

# MER Kanaalzone Noord

Deelrapport energie & klimaatmitigatie

Gemeente Apeldoorn

4 juni 2025

Project  
Opdrachtgever

MER Kanaalzone Noord  
Gemeente Apeldoorn

Document  
Status  
Datum  
Referentie

Deelrapport energie & klimaatmitigatie  
Definitief  
4 juni 2025  
136305/25-008.881

Projectcode  
Projectleider  
Projectdirecteur

136305  
P.F.M. Fouraschen MSc  
A.M. Springer-Rouwette MSc

Auteur(s)  
Gecontroleerd door  
Goedgekeurd door

T. Davids MSc, C.J. Berkhout MSc  
A.R. Steenstra MSc  
P.F.M. Fouraschen MSc

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Leeuwenbrug 8  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
[www.witteveenbos.com](http://www.witteveenbos.com)  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Tekst- en datamining van (delen van) dit document, evenals enige verwerking of reproductie ervan door middel van kunstmatige intelligentie technologieën is uitdrukkelijk niet toegestaan, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Dit document (of delen ervan) mag niet worden veeelvoudigd en/of anderszins worden gebruikt op enigerlei wijze voor het trainen van kunstmatige intelligentie technologieën, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

1	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
2	<b>KADERS VANUIT WETGEVING, BELEID EN RICHTLIJNEN</b>	<b>6</b>
3	<b>WIJZE VAN ONDERZOEKEN EN BEOORDELINGSKADER MET CRITERIA</b>	<b>8</b>
3.1	Ingreep-effectrelaties	8
3.2	Beoordelingskader	9
3.2.1	Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal Energiebalans	9
3.2.2	Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal netimpact	11
3.2.3	Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal klimaatmitigatie	11
4	<b>HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN</b>	<b>13</b>
4.1	Huidige situatie	13
4.1.1	Energiebalans	13
4.1.2	Netimpact	13
4.1.3	Klimaatmitigatie	14
4.2	Referentiesituatie	15
4.2.1	Energiebalans	15
4.2.2	Netimpact	16
4.2.3	Klimaatmitigatie	17
4.3	Samenvatting van kansen en bedreigingen	18
5	<b>EFFECTENBEOORDELING</b>	<b>19</b>
5.1	Aannames/uitgangspunten en kwantitatieve resultaten	19
5.1.1	Elektriciteit- en warmtevraag	19
5.1.2	Elektriciteit opwekking en vraag	21
5.1.3	Netimpact	24
5.1.4	Klimaatmitigatie	24
5.2	Effectbeoordeling per beoordelingscriterium	25
5.2.1	Energiebalans	25
5.2.2	Netimpact	28
5.2.3	Klimaatmitigatie	29
6	<b>OVERZICHT VAN EFFECTEN</b>	<b>31</b>

6.1	Samenvatting van de effecten	31
6.2	Keuzes, kansen en aandachtspunten	31
<b>7</b>	<b>DISCUSSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>33</b>
7.1	Leemten in kennis en onzekerheden	33
7.2	Monitoring en evaluatie	33
7.3	Maatregelen achter de hand	33
<b>8</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>34</b>
	Laatste pagina	34
	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
I	Uitgangspunten berekening	3

# 1

## INLEIDING

### Doel deelrapport

Dit deelrapport beschrijft de effecten van de plannen voor de gebiedsontwikkeling van Kanaalzone Noord in Apeldoorn. Het deelrapport vormt onderdeel van het MER Kanaalzone Noord. In dit deelrapport staan alleen specifieke uitgangspunten en gedetailleerde informatie over energie en klimaatmitigatie. Een algemene toelichting op de aanpak en uitgangspunten voor de effectstudies is te vinden in het hoofdrapport MER.

### Leeswijzer

Tabel 1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk	Geeft antwoord op de vraag
1 Inleiding	wat staat er in het deelrapport?
2 Kaders vanuit wetgeving, beleid en richtlijnen	wat zijn de geldende kaders en richtlijnen voor het thema Energie en klimaat?
3 Wijze van onderzoeken en beoordelingskader met criteria	op welke manier zijn de effecten voor het thema Energie en klimaat bepaald?
4 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	hoe ziet de situatie er nu en straks uit voor het thema Energie en klimaat?
5 Effectenbeoordeling	welke effecten hebben de alternatieven op het thema Energie en klimaat?
6 Overzicht van effecten	wat zijn de hoofdlijnen voor de effecten voor het thema Energie en klimaat?
7 Discussies en aanbevelingen	wat zijn de aandachtspunten bij het lezen van dit deelrapport? Wat zijn onze aanbevelingen?
8 Referenties	welke bronnen zijn gebruikt voor het opstellen van dit deelrapport?

# 2

## KADERS VANUIT WETGEVING, BELEID EN RICHTLIJNEN

Dit hoofdstuk beschrijft de geldende wettelijke- en beleidskaders specifiek voor het thema energie en klimaatmitigatie, voor zover van invloed op de plannen voor Kanaalzone Noord. Het overzicht hiervan is opgenomen in tabel 2.1. Tabel 2.2 geeft het overzicht van richtlijnen (handboeken, werkwijzers, instructies en dergelijke) die van toepassing zijn op het onderzoek voor de thema's energie en klimaatmitigatie.

De projectlocatie ligt in de Apeldoornse buurten 'Kerschoten' en 'De Parken'. De transitievisie warmte voor Kerschoten richt zich vooral op de mogelijkheid tot een warmtenet bij woningen met een hoge warmtevraagdichtheid. Het huidige plangebied bestaat uit utiliteitsgebouwen en enkele woningen. Een warmtenet lijkt daardoor niet rendabel, ondanks dat het technisch mogelijk zou zijn. De gebiedsontwikkeling zal in de referentiesituatie de aanpak van 'De Parken' volgen, die inzet op hybride warmtepompen. In de alternatievenonderzoeken, met de toevoeging van het voorgenomen bouwprogramma, zal volgen dat het verhogen van de warmtevraagdichtheid door het bouwen van woningen een warmtenet juist aantrekkelijker maakt.

Tabel 2.1 Geldende wettelijke- en beleidskaders

Wet/beleid	Status en datum	Toelichting
omgevingsvisie Apeldoorn	24 februari 2022	de omgevingsvisie beschrijft de ruimtelijke ontwikkeling van Apeldoorn tot 2040, inclusief doelen voor duurzaamheid, woningbouw, mobiliteit en leefomgeving. Hierin wordt de ambitie uitgesproken om als gemeente voor 2050 energieneutraal te zijn, op 3 mogelijke manieren: <ul style="list-style-type: none"><li>- hernieuwbaar gas</li><li>- collectief warmtenet</li><li>- elektrische warmtepompen</li></ul> Nieuwbouw wordt volgens 'nul-op-de-meter' gerealiseerd
transitievisie Warmte	23 december 2023	beschrijft de visie hoe de gemeente naar duurzame warmte wil overstappen. Dit doet de gemeente via 3 sporen: <ul style="list-style-type: none"><li>- isoleren, ventileren en besparen: het verlagen van de energievraag</li><li>- starten met de Uitvoeringsplannen: per buurt gezamenlijk een plan opstellen voor de overstap op duurzame warmte, startend met de buurten waarvoor al een goede oplossing is</li><li>- beleid, onderzoek en innovatie: leveren van een actieve bijdrage in onderzoek en innovatie</li></ul>
programma Energietransitie	november 2023	vertaling naar een aanpak voor een energieneutraal en aardgasvrij Apeldoorn in 2050. Door het verminderen van het energiegebruiken vergroten van tijdig aanbod van duurzame energie (onder andere door zonnepanelen op daken en gevels), samen met de inwoners van Apeldoorn. Duurzame stroom wordt dicht bij huis opgewekt (en opgeslagen), met waar nodig duurzame warmte uit de buurt
buurtaanpak 'Kerschoten': wordt doormiddel van een warmtenet op basis van een RWZI van warmte voorzien	vastgesteld beleid, 23 december 2021	de voorgenomen plannen moeten gerealiseerd worden voor 2030. Afkomstig uit transitievisie warmte Apeldoorn <sup>1</sup>

Wet/beleid	Status en datum	Toelichting
buurtaanpak 'De Parken': Warmtevoorziening doormiddel van groengas en hybride warmtepompen	vastgesteld beleid, 23 december 2021	de voorgenomen plannen moeten gerealiseerd worden voor 2030. Afkomstig uit transitievisie warmte <sup>1</sup>
verordening bodemenergiesystemen gemeente Apeldoorn <sup>2</sup>	vastgesteld van 29 december 2023 tot en met heden	projectlocatie valt onder aangewezen interferentiegebied. Hierdoor is een voortoets vereist (omgevingsdienst) voorafgaande toestemming. Voor open bodemenergiesystemen zijn opslagdoubletten alleen toegestaan in het 2e en 3e watervoerende pakket. Daarvoor is een vergunning nodig
Besluit college tot beëindigen mogelijkheid groengas netwerk de Parken	vastgesteld 19 november 2024	de mogelijkheid tot een transitie naar een groengas netwerk in de buurt de Parken wordt beëindigd

Tabel 2.2 Richtlijnen

Richtlijn/document	Status en datum	Toelichting
politieke sturing op isolatieverbetering <sup>1</sup>	voorgenomen, uiterlijk voor 2050	gemeente Apeldoorn beschrijft in hun transitievisie warmte hoe ze willen inzetten op isolatieverbetering. Er kan dus verwacht worden dat er een isolatieslag gemaakt zal worden voor de referentiesituatie

<sup>1</sup> Gemeente Apeldoorn (2023, 23 december). *Transitievisie warmte*. Geraadpleegd op 13 januari 2025, van Transitievisie warmte 2021.

<sup>2</sup> Gemeente Apeldoorn (2023, 21 december). *Verordening bodemenergiesystemen gemeente Apeldoorn 2023*. Geraadpleegd op 13 januari 2025, van Verordening bodemenergiesystemen gemeente Apeldoorn 2023 | Lokale wet- en regelgeving.

# 3

## WIJZE VAN ONDERZOEKEN EN BEOORDELINGSKADER MET CRITERIA

Dit hoofdstuk beschrijft de onderzoeksmethode voor het milieuthema 'Energie en klimaatmitigatie'. In paragraaf 3.1 zijn de belangrijkste ingreep-effectrelaties opgenomen. Op basis hiervan is het beoordelingskader opgesteld. Het beoordelingskader, met de onderliggende onderzoeksmethode, studiegebied en beoordelingsschaal worden beschreven in paragraaf 3.2.

### 3.1 Ingreep-effectrelaties

Tabel 3.1 beschrijft op hoofdlijnen tot welke effecten verschillende ingrepen van de plannen voor Kanaalzone Noord (kunnen) leiden voor het milieuthema Energie en klimaatmitigatie. Aanleiding voor de (mogelijke) ingrepen is het voornemen tot realisatie van het nieuwbouwprogramma, en de daaruit voortvloeiende energiebehoefte, en -opwekkingsmogelijkheden, alsook de verkeersaantrekkende werking en het aandeel elektrische auto's daarin.

Tabel 3.1 Ingreep-effectrelaties

Ingreep	Effect	Plek in beoordelingskader
gebruik van collectieve lucht/water (L/W) warmtepompen	hogere elektriciteitsgebruik en netaansluiting voor warmtevoorziening	energie & netimpact & klimaatmitigatie
gebruik van een WKO als buffer voor collectieve WP	verlaging van het piekvermogen, mogelijk geen andere piekvoorziening meer nodig	netimpact & energie
gebruik van individuele L/W warmtepompen	hogere elektriciteitsgebruik en netaansluiting door 'elektrisch' verwarmen en veel units	energie & netimpact & klimaatmitigatie
gebruik van een warmtenet op basis van restwarmte RWZI	deel van warmtevoorziening wordt extern voorzien, minder levering nodig door WP/WKO's	energie & netimpact & klimaatmitigatie
gebruiken van slimme energiesystemen	optimale spreiding van het gebruik van elektriciteit	netimpact
gebruik van slim laden van elektrische auto's.	elektrische auto's worden opgeladen buiten piekmomenten	netimpact
gebruik maken van optimale bouwvormen	energie efficiëntie van woningen gaat omhoog door minder warmte doorlatende buitenmuren	energie & netimpact & klimaatmitigatie
gebouwozset volgens nul-op-de-meter	betere energieprestatie (ten opzichte van bestaande bouw en BENG)	energie & netimpact & klimaatmitigatie
plaatsen van zonnepanelen op dakoppervlak	meer duurzame opwek binnen projectgebied	energie & netimpact & klimaatmitigatie
aanleggen van een warmtenet	extra bouw materiaal nodig	klimaatmitigatie

Tabel 3.2 Ingrep effect relaties die relateren aan andere effectstudies

Ingrep	Effect	Plek in beoordelingskader
aanleggen van warmtenet	bodemverontreiniging	bodem
gebruik maken van een WKO	thermische interferentie grondwater	water/bodem
slaan van putten voor een WKO	hydraulische interferentie	water/bodem
gebruik van collectieve of individuele warmtepompen	geluidshinder door vibraties	geluid
gebruik van een warmtenet	warmte uitstraling in de ondergrond	bodem

## 3.2 Beoordelingskader

Tabel 3.3 geeft het beoordelingskader voor het milieuthema Energie en klimaatmitigatie weer.

Tabel 3.3 Beoordelingskader

Beoordelingscriteria	Indicator	Methode en informatie
energiebalans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- energievraag</li> <li>- energieopwekkings(mogelijkheden)</li> <li>- balans vraag/aanbod</li> <li>- verandering van de energievraag</li> <li>- mogelijkheden voor duurzame energie opwekking en verbruik</li> <li>- aandeel hernieuwbare energie uit het gebied</li> </ul>	semi-kwalitatieve analyse naar de energievraag en -aanbod op basis van kengetallen, beoordeeld op basis van expert judgement
netimpact	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grootte van netaansluiting</li> <li>- piekvermogens voor warmte/elektriciteit</li> </ul>	semi-kwalitatieve analyse naar de vermogensvraag op basis van kengetallen, beoordeeld op basis van expert judgement
klimaatmitigatie	effecten op de CO <sub>2</sub> uitstoot	semi-kwalitatieve analyse naar de CO <sub>2</sub> -emissies vanuit de gebouwde omgeving en mobiliteit, op basis van kengetallen, beoordeeld op basis van expert judgement

### 3.2.1 Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal Energiebalans

#### Onderzoeksmethode

Om de energiebalans van het plangebied te beoordelen, is een analyse uitgevoerd van zowel de energievraag als het energieaanbod. De warmtevraag van de onderzoeksalternatieven is berekend met behulp van kengetallen, geplande woon- en utiliteitsfuncties, en aannames over vormfactoren en bouwspecificaties. Voor de huidige en referentiesituatie is het gemeten gasverbruik gebruikt om de warmtevraag te bepalen.

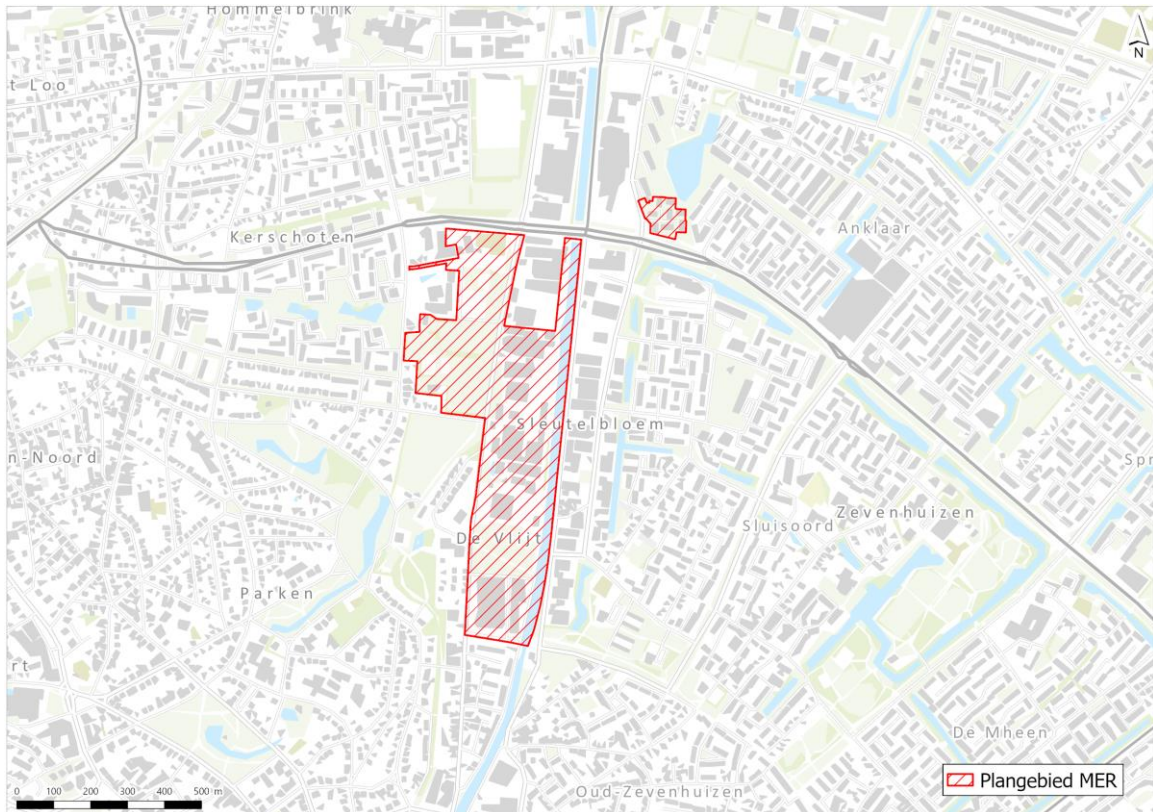
De duurzame elektriciteitsproductie is berekend op basis van het percentage dakoppervlak gereserveerd voor zonnepanelen. De analyse omvat vraag- en opwekprofielen om tijdsgebonden disbalansen tussen vraag en aanbod te identificeren, aangezien er geen opslagcapaciteit aanwezig is. Voor de opwekprofielen is KNMI data van station Deelen nabij Apeldoorn gebruikt, gekoppeld aan de totale opwekcapaciteit van de projectlocatie. Vraagprofielen zijn onderverdeeld in elektrische vraag van het laden van elektrische voertuigen, huishoudelijke apparatuur en elektriciteitsvraag voor warmtevoorziening, verkregen uit het ETM model en gekoppeld aan de totaalvraag van het plangebied. Door deze vraag- en opwekprofielen te

combineren, kan de energiebalans worden geanalyseerd. De energiebalans is sluitend wanneer de vraag overeenkomt met het aanbod.

### Studiegebied

Het studiegebied voor het beoordelingscriterium energie is gelijk aan de projectlocatie zoals aangegeven in afbeelding 3.1. Als de energiebalans niet sluitend is, betekent dit dat er externe elektriciteitsproductie vereist is.

Afbeelding 3.1 Afbakening studiegebied



### Beoordelingsschaal

Onderstaande tabel geeft de beoordelingsschaal voor de beoordeling op het criterium energiebalans weer. De energiebalans wordt beoordeeld op de mate van zelfvoorziening van het gebied met betrekking tot de energievraag. Concreet betekent dit dat er op jaarbasis geen elektriciteit van het elektriciteitsnet wordt afgenomen. Wanneer dit wel nodig is zal de energiebalans niet sluitend zijn.

Tabel 3.4 Beoordelingsschaal Energiebalans

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	de energiebalans is niet sluitend: de energievraag in het gebied neemt sterk toe, waarvan de energie grotendeels van buiten het plangebied geleverd moet worden
-	de energiebalans is niet sluitend: de energievraag in het gebied neemt toe
0	de energiebalans verandert nauwelijks
+	de energiebalans is sluitend: de gebiedsontwikkeling voorziet in de eigen energievraag op een duurzame (energie neutrale) manier

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
++	de energiebalans in het gebied is positief Er wordt meer duurzame energie opgewekt dan noodzakelijk, en kan aan de nabije omgeving worden geleverd

### 3.2.2 Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal netimpact

#### Onderzoeksmethode

De netimpact is berekend door een analyse van zowel warmtevoorziening als elektriciteitsgebruik. Hierbij zijn kengetallen uit VESTA Mais en warmtevoorzieningsberekeningen gebruikt. Voor de woningen is uitgegaan van een standaard nieuwbouwaansluiting, daarnaast is het benodigde vermogen voor laadpunten voor elektrische auto's ook meegenomen.

#### Studiegebied

Het studiegebied voor de netimpact betreft de kadering weergegeven in afbeelding 3.1. Al het benodigd vermogen binnen deze plangrenzen worden meegenomen in de studie.

#### Beoordelingsschaal

Onderstaande tabel geeft de beoordelingsschaal voor de beoordeling op het criterium netimpact weer.

Tabel 3.5 Beoordelingsschaal netimpact

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	de impact op het elektriciteitsnet groeit sterk: er is aanzienlijk meer aansluitcapaciteit nodig
-	de impact op het elektriciteitsnet groeit: er is meer aansluitcapaciteit nodig
0	de netimpact verandert nauwelijks
+	de impact op het elektriciteitsnet verminderd: er is minder aansluitcapaciteit nodig
++	de impact op het elektriciteitsnet verminderd sterk: er is aanzienlijk minder aansluitcapaciteit nodig

### 3.2.3 Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal klimaatmitigatie

#### Onderzoeksmethode

Om te bepalen of de CO<sub>2</sub>-emissies van het plangebied afnemen, gelijk blijven of toenemen, is een analyse uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar de berekende warmtevraag, het elektriciteitsverbruik en de bijbehorende emissiefactoren. Voor de vergelijking zijn de emissiefactoren voor elektriciteit constant gehouden op het huidige niveau omdat deze een reëel beeld van de emissie geven zonder uiteenlopende voorspellingen.

De CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens de bouw is berekend op basis van de uitstoot per materiaalstroom, met behulp van de software GPR Materiaal versie 5.5.1. Hierbij zijn kengetallen uit de Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.0 gebruikt, met een peildatum van 23 januari 2025. De berekening is uitgevoerd volgens de Bepalingsmethode Milieuprestaties Bouwwerken versie 1.1, gebaseerd op de Europese norm EN 15804. Vanwege het ontbreken van specifieke informatie over de materialisatie van het project, de indeling van de vloeren en bouwkundige en installatietekeningen, is de CO<sub>2</sub>-uitstoot geschat op basis van referentieprojecten uit GPR. Deze referentieprojecten zijn gecontroleerd op de dichtstbijzijnde gebruiksfunctie voor de project-MER. De volgende stappen zijn doorlopen voor de CO<sub>2</sub>-berekening:

- 1 identificeren van de gebruiksfuncties in de gebouwen per BVO;
- 2 zoeken naar overeenkomstige referentieprojecten;
- 3 koppelen van elk referentieproject aan de bijbehorende gebruiksfunctie;
- 4 aanpassen van het aantal PV-panelen aan het project;
- 5 extraheren van de klimaatverandering - GWP (CO<sub>2</sub>-uitstoot).

### Studiegebied

Het studiegebied voor klimaatmitigatie omvat meer dan alleen het projectgebied, omdat CO<sub>2</sub>-emissies ook in de voorketen plaatsvinden. Bij elektriciteit betreft dit de opwekking met fossiele brandstoffen en bij aardgas de logistieke keten. Daarom is gekozen voor een emissiefactor die Well-To-Wheel (WTW) emissies representeert, zodat alle uitstoot buiten het projectgebied die nodig is om het projectgebied van energie te voorzien, wordt meegerekend.

### Beoordelingsschaal

Onderstaande tabel geeft de beoordelingsschaal voor de beoordeling op het criterium Klimaatmitigatie weer.

Tabel 3.6 Beoordelingsschaal klimaatmitigatie

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	er is een grote toename van de CO <sub>2</sub> emissies
-	er is een toename van de CO <sub>2</sub> emissies
0	de CO <sub>2</sub> emissies wijzigen nauwelijks
+	er is een afname van de CO <sub>2</sub> emissies
++	er is een grote afname van de CO <sub>2</sub> emissies

# 4

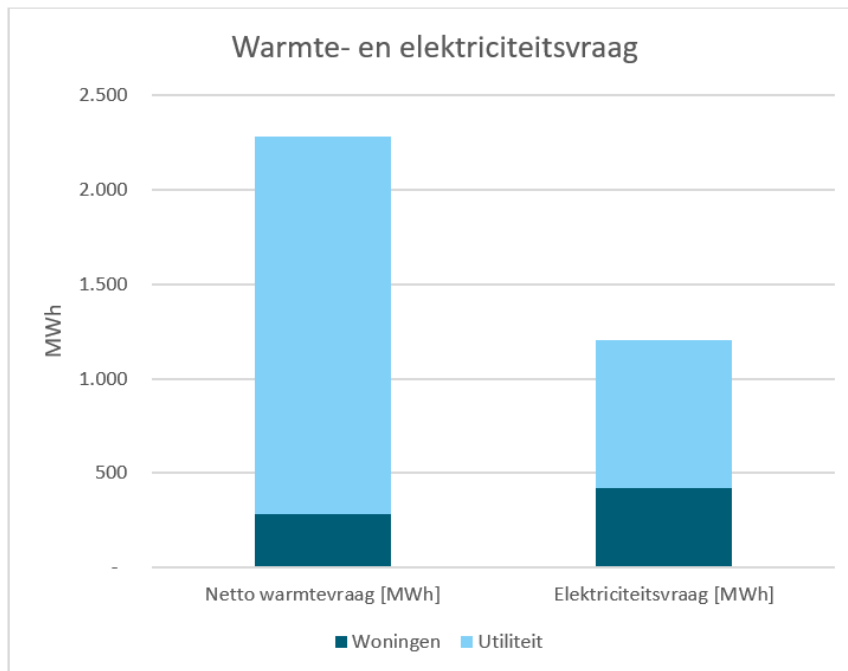
## HUDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN

### 4.1 Huidige situatie

#### 4.1.1 Energiebalans

De huidige situatie van het projectgebied heeft een evenredige indeling tussen utiliteit (67 functies) en woningen (66 woonfuncties). De huidige warmte en elektriciteitsvraag is bepaald van het gebied. Voor het bepalen van de warmte is gekozen voor het gemeten aardgasverbruik, voor de elektriciteitsvraag is gekeken naar het gemeten elektriciteitsverbruik. In bijlage I is een overzicht van de gehanteerde uitgangspunten en bronnen opgenomen. De netto warmtevraag is dan 2.283 MWh (thermisch) en de elektriciteitsvraag 1.204 MWh (elektrisch).

Afbeelding 4.1 Grafiek van warmte en elektriciteitsvraag voor de huidige situatie

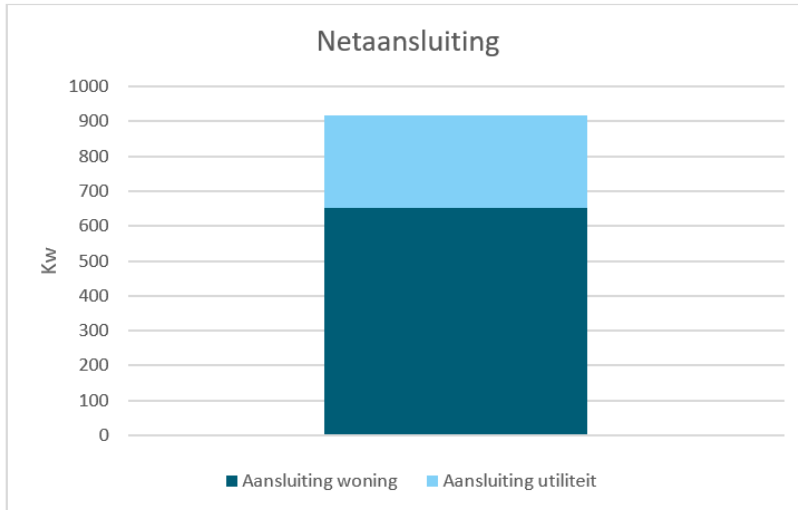


#### 4.1.2 Netimpact

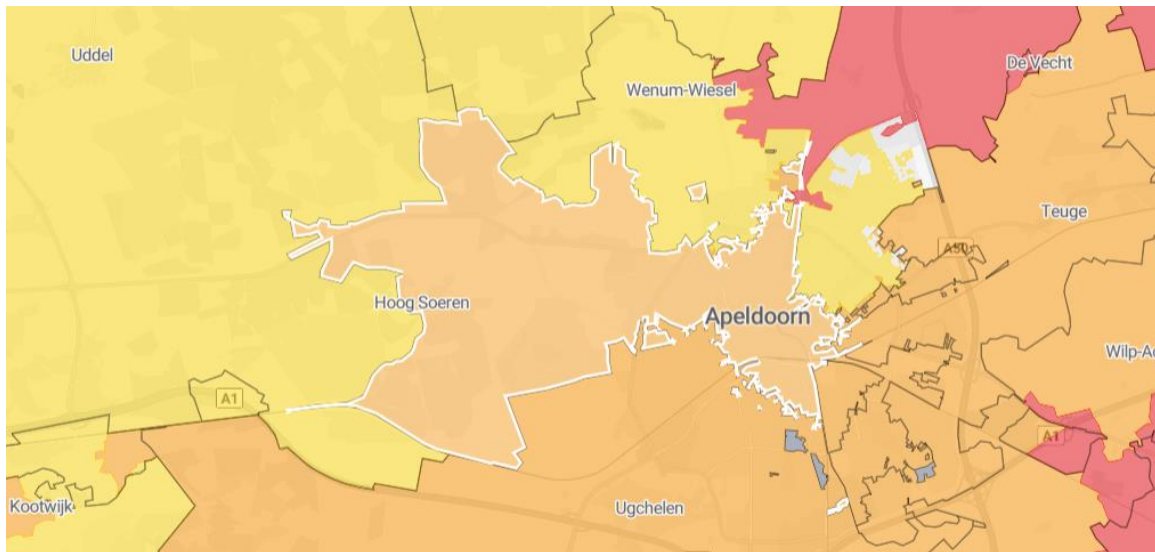
De projectlocatie valt onder Onderstation Apeldoorn 10-11 van Liander. Dit onderstation zit momenteel aan de limiet voor de afname capaciteit. Er is, in de huidige situatie, naar inschatting een afname capaciteit aanwezig van 57,3 MW, met een benodigde afname capaciteit van 68,7 MW. Er staat een uitbreiding van de capaciteit gepland voor dit onderstation voor 2036.

De huidige, reeds gerealiseerde netaansluiting van de projectlocatie bedraagt ca. 918 kW (op basis van het aantal gebouwen en 3 fasen aansluitingen). Dit is berekend aan de hand van een 25 ampère (230 V) 3-fase aansluiting voor woningen, en een 35 ampère (400 V) 3-fase aansluiting voor utiliteit (afbeelding 4.2).

Afbeelding 4.2 Grafiek van netimpact huidige situatie



Afbeelding 4.3 Uitsnede van de netcapaciteitskaart van Apeldoorn. Oranje: gebied heeft een wachtrij voor aansluiting en is in onderzoek

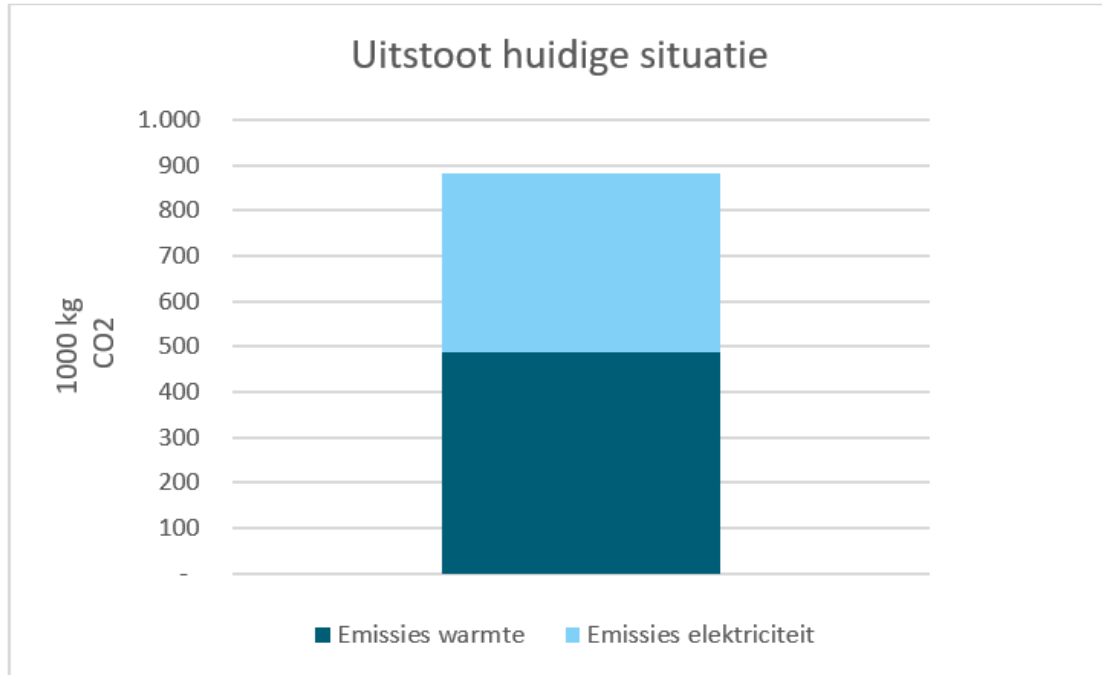


### 4.1.3 Klimaatmitigatie

Voor de huidige situatie omtrent de CO<sub>2</sub> uitstoot is enkel gekeken naar de uitstoot van de energie- en elektriciteitsvraag. Dit is bepaald op basis van het gas- en elektriciteitsverbruik en emissiefactoren<sup>1</sup>. De gezamenlijke CO<sub>2</sub> uitstoot van de projectlocatie komt dan uit op 883 ton CO<sub>2</sub>. De plannen voor de projectlocatie zullen een meervoud aan woningen en utiliteit realiseren, om een passende vergelijking van de CO<sub>2</sub> uitstoot te hebben wordt daarom ook gekeken naar de gemiddelde uitstoot per woning. In de huidige situatie is dat 3.086 kg CO<sub>2</sub> per woning per jaar.

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>-emissiefactoren. CO<sub>2</sub>-emissiefactoren. Geraadpleegd op 24 maart 2025, van <https://co2emissiefactoren.nl/>

Afbeelding 4.4 Grafiek van uitstoot CO<sub>2</sub> in de huidige situatie



## 4.2 Referentiesituatie

In de Transitievisie warmte van de gemeente Apeldoorn is de optimale aanpak beschreven voor de verschillende buurten in Apeldoorn, inclusief tijdvak. Deze transitievisie warmte vormt daarmee de beleidskaders voor de projectlocatie voor 2040. Zonder andere ontwikkelingen kan worden aangenomen dat de huidige panden in het plangebied zullen overstappen op hybride warmtepompen en op groengas, en een isolatieslag zullen ondergaan door hoge politieke inzet op isolatie. Er is daardoor sprake van een energiebesparing van 32 %<sup>1</sup>. De mogelijkheid tot groengas is echter beëindigd door de gemeente Apeldoorn<sup>2</sup>. Uitgegaan is van een hybride oplossing met aardgas in plaats van groengas.

Ook zal er een zwembad gerealiseerd worden binnen het plangebied. Dit zal zorgen voor een toename in de warmtevraag. Voor de warmtebehoefte van het zwembad is een aanname van 1.202 GJ gemaakt, gebaseerd op een vergelijkbaar zwembad<sup>3</sup>. Er is aangenomen dat het zwembad verwarmd zal worden door een all-electric warmtepomp. Dit heeft een elektriciteitsvraag van 111 MWh. Voor elektrische voertuigen is uitgegaan dat 50 % van de woningen een EV en laadpunt heeft. Dit betekent in totaal 33 elektrische voertuigen.

### 4.2.1 Energiebalans

De panden in het plangebied zullen gemiddeld 32 % besparing op hun netto warmtevraag. Er is aangenomen dat er geen verandering zal zijn in elektriciteitsverbruik van huishoudelijke apparaten in de referentiesituatie ten opzichte van de huidige situatie. Er is voor gekozen om de kentallen voor elektriciteitsverbruik gelijk te houden tussen de onderzoek alternatieven en de referentiesituatie om tot een correcte vergelijking te komen.

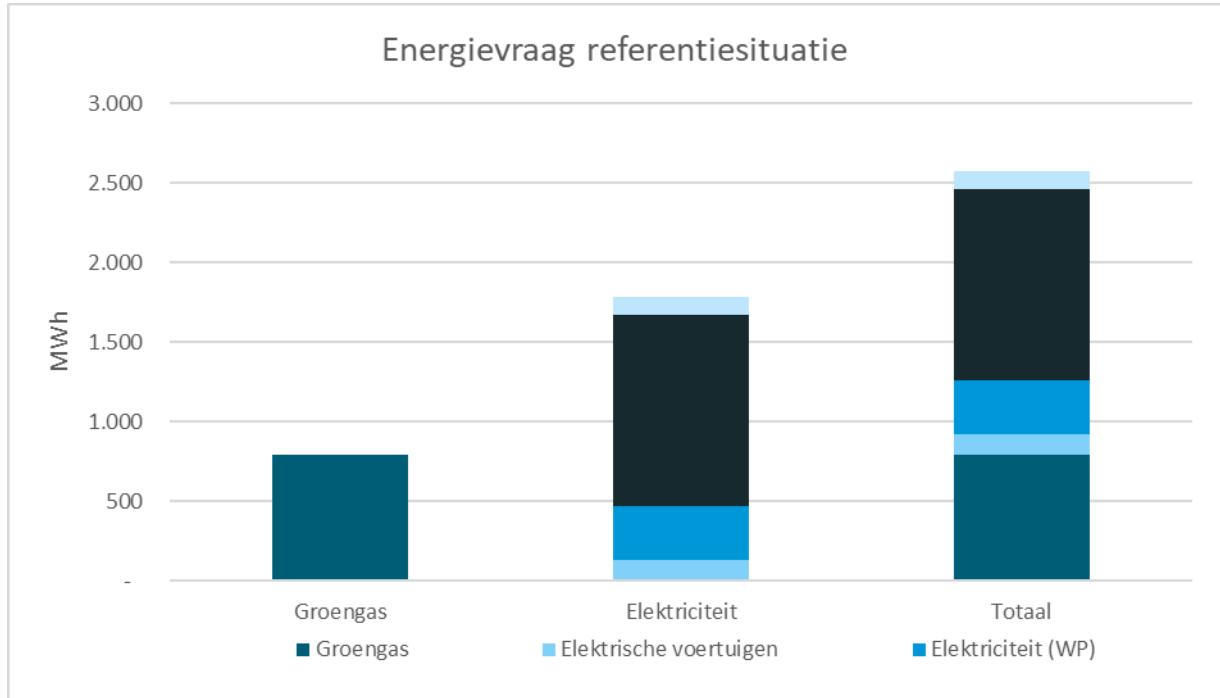
<sup>1</sup> TNO. (2024, 26 september). *Inkomenseffecten van woningisolatie naar de isolatiestandaard*. Geraadpleegd op 14 januari 2025, van [Inkomenseffecten van woningisolatie naar de isolatiestandaard](#)

<sup>2</sup> [Burgemeester en wethouders](#)

<sup>3</sup> SWECO (2018) *Warmtestudie Calluna zwembad en wijk van de toekomst* Geraadpleegd op 2 mei 2025, van [o-Endbericht-Ermelo-SWNL0231356-revisie-4-publicatie.pdf](#)

De energievraag van de referentiesituatie komt neer op een totaal van 2.758 MWh: 800 MWh groengas en 1.958 MWh elektrisch.

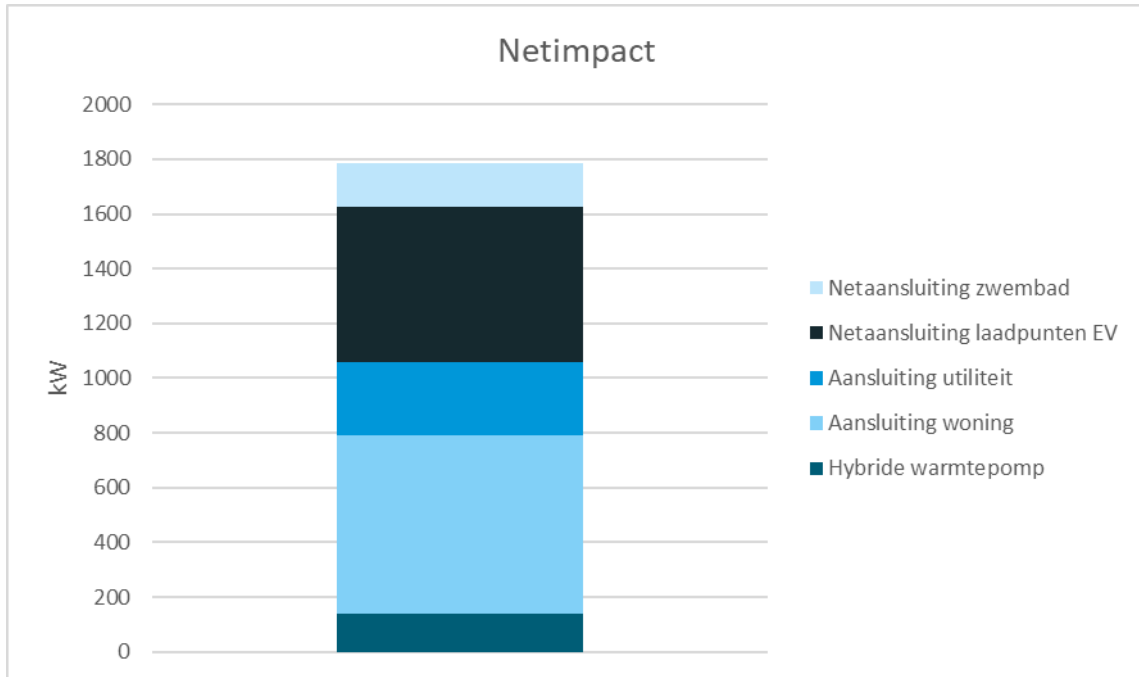
Afbeelding 4.5 Grafiek van energievraag (groengas, elektriciteit voor hybride warmtepomp en elektriciteit voor het huishouden) in de referentiesituatie



#### 4.2.2 Netimpact

De netimpact van de referentiesituatie is berekend voor zowel de hybride warmtepompen die de warmtevraag moeten voorzien, als de aansluitingen voor de huishoudens, utiliteit en het zwembad op het net. Ook is de impact van de laadpunten voor elektrische voertuigen meegenomen. De extra totale netimpact ten opzichte van de huidige situatie komt door de hybride warmtepompen, namelijk 139 kW, en de laadpunten voor EV's, namelijk 568 kW. Voor het zwembad is een netaansluiting van 159 kW vereist. Dit resulteert dus in een toename van ongeveer 900 kW wat van het laagspanningsnet wordt gevraagd. Redelijkerwijs zal de geplande verzwaring hier voldoende voor zijn.

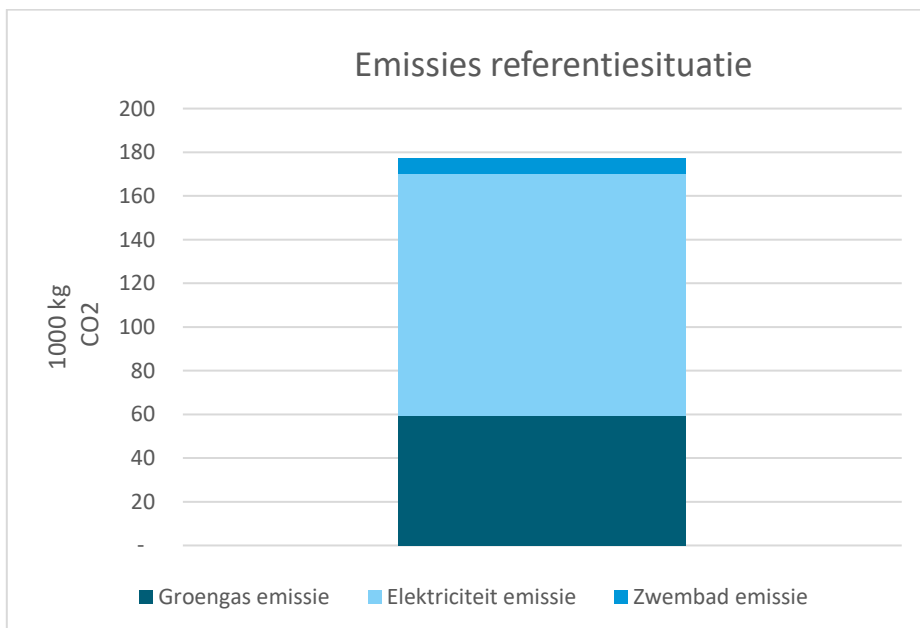
Afbeelding 4.6 Netimpact van de referentiesituatie



### 4.2.3 Klimaatmitigatie

De CO<sub>2</sub>-emissies in de referentiesituatie zijn afkomstig van groengas voor de hybride warmtepompen en de uitstoot in de voorketen van elektriciteit. De totale emissies in de referentiesituatie zijn gedaald naar 125 ton CO<sub>2</sub>. Door middel van een EIA is de totale uitstoot van het zwembad vastgesteld op 343 ton CO<sub>2</sub> over een levensduur van 75 jaar. Dit komt neer op een jaarlijkse uitstoot van 6,9 ton CO<sub>2</sub>. Dit is weergegeven in afbeelding 4.6.

Afbeelding 4.6 Jaarlijkse CO<sub>2</sub> emissie van de referentiesituatie



### 4.3 Samenvatting van kansen en bedreigingen

Duidelijke kansen op het gebied van energie en klimaat zijn het lokaal opwekken van duurzame elektriciteit, waar in de referentiesituatie volledig gebruik gemaakt wordt van het elektriciteitsnet. Lokale opwek kan hierin een positieve bijdrage leveren door te leveren voor een gedeelte van de vraag. In hoofdstuk 4.1 staat beschreven dat de warmtevraagbaarheid van het huidige gebied te laag ligt voor collectieve warmtevoorziening, en er daardoor wordt ingezet op hybride + groengas. Door het bouwen van meer woningen en utiliteit wordt deze warmtevraagbaarheid gunstiger voor een collectieve warmtevoorziening. Daarmee ligt er een kans om van het groengas af te gaan, wat zorgt voor minder afhankelijkheid.

Een bedreiging is de toename in elektrisch vermogen als resultaat van het nieuwe gerealiseerde zwembad en de toename in het gebruik van elektrische voertuigen. Uitgaande van een netverzwaring in 2036 zal dit niet tot netcongestie leiden in de referentiesituatie in 2040. Echter blijft het belangrijk om dit te monitoren, mede omdat bij een eventuele vertraging er wel problemen kunnen ontstaan. Het zwembad wordt ook gerealiseerd voor 2040 en waarschijnlijk ook voor 2036. De extra netaansluiting van 159 kW zal hier dus ook een aandachtspunt zijn. Een goede communicatie met de netbeheerder is dan van belang.

# 5

## EFFECTENBEOORDELING

### 5.1 Aannames/uitgangspunten en kwantitatieve resultaten

#### 5.1.1 Elektriciteit- en warmtevraag

De verschillende concepten voor warmtevoorziening in de onderzoeksalternatieven (zoals beschreven in het hoofdrapport van het MER), zoals het bouwen volgens nul-op-de-meter en volgens optimale bouwvormen voor de energieprestaties, resulteren in verschillende elektriciteitsvragen. Deze ingrepen zijn kwantitatief doorberekend, en weergegeven in tabel 5.1.

Het verschil in tabel 5.1 in elektriciteitsvraag tussen een collectieve en individuele warmtepomp is het resultaat van een hoger rendement van een grotere, collectieve warmtepomp. Voor het gebruiken van een warmtenet is uitgegaan van een warmtenet op basis van warmte vanuit de nabijgelegen RWZI inclusief een WKO als seizoensopslag. De elektriciteitsvraag is het resultaat van de warmtepompen en pompen voor het warmtenet.

Voor het bouwen naar nul-op-de-meter is er uitgegaan van mechanische afvoer met warmte terugwinning en CO<sub>2</sub> balans. Ook de isolatiewaarde is daar optimaal vergeleken met de al hoge waarden van het bouwen volgens BENG eisen. De optimale bouwvormen heeft geresulteerd in een lagere vormfactor voor het berekenen van de netto warmtevraag van woningen en utiliteit. Onderliggende aanname hiervoor is dat er minder warmte-verliezende buitenmuren zullen zijn, en dus minder warmteverlies. Aangezien het elektriciteitsverbruik van beide ingrepen afhankelijk is van het gekozen warmteconcept, worden deze verschillen gedeuid in de netto warmtevraag (tabel 5.2). Voor het bouwen met een efficiënte vormfactor is een afwijking van 0,25 genomen in de waarde voor de vormfactor als resultaat van optimale bouwvormen.

Het is belangrijk op te merken dat de warmtevraag is berekend op basis van verschillende uitgangspunten, waaronder vormfactor, gebouwtype, bouwspecificaties, ventilatietype en oppervlakte. Een verschil in warmtevraag is het resultaat van een samenspel van deze factoren en kan niet worden toegeschreven aan slechts één van de genoemde uitgangspunten.

Tabel 5.1 Elektriciteitsvraag voor warmte van plangebied aan de hand van ingrepen

Ingreep	Totale elektrische vraag [GWh]	Vlijtse park [GWh]	Wilhelm Tell [GWh]	Fuite [GWh]	Zwitsal [GWh]	Laan van kerschoten [GWh]	Vlijtse kade II [GWh]	Apeldoorn Noord [GWh]
gebruik maken van individuele L/W warmtepompen (basisalternatief)	2,2	0,47	0,18	0,26	0,84	0,18	0,25	0,08
gebruik van collectieve warmtepompen (mobiliteitsalternatief)	1,9	0,41	0,16	0,22	0,74	0,16	0,22	0,08
gebruik maken van een warmtenet (energiealternatief)	0,4	0,08	0,03	0,04	0,17	0,03	0,04	0,005
gebruik maken van een WKO als seizoensopslag voor collectieve warmtepomp (groen/blauwalternatief)	1,5	0,34	0,13	0,18	0,56	0,13	0,18	0,01

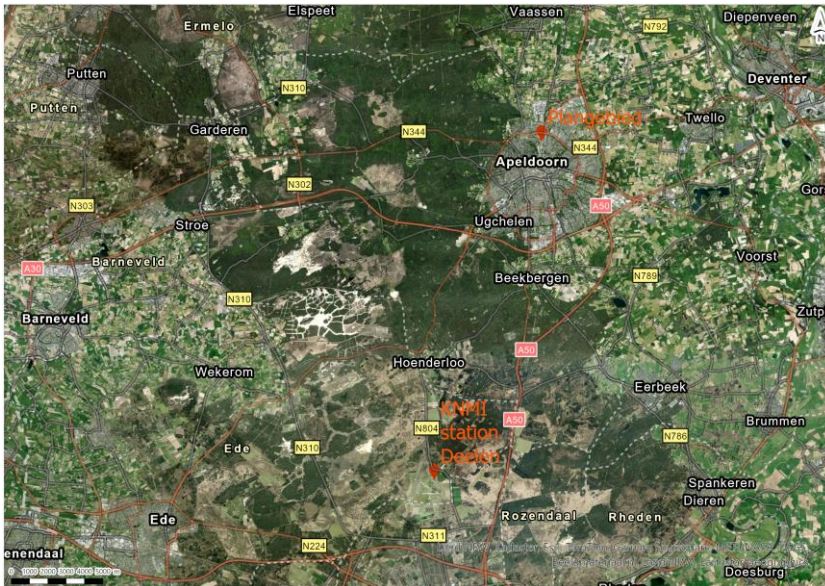
Tabel 5.2 Netto warmtevraag als resultaat van bouwspecificaties

Ingreep	Netto warmtevraag [GJ]	Vlitse park [GJ]	Wilhelm Tell [GJ]	Fuite [GJ]	Zwitsal [GJ]	Laan van kerschoten [GJ]	Vlijtse kade II [GJ]	Apeldoorn Noord [GJ]
bouweisen: nul-op-de-meter (energiealternatief)	20.100	4.200	1.600	2.200	8.200	1.600	2.200	120
energie efficiënte vormfactor (energiealternatief)	20.700	4.300	1.650	2.300	8.350	1.700	2.250	120

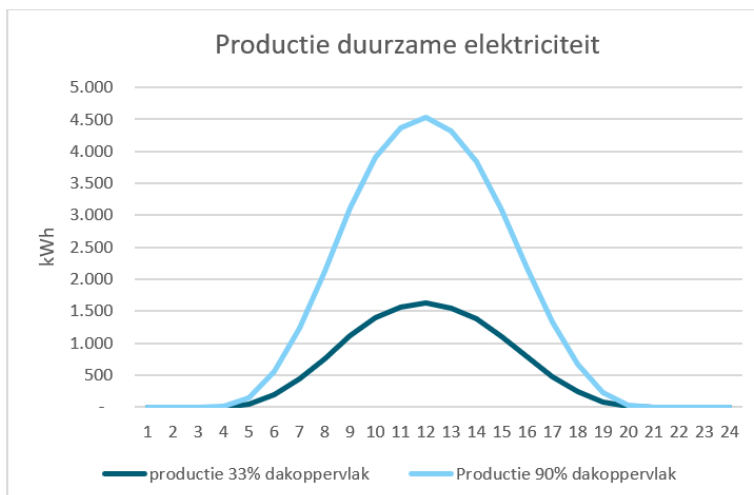
## 5.1.2 Elektriciteit opwekking en vraag

In het basialternatief, mobiliteitsalternatief en het energiealternatief worden er ook zonnepanelen geplaatst op het dakoppervlak van de bebouwing. Er wordt gebruik gemaakt van 33 % (basis- en mobiliteitsalternatief) of 90 % (energiealternatief) van het beschikbare dakoppervlak. Bij het basis- en mobiliteitsalternatief resulteert dit respectievelijk in een dak oppervlak van 23.800 m<sup>2</sup> en 24.300 m<sup>2</sup> wat nuttig gebruikt kan worden voor PV. In het energie alternatief is dit een dak oppervlak van 67.600 m<sup>2</sup>. Er is aangenomen dat er panelen van 1,8 m<sup>2</sup> met een piekvermogen van 365 Wp worden geplaatst. Met 1.000 vollasturen resulteert dit in een jaarlijkse productie van 4,6 tot 13 GWh. Voor de opwek profielen is deze jaarlijkse productie gekoppeld aan de intensiteit van de zonnestraling van nabijgelegen KNMI station Deelen (afbeelding 5.1).

Afbeelding 5.1 Locatie KNMI station Deelen en plangebied MER

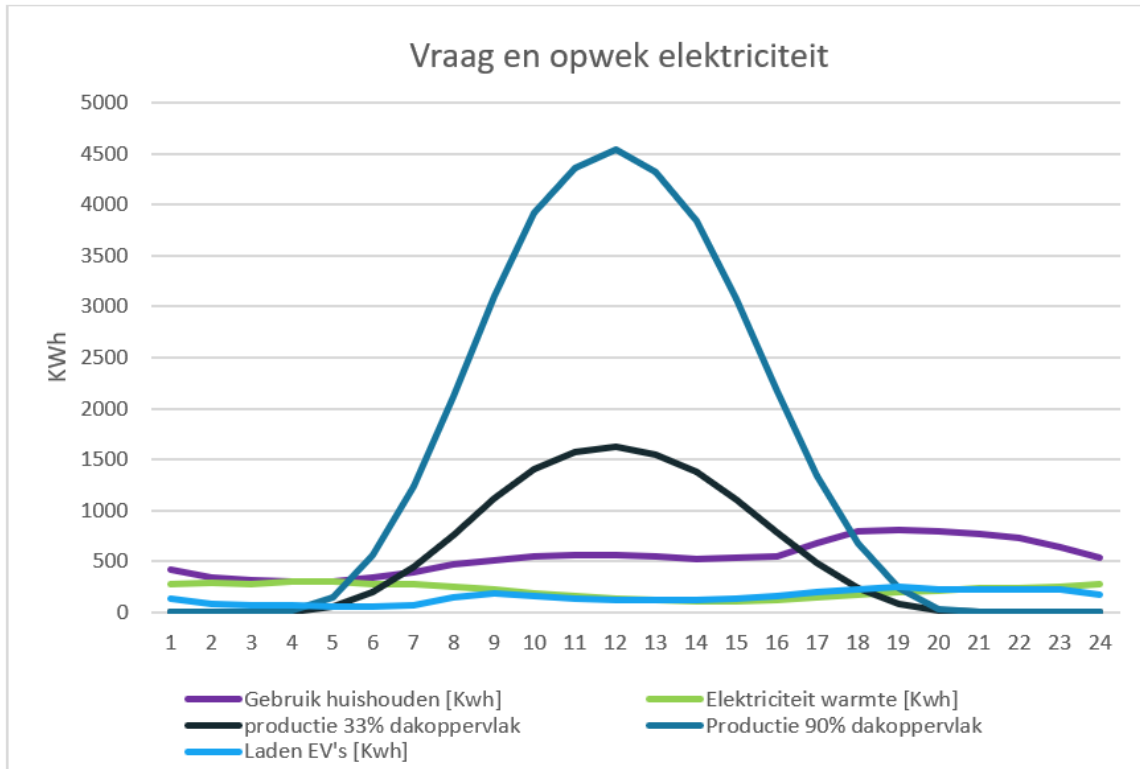


Afbeelding 5.2 Opwekprofiel zonnepanelen plangebied



Om te bepalen of de energiebalans sluitend is wordt er gekeken naar de vraagprofielen. De elektriciteit voor warmtevoorziening, zoals gegeven in tabel 5.1, is gekoppeld aan het vraagprofiel van lucht/water warmtepompen uit de ETM<sup>1</sup>. De elektriciteitsbehoefte voor huishoudens is berekend met kentallen en is ook gekoppeld aan vraagprofielen vanuit het ETM. De hoeveelheid laadpunten voor EV's zijn berekend met gebruik van het aantal parkeerplaatsen. Er is aangenomen dat de helft van de parkeerplaatsen een laadpunt zullen hebben. Ook voor EV's zijn er vraagprofielen gebruikt vanuit het ETM. Afbeelding 5.3 laat de profielen voor zowel vraag als opwek van elektriciteit zien.

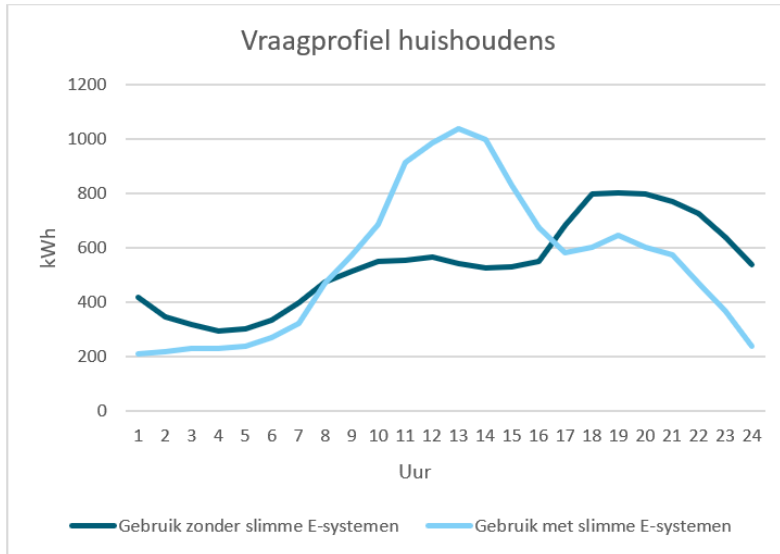
Afbeelding 5.3 Vraag en opwek profielen elektriciteit plangebied, zonder slim laden en of slimme energiesystemen



Slim laden van EV's en slimme energiesystemen zijn ingrepen die effect hebben op het vraagprofiel van elektriciteit. Beiden kunnen het profiel dusdanig aanpassen dat er meer zonne-energie gebruikt kan worden. Slimme energiesystemen hebben een effect op het elektriciteitsverbruik van huishoudens. Slimme systemen zullen, waar mogelijk, apparaten aanzetten tijdens piekmomenten van de productie. Echter zal dit niet de gehele vraag kunnen beïnvloeden: apparaten zoals tv's, koffiezetapparaten, opladen van telefoons, lampen en dergelijke zullen naar de wensen van de bewoners gebruikt worden. Vaak is dit voor of na werktijd, en dus buiten de piekmomenten van productie om. Vaatwassers, elektrische stofzuigers en wasmachines zijn echter wel apparaten die kunnen profiteren van slimme aansturing. Er is uitgegaan dat 40 % van het elektriciteitsbereik slim kan worden aangestuurd. Dit resulteert in een nieuw vraagprofiel, die piekt tijdens productiepieken, zoals weergegeven in afbeelding 5.4.

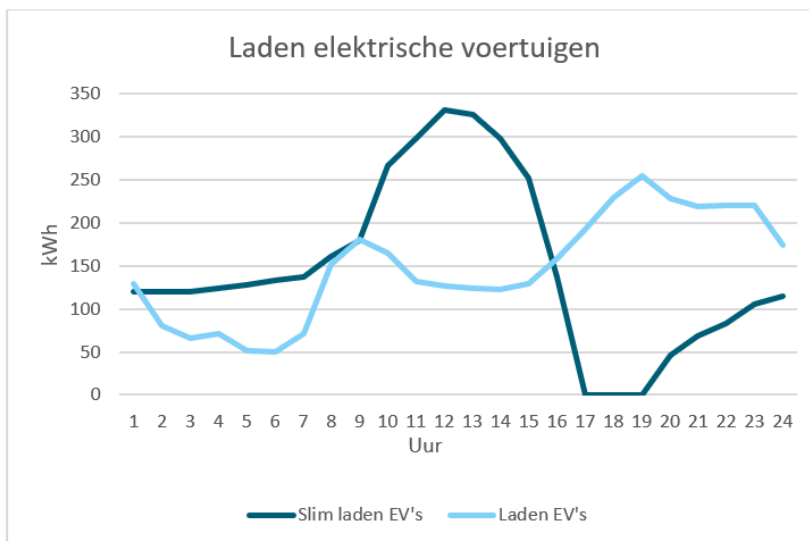
<sup>1</sup> Energy Transition Model (ETM). *Explore the future of energy systems*. Geraadpleegd op 20 Januari 2025, van [Energy Transition Model](#)

Afbeelding 5.4 Vraagprofiel huishoudens mét en zonder slimme energiesystemen



Ook voor het slim laden van EV's is er een nieuw vraagprofiel berekend. Er is uitgegaan van een volledige bezetting van de aanwezige laadpunten. Wanneer al deze auto's slim laden zal er een vraagprofiel ontstaan zoals weergegeven in afbeelding 5.5. Waar het normaal laden van EV's piekt voor en na werktijd, piekt het slim laden tijdens piekproductie. Verder wordt er niet geladen tussen 17.00 en 19.00 uur, omdat dan overige piekmomenten van de vraag worden verwacht. Dit resulteert in een wat hogere vraag gedurende de nachtelijke uren, omdat een deel van de auto's opgeladen moet zijn voor 9.00 uur in de ochtend. Het overige deel wordt grotendeels overdag geladen.

Afbeelding 5.5 Vraagprofiel laden EV's. Zowel normaal laden als slim laden



### 5.1.3 Netimpact

De verschillende warmteconcepten resulteren in verschillende netimpact. De resultaten zijn berekend aan de hand van de onderzoeksalternatieven. Voor utiliteit wordt aangenomen dat er per aansluiting een 35 A, 400 V, 3-fase aansluiting aanwezig is met een vermogensfactor van 0,8. Dit resulteert in een totale aansluitwaarde van 1 MW. Voor woningen wordt uitgegaan van 25 A, 230 V met 3-fasen en een vermogensfactor van 0,8. Dit resulteert in een benodigde aansluiting van 6,9 MW. Voor de laadpunten van elektrische auto's is er aangenomen dat er per laadpaal een aansluiting is van 17,2 kW<sup>1</sup> resulterend in een totale aansluiting van 5,6 MW. Het overig benodigd vermogen is een resultaat van de verschillende warmteconcepten en varieert daarom sterker.

Tabel 5.3 Totale netimpact van plangebied als resultaat van ingrepen

Ingrep	Netimpact in MW
gebruik van collectieve L/W warmtepompen	14,9
gebruik maken van een WKO als buffer voor collectieve WP	14,4
gebruik maken van individuele L/W warmtepompen	17,6
gebruik maken van een warmtenet op basis van restwarmte RWZI	13,9

### 5.1.4 Klimaatmitigatie

De uitgebreide resultaten van de CO<sub>2</sub> uitstoot van het bouwprogramma per gebouwfunctie is gegeven in tabel 5.4. De CO<sub>2</sub> uitstoot is berekend aan de hand van de BVO's en referentieprojecten, daarbij wordt rekening gehouden met zowel de bouw- als gebruiksfase<sup>2</sup>. De levensduur van elk van de gebouwfuncties verschilt (zie tabel 5.4).

Tabel 5.4 CO<sub>2</sub> uitstoot per gebouwfunctie

	Woning	Zwembad	Dansschool	Zorg	Commercieel	School
BVO (m <sup>2</sup> )	156.155	1.000	1.500	1.500	36.600	1.500
referentie Gebouw	woongebouw XL	sporthallen, referentie zwembad	sporthallen, referentie sporthal	N.A	winkelvastgoed; referentie solitaire winkelunit	onderwijs gebouwen; referentie school
Kg CO <sub>2</sub> eq per m <sup>2</sup> BVO per jaar	5,542	6,877	7,049	3,279	9,04	4,32
gebouw Totaal Kg CO <sub>2</sub> eq	6,49E+07	3,44E+05	5,29E+05	3,69E+0 5	1,65E+07	3,24E+05
levensduur	75	50	50	75	50	50

<sup>1</sup> Bron voor netimpact laadpaal: [1 fase of 3 fase laden van een elektrische auto: hoe zit dat? | ANWB](#)

<sup>2</sup> Bronnen voor CO<sub>2</sub> uitstoot berekening: 1) GPR Materiaal verise 5.5.1; 2) NMD met peildatum 23 Januari 2025; 3) W+B referentieprojecten.

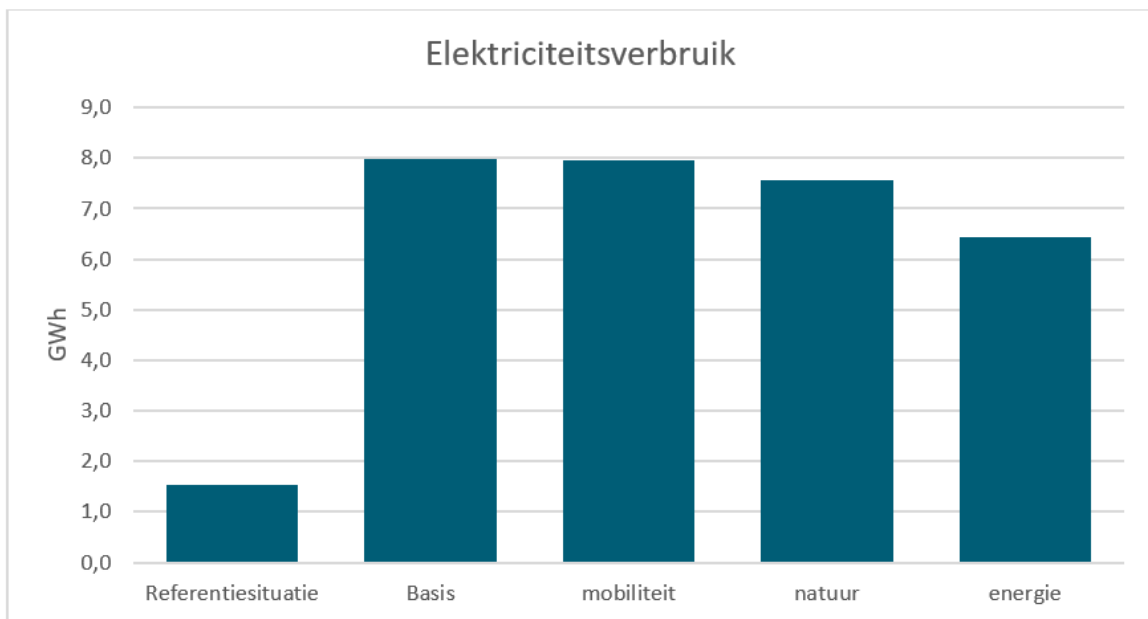
## 5.2 Effectbeoordeling per beoordelingscriterium

### 5.2.1 Energiebalans

#### Effectenbeschrijving

Ten opzichte van de referentiesituatie treedt er in alle onderzoeksalternatieven een verslechtering op van het elektriciteitsverbruik. Het gebruik van individuele warmtepompen (basisalternatief), collectieve warmtepompen (mobiliteitsalternatief), collectieve warmtepomp + WKO (groen/blauwalternatief) en een warmtenet (energiealternatief) resulteren allemaal in een groter elektriciteitsverbruik dan de referentiesituatie. Dit als gevolg van de toename van het voorgenomen bouwprogramma.

Afbeelding 5.6 Grafiek van elektriciteitsverbruik per alternatief



Er wordt in de onderzoeksalternatieven geen aardgas of groengas meer gebruikt. De volledige energievoorziening in de onderzoeksalternatieven wordt gedragen door elektriciteit in het basis- en mobiliteitsalternatief, bodemwarmte (WKO) in het groen/blauwalternatief en restwarmte vanuit de RWZI in het energiealternatief. De warmte vanuit de RWZI wordt als extern beschouwd en niet meegenomen in de vergelijking voor energie (de uitstoot hiervan is wel meegenomen bij de klimaatmitigatie). Door gebruik te maken van andere energiebronnen voor warmte dan elektriciteit, is het elektriciteitsverbruik in het groen/blauwalternatief en energiealternatief minder groot dan in het basis- en mobiliteitsalternatief.

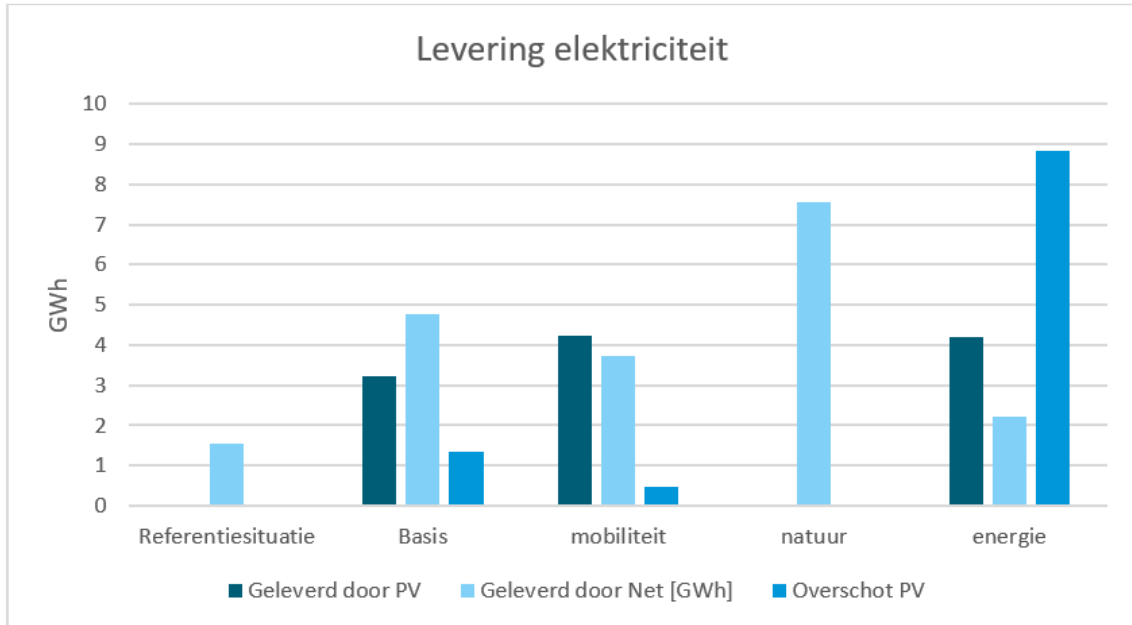
Op jaarbasis produceert het energiealternatief voldoende elektriciteit om aan de vraag te voldoen, wat doet vermoeden dat de energiebalans sluitend zal zijn. Echter, zoals gepresenteerd in hoofdstuk 5.1, wordt deze zonnestroom voornamelijk opgewekt tussen 09.00 en 18.00 uur, terwijl de vraag naar elektriciteit juist piekt in de avonden. Hierdoor zal er in de avonden nog steeds elektriciteit van het net moeten worden afgenomen, waardoor het alternatief niet volledig zelfvoorzienend is met betrekking tot energie. Afbeelding 5.7 illustreert dit resultaat op jaarbasis, waar duidelijk te zien is dat er een groot overschot aan elektriciteit is gedurende de dag, dat niet gebruikt kan worden voor de vraag tenzij er opslag aanwezig is.

Opvallend in afbeelding 5.7 is dat de zonnepanelen in mobiliteitsalternatief (33 % dakoppervlak) en energiealternatief (90 % dakoppervlak) evenveel elektriciteit leveren. De discrepantie in het nuttig kunnen gebruiken van zonproductie (lees: geleverd door PV) tussen het mobiliteits- en het basisalternatief is het resultaat van slimme sturing, slim laden en een veranderend vraagprofiel door verschillende

warmtebehoefes. Vooral het slim sturen van huishoudelijke apparaten en het slim laden van EV's zorgt voor een grotere benutting van zon-PV.

Omdat in het groen/blauwalternatief volledig groen worden ingericht, wordt er in dit alternatief geen elektriciteit uit zonnepanelen opgewekt. De elektriciteitsvraag wordt daarmee volledig geleverd door het net.

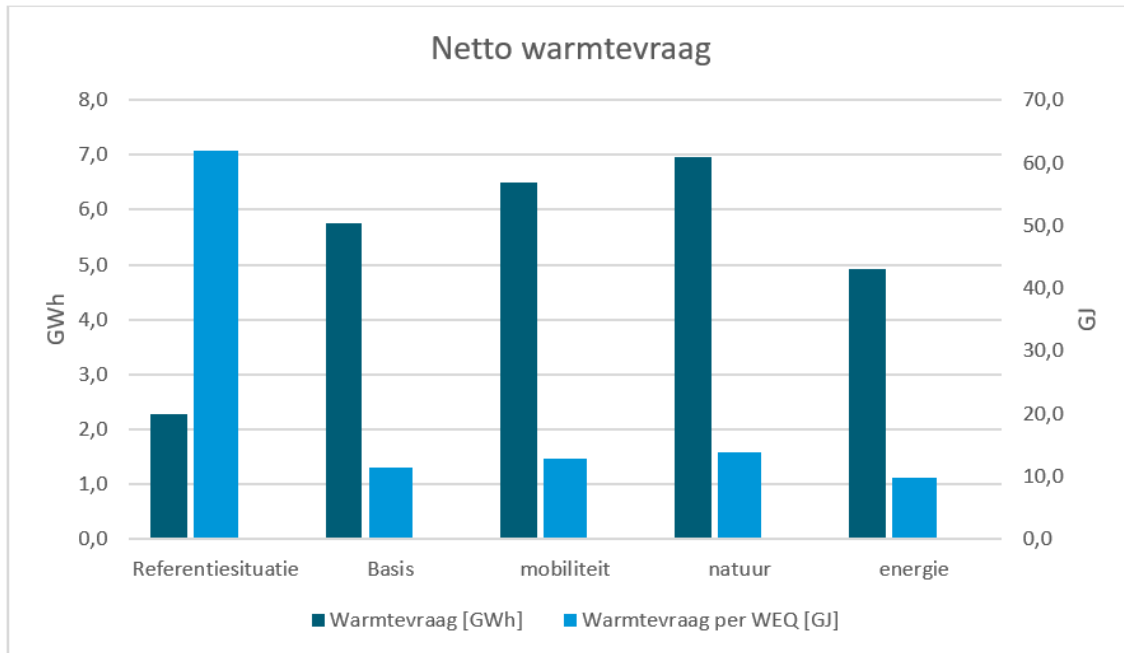
Afbeelding 5.7 Levering van elektriciteit voor de alternatieven en referentiesituatie



Er treden ook verschillende effecten op in de netto warmtevraag. Deze zijn weergegeven in afbeelding 5.8. Het energiealternatief heeft de laagste netto warmtevraag van 4,9 GWh als resultaat van energie-efficiënte bouwvormen en hoge bouweisen (nul-op-de-meter). Dit is echter nog steeds meer dan het dubbele van de referentiesituatie. Afbeelding 5.8 laat ook de warmtevraag per woning equivalent zien, dit verschil is grotendeels te herleiden naar de betere isolatiegraad van de woningen in de onderzochte alternatieven. Alle onderzoeksalternatieven gebruiken per WEQ een veelvoud minder dan in de referentiesituatie als gevolg van betere isolatie. Hier is wederom het energiealternatief het laagst met een gemiddelde vraag van 11 GJ per woning equivalent.

De verslechtering op de totale warmtevraag is dus voornamelijk het resultaat van de hoeveelheid woningen en utiliteit in de alternatieven, ondanks sterke verbeteringen op het niveau van individuele huizen.

Afbeelding 5.8 Netto warmtevraag van de verschillende alternatieven, totaal (links) en per WEQ (rechts)



### Beoordeling

Tabel 5.1 laat de beoordeling van de thematische alternatieven zien op het beoordelingscriterium energiebalans. In geen van de onderzoek alternatieven is sprake van een goed sluitende energiebalans, al wordt in het energiealternatief meer elektriciteit op jaarbasis opgewekt dan noodzakelijk is voor het verbruik.

In de onderzoeksalternatieven is er sprake van een tijdsgebonden mismatch tussen elektriciteitsvraag en aanbod. In een poging de energiebalans sluitend te krijgen, en daarmee de belasting van het elektriciteitsnet te verkleinen is er gedacht aan duurzame opwek binnen het plangebied in de vorm van zonnepanelen. Alhoewel deze zonnepanelen mogelijk genoeg elektriciteit opwekken op jaarbasis (alternatief: energie), overlappen de piekmomenten in aanbod niet met die van de vraag. Zonnepanelen leveren het meest tussen 10.00 - 15.00 uur, terwijl de vraag piekt tijdens de avonduren. Dit resulteert in een overschot van productie tijdens de middaguren, afbeelding 5.3 laat dit duidelijk zien.

De energiebalans wordt beoordeeld op de hoeveelheid elektriciteit die nodig is van het elektriciteitsnet. Oftewel: hoeveel energie niet lokaal kan worden geproduceerd. Op basis hiervan is het energiealternatief het beste, dit alternatief heeft ondanks een groot PV-overschot, ook het minste elektriciteit nodig van het net. De overige alternatieven hebben een hogere vraag aan het elektriciteitsnet en krijgen daardoor een sterk negatieve (--) beoordeling. Omdat in het energiealternatief de disbalans het minst sterk is (en daarmee het minst vraagt van het elektriciteitsnet), krijgt dit alternatief een negatieve (-) beoordeling. Er is geen positieve beoordeling omdat in geen van de alternatieven een sluitende energiebalans is.

Tabel 5.5 Beoordelingsschaal energiebalans (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
energiebalans	--	--	--	-

### Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen om de energiebalans sluitend te krijgen zijn het implementeren van een vorm van energieopslag. Daarmee kan het overschot wat geproduceerd wordt tijdens de middaguren in de avond en nacht worden gebruikt. Dit kan zijn in de vorm van buurtbatterijen, kijkend naar de dagopslag, waarbij de piekproductie gedurende de middag gebruikt kan worden in de avonduren. Let wel, hiervoor zal een grote batterijcapaciteit voor nodig zijn. Verder is het ook mogelijk om het overschot aan elektriciteit op te slaan als warmte door het in te zetten bij een warmtepomp die een WKO laadt van warmte, om op een later moment te kunnen gebruiken (seizoensopslag).

Een andere maatregel kan zijn om de PV panelen op te stellen in een Oost-West opstelling. Hierdoor vangen de panelen minder zon op gedurende piekmoment rond 13.00 uur, maar zullen deze wel meer opleveren aan het begin en eind van een dag. Hierdoor wordt de productie meer verspreid over de dag. De impact van deze opstelling zal nog onderzocht moeten worden in hoeverre dit de piek dempt.

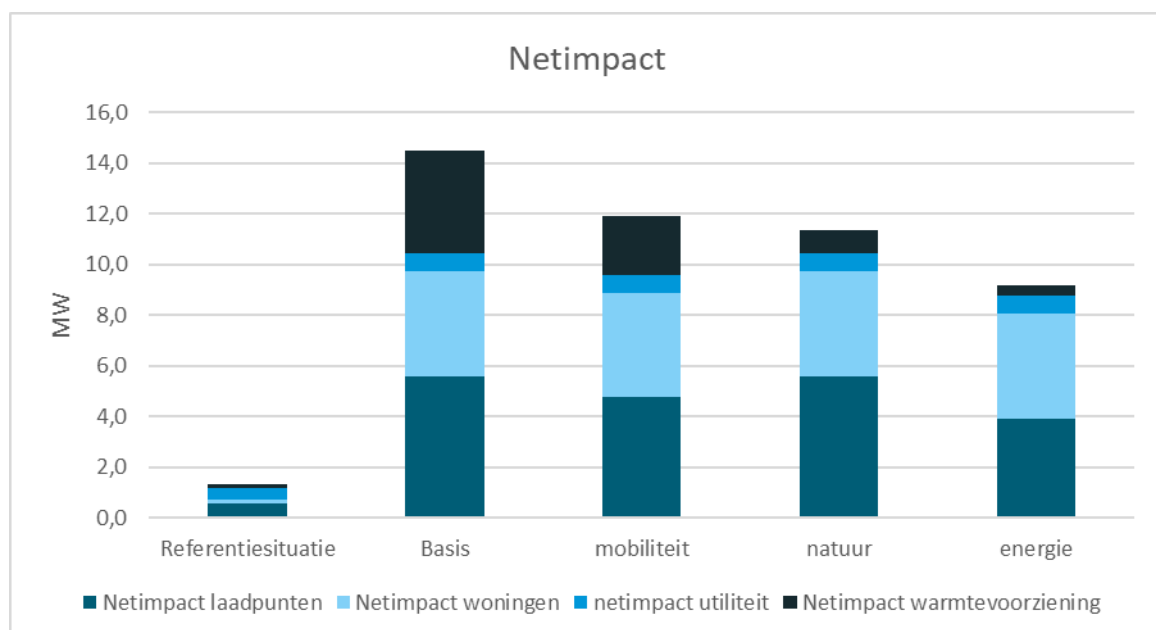
Mogelijk kan er ook gekozen worden om een deel van de zonnepanelen te vervangen voor zonnecollectoren. Hierdoor wordt de piek van de productie gedempt en dus ook het overschot aan onbenutte elektriciteit. Dit terwijl de zonnecollectoren de WKO kunnen voorzien van warmte, waardoor er netto minder energie verloren zal gaan.

## 5.2.2 Netimpact

### Effectenbeschrijving

De netimpact van de alternatieven zijn gegeven en vergeleken met de referentiesituatie in afbeelding 5.9. De netimpact van de warmtevoorziening zorgt primair voor het verschil in netimpact tussen de onderzoek alternatieven. Vergeleken met de referentiesituatie is er een duidelijke verslechtering voor alle alternatieven. De netimpact van de laadpunten in de gebiedsontwikkeling (325 stuks) is aanzienlijk. De netimpact van de laadpunten verandert in het mobiliteits- en energiealternatief als resultaat van het inzetten van slimme sturing. Doordat de piekmomenten nu verdeeld worden over de dag, zal voor deze alternatieven een lager piekvermogen nodig zijn en dus een lagere netimpact.

Afbeelding 5.9 Netimpact van de verschillende alternatieven



## Beoordeling

Tabel 5.6 laat de beoordeling van de alternatieven zien op het beoordelingscriterium netimpact. Ten opzichte van de referentiesituatie treedt in alle alternatieven een verslechtering op. Uit de analyse blijkt dat het basisalternatief de grootste netimpact heeft. Het basisalternatief krijgt daarom een sterk negatieve (--) beoordeling, de overige alternatieven een negatieve (-). Afhankelijk van de geplande verzwaring van 2036 zorgen de alternatieven voor netcongestie. Volgens de capaciteitskaart van netbeheer Nederland<sup>1</sup> is er momenteel 8,5 MW afname vermogen in de wachtrij voor het desbetreffende onderstation. Dit zal dus minimaal met 10,5 MW (alternatief energie) toenemen. Of dit tot netcongestie zal lijden is afhankelijk van de mate van versterking, het is daarom wenselijk om in een vroeg stadium contact op te zoeken met de netbeheerder.

Tabel 5.6 Beoordelingsschaal Energie (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
energie	--	-	-	-

## Mitigerende maatregelen

De netimpact van het ontwikkelingsgebied stijgt met de grote verandering in de hoeveelheid woningen, utiliteit en laadpunten van het voornemen. Om toch een dempend effect uit te oefenen kan het implementeren van een collectief warmtesysteem helpen, doordat gelijktijdigheid dan een rol gaat spelen.

Verder valt het op dat de impact van de laadpunten groot is. Bij mogelijke problemen omtrent netcongestie is een vermindering van laadpunten een mogelijke oplossing. Verder liggen er kansen tussen het overschot aan productie van zonnepanelen en de netimpact van de laadpunten. Een systeem waar het overschot wordt gebruikt om de auto's op te laden (inclusief opslag) zal de netimpact verlagen.

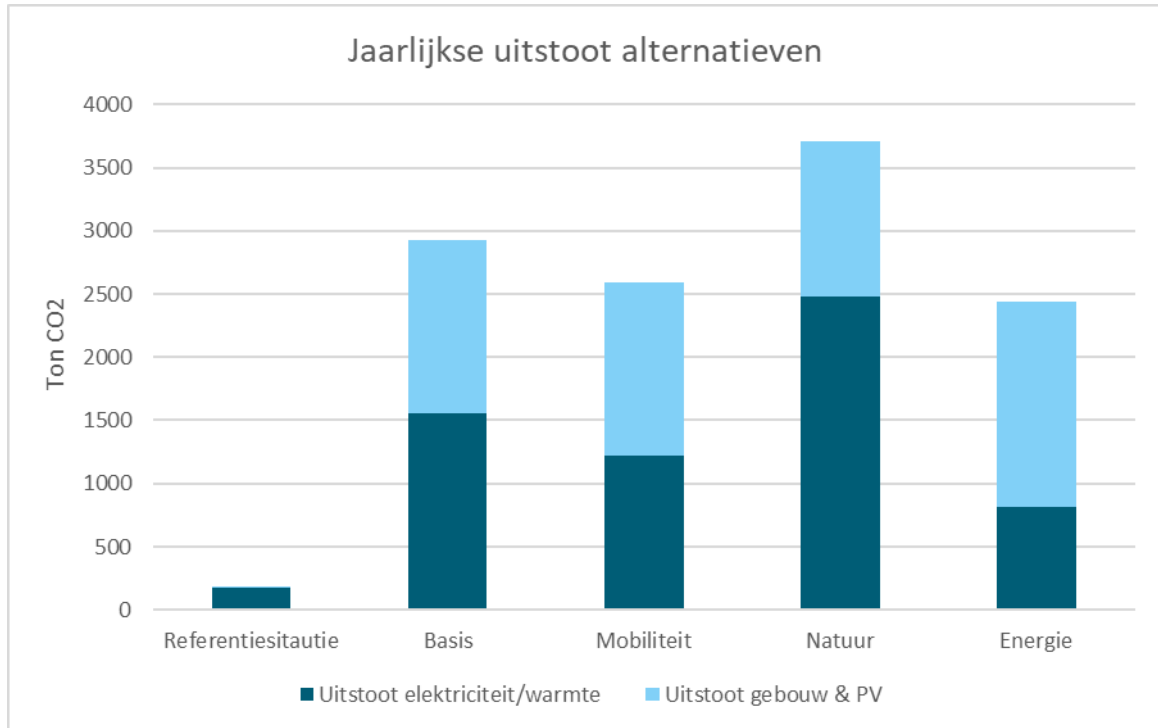
## 5.2.3 Klimaatmitigatie

### Effectenbeschrijving

De CO<sub>2</sub>-uitstoot is per jaar berekend. Er is een analyse uitgevoerd naar de jaarlijkse uitstoot als gevolg van warmte- en elektriciteitsverbruik, gecombineerd met de jaarlijkse uitstoot door de realisatie van het project. Deze uitstoot is eerst berekend voor de totale levensduur van de gebouwen (zie tabel 5.4) en daarna omgerekend naar een jaarlijkse waarde. Het energiealternatief heeft een grotere uitstoot van gebouwen en PV door het hoge aantal van zonnepanelen. Het groen/blauwalternatief heeft de laagste uitstoot voor het realiseren van het project, omdat het geen zonnepanelen plaatst. Tegelijkertijd geldt daarbij wel dat in dit alternatief de hoogste CO<sub>2</sub>-emissies optreden voor de opwek van elektriciteit en warmte, terwijl in het energiealternatief dit aspect weer het laagst is.

<sup>1</sup> [Capaciteitskaart elektriciteitsnet](#)

Afbeelding 5.10 Jaarlijkse CO2 uitstoot van de alternatieven



### Beoordeling

Tabel 5.7 laat de beoordeling van de thematische alternatieven zien op het beoordelingscriterium klimaatmitigatie. Alle alternatieven hebben een CO<sub>2</sub>-uitstoot die vele malen hoger is dan de referentiesituatie, en krijgen daarmee een negatieve (-) beoordeling. Het groen/blauwalternatief krijgt een sterk negatieve (--) beoordeling. De hoge uitstoot van het groen/blauw alternatief is het resultaat van een hoog energieverbruik. Er wordt in dit alternatief juist minder uitgestoten bij het bouwen en installeren van PV, maar door het ontbreken van PV is er meer elektriciteit nodig. Andere alternatieven hebben juist meer uitstoot bij het bouwen en aanleggen van PV.

Tabel 5.7 Beoordelingsschaal Energie (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
energie	-	-	--	-

### Mitigerende maatregelen

De CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van het realiseren van het project is aanzienlijk, waardoor het gebruik van duurzame materialen wordt aangeraden. Koolstofvastlegging door groen binnen het plangebied is hierbij niet meegenomen. De hogere aanwezigheid van groen in het groen/blauwalternatief kan een dempend effect hebben op de netto uitstoot. Daarnaast resulteert het laag houden van het energieverbruik, door optimale bouwvormen en collectieve warmtevoorziening, in een lagere uitstoot.

# 6

## OVERZICHT VAN EFFECTEN

### 6.1 Samenvatting van de effecten

Tabel 6.1 Beoordeling van de effecten op thema Energie en klimaatmitigatie (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
energie	--	--	--	-
netimpact	--	-	-	-
klimaatmitigatie	-	-	--	-

### 6.2 Keuzes, kansen en aandachtspunten

De alternatieven worden op alle criteria negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Dit is voornamelijk het resultaat van het toevoegen van een veelvoud aan woonfuncties en utiliteitsfuncties op het plangebied. De grote onderscheidende verschillen liggen voornamelijk bij het energiealternatief.

De netto warmtevraag van het energiealternatief is 29 % lager dan die van het groen/blauwalternatief. Er is dus een aanzienlijk effect door te bouwen met optimale bouwvormen en isolatie. Verder is ook de totale elektriciteitsvraag 19 % lager ten opzichte van het basisalternatief. Dit is een combinatie van een lagere netto warmtevraag met een collectief warmteconcept. Andere alternatieven met een collectief warmteconcept (mobiliteits- en groen/blauwalternatief) hebben ook een lager verbruik van respectievelijk 0,4 % en 5 %.

Een belangrijk positief effect is een vermindering van de netto warmtevraag per woning equivalent voor alle alternatieven. Echter ligt de totale netto warmtevraag én het elektriciteitsgebruik aanzienlijk hoger dan de referentiesituatie. Het produceren van duurzame elektriciteit verlaagd de hoeveelheid die geleverd moeten worden met het net aanzienlijk, in het mobiliteits- en energiealternatief met meer dan 50 %. Echter zal de energiebalans niet sluitend kunnen zijn zonder elektriciteitsopslag, om ook in de avond en de nacht te kunnen voorzien in de vraag. Te veel zonnepanelen, zoals het geval is in het energiealternatief, resulteren in een groot overschot aan geproduceerde stroom, waardoor de netimpact juist toeneemt als gevolg van de mismatch in tijd tussen vraag en aanbod. De netimpact is een bedreiging, aangezien er momenteel netcongestie problemen zijn bij het desbetreffende onderstation in Apeldoorn. Om de impact beperkt te houden liggen er kansen bij een collectief warmtesysteem, het verminderen van het aantal laadpunten en/of het overschot aan geproduceerde elektriciteit te gebruiken voor het laden van EV's.

Wat opvalt is dat het mobiliteits- en energiealternatief evenveel elektriciteit gebruiken vanuit de zonnepanelen. Meer gebruiken dan 33 % dakoppervlak resulteert dus enkel in een groter overschot wanneer er geen extra maatregelen worden getroffen. Het inzetten van 50 % slimme energiesystemen en slim laden van EV's in het mobiliteits-alternatief heeft geresulteerd in een 24 % toename van gebruikte elektriciteit van de zonnepanelen ten opzichte van het basisalternatief. Het toevoegen van deze slimme systemen kan dus,

mits de omstandigheden dat toelaten, een positief effect hebben op de energiebalans. Kanttekening hierbij is dat deze systemen mogelijk niet zo goed werken als aangenomen in deze hypothese. Dit berust op het feit dat er auto's onder werktijd moeten worden opgeladen en wasmachines tijdig moeten worden ingeladen.

Op het gebied van energie zijn de optimale maatregelen het gebruik maken van een collectief systeem voor de warmtevoorziening, indien mogelijk met een buffer. Verder is het aan te raden om een hoeveelheid zonnepanelen te plaatsen passend bij de piekvraag, zodat deze ook daadwerkelijk kunnen leveren tijdens de piekmomenten. Een andere kans is om te zorgen voor een opslagmogelijkheid.

# 7

## DISCUSSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 Leemten in kennis en onzekerheden

Enkele leemten of kennislacunes uit dit deelrapport zijn het gebrek aan specifieke projectinformatie, dit heeft geleid tot het gebruik van referentieprojecten en kentallen. Dit kan de nauwkeurigheid van de berekeningen beïnvloeden.

Verder is de effectiviteit van slimme energiesystemen en slim laden van EV's gebaseerd op aannames en hypothetische modellen. Er bestaat een risico dat deze systemen in de praktijk niet zo efficiënt werken als verondersteld, wat de energiebalans kan beïnvloeden.

Voor de referentiesituatie is er aangenomen dat het plangebied de aanpak voor de wijk 'De parken' zal volgen, met groengas en hybride warmtepompen. Echter, de beschikbaarheid en prijsstabiliteit van groengas in de toekomst zijn onzeker en niet meegenomen in de analyse.

De analyse houdt verder mogelijk onvoldoende rekening met toekomstige technologische ontwikkelingen en innovaties die de energie-efficiëntie, netimpact en CO<sub>2</sub> uitstoot significant kunnen beïnvloeden. Ook ontwikkelingen tot relatie met de referentiesituatie zijn mogelijk niet genoeg meegenomen in deze analyse.

Ook zijn toekomstige beleidsveranderingen, zoals strengere energienormen, subsidies of belastingvoordelen en de mogelijke consequenties daarvan zorgen voor onzekerheden.

### 7.2 Monitoring en evaluatie

Het is belangrijk om de verwachte netimpact gedetailleerd in kaart te krijgen. Er zal namelijk voldoende capaciteit aanwezig moeten zijn op het net, mogelijk moet dit ver van tevoren gepland worden met de lokale netbeheerder. Hierbij kunnen mogelijk randvoorwaarden gesteld worden die een sturend effect hebben op de uiteindelijke realisatie van het project. Denk hierbij aan een collectief systeem om de impact te verkleinen. De uitrol van nieuw lokaal en regionaal beleid die de warmtevraag en het warmteaanbod beïnvloed kan voor veranderingen zorgen in de gestelde prognoses van deze studie.

### 7.3 Maatregelen achter de hand

De belangrijkste maatregelen zijn het verstandig plaatsen van PV-panelen, om een balans te creëren tussen de elektriciteit opwek en de uitstoot van de panelen. Mocht er een groot overschot zijn aan productie is een opslagmethode gewenst. Collectieve warmteconcepten hebben een dempend effect op de netimpact. Waarbij het gebruik van warmte van de RWZI ook voor een significant lager gebruik zorgt.



## REFERENTIES

- Gemeente Apeldoorn. (2023, 23 december). Transitievisie warmte. Geraadpleegd op 13 Januari 2025, van [Transitievise warmte 2021](#).
- Gemeente Apeldoorn. (2023, 21 december). Verordening bodemenergiesystemen gemeente Apeldoorn 2023. Geraadpleegd op 13 Januari 2025, van [Verordening bodemenergiesystemen gemeente Apeldoorn 2023 | Lokale wet- en regelgeving](#).
- TNO. (2024, 26 september). Inkomenseffecten van woningisolatie naar de isolatiestandaard. Geraadpleegd op 14 januari 2025, van [Inkomenseffecten van woningisolatie naar de isolatiestandaard](#).
- KNMI. (2024, 1 januari). Uurgegevens van het weer in Nederland. Geraadpleegd op 16 januari 2025, van [KNMI - Uurgegevens van het weer in Nederland](#).
- Energy Transition Model (ETM). Explore the future of energy systems. Geraadpleegd op 20 Januari 2025, van [Energy Transition Model](#).
- CO<sub>2</sub>-emissiefactoren. CO<sub>2</sub>-emissiefactoren. Geraadpleegd op 24 maart 2025, van <https://co2emissiefactoren.nl/>

Bijlage(n)

## BIJLAGE: UITGANGSPUNTEN BEREKENING

Tabel I.1 Algemene uitgangspunten

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
emissiefactor elektriciteit	0,328	kgCO <sup>2</sup> /kWh	<a href="https://www.co2emissiefactoren.nl/wp-content/uploads/2024/03/CO2emissiefactoren-2024-2015-dd-20-3-2024.pdf">https://www.co2emissiefactoren.nl/wp-content/uploads/2024/03/CO2emissiefactoren-2024-2015-dd-20-3-2024.pdf</a>
emissiefactor aardgas	2,32	kg/CO <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	<a href="https://www.co2emissiefactoren.nl/wp-content/uploads/2024/03/CO2emissiefactoren-2024-2015-dd-20-3-2024.pdf">https://www.co2emissiefactoren.nl/wp-content/uploads/2024/03/CO2emissiefactoren-2024-2015-dd-20-3-2024.pdf</a>
emissiefactor groengas	0,723	kg CO <sup>2</sup> nm <sup>3</sup>	<a href="https://co2emissiefactoren.nl/factoren/2024/10/brandstoffen-energieopwekking/">https://co2emissiefactoren.nl/factoren/2024/10/brandstoffen-energieopwekking/</a>
emissiefactor TEA	6	kg/CO <sup>2</sup> /GJ	<a href="https://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2023/09/Verduurzaming-bronnen-voor-warmtenetten.pdf">https://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2023/09/Verduurzaming-bronnen-voor-warmtenetten.pdf</a>
elektrisch verbruik ev's	4.000	kWh/jaar/EV	berekening op basis van gemiddeld verbruik en gemiddelde afstand
verbruik huishoudens	2.758	kWh/jaar	VESTA Mais

Tabel I.2 Uitgangspunten referentiesituatie

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
efficiëntie CV ketel	89	%	
kookgas per woning	35	m <sup>3</sup>	kubieke meters aardgas dat voor koken wordt gebruikt
verbrandingswaarde aardgas	35,17	MJ	hogere verbrandingswaarde van aardgas
netto warmtevraag	2.284	MWh	berekening op basis van PC6 data

Tabel I.3 COP waarden van de warmtepompen in de alternatieven

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
COP warmtepomp alternatief basis (LW)	3	-	COP van lucht/water warmtepomp
COP warmtepomp alternatief Mobiliteit (BW)	6	-	COP van brine/water warmtepomp
COP warmtepomp alternatief Energierijk (BW)	6	-	COP van brine/water warmtepomp

Tabel I.4 Uitgangspunten basis alternatief

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
warmtevraag - ruimteverwarming	15	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO
warmtevraag - tapwater	1.100	kWh/vbo/jaar	Vesta MAIS
koude vraag	4	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving' - RVO
bouwspecificatie	BENG	-	gebruikt als voor input UMGO
ventilatie	mechanisch-CO <sup>2</sup> (C4C)	-	gebruikt als voor input UMGO
vormfactor	0,75	-	aanname

Tabel I.5 Uitgangspunten alternatief bereikbaar

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
warmtevraag - ruimteverwarming	20	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO
warmtevraag - tapwater	1.100	kWh/vbo/jaar	Vesta MAIS
koude vraag	4	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving' - RVO
bouwspecificatie	BENG	-	Gebruikt als voor input UMGO
ventilatie	mechanisch-CO <sup>2</sup> (C4C)	-	Gebruikt als voor input UMGO
vormfactor	1	-	aanname

Tabel I.6 Uitgangspunten alternatief groen/blauw

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
warmtevraag - ruimteverwarming	20	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO
warmtevraag - tapwater	1.100	kWh/vbo/jaar	Vesta MAIS
koude vraag	4	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving' - RVO
bouwspecificatie	BENG	-	gebruikt als input UMGO
ventilatie	mechanisch-CO <sup>2</sup> (C4C)	-	gebruikt als input UMGO
vormfactor	1	-	aanname

Tabel I.7 Uitgangspunten alternatief energie

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
warmtevraag - ruimteverwarming	8	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO
warmtevraag - tapwater	1.100	kWh/vbo/jaar	Vesta MAIS
koude vraag	6	kWh/m <sup>2</sup> GBO	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving' - RVO
bouwspecificatie	BENG	-	gebruikt voor input UMGO
ventilatie	Balans CO <sup>2</sup> (d5a)	-	gebruikt voor input UMGO
vormfactor	0,5	-	aanname

Tabel I.8 Uitgangspunten utiliteit

Uitgangspunt	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
School - ruimteverwarming	21	kWh/m <sup>2</sup>	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO
Zorgvoorziening - ruimteverwarming	31	kWh/m <sup>2</sup>	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO
Commercieel - ruimteverwarming	1	kWh/m <sup>2</sup>	op basis van verdere uitgangspunten en 'uniforme maatlat gebouwde omgeving (UMGO)' - RVO

