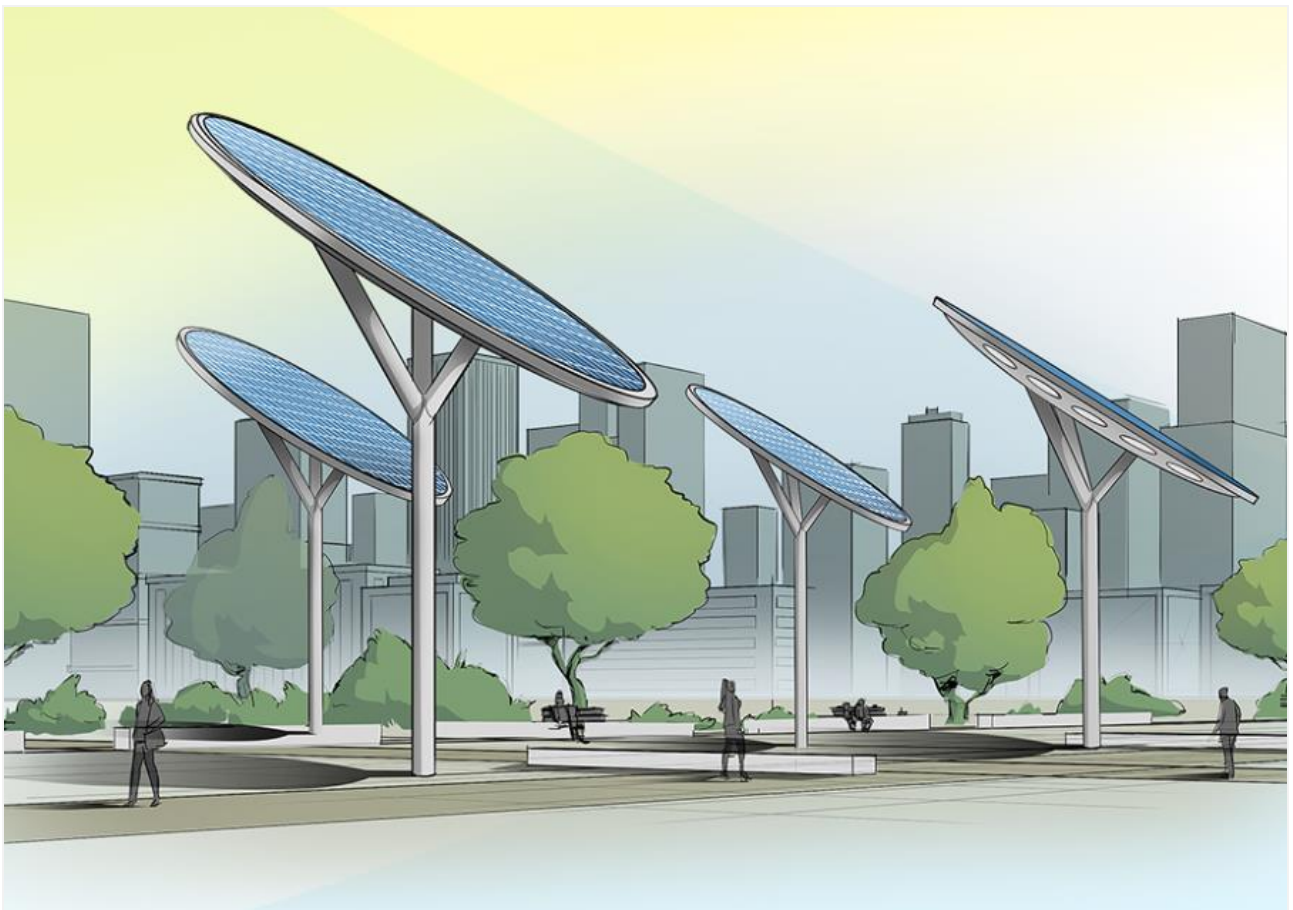
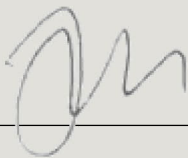
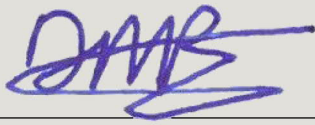


# Zon-PV Potentiëstudie

Zonnepanelen op Rotterdamse infrastructuur



## Verantwoording

|                             |                                                                                              |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titel</b>                | Zon-PV Potentiestudie: zonnepanelen op Rotterdamse infrastructuur                            |
| <b>Projectnummer:</b>       | 51007653                                                                                     |
| <b>Klant:</b>               | Gemeente Rotterdam                                                                           |
| <b>Datum:</b>               | 03-06-2022                                                                                   |
| <b>Auteurs</b>              | Koen Ligthart en Raoul Weegink                                                               |
| <b>E-mailadres</b>          | koen.ligthart@sweco.nl                                                                       |
| <b>Gecontroleerd door</b>   | Johan Merks                                                                                  |
| <b>Paraaf gecontroleerd</b> | <br>_____ |
| <b>Goedgekeurd door</b>     | Thijs van Brakel                                                                             |
| <b>Paraaf goedgekeurd</b>   | <br>_____ |
| <b>Document referentie:</b> | NL22-648800269-25412                                                                         |

# Inhoudsopgave

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Verantwoording .....</b>                                                         | <b>2</b>  |
| <b>1. Inleiding .....</b>                                                           | <b>4</b>  |
| 1.1 Aanleiding .....                                                                | 4         |
| 1.2 De aanpak .....                                                                 | 4         |
| 1.3 Het stappenplan .....                                                           | 4         |
| 1.3.1 De dataset .....                                                              | 4         |
| 1.3.2 Een potentiescan van de kansrijke infrastructurele objecten en locaties ..... | 5         |
| 1.3.3 Een grove haalbaarheidsstudie van de longlist .....                           | 5         |
| 1.3.4 Businesscases van de shortlist .....                                          | 5         |
| <b>2. Potentiescan .....</b>                                                        | <b>6</b>  |
| 2.1 De scope .....                                                                  | 6         |
| 2.2 Kansrijke infrastructuur .....                                                  | 8         |
| 2.2.1 Scope van infrastructurele objecten .....                                     | 8         |
| 2.2.2 Wat maakt een locatie geschikt? .....                                         | 9         |
| 2.2.3 Het bepalen van het theoretisch piekvermogen .....                            | 10        |
| 2.2.4 Het afwegingskader .....                                                      | 11        |
| 2.2.5 Resultaat infrastructurele objecten .....                                     | 13        |
| 2.2.6 Resultaat groenstroken .....                                                  | 14        |
| 2.2.7 Resultaat glooiingen .....                                                    | 15        |
| 2.3 Longlist .....                                                                  | 16        |
| <b>3. Grove haalbaarheidsstudie .....</b>                                           | <b>19</b> |
| 3.1 Potentiescan .....                                                              | 19        |
| 3.2 Beoordelingsmatrix .....                                                        | 19        |
| 3.3 Shortlist .....                                                                 | 20        |
| <b>4. Businesscases .....</b>                                                       | <b>24</b> |
| 4.1 Belangrijke parameters businesscase .....                                       | 24        |
| 4.2 Uitgangspunten .....                                                            | 24        |
| 4.3 Resultaten .....                                                                | 26        |
| <b>5. Conclusies en aanbevelingen .....</b>                                         | <b>30</b> |
| 5.1 Conclusies .....                                                                | 30        |
| 5.2 Aanbevelingen .....                                                             | 31        |
| Appendix 1 Onderbouwing afwegingskader infrastructurele objecten .....              | 33        |
| Appendix 2 Onderbouwing afwegingskader groenstroken .....                           | 37        |
| Appendix 3 Onderbouwing afwegingskader glooiingen .....                             | 40        |
| Appendix 4 Longlist .....                                                           | 42        |
| Appendix 5 Actuele netcapaciteit voor energie opwek en energie afname .....         | 45        |
| Appendix 6 Toelichting parameters businesscase .....                                | 46        |
| Appendix 7 SDE++ subsidie .....                                                     | 48        |
| Appendix 8 Kansrijke infrastructurele groenstroken voor energietoepassingen .....   | 49        |

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Rotterdam heeft de ambitie om in 2030 de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 55% omlaag te brengen ten opzichte van 1990. In 2050 wil de gemeente volledig klimaatneutraal zijn. De opgave is groot. Rotterdam produceert namelijk 20% van de landelijke CO<sub>2</sub>-uitstoot. Om de doelstelling te bereiken wil de gemeente inzetten op onder meer de elektrificatie van de industriële sector en de mobiliteitssector, en het opwekken van duurzame energie met zonnepanelen en windturbines. Concreet wil de gemeente in 2030 koploper zijn in zonne-energie met een totaal piekvermogen van 1.000 MW.

De gemeente wil graag het goede voorbeeld geven door in te zetten op zichtbare verduurzaming en meervoudig ruimtegebruik. Eén van de mogelijkheden is het plaatsen van zonnepanelen op Rotterdamse infrastructuur. Daarbij kan gedacht worden aan panelen op bruggen, viaducten, verkeerslichten en lantaarnpalen. De gemeente Rotterdam heeft Sweco gevraagd om de potentie van zonnepanelen op de gemeentelijke infrastructuur in kaart te brengen.

## 1.2 De aanpak

In de gemeente Rotterdam staan diverse infrastructurele objecten. Bovendien zijn ook groenstroken en glooiingen onderdeel van de Rotterdamse infrastructuur. Dit maakt de scope van dit project zeer groot. Theoretisch gezien kan namelijk overal een zonnepaneel op worden geplaatst. Echter is het gezien de omvang niet mogelijk alle infrastructurele objecten en locaties per stuk te beoordelen.

Uit Sweco's ervaring met eerdere potentiële studies voor zonne-energie blijkt dat het plaatsen van zonnepanelen op de voorgestelde objecten complexer is vergeleken met bijvoorbeeld het plaatsen van zonnepanelen op een dak. Deze complexiteit kent diverse redenen die in deze studie nader worden toegelicht.

Vanwege de omvang en complexiteit van sommige infrastructurele objecten is gekozen de focus te leggen op de objecten en locaties die zowel technisch als financieel het meest geschikt zijn voor het plaatsen van zonnepanelen. Om tot de meest geschikte locaties te komen wordt een beproefd stappenplan doorlopen, waarbij alle infrastructurele objecten en locaties middels een trechtermethode worden beoordeeld.

## 1.3 Het stappenplan

### 1.3.1 De dataset

Gemeente Rotterdam heeft ruimtelijke data aangeleverd die in een Geografisch Informatie Systeem (GIS) geanalyseerd kan worden. De dataset geeft een totaaloverzicht van alle infrastructurele objecten, groenstroken, glooiingen en fietsenstallingen binnen de gemeente Rotterdam, in totaal zijn dat 90.000 locaties.

### 1.3.2 Een potentiescan van de kansrijke infrastructurele objecten en locaties

In overleg met de gemeente Rotterdam zijn uitgangspunten opgesteld om een afwegingskader op te stellen. Dit afwegingskader dient als filter om de kansrijkheid van de 90.000 locaties te bepalen. Voor elke categorie is een ander afwegingskader opgesteld. Een infrastructureel object wordt namelijk anders beoordeeld op kansrijkheid dan een groenstrook. Het overgrote deel van de scope bestaat namelijk uit groenstroken. Dit zijn echter alle groenstroken binnen de gemeente Rotterdam. Daarom is een buffer van 30 meter gelegd rondom alle autosnelwegen, autowegen en regionale wegen. Dit is als fysieke grens gehanteerd bij het bepalen of een groenstrook wél of níét binnen de scope valt.

De gebruikte criteria binnen het afwegingskader worden kort toegelicht in hoofdstuk 2 en gedetailleerd onderbouwd in [Appendix 1](#), [Appendix 2](#) en [Appendix 3](#). Het resultaat van dit afwegingskader wordt tevens in hoofdstuk 2 schematisch weergegeven.

Het resultaat van deze eerste selectie is een lijst (longlist) met de meest potentieel kansrijke infrastructurele objecten en locaties. Deze locaties worden tevens visueel in een kaart gepresenteerd.

### 1.3.3 Een grove haalbaarheidsstudie van de longlist

In deze stap wordt ingezoomd op de infrastructurele objecten en locaties uit de longlist. In deze haalbaarheidsstudie wordt de kans van slagen van de objecten uit de longlist bepaald. Dit wordt bepaald middels een vooraf opgestelde beoordelingsmatrix die samen met de gemeente Rotterdam is opgesteld.

Met behulp van de beoordelingsmatrix wordt, ten opzichte van de voorgaande stap, gedetailleerder de kansrijkheid onderzocht van de objecten en locaties. Hierdoor worden goed onderbouwde keuzes gemaakt in hoeverre de locatie kansrijk is.

Het resultaat van de haalbaarheidsstudie is een overzichtskaart met de top 10 meest potentierijke infrastructurele objecten en locaties: de shortlist.

### 1.3.4 Businesscases van de shortlist

In de voorgaande stappen zijn de infrastructurele objecten en locaties beoordeeld op technische, maatschappelijke en sociale aspecten voor het plaatsen van zonnepanelen. Echter is het financiële aspect net zo belangrijk: wat kost het een investeerder om zonnepanelen te plaatsen? En wat is het projectrendement over de gehele levensduur van zonnepanelen? Dit heeft niet alleen te maken met de investering, maar ook het onderhoud is een grote kostenpost. Om op bovenstaande antwoord te geven wordt voor elk object en voor elke locatie uit de shortlist een globale businesscase uitgewerkt. Daarbij is er van de wens van de gemeente uitgegaan dat zij niet zelf wil investeren en exploiteren.

De uitkomst van de businesscases wordt weergegeven in de terugverdientijd en het projectrendement. Tevens wordt per object en per locatie een analyse gemaakt over de uitkomst van de businesscase.

De studie wordt afgesloten met conclusies en er worden aanbevelingen gedaan.

## 2. Potentiescan

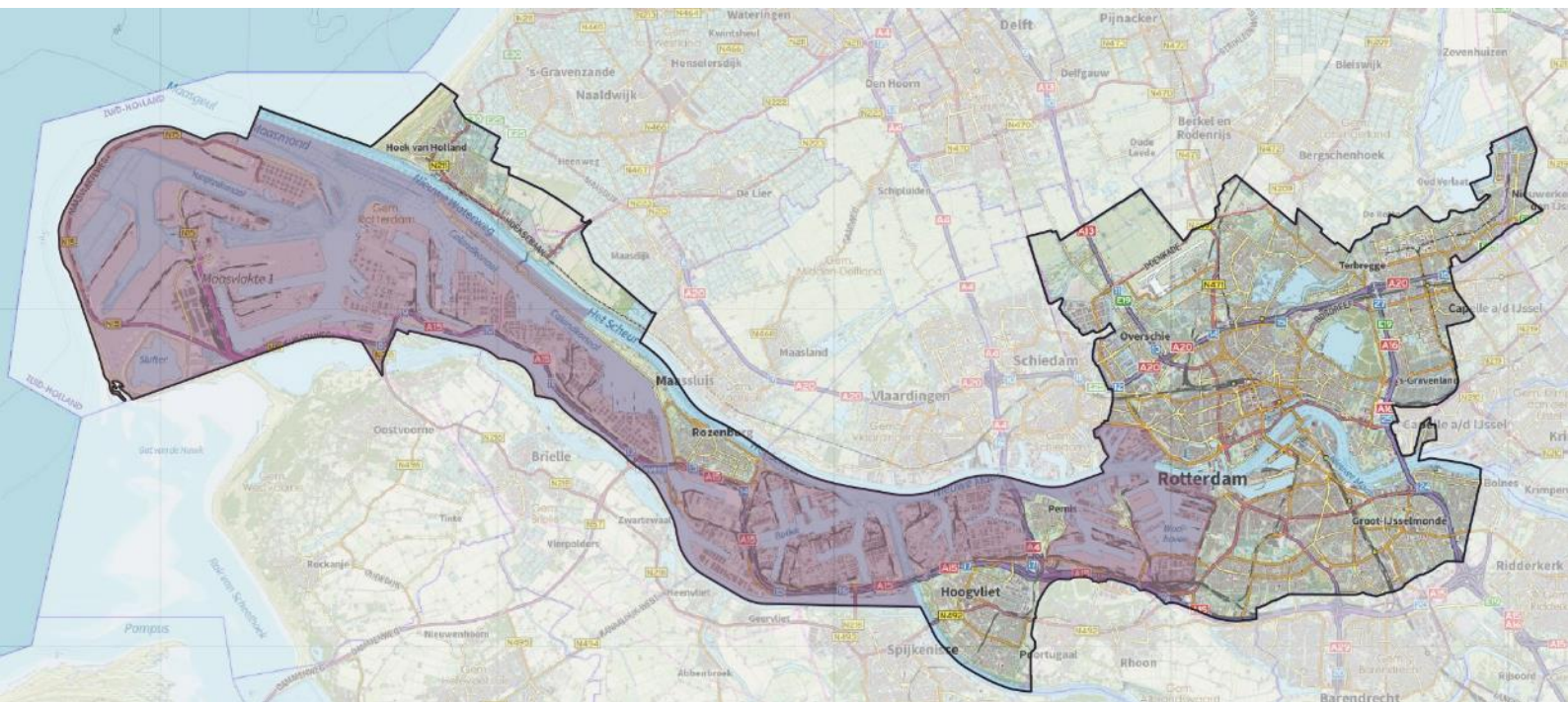
Om kansrijke locaties voor zonnepanelen op infrastructuur in kaart te brengen worden voor elke categorie de kansen en uitdagingen benoemd. Er wordt gekeken naar technische, financiële, maatschappelijke en sociale aspecten. Op basis van een afwegingskader wordt een longlist opgesteld met kansrijke Rotterdamse infrastructuur.

### 2.1 De scope

Om kansrijke locaties voor zonnepanelen op infrastructuur in kaart te brengen, moet eerst de scope van de studie worden vastgelegd. Het gaat daarbij om het onderzoeksgebied en een overzicht van de verschillende soorten infrastructuur binnen de gemeente Rotterdam.

#### Het onderzoeksgebied

De gemeente Rotterdam is uitgestrekt en heeft een landoppervlakte van ruim 200 km<sup>2</sup>. Het havengebied beslaat meer dan de helft van dit oppervlak en is in roze weergegeven in Figuur 1. De verduurzaming van het havengebied maakt geen onderdeel uit van deze studie. Het onderzoeksgebied is daarom beperkt tot de plaatsen Rotterdam, Hoogvliet, Hoek van Holland, Pernis en Rozenburg.



Figuur 1: Onderzoeksgebied zon-PV potentiëstudie Rotterdamse infrastructuur.

#### Overzicht van verschillende infrastructuur in de gemeente Rotterdam

Infrastructuur is een containerbegrip en is het geheel van voorzieningen dat nodig is om een land goed te laten functioneren. In deze studie ligt de focus op de verkeersinfrastructuur. De scope is bepaald in overleg met de gemeente Rotterdam en de beschikbare datasets (zie 2.2.4) vanuit de gemeente Rotterdam.

In het onderzoeksgebied staan diverse infrastructurele objecten. Die worden hieronder toegelicht. In paragraaf 2.2 wordt toegelicht welke objecten wel of niet worden meegenomen.



#### **Lantaarnpalen**

Een lantaarnpaal wordt gebruikt voor het verlichten van de openbare ruimte, zoals wegen en voetpaden. Zonnepanelen kunnen op lantaarnpalen worden bevestigd.

#### **Verkeerslichten**

Een verkeerslicht wordt gebruikt om het verkeer in goede banen te leiden. Zonnepanelen kunnen op verkeerslichten worden bevestigd.



#### **Viaducten**

Een viaduct is een ongelijkvloerse kruising van twee of meer (spoor)wegen. Zonnepanelen kunnen op de zijkanten van de viaducten worden geplaatst.

#### **Bruggen**

Een brug is een vaste of beweegbare (spoor)weg over water. Zonnepanelen kunnen op de zijkanten van de bruggen worden geplaatst.



#### **Groenstroken en glooiingen**

Groenstroken en glooiingen zijn begroeide gedeeltes in de stad en liggen met name langs wegen.

#### **Fietsenstallingen**

Binnen de gemeente zijn een aantal grote fietsenstallingen te vinden. Zonnepanelen kunnen op de daken van de stallingen worden geplaatst.



#### **Reclameborden**

Een reclamebord wordt gebruikt voor het ophangen van advertenties of kennisgevingen. Zonnepanelen kunnen op de bovenzijde of achterzijde van de reclameborden worden bevestigd.

#### **Straatmeubilair**

Meubilair voor de inrichting van de openbare ruimte, zoals een bank, picknicktafel, bloembakken of prullenbak. Zonnepanelen kunnen in deze voorwerpen worden geïntegreerd.



#### **Geluidsschermen**

Een geluidsscherm wordt toegepast langs (spoor)wegen om de geluidshinder voor de omwonenden te verminderen. Zonnepanelen kunnen geplaatst worden op de schermen.

#### **Gemalen**

Een gemaal wordt gebruikt om water van een lager naar een hoger niveau te pompen. Zonnepanelen kunnen op het dak of de gevel van een gemaal worden geplaatst.





### Openbaar vervoer

Trams, bussen en metro's zijn voorbeelden van het openbaar vervoer. Zonnepanelen kunnen geplaatst worden op haltes.

### Parkeerterreinen

Boven parkeerterreinen worden constructies gerealiseerd die geschikt zijn voor het plaatsen van zonnepanelen. Hierdoor wordt de schaarse buitenruimte benut voor zowel parkeren als energieopwekking en eventueel het opladen van elektrische voertuigen.



## 2.2 Kansrijke infrastructuur

Voorafgaand aan het afwegingskader wordt bepaald welke infrastructurele objecten uit paragraaf 2.1 worden meegenomen. Dit heeft met name te maken met de aanwezigheid van het object in de datasets of omdat er een separate potentiëstudie voor wordt uitgevoerd. De keuzes zijn verantwoord in Tabel 1.

### 2.2.1 Scope van infrastructurele objecten

Tabel 1: Toelichting op de scope van infrastructurele objecten.

| Type object            | Meegenomen? | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Lantaarnpalen</i>   | X           | In Rotterdam staan circa 100.000 lantaarnpalen. In theorie heeft dit objecttype veel potentie voor het grootschalig opwekken van zonne-energie. Lantaarnpalen met geïntegreerde zonnepanelen worden momenteel op kleine schaal gerealiseerd, dit is zonder netaansluiting. De markt is nog klein en de investering hoog. Een uitgangspunt is dat een derde partij investeert in de zonnepanelen en de opgewekte stroom niet door de gemeente wordt afgenomen. Hierdoor zal er een aparte netaansluiting moeten komen, wat niet financieel haalbaar is bij een dergelijk kleine omvang. Om deze reden worden lantaarnpalen niet verder onderzocht. Daarnaast zijn hier geen GIS-data van beschikbaar. |
| <i>Verkeerslichten</i> | X           | Zie toelichting lantaarnpalen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Viaducten</i>       | ✓           | Aangezien de vorm, afmetingen en ligging van viaducten sterk uiteen lopen, worden deze per object beoordeeld.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Bruggen</i>         | ✓           | Aangezien de vorm, afmetingen en ligging van bruggen sterk uiteen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                   |   |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |   | lopen, worden deze per object beoordeeld.                                                                                                                                                                                            |
| <i>Groenstroken en glooiingen</i> | ✓ | Zonnepanelen kunnen op braakliggende stroken worden geplaatst.                                                                                                                                                                       |
| <i>Fietsenstallingen</i>          | X | In totaal zijn 9 fietsenstallingen geanalyseerd. Alle fietsenstallingen zijn ondergronds en hebben dus geen eigen dak. Hierdoor is het niet mogelijk om zonnepanelen te plaatsen en worden fietsenstallingen niet verder onderzocht. |
| <i>Reclameborden</i>              | X | Deze informatie was niet beschikbaar in de beschikbare dataset.                                                                                                                                                                      |
| <i>Straatmeubilair</i>            | X | De potentie van straatmeubilair wordt door de gemeente in een separate studie onderzocht.                                                                                                                                            |
| <i>Geluidsschermen</i>            | X | Deze informatie was niet beschikbaar in de beschikbare dataset.                                                                                                                                                                      |
| <i>Gemalen</i>                    | X | De potentie van gemalen wordt door gemeente in een separate studie onderzocht.                                                                                                                                                       |
| <i>Openbaar vervoer</i>           | X | Dit is geen onderdeel van de scope van deze studie. De potentie van objecten die eigendom zijn van RET wordt in een separate studie onderzocht.                                                                                      |
| <i>Parkeerterreinen</i>           | X | De potentie van parkeerterreinen wordt door de gemeente in een separate studie onderzocht.                                                                                                                                           |

## 2.2.2 Wat maakt een locatie geschikt?

Een locatie kan om meerdere redenen kansrijk zijn. Dit heeft zowel technische als financiële redenen. Deze redenen hebben tevens invloed op elkaar.

Technisch gezien is het plaatsen van zonnepanelen op infrastructurele objecten complexer dan veldopstellingen en daksystemen (conventionele locaties). Bijvoorbeeld: zonnepanelen moeten worden opgehangen in plaats van op de grond of een dak worden geplaatst. Omdat de complexiteit van de realisatie hoger is door onder meer lastige bereikbaarheid zijn de investeringskosten ook hoger. Figuur 2 geeft inzicht in enkele parameters die belangrijk zijn voor de haalbaarheid van zonprojecten. Hierbij worden grof de verschillen tussen conventionele locaties en de locaties en objecten in deze studie weergegeven.

De daadwerkelijke invulling van de parameters in Figuur 2 is sterk afhankelijk van de situatie en daarom slechts indicatief. Daarom kan het alleen worden gebruikt om een globaal verschil in verschillende objecten te laten zien. In hoofdstuk 4 en [Appendix 6](#) wordt dit nader toegelicht.

| Locatietype                                                                      | Investering                                                                       | Ontwikkelkosten                                                                   | Exploitatiekosten                                                                 | Inkomsten                                                                          | Zoninstraling                                                                       | Haalbaarheid                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Conventioneel</b>                                                             |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
| <i>Groot</i>                                                                     | €                                                                                 | €                                                                                 | €                                                                                 | €€€€                                                                               | +++                                                                                 | +++                                                                                 |
| <i>Klein</i>                                                                     | €€                                                                                | €                                                                                 | €                                                                                 | €€€                                                                                | +++                                                                                 | ++                                                                                  |
| <b>Zon op infra</b>                                                              |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
| <i>Bruggen &amp; viaducten</i>                                                   | €€€€                                                                              | €€                                                                                | €€€€                                                                              | €                                                                                  | --                                                                                  | --                                                                                  |
| <i>Groenstroken</i>                                                              | €€                                                                                | €                                                                                 | €€                                                                                | €€€                                                                                | +++                                                                                 | ++                                                                                  |
| <i>Glooiingen</i>                                                                | €€                                                                                | €                                                                                 | €€                                                                                | €                                                                                  | + -                                                                                 | + -                                                                                 |
| <i>Verkeerslichten &amp; lantaarnpalen</i>                                       | €€€                                                                               | €                                                                                 | €€€                                                                               | €                                                                                  | + -                                                                                 | --                                                                                  |

Figuur 2: Overzicht van financiële en technische aspecten voor zonnepanelen op diverse locaties.

### 2.2.3 Het bepalen van het theoretisch piekvermogen

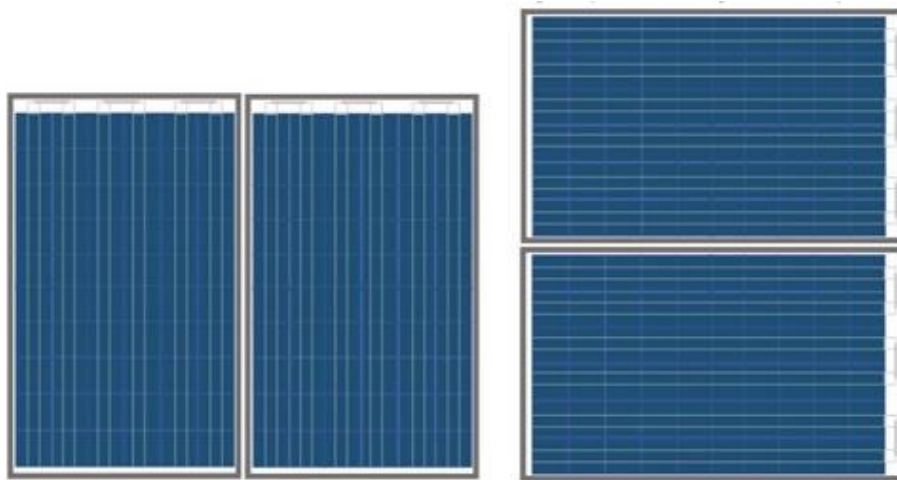
In deze studie wordt onderzocht hoeveel energie een infrastructureel object of locatie met zonnepanelen in potentie kan opwekken. Dit noemen we het potentieel theoretisch vermogen van een object of locatie. Hiertoe is gebruik gemaakt van kengetallen en berekeningen. Hoeveel zonnestroom er op een locatie daadwerkelijk opgewekt kan worden, hangt tevens af van de oriëntatie, hellingshoek en hoeveelheid schaduw op de zonnepanelen.

Vanuit de data is de totale lengte van infrastructurele objecten en de oppervlakte van groenstroken en glooiingen onderzocht. Met behulp van de omvang is vervolgens het aantal panelen en het theoretische piekvermogen berekend.

Bij groenstroken en glooiingen is het uitgangspunt dat er één zonnepaneel per 4 m<sup>2</sup> kan worden geplaatst.<sup>1</sup> Dit getal komt voort uit ervaringen in soortgelijke studies. Er dient bijvoorbeeld rekening gehouden te worden met looppaden en het plaatsen van transformatoren. In moderne zonneparken wordt tevens steeds meer rekening gehouden met biodiversiteit. Door zonnepanelen verder uit elkaar te plaatsen, kan er meer groen onder en rondom de panelen groeien. Hierdoor is er rekening gehouden met een dekkingsgraad van 50%, wat betekent dat de helft van de locatie gedekt kan worden met zonnepanelen.

Bij bruggen en viaducten is het uitgangspunt dat er per 2 meter lengte één zonnepaneel bevestigd kan worden. Dit is berekend op basis van een standaard zonnepaneel in een landschaporiëntatie (zie Figuur 3) dat is bevestigend aan de reling.<sup>1</sup> Bruggen en viaducten hebben normaliter twee kanten waar zonnepanelen aan bevestigd kunnen worden. Bij een brug van oost naar west is het alleen gunstig om aan de zuidzijde panelen te plaatsen, terwijl bij een brug van noord naar zuid zowel aan de oost- als de westzijde panelen geplaatst kunnen worden. Aangezien de oriëntatie van de brug niet direct uit de data gehaald kan worden, is het uitgangspunt dat er evenveel bruggen van oost naar west als van noord naar zuid lopen. Daarom is het uitgangspunt dat over 1,5 keer de lengte van de bruggen en viaducten zonnepanelen geplaatst kunnen worden.

<sup>1</sup> Uitgangspunt is een zonnepaneel van 2 bij 1 meter met een piekvermogen van 360 Wp.



Figuur 3: Zonnepanelen in portretopstelling (links) en in landschapopstelling (rechts).

#### 2.2.4 Het afwegingskader

Het afwegingskader bestaat uit criteria die direct bepalen of een locatie kansrijk is. Voor elke categorie is een ander afwegingskader opgesteld. Een infrastructureel object wordt namelijk anders beoordeeld op kansrijkheid dan een groenstrook. Eerst wordt kort de dataset toegelicht om vervolgens per categorie het afwegingskader toe te lichten.

##### **Dataset**

Er is gebruik gemaakt van beschikbare datasets van de gemeente Rotterdam. Circa 90.000 objecten zijn verdeeld over infrastructurele objecten, groenstroken en glooiingen. De exacte onderverdeling van deze data en het theoretisch potentieel vermogen staan toegelicht in [Appendix 1](#), [Appendix 2](#) en [Appendix 3](#).

Het beoordelen van 90.000 locaties is zoals eerder gesteld een grote opgave. Hierdoor is het niet mogelijk om elk object of locatie apart te beoordelen. Daarom is gekozen om de data zo te filteren dat de meest kansrijke infrastructurele objecten en locaties zichtbaar worden. .

##### **Infrastructurele objecten**

De dataset bestaat uit 1.411 objecten. Deze objecten zijn gecategoriseerd in bruggen, tunnels, viaducten, sluizen, vlanders en steigers. Deze objecten zijn in het afwegingskader gefilterd op *objecttype*, *eigendom*, *zoninstraling* en *lengte*. Zo zijn sommige objecten in de dataset niet in eigendom van de gemeente Rotterdam en worden daarom niet meegenomen in het vervolg van de studie. Een uitgebreide onderbouwing van de gemaakte keuzes staan toegelicht in [Appendix 1](#).

##### **Groenstroken**

De gemeente Rotterdam heeft in totaal 87.650 groenstroken. Deze groenstroken zijn gecategoriseerd in beplantingen, grassen, hagen, oevers, overige, parkverhardingen en wateren. Deze groenstroken zijn in het afwegingskader gefilterd op *type groenstrook*, *bestemming*, *eigendom*, *oppervlakte*<sup>2</sup>, *groenstroken langs infra* en *zoninstraling*. Zo zijn sommige groenstroken als 'water' gecategoriseerd, waardoor dit objecttype niet is meegenomen in het

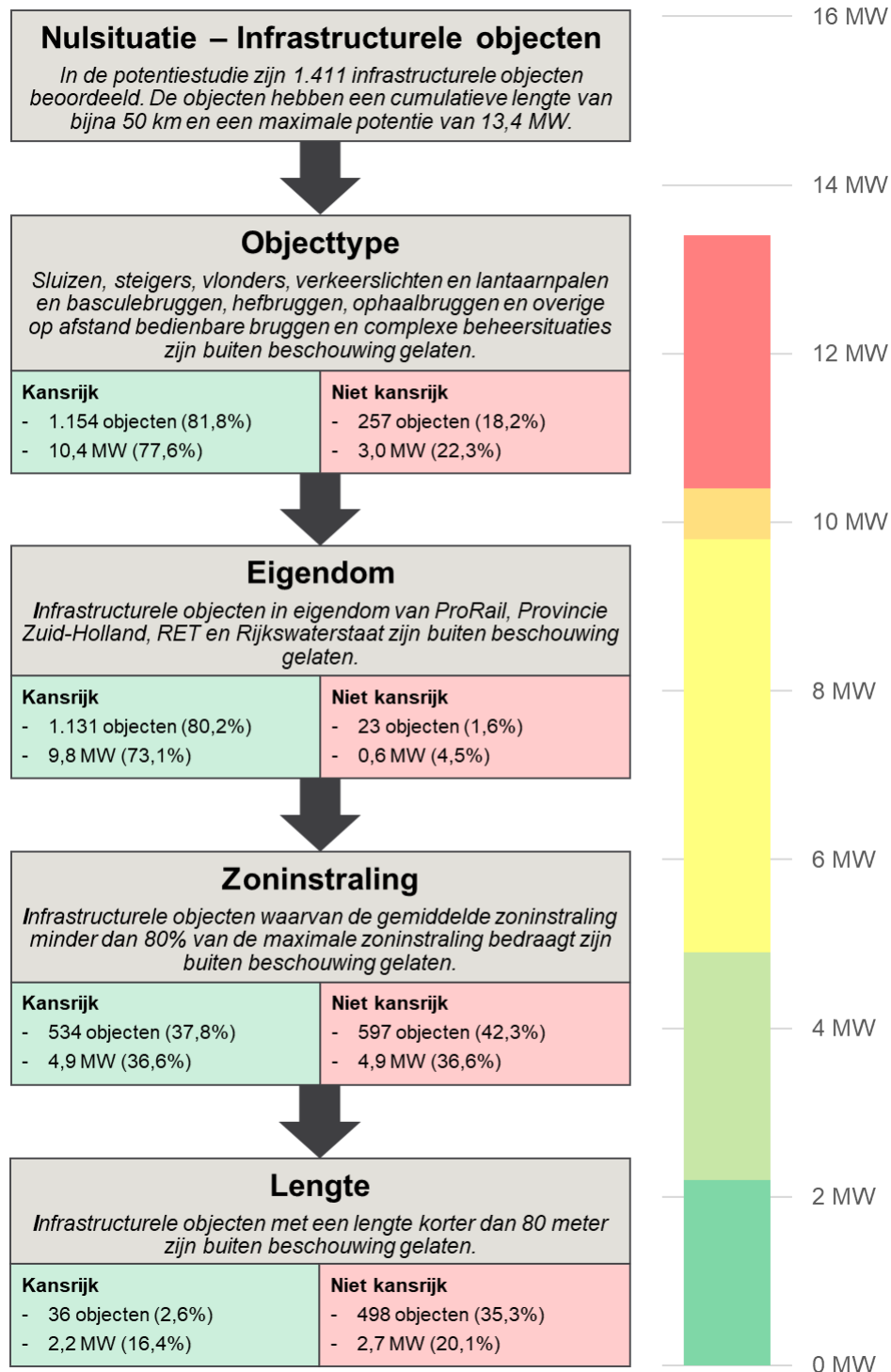
<sup>2</sup> Er is gekozen voor een minimaal oppervlak van 2.500 m<sup>2</sup>. Aangezien de ontwikkelkosten voor grote en kleine zonneparken nagenoeg gelijk zijn, is het relatief voordeliger om deze kosten te investeren in een groot zonnepark.

vervolg van de studie. Een uitgebreide onderbouwing van de gemaakte keuzes is toegelicht in [Appendix 2](#).

### **Glooiingen**

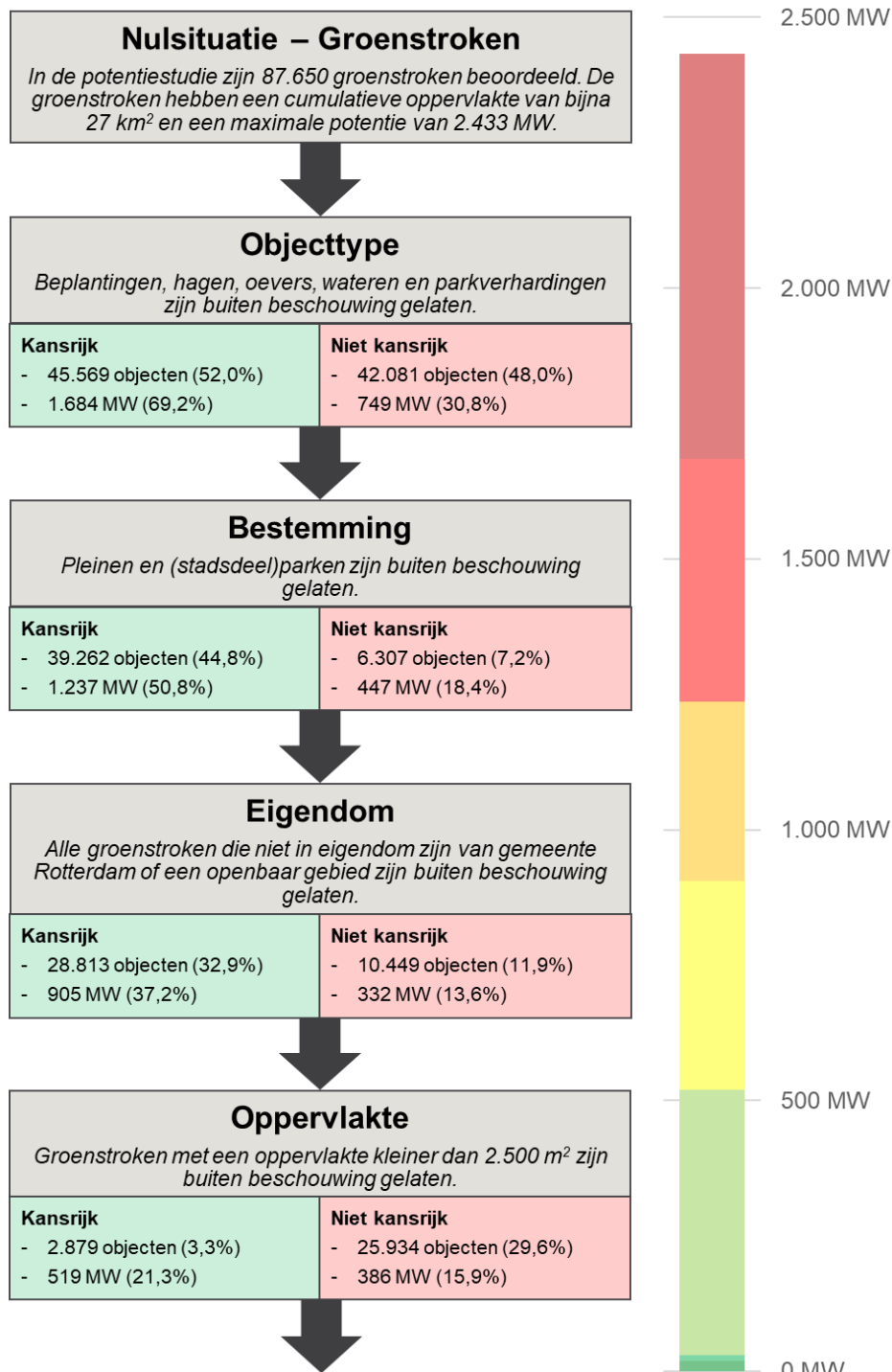
De gemeente Rotterdam heeft in totaal 260 glooiingen. Deze glooiingen zijn in het afwegingskader gefilterd op *eigendom*, *zoninstraling* en *oppervlakte*. Een uitgebreide onderbouwing van de gemaakte keuzes is toegelicht in [Appendix 3](#).

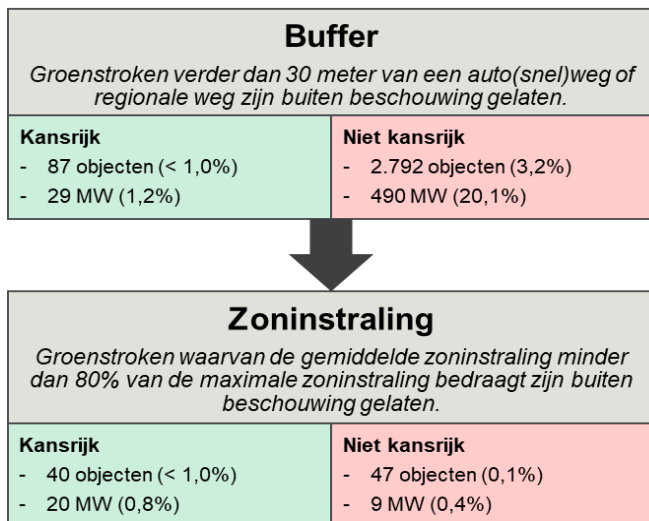
## 2.2.5 Resultaat infrastructurele objecten



Figuur 4: Schematische weergave van het afwegingskader voor infrastructurele objecten.

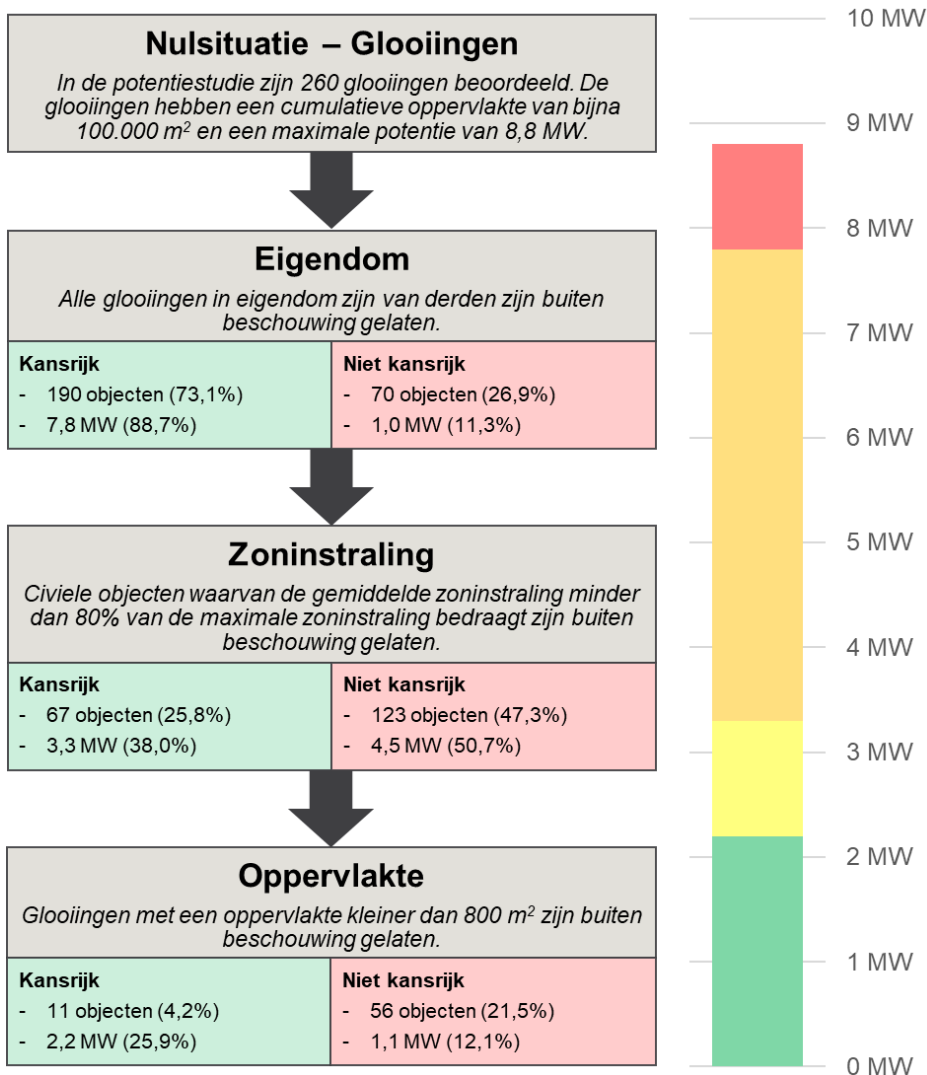
## 2.2.6 Resultaat groenstroken





Figuur 5: Schematische weergave van het afwegingskader voor groenstroken.

## 2.2.7 Resultaat glooiingen



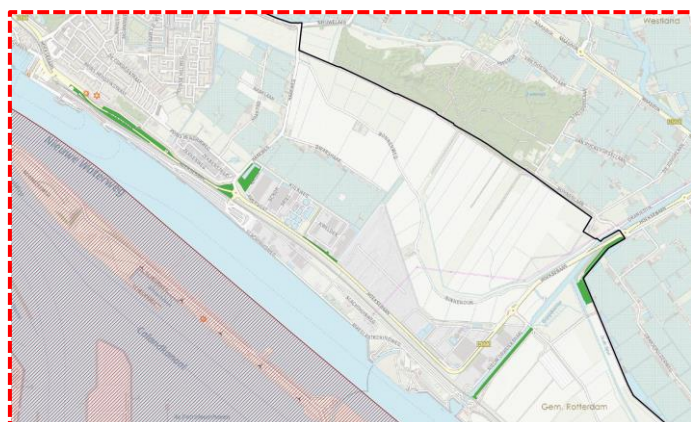
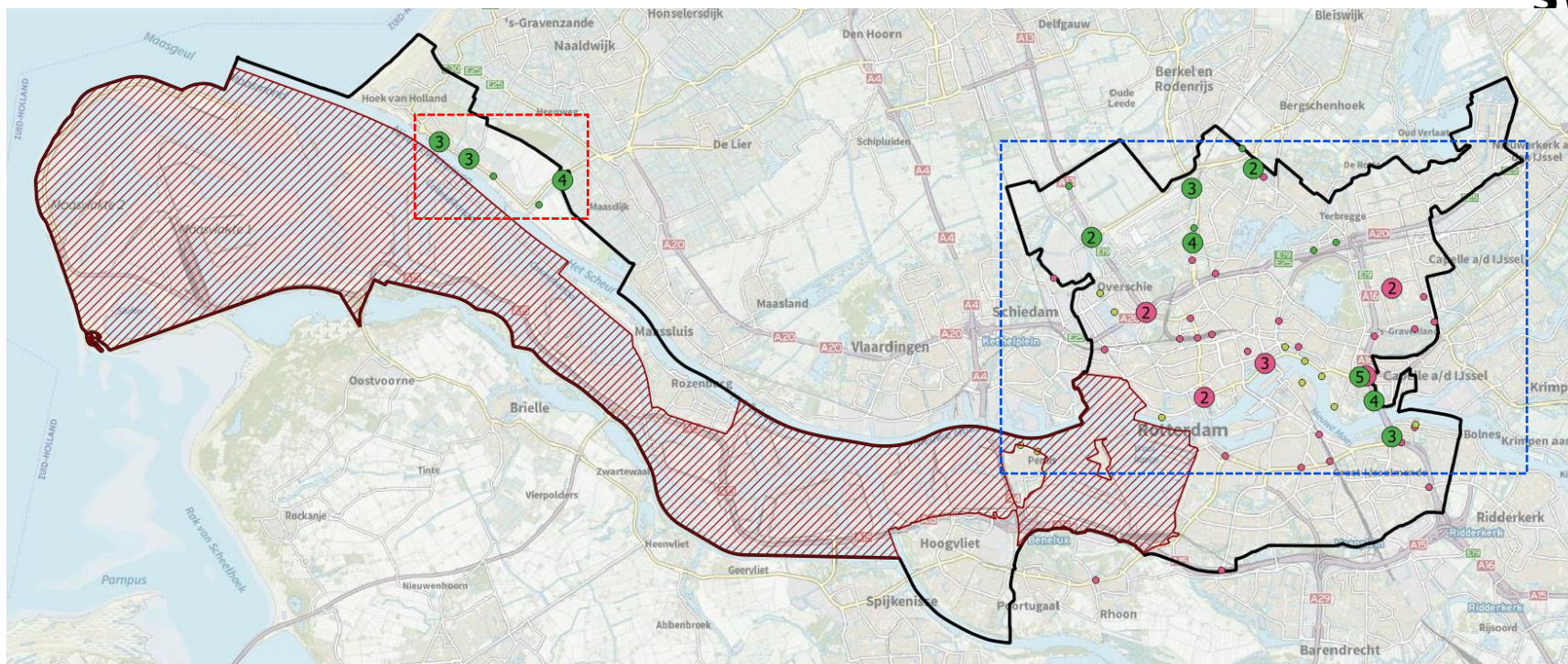
Figuur 6: Schematische weergave van het afwegingskader voor glooiingen.

## 2.3 Longlist

Na het toepassen van het afwegingskader blijven 87 locaties over met een potentieel theoretisch vermogen van 24,4 MW:

- 36 infrastructurele objecten met een potentieel theoretisch vermogen van 2,2 MW.
- 40 groenstroken met een potentieel theoretisch vermogen van 20 MW.
- 11 glooiingen met een potentieel theoretisch vermogen van 2,2 MW.

De gehele longlist staat in tabelvorm in [Appendix 4](#). Op de volgende pagina staat in Figuur 7 een drietal kaarten met de locaties uit de longlist.

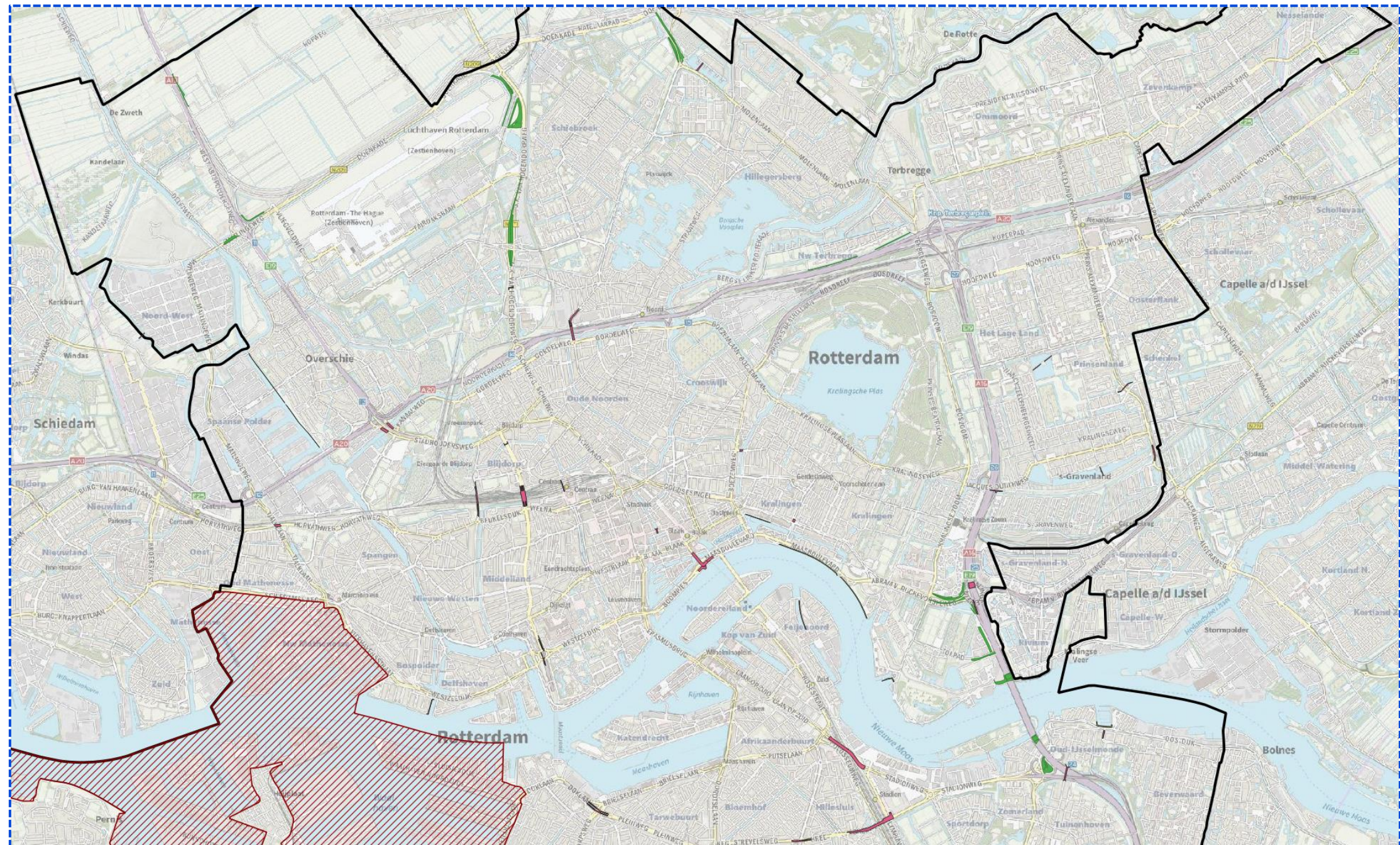


De bovenstaande kaart laat alle 87 locaties uit de longlist zien. Sommige locaties zitten vrijwel naast elkaar, waardoor de punten op de kaart overlappen. Daarom zijn met grotere stippen en cijfers locaties met meerdere infrastructurele objecten of groenstroken aangeduid.

- De rode stippen staan voor infrastructurele objecten
- De groene stippen staan voor groenstroken
- De gele stippen staan voor glooiingen

Het rode kader geeft alle groenstroken uit de longlist gelegen in Hoek van Holland weer. Het blauwe kader hieronder laat de objecten in Rotterdam zien.

Figuur 7: De 87 locaties uit de longlist, inclusief ingezoomde kaarten.



## 3. Grove haalbaarheidsstudie

### 3.1 Potentiescan

In de potentiescan wordt de kans van slagen van de objecten uit de longlist bepaald. Met behulp van een vooraf opgestelde beoordelingsmatrix worden de objecten en locaties beoordeeld.

### 3.2 Beoordelingsmatrix

Om de kans van slagen voor het plaatsen van zonnepanelen op de 87 infrastructurele objecten, groenstroken en glooiingen te bepalen, wordt ieder object en locatie op een zevental criteria beoordeeld, zie Tabel 2

Objectgegevens betreffende criterium 1 tot en met 4 komen uit de door de gemeente aangeleverde dataset. De scores van de objecten op criteria 5 tot en met 7 zijn bepaald op basis van expert judgement. Daarbij is ingezoomd op de locatie of het object om te bepalen in welke mate het voldoet aan de criteria.

Tabel 2: Beoordelingsmatrix voor de longlist.

| Criteria        | 1                                | 2                               | 3                                |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 Grootte       | Kleiner dan 3.000 m <sup>2</sup> | 3.000 tot 10.000 m <sup>2</sup> | Groter dan 10.000 m <sup>2</sup> |
| 2 Lengte        | Korter dan 100 m                 | 100 tot 300 m                   | Langer dan 300 m                 |
| 3 Netcapaciteit | Rood of oranje                   | Geel                            | Wit                              |
| 4 Zonstraling   | Minder dan 85%                   | 85-90%                          | Meer dan 90%                     |
| 5 Complexiteit  | Ingewikkeld                      | Gemiddeld                       | Eenvoudig                        |
| 6 Vandalisme    | Hoog risico                      | Gemiddeld risico                | Laag risico                      |
| 7 Esthetiek     | Grote impact                     | Gemiddeld impact                | Kleine impact                    |

#### Toelichting methodiek beoordelingsmatrix

##### 1. Grootte

In principe geldt dat een groter oppervlakte een betere businesscase geeft voor het plaatsen van zonnepanelen. De reden hiervoor wordt nader toegelicht in [Appendix 6](#). Dit criterium is enkel meegenomen voor groenstroken en glooiingen.

##### 2. Lengte

Dit criterium is enkel meegenomen voor infrastructurele objecten. Voor infrastructurele objecten als bruggen is niet de oppervlakte, maar de lengte van belang. De oppervlakte van een brug zegt namelijk niets over de potentie, aangezien zonnepanelen aan de zijkant worden bevestigd. Per object zal de lengte en de oriëntatie van de lengteas beoordeeld worden. Een lengteas met een noord-zuidoriëntatie is kansrijk; zowel aan de oost- als westkant van een brug kunnen zonnepanelen worden geplaatst. Een lengteas met een oost-westoriëntatie is ook kansrijk; aan de zuidkant van de brug kunnen zonnepanelen geplaatst worden.

Tevens wordt beoordeeld of meerdere zonnepanelen onder elkaar gehangen kunnen worden.

### 3. Netcapaciteit

Op de locatie moet voldoende netcapaciteit beschikbaar zijn. Dit wordt middels de capaciteitskaart van Netbeheer Nederland bepaald, zie de kaart in [Appendix 5](#).

### 4. Zonstraling

Voor de longlist is gefilterd op een minimale zoninstraling van 80% bij infrastructurele objecten en groenstroken en 90% zoninstraling bij glooiingen. Dit houdt in dat op één dag de gemiddelde zoninstraling 80% of 90% van de maximale instraling op het oppervlakte bedraagt. Een uitgebreidere onderbouwing op de gehanteerde methodiek van zoninstraling is toegelicht in [Appendix 1](#).

### 5. Complexiteit

Sommige infrastructurele objecten zijn complexe constructies, bijvoorbeeld hoge bruggen of juist bruggen dicht bij het wateroppervlak. Zonnepanelen moeten worden opgehangen op hoge hoogte en er moeten mogelijk wegen worden afgezet voor installatie of onderhoud.

### 6. Vandalisme

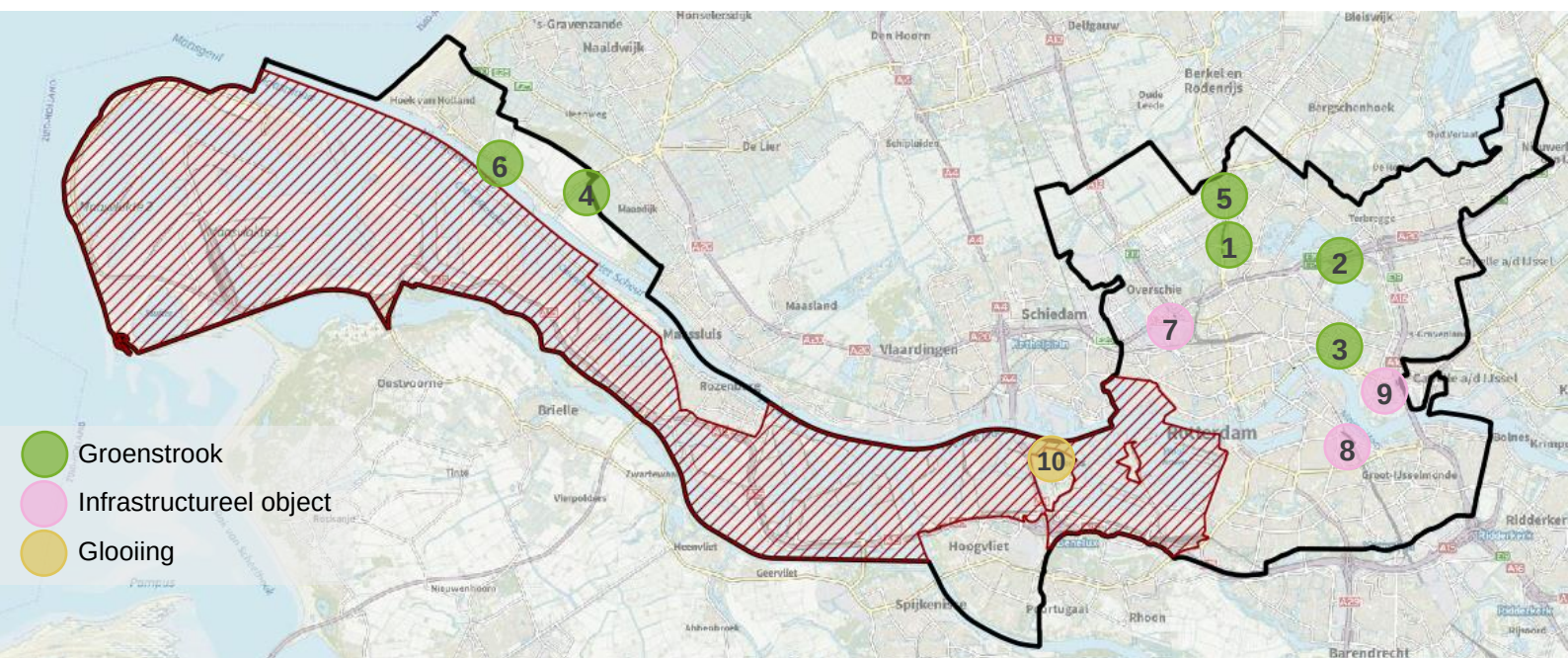
Zonnepanelen moeten diefstal- en vandalismebestendig geplaatst worden. Ze moeten dus buiten bereik van mensen geplaatst worden. Daarom wordt gekeken naar de bereikbaarheid vanaf de straat en de potentie voor het plaatsen van een hekwerk. Zonnepanelen aan een hoge brug zijn moeilijk bereikbaar en minder gevoelig voor vandalisme. Zonnepanelen op een groenstrook zonder hekwerk zijn juist gevoeliger voor vandalisme.

### 7. Esthetiek

Locaties kunnen een bepaalde esthetische waarde hebben of zelfs monumentaal zijn. Zonnepanelen midden in een woonwijk, in een natuurpark of op een monumentaal pand zijn vaak niet gewenst.

## 3.3 Shortlist

Op basis van de beoordelingsmatrix en expert judgement zijn alle 87 locaties en objecten van de longlist beoordeeld. Dit heeft geresulteerd in de shortlist van 10 locaties. Deze zijn in Figuur 8 en Tabel 3 weergegeven.



Figuur 8: De shortlist met de top 10 locaties.

Tabel 3: Overzicht van de shortlist.

|    | Coördinaten       | Objecttype      | Oppervlakte of lengte | Realistisch vermogen |
|----|-------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|
| 1  | 51,950 N, 4,460 E | Grassen         | 23.357 m <sup>2</sup> | 1,2 MW               |
| 2  | 51,948 N, 4,512 E | Grassen         | 2.531 m <sup>2</sup>  | 0,5 MW               |
| 3  | 51,914 N, 4,533 E | Grassen         | 2.779 m <sup>2</sup>  | 0,4 MW               |
| 4  | 51,962 N, 4,187 E | Grassen         | 8.798 m <sup>2</sup>  | 0,8 MW               |
| 5  | 51,962 N, 4,450 E | Grassen         | 19.670 m <sup>2</sup> | 0,9 MW               |
| 6  | 51,969 N, 4,150 E | Grassen         | 12.392 m <sup>2</sup> | 0,9 MW               |
| 7  | 51,930 N, 4,440 E | Verkeersbrug    | 95 m                  | 10 kW                |
| 8  | 51,899 N, 4,515 E | Verkeersviaduct | 534 m                 | 100 kW               |
| 9  | 51,913 N, 4,536 E | Verkeersviaduct | 170 m                 | 68 kW                |
| 10 | 51,893 N, 4,394 E | Glooiing        | 4.017 m <sup>2</sup>  | 0,7 MW               |

De getallen in Tabel 3 zijn bepaald op basis van de dataset die is aangeleverd door de gemeente Rotterdam en de kentallen die zijn gehanteerd. In de tabel is het realistische vermogen aangegeven. Dit is bepaald op basis van expert judgement en kan afwijken van het theoretische vermogen dat eerder in het onderzoek bepaald is.



G.K. van Hogendorpweg, Hillegersberg-Schiebroek



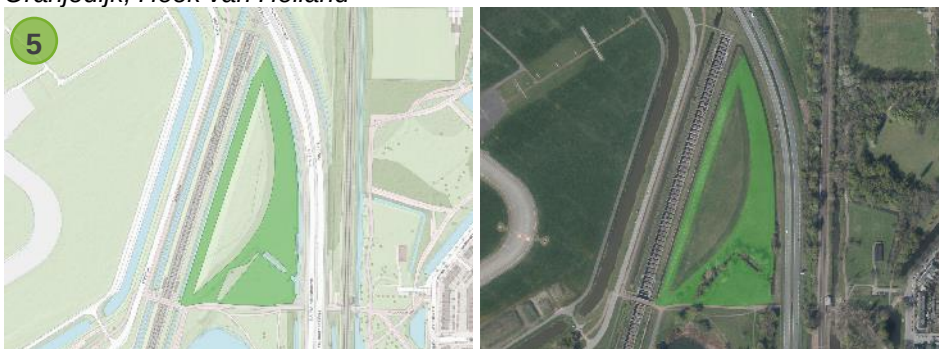
Air Commodore Geddespad, Hillegersberg-Schiebroek



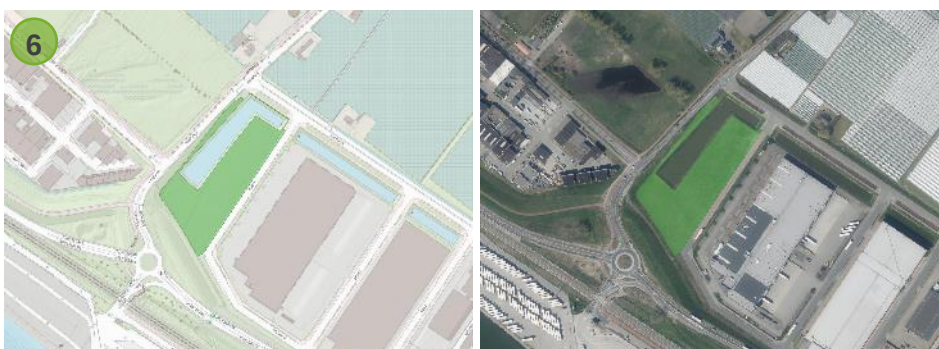
*K.P. van der Mandelelaan, Rotterdam Centrum*



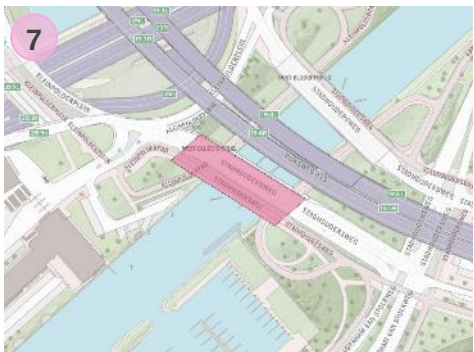
*Oranjedijk, Hoek van Holland*



*Bovendijk, Overschie*



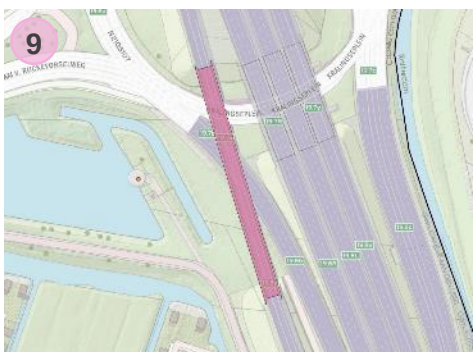
*Kulkweg, Hoek van Holland*



*Stadhoudersweg, Overschie*



*Valkenoordseviaduct, Feijenoord*



*Kralingseplein, Prins Alexander*



*Pernisse Waterkant, Waalhaven-Eemhaven*

## 4. Businesscases

Voor het bepalen van de financiële haalbaarheid van zonnepanelen op de infrastructurele objecten, groenstroken en glooiingen uit de shortlist, zijn globale businesscases uitgewerkt. In de businesscase is gekeken naar de investeringskosten, de opbrengsten van de elektriciteit en de exploitatiekosten van de zonnepanelen. Hiermee wordt het financiële rendement bepaald. Het uitgangspunt van dit onderzoek is dat de locaties ter beschikking worden gesteld aan een derde partij en dat de gemeente zelf niet zal investeren, noch de opgewekte zonnestroom afnemen. Hierdoor speelt de businesscase een belangrijke rol bij het bepalen van de haalbaarheid van zonnepanelen op infrastructurele objecten, aangezien externe partijen een minimaal rendement op de investering willen zien.

### 4.1 Belangrijke parameters businesscase

De gehanteerde businesscase bestaat uit diverse onderdelen (parameters). Hieronder zijn belangrijke parameters weergegeven die veel invloed hebben op de financiële haalbaarheid van zonnepanelen op een object of locatie. Een uitgebreide toelichting op onderstaande parameters staat in [Appendix 6](#).

- **Investeringskosten**  
Dit zijn de kosten voor de onderdelen en de kosten van het installeren daarvan. De belangrijkste onderdelen van een zonnestroomsysteem zijn de zonnepanelen, omvormers, onderconstructie, bedrading en netaansluiting.
- **Ontwikkelkosten**  
Dit zijn de kosten van de ontwikkeling van een zonnestroomsysteem. Denk hierbij aan kosten voor constructieberekeningen, Recht van Opstal en het aanvragen van vergunningen.
- **Exploitatiekosten**  
De belangrijkste exploitatiekosten voor zonnestroomsystemen zijn de onderhoudskosten. Denk hierbij aan regulier en preventief onderhoud, vervanging van defecte onderdelen, verzekeringen, maaibeheer, vastrechtkosten netaansluiting, schoonmaakkosten en controles of het systeem nog naar behoren functioneert.
- **Inkomsten**  
Zonnepanelen genereren inkomsten door de opgewekte stroom terug te leveren aan het net óf door te besparen op de inkoop van elektriciteit. Wanneer de opgewekte elektriciteit op locatie kan worden verbruikt, is dit gunstiger voor de businesscase.
- **Zoninstraling**  
De inkomsten hangen af van de zoninstraling. Hoe meer zonlicht er op de zonnepanelen valt, des te hoger de energieopbrengsten.

### 4.2 Uitgangspunten

De uitkomsten van een businesscase zijn afhankelijk van de gehanteerde uitgangspunten. Het plaatsen van zonnepanelen op infrastructurele objecten kent tot op heden helaas geen beproefde aanpak met veelgebruikte kengetallen. Dit maakt het moeilijk om een inschatting te maken van de juiste uitgangspunten. Zo liggen de investerings- en onderhoudskosten voor zonnepanelen aan de zijkant

van een brug hoger dan die voor zon op dak. Dit heeft onder meer te maken met de complexiteit, aanvullende beveiligingsmaatregelen, speciale maatregelen ten behoeve van veilig werken en het mogelijk afsluiten van een (water)weg. De hoogte van de kosten zijn echter moeilijk om in te schatten, zodat er een grote onzekerheid bestaat.

Hieronder zijn de belangrijkste uitgangspunten voor het opstellen van de businesscases toegelicht:

- De locaties worden ter beschikking gesteld aan een derde partij. De gemeente Rotterdam investeert niet zelf in de zonnepanelen. De bedragen zijn daarom exclusief btw. Wanneer de gemeente wel zelf investeert en de zonnepanelen ook zelf exploiteert, moet over de investering en de bedrijfslasten btw worden betaald.
- De gemeente heeft aangegeven dat ze de opgewekte stroom niet afneemt. Hierdoor dient de elektriciteit die wordt opgewekt met de zonnepanelen volledig te worden teruggeleverd aan het net of verkocht te worden aan een marktpartij.
- Er wordt gerekend met de SDE++ tarieven van de openstelling in 2021. Voor locatie 7 wordt er niet gerekend met subsidie aangezien deze locatie te klein is om in aanmerking te komen voor SDE++. Zie [Appendix 6](#) voor meer toelichting.
- De terugleververgoeding bedraagt 60 euro per MWh en de garanties van oorsprong bedragen 5 euro per MWh. De bedragen zijn aan marktwerking onderhevig.
- Voor de teruglevering dient een nieuwe netaansluiting gerealiseerd te worden. De grootte van de netaansluiting is afhankelijk van het aantal zonnepanelen. De investeringskosten zijn gebaseerd op de tarieven van Stedin van 2022. Er is geen rekening gehouden met een eventuele meerlengte van de elektriciteitskabels. In werkelijkheid kunnen de kosten hierdoor hoger uitvallen.
- In het geval van onderhoud aan of reparatie van het infrastructurele object moet het gehele object bereikbaar zijn. Dat kan betekenen dat de zonnepanelen mogelijk tijdelijk verwijderd moeten worden. Dit brengt aanvullende kosten met zich mee en zolang de panelen er af zijn wordt er geen zonnestroom opgewekt. Deze kosten en misgelopen opbrengsten zijn niet in te schatten in deze fase van het onderzoek en om die reden niet meegenomen in de businesscases. Over het algemeen kan gesteld worden dat het eenmalig verwijderen en opnieuw aansluiten van zonnepanelen een erg negatieve impact heeft op de businesscase. Indien dit vaker gedurende de looptijd moet gebeuren, kan men ervan uitgaan dat het project niet financieel haalbaar is.
- De zoninstraling op de zonnepanelen wordt bepaald aan de hand van satellietdata in PVGIS en is afhankelijk van de oriëntatie en hellingshoek van de zonnepanelen.
- In zonnestroomsystemen treden diverse systeemverliezen op. Er zijn diverse soorten systeemverliezen. Voorbeelden zijn verliezen in de kabels, reflectieverliezen en verliezen door te hoge temperaturen. De systeemverliezen bepalen het technisch rendement van de gehele installatie, ook wel de performance ratio genoemd. Dit rendement is afhankelijk van verschillende factoren, zoals de oriëntatie en hellingshoek van de zonnepanelen. Voor het bepalen van de globale financiële

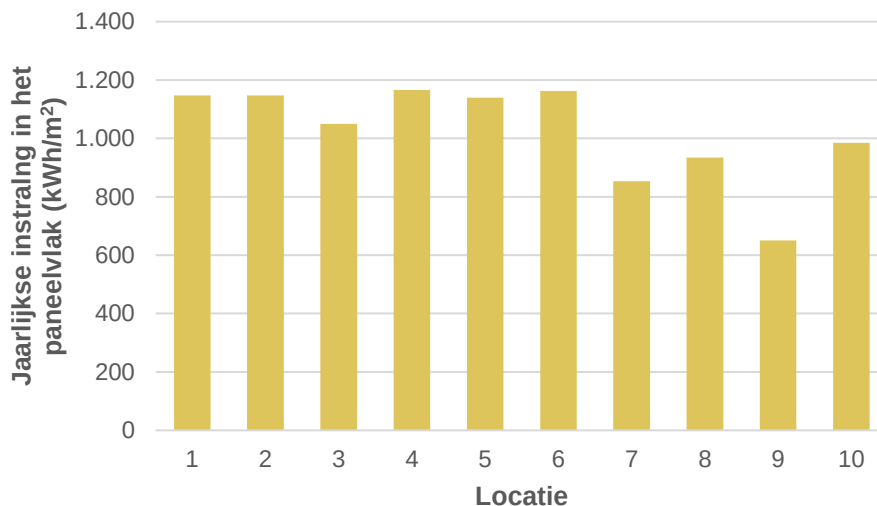
haalbaarheid is voor alle objecten in de shortlist een systeemrendement van 85% gebruikt.<sup>3</sup>

- De investering wordt gefinancierd uit eigen vermogen. Er zijn dus geen financieringskosten meegenomen. In werkelijkheid kan dit afwijken, maar de invloed hiervan op de resultaten van een globale businesscase zijn beperkt.
- In de loop van de tijd kunnen bedragen stijgen en dalen, bijvoorbeeld door inflatie en marktontwikkelingen. In de businesscases wordt gerekend met een indexatie van 2% per jaar op de bedrijfslasten en energietarieven. Dit is een conservatieve inschatting.
- De looptijd van de uitgewerkte businesscases is 25 jaar. Dit komt overeen met de technische levensduur van de zonnepanelen.
- Er wordt door de gemeente recht van opstal verleend voor de looptijd van het project. Er zijn in de businesscase geen pachtkosten in rekening gebracht.
- Het rendement van de zonnepanelen neemt af naarmate de zonnepanelen ouder worden. De panelen hebben een degradatie van 0,4% per jaar.
- De omvormers hebben een levensduur van gemiddeld 15 jaar. Na 15 jaar vindt daarom een herinvestering plaats.

## 4.3 Resultaten

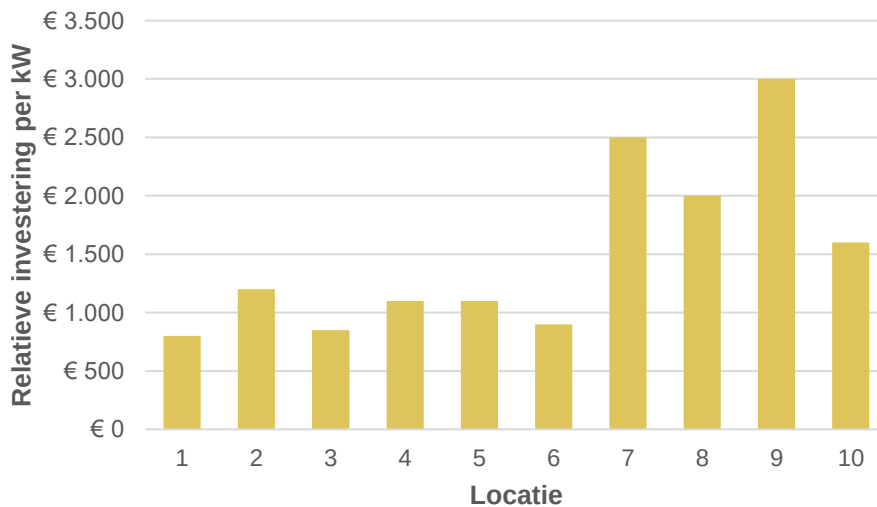
In de onderstaande grafieken zijn de jaarlijkse instraling in het paneelvlak, de relatieve investering per vermogen en het projectrendement van de verschillende locaties weergegeven.

**Jaarlijkse instraling in het paneelvlak**



<sup>3</sup> Rekenvoorbeeld: bij een jaarlijkse zonne-instraling van 1.000 kWh/m² in het paneelvlak, een modulerendement van het zonnepaneel van 20% en een systeemrendement van 85%, is de jaarlijkse elektriciteitsopwekking voor een paneel van 2 bij 1 meter (2 m²) gelijk aan  $1.000 \text{ kWh/m}^2 \times 20\% \times 85\% \times 2 \text{ m}^2 = 340 \text{ kWh/m}^2$ .

### Relatieve investeringskosten per geïnstalleerd vermogen



### Projectrendement



#### Groenstrook – G.K. van Hogendorpweg (locatie 1)

Deze locatie heeft de laagste relatieve investeringskosten en het hoogste projectrendement. De reden is dat dit vergeleken met de overige locaties een relatief groot veld is. Hierdoor zijn er schaalvoordelen te behalen. Daarnaast worden de ontwikkelkosten over een groter project verdeeld.

Aangezien het een veldopstelling betreft, zijn er geen bijzondere voorzieningen nodig voor de installatie en het beheer en onderhoud. Om vandalisme tegen te gaan, is het wel noodzakelijk om het zonnenveld te omheinen met een hekwerk.

De zonnepanelen hebben een gunstige oriëntatie en hellingshoek waardoor de energieopbrengst relatief hoog is.

Het projectrendement is net onder 6%. Een projectrendement van 6-8% wordt vaak gezien als absolute ondergrens, maar dan mogen er geen grote risico's in het project zitten. Het projectrendement is dus aan de lage kant en daardoor

vermoedelijk niet interessant genoeg voor veel investeerders. Echter moet deze locatie niet in zijn geheel worden uitgesloten, aangezien er mogelijk investeerders zijn die dit wel aandurven.

#### **Groenstrook – K.P. van der Mandelelaan (locatie 3)**

De ligging van deze locatie is prima voor het plaatsen van zonnepanelen. De oriëntatie van de panelen is zuid-oost tot oost, waardoor de instraling hoog is. Het systeem is kleiner vergeleken met locatie 1, waardoor de schaalvoordelen kleiner zijn en de ontwikkelkosten relatief hoog zijn.

Ook voor deze locatie geldt dat met een projectrendement van 5% het vermoedelijk net niet interessant genoeg is voor investeerders.

#### **Groenstrook – Kulkweg (locatie 6)**

Voor deze locatie zijn de conclusies vergelijkbaar. De investeringskosten zijn iets hoger doordat de oppervlakte kleiner is en het aantal te plaatsen zonnepanelen dus lager. De schaalvoordelen zijn daardoor kleiner. Een ander verschil is dat de oriëntatie van de zonnepanelen naar het zuidwesten is, omdat dit beter aansluit bij de indeling van het perceel. De energieopbrengst is daardoor iets lager dan wanneer de zonnepanelen naar het zuiden worden georiënteerd.

#### **Overige groenstroken (locatie 2, 4, 5 en 6)**

Voor de overige groenstroken is de zonne-instraling gunstig, maar zijn de relatieve investeringskosten hoger. Dit heeft voornamelijk te maken met de hogere complexiteit van het plaatsen van zonnepanelen.

Bij Bovendijk (locatie 5) is bijvoorbeeld een plateau aanwezig, waardoor de zonnepanelen niet in lange rechte stroken geplaatst kunnen worden. Bij Oranjedijk (locatie 4) moeten de zonnepanelen geplaatst worden op een dijk waardoor de complexiteit toeneemt.

Het is belangrijk om op te merken dat bij Air Commodore Geddespad (locatie 2) al zonnepanelen geplaatst zijn op (een deel van) het perceel. Dit is wel een complexe locatie, aangezien het langs een snelweg ligt.

#### **Overige infrastructurele objecten (locatie 7, 8 en 9)**

Voor de overige infrastructurele objecten is het rendement negatief. De oorzaak is de aanzienlijk hogere investering voor het plaatsen van de zonnepanelen en de significant lagere energieopbrengst. De hogere investering wordt veroorzaakt door de complexiteit van de locaties. Het is kostbaar om zonnepanelen te bevestigen aan een brug. Mogelijk zullen rij- of spoorbanen moeten worden afgesloten om de zonnepanelen te plaatsen.

De onderhouds- en beheerkosten zijn ook hoger doordat de zonnepanelen lastig toegankelijk zijn. Indien de zonnepanelen gedurende de looptijd meerdere malen verwijderd en opnieuw aangesloten dienen te worden, kan ervan uit gegaan worden dat het project niet financieel haalbaar is.

De zonnepanelen worden over een groot deel van de brug verticaal tegen de reling geplaatst. De energieopbrengst voor deze panelen is significant (tot 40%) lager dan bij de meeste veld- of daksystemen. Dit heeft uiteraard een grote negatieve impact op de businesscase.

#### **Glooiing – Pernisse Waterkant (locatie 10)**

De investeringskosten voor een glooiing zijn in principe vergelijkbaar met een groenstrook. Voor deze specifieke locatie zijn de investeringskosten hoger, aangezien het een erg smalle strook betreft. Dit zorgt ervoor dat de kosten voor

het plaatsen van een hekwerk om de zonnepanelen te beschermen tegen vandalisme relatief hoog zijn.

De zonnepanelen zijn daarnaast georiënteerd naar het noorden, waardoor de energieopbrengst lager uitvalt. De impact blijft beperkt doordat de hellingshoek van de zonnepanelen met 10 graden relatief klein is.

## 5. Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

In deze potentiëstudie is middels een afwegingskader een longlist opgesteld met kansrijke Rotterdamse infrastructuur voor het toepassen van zonnepanelen. Aan de hand van een grove potentiëscan en beoordelingsmatrix is de longlist aangescherpt tot een shortlist. Tot slot is voor de infrastructurele objecten op de shortlist een globale businesscase opgesteld. Bij de beoordeling van de objecten lag de focus op infrastructurele objecten als bruggen en viaducten, groenstroken en glooiingen. Infrastructurele objecten als haltes van het openbaar vervoer, straatmeubilair en gemalen zijn buiten beschouwing gelaten of worden in separate potentiëstudies onderzocht.

In de potentiëstudie zijn in totaal 1.411 infrastructurele objecten, 87.650 groenstroken en 260 glooiingen beoordeeld. Deze locaties hebben een cumulatief theoretisch piekvermogen van grofweg 2.500 MW. In het afwegingskader is onder meer gekeken naar de eigendomssituatie, zoninstraling, lengte van de infrastructurele objecten en oppervlakte van de groenstroken en glooiingen om te komen tot een longlist met kansrijke locaties. De longlist omvat 87 locaties, waarvan 36 infrastructurele objecten, 40 groenstroken en 11 glooiingen. De locaties hebben een cumulatief theoretisch piekvermogen van 24,4 MW. Uit deze longlist volgt dat met name groenstroken (20 MW) een hoge potentie hebben voor het plaatsen van zonnepanelen.

Middels een beoordelingsmatrix is de longlist aangescherpt tot een shortlist met 10 locaties. In de beoordeling is in meer detail gekeken naar de lengte van een civiel object, grootte van een groenstrook of glooiing, netcapaciteit, zoninstraling, risico op vandalisme en esthetische waarde van de omgeving. In de shortlist staan 6 groenstroken, 3 infrastructurele objecten en 1 glooiing met een cumulatief theoretisch piekvermogen van 6,6 MW.

Voor de locaties op de shortlist is een potentiëstudie verder aangescherpt en is voor elke locatie een globale businesscase opgesteld. De groenstroken hebben het hoogste rendement. De twee groenstroken die het hoogste rendement laten zien zijn de groenstroken langs de G.K. van Hogendorpweg (locatie 1) en aan de K.P. van der Mandelelaan (locatie 3). Deze locaties zijn het meest kansrijk, maar het projectrendement is nog steeds laag. Daardoor is het de vraag of dit interessant genoeg is voor investeerders.

Het plaatsen van zonnepanelen op bruggen en viaducten is niet financieel haalbaar. Er zijn diverse oorzaken. De investering is aanzienlijk hoger dan het plaatsen van zonnepanelen op velden of daken. Dat komt door de hoge complexiteit van de locaties. Hierdoor zijn de onderhouds- en beheerkosten tevens aanzienlijk hoger vergeleken met 'normale' zon op dak of zon op veld projecten. Tot slot worden de zonnepanelen verticaal tegen bruggen en viaducten bevestigd en dat leidt tot een aanzienlijk lagere energieopbrengst.

Kortom, de potentie van zonnepanelen op infrastructurele objecten lijken in eerste instantie enorm groot. Helaas valt veel van deze potentiële objecten af op basis van de gestelde criteria. Zonnepanelen op grote groenstroken hebben het hoogste financiële rendement, maar dit is vermoedelijk alsnog te laag voor projectontwikkelaars.

Zonnepanelen op overige infrastructurele objecten en glooiingen hebben een te hoge investering, te hoge onderhouds- en bedrijfskosten en vaak een te lage energieopbrengst. Technisch gezien kan het mogelijk zijn om zonnepanelen te realiseren, maar uit financieel oogpunt zijn deze locaties niet geschikt voor het plaatsen van zonnepanelen.

## 5.2 Aanbevelingen

Hieronder worden de aanbevelingen weergegeven op basis van de resultaten van dit onderzoek:

- In deze studie is het uitgangspunt dat marktpartijen investeren in het plaatsen van de zonnepanelen. Over het algemeen zijn de projectrendementen te laag om interessant te zijn voor marktpartijen. Om een grotere slaagkans te creëren voor zon op infrastructurele objecten wordt geadviseerd om te overwegen dat de gemeente Rotterdam zelf investeert en de stroom afneemt.
- Marktpartijen hebben over het algemeen een beperkt aantal fte beschikbaar. Dit betekent dat ze de mensen bij voorkeur inzetten op projecten die een solide financiële haalbaarheid hebben. De locaties die onderzocht zijn in dit onderzoek hebben een lage rentabiliteit, waardoor ze mogelijk niet interessant genoeg zijn voor derden. Zet daarom eerst in op financieel interessantere projecten, zoals zon op dak. Dit sluit tevens aan bij de Rotterdamse zonneladder.
- Het plaatsen van zonnepanelen op bestaande infrastructurele objecten is erg kostbaar. Bij nieuwe ontwikkelingen zijn er echter wel kansen. Sweco raadt aan om in de ontwerpfase van nieuwe bruggen en viaducten duurzaamheid mee te nemen. Dit geldt ook voor de integratie van zonnepanelen in nieuwe lantaarnpalen en verkeerslichten.
- De financiële haalbaarheid van zonnepanelen op infrastructurele objecten is laag, maar het draagt wel bij aan de zichtbare verduurzaming van de gemeente Rotterdam. Dit kan leiden tot meer bewustwording van de noodzaak van verduurzaming bij inwoners. Neem dit argument mee in de overweging om zonnepanelen al dan niet te plaatsen op infrastructurele objecten.
- In deze fase van het onderzoek zijn de investeringskosten van het plaatsen van zonnepanelen op met name infrastructurele objecten lastig in te schatten. De reden is dat elke brug en viaduct uniek is en er geen veel gebruikte standaardoplossingen zijn. Het is bijvoorbeeld nog onduidelijk op welke wijze de zonnepanelen bevestigd kunnen worden en wat de kosten van onderhoud en beheer zijn. Sweco raadt aan om een pilotproject te starten waarin een brug of viaduct wordt verduurzaamd. Hierbij kunnen diverse marktpartijen benaderd worden om een nauwkeurigere inschatting van de kosten te maken. Middels het pilotproject kan de haalbaarheid beter ingeschat worden.
- In deze studie is het uitgangspunt dat de opgewekte elektriciteit volledig wordt teruggeleverd aan het net. Voor de businesscase is het aanzienlijk gunstiger wanneer de stroom op locatie kan worden ingezet. Sweco raadt aan om te inventariseren of én op welke manier de stroom op locatie kan worden gebruikt. Daarnaast heeft dit als bijkomend voordeel dat het direct gebruiken van de opgewekte elektriciteit problemen op het elektriciteitsnet voorkomt.
- Bij grote groenstroken ziet de businesscase er het meest gunstig uit. Deze staan lager dan infrastructuur op de Rotterdamse zonneladder,

maar de realisatie hiervan is wel veel realistischer dan op infrastructurele objecten. Overweeg daarom om zonnepanelen op (enkele) groenstroken toch te realiseren voor het realiseren van zonnepanelen op infrastructurele objecten.

- Naast de opgave om in 2050 klimaatneutraal te zijn, is de landelijke ambitie om 50% van de duurzame energieprojecten in lokaal eigendom te realiseren. Sweco raadt aan om in gesprek te gaan met lokale energiecoöperaties over de mogelijkheden voor het plaatsen van zonnepanelen op de groenstroken, aangezien dit de meest rendabele locaties uit deze studie zijn. Naast het voordeel van het stimuleren van lokaal eigendom, neemt een energiecoöperatie normaliter genoeg met een lager projectrendement en geldt er momenteel een relatief gunstige subsidieregeling voor coöperatieve energieopwekking (SCE-subsidie). Een energiecoöperatie kan daardoor ook kleinere projecten realiseren met een ondergrens van ongeveer 80 kW (ongeveer gelijk aan minimaal 800 m<sup>2</sup>). Dit komt neer op 68 infrastructurele groenstroken en een totaal potentieel van 8,20 MW (zie hiervan dit overzicht in [Appendix 8](#)). Deze keuze kan per energiecoöperatie verschillen.
- Schrijf een marktconsultatie uit naar ontwikkelaars en energiecoöperaties om te polsen of de realisatie van zonnepanelen op groenstroken of andere infrastructurele objecten interessant is voor hen. Dit kan leiden tot een betere onderbouwing om wel of geen focus te leggen op het realiseren van zonnepanelen op infrastructurele objecten.
- Reken geen pachtkosten voor de locaties, aangezien hier geen ruimte voor is in de businesscase.
- Om de visuele impact van zonnepanelen op percelen en langs snelwegen te minimaliseren, kan gekozen worden voor gekleurde (groene) zonnepanelen. Echter, de investeringskosten zijn door dit soort zonnepanelen (nog) hoger. Hierdoor wordt de businesscase nóg lastiger rond te krijgen.
- De gemeente Rotterdam dient zich te realiseren dat er langjarige afspraken gemaakt dienen te worden met betrekking tot het recht van opstal indien er geïnvesteerd wordt door marktpartijen. Sweco adviseert om minimaal voor een periode van 15 tot 25 jaar recht van opstal te verlenen. Indien de gemeente de projecten zelf realiseert, hoeft er geen recht van opstal verleend te worden.

# Appendix 1 Onderbouwing afwegingskader infrastructurele objecten

## Objecttype

De 1.411 objecttype zijn als volgt gecategoriseerd:

### Bruggen

| Civiel object                             | Totale lengte<br>per type | Potentieel theoretisch<br>vermogen | Aantal       |
|-------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------|
| Overige op afstand<br>bestuurbare bruggen | 17 m                      | 0,00 MW                            | 3            |
| Basculerbrug                              | 2.245 m                   | 0,61 MW                            | 16           |
| Duikerbrug                                | 1.086 m                   | 0,29 MW                            | 39           |
| Fietsbrug                                 | 522 m                     | 0,14 MW                            | 28           |
| Fiets/voetgangersbrug                     | 3.774 m                   | 1,02 MW                            | 167          |
| Hefbrug                                   | 341 m                     | 0,09 MW                            | 3            |
| Ophaalbrug                                | 1.593 m                   | 0,43 MW                            | 26           |
| Verkeersbrug                              | 6.554 m                   | 1,77 MW                            | 254          |
| Voetgangersbrug                           | 7.907 m                   | 2,13 MW                            | 525          |
| <b>Totaal</b>                             | <b>24.042 m</b>           | <b>6,49 MW</b>                     | <b>1.058</b> |

### Tunnels en viaducten

| Infrastructureel object | Lengte          | Potentieel theoretisch<br>vermogen | Aantal     |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------|------------|
| Leidingtunnel           | 29 m            | 0,01 MW                            | 13         |
| Metroviaduct            | 236 m           | 0,06 MW                            | 5          |
| Onderdoorgang           | 10.032 m        | 2,71 MW                            | 56         |
| Singelverbinding        | 807 m           | 0,22 MW                            | 23         |
| Spoorviaduct            | 727 m           | 0,20 MW                            | 13         |
| Verkeerstunnel          | 1.621 m         | 0,44 MW                            | 1          |
| Verkeersviaduct         | 5.433 m         | 1,47 MW                            | 46         |
| Voetgangersviaduct      | 1.263 m         | 0,34 MW                            | 11         |
| <b>Totaal</b>           | <b>20.148 m</b> | <b>5,44 MW</b>                     | <b>145</b> |

### Sluizen

| Infrastructureel object | Lengte       | Potentieel theoretisch<br>vermogen | Aantal    |
|-------------------------|--------------|------------------------------------|-----------|
| Keersluis               | 260 m        | 0,07 MW                            | 5         |
| Schutsluis              | 284 m        | 0,08 MW                            | 4         |
| Schut/keersluis         | 70 m         | 0,02 MW                            | 2         |
| <b>Totaal</b>           | <b>615 m</b> | <b>0,17 MW</b>                     | <b>11</b> |

## Vlonders en steigers

| Infrastructureel object | Lengte         | Potentieel theoretisch vermogen | Aantal     |
|-------------------------|----------------|---------------------------------|------------|
| Steiger                 | 142 m          | 0,04 MW                         | 6          |
| Vlonder                 | 4.563 m        | 1,23 MW                         | 164        |
| <b>Totaal</b>           | <b>4.705 m</b> | <b>1,27 MW</b>                  | <b>170</b> |

## Fietsenstallingen

Fietsenstallingen vallen buiten de bovenstaande dataset.

| Infrastructureel object | Oppervlakte   | Potentieel theoretisch vermogen | Aantal   |
|-------------------------|---------------|---------------------------------|----------|
| Fietsenstallingen       | n.v.t.        | n.v.t.                          | 9        |
| <b>Totaal</b>           | <b>n.v.t.</b> | <b>n.v.t.</b>                   | <b>9</b> |

## Verkeerslichten en lantaarnpalen

| Infrastructureel object | Lengte | Potentieel theoretisch vermogen | Aantal  |
|-------------------------|--------|---------------------------------|---------|
| Verkeerslicht           |        |                                 |         |
| Lantaarnpalen           | n.v.t. | 10 MW                           | 100.000 |
| <b>Totaal</b>           |        |                                 |         |

Bovenstaande classificaties zijn beoordeeld op geschiktheid voor het plaatsen van zonnepanelen.

### ***Wat valt af?***

*Sluizen:* sluizen zijn mechanisch aangedreven beweegbare objecten. Dit maakt de installatie van de bekabeling van de zonnepanelen op een sluis complex. Dit omdat de bekabeling en de gehele installatie constant moeten meebewegen. Dit maakt het schadegevoelig en onderhoudsintensief. Dit leidt tot hoge investerings- en onderhoudskosten dan conventionele zonnepanelen installaties, waardoor het project onrendabel wordt.

*Steigers en vlonders:* steigers en vlonders zijn niet verder meegenomen in de potentiëstudie. Steigers en vlonders zijn openbare houtconstructies. De constructie is niet stevig genoeg en de vandalismegevoeligheid is zeer hoog. Het plaatsen van hekken en zonnepanelen op en rondom steigers en vlonders zijn mogelijk, maar daardoor verliezen steigers en vlonders hun functie.

*Mechanisch aangedreven bruggen:* basculebruggen, hefbruggen, ophaalbruggen en overige op afstand bedienbare bruggen zijn niet verder onderzocht in de potentiëstudie. Dit soort bruggen zijn - net als sluizen - mechanisch aangedreven beweegbare objecten. Dit maakt de installatie van de bekabeling van de zonnepanelen op een sluis complex en schadegevoelig.

*Complexe beheersituatie:* bepaalde specifieke objecten zijn niet wenselijk in verband met een complexe beheersituatie. De infrastructurele objecten overlappen met wegen en spoorwegen in eigendom van het Rijk of ProRail. Het plaatsen en onderhouden van zonnepanelen op deze locaties

zal altijd in overleg moeten met één van deze partijen. Daarom worden deze verkeersviaducten niet meegenomen in de haalbaarheidsstudie.

#### ***Wat blijft over?***

In totaal blijven 1.154 objecten over met een totale lengte van 38.385 meter en een potentieel theoretisch vermogen van 10,36 MW.

### **Eigendom**

#### ***Wat valt af?***

De infrastructurele objecten uit de dataset zijn met name in eigendom van de gemeente Rotterdam. Echter zijn 23 objecten uit de dataset in eigendom van ProRail, Provincie Zuid-Holland, RET en Rijkswaterstaat. Deze objecten zijn niet meegenomen in de haalbaarheidsstudie.

#### ***Wat blijft over?***

In totaal blijven 1.131 objecten over met een totale lengte van 36.178 meter en een potentieel theoretisch vermogen van 9,77 MW.

### **Zoninstraling**

Met behulp van een speciaal ontworpen GIS-tool is de schaduwwerking op de infrastructurele objecten berekend. De schaduwwerking heeft impact op de gemiddelde zoninstraling op de panelen op het object, waardoor minder zonnestroom wordt opgewerkt en dus minder opbrengsten worden gegenereerd.

De schaduwwerking is gebaseerd op de gemiddelde theoretische zoninstraling op 1 april tussen 8:00 en 20:00 uur. Gekozen is voor 1 april omdat dit in het voorjaar is. Een rendabel zonsysteem dient grofweg van april tot en met augustus in een zonnig gebied te liggen, aangezien de zonintensiteit in deze maanden het hoogst is. Objecten die op 1 april vrijwel niet in de schaduw vallen, doen dit ook vrijwel niet in de periode tot en met augustus.

Het criteria is geclassificeerd door de gemiddelde zoninstraling op een infrastructureel object te vergelijken met de maximale instraling. Een grotere afwijking betekent dat een groter gedeelte van het object in de schaduw ligt. Voor de eerste schifting van objecten worden infrastructurele objecten met gemiddelde een zoninstraling hoger dan 80% beschouwd als kansrijk beoordeeld. Dit betekent dat op 1 april tussen 8:00 – 20:00 maximaal 20% van de oppervlakte in de schaduw ligt.

#### ***Wat valt af?***

In totaal vallen 597 objecten af met een totale lengte van 18.050 meter en een potentieel theoretisch vermogen van 4,9 MW.

#### ***Wat blijft over?***

In totaal blijven 534 infrastructurele objecten over met een totale lengte van 18.128 meter en een potentieel theoretisch vermogen van 4,9 MW.

### **Lengte**

Tot slot is een filter toegepast op de lengte. Hoe langer het infrastructurele object, hoe meer zonnepanelen geplaatst kunnen worden op het object. Op een locatie waar meer zonnepanelen op geplaatst worden, zijn de relatieve investeringskosten normaliter lager. Dit is het gevolg van schaalvoordelen en het spreiden van de ontwikkelkosten over een groter object. De investering is dus sterk afhankelijk van de omvang en complexiteit van het ontwerp. Als een locatie wordt gekozen, dan heeft een groot object dus de voorkeur.

Er is gekozen voor een minimale lengte van 80 meter. Hierdoor passen in potentie minimaal 40 zonnepanelen met een lengte van 2 meter op het object.

Dit kunnen twee keer zoveel zonnepanelen zijn als de brug noord-zuid georiënteerd is, aangezien de zonnepalen dan zowel aan de oost- als de westkant van de brug geplaatst kunnen worden. Tevens kan het mogelijk zijn om meerdere rijen zonnepanelen onder elkaar te hangen. Het piekvermogen van 40 zonnepanelen komt grofweg overeen met 15 kW. Dit is voor zowel de Subsidieregeling Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE) en Subsidieregeling Coöperatieve Energieproductie (SCE) de ondergrens om aanspraak te maken op subsidie.

***Wat valt af?***

In totaal vallen 1.095 objecten af met een totale lengte van 27.961 meter en een potentieel theoretisch vermogen van 7,55 MW.

***Wat blijft over?***

In totaal blijven 36 infrastructurele objecten over met een totale lengte van 8.227 meter en een potentieel theoretisch vermogen van 2,2 MW. De 36 infrastructurele objecten zijn opgenomen in de longlist, zie [Appendix 4](#).

## Appendix 2 Onderbouwing afwegingskader groenstroken

De gemeente Rotterdam heeft in totaal 87.650 groenstroken.

### Type groenstroken

De groenstroken uit de dataset zijn als volgt gecategoriseerd:

| Type groenstrook | Aantal        | Oppervlakte           | Potentieel theoretisch vermogen |
|------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| Beplantingen     | 31.439        | 769 hectare           | 692 MW                          |
| Grassen          | 36.584        | 1.647 hectare         | 1.482 MW                        |
| Hagen            | 8.365         | 26 hectare            | 23 MW                           |
| Oevers           | 1.123         | 23 hectare            | 20 MW                           |
| Overigen         | 8.985         | 224 hectare           | 201 MW                          |
| Parkverhardingen | 115           | 1,6 hectare           | 1,4 MW                          |
| Wateren          | 1.039         | 14 hectare            | 12,5 MW                         |
| <b>Totaal</b>    | <b>87.650</b> | <b>2704,6 hectare</b> | <b>2.432 MW</b>                 |

#### Wat valt af?

*Beplantingen en hagen:* dit type groenstrook valt af. Voor het plaatsen van de zonnepanelen dient de beplanting eerst verwijderd te worden en dat is normaliter ongewenst. Daarnaast kan het vergunning technisch lastig zijn om dit voor elkaar te krijgen. Het plaatsen van een hekwerk op deze locaties is normaliter prijzig en tevens esthetisch niet gewenst is.

*Oevers:* zonnepanelen op oevers zijn niet kansrijk omdat de kans op waterschade zeer hoog is.

*Parkverhardingen:* parkverhardingen zijn de looppaden en speeltuinen in parken. Dit zijn geen gewenste locaties voor zonnepanelen.

*Wateren:* zonnepanelen op water is tegenwoordig mogelijk. Dit valt niet binnen de scope van dit onderzoek.

#### Wat blijft over?

In totaal blijven 45.569 locaties over met een totale oppervlakte 1.871 hectare met een potentieel theoretisch vermogen van 1.684 MW.

### Bestemming

| Bestemming groenstrook | Aantal        | Oppervlakte          | Vermogen        |
|------------------------|---------------|----------------------|-----------------|
| Parken/pleinen         | 6.332         | 495 hectare          | 446 MW          |
| Niet van toepassing    | 4.810         | 88 hectare           | 79 MW           |
| Bestemming onbekend    | 2.226         | 85 hectare           | 76 MW           |
| Stadsdeelparken        | 5             | 0,5 hectare          | 0,42 MW         |
| Structuur              | 8.209         | 302 hectare          | 272 MW          |
| Wijkgroen              | 23.977        | 900 hectare          | 810 MW          |
| <b>Totaal</b>          | <b>45.569</b> | <b>1.871 hectare</b> | <b>1.884 MW</b> |

#### **Wat valt af?**

Parken, pleinen en stadsdeelparken zijn ingericht voor recreatie en ontspanning. Het plaatsen van zonnepanelen is esthetisch en vergunningstechnisch te complex. Daarnaast is het plaatsen van zonnepanelen op deze locaties normaliter ongewenst.

#### **Wat blijft over?**

In totaal blijven 39.262 locaties over met een totale oppervlakte van 1.375 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 1.237 MW.

#### **Eigendom**

Groenstroken zijn in eigendom van meer dan 100 partijen. Gekozen is om groenstroken mee te nemen die onder 'openbaar gebied', 'optioneel', 'openbaar', 'grond en water' en 'Rotterdam' mee te nemen. De andere groenstroken zijn in beheer door andere partijen.

#### **Wat valt af?**

In totaal vallen 10.449 locaties af met een totale oppervlakte van 369 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 332 MW.

#### **Wat blijft over?**

In totaal blijven 28.813 locaties over met een totale oppervlakte van 1.006 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 905 MW.

#### **Oppervlakte**

Kleine groenstroken zijn niet kansrijk voor het plaatsen van zonnestroominstallaties. Dit komt, zoals al eerder beschreven, bijvoorbeeld door de slechte businesscase. Daarom is gekozen voor oppervlaktes groter dan 2.500 m<sup>2</sup>. Deze grenswaarde is gekozen omdat het piekvermogen van een zonnepark op deze oppervlakte in een optimistisch geval ongeveer 250 kW is. Dit kan worden aangesloten op een 175 kVA aansluiting.

Aangezien de ontwikkelkosten voor grote en kleine zonneparken nagenoeg gelijk zijn, is het relatief gezien voordeliger om deze kosten in zo'n groot mogelijk zonnepark te hebben. Normaal gesproken zijn zonneparken van deze grootte niet rendabel genoeg voor ontwikkelaars. Ze kunnen mogelijk alleen rendabel zijn indien er een netaansluiting zonder meerlengte gekoppeld kan worden aan het elektriciteitsnet. Door ervaring met andere projecten is het de veronderstelling dat kleinere projecten niet rendabel gemaakt kunnen worden. Dit kunnen eventueel wel interessante locaties zijn voor energiecoöperaties. Dit zijn groenstroken waar minimaal 80 kWp kan worden opgewerkt. Dat is ongeveer een minimum van 800 m<sup>2</sup> tot maximaal 2500 m<sup>2</sup>. Dit overzicht staat in [Appendix 8](#).

Daarnaast speelt mee dat er voor dit criterium nog bijna 29.000 locaties over waren. Om dit onderzoek behapbaar te maken, was een grove schifting van deze locaties noodzakelijk.

#### **Wat valt af?**

In totaal vallen 25.934 locaties af met een totale oppervlakte van 419 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 386 MW.

#### **Wat blijft over?**

In totaal blijven 2.879 locaties over met een totale oppervlakte van 587 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 519 MW.

#### **Groenstroken langs infra**

De groenstroken omvatten alle groenstroken in de gemeente Rotterdam. Dit onderzoek gaat echter uit van groenstroken langs infrastructuur. Daarom is een

buffer van 30 meter gelegd rondom alle autosnelwegen, autowegen en regionale wegen. De buffer van 30 meter is de afstand waarbij geluid en het zicht tot de infrastructurele groenstrook waarneembaar is. Groenstroken die verder dan 30 meter van een weg liggen, vallen dus niet onder infrastructurele groenstroken.

De buffer van 30 meter is een optimale balans tussen het meenemen van kansrijke groenstroken en de praktische uitvoerbaarheid van het beoordelen van de locaties op de longlist. Bij een grotere buffer wordt de longlist ook minder specifiek voor infrastructurele objecten.

***Wat valt af?***

In totaal vallen 2.992 locaties af met een totale oppervlakte van 554 en een potentieel theoretisch vermogen van 490 MW.

***Wat blijft over?***

In totaal blijven 87 objecten over met een totale oppervlakte van 33 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 29 MW.

**Zoninstraling**

Voor groenstroken is voor de zoninstraling dezelfde methode en onderbouwing gebruikt als bij infrastructurele objecten.

***Wat valt af?***

In totaal vallen 47 objecten af met een totale oppervlakte van 11 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 9 MW.

***Wat blijft over?***

In totaal blijven 40 objecten over met een totale oppervlakte van 22 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 20 MW. De 40 groenstroken zijn opgenomen in de long list, zie Appendix 4.

## Appendix 3 Onderbouwing afwegingskader glooiingen

De gemeente Rotterdam heeft in totaal 260 glooiingen.

### Eigendom

De eigendomssituatie is als volgt gecategoriseerd:

| Eigendom                                            | Aantal     | Oppervlakte        | vermogen      |
|-----------------------------------------------------|------------|--------------------|---------------|
| Derden                                              | 70         | 1,1 hectare        | 1 MW          |
| Gemeente Rotterdam                                  | 1          | < 0,01 hectare     | < 0,01 MW     |
| Beheerder namens de gemeente Rotterdam <sup>4</sup> | 186        | 8,7 hectare        | 7,7 MW        |
| Openbaar                                            | 2          | 0,1 hectare        | 0,09 MW       |
| <b>Totaal</b>                                       | <b>260</b> | <b>9,8 hectare</b> | <b>8,8 MW</b> |

#### ***Wat valt af?***

Derden zijn niet in eigendom van de gemeente Rotterdam. Deze glooiingen vallen dus buiten het onderzoek.

#### ***Wat blijft over?***

In totaal blijven 190 glooiingen over met een totale oppervlakte van 8,7 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 7,8 MW.

### Zoninstraling

Glooiingen hebben in tegenstelling tot groenvlakken een helling met een bepaalde oriëntatie. Zonnepanelen kunnen daardoor niet op een gewenste oriëntatie geplaatst worden (zuid of oost-west), maar zijn afhankelijk van de oriëntatie van de glooiing. Om zeker te zijn van optimale zoninstraling is daarom voor glooiingen gekozen voor een minimale zoninstraling van 90%.

#### ***Wat valt af?***

In totaal vallen 123 glooiingen af met een totale oppervlakte van 5 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 4,5 MW.

#### ***Wat blijft over?***

In totaal blijven 67 glooiingen over met een totale oppervlakte van 3,7 hectare en een potentieel theoretisch vermogen van 3,3 MW.

### Oppervlakte

Glooiingen zijn lange stroken. In tegenstelling tot groenstroken is slechts één glooiing groter dan 2.500 m<sup>2</sup>. Om toch een beeld te geven van de potentie van glooiingen is gekozen voor een minimaal oppervlak van 800 m<sup>2</sup>. Uit onze ervaring is een zonnepark van 800 m<sup>2</sup> normaliter al te klein om rendabel te zijn. De keuze voor 800 m<sup>2</sup> in die onderzoek is voornamelijk pragmatisch. Met deze grenswaarde blijven er ruim 10 glooiingen over om nader te beoordelen. Dit biedt tevens de mogelijkheid om de potentie van glooiingen beter in kaart te brengen dan wanneer slechts één glooiing wordt beoordeeld.

<sup>4</sup> De meeste glooiingen zijn in 'beheer' van een beleidsmedewerker van de gemeente Rotterdam. Deze beleidsmedewerker is binnen de gemeente Rotterdam werkzaam als beheer en projectmanager van kademuren en glooiingen.

***Wat valt af?***

In totaal vallen 56 glooiingen af met een oppervlakte van 1,1 hectare met potentieel vermogen van 1,1 MW.

***Wat blijft over?***

In totaal blijven 11 glooiingen over met een totale oppervlakte van 2,6 hectare met een potentieel vermogen van 2,2 MW. De 11 glooiingen zijn opgenomen in de long list, zie [Appendix 4](#).

# Appendix 4 Longlist

## Infrastructurele objecten

| Objectcode | Lengte | Monument | Objecttype         | Oppervlakte           | Zoninstraling | MW potentie |
|------------|--------|----------|--------------------|-----------------------|---------------|-------------|
| Y009       | 994 m  | Rijk     | Onderdoorgang      | 1.698 m <sup>2</sup>  | 92,0%         | 0,27        |
| Y003       | 651 m  | Rijk     | Onderdoorgang      | 9.465 m <sup>2</sup>  | 81,6%         | 0,18        |
| Y002       | 602 m  |          | Onderdoorgang      | 2.982 m <sup>2</sup>  | 88,3%         | 0,16        |
| B040       | 572 m  |          | Verkeersviaduct    | 15.493 m <sup>2</sup> | 85,7%         | 0,15        |
| G029       | 535 m  |          | Verkeersviaduct    | 17.617 m <sup>2</sup> | 95,9%         | 0,14        |
| E070       | 485 m  |          | Verkeersviaduct    | 6.226 m <sup>2</sup>  | 91,5%         | 0,13        |
| Y010       | 326 m  |          | Onderdoorgang      | 2.243 m <sup>2</sup>  | 80,2%         | 0,09        |
| Y128       | 323 m  | Rijk     | Onderdoorgang      | 348 m <sup>2</sup>    | 86,0%         | 0,09        |
| D012       | 264 m  |          | Verkeersbrug       | 6.859 m <sup>2</sup>  | 84,0%         | 0,07        |
| Y126       | 255 m  | Rijk     | Onderdoorgang      | 302 m <sup>2</sup>    | 80,2%         | 0,07        |
| Y116       | 243 m  |          | Onderdoorgang      | 6.990 m <sup>2</sup>  | 90,2%         | 0,07        |
| Y084       | 209 m  |          | Onderdoorgang      | 1.535 m <sup>2</sup>  | 83,0%         | 0,06        |
| Y034       | 187 m  |          | Onderdoorgang      | 1.838 m <sup>2</sup>  | 94,6%         | 0,05        |
| G044       | 175 m  |          | Verkeersbrug       | 2.204 m <sup>2</sup>  | 89,4%         | 0,05        |
| Y129       | 170 m  |          | Verkeersviaduct    | 1.851 m <sup>2</sup>  | 91,0%         | 0,05        |
| Y103       | 160 m  |          | Onderdoorgang      | 1.303 m <sup>2</sup>  | 90,9%         | 0,04        |
| Y019       | 149 m  |          | Onderdoorgang      | 1.090 m <sup>2</sup>  | 100,0%        | 0,04        |
| Y130       | 137 m  |          | Verkeersviaduct    | 4.127 m <sup>2</sup>  | 93,9%         | 0,04        |
| D048       | 134 m  |          | Verkeersbrug       | 539 m <sup>2</sup>    | 87,9%         | 0,04        |
| B155       | 118 m  |          | Voetgangersbrug    | 377 m <sup>2</sup>    | 93,8%         | 0,03        |
| B046       | 114 m  | Gemeente | Verkeersbrug       | 2.648 m <sup>2</sup>  | 91,8%         | 0,03        |
| BA06       | 108 m  |          | Voetgangersbrug    | 363 m <sup>2</sup>    | 81,7%         | 0,03        |
| B097       | 108 m  |          | Voetgangersbrug    | 355 m <sup>2</sup>    | 94,5%         | 0,03        |
| G087       | 107 m  |          | Verkeersbrug       | 1.106 m <sup>2</sup>  | 97,3%         | 0,03        |
| D052       | 102 m  |          | Verkeersbrug       | 1.831 m <sup>2</sup>  | 93,4%         | 0,03        |
| D024       | 101 m  | Gemeente | Duikerbrug         | 173 m <sup>2</sup>    | 89,7%         | 0,03        |
| Y063       | 98 m   |          | Voetgangersviaduct | 405 m <sup>2</sup>    | 84,4%         | 0,03        |
| D208       | 96 m   |          | Fietsbrug          | 388 m <sup>2</sup>    | 87,0%         | 0,03        |
| D051       | 96 m   |          | Verkeersbrug       | 2.136 m <sup>2</sup>  | 97,2%         | 0,03        |
| D002       | 91 m   | Rijk     | Verkeersbrug       | 534 m <sup>2</sup>    | 91,8%         | 0,02        |
| G005       | 90 m   |          | Verkeersbrug       | 1.910 m <sup>2</sup>  | 98,9%         | 0,02        |
| Y013       | 88 m   |          | Verkeersviaduct    | 1.610 m <sup>2</sup>  | 91,7%         | 0,02        |
| Y087       | 88 m   |          | Verkeersviaduct    | 974 m <sup>2</sup>    | 90,3%         | 0,02        |
| Y065       | 86 m   |          | Verkeersviaduct    | 1.067 m <sup>2</sup>  | 92,3%         | 0,02        |
| D045       | 85 m   |          | Voetgangersbrug    | 734 m <sup>2</sup>    | 95,0%         | 0,02        |
| YB09       | 82 m   |          | Onderdoorgang      | 245 m <sup>2</sup>    | 97,1%         | 0,02        |

## Groenstroken langs infra

| Objectcode | Oppervlakte           | Zoninstraling | MW potentie |
|------------|-----------------------|---------------|-------------|
| 11193.gs1  | 19.670 m <sup>2</sup> | 92,6%         | 1,77        |
| 10507.gs14 | 13.989 m <sup>2</sup> | 92,0%         | 1,26        |
| 99615.gs5  | 13.264 m <sup>2</sup> | 95,4%         | 1,19        |
| 97279.gs1  | 12.392 m <sup>2</sup> | 99,9%         | 1,12        |
| 11613.gs24 | 11.809 m <sup>2</sup> | 87,3%         | 1,06        |

|            |                      |        |      |
|------------|----------------------|--------|------|
| 10711.gs3  | 8.798 m <sup>2</sup> | 100,0% | 0,79 |
| 10507.gs18 | 7.895 m <sup>2</sup> | 99,6%  | 0,71 |
| 14471.gs2  | 7.369 m <sup>2</sup> | 99,4%  | 0,66 |
| 2185.gs6   | 7.273 m <sup>2</sup> | 99,2%  | 0,65 |
| 11918.gs7  | 7.019 m <sup>2</sup> | 93,0%  | 0,63 |
| 11193.gs14 | 6.997 m <sup>2</sup> | 99,9%  | 0,63 |
| 95450.gs1  | 6.894 m <sup>2</sup> | 93,4%  | 0,62 |
| 99539.gs4  | 5.262 m <sup>2</sup> | 99,1%  | 0,47 |
| 2266.oe1   | 5.130 m <sup>2</sup> | 94,4%  | 0,46 |
| 11613.gs18 | 4.829 m <sup>2</sup> | 82,5%  | 0,43 |
| 10507.gs23 | 4.644 m <sup>2</sup> | 97,0%  | 0,42 |
| 2183.gs7   | 4.517 m <sup>2</sup> | 81,9%  | 0,41 |
| 2266.gs1   | 4.469 m <sup>2</sup> | 94,3%  | 0,40 |
| 84404.oe1  | 4.403 m <sup>2</sup> | 93,6%  | 0,40 |
| 11146.oe9  | 4.295 m <sup>2</sup> | 81,3%  | 0,39 |
| 10711.gs2  | 4.218 m <sup>2</sup> | 97,9%  | 0,38 |
| 10507.gs11 | 3.701 m <sup>2</sup> | 99,7%  | 0,33 |
| 2171.gs1   | 3.683 m <sup>2</sup> | 92,6%  | 0,33 |
| 11154.gs48 | 3.431 m <sup>2</sup> | 94,8%  | 0,31 |
| 90366.gs1  | 3.319 m <sup>2</sup> | 95,4%  | 0,30 |
| 14471.gs1  | 3.215 m <sup>2</sup> | 99,7%  | 0,29 |
| 98675.gs10 | 3.172 m <sup>2</sup> | 100,0% | 0,29 |
| 11234.gs3  | 2.964 m <sup>2</sup> | 82,8%  | 0,27 |
| 10711.gs10 | 2.924 m <sup>2</sup> | 98,2%  | 0,26 |
| 72451.gs10 | 2.878 m <sup>2</sup> | 98,4%  | 0,26 |
| 10711.gs4  | 2.823 m <sup>2</sup> | 99,8%  | 0,25 |
| 99539.gs23 | 2.798 m <sup>2</sup> | 100,0% | 0,25 |
| 1973.gs8   | 2.779 m <sup>2</sup> | 99,7%  | 0,25 |
| 11193.gs5  | 2.751 m <sup>2</sup> | 98,5%  | 0,25 |
| 11271.gs7  | 2.726 m <sup>2</sup> | 96,4%  | 0,25 |
| 10704.gs26 | 2.684 m <sup>2</sup> | 99,1%  | 0,24 |
| 11543.gs22 | 2.656 m <sup>2</sup> | 81,6%  | 0,24 |
| 2174.gs19  | 2.647 m <sup>2</sup> | 95,1%  | 0,24 |
| 10507.gs25 | 2.569 m <sup>2</sup> | 98,1%  | 0,23 |
| 60627.gs34 | 2.532 m <sup>2</sup> | 98,8%  | 0,23 |

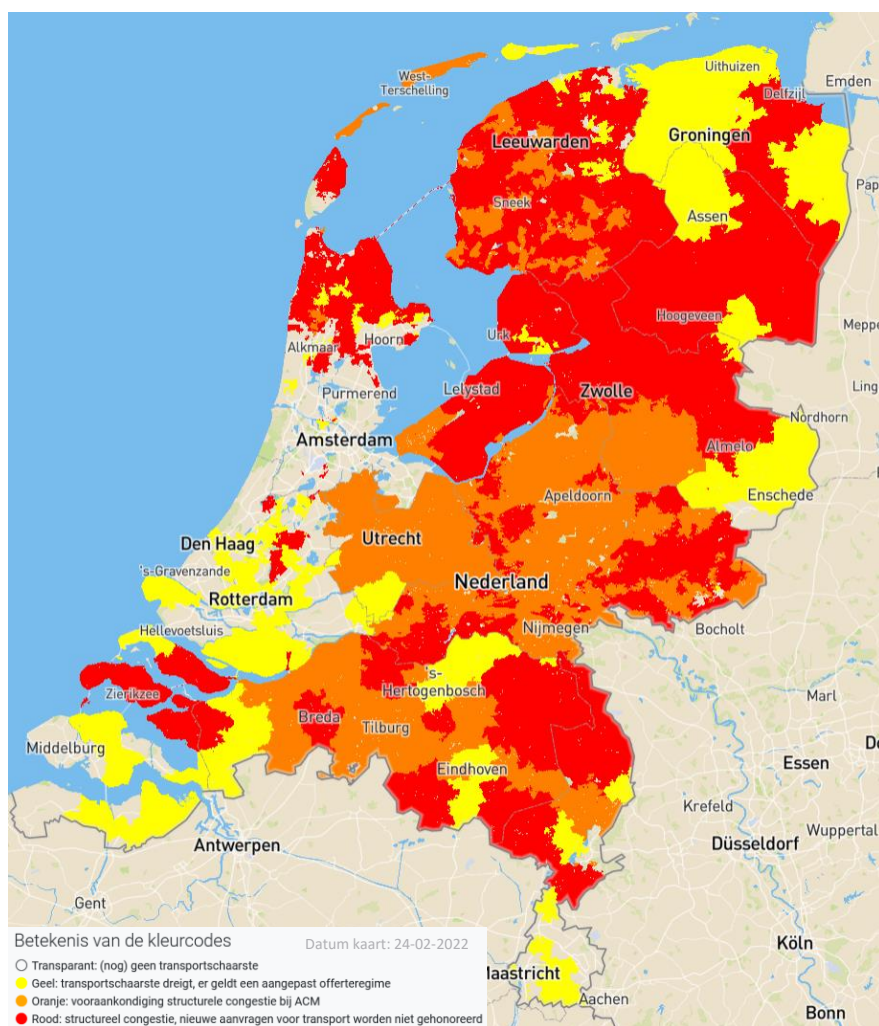
## Glooiingen

| Objectcode   | Oppervlakte          | Zoninstraling | MW potentie |
|--------------|----------------------|---------------|-------------|
| GLOOI*184844 | 1.440 m <sup>2</sup> | 99,9%         | 0,50        |
| GLOOI*184806 | 1.125 m <sup>2</sup> | 99,4%         | 0,36        |
| GLOOI*184829 | 1.676 m <sup>2</sup> | 99,4%         | 0,35        |
| GLOOI*184828 | 4.017 m <sup>2</sup> | 98,8%         | 0,20        |
| GLOOI*184632 | 3.906 m <sup>2</sup> | 97,8%         | 0,16        |
| GLOOI*184666 | 1.315 m <sup>2</sup> | 97,6%         | 0,15        |

|              |          |       |      |
|--------------|----------|-------|------|
| GLOOI*184846 | 1.499 m² | 96,7% | 0,13 |
| GLOOI*184647 | 1.762 m² | 96,6% | 0,13 |
| GLOOI*184792 | 2.168 m² | 96,3% | 0,12 |
| GLOOI*184633 | 5.562 m² | 96,1% | 0,10 |
| GLOOI*184718 | 1.072 m² | 93,0% | 0,10 |

# Appendix 5 Actuele netcapaciteit voor energieopwek en energieafname

De netcapaciteit is momenteel in de gemeente Rotterdam redelijk beschikbaar (met name geel). Dit kan echter ieder moment veranderen. De beschikbaarheid zal dus per locatie aangevraagd moeten worden.



## Appendix 6 Toelichting parameters businesscase

In deze appendix worden enkele belangrijke parameters van de businesscase nader toegelicht.

### **Investeringskosten**

Dit zijn de kosten voor de systeemcomponenten en de kosten van het installeren en aansluiten daarvan. De belangrijkste onderdelen van een zonnestroomsysteem zijn de zonnepanelen, omvormers, onderconstructie, bedrading en netaansluiting.

Voor een locatie waar meer zonnepanelen kunnen worden geplaatst, zijn de relatieve investeringskosten veelal lager. Dit heeft te maken met schaalvoordelen. Het heeft echter ook te maken met hoe groot het systeem is ten opzichte van de netaansluiting. Netaansluitingen zijn er in een beperkt aantal types en groottes. De kosten van de netaansluiting zijn daarom gestaffeld en lopen niet lineair op met de grootte van een zonnestroomsysteem. Het heeft daarom de voorkeur om de grootte van het systeem te optimaliseren op basis van de grootte van de netaansluiting. Voor alle locaties geldt dat er speciaal voor de zonnepanelen een nieuwe netaansluiting gerealiseerd moet worden. Ook de afstand van de locatie tot het onderstation waar de aansluiting vandaan moet komen heeft grote invloed op de kosten van de totale netaansluiting.

De investeringskosten zijn ook afhankelijk van de complexiteit van de locatie. Het plaatsen van zonnepanelen op een brug of viaduct is aanzienlijk duurder dan zonnepanelen op een veld of een dak. Voor veld- en daksystemen zijn standaard constructies beschikbaar, terwijl voor het plaatsen van zonnepanelen op bijvoorbeeld een brug maatwerk nodig is. Op complexe locaties, zoals bruggen en viaducten, is het moeilijker om panelen te plaatsen. Hierdoor kost het meer tijd, wat een negatieve impact heeft op de kosten. Daarnaast dienen er bij complexe locaties meer beveiligingsmaatregelen getroffen te worden, wat ook aanvullende kosten met zich meebrengt. Denk hierbij aan valbeveiliging, het aanbrengen van netten en het afsluiten van wegen.

De levensduur van zonnepanelen is zo'n 25 tot 30 jaar, maar de omvormers gaan niet zo lang mee. Omvormers gaan gemiddeld zo'n 15 jaar mee. Daarom moet er in de businesscase van zonnestroomsystemen rekening gehouden worden met een herinvestering in nieuwe omvormers.

### **Ontwikkelkosten**

Dit zijn de kosten van de ontwikkeling van een zonnestroomsysteem. Denk hierbij aan kosten voor constructieberekeningen, het aanvragen van vergunningen, het aanvragen van subsidies en het uitvoeren van diverse onderzoeken. Voor zonneparken zijn de ontwikkelkosten vaak ongeveer gelijk, ongeacht de grootte van het park. Het is om deze reden interessanter om deze kosten te kunnen spreiden over een groter project.

### **Exploitatiekosten**

De belangrijkste exploitatiekosten voor zonnestroomsystemen zijn de onderhoudskosten. Denk hierbij aan schoonmaakkosten en controles of het systeem nog naar behoren functioneert. Hoe complexer het systeem, hoe hoger de onderhoudskosten. Dat kan komen door een hoger aantal arbeidsuren, maar ook door het toepassen van beveiligingsmaatregelen. Hierdoor zijn de

onderhoudskosten voor zonnepanelen die aan een brug gemonteerd zijn veel hoger dan voor zonnepanelen op een dak of in een veld.

Andere voorbeelden van periodieke kostenposten zijn verzekering, beveiliging, netbeheer, pacht en rente. Deze kosten zijn erg situatieafhankelijk.

### **Inkomsten**

Zonnepanelen genereren inkomsten door de opgewekte stroom terug te leveren aan het net of door te besparen op de inkoop van elektriciteit. Wanneer de opgewekte elektriciteit op locatie kan worden verbruikt, is dit gunstiger voor de businesscase. De reden hiervoor is dat aan het openbare elektriciteitsnet geleverde elektriciteit minder oplevert dan niet-ingekochte energie, omdat dan niet alleen op de kale energieprijis wordt bespaard, maar ook op alle belastingen en transporttoeslagen. De inkomsten kunnen worden aangevuld met subsidies. Het idee achter de beschikbare subsidies is dat de onrendabele top wordt afgedekt, ofwel het verschil in kostprijs tussen de productie van *groene* en *grijze* energie. Doordat de prijzen van zonnepanelen dalen en deze tevens steeds efficiënter worden, neemt de onrendabele top af. Hierdoor neemt de subsidie voor zonnestroomsystemen ook af. De subsidies (SDE++, SCE, ISDE, EIA) zijn berekend op het rendabel maken van conventionele (veld en dak) systemen. Complexere systemen die hogere investeringskosten met zich meebrengen, krijgen normaliter niet meer subsidie vergeleken met conventionele projecten.

### **Zoninstraling**

De inkomsten hangen af van de zoninstraling. Hoe meer zonlicht er op de zonnepanelen valt, des te hoger de energieopbrengsten. De gemiddelde instraling is afhankelijk van verschillende factoren: de oriëntatie en hellingshoek van de zonnepanelen en het aantal zonuren op de desbetreffende locatie. Verticaal geplaatste zonnepanelen op de zijkant van een brug die exact op het oosten of westen ligt, produceren zo'n 40% minder zonnestroom dan dezelfde panelen die op het zuiden geplaatst worden met een hellingshoek van 20 graden. Dit heeft dus een grote impact op de financiële haalbaarheid. Aangezien de zon op het noordelijk halfrond vanuit het zuiden schijnt, is het plaatsen van noord georiënteerde zonnepanelen zeer onrendabel ten opzichte van zuid georiënteerde zonnepanelen.

## Appendix 7 SDE++ subsidie

De Subsidieregeling Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) is een subsidie voor het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van bedrijven. Een gemeente die energieopwekkende geluidsschermen wil realiseren, komt mogelijk in aanmerking voor de SDE++ subsidie. De SDE++ kan niet gecombineerd worden met de Stimuleringsregeling Coöperatieve Energieopwekking (SCE) of de Investeringssubsidie Duurzame Energieproductie (ISDE).

De SDE++ is een exploitatiesubsidie met een standaard looptijd van 15 jaar. Het subsidiebedrag per kWh wordt bepaald door het basisbedrag te verminderen met het correctiebedrag. Elk jaar stelt de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) de maximale basisbedragen vast. Het basisbedrag is het bedrag per kWh dat nodig is om een installatie rendabel te maken. Een zonnepark en een windpark hebben dus een verschillend basisbedrag. Binnen de categorie zon-PV wordt onderscheid gemaakt tussen zonnepanelen op velden en bouwwerken. In het basisbedrag wordt ook rekening gehouden met de omvang van de installatie. Het basisbedrag van het jaar waarin de subsidie wordt aangevraagd, geldt voor de hele looptijd van de subsidie. Dit biedt langdurige zekerheid over het rendement op de investering.

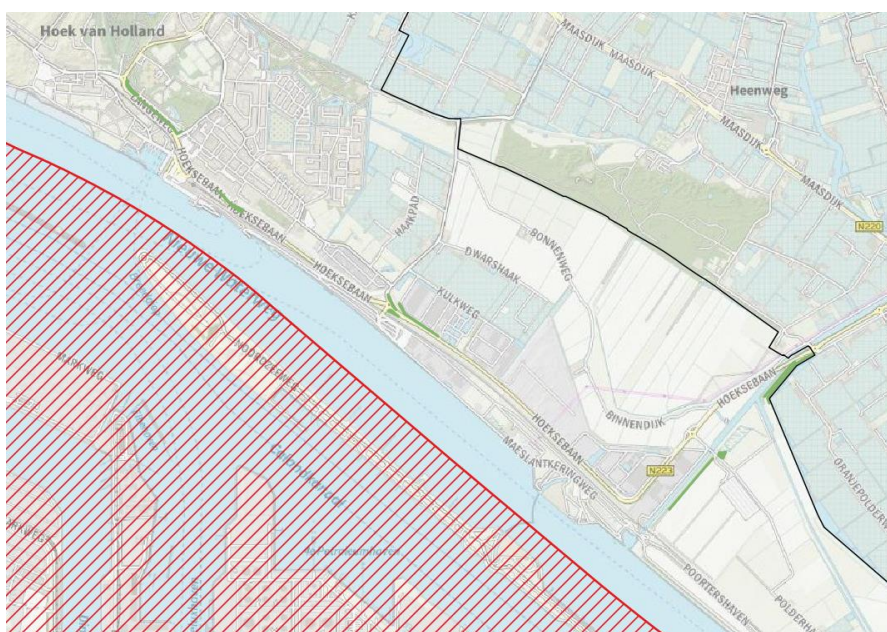
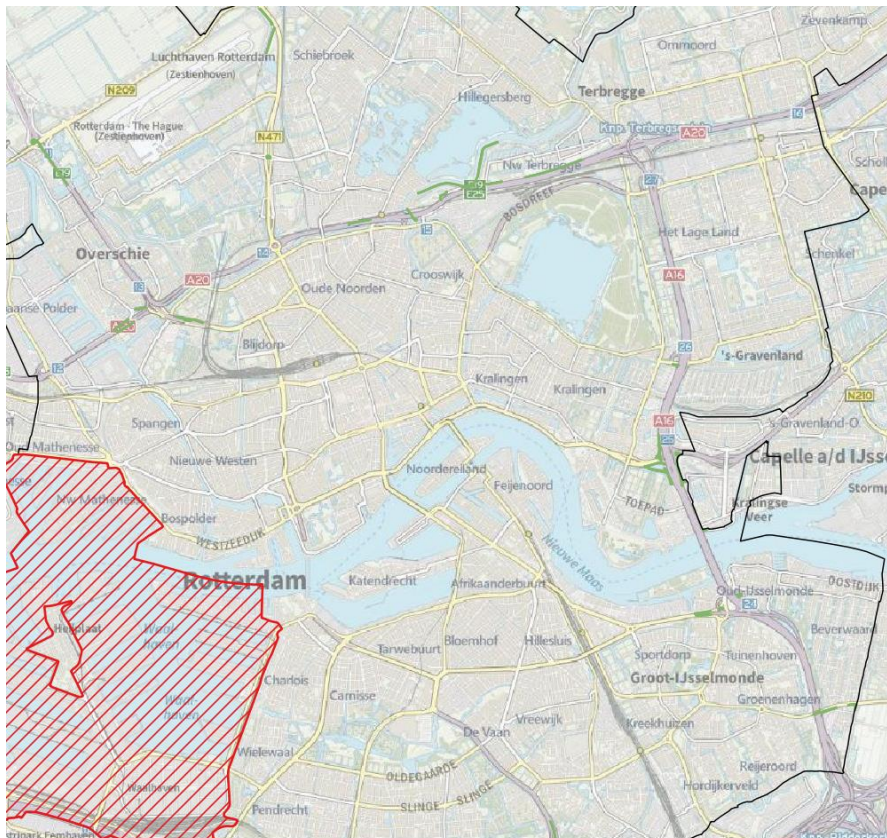
Het correctiebedrag is de marktprijs voor elektriciteit en wordt jaarlijks opnieuw vastgesteld. Kortom, als de elektriciteitsprijs stijgt, daalt het subsidiebedrag en vice versa. Bij het correctiebedrag wordt onderscheid gemaakt tussen stroom die wordt geleverd aan het elektriciteitsnet en stroom die op de locatie zelf wordt verbruikt.

De SDE++ is een tenderregeling. Subsidieaanvragen concurreren met elkaar op de subsidiebehoefte per vermeden ton CO<sub>2</sub>. De aanvragen met de laagste subsidiebehoefte worden als eerste gehonoreerd tot het beschikbare budget is uitgeput. Met een te hoog basisbedrag aanvragen is daardoor risicovol. Een aanvraag met een te lage subsidiebehoefte indienen gaat echter ten kostte van de rentabiliteit van het project.

Aan de SDE++ subsidie gelden een aantal belangrijke voorwaarden. Voor zon-PV zijn er diverse categorieën beschikbaar, met ieder specifieke voorwaarden. Hieronder zijn enkele belangrijke voorwaarden weergegeven:

- Het piekvermogen dat geplaatst wordt bedraagt minimaal 15 kW.
- De locatie waarop de zonnepanelen worden geplaatst is in eigendom van de aanvrager of deze heeft hier schriftelijk toestemming voor van de eigenaar.
- Voor locaties waarvoor een omgevingsvergunning vereist is, moet deze verleend zijn voor indiening van de subsidieaanvraag.
- De netbeheerder heeft schriftelijk aangegeven dat de transportcapaciteit beschikbaar is.
- Afhankelijk van de categorie moet het project binnen twee tot vier jaar na de subsidiebeschikking gerealiseerd zijn.

# Appendix 8 Kansrijke infrastructurele groenstroken voor energiecoöperaties



| Objectcode | Straatnaam                           | Oppervlakte          | Zoninstraling | MW potentie |
|------------|--------------------------------------|----------------------|---------------|-------------|
| 10507.gs15 | Hoeksebaan                           | 2.424 m <sup>2</sup> | 98,1%         | 0,22        |
| 97837.gs15 | Langeweg                             | 2.405 m <sup>2</sup> | 99,8%         | 0,22        |
| 12437.gs3  | Bergse Linker Rottekade              | 2.401 m <sup>2</sup> | 96,7%         | 0,22        |
| 11193.gs17 | Bovendijk                            | 2.396 m <sup>2</sup> | 99,6%         | 0,22        |
| 10985.gs5  | Kandelaarweg                         | 2.357 m <sup>2</sup> | 98,8%         | 0,21        |
| 97279.gs4  | Kulkweg                              | 2.352 m <sup>2</sup> | 99,2%         | 0,21        |
| 10711.gs11 | Oranjedijk                           | 2.215 m <sup>2</sup> | 99,2%         | 0,20        |
| 11352.gs25 | Parallelstraat-Westzijde             | 2.163 m <sup>2</sup> | 96,0%         | 0,19        |
| 97837.gs5  | Langeweg                             | 1.992 m <sup>2</sup> | 98,8%         | 0,18        |
| 40221.gs2  | John F. Kennedyweg                   | 1.972 m <sup>2</sup> | 97,4%         | 0,18        |
| 16758.gs1  | Hoefsmidstraat                       | 1.871 m <sup>2</sup> | 88,9%         | 0,17        |
| 11352.gs26 | Parallelstraat-Westzijde             | 1.842 m <sup>2</sup> | 89,3%         | 0,17        |
| 14544.gs1  | John F. Kennedyweg                   | 1.815 m <sup>2</sup> | 96,2%         | 0,16        |
| 11613.gs53 | Ankie Verbeek-Ohrlaan                | 1.803 m <sup>2</sup> | 98,9%         | 0,16        |
| 93690.gs10 | Driemanssteeweg                      | 1.717 m <sup>2</sup> | 87,7%         | 0,15        |
| 1973.gs7   | Kralingse Zoom                       | 1.703 m <sup>2</sup> | 96,7%         | 0,15        |
| 99615.gs1  | Polderhaakweg                        | 1.685 m <sup>2</sup> | 87,9%         | 0,15        |
| 16197.gs7  | Edo Bergsmaweg                       | 1.612 m <sup>2</sup> | 97,4%         | 0,15        |
| 93490.gs14 | Driemanssteeweg                      | 1.585 m <sup>2</sup> | 95,8%         | 0,14        |
| 7492.gs7   | Kralingseplein                       | 1.568 m <sup>2</sup> | 95,6%         | 0,14        |
| 2501.gs1   | Veilingweg                           | 1.551 m <sup>2</sup> | 96,2%         | 0,14        |
| 16200.gs2  | Groeninx van Zoelenlaan              | 1.479 m <sup>2</sup> | 92,5%         | 0,13        |
| 99614.gs26 | Polderhaakweg                        | 1.466 m <sup>2</sup> | 91,9%         | 0,13        |
| 2185.gs8   | Autolettestraat                      | 1.440 m <sup>2</sup> | 93,1%         | 0,13        |
| 60647.gs3  | Marie Overeijnderweg                 | 1.431 m <sup>2</sup> | 90,4%         | 0,13        |
| 10839.gs2  | Burgemeester de Josselin de Jonglaan | 1.419 m <sup>2</sup> | 84,7%         | 0,13        |
| 2174.gs15  | Abram van Rijckevorselweg            | 1.393 m <sup>2</sup> | 92,7%         | 0,13        |
| 14480.gs1  | IJsselmondseplein                    | 1.294 m <sup>2</sup> | 98,8%         | 0,12        |
| 11613.gs54 | Ankie Verbeek-Ohrlaan                | 1.252 m <sup>2</sup> | 95,3%         | 0,11        |
| 1973.gs9   | Kralingse Zoom                       | 1.250 m <sup>2</sup> | 96,2%         | 0,11        |
| 14843.gs4  | Vaanweg                              | 1.236 m <sup>2</sup> | 92,8%         | 0,11        |
| 12446.gs3  | Bergse Linker Rottekade              | 1.211 m <sup>2</sup> | 100,0%        | 0,11        |
| 11352.gs17 | Parallelstraat-Westzijde             | 1.206 m <sup>2</sup> | 97,8%         | 0,11        |
| 99688.gs4  | Noorderkanaalweg                     | 1.184 m <sup>2</sup> | 94,7%         | 0,11        |
| 98675.gs1  | Schieveensedijk                      | 1.156 m <sup>2</sup> | 100,0%        | 0,10        |
| 72830.gs6  | Voorwateringweg                      | 1.115 m <sup>2</sup> | 93,9%         | 0,10        |
| 79484.gs1  | Stadhoudersweg                       | 1.110 m <sup>2</sup> | 84,9%         | 0,10        |
| 96500.gs11 | Haakweg                              | 1.102 m <sup>2</sup> | 99,4%         | 0,10        |
| 7492.gs1   | Kralingseplein                       | 1.058 m <sup>2</sup> | 94,3%         | 0,10        |
| 2173.gs7   | Abram van Rijckevorselweg            | 1.054 m <sup>2</sup> | 96,4%         | 0,09        |
| 60627.gs37 | Air Commodore Geddespad              | 1.028 m <sup>2</sup> | 96,9%         | 0,09        |
| 1996.gs8   | Jacques Dutilhweg                    | 1.028 m <sup>2</sup> | 92,8%         | 0,09        |
| 16197.gs3  | Edo Bergsmaweg                       | 1.023 m <sup>2</sup> | 99,8%         | 0,09        |
| 2173.gs5   | Abram van Rijckevorselweg            | 1.023 m <sup>2</sup> | 80,7%         | 0,09        |
| 97291.gs2  | Delfshavenseweg                      | 996 m <sup>2</sup>   | 80,4%         | 0,09        |

|            |                           |                    |        |      |
|------------|---------------------------|--------------------|--------|------|
| 12007.gs3  | Van Limburg Stirumplein   | 986 m <sup>2</sup> | 99,9%  | 0,09 |
| 16755.gs1  | Leerlooierstraat          | 979 m <sup>2</sup> | 81,0%  | 0,09 |
| 93490.gs10 | Driemanssteeweg           | 967 m <sup>2</sup> | 94,1%  | 0,09 |
| 10711.gs1  | Oranjedijk                | 965 m <sup>2</sup> | 81,3%  | 0,09 |
| 11250.gs1  | Overschiese Kleiweg       | 962 m <sup>2</sup> | 99,8%  | 0,09 |
| 10507.gs29 | Hoeksebaan                | 957 m <sup>2</sup> | 90,7%  | 0,09 |
| 11352.gs12 | Parallelstraat-Westzijde  | 949 m <sup>2</sup> | 100,0% | 0,09 |
| 7492.gs8   | Kralingseplein            | 944 m <sup>2</sup> | 93,2%  | 0,08 |
| 2171.gs2   | Abram van Rijckevorselweg | 942 m <sup>2</sup> | 96,1%  | 0,08 |
| 16199.oe1  | Groeninx van Zoelenlaan   | 927 m <sup>2</sup> | 95,5%  | 0,08 |
| 12441.gs1  | Voorwateringweg           | 914 m <sup>2</sup> | 81,6%  | 0,08 |
| 11193.gs20 | Bovendijk                 | 912 m <sup>2</sup> | 100,0% | 0,08 |
| 10985.gs9  | Kandelaarweg              | 900 m <sup>2</sup> | 99,0%  | 0,08 |
| 14469.gs2  | IJsselmondseplein         | 896 m <sup>2</sup> | 88,7%  | 0,08 |
| 10961.gs3  | Giessenbaan               | 888 m <sup>2</sup> | 86,8%  | 0,08 |
| 12446.gs4  | Bergse Linker Rottekade   | 869 m <sup>2</sup> | 99,7%  | 0,08 |
| 79486.gs1  | Stadhoudersweg            | 844 m <sup>2</sup> | 84,1%  | 0,08 |
| 12436.gs12 | Puck van Heelstraat       | 837 m <sup>2</sup> | 83,7%  | 0,08 |
| 11613.gs58 | Ankie Verbeek-Ohrlaan     | 822 m <sup>2</sup> | 99,2%  | 0,07 |
| 7533.gs5   | Schaardijk                | 821 m <sup>2</sup> | 98,3%  | 0,07 |
| 11352.gs19 | Parallelstraat-Westzijde  | 802 m <sup>2</sup> | 100,0% | 0,07 |
| 12444.gs4  | Bergse Linker Rottekade   | 802 m <sup>2</sup> | 98,0%  | 0,07 |
| 2174.gs2   | Abram van Rijckevorselweg | 801 m <sup>2</sup> | 91,0%  | 0,07 |