

**Kwantitatief  
lichtonderzoek  
Regionaal  
Havengebonden  
Bedrijventerrein**

Kop van  
Noord-Holland

## Rapport

Betreft  
Conceptrapport

Project  
Kwantitatief lichtonderzoek RHB Kop van Noord-Holland

Datum	Bestandsnaam	Projectnummer
19 juni 2009	09014J RAPPORT RHB Kop van Noord-Holland.docx	09014J

Distributie  
Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs BV, de heer ir. J. Hulbos  
Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs BV, de heer B.A.J. Meeuwissen MSc  
Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs BV, mevrouw D. van Kan  
Lichtconsult.nl, de heer Johan G. Smits  
Lichtconsult.nl, de heer ing. P.K. Smits

## Samenvatting

Het voornemen bestaat om direct onder Den Helder in de gemeente Anna Paulowna een havengebonden bedrijventerrein aan te leggen. Het is niet zeker welke invloed de toekomstige lichtinstallaties zullen hebben op de fauna in de omliggende waterwegen en de Waddenzee. Het lichttechnisch bureau Lichtconsult.nl heeft een kwantitatief lichtonderzoek uitgevoerd in twee delen: het vaststellen van de lichtemissie richting Waddenzee en Noordhollands kanaal nu en het prognosticeren van de lichtemissie in 2020.

Op relevante plaatsen in en rondom het plangebied zijn praktijkmetingen gedaan van de horizontale en semicilindrische verlichtingssterkte. Bovendien is op een aantal plaatsen de horizontale verlichtingssterkte gedurende een nacht continu gemeten. Deze metingen zijn ook uitgevoerd in een referentiegebied: Lage Weide te Utrecht. Daarnaast zijn voor de prognose lichtberekeningen gemaakt. Er zijn in totaal vier lichtberekeningen uitgevoerd:

- De actuele situatie
- Autonome ontwikkeling van het gebied (scenario A)
- Autonome ontwikkeling en de ontwikkeling van het RHB volgens de gewenste toekomstvisie (scenario B)
- Autonome ontwikkeling en de ontwikkeling van het RHB als opslagterrein (scenario C)

De praktijkmetingen kunnen worden vergeleken met de lichtberekening, met uitzondering van de metingen op de Balgzanddijk en de continu metingen. Door de waarden in grafieken te zetten wordt het verloop inzichtelijk en kan beoordeeld worden of de gemiddelden representatief zijn, of bijvoorbeeld sterk worden beïnvloed door één of enkele piekwaarden. Uit de vergelijking blijkt dat de dynamiek in het verloop van de meetreeks in grote lijnen overeenkomt. Er is geen directe noodzaak om de waarden in de lichtberekening bij te stellen. Tevens blijkt dat "lichtruis" niet terugkomt in de

berekeningswaarden. Hier lijkt een correctie wel gewenst, omdat in de praktijk vrijwel altijd een (kleine) hoeveelheid licht de meetcel bereikt. Er is daarom een correctie uitgevoerd volgens de formule:

$$WP = WLB + AV + 20\%$$

WP	–	Waarde prognose van de verschillende scenario's
WLB	–	Waarde volgens de lichtberekening
AV	–	Absoluut verschil tussen meting en berekening actuele situatie
20%	–	Extra ophoging ter compensatie voor het ontbreken van de eerder genoemde factoren.

Het doel van deze formule is om de theoretische waarden uit de lichtberekening op te hogen met de in de praktijk gemeten "lichtruis". Deze optelsom wordt vervolgens verhoogd met 20%. Dit is een inschatting van de invloed van factoren die evenredig toenemen met de aanwezige hoeveelheid licht, zoals airglow.

Na correctie tonen de berekeningswaarden dat gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op de gemeten en berekende lijnen in scenario A circa 40% toeneemt, in scenario B 130% en in scenario C 360%. De gemiddelde semicilindrische verlichtingssterkte neemt in scenario A 45% toe, in scenario B 55% en in scenario C 245%. Daarbij is het van belang te constateren dat zowel in de lichtberekeningen als in de lichtmetingen de gemiddelden zijn samengesteld uit getallen met een grote spreiding. Dit houdt in dat er plaatsen zijn met een hoog verlichtingsniveau en plaatsen met een laag verlichtingsniveau.

Verder kan worden opgemerkt dat de horizontale verlichtingssterktes op de meetlijnen op de Balgzanddijk vrij laag zijn. Daarentegen zijn de gemeten semicilindrische verlichtingssterktes vrij hoog. Gemiddeld zijn de semicilindrische verlichtingssterktes een veelvoud van de horizontale verlichtingssterktes, hetgeen uitzonderlijk genoemd kan worden. Als gevolg hiervan kan men stellen dat er langs dit deel van de Balgzanddijk in de huidige situatie geen sprake is van natuurlijke duisternis.

## Inhoudsopgave

Rapport	1
Samenvatting	1
Inleiding	4
Aanpak	4
De huidige lichtemissie	4
De prognose van de lichtemissie	5
Lichtmetingen	7
Parallel aan het Noordhollands kanaal, ten westen van het RHB	8
Parallel aan de autoweg N99 en de Balgweg, ten noorden van het RHB	9
Balgzanddijk aan de landzijde	9
Opmerking	9
Lage Weide Utrecht (referentiegebied)	11
Gebruikte meetapparatuur	12
Luxmeter (1)	12
Luxmeter (2)	12
Luxmeter (3)	12
Software en opslag	12
Meetwagen	13
Meetsonde	13
Statief	13
Lichtberekeningen	14
Meet- en berekeningsresultaten	19
Samenvatting lijn- en semicilindrische metingen	19
Samenvatting lijn- en semicilindrische berekeningen	20
Samenvatting continu metingen	21
Prognose	23
Interpretatie verloop meet- en berekeningswaarden	23
Correctie berekeningsresultaten	25
Conclusie en aanbeveling	29
RHB lichtpreventie instructie	30
Oostoeverweg	30
Bijlagen	31

## Inleiding

Het voornemen bestaat om direct onder Den Helder in de gemeente Anna Paulowna een havengebonden bedrijventerrein aan te leggen genaamd: Regionaal Havengebonden Bedrijventerrein Kop van Noord-Holland, kortweg RHB Kop van Noord-Holland. Het is niet zeker welke invloed de in de nabije toekomst aan te brengen lichtinstallaties op het bedrijventerrein zullen hebben op de fauna in de omliggende waterwegen en de Waddenzee. Om toekomstige besluiten met betrekking tot licht te kunnen onderbouwen is het lichttechnisch bureau Lichtconsult.nl gevraagd een kwantitatief lichtonderzoek uit te voeren.

In dit rapport wordt het lichtonderzoek toegelicht. Het rapport is als volgt opgebouwd:

- Aanpak: De wijze waarop de vraagstelling is uitgewerkt.
- Lichtmetingen: De locaties en omstandigheden waar de lichtmetingen zijn uitgevoerd. De meetresultaten worden verderop separaat besproken.
- Gebruikte meetapparatuur: Een opsomming van de toegepaste meetapparatuur.
- Lichtberekeningen: De scenario's die zijn berekend en de parameters die zijn toegepast in de software.
- Meet- en berekeningsresultaten: Een samenvatting van alle meet- en berekeningsresultaten.
- Prognose: De wijze waarop de prognosegegevens zijn verkregen.
- Conclusie en aanbevelingen

## Aanpak

Het kwantitatief lichtonderzoek naar de lichtemissie bestaat uit twee delen:

1. Het vaststellen van de huidige lichtemissie richting Waddenzee en Noordhollands kanaal.
2. Het prognosticeren van de lichtemissie richting Waddenzee en Noordhollands kanaal in 2020.

### De huidige lichtemissie

Het eerste deel beschrijft de huidige situatie van het plangebied. Door op relevante plaatsen in en rondom het plangebied praktijkmetingen te doen, ontstaat er inzicht in het actuele lichtbeeld. De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- De horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  over een viertal lijnen parallel aan het Noordhollands kanaal, ten westen van het RHB.
- De horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  over een viertal lijnen min of meer parallel aan de autoweg N99 en de Balgweg, ten noorden van het RHB.
- De horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  over twee lijnen op de Balgzanddijk, één aan de landzijde (niet de zijde van de Waddenzee en één op de dijk).
- De semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  op een viertal punten langs het Noordhollands kanaal. Dit zowel richting RHB als ook in de tegenovergestelde richting. Tevens is er roterend om deze punten per 30° de verticale verlichtingssterkte gemeten.
- De semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  op een drietal punten langs de landweg, aangrenzend aan het gebied en evenwijdig aan de Balgweg en Touwslagersweg.

- De semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  op een drietal punten langs de Balgzanddijk aan de landzijde (niet de zijde van de Waddenzee).
- Een continu lichtmeting van zonsondergang tot zonsopgang van de horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  op één punt bij de Balgzanddijk aan de landzijde (niet de zijde van de Waddenzee).
- Een continu lichtmeting van zonsondergang tot zonsopgang van de horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  op een tweetal punten aan het Noordhollands kanaal.

Boven het wateroppervlak is niet gemeten. Om toch inzicht te verkrijgen wat er zich hier afspeelt zijn de volgende waarden berekend op basis van de meetgegevens:

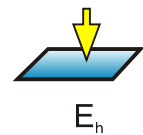
- De horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  over een lijn boven het Noordhollands kanaal, door de gemiddelden te berekenen tussen de waarden aan beide oeverzijden.
- De horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  over een serie lijnen op de zeespiegel van de Waddenzee, door extrapolatie van de meetwaarden langs de Balgzanddijk.

Een korte toelichting op de gemeten eenheden:

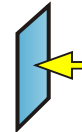
De **horizontale verlichtingssterkte**  $E_h$  in een punt van een horizontaal vlak, is gedefinieerd als de ontvangen lichtstroom per vierkante meter ontvangend oppervlak. De eenheid is lux, hetgeen staat voor lumen per vierkante meter.

De **verticale verlichtingssterkte**  $E_v$  in een punt van een verticaal vlak, is gedefinieerd als de ontvangen lichtstroom per vierkante meter ontvangend oppervlak. De eenheid is lux, hetgeen staat voor lumen per vierkante meter.

De **semicilindrische verlichtingssterkte**  $E_{sc}$ , ook wel de half-cilindrische verlichtingssterkte, is de ontvangen lichtstroom op het manteloppervlak van een verticaal staande halve cilinder. De eenheid is lux, hetgeen staat voor lumen per vierkante meter.



$E_h$



$E_v$



$E_{sc}$

## De prognose van de lichtemissie

Het tweede deel bestaat uit de prognose van het lichtbeeld in 2020. Enerzijds zijn hiervoor lichtberekeningen gemaakt, anderzijds zijn er lichtmetingen uitgevoerd in een referentiegebied. De lichtberekeningen geven een basis voor het te verwachten lichtbeeld, maar blijven een simulatie van de toekomstige werkelijkheid. De voorgenoemde lichtmetingen komen alle terug in de berekening, met uitzondering van de metingen op de Balgzanddijk en de continu meting.

Om de waarden van de berekening te toetsen en waar nodig te corrigeren is het van belang, dat er gegevens voorhanden zijn uit de realiteit. Deze gegevens zijn verkregen uit lichtmetingen in het referentiegebied Lage Weide te Utrecht. Aanvankelijk is er een ander referentiegebied overwogen: Hoog Tijn 1 en 2 te Zaandam. Na een beoordeling ter plaatse bleek dat deze terreinen zeer weinig bebouwd zijn en daarom niet representatief voor een bedrijvig industrieterrein. Het grootschalige terrein aan de overkant van Hoog Tijn, behorende tot de gemeente Amsterdam, is eveneens overwogen, maar bleek niet representatief vanwege de grote hoeveelheid hoge kranen en hoge verlichting die niet overeenstemmen met de maximale bouwhoogte van 30 meter van het RHB.

Als alternatief is het industrieterrein Lage Weide te Utrecht bezocht en beoordeeld. Dit terrein is wel representatief voor de prognosesituatie van het RHB. De kanaalzijde, waaronder de Neutron-, Proton en Mesonweg, is beperkt toegankelijk en bovendien in lage mate voorzien van kunstlicht. De Atoomweg en Reactorweg zijn wel geschikt gebleken. Hier treft men diverse soorten van bedrijvigheid met bijbehorende soorten verlichting. De Atoomweg is erg breed vanwege de aanwezigheid van een treinspoor en groenstrook en bleek in grote delen onbenut door het actieve bedrijfsleven. Ook de straatverlichting is hier niet in normale, representatieve staat. De Reactorweg heeft daarentegen wel een variatie van diverse soorten bedrijfsgebouwen en -terreinen, zoals bijvoorbeeld een distributiecentrum, een staal- en kabelopslag, een kantoorpand en een transportbedrijf. De invloed van de verderop gelegen snelweg A2 bleek nihil. Ten eerste is deze snelweg ter hoogte van de Reactorweg verlegd, waardoor de afstand groter is geworden. Ten tweede zorgen een dijk en bomenpartijen tussen de Reactorweg en de Wolfgang Pauliweg voor afscherming.



De oude ligging van de A2 is met rood doorgestreept

Op het terrein Lage Weide te Utrecht zijn de volgende metingen uitgevoerd:

- De horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  over een drietal lijnen over en/of parallel aan de Reactorweg te Utrecht.
- De semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  op een viertal punten langs de Reactorweg te Utrecht.
- Een continu lichtmeting van de horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  op een tweetal punten langs de Reactorweg te Utrecht.

Naast de gegevens van het referentiegebied zijn er ook lichtberekeningen gemaakt van de actuele situatie. Deze waarden vormen een extra toetsing ten opzichte van de actuele gemeten situatie. De berekende waarden van de prognosesituatie kunnen zodoende getoetst en waar nodig gecorrigeerd worden.

Voor de duidelijkheid worden alle meetresultaten bij elkaar gerapporteerd. De meetresultaten van referentiegebied Lage Weide zijn dus terug te vinden bij de andere metingen.

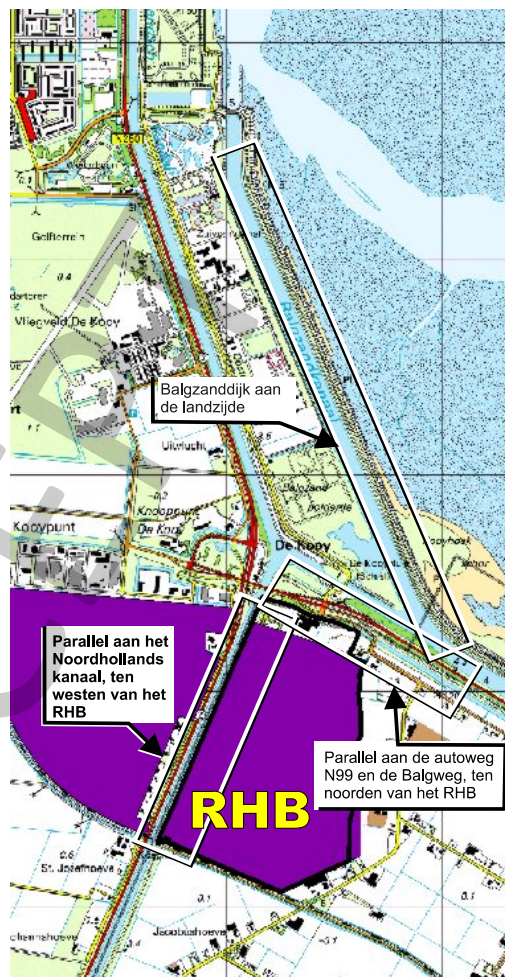


## Lichtmetingen

Hieronder volgt een overzicht van de omstandigheden waaronder de lichtmetingen zijn uitgevoerd. Er zijn rondom het RHB terrein metingen verricht in drie deelgebieden, zoals aangegeven op de overzichtskaart (zie afbeelding rechts):

- Parallel aan het Noordhollands kanaal, ten westen van het RHB
- Parallel aan de autoweg N99 en de Balgweg, ten noorden van het RHB
- Balgzanddijk aan de landzijde

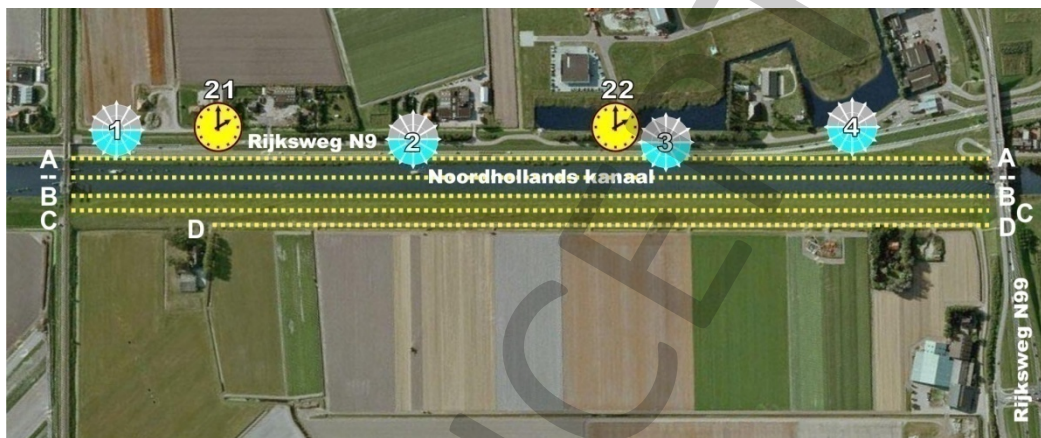
Deze deelgebieden worden in detail behandeld. De detailkaart die hierbij vermeld staat, is niet gericht op het noorden. Hetzelfde geldt voor het laatste gebied: het referentiegebied Lage Weide Utrecht.





### Parallel aan het Noordhollands kanaal, ten westen van het RHB

Gemeten (1): horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 0,25 meter.  
 Meetlijnen: A, B, C en D.  
 Positie: vanaf Viaduct N99 tot de spoorlijn/viaduct, totaal 1256 meter.  
 Datum: avond & nacht van 8 op 9 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.26 uur.  
 Hemel: onbewolkt.  
 Maan: bijna volle maan, goed zichtbaar.



Gemeten (2): semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  in lux, in twee richtingen.  
 Hoogte meetcel: 1,5 meter.  
 Meetpunten: 1, 2, 3 en 4.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: avond van 22 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.50 uur.  
 Hemel: licht bewolkt  
 Maan: niet zichtbaar.

Gemeten (3): continu meting horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 0,2 meter.  
 Meetpunten: 21 en 22.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: 22-23 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.50 uur.  
 Hemel: licht bewolkt  
 Maan: niet zichtbaar.

In aanvulling op de meetlijnen A t/m D, zijn er berekeningen uitgevoerd om inzicht te verkrijgen wat er zich in de huidige situatie afspeelt boven het Noordhollands kanaal.

Berekend (4): horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux boven het water van het kanaal.  
 Lijn: -- / --  
 Methode: Gemiddelde van de meetwaarden op lijn A en B.

### Parallel aan de autoweg N99 en de Balgweg, ten noorden van het RHB

Gemeten (1): horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux.  
 Meetlijnen: E, F, G en H.  
 Hoogte meetcel: 0,25 meter.  
 Positie: vanaf viaduct N9/N99, hectometerpaal 3,0 tot 3,9: totaal 900 meter.  
 Datum: avond van 13 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.34 uur.  
 Hemel: gedeeltelijk onbewolkt.  
 Maan: niet zichtbaar.



Gemeten (2): semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  in lux, in twee richtingen.  
 Hoogte meetcel: 1,5 meter.  
 Meetpunten: 5, 6, en 7.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: avond van 22 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.50 uur.  
 Hemel: licht bewolkt  
 Maan: niet zichtbaar.

### Balgzanddijk aan de landzijde

Gemeten (1): horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 0,25 meter.  
 Meetlijnen: I en J.  
 Positie: zie kaart, in totaal ca. 2300 meter.  
 Datum: avond van 20 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.46 uur.  
 Hemel: zwaar bewolkt.  
 Maan: niet zichtbaar.

#### Opmerking

Bij meetlijn J bovenop de dijk is vanwege moeilijk begaanbaar terrein de meting opgebroken in twee stukken. De metingen langs de dijk van de zijde van de Waddenzee hebben niet kunnen plaatsvinden, omdat de instantie Landschap Noord-Holland de toegankelijkheid van dit hele gebied verbiedt tot en met augustus.



Gemeten (2): semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 1,5 meter.  
 Meetpunten: 8, 9, en 10.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: avond van 20 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.46 uur.  
 Hemel: zwaar bewolkt.  
 Maan: niet zichtbaar.

Gemeten (3): continu meting horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 0,2 meter.  
 Meetpunten: 23.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: 20-21 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.46 uur.  
 Hemel: zwaar bewolkt.  
 Maan: niet zichtbaar.

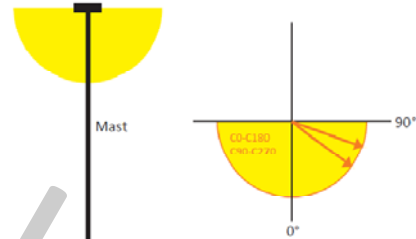
In aanvulling op de meetlijnen I en J op de Balgzanddijk, zijn er berekeningen uitgevoerd om inzicht te verkrijgen wat er zich in de huidige situatie afspeelt op de Waddenzee.

Berekend (4): horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux op geprojecteerde lijnen boven de waterspiegel van de Waddenzee bij twee langtijdse extremen, +111cm ten opzichte van NAP en -125cm ten opzichte van NAP.

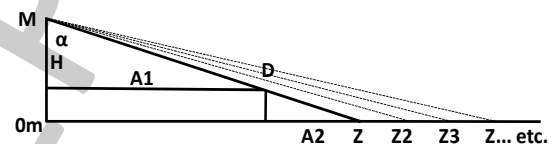
Lijnen: Z, Z2, Z3, etc.  
 Methode: Door extrapolatie met behulp van de "kwadratenregel": verlichtingssterkte is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de bron.

Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:

- De meetlijn J, op de Balgzanddijk, is niet volledig gemeten. Om toch een zo compleet mogelijke bron van gegevens te gebruiken, gaan we uit van de meetwaarden op meetlijn I.
- De bron van het gemeten licht beschouwen we als een uniforme straler, die rondom in gelijke mate licht uitstraalt (zie afbeelding rechts). Het licht op de Waddenzee wordt veroorzaakt door een uniforme lijn van masten met een gelijke hoogte van 12 meter. Deze lijn van masten loopt langs de rand van het terrein aan de Oostoeverweg, aan de zijde van de Waddenzee.
- De dijk heeft over de gehele lengte een hoogte van 8,25 meter, gebaseerd op de dijkhoogte halverwege de gemeten lijn, volgens aangereikte tekening Witteveen+Bos.
- De waarden op de dijk (D) zijn omgerekend naar waarden op de zeewaterspiegel (Z, zie afbeelding rechts). Het gebied tussen de dijk en punt Z is buiten beschouwing gebleven, aangezien hier een slagschaduw valt.
- Vervolgens zijn de waarden berekend op de geprojecteerde lijnen Z2, Z3, etc. op de Waddenzee, met een vaste onderlinge afstand. Hiervoor zijn eerst de meetwaarden op de dijk (D) teruggerekend naar een afstand van 1 meter tot de lichtbron (M).



Voorbeeld van een mast met een uniforme straler.

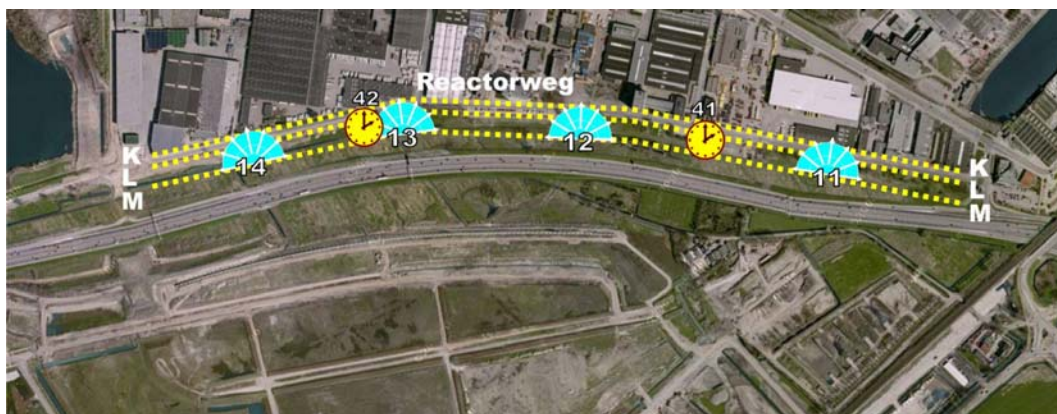


D = Balgzanddijk = Meetlijn J h.o.h.

Schematische doorsnede van de mast op de Oostoeverweg, de dijk en de zeewaterspiegel.

### Lage Weide Utrecht (referentiegebied)

Gemeten (1):	horizontale verlichtingssterkte $E_h$ in lux.
Hoogte meetcel:	0,25 meter.
Meetlijnen:	K, L, en M.
Positie:	over de Reactorweg, vanaf AC restaurant op de Atoomweg 2, totale lengte 1200 meter.
Datum:	avond & nacht van 2 op 3 april 2009.
Zonsondergang:	20.16 uur.
Hemel:	bewolkt.
Maan:	niet zichtbaar.





Gemeten (2): semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 1,5 meter.  
 Meetpunten: 11, 12, 13 en 14.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: avond & nacht van 2 op 3 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.16 uur.  
 Hemel: bewolkt.  
 Maan: niet zichtbaar.

Gemeten (3): continu meting horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  in lux.  
 Hoogte meetcel: 0,2 meter.  
 Meetpunten: 41 en 42.  
 Positie: zie kaart; in detail vermeld bij de meetresultaten in de bijlage.  
 Datum: 24-25 april 2009.  
 Zonsondergang: 20.46 uur.  
 Hemel: onbewolkt.  
 Maan: halve maan, zichtbaar.

## Gebruikte meetapparatuur

### Luxmeter (1)

Luxmeter Mobilux, fabricaat Czibula & Grundmann GmbH te Berlijn, welke bij correct gebruik voldoet aan DIN 5032 klasse A. Serienummer Mobilux 070406. Het kalibreerrapport d.d. 6 november 2008 treft u als bijlage aan.

### Luxmeter (2)

Luxmeter Mobilux, fabricaat Czibula & Grundmann GmbH te Berlijn, welke bij correct gebruik voldoet aan DIN 5032 klasse A. Serienummer Mobilux 081109. Het kalibreerrapport d.d. 2 december 2008 treft u als bijlage aan.

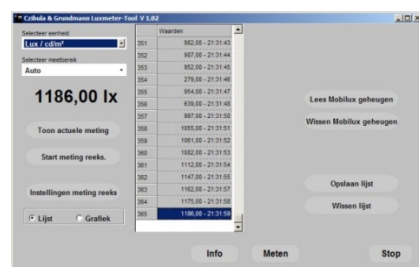


### Luxmeter (3)

Luxmeter Mobilux, fabricaat Czibula & Grundmann GmbH te Berlijn, welke bij correct gebruik voldoet aan DIN 5032 klasse A. Serienummer Mobilux 090311. Het kalibreerrapport d.d. 17 april 2009 treft u als bijlage aan.

### Software en opslag

Tijdens de meetwerkzaamheden is gebruik gemaakt van de Mobilux software (CLux mobilux utility) en zijn de meetwaarden waar nodig opgeslagen op een solidstate geheugenkaart. De software draait onder Windows XP.



### Meetwagen

De metingen op een regelmatige afstand op virtuele lijnen zijn uitgevoerd met een meetwagen. In een afgesloten compartiment zijn aangebracht: de Mobilux luxmeter, computer met solidstate geheugenkaart en een gelijkstroom voedingseenheid. Door de wagen in een regelmatige snelheid over de virtuele lijnen te verplaatsen en per seconde te meten, werden de meetwaarden in een fijn meetraster geregistreerd. De geproduceerde meetgegevens bestaan uit de tijd in uu:mm:ss en de verlichtingssterkten in lux.



### Meetsonde

Om meetgegevens te verkrijgen van het continu verloop in lichtniveaus van zonsondergang tot zonsopkomst is gebruik gemaakt van de meetsonde. Deze bestaat uit een aluminium kist waarin zijn aangebracht: de Mobilux luxmeter, computer met solidstate geheugenkaart en een gelijkstroom voedingseenheid. De meetsonde werd op bepaalde plaatsen geplaatst en hermetisch afgesloten. Metingen met een instelbare interval, hier 1 minuut.



### Statief

Teneinde de semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  op 1,5 meter hoogte te meten is gebruik gemaakt van een statief. Dit statief is van het fabrikaat Slik, type Grand Master. Door roterend per  $30^\circ$  een reeks metingen uit te voeren ontstaat een goed beeld van het verloop van de verticale verlichtingssterkten  $E_v$  rondom. Uit deze gegevens werd de semi-cilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  berekend.



## Lichtberekeningen

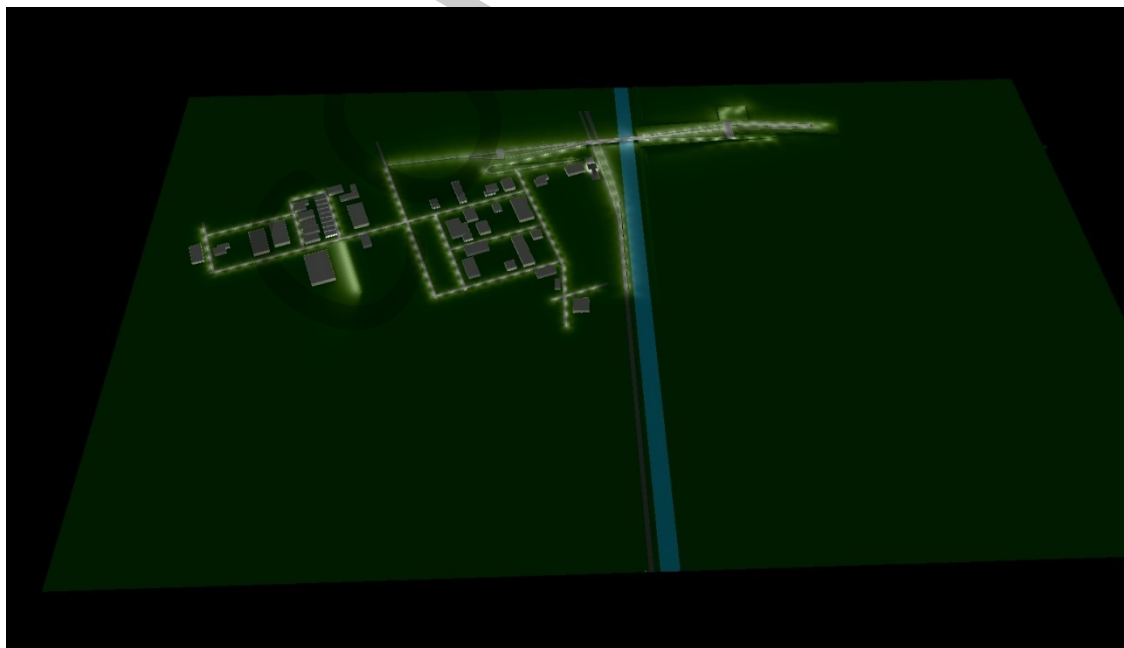
De lichtberekeningen zijn gemaakt in het programma Dialux versie 4.6. Het voorkeursalternatief, zoals beschreven in de MER samenvatting van Witteveen+Bos d.d. 12 februari 2009, is als uitgangspunt gebruikt voor de simulatie van het gebied in 2020.

Er zijn in totaal vier lichtberekeningen uitgevoerd; de actuele situatie en drie toekomstscenario's:

- De actuele situatie (ijking)
- A. Autonome ontwikkeling van het gebied. Dit houdt in de natuurlijke groei van het reeds bestaande industrieterrein "Kooypunt" en omliggende infrastructuur.
- B. Autonome ontwikkeling en de ontwikkeling van het RHB volgens de gewenste toekomstvisie: 80% van RHB is productie en onderhoud van windturbines, 20% is overige industrie.
- C. Autonome ontwikkeling en een alternatieve ontwikkeling van het RHB: een verkenning van de situatie na 20 jaar als het merendeel van het RHB wordt benut als een op- en overslagterrein.



Voorkeursalternatief MER

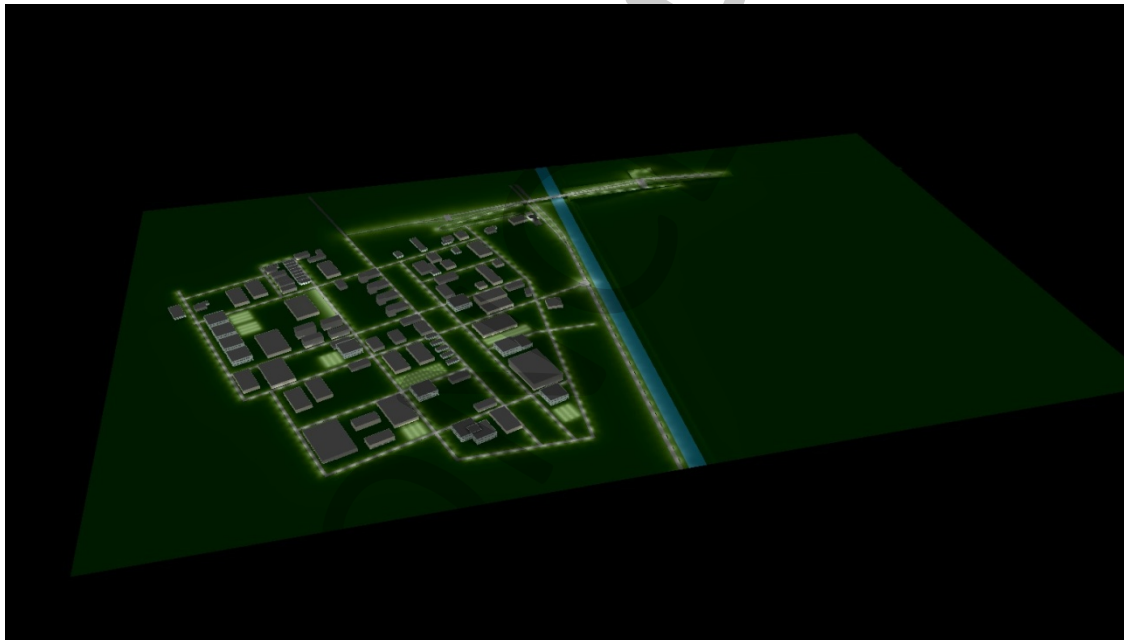


3D aanzicht van de lichtberekening van de actuele situatie



Bij de lichtberekening zijn de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:

- Hoogte bestaande dijk langs Noordhollands kanaal is 3,2 meter.
- Hoogte nieuwe dijk om RHB 6 meter.
- Behoudfactor = 0,85.
- Fabricaat toegepaste verlichtingsarmaturen is Philips, vanwege de algemene bekendheid en beschikbaarheid van (lichttechnische) informatie.
- Reflectiefactor wegen = 30%
- Reflectiefactor algemeen (gras/land) = 29%
- Geen groenvoorzieningen als bomen en struiken.
- Geen bestaande private bebouwing en geen private lichtinstallaties.
- Positie van de meetlijnen en -punten zoveel mogelijk overeen laten komen.



3D aanzicht van de lichtberekening van scenario A

Overige uitgangspunten bij scenario A:

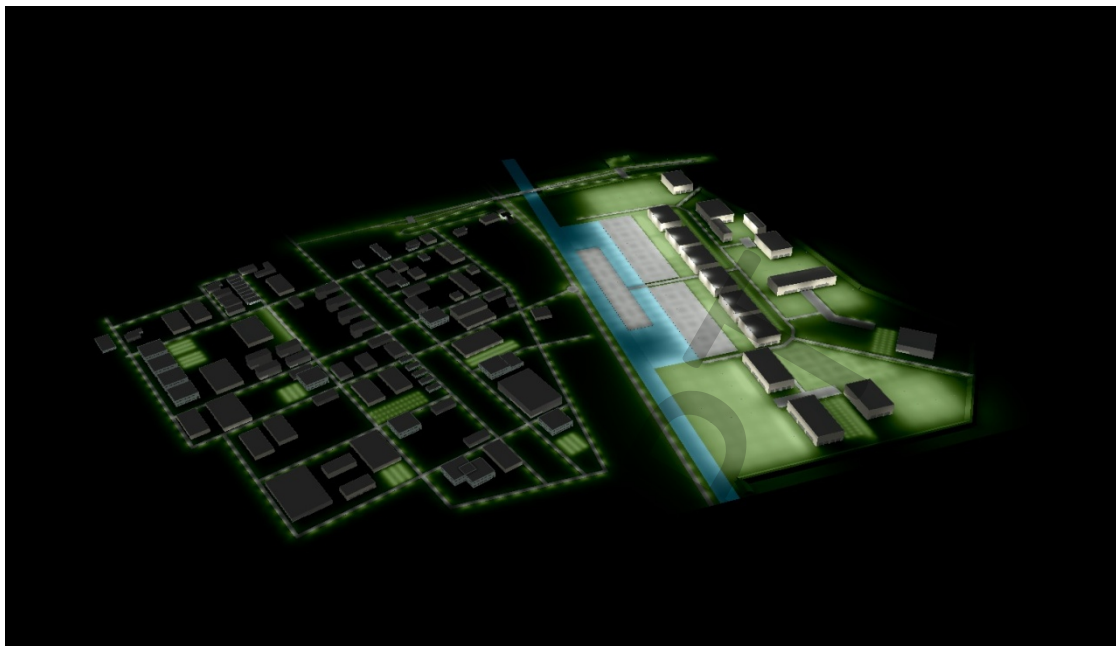
- Het industrieterrein Kooypunt is gegroeid; de regelmatige aanwezigheid van bedrijfsgebouwen heeft zich doorgezet richting het zuiden, tot aan de grens van het terrein, die wordt gemarkeerd door de spoorlijn.
- Verdere ontwikkeling van de infrastructuur; aan de N9 is een rotonde, c.q. toegang, gecreëerd om het industrieterrein binnen te komen. Deze nieuwe verkeerssituatie heeft een verhoogde aandachtswaarde, die extra verlicht wordt.
- Door een toename van activiteit en verkeer is de N9 verlicht tot aan het spoorwegviaduct.



3D aanzicht van de lichtberekening van scenario B

Overige uitgangspunten bij scenario B:

- Op het RHB staan overwegend grote bedrijfsgebouwen voor interne activiteiten in combinatie met goed verlichte buitenplaatsen, gebaseerd op de meest recente norm voor werkplekverlichting buiten EN-12464-2.
- Hier en daar zijn de gebouwen voorzien van aanvullende schijnwerpers aan de gevel, waarbij een mix van zogenaamde vlakstralers en breedstralende schijnwerpers is toegepast. Vlakstralers zijn schijnwerpers met een gunstige asymmetrische lichtverdeling die horizontaal toegepast kunnen worden en minimaal lichthinder veroorzaken. Breedstralende schijnwerpers hebben een brede bundel en worden vaak onder een hoek toegepast om het licht verder te laten reiken. Hierdoor ontstaat vaak lichthinder en/of lichtvervuiling.
- Het RHB heeft een verlichte infrastructuur, gebaseerd op de reeds bestaande straatverlichting op industrieterrein Kooypunt.

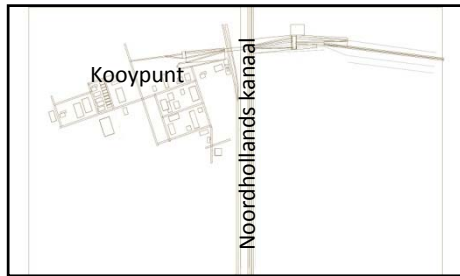


3D aanzicht van de lichtberekening van scenario C

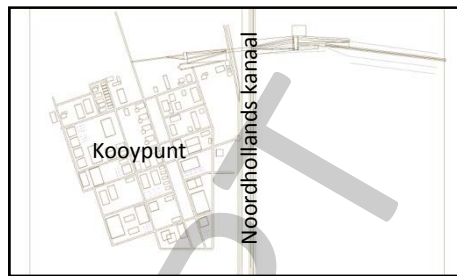
Overige uitgangspunten bij scenario C:

- Op het RHB terrein is veel ruimte benut voor op- en overslag.
- Er staan een klein aantal hoge bedrijfsgebouwen; veel ruimte is onbebouwd.
- Deze open ruimte is bestemd voor op- en overslag en verlicht op basis van de meest recente norm voor werkplekverlichting buiten EN-12464-2. De verlichtingsinstallaties zijn uitgelegd op de maximale bouwhoogte van 30 meter; hoge masten met schijnwerpers van hoog vermogen.
- Hier en daar aanvullende schijnwerpers aan de gevel, waarbij een mix van vlakstralers en breedstralende schijnwerpers is toegepast.
- Het RHB heeft een verlichte infrastructuur, gebaseerd op de reeds bestaande straatverlichting op industrieterrein Kooypunt.

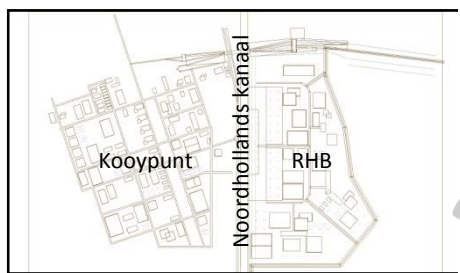
Hieronder volgt een overzicht van de plattegrond van de verschillende scenario's. Hierin is goed de geprognosticeerde groei te zien.



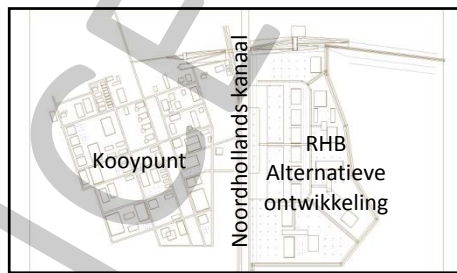
Actuele situatie



Scenario A

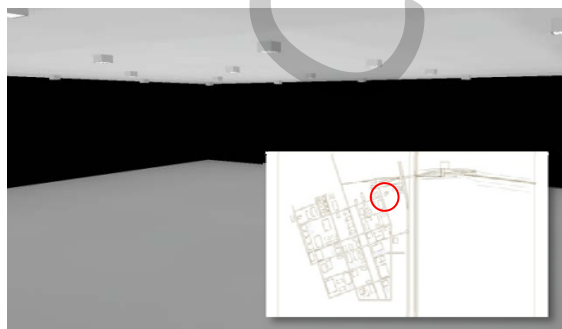


Scenario B

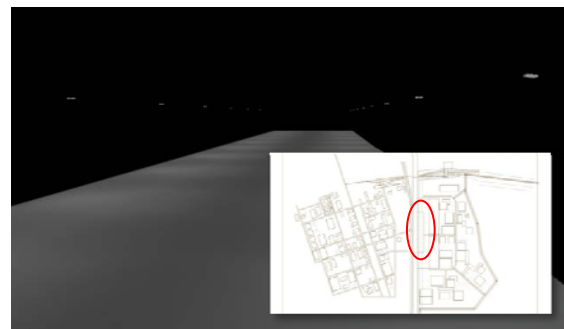


Scenario C

Voor de verschillende deelgebieden zijn separate referentieberekeningen gemaakt. Dit zijn lichtberekeningen van delen van het betreffende gebied, zoals bijvoorbeeld een parkeerterrein. Deze berekeningen zijn snel uit te voeren en dienen ter controle van de projectie van armaturen in de grote simulatieberekeningen. De referentieberekeningen zijn terug te vinden in de bijlage.



3D aanzicht van een referentieberekening van een benzinstation



3D aanzicht van een referentieberekening van de havenkade op het RHB

## Meet- en berekeningsresultaten

### Samenvatting lijn- en semicilindrische metingen

Hieronder staat het overzicht van de minimale, gemiddelde en maximale waarden van de uitgevoerde lichtmetingen. Een volledige overzicht van alle meetresultaten is terug te vinden in de bijlage.

Lokatie	Waarde	Horizontale verlichtingssterkte Eh per lijn (lux)																
		A	--/--	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Z	Z2	Z3	K	L	M
Lage Weide, Utrecht	Minimum	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-
	Gemiddeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,53	0,98	0,15
	Maximum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,10	21,80	3,69
RHB, Anna Paulowna	Minimum	0,07	0,07	0,04	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	Gemiddeld	1,67	0,92	0,18	0,16	0,24	5,61	3,49	2,00	0,30	0,15	0,13	0,02	0,02	0,02	-	-	-
	Maximum	11,99	6,07	1,83	1,67	8,42	28,40	27,30	18,44	5,43	0,82	0,31	0,13	0,11	0,09	-	-	-

\* Deze gegevens zijn berekend op basis van de meetresultaten

Lokatie	Semicilindrische verlichtingssterkte Esc per punt (lux)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Lage Weide, Utrecht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,18	1,78	1,54	1,85
RHB, Anna Paulowna	1,19	0,05	2,98	2,00	2,55	1,38	0,21	0,19	0,95	0,12	-	-	-	-

Om de grote verzameling gegevens inzichtelijk te maken zijn de metingen grafisch weergegeven op een kaart. Op deze kaart zijn lijnen afgebeeld, die opgedeeld zijn in verschillende kleuren. Elke kleur staat voor een waarde. Hieronder is de kaart afgebeeld met de meetresultaten nabij het Noordhollands kanaal.



Hetzelfde is gedaan voor de metingen op de Balgzanddijk. Deze kaart is hieronder afgebeeld. De berekende waarden van de op de Waddenzee geprojecteerde lijnen Z en Z2 worden ook getoond. Er zijn, zoals besproken in het hoofdstuk "Lichtmetingen", twee langtijdse extremen berekend: +111cm ten opzichte van NAP en -125cm ten opzichte van NAP. Het blijkt dat bij een waterstand van -125 cm ten opzichte van NAP er geen verlichtingssterktes boven de 0,1 lux worden berekend. De onderstaande afbeelding toont daarom alleen de verlichtingssterktes bij +111cm ten opzichte van NAP.



### Samenvatting lijn- en semicilindrische berekeningen

Hieronder staat het overzicht van dezelfde waarden in de verschillende scenario's die berekend zijn in het computermodel. Dit zijn de originele getallen, dat wil zeggen: de getallen voor correctie. Een volledige overzicht van de lichtberekeningen is terug te vinden in de bijlage.

Situatie	Waarde	Horizontale verlichtingssterkte Eh per lijn (lux)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Actueel	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Gemiddeld	0,96	0,03	0,02	0,01	4,39	2,21	1,84	0,27
	Maximum	4,50	0,40	0,29	0,20	16,00	15,00	97,00	1,57
Scenario A	Minimum	0,43	0,04	0,01	0,00	1,49	1,03	0,09	0,00
	Gemiddeld	3,11	0,06	0,03	0,01	4,01	1,97	2,53	0,27
	Maximum	13,00	0,28	0,29	0,20	6,28	4,02	31,42	0,77
Scenario B	Minimum	0,44	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	Gemiddeld	3,10	0,40	2,49	7,80	4,29	2,19	1,81	0,28
	Maximum	13,00	9,61	6,68	48,00	15,00	14,00	94,00	1,59
Scenario C	Minimum	0,50	0,28	0,28	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00
	Gemiddeld	4,04	7,72	14,00	12,00	4,33	2,43	2,06	1,79
	Maximum	13,00	18,00	26,00	26,00	15,00	13,00	98,00	6,17
* De meetlijnen E, F, G en H bestaan uit meerdere rekenvlakken.									
Het gemiddelde hiervan is in het overzicht verwerkt.									



Situatie	Semicilindrische verlichtingssterkte Esc per punt(lux)						
	1	2	3	4	5	6	7
Actueel	0,00	0,01	1,52	0,38	0,04	0,25	0,08
Scenario A	1,02	0,84	1,86	0,38	0,05	0,26	0,08
Scenario B	1,03	0,91	2,21	0,50	0,19	0,34	0,07
Scenario C	4,73	2,55	5,23	0,86	1,00	7,20	0,10

Zoals eerder vermeld in het hoofdstuk "Aanpak" kunnen de waarden van de meting en de berekening van de actuele situatie met elkaar vergeleken worden. Het valt op dat de waarden van de meting hoger uitvallen dan de waarden van de berekening. Bijvoorbeeld, de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte van meetlijn B, aangegeven met een pijl, is bij de meting 0,18 lux en bij de berekening 0,03 lux. Het lijkt verstandig dat de ruwe meetgetallen gecorrigeerd worden. Dit wordt uiteengezet in het volgende hoofdstuk.

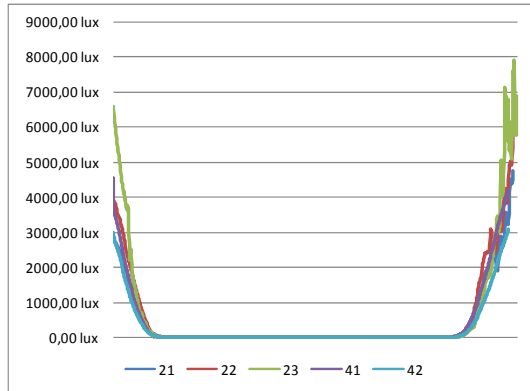
### Samenvatting continu metingen

Hieronder zijn in tabelvorm de minimale, gemiddelde en maximale waarden weergegeven. De waarden zijn opgedeeld in twee delen: het verloop rond middernacht en het verloop vanaf een uur voor zonsondergang tot een uur na zonsopgang. Deze laatste reeks bevat metingen van daglicht en is daarom niet representatief voor wat er zich afspeelt in de duisternis.

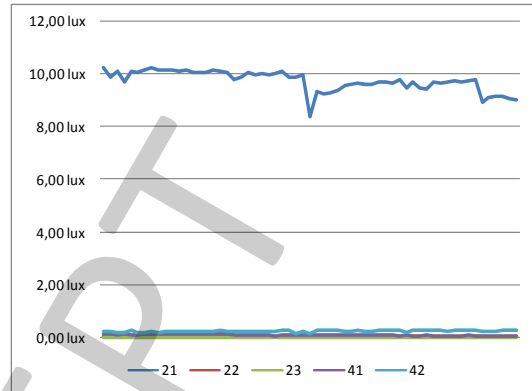
		Eh Horizontale verlichtingssterkte (lux)				
		N9/NH-kanaal		Balgzanddijk		Lage Weide
		22-23 april 09		20-21 april 09		24-25 april 09
		Licht bewolkt, geen maan.		Onbewolkt, beetje mist, geen maan.		Onbewolkt.
Tijdstip	Waarde	21	22	23	41	42
Vanaf 23.30 uur tot 0.30 uur	Minimum	8,39	0,04	0,02	0,07	0,16
	Gemiddeld	9,75	0,04	0,03	0,11	0,26
	Maximum	10,23	0,05	0,03	0,14	0,30
Vanaf één uur voor zonsondergang tot één uur voor zonsopgang	Minimum	8,39	0,01	0,02	0,07	0,13
	Gemiddeld	373	478	602	374	268
	Maximum	4751	5970	7900	4549	3096



Om beter inzicht te verkrijgen in het verloop van de metingen, zijn de meetreeksen weergegeven in een grafiek. Een volledige overzicht is terug te vinden in de bijlage.



Continu meting horizontale verlichtingssterke  $E_h$  vanaf één uur voor zonsondergang (19.46u-19.53u) tot één uur na zonsopgang (7.22u-7.30u)

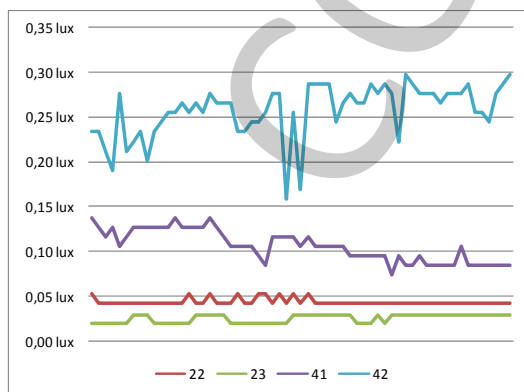


Continu meting horizontale verlichtingssterke  $E_h$  rond middernacht vanaf 23.30u tot 0.30u.

Verklaring meetpunten:

- 21 & 22 - Langs de N9
- 23 - Balgzanddijk
- 41 & 42 - Lage Weide, Utrecht

De tweede grafiek geeft het verloop van de horizontale verlichtingssterkte weer rond middernacht. Hiermee wordt inzichtelijk wat er zich afspeelt in de duisternis. Duidelijk is dat meetpunt 21, gelegen langs de N9, een aanzienlijk hogere verlichtingssterkte toont dan de andere meetpunten. Dit wordt veroorzaakt door de nabij gelegen openbare verlichting. De schaal van de grafiek wordt overheerst door de hoge waarden van meetpunt 21. Wanneer we meetpunt 21 uit de grafiek wegnemen, wordt beter zichtbaar wat het verloop is van de overige meetpunten.



Continu meting horizontale verlichtingssterke  $E_h$  rond middernacht vanaf 23.30u tot 0.30u, exclusief meetpunt 21.

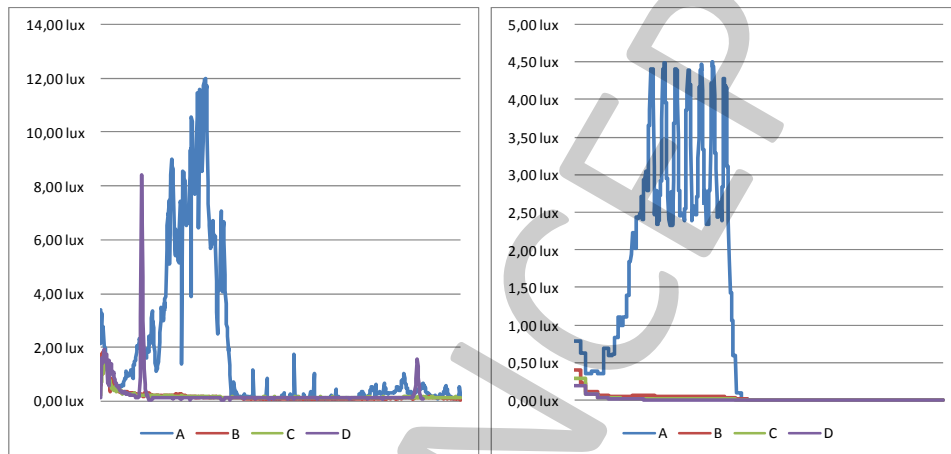
Verklaring meetpunten:

- 22 - Langs de N9
- 23 - Balgzanddijk
- 41 & 42 - Lage Weide, Utrecht

## Prognose

### Interpretatie verloop meet- en berekeningswaarden

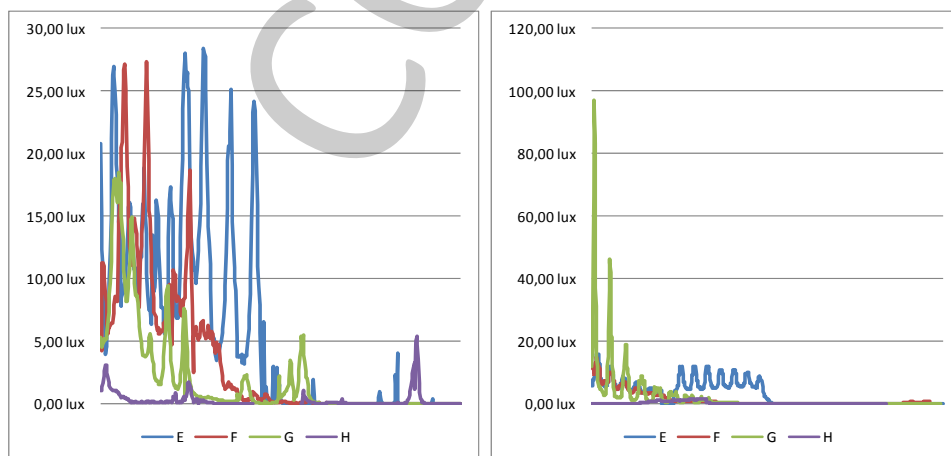
De onderstaande grafieken met het verloop van de verlichtingssterktes tonen de piekwaarden uit zowel de lichtmeting als -berekening. Op basis hiervan kan beoordeeld worden of de gemiddelden representatief zijn, of bijvoorbeeld sterk worden beïnvloed door een piekwaarde als gevolg van een nabijgelegen lantaarn of schijnwerper.



Lichtmeting

Lichtberekening

Parallel aan het Noordhollands kanaal, ten westen van het RHB, v.l.n.r. N99 <-> Spoorviaduct



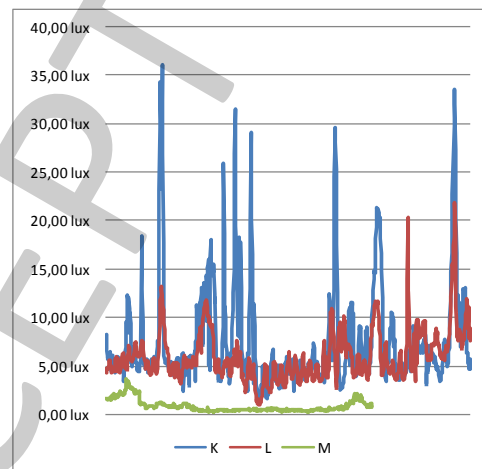
Lichtmeting

Lichtberekening

Parallel aan de N99, ten noorden van het RHB, v.l.n.r. NH Kanaal <-> Schorweg

In de lichtberekening van de actuele situatie blijkt de eerste reeks waarden van lijn G excessief hoog te zijn: rond de 90 lux. Na een dal is er weer een piek van rond de 45 lux te waarnemen. Daarna daalt de maximale waarde tot onder de 20 lux. Deze sterke pieken worden veroorzaakt doordat het berekeningsvlak zich te dicht bij een lichtmast bevindt. De pieken zijn niet representatief en de maximale waarde rond lijn G zal daarom niet verder gecorrigeerd worden.

Verder blijkt dat de meetreeks voor bijna elke meetlijn gekenmerkt wordt door een grillig verloop van pieken en dalen. Deze worden in eerste plaats veroorzaakt door openbare verlichtingsarmaturen, die vaak op grote afstanden van elkaar liggen. In de tweede plaats worden er pieken veroorzaakt door de aanwezige verlichting bij particuliere woonerven. Uit de vergelijking van de reeks meetwaarden met de reeks berekeningswaarden blijkt dat de dynamiek in grote lijnen overeenkomt. Deze dynamiek is ook waar te nemen bij de reeks van het referentiegebied Lage Weide. Daarom is er geen directe noodzaak om de waarden in de lichtberekening bij te stellen door het wegnemen van pieken en/of dalen.



Lichtmeting over/parallel aan de Reactorweg, Lage Weide Utrecht

Tevens blijkt uit de vergelijking van de reeks meetwaarden met de reeks berekeningswaarden dat "lichtruis" niet terugkomt in de berekeningswaarden. Bij grotere afstand vanaf een lichtpunt daalt de berekende verlichtingssterkte tot 0 lux. Hier lijkt een correctie wel gewenst, omdat in de praktijk vrijwel altijd een (kleine) hoeveelheid licht de meetcel bereikt.

## Correctie berekeningsresultaten

De waarden uit de meting zijn over het algemeen hoger dan de berekening. Dit wordt veroorzaakt door willekeurige lichttoepassingen en factoren die bijvoorbeeld reflectie en diffusie veroorzaken zoals airglow (lichtreflectie via de atmosfeer), bomen, struiken, wegwijzers, tijdelijk bebouwing als billboards, etc. Deze factoren worden in de lichtberekeningen niet meegenomen.

In de onderstaande tabel zijn de verschillen tussen de meting en de berekening van de actuele situatie inzichtelijk gemaakt. In totaal liggen de berekende horizontale verlichtingssterktes 0,49 lux lager dan de gemeten horizontale verlichtingssterktes, een afname van 29%. Bij de semicilindrische verlichtingssterktes geldt dat de berekende waarden 1,15 lux lager liggen dan de gemeten waarden, een afname van 78%. In de huidige werkelijke situatie worden dus veel hogere semicilindrische verlichtingssterktes gemeten dan er zijn berekend.

### Vergelijking lichtmeting en -berekening actuele situatie

Bron	Lokatie	Waarde	Horizontale verlichtingssterkte Eh (lux)								Gem.	
			A	B	C	D	E	F	G	H		
Meting	RHB, Anna Paulowna	Minimum	0,07	0,04	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
		Gemiddeld	1,67	0,18	0,16	0,24	5,61	3,49	2,00	0,30	1,71	
		Maximum	11,99	1,83	1,67	8,42	28,40	27,30	18,44	5,43	12,94	
Berekening actueel	N.v.t. *	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Gemiddeld	0,96	0,03	0,02	0,01	4,39	2,21	1,84	0,27	1,22	
		Maximum	4,50	0,40	0,29	0,20	16,00	15,00	97,00	1,57	16,87	
Absolute verschil ***	N.v.t.	Minimum	0,07	0,04	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	
		Gemiddeld	0,71	0,15	0,14	0,23	1,22	1,28	0,16	0,04	0,49	
		Maximum	7,49	1,43	1,38	8,22	12,40	12,30	-78,56	3,86	-3,94	
Relatieve verschil	N.v.t.	Minimum	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Gemiddeld	42%	83%	88%	96%	22%	37%	8%	12%	29%	
		Maximum	62%	78%	83%	98%	44%	45%	-426%	71%	-30%	

Bron	Lokatie	Waarde	Semicilindrische verlichtingssterkte Esc (lux)							Gem.	
			1	2	3	4	5	6	7		
Meting	RHB, Anna Paulowna	Minimum	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gemiddeld	1,19	0,05	2,98	2,00	2,55	1,38	0,21	1,48	
		Maximum	-	-	-	-	-	-	-	-	
Berekening actueel	N.v.t. *	Minimum	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gemiddeld	0,00	0,01	1,52	0,38	0,04	0,25	0,08	0,33	
		Maximum	-	-	-	-	-	-	-	-	
Absolute verschil ***	N.v.t.	Minimum	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gemiddeld	1,19	0,04	1,46	1,62	2,51	1,13	0,13	1,15	
		Maximum	-	-	-	-	-	-	-	-	
Relatieve verschil	N.v.t.	Minimum	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gemiddeld	n.v.t.	80%	49%	81%	98%	82%	62%	78%	
		Maximum	-	-	-	-	-	-	-	-	

\* De lokatie RHB is in het rekenmodel gesimuleerd

\*\* De meetlijnen E, F, G en H bestaan uit meerdere rekenvlakken. Het gemiddelde hiervan is in het overzicht verwerkt.

\*\*\* De waarde van de meting minus de waarde van de berekening. Bij negatieve waarden is de waarde van de berekening hoger dan die van de meting.

De waarden van de prognosesituatie zullen dus omhoog gecorrigeerd dienen te worden. Wij gebruiken hiervoor de meting en berekening van de actuele situatie. Er is een correctie uitgevoerd volgens de formule:

$$WP = WLB + AV + 20\%$$

WP	–	Waarde prognose van de verschillende scenario's
WLB	–	Waarde volgens de lichtberekening
AV	–	Absoluut verschil tussen meting en berekening actuele situatie
20%	–	Extra ophoging ter compensatie voor het ontbreken van de eerder genoemde factoren.

$$AV = GMW - GBW$$

GMW	–	Gemiddelde meetwaarde van een meetlijn
GBW	–	Gemiddelde berekeningswaarde van die meetlijn

Het doel van deze formule is om de theoretische waarden uit de lichtberekening op te hogen met de in de praktijk gemeten "lichtruis". Met lichtruis wordt dan bedoeld: licht dat de meetcel bereikt vanaf een niet nauwkeurig te herleiden lichtbron. Deze optelsom wordt vervolgens verhoogd met 20%. Dit is een inschatting van de invloed van factoren die evenredig toenemen met de aanwezige hoeveelheid licht, zoals airglow. Een voorbeeld: hoe meer licht er zich in een gebied bevindt, hoe groter de reflectie van het hemeldek op een bepaald punt in dat gebied.

Na correctie zijn per scenario de volgende waarden geprognosticeerd. De scenario's zijn:

- A. Autonome ontwikkeling van het gebied.
- B. Autonome ontwikkeling en de ontwikkeling van het RHB volgens de gewenste toekomstvisie.
- C. Autonome ontwikkeling en een alternatieve ontwikkeling van het RHB.

	Waarde	Horizontale verlichtingssterkte Eh (lux)								Gem.
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Scenario A, gecorrigeerd	Minimum	0,60	0,10	0,13	0,04	1,79	1,24	0,11	0,00	0,50
	Gemiddeld	4,58	0,25	0,21	0,29	6,28	3,90	3,23	0,37	2,39
	Maximum	24,59	2,05	2,00	10,10	22,42	19,58	n.v.t.	5,55	12,33
Scenario B, gecorrigeerd	Minimum	0,61	0,10	0,13	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
	Gemiddeld	4,57	0,66	3,16	9,64	6,61	4,17	2,37	0,37	3,94
	Maximum	24,59	13,25	9,67	67,46	32,88	31,56	n.v.t.	6,54	26,56
Absolute verhoging scenario B t.o.v. A	Minimum	0,01	0,00	0,00	0,01	-1,79	-1,24	-0,11	0,00	-0,39
	Gemiddeld	-0,01	0,41	2,95	9,35	0,34	0,27	-0,86	0,01	1,56
	Maximum	0,00	11,20	7,67	57,36	10,46	11,98	n.v.t.	0,99	14,24
Relatieve verhoging scenario B t.o.v. A	Minimum	2%	0%	0%	33%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-78%
	Gemiddeld	0%	163%	1416%	3245%	5%	7%	-27%	2%	65%
	Maximum	0%	546%	383%	568%	47%	61%	n.v.t.	18%	115%
Scenario C, gecorrigeerd	Minimum	0,68	0,38	0,46	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
	Gemiddeld	5,70	9,44	16,97	14,68	6,66	4,45	2,67	2,19	7,84
	Maximum	24,59	23,32	32,86	41,06	32,88	30,36	n.v.t.	12,04	28,16
Absolute verhoging scenario C t.o.v. A	Minimum	0,08	0,29	0,32	0,66	-1,79	-1,24	-0,11	0,00	-0,22
	Gemiddeld	1,12	9,19	16,76	14,39	0,38	0,55	-0,56	1,82	5,46
	Maximum	0,00	21,26	30,85	30,96	10,46	10,78	n.v.t.	6,49	15,83
Relatieve verhoging scenario C t.o.v. A	Minimum	14%	300%	245%	1833%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-45%
	Gemiddeld	24%	3665%	8041%	4994%	6%	14%	-17%	498%	229%
	Maximum	0%	1036%	1540%	306%	47%	55%	n.v.t.	117%	128%

\* De meetlijnen E, F, G en H bestaan uit meerdere rekenvlakken. Het gemiddelde hiervan is in het overzicht verwerkt.

	Semicilindrische verlichtingssterkte Esc (lux)							Gem.
	1	2	3	4	5	6	7	
Berekening scenario A, gecorrigeerd	2,65	1,06	3,98	2,40	3,07	1,67	0,25	2,15
Berekening scenario B, gecorrigeerd	2,66	1,14	4,40	2,54	3,24	1,76	0,24	2,29
Absolute verhoging scenario B t.o.v. A	0,01	0,08	0,42	0,14	0,17	0,10	-0,01	0,13
Relatieve verhoging scenario B t.o.v. A	0%	8%	11%	6%	5%	6%	-5%	6%
Berekening scenario C, gecorrigeerd	7,10	3,11	8,03	2,98	4,21	10,00	0,28	5,10
Absolute verhoging scenario C t.o.v. A	4,45	2,05	4,04	0,58	1,14	8,33	0,02	2,95
Relatieve verhoging scenario C t.o.v. A	168%	194%	102%	24%	37%	499%	10%	137%

Deze getallen zijn samengevat in de volgende tabel:

### Generale samenvatting gecorrigeerde prognoseberekening

Scenario/Gebied	Waarde	Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte $E_h$ (lux)	Gemiddelde semicilindrische verlichtingssterkte $E_{sc}$ (lux)
De actuele, gemeten situatie rond het RHB (meetlijnen A t/m H en meetpunten 1 t/m 7)	Minimum	0,03	0,05
	<b>Gemiddeld</b>	<b>1,71</b>	<b>1,48</b>
	Maximum	12,94	2,98
A. Autonome ontwikkeling van het gebied. Dit houdt in de natuurlijke groei van het reeds bestaande industrieterrein "Kooypunt" en omliggende infrastructuur.	Minimum	0,50	0,25
	<b>Gemiddeld</b>	<b>2,39</b>	<b>2,15</b>
	Maximum	12,33	3,98
B. Autonome ontwikkeling en de ontwikkeling van het RHB volgens de gewenste toekomstvisie: 80% van het RHB is productie en onderhoud van windturbines, 20% is overige industrie.	Minimum	0,11	0,24
	<b>Gemiddeld</b>	<b>3,94</b>	<b>2,29</b>
	Maximum	26,56	4,40
C. Autonome ontwikkeling en een alternatieve ontwikkeling van het RHB: een verkenning van de situatie na 20 jaar als het merendeel van het RHB wordt benut als een op- en overslagterrein.	Minimum	0,28	0,28
	<b>Gemiddeld</b>	<b>7,84</b>	<b>5,10</b>
	Maximum	28,16	10,00
De actuele, gemeten situatie op de Balgzanddijk (meetlijnen I en J, meetpunten 8 t/m 10)	Minimum	0	0,12
	<b>Gemiddeld</b>	<b>0,14</b>	<b>0,42</b>
	Maximum	0,82	0,95
Referentiegebied Lage Weide, Utrecht (meetlijnen K t/m M en meetpunten 11 t/m 14)	Minimum	0,15	1,54
	<b>Gemiddeld</b>	<b>4,80</b>	<b>2,09</b>
	Maximum	36,10	3,18



## Conclusie en aanbeveling

Volgens de simulatieberekening zou de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op de meetlijnen A t/m H in scenario A, de autonome ontwikkeling van het gebied, circa 40% toenemen ten opzichte van de gemeten huidige situatie. Hetzelfde geldt bij benadering voor de gemiddelde semicilindrische verlichtingssterkte, deze zou circa 45% toenemen.

In scenario B, de autonome ontwikkeling en de gewenste ontwikkeling van het RHB, zou de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op de meetlijnen A t/m H circa 130% toenemen ten opzichte van de gemeten huidige situatie. De gemiddelde semicilindrische verlichtingssterkte stijgt niet evenredig en neemt circa 55% toe. De waarden van scenario B stemmen in grote lijnen overeen met de gemeten waarden van het referentiegebied Lage Weide.

In scenario C, de alternatieve ontwikkeling van het gebied, zou de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op de meetlijnen A t/m H circa 360% toenemen ten opzichte van de gemeten huidige situatie. De gemiddelde semicilindrische verlichtingssterkte neemt als gevolg van de hoge lichtmasten circa 245% toe.

Het is van belang te constateren dat zowel in de lichtberekeningen als in de lichtmetingen de gemiddelden zijn samengesteld uit getallen met een grote spreiding. De gelijkmatigheid langs de meet- en berekenlijnen is laag. Dit houdt in dat er plaatsen zijn met een hoog verlichtingsniveau en plaatsen met een laag verlichtingsniveau.

Verder kan worden opgemerkt dat de horizontale verlichtingssterktes op de meetlijnen op de Balgzanddijk vrij laag zijn: gemiddeld 0,14 lux met een maximum van 0,82 lux. Daarentegen zijn de gemeten semicilindrische verlichtingssterktes vrij hoog: gemiddeld 0,42 lux met een maximum van 0,95 lux. Gemiddeld zijn de semicilindrische verlichtingssterktes een veelvoud van de horizontale verlichtingssterktes, hetgeen uitzonderlijk genoemd kan worden. Dit wordt veroorzaakt door de verlichtingsinstallaties die langs de Oostoeverweg liggen, aan de overkant van het water (zie afbeelding). Deze verlichtingsinstallaties veroorzaken relatief hoge verticale verlichtingsniveaus. Als gevolg hiervan kan men stellen dat er langs dit deel van de Balgzanddijk in de huidige situatie geen sprake is van natuurlijke duisternis.



### **RHB lichtpreventie instructie**

De lichtwaarden, strooilicht en lichthinder die in de toekomst zullen optreden zijn afhankelijk van de lichttechnische kwaliteit van de installaties. Zo kunnen er met algemene maatregelen verbeteringen worden aangebracht in het lichtbeeld in en rondom het gebied.

Een doeltreffende aanpak is het geven van nauwkeurig geformuleerde instructies aan betrokken technische adviseurs, installateurs en leveranciers. Hierdoor kan de kwaliteit van de lichtinstallaties in het gebied consequent en positief beïnvloed worden. In deze tekst, die kortweg de "RHB lichtpreventie instructie" zou kunnen heten, worden de lichttechnische kwaliteit, prestatie en de doelstelling van de armaturen omschreven.

Tevens kan omschreven worden welke overschrijding ongewenst is. De lichthindergrenzen volgens de richtlijnen van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, die in het Activiteitenbesluit genoemd worden, kunnen als leidraad dienen.

Door deze tekst actief te maken en actueel te houden bij offerteaanvragen en latere realisatie, wordt een constructieve en praktische bijdrage geleverd aan de bescherming van het milieu. Lichtconsult.nl werkt hier graag aan mee en kan deze RHB lichtpreventie instructie opstellen.

### **Oostoeverweg**

In navolging op het voorgaande, kan ook de lichtinstallatie aan de Oostoeverweg verbeterd worden. De positie en richting van de armaturen in de lichtinstallaties zijn van groot belang. Door een strategische opstelling kan veel ongewenst strooilicht worden voorkomen. Daarnaast kunnen vlakstralende schijnwerpers toegepast worden, die door hun lichtsterkteverdeling veel direct strooilicht voorkomen. Ook kunnen aanvullende accessoires, zoals bijvoorbeeld barndoors of soortgelijke schermen, direct en ongewenst strooilicht voorkomen.

## Bijlagen

De bijlagen zijn digitaal op een CD bijgevoegd bij dit rapport:

### Lichtmeting:

Resultaten horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  meetlijnen A, B, C en D  
Resultaten horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  meetlijnen E, F, G en H  
Resultaten horizontale verlichtingssterkte  $E_h$  meetlijnen I en J  
Resultaten semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  meetpunten 1, 2, 3 en 4  
Resultaten semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  meetpunten 5, 6, en 7  
Resultaten semicilindrische verlichtingssterkte  $E_{sc}$  meetpunten 8, 9, en 10  
Resultaten continu meting horizontale verlichtingssterkte  $E_h$   
Tekening berekening Waddenzee meetlijnen I, J, Z, Z2, etc.  
Kalibreerrapport Mobilux luxmeter 1  
Kalibreerrapport Mobilux luxmeter 2  
Kalibreerrapport Mobilux luxmeter 3

### Meteorologische omstandigheden

KNMI Waarnemingen en Zicht 2 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 8 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 13 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 20 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 21 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 22 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 23 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 24 april 2009  
KNMI Waarnemingen en Zicht 25 april 2009

### Lichtberekening:

Actueel – Verkort  
Scenario A – Verkort  
Scenario B – Verkort  
Scenario C – Verkort  
Referentieberekeningen