



RWS BEDRIJFSVERTROUWELIJK

Deelsysteemontwerp Dynamisch systeem sluisdeuren

Renovatie Zandkreeksluis
Zaaknummer 31159162

Datum 19 mei 2022
Versie 1.0
Status definitief

Colofon

Uitgegeven door	Programma's, Projecten en Onderhoud ZD B Sluizen
Auteur	Bart Poppelaars
Informatie	Frank Leeman
E-mail	ZD-B-Sluizen@rws.nl

Datum	19 mei 2022
Versie	1.0
Status	definitief

Versiebeheer

0.1	20 september 2021	Eerste versie
0.2	21 april 2022	Toepassing tandkransaandrijving
0.3	9 mei 2022	Aanpassen E/IA-deel naar LBS 4.0 en nieuwe veiligheidsfuncties
0.4	17 mei 2022	WTB delen aangevuld en opmerkingen SVE verwerkt
1.0	19 mei 2022	Review verwerkt

Inhoud

	Inleiding	4
1	Positionering deelsysteem	5
2	Input	6
2.1	Scope	6
2.2	Klanteisen	6
2.3	Referentiedocumenten	6
2.4	Onderzoeken en externe besluitvorming	6
3	Ontwerp	8
3.1	Nu en straks	8
3.2	Afbakening en functiebeschrijving objecten	9
3.3	Ontwerpbesluiten	9
3.4	Beschouwing raakvlakken	12
4	Output	14
4.1	Specificaties	14
4.2	Raakvlakken	18
4.3	Aandachtspunten voor het proces	29
4.4	Kansen en risico's	30
4.5	BTO-keuzes	31
5	Openstaande punten	32

Inleiding

De Zandkreeksluis in de Zandkreekdam dient gerenoveerd te worden in het kader van de grootste onderhoudsopgave ooit. Veel kunstwerken in het Zeeuwse areaal stammen uit de jaren 60, 70 en 80 van de vorige eeuw. Sinds die tijd is de intensiteit van het scheepvaartverkeer enorm toegenomen. Ook is het landverkeer over de bruggen intensiever en zwaarder geworden. Een groot aantal bruggen, dammen en sluisen is dan ook aan renovatie of vervanging toe.

De renovatieopgave bestaat uit een urgente onderhoudsbehoefte. Daarnaast dienen de verouderde bedienings-, besturings- en bewakingssystemen vervangen te worden, tezamen met het reviseren of vervangen van diverse installaties zoals aandrijfwerken, nivelleersystemen, verkeersregelingen. Dit is in het kader van de Vervanging en Renovatieopgave, tranche 4.

De scope voor de Zandkreeksluis is belegd bij het PPO-team ZD B Sluizen.



Figuur 1 De Zandkreeksluis in de Zandkreekdam

In dit document wordt het deelsysteem Dynamisch systeem sluisdeuren ontworpen. Beschreven wordt wat we al weten, wat we belangrijk vinden, wat te veel tijd zou kosten om tijdens de Ontwerpfase uit te zoeken, wat risicovol is, enzovoort. Het ontwerp leidt uiteindelijk tot een set aan systeemspecificaties, kansen, risico's, BTO-keuzes e.d. op het niveau van een voorlopig ontwerp/referentieontwerp. De output is *uitdrukkelijk geen compleet ontwerp*! Samen met de originele scope, klanteisenset en de resultaten van diverse vooronderzoeken vormt dit de basis voor het ontwerp in de Ontwerpfase van het contract.

1 Positionering deelsysteem

De positionering van het deelsysteem in de objectenboom is onderstaand weergegeven, waarmee de relatie met bovenliggende en onderliggende objecten beschreven is.

02 - Zandkreeksluis

02.01 - Sluis

02.01.09 - Dynamische systemen sluisdeuren

02.01.09.01 - Elektromotor

02.01.09.02 - Panamawiel incl. draaipunt

02.01.09.03 - Rondsel

02.01.09.04 - Tandwielkast en rem

02.01.09.05 - Vloeistofkoppeling

02.01.09.06 - Frame / fundatie

02.01.09.07 - Trekduwstang incl. draaipunten

02.01.09.08 - Buffer

02.01.09.09 - Meet- en regelsysteem deuraandrijving

2 Input

Dit hoofdstuk bevat de input vanuit de projectopdracht, waaronder scope en klantwensen. Daarnaast wordt verwezen naar relevante referentiedocumenten en overige input.

2.1 Scope

Voor de scope van dit deelsysteem wordt verwezen de vigerende versie van de Scope van het complex Zandkreeksluis, waarin ook de scope van dit deelsysteem is beschreven.

2.2 Klanteisen

Voor de klanteisen van dit deelsysteem wordt verwezen de vigerende versie van de KES van het complex Zandkreeksluis, waarin ook de klanteisen van dit deelsysteem zijn ondergebracht.

2.3 Referentiedocumenten

Onderstaande referentiedocumenten worden gebruikt bij dit ontwerp.

2.3.1 *Kaders, normen, richtlijnen*

Code	Titel	Versie
[LBS]	RWS WVL, Landelijke Brug- en Sluisstandaard	v4.0
[NEN 12100]	NEN-EN-ISO 12100, Veiligheid van machines – Algemene ontwerpbeginsselen – Risicobeoordeling en risicoreductie	2010
[NEN 60204-1]	NEN-EN-IEC 60204-1, Veiligheid van machines – Elektrische uitrusting van machines – Deel 1: Algemene eisen	2018
[NEN 61310-1]	NEN-EN-IEC 61310-1, Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals	2008
[NEN 981]	NEN-EN 981, Safety of machinery – System of auditory and visual danger and information signals	2008
[NPR 14121-2]	NPR-ISO/TR 14121-2, Safety of machinery – Risk assessment – Part 2: Practical guidance and examples of methods	2012

2.3.2 *Overige documenten*

Code	Titel	Versie
[NK]	RWS PPO ZD B Sluizen, Risico's betreffende negatief keren op de Zandkreeksluis en Grevelingensluis, HB #3965909	16-12-2021 / v1.0
[SvB]	RWS PPO ZD B Sluizen, Systemen versus bedienvormen	meest recente
[VHF]	D&F en RWS PPO, Risicobeoordeling Machineveiligheid Zandkreeksluis, V4, versie ON, tabblad 'Veiligheidsfuncties', HB #3951969	v4

2.4 Onderzoeken en externe besluitvorming

In deze paragraaf worden relevante onderzoeken en externe besluitvorming beschreven welke input leveren voor het ontwerp van dit deelsysteem.

2.4.1 *Onderzoek Machineveiligheid*

In het onderzoek naar Machineveiligheid is vanuit de Machinerichtlijn en Richtlijn Arbeidsmiddelen gekeken naar risico's t.a.v. de betreffende installaties. Het doel hiervan is om veilige machines op te leveren, zodat de sluis veilig gebruikt kan worden door al zijn gebruikers.

Uit het onderzoek volgt een aantal maatregelen en randvoorwaarden voor het ontwerp van de ruimtes, kelders en installaties, zoals:

- Het realiseren van diverse veiligheidsfuncties voor een veilige sluisdeurbeweging.
- Het realiseren van afschermingen en beveiligingen bij het bewegingswerk.
- Het realiseren van een hold-to-run bediening.
- Het realiseren van een visuele en akoestische waarschuwingssignalering.

2.4.2 *Onderzoek negatief keren en open-kolksituaties*

De Zandkreeksluis heeft dubbele puntdeuren en is onderhevig aan getij. Dit vormt een risico voor open-kolksituaties doordat de deursets verkeerd gesloten zijn t.a.v. het heersende verval. Daarnaast wordt de sluis gebruikt door cruiseschepen, die door hun lengte niet toelaten dat volledig dubbel dicht op beide sluishoofden geschut kan worden.

Dit is uitgebreid geanalyseerd en vastgelegd in rapport [NK]. Hieruit volgt onder andere:

- De noodzaak van voldoende redundantie in aandrijvingen, bedienings- en besturingssystemen en energielevering.
- Voorzien in maatregelen om snel storingsherstel uit te kunnen voeren.
- Limitering van de krachten die door de (stilstaande) aandrijving op de deursets uitgeoefend worden. Immers zijn de deuren en de sluishoofdconstructies constructief slechts bestand tegen een klein negatief verval. Zie voor nadere onderbouwing Bijlage F van het rapport [NK].

3 Ontwerp

3.1 Nu en straks

Het Dynamisch systeem sluisdeuren zorgt ervoor dat de Sluisdeuren kunnen openen om schepen door te laten, en kunnen sluiten om water te keren.

3.1.1

Nu

Het Dynamisch systeem sluisdeuren bestaat per Sluisdeur uit een elektromechanisch aandrijfsysteem ten behoeve van de beweging van de Sluisdeuren, bestaande uit:

- Elektromotor
- Panamawiel incl. draaipunt
- Rondsel
- Tandwielkast en rem
- Vloeistofkoppeling
- Frame / fundatie
- Trekduwstang incl. draaipunten
- Meet- en regelsysteem

Het Meet- en regelsysteem deuraandrijving omvat alle schakel- en verdeelkasten, sensoren en actuatoren die nodig zijn voor de voeding (hoofdstroom) of voor besturing, meting, signalering, regeling, bewerking, etc. van gegevens (stuurstroom) van de Sluisdeuren inclusief de bekabeling naar de veldcomponenten.

De deuren worden deels centraal bestuurd door middel van PLC- en SCADA-techniek. Daarnaast kan vanuit de Laagspanningsruimte in het Bedieningsgebouw onderhouds- of noodbediening worden uitgevoerd met drukknoppen. Elke Sluisdeur heeft zijn eigen Motor Control Center in de hoofdverdeler van de Laagspanningsinstallatie.

3.1.2

Straks

De functies van de huidige installaties veranderen niet. Alle te vervangen/renoveren installaties voldoen na realisatie aan de huidige normen en richtlijnen.

De elektromechanische aandrijving op basis van een panamawiel is, inclusief fundatie, vervangen voor een nieuwe elektromechanische aandrijving op basis van een tandkrans. De trekduwstang met de draaipunten en de buffer zijn gereviseerd en de locatie van het aangrijpingspunt van de trekduwstang op de deuren is niet gewijzigd.

De positie van de deuren wordt op betrouwbare wijze bepaald door middel van nieuwe eindschakelaars en absolute encoders.

Het Meet- en regelsysteem deuraandrijving is volledig nieuw inclusief veldcomponenten en de bekabeling naar deze componenten. De decentrale besturing met drukknoppen vanuit de Laagspanningsruimte is vervallen, de functionaliteit van de besturing is ondergebracht in het nieuwe Besturingssysteem sluiscomplex. Onderhoudsbediening van de deur kan worden uitgevoerd door het Bedienpaneel onderhouds- en noodbediening aan te sluiten op het Aansluitpunt onderhouds- en noodbediening ter plaatse van de deuraandrijving.

De stuurstroomketens van het Meet- en regelsysteem deuraandrijving worden gevoed door een ononderbroken voeding vanuit de Laagspanningsinstallatie.

De hoofdstroomketens worden gevoed vanuit de hoofdschakel- en verdeelinrichting van de Laagspanningsinstallatie.

Door middel van remote I/O of een universele veldbus zijn de sensoren en actuatoren gekoppeld met de besturingshardware.

3.2 Afbakening en functiebeschrijving objecten

In deze paragraaf wordt de huidige afbakening en functiebeschrijving van de objecten die onder het Dynamisch systeem sluisdeuren vallen. Omdat het aandrijfwerk wordt vervangen voor een ander type aandrijving, worden de functies van de huidige sub-objecten die onder het Dynamisch systeem sluisdeuren vallen die komen te vervallen niet verder beschreven.

3.2.1 *Dynamisch systeem sluisdeuren*

Het Dynamisch systeem sluisdeuren bestaat uit alle systemen die nodig zijn om de Sluisdeuren gecontroleerd te laten bewegen.

Via een elektromotor en een tandwieloverbrenging wordt een rondsel in beweging gebracht, wat er voor zorgt dat het panamawiel in beweging komt. Via een trekduwstang wordt de beweging van het panamawiel overgezet naar beweging van de sluisdeur waarmee de deur afhankelijk van de draairichting van het wiel opengetrokken of dichtgeduwd wordt.

3.2.2 *Trekduwstang incl. draaipunten*

De trekduwstang brengt de krachten en beweging van het aandrijfwerk over naar de sluisdeur, zodat de sluisdeur opengetrokken of dichtgeduwd wordt. Via draaipunten is de trekduwstang verbonden met het bewegingswerk aan de ene zijde en de sluisdeur aan de andere zijde.

3.2.3 *Buffer*

De buffer is een samenstel van schotelveren aan de trekduwstang dat trillingen en ongelijkmatige belastingen op de sluisdeur opvangt om het aandrijfwerk te ontlasten.

3.2.4 *Meet- en regelsysteem deuraandrijving*

Het Meet- en regelsysteem deuraandrijving verdeelt de voeding vanuit het Energiesysteem over de componenten van het Dynamisch systeem sluisdeuren. Tevens meet het systeem procesinformatie en levert deze aan het Besturingssysteem en verwerkt het systeem commando's vanuit het Besturingssysteem.

3.3 Ontwerpbesluiten

De volgende ontwerpbesluiten in het kader van dit deelsysteem zijn genomen.

Keuze aandrijving deuren

Voor de renovatie is er een afweging gemaakt tussen verschillende typen aandrijvingen, waarbij de keuze is gemaakt om een elektromechanische aandrijving op basis van een tandkrans toe te passen op de Zandkreeksluis.

De aandrijvingen die in de afweging zijn meegenomen zijn:

- Elektromechanische aandrijving op basis van panamawiel (huidige situatie)

- Elektromechanische aandrijving op basis van een planetaire tandwielkast en krukarm
- Elektromechanische aandrijving op basis van een tandkrans
- Elektro-hydraulische aandrijving op basis van een hydraulische cilinder

De belangrijkste redenen waarom de elektromechanische aandrijving op basis van een tandkrans de voorkeur heeft gekregen boven een panamawiel zijn:

- Omdat het een gesloten systeem is waarbij de tandwielverbindingen in een afgeschermd omgeving zitten, komen de smeermiddelen niet in het milieu. Dit in tegenstelling tot de open panamawiel aandrijving.
- De indeling van de kelder is geschikt voor het type aandrijving en er zijn beperkte civiele aanpassingen nodig.
- De kelder wordt beter toegankelijk, omdat de tandkrans op de vloer van de kelder zit. Het huidige panamawiel zit hoger, omdat deze horizontaal in lijn ligt met het aangrijpingspunt op de deur.
- Installatie en inbedrijfstelling van de aandrijving kan efficiënt worden uitgevoerd, omdat dit in de fabriek of productielocatie kan worden samengesteld, uitgelijnd en getest. Bij een panamawiel is dit niet mogelijk en moeten deze werkzaamheden in de kelder uitgevoerd worden.

De redenen waarom de andere alternatieve aandrijvingen niet de voorkeur hebben gekregen:

- In een vroeg stadium van de afweging is de elektromechanische aandrijving op basis van een planetaire tandwielkast en krukarm niet meer meegenomen, omdat dit type aandrijving niet geschikt is om de benodigde krachten met de vereiste betrouwbaarheid over te brengen.
- Om de haalbaarheid van een elektro-hydraulische aandrijving op basis van een hydraulische cilinder toe te passen binnen de bestaande situatie op de Zandkreeksluis is een extern onderzoek uitgevoerd. Hierbij is geconcludeerd dat voor deze toepassing een aanpassing van de aandrijfkelder benodigd was om deze geschikt te maken voor de lengte van de cilinder. Door de risico's behorend bij deze aanpassing van de kelder is door de adviseurs civiele techniek het advies gegeven om af te zien van deze aanpassing, en als direct gevolg geen elektro-hydraulische aandrijving met cilinder toe te passen.

Geen aparte noodbediening op deuraandrijving

In de huidige situatie is er geen noodbediening met een eigen (relais)besturing aanwezig op de deuraandrijving. Dit blijft ook na renovatie het geval, waarbij uniformiteit met de MOBZ ¾-objecten wordt bewerkstelligd: het toepassen van mobile panel-systemen, die vanuit het safety-deel van de procesbesturing werken. Dit is in afwijking van [LBS]-eis EL_TI_BN, maar vervult wel KES-0714.

Akoestische en visuele waarschuwingssignalering machines

Waarschuwingssignalering voor gevaarlijke machinebewegingen kan akoestisch en visueel zijn. De [LBS] vereist voornamelijk *akoestische* signalering (eis EL_VV_GKN, EL_VV_GSBB, EL_VV_GSBS), maar laat ook *visuele* toe (eis EL_VV_WAVS). In technische ruimtes en bij daglicht is *akoestische* signalering de meest effectieve, omdat deze waargenomen kan worden onafhankelijk van zicht op het waarschuwingstoestel. Andersom geldt dat in sommige technische ruimtes veel omgevingslawaai aanwezig kan zijn door verkeer, werkzaamheden of draaiende machines. Gezien de beperkte kosten, is besloten akoestische én visuele signalering altijd te combineren.

Eerste uitzondering hierop zijn de brugvallen: daar plaatsen we buiten de kelder (op het brugdek) *géén visuele* signalering omdat dit verwarring kan veroorzaken met wegverkeer. Het wegverkeer wordt immers gestopt middels landverkeersseinen. Tweede uitzondering hierop is het nivelleren: we voorzien *géén visuele* signalering in de sluiskolk, omdat dit slecht zichtbaar is bij daglicht/grote afstanden, weinig toegepast wordt in Nederland en een tekstuele duiding (onderbord) zou vereisen.

Visuele waarschuwingssignalering sluisdeuren

De [LBS] vereist in eis EL_VV_GSBS een *akoestische* waarschuwingssignalering voor het bewegen van sluisdeuren. In eis EL_VV_TZLS wordt alleen een *visuele* signalering vereist indien de sluisdeuren publiek toegankelijk zijn. De risicobeoordeling machineveiligheid Zandkreeksluis schrijft beide signaleringen voor. We besluiten om beide toe te passen omwille van de volgende redenen:

- De risicobeoordeling schrijft beide voor
- Op de Zandkreeksluis bevinden de schuiven zich in de deuren. Onderhoud van de schuiven vindt dan ook veelal plaats op de deur.
- De meerkosten van een visuele signalering zijn zeer klein.

Timing waarschuwingssignalering machines

Er zijn geen eenduidige voorschriften voor de timing van de waarschuwingssignalering van machines. De [LBS] schrijft twee varianten voor:

- Start: 5 seconden voor aanvang van een beweging; duur: 3 seconden lang (eisen EL_VV_GKN, EL_VV_GSBB, EL_VV_GSBS)
- Start: 5 seconden voor aanvang van een beweging; duur: tot 5 seconden na start van de beweging (eis EL_VV_ZBSBS)

Bij MOBZ $\frac{3}{4}$ werd toegepast:

- Visueel: start: 10 seconden voor aanvang van een beweging; duur: tot einde beweging
- Akoestisch: start: 10 seconden voor aanvang van een beweging; duur: tot start beweging (10 seconden)

Bij de 3B-bouwsteen Brug wordt toegepast: start: 5 seconden voor aanvang van een beweging; duur: tot start beweging (5 seconden).

De normen schrijven evenmin een timing voor.

Betreffende de start van de signalering schrijven de normen voor dat een aanwezige persoon de tijd moet hebben om de gevarenzone te verlaten. Voor de machines op de Zandkreeksluis is de in de [LBS] voorgeschreven 5 seconden voldoende. Dit houden we aan.

Betreffende de duur van de signalering besluiten we deze te laten doorlopen tot 3 seconden na de start van de beweging. Sommige bewegingen starten zeer langzaam (brugval, sluisdeur); als het signaal stopt zonder duidelijk effect, kan een persoon denken dat de beweging geannuleerd is en alsnog de gevarenzone betreden.

We kiezen voor 3 seconden omdat zo de totale tijdsduur (5 seconden vóór + 3 seconden na start beweging) voldoende, maar niet té lang is i.v.m. omgevingshinder.

Bijzonder zijn machines met grendels (op de Zandkreeksluis: de Hongersdijckbrug):

- Bij het sluiten van de machines wordt slechts één signaal afgegeven aan het begin van het sluitproces. Er wordt geen afzonderlijk signaal afgegeven wanneer de vergrendeling gaat plaatsvinden, omdat het toch al duidelijk was dat er een sluitproces gaande is.

- Bij het openen van de machines start het signaal 5 seconden vóór ontgrendelen en loopt door tot 3 seconden na de start van de deur/brugbeweging. In de tussentijd vindt het ontgrendelproces plaats. Het signaal moet doorlopen tot na de start van de deur/brugbeweging omdat dit de meest risicovolle beweging is.

Aantal aansluitpunten mobile panels

In de aandrijfkelders van de sluisdeuren komen aansluitpunten voor mobile panels, ten behoeve van onderhouds- en technische noodbediening. Met een voldoende lange kabel zou volstaan kunnen worden met één aansluitpunt per sluishoofdhelft. Immers kan dan van de ene in de andere aandrijfkelder gewerkt worden.

Overwegende dat:

- een kabel over het sluisterrein een struikelrisico vormt,
- de afstand tussen eb- en vloeddeur in het sluishoofd aan Oosterscheldezijde toch te groot is,
- een uniforme installatie per sluisdeur het ontwerp, beheer en onderhoud vereenvoudigt,
- er geen extra toegangsluik geopend moet worden om de aansluiting te kunnen maken, wat storingsherstel versnelt,

is besloten om in elke aandrijfkelder een aansluitpunt te maken, ondanks de extra kosten die dit met zich meebrengt.

3.4 Beschouwing raakvlakken

3.4.1 Laagspanningsinstallatie

Het is van belang dat de machine veilig en beheersbaar blijft bij uitval van netvoeding. Daarom worden de stuurstroomketens van het Meet- en regelsysteem deuraandrijving gevoed door de No-breakinstallatie.

De hoofdstroomketens worden echter gevoed vanuit de hoofdschakel- en verdeelinrichting van de Laagspanningsinstallatie. Bij uitval van netvoeding betekent dit dat eerst het Noodstroomaggregaat opgestart en gekoppeld moet zijn, voordat een deurbeweging voortgezet kan worden.

3.4.2 Besturingssysteem sluiscomplex

Het Besturingssysteem sluiscomplex bestuurt en bewaakt het Dynamisch systeem sluisdeuren.

In het besturingssysteem wordt via het Meet- en regelsysteem deuraandrijving informatie ontvangen over de status en storingen van het Dynamisch systeem sluisdeuren. Dit besturingssysteem kan de relevante informatie via de GUI's (onderdeel Bedieningssysteem sluiscomplex) weergeven aan bedieners en monteurs.

De sensoren van de veiligheidscircuits van het Meet- en regelsysteem sluisdeuren leveren via de Besturingshardware sluis informatie over de toestand van de Sluisdeuren aan de Besturingsapplicatie machineveiligheid.

De actuatoren van de veiligheidscircuits van het Meet- en regelsysteem sluisdeuren worden via de Besturingshardware sluis door de Besturingsapplicatie machineveiligheid aangestuurd of uitgestuurd.

3.4.3 *GUI Procesbediening*

Het Dynamisch systeem sluisdeuren wordt door de operator direct of indirect bediend vanuit de GUI Procesbediening.

3.4.4 *GUI Onderhoudsbediening*

De status en storingen van (componenten van) het Dynamisch systeem sluisdeuren worden via de GUI Onderhoudsbediening weergegeven aan monteurs, t.b.v. storingsherstel.

Via onderhoudsbediening is het mogelijk (componenten van) het Dynamisch systeem sluisdeuren te bedienen. Alle veiligheids- en procesvergrendelingen blijven actief. De bedienhandelingen mogen door monteurs die hiertoe geautoriseerd zijn uitgevoerd worden.

3.4.5 *GUI Onderhouds- en noodbediening*

Via de Bedienapplicatie onderhouds- en noodbediening is het mogelijk (componenten van) het Dynamisch systeem sluisdeuren ter plaatse van de deur te bedienen. Bij onderhoudsbediening blijven alle veiligheidsvergrendelingen actief. De bedienhandelingen mogen door monteurs die hiertoe geautoriseerd zijn uitgevoerd worden. Bij noodbediening blijven alleen de meest essentiële veiligheidsfuncties actief.

4 Output

Hieronder wordt de output beschreven. Dit wordt gezien als het voorlopig ontwerp/referentieontwerp van dit deelsysteem. De output is *uitdrukkelijk geen compleet ontwerp* en moet altijd in samenhang met de scope en klanteisen beschouwd worden.

4.1 Specificaties

Hieronder staan kort de systeemspecificaties beschreven.

4.1.1 *Dynamisch systeem sluisdeuren*

Gecontroleerd laten bewegen van de sluisdeuren (Bron: LBS EA_VOSS)

Het Dynamisch systeem sluisdeuren zorgt ervoor dat elke deurbeweging beheerst aanvangt, versnelt, vertraagt en eindigt.

Bewegingstijd van de sluisdeuren (bron: KES-1510)

De tijden voor openen en sluiten van de Sluisdeuren zijn niet toegenomen ten opzichte van de tijden vóór renovatie.

Verificatie door middel snelheidsmeting

De snelheden voor renovatie zijn gemeten en als functie van de tijd in een diagram vastgelegd.

Na ingebruikname van de gereviseerde installatie zijn de metingen opnieuw uitgevoerd, waarbij aangetoond wordt dat de oorspronkelijke tijden niet overschreden worden. Ook deze metingen worden vastgelegd in de areaalgegevens.

Aandrijving sluisdeuren op basis van tandkrans en rondsel (bron: KES-1512)

Het Dynamisch systeem sluisdeuren is uitgevoerd als elektromechanische aandrijving op basis van een gefixeerde tandkrans waarlangs een rondsel wordt aangedreven.

Redundante hoofdaandrijving gelijkwaardig

Indien een redundante hoofdaandrijving toegepast wordt:

De redundante hoofdaandrijving is volledig gelijkwaardig.

Openen deuren bij overschrijding maximale stangkracht (bron: KES-1511)

Bij een negatieve waterbelasting op de sluisdeuren die de maximaal toelaatbare belasting op de trekduwstang overschrijdt, zal de rem op de aandrijving kortstondig loslaten, waardoor de deuren zullen openen. De rem grijpt weer aan nadat de belasting onder het maximum is gezakt.

Bereikbaarheid aandrijving sluisdeuren (bron: KES-1508)

De aandrijvingen van de sluisdeuren zijn goed bereikbaar voor het benodigde onderhoud.

Zichtbaarheid aandrijving sluisdeuren (bron: KES-1509)

De delen van de aandrijvingen van de sluisdeuren waar onderhoud en inspectie op uitgevoerd moet worden, zijn goed zichtbaar of eenvoudig zichtbaar te maken. Het gaat hier met name om de onderdelen van de aandrijving die zich binnen het gesloten systeem bevinden, zoals de tanden van de tandkrans.

Waterdichtheid van omkasting tandkrans (bron: KES-1513)

De omkasting van de tandkrans is bestand tegen het tijdelijk onderwater staan van de kelder en zorgt hierbij dat er geen water in de aandrijving binnendringt.

Automatische smering aandrijving sluisdeuren (bron: KES-1514)

De aandrijving van de sluisdeuren is voorzien van een geautomatiseerd regelbaar smeersysteem voor alle componenten die gesmeerd moeten worden.

Waterindringing aandrijfkelder minimaliseren (bron: KES-1515)

De aandrijfkelder is aangepast om het indringen van water in de kelder te minimaliseren.

Encoders inclusief aandrijving redundant uitvoeren (bron: KES-1516)

De encoders voor de absolute positiemeting van de deur zijn, inclusief de koppeling van deze encoders op de aandrijving, redundant uitgevoerd.

Eenvoudige montage elektromotor en tandwielkast (bron: KES-1517)

De elektromotor en tandwielkast kunnen worden gedemonteerd en uit de kelder worden verwijderd zonder dat het noodzakelijk is om hierbij de gehele aandrijving te verwijderen.

Toepassen werkschakelaars (bron: LBS EL_VV_NEE, EL_VV_TWS)

Het Dynamische systeem sluisdeuren is voorzien van werkschakelaars die het onverwacht starten van een beweging voorkomen.

Ze voldoen aan de bepalingen uit de paragrafen 5.3 t/m 5.6 uit [NEN 60204-1].

Ze zijn dusdanig gepositioneerd, dat de stand ervan zichtbaar is vanaf de locatie waar onderhoud uitgevoerd wordt.

Realiseren waarschuwingssignalering (bron: KES-0941, LBS EL_VV_WAVS, ontwerpbesluit)

Het Dynamisch systeem sluisdeuren is voorzien van akoestische en visuele waarschuwingssignalering, welke waarschuwt voor een gevaarlijke machinebeweging, conform [NEN 61310-1] en [NEN 981].

Voorkomen omgevingshinder waarschuwingssignalering

Het geluidskarakter (niveau, frequentie, patroon, e.d.) van de akoestische waarschuwingssignalering is eenvoudig configureerbaar.

Toelichting:

Indien er na inbedrijfstelling klachten van omwonenden/gebruikers zijn van geluidshinder door de akoestische signalering, is het mogelijk om het geluidskarakter te wijzigen zonder dat de apparaten vervangen moeten worden.

Locatie waarschuwingssignalering (bron: KES-0941, LBS EL_VV_WAVS, EL_VV_GSBS, EL_VV_TZLS, ontwerpbesluit)

De waarschuwingssignalering is op de volgende locaties aanwezig:

- Akoestisch + visueel: hoorbaar en zichtbaar in de aandrijfkelder
- Akoestisch + visueel: hoorbaar en zichtbaar op het looppad van de sluisdeur

Toelichting:

Indien de akoestische signalering op de ene locatie voldoende hoorbaar is op de andere locatie, volstaat dit.

Timing waarschuwingssignalering (bron: KES-0941, LBS EL_VV_GSBS, ontwerpbesluit)

De waarschuwingssignalering:

- start 5 seconden vóór aanvang van een beweging, en
- is actief tot 3 seconden na aanvang van de sluisdeurbeweging of tot het stoppen van de beweging indien dit binnen die 3 seconden optreedt.

4.1.2 Elektromotor

Elektromotor als onderdeel tandkransaandrijving

De elektromotor is vervangen door een elektromotor die deel uitmaakt van de nieuw ontworpen tandkransaandrijving.

4.1.3 Panamawiel incl. draaipunt Object vervalt.

4.1.4 Rondsel

Rondsel als onderdeel tandkransaandrijving

Het rondsel is vervangen door een rondsel dat deel uitmaakt van de nieuw ontworpen tandkransaandrijving.

4.1.5 Tandwielkast en rem

Tandwielkast en rem als onderdeel tandkransaandrijving

De tandwielkast en rem zijn vervangen door een tandwielkast en rem die deel uitmaken van de nieuw ontworpen tandkransaandrijving.

4.1.6 Vloeistofkoppeling Object vervalt.

4.1.7 Frame / fundatie

Fundatie afgestemd op ontwerp tandkransaandrijving

De fundatie is vernieuwd en afgestemd op de nieuw ontworpen tandkransaandrijving.

4.1.8 Trekduwstang incl. draaipunten

Revisie trekduwstang inclusief draaipunten

De trekduwstang is, inclusief de draaipunten, gereviseerd en vormt een betrouwbare verbinding tussen de nieuw ontworpen tandkransaandrijving en de sluisdeur.

4.1.9 Buffer

Revisie Buffer

De buffer op de trekduwstang is gereviseerd, waarbij de veren in de buffer zijn vernieuwd.

4.1.10 Meet- en regelsysteem deuraandrijving

Vervangen apparatenkasten Meet- en regelsysteem deuraandrijving (Bron: KES-0895)

De schakel- en verdeelkasten =03+LA11-R01 (deuraandrijving Oosterscheldezijde) en =03+LA12-R01 (deuraandrijving Veerse Meerzijde) van het Meet- en regelsysteem deuraandrijving zijn vervangen door nieuwe schakel- en verdeelkasten.

Componenten schakel- en verdeelkast Meet- en regelsysteem deuraandrijving (Bron: KES-0895)

Per Sluisdeur bestaat de schakel- en verdeelkast van het Meet- en regelsysteem deuraandrijving uit één of meerdere panelen per waarin alle hoofdstroom-, stuurstroom- en beveiligingscomponenten van de betreffende Sluisdeur zijn ondergebracht.

Vervangen eindschakelaars deuren (Bron: KES-1157)

De sensoren van het Meet- en regelsysteem deuraandrijving, die de positie van de sluisdeur bepalen, zijn vervangen door nieuwe sensoren. Zij detecteren per deur de standen 'dicht', 'voor-dicht', 'voor-open' en 'open'.

Positie- en snelheidsmeting middels absolute encoders (bron: LBS EL_TI_MPSS)

Het Meet- en regelsysteem deuraandrijving meet in reguliere- en onderhoudsbediening de positie en snelheid van de sluisdeur middels absolute encoders.

Toelichting:

Dit is dus een meting aanvullend op de eindschakelaars. Zie ook de raakvlakspecificatie in paragraaf 4.2.2.

Automatische omschakeling hoofdaandrijvingen (bron: LBS EL_TI_AOHR)

Indien een redundante hoofdaandrijving toegepast wordt:

Indien een hoofdaandrijving faalt, schakelt het Meet- en regelsysteem deuraandrijving automatisch om naar de andere hoofdaandrijving.

Levensduur hoofdaandrijvingen

Indien een redundante hoofdaandrijving toegepast wordt:

Het Meet- en regelsysteem deuraandrijving zorgt ervoor dat beide hoofdaandrijvingen regelmatig gebruikt worden zodat hun redundantie en betrouwbaarheid gewaarborgd wordt. De omschakeling vindt automatisch plaats. De primaire hoofdaandrijving wordt vaker ingezet dan de secundaire hoofdaandrijving, met een draaitijdverhouding van 2/3 versus 1/3.

Toelichting:

Met de draaitijdverhouding anders dan 50% wordt voorkomen dat beide hoofdaandrijvingen op hetzelfde moment het einde van hun levensduur bereiken.

Veilige omschakeling aandrijfvormen (bron: LBS EL_TI_HAAA)

Afhankelijk van de toegepaste aandrijfvormen (redundante hoofdaandrijving, noodaanrijving, handaanrijving):

Omschakelen tussen hoofd- en noodaanrijving gebeurt door een besturingstechnische handeling, waarbij voorkomen wordt dat een aandrijflijn onbeheerst kan bewegen.

4.2 Raakvlakken

Hieronder staan raakvlakken beschreven welke aandacht verdienen en waarvoor bijzondere specificaties gelden.

4.2.1 *Dynamisch systeem sluisdeuren <> Laagspanningsinstallatie*

Elektrische voeding hoofdstroom Dynamisch systeem sluisdeuren (bron: KES-0560)

De *hoofdstroomkringen* van het Dynamisch systeem sluisdeuren worden gevoed vanuit de hoofdschakel- en verdeelinrichting van de Laagspanningsinstallatie. De *stuurstroomkringen* worden gevoed vanuit de no-break-schakel- en verdeelinrichting van de Laagspanningsinstallatie.

4.2.2 *Dynamisch systeem sluisdeuren <> Besturingssysteem sluiscomplex*

Bediening, besturing en bewaking Dynamisch systeem sluisdeuren (bron: LBS EA_VOSS, EL_TI_BVN)

Het Dynamisch systeem sluisdeuren stelt procesinformatie beschikbaar aan het Besturingssysteem sluiscomplex.
Het Dynamisch systeem sluisdeuren verwerkt commando's van het Besturingssysteem sluiscomplex.
Het Besturingssysteem sluiscomplex bestuurt en bewaakt het Dynamisch systeem sluisdeuren.

Zie [SvB] voor een overzicht van alle vereiste en verboden bedienmogelijkheden van het Dynamisch systeem sluisdeuren vanuit de diverse MMI's.

Positie- en snelheidsregeling Dynamisch systeem sluisdeuren (bron: LBS EL_TI_AGBS, EL_TI_BGSS, EL_TI_BPS, ontwerpbesluit)

Het Besturingssysteem sluiscomplex regelt het Dynamisch systeem sluisdeuren dusdanig dat de Sluisdeuren zich binnen acceptabele marges van het gewenste bewegingsprofiel blijft.
Wanneer door een verstoring het Dynamisch systeem sluisdeuren zich in een ongedefinieerde positie bevindt, bewegen de Sluisdeuren traag totdat een gedefinieerde positie bereikt wordt.
De Sluisdeuren kennen slechts een regulier en een continu traag bewegingsprofiel.

Technische noodbediening onafhankelijk van encoders (bron: KES-0430)

Het Besturingssysteem sluiscomplex baseert zich in technische noodbediening alleen op de eindschakelaars.

Toelichting:

De informatie over de deursnelheid en -positie uit de absolute encoders wordt dus alleen voor reguliere- en onderhoudsbediening gebruikt. De onafhankelijkheid heeft als doel om bij falen van de encoders de deuren toch nog te kunnen bewegen. In technische noodbediening beweegt de sluisdeur alleen traag middels hold-to-runbediening, waardoor een absolute meting minder van belang is.

4.2.3 *Dynamisch systeem sluisdeuren <> Bedieningssysteem sluiscomplex*

Signalering gebruik aandrijfvormen (bron: LBS EL_TI_MFH, EL_TI_SAA)

Afhankelijk van de toegepaste aandrijfvormen (redundante hoofdaandrijving, noodaanrijving, handaanrijving):

In de diverse bedienapplicaties wordt het volgende gebruik van de diverse aandrijfvormen gesignaleerd:

- GUI Procesbediening:
 - o Het falen van een/de hoofdaandrijving
 - o Het gebruik van de noodaandrijving
- GUI Onderhoudsbediening:
 - o Het gebruik van de primaire of secundaire hoofdaandrijving
 - o Het gebruik van de noodaandrijving

4.2.4 *Dynamisch systeem sluisdeuren <> Bliksembeveiligingsinstallatie*

Beschermen Dynamisch systeem sluisdeuren tegen overspanning (KES-1052, KES-1144)

Alle kabels van het Dynamisch systeem sluisdeuren zijn bij het passeren van zonegrenzen van de bliksembeveiliging voorzien van overspanningsbeveiliging.

4.2.5 *Bedienplaats onderhouds- en noodbediening <> Meet- en regelsysteem deuraandrijving*

Aansluitpunten mobile panels (bron: KES-1066, KES-0582, ontwerpbesluit)

In elke aandrijfkelder is een aansluitpunt voor het bedienpaneel (mobile panel) van de Bedienplaats onderhouds- en noodbediening aanwezig.

4.2.6 *Besturingsapplicatie machineveiligheid <> Dynamisch systeem sluisdeuren*

Uitvoering veiligheidsketens Dynamisch systeem sluisdeuren (bron: KES-0895, LBS EL_AR_FVB)

De veiligheidscomponenten (sensoren en actuatoren) van het Dynamisch systeem sluisdeuren vormen samen met het Besturingssysteem sluiscomplex (logica) de veiligheidsketens.

Betrouwbaarheid veiligheidsketens Dynamisch systeem sluisdeuren

De veiligheidsketens waarvan het Dynamisch systeem sluisdeuren onderdeel uitmaakt hebben de vereiste betrouwbaarheid zoals bepaald in het document [VHF].

Veiligheidsfuncties Dynamisch systeem sluisdeuren

De Besturingsapplicatie machineveiligheid bestuurt en bewaakt de veiligheidsfuncties van het Dynamisch systeem sluisdeuren.

Sleutelschakelaar overbruggingen dubbel dicht (Bron: KES-1005)

In de schakel- en verdeelkast van het Dynamisch systeem sluisdeuren zijn twee sleutelschakelaars (één per sluishoofd) opgenomen ten behoeve van het overbruggen van de volgende veiligheidsfuncties:

- VHF-170 Vergrendeling Sluishoofd dubbel dicht - Aansturen rem sluisdeur
- VHF-171 Vergrendeling Sluishoofd dubbel dicht - Aandrijving sluisdeur

VHF-131 - Vergrendeling Deur stand "open" - Onderdoorvaarseinen [Beide bruggen] (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat het Onderdoorvaarsein aan één van de zijden van de brug het seinbeeld "Onderdoorvaren toegestaan" toont, indien de vier sluisdeuren onder de betreffende brug niet de eindstand "open" heeft bereikt.

SIL-target level: SIL 2

*Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB
#3951969 voor de meest recente eisteksten.*

**VHF-154 - Vergrendeling Invaren verboden - Aansturen rem sluisdeur
(Bron: KES-1005)**

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de rem van een sluisdeur gelicht wordt, indien de Invaarseinen van het betreffende hoofd niet het seinbeeld "rood" of het seinbeeld "sper" tonen.

Toelichting:

Dit betreft alle 4 sluisdeuren van het betreffende sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

*Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB
#3951969 voor de meest recente eisteksten.*

**VHF-155 - Vergrendeling Uitvaren verboden - Aansturen rem sluisdeur
(Bron: KES-1005)**

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de rem van een sluisdeur gelicht wordt, indien de Uitvaarseinen van het betreffende hoofd niet het seinbeeld "rood" of het seinbeeld "sper" tonen.

Toelichting:

Dit betreft alle 4 sluisdeuren van het betreffende sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

*Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB
#3951969 voor de meest recente eisteksten.*

**VHF-156 - Vergrendeling Invaren verboden - Aandrijving sluisdeur (Bron:
KES-1005)**

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat een sluisdeur aangedreven wordt om te sluiten, indien de Invaarseinen van het betreffende hoofd niet het seinbeeld "rood" of het seinbeeld "sper" tonen.

Toelichting:

Dit betreft alle 4 sluisdeuren van het betreffende sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

*Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB
#3951969 voor de meest recente eisteksten.*

**VHF-157 - Vergrendeling Uitvaren verboden - Aandrijving sluisdeur (Bron:
KES-1005)**

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat een sluisdeur aangedreven wordt om te sluiten, indien de Uitvaarseinen van het betreffende hoofd niet het seinbeeld "rood" of het seinbeeld "sper" tonen.

Toelichting:

Dit betreft alle 4 sluisdeuren van het betreffende sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-158 - Bewaking Deur stand "voor-dicht" - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie sluisproces stopt, indien in de stand "deur voor-dicht" gedetecteerd wordt dat de sluisdeur niet gestart is met retarderen (vertragen naar kruipsnelheid), de beweging van de sluisdeur direct met beschermende stop (categorie 1).

SIL-target level: SIL -

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-166 - Vergrendeling Deurset positief kerend - Aansturen rem sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de rem van een sluisdeur gelicht wordt voor het openen van de deur, indien nergens een positief kerende deurset aanwezig is buitenom de betreffende deurset.

Een deurset is positief kerend als:

- Het een vloeddeurset is bij vloed, of een ebdeurset bij eb, en
- Beide sluisdeuren gesloten zijn, en
- De remmen van beide sluisdeuren gevallen zijn, en
- Beide schuiven gesloten.

Vloed/eb wordt bepaald op basis van het verval over de sluis.

Toelichting:

Geldt alleen in openende richting; het sluiten van de sluisdeuren mag hier niet op beperkt worden.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-167 - Vergrendeling Deurset positief kerend - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat een sluisdeur aangedreven wordt om te openen, indien nergens een positief kerende deurset aanwezig is buitenom de betreffende deurset.

Een deurset is positief kerend als:

- Het een vloeddeurset is bij vloed, of een ebdeurset bij eb, en
- Beide sluisdeuren gesloten zijn, en
- De remmen van beide sluisdeuren gevallen zijn, en
- Beide schuiven gesloten.

Vloed/eb wordt bepaald op basis van het verval over de sluis.

Toelichting:

Geldt alleen in openende richting; het sluiten van de sluisdeuren mag hier niet op beperkt worden.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-168 - Vergrendeling Deurset positief kerend - Aansturen rem sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de rem van een sluisdeur gelicht wordt om alle deuren van het ene sluishoofd tegelijk te openen, indien op het andere sluishoofd nergens een positief kerende deurset aanwezig is.

Een deurset is positief kerend als:

- Het een vloeddeurset is bij vloed, of een ebdeurset bij eb, en
- Beide sluisdeuren gesloten zijn, en
- De remmen van beide sluisdeuren gevallen zijn, en
- Beide schuiven gesloten.

Vloed/eb wordt bepaald op basis van het verval over de sluis.

Toelichting:

Geldt alleen in openende richting; het sluiten van de sluisdeuren mag hier niet op beperkt worden.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-169 - Vergrendeling Deurset positief kerend - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat een sluisdeur aangedreven wordt om alle deuren van het ene sluishoofd tegelijk te openen, indien op het andere sluishoofd nergens een positief kerende deurset aanwezig is.

Een deurset is positief kerend als:

- Het een vloeddeurset is bij vloed, of een ebdeurset bij eb, en
- Beide sluisdeuren gesloten zijn, en
- De remmen van beide sluisdeuren gevallen zijn, en
- Beide schuiven gesloten.

Vloed/eb wordt bepaald op basis van het verval over de sluis.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-170 - Vergrendeling Sluishoofd dubbel dicht - Aansturen rem sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, in de bedrijfsmodus 'regulier schutten', dat de rem van een sluisdeur van het ene sluishoofd gelicht wordt om de deur te openen, indien het andere sluishoofd niet dubbel dicht is.

Een sluishoofd is dubbel dicht als:

- Alle vier sluisdeuren in de stand "dicht" zijn, en
- De remmen van alle vier sluisdeuren gevallen zijn, en
- Beide nivelleerschuiven in de deuren aan buitenwaterzijde in de stand "dicht" zijn, en
- Beide nivelleerschuiven in de deuren aan kolkzijde niet verder geopend zijn dan de stand "meenivelleren".

Toelichting:

Geldt alleen in openende richting; het sluiten van de sluisdeuren mag hier niet op beperkt worden.

In de bedrijfsmodi 'verlengd schutten'/'handmatig spuien' is deze vergrendeling niet actief, omdat deze anders de benodigde functionaliteit verhindert.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-171 - Vergrendeling Sluishoofd dubbel dicht - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, in de bedrijfsmodus 'regulier schutten', dat een sluisdeur van het ene sluishoofd aangedreven wordt om te openen, indien het andere sluishoofd niet dubbel dicht is.

Een sluishoofd is dubbel dicht als:

- Alle vier sluisdeuren in de stand "dicht" zijn, en
- De remmen van alle vier sluisdeuren gevallen zijn, en
- Beide nivelleerschuiven in de deuren aan buitenwaterzijde in de stand "dicht" zijn, en
- Beide nivelleerschuiven in de deuren aan kolkzijde niet verder geopend zijn dan de stand "meenivelleren".

Toelichting:

In de bedrijfsmodi 'verlengd schutten'/'handmatig spuien' is deze vergrendeling niet actief, omdat deze anders de benodigde functionaliteit verhindert.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-172 - Vergrendeling Gelijkwater over deurset - Aansturen rem sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, als een deur in de stand "dicht" staat, dat de rem van deze sluisdeur gelicht wordt, indien het niveauverschil over de betreffende deurset groter is dan het toegestane maximum.

Toelichting:

Deze veiligheidsfunctie is dus alleen actief indien de deurset gesloten is.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-173 - Vergrendeling Gelijkwater over deurset - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, als een deur in de stand "dicht" staat, dat een sluisdeur aangedreven wordt om te openen, indien het niveauverschil over de betreffende deurset groter is dan het toegestane maximum.

Toelichting:

Deze veiligheidsfunctie is dus alleen actief indien de deurset gesloten is.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-174 - Vergrendeling Gelijkwater over sluishoofd - Aansturen rem sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, als een deur in de stand "dicht" staat, dat de rem van deze sluisdeur gelicht wordt om alle deuren van een sluishoofd tegelijk te openen, indien het niveauverschil over het betreffende sluishoofd groter is dan het toegestane maximum.

Toelichting:

Deze veiligheidsfunctie is dus alleen actief als alle deuren van dat sluishoofd gesloten zijn.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-175 - Vergrendeling Gelijkwater over sluishoofd - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, als een deur in de stand "dicht" staat, dat een sluisdeur aangedreven wordt om alle deuren van een sluishoofd tegelijk te openen, indien het niveauverschil over het betreffende sluishoofd groter is dan het toegestane maximum.

Toelichting:

Deze veiligheidsfunctie is dus alleen actief als alle deuren van dat sluishoofd gesloten zijn.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-176 - Bewaking Deur stand "voor-open" - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie sluisproces stopt, indien in de stand "deur voor-open" gedetecteerd wordt dat de sluisdeur niet gestart is met retarderen (vertragen naar

kruipsnelheid), de beweging van de sluisdeur direct met beschermende stop (categorie 1).

SIL-target level: SIL -

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-177 - Bewaking Deur stand "open" - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat de deurbeweging tijdens het "open"-sturen in de stand "open" niet is gestopt:

- de deur stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem laten vallen

SIL-target level: SIL -

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-178 - Vergrendeling Deur stand "open" - Invaarseinen (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de Invaarseinen van een sluishoofd het seinbeeld "groen" tonen, indien niet alle sluisdeuren van het betreffende hoofd zich in de eindstand "geopend" bevinden.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-179 - Vergrendeling Deur stand "open" - Uitvaarseinen (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de Uitvaarseinen van een sluishoofd het seinbeeld "groen" tonen, indien niet alle sluisdeuren van het betreffende hoofd zich in de eindstand "geopend" bevinden.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-180 - Vergrendeling Deur geremd - Invaarseinen (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de Invaarseinen van een sluishoofd het seinbeeld "groen" tonen, indien niet van alle sluisdeuren van het betreffende hoofd de rem is gevallen.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-181 - Vergrendeling Deur geremd - Uitvaarseinen (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt dat de Uitvaarseinen van een sluishoofd het seinbeeld "groen" tonen, indien niet van alle sluisdeuren van het betreffende hoofd de rem is gevallen.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-184 - Bewaking Deur stand "dicht" - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat een sluisdeur ongewenst de eindstand "dicht" verlaat:

- de deur stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem laten vallen

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-185 - Bewaking Deur stand "open" - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat een sluisdeur ongewenst de eindstand "open" verlaat:

- de deur stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem laten vallen
- de Invaarseinen naar het seinbeeld "Invaren verboden" sturen
- de Uitvaarseinen naar het seinbeeld "Uitvaren verboden" sturen
- de Onderdoorvaarseinen naar het seinbeeld "Onderdoorvaren verboden" sturen

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-186 - Bewaking Deur in beweging (reguliere snelheid) - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie sluisproces initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat een sluisdeur met een te hoge snelheid en/of in de verkeerde richting beweegt:

- de deur stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem laten vallen

SIL-target level: SIL -

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-202 - Bewaking Noodstopstoestel bediend - Proces naar veilige toestand (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat een noodstopstoestel in een deuraandrijvingskelder bediend wordt:

- de sluisdeurbewegingen van het betreffende sluishoofd stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem van de sluisdeuren van het betreffende sluishoofd laten vallen
- de Invaarseinen van het betreffende sluishoofd naar het seinbeeld "Invaren verboden" sturen
- de Uitvaarseinen van het betreffende sluishoofd naar het seinbeeld "Uitvaren verboden" sturen
- de deurschuiven van het betreffende sluishoofd stoppen met een beschermende stop (categorie 1)

Toelichting:

Het noodstopstoestel brengt dus het gehele sluishoofd in veilige toestand. Vanuit die kelder is in principe zicht op het gehele sluishoofd. Zo kan voorkomen worden dat één deur van een deurset nog verder beweegt terwijl de andere deur (waar de noodstopknop ingedrukt wordt) wel stopt.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-208 - Bewaking Deur in beweging (lage snelheid) - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat de sluisdeur niet met gereduceerde snelheid beweegt tijdens hold to run-bediening:

- de deur stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem laten vallen

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-209 - Bewaking Hold to run-bediening - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid initieert de volgende acties, indien gedetecteerd wordt dat de hold to run-knop tijdens hold to run-bediening van de sluisdeur niet meer voldoende ingedrukt wordt:

- de deur stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem laten vallen

SIL-target level: SIL 2

Zie P:[...]Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-210 - Overbrugging Hold to run-bediening - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid dient toe te staan dat de volgende veiligheidsfunctie door hold to run-bediening overbrugd kan worden:

- VHF-214 Bewaking Toegang gesloten - Aandrijving sluisdeur

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-214 - Bewaking Toegang gesloten - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid voorkomt, indien gedetecteerd wordt dat het toegangsluik van deuraandrijvingskelder niet gesloten is, de volgende actie te initiëren:

- de deurbeweging stoppen met een beschermende stop (categorie 1)
- de rem van de deur laten vallen

Reset van deze veiligheidsfunctie is alleen mogelijk buiten de gevaarlijke zone. Na reset mogen er geen bewegingen automatisch starten.

Toelichting:

In tegenstelling tot het noodstopgedrag wordt hier alleen de beweging van de betreffende deur gestopt, en niet de beweging van alle deuren van dat sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-215 - Overbrugging Sleutelschakelaar overbrugging gelijkwater - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid staat toe dat de volgende veiligheidsfuncties gedurende één deurbewegingscyclus, door het bedienen van een pulsgevende sleutelschakelaar "Overbrugging gelijkwater", (gelijktijdig) overbrugd kunnen worden:

- VHF-172 Vergrendeling Gelijkwater over deurset - Aansturen rem sluisdeur
- VHF-173 Vergrendeling Gelijkwater over deurset - Aandrijving sluisdeur
- VHF-174 Vergrendeling Gelijkwater over sluishoofd - Aansturen rem sluisdeur
- VHF-175 Vergrendeling Gelijkwater over sluishoofd - Aandrijving sluisdeur

Toelichting:

Een cyclus wordt gerekend van bedienen sleutelschakelaar t/m stilstand van alle deuren van dat sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-216 - Overbrugging Sleutelschakelaar overbrugging SVS - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid staat toe dat dat per sluishoofd de volgende veiligheidsfuncties gedurende één deurbewegingcyclus, door het bedienen van een pulsgevende sleutelschakelaar "Overbrugging Scheepvaartseinen - Deuren", (gelijktijdig) overbrugd kunnen worden:

- VHF-154 Vergrendeling Invaren verboden - Aansturen rem sluisdeur
- VHF-155 Vergrendeling Uitvaren verboden - Aansturen rem sluisdeur
- VHF-156 Vergrendeling Invaren verboden - Aandrijving sluisdeur
- VHF-157 Vergrendeling Uitvaren verboden - Aandrijving sluisdeur

Toelichting:

Een cyclus wordt gerekend van bedienen sleutelschakelaar t/m stilstand van alle deuren van dat sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

VHF-220 - Overbrugging Sleutelschakelaar overbrugging dubbel dicht - Aandrijving sluisdeur (Bron: KES-1005)

De Besturingsapplicatie machineveiligheid staat toe dat dat per sluishoofd de volgende veiligheidsfuncties gedurende één deurbewegingcyclus, door het bedienen van een pulsgevende sleutelschakelaar "Overbrugging dubbel dicht", (gelijktijdig) overbrugd kunnen worden:

- VHF-170 Vergrendeling Sluishoofd dubbel dicht - Aansturen rem sluisdeur
- VHF-171 Vergrendeling Sluishoofd dubbel dicht - Aandrijving sluisdeur

Toelichting:

Een cyclus wordt gerekend van bedienen sleutelschakelaar t/m stilstand van alle deuren van dat sluishoofd.

SIL-target level: SIL 2

Zie P:\[...]\Zandkreeksluis\ZKS - Veiligheidsfuncties.xlsx voor de afleiding en HB #3951969 voor de meest recente eisteksten.

4.3 Aandachtspunten voor het proces

Hieronder staan kort enkele relevante aandachtspunten beschreven voor het ontwerp- en realisatieproces.

Handelingen en procedures Noodbediening opnemen in handleiding

In de relevante handleidingen staat beschreven hoe, wanneer en met welke technische randvoorwaarden technische noodbediening uitgevoerd kan worden.

Handelingen en procedures Overbruggingen opnemen in handleiding (bron: LBS ML_TI_BOV, ML_TI_TOM, ML_VF_OHO)

In de relevante handleidingen staat beschreven hoe, wanneer en met welke technische randvoorwaarden een overbrugging van een veiligheidsfunctie uitgevoerd kan worden.

Voorkomen onbeheerste waterstromingen

Tijdens het realiseren van de installaties wordt voorkomen dat onbeheerste waterstromingen door de Zandkreeksluis ontstaan.

Toelichting:

Dit zou kunnen gebeuren als deursets per ongeluk in openende richting aangedreven worden terwijl het andere sluishoofd niet volledig gesloten is, of als door kentering van het getij een negatief verval over een deurset ontstaat (zie voor verdere toelichting het rapport [NK]).

Ontwerpen aanvullende veiligheidsfuncties

Aanvullende veiligheidsfuncties worden ontworpen in functie van het ontwerp van het Dynamisch systeem sluisdeuren. Deze:

- volgen uit een risicobeoordeling volgens de [NEN 12100] en de hybride methode van de [NPR 14121-2],
- worden gerelateerd aan de standaard-veiligheidsfuncties van de [LBS],
- worden ter acceptatie voorgelegd aan Opdrachtgever,
- worden toegevoegd aan de risicobeoordeling van het sluiscomplex.

Mogelijke veiligheidsfuncties zijn:

- Controle op gebruik van handaandrijvingen en handremlichters
- Onderlinge koppeling van nood- versus hoofdaandrijvingen

Benodigde redundantie van aandrijvingen bepaald op basis van FMECA

De benodigde redundantie van de hoofd-, nood- en eventueel handaandrijving is bepaald op basis van FMECA. Hierbij is ook rekening gehouden met de eisen t.a.v. negatief keren (referentierapport [NK]).

Metingen als verificatie op het ontwerp

Door middel van metingen zijn de optredende krachten die zijn berekend tijdens het ontwerp van de aandrijvingen van de sluisdeur in de praktijk geverifieerd.

4.4 Kansen en risico's

4.4.1 Kansen

Onderstaande kansen werden gezien tijdens het ontwerptraject.

- Door een compleet nieuw ontwerp van de aandrijving kan in belangrijke mate bijgedragen worden aan de beschikbaarheid van de functie 'waterkeren' van de Zandkreeksluis. Dit in het kader van de bescherming tegen open-kolksituaties. Zie het rapport [NK] met specifiek de maatregelen 2.3 en 3.7.
- Door een compleet nieuw ontwerp van de aandrijving kunnen machineveiligheid, onderhoudbaarheid en duurzaamheid integraal worden meegenomen in het ontwerp.
- Mogelijk is een noodaandrijving in de vorm van twee losse elektromotoren (voor de twee sluisdeuren van eenzelfde deurset) een kosteneffectieve vorm van noodaandrijving. Deze elektromotoren kunnen op een kracht-wcd in de aandrijfkelder aangesloten worden.

4.4.2 Risico's

Onderstaande risico's werden gezien tijdens het ontwerptraject.

- Door een compleet nieuw ontwerp van de aandrijving is er een risico dat in het ontwerptraject blijkt dat de gewenste aandrijving toch niet toepasbaar is binnen de randvoorwaarden die gelden bij de Zandkreeksluis

4.5 BTO-keuzes

Hieronder staan kort de bouwkundige, technische en organisatorische (BTO) keuzes beschreven t.b.v. het V&G-plan. Deze worden officieel opgenomen in het document HB 3689083.

- Toepassen tandkransaandrijving. De panamawiel-aandrijving wordt vervangen voor een tandkransaandrijving.

5 Openstaande punten

Onderstaande punten betreffende het ontwerp van dit deelsysteem staan nog open. Dit kan als actielijst gezien worden.

- Door het compleet nieuw ontwerp van de aandrijving is er een risico dat de gewenste aandrijving toch niet toepasbaar is binnen de randvoorwaarden die gelden bij de Zandkreeksluis. Als maatregel op dit risico wordt er een voorontwerp gemaakt dat gereed zal zijn bij aanvang van de ontwerpfase.