

# Nieuwe Botlekbrug “Review van storingen en storingsafhandeling”

*“A15 Maasvlakte - Vaanplein”*

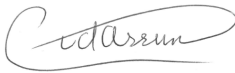



Status  
Datum

Definitief  
25 februari 2016

---

**Opstellers:**

<p>Leopold van de Assum Projectmanager, Huisman Special Lifting Equipment bv</p>	
<p>Frits van Loenen RSE, ProRail</p>	
<p>Jaco Reusink Raadgevend ingenieur, Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam rapporteur</p>	

---

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
1 Inleiding .....	4
1.1 Aanleiding .....	4
1.2 Samenvatting belangrijkste bevindingen review .....	5
1.3 Doelstelling en procedure van de review .....	7
1.4 Verantwoording .....	8
1.5 Overlegde documenten .....	9
2 Vraag 1: proces van afhandeling storingen .....	11
2.1 Beschrijving van het door A-Lanes uitgevoerde proces .....	11
2.2 Oordeel over het huidige proces van afhandeling .....	12
3 Vraag 2: onderhoudsfilosofie .....	14
3.1 Beschrijving onderhoudsfilosofie .....	14
3.2 Oordeel over de vastgestelde onderhoudsfilosofie .....	14
4 Vraag 3: verbeteringen storingsaanpak en onderhoudsfilosofie .....	16
4.1 Beschrijving mogelijke verbeteringen voor het proces van storingsafhandeling .....	17
4.2 Beschrijving mogelijke verbeteringen voor de onderhoudsfilosofie .....	18
5 Vraag 4: prestatieverbetering door voorgestelde verbeteringen .....	19
5.1 Beschrijving van mogelijke prestatieverbeteringen .....	19
6 Observaties en bevindingen .....	20
6.1 Inleiding .....	20
6.2 Implementatie eisen CE en machinerichtlijn .....	20
6.3 Instrumentatie (single point failures) .....	21
6.4 Sensoren .....	21
6.5 Werking grendelsysteem .....	22
6.6 Grendel-Hydrauliek .....	22
6.7 Spaninrichting van de kabels (Tension systeem) .....	22
6.8 ProRail spoor interface .....	22

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Na de gedeeltelijke ingebruikname van de Nieuwe Botlekbrug voor wegverkeer in de zomer 2015 zijn in de opvolgende periode met regelmaat storingen opgetreden in de categorie niet voorziene niet beschikbaarheid, met als gevolg dat zich een aantal stremmingen voor het land- en scheepvaartverkeer heeft voorgedaan dat groter is dan mocht worden verwacht.

Om de problematiek (storingsbeeld, oorzaak, gevolg, maatregelen) over het functioneren van de Nieuwe Botlekbrug te bespreken is er d.d. 7 augustus 2015 een afstemoverleg georganiseerd tussen Rijkswaterstaat CMT project A15 MaVa, Rijkswaterstaat bedienorganisatie en A-Lanes A15. In dit overleg zijn door Rijkswaterstaat zowel beheersmaatregelen voor de korte termijn als structurele maatregelen opgedragen aan A-Lanes. A-Lanes heeft hiertoe een Plan van Aanpak (PvA) [kenmerk A-Lanes-A15-TP05-PLAN-4827\_01 d.d. 25-08-2015] opgesteld waarin zijn opgenomen:

1. Structurele maatregelen om alle bij de Nieuwe Botlekbrug opgetreden storingen te adresseren en de Nieuwe Botlekbrug robuust te maken zodat deze foutvrij functioneert onder dagelijks gebruik (bijvoorbeeld: toepassing minder gevoelig type sensor, ...);
2. Besliscriterium in welk geval en op welke termijn dit PvA (als Plan B) zal worden geëffectueerd.

Medio november 2015 is, op basis van de doelstellingen van het PvA, door Partijen vastgesteld dat na het doorvoeren van een reeks van storingsbeperkende maatregelen in de periode juli – november 2015, de intensiteit van de storingen nog hoog is. Bovendien is er, op dat moment, in onvoldoende mate sprake van de beoogde dalende trend in de storingsintensiteit.

Dit laatste is voor Partijen [OG: Rijkswaterstaat en ON: A-Lanes A15] aanleiding voor het gemeenschappelijk instellen van een onafhankelijke externe Reviewcommissie, met een brede procesmatige en technisch inhoudelijke inbreng. De Reviewcommissie krijgt een opdracht op basis van concrete vraagstellingen mee, en dient binnen 6 weken na aanstelling, op 23 december 2015, met een schriftelijke rapportage verslag te doen van de bevindingen.

Medio november 2015 neemt het aantal storingen, met name de storingen met hinder voor het verkeer, substantieel af. Deze afname kan niet los gezien worden van de implementatie van verdere systeemaanpassingen in het kader van de storingsaanpak door A-Lanes A15, en het dempend effect van kinderziektes in het brugsysteem. Deze ontwikkeling speelt zich af na het aanstellen van de Reviewcommissie.

---

## 1.2 Samenvatting belangrijkste bevindingen review

De Reviewcommissie heeft zich verdiept in de storingen en storingsaanpak van de Nieuwe Botlekbrug, binnen het aan de commissie verstrekte mandaat en gestelde beperkingen aan de reikwijdte van de opgave. Deze opgave is vastgelegd in vier concrete onderzoeksvragen (zie paragraaf 1.3).

### (1) Proces van de incidentele en structurele afhandeling van storingen

Het door A-Lanes A15 ingezette proces van storingsafhandeling tijdens de zomer van 2015 kenmerkt zich in hoofdzaak door:

- het opstellen van een plan van aanpak,
- het instellen van een verbeterteam,
- de permanente aanwezigheid van een storingsdienst op de brug en
- een concrete, fysieke aanpak van de belangrijkste (hinder)storingen.

De commissie oordeelt op hoofdlijnen overwegend positief over het ingezette proces. De vervanging van sensoren, de zorgvuldig voorbereide wijzigingen in het datacommunicatiesysteem, en het toevoegen van een zelfdiagnostiek functie op de besturing van de bruginstallatie bij noodstop en stroomuitval, zijn de belangrijkste voorbeelden van uitgevoerde ingrepen die aantoonbaar het aantal storingen op de korte termijn sterk hebben doen afnemen. Met deze maatregelen zijn tevens de meeste snel en eenvoudig te implementeren maatregelen effectief doorgevoerd.

Het verder terugdringen van de storingsgevoeligheid vraagt, naar verwachting van de commissie, in toenemende mate om steeds ingrijpendere maatregelen, omdat deze storingsbronnen veelal samenhangen met, en diep ingrijpen in geïmplementeerde ontwerp oplossingen of de vastgestelde veiligheidsfilosofie voor de Nieuwe Botlekbrug.

De gekozen reactieve aanpak van storingen heeft tot nu toe zichtbaar effectief gewerkt.

Kantttekeningen worden gemaakt bij het ontbreken van een meer integraal onderzoek naar de storingsgevoeligheid van het totale brugstelsel, voor de korte en lange termijn, het verminderen van het effect van (mogelijke-) storingen op de brugbeschikbaarheid en het tijdsplan voor initiatie en implementatie van maatregelen.

Tenslotte worden kanttekeningen gemaakt bij de integrale, procesmatige beheersing van de gecombineerde werking en prestatieniveau van het datanetwerk van Rijkswaterstaat en de inrichting van het brugbedienstation (Verkeersmanagementcentrale). Voorbeeld is de beheersing van het prestatieniveau van de totale keten van systeemintegratie in relatie tot de brugbeschikbaarheid.

### (2) Onderhoudsfilosofie, zoals vastgesteld en geïmplementeerd door A-Lanes A15

De onderhoudsfilosofie is vastgelegd in handboeken en voldoet in beginsel aan de contractuele eisen vanuit CE markering, en onderliggende normen en voorschriften, voor het opstellen van een onderhoudsdossier, waarin de wijze van onderhoud, intensiteit en vervanging van onderdelen is vastgelegd.

Op dit onderdeel zijn kanttekeningen te maken bij de beschrijving van de faalgevoeligheid en redundantie van onderdelen naar de werking van het integrale systeem. (slijtage van componenten kan invloed hebben op de betrouwbaarheid van de werking van sensoren).

De functionele benuttingsgraad van de onderdelen is niet teruggevonden in het overlegde dossier [referentie 1 t/m 4]. Ook is de invloed van mogelijk falen van onderdelen op de brugbeschikbaarheid en daaraan gekoppelde analyse van effectiviteit van robuustheidsmaatregelen niet gevonden.

Dit betekent dat uit onderzoek van het overlegde dossier onvoldoende tot uitdrukking komt dat vanuit onderhoudsstrategie dynamisch kan worden gestuurd op verdere verbetering en optimalisatie van de beschikbaarheid (bijvoorbeeld: robuustheid van de uitvoering van het hydraulieksysteem).

---

### (3) Verbetervoorstellen voor het proces van storingsafhandeling en onderhoudsfilosofie

Door de Reviewcommissie zijn enkele concrete voorstellen gedaan voor verdere verbetermaatregelen op het proces van storingsafhandeling. De belangrijkste voorstellen zijn:

- Uitvoeren van een meer integrale storingsanalyse, gericht op preventie.
- Onderzoek naar het mogelijk reduceren van single point failures (sensoren locks, Trapped key) met een directe impact op de brugbeschikbaarheid.
- Uitvoeren van onderzoek of meer schakelingen als niet fataal te classificeren zijn.
- Beperken van het effect van een storing, bijvoorbeeld door uitbreiding van zelfdiagnostiek-functies (diagnostiek, lokale standaanduiding, reset functie, redundantie).
- Verruimen van de bewegingstijd van de grendels. Dit zal naar verwachting een positief effect hebben op het duurzaam betrouwbaar functioneren en de storingsintensiteit op langere termijn.
- Koppelen van het storingsregister aan het dynamisch onderhoudsproces. Naar verwachting geeft dit meer mogelijkheden vanuit onderhoud actief en adaptief te sturen op storingsbeperking. Slijtage en veroudering van onderdelen zullen naar verwachting het storingsgedrag in toenemende mate gaan beïnvloeden.
- Ingrijpender is het herzien van eerder gemaakte keuzes bij het ontwerp en uitvoering van het brugsysteem. Dit betekent mogelijk het aanpassen van het ontwerp door vervangen van kwetsbare ontwerp oplossingen. Door de grote impact zal dit alleen in zeer incidentele situaties te overwegen zijn.

Het brugsysteem zal vanuit gekozen ontwerp oplossingen (grendels, kabelspansysteem), grootte en complexiteit van de machine een relatief verhoogde storingsgevoeligheid houden. Gerichte intensivering van onderhoud, monitoring en preventieve vervangingen of ontwerp aanpassingen worden aanbevolen.

Verbeteringen in de onderhoudsfilosofie zijn als kanttekeningen benoemd onder punt (2).

### (4) Mogelijke prestatieverbeteringen bij de voorgestelde verbetervoorstellen

Met de inmiddels geïmplementeerde storingsaanpak tot en met november 2015 is het aantal storingen en de storingshinder sterk gereduceerd. Omdat in toenemende mate de inspanningen gericht zijn op preventie zal het nog aanvullend te bereiken prestatie-effect beperkt, en moeilijk te meten zijn. Immers zonder extra maatregelen zouden de storingen weer toegenomen kunnen zijn.

Er zijn mogelijk nog verdere prestatieverbeteringen te bereiken door de consequentie van storingen op het brugbedrijf verder te beperken en door een risico gestuurde beschikbaarheidsanalyse op het tijdsafhankelijk gedrag van systeemonderdelen toe te voegen aan de onderhoudsfilosofie. Aanbevolen wordt het onderhoudsdossier als levend document actueel te houden door het periodiek invoegen van werkelijke ervaringen op de brug (interactief met storings- en faaldossier).

---

### 1.3 Doelstelling en procedure van de review

Op 6 november 2015 is tijdens een bijeenkomst bij de Nieuwe Botlekbrug de Reviewcommissie geïnstalleerd. De onderzoeksdoelstelling is door Partijen vastgelegd als, en gelimiteerd tot het opstellen van antwoorden op onderstaande concrete reviewvragen:

1. *Wat is uw mening/oordeel over het huidige proces van de afhandeling van storingen? Dit proces betreft niet alleen de afhandeling van de incidentele storingen, maar ook de wijze van storingsanalyse en de vertaling daarvan in (structurele) verbetermaatregelen.*
2. *Wat is uw mening/oordeel over de onderhoudsfilosofie, zoals vastgesteld en geïmplementeerd door A-Lanes A15?*
3. *Ziet u nog mogelijkheden om het proces van storingsafhandeling en de onderhoudsfilosofie te verbeteren?*
4. *Tot welke prestatieverbeteringen t.o.v. het huidige prestatieniveau zouden deze verbeteringen kunnen leiden?*

Partijen hebben besloten dat de eventueel van belang zijnde bevindingen en constatering die geen directe relatie hebben met een van de vier onderzoeksvragen, onder "overige bevindingen", als Hoofdstuk 6 in het rapport, apart kunnen worden opgenomen. Uitgangspunt voor het uitvoeren van de review is een doorlooptijd van ca. 6 weken met een eerste conceptoplevering op 23 december 2015.

De Reviewcommissie bestaat uit de volgende personen:

- Leopold van den Assum (Huisman), vervanger van Jaco de Smit (Huisman) \*)
- Frits van Loenen (ProRail) \*\*)
- Jaco Reusink, Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam;

\*) Jaco de Smit verblijft regelmatig in het buitenland, Leopold van den Assum is aangewezen als dagelijks commissielid.

\*\*\*) Frits van Loenen is vanaf 21 november toegevoegd als volwaardig lid van de commissie.

Dhr. Harbers is door RWS voorgesteld als vierde commissielid. Door zijn zeer beperkte beschikbaarheid heeft de heer Harbers geen bijdrage kunnen leveren aan de commissie.

Opdrachtgevers voor de review zijn John van Dongen (A-Lanes A15) en Huib de Ridder (RWS). Dagelijkse begeleiding door Gert Nederend, Marcel Möller (A-Lanes A15) en Rijk Noordzij (RWS).

Het proces van de review omvat de volgende werkzaamheden:

- Schouw op de brug, waarbij tijdens bewegingsbedrijf de opstelling en werking van het systeem wordt beoordeeld.
- Interviews met technische specialisten (op verzoek). Hierbij kan nadere verduidelijking worden verkregen in de feitelijke werking van het systeem en afhandeling en verbeteringen t.a.v. opgetreden storingen.
- Dossieranalyse. Relevante delen van het dossier worden door Partijen overlegd en zijn geanalyseerd in het kader van de gestelde reviewvragen.

---

## 1.4 Verantwoording

De Reviewcommissie is zich bewust van het feit dat het binnen de gegeven tijd slechts mogelijk is zich een beperkte indruk te vormen van alle aspecten van het brugsysteem.

De overlegde documentatie is weliswaar omvangrijk in omvang, maar tevens beperkt in de zin dat er vele van belang zijnde beschrijvingen, zoals gemaakte afwegingen en keuzes, niet in documenten is vastgelegd en dat sommige documenten, zoals werkplannen, vanuit de onderhoudsfilosofie en contractering van onderaannemers nog in ontwikkeling zijn.

Dit betekent dat de bevindingen en oordeelvorming van de commissie niet los gezien kan worden van opgelegde beperking in tijd en (dossier-) omvang, waardoor het mogelijk is dat op specifieke onderdelen de waarnemingen en bevindingen niet volledig aansluiten op de werkelijke situatie.

De commissie acht zich, op basis van de bij de commissieleden aanwezige expertise en de omvang en inhoud van de overlegde documentatie, in staat om de opdracht tot het uitvoeren van de review te aanvaarden, en antwoorden op de gestelde vragen te formuleren.

De commissie heeft zich, bij haar werkwijze, gemeend een genuanceerde, enigszins kritische toonzetting en houding aan te moeten nemen bij het onderzoek en bij de rapportage, omdat deze wijze van rapporteren het meest bijdraagt aan de discussie en het mogelijk doorvoeren van verdere verbeteringen van het ingezette proces tot beperking van storingen en storingshinder.

Complicerend bij de uitgevoerde review is dat er door Partijen op voorhand geen objectieve criteria zijn vastgesteld omtrent het gangbare acceptatieniveau van de onvoorziene niet beschikbaarheid van de brug als gevolg van storingen. Hiermee ontbreekt het de commissie aan een kwantitatief kader als doelstelling voor de voorwaardelijk te realiseren verdere prestatieverbeteringen.

Als gevolg hiervan wordt de discussie over mogelijke prestatieverbeteringen op een hoog abstractieniveau gevoerd, dit impliceert dat ook verbetermaatregelen met een relatief beperkte effectieve bijdrage of met een hoge mate van inspanning en/of kosten zijn benoemd in het rapport.

Als voorbeeld wordt genoemd de aanbeveling waarbij een evaluatie met mogelijke aanpassing van ontwerp oplossingen van het brugsysteem in relatie tot het beschikbaarheidsvraagstuk wordt voorgesteld. Dit is een zeer kostbare en procesmatig ongewenste maatregel die alleen aan de orde is als er met andere maatregelen onvoldoende mate van prestatieverbetering kan worden bereikt.

De brug geeft vanuit het openingsregime met veelvuldige openingen (gemiddeld ca. 16 per dag tussen week 29 en week 50 van 2015) en relatief lange openingstijden een aanzienlijke wegverkeerhinder vanuit het regulier functioneel gebruik. Deze hinder voor het wegverkeer was voorafgaand aan de ingebruikstelling van de brug niet aanwezig. Een deel van de verkeersfunctionaliteit van de Botlektunnel wordt nu via de Nieuwe Botlekbrug afgewikkeld.

Bij de inmiddels ingezette dalende tendens van de storingsintensiteit zou er een niveau moeten worden benoemd waarbij op consolidatie van de op dat moment aanwezige storingsintensiteit kan worden gestuurd. Door de commissie wordt aanbevolen om ook in die situatie op een verdere reductie van de verkeershinder (duur en intensiteit) in geval van optredende storingen in te zetten. Hiervoor worden in deze rapportage concrete voorstellen gedaan.



---

## 1.5 Overlegde documenten

Voor de uitvoering van de review zijn de volgende (belangrijkste) documenten beschikbaar gesteld door Partijen.

1. Onderhoudshandleiding "Master Document voor "Brug Hef Installaties"  
A-Lanes-A15\_TP10\_REP\_4579\_01
2. Gebruikershandleiding voor "Mechanical/Hydraulics - deel 1"  
A-Lanes-A15\_TP10\_REP\_4580\_01
3. Onderhoudshandleiding voor "Mechanical/Hydraulics - deel 2"  
A-Lanes-A15\_TP10\_REP\_4581\_01
4. Gebruikers- en Onderhoudshandleiding voor "Brughefinstallatie - Vol.3 "  
A-Lanes-A15\_TP10\_REP\_4582\_01
5. Organisatie onderhoud nieuwe Botlekbrug  
A-Lanes-A15\_TP10\_PLAN\_4732\_00 Revisie 00
6. Plan van aanpak - Verbeterplan voor verhogen van betrouwbaarheid functioneren Nieuwe Botlekbrug  
A-Lanes-A15\_TP05\_PLAN\_4827\_01
7. gebruikshandleiding brugbedienaar  
A-Lanes-A15-TP10-PLAN-4733\_00 Revisie 00
8. Regeling toegang en werkzaamheden nieuwe Botlekbrug d.d. 2 september 2015  
A-Lanes\_A15\_MEMO\_28536\_03
9. Procedure storingsafhandeling (verbeterd)
10. Registratie verhogen betrouwbaarheid sensoren  
CIV\_1\_3600\_0000\_REP\_0000\_4827\_0001\_00
11. Risicobeoordeling CE markering Nieuw Botlekbrug
12. Plan van aanpak TKONs Botlekbrug (AFW\_04231 en AFW-04232)  
A-Lanes-A15\_TP03\_PLAN\_4838\_00
13. Ontwerprapport TKONs Nieuwe Botlekbrug (AFW-04231 en AFW-04232)  
A-Lanes-A15 DE-3600-0000-DREP-0115-03
14. Ontwerprapport DO bedieningskoppelvlak BTI  
A-Lanes\_A15\_DO\_20501030100\_drep\_1002\_01
15. Risicobeoordeling CE Markering Nieuwe Botlekbrug  
A-Lanes-A15\_DE\_3600\_0000\_DREP\_0114\_02
16. Veiligheidsgerelateerde besturingsfuncties Nieuwe Beweegbare Botlekbrug  
A-Lanes\_A15\_DE\_3630\_0000\_DREP\_0200\_02

### Overige documenten:

- Info Noodstop irt Koppelvlak, "Ontwerp Nieuwe Botlekbrug Raakvlak uitgangspunt koppelvlak VMC", Documentnummer: 1311-05588 v1.2 d.d. 20-03-2014
- Principeschema aansluitingen, Documentnummer: 1408-00999 d.d. 02-07-2014
- Deformatiemetingen Nieuwe Botlekbrug (kenmerk DE\_3630\_2000\_DREP\_1006\_07) d.d. 05-10-2015
- Getekende Inbouwverklaring VOF Rhoon d.d. 02-07-2015
  
- SD Main/emergency Bridge control PLC (Annex 65.85) (kenmerk: A-Lanes\_A15\_UO\_3638\_6520\_DREP\_1012\_04) d.d. 05-06-2015
  
- Software Design Bridge Motion Control (kenmerk: A-Lanes\_A15\_UO\_3638\_6520\_DREP\_1032\_03) d.d. 15-12-2014
- Master Document SIL Veiligheidsfuncties (kenmerk: A-Lanes\_A15\_UO\_3638\_6520\_DREP\_2000\_03) d.d. 08-06-2015
- SD Bridge Locking (kenmerk: A-Lanes\_A15\_UO\_3638\_6524\_DREP\_1003\_02) d.d. 06-02-2015
- Typical Moving mechanism Motion Control Botlekbrug (kenmerk: A-Lanes\_A15\_DE\_3638\_6520\_DRAW\_0001\_10 PID) d.d. 07-08-2014
- Memo "Storingen centrale noodstop" d.d. 5 november 2015 (versie 4)
- Memo "Geschiedenis en stand van zaken storingen noodstopketen Botlekbrug" d.d. 17 november 2015
- Overzicht Aantal storingen Centrale Noodstop
- Tijdlijn "Storingen datacommunicatie" d.d. 19 november 2015
- Technisch schema Centrale noodstop netwerk VMC-VOR brug d.d. 04 november 2015
- Statistiek – brug prestaties NBB (t/m week 48)

---

## Overlegde verslagen

- Verslag SO Testen & Commissioning NBB d.d. 23-9-2016
- Verslag technisch overleg storingen netwerkcommunicatie Botlekbrug d.d. 31 augustus 2015
- Verslag technisch overleg storingen netwerkcommunicatie Botlekbrug d.d. 02 september 2015
- Verslag technisch overleg storingen netwerkcommunicatie Botlekbrug d.d. 16 september 2015
- Verslag technisch overleg storingen netwerkcommunicatie Botlekbrug d.d. 23 oktober 2015
- Verslag technisch overleg storingen netwerkcommunicatie Botlekbrug d.d. 6 november 2015
- Verslag Werkvergadering nr 49 coördinatie Nevenopdrachtnemers VMC
- Verslag Werkvergadering nr 50 coördinatie Nevenopdrachtnemers VMC
- Verslag Werkvergadering nr 51 coördinatie Nevenopdrachtnemers VMC
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 11 augustus 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 13 augustus 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 18 augustus 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 20 augustus 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 25 augustus 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 27 augustus 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 03 september 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 10 september 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 15 september 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 08 oktober 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 15 oktober 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 22 oktober 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 29 oktober 2015
- Beknopt verslag "Afstemoverleg Nieuwe Botlekbrug" d.d. 05 november 2015

## Overlegde storingslijsten

Overlegde storingslijsten zijn cumulatief dus alleen laatste lijst is van belang.

- |                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Storingslijsten_actueel (meetdatum 4 november 2015)          | 6-11-2015  |
| 2. Storingslijsten_totaaloverzicht (meetdatum 4 november 2015)  | 6-11-2015  |
| 3. Storingslijsten_actueel (meetdatum 11 november 2015)         | 16-11-2015 |
| 4. Storingslijsten_totaaloverzicht (meetdatum 11 november 2015) | 16-11-2015 |
| 5. Storingslijsten_actueel (meetdatum 18 november 2015)         | 16-11-2015 |
| 6. Storingslijsten_totaaloverzicht (meetdatum 18 november 2015) | 16-11-2015 |
| 7. Storingslijsten_actueel (meetdatum 25 november 2015)         | 27-11-2015 |
| 8. Storingslijsten_totaaloverzicht (meetdatum 25 november 2015) | 27-11-2015 |
| 9. Storingslijsten_actueel (meetdatum 9 december 2015)          | 10-12-2015 |
| 10. Storingslijsten_totaaloverzicht (meetdatum 9 december 2015) | 10-12-2015 |

## Overleggen met Partijen

Naast overleggen van de Reviewcommissie zelf heeft er een aantal overleggen plaatsgevonden met externe specialisten of de dagelijkse begeleiders van de review. Van twee van de gehouden overleggen zijn door A-Lanes verslagen opgesteld.

### MOM Reviewcommissie

- |                       |              |
|-----------------------|--------------|
| 1. overleg 6-11-2015  | MOM_10168_00 |
| 2. overleg 11-11-2015 | MOM_10168_01 |

---

## 2 Vraag 1: proces van afhandeling storingsen

In dit hoofdstuk wordt de volgende vraag behandeld:

*Wat is uw mening/oordeel over het huidige proces van de afhandeling van storingsen? Dit proces betreft niet alleen de afhandeling van de incidentele storingsen, maar ook de wijze van storingsanalyse en de vertaling daarvan in (structurele) verbetermaatregelen.*

Dit hoofdstuk wordt als volgt ingedeeld. Allereerst zal een kort resumé gegeven worden van het toegepaste proces van storingsafhandeling. Vervolgens zal dit proces aan een kritisch oordeel worden onderworpen. De procedure storingsafhandeling wordt beschreven in [referentie 6, 9] en is mondeling door Partijen toegelicht.

### 2.1 Beschrijving van het door A-Lanes uitgevoerde proces

Het geïmplementeerde proces van storingsafhandeling voorziet op hoofdlijnen in:

- Opstellen van wekelijkse storingslijsten met gekoppelde informatie ten aanzien van oorzaak, afhandeling en impact op beschikbaarheid.
- Opstellen en implementeren van PVA in [referentie 6, 9] met een gestructureerde aanpak.
- Het instellen van een verbeterteam (A-Lanes A15) met vertegenwoordigers van verschillende (ontwerp-)disciplines.
- Het instellen van een storingsdienst 24/7 op de brug.
- Het instellen van regulier voortgangsoverleg tussen OG en ON.
- Het effectueren van acties uit het PVA door implementeren van concrete maatregelen en aanpassingen op de brug.

In het Plan van Aanpak Storingsafhandeling [referentie 6] zijn de volgende zes verbeterpunten geformuleerd:

1. Verhogen betrouwbaarheid functioneren sensoren.
2. Terugbouw naar vetvrije constructie van de grendels (locking device).
3. Verhogen betrouwbaarheid functioneren contacten.
4. Verbeteren procedure storingsafhandeling.
5. Verhogen betrouwbaarheid functioneren afsluitbomen.
6. Verhogen betrouwbaarheid functioneren van datacommunicatie/netwerk.

Deze zes verbeterpunten zijn in de periode voorafgaand aan de review geheel ten uitvoer gebracht.

De storingsoorzaken zijn door A-Lanes A15 gerapporteerd in [referentie 6].

De oorzaken zijn grofweg te verdelen in drie hoofdgroepen:

1. Schakelfuncties, zoals Sensoren van grendels, (en bijvoorbeeld Trapped key systeem).
2. Storingsen vanuit de besturing en netwerk zoals netwerkcommunicatiestoringsen (timeout) waardoor Centrale noodstoppen van de brughefinstallatie optreden. Verhogen betrouwbaarheid functioneren van datacommunicatie/netwerk Verkeersmanagementcentrale Botlekbrug
3. Overige storingsen waaronder kinderziektes, zowel van technische als van organisatorische aard (defecte I/O kaarten en slagbomen).

Ten aanzien van het gestelde onder punt 2 geldt dat hierop zowel een individuele en gedeelde verantwoordelijkheid van Partijen rust.

---

## 2.2 Oordeel over het huidige proces van afhandeling

### De Reviewcommissie oordeelt overwegend positief over:

- het kwalitatief goed gedocumenteerd overzicht van storingen waardoor een goed inzicht in de actuele problematiek ontstaat. Dit wordt als een effectief middel beschouwd om een trend vast te stellen, en biedt mogelijkheden om dynamisch te sturen op (onvoorziene) ontwikkelingen. Het opnemen van afhandelingsinformatie en impact op hinder werkt daarbij zeer inzichtelijk;
- het werken volgens een PVA-storingsafhandeling. Dit geeft een open en transparant inzicht in het voorgenomen proces. Dit aspect werkt positief in het kader van verwachtingenmanagement en procesbeheersing;
- het instellen van een competent verbeterteam met specifieke taken en verantwoordelijkheden;
- het clusteren van storingen in groepen. Dit maakt een systematische en gerichte aanpak mogelijk, gericht op de reductie van hinder. Met een gerichte storingsaanpak kan relatief snel en effectief een hoog verbeterresultaat worden bereikt;
- het implementeren van een ingrijpende “zelfdiagnostiek” functie op de besturing van de brughefinstallatie bij noodstoppen en stroomuitval (kabelspanners) en een “delay” overbrugging van korte netwerkonderbrekingen. Hierdoor kan het effect van deze storingen op de beschikbaarheidshinder grotendeels worden weggenomen.

### De Reviewcommissie oordeelt minder positief over:

- de werkwijze die sterk is gericht op incidentafhandeling en teveel het karakter van een reactieve werkwijze heeft (vanuit de storingslijst en niet vanuit het systeemontwerp)
  - Pas na een storing wordt de fout onderdeel van het storingsproces en vervolgens wordt een oplossing ontwikkeld. Op deze manier zal de intrinsieke integrale betrouwbaarheid naar verwachting niet het gewenste niveau gaan halen. Bij het ontwerp van het brugsysteem lijkt, vanuit het resultaat teruggeredeneerd, niet expliciet gestuurd te zijn op storingsrobustheid, voor zover dit oordeel binnen het beoordelingsveld van de commissie ligt. Als voorbeeld wordt genoemd de impact van storingsbronnen (bijv. componentuitval) die onder specifieke omstandigheden probabilistisch slechts een maal in 15 jaar optreden, maar waarvan de praktijk uitwijst dat de frequentie hoger is doordat de storingskans geen rekening houdt met ongunstige brugomstandigheden;
- het ten overstaande van de commissie niet aantoonbaar zijn van de procesmatige analyse van de consequenties van gemaakte keuzes en invulling van (contract)eisen op de prestatie van de brug. Als voorbeeld wordt aangevoerd de wijze van invullen van de eisen ter verkrijging van CE;
- het ingezette proces dat slechts in beperkte mate aantoonbaar voorziet in het systematisch analyseren/doorlichten van het integrale brugsysteem (kritische functies) op het aspect van kwetsbaarheid, storingsgevoeligheid en robuustheid, specifiek in het licht van eerder gemaakte keuzes;
- dat voor bepaalde netwerkstoringen de afhandeling is beperkt tot een reset en het doorlopen van het proces van datacommunicatie. Het is niet altijd duidelijk wat de oorzaak en herhalingsgevoeligheid is. Dit verdient verdere aandacht in de toekomst.
- het tijdspad van aanvang en implementatie van verbetermaatregelen. Voor zover bekend is pas relatief laat (augustus 2015) gestart met de inventarisatie van de uitval van het netwerk waardoor de brug in noodstop valt. Deze procedure is inmiddels aangepast met een “time delay” en een zelfdiagnose functie waarbij, voorafgaand aan de reset, de noodzaak van het voorwaardelijk herspannen van het kabelspansysteem wordt vastgesteld;
- dat binnen het huidige systeem de consequentie van veel storingsmeldingen resulteert in beschikbaarheidshinder, waarbij een uitgebreide herstelprocedure moet worden doorlopen. Dit lijkt niet in alle gevallen noodzakelijk (meer effecten monitoren);
- de in het proces toegepaste demarcatie van het koppelvlak in relatie tot het PVA storingsbronnen. De robuustheid van het integraal systeem (VIC-net en Verkeersmanagementcentrale) lijkt onvoldoende integraal getest;

- 
- dat de brug op afstand bediend wordt via het datanetwerk van Rijkswaterstaat. Dit betekent dat het kwalitatief functioneren en continue beschikbaarheid van de Verkeersmanagementcentrale en datanetwerk onderdeel uitmaakt van de brugfunctionaliteit en is daarmee tevens een potentiële bron voor storingen. De Verkeersmanagementcentrale en datanetwerk vallen binnen de grenzen van de machine volgens de Machinerichtlijn;
  - het niet structureel implementeren van “look and feel” in het bedienproces.
    - Omdat de brug altijd op afstand wordt bediend, heeft de brugwachter geen direct gevoel voor het mechaniek (MMI). Geluiden, trillingen en dergelijke kunnen niet waargenomen worden. Het is gebeurd dat de brugwachter van de oude brug contact op heeft genomen met de brugwachter op afstand omdat de brug een ongewoon geluid maakte.
    - Een andere vaststelling is dat de brugwachter naar een monitor kijkt die niet exact dezelfde gegevens toont als het onderhoudspaneel op de brug. Daardoor zijn de storingsmeldingen soms moeilijk te interpreteren;
  - het effect van de tweede brug in het proces. De brug is alleen in gebruik voor wegverkeer en er is één val in gebruik. Het tweede val wordt eens per week bewogen. In de overlegde stukken wordt niet duidelijk gemaakt of de toekomstige spoorfunctionaliteit door de storingsgevoeligheid wordt beïnvloed, en hoe dit effect wordt geminimaliseerd;
  - dat een storing met beschikbaarheidsbeperking kan ontstaan door de brugbedienaar als gevolg van handelen in afwijking van de gebruikshandleiding brugbedienaar. Dit type van storingen zou mogelijk ook eerst teruggemeld kunnen worden op de bedienmonitor;
  - de invloed van netwerkbeschikbaarheid (uitval op ms-niveau resulteert in storingsmelding en eventueel Centrale noodstop). Een structurele analyse lijkt te ontbreken i.r.t. de duur van netwerkuitval en opstarttijden van PLC-systeem. De reductie van datanet storingen lijkt erop te wijzen dat de 5s uitval tot noodstop afdoende is voor een betrouwbare werking. Echter een algemeen prestatie-niveau (betrouwbaarheid) van het VIC-netwerk lijkt te ontbreken.
  - Het vermoeden van een mogelijk onvolledige uitvoering van FAT/SAT. Niet duidelijk is of bepaalde storingen in het besturingssysteem VMC en/of datanetwerk terug te voeren zijn tot een onvolledige of niet-integrale FAT/SAT. In een aantal gevallen is melding gemaakt van een “reset” na storing. Mogelijk kan een testomgeving waarbij ongewenste gebeurtenissen worden getest (robuustheid koppelvlak) een bijdrage leveren aan de stabiliteit en kinderziektes beperken. Dit geldt ook voor de invloed voor de op handen zijnde ombouw van de Verkeersmanagementcentrale in Rhon;

De aanbevelingen ter verbetering van de prestatie van de brug zijn bij de beantwoording van vraag 3 [Hoofdstuk. 4] opgenomen.

---

### 3 Vraag 2: onderhoudsfilosofie

In dit hoofdstuk wordt de volgende vraag behandeld:

*Wat is uw mening/oordeel over de onderhoudsfilosofie, zoals vastgesteld en geïmplementeerd door A-Lanes?*

Dit hoofdstuk wordt als volgt ingedeeld. Allereerst zal een kort resumé gegeven worden van het toegepaste proces van de onderhoudsfilosofie. Vervolgens zal dit proces aan een kritisch oordeel worden onderworpen.

De onderhoudsvoorschriften van de onderdelen van de brughefinstallatie zijn in de volgende documenten beschreven [referentie 1, 2, 3, 4, 5,]

#### 3.1 Beschrijving onderhoudsfilosofie

De documentbeschrijving is primair gericht op:

- Het beschrijven van de onderhoudsorganisatie [referentie 5]
- Het beschrijven van de functies van de brug met periodieke onderhoudsactiviteiten [referentie 1 t/m 4]

De Nieuwe Botlekbrug wijkt af van andere beweegbare bruggen op het aspect van de complexiteit van de onderhoudsorganisatie, in de zin dat er sprake is van systeem van onderhoudscontractering van verschillende onderaannemers door A-Lanes, waarover regie en raakvlakbeheersing onontbeerlijk is.

#### 3.2 Oordeel over de vastgestelde onderhoudsfilosofie

De Reviewcommissie oordeelt overwegend positief over:

- de beschrijving van de onderhoudsorganisatie op procesniveau in [referentie 5];
- de procesmatige storingsprocedure zoals opgenomen in [referentie 5] hoofdstuk 9;
- de beschrijvingen van de werking van toegepaste componenten zoals opgenomen in de handboeken [referentie 1 t/m 4];
- toepassing van redundante systemen. Op een aantal punten bevat het systeem een goede redundantie. Het betreft hier met name:
  - Energie voorziening, ring structuur, twee voedingspunten en noodgeneratoren
  - Datanetwerk PLC en extern heeft ringstructuur
  - Hoofdaandrijvingen, elke brugdek helft heeft drie inverters waarvan een reserve is en omschakelbaar op beide aandrijf motoren
  - Noodaandrijvingen op alle aandrijflijnen
  - Meerdere hydrauliek pompen op grendel installaties

Bovenstaande sluit goed aan op de algemeen gangbare omvang en inhoud van het onderhoudsdossier, zoals dit tijdens de gebruiksfase van de brug beschikbaar moet zijn als Technisch Constructie Dossier (TCD).

De aanwezige redundante systemen zijn niet nader onderzocht omdat deze geen storingsbron hebben veroorzaakt en het in de verwachting ligt dat deze ook in de toekomst geen storingsbron van betekenis zullen zijn. In geval van enkelvoudige storingsbronnen in deze systemen kunnen deze zonder gevolgen voor de beschikbaarheid van de brug verholpen worden.

---

De Reviewcommissie oordeelt minder positief over:

- dat beschouwde documenten meer een beschrijving lijken te geven van toegepaste componenten, dan dat de beoogde functionele werking is behandeld (bijv. belasting en bewegingen op oplettingen, belasting en draaitallen lagers). Een RAMS analyse vanuit ontwerp naar onderhoudsfilosofie is niet gevonden. Er zijn complexe samengestelde aandrijffuncties toegepast die tot heden overwegend probleemloos functioneren. Vanuit de optiek van storingen is dit naar de toekomst een aandachtspunt;
- dat in de overlegde documentatie het onderkennen en sturen op het minimaliseren van storingsgevoeligheid en modificaties na kinderziekten niet expliciet lijkt opgenomen. Zo ook de vervolgproucedure (monitoring) na het oplossen van storingen;
- dat in de documentatie een beschouwing over faalgevoeligheid en degradatie van onderdelen lijkt te ontbreken. Dit betekent dat een beschrijving in welke mate monitoring/inspectie onderhoud/preventieve vervangingen van invloed zijn op de betrouwbaarheid niet is gevonden.;
- dat de documentatie als statisch as-built dossier is vastgesteld (deels door partijen die niet langer onder contract staan). Niet duidelijk wordt hoe met het revisiebeheer zoals bij systeemaanpassingen en vervangingen door derden wordt omgegaan (levend dossier met beheerprocedure);
- er geen status monitoring van de werking van het systeem lijkt opgenomen (slijtage, krachten, drukken, gevraagd vermogen ) in het handboek t.b.v. datalogging;
- dat de contractuele grens (koppelvlak) als begrenzing van het dossier is aangehouden terwijl de Machinerichtlijn voor de brug werkend als machine ruimere begrenzingen aangeeft (VMC/VIC)

Het brugstelsel bevindt zich momenteel in nieuwstaat. De ervaring leert dat in de loop der tijd andere storingen in toenemende mate zullen kunnen optreden als gevolg van bijvoorbeeld vervuiling, veroudering, speling en slijtage. Dit geldt zowel voor mechanische en hydraulische aandrijfunits als het automatiseringstelsel (IA) met de vele sensoren en draadcontacten etc.

Een programma met een visie op inspectie en (preventief) onderhoud wordt wel benoemd maar dit wordt in de overlegde documenten onvoldoende concreet gemaakt in het licht van de opgetreden storingen. (bijvoorbeeld: zijn er in voldoende mate kritische componenten op voorraad en/of (na-) leverbaar, en is het voorraadbeheer voldoende adaptief, op basis van ervaringen met storingen op de brug).

---

## 4 Vraag 3: verbeteringen storingsaanpak en onderhoudsfilosofie

In dit hoofdstuk wordt de volgende vraag behandeld:

*Ziet u nog mogelijkheden om het proces van storingsafhandeling en de onderhoudsfilosofie te verbeteren?*

Antwoord op deze vraag is voor een belangrijk deel al behandeld als onderdeel van de bevindingen op vraag 1 [Hoofdstuk 2] en vraag 2 [Hoofdstuk 3]. Het effect van de mogelijke verbetering op de prestatie van de brug wordt behandeld als onderdeel van vraag 4. Een meer inhoudelijke toelichting is opgenomen bij Hoofdstuk 6.



---

## 4.1 Beschrijving mogelijke verbeteringen voor het proces van storingsafhandeling

De onderstaande voorstellen voor mogelijke verbetering zijn naar voren gekomen, als opvolging van de kanttekeningen, opgenomen bij Hoofdstuk 2.2:

- Het uitvoeren van een meer integrale storingsanalyse, gericht op preventie,
- Het onderzoek naar het mogelijk reduceren van single point failures (sensoren locks, Trapped key) met een directe impact op de brugbeschikbaarheid.
- Nader onderzoek of meer schakelingen in de veiligheidsketen als niet fataal te classificeren zijn. Bij het geïmplementeerde brugsysteem lijkt sprake van een zekere discrepantie tussen het prestatieniveau beschikbaarheid en veiligheid ten gunste van de veiligheid. Het wordt aanbevolen om meer inzicht te krijgen op de mogelijke beperking van invloed van veiligheidsfuncties op de beschikbaarheid.
- Het reduceren van het effect van de storing, bijvoorbeeld door uitbreiding van zelfdiagnostiek-functies (diagnostiek, lokale standaanduiding, reset functie, redundantie).
- Het herbeschouwen van (contractuele) uitgangspunten. Als voorbeeld geldt het verruimen van de bewegingstijd van de grendels. Dit zal naar verwachting een positief effect hebben op de storingsintensiteit op langere termijn. De bewegingstijd voor de brug is kort in combinatie met de toegepaste implementatie van functies (bijv. vergrendelen). Opvallend daarbij is de keuze voor een langdurige lage kruipsnelheid bij het in de geleidingen lopen van de brug. [zie ook Hoofdstuk 6]
- Het verbeteren van de robuustheid van de toegepaste brugtechnische installaties in de bedieningcentrale (VMC) na het koppelvlak. Deze lijkt op dit moment gevoelig voor storingen.
  - Data communicatie storingen, door real time netwerkverbinding zonder eigen vaste dataverbinding (dark fiber).
  - Ombouw Verkeersmanagementcentrale Rhooon is ingepland (met mogelijk nieuwe kinderziekten).
  - Verschillende softwaresystemen en -leveranciers moeten gezamenlijk een integraal werkend product leveren (Verkeersmanagementcentrale). Dit resulteert in een gevoeligheid bijvoorbeeld in geval voor toekomstige updates en (functie-) aanpassingen.
- Het uitvoeren van een analyse naar worst case scenario's, bijv. :
  - de bereikbaarheid van middelste pijler 40 wordt zeer slecht als beide brugdekken gaan bewegen. Er is namelijk geen mogelijkheid om vanaf de landzijde deze pijler te bereiken bij geopende brug. Dan is een vaartuig nodig om vanaf oost of west zijde naar deze pijler te gaan. Er zou een voorziening over het brugdek kunnen worden overwogen (Calandbrug);
  - In het geval er tijdens het onderzoek naar een storing een van de liften waarin de monteur zich bevindt ook in storing valt en vast komt te zitten, dient de vraag zich aan hoe in dat geval een lift monteur op de pijler kan komen? Nagegaan zou moeten worden of tijdens een storing waarbij het brugbedrijf is onderbroken het gebruik van de personenlift zou moeten worden verboden.

---

## 4.2 Beschrijving mogelijke verbeteringen voor de onderhoudsfilosofie

De volgende voorstellen voor mogelijke verbetering zijn naar voren gekomen, als opvolging van de kanttekeningen zoals opgenomen onder Hoofdstuk 3.2:

- Het koppelen van het storingsregister aan het dynamisch onderhoudsproces. Naar verwachting geeft dit meer mogelijkheden vanuit onderhoud actief en adaptief te sturen op storingsbeperking. Slijtage en veroudering van onderdelen zullen naar verwachting het storingsgedrag in toenemende mate gaan beïnvloeden.
- Implementeren van een systematische en diepgaande en integrale analyse van beschikbaarheidsgevoeligheden en –verbetering (FMECA) ten behoeve van een (preventieve) verbetering van de duurzame betrouwbaarheid. De opgetreden incidentele storingen worden (deels) verholpen, echter in de opvolgende periode dient zich weer een nieuw type storing aan, die wordt daarna pas aangepakt.

Het brugstelsel (bijv. grendels, kabelspansysteem) zal vanuit gekozen ontwerp oplossingen, die mede bepaald zijn door de complexiteit van het systeem, de contracteisen, CE, etc, echter een relatief verhoogde storingsgevoeligheid behouden. Intensivering van onderhoud, monitoring en preventieve vervangingen of ontwerp aanpassingen worden aanbevolen.

Verbeteringen in de onderhoudsfilosofie zijn als kanttekeningen benoemd bij de beantwoording van Vraag 2.

---

## 5 Vraag 4: prestatieverbetering door voorgestelde verbeteringen

In dit hoofdstuk wordt de volgende vraag behandeld:

*Tot welke prestatieverbeteringen t.o.v. het huidige prestatieniveau zouden de voorgestelde verbeteringen van vraag 3 kunnen leiden?*

Antwoord op deze vraag is eerder ten dele behandeld bij de behandeling van de bevindingen op vraag 1,2 en 3.

### 5.1 Beschrijving van mogelijke prestatieverbeteringen

Met de geïmplementeerde storingsaanpak is, conform verwachting, het aantal storingen en de storingshinder sterk gereduceerd.

In toenemende mate zullen verdere inspanningen gericht zijn op preventie en zal het nog aanvullend te bereiken effect moeilijk te meten zijn. Zonder extra maatregelen zouden immers de storingen weer toegenomen kunnen zijn.

Het kwantificeren van het effect van verdere verbeteringen op het prestatieniveau en de hiervoor benodigde inspanning zal per aspect moeten worden vastgesteld en afgewogen. Het doen van een generieke uitspraak is op dit moment niet aan de orde.

Er zijn nog verdere prestatieverbeteringen te bereiken door de consequentie van storingen op het brugbedrijf verder te beperken en door een risico-beschikbaarheid analyses op het tijdsafhankelijk gedrag van systeemonderdelen toe te voegen in onderhoudsfilosofie en dit dossier te voeden met werkelijke ervaringen op de brug (interactief met storings- en faaldossier).

---

## 6 Observaties en bevindingen

### 6.1 Inleiding

De opgetreden storingsintensiteit bij de Nieuwe Botlekbrug is op zichzelf niet uniek. Ook andere objecten met innoverende, complexe besturingen, zoals de Erasmusbrug, hadden na inbedrijfstelling langere tijd last van storingen. Wel is bij de Nieuwe Botlekbrug het aandeel storingen dat ingrijpt op de brugbeschikbaarheid relatief hoog. Als belangrijkste oorzaak is door de commissie de wijze van implementatie van de veiligheidssystemen aangemerkt.

In dit hoofdstuk zijn enkele aanvullende beschouwingen van observaties opgenomen

Een gedeelte hiervan is in kortere bewoordingen al in voorgaande hoofdstukken gegeven.

Een argument om het storingsonderzoek een verdergaand inhoudelijk vervolg te geven wordt gevonden in het feit dat er op dit moment nog beroep kan worden gedaan op de kennis van het ontwerp- en uitvoeringsteam. Dit team heeft uitgesproken kennis (beschreven en onbeschreven) van keuzes in het ontwerp en de totstandkoming van de deelontwerpen. Dit betekent dat dit team bij uitstek geschikt is om de afwegingen te maken ten aanzien van mogelijke fundamentele systeemaanpassingen. Als was het maar om eerder gemaakte ontwerpafwegingen te beschrijven en mogelijke verbeteringen als in de toekomst uit te voeren voorstellen in het TCD of onderhoudsdossier vast te leggen.

### 6.2 Implementatie eisen CE en machinerichtlijn

Het ontwerp van het brugsysteem is sterk gericht op veiligheid waarbij vastgesteld is dat veiligheidsfuncties de beschikbaarheid ongunstig beïnvloeden. Naar het oordeel van de Reviewcommissie zal deze beïnvloeding zonder aanpassingen in de veiligheidsfuncties niet volledig weg te nemen zijn. De commissie beveelt aan dit aspect nader te onderzoeken. Omdat het hier een contractueel raakvlak betreft wordt de inbreng van beide Partijen noodzakelijk geacht. Er worden vraagtekens gesteld bij de risicobeoordeling op grond waarvan het huidige sleutelsysteem is ontworpen. Het lijkt aanbevelenswaardig alsnog een evaluatie te houden van de eisinterpretatie vanuit NEN ISO 12100 zoals dit ook in de procesindustrie veelal wordt toegepast.

---

## 6.3 Instrumentatie (single point failures)

Het valt op dat in veel onderdelen van de instrumentatie geen redundantie lijkt te zitten, alle sensoren zijn enkelvoudig uitgevoerd en de betrouwbaarheid van de brug hangt dus aan een keten van vele sensoren, kabels, connectors, IO-stations en dergelijke waarbij een enkele fout op vele honderden punten leidt tot stilstand en stremmingen. De commissie beveelt aan dit aspect nader toe onderzoeken.

Aanbevolen wordt een herbeschouwing van de invloed van de "single point failure" systemen op de prestatie van de brug uit te voeren. Deze herbeschouwing zou primair gericht kunnen zijn op het reduceren van het aantal fatale schakelingen. In specifieke gevallen zou redundantie uitkomst kunnen bieden. Er zou kunnen worden onderzocht waar de zwakke punten zijn, te beginnen in de voorwaarden voor elke stap van de PLC besturing in de open en sluit-cycli.

Bijna alle sensoren lijken een single point of failure te geven. Een benadering waarbij onderscheid gemaakt wordt in Open mode failures (functionele fouten) en short mode failures (niet functionele fouten) zou winst op kunnen leveren. Het advies zou kunnen zijn het toepassen van redundantie en limiteren van faalfrequentie van open mode failures en een lagere prioriteit te geven aan short mode failures (niet fatale fouten).

Aanbevolen wordt de procedure lokale bediening te verruimen. Het brugsysteem initieel zo is gemaakt dat bij bepaalde storingen de brugwachter alleen lokaal de brug verder kan bedienen, bijvoorbeeld na een noodstop. Dit is inmiddels aangepast, zodat als het systeem in orde is en de brug geen grote scheefstand heeft, de brugwachter wel van afstand de brug weer in beweging kan zetten.

De vraag dient zich aan of vanuit de brugbeschikbaarheidsgedachte dit systeem (snelle reset op basis van diagnose) niet breder te implementeren is, mede in het licht van de aanbevolen categorisering van fatale meldingen vanuit het veiligheidssysteem. Zeker voor een nieuwe brug waarbij altijd storingen te verwachten zijn, is een snelle opvolging zeer gewenst, dit zou kunnen door de brugwachter tijdelijk op de brug te laten plaatsnemen, dan wel door meer bevoegdheid te geven aan lokaal aanwezige onderhoudstechnici.

## 6.4 Sensoren

De Reviewcommissie beveelt aan een aanvullende analyse te doen op het detectiebereik van schakelaars. Tevens wordt aanbevolen de sensoren te monitoren/controleren aangezien bij kleine aanpassingen en slijtage deze mogelijk buiten het meetbereik komen. Daarnaast zal voor elke sensor ook de mechanische kant bekeken moeten worden, dus hoe is de montage, wat is de mechanische speling, wat is de detectie afstand in relatie tot de speling tijdens afstellen.

Voor de opdruk cilinder in positie neer moet eerst duidelijk zijn dat de schijf waarop deze detecteert ook bewerkt is, zodat zeker is dat deze niet excentrisch gemonteerd is, een cilinder kan namelijk vrij draaien en daardoor kan de detectie afstand beïnvloed worden. Het verdient aanbeveling deze sensor aan de cilinder zelf te bevestigen en niet aan de staalconstructie.

Hierbij dient opgemerkt dat de werkelijke sensortypen en het werkelijke te detecteren materiaal niet is gecontroleerd, dus kunnen er nog meer afwijkingen optreden. Immers voor de meeste typen sensoren is de detectieafstand van RVS slechts 60% van de normale detectieafstand voor normaal koolstof staal. Dit verdient naar het oordeel van de commissie nadere aandacht.

De commissie beveelt voorts aan onderzoek te doen naar de mogelijke aanpassing sensorgevoeligheid door redundantie. Dit laatste is alleen van belang als een sensor gevoelig voor storingen blijft en deze als fataal moet zijn uitgevoerd. De faalkansanalyse geeft aan dat redundantie niet bijdraagt aan de reductie van beschikbaarheidsrisico. Echter deze berekeningen gaan uit van de theoretische werking van de sensorfunctie. In dat geval zouden sensors nooit als storingsoorzaak hebben kunnen optreden. Het gaat hier om het werkelijk gedrag op de brug.

---

## 6.5 Werking grendelsysteem

De Reviewcommissie adviseert een herbeschouwing uit te voeren op het grendelsysteem in meest brede zin. Dit betekent dat het ontwerp van (onderdelen van) het systeem in deze beschouwing zou moeten zijn opgenomen. De besturing is nu zo gemaakt dat een beweging wordt ingezet en doorloopt totdat een sensor het einde van de beweging detecteert. Hierdoor is elke sensor kritisch want bij falen van een sensor stopt de cyclus. Het zou beter zijn om de besturing waar mogelijk tijd gestuurd te maken en de sensoren alleen te gebruiken om fouten te detecteren, maar ondertussen wel door te gaan met de bewegingscyclus.

Uiteraard moet de mechanische constructie zo gemaakt zijn dat de cilinders geen schade aan kunnen brengen, zo niet dan is er een andere mogelijkheid en dat is om een redundante sensor aan te brengen. Op deze manier zou de hele brugbesturing geanalyseerd kunnen worden zodat de besturing minder vaak op een enkele sensor kan blijven "hangen" in de open / sluiten cyclus

Dit geldt mogelijk voor meer elementen, zoals slagbomen, spaninrichting, niveau olietank, temperatuur olie, brugdek beneden sensoren. Het op deze manier onderzoeken van de besturing kan de betrouwbaarheid doen toenemen.

## 6.6 Grendel-Hydrauliek

De Reviewcommissie beveelt aan om aanvullend onderzoek te doen naar de bedrijfszekerheid en robuustheid van de hydraulische installatie, in het bijzonder in relatie tot de grendelfunctie en kabelspansysteem.

Tenminste de volgende aspecten verdienen hierbij speciale aandacht

- Invloed van tolerantie en slijtage van geleiding op de werking van hydraulische overbrengingen.
- Invloed van uitlijningsfouten op de werking van de hydraulische overbrenging door het ontbreken van een cardanische lagering.
- Invloed van drukpieken door het snel invallen van niet gestuurde hydraulische kleppen.
- Preventief onderhouds- en vervangingsprogramma
- Monitoring en bemonstering

## 6.7 Spaninrichting van de kabels (Tension systeem)

De Reviewcommissie beveelt aan aanvullend onderzoek te doen naar de bedrijfszekerheid en robuustheid van de installatie in relatie tot het kabelspansysteem. Het systeem is functioneel kwetsbaar omdat het op een bewegend constructiedeel is bevestigd en de elektrische verbindingen dan kwetsbaarder zijn dan die van vaste installaties. Bovendien bevinden zich een groot aantal componenten van dit systeem in weer en wind waardoor versnelde veroudering te verwachten is. Bij zowel het hydraulisch systeem als bij de schakelfuncties is het systeem, enkelvoudig uitgevoerd. Hierdoor ontstaat een verhoogde gevoeligheid op de beschikbaarheid van het brugbedrijf.

## 6.8 ProRail spoor interface

De interface met ProRail is nog niet in bedrijf en lijkt nog niet tot in detail uitgewerkt. Hierdoor kunnen mogelijk in de toekomst weer nieuwe potentiële storingen ontstaan. Deze interface moet dus voor implementatie bekeken worden op betrouwbaarheid en veiligheid.