

# Zon in Gouda 2020



Ten aanzien van Gemeente Gouda

**Project: Zon in Gouda 2020**

22 oktober 2020

Door Sobolt B.V.

# 1 – Schriftelijke toelichting

Gouda telt circa 36.000 gebouwen. Door zonnepanelen te plaatsen kunnen deze daken significant bijdragen aan de duurzame energieopwekking. De gemeente heeft de wens om de huidige situatie in 2020 kaart te brengen, met andere woorden waar liggen de zonnepanelen? Tevens is gevraagd om de potentie van zon op daken te analyseren. Hierbij wordt binnen het beschermd stadsgebied rekening gehouden met de zichtbaarheid.

In dit rapport wordt een overzicht van de daken in Gouda gegeven, om een indruk van zowel de huidige situatie als de potentie tot uitbreiding van zonne-installaties te geven. Daarnaast bevat dit rapport een toelichting van de methode en kwaliteit van de resultaten, om duidelijkheid over de interpretatie van de data te geven.

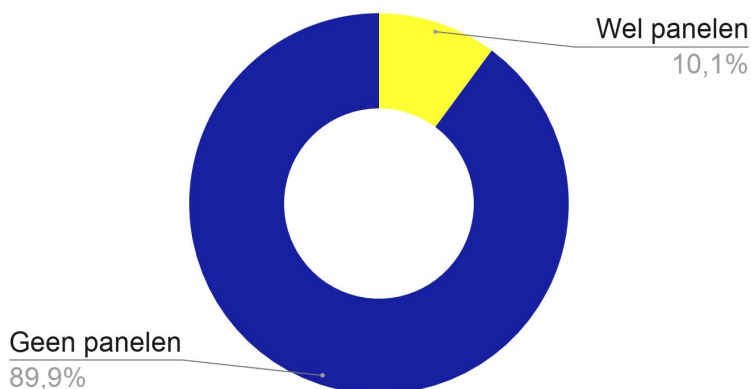
Tevens zijn bij het rapport een Excel en Shapefile bestand meegeleverd met alle resultaten van de scan. Binnen dit project wordt onderscheid gemaakt tussen drie onderdelen:

- ✓ Aanwezigheidsscan. Het in kaart brengen van daken met zonnepanelen
- ✓ Potentie zon op daken binnen de gehele gemeente op basis van zoninstraling
- ✓ Specifieke potentie analyse monumentale panden en beschermde binnenstad

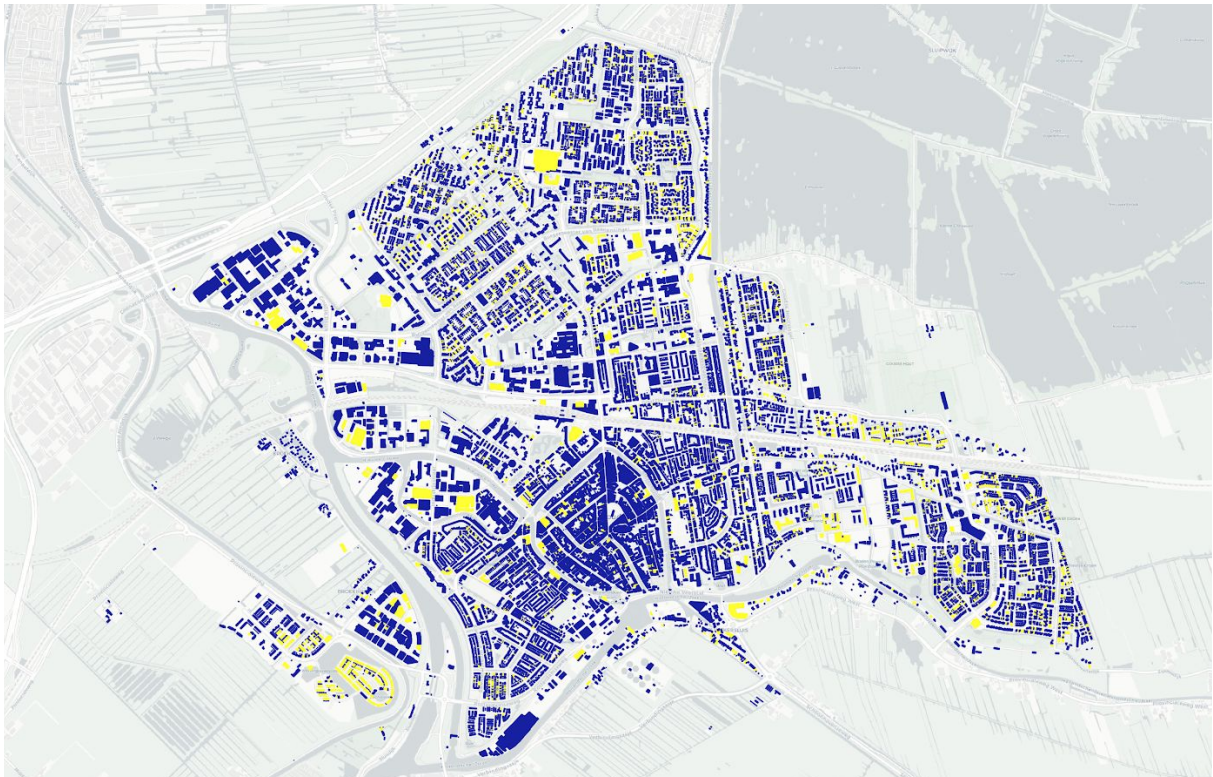
## Overzicht resultaten 2020

### Aanwezigheids-scan zonnepanelen

In de gemeente Gouda zijn in totaal 35.698 daken. Hiervan zijn 3616 daken voorzien van zonnepanelen, dit is 10% van alle daken.



Figuur 1. Percentage daken met zonnepanelen in 2020



Figuur 2. Kaart van de gemeente Gouda, daken met zonnepanelen zijn geel gekleurd. Daken zonder zonnepanelen blauw.

Op deze 3.616 daken zijn in totaal 44.200 zonnepanelen geïnstalleerd. Dat komt overeen met een jaarlijkse energieproductie van 11 miljoen kWh. Door deze groene stroom wordt jaarlijks 2.300 ton CO<sub>2</sub> uitstoot vermeden.



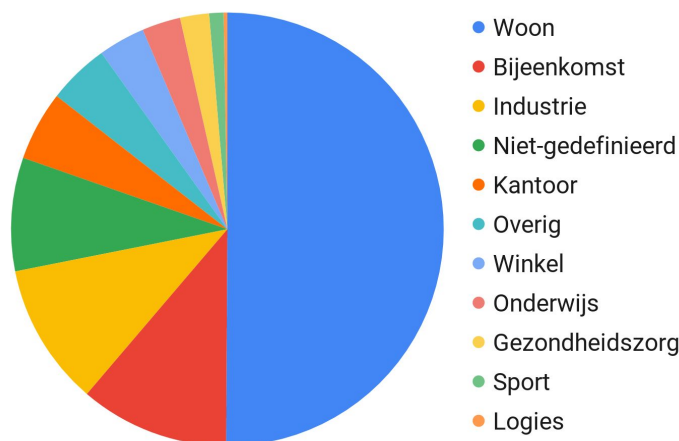
Figuur 3. Enkele kern statistieken uit de detectie van zonnepanelen van het jaar 2020

Jaar	2020
Daken met zonnepanelen	3.616
Totaal aantal zonnepanelen	44.200
Jaarlijkse energieproductie (GWh)	10,8
Vermeden CO <sub>2</sub> uitstoot (ton)	2.026
Huishoudens met zonne-energie	3.884

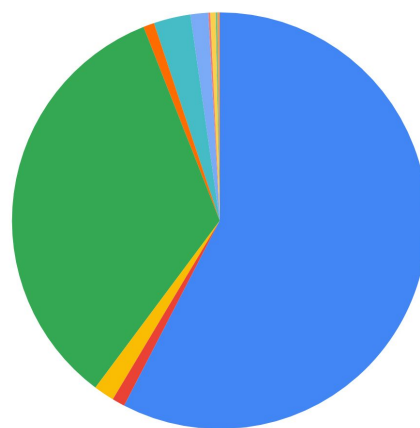
De meeste adressen in Gouda vallen onder een van de 10 verschillende gebruiksdoelen: woonfunctie, bijeenkomstfunctie, winkelfunctie gezondheidszorgfunctie, industriefunctie, kantoorfunctie, logiesfunctie, onderwijsfunctie, sportfunctie, en overige gebruiksfuncties. Een deel van de panden, vooral niet-verblijfsobjecten zoals schuurtjes hebben geen gebruiksdoel gedefinieerd. Binnen 1 pand kunnen zich meerdere adressen met verschillende gebruiksfuncties bevinden. In dat geval is de eerst genoemde gebruiksfunctie als functie meegenomen. (figuur 4).

BAG gebruiksdoel	Oppervlakte (m2)	Panden
Woon	1.409.000	20.566
Bijeenkomst	314.000	355
Industrie	299.000	574
Niet-gedefinieerd (bijgebouw)	238.000	12.067
Kantoor	146.000	305
Overig	129.000	1.023
Winkel	98.000	492
Onderwijs	81.000	53
Gezondheidszorg	61.000	148
Sport	30.000	52
Logies	8.000	63

**Verhouding oppervlakte BAG panden**



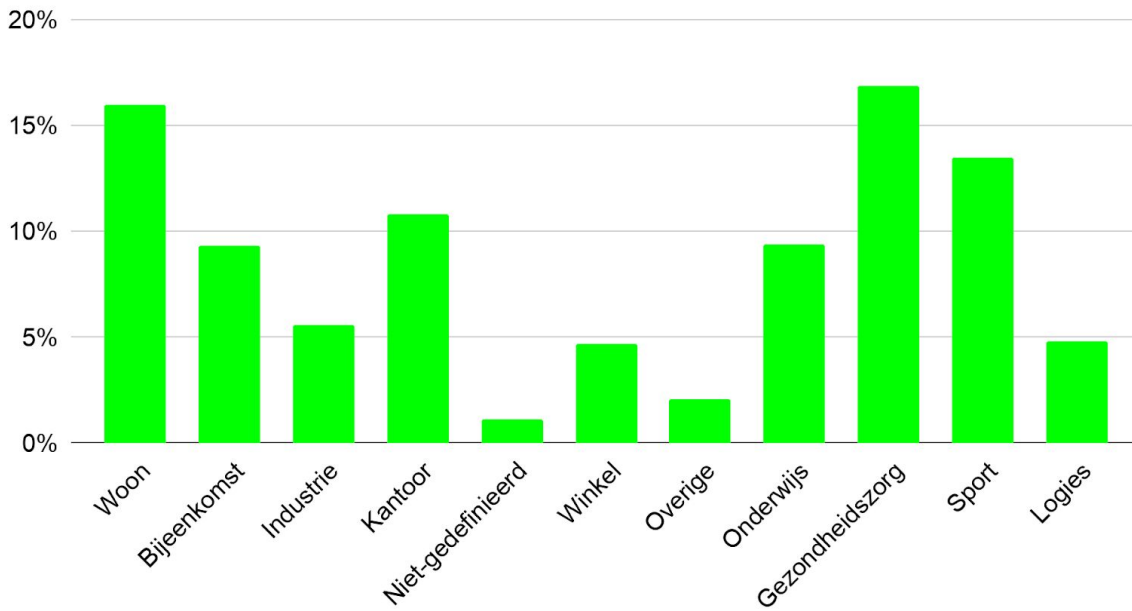
**Verdeling aantal BAG panden**



Figuur 4. Tabel en grafieken met gebruiksdoelen van panden in Gouda

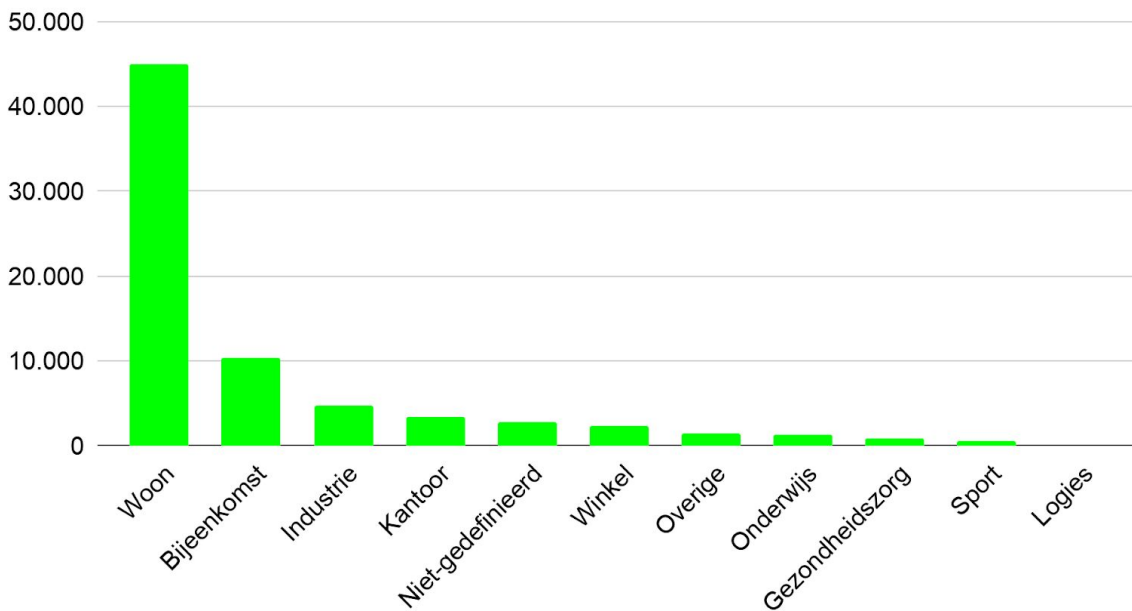
Per gebruiksdoel is verder gekeken naar het percentage panden met zonnepanelen, de huidige absolute aantallen en het geschikte oppervlakte. Dit geeft inzicht in welke gebruiksdoelen voorop of achterop lopen wat betreft de plaatsing van zonnepanelen. Daarnaast laat het zien waar grote kansen liggen.

## Panden met zonnepanelen



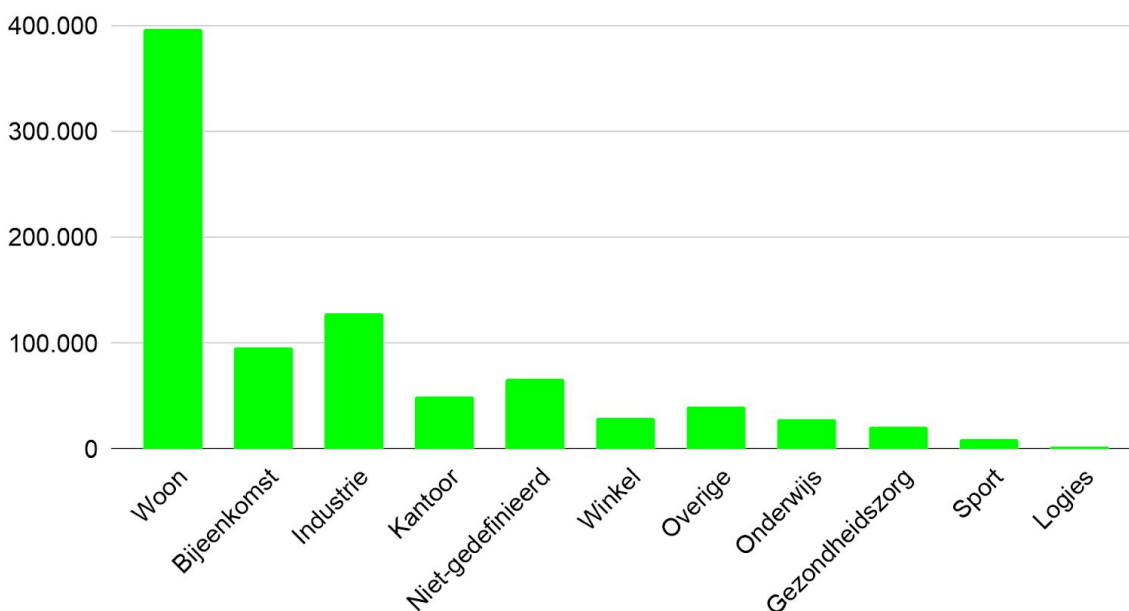
Figuur 5. Percentage zonnepanelen per gebruiksdoel van de panden in Gouda in 2020.

## Huidig oppervlakte zonnepanelen (m2)



Figuur 6. Totaal aantal zonnepanelen per gebruiksdoel

## Geschikt oppervlakte voor zonnepanelen (m2)



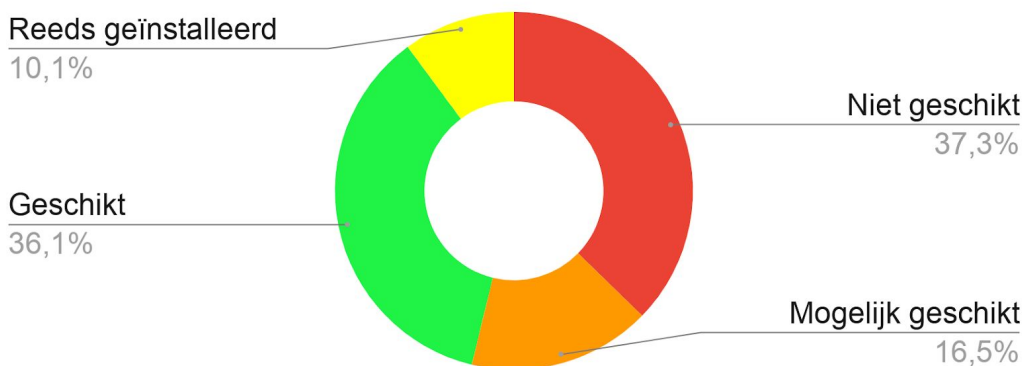
Figuur 7. Geschikt oppervlakte voor het plaatsen van zonnepanelen per gebruiksdoel

## Overzicht totale potentie voor zonne-energie op daken

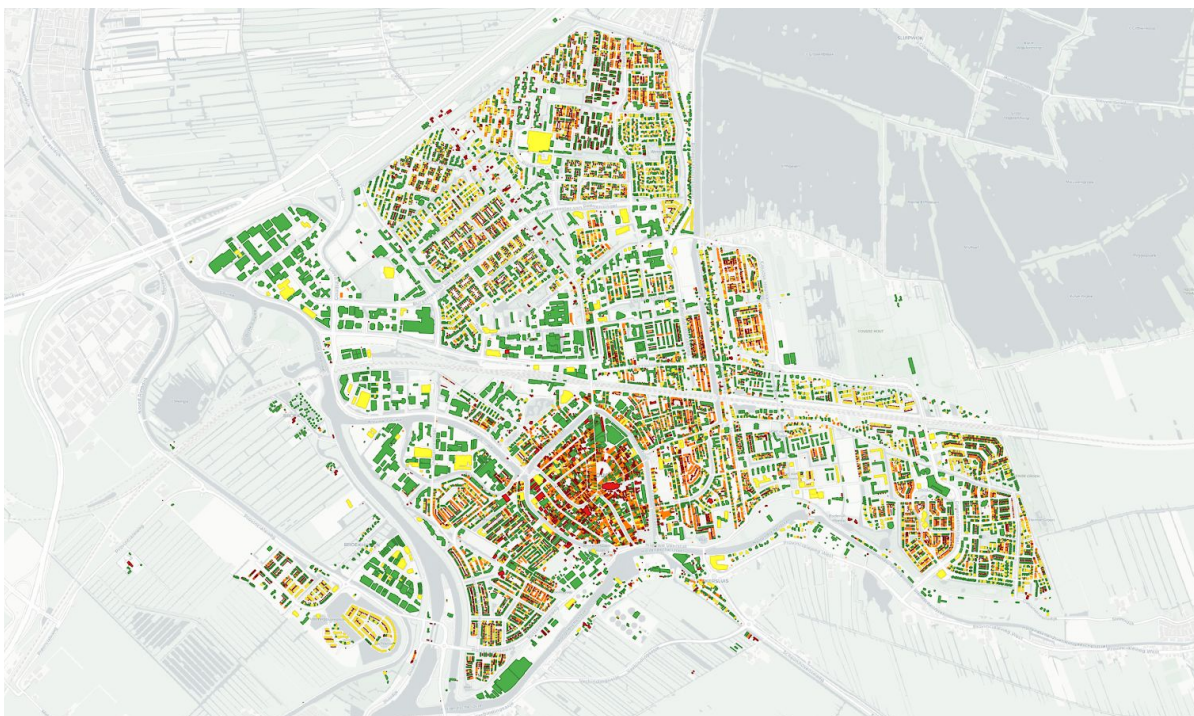
Van de 35.698 gebouwen in Gouda heeft momenteel 89,9% geen zonnepanelen. Om opties te verkennen met betrekking tot groei van het aantal gebouwen met zonnepanelen is een analyse van de potentie uitgevoerd. Hierbij is technisch gekeken naar de hoeveelheid op te wekken zonne-energie op basis van de zoninstraling. Daarnaast is voor monumentale panden en de beschermde binnenstad panden gekeken hoe geschikt het plaatsen van zonnepanelen is op basis van zichtbaarheid vanaf de openbare weg.

Deze zoninstralingsanalyse en monumentale analyse zijn per gebouw gecombineerd tot een netto geschiktheid. Met andere woorden, wanneer het een monumentaal pand betreft is de netto geschiktheid gebaseerd op basis van zowel de zoninstraling als de zichtbaarheid. Voor niet-monumentale panden is de netto geschiktheid gelijk aan de geschiktheid op basis van zoninstraling.

## Geschiktheid op basis van bezonning & zichtbaarheid



Figuur 8. Geschiktheid van de daken voor zonnepanelen.



Figuur 9. Kaart van de gemeente Gouda, ingekleurd naar geschiktheid. Panden met reeds geïnstalleerde met zonnepanelen zijn geel gekleurd, geschikte daken groen, mogelijk geschikte daken oranje en niet geschikte daken rood.

Wanneer op alle daken die geschikt en mogelijk geschikt zijn zonne-installaties geïnstalleerd worden, levert dat onderstaande statistieken op, zoals te zien in figuur 6. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat er nieuwe zonnepanelen worden geplaatst op het geschikte dakoppervlakte zoals beschreven in de methodiek potentie analyse zoninstraling.



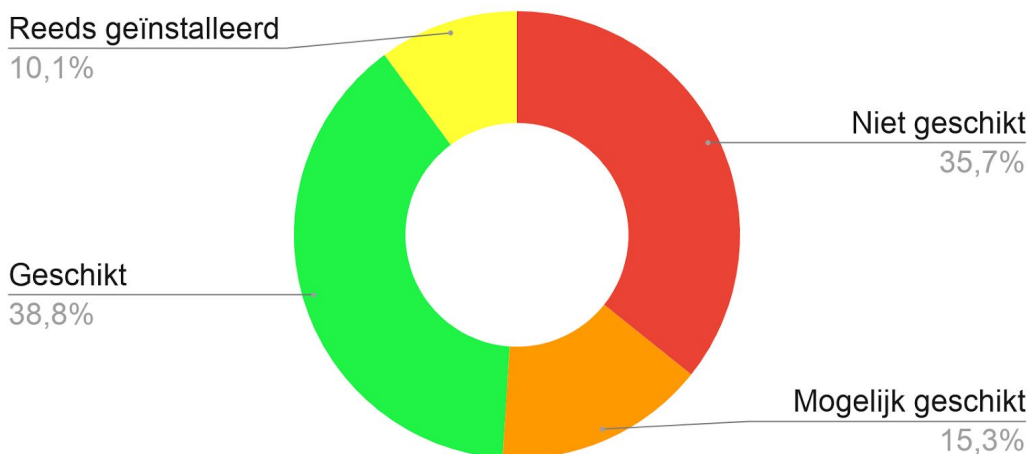
Figuur 10. Wanneer zonnepanelen op alle geschikte en mogelijk geschikte daken worden geïnstalleerd, levert dit bovenstaande resultaten op.

Netto potentie	
Daken met zonnepanelen	22.800
Totaal aantal zonnepanelen	469.000
Opgesteld vermogen (MW)	140
Jaarlijkse energieproductie (GWh)	122
Vermeden CO2 uitstoot (ton)	22.900
Huishoudens met zonne-energie	43.800

## Overzicht zoninstralingsanalyse

Tenslotte zijn in figuur 9 de resultaten te zien op basis van enkel de zoninstralingsanalyse. Hierbij zijn meer daken geschikt en mogelijk geschikt dan in de totale potentie, omdat de zichtbaarheid van monumentale panden niet is meegenomen.

### Geschiktheid op basis van bezonning



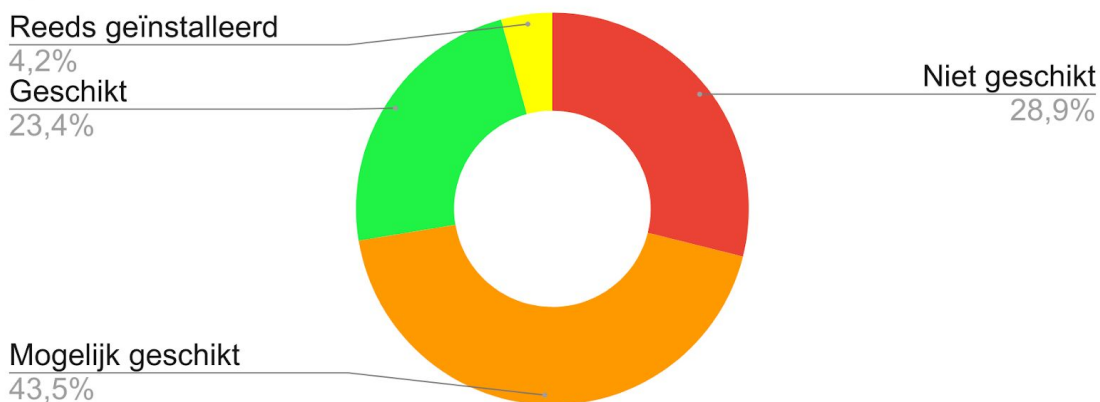
Figuur 11. Geschiktheid van de daken voor zonnepanelen.



## Overzicht analyse monumentale panden en beschermde binnenstad

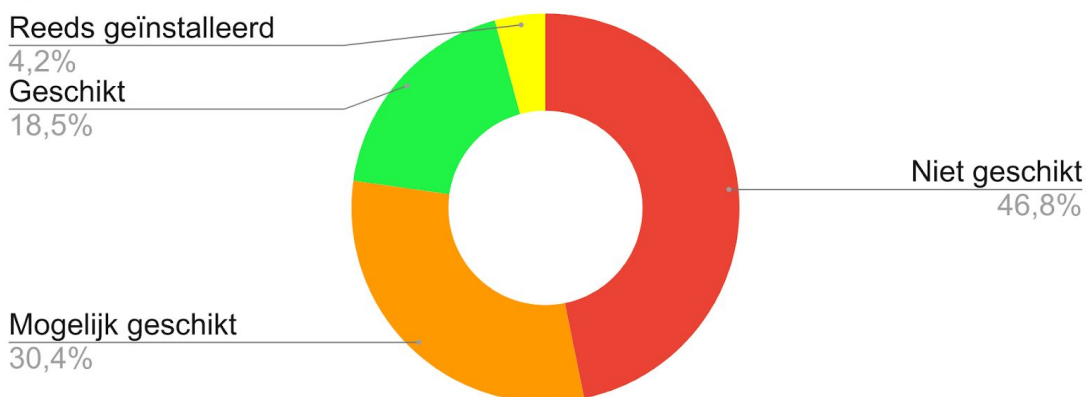
In Gouda staan 3.645 huizen/gebouwen die rijksmonumenten, gemeentelijke monumenten of gebouwen binnen het beschermde stadsgezicht zijn. Om het aanzicht van deze historische gebouwen niet te schaden is een zichtbaarheids analyse uitgevoerd. Hierin is bepaald in hoeverre zonnepanelen op deze monumentale daken te zien zijn vanaf de straat. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen daken die ongeschikt, mogelijk geschikt, en geschikt zijn vanuit zichtbaarheidsperspectief. Van de 3.645 monumentale daken zijn 1.054 daken geschikt, 1.585 daken mogelijk geschikt en 852 daken niet geschikt vanuit zichtbaarheidsperspectief. Op 154 daken zijn reeds zonnepanelen geplaatst.

### Geschiktheid monumentale panden en beschermde binnenstad op basis van zichtbaarheid



Figuur 12. Geschiktheid van historische daken voor zonnepanelen op basis van zichtbaarheid.

### Geschiktheid monumentale panden en beschermde binnenstad op basis van zichtbaarheid en instraling



Figuur 13. Geschiktheid van historische daken voor zonnepanelen op basis van zowel zichtbaarheid als instraling.

Zonnepanelen op de daken van de monumenten die mogelijk geschikt tot geschikt zijn zou kunnen leiden tot de installatie van 42.300 zonnepanelen, wat voor 11 miljoen kWh jaarlijks opgewekte energie zorgt (figuur 8).



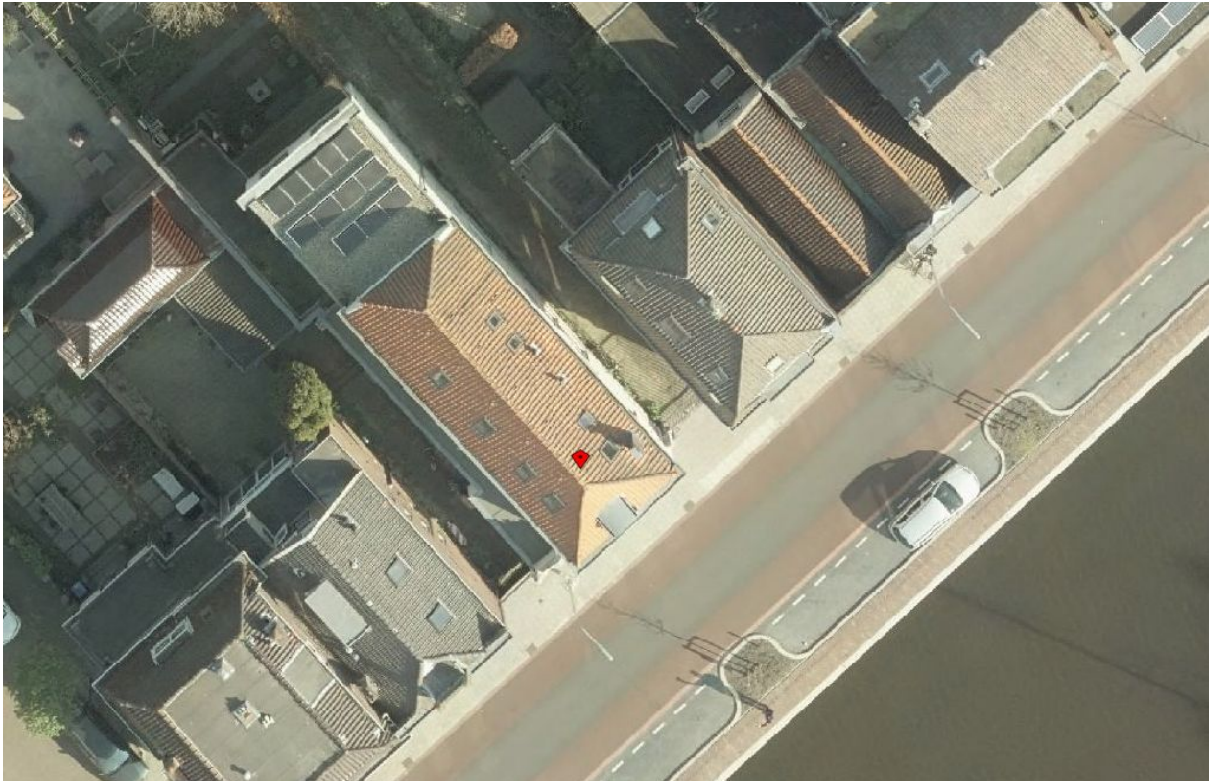
*Figuur 14.* Enkele kernstatistieken ter weergave van de potentie voor het opwekken van zonne-energie van de historische gebouwen in Gouda.

Hieronder zijn twee voorbeelden te zien van (mogelijke) plaatsing van zonnepanelen op monumentale panden en binnen de beschermde binnenstad. Het mr. P.A. Pijnacker Hordijkemaal is beschermd rijksmonument. Het dak heeft een geschikt oppervlak van 310 m<sup>2</sup> en kan, bij plaatsing van 188 panelen, een jaarlijkse opwek genereren van 49 duizend kWh per jaar. Dit staat gelijk aan stroom voor 18 huishoudens.



*Figuur 15.* Foto van het mr. P.A. Pijnacker Hordijkemaal

Voorbeeld 2 ligt binnen de contouren van het beschermde stadsgezicht. Het dak van het hoofdgebouw is goed zichtbaar. Het is volgens de zichtbaarheidscriteria niet geschikt voor het plaatsen van zonnepanelen. Het platte dak erachter is echter goed benut. Zo is er toch een jaarlijkse opwek van ca. 3.000 kWh te realiseren.



*Figuur 16.* Luchtfoto van voorbeeld 2

## 2 – Kwaliteitsrapportage

In dit hoofdstuk is de methodiek, (input) data en nauwkeurigheid van de analyse toegelicht. Daarnaast zijn de gebruikte kengetallen voor de berekening van de resultaten te vinden en een toelichting van de opgeleverde databestanden.

### Gebruikte (input) databronnen

Als input zijn de volgende databronnen gebruikt:

- Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)
- Luchtfoto Gouda 2020 (Orthophoto, 5 cm resolutie)
- Algemeen Hoogtebestand Nederland, versie 3 (AHN3)
- Vlakken van rijksmonument
- Vlakken van gemeentelijke monumenten
- Contour met het beschermd stads- en dorpsgezicht

### Methodiek detectie zonnepanelen

Voor dit project wordt luchtfotografie data en de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) gebruikt. Door de luchtfoto te combineren met het BAG weten we waar de daken binnen de gemeente liggen. Dat is nuttig, want dat is het gebied binnen de luchtfoto waar de analyse wordt uitgevoerd. Figuur 9 laat een voorbeeld zien van de BAG (links) en een luchtfoto (rechts).



*Figuur 17.* Op basis van de BAG (links) en de luchtfoto (rechts) weten we nauwkeurig waar de daken liggen. Dit is het gebied binnen de luchtfoto waar de analyse op wordt uitgevoerd.

Nadat op de luchtfotografie beelden via het BAG is bepaald waar de daken zijn, begint de analyse. Een slim algoritme herkent door middel van verschillende Artificial Intelligence (AI) technieken of een dak wel of geen zonnepanelen heeft (figuur 10).



*Figuur 18.* Een slim algoritme scant elk dak en bepaalt of er zonnepanelen liggen.

Daarna wordt een tweede model ingezet om het aantal panelen per dak te bepalen. Dit model analyseert voor elk dak met zonnepanelen de luchtfoto van dat dak en bepaalt hoeveel zonnepanelen er zijn. Figuur 11 laat zien hoe dit er in de praktijk uit ziet.

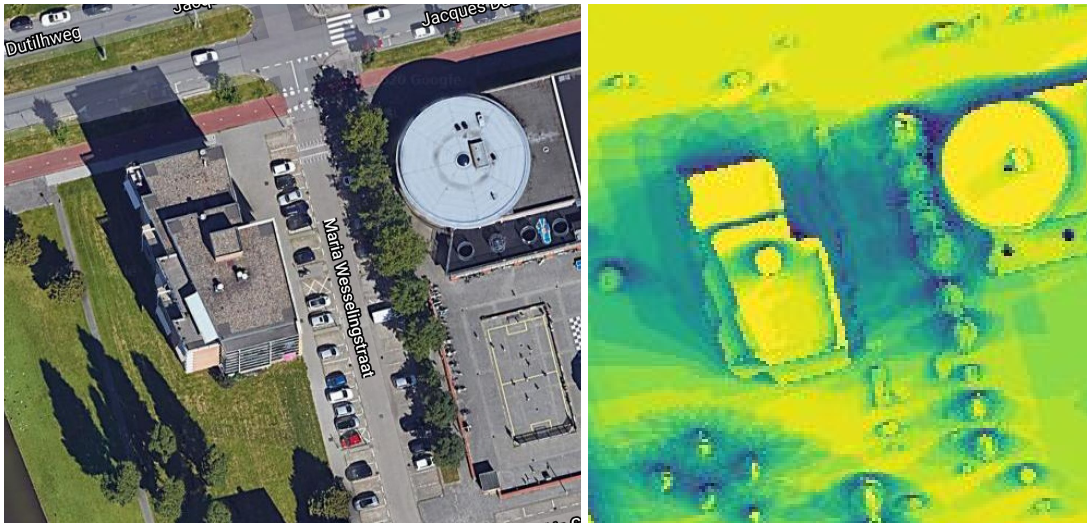


*Figuur 19.* Een tweede model wordt ingezet om het aantal zonnepanelen per dak te bepalen. Links is de luchtfoto te zien, rechts de classificatie van het gebied met panelen in wit.

Op basis van deze analyse weten we per dak in de gemeente of er wel of geen zonnepanelen liggen en krijgen we een goede berekening van het totale aantal zonnepanelen in de gemeente.

### **Methodiek potentie analyse zoninstraling**

Om de potentiële opwek van zonne-energie te bepalen wordt met het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) en een simulatie van de zon een schaduwanalyse gemaakt. Per dak wordt daarmee bepaald hoeveel zonnige oppervlakte het dak heeft. Tot het zonnige oppervlakte wordt het oppervlakte gerekend wat rendabel is voor de plaatsing van zonnepanelen. De ondergrens qua zoninstraling is hierbij op 750 kWh/kWp/jaar gesteld. Wanneer er hoge objecten, die schaduw werpen, in de buurt van het dak zijn, zoals bomen en gebouwen, is dit terug te zien in een kleiner zonnig oppervlakte van het dak.



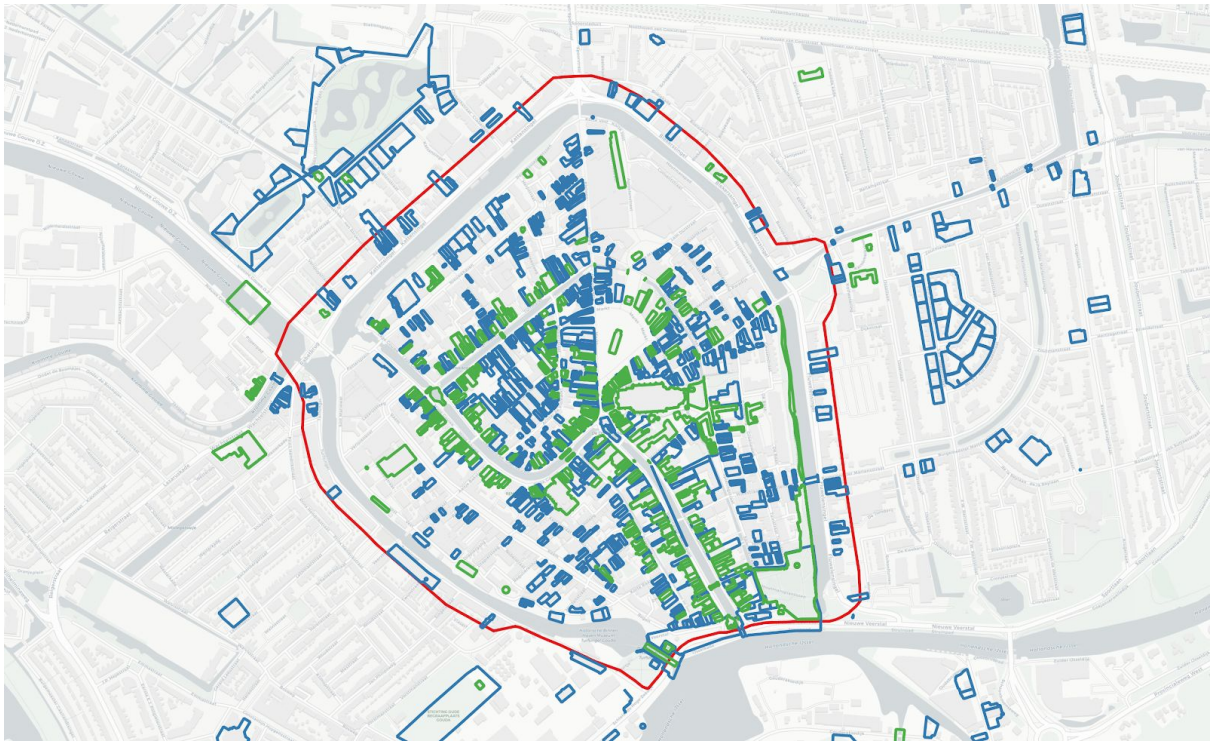
Figuur 20. Een luchtfoto links en rechts de bijbehorende resultaten van de schaduwanalyse. Het oppervlakte van het dak met voldoende zoninstraling noemen we het zonnige oppervlakte.

Van het zonnig oppervlakte van een dak wordt aangenomen dat 60% gebruikt wordt voor het plaatsen van zonnepanelen. Dit noemen we het geschikte oppervlakte. De 40% zonder zonnepanelen is aangehouden om rekening te houden met ruimte aan de randen van het dak en obstakels zoals bijvoorbeeld dakkapellen. Met behulp van het zonnig oppervlakte wordt de geschiktheid van een dak bepaald volgens de onderstaande 3 categorieën.

- **Geschikt** Het geschikte oppervlakte is groter dan 8 zonnepanelen. Dat komt overeen met minimaal 22m<sup>2</sup> zonnig oppervlakte / 13,2 m<sup>2</sup> geschikt oppervlakte.
- **Mogelijk geschikt** Het geschikte oppervlakte is groter dan 4 zonnepanelen. Dat komt overeen met minimaal 11m<sup>2</sup> zonnig oppervlakte / 6,6 m<sup>2</sup> geschikt oppervlakte.
- **Niet geschikt** Het geschikte oppervlakte is kleiner dan 4 zonnepanelen. Dat komt overeen met minder dan 11m<sup>2</sup> zonnig oppervlakte / 6,6 m<sup>2</sup> geschikt oppervlakte.

### Methodiek analyse monumentale panden en beschermd binnenstad

Voor alle monumentale panden en panden in de beschermd binnenstad is een extra analyse gedaan. Hierbij is berekend hoe zichtbaar het dak vanaf de openbare weg is. Om de analyse te beginnen, dient eerst bepaald te worden welke BAG panden tot de monumentale panden en beschermd binnenstad behoren. Dit zijn alle BAG panden die binnen de rijksmonumenten en gemeentelijke monument vlakken vallen plus alle BAG panden binnen de contour met het beschermd stads- en dorpsgezicht. Figuur 14 laat de gemeentelijke monumenten (blauw), rijksmonumenten (groen) en contour van de beschermd binnenstad (rood) zien. In figuur 15 zijn de resulterende monumentale BAG panden te zien.



Figuur 21. Uitsnede van kaart met de vlakken van gemeentelijke monumenten (blauw), vlakken van rijksmonumenten (groen) en contour van de beschermde binnenstad (rood).



Figuur 22. Uitsnede van kaart met de resulterende BAG panden van rijksmonumenten, gemeentelijke monumenten en binnen de beschermde binnenstad.

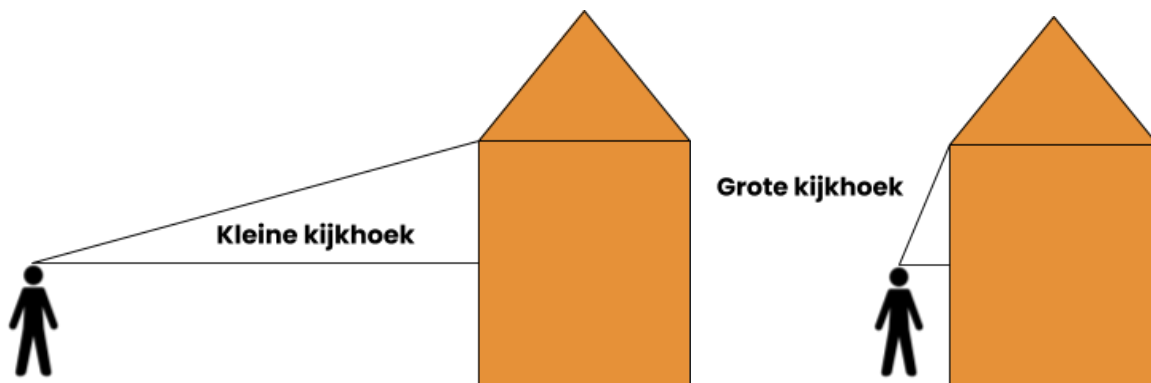
Deze analyse uitgevoerd op de resulterende GIS laag met (zwart gekleurde) BAG panden uit figuur 15. De zichtbaarheid wordt berekend op basis van de dakvorm, de hoogte van het dak, hellingshoek, en de afstand tot de openbare weg van elk pand.

De eerste stap in de analyse is het bepalen van de dakvorm. Op basis van het hoogtebestand (AHN) wordt bepaald welke dakvorm het pand heeft. Dit is een keuze uit drie veel voorkomende type daken: plat, schuin of "plateau" (deels schuin deels plat).



Figuur 23. De dakvorm categorieën die gebruikt zijn binnen deze analyse.

Afhankelijk van de berekende dakvorm wordt de zichtbaarheid bepaald. Dit is per dakvorm hieronder verder toegelicht. Een belangrijk concept om eerst nog uit te leggen is de kijkhoek. Deze is in de berekeningen van de zichtbaarheid van belang. In de figuur hieronder is een kleine en een grote kijkhoek schematisch weergegeven.



Figuur 24. Schematische weergaven van een kleine en grote kijkhoek.

### Berekenen zichtbaarheid plat dak

Op basis van de hoogte van het platte dak en de kijkhoek naar het dak wordt een categorie qua zichtbaarheid bepaald. De kijkhoek is gebaseerd op de afstand tot de openbare weg en hoogte van het dak. De drie categorieën zijn hieronder beschreven:

- **Grotendeels zichtbaar (niet geschikt)** Dit is het geval wanneer het een erg laag plat dak betreft (kleiner dan 3 meter). Panelen kunnen dan vanaf de openbare weg worden gezien.



- **Middelmatige zichtbaarheid (mogelijk geschikt)** Dit is het geval wanneer het een laag plat dak betreft (3 tot 5 meter) en de kijkhoek kleiner dan 10 graden is. Een kijkhoek kleiner dan 10 graden komt voor wanneer de afstand tot de openbare weg groot is. Een observeerder kan dan mogelijk lage objecten (zonnepanelen) op het dak zien.
- **Weinig zichtbaarheid (geschikt)** In de andere gevallen is er weinig zichtbaarheid en wordt het dak als geschikt bestempeld.

### Berekenen zichtbaarheid schuin dak & plateau dak

Het berekenen van de zichtbaarheid van schuine daken en plateau daken is complexer dan voor platte daken. Hierbij is het effect van de daken van buurpanden van belang.

Ten eerste is voor deze daken is (op basis van het AHN) de hellingshoek van het dak uitgerekend. Wanneer de kijkhoek groter is dan de hellingshoek van het dak kan er niet op het schuine vlak van het dak gekeken worden. Denk hierbij aan een hoog gebouw in een smalle straat (hoge kijkhoek). **In dit geval wordt het dak gecategoriseerd als weinig zichtbaarheid (geschikt).**

Wanneer de kijkhoek kleiner is dan de hellingshoek van het dak kan wel op het dak gekeken worden. In dit geval is het effect van buurpanden van bepalend belang voor de zichtbaarheids categorie. De onderstaande twee tabellen laten zien hoe de zichtbaarheid wordt bepaald op basis van de buurpanden. Let erop dat eerst wordt gekeken naar het type buurpanden. Daarna wordt dit gecombineerd met de hoogte van de buurpanden om tot een zichtbaarheid categorie te komen.

Type bureen	Definitie	Zichtbaarheid
1 Naaste buurpand	Beide buurpanden binnen 0,5 meter	Afhankelijk van hoogte buurpanden, zie onderstaande tabel
2 Buurpand(en) op kleine afstand	Een of beide buurpanden binnen 0,5 tot 5 meter	Afhankelijk van hoogte buurpanden, zie onderstaande tabel
3 Geen buurpanden	Een of beide buurpanden meer dan 5 meter weg	<b>Grotendeels zichtbaar (niet geschikt)</b>

Scenario	Definitie	Zichtbaarheid bij type bureen 1	Zichtbaarheid bij type bureen 2
Lagere buurpand(en)	Een of beide buurpanden is veel lager (meer dan 2m)	<b>Grotendeels zichtbaar (niet geschikt)</b>	<b>Grotendeels zichtbaar (niet geschikt)</b>

Vergelijkbare hoogte buurpanden	Beide buurpanden zijn niet meer dan 1 meter lager en niet beide meer dan 1 meter hoger	<b>Middelmatige zichtbaarheid (mogelijk geschikt)</b>	<b>Grotendeels zichtbaar (niet geschikt)</b>
Hogere buurpanden	Beide buurpanden zijn (meer dan 1 meter) hoger	<b>Weinig zichtbaarheid (geschikt)</b>	<b>Middelmatige zichtbaarheid (mogelijk geschikt)</b>

## Methodiek combineren zoninstraling en monumentale analyse

Tenslotte worden de resultaten van de zoninstralingsanalyse en monumentale analyse gecombineerd om tot een totale geschiktheid te komen. De geschiktheidsklasse is bepaald zoals in onderstaande tabel.

	<b>Niet geschikt vanuit zoninstraling</b>	<b>Mogelijk geschikt vanuit instraling</b>	<b>Geschikt vanuit instraling</b>
<b>Pand niet monumentaal</b>	Niet geschikt	Mogelijk geschikt	Geschikt
<b>Grotendeels zichtbaar</b>	Niet geschikt	Niet geschikt	Niet geschikt
<b>Middelmatig zichtbaar</b>	Niet geschikt	Mogelijk geschikt	Mogelijk geschikt
<b>Weinig zichtbaar</b>	Niet geschikt	Mogelijk geschikt	Geschikt

## Nauwkeurigheid analyse detectie zonnepanelen

De eerste factor die van belang is bij de nauwkeurigheid van de analyse is het aantal herkende daken met zonnepanelen. Voor de nauwkeurigheid van het aantal herkende daken met zonnepanelen garandeert Sobolt ten minste 98% compleetheid. Als er 1000 daken met zonnepanelen zijn worden er dus minimaal 980 herkend.

Daarnaast is de nauwkeurigheid van het totaal aantal zonnepanelen in de gemeente van belang. Dit hangt sterk af van het totale aantal daken met zonnepanelen. Voor elk dak is er een kans dat er meer of minder panelen worden gevonden dan er daadwerkelijk liggen. Hoe meer daken hoe meer dit elkaar opheft en hoe groter de nauwkeurigheid. Voor de 35.698 daken in de gemeente Gouda garandeert Sobolt een maximale afwijking van 2% in het totaal aantal gevonden zonnepanelen

Naast de nauwkeurigheid van de analyse zelf is ook de nauwkeurigheid van de input bestanden van belang. In de BAG kan het, met name bij nieuwbouwprojecten, voorkomen dat de gebouw oppervlakken nog niet goed op de kaart liggen. Als wij dan de luchtfoto van het betreffende dak analyseren wordt niet het dak zelf, maar de foutief aangegeven plek op de luchtfoto geanalyseerd. Daarnaast kan het bij nieuwe panden voorkomen dat het gebouw al bestaat, maar nog niet in het BAG is opgenomen. Dit is binnen de gemeente Gouda ook te zien, zie figuur 12. De BAG wordt periodiek geüpdatet en zal dit waarschijnlijk binnenkort corrigeren.



Figuur 25. Fout in BAG bij nieuwbouwproject Burgemeester van Dijkensingel (links), en op het Walmolenerf (rechts).

## Nauwkeurigheid analyse zonstraling

Bij de zonstralingsanalyse zijn de gemaakte aannames zoals beschreven in de methodiek leidend voor de nauwkeurigheid.

- De ondergrens qua zonstraling om het zonnige oppervlakte te bepalen is op 750 kWh/kWp/jaar gesteld. In de praktijk kan vanuit praktisch oogpunt door installateurs een andere grens worden aangenomen.
- Van het zonnig oppervlakte van een dak wordt aangenomen dat 60% geschikt is voor zonnepanelen. De 40% zonder zonnepanelen is aangehouden om rekening te houden met ruimte aan de randen van het dak en obstakels zoals bijvoorbeeld dakkapellen. Dit is een gemiddelde aanname, in de praktijk zal dit verschillen en afhankelijk van de exacte situatie per dak.
- Om van het geschikt aantal panelen naar energie opwek per jaar te komen wordt gerekend met een kengetal van 875 kWh per kWp. Voor een Oost-West opstelling kan dit getal in de praktijk lager liggen en voor een Zuid opstelling hoger. Omdat de opstelling niet bekend is wordt er met een gemiddelde gerekend.

## Nauwkeurigheid monumentale panden en beschermde binnenstad

De nauwkeurigheid binnen deze analyse is afhankelijk van de gebruikte databronnen en aannames in een aantal van de stappen. Deze zijn hieronder verder toegelicht.

- Resolutie hoogtebestand (AHN). Het AHN heeft een resolutie van 50 cm. Met name voor een klein dak is er een beperkt aantal meetpunten van de hoogte aanwezig. Hierdoor zit er een onzekerheid in de dakkenmerken (vorm, hoogte en hellingshoek).
- Geometrie BAG panden. We gaan uit van de omtrek van het BAG-pand om de dakkenmerken te bepalen. Vaak klopt deze omtrek goed, alleen het kan voorkomen dat de omtrek niet perfect over het pand heen ligt. In dit geval kunnen er hoogtepunten (uit het AHN) van de straat / uit de tuin worden meegenomen.  
Daarnaast kan het zijn dat het BAG pand meerdere daken of achter het huis liggende uitbouwjes heeft. Dit zorgt wederom voor een onzekerheid in de dakkenmerken.
- Type dakvorm. We delen vanuit praktische overwegingen de daken op in 3 type dakvormen. In de praktijk zijn er echter ook andere vormen, die een ander effect op de zichtbaarheid zullen hebben.
- Wanneer een gevel hoger is opgetrokken dan de dakvoet kan dit in de praktijk voor minder zichtbaarheid van het dak leiden dan door deze methodiek bepaald.

## Gebruikte parameters voor berekening van de resultaten

Binnen de berekeningen in deze rapportage zijn verschillende kengetallen gebruikt. Deze zijn hieronder verder toegelicht, inclusief de betreffende bron.

Parameter	Waarde	Bron
Vermogen gemiddeld paneel geïnstalleerd tot 2020	280 Wp	ITRPV Tenth Edition 2019 <sup>1</sup>
Vermogen gemiddeld nieuw geïnstalleerd paneel (voor potentie)	300 Wp	ITRPV Tenth Edition 2019 <sup>1</sup>
Jaarlijkse energie opbrengst per geïnstalleerd vermogen	875 kWh per kWp	Ministerie van EZ, 2014 <sup>2</sup>
Elektriciteitsverbruik gemiddeld huishouden in Nederland	2790 kWh per jaar	CBS, 2018 <sup>3</sup>
Vermeden CO2 uitstoot	0,187 kg CO2 per kWh	PBL, 2020 <sup>4</sup>
Afmeting zonnepaneel	1,65 m2	Consumentenbond, 2019 <sup>5</sup>

<sup>1</sup> [ITRPV, International Technology Roadmap for Photovoltaic, Tenth Edition 2019](#)

<sup>2</sup> [Opbrengst van zonnestroomsystemen in Nederland, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, 2014](#)

<sup>3</sup> [CBS, energieverbruik particuliere woningen, gemiddelde elektriciteitsverbruik 2018](#)

<sup>4</sup> [Planbureau voor de leefomgeving, eendadvies basisbedragen SDE++, 2020](#)

<sup>5</sup> <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/afmetingen-zonnepanelen>