

# Tunnel Broek in Waterland

## Ontwerp en kostenraming



## Toelichting en ontwerpverantwoording

Provincie Noord-Holland

november 2011  
Definitief



# Tunnel Broek in Waterland

## Ontwerp en kostenraming

### Toelichting en ontwerpverantwoording

dossier : BA6222

registratienummer : IS-DH20110717

versie : 2

classificatie : Klant vertrouwelijk

Provincie Noord-Holland

november 2011

Definitief



**INHOUD****BLAD**

1	INLEIDING, KADER VAN DE OPDRACHT	3
1.1	Introductie	3
1.2	Leeswijzer	3
2	ALGEMENE OPMERKINGEN EN UITGANGSPUNTEN	4
2.1	Ontwerp	4
2.1.1	Wegontwerp	4
2.1.2	Tunnel	4
3	ONTWERP TUNNEL BROEK IN WATERLAND	6
3.1	Programma van Eisen	6
3.1.1	Constructieve eisen	6
3.1.2	Eisen tunnelveiligheid en installaties	7
3.1.3	Werksessie 15 juli 2011	7
3.2	Ontwerp	7
3.3	Bouwwijze	10
3.4	Niet uitgewerkte varianten	10
3.4.1	Variant 1: korte tunnel	10
3.4.2	Variant 2: smallere tunnel	11
3.4.3	Variant 3: open tunnelbak in plaats van gesloten tunnel	11
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	12
4.1	Conclusies	12
4.2	Aandachtspunten en aanbevelingen	12
5	COLOFON	13

**BIJLAGEN**

1	Ontwerptekening
2	Kostenraming
3	Eisen tunnelveiligheid en installaties



## **1 INLEIDING, KADER VAN DE OPDRACHT**

### **1.1 Introductie**

In het kader van de verkenningenstudie Bereikbaarheid Waterland is een groot aantal maatregelen geïnterpreteerd. Een deel van deze maatregelen wordt onder de noemer Leefbaarheid en doorstroming N247 Broek in Waterland nader onderzocht. Deze maatregelen moeten leiden tot:

- betere doorstroming ter hoogte van Broek in Waterland;
- beperking van de overlast voor omwonenden.

Een van deze nader te onderzoeken maatregelen is de aanleg van een tunnel onder de kern Broek in Waterland. Doel van deze tunnel is om het doorgaande verkeer uit de kern te weren. Bestemmingsverkeer (plaatselijk verkeer en openbaar vervoer) zal van de huidige bovengrondse weg gebruik blijven maken.

DHV heeft in opdracht van de provincie Noord-Holland een schetsontwerp en kostenraming gemaakt van een tunnel onder de kern Broek in Waterland. In de voorliggende rapportage wordt het ontwerpproces beschreven, de gemaakte ontwerpkeuzes toegelicht en wordt het eindresultaat gepresenteerd.

### **1.2 Leeswijzer**

In dit rapport komen alle uitgewerkte ontwerp oplossingen aan de orde. Wij onderscheiden hierin:

- een beschrijving van de gehanteerde uitgangspunten, deze zetten wij in hoofdstuk 2 op een rij;
- een beschrijving van het ontwerpproces en de daarbij gemaakte keuzes, deze beschrijven wij in hoofdstuk 3;
- de conclusies en aanbevelingen voor een vervolgfase in hoofdstuk 4.

Deze ontwerpnotitie dient als onderbouwing van en nadere toelichting op de conclusies die eerder zijn getrokken.

## 2 ALGEMENE OPMERKINGEN EN UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Ontwerp

#### 2.1.1 Wegontwerp

Voor het wegontwerp hebben wij de volgende uitgangspunten gehanteerd:

##### Richtlijnen

- Eisen en Richtlijnen Bouw- en Infraprojecten, deel 1, Wegen
- Wegontwerp in tunnels; Convergentie- en divergentiepunten in en nabij tunnels, Rijkswaterstaat, versie 1.1, 31-07-2008.

##### Dwangpunten, maatvoering

- Zoveel mogelijk gebruik maken van huidig ruimtebeslag;
- Ter hoogte van het huidige kruispunt N247/Eilandweg wordt in de toekomst een brandweerpost gebouwd die niet mag worden aangetast door realisatie van de tunnel. De situatietekening 'Nieuwbouw brandweerpost te Broek in Waterland', 0986-SI01 van 28-01-2011 (bijlage 3 bij de uitvraag) is uitgangspunt geweest voor ons ontwerp.

##### Ontwerpsnelheid

- N247 en tunnel: 80 km/u;
- Aansluitende infrastructuur: 50 km/u.

##### Overige randvoorwaarden en uitgangspunten

- Kruisend verkeer op provinciale wegen dient zoveel mogelijk te worden voorkomen;
- Op ons ontwerp hebben wij tevens de voorgenomen nieuwbouw 'De Trambaan' opgenomen (zie Afbeelding 1).



Afbeelding 1: Nieuwbouwproject 'De Trambaan'

#### 2.1.2 Tunnel

Voor het ontwerp van de tunnel hebben wij de volgende uitgangspunten gehanteerd:



### Richtlijnen

- Eisen en Richtlijnen Bouw- en Infraprojecten, deel 2, Kunstwerken;
- Wet aanvullende regels veiligheid (2006). Deze zegt onder andere:
  - Tunnels langer dan 250 m:
    - 'eenrichtingsverkeer, tenzij...';
    - 2 tunnelbuizen;
    - Wegbreedte: 7,00 m (rijstrook + vluchtstrook);
  - Tunnels korter dan 250 m:
    - Tweerichtingsverkeer toegestaan;
    - 1 Tunnelbuis mogelijk, niet wenselijk.
- RWS: Veiligheidsrichtlijnen deel C (VRC).

### Dwangpunten, maatvoering

- Gevaarlijke stoffen gaan niet door de tunnel (via N244). Tunnel klasse D/E;
- Doorrijhoogte (profiel van vrije ruimte) is 4,70 m;
- Elke tunnelbuis dient bij één rijstrook voorzien te zijn van een vluchtstrook.

### Overige randvoorwaarden en uitgangspunten

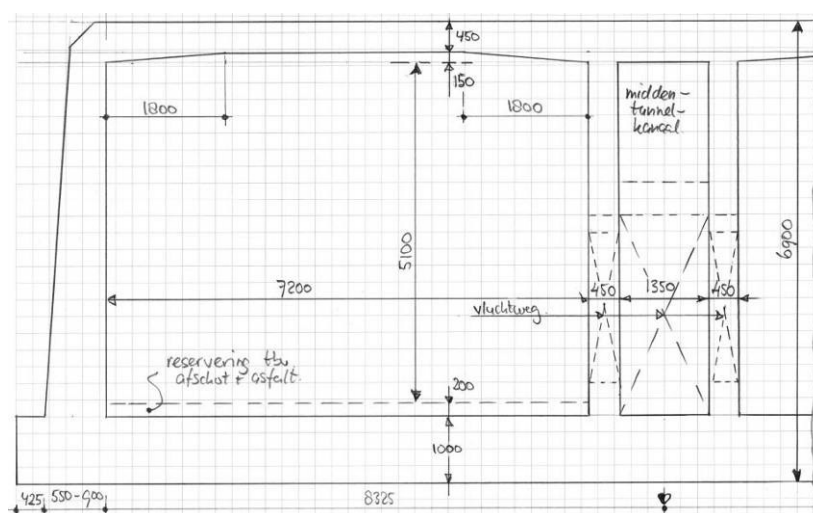
- De tunnel is voorzien van een vluchtgang, tunneltechnische installaties en een bedieningsgebouw, conform de voorschriften voor tunnels met een lengte van minder dan 500 m;
- De vaarweg is maximaal 2,0 m diep;
- Op de tunnel ligt 1 meter grond/stortsteen (let op ontgronden door scheepsschroeven);
- Bovenkant tunnel ligt derhalve maximaal 3 meter onder de waterlijn;
- Uitgangspunt voor het bovendeck is dat de constructie tegen brand is beschermd door sprinkler of brandwerende bekleding.

### 3 ONTWERP TUNNEL BROEK IN WATERLAND

#### 3.1 Programma van Eisen

##### 3.1.1 Constructieve eisen

Wij hebben bepaald welke constructieve eisen voor de tunnel van toepassing zijn. Op basis hiervan hebben wij een dwarsprofiel voor de tunnel opgesteld. Dit dwarsprofiel is uitgangspunt geweest voor het gewontwerp:



**Afbeelding 2: dwarsprofiel van de tunnel**

Toelichting op dit dwarsprofiel:

- de vrij beschikbare hoogte in de tunnel is 5,10m (eventuele afwerking van het plafond en technische installaties kunnen deze hoogte reduceren). Op basis van ervaring schatten wij in dat de vereiste doorrijhoogte van 4,70 m hiermee gehaald kan worden (wanneer installaties zijn geplaatst);
- voor afschot en asfalt is 200mm gereserveerd;
- de beschikbare breedte per tunnelbuis is gekozen op 7,20m en is iets royaler genomen dan de minimaal vereiste 7,00m (bedoeld voor 1 rijstrook en 1 vluchtstrook);
- de afmetingen van het bovendek zijn minimaal gedimensioneerd; er is naar onze opvatting juist voldoende ruimte voor wapeningsdetaillering nabij de voeg (mocht dit tegenvallen dan kan de doorsnede nog wat worden vergroot zonder dat de tunnelafmetingen toenemen ivm 150mm reserve die ook voor de voutes langs de wanden is toegepast);
- ook de wanden van het middentunnelkanaal zijn minimaal gekozen; er zal geen ruimte zijn om bijvoorbeeld brandhaspels e.d. uit te sparen;
- in het middentunnelkanaal is een koppeling gedacht tussen de beide wanden onderling, en kan bestaan uit een vloer met gaten of balkjes;
- aan deze constructie is nog niet gerekend; afmetingen zijn ingeschat;
- in eerste instantie wordt alleen gedacht aan voorspanning in langsricting en gewapend beton voor de dwarsrichting;
- gedacht wordt minimaal aan betonkwaliteit C35/45 in verband met de gewenste dwarskrachtcapaciteit en vanwege voorspanning.

### 3.1.2 Eisen tunnelveiligheid en installaties

Daarnaast hebben wij zeer globaal de eisen met betrekking tot tunnelveiligheid en installaties bepaald. Het bijbehorende PvE is opgenomen in bijlage 3.

### 3.1.3 Werksessie 15 juli 2011

In werksessie met de provincie Noord-Holland, Stadsregio Amsterdam en de gemeente Waterland zijn, op basis van het door ons opgestelde concept PvE, de uiteindelijke kaders en eisen vastgesteld waarbinnen het schetsontwerp diende te worden gemaakt.

In de werksessie zijn onder andere de volgende zaken aan de orde gekomen:

- Afweging tussen een korte en een lange tunnel (zie Afbeelding 3). Besloten is om een lange, gesloten tunnel verder uit te werken. In paragraaf 3.4 geven wij een overzicht van de voor- en nadelen van de andere varianten;
- Verkeer in noordelijke richting dient over de tunnel heen te kruisen en dient na de tunnelmond in te voegen op de N247;
- Voor doorgaand verkeer dient het 'logisch' te zijn om via de tunnel te rijden;
- Inschatting dat 85% van het verkeer vanuit Broek in Waterland richting Amsterdam gaat en 15% richting Monnickendam;
- Er rijden in de spits ca. 50 bussen per uur in beide richtingen. De tunnel en de aansluitingen met de overige infrastructuur dient dit volume te kunnen verwerken zonder dat oponthoud optreedt;
- De Broekermeedijk is een waterkerende dijk. Bij doorsnijding hiervan dienen aanvullende maatregelen te worden genomen.



Afbeelding 3: afweging tussen korte en lange tunnel

## 3.2 Ontwerp

Na vaststelling van de eisen aan de tunnel en de aansluitende infrastructuur hebben wij op basis van deze eisen een schetsontwerp en een SSK-kostenraming gemaakt.

### **Wegontwerp**

Voor het wegontwerp zijn de volgende principes aangehouden:

- Verkeer komend vanuit de kern Broek in Waterland richting Amsterdam wordt afgewikkeld via het kruispunt aan de *zuidwestzijde* van de tunnel;
- Verkeer komend vanuit de kern Broek in Waterland richting Monnickendam wordt afgewikkeld via de aansluiting aan de *noordoostzijde* van de tunnel;
- Verkeer komend vanuit de Eilandweg kan via het kruispunt aan de zuidwestzijde van de tunnel zowel richting Amsterdam als richting Monnickendam.

In het ontwerp is uitgegaan van twee aansluitingen. Bij deze aansluitingen is nog niet gekeken op welke wijze de bus het beste doorstroomt. Daarvoor moet helder zijn welke bussen gebruik maken van de tunnel en welke door het dorp blijven rijden. Gezien het verkennende stadium van het project gaat dat op dit moment te ver. Uiteindelijk dient er rekening mee te worden gehouden dat voor het OV nog aanvullende voorzieningen moeten worden getroffen.

Kenmerken van het ontwerp zijn verder:

#### *Zuidwestzijde van de tunnel*

- Verschuiving van het kruispunt N247/Eilandweg ca. 350 m naar het zuidwesten, ter hoogte van de huidige vluchthaven aan de zuidzijde van de N247. Deze vluchthaven dient mogelijk elders te worden gerealiseerd, dit is niet in ons ontwerp opgenomen;
- Het kruispunt N247/Eilandweg krijgt een extra tak aan de noordwestzijde richting de kern Broek in Waterland;
- Het kruispunt N247/Eilandweg wordt, net als in de huidige situatie, voorzien van een VRI;
- De nieuwe weg naar de kern van Broek in Waterland wordt vanaf het kruispunt parallel aan de N247 op maaiveld aangelegd, met aan het eind een helling om op het huidige niveau te kruisen met de Broekermeerdijk. Hiervoor dient een aantal bomen te verdwijnen en een watergang te worden verlegd;
- De kruising van de nieuwe weg naar de kern met de Broekermeerdijk wordt iets gewijzigd ten opzichte van de huidige situatie om ruimte te creëren voor de tunnelmond;
- De 'oude' N247 door de kern Broek in Waterland kan mogelijk worden afgewaardeerd, dit is geen onderdeel van ons ontwerp;
- De Eilandweg wordt verlengd en loopt eveneens op maaiveld parallel aan de N247 over het huidige tracé van de parallelweg. Ook hiervoor dient waarschijnlijk een watergang te worden verlegd om het bredere wegprofiel mogelijk te maken;
- Naast het huidige kruispunt N247/Eilandweg komt in de toekomst een brandweerpost. Mogelijk kan (de verharding van) dit kruispunt behouden blijven om een directe uitrijmogelijkheid naar de N247 voor de brandweer mogelijk te maken.

#### *Noordoostzijde van de tunnel*

- Realiseren van een 'splitsing' tussen oude en nieuwe N247 door gebruik te maken van in- en uitvoegers, zonder VRI;
- De rijbaan richting noorden (Monnickendam) gaat over de tunnel en voegt vervolgens in op de N247;
- De vrije busbaan takt in vóór de uitvoegstrook richting kern Broek in Waterland. Een definitieve keuze voor de afwikkeling van het busverkeer moet nog worden gemaakt, zie ook aanbevelingen voor vervolgfases hieronder;

- De rijbaan richting zuiden (kern Broek in Waterland) buigt uit om ruimte te bieden aan de tunnelmond en buigt vervolgens weer terug om vlak voor de bebouwde kom op het huidige tracé van de N247 uit te komen. Hiervoor dient een watergang te worden verlegd.

## Tunnel

Kenmerken van het ontwerp zijn:

- Ter hoogte van de toekomstige brandweerpost (huidige kruispunt N247/Eilandweg) begint de toerit naar de tunnel. Deze heeft een lengte van ca. 182 m;
- In ons ontwerp zijn wij ervan uitgegaan dat de huidige opstallen tussen N247 en Eilandweg gesloopt dienen te worden om niet elders (bijvoorbeeld bij de huidige brug) te forse ingrepen te hoeven doen. Mogelijk is in een vervolgfase een optimalisatie van het ontwerp te realiseren waardoor sloop kan worden vermeden;
- Het gesloten tunneldeel heeft een lengte van ca. 508 m. Wij zijn ervan uitgegaan dat dit met optimalisaties kan worden teruggebracht tot een lengte van minder dan 500 m. In onze kostenraming zijn wij daarom uitgegaan van de voorschriften voor tunnels met een lengte van minder dan 500 m;
- Totale tunnelbreedte is 19,3 m, volgend uit de constructieve eisen, de maatvoering voor het wegprofiel en de wens om een middentunnelkanaal als vluchtgang in het ontwerp van de tunnel op te nemen;
- Ook de woning aan de zuidoostzijde van de N247 in de kern van Broek in Waterland dient te worden gesloopt;
- Naar verwachting kan de voetgangerstunnel onder de N247 wel behouden blijven. Details van deze onderdoorgang zijn echter niet bekend, dit dient in een vervolgfase nader te worden onderzocht;
- De karakteristieke houten fietsbrug over de Broekervaart (zie Afbeelding 4) zal moeten worden gesloopt en herbouwd. Mogelijk kan dit gebeuren door de huidige brug intact te laten (in zijn geheel afvoeren en later herplaatsen), de technische en financiële gevolgen hiervan moeten in een latere fase worden onderzocht;



**Afbeelding 4: Fietsbrug in kern Broek in Waterland**

- De brug in de Eilandweg wordt gesloopt en vernieuwd;
- De huidige groenzone tussen N247 en Broekervaart zal verdwijnen. Mogelijk is deze deels weer te herstellen;
- Na de kruising met de weg vanuit de kern Broek in Waterland begint de tunnelmond. Deze heeft een lengte van ca. 182 m.

### 3.3 Bouwwijze

Het onderliggende wegennet dient eerst te worden aangepast voordat met de bouw van de tunnel kan worden begonnen. Hierdoor wordt een optimale doorstroming en bereikbaarheid tijdens de bouw gewaarborgd. Voor fietsroutes dienen gedurende de bouw tijdelijke oplossingen te worden gerealiseerd.

De gehele tunnel wordt aangelegd in den droge, d.w.z. in een bouwput. Hiervoor worden tijdelijke damwandconstructies toegepast. Gelet op de nabijgelegen bebouwing worden de grondkerende constructies trillingsarm aangebracht. Na realisatie wordt de Eilandweg weer in zijn oorspronkelijke staat teruggebracht. Gezien de tunnelbreedte en de breedte van de Broekervaart zal dit betekenen dat er gedurende enige tijd geen doorvaart mogelijk is over de Broekervaart.

### 3.4 Niet uitgewerkte varianten

In de loop van het project zijn enkele varianten voor een tunnel aan de orde gekomen. Deze zijn:

1. Een kortere tunnel tot ongeveer halverwege de kern Broek in Waterland. Hiermee zou een tunnallengte van ca. 250 m volstaan;
2. Een smallere tunnel zonder vluchtschacht tussen de tunnelbuizen. Hiermee zou de tunnelbreedte afnemen tot ca. 17 m;
3. Een verdiepte ligging (open tunnelbak) in plaats van een gesloten tunnel.

Hieronder zetten wij kort de kenmerken en voor- en nadelen van deze varianten op een rij

#### 3.4.1 Variant 1: korte tunnel

Voordeel van deze variant is dat deze goedkoper uitvalt. Onze globale inschatting is dat de investeringskosten incl. BTW hiervan ca. € 70 tot € 80 mio zijn, ervan uitgaande dat de kosten voor de maatregelen bij de aansluitingen aan weerszijden van de tunnel van dezelfde orde van grootte zullen zijn als bij een lange tunnel (er moet immers nog steeds een splitsing worden gemaakt tussen verkeer richting tunnel en bestemmingsverkeer).

Daarnaast is een mogelijk voordeel dat de tunnel onder een minder streng veiligheidsregime valt. Dit is het geval wanneer de tunnel korter is dan 250 meter.

Nadelen zijn:

- Een groot deel van de kern Broek in Waterland (groveweg het deel van de bebouwing langs de N247 vanaf het kruispunt met het Nieuwland naar het noordoosten) houdt overlast van de N247. Gezien de luchtproblematiek rond tunnelmonden kan het zelfs zo zijn dat zonder aanvullende maatregelen de leefbaarheid in dit deel van de kern sterk verslechtert;
- Eventuele uitbreiding van de tunnel in de toekomst wordt een technisch zeer complexe en daardoor dure oplossing;

Per saldo kent deze variant tegen relatief hoge kosten slechts een beperkt oplossend vermogen. Deze variant is daarom als oplossing afgefallen.

### **3.4.2 Variant 2: smallere tunnel**

Door tussen de tunnelbuizen geen vluchtschacht te realiseren, kan een smallere tunnel worden gebouwd. Voordeel van deze variant is dat deze iets goedkoper uitvalt. Onze zeer globale inschatting is dat de investeringskosten incl. BTW hiervan ca. € 105 tot € 115 mio zijn.

Groot nadeel van deze variant is dat een veel onveiligere tunnel wordt gebouwd. De beperkte besparingen wegen niet op tegen deze veel onveiligere situatie. Deze variant is daarom als oplossing afgefallen.

### **3.4.3 Variant 3: open tunnelbak in plaats van gesloten tunnel**

Voordeel van deze variant is dat deze goedkoper uitvalt. Onze globale inschatting is dat de investeringskosten incl. BTW hiervan ca. € 50 tot € 60 mio zijn.

Belangrijk nadeel is dat de Broekervaart met deze oplossing niet meer bevaarbaar is, of met bijzonder grote ingrepen alsnog bevaarbaar moet worden gemaakt. Ook zal een belangrijke doelstelling van vergroting van de leefbaarheid in mindere mate worden gehaald: de lucht- en geluidproblematiek is in deze variant groter dan bij een gesloten tunnel.

Hoewel deze variant tegen de laagste kosten kan worden gerealiseerd, is gezien de nadelen er toch voor gekozen deze te laten vervallen.

## 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 4.1 Conclusies

Met het voorliggende ontwerp wordt een oplossing geboden voor de problematiek op het gebied van doorstroming en leefbaarheid in de kern Broek in Waterland. Tevens wordt met dit ontwerp aan de eisen voor verkeers- en tunnelveiligheid voldaan en behoudt de Broekervaart volledig vrije doorvaart.

Wel liggen er in mogelijke vervolgfases nog een aantal ontwerpvragestukken, voornamelijk op het gebied van inpassing. De opgave is daarbij om zoveel mogelijk groen, bebouwing en karakteristieke objecten te behouden.

Andere varianten van een tunnel of open bak zijn om uiteenlopende redenen minder wenselijk.

#### Kosten

In bijlage 2 geven wij een gedetailleerd overzicht van de kosten.

In de onderstaande tabel zijn de geraamde bouwkosten van het wegen en kunstwerk deel, exclusief BTW in afgeronde bedragen weergegeven:

KOSTENSOORTEN	Voorziene kosten				Onvoorziene kosten	Totaal
	Directe Kosten		Indirecte Kosten			
	Bekend	Nader te detaileren	Bekend	Nader te detaileren		
KOSTENCATEGORIEEN	€	€	€	€	€	€
Bouwkosten	45.701.535,00	6.712.255,25	14.325.136,74	2.466.164,41	20.761.527,42	89.966.618,83
Vastgoedkosten	-	-	-	-	-	-
Engineeringkosten	15.984.659,01	-	-	-	4.795.397,70	20.780.056,72
Overige bijkomende kosten	8.361.995,69	-	-	-	2.508.598,71	10.870.594,40
Basisraming	70.048.189,71	6.712.255,25	14.325.136,74	2.466.164,41	28.065.523,83	121.617.269,94
Project Onvoorzien	-	-	-	-	6.080.863,50	6.080.863,50
Investeringskosten (excl. BTW)	70.048.189,71	6.712.255,25	14.325.136,74	2.466.164,41	34.146.387,33	127.698.133,44
BTW	-	-	-	-	-	24.262.645,35
Investeringskosten	-	-	-	-	-	151.960.778,79

De totale investeringskosten bedragen ca. € 127.698.000,- excl. BTW en € 151.961.000,- incl. BTW.

### 4.2 Aandachtspunten en aanbevelingen

In een vervolgfase bevelen wij aan om de volgende zaken te onderzoeken of uit te voeren:

- Mogelijkheid onderzoeken om de brandweer een 'eigen' toegang tot de tunnel te geven via het huidige kruispunt N247/Eilandweg;
- Eventuele aanpassingen in tunnelontwerp/-alignement zodat de bestaande voetgangerstunnel onder de N247 in de kern Broek in Waterland behouden kan blijven;
- In een vervolgfase dient vastgesteld te worden op welke wijze het OV optimaal doorstroomt. In dit project is dit niet nader onderzocht, dit kan mogelijk de aansluitingen aan weerszijden van de tunnel (in het bijzonder die aan de noordoostzijde) beïnvloeden;
- Mogelijkheden onderzoeken om bebouwing en karakteristieke objecten (zoals de houten fietsbrug) zoveel mogelijk te behouden.



## 5 COLOFON

---

Opdrachtgever	: Provincie Noord-Holland
Project	: Tunnel Broek in Waterland
Dossier	: BA6222
Omvang rapport	: 13 pagina's
Auteur	: Anne Baas
Bijdrage	: Hans Dulles, Ard ter Burg
Interne controle	: Rogier Groenewegen
Projectleider	: Anne Baas
Projectmanager	: Catelijn Muller-Vencken
Datum	: 28 november 2011
Naam/Paraaf	:

---

Bronvermelding foto voorzijde: [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com), gebruiker 'bonnefooi'

**DHV B.V.**

*Infrastructure*

*Waldorpstraat 13G*

*2521 CA Den Haag*

*Postbus 93059*

*2509 AB Den Haag*

*T (070) 314 33 33*

*F (070) 326 28 91*

*E [denhaag@dhv.com](mailto:denhaag@dhv.com)*

*[www.dhv.com](http://www.dhv.com)*

**BIJLAGE 1      Ontwerptekening**



**BIJLAGE 2      Kostenraming**



**BIJLAGE 3      Eisen tunnelveiligheid en installaties**