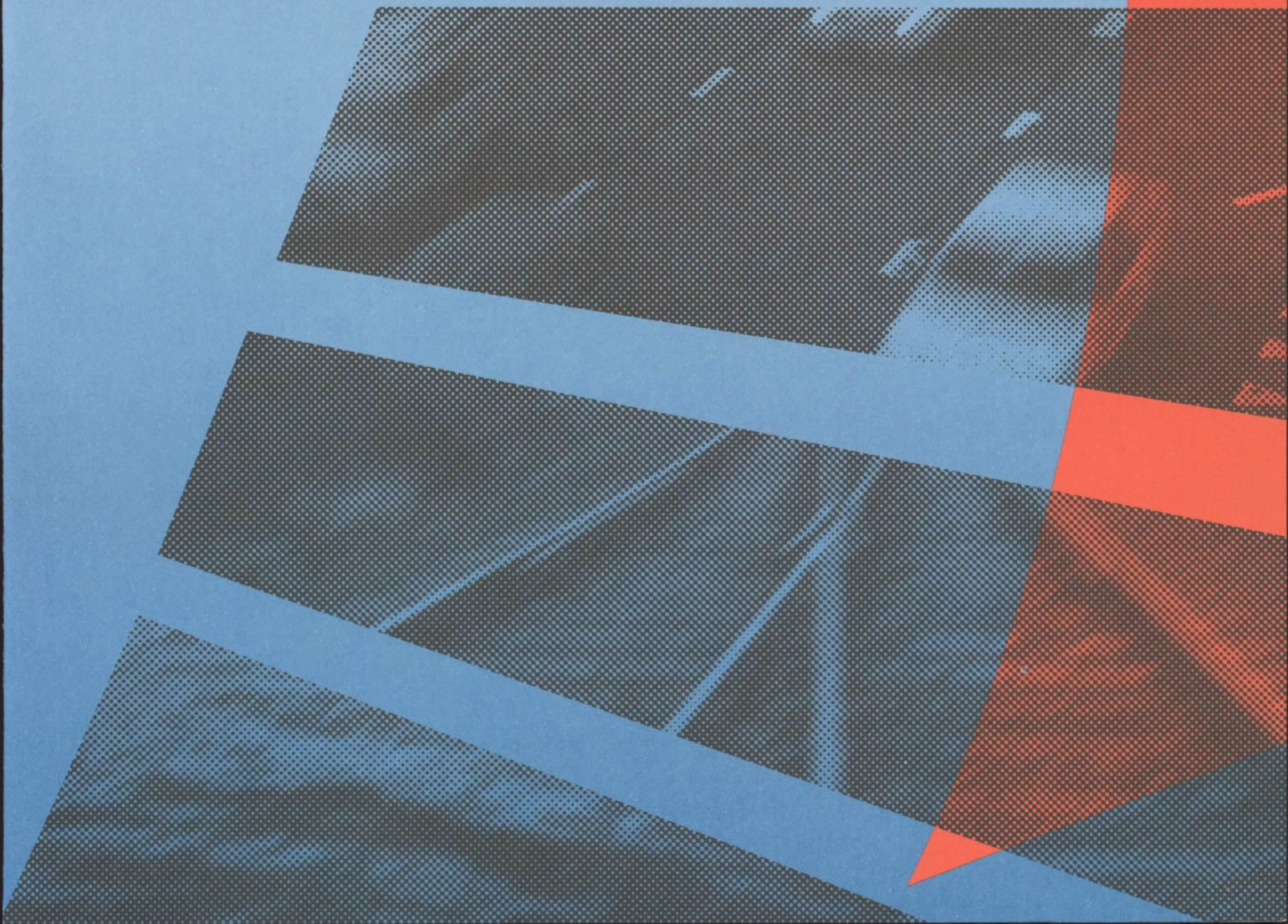




Projectevaluatie Flexibele Signaalgever

Bevindingen tijdens de ontwikkeling
van de Flexibele Signaalgever,
één van de pilots in het kader van het
innovatieprogramma "Wegen naar de Toekomst"



Flexibele Signaalgever
Projectevaluatie

rapportnr TT97-112.eval.3.doc

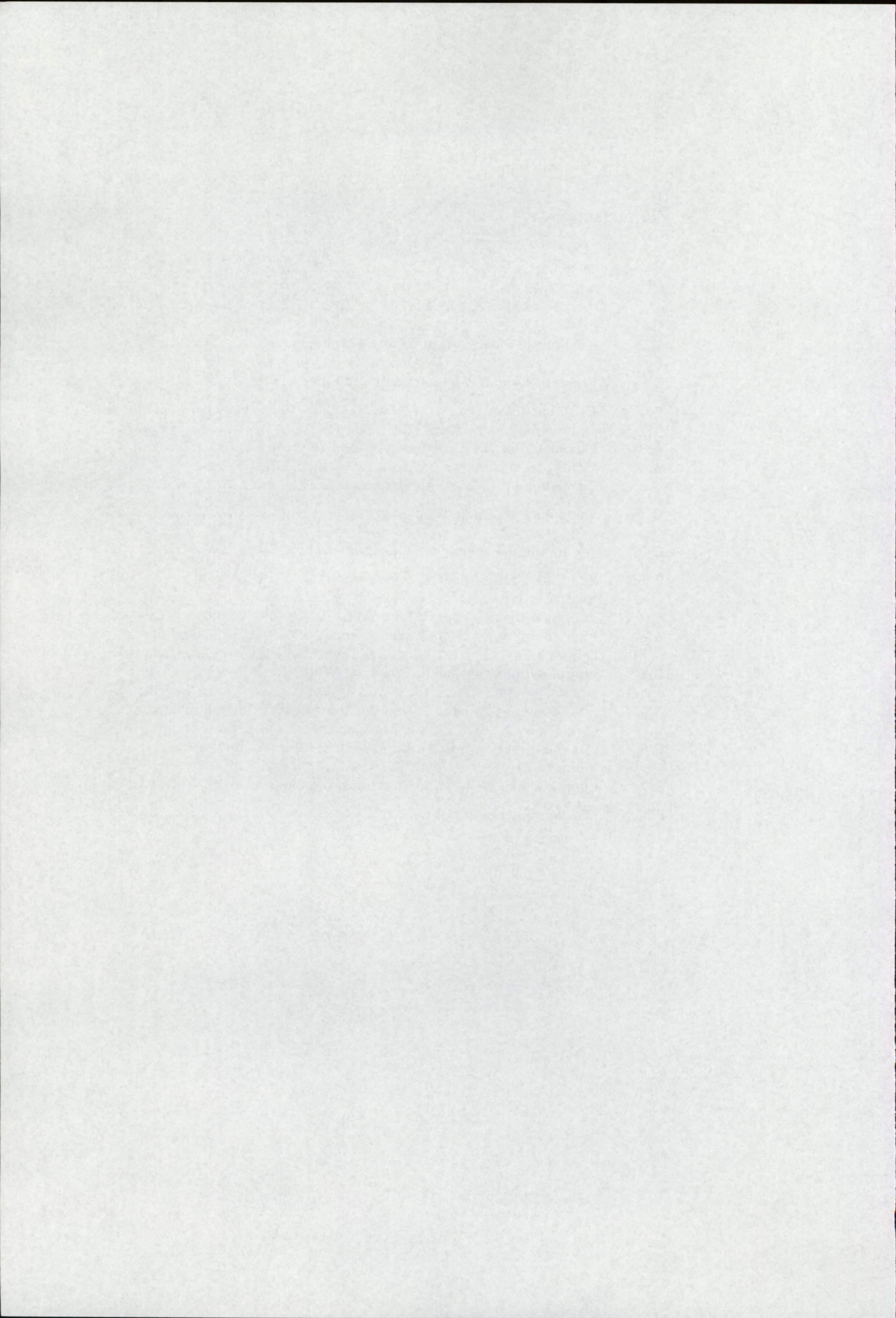
Ing. E. Klem
Veenendaal, Traffic Test bv

Documentbeschrijving

Titel:	Flexibele Signaalgever
Subtitel:	Projectevaluatie
Rapportnummer:	TT97-112.eval.3.doc
Status:	Eindrapport
Projectnummer:	EXT97-112
Auteur(s):	Ing. E. Klem
Datum:	8 juni 1999
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Korte inhoud:	Dit rapport beschrijft de bevindingen die zijn opgedaan tijdens de ontwikkeling van de flexibele signaalgever, een van de producten die in het kader van het innovatieprogramma "Wegen naar de Toekomst" zijn gerealiseerd.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Achtergrond	2
3	Technische beschrijving flexibele signaalgever	3
4	Prestaties van het opgeleverde product	4
4.1	Gestelde eisen	4
4.2	Opbouwen beelden	7
4.3	Flexibiliteit en verplaatsbaarheid beelden	7
4.4	Onderhoudsaspecten	7
4.5	Tekortkomingen/opmerkingen	8
5	Opgedane ervaringen	10
6	Afgenomen interviews	12
6.1	Interview met de heer T. van Midden, RWS/RD Utrecht (opdrachtgever)	12
6.2	Interview met de heer P. Kik, RWS/AVV (projectleider)	12
6.3	Interview met de heer G. van Kampen, RWS/AVV (deskundige lichttechniek)	13
6.4	Interview met de heer A. Bosch, RWS/BD (deskundige signaalgevers)	14
6.5	Interview met de heer G. van der Veer RWS/BD (deskundige staalbouw)	14
6.6	Interview met de heer H. Schuil, HOKA Verkeerstechniek (aannemer)	15
6.7	Interview met de heer J. Gaastra, projectleider van Hoka	15
	Bijlage 1. Toelichting zandproef	17



1 Inleiding

Het innovatieprogramma van Rijkswaterstaat, "Wegen naar de Toekomst" heeft een aantal interessante pilots opgeleverd. Eén van die pilots betreft de demonstratie van een 'flexibele signaalgever'. In opdracht van RWS Utrecht is onder leiding van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer een flexibele signaalgever ontwikkeld, gebaseerd op globale functionele eisen. Het uiteindelijke product is tijdens de demonstratiedag op 20 oktober 1998 gepresenteerd aan circa 110 betrokkenen met name vanuit de Rijkswaterstaat organisatie.

Dit rapport schetst in hoofdstuk 2 de achtergronden van dit project. Hoofdstuk 3 bevat een technische beschrijving van de flexibele signaalgever, waarna de prestaties van het opgeleverde product in hoofdstuk 4 worden verwoord. De opgedane ervaringen en de daarvoor gehouden interviews staan beschreven in respectievelijk de hoofdstukken 5 en 6.

Daarvoor is gebruik gemaakt van de ervaringen van de diverse betrokken personen van Rijkswaterstaat en van de aannemer. Met de volgende personen zijn daarover gesprekken gevoerd.

- ⇒ de heer T. van Midden, RWS/Directie Utrecht (opdrachtgever)
- ⇒ de heer P. Kik, RWS/Adviesdienst Verkeer en Vervoer (projectleider)
- ⇒ de heer G. van Kampen, RWS/Adviesdienst Verkeer en Vervoer (deskundige lichttechniek)
- ⇒ de heer A. Bosch, RWS/Bouwdienst (deskundige signaalgevers)
- ⇒ de heer G. van der Veer RWS/Bouwdienst (bouwkundige)
- ⇒ de heer H. Schuil, HOKA verkeerstechniek (hoofdaannemer)
- ⇒ de heer J. Gaastra, HOKA (projectleider)

Alle relevante opmerkingen van deze personen over het product zijn in dit rapport (met name in hoofdstuk 5) verwerkt.

In bijlage 1 is een door de Bouwdienst opgestelde notitie opgenomen over de ervaringen met de gehouden zandtest.

Voor de evaluatie is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- [1] Technische specificaties 3e generatie signaalgevers, versie 3.7.2, Rijkswaterstaat, 10 oktober 1997
- [2] Technische specificaties dynamische route informatie panelen, tweede generatie, versie 2.0, Rijkswaterstaat VESTA/LSD, 29 september 1997

Voor en tijdens het project zijn de volgende documenten opgeleverd:

- [3] Projectbeschrijving Flexibele signaalgevers, beschrijving voor de industrie, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 22 april 1998.
- [4] Programma van eisen Flexibele Signaalgever, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 23 april 1998.
- [5] Gebruikershandleiding Flexibele Signaalgever, versie 3.0, HOKA Verkeerstechniek, 's-Hertogenbosch, 27 oktober 1998.
- [6] Technische beschrijving Flexibele Signaalgever, HOKA Verkeerstechniek, 's-Hertogenbosch, 19 oktober 1998.
- [7] Windbelastingstest Flexibele Signaalgever, versie 3.0, HOKA Verkeerstechniek, 's-Hertogenbosch, 23 maart 1999.
- [8] Optische eisen Flexibele Signaalgever, HOKA Verkeerstechniek, 's-Hertogenbosch, 3 mei 1999.

2 Achtergrond

Het innovatieprogramma "Wegen naar de Toekomst" kent een zestal thema's. Het thema "Hindervrij Wegonderhoud" richt zich op maatregelen die enerzijds tot een reductie van het onderhoud aan wegen moeten leiden en anderzijds de veroorzaakte verkeershinder door noodzakelijk onderhoud moeten minimaliseren.

Onder de ideeën die uit het interactieve proces over "Hindervrij Wegonderhoud" naar voren zijn gekomen bevond zich de flexibele signaalgever.

De problematiek van de huidige signaalgevers is tweeledig:

- ⇒ Het onderhoud aan de bestaande generatie signaalgevers vereist vaak afzettingen van rijstroken en levert dus hinder op voor het verkeer.
- ⇒ Wanneer bij werkzaamheden aan de rijbaan de rijstroken tijdelijk worden verschoven kunnen de huidige signaalgevers niet meer worden gebruikt omdat zij zich niet meer boven het midden van de 'verschoven' rijstrook bevinden, terwijl het systeem juist dan een belangrijke bijdrage aan de verkeersveiligheid en doorstroming kan leveren.

Een ander thema, "Infra-op-Maat" leidde eveneens tot de vraag om een flexibele signaalgever. Wanneer de rijstroken tijdens de spits zouden worden versmald en met één rijstrook zou worden uitgebreid, dan dient de verkeerssignalering daar flexibel in mee te kunnen gaan.

De vanuit "Hindervrij Wegonderhoud" voorgestelde ideeën zijn door Rijkswaterstaat Utrecht opgepakt. Door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer is een projectplan opgesteld, waarna een procedure van open Europese aanbesteding is doorlopen. Uit de negen ingediende voorstellen is op basis van vooraf opgestelde gunningscriteria er één verkozen om te worden uitgewerkt.

De firma HOKA uit 's-Hertogenbosch heeft deze opdracht verkregen.

Van de andere 8 voorstellen waren er 6 gebaseerd op LED's. De onderlinge projectverschillen kwamen met name tot uiting in de projectorganisatie, -planning of de prijs.

Vanwege het unieke karakter van de 2 overige voorstellen wordt daarop in dit rapport niet verder ingegaan.

De reden van afwijzing van deze 2 voorstellen lag bij de één aan de prijs en bij de ander aan de technische beperkingen van het systeem.

Na een fabrieksafname test is het product van HOKA op locatie beoordeeld en tijdens een demonstratiedag op 20 oktober 1998 aan circa 110 belangstellenden getoond. Na deze demonstratiedag heeft HOKA het product op een aantal punten aangepast en verbeterd om zo te voldoen aan de gestelde eisen.

Op 10 juni 1999 heeft Rijkswaterstaat samen met HOKA een tweede demonstratiedag gehouden waarbij met name aandacht is geschonken aan de verbeteringen van de optische aspecten van de flexibele signaalgever.

3 Technische beschrijving flexibele signaalgever

De opdrachtnemer heeft bij de flexibele signaalgever een korte technische beschrijving opgeleverd [6].

“De opgeleverde flexibele signaalgever is uitgevoerd met Light Emitting Diodes, afgekort als LED's. LED's zijn lampjes van enkele miliwatts, energiezuinig, ongevoelig voor trillingen en een gegarandeerde onderhoudsvrije periode van 15 jaar. De LED's geven direct gekleurd licht, er is dus geen kleurfilter nodig.

Op het beeldoppervlak van 12m² kan een boodschap in symbolen en/of tekst op elke willekeurige plaats getoond worden.

Door toepassing van meerkleuren LED-technologie is ieder gangbaar verkeersbord te tonen. Door het mengen van kleuren zijn nuances te creëren en is het mogelijk onder andere een wit beeld of witte tekst te tonen.

De sturing en de ventilatie zijn in een aparte kast bij de portaalpoot geplaatst, waardoor preventief onderhoud niet meer boven de weg behoeft te worden uitgevoerd.

Hieronder volgen enkele technische gegevens van de Flexibele Signaalgever:

Lengte	11,5 meter	Gewicht	1500 kg
Hoogte	1,6 meter	Beeldpuntafstand	25 mm
Breedte	0,4 meter	Aantal kleuren	8
Aantal LED-panelen	150	Zichthoek	2x 7,5°
Totaal aantal LED's	76.800	Aantal dimstanden	16

Het systeem voorziet in de mogelijkheid om vanuit een centrale locatie de beelden te wijzigen zodat optimaal gereageerd kan worden op de actuele informatiebehoefte.

Een schuifstelsel in de signaalgever biedt de mogelijkheid om correctief onderhoud uit te voeren zonder dat hiervoor rijstroken aan het verkeer moeten worden onttrokken”.

Naast de flexibele signaalgever en de technische beschrijving heeft de opdrachtnemer een 'gebruikershandboek' opgeleverd, waarin naast de productomschrijving een handleiding voor de gebruiker is opgenomen, de onderhoudsvorschriften en een berekening van de contante waarde van de signaalgever.

4 Prestaties van het opgeleverde product

Het eindproduct, de flexibele signaalgever is ontworpen op basis van door Rijkswaterstaat opgestelde functionele eisen. Hierdoor kan optimaal gebruik worden gemaakt van de creativiteit die aanwezig is bij de industrie. Deze creativiteit zou worden belemmerd wanneer alle aspecten tot in detail technisch gespecificeerd zouden worden.

Wel zijn enkele technische eisen opgenomen die zijn opgesteld voor de ontwikkeling van Dynamische Route Informatie Panelen (DRIP's) [2]. Wanneer een vergelijkbaar product zou worden ontwikkeld dienden deze eisen te worden gehanteerd. In geval van een andere uitvoering van het product moest 'in de geest van' de DRIP-spec's worden gehandeld.

Tot slot zijn met het oog op de toekomst enkele gewenste ontwikkelingen geschetst.

4.1 Gestelde eisen

In het document 'Programma van eisen Flexibele Signaalgever' [4] zijn alle eisen en wensen beschreven.

Tijdens de FAT- en SAT-test en aanvullende inspecties door medewerkers van Rijkswaterstaat is vastgesteld of het opgeleverde product voldoet aan hetgeen gesteld is in het programma van eisen.

Op basis van de door Rijkswaterstaat opgestelde eisen en wensen heeft HOKA een test-samenvattingsformulier samengesteld. Op dit formulier zijn alle aspecten beschreven waarop de signaalgever is beoordeeld.

Samenvattend luiden de eisen als volgt (voor elke eis is d.m.v. het ✓-teken aangegeven of aan de eis is voldaan of d.m.v. een X als (nog) niet aan de eis is voldaan). Ten aanzien van de punten die zijn genoemd onder '*operationele toepassing, beheer en onderhoud (gebruik prototype)*' moet worden opgemerkt dat hier tijdens de evaluatie geen specifieke aandacht is besteed, vanwege de noodzakelijke aanpassingen en dus beperkte beschikbaarheid van het paneel.

⇒ *Paneel*

- ✓ Signaalgeverbreedte maximaal 11,5 m en hoogte maximaal 1,6m.
- ✓ Beeldvlak minimaal 10,0m breed en 1,2m hoog.
- ✓ Modulaire opbouw voor bredere uitvoering moet zonder meer mogelijk zijn.
- ✓ Beelden moet op elke willekeurige plaats op het beeldvlak getoond kunnen worden.
- ✓ Het tonen van beelden moet continue softwarematig mogelijk zijn.
- ✓ Aantal beelden mag alleen worden beperkt door de beschikbare beeldvlakruimte.
- ✓ Paneel moet worden ontworpen op een windbelasting volgens de NEN 6702.
- ✓ Paneel moet met twee ophangpunten verliesvrij aan een RWS-portaal kunnen worden bevestigd.
- ✓ Het paneel moet zodanig zijn gesitueerd dat de afstand tussen de onderkant van het paneel en de onderste liggerbuis 150 mm bedraagt
- ✓ Het paneel moet zodanig worden ontworpen dat de representatieve waarde voor het wringmoment (M_w), t.g.v. het eigen gewicht van het paneel, op de portaalligger = 13 kNm bedraagt.

- ✓ Het paneel moet zodanig worden ontworpen dat de representatieve waarde voor de verticale belasting (F), t.g.v. het eigen gewicht van het paneel, op de portaalligger = 15 kNm bedraagt.
- ⇒ *Behuizing*
- ✓ De behuizing moet voldoen aan de technische eisen zoals genoemd in (2). Dit betekent onder meer dat de signaalgever geschikt moet zijn langdurig te functioneren op een portaal boven de snelweg onder alle Nederlandse weersomstandigheden en zonder periodiek onderhoud.
- ⇒ *Portaal en bevestiging*
- ✓ De bevestiging en aansluiting van de signaalgever aan het portaal dient incidentele horizontale verplaatsingen op het portaal over grotere afstanden relatief eenvoudig mogelijk te maken (i.g.v. rijstrookverschuivingen in dwarsrichting bij langdurige wegwerkzaamheden).
- ⇒ *Beelden*
- ✓ In principe moeten alle beelden getoond kunnen worden, dus zowel de samengestelde borden als de bijzondere argumentatieborden.
 - ✓ Nieuwe eventueel nog te ontwerpen borden moeten in de toekomst zonder meer getoond kunnen worden.
 - ✓ De vorm van de beelden dient zoveel mogelijk aan te sluiten bij de specificaties.
 - ✓ Er dient aangegeven te worden wat de mogelijkheden zijn om in de toekomst het ontwerp aan te passen om andere informatie te kunnen presenteren, bijvoorbeeld teksten of grafische informatie, etc.
- ⇒ *Leesbaarheid en zichtbaarheid beelden*
- ✓ De beelden moeten leesbaar zijn op een afstand tussen 200m en 50m (DRIP-specificaties).
 - ✓ Ten aanzien van de kleuren gelden de eisen zoals gespecificeerd in [1]. Bij een openingshoek groter dan 3° verloopt de kleur tot buiten het geëist gebied.
 - ✓ De maximum luminantie voor wit licht moet minimaal 6200 Cd/m^2 zijn.
 - ✓ Er dient te worden aangegeven wat de mogelijkheden zijn binnen het ontwerp indien de volgende luminantie-eisen worden gesteld:
 - logaritisch 64 kleursysteem, RGB (rood, groen, blauw) met per kleur vier niveaus: 100%, 50%, 25% en 0%.
 - ✓ Er dient te worden aangegeven wat de mogelijkheden zijn binnen het ontwerp indien de volgende dimmings-eisen worden gesteld (een contrast van 10 wordt als optimaal beschouwd):
 - factor 1,4 tussen opeenvolgende dimstanden;
 - afwijking t.o.v. het ingestelde contrast: maximaal factor 1,2.
 - ✓ In verband met het contrast moet het beeldvlak van het paneel zijn omgeven door een zwarte rand van 20 cm breed.
 - ✓ De beeldpuntafstand moet liggen tussen 15 en 25 mm.
 - ✓ De voor dit project te ontwikkelen signaalgever is bedoeld voor een toepassing op een weg met 2 rijstroken met vluchtstrook. Dit betekent een horizontale openingshoek van de optiek (bijv. de lenzen) van minimaal $2 \times 6^\circ$.
 - ✓ Er dient aangegeven te worden wat de mogelijkheden zijn om het ontwerp in de toekomst eventueel ook toe te passen voor het presenteren

van rijbaan gebonden informatie. Dit laatste vereist een horizontale openingshoek van de optiek van minimaal $2 \times 12^\circ$.

- ✓ Het herkenbaarheidsniveau van de afgebeelde RVV-borden moet minimaal gelijk zijn aan het huidige niveau.

⇒ *Aansturing:*

- ✓ De aansturing dient plaats te vinden vanuit een stand alone, adhoc t.b.v. dit project door opdrachtnemer te ontwikkelen, besturingsmodule (bijvoorbeeld een bedieningspaneel of een PC).
- ✓ Het tonen van de beelden moet op elk moment, op elke positie naar keuze, direct (binnen enkele seconden) mogelijk zijn. Aansturing vindt, na handmatige instructie, volledig automatisch plaats vanuit de aansturingsmodule.
- ✓ De aansturingswijze moet zodanig zijn ontworpen dat bij serieproductie levering van elke gewenste functionaliteit (variabele paneelbreedte, signaalbeelden, etc.) en ook eventuele uitbreidingen in de toekomst (zoals nieuwe, nog te ontwerpen signaalbeelden) zonder meer mogelijk zijn (een *flexibele* signaalgever!). Overigens wordt er dan voor de aansturing gebruik gemaakt van protocollen voor het Dynamisch Verkeersmanagement systeem (DVM-systeem).
- ✓ Ter controle op een correcte werking van de signaalgever dient de signaalgever een statusmelding af te geven aan de besturingsmodule. De besturingsmodule moet alle mogelijke statussen visueel en correct weer geven.
- ✓ De afgegeven statusmelding moet zodanig zijn dat op basis daarvan (t.z.t. tijdens operationele omstandigheden vanuit de verkeerscentrale) gericht en adequaat actie kan worden ondernomen om de correcte werking zo snel mogelijk weer te herstellen.

⇒ *Beheer en onderhoud (gebruikt in toekomst):*

- ✓ De flexibele signaalgever dient zodanig te zijn ontworpen en geconstrueerd dat routinematig onderhoud gedurende minimaal 15 jaar niet (of nauwelijks) noodzakelijk is.
- ✓ Het eventueel toch noodzakelijke onderhoud dient expliciet te worden aangegeven.
- ✓ De flexibele signaalgever dient zodanig te zijn ontworpen en geconstrueerd dat eventueel onderhoud (behoudens calamiteiten) geen hinder oplevert voor het wegverkeer.

⇒ *Operationele toepassing, beheer en onderhoud (gebruik prototype):*

- X De signaalgever met de aansturingsmodule moet operationeel toegepast kunnen worden en geschikt zijn voor het uitvoeren van de in de projectbeschrijving [3] genoemde test, het demo-traject en het evaluatie-traject, over de totale periode vanaf de opleverdatum tot het einde van het project.
- X Tijdens het demonstratie- en evaluatietraject moeten alle mogelijke functionaliteiten getoond kunnen worden door middel van handbediening en met behulp van de te ontwikkelen aansturingsmodule (bijv. op afroep van aanwezigen en onderzoekers).
- X Het beheer en onderhoud dient zodanig georganiseerd te zijn door de opdrachtnemer, dat een goed functioneren van het prototype gewaarborgd is; de kwaliteit van het functioneren van het prototype mag geen

belemmering vormen voor een effectieve en efficiënte uitvoering van de demonstratie- en evaluatieactiviteiten.

- X Het systeem wordt niet als beschikbaar beschouwd als het niet meer (volledig en conform afspraken) de functionaliteit kan bieden waarvoor het is bedoeld.
- X Eventuele storingen en/of gebreken dienen binnen een werkdag van 24 uur opgelost te zijn.
- X Er mogen over een afgesloten periode van 8 weken niet meer dan 4 verstoringen optreden.
- X De werkelijke beschikbaarheid van het systeem na de acceptatie tot aan het einde van het project, te weten gedurende het demonstratie- en het evaluatietraject (van maandag t/m vrijdag van 08.00 uur tot 17.00 uur) dient minimaal 95% te zijn over een aaneengesloten perioden van 8 weken.

4.2 **Opbouwen beelden**

De flexibele signaalgever is in staat alle willekeurige beelden weer te geven. De teksten en symbolen worden vooraf met een tekenpakket opgezet. Dit biedt de mogelijkheid om tot in het kleinste detail (niveau LED) de beelden te verfijnen. Vervolgens worden de beelden geplaatst op de display. Deze displaybeelden worden via een omzetprogramma omgezet naar bitmaps. Als deze bitmapbeelden accoord worden bevonden worden ze opgeslagen in een PCMCIA-kaart in een specifiek formaat. Deze kaart kan vervolgens in de industriële PC van de signaalgever worden gestoken waarna de beelden op de signaalgever kunnen worden getoond. Via een lap-top kunnen beelden worden toegevoegd of gewijzigd. Tijdens de presentatie is aangetoond dat zowel teksten als symbolen herkenbaar en begrijpelijk op de signaalgever kunnen worden gepresenteerd.

4.3 **Flexibiliteit en verplaatsbaarheid beelden**

Zoals hierboven beschreven kan bij het ontwerpen van de bitmaps de exacte locatie van de beelden worden bepaald. Hiermee is de operator in staat de beelden ten allen tijde op de juiste plaats boven de juiste rijstrook te laten tonen. In geval van wegwerkzaamheden die leiden tot rijstrookverschuivingen kunnen de beelden toch boven het midden van elke rijstrook worden getoond.

Ook voor de toepassing van flexibele rijstrookindeling, bijvoorbeeld het tijdelijk uitbreiden van de rijbaan van 2 naar 3 smallere rijstroken, wordt niet belemmerd door de starre positionering van de signaalgever. De beelden kunnen aan de nieuwe rijstrookindeling worden aangepast en worden uitgebreid naar het aantal beschikbare rijstroken.

4.4 **Onderhoudsaspecten**

Vanuit het kader van "Hindervrij wegonderhoud" zijn ook eisen gesteld aan het onderhoud van de flexibele signaalgever. Er moet naar minimaal onderhoud worden gestreefd en noodzakelijk onderhoud mag geen hinder voor het verkeer opleveren.

De opgeleverde flexibele signaalgever is ten aanzien van onderhoud in twee onderdelen opgesplitst, de signaalgever boven de weg en de technische installatie in de berm.

De flexibele signaalgever

De signaalgever boven de weg bestaat voor het belangrijkste deel uit LED's en elektronica. De LED's hebben een geschatte onderhoudsvrije levensduur van ca. 15 jaar. De elektronica is in principe onderhoudsvrij (geen regulier onderhoud).

Wanneer de LED-modules vervangen moeten worden kunnen deze modules via een railsysteem naar de bermkant worden getrokken en naast de rijbaan naar beneden worden getransporteerd. Hiervoor heeft HOKA een aparte demontageconstructie ontwikkeld. Hiervoor geldt dat een hoogwerker op de vluchtstrook geplaatst moet worden, hetgeen enige hinder voor het verkeer kan opleveren. Alleen wanneer er schade ontstaat aan de behuizing/frontplaat, bijvoorbeeld door aanrijding door een (te hoog) voertuig dan zal de signaalgever met een kraan verwijderd moeten worden. Daarbij zal het verkeer enige hinder ondervinden.

De technische installatie

De technische installatie in de berm bevat wel enkele onderdelen die voor onderhoud in aanmerking komen. Voor het ventilatiesysteem zal met een zekere frequentie het filter verschoond moeten worden. De apparatuur voor de aansturing, klimaatbeheersing, etc. kan in geval van onderhoud aan de kant van de weg worden gerepareerd of vervangen en zal slechts in beperkte mate enige hinder voor het verkeer op kunnen leveren.

4.5 Tekortkomingen/opmerkingen

Groene LED's aanpassen qua tijd

De opgeleverde signaalgever is voorzien van LED's. De leverancier heeft in eerste instantie van de opdrachtnemer 2 soorten LED's geleverd gekregen. Rode en blauwe LED's van het merk HP en groene LED's van Toyoda Gosei. De groene LED kende een te kleine openingshoek en week daarmee teveel af van de rode en blauwe LED. Hierdoor overheerste de rode en blauwe LED's wanneer men niet loodrecht voor de LED's stond. Wanneer de kleur wit (samenstelling van rode, blauwe en groene LED) werd getoond dan ontstond reeds onder een kleine hoek een roze tint op het paneel. Deze afwijking is grotendeels verholpen door andere groene LED's (Nichia) toe te passen, met grotere openingshoek.

Flashers

Om de attentiewaarde te verhogen worden in de bestaande signaalgevers sommige beelden voorzien van zogenaamde flashers. Dit zijn oranje/geel gekleurde lampen die in de hoek van elke signaalgever alternerend knipperen. In de huidige signaalgever is hier een aparte lamp voor aangebracht.

De toepassing van flashers in de flexibele signaalgever met LED's is complex. Met de rode en groene LED's kan de kleur geel/oranje worden benaderd, maar de beschikbare lichtsterkte haalt niet het niveau van de flashers zoals die nu worden toegepast.

Windbelastingtest

De flexibele signaalgever dient onder slechte weersomstandigheden te blijven functioneren. Derhalve is als eis opgenomen dat de signaalgever een vastgestelde windbelasting moet kunnen verdragen. Zowel de frontplaat, de achterliggende elektronica als de totale behuizing moet voldoet stijf zijn om de druk bij veel wind te kunnen verwerken. Aangezien een windbelastingstest in de praktijk moeilijk kan worden uitgevoerd (misschien mogelijk in een windtunnel) is in een vergelijkbare test uit de DRIP-specificatie [2], besloten een 'zandtest' uit te voeren. Door een hoeveelheid zand op de signaalgever aan te brengen, kan worden gecontroleerd of de behuizing en het systeem voldoen aan de eisen.

Berekeningen kunnen slechts een indicatie geven of de signaalgever naar wens blijft functioneren.

Tijdens de zandtest braken de glasplaten omdat, naar later bleek, de geleverde glasplaten niet dik genoeg waren. Het is niet duidelijk aan te tonen in hoeverre de

hoeveelheid zand in relatie tot de duur van de test hierop van invloed zijn geweest. De norm geeft aanwijzingen dat dit van invloed zou kunnen zijn. Opmerkelijk is dat navraag bij (specialisten uit) de industrie geen bevredigend antwoord heeft opgeleverd.

Tijdens een tweede test is eerst de doorbuiging van de constructie beproefd zonder glasplaten. Uit de resultaten blijkt dat de constructie voldoet aan de eisen.

Vervolgens zijn de glasplaten afzonderlijk destructief beproefd, met de bedoeling de maximale buigstrekspanning te kunnen bepalen. Uit de meetresultaten kan worden afgeleid dat de glasplaten de vereiste windbelasting kunnen verwerken.

In bijlage 1 geeft de Bouwdienst een toelichting op de zandproef, zoals deze is opgenomen in de DRIP-specificatie, die onderdeel uitmaakte van de opdracht en geeft enkele conclusies en aanbevelingen.

Gebruik portaalpoot voor koeling

Door HOKA is voorgesteld om de portaalpoten te benutten als transportkanaal voor het ventilatie/koelsysteem. Door de Bouwdienst is echter aangegeven dat deze lucht na enige tijd een grote hoeveelheid stofdeeltjes zal gaan bevatten die mogelijk schade kan veroorzaken aan de elektronica van de signaalgever.

Daarnaast kan de luchtstroom het corrosieproces aan de 'onbehandelde' binnenkant van de portaalpoot versnellen.

Voorgesteld is om ter voorkoming van vandalisme aan de koelsslagen deze door de portaalpoot heen te leiden. Het blijkt echter dat de meeste portaalpoten die worden gebruikt, slechts ruimte bieden aan één slang. Voor de tweede slang zal mogelijk een extra overkappingsconstructie aan de portaalpoot bevestigd moeten worden.

5 Opgedane ervaringen

Tijdens de ontwikkeling van de flexibele signaalgever zijn diverse ervaringen opgedaan waarvan in de toekomst gebruik gemaakt kan worden. Het gaat met name om de technische zaken maar deels ook om het doorlopen proces.

Aan de in de inleiding genoemde betrokkenen zijn globaal de volgende vragen voorgelegd (niet aan iedereen zijn dezelfde vragen voorgelegd, zie ook hoofdstuk 6):

1. Opdracht is verkregen uit WnT. De ideevorming heeft plaatsgevonden binnen WnT. Niet alle projectgroepleden zijn daar bij betrokken geweest. Welke voor- en nadelen heeft dat opgeleverd?
2. Inbedden opdracht binnen AVV en RDUT, zorgen voor opdrachtgever en financiën. De projecten zijn 'geadopteerd' door RD Utrecht. Is dit werkbaar, wat zijn de voor- en nadelen?
3. De wijze van aanbesteden. De openbare aanbestedingsprocedure op basis van door RWS opgestelde functionele eisen voor de signaalgever is relatief nieuw binnen RWS/AVV en nog niet vaak toegepast. Wat zijn de bevindingen van deze procedures en de voor- en nadelen?
4. De uitvoering van de projectopdracht individueel. Wie heeft op- of aanmerkingen over de wijze waarop het project uiteindelijk is uitgevoerd?
5. Het uiteindelijke resultaat. Wat vinden we van de opgeleverde eindproducten die op 20 oktober 1998 zijn getoond? (zie met name ook de beschrijving in hoofdstuk 4).

De belangrijkste opmerkingen zijn:

De ervaringen die Rijkswaterstaat heeft opgedaan met de ontwikkeling van de flexibele signaalgever zijn overwegend positief te noemen.

De ideeontwikkeling binnen de aanpak van 'Wegen naar de Toekomst' heeft geleid tot een voorstel om een flexibele signaalgever te realiseren.

De opdracht was ruim te interpreteren, hetgeen veel voordelen bood (in principe kan alles). Echter, aan de andere kant gold de eis dat er binnen korte tijd iets gerealiseerd moest zijn.

De gehanteerde openbare aanbesteding heeft er toe geleid dat er relatief snel inzicht is verkregen in de mogelijkheden die de industrie op dit moment in huis heeft om een flexibele signaalgever te realiseren. De korte doorlooptijd heeft echter geen ruimte geboden om de industrie extra ontwikkeltijd te geven.

De nu geleverde producten kunnen dan ook als 'liggend op de plank' worden bestempeld.

Rijkswaterstaat heeft zich beperkt tot het definiëren van globale functionele eisen. Als aanvulling zijn de technische spec's van DRIP's bijgevoegd, met als vermelding conform of in de geest van deze spec's te handelen.

Dit in tegenstelling tot andere projecten waarbij gedetailleerde technische specificaties werden opgesteld. Daarmee werd de industrie enige creativiteit en speelruimte ontnomen, hetgeen vaak kritische reacties bij die industrie oproep.

Wanneer op vergelijkbare wijze de ontwikkeling van een flexibele signaalgever ter hand was genomen, zou dit waarschijnlijk een jaar of 5 langer hebben geduurd, met waarschijnlijk een vergelijkbaar resultaat.

Door de korte voorbereidingstijd heeft RWS bij het opstellen van de functionele en technische eisen onvoldoende alle onderliggende eisen en normen kunnen beoordelen en kunnen bespreken met de opdrachtgever.

Dit heeft ertoe geleid dat er tijdens de uitvoeringsfase enige onduidelijkheid over de te hanteren normen en de wijze van testen is ontstaan.

De algemene conclusie die we kunnen optekenen komt er op neer dat de gehanteerde wijze van aanbesteden een prima instrument is om innovatieve prototypes te laten ontwikkelen.

Laat de opdrachtnemer aangeven welke normen van toepassing zijn en hoe het product getest kan worden aan de geldende eisen.

Wanneer een product op grote schaal geproduceerd wordt (serieproductie), zal Rijkswaterstaat zich wel meer moeten verdiepen in de projectvoorstellen om de kwaliteit van het product op de juiste manier te kunnen (laten) controleren. Welke normen worden gehanteerd en hoe ziet het productieproces er uit. Naast de kwaliteit van het product toegepast in het verkeer speelt ook de uniformiteit van een product naar de weggebruiker daarin een belangrijke rol.

6 Afgenomen interviews

6.1 Interview met de heer T. van Midden, RWS/RD Utrecht (opdrachtgever)

(telefonisch 12 januari 1999)

1. *WnT-opdracht*

In voortraject is Van Midden niet betrokken geweest. Het innoverende aspect van deze aanpak wordt als positief ervaren.

2. *Inbedden opdracht*

Geen betrokkenheid van Van Midden. Geconstateerde problemen lijken in principe niet anders dan bij andere (standaard) opdrachten, waar ook het nodige tijdverlies wordt opgelopen.

3. *Aanbesteding*

Wijze van selecteren oké.

Werken met globale functionele eisen kan leiden tot het probleem om zaken objectief te blijven vergelijken.

Als je specificaties opstelt moet je je er van tevoren goed van overtuigen welke normen aangehouden moeten worden.

De opdrachtgever moet meer tijd besteden aan het controleren van activiteiten die vooraf in een kwaliteitswaarborgingsdocument zijn vastgesteld, inclusief de te hanteren normen en eisen.

4. *Projectuitvoering*

Gezien korte realisatie tijd en het feit dat het een prototype betrof oké. Wanneer het een serie product betreft moet je meer controle momenten inbouwen. Alle lof voor de aannemer die een goed product heeft opgeleverd.

Prototypen geven bij FAT-test vaker tekortkomingen te zien.

Wordt vooral door de korte doorlooptijd veroorzaakt.

Vreemd dat men zo geheimzinnig deed over het schuifstelsel en het afnemen van de LED-panelen.

5. *Uiteindelijk resultaat*

Problemen geconstateerd met de kleur wit. Toekomst moet meer informatie opleveren over gebruik van wit-licht.

Van het uiteindelijke product kun je je afvragen of dit de oplossing is voor een flexibele signaalgever. Dit product gaat heel ver. Voor sommige toepassingen zou je kunnen volstaan met een eenvoudig verschuifbare signaalgever.

Geeft wel een goed beeld van de huidige mogelijkheden.

6.2 Interview met de heer P. Kik, RWS/AVV (projectleider)

(telefonisch, 18 november 1998)

1. *WnT-opdracht*

Op zich geen probleem, als er maar een duidelijke opdracht op tafel ligt. Nu was het eerste idee (signaalgever met ketting) niet innovatief. De feitelijk opdrachtformulering heeft binnen Cheops plaatsgevonden.

2. *Inbedden opdracht*

Opdrachtgeverschap was niet duidelijk. Wie wil wat gedaan hebben. Geen duidelijk budget, geen duidelijke verantwoordelijkheid. Utrecht was genoemd, maar wist zelf nauwelijks hoe en wat.

Inbedden binnen AVV was vrij snel duidelijk.

Bij management AVV veel onduidelijkheid over rol WnT.

3. *Aanbesteding*

Prima. Open aanbesteding heeft goed gewerkt en is ook bij de industrie goed gevallen. Wordt ook door afvallers als positief ervaren.

4. *Projectuitvoering*

Relatie met opdrachtnemer zeer goed. Heeft goed gefunctioneerd. Betrokkenheid van de teamleden zeer groot. Rol van plaatsvervangend projectleider goed ingevuld.

Te weinig aandacht besteed aan controle kwaliteitsaspect, met name veroorzaakt door de grote tijdsdruk. Was ook minder relevant gezien het feit dat het een prototype betrof, bedoeld voor een éénmalige demonstratie en geen product voor boven de weg.

5. *Uiteindelijk resultaat*

Doel in feite al bereikt. Aangetoond dat toepassing van flexibele signaalgever mogelijk is op korte termijn. Zowel industrie als wegbeheerder (Regionale Directies, Dienstringen en ook AVV) op spoor gezet wat de mogelijkheden zijn.

6.3

Interview met de heer G. van Kampen, RWS/AVV (deskundige lichttechniek)

(telefonisch 6 januari 1999)

1. *WnT-opdracht*

Allereerste deel van project niet meegemaakt. Tijdens de eerste vergaderingen waren de doelen erg onduidelijk. Het eerste idee van de signaalgever met een gordijnrail was, gelet op het innovatieve karakter van de WnT-projecten niet zo spectaculair, maar voldeed wel aan de gestelde wensen. Misschien een dergelijke ontwikkeling beter als simulatie uitvoeren.

2. *Inbedden opdracht*

Besluitvorming heeft enkele maanden geduurd. Vervolgens heeft ook de administratieve afhandeling de nodige tijd gekost, die is gekort op de feitelijke werkzaamheden, namelijk het schrijven van de specificaties en het bouwen van de signaalgever).

3. *Aanbesteding*

Meegevallen, ondanks de magere specificaties die voorhanden waren. Had lange procedure verwacht. Mede dankzij begeleiding van de afdeling FB van de AVV goed verlopen.

4. *Projectuitvoering*

Er had vooraf meer tijd besteed moeten worden aan het doornemen van alle specificaties.

5. *Uiteindelijk resultaat*

Het nu getoonde product is niet echt innovatief. Het innovatieve aspect zit met name in de mechanica.

Binnen het vakgebied ontbreekt een al-wetende aannemer. RWS zal dus zelf als integrator moeten blijven fungeren.

6.4 Interview met de heer A. Bosch, RWS/BD (deskundige signaalgevers)

(Telefonisch 20 januari 1999)

3. *Aanbesteding*

In principe prima bevallen. Door beperkte voorbereidingstijd onvoldoende afstemming tussen functionele eisen en technische DRIP-eisen waardoor in de loop van het project veel onduidelijkheid is ontstaan. Bij een volgende gelegenheid het eisenpakket vooraf beter beoordelen.

4. *Projectuitvoering*

Voor een dergelijk uitvoeringsproject geen goede overlegstructuur en te weinig tijd. De planning kwam vaak 'ad hoc'-erig over. Vergaderingen en acties werden vaak op korte termijn gesteld, waardoor deelname vaak werd bemoeilijkt.

5. *Uiteindelijk resultaat*

Door langere doorlooptijd in uitvoeringsfase had je een beter product kunnen realiseren.

Een pilot-project zou minder onder druk moeten staan en wat meer beoordelingsmomenten moeten kennen.

Met de signaalgever de komende tijd diverse tests doen om te weten hoe het product op termijn blijft functioneren.

6.5 Interview met de heer G. van der Veer RWS/BD (deskundige staalbouw)

(Telefonisch 13 november 1998.)

3. *Aanbesteding*

Voor dit project is projectvoorbereiding te kort geweest. DRIP-specificaties in geen verhouding tot functionele eisen. Functionele eisen hadden mogelijk anders opgesteld moeten worden.

In principe kunnen eisen best op functioneel niveau gehanteerd worden, mits voldoende doordacht wat de consequenties zijn.

Bijvoorbeeld als functionele eis:

"Kast: zo licht mogelijk (gewicht) met maximum, door alternatieve materialen. Spleet-, contactcorrosie moet worden voorkomen."

4. *Projectuitvoering*

Binnen mogelijkheden proces goed verlopen.

Nadenken over detailniveau van functionele eisen en controle op uitvoering (kwaliteitsborging, deelkwaliteitsplannen)

5. *Uiteindelijk resultaat*

Afwachten wat effecten met de nieuwe groene LED's oplevert

6.6 Interview met de heer H. Schuil, HOKA Verkeerstechniek (aannemer)

(telefonisch 13 november 1998)

3. *Aanbesteding*

Op zich goed, m.n. voor ontwikkeling van prototype. De overgenomen technische specificaties vanuit de DRIP's waren te gedetailleerd, onduidelijk en vaak verkeerd, hetgeen tot tijdverlies heeft geleid.

Dus meer beperken tot functionele eisen, los van minimale eisen.

Gebruik van toegepaste gunningscriteria goede ontwikkeling.

4. *Projectuitvoering*

Geen opmerkingen, naar tevredenheid verlopen. De beschikbare tijd was wel erg kort, maar zou ook weer niet te lang moeten zijn.

5. *Uiteindelijk resultaat*

Over het geheel tevreden, het product voldoet aan de wensen en verwachtingen van de opdrachtgever. Enkele details worden nog afgerond.

6.7 Interview met de heer J. Gaastra, projectleider van Hoka

(telefonisch 22 december 1998)

3. *Aanbesteding*

Aanbestedingsprocedure is als een heldere en duidelijke methode ervaren.

Een aantal technische eisen die zijn opgelegd zouden achterwege kunnen blijven. Bijvoorbeeld is gesteld dat het product 15 jaar mee moet kunnen onder gedefinieerde omstandigheden. Nu is echter ook gesteld dat het product van aluminium moet zijn en vastgemaakt moet worden met roestvrijstaal materiaal, waardoor het probleem van contactcorrosie automatisch wordt veroorzaakt. Dit leidt tot extra kosten om dit probleem op te lossen. Kortom nog meer functioneel houden van de eisen.

Daarnaast zou opdrachtgever naast een kwaliteitsborgingsdocument en auditrecht moeten claimen om productieproces te kunnen inspecteren en controleren eventueel in samenwerking met ISO-man en technische deskundige.

4. *Projectuitvoering*

Opleverdatum is steeds uitgangspunt geweest voor HOKA. Op sommige momenten heeft HOKA beslissingen moeten nemen gezien de opleverdatum, waarvan het beter was geweest als hierover overeenstemming was bereikt met RWS. Gezien de korte doorlooptijd van het project is hier wel begrip voor.

Voor het overige goed en prettig verlopen.

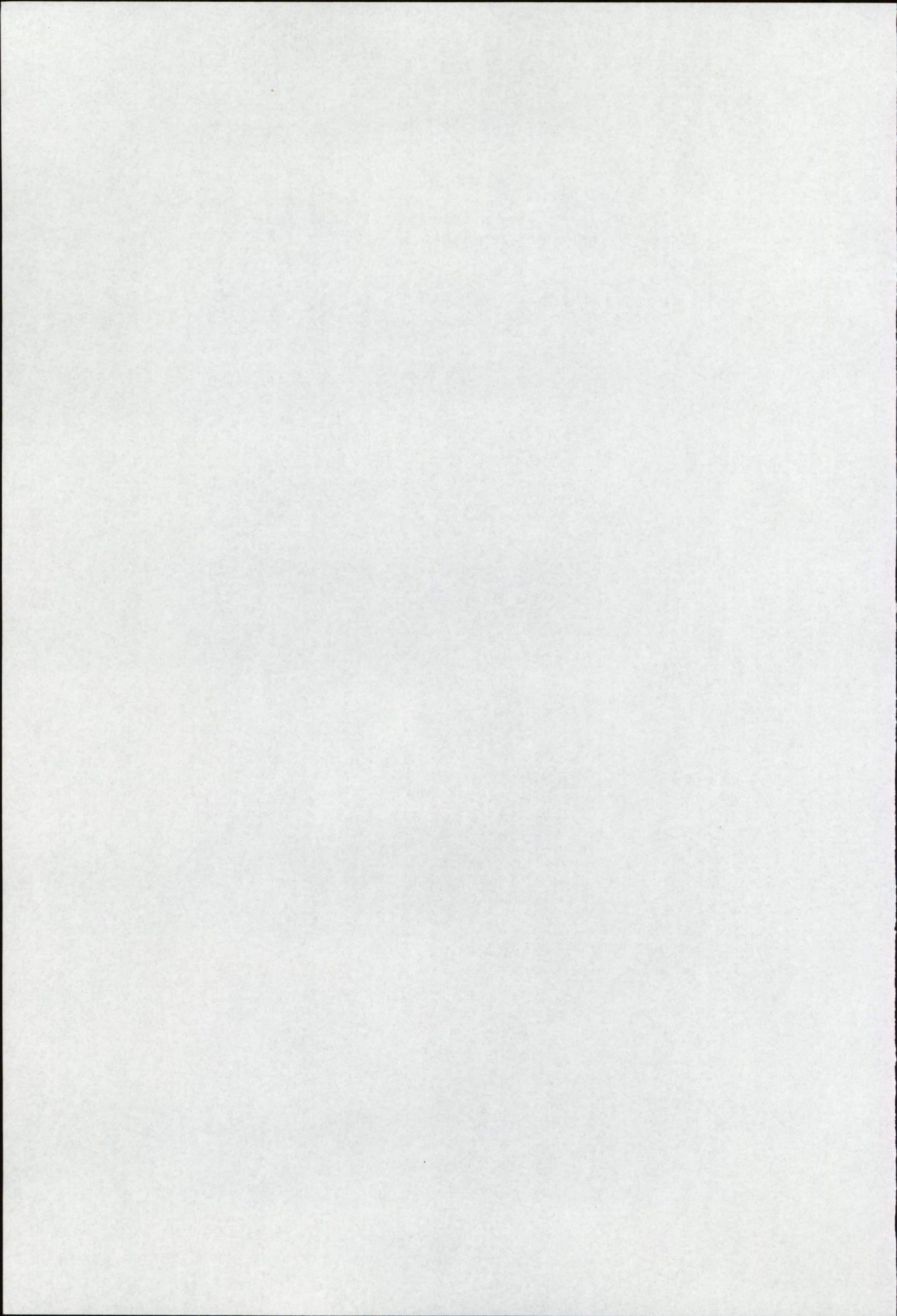
De combinatie van functionele en technische eisen heeft zo nu en dan tot onduidelijkheid geleid. Ook al omdat er eisen van de signaalgevers en de DRIP's beiden van kracht waren. Dit leidde tot discussies, waardoor het ontwerp- en productieproces vertraging opliep. Voor Hoka was het plezierig geweest als deze conflicterende en soms niet relevante eisen voor de ontwerpfase opgelost waren. Hoka heeft begrepen dat RWS slechts twee weken had om de oorspronkelijke eisen op te stellen. Wel ziet Hoka mogelijkheden om eisen nog eens tegen het licht te houden.

5. *Uiteindelijk resultaat*

Resultaat moet je bezien binnen de beschikbare tijd waarbinnen e.e.a. gerealiseerd moest worden. In dat geval is een behoorlijke prestatie neergezet. Goede leerervaring geweest zowel voor wat betreft het product als het proces.

Volgende keer meer tijd uittrekken om kwaliteitsborging vast te stellen, in het bijzonder om het programma van eisen en keuringsmethoden beter vast te leggen. Ook meer helderheid met opdrachtgever noodzakelijk over de te hanteren normen en eisen.

Bijlage 1. Toelichting zandproef



PROJECT: WNT PILOT CHEOPS, FLEXIBELE SIGNAALGEVER
DOC.NR.: 2684D
DATUM: 7 juni 1999

Toelichting zandproef zoals opgenomen in de DRIP-specificatie die onderdeel uitmaakte van de opdracht.

De bij de flexibele signaalgever uitgevoerde zandproef geeft aanleiding tot heroverweging en nader onderzoek van deze testmethode.

Achtergrond zandproef.

Ten gevolge van de windbelasting op de signaalgever cq Drip zal de behuizing doorbuigen. Hierdoor kan schade ontstaan aan de inwendige apparatuur. Om aan te tonen dat er geen schade ontstaat is in de Dripspecificatie een zandproef geëist.

Ervaringen uitgevoerde zandproef.

Indien de frontplaat van een signaalgever of Drip is voorzien van glas, is het raadzaam de voorgeschreven zandproef niet zomaar toe te passen. De zandproef wordt namelijk uitgevoerd als de behuizing horizontaal opgesteld is. De windbelasting treedt echter op als de behuizing met het glas verticaal geplaatst is. Omdat de glasnorm (NEN 2608A) aangeeft dat bij langdurige belasting de toelaatbare buigtreksterkte lager is dan bij kortdurende belasting, hetgeen wellicht het geval is indien het glas in horizontale positie door het zand wordt belast, is het nog onduidelijk of door de zandproef schade aan het glas zal ontstaan. Ook wordt de in werkelijkheid optredende windbelasting niet beschouwd als lange duurbelasting.

Het is vooralsnog raadzaam het glas bij de zandproef dus niet direct te belasten.. De behuizing van de flexibele signaalgever is bij de uitgevoerde zandproef in tweede instantie het glas dan ook niet direct belast. Wel is de doorbuiging van het glas van belang om zeker te zijn dat hierdoor geen schade ontstaat aan de achtergelegen apparatuur.

Sterkte glasplaat.

Gebleken is dat door de glasindustrie geen duidelijk kan worden gegeven over de te hanteren berekeningsmethode. Ook de materiaalfactor van gelaagd glas is onbekend. Derhalve is de sterkte en de doorbuiging van het toegepaste glas door de aannemer proefondervindelijk bepaald. De beproeving is uitgevoerd volgens NEN-EN-1288-3. Hoewel deze beproevingsmethode niet geldig is voor gelaagd glas, geeft het wel een goede indicatie van de breukbelasting t.o.v. de optredende belasting en geeft voor dit prototype een voldoende zekerheid van de aanwezige veiligheid. De proef geeft echter wel aan dat een langdurige (24 uur) belasting van 1700 N/m² niet schadelijk is voor het glas. Hetgeen niet overeenkomt met de NEN2608A. Mogelijk dat men in de norm iets anders verstaat onder lange duur, dan 24 uur.

Het asymptotisch verloop van de doorbuiging in de tijd, dat uit de proef naar voren is gekomen, geeft aan dat er wellicht sprake is van kruip. Dit betekent dat de stijfheid (EI) verandert. Een aannemelijke oorzaak hiervoor kan de folie tussen de glasplaten zijn. De twee, door folie gescheiden glasplaten, zullen door de belasting ten opzichte van elkaar verschuiven. Hierdoor verandert het traagheidsmoment (I) van de glasplaat. De mate waarin kan niet direct uit de proef worden herleid.

Samenvatting/aanbevelingen:

1. Indien de frontplaat is uitgevoerd in glas, is het raadzaam deze bij de zandproef niet direct door het zand te belasten.
2. Uit veiligheidsoverwegingen altijd gelaagd glas toepassen.
3. Gedrag van het glas nader onderzoeken.
4. Berekeningswijze van gelaagd glas nader onderzoeken.

BEREKENING GELAAGD GLAS VOOR FLEXIBELE SIGNAALGEVER.**Uitgangspunten:**

Gelaagd glas;

Berekening volgens NEN 6702 en NEN 2608A

Overspanning 120 cm.

Representatieve waarde van de uiterst opneembare buigstrekspanning $f_{u,rep} = 5$ kN/cm² (verticaal geplaatst vlakglas NEN 2608).Dikte 2x6 mm; $t_{e,d} = t_1 \sqrt{(t_1 + t_2)/t_1}$ $t_{e,d} = 6 \times \sqrt{2} = 8,5$ mm = 0,85cm.(komt overeen met 2 los op elkaar liggende glasplaten = $2 \times 1/6 \cdot 1,0,6^2$)

Glasplaat 2 zijdig opgelegd.

Belastingfactor vlg. uitgangspunten HOKA 1,2. (In relatie tot het type glas (gelaagd) is veiligheidsklasse 1 volgens NEN6702 acceptabel).

Materiaalfactor vlakglas $\gamma_m = 1,78$ $f_{u,d} = 5/1,78 = 2,8$ kN/cm² $q = 0,000137 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,96 = 0,0001736$ kN/cm²

Toets: Rekenwaarde voor de belasting moet kleiner of gelijk zijn aan de rekenwaarde voor de sterkte.

 $S_u \leq R_u$

$$R_u = 1/6bt^2 \cdot 2,8 = 1/6 \cdot 1,0,85^2 \cdot 2,8 = 0,12 \cdot 2,8 = 0,336 \text{ kNcm}$$

$$S_u = 1/8 \cdot 0,0001736 \cdot 120^2 = 0,313 \text{ kNcm} \leq 0,336 \text{ OK.}$$

a. (Bij een belastingfactor van 1,5 (veiligheidsklasse 3) bedraagt S_u 0,391.)