | | 12,3 | 15,2 | 8,3 | 15,4 |
| 50 - 100 m ² | | 73,7 | | 33,0 | 25,7 | 33,3 | | 26,2 | 22,2 | 15,2 | 22,5 |
| > 100 m ² | | 177,7 | | 78,3 | 51,5 | 79,3 | | 64,7 | 48,3 | 39,9 | 48,3 |

Voor de berekening van het dakpotentieel werd uitgegaan van volgende hypothesen:

- Gebouwen met een gebouwoppervlakte < 20 m² zijn ongeschikt voor zowel PV als zonthermische systemen. Rekening houdend met het gegeven dat 50% van de dakoppervlakte ongeschikt is voor PV of zonthermische toepassingen als gevolg van andere constructies, beschaduwning, ... en een gemiddelde totale dakoppervlakte van 10 – 15 m² (plat + ZO/Z/ZW + O/W) is er bij deze gebouwen geen potentieel voor PV of zonthermische systemen. Bovendien vertegenwoordigen de eengezinswoningen met een gebouwoppervlakte < 20 m² slechts 4,7% van het aantal gebouwen en 0,7% van de totale dakoppervlakte van eengezinswoningen in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- Voor gebouwen met een combinatie van hellend en plat dak, wordt er van uitgegaan dat de aanbouw uit plat dak bestaat. Rekening houdend met het gegeven dat de hellende dakvlakken bij eengezinswoningen gelijkmatig over de beschouwde hoofd- en nevenwindrichtingen verdeeld zijn en uitgaande van de hypothese dat de aanbouw met plat dak random t.o.v. de woning kan gelegen zijn, kan gesteld worden dat 3/8 van de platte daken van aanbouw ideaal georiënteerd is (ZO/Z/ZW) en 2/8 een minder optimale (O/W) oriëntatie heeft.
- Bij woningen zal nooit een hoger vermogen aan PV geplaatst worden dan noodzakelijk om het eigen verbruik te dekken. Rekening houdend met een gemiddeld elektriciteitsverbruik per gezin in Stad Gent van 4.760 kWh/jaar (basis: CO₂ nulmeting), volstaat 5 kW_p optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) of 6 kW_p minder optimaal georiënteerde (O/W) PV panelen.
- Zonthermisch systeem voor sanitair warm water met 5 m² panelen. Een dergelijk systeem heeft een voldoende capaciteit voor een gezin van 3 tot 5 personen. Hierbij moet de opmerking gemaakt

worden dat zonthermische systemen niet gevoelig zijn aan de effecten van tijdelijke, gedeeltelijke beschaduwing en dit in tegenstelling tot PV systemen. Concreet betekent dit dat de hypothese dat slechts 50% van de beschikbare, optimaal georiënteerde dakoppervlakte geschikt is voor het plaatsen van zonthermische systemen tot een onderschatting aanleiding kan geven. Het potentieel voor zonthermische systemen bij eengezinswoningen is dus hoogstwaarschijnlijk hoger dan wat in deze studie wordt ingeschat.

- Voor eengezinswoningen worden twee situaties beschouwd:
 - Plaatsen van een zonneboiler met 5 m² paneeloppervlakte op optimaal georiënteerde delen, verder aangevuld met PV panelen op de nog niet ingenomen dakoppervlakte tot maximum 5 kW_p (optimaal georiënteerde delen) of 6 kW_p (niet optimaal georiënteerde delen);
 - Enkel plaatsen van PV panelen tot maximum 5 kW_p (optimaal georiënteerde delen) of 6 kW_p (niet optimaal georiënteerde delen).
- Voor zonthermische systemen wordt gerekend met een opbrengst van 0,75 GJ/jaar (208,3 kWh/jaar).
- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/Z/ZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor eengezinswoningen in het detailgebied bekomen (Tabel 4.7).

4.2.1.2 Appartementengebouwen

De categorie 'Appartementengebouw' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²
- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.8. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Tabel 4.7 : Dakpotentieel voor eengezinswoningen in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|-------------------------|------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | # systemen zonthermisch (5 m ²) | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W |
| < 20 m ² | 934 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 - 50 m ² | 4.611 | 3.579 | 902,5 | 2.131,0 | 3.471,0 | 2.131,0 |
| 50 - 100 m ² | 9.753 | 7.938 | 9.023,0 | 8.488,0 | 14.541,5 | 8.479,5 |
| > 100 m ² | 4.552 | 3.937 | 11.693,0 | 5.965,0 | 13.623,0 | 5.632,5 |
| Totaal | 19.850 | 15.454 | 21.618,5 | 16.584,0 | 31.635,5 | 16.243,0 |

| | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|-------------------------|------------|----------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 20 m ² | 934 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 - 50 m ² | 4.611 | 3.728.125,0 | 767.125,0 | 1.449.080,0 | 2.950.350,0 | 1.449.080,0 |
| 50 - 100 m ² | 9.753 | 8.268.750,0 | 7.669.550,0 | 5.771.840,0 | 12.360.275,0 | 5.766.060,0 |
| > 100 m ² | 4.552 | 4.101.041,7 | 9.939.050,0 | 4.056.200,0 | 11.579.550,0 | 3.830.100,0 |
| Totaal | 19.850 | 16.097.917 | 18.375.725,0 | 11.277.120,0 | 26.890.175,0 | 11.045.240,0 |

| | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|-------------------------|------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 20 m ² | 934 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 - 50 m ² | 4.611 | 13.421,3 | 2.761,7 | 5.216,7 | 10.621,3 | 5.216,7 |
| 50 - 100 m ² | 9.753 | 29.767,5 | 27.610,4 | 20.778,6 | 44.497,0 | 20.757,8 |
| > 100 m ² | 4.552 | 14.763,8 | 35.780,6 | 14.602,3 | 41.686,4 | 13.788,4 |
| Totaal | 19.850 | 57.953 | 66.152,6 | 40.597,6 | 96.804,6 | 39.762,9 |

Tabel 4.8 : Dakoppervlak voor appartementsgebouwen in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | # | Gemengd (plat + hellend) | | | |
|---|---------------|---------|------------------|---------|--------|---------|-----|--------------------------|---------|--------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 67 | 905 | 22 | 250 | 29 | 232 | 1 | 7 | 11 | 0 | 11 |
| 20 - 50 m ² | 114 | 4.023 | 78 | 1.168 | 1.569 | 1.166 | 112 | 988 | 1.290 | 1.112 | 1.327 |
| 50 - 100 m ² | 296 | 22.416 | 122 | 3.771 | 3.592 | 3.856 | 284 | 7.833 | 6.124 | 5.539 | 6.444 |
| 100 - 500 m ² | 908 | 195.222 | 211 | 15.217 | 16.296 | 15.312 | 747 | 74.265 | 37.631 | 35.602 | 38.265 |
| 500 - 1000 m ² | 88 | 61.954 | 4 | 708 | 2.180 | 1.199 | 92 | 34.887 | 13.278 | 7.541 | 13.711 |
| > 1000 m ² | 37 | 55.264 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 57.574 | 34.372 | 29.047 | 30.955 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 13,5 | | 11,3 | 1,3 | 10,6 | | 6,9 | 10,9 | 0,0 | 11,1 |
| 20 - 50 m ² | | 35,3 | | 15,0 | 20,1 | 14,9 | | 8,8 | 11,5 | 9,9 | 11,8 |
| 50 - 100 m ² | | 75,7 | | 30,9 | 29,4 | 31,6 | | 27,6 | 21,6 | 19,5 | 22,7 |
| 100 - 500 m ² | | 215,0 | | 72,1 | 77,2 | 72,6 | | 99,4 | 50,4 | 47,7 | 51,2 |
| 500 - 1000 m ² | | 704,0 | | 177,0 | 545,1 | 299,6 | | 379,2 | 144,3 | 82,0 | 149,0 |
| > 1000 m ² | | 1493,6 | | | | | | 1251,6 | 747,2 | 631,5 | 672,9 |

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypothesen:

- Op gebouwen met een gebouwoppervlakte $< 50 \text{ m}^2$ zullen geen PV of zonthermische systemen worden geplaatst. Hoewel geen gedetailleerde analyse werd gemaakt, kan er van worden uitgegaan dat gebouwen met een dergelijke beperkte gebouwoppervlakte veeleer bijgebouwen bij appartementsgebouwen zijn, die toch kadastraal als appartementsgebouw worden geregistreerd. Bovendien maken de appartementsgebouwen met een gebouwoppervlakte $< 50 \text{ m}^2$ slechts 1,7% van de totale dakoppervlakte van appartementsgebouwen in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen of een zonthermisch systeem.
- Voor appartementen worden twee situaties beschouwd:
 - Uit gegevens van leveranciers blijkt een gemiddelde systeemgrootte van 40 m^2 voor zonthermische systemen. Indien voldoende optimaal georiënteerde dakoppervlakte beschikbaar is, wordt een zonthermisch systeem met 40 m^2 panelen geplaatst. De rest van de optimaal georiënteerde dakoppervlakte en de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte wordt voorzien van PV panelen.
 - Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.
- Voor zonthermische systemen wordt gerekend met een opbrengst van $0,75 \text{ GJ/jaar}$ ($208,3 \text{ kWh/jaar}$).
- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/Z/ZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p ($3,06 \text{ GJ/kW}_p$). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p ($2,448 \text{ GJ/kW}_p$) op.

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor appartementsgebouwen in het detailgebied bekomen (Tabel 4.9).

Tabel 4.9 : Dakpotentieel voor appartementsgebouwen in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | # systemen zonthermisch (40 m ²) | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/Z/ZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/Z/ZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 394,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 702,0 | 2 | 1.224,0 | 533,5 | 1.234,0 | 533,5 |
| 100 - 500 m ² | 1.866,0 | 893 | 5.409,5 | 3.138,5 | 9.874,5 | 3.138,5 |
| 500 - 1000 m ² | 184,0 | 181 | 2.451,5 | 596,5 | 3.356,5 | 596,5 |
| > 1000 m ² | 83,0 | 83 | 4.655,5 | 1.808,0 | 5.070,5 | 1.808,0 |
| Totaal | 3.229,0 | 1.159 | 13.740,5 | 6.076,5 | 19.535,5 | 6.076,5 |

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 394 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 702 | 2.083,3 | 1.040.400,0 | 362.780,0 | 1.048.900,0 | 362.780,0 |
| 100 - 500 m ² | 1.866 | 930.208,3 | 4.598.075,0 | 2.134.180,0 | 8.393.325,0 | 2.134.180,0 |
| 500 - 1000 m ² | 184 | 188.541,7 | 2.083.775,0 | 405.620,0 | 2.853.025,0 | 405.620,0 |
| > 1000 m ² | 83 | 86.458,3 | 3.957.175,0 | 1.229.440,0 | 4.309.925,0 | 1.229.440,0 |
| Totaal | 3.229 | 1.207.291,7 | 11.679.425,0 | 4.132.020,0 | 16.605.175,0 | 4.132.020,0 |

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 394 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 702 | 7,5 | 3.745,4 | 1.306,0 | 3.776,0 | 1.306,0 |
| 100 - 500 m ² | 1.866 | 3.348,8 | 16.553,1 | 7.683,0 | 30.216,0 | 7.683,0 |
| 500 - 1000 m ² | 184 | 678,8 | 7.501,6 | 1.460,2 | 10.270,9 | 1.460,2 |
| > 1000 m ² | 83 | 311,3 | 14.245,8 | 4.426,0 | 15.515,7 | 4.426,0 |
| Totaal | 3.229 | 4.346,3 | 42.045,9 | 14.875,3 | 59.778,6 | 14.875,3 |

4.2.1.3 Industrie en KMO

De categorie 'Industrie en KMO' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²
- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.10. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Tabel 4.10 : Dakoppervlak voor industrie en KMO in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|--------|------------------|---------|-------|---------|--------------------------|---------|---------|--------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 33 | 394 | 11 | 110 | 42 | 76 | 1 | 3 | 0 | 0 | 13 |
| 20 - 50 m ² | 41 | 1.478 | 12 | 153 | 117 | 238 | 12 | 151 | 127 | 169 | 125 |
| 50 - 100 m ² | 37 | 2.678 | 26 | 682 | 953 | 662 | 32 | 1.244 | 681 | 615 | 654 |
| 100 - 500 m ² | 115 | 26.211 | 61 | 6.088 | 3.742 | 6.512 | 168 | 22.263 | 11.422 | 7.359 | 11.100 |
| 500 - 1000 m ² | 26 | 18.233 | 15 | 3.904 | 3.592 | 3.985 | 72 | 24.464 | 13.014 | 7.091 | 11.347 |
| > 1000 m ² | 23 | 40.154 | 13 | 7.425 | 5.735 | 8.165 | 107 | 240.290 | 106.115 | 91.809 | 74.468 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 11,9 | | 10,0 | 3,8 | 6,9 | | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 12,5 |
| 20 - 50 m ² | | 36,0 | | 12,7 | 9,7 | 19,8 | | 12,6 | 10,6 | 14,1 | 10,4 |
| 50 - 100 m ² | | 72,4 | | 26,2 | 36,7 | 25,5 | | 38,9 | 21,3 | 19,2 | 20,4 |
| 100 - 500 m ² | | 227,9 | | 99,8 | 61,3 | 106,8 | | 132,5 | 68,0 | 43,8 | 66,1 |
| 500 - 1000 m ² | | 701,3 | | 260,3 | 239,5 | 265,7 | | 339,8 | 180,8 | 98,5 | 157,6 |
| > 1000 m ² | | 1745,8 | | 571,2 | 441,2 | 628,0 | | 2245,7 | 991,7 | 858,0 | 696,0 |

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypothesen:

- Zonthermische systemen zijn eerder ongebruikelijk in de categorie 'Industrie en KMO', hoewel ze voor grotere bedrijven met douchemogelijkheid en eventueel een ploegensysteem wel relevant zouden kunnen zijn. Toch worden geen zonthermische systemen in aanmerking genomen voor deze categorie.
- Gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² komen niet in aanmerking voor PV toepassingen. Industriële gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² maken slechts 0,4% van de totale dakoppervlakte van industriële gebouwen in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen.
- Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.
- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/Z/ZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor Industrie en KMO in het detailgebied bekomen (Tabel 4.11).

Tabel 4.11 : Dakpotentieel PV voor Industrie en KMO in het detailgebied

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kWp) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 110 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 95 | 166,5 | 91,5 | 141.525,0 | 62.220,0 | 509,5 | 224,0 |
| 100 - 500 m ² | 344 | 2.277,5 | 672,5 | 1.935.875,0 | 457.300,0 | 6.969,2 | 1.646,3 |
| 500 - 1000 m ² | 113 | 2.143,5 | 661,0 | 1.821.975,0 | 449.480,0 | 6.559,1 | 1.618,1 |
| > 1000 m ² | 143 | 14.374,5 | 6.081,5 | 12.218.325,0 | 4.135.420,0 | 43.986,0 | 14.887,5 |
| Totaal | 805 | 18.962,0 | 7.506,5 | 16.117.700,0 | 5.104.420,0 | 58.023,7 | 18.375,9 |

4.2.1.4 Tertiair

De categorie 'Tertiair' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²
- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.12. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypotheses:

- Zonthermische systemen zijn eerder ongebruikelijk in de categorie 'Tertiair'.
- Gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² komen niet in aanmerking voor PV toepassingen. Gebouwen uit de tertiaire sector met een gebouwoppervlakte < 50 m² maken slechts 2,4% van de totale dakoppervlakte van gebouwen uit de tertiaire sector in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen.
- Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.
- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/ZZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Tabel 4.12 : Dakoppervlak voor de tertiaire sector in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|--------|------------------|---------|-------|---------|--------------------------|---------|---------|--------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 53 | 722 | 16 | 66 | 85 | 143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 - 50 m ² | 106 | 3.621 | 132 | 2.688 | 1.443 | 2.751 | 94 | 1.115 | 1.400 | 1.068 | 1.474 |
| 50 - 100 m ² | 174 | 12.626 | 250 | 8.960 | 5.713 | 9.483 | 828 | 22.897 | 19.212 | 16.303 | 18.895 |
| 100 - 500 m ² | 241 | 46.744 | 138 | 9.819 | 7.442 | 10.863 | 1.333 | 107.868 | 67.338 | 52.691 | 66.944 |
| 500 - 1000 m ² | 26 | 20.257 | 4 | 1.716 | 365 | 1.601 | 61 | 19.540 | 10.557 | 7.628 | 9.874 |
| > 1000 m ² | 22 | 38.664 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 45.461 | 16.011 | 6.341 | 14.677 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 13,6 | | 4,1 | 5,3 | 9,0 | | | | | |
| 20 - 50 m ² | | 34,2 | | 20,4 | 10,9 | 20,8 | | 11,9 | 14,9 | 11,4 | 15,7 |
| 50 - 100 m ² | | 72,6 | | 35,8 | 22,9 | 37,9 | | 27,7 | 23,2 | 19,7 | 22,8 |
| 100 - 500 m ² | | 194,0 | | 71,2 | 53,9 | 78,7 | | 80,9 | 50,5 | 39,5 | 50,2 |
| 500 - 1000 m ² | | 779,1 | | 429,1 | 91,2 | 400,3 | | 320,3 | 173,1 | 125,0 | 161,9 |
| > 1000 m ² | | 1757,4 | | | | | | 1108,8 | 390,5 | 154,7 | 358,0 |

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor de tertiaire sector in het detailgebied bekomen (Tabel 4.13).

Tabel 4.13 : Dakpotentieel PV voor de tertiaire sector in het detailgebied

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kWp) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 401 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 1.252 | 2.379,5 | 1.270,0 | 2.022.575,0 | 863.600,0 | 7.281,3 | 3.109,0 |
| 100 - 500 m ² | 1.712 | 8.429,0 | 3.588,5 | 7.164.650,0 | 2.440.180,0 | 25.792,7 | 8.784,6 |
| 500 - 1000 m ² | 91 | 1.783,0 | 488,5 | 1.515.550,0 | 332.180,0 | 5.456,0 | 1.195,8 |
| > 1000 m ² | 63 | 3.178,0 | 391,5 | 2.701.300,0 | 266.220,0 | 9.724,7 | 958,4 |
| Totaal | 3.519 | 15.769,5 | 5.738,5 | 13.404.075,0 | 3.902.180,0 | 48.254,7 | 14.047,8 |

4.2.1.5 Openbaar

De categorie 'Openbaar' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²
- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.14. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de

indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Tabel 4.14 : Dakoppervlak voor openbare gebouwen in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|--------|------------------|---------|--------|---------|--------------------------|--------|---------|--------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 5 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 - 50 m ² | 11 | 336 | 6 | 85 | 106 | 84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 11 | 764 | 3 | 114 | 30 | 147 | 3 | 80 | 65 | 82 | 67 |
| 100 - 500 m ² | 20 | 5.596 | 20 | 2.293 | 1.312 | 2.288 | 34 | 4.898 | 3.156 | 1.575 | 3.033 |
| 500 - 1000 m ² | 8 | 5.151 | 2 | 1.185 | 0 | 1.156 | 9 | 2.488 | 1.921 | 943 | 1.779 |
| > 1000 m ² | 8 | 22.792 | 1 | 526 | 1.362 | 602 | 33 | 39.730 | 17.741 | 21.695 | 17.433 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 10,9 | | | | | | | | | |
| 20 - 50 m ² | | 30,6 | | 14,2 | 17,6 | 14,1 | | | | | |
| 50 - 100 m ² | | 69,5 | | 37,9 | 10,0 | 49,1 | | 26,6 | 21,6 | 27,5 | 22,3 |
| 100 - 500 m ² | | 279,8 | | 114,6 | 65,6 | 114,4 | | 144,0 | 92,8 | 46,3 | 89,2 |
| 500 - 1000 m ² | | 643,9 | | 592,3 | 0,0 | 577,8 | | 276,5 | 213,4 | 104,8 | 197,7 |
| > 1000 m ² | | 2849,0 | | 526,1 | 1362,4 | 601,5 | | 1203,9 | 537,6 | 657,4 | 528,3 |

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypothesen:

- Zonthermische systemen zijn eerder ongebruikelijk in de categorie 'Openbaar'.
- Gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² komen niet in aanmerking voor PV toepassingen. Openbare gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² maken slechts 0,4% van de totale dakoppervlakte van openbare gebouwen in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen.
- Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.
- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/Z/ZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor openbare gebouwen in het detailgebied bekomen (Tabel 4.15).

Tabel 4.15 : Dakpotentieel PV voor openbare gebouwen in het detailgebied

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kWp) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 22 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 17 | 29,0 | 6,5 | 24.650,0 | 4.420,0 | 88,7 | 15,9 |
| 100 - 500 m ² | 74 | 595,5 | 174,0 | 506.175,0 | 118.320,0 | 1.822,2 | 426,0 |
| 500 - 1000 m ² | 19 | 389,0 | 57,5 | 330.650,0 | 39.100,0 | 1.190,3 | 140,8 |
| > 1000 m ² | 42 | 2.761,5 | 1.433,5 | 2.347.275,0 | 974.780,0 | 8.450,2 | 3.509,2 |
| Totaal | 174 | 3.775,0 | 1.671,5 | 3.208.750,0 | 1.136.620,0 | 11.551,5 | 4.091,8 |

4.2.1.6 Onderwijs

De categorie 'Onderwijs' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²
- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in

Tabel 4.16. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypothesen:

- Zonthermische systemen voor sanitair warm water zijn eerder ongebruikelijk in de categorie 'Onderwijs', gezien de vraag niet continu is (enkel verbruik op weekdays, geen verbruik tijdens vakantieperiodes).
- Gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² komen niet in aanmerking voor PV toepassingen. Onderwijsgebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² maken slechts 0,4% van de totale dakoppervlakte van onderwijsgebouwen in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen.
- Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.

- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/Z/ZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Tabel 4.16 : Dakoppervlak voor onderwijs in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|--------|------------------|---------|-------|---------|--------------------------|---------|---------|--------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 17 | 228 | 16 | 133 | 7 | 114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 - 50 m ² | 38 | 1.256 | 7 | 117 | 65 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 38 | 2.696 | 15 | 564 | 531 | 502 | 8 | 193 | 306 | 26 | 265 |
| 100 - 500 m ² | 56 | 12.047 | 21 | 1.857 | 2.065 | 2.288 | 78 | 7.667 | 5.891 | 4.052 | 5.955 |
| 500 - 1000 m ² | 14 | 9.945 | 4 | 1.470 | 556 | 1.511 | 34 | 9.762 | 7.440 | 4.972 | 7.026 |
| > 1000 m ² | 20 | 50.565 | 1 | 929 | 0 | 929 | 91 | 119.777 | 72.110 | 58.880 | 61.167 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 13,4 | | | | | | | | | |
| 20 - 50 m ² | | 33,1 | | 16,7 | 9,2 | 6,6 | | | | | |
| 50 - 100 m ² | | 70,9 | | 37,6 | 35,4 | 33,5 | | 24,1 | 38,2 | 3,2 | 33,1 |
| 100 - 500 m ² | | 215,1 | | 88,4 | 98,3 | 109,0 | | 98,3 | 75,5 | 51,9 | 76,3 |
| 500 - 1000 m ² | | 710,3 | | 367,4 | 138,9 | 377,7 | | 287,1 | 218,8 | 146,2 | 206,7 |
| > 1000 m ² | | 2528,3 | | 928,6 | 0,0 | 928,6 | | 1316,2 | 792,4 | 647,0 | 672,2 |

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor openbare gebouwen in het detailgebied bekomen (Tabel 4.17).

Tabel 4.17 : Dakpotentieel PV voor onderwijsgebouwen in het detailgebied

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kWp) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 78 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 61 | 115,0 | 33,0 | 97.750,0 | 22.440,0 | 351,9 | 80,8 |
| 100 - 500 m ² | 155 | 962,0 | 371,0 | 817.700,0 | 252.280,0 | 2.943,7 | 908,2 |
| 500 - 1000 m ² | 52 | 1.058,0 | 341,0 | 899.300,0 | 231.880,0 | 3.237,5 | 834,8 |
| > 1000 m ² | 112 | 8.979,5 | 3.665,5 | 7.632.575,0 | 2.492.540,0 | 27.477,3 | 8.973,1 |
| Totaal | 458 | 11.114,5 | 4.410,5 | 9.447.325,0 | 2.999.140,0 | 34.010,4 | 10.796,9 |

4.2.1.7 Zorg

De categorie 'Zorg' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²

- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.18. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Tabel 4.18 : Dakoppervlak voor de zorgsector in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|--------|------------------|---------|-------|---------|--------------------------|--------|---------|-------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 5 | 79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 - 50 m ² | 9 | 345 | 9 | 128 | 131 | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 7 | 577 | 3 | 77 | 109 | 85 | 1 | 22 | 0 | 95 | 0 |
| 100 - 500 m ² | 19 | 5.109 | 8 | 929 | 426 | 786 | 26 | 3.054 | 2.461 | 1.290 | 2.603 |
| 500 - 1000 m ² | 10 | 7.993 | 3 | 1.041 | 400 | 1.016 | 11 | 3.744 | 2.412 | 746 | 2.455 |
| > 1000 m ² | 8 | 15.860 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 59.969 | 12.406 | 5.514 | 10.438 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 15,8 | | | | | | | | | |
| 20 - 50 m ² | | 38,3 | | 14,2 | 14,6 | 18,0 | | | | | |
| 50 - 100 m ² | | 82,4 | | 25,7 | 36,2 | 28,5 | | 22,2 | 0,0 | 94,7 | 0,0 |
| 100 - 500 m ² | | 268,9 | | 116,1 | 53,3 | 98,2 | | 117,5 | 94,7 | 49,6 | 100,1 |
| 500 - 1000 m ² | | 799,3 | | 347,0 | 133,3 | 338,5 | | 340,4 | 219,3 | 67,9 | 223,2 |
| > 1000 m ² | | 1982,5 | | | | | | 3156,2 | 652,9 | 290,2 | 549,4 |

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypotheses:

- Op gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² zullen geen PV of zonthermische systemen worden geplaatst. Gebouwen met een zorgfunctie met een gebouwoppervlakte < 50 m² maken slechts 0,6% van de totale dakoppervlakte van gebouwen met een zorgfunctie in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen of een zonthermisch systeem.
- Voor gebouwen uit de zorgsector worden twee situaties beschouwd:
 - Uit gegevens van leveranciers blijkt een systeemgrootte tussen 30 en 424 m² voor zonthermische systemen bij gebouwen in de zorgsector, met een mediaanwaarde van 50 m². Indien voldoende optimaal georiënteerde dakoppervlakte beschikbaar is, wordt een zonthermisch systeem met 50 m² panelen geplaatst. De rest van de optimaal georiënteerde dakoppervlakte en de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte wordt voorzien van PV panelen.
 - Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.
- Voor zonthermische systemen wordt gerekend met een opbrengst van 0,75 GJ/jaar (208,3 kWh/jaar).

- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/ZZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor gebouwen uit de zorgsector in het detailgebied bekomen (Tabel 4.19).

Tabel 4.19 : Dakpotentieel voor gebouwen uit de zorgsector in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | # systemen zonthermisch (50 m ²) | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 23 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 11 | 0 | 19,5 | 12,0 | 19,5 | 12,0 |
| 100 - 500 m ² | 53 | 31 | 218,0 | 103,5 | 413,5 | 103,5 |
| 500 - 1000 m ² | 24 | 24 | 367,0 | 70,5 | 516,5 | 70,5 |
| > 1000 m ² | 27 | 27 | 2.577,5 | 342,0 | 2.746,5 | 342,0 |
| Totaal | 138 | 82 | 3.182,0 | 528,0 | 3.696,0 | 528,0 |

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|----------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 23 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 11 | 0,0 | 16.575,0 | 8.160,0 | 16.575,0 | 8.160,0 |
| 100 - 500 m ² | 53 | 32.291,7 | 185.300,0 | 70.380,0 | 351.475,0 | 70.380,0 |
| 500 - 1000 m ² | 24 | 25.000,0 | 311.950,0 | 47.940,0 | 439.025,0 | 47.940,0 |
| > 1000 m ² | 27 | 28.125,0 | 2.190.875,0 | 232.560,0 | 2.334.525,0 | 232.560,0 |
| Totaal | 138 | 85.416,7 | 2.704.700,0 | 359.040,0 | 3.141.600,0 | 359.040,0 |

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 23 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 11 | 0,0 | 59,7 | 29,4 | 59,7 | 29,4 |
| 100 - 500 m ² | 53 | 116,3 | 667,1 | 253,4 | 1.265,3 | 253,4 |
| 500 - 1000 m ² | 24 | 90,0 | 1.123,0 | 172,6 | 1.580,5 | 172,6 |
| > 1000 m ² | 27 | 101,3 | 7.887,2 | 837,2 | 8.404,3 | 837,2 |
| Totaal | 138 | 307,5 | 9.736,9 | 1.292,5 | 11.309,8 | 1.292,5 |

4.2.1.8 Vrije tijd

De categorie 'Vrije tijd' wordt ingedeeld in volgende groepen op basis van grondoppervlak:

- Grondoppervlak < 20 m²
- Grondoppervlak tussen 20 en 50 m²
- Grondoppervlak tussen 50 en 100 m²
- Grondoppervlak tussen 100 en 500 m²
- Grondoppervlak tussen 500 en 1.000 m²
- Grondoppervlak > 1.000 m²

De resultaten van de indeling worden samengevat in Tabel 4.20. Deze tabel geeft voor elke groep het aantal gebouwen en de totale dakoppervlakte voor woningen met uitsluitend platte daken, het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met uitsluitend hellende daken en het aantal gebouwen en de indeling qua oriëntatie voor woningen met een combinatie van platte en hellende daken. Per groep wordt tevens de gemiddelde dakoppervlakte per gebouw weergegeven.

Tabel 4.20 : Dakoppervlak voor vrije tijd in het detailgebied – indeling op basis van gebouwoppervlak en oriëntatie

| Gebouw-oppervlak | 100% plat dak | | 100% hellend dak | | | | Gemengd (plat + hellend) | | | | |
|---|---------------|-------|------------------|---------|-------|---------|--------------------------|--------|---------|--------|---------|
| | # | Plat | # | ZO Z ZW | O W | NO N NW | # | Plat | ZO Z ZW | O W | NO N NW |
| <i>Aantal gebouwen en dakoppervlak (m²)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | 12 | 187 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 - 50 m ² | 14 | 479 | 4 | 81 | 47 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 7 | 496 | 4 | 38 | 63 | 158 | 1 | 74 | 33 | 0 | 0 |
| 100 - 500 m ² | 13 | 2.232 | 7 | 615 | 659 | 740 | 21 | 2.105 | 2.338 | 714 | 2.199 |
| 500 - 1000 m ² | 3 | 1.845 | 2 | 740 | 107 | 410 | 10 | 2.675 | 1.554 | 2.011 | 1.406 |
| > 1000 m ² | 0 | 0 | 3 | 1.352 | 1.417 | 1.292 | 16 | 18.719 | 14.345 | 12.821 | 14.352 |
| <i>Gemiddeld dakoppervlak per gebouw (m²/gebouw)</i> | | | | | | | | | | | |
| < 20 m ² | | 15,6 | | | | | | | | | |
| 20 - 50 m ² | | 34,2 | | 20,3 | 11,7 | 13,0 | | | | | |
| 50 - 100 m ² | | 70,8 | | 9,5 | 15,8 | 39,4 | | 74,1 | 32,6 | 0,0 | 0,0 |
| 100 - 500 m ² | | 171,7 | | 87,8 | 94,1 | 105,7 | | 100,2 | 111,3 | 34,0 | 104,7 |
| 500 - 1000 m ² | | 615,2 | | 370,0 | 53,6 | 205,1 | | 267,5 | 155,4 | 201,1 | 140,6 |
| > 1000 m ² | | | | 450,6 | 472,2 | 430,6 | | 1170,0 | 896,5 | 801,3 | 897,0 |

Voor de berekening van het potentieel kan uitgegaan worden van volgende hypothesen:

- Op gebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² zullen geen PV of zonthermische systemen worden geplaatst. Vrije tijdsgebouwen met een gebouwoppervlakte < 50 m² maken slechts 1,0% van de totale dakoppervlakte van vrije tijdsgebouwen in het detailgebied uit, zodat een eventuele onderschatting van het totaal potentieel door het niet in aanmerking nemen van deze gebouwen heel beperkt zal zijn.
- 50% van de totale optimaal en minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte is beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen of een zonthermisch systeem.
- Voor vrije tijdsgebouwen worden twee situaties beschouwd:
 - Uit gegevens van leveranciers blijkt een systeemgrootte tussen 40 en 72 m² voor zonthermische systemen bij vrije tijdsgebouwen. Indien voldoende optimaal georiënteerde

dakoppervlakte beschikbaar is, wordt een zonthermisch systeem met 60 m² panelen geplaatst. De rest van de optimaal georiënteerde dakoppervlakte en de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte wordt voorzien van PV panelen.

- Zowel de goed georiënteerde dakoppervlakte als de minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte worden maximaal voorzien van PV panelen.
- Voor zonthermische systemen wordt gerekend met een opbrengst van 0,75 GJ/jaar (208,3 kWh/jaar).
- Voor optimaal georiënteerde PV systemen (ZO/Z/ZW) wordt gerekend met een jaarlijkse opbrengst van 850 kWh/kW_p (3,06 GJ/kW_p). Niet optimaal georiënteerde PV systemen (O/W) leveren jaarlijks 680 kWh/kW_p (2,448 GJ/kW_p) op.

Rekening houdend met bovenstaande hypothesen wordt volgend dakpotentieel voor gebouwen uit de sector vrije tijd in het detailgebied bekomen (Tabel 4.21).

Tabel 4.21 : Dakpotentieel voor gebouwen uit de sector vrije tijd in het detailgebied: gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | # systemen zonthermisch (50 m ²) | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/Z/ZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/Z/ZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 30 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 12 | 0 | 16,5 | 3,5 | 16,5 | 3,5 |
| 100 - 500 m ² | 41 | 16 | 168,5 | 84,0 | 288,5 | 84,0 |
| 500 - 1000 m ² | 15 | 13 | 159,5 | 130,5 | 257,0 | 130,5 |
| > 1000 m ² | 19 | 18 | 1.329,0 | 887,5 | 1.464,0 | 887,5 |
| Totaal | 117 | 47 | 1.673,5 | 1.105,5 | 2.026,0 | 1.105,5 |

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | | PV Oriëntatie ZO/Z/ZW | PV Oriëntatie O/W | PV Oriëntatie ZO/Z/ZW | PV Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 30 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 12 | 0,0 | 14.025,0 | 2.380,0 | 14.025,0 | 2.380,0 |
| 100 - 500 m ² | 41 | 16.666,7 | 143.225,0 | 57.120,0 | 245.225,0 | 57.120,0 |
| 500 - 1000 m ² | 15 | 13.541,7 | 135.575,0 | 88.740,0 | 218.450,0 | 88.740,0 |
| > 1000 m ² | 19 | 18.750,0 | 1.129.650,0 | 603.500,0 | 1.244.400,0 | 603.500,0 |
| Totaal | 117 | 48.958,3 | 1.422.475,0 | 751.740,0 | 1.722.100,0 | 751.740,0 |

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | | PV Oriëntatie ZO/Z/ZW | PV Oriëntatie O/W | PV Oriëntatie ZO/Z/ZW | PV Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 30 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 12 | 0,0 | 50,5 | 8,6 | 50,5 | 8,6 |
| 100 - 500 m ² | 41 | 60,0 | 515,6 | 205,6 | 882,8 | 205,6 |
| 500 - 1000 m ² | 15 | 48,8 | 488,1 | 319,5 | 786,4 | 319,5 |
| > 1000 m ² | 19 | 67,5 | 4.066,7 | 2.172,6 | 4.479,8 | 2.172,6 |
| Totaal | 117 | 176,3 | 5.120,9 | 2.706,3 | 6.199,6 | 2.706,3 |

4.2.1.9 Potentieel detailgebied volgens subsectoren CO₂ nulmeting

In de CO₂ nulmeting werden de volgende subsectoren beschouwd: residentieel, industrie, land- en tuinbouw, tertiair en openbare gebouwen. Voor de toekenning van het dakpotentieel aan de subsectoren uit de CO₂ nulmeting worden de sectoren uit deze studie als volgt toegekend aan de subsectoren in de CO₂ nulmeting:

- Residentieel: Eengezinswoningen + Appartementsgebouwen
- Industrie: Industrie en KMO
- Land- en tuinbouw: Land- en tuinbouw
- Tertiair: Tertiair + Zorg + Vrije tijd + Onderwijs
- Openbare gebouwen: Openbaar

Tabel 4.22 geeft het dakpotentieel in het detailgebied weer voor de verschillende subsectoren uit de CO₂ nulmeting. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen gemengde systemen (zonthermische en PV) en maximale implementatie van PV.

Het dakpotentieel binnen het detailgebied bedraagt, indien geopteerd wordt voor een combinatie van zonthermische en PV systemen 27.198 MWh/jaar aan warmte voor sanitair warm water, 76.360 MWh/jaar aan elektriciteit uit optimaal georiënteerde PV panelen en eventueel bijkomend 29.662 MWh/jaar aan elektriciteit uit minder optimaal georiënteerde PV panelen. In een scenario waarbij maximaal PV wordt geïmplementeerd belooft het dakpotentieel in het detailgebied 90.537 MWh/jaar aan elektriciteit uit optimaal georiënteerde PV panelen en eventueel bijkomend 29.430 MWh/jaar aan elektriciteit uit minder optimaal georiënteerde PV panelen.

Tabel 4.22 : Dakpotentieel voor de gebouwen in het detailgebied - gecombineerde systemen (zonthemisch + PV) en maximaal PV

| | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Zonthemisch (m ²) | Vermogen PV (kWp) | | Vermogen PV (kWp) | |
| | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| Residentieel | 123.630 | 35.359,0 | 22.660,5 | 51.171,0 | 22.319,5 |
| Industrie | 0 | 18.962,0 | 7.506,5 | 18.962,0 | 7.506,5 |
| Land- en tuinbouw | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tertiair | 6.920 | 31.739,5 | 11.782,5 | 32.606,0 | 11.782,5 |
| Openbare gebouwen | 0 | 3.775,0 | 1.671,5 | 3.775,0 | 1.671,5 |
| Totaal | 130.550 | 89.835,5 | 43.621,0 | 106.514,0 | 43.280,0 |

| | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | Zonthemisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | PV | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW |
| Residentieel | 25.756.250,0 | 30.055.150,0 | 15.409.140,0 | 43.495.350,0 | 15.177.260,0 |
| Industrie | 0,0 | 16.117.700,0 | 5.104.420,0 | 16.117.700,0 | 5.104.420,0 |
| Land- en tuinbouw | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tertiair | 1.441.666,7 | 26.978.575,0 | 8.012.100,0 | 27.715.100,0 | 8.012.100,0 |
| Openbare gebouwen | 0,0 | 3.208.750,0 | 1.136.620,0 | 3.208.750,0 | 1.136.620,0 |
| Totaal | 27.197.916,7 | 76.360.175,0 | 29.662.280,0 | 90.536.900,0 | 29.430.400,0 |

| | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | Zonthemisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | PV | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW |
| Residentieel | 92.722,5 | 108.198,5 | 55.472,9 | 156.583,3 | 54.638,1 |
| Industrie | 0,0 | 58.023,7 | 18.375,9 | 58.023,7 | 18.375,9 |
| Land- en tuinbouw | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tertiair | 5.190,0 | 97.122,9 | 28.843,6 | 99.774,4 | 28.843,6 |
| Openbare gebouwen | 0,0 | 11.551,5 | 4.091,8 | 11.551,5 | 4.091,8 |
| Totaal | 97.912,5 | 274.896,6 | 106.784,2 | 325.932,8 | 105.949,4 |

4.2.2 Extrapolatie naar het studiegebied

Voor de extrapolatie van het detailgebied naar het volledige studiegebied wordt gebruik gemaakt van de gegevens m.b.t. de kadastrale aard en het gebouwoppervlak van de gebouwen gelegen buiten het detailgebied, in combinatie met een aantal karakteristieken en kengetallen afgeleid voor gebouwen gelegen binnen het detailgebied.

De gehanteerde methodologie is identiek voor alle categorieën, met uitzondering van de categorie 'Land- en tuinbouw', waarvoor binnen het detailgebied onvoldoende representatieve gegevens beschikbaar zijn, en de categorie 'Eengezinswoningen'.

4.2.2.1 Eengezinswoningen

In eerste instantie werd per klasse van gebouwoppervlakte (20 – 50 m², 50 – 100 m², > 100 m²) nagegaan welk aandeel van de gebouwen beschikt over enkel een plat dak, enkel een hellend dak of een combinatie van een plat en een hellend dak (Tabel 4.23). Per gebouw en per klasse van gebouwoppervlakte werd een willekeurig getal tussen 0 en 1 toegekend. Rekening houdend met de fractie van de gebouwen in het detailgebied per klasse van gebouwoppervlakte werd op deze manier een daktype toegekend aan ieder gebouw. Voorbeeld: In de klasse met een gebouwoppervlakte van 20 tot 50 m² heeft in het detailgebied 14,49% van de eengezinswoningen een plat dak, 36,59% van de gebouwen een hellend dak en de rest een combinatie van een plat en een hellend dak. Eengezinswoningen met een gebouwoppervlakte van 20 tot 50 m² in het extrapolatiegebied waarvan het willekeurig toegekende getal $\leq 0,1449$ worden beschouwd als gebouwen met een plat dak. Eengezinswoningen met een gebouwoppervlakte van 20 tot 50 m² in het extrapolatiegebied waarvan het willekeurig toegekende getal $> 0,1449$ en $\leq 0,5108$ worden beschouwd als woningen met een hellend dak. De rest van de eengezinswoningen heeft dan een combinatie van een plat en een hellend dak.

Tabel 4.23 : Verdeling naar daktype van de eengezinswoningen per klasse van gebouwoppervlakte

| | Aandeel in de eengezinswoningen (%) | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| | 20 - 50 m ² | 50 - 100 m ² | > 100 m ² |
| 100% plat dak | 14,5 | 9,9 | 13,8 |
| 100% hellend dak ZO/Z/ZW | 0,7 | 0,1 | 0,3 |
| 100% hellend dak O/W | 7,5 | 3,0 | 2,1 |
| 100% hellend dak - ongeschikt | 28,5 | 10,5 | 10,9 |
| Gemengd - enkel plat deel geschikt | 0,2 | 5,0 | 0,6 |
| Gemengd - plat + ZO/Z/ZW | 10,0 | 18,3 | 16,1 |
| Gemengd - plat + O/W | 38,7 | 57,7 | 56,2 |

De bepaling van de dakoppervlakte van elk gebouw (per klasse van gebouwoppervlakte en per daktype) gebeurt aan de hand van correlaties, opgesteld op basis van de resultaten van de analyse in het detailgebied:

- Voor gebouwen met een 100% plat dak is de dakoppervlakte gelijk aan de gebouwoppervlakte;
- Voor gebouwen met een 100% hellend dak werd gebruik gemaakt van een correlatie tussen de dakoppervlakte met helling ZO/Z/ZW, respectievelijk O/W en de gebouwoppervlakte (Figuur 4.6 en Figuur 4.7).
- Voor gebouw met een gedeelte plat dak en een gedeelte hellend dak werd gebruik gemaakt van een correlatie tussen de dakoppervlakte van het plat gedeelte, de dakoppervlakte met helling ZO/Z/ZW, respectievelijk O/W en de gebouwoppervlakte (Figuur 4.8, Figuur 4.9 en Figuur 4.10).
- Op deze manier worden identieke gegevens gegenereerd voor de eengezinswoningen buiten het detailgebied als deze die beschikbaar zijn uit metingen voor eengezinswoningen in het detailgebied. De bepaling van het dakpotentieel voor eengezinswoningen buiten het detailgebied gebeurt dan ook op identieke wijze als voor de eengezinswoningen binnen het detailgebied (zie 4.2.1.1).

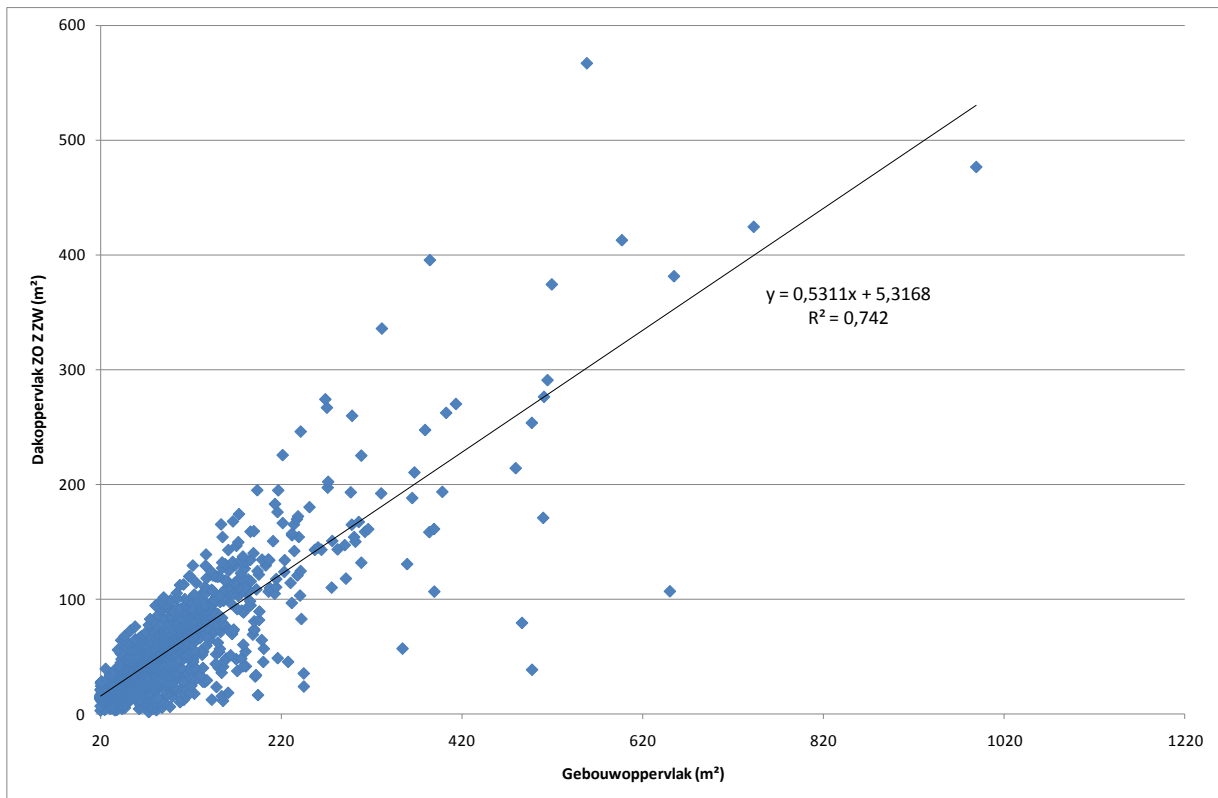
Het aldus berekende dakpotentieel voor eengezinswoningen buiten het detailgebied wordt weergegeven in Tabel 4.24. Deze tabel bevat eveneens het potentieel voor het detailgebied en het totale potentieel voor het studiegebied.

Tabel 4.24 : Dakpotentieel voor eengezinswoningen - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

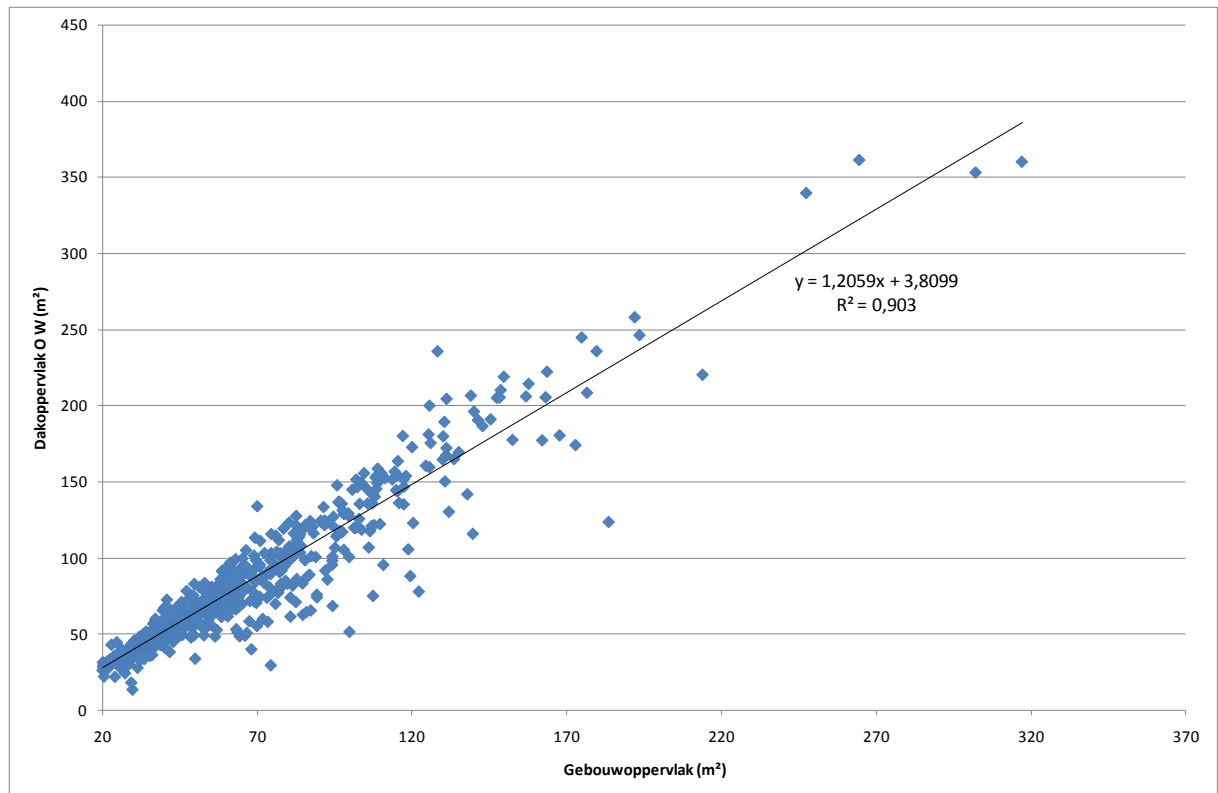
| | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|-------------------------|------------|---|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | | # systemen zonthermisch (5 m ²) | Vermogen PV (kWp) | | Vermogen PV (kWp) | |
| | | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 20 m ² | 6.979 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 - 50 m ² | 12.728 | 10.321 | 2.253,5 | 5.232,0 | 8.744,5 | 5.232,0 |
| 50 - 100 m ² | 31.019 | 26.411 | 30.425,0 | 30.899,0 | 48.445,5 | 30.899,0 |
| > 100 m ² | 21.762 | 19.038 | 57.923,5 | 22.326,5 | 68.219,5 | 20.826,0 |
| Totaal extrapolatie | 72.488 | 55.770 | 90.602,0 | 58.457,5 | 125.409,5 | 56.957,0 |
| Totaal detailgebied | 19.850 | 15.454 | 21.618,5 | 16.584,0 | 31.635,5 | 16.243,0 |
| Totaal studiegebied | 92.338 | 71.224 | 112.220,5 | 75.041,5 | 157.045,0 | 73.200,0 |

| | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | | PV | | PV | |
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie O/W |
| < 20 m ² | 6.979 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 - 50 m ² | 12.728 | 10.751.041,7 | 1.915.475,0 | 3.557.760,0 | 7.432.825,0 | 3.557.760,0 |
| 50 - 100 m ² | 31.019 | 27.511.458,3 | 25.861.250,0 | 21.011.320,0 | 41.178.675,0 | 21.011.320,0 |
| > 100 m ² | 21.762 | 19.831.250,0 | 49.234.975,0 | 15.182.020,0 | 57.986.575,0 | 14.161.680,0 |
| Totaal extrapolatie | 72.488 | 58.093.750,0 | 77.011.700,0 | 39.751.100,0 | 106.598.075,0 | 38.730.760,0 |
| Totaal detailgebied | 19.850 | 16.097.916,7 | 18.375.725,0 | 11.277.120,0 | 26.890.175,0 | 11.045.240,0 |
| Totaal studiegebied | 92.338 | 74.191.666,7 | 95.387.425,0 | 51.028.220,0 | 133.488.250,0 | 49.776.000,0 |

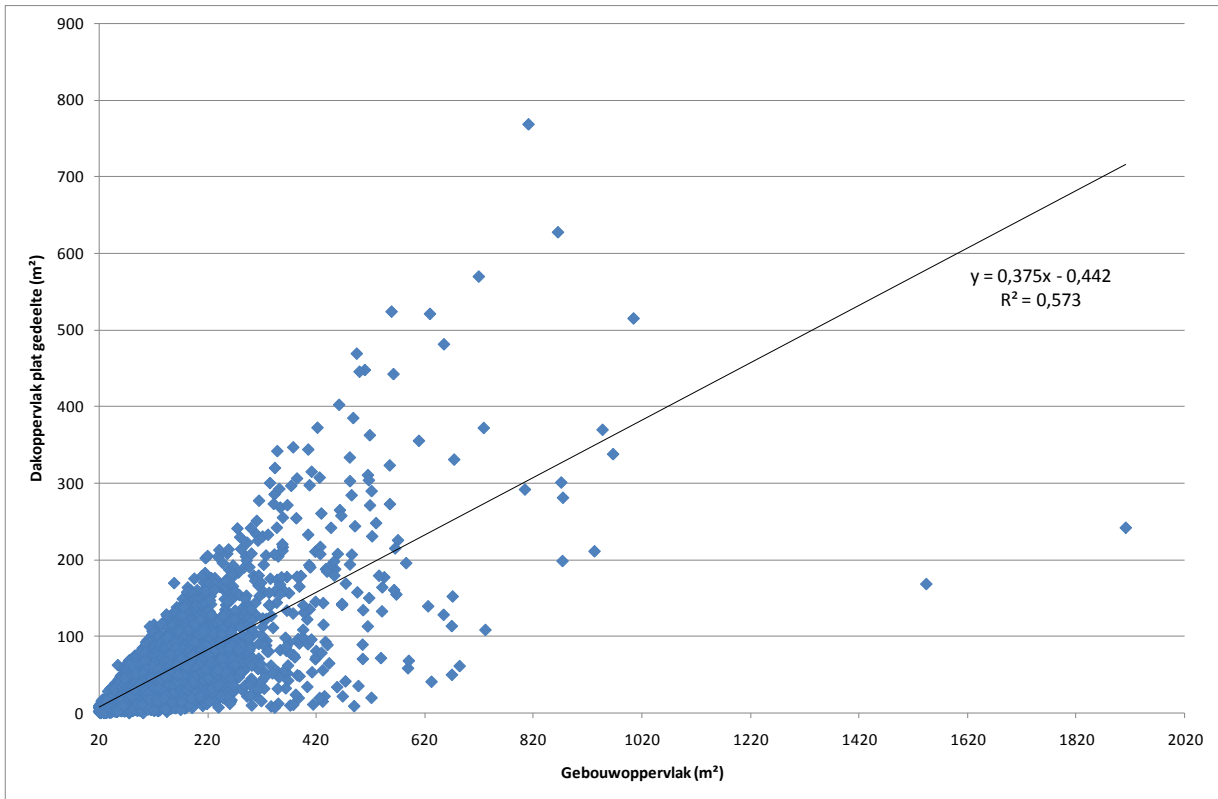
| | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | | PV | | PV | |
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie O/W |
| < 20 m ² | 6.979 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 - 50 m ² | 12.728 | 38.703,8 | 6.895,7 | 12.807,9 | 26.758,2 | 12.807,9 |
| 50 - 100 m ² | 31.019 | 99.041,3 | 93.100,5 | 75.640,8 | 148.243,2 | 75.640,8 |
| > 100 m ² | 21.762 | 71.392,5 | 177.245,9 | 54.655,3 | 208.751,7 | 50.982,0 |
| Totaal extrapolatie | 72.488 | 209.138 | 277.242,1 | 143.104,0 | 383.753,1 | 139.430,7 |
| Totaal detailgebied | 19.850 | 57.953 | 66.152,6 | 40.597,6 | 96.804,6 | 39.762,9 |
| Totaal studiegebied | 92.338 | 267.090 | 343.394,7 | 183.701,6 | 480.557,7 | 179.193,6 |



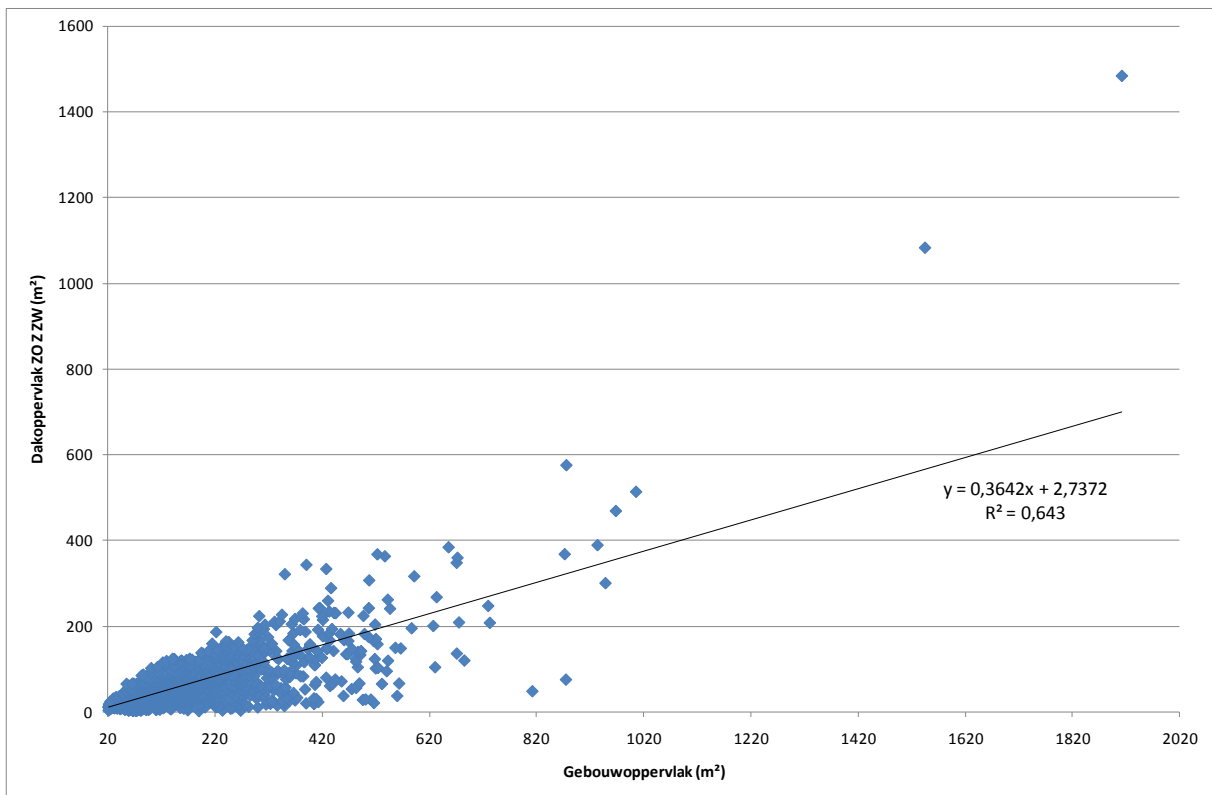
Figuur 4.6 : Dakoppervlakte met helling ZO/ZZW voor eengezinswoningen met een hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwooppervlakte



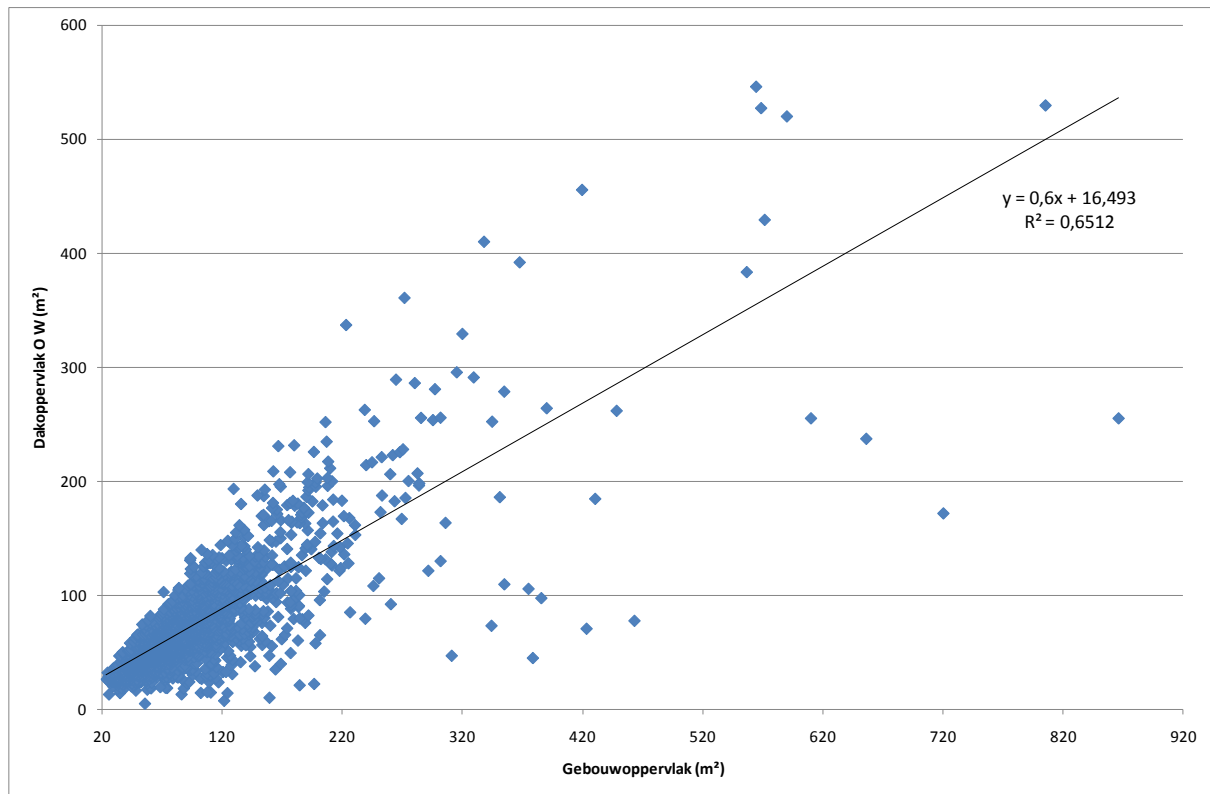
Figuur 4.7 : Dakoppervlakte met helling OW voor eengezinswoningen met een hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwooppervlakte



Figuur 4.8 : Dakoppervlakte van het plat gedeelte voor eengezinswoningen met een gecombineerd plat/hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte



Figuur 4.9 : Dakoppervlakte van het gedeelte met oriëntatie ZO/ZZW voor eengezinswoningen met een gecombineerd plat/hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte



Figuur 4.10 : Dakoppervlakte van het gedeelte met oriëntatie O/W voor eengezinswoningen met een gecombineerd plat/hellend dak in het detailgebied in functie van de gebouwoppervlakte

4.2.2.2 Appartementengebouwen

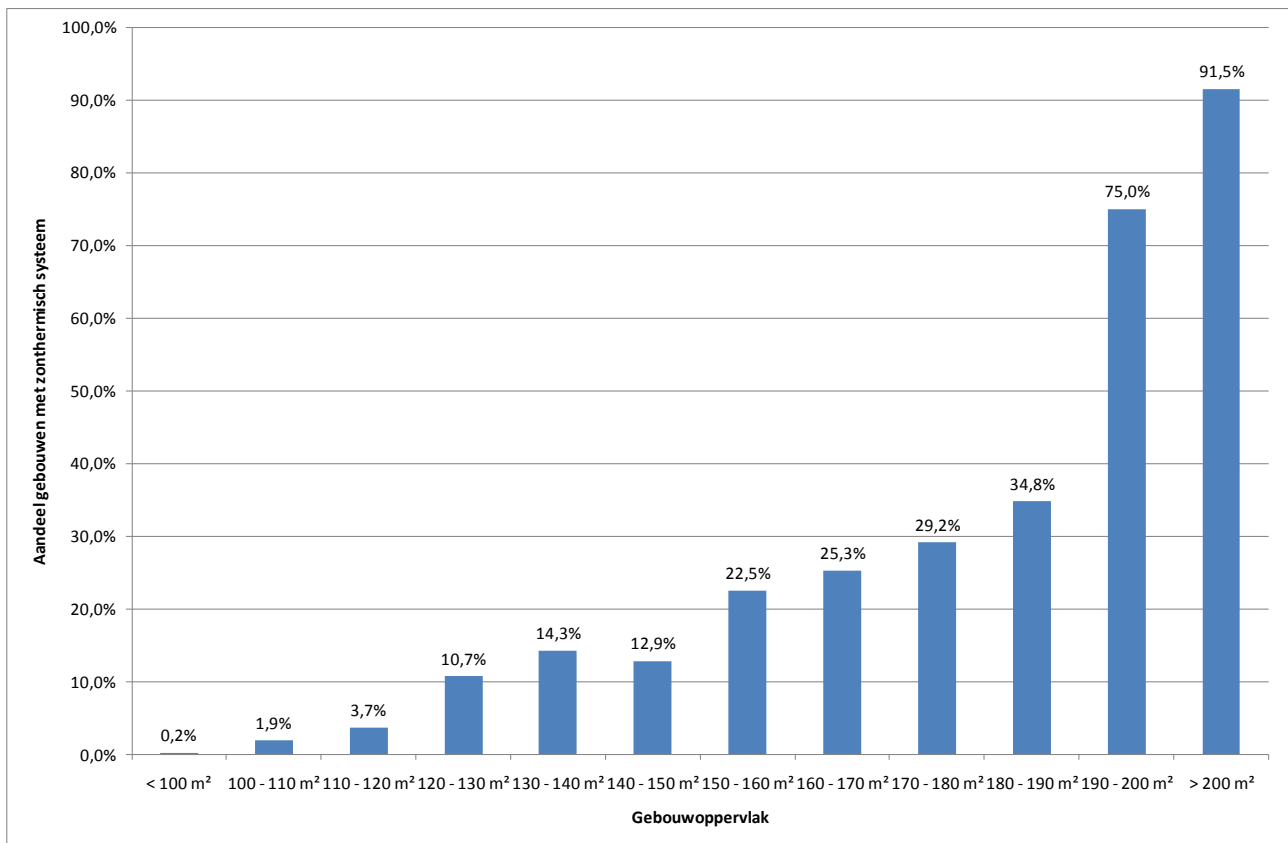
Uit de analyse van de resultaten voor het detailgebied blijkt dat, voor gecombineerde systemen (zonthermisch + PV), een zonthermisch systeem van 40 m² bij de meerderheid van de appartementengebouwen met een gebouwoppervlakte groter dan 180 m² kan geplaatst worden (Figuur 4.11). Voor het extrapolatiegebied wordt voor gecombineerde systemen aangenomen dat alle appartementengebouwen met een gebouwoppervlakte groter dan 180 m² een zonthermisch systeem met 40 m² paneeloppervlakte plaatsen. De overschatting, die daardoor gemaakt wordt, wordt gecompenseerd door het feit dat uit de analyse van het detailgebied blijkt dat ook bij een deel van de gebouwen met een kleinere gebouwoppervlakte een zonthermisch systeem van 40 m² kan worden geplaatst. Uit de analyse van het detailgebied blijkt dat op 1.159 gebouwen een zonthermisch systeem van 40 m² kan worden geplaatst. In het detailgebied zijn er 1.094 gebouwen met een grondoppervlakte hoger dan 180 m². Het potentieel voor PV panelen wordt voor het maximaal PV scenario berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.25). Voor het scenario met gemengde systemen wordt de oppervlakte van de optimaal georiënteerde PV panelen uit het maximum PV scenario verminderd met de oppervlakte zonthermische panelen (40 m²) om het potentieel aan optimaal georiënteerd PV te bekomen.

In Tabel 4.26 wordt een overzicht gegeven van:

- voor gemengde systemen:
 - het aantal zonthermische systemen (40 m² panelen);

- het restpotentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- voor maximale implementatie van PV:
 - het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
 - het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.



Figuur 4.11 : Aandeel appartementsgebouwen met 40 m² zonnethermische panelen per klasse van gebouwoppervlakte in het detailgebied

Tabel 4.25 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij appartementsgebouwen voor het maximum PV scenario per klasse van gebouwoppervlakte

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kW_p/m^2 gebouw) | |
|---------------|--|---------|
| | ZO/ZZW | O/W |
| < 50 m² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m² | 0,02324 | 0,01005 |
| 100 - 500 m² | 0,02523 | 0,00802 |
| 500 - 1000 m² | 0,02641 | 0,00469 |
| > 1000 m² | 0,02655 | 0,00947 |

Tabel 4.26 : Dakpotentieel voor de categorie 'Appartementsgebouwen' - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | | # systemen zonthermisch (40 m ²) | Vermogen PV (kWp) | | Vermogen PV (kWp) | |
| | | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 454 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 902 | 0 | 1.634,4 | 706,8 | 1.634,4 | 706,8 |
| 100 - 500 m ² | 2.057 | 923 | 5.363,7 | 3.171,6 | 9.978,7 | 3.171,6 |
| 500 - 1000 m ² | 112 | 112 | 1.541,9 | 373,5 | 2.101,9 | 373,5 |
| > 1000 m ² | 43 | 43 | 1.842,4 | 365,6 | 2.057,4 | 365,6 |
| Totaal extrapolatie | 3.568 | 1.078 | 10.382,5 | 4.617,5 | 15.772,5 | 4.617,5 |
| Totaal detailgebied | 3.229 | 1.159 | 13.740,5 | 6.076,5 | 19.535,5 | 6.076,5 |
| Totaal studiegebied | 6.797 | 2.237 | 24.123,0 | 10.694,0 | 35.308,0 | 10.694,0 |

| | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | | PV | | PV | |
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 454 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 902 | 0,0 | 1.389.277,7 | 480.627,9 | 1.389.277,7 | 480.627,9 |
| 100 - 500 m ² | 2.057 | 7.691.666,7 | 4.559.133,1 | 2.156.677,6 | 8.481.883,1 | 2.156.677,6 |
| 500 - 1000 m ² | 112 | 933.333,3 | 1.310.653,7 | 253.987,6 | 1.786.653,7 | 253.987,6 |
| > 1000 m ² | 43 | 358.333,3 | 1.566.020,9 | 248.602,3 | 1.748.770,9 | 248.602,3 |
| Totaal extrapolatie | 3.568 | 8.983.333,3 | 8.825.085,4 | 3.139.895,4 | 13.406.585,4 | 3.139.895,4 |
| Totaal detailgebied | 3.229 | 9.658.333,3 | 11.679.425,0 | 4.132.020,0 | 16.605.175,0 | 4.132.020,0 |
| Totaal studiegebied | 6.797 | 18.641.666,7 | 20.504.510,4 | 7.271.915,4 | 30.011.760,4 | 7.271.915,4 |

| | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | | PV | | PV | |
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 454 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 902 | 0,0 | 5.001,4 | 1.730,3 | 5.001,4 | 1.730,3 |
| 100 - 500 m ² | 2.057 | 27.690,0 | 16.412,9 | 7.764,0 | 30.534,8 | 7.764,0 |
| 500 - 1000 m ² | 112 | 3.360,0 | 4.718,4 | 914,4 | 6.432,0 | 914,4 |
| > 1000 m ² | 43 | 1.290,0 | 5.637,7 | 895,0 | 6.295,6 | 895,0 |
| Totaal extrapolatie | 3.568 | 32.340,0 | 31.770,3 | 11.303,6 | 48.263,7 | 11.303,6 |
| Totaal detailgebied | 3.229 | 34.770,0 | 42.045,9 | 14.875,3 | 59.778,6 | 14.875,3 |
| Totaal studiegebied | 6.797 | 67.110,0 | 73.816,2 | 26.178,9 | 108.042,3 | 26.178,9 |

4.2.2.3 Industrie en KMO

Het potentieel voor PV panelen wordt berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.27).

In Tabel 4.28 wordt een overzicht gegeven van:

- het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.

Tabel 4.27 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij industrie en KMO per klasse van gebouwoppervlakte

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kW_p/m^2 gebouw) | |
|---------------------------|--|---------|
| | ZO/ZI/ZW | O/W |
| < 50 m ² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 0,02315 | 0,01272 |
| 100 - 500 m ² | 0,02644 | 0,00781 |
| 500 - 1000 m ² | 0,02696 | 0,00832 |
| > 1000 m ² | 0,02663 | 0,01127 |

Tabel 4.28 : Dakpotentieel voor de categorie 'Industrie en KMO'

| Gebouw- oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kW_p) | | Opbrengst PV ($kWh/jaar$) | | Opbrengst PV ($GJ/jaar$) | |
|---------------------------|------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| | | Oriëntatie ZO/ZI/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZI/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZI/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 278 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 196 | 335,6 | 184,4 | 285.247,4 | 125.385,6 | 1.026,9 | 451,4 |
| 100 - 500 m ² | 806 | 5.593,6 | 1.651,4 | 4.754.586,9 | 1.122.974,4 | 17.116,5 | 4.042,7 |
| 500 - 1000 m ² | 306 | 5.797,4 | 1.788,0 | 4.927.765,9 | 1.215.856,8 | 17.740,0 | 4.377,1 |
| > 1000 m ² | 390 | 43.243,4 | 18.300,9 | 36.756.876,2 | 12.444.611,2 | 132.324,8 | 44.800,6 |
| Totaal extrapolatie | 1.976 | 54.970,0 | 21.924,7 | 46.724.476,4 | 14.908.828,0 | 168.208,1 | 53.671,8 |
| Totaal detailgebied | 805 | 18.962,0 | 7.506,5 | 16.117.700,0 | 5.104.420,0 | 58.023,7 | 18.375,9 |
| Totaal studiegebied | 2.781 | 73.932,0 | 29.431,2 | 62.842.176,4 | 20.013.248,0 | 226.231,8 | 72.047,7 |

4.2.2.4 Land- en tuinbouw

Voor de categorie 'Land- en tuinbouw' is er geen representatief aantal gebouwen binnen het detailgebied en werd de inschatting voor het extrapolatiegebied op een andere manier gemaakt. Voor deze categorie wordt uitgegaan van een dominantie van zadeldaken met een gemiddelde helling van 30° (verhouding dakoppervlak/gebouwoppervlak = 1,1547). Agrarische gebouwen (stallen en loodsen) zijn namelijk heel dikwijls brede gebouwen met een licht hellend dak. Voor de categorie 'Land- en tuinbouw' wordt vertrokken van de hypothese dat de dakvlakken gelijkmatig over de hoofd- en tussenwindrichtingen verdeeld zijn.

In Tabel 4.29 wordt een overzicht gegeven van:

- het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.

Tabel 4.29 : Dakpotentieel voor de categorie 'Land- en tuinbouw'

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kWp) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 1.589 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 453 | 712,5 | 679,0 | 605.625,0 | 461.720,0 | 2.180,3 | 1.662,2 |
| 100 - 500 m ² | 806 | 4.597,0 | 2.794,0 | 3.907.450,0 | 1.899.920,0 | 14.066,8 | 6.839,7 |
| 500 - 1000 m ² | 112 | 1.929,0 | 1.477,0 | 1.639.650,0 | 1.004.360,0 | 5.902,7 | 3.615,7 |
| >1000 m ² | 22 | 1.823,5 | 277,0 | 1.549.975,0 | 188.360,0 | 5.579,9 | 678,1 |
| Totaal extrapolatie | 2.982 | 9.062,0 | 5.227,0 | 7.702.700,0 | 3.554.360,0 | 27.729,7 | 12.795,7 |
| Totaal detailgebied | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal studiegebied | 2.982 | 9.062,0 | 5.227,0 | 7.702.700,0 | 3.554.360,0 | 27.729,7 | 12.795,7 |

4.2.2.5 Onderwijs

Het potentieel voor PV panelen wordt berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.30).

In Tabel 4.31 wordt een overzicht gegeven van:

- het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.

 Tabel 4.30 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m²_{gebouw}) voor onderwijsgebouwen per klasse van gebouwoppervlakte

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kWp/m ² gebouw) | |
|---------------------------|---|---------|
| | ZO/ZW | O/W |
| < 50 m ² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 0,02520 | 0,00723 |
| 100 - 500 m ² | 0,02596 | 0,01001 |
| 500 - 1000 m ² | 0,02846 | 0,00917 |
| > 1000 m ² | 0,02775 | 0,01133 |

Tabel 4.31 : Dakpotentieel voor de categorie 'Onderwijs'

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kWp) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 82 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 51 | 93,1 | 26,6 | 79.134,5 | 18.120,5 | 284,9 | 65,2 |
| 100 - 500 m ² | 154 | 978,5 | 377,3 | 831.713,0 | 256.562,3 | 2.994,2 | 923,6 |
| 500 - 1000 m ² | 56 | 1.103,6 | 355,7 | 938.094,1 | 241.860,8 | 3.377,1 | 870,7 |
| > 1000 m ² | 95 | 8.199,6 | 3.347,8 | 6.969.664,2 | 2.276.505,8 | 25.090,8 | 8.195,4 |
| Totaal extrapolatie | 438 | 10.374,8 | 4.107,4 | 8.818.605,8 | 2.793.049,5 | 31.747,0 | 10.055,0 |
| Totaal detailgebied | 458 | 11.114,5 | 4.410,5 | 9.447.325,0 | 2.999.140,0 | 34.010,4 | 10.796,9 |
| Totaal studiegebied | 896 | 21.489,3 | 8.517,9 | 18.265.930,8 | 5.792.189,5 | 65.757,4 | 20.851,9 |

4.2.2.6 Openbaar

Het potentieel voor PV panelen wordt berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.32).

In Tabel 4.33 wordt een overzicht gegeven van:

- het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.

Tabel 4.32 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m²_{gebouw}) voor openbare gebouwen per klasse van gebouwoppervlakte

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kW _p /m ² gebouw) | |
|---------------------------|--|---------|
| | ZO/Z/ZW | O/W |
| < 50 m ² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 0,02330 | 0,00522 |
| 100 - 500 m ² | 0,02916 | 0,00852 |
| 500 - 1000 m ² | 0,0307 | 0,00454 |
| > 1000 m ² | 0,02577 | 0,01338 |

Tabel 4.33 : Dakpotentieel voor de categorie 'Openbaar'

| Gebouw- oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kW _p) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 16 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 11 | 18,1 | 4,1 | 15.412,6 | 2.764,0 | 55,5 | 10,0 |
| 100 - 500 m ² | 50 | 372,0 | 110,1 | 316.189,2 | 74.848,3 | 1.138,3 | 269,5 |
| 500 - 1000 m ² | 26 | 588,7 | 87,0 | 500.378,7 | 59.171,8 | 1.801,4 | 213,0 |
| > 1000 m ² | 12 | 860,7 | 44,7 | 731.579,0 | 30.387,4 | 2.633,7 | 109,4 |
| Totaal extrapolatie | 115 | 1.839,5 | 245,8 | 1.563.559,5 | 167.171,4 | 5.628,8 | 601,8 |
| Totaal detailgebied | 174 | 3.775,0 | 1.671,5 | 3.208.750,0 | 1.136.620,0 | 11.551,5 | 4.091,8 |
| Totaal studiegebied | 289 | 5.614,5 | 1.917,3 | 4.772.309,5 | 1.303.791,4 | 17.180,3 | 4.693,6 |

4.2.2.7 Tertiair

Het potentieel voor PV panelen wordt berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.34).

In Tabel 4.35 wordt een overzicht gegeven van:

- het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.

Tabel 4.34 : Specifiek vermogen aan PV ($\text{kW}_p/\text{m}^2_{\text{gebouw}}$) voor gebouwen uit de tertiaire sector per gebouwoppervlakte-categorie

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kW_p/m^2 gebouw) | |
|---------------------------|--|---------|
| | ZO/ZZW | O/W |
| < 50 m ² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 0,02537 | 0,01354 |
| 100 - 500 m ² | 0,02665 | 0,01135 |
| 500 - 1000 m ² | 0,02731 | 0,00740 |
| > 1000 m ² | 0,02761 | 0,00340 |

Tabel 4.35 : Dakpotentieel voor de categorie 'Tertiair'

| Gebouw-oppervlak | # gebouwen | Vermogen PV (kW_p) | | Opbrengst PV (kWh/jaar) | | Opbrengst PV (GJ/jaar) | |
|---------------------------|------------|-------------------------------|----------------|---|----------------|--|----------------|
| | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 441 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 829 | 1.605,3 | 856,8 | 1.364.525,4 | 582.599,1 | 4.912,3 | 2.097,4 |
| 100 - 500 m ² | 1.523 | 7.857,6 | 3.346,5 | 6.678.929,7 | 2.275.597,8 | 24.044,1 | 8.192,2 |
| 500 - 1000 m ² | 117 | 2.258,9 | 619,0 | 1.920.104,4 | 420.890,3 | 6.912,4 | 1.515,2 |
| > 1000 m ² | 107 | 9.419,8 | 1.160,3 | 8.006.835,9 | 789.025,7 | 28.824,6 | 2.840,5 |
| Totaal extrapolatie | 3.017 | 21.141,6 | 5.982,5 | 17.970.395,5 | 4.068.112,9 | 64.693,4 | 14.645,2 |
| Totaal detailgebied | 3.519 | 15.769,5 | 5.738,5 | 13.404.075,0 | 3.902.180,0 | 48.254,7 | 14.047,8 |
| Totaal studiegebied | 6.536 | 36.911,1 | 11.721,0 | 31.374.470,5 | 7.970.292,9 | 112.948,1 | 28.693,1 |

4.2.2.8 Vrije tijd

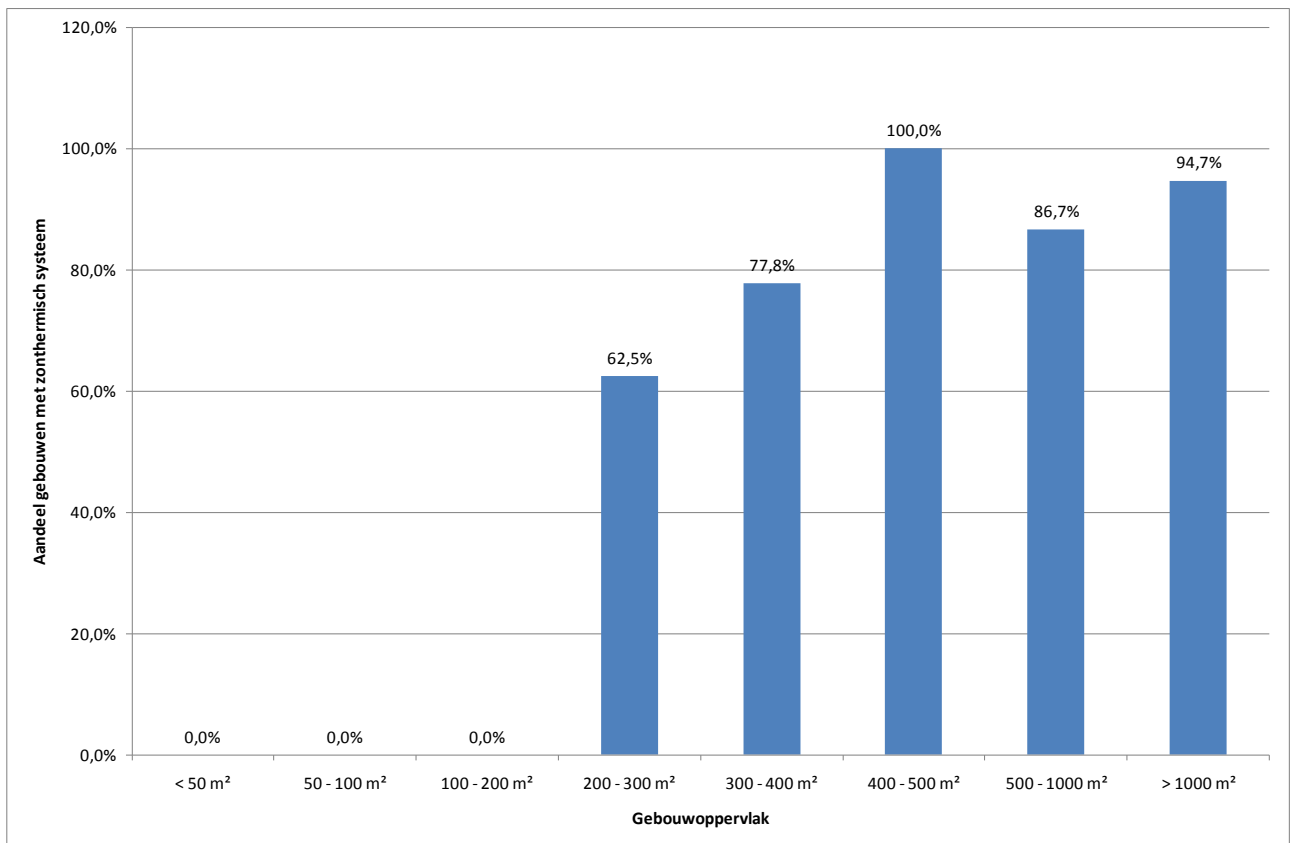
Uit de analyse van de resultaten voor het detailgebied blijkt dat, voor gecombineerde systemen (zonthermisch + PV), een zonthermisch systeem van 60 m² bij de meerderheid van de gebouwen met een vrije tijdsfunctie met een gebouwoppervlakte groter dan 300 m² kan geplaatst worden (Figuur 4.12). Voor het extrapolatiegebied wordt voor gecombineerde systemen aangenomen dat alle gebouwen met een vrije tijdsfunctie met een gebouwoppervlakte groter dan 300 m² een zonthermisch systeem met 60 m² paneeloppervlakte plaatsen. De overschatting, die daardoor gemaakt wordt, wordt gecompenseerd door het feit dat uit de analyse van het detailgebied blijkt dat ook bij een deel van de gebouwen met een kleinere gebouwoppervlakte een zonthermisch systeem van 60 m² kan worden geplaatst. Uit de analyse van het detailgebied blijkt dat op 47 gebouwen een zonthermisch systeem van 60 m² kan worden geplaatst. In het detailgebied zijn er 47 gebouwen met een grondoppervlakte hoger dan 300 m². Het potentieel voor PV panelen wordt voor het maximaal PV scenario berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.36). Voor het scenario met gemengde systemen wordt de oppervlakte van de optimaal georiënteerde PV panelen uit het maximum PV scenario verminderd met de oppervlakte zonthermische panelen (60 m²) om het potentieel aan optimaal georiënteerd PV te bekomen.

In Tabel 4.37 wordt een overzicht gegeven van:

- voor gemengde systemen:
 - het aantal zonthermische systemen (60 m² panelen);

- het restpotentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- voor maximale implementatie van PV:
 - het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
 - het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied. Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.



Figuur 4.12 : Aandeel gebouwen met een vrije tijdsfunctie met 60 m² zonthermische panelen per klasse van gebouwoppervlakte in het detailgebied

Tabel 4.36 : Specifiek vermogen aan PV (kW_p/m^2_{gebouw}) bij Vrije tijdsgebouwen voor het maximum PV scenario per klasse van gebouwoppervlakte

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kW_p/m^2_{gebouw}) | |
|---------------------------|---|---------|
| | Maximaal PV | |
| | ZO/ZZW | O/W |
| < 50 m ² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 0,01961 | 0,00416 |
| 100 - 500 m ² | 0,02867 | 0,00835 |
| 500 - 1000 m ² | 0,02606 | 0,01323 |
| > 1000 m ² | 0,02672 | 0,01620 |

Tabel 4.37 : Dakpotentieel voor de categorie 'Vrije tijdsgebouwen' - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| | # gebouwen | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | # systemen zonthermisch (60 m ²) | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kWp) Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 165 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 71 | 0 | 100,5 | 21,3 | 100,5 | 21,3 |
| 100 - 500 m ² | 129 | 32 | 608,4 | 247,1 | 848,4 | 247,1 |
| 500 - 1000 m ² | 26 | 26 | 237,3 | 219,5 | 432,3 | 219,5 |
| > 1000 m ² | 25 | 25 | 2.076,7 | 1.372,8 | 2.264,2 | 1.372,8 |
| Totaal extrapolatie | 416 | 83 | 3.022,9 | 1.860,6 | 3.645,4 | 1.860,6 |
| Totaal detailgebied | 117 | 47 | 1.673,5 | 1.105,5 | 2.026,0 | 1.105,5 |
| Totaal studiegebied | 533 | 130 | 4.696,4 | 2.966,1 | 5.671,4 | 2.966,1 |

| | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|----------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 165 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 71 | 0,0 | 85.439,9 | 14.499,9 | 85.439,9 | 14.499,9 |
| 100 - 500 m ² | 129 | 400.000,0 | 517.127,1 | 167.999,7 | 721.127,1 | 167.999,7 |
| 500 - 1000 m ² | 26 | 325.000,0 | 201.722,9 | 149.245,3 | 367.472,9 | 149.245,3 |
| > 1000 m ² | 25 | 312.500,0 | 1.765.216,7 | 933.484,6 | 1.924.591,7 | 933.484,6 |
| Totaal extrapolatie | 416 | 1.037.500,0 | 2.569.506,7 | 1.265.229,6 | 3.098.631,7 | 1.265.229,6 |
| Totaal detailgebied | 117 | 587.500,0 | 1.422.475,0 | 751.740,0 | 1.722.100,0 | 751.740,0 |
| Totaal studiegebied | 533 | 1.625.000,0 | 3.991.981,7 | 2.016.969,6 | 4.820.731,7 | 2.016.969,6 |

| | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV | |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| < 50 m ² | 165 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 50 - 100 m ² | 71 | 0,0 | 307,6 | 52,2 | 307,6 | 52,2 |
| 100 - 500 m ² | 129 | 1.440,0 | 1.861,7 | 604,8 | 2.596,1 | 604,8 |
| 500 - 1000 m ² | 26 | 1.170,0 | 726,2 | 537,3 | 1.322,9 | 537,3 |
| > 1000 m ² | 25 | 1.125,0 | 6.354,8 | 3.360,5 | 6.928,5 | 3.360,5 |
| Totaal extrapolatie | 416 | 3.735,0 | 9.250,2 | 4.554,8 | 11.155,1 | 4.554,8 |
| Totaal detailgebied | 117 | 2.115,0 | 5.120,9 | 2.706,3 | 6.199,6 | 2.706,3 |
| Totaal studiegebied | 533 | 5.850,0 | 14.371,1 | 7.261,1 | 17.354,6 | 7.261,1 |

4.2.2.9 Zorg

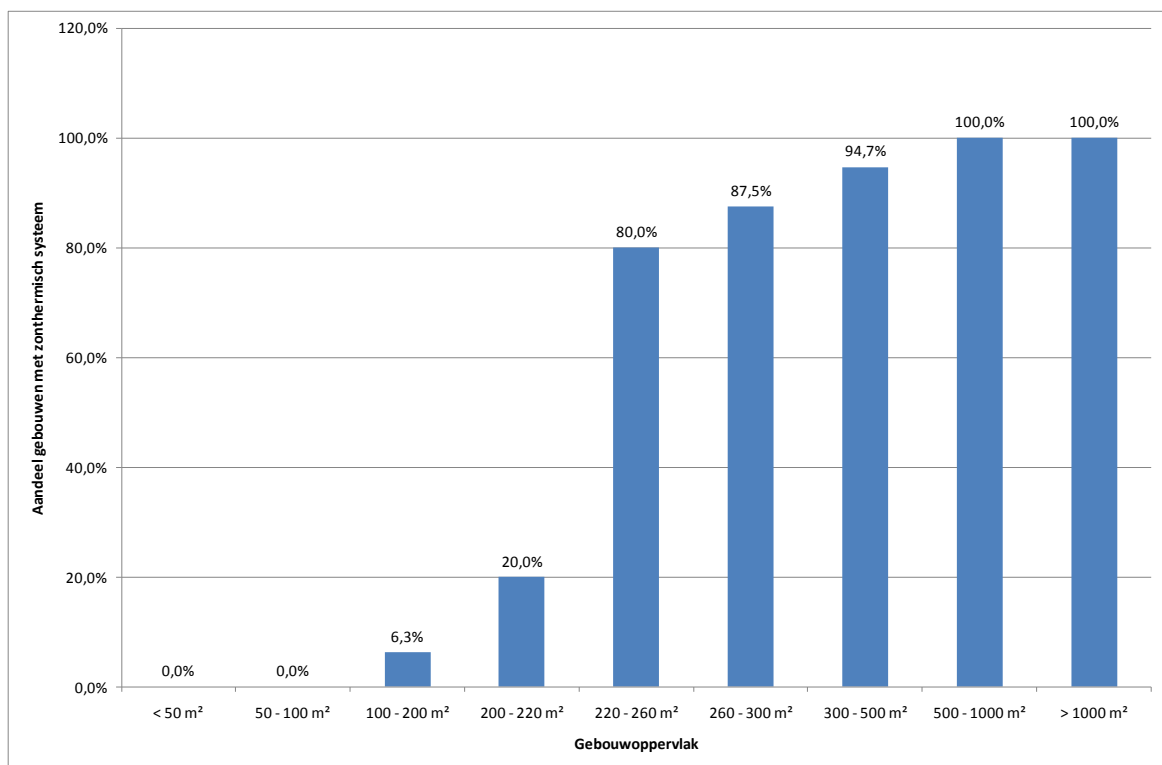
Uit de analyse van de resultaten voor het detailgebied blijkt dat, voor gecombineerde systemen (zonthermisch + PV), een zonthermisch systeem van 50 m² bij de meerderheid van de gebouwen met een vrije tijdsfunctie met een gebouwoppervlakte groter dan 220 m² kan geplaatst worden (Figuur 4.13). Voor het extrapolatiegebied wordt voor gecombineerde systemen aangenomen dat alle gebouwen met een vrije tijdsfunctie met een gebouwoppervlakte groter dan 220 m² een zonthermisch systeem met 50 m² paneeloppervlakte plaatsen. De overschatting, die daardoor gemaakt wordt, wordt gecompenseerd door het feit dat

uit de analyse van het detailgebied blijkt dat ook bij een deel van de gebouwen met een kleinere gebouwoppervlakte een zonthermisch systeem van 50 m² kan worden geplaatst. Uit de analyse van het detailgebied blijkt dat op 82 gebouwen een zonthermisch systeem van 50 m² kan worden geplaatst. In het detailgebied zijn er 88 gebouwen met een grondoppervlakte hoger dan 220 m². Het potentieel voor PV panelen wordt voor het maximaal PV scenario berekend door in het extrapolatiegebied de gebouwoppervlakte te vermenigvuldigen met het specifiek geïnstalleerd vermogen voor optimaal en niet optimaal georiënteerde PV panelen per klasse van gebouwoppervlakte (Tabel 4.38). Voor het scenario met gemengde systemen wordt de oppervlakte van de optimaal georiënteerde PV panelen uit het maximum PV scenario verminderd met de oppervlakte zonthermische panelen (50 m²) om het potentieel aan optimaal georiënteerd PV te bekomen. In Tabel 4.39 wordt een overzicht gegeven van:

- voor gemengde systemen:
 - het aantal zonthermische systemen (50 m² panelen);
 - het restpotentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
 - het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
- voor maximale implementatie van PV:
 - het potentieel aan PV (kW_p) op optimaal georiënteerde dakoppervlakte;
 - het potentieel aan PV (kW_p) op minder optimaal georiënteerde dakoppervlakte;

en dit voor de verschillende klassen van gebouwoppervlakte voor het detailgebied en het extrapolatiegebied.

Daarnaast wordt de jaarlijkse opbrengst aan hernieuwbare energie in deze tabel weergegeven.



Figuur 4.13 : Aandeel gebouwen in de zorgsector met 50 m² zonthermische panelen per klasse van gebouwoppervlakte in het detailgebied

Tabel 4.38 : Specifiek vermogen aan PV ($\text{kW}_p/\text{m}^2_{\text{gebouw}}$) bij gebouwen uit de zorgsector voor het maximum PV scenario per klasse van gebouwoppervlakte

| | Specifiek geïnstalleerd vermogen PV (kW_p/m^2 gebouw) | |
|---------------------------|--|---------|
| | Maximaal PV | |
| | ZO/ZZW | O/W |
| < 50 m ² | 0 | 0 |
| 50 - 100 m ² | 0,02187 | 0,01346 |
| 100 - 500 m ² | 0,02864 | 0,00717 |
| 500 - 1000 m ² | 0,02875 | 0,00392 |
| > 1000 m ² | 0,02812 | 0,00350 |

Tabel 4.39 : Dakpotentieel voor de categorie gebouwen uit de zorgsector - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| | # gebouwen | Gemengd systeem | | | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|-------------------------------|-------------------|---|--|----------------------|-------------------|
| | | # systemen zonthermisch (50 m ²) | Vermogen PV (kW_p) | | Vermogen PV (kW_p) Oriëntatie ZO/ZZW | Vermogen PV (kW_p) Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | | | | |
| < 50 m ² | 52 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| 50 - 100 m ² | 36 | 0 | 57,9 | 35,6 | 57,9 | 35,6 | 35,6 | |
| 100 - 500 m ² | 97 | 44 | 424,6 | 175,1 | 699,6 | 175,1 | 175,1 | |
| 500 - 1000 m ² | 35 | 35 | 503,3 | 98,6 | 722,1 | 98,6 | 98,6 | |
| > 1000 m ² | 44 | 44 | 4.551,8 | 601,1 | 4.826,8 | 601,1 | 601,1 | |
| Totaal extrapolatie | 264 | 123 | 5.537,6 | 910,4 | 6.306,4 | 910,4 | 910,4 | |
| Totaal detailgebied | 138 | 82 | 3.182,0 | 528,0 | 3.696,0 | 528,0 | 528,0 | |
| Totaal studiegebied | 402 | 205 | 8.719,6 | 1.438,4 | 10.002,4 | 1.438,4 | 1.438,4 | |

| | # gebouwen | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|--|-----------------------|-------------------|--|---------------------------------------|----------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV Oriëntatie ZO/ZZW | Maximum PV PV Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | | | | |
| < 50 m ² | 52 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| 50 - 100 m ² | 36 | 0,0 | 57,9 | 35,6 | 57,9 | 35,6 | 35,6 | |
| 100 - 500 m ² | 97 | 458.333,3 | 424,6 | 175,1 | 699,6 | 175,1 | 175,1 | |
| 500 - 1000 m ² | 35 | 364.583,3 | 503,3 | 98,6 | 722,1 | 98,6 | 98,6 | |
| > 1000 m ² | 44 | 458.333,3 | 4.551,8 | 601,1 | 4.826,8 | 601,1 | 601,1 | |
| Totaal extrapolatie | 264 | 1.281.250,0 | 4.706.970,2 | 619.093,4 | 5.360.407,7 | 619.093,4 | 619.093,4 | |
| Totaal detailgebied | 138 | 854.166,7 | 2.704.700,0 | 359.040,0 | 3.141.600,0 | 359.040,0 | 359.040,0 | |
| Totaal studiegebied | 402 | 2.135.416,7 | 7.411.670,2 | 978.133,4 | 8.502.007,7 | 978.133,4 | 978.133,4 | |

| | # gebouwen | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | | Maximum PV | |
|---------------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|--|---------------------------------------|----------------------|-------------------|
| | | Zonthermisch | Gemengd systeem PV | | Maximum PV PV Oriëntatie ZO/ZZW | Maximum PV PV Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| | | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | | | | |
| < 50 m ² | 52 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| 50 - 100 m ² | 36 | 0,0 | 177,2 | 87,2 | 177,2 | 87,2 | 87,2 | |
| 100 - 500 m ² | 97 | 1.650,0 | 1.299,4 | 428,7 | 2.140,9 | 428,7 | 428,7 | |
| 500 - 1000 m ² | 35 | 1.312,5 | 1.540,2 | 241,3 | 2.209,5 | 241,3 | 241,3 | |
| > 1000 m ² | 44 | 1.650,0 | 13.928,4 | 1.471,5 | 14.769,9 | 1.471,5 | 1.471,5 | |
| Totaal extrapolatie | 264 | 4.612,5 | 16.945,1 | 2.228,7 | 19.297,5 | 2.228,7 | 2.228,7 | |
| Totaal detailgebied | 138 | 3.075,0 | 9.736,9 | 1.292,5 | 11.309,8 | 1.292,5 | 1.292,5 | |
| Totaal studiegebied | 402 | 7.687,5 | 26.682,0 | 3.521,3 | 30.607,2 | 3.521,3 | 3.521,3 | |

4.2.2.10 Potentieel studiegebied volgens subsectoren CO₂ nulmeting

In de CO₂ nulmeting werden de volgende subsectoren beschouwd: residentieel, industrie, land- en tuinbouw, tertiair en openbare gebouwen. Voor de toekenning van het dakpotentieel aan de subsectoren uit de CO₂ nulmeting worden de sectoren uit deze studie als volgt toegekend aan de subsectoren in de CO₂ nulmeting:

- Residentieel: Eengezinswoningen + Appartementsgebouwen
- Industrie: Industrie en KMO
- Land- en tuinbouw: Land- en tuinbouw
- Tertiair: Tertiair + Zorg + Vrije tijd + Onderwijs
- Openbare gebouwen: Openbaar

Tabel 4.40 geeft het dakpotentieel in het studiegebied weer voor de verschillende subsectoren uit de CO₂ nulmeting. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen gemengde systemen (zonthermische en PV) en maximale implementatie van PV.

Het dakpotentieel binnen het studiegebied bedraagt, indien geopteerd wordt voor een combinatie van zonthermische en PV systemen 96.594 MWh/jaar aan warmte voor sanitair warm water, 252.253 MWh/jaar aan elektriciteit uit optimaal georiënteerde PV panelen en eventueel bijkomend 99.930 MWh/jaar aan elektriciteit uit minder optimaal georiënteerde PV panelen. In een scenario waarbij maximaal PV wordt geïmplementeerd belooft het dakpotentieel in het detailgebied 301.780 MWh/jaar aan elektriciteit uit optimaal georiënteerde PV panelen en eventueel bijkomend 98.677 MWh/jaar aan elektriciteit uit minder optimaal georiënteerde PV panelen.

Op basis van de elektriciteitsverbruiken uit de CO₂ nulmeting, kan voor de subsectoren residentieel, land-en tuinbouw en tertiair ook berekend worden welk percentage kan ingevuld worden door middel van het dakpotentieel. Voor de sector industrie kan dit niet omdat het verbruik, berekend in de CO₂ nulmeting, het volledige grondgebied van de Stad Gent (inclusief het havengebied) omvat. Voor de sector openbare gebouwen omvat de CO₂ nulmeting enkel de gebouwen van Stad Gent, terwijl in de studie voor het hernieuwbaar energiepotentieel alle openbare gebouwen worden meegenomen. Uit Tabel 4.41 blijkt dat voor de subsector residentieel 20 – 30% van het elektriciteitsverbruik kan geleverd worden door optimaal georiënteerde PV panelen, terwijl via een combinatie van optimaal en minder optimaal georiënteerde panelen 31 – 40% van het elektriciteitsverbruik kan geleverd worden. Voor de tertiare sector kan ongeveer 8% van het elektriciteitsverbruik door middel van optimaal georiënteerde panelen en ongeveer 10% door middel van de combinatie van optimaal en minder optimaal georiënteerde panelen geleverd worden. Voor de sector land- en tuinbouw kan ongeveer 40% van het elektriciteitsverbruik door middel van optimaal georiënteerde panelen geleverd worden en ongeveer 58% door middel van de combinatie van optimaal en minder optimaal georiënteerde panelen.

Tabel 4.40 : Dakpotentieel voor de gebouwen in het studiegebied - gecombineerde systemen (zonthermisch + PV) en maximaal PV

| | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|-------------------|--------------------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | Zonthermisch (m ²) | Vermogen PV (kWp) | | Vermogen PV (kWp) | |
| | | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W |
| Residentieel | 445.600 | 136.343,5 | 85.736,5 | 192.353,0 | 83.894,0 |
| Industrie | 0 | 73.932,0 | 29.431,2 | 73.932,0 | 29.431,2 |
| Land- en tuinbouw | 0 | 9.062,0 | 5.227,0 | 9.062,0 | 5.227,0 |
| Tertiair | 18.050,0 | 71.816,5 | 24.643,5 | 74.074,3 | 24.643,5 |
| Openbare gebouwen | 0 | 5.614,5 | 1.917,3 | 5.614,5 | 1.917,3 |
| Totaal | 463.650 | 296.768,4 | 146.955,6 | 355.035,7 | 145.113,1 |

| | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------|--------------------|----------------|--------------|
| | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | PV | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | PV |
| Residentieel | 92.833.333,3 | 115.891.935,4 | 58.300.815,4 | 163.500.010,4 | 57.047.915,4 |
| Industrie | 0,0 | 62.842.176,4 | 20.013.248,0 | 62.842.176,4 | 20.013.248,0 |
| Land- en tuinbouw | 0,0 | 7.702.700,0 | 3.554.360,0 | 7.702.700,0 | 3.554.360,0 |
| Tertiair | 3.760.416,7 | 61.044.053,1 | 16.757.585,3 | 62.963.140,6 | 16.757.585,3 |
| Openbare gebouwen | 0,0 | 4.772.309,5 | 1.303.791,4 | 4.772.309,5 | 1.303.791,4 |
| Totaal | 96.593.750,0 | 252.253.174,3 | 99.929.800,2 | 301.780.336,8 | 98.676.900,2 |

| | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------|
| | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | PV | Oriëntatie ZO/Z/ZW | Oriëntatie O/W | PV |
| Residentieel | 334.200,0 | 417.211,0 | 209.882,9 | 588.600,0 | 205.372,5 |
| Industrie | 0,0 | 226.231,8 | 72.047,7 | 226.231,8 | 72.047,7 |
| Land- en tuinbouw | 0,0 | 27.729,7 | 12.795,7 | 27.729,7 | 12.795,7 |
| Tertiair | 13.537,5 | 219.758,6 | 60.327,3 | 226.667,3 | 60.327,3 |
| Openbare gebouwen | 0,0 | 17.180,3 | 4.693,6 | 17.180,3 | 4.693,6 |
| Totaal | 347.737,5 | 908.111,4 | 359.747,3 | 1.086.409,2 | 355.236,8 |

Tabel 4.41 : Percentage van het elektriciteitsverbruik in de subsectoren residentieel, tertiair en land- en tuinbouw invulbaar door PV in deze subsectoren voor gemengde systemen (zonthermisch + PV) en het maximum PV scenario

| | Percentage elektriciteitsverbruik leverbaar door PV | | | | | |
|-------------------|---|------|--------|------------|------|--------|
| | Gemengd systeem | | | Maximum PV | | |
| | ZO/Z/ZW | O/W | Totaal | ZO/Z/ZW | O/W | Totaal |
| Residentieel | 20,9 | 10,5 | 31,4 | 29,5 | 10,3 | 39,8 |
| Tertiair | 8,0 | 2,2 | 10,2 | 8,2 | 2,2 | 10,4 |
| Land- en tuinbouw | 39,7 | 18,3 | 58,0 | 39,7 | 18,3 | 58,0 |

De resultaten per subsector worden weergegeven in de kaartenbundel in bijlage:

- Kaart 1 : Totale dakoppervlakte (m²) op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 2 : Totaal potentieel oppervlakte zonthermische panelen (m²) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 3 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW_p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 4 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 5 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW_p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 6 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 7 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen en optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 8 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen, optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 9 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 10 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – alle subsectoren
- Kaart 11 : Totale dakoppervlakte (m²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 12 : Totaal potentieel oppervlakte zonthermische panelen (m²) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 13 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW_p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 14 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 15 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW_p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 16 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 17 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen en optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 18 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen, optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 19 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 20 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'residentieel'
- Kaart 21 : Totale dakoppervlakte (m²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'industrie'
- Kaart 22 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW_p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'industrie'
- Kaart 23 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'industrie'
- Kaart 24 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'industrie'
- Kaart 25 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'industrie'
- Kaart 26 : Totale dakoppervlakte (m²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'landbouw'
- Kaart 27 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen (kW_p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'landbouw'
- Kaart 28 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'landbouw'
- Kaart 29 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) optimaal georiënteerde (ZO/Z/ZW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector 'landbouw'

Kaart 30 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘landbouw’

Kaart 31 : Totale dakoppervlakte (m²) op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 32 : Totaal potentieel oppervlakte zonthermische panelen (m²) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 33 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) PV panelen (kW_p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 34 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 35 : Totaal potentieel optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) PV panelen (kW_p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 36 : Totaal potentieel niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen (kW_p) voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 37 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen en optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 38 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van zonthermische panelen, optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het gemengd scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 39 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Kaart 40 : Potentiële energieopbrengst (kWh/jaar) van optimaal georiënteerde (ZO/Z/W) en niet optimaal georiënteerde (OW) PV panelen voor het maximum PV scenario op wijkniveau in het studiegebied – subsector ‘tertiair’

Voor de subsector ‘openbare gebouwen’ is er geen onderscheid tussen de verschillende wijken en is het opmaken van kaarten weinig zinvol.

4.2.3 Vergelijking met de resultaten van de HE-scan van ODE Vlaanderen

De HE-scan van ODE Vlaanderen laat eveneens toe om een inschatting te maken van het gebouwgebonden potentieel voor verschillende deelgroepen. Op basis van de resultaten van de analyse van het detailgebied en het extrapolatiegebied, kan een inschatting worden gemaakt van het dakpotentieel op basis van de methodiek van ODE Vlaanderen. Hiervoor werd volgende input gehanteerd:

- Woningen: 92.338 bestaande woningen (eengezinswoningen in het studiegebied, Tabel 4.24)
- Openbare gebouwen: 239.928 m² dakoppervlak (Overige openbare gebouwen – bestaand)
- Vrije tijd: 252.524 m² dakoppervlak (Sportinfrastructuur – bestaand)
- Onderwijs: 885067 m² dakoppervlak (Basisscholen – bestaand)
- Zorg: 387.651 m² dakoppervlak (Ziekenhuizen – bestaand)
- Kantoren: 4.600.461 m² dakoppervlak (= Tertiair + Industrie & KMO) (Kantoren – bestaand)
- Land- en tuinbouw: 272.528 m² dakoppervlak (Landbouwbedrijven – bestaand)

De vergelijking met de resultaten van de gedetailleerde analyse uit deze studie wordt in Tabel 4.42 weergegeven. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de resultaten voor de gemengde systemen (zonthermisch + PV). Uit de resultaten in deze tabel blijkt dat:

- Het zonthermisch potentieel voor woningen zeer goed overeenkomt.
- Voor alle categorieën een veel hoger PV potentieel wordt bekomen door middel van de HE scan dan door middel van de gedetailleerdere aanpak in deze studie.

Tabel 4.42 : Vergelijking tussen het dakgebonden potentieel berekend door middel van de HE scan van ODE Vlaanderen en berekend volgens de methode in deze studie

| | HE scan | | Deze studie | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|---------------|
| | Zonthermisch (GJ/jaar) | PV (GJ/jaar) | Zonthermisch (GJ/jaar) | PV (GJ/jaar) | |
| | | | | Optimaal | Niet Optimaal |
| Woningen | 269.920 | 664.855 | 267.090 | 343.395 | 183.702 |
| Industrie & KMO + Tertiair | | 920.092 | | 250.841 | 70.828 |
| Land- en tuinbouw | 1.116 | 81.775 | | 27.730 | 12.796 |
| Onderwijs | | 177.013 | | 65.757 | 20.852 |
| Openbaar | | 47.986 | | 17.180 | 4.694 |
| Vrije tijd | | 50.505 | 5.850 | 14.371 | 7.261 |
| Zorg | | 77.530 | 7.688 | 23.665 | 2.764 |
| Totaal | 271.036 | 2.019.756 | 280.628 | 742.940 | 302.896 |

4.3 Kosten-baten analyse

4.3.1 Kengetallen

Met het oog op het bepalen van het 'economisch' potentieel en het uitvoeren van een kosten-baten analyse is nood aan een aantal kengetallen. Sommige van deze kengetallen zijn algemeen voor alle vormen van hernieuwbare energie terwijl andere specifiek zijn voor een specifieke technologie.

4.3.1.1 Algemene kengetallen

Algemene kengetallen hebben betrekking op gemiddelde energieverbruiken, gemiddelde kostprijs van energie en specifieke emissies van klassieke elektriciteitsproductie op basis van fossiele brandstoffen en via kerncentrales.

De gemiddelde elektriciteits- en gasprijs voor huishoudens wordt bekomen door het gemiddelde voor België te nemen over de periode 2007 – 2010 op basis van gegevens gerapporteerd aan Eurostat en deze te verhogen met 21% BTW. De gemiddelde elektriciteitsprijs voor huishoudens bedraagt 0,1752 €/kWh en de gemiddelde gasprijs voor huishoudens 0,6575 €/m³.

De gemiddelde elektriciteits- en gasprijs voor bedrijven wordt bekomen door het gemiddelde voor België te nemen over de periode 2007 – 2010 op basis van gegevens gerapporteerd aan Eurostat. De gemiddelde elektriciteitsprijs voor bedrijven bedraagt 0,0943 €/kWh en de gemiddelde gasprijs voor bedrijven 0,3554 €/m³.

Het gemiddeld elektriciteitsverbruik per huishouden wordt bekomen op basis van de gegevens van het residentieel elektriciteitsverbruik voor 2007 uit de CO₂ nulmeting (553,97 GWh) en het aantal gezinnen in Gent in 2007 (116.388). Dit leidt tot een gemiddeld elektriciteitsverbruik van 4.760 kWh/gezin.jaar.

De IPCC emissiefactor voor aardgas bedraagt 55,82 kg/GJ_{ovw}. Rekening houdend met een energie-inhoud van 0,042 GJ_{bww}/m³_{aardgas} en een vermenigvuldigingsfactor van 0,903 voor omrekening van onderste naar bovenste verbrandingswaarde, wordt per m³ aardgasverbruik 2,1172 kg CO₂ uitgestoten.

In 2009 werd door de klassieke elektriciteitsproductie op basis van fossiele brandstoffen in Vlaanderen 10,09 kton NO_x; 3,428 kton SO₂, 77,1 ton PM2.5 en 392,2 ton NMVOC uitgestoten (VMM, 2010). In 2009 werd

55.083 GWh elektriciteit op basis van nucleaire en klassieke fossiele centrales (inclusief WKK en STEG) geproduceerd. De specifieke emissies van het elektriciteitsverbruik belopen aldus 0,1832 g NO_x/kWh; 0,0622 g SO₂/kWh; 0,0000014 g PM_{2.5}/kWh en 0,007028 g NMVOS/kWh. Voor de specifieke emissie van CO₂ werd de waarde van 276 g/kWh uit de CO₂ nulmeting gehanteerd.

Het BTW tarief voor bestaande woningen ouder dan 5 jaar bedraagt 6%. Voor jongere woningen is dit 21%.

4.3.2 Kengetallen PV

4.3.2.1 Huishoudelijke systemen

Op basis van de gegevens van de website www.energiesparen.be bedraagt de investeringskost voor een photovoltaïsche installatie op basis van kristallijn silicium 3.500 €/kW_p, excl. BTW.

In het kader van de herberekening van de onrendabele top van hernieuwbare energieproductie werden door VITO in 2010 25 prijsoffertes voor de installatie van een systeem van 5 kW_p op een hellend dak opgevraagd. Voor 24 van de 25 systemen bedroeg de investeringskost tussen 2.800 en 3.640 €/kW_p met een gemiddelde van 3.250 €/kW_p. Bij één systeem bedroeg de investeringskost 4.630 €/kW_p. Alle prijzen zijn exclusief BTW.

In het kader van een groepsaankoop biedt een leverancier drie types panelen aan:

- polykristallijn silicium met een vermogen van 200 W_p per paneel;
- monokristallijn silicium met een vermogen van 180 W_p per paneel;
- monokristallijn silicium voor inbouw met een vermogen van 180 W_p per paneel.

De prijzen per kW_p, inclusief normale plaatsing en invertor maar exclusief BTW zijn afhankelijk van het type paneel en het totaal geïnstalleerde vermogen. Voor installatie op een dak met leien, op een plat dak of aan een gevel wordt een meerprijs van 100 €/kW_p (excl. BTW) aangerekend.

| €/kWp | 200 Wp polykristallijn | 180 Wp monokristallijn | 180 Wp monokristallijn inbouw |
|-------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 1 - 1,9 kWp | 3.250 | 3.300 | 3.500 |
| 2 - 3,9 kWp | 3.150 | 3.200 | 3.400 |
| 4 - 6,9 kWp | 3.050 | 3.100 | 3.300 |
| 7 - 12 kWp | 2.950 | 3.000 | 3.200 |

Een andere aanbieder voor groepsaankoop citeert prijzen tussen 2.700 en 2.800 €/kW_p voor een niet nader gespecificeerd type zonnepanelen. Deze prijs is waarschijnlijk inclusief invertor en normale plaatsing en is exclusief BTW. Er wordt aangegeven dat het prijsvoordeel t.o.v. individuele aankoop 5 – 10% bedraagt.

Een coöperatieve biedt zijn leden eveneens zonnepanelen, inclusief invertor en plaatsing op een hellend dak met dakpannen, aan aan een prijs die 11% lager is dan bij individuele aankoop. De eenheidsprijzen (excl. BTW) belopen:

- 2.521 €/kW_p voor een systeem van 2,88 kW_p;

- 2.452 €/kW_p voor een systeem van 3,60 kW_p;
- 2.373 €/kW_p voor een systeem van 4,32 kW_p.

Voor een systeem op basis van buizen (Solyndra) dateren de recentst beschikbare gegevens uit 2009. De investeringskost voor een installatie van 1,638 kW_p, inclusief plaatsing en invertor maar exclusief BTW, bedroeg toen 4.920 €/kW_p.

In Vlaanderen wordt uitgegaan van een opbrengst van 850 kWh/kW_p.jaar voor dakgemonteerde systemen met optimale oriëntatie (zuid).

4.3.2.2 Industriële systemen

In het kader van de herberekening van de onrendabele top van hernieuwbare energieproductie werd door VITO uitgegaan van volgende investeringskosten, inclusief plaatsing en invertor maar exclusief BTW:

- 3.000 €/kW_p voor een systeem van 50 kW_p;
- 2.890 €/kW_p voor een systeem van 250 kW_p;
- 2.614 €/kW_p voor een systeem van 750 kW_p;
- 2.200 €/kW_p voor een systeem van 1500 kW_p.

4.3.3 Zonthermische systemen

Op basis van de gegevens van de website www.energiesparen.be bedraagt de investeringskost voor een zonneboiler voor een gezin van 4 personen 4.250 € (incl. 6% BW) en belopen de plaatsingskosten 800 €.

Duo systeem: In één boiler wordt het water onderaan door de zon opgewarmd en, bij onvoldoende zonlicht, bovenaan verder op de gewenste temperatuur gebracht door een CV-ketel – voornamelijk toepasbaar bij nieuwbouw of grondige renovatie van het sanitair warm water systeem:

- Systeem voor 2 – 5 personen - 4 m² collector – 200 liter opslagvat: 6.300 € excl. BTW
- Systeem voor 5 – 7 personen – 5 m² collector – 300 liter opslagvat: 7.830 € excl. BTW

Mono systeem: Plaatsen van een Mono-opslagvat, waarin het sanitair water zal worden (voor) verwarmd door de zon. Het naverwarmingstoestel: een klassieke door cv indirect gestookte boiler, elektrische boiler, gasboiler of thermisch modulerend doorstroomtoestel, zal zorgen voor de naverwarming – voornamelijk voor bestaande woningen zonder grondige renovatie van het sanitair warm water systeem:

- Systeem voor 2 – 5 personen - 2,5 m² collector – 120 liter opslagvat: 4.810 € excl. BTW
- Systeem voor 3 – 5 personen – 4 m² collector – 190 liter opslagvat: 5.420 € excl. BTW
- Systeem voor 5 – 7 personen – 5 m² collector – 250 liter opslagvat: 6.460 € excl. BTW

4.3.4 Kleinschalige windenergie

In het kader van de herberekeningen van de onrendabele top van hernieuwbare energieproductie werd door VITO uitgegaan van gegevens:

- Gemiddelde windturbine met een vermogen van 5 kW_e:

- Investeringskost: 8.978 €/kW_e;
- 354 vollasturen/jaar.
- Skystream windturbine van 2 kW_e:
 - Investeringskost: 5.968 €/kW_e;
 - 1172 vollasturen/jaar.

Op www.enerpedia.be zijn investeringskosten en opbrengsten van 2 kleinschalige windturbines ter beschikking:

- Proven 6 (15 m masthoogte; 5,5 m rotordiameter; 6 kW_e):
 - Investeringskost: 30.453 € (5.075 €/kW_e) in 2008;
 - Opbrengst: 1.389 kWh/jaar (231,5 vollasturen/jaar) bij een gemiddelde windsnelheid van 3,6 m/s op 10 m hoogte.
- Fortis Montana (24 m masthoogte; 5 m rotordiameter; 5,8 kW_e):
 - Investeringskost: 25.040 € (4.317 €/kW_e) in 2008;
 - Opbrengst: 571,2 kWh/jaar (98,5 vollasturen/jaar) bij een gemiddelde windsnelheid van 3,6 m/s op 10 m hoogte.

In de studie 'Windmakers' (3E, 2010) werden modelberekeningen van de opbrengst van 3 verschillende types windturbines op 4 verschillende locaties in Vlaanderen doorgevoerd. Dit levert volgende resultaten:

- Ampair 600 (10 m masthoogte; 5,5 m rotordiameter; 6 kW_e):
 - Investeringskost: 15.130 € (2.522 €/kW_e);
 - 867 (699 – 1.001) vollasturen/jaar op basis van modelberekeningen.
- Gaia Wind 133 (15 m masthoogte; 13 m rotordiameter; 15 kW_e):
 - Investeringskost: 47.000 € (3.133 €/kW_e);
 - 1.281 (1.050 – 1.476) vollasturen/jaar op basis van modelberekeningen.
- Proven 35 (15 m masthoogte; 9,6 m rotordiameter; 12,68 kW_e):
 - Investeringskost: 59.112 € (4.662 €/kW_e);
 - 1.263 (1.031 – 1.462) vollasturen/jaar op basis van modelberekeningen.

4.3.5 Methodiekb beschrijving rekenmodel kosten-baten analyse dakpotentieel

4.3.5.1 (maatschappelijke) Kosten en Baten

Voor de dakgebonden technieken zijn zowel de financiële als de maatschappelijke kosten en baten in kaart gebracht. De financiële kosten en baten zijn in dit verband de zuiver financiële geldstromen. Dat wil zeggen de kosten en baten in harde euro's. De maatschappelijke kosten en baten omvatten daarentegen ook effecten die niet direct in financiële termen tot opbrengsten voor de eindgebruiker leiden.

We merken op dat we alleen de maatschappelijke baten van vermeden emissies (CO₂, NO_x, SO₂, VOS en PM) hebben opgenomen in de maatschappelijke kosten baten analyse. Voor andere positieve maat-

schappelijke effecten die samenhangen met duurzame HE opwekking, zoals een verminderde energieafhankelijkheid, zijn geen schaduwrijzen bekend. Deze baten zijn daarom niet opgenomen in de analyse. Het berekende maatschappelijke monetaire resultaat is daarom een onderschatting van de werkelijke maatschappelijke baten. Dit moet in het achterhoofd worden gehouden bij de interpretatie van de resultaten. Bij deze methodiekbeschrijving gaan we achtereenvolgens in op de bepaling van de kosten, de financiële opbrengsten en de maatschappelijke opbrengsten van de daktechnieken.

4.3.5.2 Kosten

De kosten voor de daktechnieken zijn enkel bepaald op basis van de investeringskosten van de technieken. De onderhoudskosten voor de duurzame daktechnieken zijn namelijk verwaarloosbaar. Door de investeringskosten per vermogens eenheid of eenheid dakoppervlakte te vermenigvuldigen met het potentieel, zijn de totale investeringskosten voor het potentieel in Gent verkregen (zie 4.2). Volgende defaultwaarden voor de investeringskosten in daktechnieken werden in het model ingegeven:

- Zonneboilers (€ /m² systeem) 1.575,00
- PV-installaties huishoudelijk (€/KW_p) 3.250,00
- PV -installaties bedrijven (€/KW_p) 1.627,50
- Wind kleinschalig (€/KW_e) 8.978,00

In het rekenmodel kunnen deze waarden worden aangepast, mochten deze in de loop der tijd veranderen.

4.3.5.3 Financiële opbrengsten

De financiële opbrengsten zijn berekend op basis van uitgespaard elektriciteitsverbruik (zonnepanelen, wind), uitgespaard gasverbruik (boilers), of gas- en elektriciteitsverbruik (gemengde systemen). De jaarlijkse energieopbrengsten zijn vermenigvuldigd met de gemiddelde Belgische elektriciteits- en gasprijzen voor respectievelijk bedrijven en huishoudens voor het jaar 2007-2010. Volgende defaultwaarden werden in het model opgenomen:

- Elektriciteitsprijs huishoudens 2009 incl. BTW (€/kWh) 0,1752
- Elektriciteitsprijs bedrijven (€/kWh) 0,0943
- Gasprijs huishoudens 2009 inc BTW (€/m³) 0,6575
- Gemiddelde gasprijs bedrijven 2009 (€/m³) 0,3554

Om de jaarlijkse opbrengsten vergelijkbaar te maken met de eenmalige investeringskosten, zijn deze opgeteld en contant gemaakt. Dit houdt in dat de jaarlijkse opbrengsten zijn teruggerekend naar hetzelfde basisjaar met behulp van een discontovoet. Dit gebeurt omdat in de regel aan toekomstige bedragen een lager gewicht wordt toegekend dan aan huidige bedragen¹. Als defaultwaarde wordt in het model een

¹ Hierbij speelt mee dat een toekomstig bedrag nu ook nuttig kan worden besteed. Ook zijn toekomstige bedragen onzekerder. De gebruiksmogelijkheden en de onzekerheid zijn in de discontovoet verwerkt.

discontovoet gehanteerd van 5%. De levensduur van de technieken is gesteld op 20 jaar. Ook hiervoor geldt dat met beide parameters kan worden gevarieerd in het model.

4.3.5.4 Maatschappelijke opbrengsten

Naast financiële opbrengsten zijn er ook maatschappelijke opbrengsten gemoeid met de daktechnieken. Deze opbrengsten komen niet tot uiting in de financiële analyse, maar zijn wel relevant vanuit maatschappelijk perspectief. Om de maatschappelijke opbrengsten toch mee te nemen in de economische analyse, zijn deze berekend en opgeteld bij de financiële opbrengsten.

De maatschappelijke opbrengsten zijn berekend door de jaarlijkse uitgespaarde elektriciteitsemissies en emissies van gasverbruik te vermenigvuldigen met de schaduw prijzen voor de emissies. Hierbij geldt dat:

- De jaarlijkse uitgespaarde CO₂ emissies zijn gebaseerd op de gemiddelde CO₂ emissiefactor van het elektriciteitsverbruik voor Stad Gent voor de komende 20 jaar (nulmeting).
- De overige uitgespaarde brandstofemissies (NO_x, SO₂, PM, VOS) zijn gebaseerd de gemiddelde emissiefactor voor Vlaanderen voor de komende 20 jaar².
- De uitgespaarde emissies voor gasverbruik zijn gebaseerd op de gemiddelde emissiefactoren voor aardgas.
- De gehanteerde schaduw prijzen zijn afkomstig van Vito³. In deze studie zijn de externe kosten bepaald van de huidige en toekomstige elektriciteitsproductie in België. In het rekenmodel is uitgegaan van gemiddelde waarden voor de komende 20 jaar.

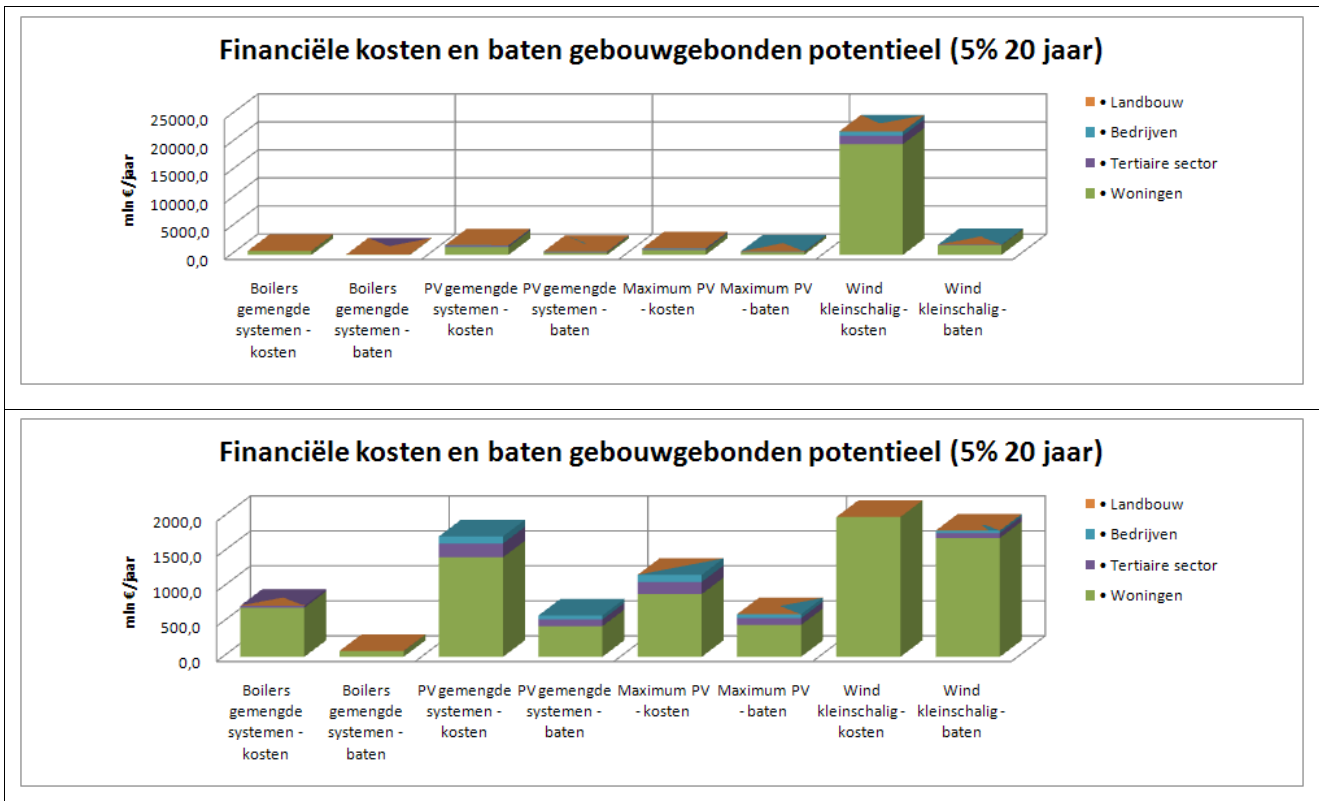
4.3.5.5 Resultaten

Uit de resultaten blijkt dat zowel de financiële (Figuur 4.14) als de maatschappelijke baten (Figuur 4.15) kleiner zijn dan de kosten. Op zich is dit resultaat niet verrassend, omdat duurzame daktechnieken momenteel zonder subsidies nog relatief prijzig zijn. Op basis van dit resultaat zou geconcludeerd kunnen worden dat het zowel financieel als maatschappelijke gezien niet lonend zou zijn om duurzame daktechnieken te stimuleren. Belangrijke kanttekeningen hierbij zijn:

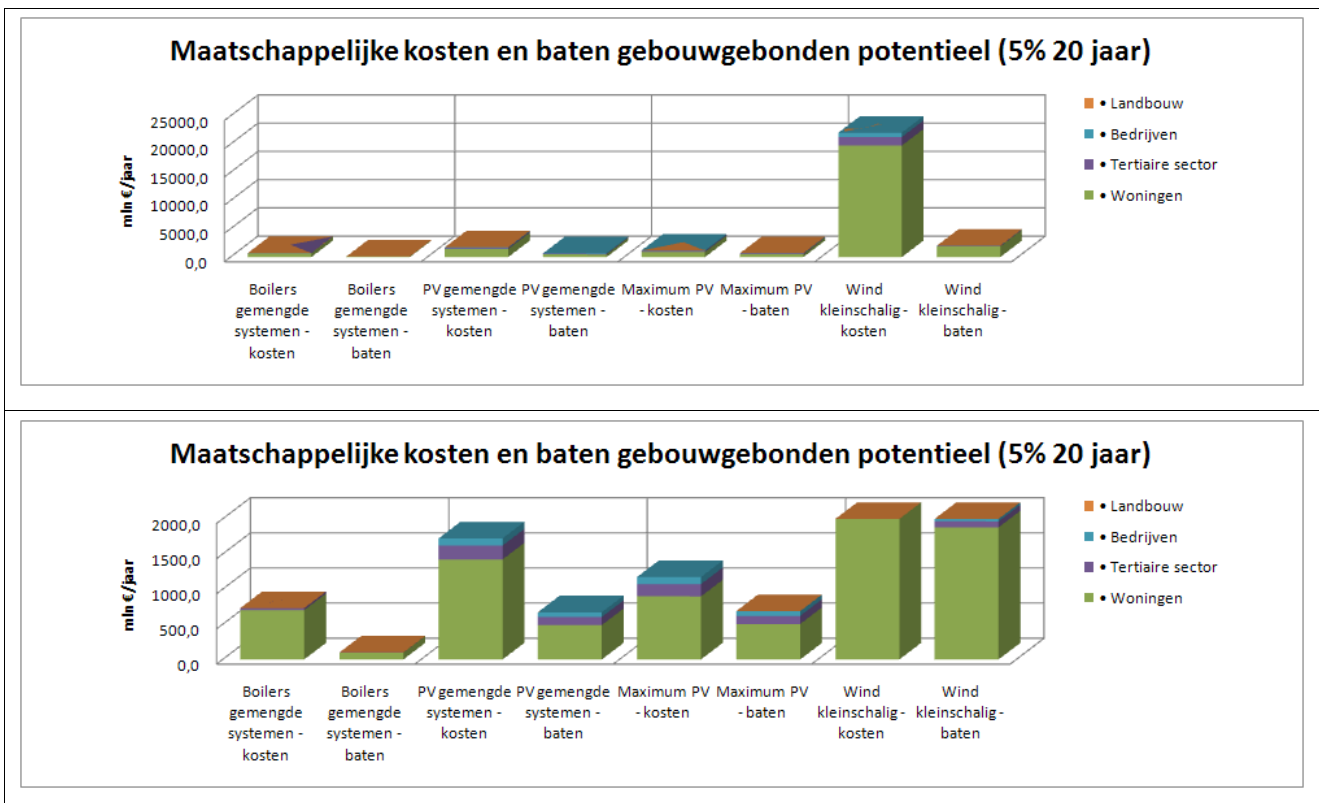
- Niet alle baten zijn in monetaire termen uit te drukken, zoals verminderde energie afhankelijkheid. Het monetaire resultaat is daarom een onderschatting van het daadwerkelijke maatschappelijke resultaat;
- Bij duurzame maatregelen in de bebouwde omgeving wordt, in tegenstelling tot bijvoorbeeld grootschalige maatregelen in de industrie, de internationale concurrentiepositie van de Vlaamse industrie niet aangetast. Daarom kan het toch lonend zijn om op relatief dure maatregelen in te zetten.
- Verwacht wordt dat de prijzen van duurzame technieken in de toekomst (sterk) zullen dalen. Het kan daarom nuttig zijn om nu al proactief in te spelen op deze ontwikkelingen en duurzame daktechnieken te stimuleren.

² Bron: email dhr Lodewijks, VITO. Berekening is uitgevoerd voor de MIRA-S studie en gebaseerd op het Europa bis scenario.

³ Schadekosten en inschatting aandeel externe kosten. Onderzoeksrapport MIRA/2011/02, maart 2011.



Figuur 4.14 : Financiële kosten en baten van dakgebonden technieken in het studiegebied – weergegeven op verschillende schalen



Figuur 4.15 : Maatschappelijke kosten en baten van dakgebonden technieken in het studiegebied – weergegeven op verschillende schalen

4.4 Besluit

In het studiegebied kan het primair energieverbruik van 10.294 gezinnen (8,9% van het aantal gezinnen in 2010) door gemengde systemen (combinatie zonthermisch voor sanitair warm water en PV), die optimaal georiënteerd (ZO / Z / ZW) zijn, met hernieuwbare energie worden afgedekt. Installatie van minder optimaal georiënteerde PV panelen kan bijkomend het primair energieverbruik van 2.949 gezinnen afdekken, zodat in totaal 11,4% van de gezinnen in Gent van hernieuwbare energie kan worden voorzien.

Wanneer maximaal PV systemen worden geïnstalleerd, kunnen de optimaal georiënteerde systemen in het studiegebied 8.905 gezinnen (7,7% van het aantal gezinnen in 2010) van hernieuwbare energie voorzien. Aanboren van het potentieel van minder optimaal georiënteerde dakvlakken kan bijkomend het primair energieverbruik van 2.912 gezinnen afdekken, zodat in totaal 10,2% van de gezinnen in Gent van hernieuwbare energie kan worden voorzien.

5 Analyse potentieel biomassa

5.1 Bestaande situatie

Op het grondgebied van Stad Gent wordt al een belangrijke hoeveelheid hernieuwbare energie (elektriciteit en warmte) gewonnen uit biomassa. De meest grootschalige toepassingen situeren zich in het havengebied, dat geen deel uitmaakt van het studiegebied:

- gebruik van biomassa in de centrale van Rodenhuize;
- gebruik van biomassa bij Stora Enso.

Binnen het studiegebied situeren zich volgende eenheden:

- valorisatie van biogas op de RWZI ;
- valorisatie van de biomassafractie van huishoudelijk afval in de huisvuilverbrandingsinstallatie;
- een micro-WKK op koolzaadolie.

5.2 Bepaling potentieel

Voor de bepaling van het bijkomende potentieel voor biomassa wordt gekeken naar stromen, die op het grondgebied van Stad Gent vrijkomen en ook lokaal kunnen gevaloriseerd worden:

- selectief ingezameld groenafval en GFT;
- dierlijke mest.

Selectief ingezameld groenafval en GFT wordt momenteel voornamelijk gecomposteerd. Door deze stromen anaëroob te vergisten, kan biogas gewonnen worden dat op zijn beurt in een gasmotor kan omgezet worden in hernieuwbare elektriciteit en warmte. Op basis van de gegevens van IVAGO werd in 2010 9.353 ton GFT en 12.352 ton groenafval selectief ingezameld. Volgens de studie 'Hernieuwbare warmte uit biomassa in Vlaanderen' (VITO, 2004) kan per ton GFT of groenafval via covergisting 150 m³ biogas met een calorische waarde van 21,5 MJ/m³ gewonnen worden. Bij valorisatie in een gasmotor kan hieruit elektriciteit en warmte geproduceerd worden met een rendement van respectievelijk 35 en 45%. Dit leidt tot volgend potentieel voor hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van GFT en groenafval (Tabel 5.1).

Tabel 5.1 : Potentieel voor productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van GFT en groenafval

| | Hoeveelheid | Hoeveelheid | Hernieuwbare energie | |
|------------|-------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| | ton/jaar | biogas MJ/jaar | Elektriciteit kWh/jaar | Warmte kWh/jaar |
| GFT | 9.353 | 30.163.425 | 2.932.555 | 3.770.428 |
| Groenafval | 12.352 | 39.835.200 | 3.872.867 | 4.979.400 |
| Totaal | 21.705 | 69.998.625 | 6.805.422 | 8.749.828 |

Voor de opwekking van hernieuwbare energie uit dierlijke mest komen voornamelijk deze stromen in aanmerking waarvoor de grondgebonden afzetmogelijkheden onvoldoende zijn en een mestoverschot bestaat. Dit betekent dat voornamelijk dat mest afkomstig van intensieve veeteelt (varkensdrijfmest en pluimveemest) voor mestverwerking en opwekking van hernieuwbare energie in aanmerking komt. Het kweken van runderen is meestal een grondgebonden activiteit waarbij geen mestoverschotten ontstaan. Rundermest, met uitzondering van kalvergier, komt dus minder in aanmerking voor de productie van hernieuwbare energie door covergisting.

Het aantal dieren op het grondgebied van de Stad Gent werd bekomen uit de gemeentestatistieken van de VLM (data 2009). Voor de mestproductie werd uitgegaan van het gemiddelde van de mestproductiecijfers per dierplaats volgens het Centrum Landbouweconomie, de mestproductie per dierplaats volgens literatuurgegevens en het P₂O₅-gehalte in de mest ('Hernieuwbare warmte uit biomassa in Vlaanderen' (VITO, 2004)). Per ton varkensdrijfmest en kalvergier kan via covergisting 20 m³ biogas met een calorische waarde van 21,5 MJ/m³ gewonnen worden. Covergisting van een ton pluimveemest levert 70 m³ biogas met een calorische waarde van 21,5 MJ/m³ op. Bij valorisatie in een gasmotor kan hieruit elektriciteit en warmte geproduceerd worden met een rendement van 35% voor elke energievectoor. Dit leidt tot volgend potentieel voor hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van dierlijke mest (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 : Potentieel voor productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van dierlijke mest

| | Aantal dieren | Hoeveelheid mest ton/jaar | Hoeveelheid biogas MJ/jaar | Hernieuwbare energie | |
|-------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | | Elektriciteit kWh/jaar | Warmte kWh/jaar |
| Mestkalveren | 43 | 130,0 | 55.910,2 | 5.435,7 | 5.435,7 |
| Biggen 7 - 20 kg | 2.077 | 818,7 | 352.034,2 | 34.225,5 | 34.225,5 |
| Beren | 12 | 22,7 | 9.769,6 | 949,8 | 949,8 |
| Zeugen incl. big < 7 kg | 642 | 3.469,0 | 1.491.675,9 | 145.024,0 | 145.024,0 |
| Andere varkens > 110 kg | 71 | 130,2 | 55.971,7 | 5.441,7 | 5.441,7 |
| Andere varkens 2 fazig | 2.999 | 3.664,8 | 1.575.854,5 | 153.208,1 | 153.208,1 |
| Andere varkens 3 fazig | 1.473 | 1.800,0 | 774.002,6 | 75.250,3 | 75.250,3 |
| Legkip | 5.660 | 131,4 | 197.777,5 | 19.228,4 | 19.228,4 |
| Slachtkuikens | 37.660 | 433,5 | 652.419,9 | 63.429,7 | 63.429,7 |
| Totaal | | | 5.165.416,1 | 502.193,2 | 502.193,2 |

Het bijkomende potentieel voor opwekking van hernieuwbare energie uit biomassa (selectief ingezameld GFT en groenafval en dierlijke mest) bedraagt 7.307,6 MWh/jaar aan elektriciteit en 9.252,0 MWh/jaar aan warmte. Met dit potentieel kunnen 489 gezinnen (0,42% van het aantal gezinnen in 2010) hun primair energieverbruik door energie uit hernieuwbare bronnen dekken.

De HE scan van ODE Vlaanderen laat ook toe om een inschatting te maken van de potentiële opbrengst voor mest, GFT en groenafval. Door gebruik te maken van dezelfde gegevens als gehanteerd in deze studie, levert de HE scan van ODE een potentieel op dat twee maal hoger is dan hier ingeschat. Het

potentieel voor hernieuwbare energieproductie uit mest en groenafval wordt in de HE scan veel hoger geschat, terwijl het potentieel uit GFT veel lager wordt ingeschat (Tabel 5.3).

Tabel 5.3 : Vergelijking van de resultaten van de HE scan van ODE met deze studie voor het otenieel voor productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte uit de covergisting van dierlijke mest

| | HE scan ODE GJ/jaar | Deze studie GJ/jaar |
|--------|------------------------|------------------------|
| Mest | 48.077 | 3.616 |
| GFT | 5.051 | 24.131 |
| Groen | 87.349 | 31.868 |
| Totaal | 140.477 | 59.615 |

6 Analyse bodempotentieel

6.1 Methodologie

6.1.1 Koude-warmte opslag (KWO)

6.1.1.1 Algemeen

KWO is een techniek waarbij grondwater van en naar een koude en warme bel in een aquifer wordt gepompt om bodemenergie te winnen en op te slaan. Het energiepotentieel wordt bepaald door het temperatuurverschil tussen warme en koude bel en het toegepaste debiet. Het **pompdebiet** hangt af van de transmissiviteit van de watervoerende laag die op zijn beurt bepaald wordt door de dikte in combinatie met de hydraulische doorlatendheid. De beste mogelijkheden in Gent zitten in de onderste Quartaire zandlaag (KZ1) op een diepte van max. 20-25 m. Deze laag is goed ontwikkeld in de Gentse Kanaalzone en normaliter ook in de valleien van de Bovenschelde en de Leie. In de binnenstad van Gent kan de dikteontwikkeling tegenvallen door de aanwezigheid van een tertiaire opduiking (Kattenberg-Blandijnberg en verhoogd reliëf in omgeving). In de binnenstad zullen de debieten per definitie lager zijn. Ten zuiden van Gent en in de valleirichtingen (St.-Denijs-Westrem, Drongen, Zwijnaarde,...) is de kans op een goed ontwikkelde KZ meer dan behoorlijk maar zal nader onderzoek meestal nodig zijn om definitief uitsluitel te geven. Naast een voldoende te handhaven afstand tussen de oppomp-/infiltratiepunten van de koude en warme bel is de natuurlijke gradiënt van het grondwater bepalend voor de **handhaving van een temperatuurverschil**. In Gent doet het probleem van een steil verhang zich enkel voor in de binnenstad, maar gezien de vrij lage permeabiliteit van de Tertiaire lagen is dit waarschijnlijk slechts een marginaal probleem. Bij een slecht ontwikkelde of ontbrekende Quartaire zandlaag kunnen bepaalde zandhoudende Tertiaire formaties fungeren als watervoerende laag maar ook daar dringt nader onderzoek zich op, in functie van **diepte en dikte van de goede aquifergedeeltes (voldoende debiet)**.

6.1.1.2 Methodiek – formularium

6.1.1.2.1 Transmissiviteit

In eerste instantie wordt gebiedsdekkend de parameter **transmissiviteit** ingeschat, die een functie is van de **dikte** van de watervoerende laag en de **horizontale hydraulische geleidbaarheid**, volgens de formule :

$$T = Kh * D$$

Met :

- T = transmissiviteit (m²/dag)
- Kh = horizontale hydraulische geleidbaarheid (m/dag)
- D = dikte watervoerende laag (m)

Voor Gent werden daarvoor de volgende bronnen geraadpleegd :

- Vlaams Grondwatermodel, Vlaamse Milieumaatschappij
- Hydrogeologische Atlas van de Gentse Kanaalzone

- Diverse al dan niet interne studies (bodemsanering, geotechniek,...) waarbij pompproeven gebeurd zijn ter bepaling van de hydraulische parameters

De diktes van de watervoerende laag werden afgeleid uit de HCOV-databank van de VMM. Dit zijn XYZ-bestanden die de geometrie omvatten van de tussenlagen van de respectievelijke lithologische eenheden.

Concreet betekent dit voor de stad Gent de kartering van een 4-tal watervoerende lagen. Van onder naar boven zijn dit :

- Ieperiaan Aquifer (code HCOV – 0800)
- Ledo-Paniseliaan Aquifer (code HCOV - 0600)
- Onder-Oligoceen Aquifersysteem (code HCOV - 0600)
- Quartair aquifersysteem (code HCOV - 0600)

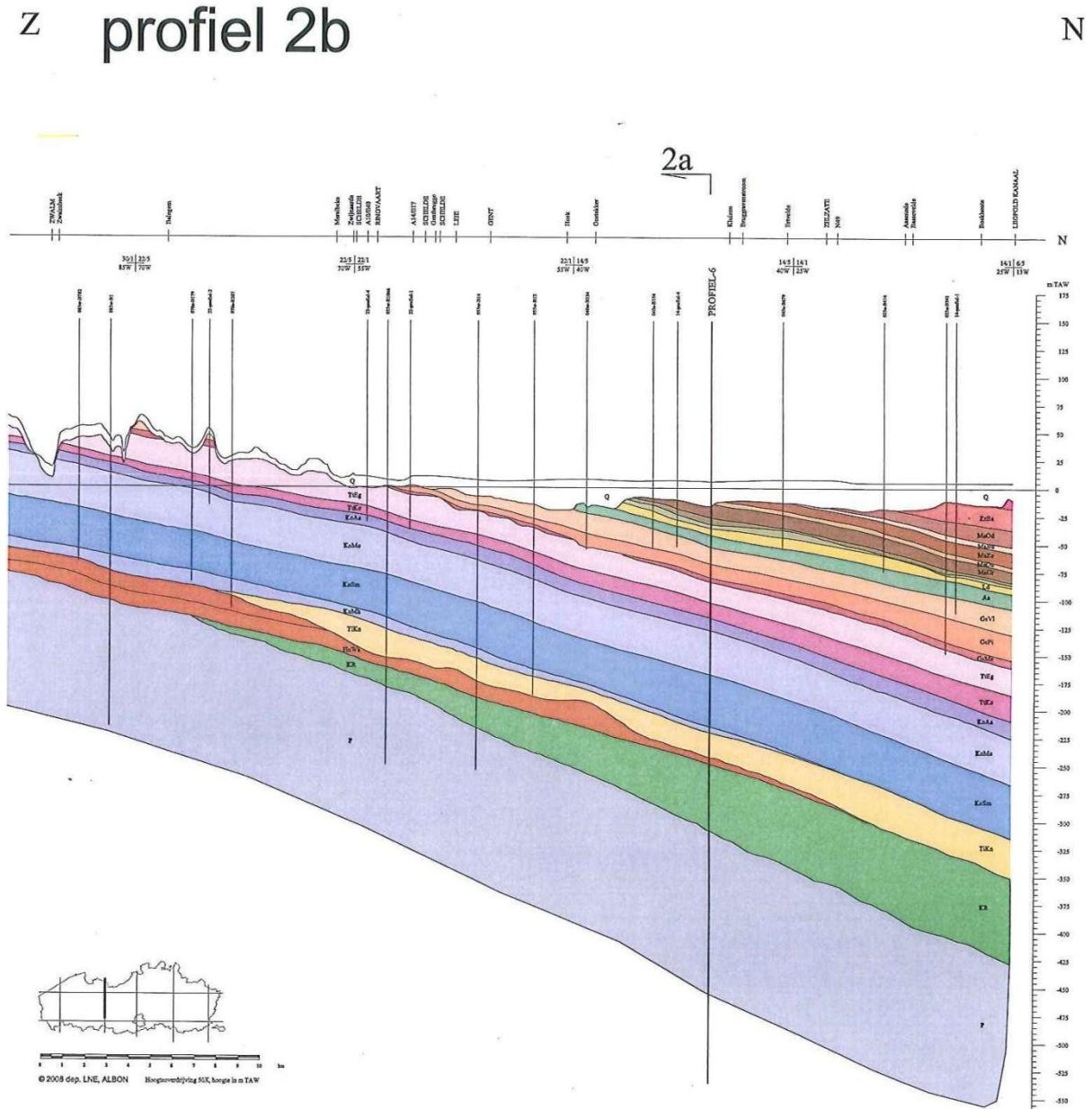
Voor het gedeelte ten noorden van Gent, dit is de Vlaamse Vallei, is het Quartair aquifersysteem opgesplitst in twee gedeelten wegens de aanwezigheid van een slecht doorlatende klei/leem laag. Concreet betekent dit als op een bepaalde lokatie de 4 watervoerende lagen aanwezig zijn het potentieel gebaseerd is op de sommatie van de transmissiviteit van alle lagen.

Als geologische basis van de watervoerende lagen, die aangewend kunnen worden voor KWO, werd de top genomen van de Formatie van Kortrijk ("Ieperiaanse klei"-aquitard – HCOV-code 0900).

Hoe dan ook is de maximale ondergrens voor KWO-systemen 150 m diepte. In het uiterste noorden van Gent valt deze diepte ongeveer samen met de geologische ondergrens die de top van de Ieperiaanse klei uitmaakt.

De schematisatie van de respectievelijke aquifersystemen is op een doorsnede van Gent weergegeven in Figuur 6.1. Op de figuur is duidelijk te zien dat de tertiaire lagen heel zacht hellen naar het NNO. Het bovenste Quartair Aquifersysteem (0100) ligt nagenoeg horizontaal in de noordelijke Vlaamse vallei.

Figuur 6.1 : Stad Gent – Overzicht aquifersystemen (HCOV)



6.1.1.2.2 Filterlengte en haalbaar debiet

Bij de plaatsing van verticale onttrekkingssystemen (pomputten) dient steeds voor ogen gehouden te worden dat bij het oppompen de waterspiegel niet snijdt met het filtersysteem. Dit leidt tot technische problemen, ondermeer snelle verstopping van de filter door voornamelijk ijzer- en/of mangaanoxyden, kalkneerslag, ...

Aangenomen wordt dat de waterspiegel of druklijn overal arbitrair maximaal 5 m mag zakken ter hoogte van de onttrekkingspunten. Zeker in het Quartier is dit belangrijk om effecten aan het maaiveld te vermijden (zetting, verdroging...).

De volgende formule (Edelman, 1973) kan dan gehanteerd worden om het optimale onttrekkingsdebiet te bepalen:

$$\varphi_0 = \varphi_1 - \frac{Q_0}{4 * \pi * T} * \left(\ln \frac{Q_0}{\pi * r_0^2 * n} - 1 \right)$$

Met :

- φ_0 = Grondwaterstijghoogte t.h.v. onttrekkingspunt (m)
- φ_1 = Niet beïnvloede grondwaterstijghoogte (m)
- Q_0 = Onttrekkingsdebiet (m³/dag)
- T = Transmissiviteit (m²/dag)
- r_0 = Straal pompput (m)
- n = Effectieve neerslag (m/dag)

6.1.1.2.3 Beschikbaar oppervlak – thermische straal

De afstand tussen een koude- en warmte bron dient minstens 3 maal de thermische straal te bedragen, dit is de straal van de cylinder waarin temperatuurseffecten optreden tengevolge van de koude en warmteopslag.

$$r_{th} = \frac{C_w \times Q}{C_a \times H \times \pi}$$

Met:

- r_{th} = Thermische straal van de opgeslagen koude of warmte [m]
- C_w = Warmtecapaciteit van water [J/m³.K]
- C_a = Warmtecapaciteit van het materiaal van de aquifer [J/m³.K]
- Q = Hoeveelheid van het verpompte en het geïnjecteerde water per seizoen [m³]
- H = Lengte van de filter [m]

Voor de waarden C_w en C_a werden respectievelijk 4.186.000 en 3.080.000 J/m³.K aangenomen (diverse bronnen).

6.1.1.2.4 Energiepotentieel – beschikbaar oppervlak

Het spreekt voor zich dat de berekening van een potentieel gekoppeld is aan een beschikbaar oppervlak. Naburige KWO-systemen mogen immers niet overlappen. Het energiepotentieel wordt als volgt berekend :

$$E_{pot} = Q * C_w * \Delta T$$

$$A_o = 18 * r_{th}$$

Met:

E_{pot} = energiepotentieel (J of Ws)

Q = debiet (m³/s)

C_w = warmtecapaciteit van water [J/m³.K]

ΔT = temperatuurverschil tussen warmte en koude bron (°C)

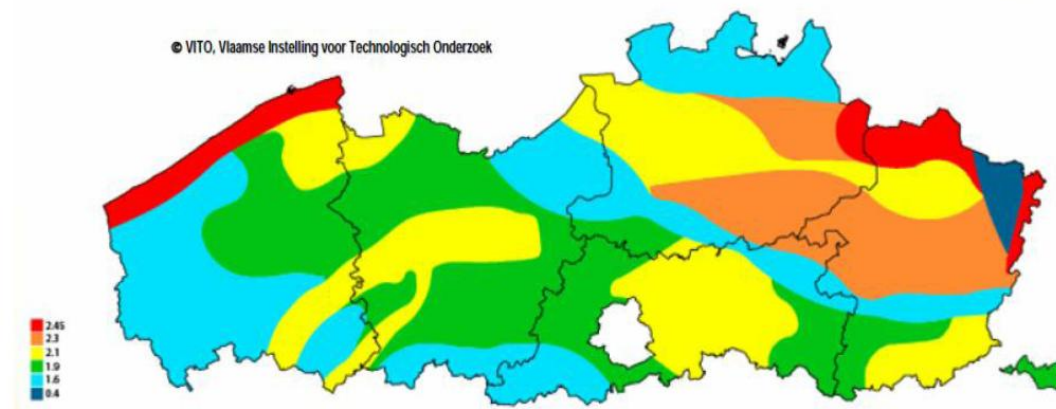
A_o = benodigd oppervlak voor KWO (m²)

r_{th} = thermische straal (m)

6.1.2 Boorgat energie-opslag (BEO)

6.1.2.1 Algemeen

BEO is een techniek waarbij vloeistof door gesloten bodem(U)lussen wordt geleid om warmte en koude aan de bodem te onttrekken. Als synoniem wordt ook de term bodemwarmtewisselaar gebruikt. De installatie van verticale warmtewisselingssystemen geschiedt bij voorkeur in waterverzadigde grondlagen waarbij zand een iets hogere voorkeur heeft op kleilagen, wegens een iets hogere warmtegeleidingscoëfficiënt.



Figuur 6.2: Thermische geleidbaarheid van de grond in Vlaanderen (bron: VITO)

Gezien de geringe differentiatie (1.9 → 2.1 W/m.K) voor de warmtegeleidingscoëfficiënt in de geologische lagen in en rond Gent (zie Figuur 6.2) is de hydrogeologische bouw te Gent heel wat minder kritisch ten aanzicht van het energiepotentieel voor BEO dan voor KWO-opslag.

6.1.2.2 Methodiek

Het potentieel installeerbaar vermogen wordt voornamelijk bepaald door de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bodem op de specifieke locatie en door de lengte van de verticale bodemlussen. Vanuit economisch oogpunt is de maximum diepte van de bodemlussen beperkt tot 150 m. Vanuit het oogpunt van bescherming van de dieperliggende waterlagen moeten de bodemlussen minimaal 5 tot 10 m boven de basis van de klei van de formatie van Kortrijk te blijven. Om een te snelle verspreiding van de opgeslagen warmte of koude te vermijden blijft de natuurlijke grondwatersnelheid bij voorkeur beperkt tot 5 cm/dag of 18 m/ jaar.

6.2 Kartering

6.2.1 KWO

Kaart 41 toont de kartering van de **transmissiviteit** over het Gents grondgebied. De grenswaarde van transmissiviteit, waarboven KWO zonder meer haalbaar is vanuit doorlatendheid en dikte van de watervoerende laag, bedraagt 150 m²/dag. Dit geldt dan voor een brondoublet met een debiet tussen 25 en 100 m³/uur en een gebouw met een bruto vloeroppervlak (bvo) van 20.000 m². De 150 m²-contour loopt grosso modo W-O ter hoogte van de Voorhaven. Tot de uiterste noordelijke stadsgrens gelden transmissiviteitswaarden hoger dan 150 m²/dag, op voorwaarde dat alle onderliggende aquifersystemen aangesloten worden.

Ten zuiden van de Voorhaven tot de NW-ZO as Watersportbaan-Ledeberg-Gentbrugge is de totale capaciteit matig geschikt (transmissiviteit tussen 70 en 140 m²/dag). Ten zuiden van deze as is de aquifer-capaciteit minder geschikt, met uitzondering van twee spots, geassocieerd met het Eilandje ter hoogte van de Schelde-tijarm op de grens met Merelbeke en in de vrij brede Leievallei die zich uitstrekt van Sint-Martens-Latem tot Vinderhoute. Hier is de capaciteit terug matig geschikt. Het centrale en zuidelijke gedeelte van Gent heeft een geringe aquifer-capaciteit en is enkel geschikt voor KWO-systemen voor gebouwen tot 5000 m² bvo.

De jaarlijkse **energie-opbrengsten** (Kaart 42) zijn vrijwel rechtstreeks gerelateerd aan de transmissiviteit. Voor het noordelijke gedeelte van Gent liggen de opbrengsten tussen 750.000 en 1.500.000 kWh/jaar. Tussen deze zone en de as Watersportbaan-Ledeberg-Gentbrugge is dit een stuk minder: 250.000 – 500.000 kWh/jaar. Deze waarden gelden ook voor de stukken Leie en Scheldevallei die binnen de stads-grenzen liggen. Het resterende centraal-zuidelijke deel van de stad is gekenmerkt door jaarlijkse energieopbrengsten kleiner dan 250.000 kWh.

Kaart 43 stelt de **benodigde oppervlakte** voor die per KWO-installatie in elke zone gehanteerd dient te worden, zonder risico op overlap met naburige systemen.

Kaart 41 : Overzicht Gent – Transmissiviteit (m²/dag)

Kaart 42 : Overzicht Gent – Energiepotentieel (kWh/jaar)

Kaart 43 : Overzicht Gent – Benodigde oppervlakte KWO (ha)

Op basis van de gegevens van Kaart 42 en Kaart 43 kan een inschatting worden gemaakt van het totale potentieel van de ondergrond van het studiegebied bij toepassing van KWO. Dit potentieel belooft maximum 1.232.695.000 kWh/jaar. Dit maximum potentieel zal nooit volledig kunnen ontsloten worden. Vooreerst is de berekening doorgevoerd abstractie makend van de omvang van de verschillende kadastrale percelen en van de warmte- en koelingsbehoefte van de gebouwen op deze percelen. Dit komt neer op de realisatie van een KWO op ieder kadastraal perceel, die het volledige volume onder het kadastraal perceel gebruikt zonder te overlappen met KWO- of BEO-toepassingen op naburige percelen en waarbij de warmte- en koude vraag van de gebouwen op het kadastraal perceel optimaal is afgestemd op de capaciteit van de onderliggende KWO. Dit maximum potentieel voor KWO mag ook niet worden samen geteld met het maximum potentieel voor BEO, zoals afgeleid onder 6.2.2. KWO- en BEO-toepassingen maken gebruik van dezelfde lagen en interageren bijgevolg met elkaar. Op éénzelfde locatie kan dus niet en KWO en BEO worden toegepast.

De waarde van de bepaling van het potentieel voor KWO zit bijgevolg niet in dit totale potentieel maar in de combinatie van de lagen met energiepotentieel en benodigde oppervlakte, zodat bij grootschalige nieuwbouw- of renovatieprojecten op een snelle manier kan nagegaan worden of het gebruik van KWO een te bekijken alternatief is.

6.2.2 BEO

Een meting in het kader van een haalbaarheidsstudie voor het UZ Gent resulteerde in een warmtegeleidingscoëfficiënt van 2,01 W/m.K voor de bodem. Bij een dergelijke coëfficiënt bedraagt het potentieel vermogen bij verticale systemen ca. 50 W/m. Bij een lengte van 100 m (= diepte U-lus) resulteert dit in een "geïnstalleerd" vermogen van 5 kW per lus, bij een lengte van 150 m in een geïnstalleerd vermogen van 7,5 kW per lus. Bij de meeste grondsoorten is een afstand van 7 m tussen de individuele lussen aan te bevelen voor maximale (axiaal-symmetrische) energiebenutting.

Dit resulteert in een vermogen van ca. 100 W/m² bij lussen van 100 m diep en van 150 W/m² bij lussen van 150 m diep. Het energiepotentieel hangt sterk af van de toepassing (warmte- en koudevraag profiel) en van de omvang van het BEO-veld. BEO-veld toepassingen leveren een bijdrage tot de vermindering van het primair fossiel energieverbruik voor verwarmingen koeling van de grootte-orde van 6 kWh/m³.jaar. Daar staat tegenover dat de warmte/koude in een BEO-veld in de meeste gevallen door middel van een warmtepomp naar een geschikt temperatuurniveau wordt gebracht, wat resulteert in een meerverbruik aan elektrische energie.

Kaart 44 stelt het digitaal hoogtemodel voor van Gent met aanduiding van de gebieden met een helling hoger dan 2%. Boven een hellingsgrens van 2% heeft het grondwater vermoedelijk snelheden die hoger oplopen dan 18 m/jaar, wat deze zones minder geschikt maakt voor toepassing van BEO. In het studiegebied is deze zone beperkt tot de hoger gelegen zone Citadelpark-Kattenberg-Blandijnberg. Alle andere zones met steile hellingen op deze figuur zijn geassocieerd met autosnelwegen en/of spoorwegen.

Het zuidelijk gedeelte van Gent is gekenmerkt door een geringere diepte van de onderzijde van de klei van de Formatie van Kortrijk, zodat de lussen hier hun maximaal economisch rendabele diepte van 150 m niet kunnen halen en de diepte beperkt is tot zo'n 100 m. In Kaart 45 wordt de capaciteit voor BEO-veld toepassingen weergegeven, rekening houdend met een vermogen van 50 W/m en een onderlinge afstand

tussen de lussen van 7 m. In Kaart 46 wordt het energiepotentieel weergegeven, rekening houdend met een vermindering van het primair fossiel energieverbruik van 6 kWh/m³.jaar en een onderlinge afstand tussen de lussen van 7 m.

Kaart 44 : Digitaal hoogtemodel stad Gent met aanduiding van zones met een hellingspercentage ≥ 2 %

Kaart 45 : Capaciteit voor BEO-veld toepassingen (W/m²) bij een onderlinge lusafstand van 7 m

Kaart 46 : Energiepotentieel voor BEO-veld toepassingen (kWh/m².jaar) bij een onderlinge lusafstand van 7 m

Op basis van de gegevens van Kaart 46 kan een inschatting worden gemaakt van de totale vermindering van het primair energiegebruik voor verwarming en koeling voor het studiegebied bij maximale toepassing van BEO. Dit potentieel belooft maximum 105.804.000.000 kWh/jaar. Omwille van de redenen omschreven bij de inschatting van het totale potentieel voor KWO, zal ook dit totale potentieel voor BEO nooit volledig kunnen gerealiseerd worden. Gezien de beperktere invloedsstraat van een BEO-veld (in vergelijking met een KWO) is de locatie van een BEO-veld iets minder kritisch. Toch zou het relevant zijn om de locatie en omvang van BEO-velden naar de toekomst toe in een GIS-bestand bij te houden.

6.3 Besluit

Het totale potentieel voor besparing van primair energieverbruik door toepassing van KWO of BEO binnen het studiegebied, zoals ingeschat in dit deel van de studie, belooft:

- 4.437.702 GJ/jaar voor KWO, wat het primaire energieverbruik van 36.375 gezinnen (31,4% van het aantal gezinnen in 2010) kan dekken;
- 38.089.440 GJ/jaar voor BEO, wat het primaire energieverbruik van 3.122.085 gezinnen (2000% van het aantal gezinnen in 2010) kan dekken.

Hierbij moet opgemerkt worden dat deze cijfers niet mogen opgeteld worden, gezien de implementatie van één van beide technieken op een bepaalde locatie de implementatie van de andere op dezelfde locatie uitsluit.

Een realistische inschatting kan bekomen worden op basis van de resultaten van de studie 'Prognoses voor hernieuwbare energie en warmtekrachtkoppeling tot 2020' (VITO Rapport 2010/TEM/R/80, 2009). Uit deze studie blijkt een maximaal bruto potentieel tegen 2020 op het grondgebied van het Vlaams Gewest (13.682,38 km²) van 12.500.000 GJ/jaar voor alle grondgebonden technieken (KWO + BEO). Rekening houdend dat het studiegebied in deze studie een oppervlakte heeft van 122,11 km², kan bijgevolg een realistisch bruto potentieel van 111.250 GJ/jaar (KWO + BEO) voor het studiegebied worden ingeschat. Dit realistisch bruto potentieel belooft 3,5% van het in deze studie afgeleide potentieel voor KWO en 0,29% van het in deze studie afgeleide potentieel voor BEO. Met dit realistisch bruto potentieel kan het primaire energieverbruik van 912 gezinnen (0,79% van het aantal gezinnen in 2010) gedekt worden.

De HE scan van ODE maakt geen inschatting van het bodempotentieel zodat geen vergelijking mogelijk is.

7 Analyse waterpotentieel

7.1 Inleiding

Oppervlaktewater komt eveneens in aanmerking voor verwarming en/of koeling van gebouwen of wijken. Hiervoor moet wel een distributienetwerk voor water op lage temperatuur aangelegd worden, dat dan meestal gecombineerd wordt met warmtepompen en/of absorptiekoelmachines voor de klimatisatie van gebouwen. Andere mogelijkheden zijn een koppeling met een grondgebonden systeem (KWO of BEO), waardoor dit systeem kleiner kan uitgevoerd worden. Voorbeelden worden verder besproken.

Qua uitvoering zijn er drie mogelijkheden:

- Het gecapteerde oppervlaktewater zelf wordt rondgepompt doorheen het distributienetwerk. Rekening houdend met aspecten als vervuiling en corrosie worden bij dergelijke systemen hoge materiaaleisen gesteld aan zowel het distributienetwerk als aan de individuele warmtepompen en/of absorptiekoelers, wat leidt tot vrij aanzienlijke investeringskosten.
- Het gecapteerde oppervlaktewater wordt doorheen een warmtewisselaar gepompt waarbij warmte wordt uitgewisseld met de vloeistof, die in het distributienetwerk circuleert (water, glycol ...) wordt rondgepompt. In een dergelijk systeem worden enkel hoge materiaaleisen gesteld aan de leidingen, waarin het gecapteerde oppervlaktewater wordt getransporteerd en aan de warmtewisselaar. Distributienetwerk en warmtepompen en/of absorptiekoelmachines kunnen in standaardmaterialen worden uitgevoerd. Nadeel is wel een beperkt efficiëntieverlies door de bijkomende warmtewisselaar.
- Een volledig gesloten circuit op water of glycol waarbij de warmtewisselaar voor energieuitwisseling met het oppervlaktewater in het oppervlaktewater zelf wordt geconstrueerd. Bij een dergelijk systeem dient rekening gehouden te worden met bijvoorbeeld de scheepvaart.

Tot hier toe zijn enkel systemen gerealiseerd die ofwel gebruik maken van oppervlaktewater uit waterlichamen met relatief hoog debiet of oppervlaktewater uit diepe, stilstaande waterlichamen (stratificatie met een koudere onderste laag in de zomer en een warmere onderste laag in de winter). Relatief ondiepe waterlichamen met beperkt debiet komen niet in aanmerking gezien de grote beperkingen m.b.t. mogelijkheden tot afvoer van energie.

In het studiegebied komen geen diepe, stilstaande waterlichamen voor. Rekening houdend met de vereiste van een relatief hoog debiet, komen in het studiegebied voornamelijk de Ringvaart, de Leie, de Bovenschelde en de Zeeschelde in aanmerking voor winning van warmte en/of koude. In Tabel 7.1 worden de relevante karakteristieken van deze waterlichamen samengevat. Wat betreft de debieten worden de 'normale' debieten⁴ gehanteerd.

⁴ Brandweer Gent. Waterhuishouding in de Gentse regio – versie 13/12/2010

Tabel 7.1 : Relevante karakteristieken van de Ringvaart, de Leie, de Bovenschelde en de Zeeschelde op het grondgebied van Gent

| | Normaal debiet (m ³ /s) | Breedte (m) | Lengte op grondgebied Gent (m) |
|--------------|------------------------------------|--------------|--------------------------------|
| Ringvaart | 13 (10 – 15) | 42 (36 – 49) | 21.600 |
| Leie | 8 | 25 | 12.600 |
| Bovenschelde | 26 | 46 | 5.800 |
| Zeeschelde | 30 | 40 | 10.400 |

7.2 Potentieelbepaling

Het potentieel van energiewinning uit oppervlaktewater wordt hoofdzakelijk bepaald en beperkt door milieutechnische randvoorwaarden. Vanuit de kaderrichtlijn water worden namelijk beperkingen opgelegd aan zowel het debiet, dat voor energietoepassingen uit een waterlichaam kan onttrokken worden, als het temperatuursverschil tussen ingenomen en terug geloosde water. In wat volgt wordt een pragmatische aanpak uitgewerkt om het potentieel van oppervlaktewater in te schatten.

Wat onttrokken debiet betreft, wordt in Vlaanderen in een MER context meestal een impact van meer dan 5% als significant aanzien. Het maximaal te onttrekken debiet wordt dan ook beperkt tot 5% van het normale debiet van de waterloop.

Vanuit de kaderrichtlijn water wordt voorgeschreven dat de watertemperatuur als gevolg van de lozing maximaal met 3°C mag toenemen, omwille van potentiële effecten op aquatische fauna. Gezien zich bij de lozing van water op een andere temperatuur dan het ontvangende waterlichaam een 'pluim' vormt, die zich langzaam vermengd met het stromende water, wordt in Nederland het criterium gehanteerd dat de 'pluim' (mengzone), waarbinnen zich een temperatuurssprong van 3°C kan voordoen, maximum 25% van de natte doorsnede van het waterlichaam mag bedragen⁵. Op die manier heeft de aquatische fauna nog de mogelijkheid om de 'pluim' (mengzone) te ontwijken. Dit criterium vertaalt zich in volgende vergelijking:

$$V_M = \frac{Q_L}{Q_{WL}} \left(1 + \frac{T_L - T_C}{T_C - T_A} \right)$$

- Waarbij: V_m relatief volume mengzone (i.c. 0,25)
- Q_{WL} normaal debiet van de waterloop in m³/s
- Q_L debiet van de lozing in m³/s (in dit geval maximum 0,05 Q_{WL})
- T_L temperatuur van de lozing in °C
- T_A achtergrondtemperatuur oppervlaktewater in °C (stroomopwaarts)
- T_C toetsingstemperatuur in °C (i.c. $T_A + 3$)

⁵ CIW beoordelingssystematiek Warmtelozingen (2004)

Uit dit criterium volgt dat het temperatuursverschil tussen innamepunt en lozingspunt maximum 15°C mag bedragen voor een onttrekkingsdebiet dat 5% van het normale debiet van het waterlichaam uitmaakt. In realiteit blijft het temperatuursverschil tussen in- en uitlaat voor een dergelijk systeem beperkt tot maximum 10°C, zodat zich zeker op het niveau van een individueel systeem geen probleem stelt.

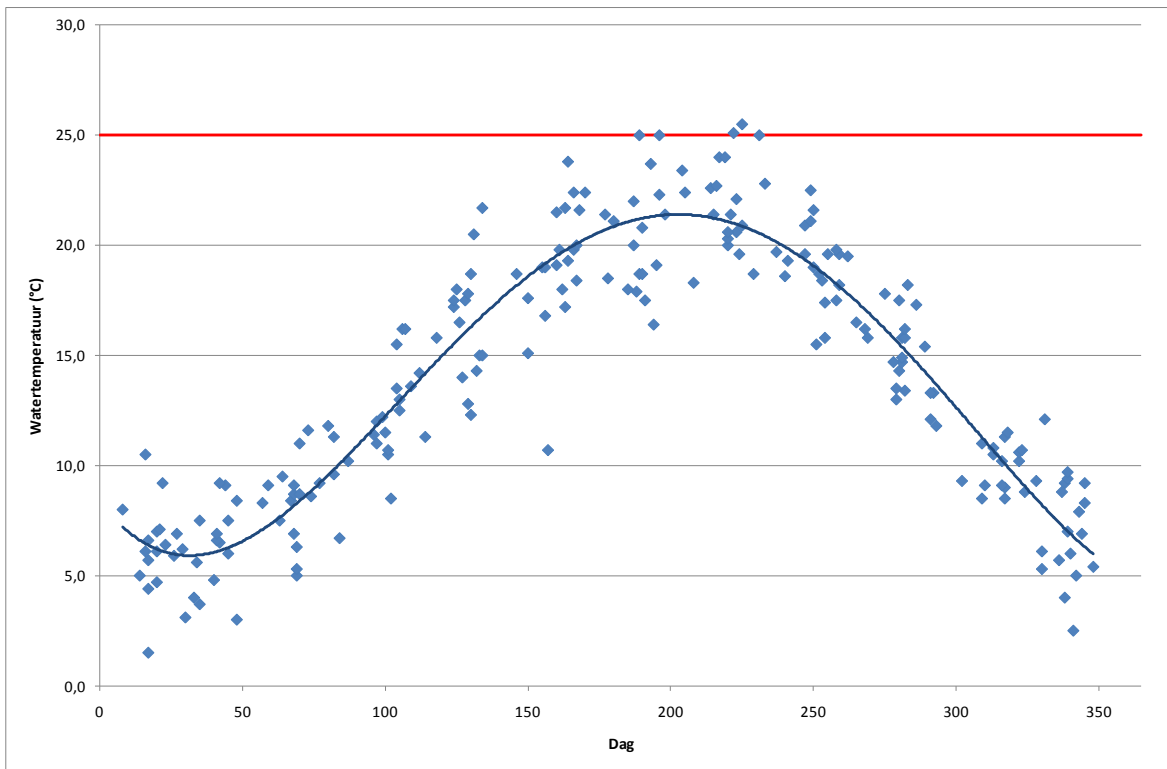
Volgens Artikel 4.2.4.1. §1.4° van Vlarem, Titel II, mag de temperatuur van geloosd koelwater 30°C niet overschrijden. In specifieke gevallen kan uitdrukkelijk in de vergunning opgenomen worden dat bij een buitentemperatuur van 25°C of meer of bij een koelwaterinname met een temperatuur van 20°C of meer evenwel een overschrijding tot 35°C is toegestaan, in zoverre hierdoor de temperatuur, vermeld in de milieukwaliteitsnormen voor het ontvangende oppervlaktewater niet wordt overschreden. Voor oppervlaktewater van het type 'Rivier' geldt een milieukwaliteitsdoelstelling voor temperatuur van 25°C. Op basis van meetgegevens over meerdere jaren in de verschillende relevante waterlopen:

- Ringvaart (VMM meetpunt 780000): 1991-2010 - Figuur 7.1
- Leie (VMM meetpunt 571900): 1995-2010 - Figuur 7.2
- Bovenschelde (VMM meetpunt 172100): 1993-2010 – Figuur 7.3
- Zeeschelde (VMM meetpunt 169000): 1989-2010 - Figuur 7.4

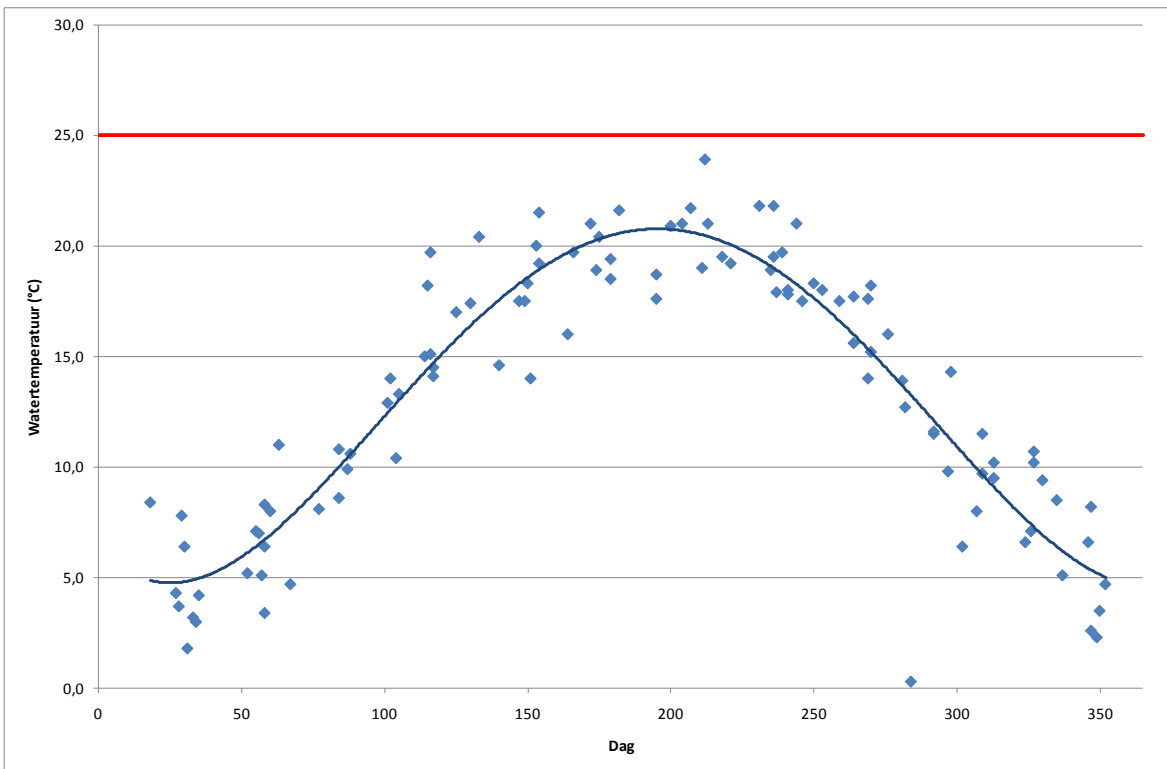
blijkt dat in de Boven- en Zeeschelde en in mindere mate in de Ringvaart de kwaliteitsdoelstelling van 25°C in de zomerperiode (juli-augustus) af en toe overschreden wordt. Dit legt bijkomende beperkingen op aan de lozingstemperatuur. Op ogenblikken dat de temperatuur van het oppervlaktewater hoger is dan 25°C mag strikt genomen geen bijkomende thermische belasting geloosd worden. Wanneer de temperatuur van het oppervlaktewater de kwaliteitsdoelstelling benadert, kan het noodzakelijk zijn de temperatuur van het geloosde water (en dus de thermische vracht) te beperken ten einde niet tot overschrijdingen van de kwaliteitsdoelstelling aanleiding te geven. De Europese kaderrichtlijn water geeft aan dat de kwaliteitsdoelstellingen gelden op alle locaties in de waterloop met uitzondering van de mengzone na een lozing. Indien wordt uitgegaan van een mengzone van maximum 25% van de natte doorsnede en een maximum temperatuur van 25°C in de mengzone, kan de maximale temperatuur van de lozing berekend worden uit bovenstaande formule (waarbij $T_L = 25^\circ\text{C}$ in dit geval). Uit Figuur 7.5 volgt dat vanaf een oppervlaktewater-temperatuur van 23°C het temperatuursverschil tussen ingenomen en geloosd water lager moet zijn dan 10°C om temperaturen hoger van 25°C in de mengzone te vermijden. Vanaf een oppervlaktewater-temperatuur van 25°C mag geen bijkomende thermische vracht meer geloosd worden.

Op basis van de verdeling van de oppervlaktewatertemperatuur in functie van de tijd (percentielwaarden) kan een tijdsgewogen temperatuursverschil tussen ingenomen en geloosd water worden berekend. Dit wordt hier geïllustreerd voor de Ringvaart:

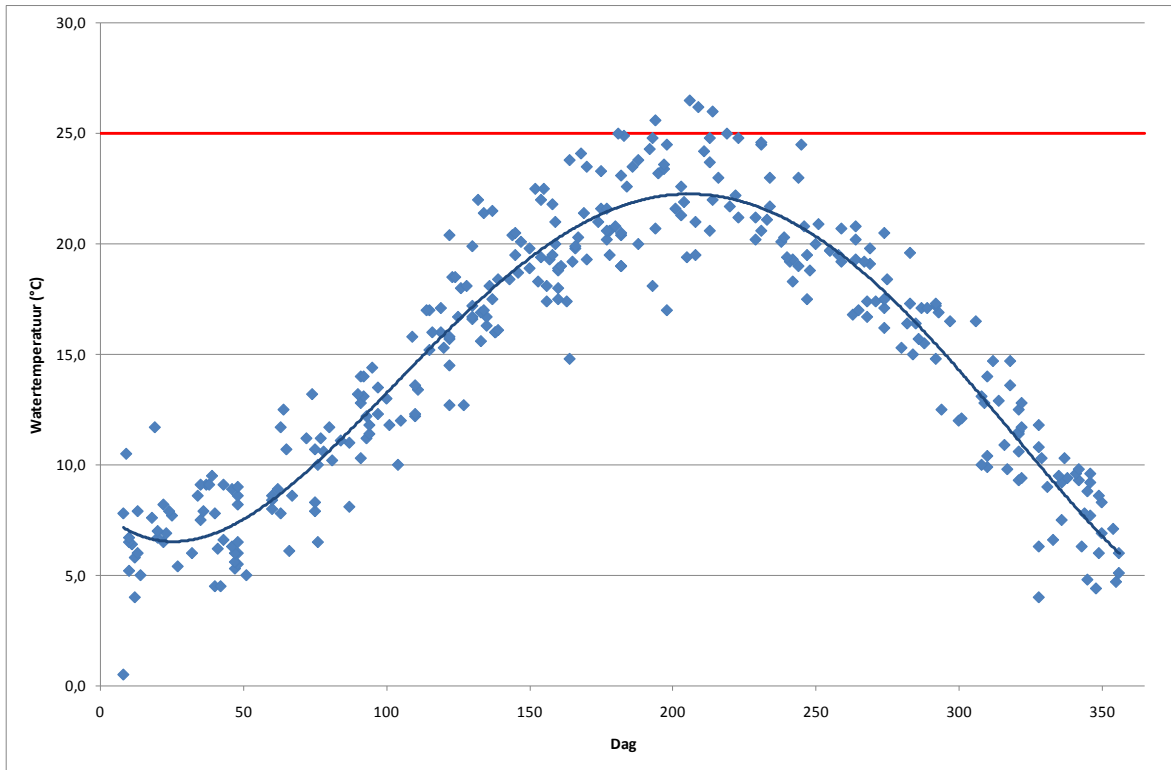
- 95 percentielwaarde: 22,71°C – maximale ΔT : 10°C
- 96 percentielwaarde: 23,51°C – maximale ΔT : 7,46°C
- 97 percentielwaarde: 23,91°C – maximale ΔT : 5,45°C
- 98 percentielwaarde: 24,72°C – maximale ΔT : 1,40°C
- 99 percentielwaarde: 25,00°C – geen bijkomende thermische vracht



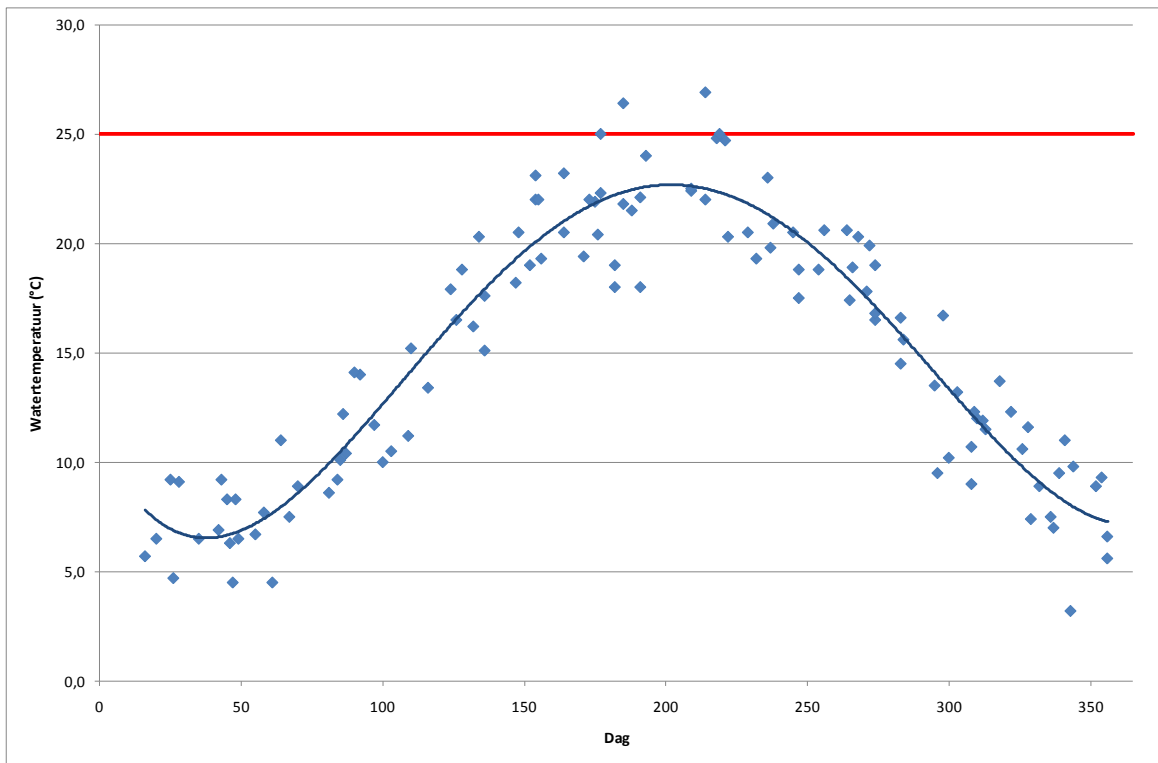
Figuur 7.1 : Watertemperatuur in de Ringvaart (VMM meetpost 780000) in functie van de dag van het jaar over de periode 1991-2010



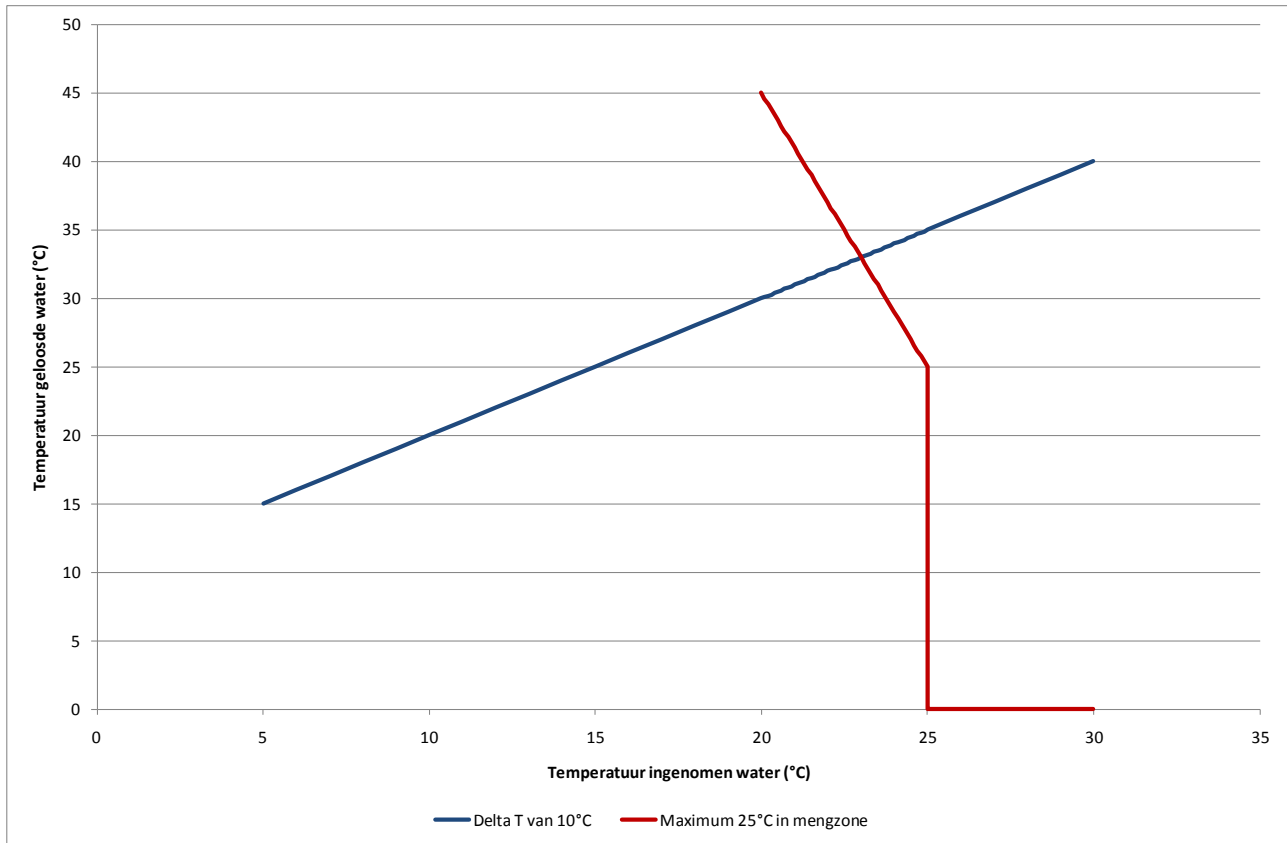
Figuur 7.2 : Watertemperatuur in de Leie (VMM meetpost 571900) in functie van de dag van het jaar over de periode 1995-2010



Figuur 7.3 : Watertemperatuur in de Bovenschelde (VMM meetpost 172100) in functie van de dag van het jaar over de periode 1993-2010



Figuur 7.4 : Watertemperatuur in de Zeeschelde (VMM meetpost 169000) in functie van de dag van het jaar over de periode 1989-2010



Figuur 7.5 : Temperatuursverschil tussen ingenomen en geloosd water – limitatie op basis van een maximale stijging van 10°C of een maximale temperatuur van 25°C in de mengzone

Gedurende 1% van de tijd mag geen bijkomende thermisch vracht geloosd worden en gedurende 3% van de tijd is de maximale temperatuurstijging beperkt tot minder dan 10°C. Dit leidt tot een tijdsgewogen jaargemiddeld temperatuursverschil tussen inname en lozing van 9,74°C.

Indien vertrokken wordt van de hypothese dat het volledige potentieel één maal benut wordt voor het gedeelte van de waterloop op het grondgebied van stad Gent, levert dit volgend potentieel op voor de Ringvaart. Rekening houdend met een debiet van 13 m³/s en een tijdsgewogen jaargemiddeld temperatuursverschil van 9,74°C als gevolg van de beoogde toepassing wordt het potentieel:

$$P = 0,05 * 13 \text{ m}^3/\text{s} * 1000 \text{ kg}/\text{m}^3 * 4.186 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{°C} * 9,74\text{°C} = 26,5 \text{ MW}$$

Bij gelijkmatige spreiding over de volledige lengte van de Ringvaart betekent dit een potentieel van 1,227 MW/km. Het potentieel voor de andere waterlichamen wordt analoog bepaald. De resultaten worden samengevat in Tabel 7.2 en weergegeven op Kaart 47.

Kaart 47 : Waterpotentieel op het grondgebied van stad Gent

Tabel 7.2 : Energiepotentieel voor de relevante waterlichamen op het grondgebied van Gent

| | Jaargemiddeld tijdsgewogen temperatuursverschil °C | Potentieel | |
|--------------|---|------------|-------|
| | | MW | MW/km |
| Ringvaart | 9,74 | 26,5 | 1,227 |
| Leie | 10 | 16,7 | 1,329 |
| Bovenschedde | 9,56 | 52,0 | 8,970 |
| Zeeschedde | 9,55 | 60,0 | 5,766 |
| Totaal | | 155,2 | |

Bij een continu maximaal aanspreken van dit potentieel kan op jaarbasis 1.359.552.000 kWh energie uit oppervlaktewater gewonnen worden. Dit maximum potentieel kan het primaire energieverbruik van 40.118 gezinnen (34,7% van het aantal gezinnen in 2010) dekken.

De HE Scan van ODE laat niet toe een inschatting te maken van het thermisch potentieel van oppervlaktewater, zodat een vergelijking niet mogelijk is.

Wanneer meerdere systemen van het water van éénzelfde waterlichaam gebruik maken, dient rekening gehouden te worden met een cumulatief effect. Het water in de 'pluim' of mengzone zal evenwel ook energie uitwisselen met de omgevingslucht, zodat de temperatuur van het water in de mengzone terug richting de achtergrondtemperatuur evolueert. Deze evolutie wordt bij benadering beschreven door volgende vergelijking:

$$\Delta T = \frac{P}{Q_M \rho c_p} e^{\left(\frac{-k B_M x}{Q_M \rho c_p}\right)}$$

- Waarbij: Q_M debiet van het water in de mengzone in m³/s (i.c. 0,25 Q_{WL})
- P geloosde warmte- of koudevracht in W
- ρ dichtheid van water (i.c. 1.000 kg/m³)
- c_p warmtecapaciteit van water (i.c. 4.186 J/kg.°C)
- k warmteoverdrachtscoëfficiënt (40 W/m².°C voor BE en NL)
- B_M breedte van de mengzone aan het oppervlak in m
- x afstand tot het lozingspunt in m

Als gevolg van de energiewisseling met de omgevingslucht en gezien werd uitgegaan van een temperatuursverschil ≤10°C (i.p.v. het maximale temperatuursverschil van 15°C) is er geen risico dat de mengzone, waarin zich een temperatuursverschil van 3°C kan voordoen, meer dan 25% van de natte doorsnede van de Ringvaart uitmaakt of dat de temperatuur in de mengzone hoger is dan 25°C. Hierbij moet opgemerkt worden dat de randvoorwaarden in het kader van de realisatie van een individuele toepassing opnieuw moeten worden geëvalueerd. Wanneer het benodigde debiet lager is, kunnen hogere temperatuurs-

verschillen toegelaten worden zonder schending van de hier gehanteerde criteria. In dat geval wordt ook de beperking in temperatuursverschil tussen inname en lozing bij hogere oppervlaktewatertemperaturen minder stringent. Anderzijds moet, in geval zich interactie kan voordoen met een andere lozing stroomop- of stroomafwaarts, ook de mogelijke impact van of op deze andere lozing in detail bekeken worden.

Rekening houdend met de kostprijs voor de aanleg van een distributienet op lage temperatuur (100 €/m), is het toepassingsgebied beperkt tot ongeveer 500 m van de desbetreffende waterloop.

7.3 Koppeling met KWO en/of BEO

Gezien bij klimatisatie van gebouwen de warmtevraag over het algemeen veel hoger is dan de koudevraag, kan in een KWO of BEO op termijn een onevenwicht ontstaan. In Nederland worden grondgebonden systemen daarom soms gekoppeld met oppervlaktewater. Hierbij wordt in de zomerperiode, via het oppervlaktewater, bijkomende warmte in de KWO of de BEO opgeslagen, die in de winter kan worden benut. In de lente en de herfst is kan het oppervlaktewater benut worden voor respectievelijk rechtsreeks opwarming of koeling van het gebouw. Hierdoor kan met een kleinere KWO of BEO hetzelfde resultaat worden behaald en kan een balans tussen warmte- en koude-input in de bodem gerealiseerd worden. In Figuur 7.6 wordt het principe geïllustreerd voor een BEO. Het principe voor een KWO is identiek.

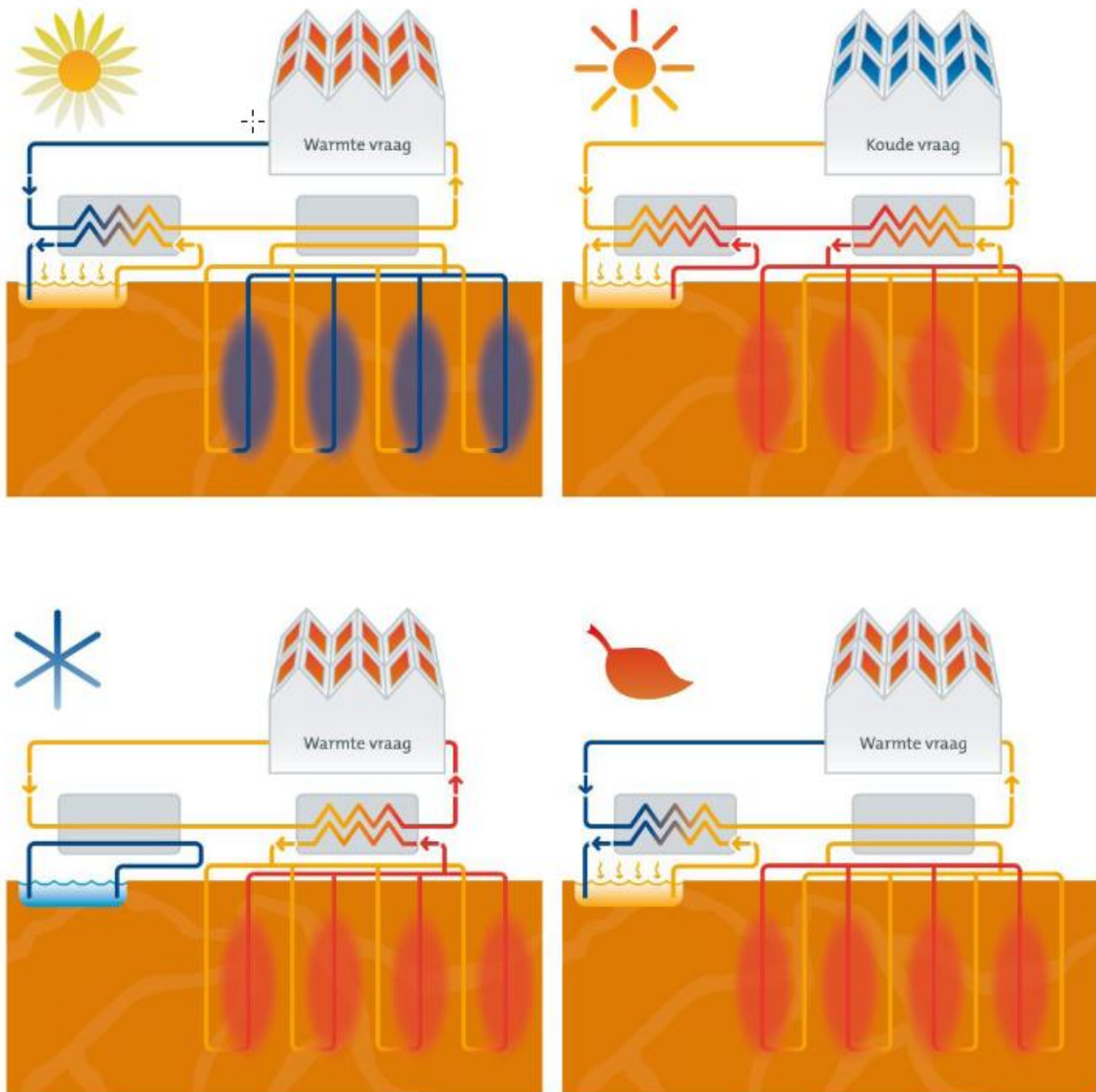
In de lente (Figuur 7.6; links boven) kan in de meeste gevallen de warmtevraag van het gebouw volledig worden geleverd door het oppervlaktewater. Het BEO-veld, dat tijdens de winterperiode volledig zijn warmte heeft afgestaan, wordt niet gebruikt.

In de zomer (Figuur 7.6, rechts boven) wordt koude onttrokken aan het BEO-veld voor de koeling van het gebouw. De warme stroom, die van het gebouw komt, wordt door middel van het oppervlaktewater bijverwarmd en vervolgens wordt de totale warmte (gebouw + oppervlaktewater) in het BEO-veld gestockeerd.

In de herfst (Figuur 7.6, rechts onder) kan in de meeste gevallen de warmtevraag van het gebouw volledig worden geleverd door het oppervlaktewater. Het BEO-veld, dat tijdens de zomerperiode volledig met warmte werd opgeladen, wordt niet gebruikt.

In de winter (Figuur 7.6, links onder) wordt de warmte in het BEO-veld gebruikt om aan de warmtevraag van het gebouw te voldoen.

Figuur 7.6 : Werkingsprincipe van een oppervlaktewater gekoppeld BEO-veld



8 Analyse windpotentieel

8.1 Bestaande situatie

In het studiegebied staat momenteel 10 MW aan grootschalige windenergie opgesteld in twee windturbineparken:

- Windturbinepark langsheen de Industrieweg te Wondelgem: 2 Vestas V-80 turbines (78 m masthoogte, 80 m rotordiameter) met een totaal geïnstalleerd vermogen van 4 MW;
- Windturbinepark bij Volvo Truck (Smalleheerweg 31, Oostakker): 3 Enercon E82 turbines (105 m masthoogte, 94 m rotordiameter) met een totaal geïnstalleerd vermogen van 6 MW.

Binnen het Zeehavengebied staat 32,15 MW bijkomend vermogen aan grootschalige windenergie opgesteld in 3 windturbineparken (Volvo Cars, Rodenhuize en Kluizendok). De windturbineparken van het Zeehavengebied maken geen deel uit van deze studie.

8.2 Potentieel

Het potentieel voor grootschalige windenergie binnen het studiegebied wordt bepaald op basis van de gegevens van het windplan Gent. Op dit ogenblik zijn windturbines met een vermogen van ongeveer 3,2 MW geschikt voor toepassing in de omgeving van Gent. Bij windturbines met een hoger vermogen is de intaksnelheid meestal ook een stuk hoger, waardoor het aantal vollasturen per jaar daalt. Dit leidt tot een lager dan optimale energieproductie.

Bij de inschatting van het potentieel is uitgegaan van volgende hypothesen:

- Wanneer bijkomende windturbines worden geplaatst op een locatie waar al windturbines aanwezig zijn, worden turbines van hetzelfde type (vermogen) bijgeplaatst.
- Wanneer windturbines worden geplaatst op een locatie op grote afstand van bestaande windturbines, worden turbines met een vermogen van 3,2 MW geplaatst.

In Tabel 8.1 wordt een overzicht gegeven van het bijkomende maximale potentieel aan windenergie in het studiegebied. Voor de inschatting van de jaarlijkse opbrengst worden 1.600 vollasturen/jaar aangenomen. Dit maximale potentieel houdt geen rekening met eventuele uitbreidingsplannen van bedrijven op deze locaties, waardoor het aantal molens en bijgevolg het potentieel eventueel verder beperkt kan worden.

Grootschalige windturbines in het studiegebied kunnen gemiddeld voorzien in het primair energieverbruik van 4.627 tot 5.193 gezinnen (4 tot 4,5% van de gezinnen in 2010).

Tabel 8.1 : Potentieel voor windenergie in het studiegebied

| | Geïnstaleerd (MWe) | | Bijkomend te installeren (MWe) | | Totaal (MWe) | |
|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| | | Gemiddeld | Gemiddeld | Maximum | Gemiddeld | Maximum |
| Volvo Trucks, Oostakker | 6 | | | | 6 | 6 |
| Industrielaan, Wondelgem | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Industriepark, Drongen | | 12,8 | 12,8 | 22,4 | 12,8 | 22,4 |
| E40, Drongen-Afsnee | | 4 | 4 | 6,4 | 4 | 6,4 |
| E40/E17 & Eiland Zwijnaarde | | 67,2 | 67,2 | 67,2 | 67,2 | 67,2 |
| Totaal | 10 | 88,0 | 88,0 | 100,0 | 98,0 | 110,0 |
| | Productie (Mwh/jaar) | | Bijkomende productie (MWh/jaar) | | Totale productie (MWh/jaar) | |
| | | Gemiddeld | Gemiddeld | Maximum | Gemiddeld | Maximum |
| Volvo Trucks, Oostakker | 9.600 | | | | 9.600 | 9.600 |
| Industrielaan, Wondelgem | 6.400 | 6.400 | 6.400 | 6.400 | 12.800 | 12.800 |
| Industriepark, Drongen | | 20.480 | 20.480 | 35.840 | 20.480 | 35.840 |
| E40, Drongen-Afsnee | | 6.400 | 6.400 | 10.240 | 6.400 | 10.240 |
| E40/E17 & Eiland Zwijnaarde | | 107.520 | 107.520 | 107.520 | 107.520 | 107.520 |
| Totaal | 16.000 | 140.800 | 140.800 | 160.000 | 156.800 | 176.000 |

9 Indicatoren

In dit rapport wordt gebruik gemaakt van dezelfde indicatoren als bij de HE scan van ODE Vlaanderen, met name:

- Aantal huishoudens dat door lokaal geproduceerde hernieuwbare energie kan voorzien worden
- Opgesteld vermogen aan PV panelen per inwoner (Wp/inwoner = kWp/1000 inwoners)
- Oppervlakte thermische zonnecollectoren per 1000 inwoners (m²/1000 inwoners)
- Opgesteld vermogen aan windturbines per inwoner (W/inwoner)

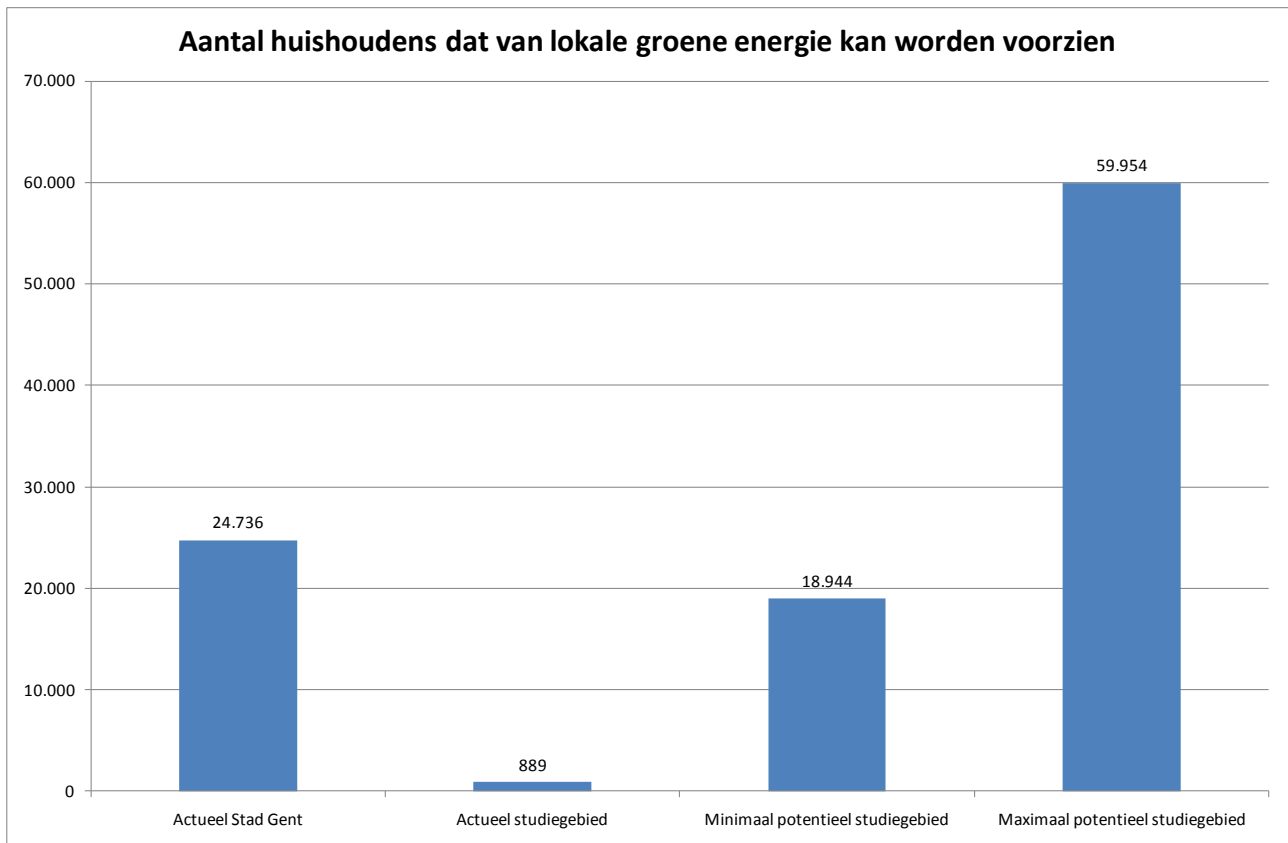
Op basis van demografische gegevens kan afgeleid worden dat Stad Gent in 2007 237.000 inwoners en 116.388 gezinnen telt. Uit de CO₂ nulmeting blijkt voor 2007 een residentieel verbruik voor verwarming van 9.209.520 GJ/jaar en een elektriciteitsverbruik gelijk aan een verbruik aan primaire energie van 4.985.730 GJ/jaar. Dit leidt tot een primair energieverbruik van 122 GJ/huishouden.jaar. Bemerkt dat de gemiddelde waarde, die in het model van ODE Vlaanderen wordt gehanteerd gelijk is aan 115 GJ/huishouden.jaar.

Bij de berekening van de indicatoren wordt gebruik gemaakt van de meest recente demografische gegevens voor Stad Gent (2010): 246.719 inwoners en 115.660 huishoudens (<http://www.gent.be/gentincijfers/>).

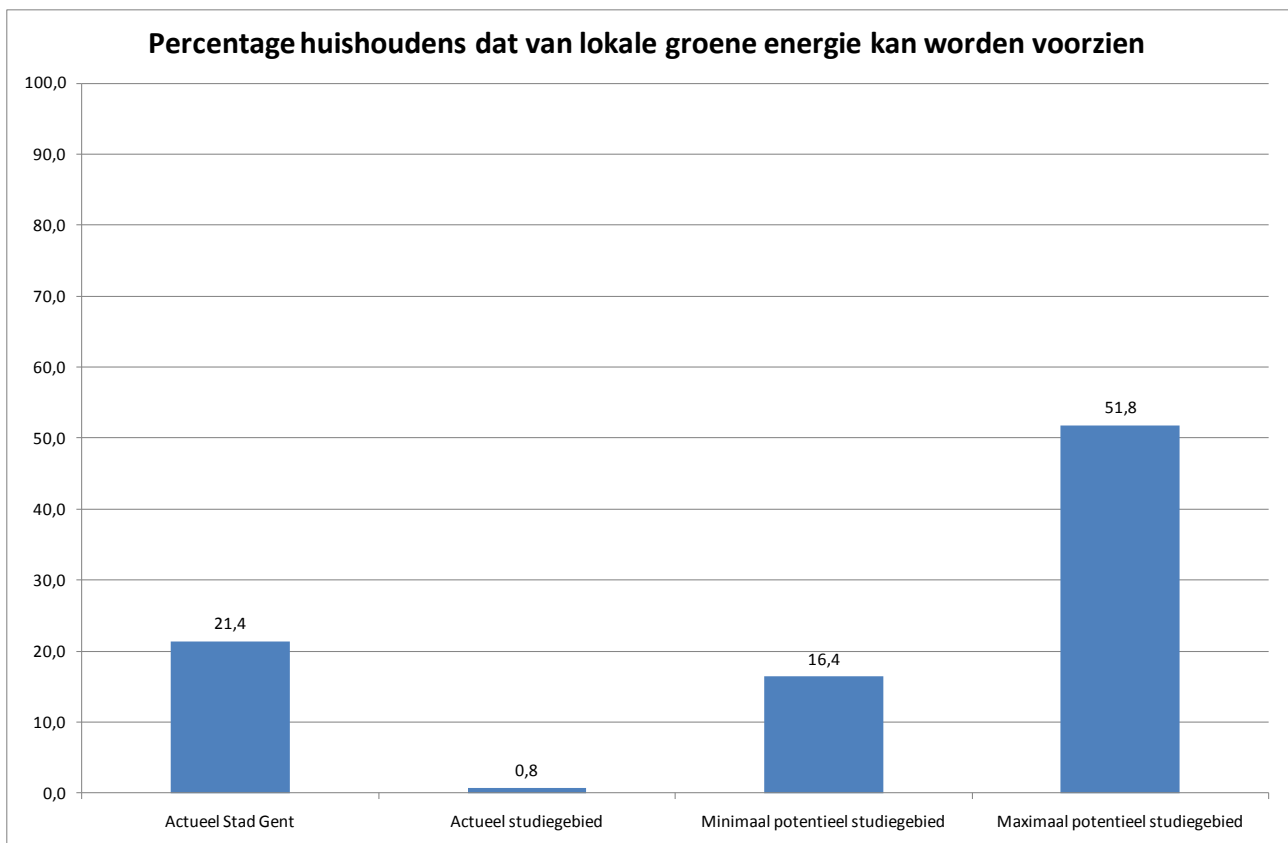
Op basis van de gegevens in Tabel 3.1, blijkt dat op het grondgebied van Stad Gent (studiegebied + zeehavengebied) in 2010 3.017.808 GJ energie uit hernieuwbare bronnen wordt geproduceerd. Dit is voldoende om 24.736 huishoudens te voorzien. Deze hoge productie is voornamelijk toe te schrijven aan een aantal grootschalige installaties op vaste biomassa in het zeehavengebied. Momenteel (2010) wordt in het studiegebied 108.439 GJ energie uit hernieuwbare bronnen geproduceerd. Dit is voldoende om 889 huishoudens te voorzien. Het minimaal technisch potentieel in het studiegebied (optimaal georiënteerd maximaal PV + biomassa + bodem + 10% waterpotentieel + gemiddeld wind) belooft 2.311.193 GJ/jaar. Dit is voldoende om 18.944 huishoudens te voorzien. Het maximaal technisch potentieel in het studiegebied (zonthermisch + totaal PV gemengd systeem + biomassa + bodem + waterpotentieel+ maximaal wind) belooft 7.314.448 GJ/jaar. Dit is voldoende om 59.954 huishoudens te voorzien (Figuur 9.1 en Figuur 9.2).

Eind 2010 stond in het studiegebied 18.007,6 kWp aan PV opgesteld of 73,0 kWp/1000 inwoners. Het technisch potentieel bij toepassing van gemengde systemen (zonthermisch + PV) binnen het studiegebied bedraagt 296.768 kWp met optimale oriëntatie of 1.202,9 kWp/1000 inwoners. Daar kan mogelijks nog 146.956 kWp met niet optimale oriëntatie of 595,6 kWp/1000 inwoners bijkomen. Het technisch potentieel bij maximale implementatie van PV binnen het studiegebied bedraagt 355.036 kWp met optimale oriëntatie of 1.439,0 kWp/1000 inwoners. Daar kan mogelijks nog 145.113 kWp met niet optimale oriëntatie of 588,2 kWp/1000 inwoners bijkomen (Figuur 9.3).

Gegevens ontbreken over de actueel geïnstalleerde oppervlakte aan zonthermische panelen in het studiegebied. Het technisch potentieel binnen het studiegebied bedraagt 463.650 m² zonthermische panelen of 1.879,3 m²/1000 inwoners.

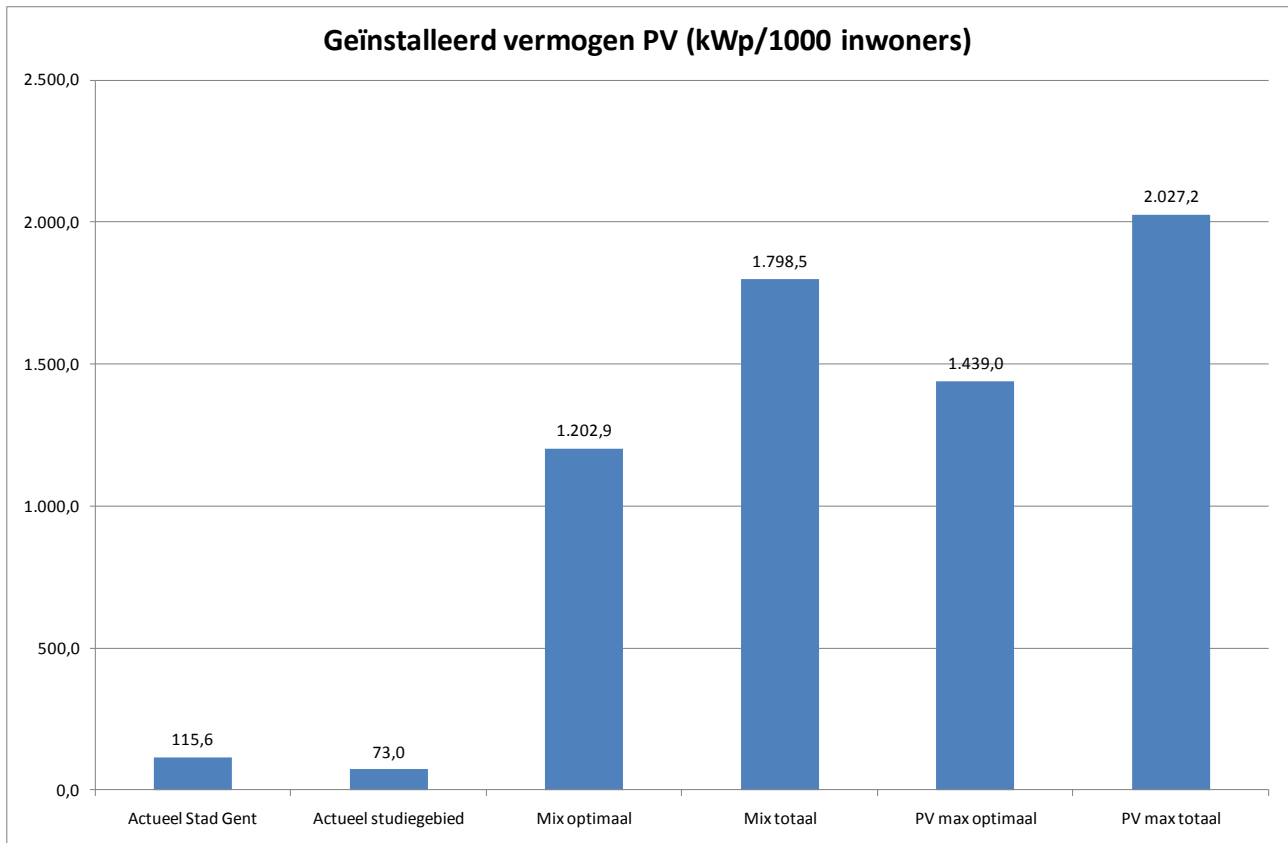


Figuur 9.1 : Aantal huishoudens dat van lokaal opgewekte, hernieuwbare energie kan worden voorzien

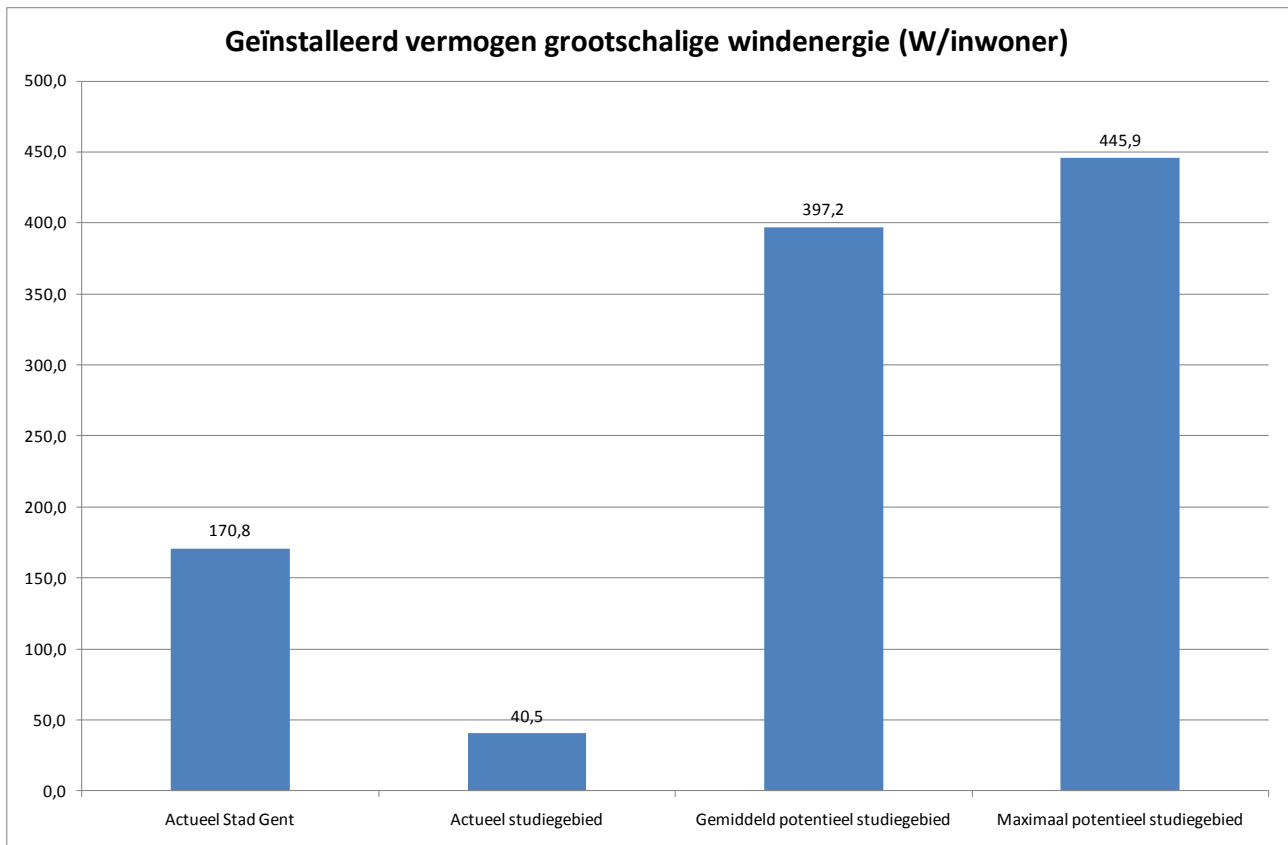


Figuur 9.2 : Percentage van de huishoudens dat van lokaal opgewekte, hernieuwbare energie kan worden voorzien

Eind 2010 stond in het studiegebied 10 MW vermogen aan windturbines opgesteld of 40,5 W/inwoner. Het gemiddeld technisch potentieel in het studiegebied bedraagt 98 MW opgesteld vermogen of 397,2 W/inwoner. Het maximaal technisch potentieel in het studiegebied bedraagt 110 MW opgesteld vermogen of 445,9 W/inwoner (Figuur 9.4).



Figuur 9.3 : Potentieel voor fotovoltaïsche toepassingen in het studiegebied volgens verschillende scenario's (kWp/1000 inwoners)



Figuur 9.4 : Technisch potentieel voor grootschalige windenergie in het studiegebied (W/inwoner)

10 Conclusies en aanbevelingen

Het studiegebied voor de bepaling van het hernieuwbare energiepotentieel omvat het grondgebied van de Stad Gent met uitzondering van het gebied dat volgens het RUP is afgebakend als zeehavengebied.

In de bestaande situatie bedraagt het geïnstalleerd vermogen voor hernieuwbare energie in het studiegebied 23.657,55 kW_e. Hieruit werd in 2010 30.122MWh groene stroom opgewekt.

Voor de bepaling van het dakpotentieel werden voor de eengezinswoningen, appartementsgebouwen en gebouwen uit de vrije tijds- en de zorgsector twee mogelijke scenario's voorzien. Eén scenario bekijkt het potentieel voor gemengde systemen (zonthermische panelen voor sanitair warm water) in combinatie met fotovoltaïsche panelen). In een tweede scenario worden maximaal fotovoltaïsche panelen geplaatst. Bij deze scenario-analyses wordt de oppervlakte van de zonthermische panelen wel beperkt tot 5 m² voor eengezinswoningen, 40 m² voor appartementsgebouwen, 50 m² voor gebouwen uit de zorgsector en 60 m² voor gebouwen uit de vrije tijdsector. Voor eengezinswoningen wordt het installeerbaar vermogen aan fotovoltaïsche zonnepanelen beperkt tot 5 kWp met optimale oriëntatie (ZO/Z/ZW) of 6 kWp met minder optimale oriëntatie (O/W). Voor gebouwen uit de categorieën 'Industrie en KMO', 'Land- en tuinbouw', 'Tertiair', 'Onderwijs' en 'Openbaar' werd enkel het plaatsen van fotovoltaïsche panelen als mogelijkheid weerhouden. Voor het gebied waarvoor gedetailleerde gegevens m.b.t. oppervlakte en oriëntatie van de dakvlakken beschikbaar was aan de hand van LiDAR metingen, werd een gedetailleerde analyse per gebouw doorgevoerd. De resultaten van deze gedetailleerde analyse werden per categorie en per klasse van gebouwoppervlakte op basis van kengetallen geëxtrapoleerd naar het volledige studiegebied. Deze aanpak leidt tot volgend potentieel voor het dakpotentieel in het studiegebied:

- Voor het scenario met gemengde systemen: 463.650 m² zonthermische panelen in combinatie met 296.768 kWp optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen en eventueel bijkomend 146.956 kWp minder optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen;
- Voor het maximaal PV scenario: 355.036 kWp optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen en eventueel bijkomend 145.113 kWp minder optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen;
- De jaarlijkse opbrengst in het scenario met gemengde systemen bedraagt 96.594 MWh/jaar hernieuwbare warmte voor sanitair warm water uit zonthermische panelen en 252.253 MWh/jaar groene stroom uit optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen. Niet optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen kunnen eventueel bijkomend 99.930 MWh/jaar aan groene stroom opleveren;
- De jaarlijkse opbrengst in het maximaal PV scenario bedraagt 301.780 MWh/jaar groene stroom uit optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen. Niet optimaal georiënteerde fotovoltaïsche panelen kunnen eventueel bijkomend 98.677 MWh/jaar aan groene stroom opleveren;

Het potentieel per subsector uit de CO₂ nulmeting is als volgt:

| | Gemengd systeem | | | Maximum PV | |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Zonthermisch (m ²) | Vermogen PV (kWp) | | Vermogen PV (kWp) | |
| | | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W |
| Residentieel | 445.600 | 136.343,5 | 85.736,5 | 192.353,0 | 83.894,0 |
| Industrie | 0 | 73.932,0 | 29.431,2 | 73.932,0 | 29.431,2 |
| Land- en tuinbouw | 0 | 9.062,0 | 5.227,0 | 9.062,0 | 5.227,0 |
| Tertiair | 18.050,0 | 71.816,5 | 24.643,5 | 74.074,3 | 24.643,5 |
| Openbare gebouwen | 0 | 5.614,5 | 1.917,3 | 5.614,5 | 1.917,3 |
| Totaal | 463.650 | 296.768,4 | 146.955,6 | 355.035,7 | 145.113,1 |

| | Opbrengst (kWh/jaar) | | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------|
| | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | PV | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | PV |
| Residentieel | 92.833.333,3 | 115.891.935,4 | 58.300.815,4 | 163.500.010,4 | 57.047.915,4 |
| Industrie | 0,0 | 62.842.176,4 | 20.013.248,0 | 62.842.176,4 | 20.013.248,0 |
| Land- en tuinbouw | 0,0 | 7.702.700,0 | 3.554.360,0 | 7.702.700,0 | 3.554.360,0 |
| Tertiair | 3.760.416,7 | 61.044.053,1 | 16.757.585,3 | 62.963.140,6 | 16.757.585,3 |
| Openbare gebouwen | 0,0 | 4.772.309,5 | 1.303.791,4 | 4.772.309,5 | 1.303.791,4 |
| Totaal | 96.593.750,0 | 252.253.174,3 | 99.929.800,2 | 301.780.336,8 | 98.676.900,2 |

| | Opbrengst (GJ/jaar) | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------|
| | Zonthermisch | Gemengd systeem | | Maximum PV | |
| | | PV | Oriëntatie ZO/ZZW | Oriëntatie O/W | PV |
| Residentieel | 334.200,0 | 417.211,0 | 209.882,9 | 588.600,0 | 205.372,5 |
| Industrie | 0,0 | 226.231,8 | 72.047,7 | 226.231,8 | 72.047,7 |
| Land- en tuinbouw | 0,0 | 27.729,7 | 12.795,7 | 27.729,7 | 12.795,7 |
| Tertiair | 13.537,5 | 219.758,6 | 60.327,3 | 226.667,3 | 60.327,3 |
| Openbare gebouwen | 0,0 | 17.180,3 | 4.693,6 | 17.180,3 | 4.693,6 |
| Totaal | 347.737,5 | 908.111,4 | 359.747,3 | 1.086.409,2 | 355.236,8 |

Optimaal georiënteerd fotovoltaïsche panelen op eengezinswoningen en appartementsgebouwen kunnen 20 – 30% van het residentieel elektriciteitsverbruik in Stad Gent leveren, terwijl een combinatie van optimaal en minder optimaal georiënteerde panelen 31 – 40% van het residentieel elektriciteitsverbruik kunnen leveren. Voor de tertiare sector kan ongeveer 8% van het elektriciteitsverbruik door middel van optimaal georiënteerde panelen en ongeveer 10% door middel van de combinatie van optimaal en minder optimaal georiënteerde panelen geleverd worden. Voor de sector land- en tuinbouw kan ongeveer 40% van het elektriciteitsverbruik door middel van optimaal georiënteerde panelen geleverd worden en ongeveer 58% door middel van de combinatie van optimaal en minder optimaal georiënteerde panelen. Uit de financiële en

maatschappelijke kosten-baten analyse blijkt evenwel dat op dit ogenblik zonder bijkomende subsidiëren de opbrengsten nog altijd lager zijn dan de kosten.

Met betrekking tot lokaal geproduceerde biomassa werd de co-vergisting van selectief ingezameld GFT en groenafval en van dierlijke mest (kalvergiel, varkensdrijfmest en pluimveemest) bekeken. Het opgewekte biogas wordt in een gasmotor omgezet tot groene stroom en hernieuwbare warmte. Uit de co-vergisting van de lokaal geproduceerde stromen kan jaarlijks 7.308 MWh groene stroom en 9.252 MWh hernieuwbare warmte worden geproduceerd.

Het potentieel voor koude-warmte opslag is sterk locatie-afhankelijk. In het noordelijk deel van het studiegebied bedraagt het potentieel tot 1.000 MWh/jaar per systeem dat een oppervlakte van 4,5 tot 7,5 ha inneemt. In het zuidelijk deel is het potentieel lager dan 250 MWh/jaar per systeem dat een oppervlakte van 1,5 tot 4,5 ha inneemt. Het maximale energiepotentieel voor KWO binnen het studiegebied bedraagt 1.232.695 MWh/jaar. Het potentieel voor boorgat energieopslag bedraagt over het volledige grondgebied van de Stad Gent zo'n 900 kWh/m², met uitzondering van het zuidelijk deel met een potentieel van 600 kWh/m² en de hoger gelegen zone Citadelpark-Kattenberg-Blandijnberg, dat minder geschikt is voor toepassing van boorgat energieopslag omwille van de te hoge snelheid van het grondwater. Het maximale energiepotentieel voor BEO binnen het studiegebied bedraagt 105.804.000 MWh/jaar. Dit maximum potentieel voor KWO en BEO zal nooit volledig kunnen ontsloten worden. KWO- en BEO-toepassingen maken gebruik van dezelfde lagen en interageren bijgevolg met elkaar. Op éénzelfde locatie kan dus niet en KWO en BEO worden toegepast. Daarnaast is de berekening doorgevoerd abstractie makend van de omvang van de verschillende kadastrale percelen en van de verwarmings- en koelbehoefte van de gebouwen op deze percelen. Dit komt neer op de realisatie van een KWO of BEO op ieder kadastraal perceel, die het volledige volume onder het kadastraal perceel gebruikt zonder te overlappen met KWO- of BEO-toepassingen op naburige percelen en waarbij de warmte- en koude vraag van de gebouwen op het kadastraal perceel optimaal is afgestemd op de capaciteit van de onderliggende KWO. Een realistische inschatting van het totale bodempotentieel voor het studiegebied voor 2020 op basis van een studie op het niveau van het Vlaams Gewest levert een totaal potentieel (BEO + KWO) van 3.090 MWh/jaar.

Het potentieel van oppervlaktewater beperkt zich tot de Ringvaart, de Leie, de Bovenschelde en de Zeeschelde. Rekening houdend met de hydraulische en milieutechnische beperkingen wordt een maximaal potentieel van 1.359.552 MWh/jaar ingeschat. Bij de berekening van de maximale potentieel wordt vertrokken van de hypothesen dat het maximum onttrekbaar debiet volcontinu met het maximaal toelaatbare temperatuursverschil wordt teruggeloozd. Voor de inschatting van het realistisch potentieel wordt aangenomen dat 10% van dit maximale potentieel effectief winbaar is.

In het studiegebied kan bijkomende 88 tot 100 MW_e aan grootschalige windenergie worden opgesteld. Samen met het reeds opgestelde vermogen (10 MW_e) leidt dit tot een jaarlijkse groene stroomproductie van 156.800 tot 176.000 MWh.

Met het actueel opgesteld vermogen aan groene stroom op het grondgebied van het studiegebied kan het energieverbruik van 889 gezinnen (0,77% van de gezinnen in 2010) door lokale hernieuwbare energieproductie voorzien worden. Voor een gemiddeld implementatiescenario (maximale plaatsing van optimaal georiënteerde PV panelen, volledige implementatie van biomassa- en bodempotentieel, implementatie van 10 % van het waterpotentieel en gemiddelde implementatie van het windpotentieel) kan in het studiegebied 642.000 MWh/jaar aan hernieuwbare energie worden opgewekt, voldoende om 16,38% van de gezinnen van hernieuwbare energie te voorzien. Voor een maximaal implementatiescenario (maximale plaatsing van PV panelen en zonthermische systemen, volledige implementatie van biomassa- bodem- en waterpotentieel, en maximale implementatie van het windpotentieel) kan in het studiegebied 2.032.000 MWh/jaar aan hernieuwbare energie worden opgewekt, voldoende om 51,84% van de gezinnen van hernieuwbare energie te voorzien.

| | Gemiddeld | | | Maximum | | |
|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| | Energie MWh/jaar | # huishoudens | % huishoudens | Energie MWh/jaar | # huishoudens | % huishoudens |
| Fotovoltaïsch | 301.780 | 8.905 | 7,70% | 352.183 | 10.392 | 8,99% |
| Zonthermisch | 0 | 0 | 0,00% | 96.594 | 2.850 | 2,46% |
| Biomassa | 16.560 | 489 | 0,42% | 16.560 | 489 | 0,42% |
| Bodem | 30.903 | 912 | 0,79% | 30.903 | 912 | 0,79% |
| Water | 135.955 | 4.012 | 3,47% | 1.359.552 | 40.118 | 34,69% |
| Wind | 156.800 | 4.627 | 4,00% | 176.000 | 5.193 | 4,49% |
| Totaal | 641.998 | 18.944 | 16,38% | 2.031.791 | 59.954 | 51,84% |

Uit de studie blijkt vooral het zeer grote theoretische potentieel voor water- en bodemgebonden systemen. Ondersteunende maatregelen vanuit stad Gent om dit potentieel maximaal aan te boren, zijn dan ook aangewezen.

| Kantoren | | www.arcadisbelgium.be |
|--|--|--|
| Berchem-Antwerpen Posthofbrug 12 B-2600 Berchem T +32 3 360 83 00 F +32 3 360 83 01 | Hasselt Eurostraat 1 – bus 1 B-3500 Hasselt T +32 11 28 88 00 F +32 11 28 88 01 | Gent Kortrijksesteenweg 302 B-9000 Gent T +32 9 242 44 44 F +32 9 242 44 45 |
| Kortrijk Sint-Jorisstraat 21 B-8500 Kortrijk T +32 56 24 99 20 F +32 56 24 99 21 | Leuven Vaartkom 31/801 B-3000 Leuven T +32 16 63 95 00 F +32 16 63 95 01 | Haaltert Bruulstraat 35 B-9450 Haaltert T +32 53 85 35 50 F +32 53 85 35 51 |
| Liège 26, rue des Guillemins, 2ème étage B-4000 Liège T +32 4 349 56 00 F +32 4 349 56 10 | Charleroi 119, avenue de Philippeville B-6001 Charleroi T +32 71 298 900 F +32 71 298 901 | |
| ARCADIS Belgium nv/sa BTW BE 0426.682.709 RPR BRUSSEL ING 320-0687053-72 IBAN BE 38 3200 6870 5372 SWIFT BIC BBRUBEBB | | Maatschappelijke zetel Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel |

