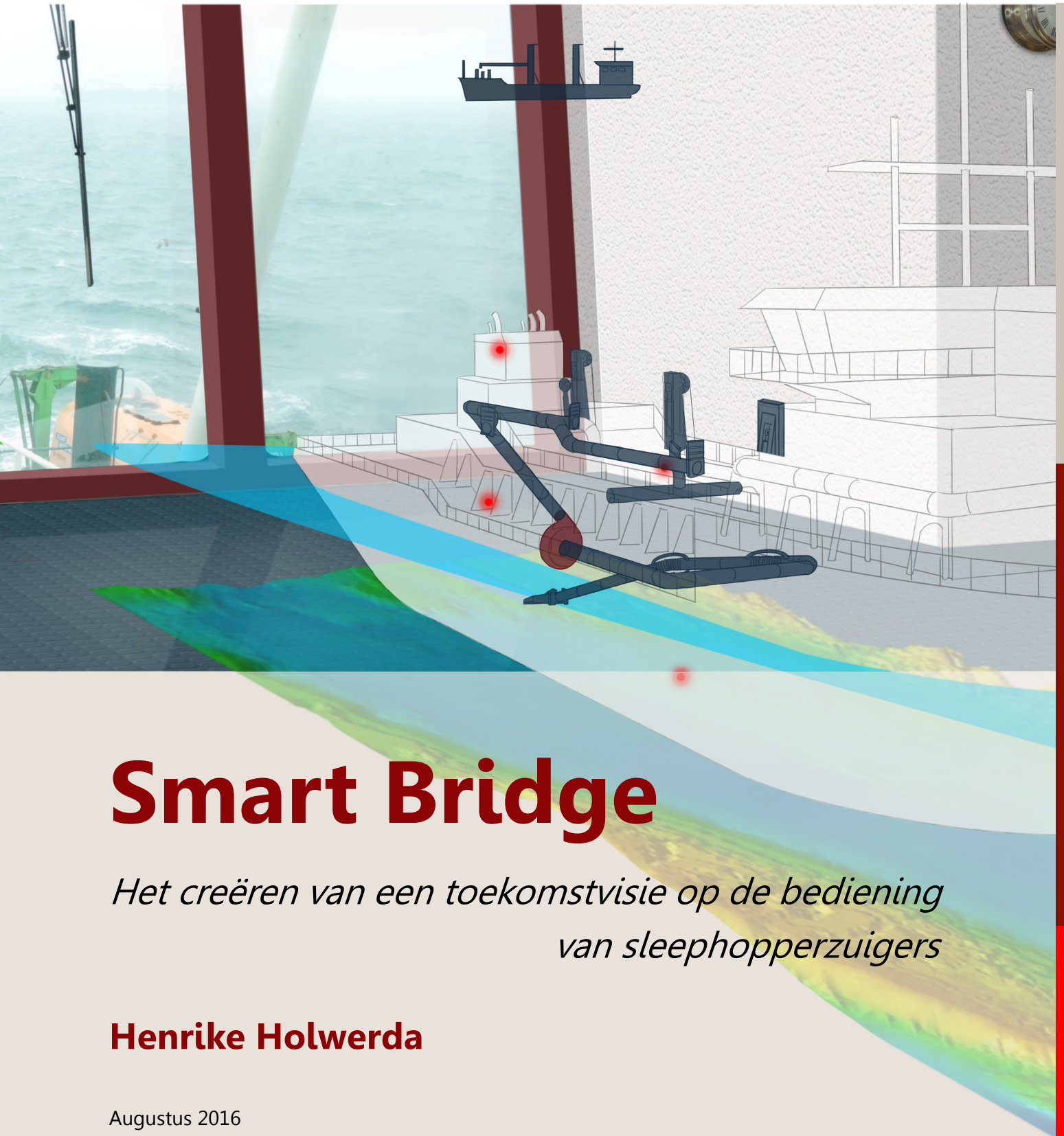




Smart Bridge

*Het creëren van een toekomstvisie op de bediening
van sleephopperzuigers*

Henrike Holwerda

Augustus 2016

Bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen, Universiteit Twente

In opdracht van IHC Systems B.V.



Smart Bridge

*Het creëren van een toekomstvisie op de bediening
van sleephopperzuigers*

Eindverslag Bachelor Eindopdracht

Auteur	C.H. Holwerda s1451146
Opleiding	Bachelor Industrieel Ontwerpen Universiteit Twente
Coördinator	Ir. A.P. van den Beukel
Examinator	Prof. dr. ir. J. Henseler
UT-begeleider	Ir. H. Tragter
Opdrachtgever	IHC Systems B.V. Industrieweg 30 3361 HJ Sliedrecht
Bedrijfsbegeleider	Ir. J.D.P.A. Peters
Tentamendatum	24 augustus 2016



Voorwoord

Voor de voltooiing van de opleiding Industrieel Ontwerpen, heb ik mijn bacheloropdracht met veel plezier mogen uitvoeren bij het bedrijf IHC Systems in Sliedrecht. In de periode van april 2016 tot augustus 2016, zie bijlage H voor de planning, heb ik de bediening van sleepopperzuigers kunnen vertalen naar een brug van de toekomst. Dit verslag beschrijft de ontwikkeling van deze toekomstige brug: de Smart Bridge.

Tijdens de uitvoering van dit onderzoek heb ik niet alleen de mogelijkheid gekregen om mijn vaardigheden, die ik tijdens mijn opleiding heb opgedaan, in de praktijk te brengen, maar ook om veel bij te leren. Ik heb kennis kunnen maken met voor mij nieuwe vakgebieden en ik heb technologieën, die buiten mijn comfortzone liggen, kunnen onderzoeken en toepassen in mijn ontwerp. Ik wil graag een aantal mensen bedanken voor deze leuke en leerzame tijd:

Jeroen Peters voor zijn begeleiding vanuit IHC Systems. Hij heeft mij veel bijgeleerd over het baggerproces en geholpen het ontwerp naar een hoger niveau te tillen door mij de juiste vragen te stellen.

Hans Tragter voor zijn begeleiding vanuit de Universiteit Twente. Hij heeft mij goede adviezen kunnen geven op de momenten dat ik even niet wist hoe ik grip kon krijgen op het probleem.

Gavan Lintern voor de tijd en moeite die hij nam om zijn werk en inzichten op het gebied van Cognitive Systems Engineering aan mij toe te lichten.

Walter Beij voor zijn uitgesproken en praktijkgerichte mening over de huidige bediening van baggerschepen.

De bemanning van de Breughel voor hun medewerking en hun inbreng tijdens mijn onderzoek aan boord van de sleepopperzuiger.

Roy Damgrave voor zijn advies over de mogelijkheden en beperkingen van nieuwe technologieën en hoe deze het beste kunnen worden geïmplementeerd.

De medewerkers van IHC Systems voor hun adviezen en de fijne werkomgeving die zij mij boden: ik voelde me snel thuis.

Ik wens u als lezer veel plezier en ik hoop dat ik met dit onderzoek mijn kwaliteiten als Industrieel Ontwerper heb kunnen tonen en dat mijn onderzoek waardevol zal zijn voor IHC Systems.

Henrike Holwerda
Sliedrecht, augustus 2016



Inhoudsopgave

Samenvatting	11
---------------------	-----------

Summary	13
----------------	-----------

Begrippenlijst	15
-----------------------	-----------

1. Inleiding	17
---------------------	-----------

1.1	IHC Systems	18
1.2	Baggerproces	18
1.3	Sleephopperzuigers	19
1.3.1	Laadproces	20
1.3.2	Losproces	22
1.4	Bediening van sleephopperzuigers	23
1.4.1	Communicatie operator en schip	24
1.4.2	Evolutie van het HMI	26
1.5	Doelstelling	26
1.6	Leeswijzer	27

2. Huidige situatie	29
----------------------------	-----------

2.1	Human Machine Interface	30
2.1.1	Schermen	30
2.1.2	Knoppen en hendels	32
2.2	Automatisering	33
2.3	Eenmansbediening	35
2.4	Functieallocatie	36
2.5	Probleemstelling	37

3. Strategie	39
---------------------	-----------

3.1	Capaciteiten en limieten	40
3.2	Samenwerking operator en systeem	41
3.3	Ontwerprichting	42
3.4	Ontwerpkader	43
3.4.1	Regelgeving ergonomie	43
3.4.2	Regelgeving automatisering	45

4. Analyse	47
4.1 Takenanalyse	48
4.1.1 Werkdomein	48
4.1.2 Takenorganisatie	50
4.2 Cognitieve structuren	51
4.2.1 Informatieverwerking	52
4.3 Programma van Eisen	53
5. Idee generatie	55
5.1 Technologieën	56
5.1.1 Augmented Reality	56
5.1.2 Mixed Reality	57
5.1.3 Beleving	59
5.2 Concepten	60
5.2.1 Augmented Reality - projectie op de ramen	60
5.2.2 HoloLens - projectie op de scheepsonderdelen	61
5.2.3 HoloLens - projectie op een werktafel	62
5.2 Conceptkeuze	63
5.2.1 Herverdeling taken	64
5.2.2 Conceptuitwerking	65
6. Toekomstvisie	67
6.1 Smart Bridge	68
6.2 Normale bediening	69
6.2.1 Handschoenen	72
6.3 Uitzonderlijke situaties	73
7. Conclusie	75
7.1 Toekomstvisie	76
7.2 Evaluatie	77
7.2.1 Programma van Eisen	77
7.3 Aanbevelingen	78

Referenties 81

Literatuur	81
Figuren	83

Bijlagen 87

A. Schermen HMI voor navigatie	88
B. Sub tabbladen dredging process	91
C. Richtlijnen fysieke ergonomie	95
D. Richtlijnen functieplaatsing	97
E. Resultaten interview garantieschipper	99
F. Ideeschetsen	103
G. Voorbeeldschermen	108
H. Planning	112



Samenvatting

Dit verslag beschrijft het onderzoek naar hoe sleepopperzuigers over ongeveer tien jaar idealiter moeten worden bediend. Er is in opdracht van IHC Systems, één van de business units van het bedrijf Royal IHC, een toekomstvisie gecreëerd: de Smart Bridge. Royal IHC is 's werelds marktleider in het ontwerpen, bouwen en onderhouden van baggerschepen. IHC Systems is verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de systemen die nodig zijn voor onder andere het besturen van deze schepen. Een veel gebruikt type baggerschip is de sleepopperzuiger. Dit schip is uniek omdat het niet stationair is: de sleepopperzuiger vaart, terwijl hij grond van de zeebodem opzuigt met behulp van zijn zuigbuis.

De operator op een sleepopperzuiger is verantwoordelijk voor zowel de bediening van het baggerproces, als de navigatie van het schip. Tijdens bepaalde procesfasen kan de werkdruk heel hoog zijn. Om deze werkdruk te verlagen, automatiseert IHC Systems steeds meer functies. De automatisering heeft grote gevolgen voor het Human Machine Interface (HMI), wat de operator gebruikt voor de bediening van het schip. Tegenwoordig zijn de vele knoppen en hendels op het HMI niet meer logisch geplaatst en op de schermen wordt teveel informatie getoond. Het HMI zou de operator tegemoet moeten komen, maar de operator moet zelf zijn informatie zoeken en de relatie met wat er daadwerkelijk bediend wordt is niet altijd even duidelijk.

Het HMI is herontworpen met oog voor de operator en zijn manier van werken. Er is onderzoek gedaan naar de capaciteiten en limieten van zowel de operator als het systeem, naar de huidige taakverdeling en naar de manier waarop mensen cognitief informatie verwerken om beslissingen te kunnen maken. In plaats van losse taken toe te wijzen aan ofwel de operator of het systeem, is de bediening vertaald naar een samenwerking tussen hen twee. De operator wordt niet langer beschouwd als de gebruiker van het HMI, maar als een actor, die betrokken is bij de bediening. Het HMI is een interface geworden dat heldere communicatie mogelijk maakt tussen de operator en de andere actor: het systeem.

Er zijn ideeën gegenereerd en concepten ontwikkeld, waarin de nieuwste technologieën op het gebied van interface design worden toegepast. Voor de Smart Bridge is een concept gekozen dat gebruik maakt van de HoloLens van Microsoft. Deze holografische bril projecteert hologrammen (virtuele objecten) in het zicht van de gebruiker. Door de bril op te zetten is de gebruiker in staat de hologrammen te zien, die zijn toegevoegd aan zijn eigen omgeving. Het concept voor de Smart Bridge maakt gebruik van hologrammen, om belangrijke scheepsonderdelen te representeren. De hologrammen kunnen van waar het scheepsonderdeel zich daadwerkelijk bevindt naar binnen worden gesleept naar een werktafel met daarop een holografische representatie van de

sleephopperzuiger. Dit concept geeft de operator inzicht in de lay-out van het schip en hoe deze lay-out een rol speelt in het proces.

In eerste instantie was het plan alle proceswaardes bij de betreffende hologrammen weer te geven, om de operator goed inzicht te geven in hoe het systeem deze beïnvloedt. Vanwege de huidige ontwikkelingen binnen IHC Systems op het gebied van Artificial Intelligence, is besloten dit niet te doen. IHC Systems verwacht namelijk een volledig autonoom systeem te hebben ontwikkeld over tien jaar. Dit systeem zal in staat zijn de sleephopperzuiger zelfstandig te bedienen in normale omstandigheden. De operator zal alleen nodig zijn tijdens uitzonderlijke situaties, zoals een verstopping in de leidingen, en zal niet belast worden met de details over het proces.

De operator kan het proces monitoren aan de hand van de bewegingen van de hologrammen, die de scheepsonderdelen presenteren. In het geval van een storing zal het systeem de operator om hulp vragen. Omdat de operator geen goed inzicht heeft in het normale proces, zal het systeem de operator ondersteunen in het oplossen van het probleem, door hem alle beschikbare informatie, met betrekking tot het oplossen van het probleem, te tonen in de hologrammen. De operator wordt zo ondersteund in het verwerken van de informatie en het maken van keuzes over hoe hij het probleem het beste kan oplossen.

De Smart Bridge zal in de toekomst een samenwerking mogelijk maken waarbij de taken zijn afgestemd op de capaciteiten en limieten van zowel de operator als het systeem. De operator en het systeem zullen elkaar ondersteunen door middel van heldere onderlinge communicatie en hebben hierdoor beide de mogelijkheid te leren en te groeien in hun kennis en vaardigheden. Dit wordt mogelijk gemaakt door de toepassing van de HoloLens.

Het resultaat van dit onderzoek omvat slechts een basale visie op hoe de operator en het systeem samen de sleephopperzuiger bedienen in de toekomst. Er is uitgebreider onderzoek nodig naar de mogelijkheden van verschillende holografische brillen, zodat er een goede keuze kan worden gemaakt voor een bril die de visie het beste omarmt. De bril dient de operator uitgebreid inzicht te geven in de lay-out van het schip en moet de communicatie helder vormgeven. De informatie die het systeem aan de operator presenteert, moet goed worden afgestemd op de cognitieve structuren van de operator en er moet een goede balans worden gezocht tussen de inzichtelijkheid in de acties van de ander en de verdeling van taken onderling. Verder moet de regelgeving, die tijdens dit onderzoek bestudeerd is omtrent de bediening van schepen goed worden toegepast om een veilige bediening te kunnen garanderen in de toekomst.

Summary

This report describes the study on how Trailing Suction Hopper Dredgers in about ten years ideally should be operated. A vision, called Smart Bridge, is developed, commissioned by IHC Systems, one of Royal IHC's business units. Royal IHC is world's market leader in designing, building and maintaining dredging vessels. IHC Systems is responsible for developing the systems needed for, amongst others, the control of these ships. A widely used type of dredging vessel is the Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD). This ship is unique for it is not stationary: a TSHD is sailing while dredging soil with its suction tube from the seabed.

The operator on a TSHD is responsible for both controlling the dredging process and the navigation of the ship. The workload can be very high during particular phases of the process. To lower the workload, IHC Systems is automating more and more functions. The automation has major consequences for the Human Machine Interface (HMI) which is used by the operator to control the vessel. Nowadays, the HMI has many controls, which are not logically located and displays an overload of information. The operator has to accommodate to the HMI, instead of the other way around: the operator has to search for the information himself and the connection with the real world is not always clear.

The HMI has been redesigned with respect to the operator. Therefore, research has been done on the capacities and limits of both the operator and the system, on the current task allocation and on human's decision making process. Instead of assigning separated tasks to either the operator or the system, the operation has been translated to a cooperation between them. The operator is no longer considered as user of the HMI, but as an actor involved in the operation. The HMI has become an interface, which facilitates clear communication between the operator and the other actor: the system.

Ideas have been generated and concepts have been developed, based on the newest technologies in the field of interface design. For the Smart Bridge, a concept is chosen which makes use of the HoloLens by Microsoft. This holographic glasses projects virtual objects, called holograms. While looking through the HoloLens, the holograms are around you, mixed with your actual environment. The concept makes use of holograms to overlay the important parts of the vessel. Those holograms can be dragged inside onto a half-transparent hologram, representing the whole TSHD. This concept will give the operator insight in layout of the ship and on how this layout contributes to the process.

Initially, it was planned to show all the process values next to the belonging holograms, to give

the operator full insight in the system's contributions. Because of the current developments at IHC Systems in the field of Artificial Intelligence, it was decided not to do so. IHC Systems expects to have completed the development of a completely autonomous system in ten years. This system will be able to control the TSHD autonomously in normal situations. The operator will only be needed during extraordinary circumstances, like malfunction due to clogging, and will not be overloaded with process details.

The operator can monitor the process by looking at the moving holograms, representing the components of the ship. In case of malfunction, the system will ask the operator for help. Because the operator will not have full insight in the normal process, the system will support him during this troubleshooting by providing all available information with the use of the holograms. In this way, the operator will be supported in processing the information and making decisions on how to solve the problem.

In the future the Smart Bridge will provide a cooperation that is carefully adjusted to the capacities and limits of both the operator and the system. The operator and the system will support each other by clear two-way communication and they will both have the opportunity to learn and develop their skills. This is made possible by the use of the HoloLens.

Nevertheless, this study only includes a basic vision on how the operator and the system operate the TSHD together in near future. Further research should be done on the possibilities of several holographic glasses, to make a proper choice for glasses that meet the vision optimally. The glasses should give the operator clear insight in the layout of the ship and should present the communication clearly. The information, presented by the system to the operator, should be adjusted to the cognitive structures of the operator and a balance should be found between clarity into each others actions and the allocation of tasks. Furthermore, legislations regarding the control of ships, that were examined during this study, must be applied carefully to ensure a safe operation in the future.

Begrippenlijst

ABS	American Bureau of Shipping
ADC	Automatic Draught Control
ADSS	Automatic Dredge System Sequence
ADWC	Automatic Draghead Winch Control
AI	Artificial Intelligence
AJSS	Automatic Jet System Sequence
ALMO	Automatic Light Mixture Overboard
APC	Automatic Pump Control
APSS	Automatic Pipe System Sequence
AR	Augmented Reality
Automatiseringsfunctie	Automatisch bediende baggerfunctie
AVC	Automatic Visor Control
CSE	Cognitive Systems Engineering
CWA	Cognitive Work Analysis
Deico	Deiningscompensator
DNV	Det Norske Veritas
DPDT	Dynamic Positioning Dynamic Tracking
DTPS	Dredge Track Presentation System
Field of view	Het maximaal zichtbare gebied zonder te bewegen
HMI	Human Machine Interface
Hologram	Een via fotografische projectie gecreëerd driedimensionaal beeld
IMO	International Maritime Organization
Nozzle	Mondstuk (voor het rainbowen of voor jetwater)
OMOB	One Man Operated Bridge
Operator	De persoon, verantwoordelijk voor de volledige bediening
Pijpman	De persoon, verantwoordelijk voor het baggerproces
PLC	Programmable Logic Controller
PS	Portside (bakboord)
PvE	Programma van Eisen
SB	Starboard (stuurboord)
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
STPM	Suction Tube Positioning Monitor
Stuurman	De persoon, verantwoordelijk voor de navigatie





1. Inleiding

1. Inleiding

Ter achtergrondinformatie voor de lezers die niet bekend zijn met Royal IHC, het baggerproces en de bediening daarvan worden in dit hoofdstuk die onderwerpen achtereenvolgens besproken.

1.1 IHC Systems

IHC Systems is één van de business units van het bedrijf Royal IHC. Deze firma ontwerpt, bouwt en onderhoudt vaartuigen en apparatuur voor maritieme dienstverleners in de offshore-, bagger- en mijnindustrie. IHC Systems is verantwoordelijk voor de ontwikkeling, de productie en de simulatie van de systemen en instrumentatie voor de vaartuigen. Deze systemen voor besturing en simulatie van de vaartuigen leveren ze aan hun klanten wereldwijd. IHC Systems werkt continu aan het verbeteren en automatiseren van hun systemen om het baggerproces te optimaliseren.

Royal IHC is ontstaan vanuit een samenwerking tussen meerdere bedrijven, waarvan een aantal in de 17e eeuw al actief waren in de scheepsbouw. Dit maakt ze tot een grote onderneming (3000 werknemers) met jarenlange ervaring. In de baggerindustrie is Royal IHC de marktleider: meer dan de helft van alle bedrijven in de baggerindustrie wereldwijd gebruikt de door hen geproduceerde vaartuigen en/of apparatuur.

1.2 Baggerproces

Baggeren wordt gedaan om de volgende redenen:

- landaanwinning en kustbescherming;
- aanleg en onderhoud van havens en kanalen;
- aanleg van pijpleidingen en bekabeling in de zeebodem;
- grondwinning voor de bouwsector;
- verwijdering van verontreinigde grond.

Hiervoor zijn verschillende type baggervaartuigen ontworpen, waarvan sleephopperzuigers en cutterzuigers (ook wel snijkopzuigers genoemd) de bekendste zijn. Sleephopperzuigers zijn uniek omdat ze, in tegenstelling tot andere baggerschepen, niet stationair zijn en het baggerproces discontinu is. Sleephopperzuigers zuigen tijdens het varen grond van de bodem op en slaan dit op in

het laadruim (ook wel hopper genoemd). Zodra de hopper vol is, wordt deze op een andere locatie gelegd. Cutterzuigers zijn niet zelfvarend en moeten voor en na het baggeren door een ander schip naar de juiste plek gebracht worden. Ze zetten zich in de bodem vast en op die locatie snijden ze met een draaiende kop de grond in stukken en zuigen dit vervolgens op. Deze grond wordt direct afgevoerd via leidingen.

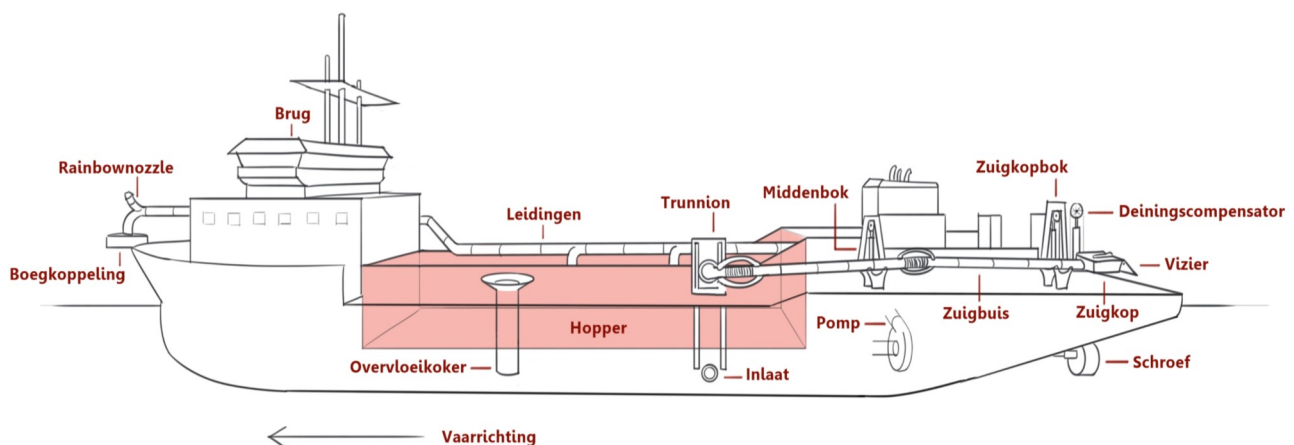
Omdat sleephopperzuigers wel zelfvarend zijn moet er, naast de bediening van het baggerproces, ook genavigeerd worden. Deze navigatie is een extra taak van de operator op de brug van het schip. Het onderzoek dat gepresenteerd wordt in dit verslag focust zich daarom op de bediening van sleephopperzuigers. De resultaten kunnen in een later stadium gemakkelijker vertaald worden van de sleephopperzuiger naar de cutterzuiger, dan in tegengestelde volgorde.

1.3 Sleephopperzuigers

Zoals uitgelegd varen sleephopperzuigers tijdens het baggeren en ze lossen de grond pas zodra de hopper volgeladen is. De fases in het baggerproces van sleephopperzuigers zijn achtereenvolgens:

- leegvaren waarin het schip naar de locatie vaart waar gebaggerd moet worden;
- laden waarin de hopper van het schip geladen wordt;
- Volvaren waarin het schip terugvaart naar de locatie waar de inhoud van de hopper gelost moet worden;
- Lossen waarin de gebaggerde grond vanuit de hopper wordt afgevoerd naar de loslocatie.

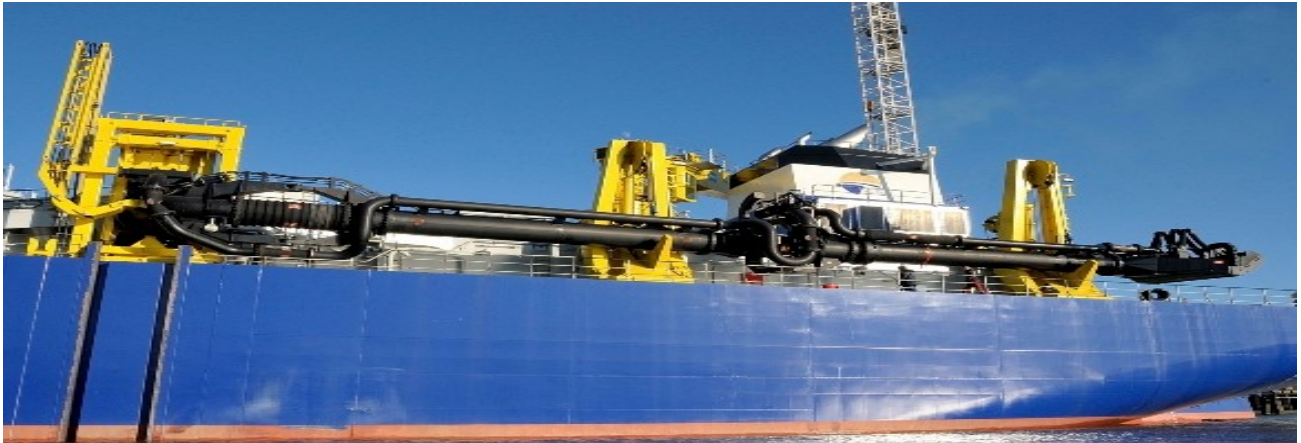
Het laad- en losproces zal in de volgende paragrafen verder worden toegelicht. De verschillende onderdelen die zullen worden genoemd zijn aangegeven in figuur 1.1.



Figuur 1.1: Benamingen sleephopperzuiger

1.3.1 Laadproces

Sleephopperzuigers zuigen de grond op met behulp van een zuigbuis die tijdens het laden over de bodem sleept. Daarvoor en daarna ligt de zuigbuis op het dek van het schip in zijn zadels, zoals in figuur 1.2 te zien is.



Figuur 1.2: Zuigbuis in de zadels

Er zijn ook sleephopperzuigers die twee zuigbuizen gebruiken: aan weerszijden van het schip is één buis bevestigd. Voordat het baggeren kan beginnen, wordt de zuigbuis met behulp van drie bokken en de daaraan bevestigde lieren uit de zadels getild om hem vervolgens overboord tot de inlaat aan de zijkant van het schip te laten zakken. Via deze inlaat zal de grond het schip binnengaan. Nadat de zuigbuis op de inlaat is aangesloten kan de zuigkoplier, zie figuur 1.3, de zuigkop laten zakken tot op de bodem. Hierna is het schip gereed om te baggeren.

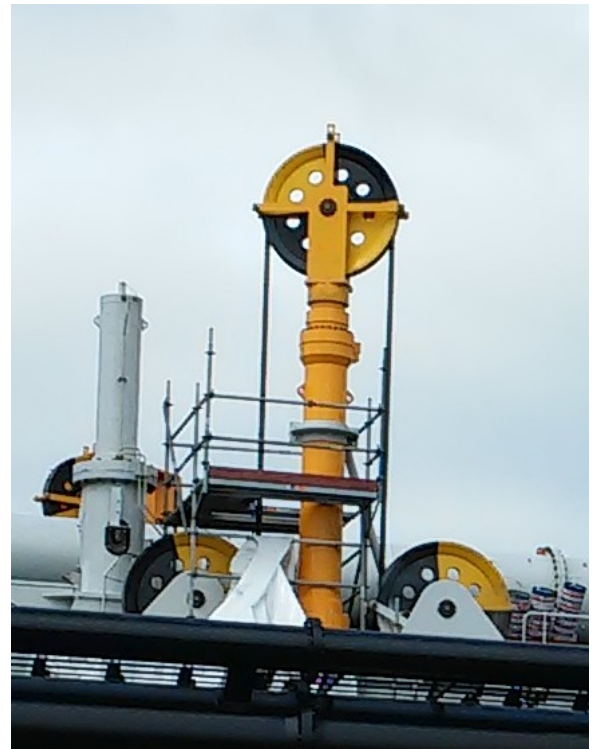


Figuur 1.3: Zuigkop en lier

Doordat de sleephopperzuiger vaart, sleept de zuigkop over de bodem. Op de kop van de zuigbuis zit een vizier met tanden bevestigd om de grond los te snijden. Baggerpompen, zie figuur 1.4, zuigen de losgesneden grond via de zuigkop en -buis het schip in. Op de zuigkop is een jetwaterinstallatie aanwezig om de grond los te maken, zodat het goed opgezogen kan worden. Verder is er een waterklep op de zuigkop aanwezig om water toe te voegen aan het grondmengsel.



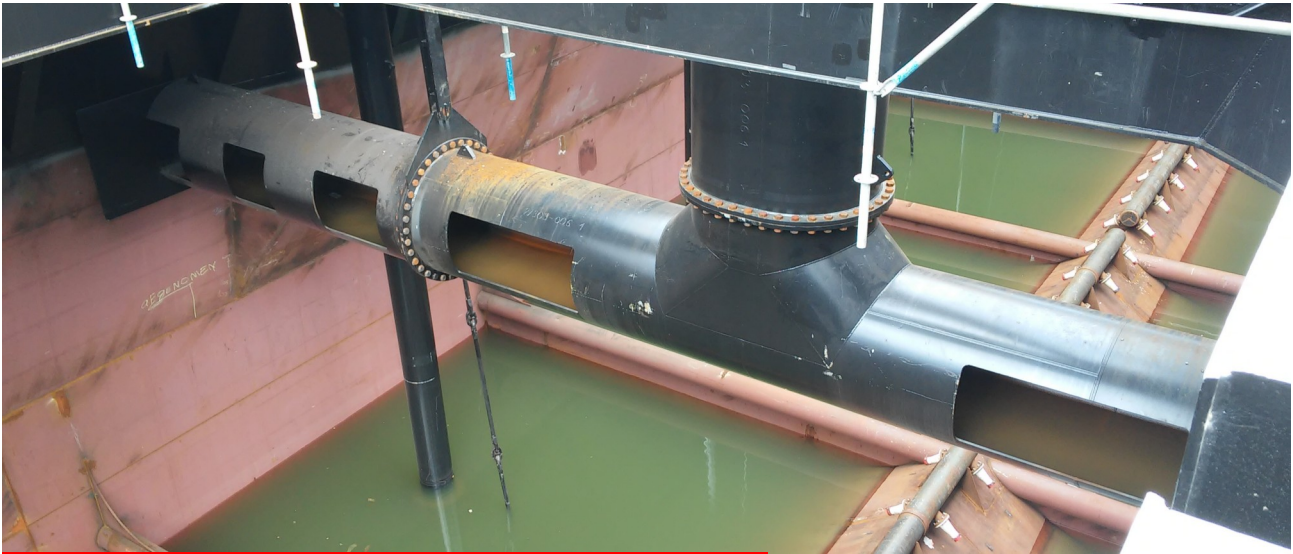
Figuur 1.4: Baggerpomp



Figuur 1.5: Deiningscompensator

Door plotselinge veranderingen in de bodemdiepte kan de zuigkop loskomen van de bodem, of kan de spanning van de kabel van de zuigkopbok wegvallen. (De zuigbuis is op een aantal plaatsen flexibel, dus de andere kabels zullen strak blijven staan.) Om hier goed op te reageren is er een deiningscompensator (deico) aanwezig, zie figuur 1.5. Deze compensator is een mechanische buffer om de lengteverandering van de kabel, waar de zuigkop aan hangt, op te vangen.

Zodra het grondmengsel aan boord is, wordt het via leidingen naar de hopper gestuurd, zie figuur 1.6. In de leidingen wordt de mengseldichtheid en de mengselsnelheid gecontroleerd. Deze twee factoren bepalen samen de productie: een zo groot mogelijke dichtheid en een zo hoog mogelijke snelheid levert de meeste gebaggerde grond per tijdseenheid. Indien de mengseldichtheid te laag is wordt het grondmengsel niet naar de hopper toegestuurd, maar via een andere route terug overboord gegooid. De route van het mengsel wordt bepaald door de afsluiters in het leidingnetwerk van het schip. Het is uiteraard belangrijk verstoppingen (te herkennen aan een te lage mengselsnelheid en een te hoge mengseldichtheid) in de leidingen te voorkomen. De



Figuur 1.6: Hopper met mengsel toevoerleiding

baggerpompen kunnen hierop anticiperen door harder te gaan pompen en de stand van de waterklep kan worden aangepast om de mengseldichtheid te verlagen.

In de hopper bezinkt de grond na verloop van tijd. Het water uit de bovenste laag stroomt uit de hopper weg, via de overvloeikokers, weergegeven in figuur 1.7. De overvloeikokers kunnen omhoog en omlaag worden bewogen. Door ze op de juiste hoogte te zetten kan de hopperinhoud en zodoende ook de diepgang van het schip gereguleerd worden.



Figuur 1.7: Overvloeikoker zijaanzicht (links) en bovenaanzicht (rechts)

1.3.2 Losproces

De gebaggerde grond kan door middel van verschillende methodes gelost worden. Het is afhankelijk van de situatie welke van de onderstaande losmethodes gebruikt wordt:

- Rainbowen, zie figuur 1.8: de grond wordt vanuit de voorkant van het schip in een grote boog naar buiten gespoten. Deze methode wordt gebruikt bij ondiep water of als er nieuw land moet worden aangelegd.
- Walpersen, zie figuur 1.9: de grond wordt via pijpleidingen weggepompt. Het schip sluit aan op de leiding die vervolgens het zand vervoert naar de plek waar het zand nodig is. Deze pijpleidingen kunnen zowel drijven, als op het land liggen.
- Dumpen: de snelste methode is het openen van de bodemdeuren. Hiermee wordt al de grond in één keer op de zeebodem gelost. De zee moet op dat punt wel diep genoeg zijn.
- Back-filling: als de grond op een hele nauwkeurige locatie gelost moet worden, kan de zuigbuis gebruikt worden om de grond uit de hopper te verwijderen. Deze methode wordt niet vaak gebruikt.



Figuur 1.8: Rainbowen



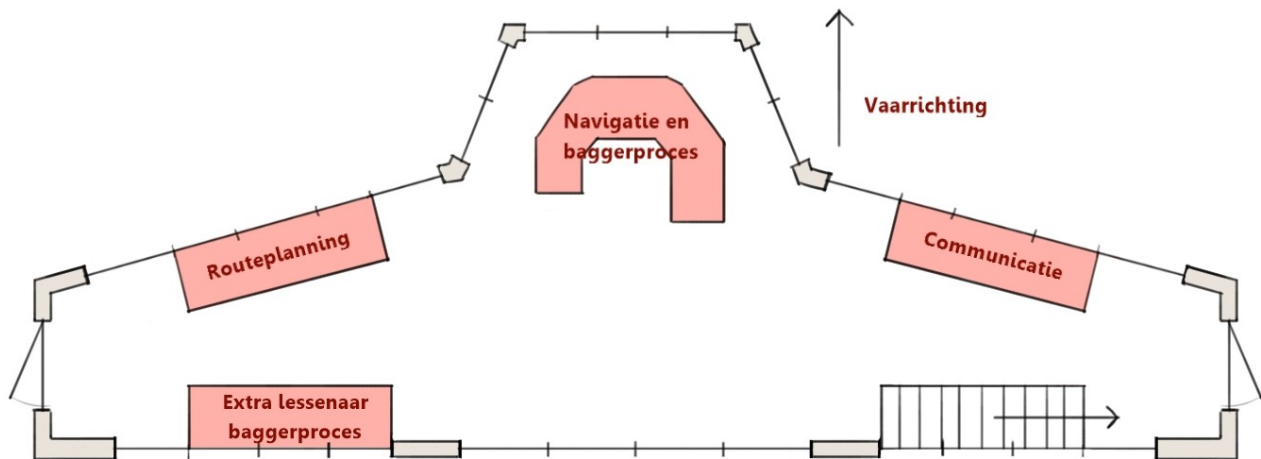
Figuur 1.9: Walpersen

Om ervoor te zorgen dat de hopper volledig geleegd wordt, wordt ook hier jetwater ingezet om de (versteende) grond los te spuiten uit de hopper. De toevoerleidingen (zwart) met de zogenaamde jetnozzles (witte spuitmonden) zijn te zien op de achtergrond van figuur 1.6.

1.4 Bediening van sleephopperzuigers

De besturing van de, in paragraaf 1.3 besproken, functies vindt plaats op de brug van het schip. Op de brug zijn meerdere lessenaars aanwezig, die communicatie tussen de operator en het systeem van het schip mogelijk maken. In de huidige stand van de techniek (2016) hebben sleep-

hopperzuigers slechts één lessenaar met daarop de hardware voor zowel de besturing van het baggerproces als de navigatie van de sleephopperzuiger. Voor de overige functies, zoals routeplanning en communicatie met andere schepen, zijn er nog een aantal lessenaars aanwezig. In figuur 1.10 is een plattegrond van de huidige brugindeling weergegeven.



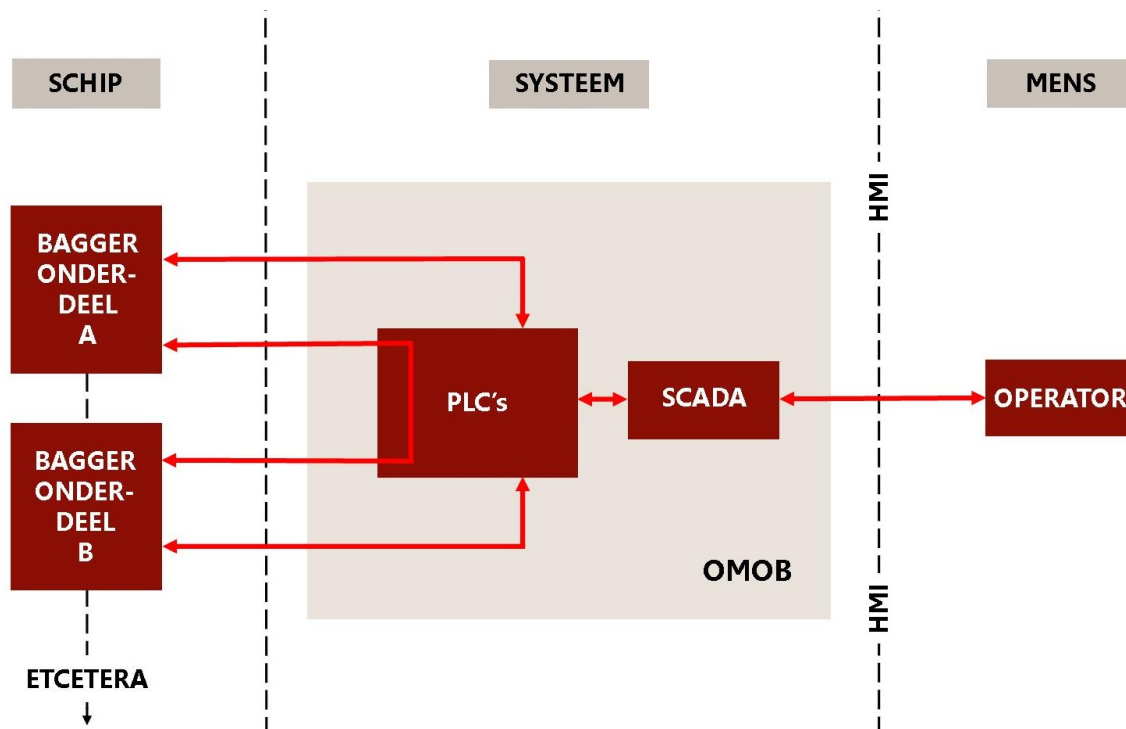
Figuur 1.10: Plattegrond brug

1.4.1 Communicatie tussen operator en schip

De operator bestuurt de sleephopperzuiger met behulp van de lessenaar, genaamd het Human Machine Interface (HMI). De bediening van het baggerproces is door de jaren heen steeds meer geautomatiseerd. Hoe dit de communicatie tussen de operator en het schip heeft beïnvloed is weergegeven in figuur 1.11.

Vroeger was geen enkele functie geautomatiseerd. Elk onderdeel van de sleephopperzuiger had zijn eigen bediening en een afzonderlijk circuit. Er was beperkte informatie en feedback aanwezig en alle informatie werd analoog verkregen. Met de komst van Programmeerbare Logische Controllers (PLC) werd de bediening van de afzonderlijke onderdelen geïntegreerd: PLC's verwerken en versturen alle informatie. Wederzijdse communicatie tussen de operator en de onderdelen van het schip werd mogelijk en er was voor het eerst sprake van (enige) automatisering: PLC's zijn in staat informatie te beoordelen en op basis daarvan een bepaalde actie uit te voeren buiten de operator om.

Op de huidige schepen wordt het systeem Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) gebruikt voor de verzameling van gegevens en de bediening en visualisatie van het proces. SCADA geeft de gegevens grafisch weer aan de operator; omgekeerd ontvangt SCADA via het HMI commando's van de operator en verstuurt deze commando's via het PLC-netwerk naar het juiste



Figuur 1.11: Communicatie tussen operator en schip

baggeronderdeel.

Sleephopperzuigers werden altijd bediend door minimaal twee personen, met elk hun eigen lessenaar: een pijpman was verantwoordelijk voor het baggerproces en een stuurman navigeerde. In het begin van deze eeuw heeft IHC Systems de One Man-Operated Bridge (OMOB) ontwikkeld: de pijpman (vanaf nu operator genoemd) kreeg verantwoordelijkheid voor zowel het baggerproces als de navigatie. Redenen hiervoor waren het verhogen van de efficiëntie en het voorkomen van communicatieproblemen tussen stuurman en pijpman. Op de OMOB is slechts één lessenaar aanwezig om zowel het baggerproces als de navigatie te bedienen.

Om te voorkomen dat de werkdruk te hoog werd voor de operator zijn destijds allerlei functies aan boord geïntegreerd en geautomatiseerd. Verschillende baggeronderdelen kunnen via de nieuwe automatiseringsfuncties onderling met elkaar communiceren zonder tussenkomst van de operator. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld de zuigbuis in de juiste positie te brengen met slechts één druk op de knop. Andere automatiseringsfuncties zullen in paragraaf 2.2 worden besproken. Op deze manier kan de operator zijn aandacht op het navigeren vestigen en tegelijkertijd de automatiseringsfuncties van het baggerproces aansturen. Indien de situatie het toelaat kan de operator nog steeds het volledige baggerproces zelf aansturen.

Tegenwoordig (2016) doet IHC Systems volop onderzoek naar Artificial Intelligence (AI). Ze ontwikkelen een zelflerend systeem: het systeem leert hoe het kan bepalen welke waarde verschillende setpoints moeten aannemen voor een optimale productie.

1.4.2 Evolutie van het HMI

Al deze veranderingen hebben grote gevolgen gehad voor het HMI, zoals te zien is in figuur 1.12. Het HMI begon met een set knoppen en hendels voor de aansturing van de verschillende baggeronderdelen. Daarnaast waren een klein aantal eenvoudige analoge meters op het HMI te vinden.

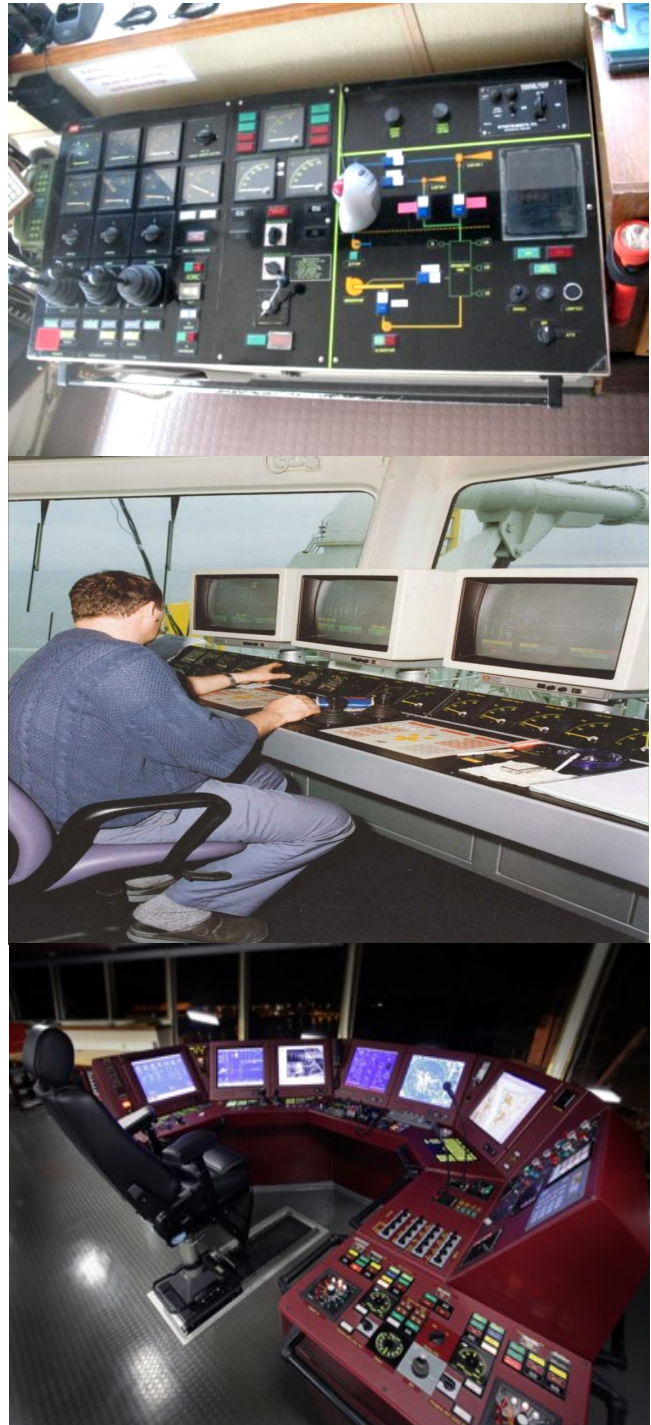
Met de komst van SCADA werden een aantal computerschermen aan het HMI toegevoegd. Deze computers gebruiken Microsoft Windows als besturingssysteem en kunnen worden bediend met een muis en toetsenbord.

Toen de OMOB werd geïntroduceerd werden een aantal schermen voor navigatie toegevoegd. De weergave van de informatie op de, inmiddels touchscreens, is flink onder handen genomen om het aan te laten sluiten bij de nieuwe automatiseringsfuncties. Verder zijn er allerlei knoppen en hendels toegevoegd om de automatiseringsfuncties te bedienen.

1.5 Doelstelling

Er zal een toekomstvisie (ongeveer tien jaar) worden gecreëerd op de bediening van sleephopperzuigers, de Smart Bridge. Hoe kunnen de nieuwste technologieën op het gebied van interfacedesign ingezet worden om de operator goed te ondersteunen in de bediening van een grotendeels geautomatiseerd systeem. Hierbij is het belangrijk dat de taakverdeling tussen operator en systeem goed wordt vastgelegd. Het systeem moet de operator aanvullen en versterken in de taken die hem worden toebedeeld. Dit is nodig om de operator vertrouwen in en controle over het systeem te geven.

Er is onderzoek nodig naar het functioneren van zowel de operator als het systeem van sleephop-



Figuur 1.12: Evolutie van het HMI

perzuigers. Beiden hebben hun eigen capaciteiten en limieten, waar rekening mee moet worden gehouden tijdens de herverdeling van de taken. Deze herverdeling moet vertaald worden naar een gestructureerd interface, dat de operator en het systeem in staat stelt het proces optimaal te bedienen en goed te handelen in uitzonderlijke situaties.

De Smart Bridge zal de efficiëntie van het bedienen moeten verhogen en zodoende het baggerproces verbeteren. Tijdens het ontwerpen zullen de richtlijnen en regels, zoals die opgesteld zijn door verschillende instanties, worden gehanteerd, zodat er veilig gebaggerd kan worden.

1.6 Leeswijzer

Dit verslag bespreekt de ontwikkeling van een toekomstvisie op de bediening van sleephopperzuigers. Het herontwerp van de brug zal Smart Bridge genoemd worden: een brug die de operator en het systeem in staat stelt om samen de sleephopperzuiger te bedienen en het baggerproces te optimaliseren. In de hierop volgende hoofdstukken wordt het volgende besproken:

In **Hoofdstuk 2. Huidige situatie** wordt de huidige status van de bediening van sleephopperzuigers besproken aan de hand van het Human Machine Interface en de takenverdeling tussen de operator en het systeem. Hieruit volgt een probleemstelling.

In **Hoofdstuk 3. Strategie** wordt besproken hoe dit probleem zal worden benaderd: hoe kan de taakverdeling worden afgestemd op de capaciteiten en limieten van zowel de operator als het systeem. Er zal een oplossingsrichting worden besproken aan de hand van een aantal uitgangspunten. Tot slot wordt de regelgeving besproken als kader voor het herontwerpen van de bediening.

In **Hoofdstuk 4. Analyse** worden de taken in de bediening van sleephopperzuigers geanalyseerd en wordt besproken hoe de operator de hierbij betrokken informatie op cognitief niveau verwerkt. Deze analyse is nodig om de strategie, zoals besproken in hoofdstuk drie, toe te kunnen passen. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een Programma van Eisen, waaraan het herontwerp moet voldoen.

In **Hoofdstuk 5. Ideegeneratie** worden de nieuwste technologieën op het gebied van interface design besproken die als inspiratie hebben gediend voor het genereren van ideeën. Drie concepten worden aan de hand van tekeningen toegelicht. Op basis van de voor- en nadelen van de drie concepten zal een conceptkeuze worden gemaakt.

In **Hoofdstuk 6. Toekomstvisie** wordt de toekomstvisie op de bediening van sleephopperzuigers, gebaseerd op het gekozen concept, besproken aan de hand van een artist impression. De manier waarop de taken herverdeeld zijn tussen de operator en het systeem wordt besproken aan de hand van een voorbeeldscherm.

In **Hoofdstuk 7. Conclusie** wordt de toekomstvisie geëvalueerd, onder andere aan de hand van het Programma van Eisen. Verder worden aanbevelingen gedaan over hoe de strategie uit hoofdstuk drie kan worden doorgevoerd in de verdere uitwerking van de Smart Bridge.



2. Huidige situatie

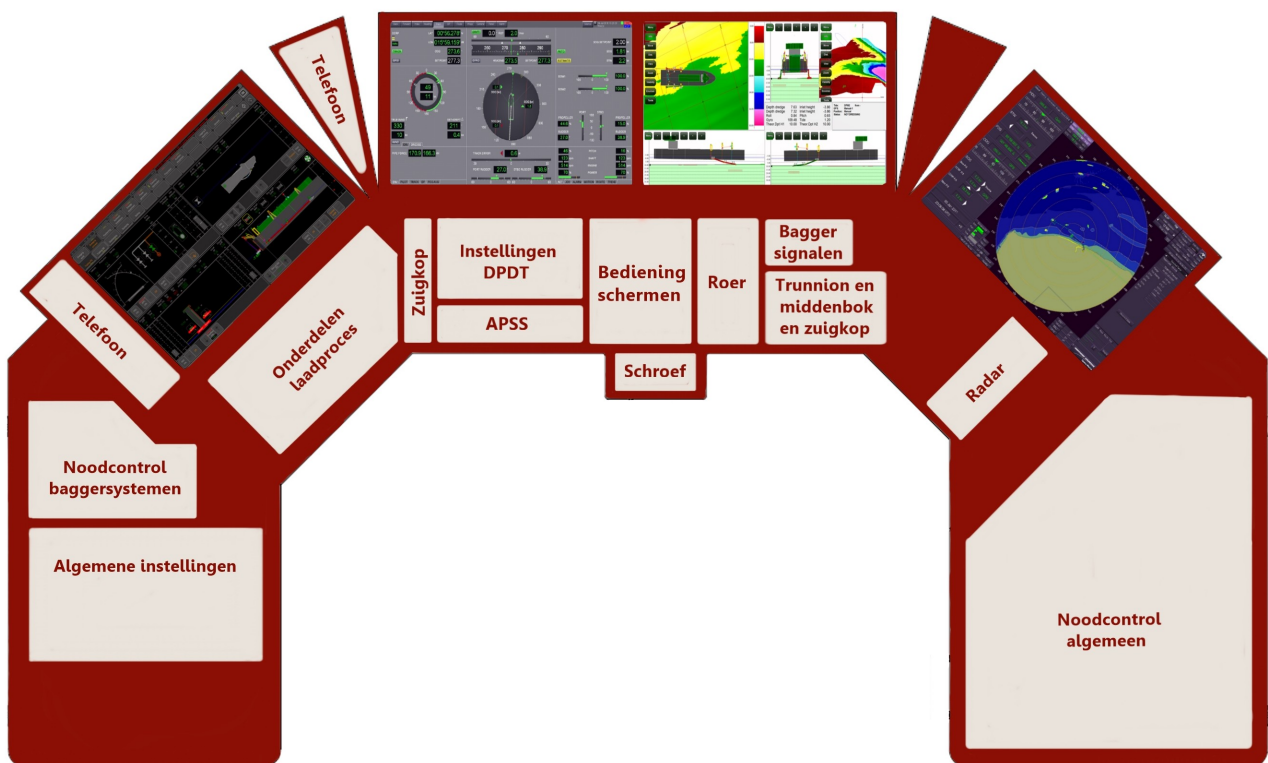
2. Huidige situatie

2.1 Human Machine Interface

De communicatie tussen het schip en de operator loopt via het Human Machine Interface (HMI), waarop de informatie over het baggerproces wordt gepresenteerd. De operator kan op deze informatie reageren door de knoppen en hendels te gebruiken. Omdat het volledige schip afgestemd zal zijn op de wensen van de klant, zal ook het HMI er op elk schip iets anders uitzien. Het HMI zal in de volgende paragrafen worden besproken, waarbij er wordt uitgegaan van een OMOB sleephopperzuiger met een standaard scherm lay-out. Het HMI is afgebeeld in figuur 2.1.

2.1.1 Schermen

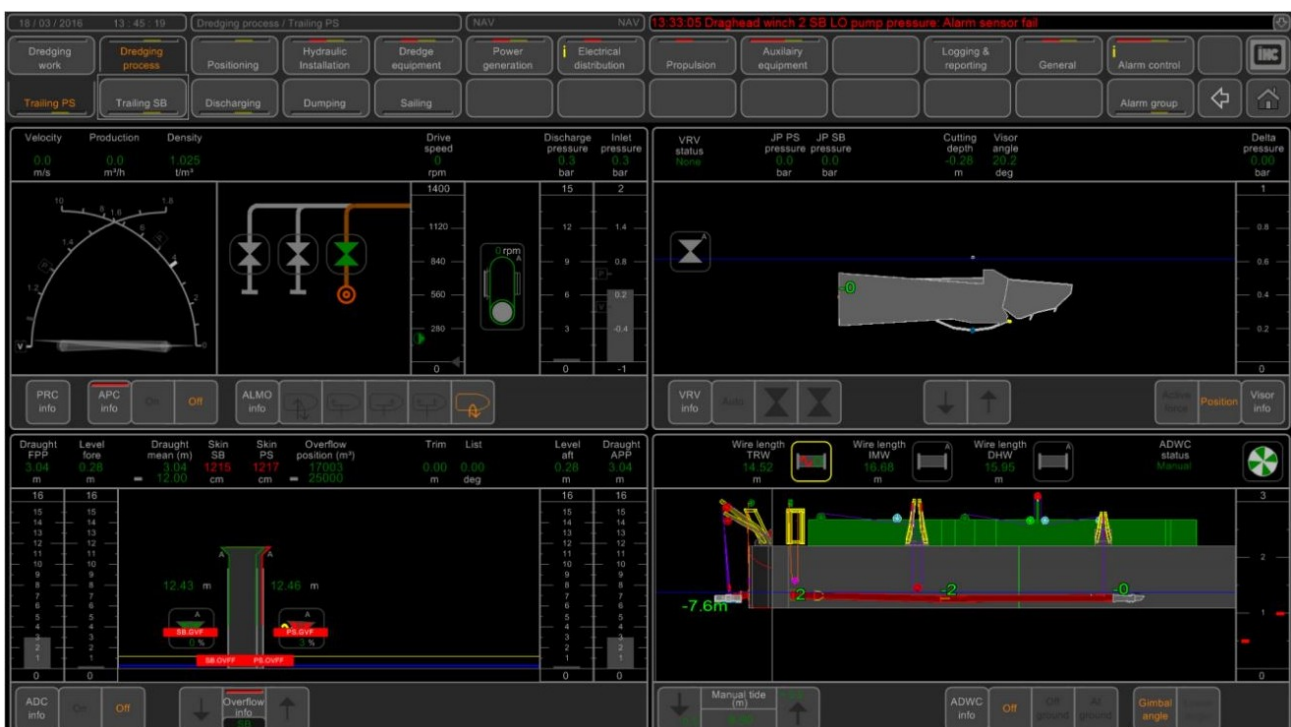
Het HMI bevat vier schermen en een groot aantal knoppen en hendels. Omdat er met name gefocust is op de bediening van het baggerproces zullen de drie schermen met betrekking tot de navi-



Figuur 2.1: Human Machine Interface schematisch

gatie, zie bijlage A, minder uitgebreid besproken worden dan het scherm voor de bediening van het baggerproces.

Het meest linkse scherm geeft de informatie over het baggerproces weer, afkomstig uit SCADA. In de bovenste balk van het scherm zijn verschillende tabbladen weergegeven. Procesfases kunnen worden voorbereid in de sub tabbladen onder het tabblad Dredging Work. Tijdens de fases zelf zullen de sub tabbladen onder het tabblad Dredging Process gebruikt worden voor de bediening. In figuur 2.2 is het sub tabblad voor de bediening van het laadproces (bakboord) weergegeven. Van deze en de overige sub tabbladen onder Dredging Process is een grote versie in bijlage B te vinden (met uitzondering van laadproces stuurboord, dit is een gespiegelde versie van figuur 2.2).



Figuur 2.2: Scherm bediening laadproces

De overige tabbladen geven elk verschillende sub tabbladen weer met betrekking tot onderhoud en storingsen. Op het sub tabblad zoals weergegeven in figuur 2.2 staat op de bovenste helft van links naar rechts de volgende informatie: grondmengselgegevens, mengselroute, pomp met drukwaarden en snelheid en rechts de vizierstand. Daaronder staan links de diepgang van het schip en de hopperinhoud met de stand van de overvloeikoker en rechts de positie van de zuigbuis met de stand van de bokken en lieren en de stand van de deiningscompensator.

Het tweede scherm van links toont de informatie over de positionering van het schip. Om het schip in positie te houden moet er onder andere rekening worden gehouden met de stroming van het water en de weerstand van de zuigbuis die over de grond sleept. Hiervoor wordt het systeem Dynamic Positioning and Dynamic Tracking (DPDT) gebruikt. Op het scherm zijn alle waarden af te

lezen die te maken hebben met het in positie houden en navigeren van het schip. Belangrijke waardes van DPDT zijn de vaarsnelheid en de stand van de schroeven en het roer.

Het derde scherm van links toont een plattegrond van de zeebodem en wordt het Dredge Track Presentation System (DTPS) genoemd. Via deze plattegrond wordt in de gaten gehouden hoe diep het schip ligt ten opzichte van de bodem, om te voorkomen dat het schip strandt. Zeker als het schip volgeladen is en het niet al te diep is, zal de vaarsnelheid hierop aangepast worden. Verder kan hier worden gecontroleerd of het baggerwerk goed is uitgevoerd op het betreffende stuk zeebodem.

Het meest rechtse scherm toont het radarbeeld. De operator kan via dit scherm zien welke schepen zich in zijn omgeving bevinden en wat hun koers is, om zijn route goed op hen af te stemmen. Naast dat dit scherm nodig is om aanvaringen te voorkomen in de mist, is dit ook een verplicht onderdeel aan boord van ieder type schip.

2.1.2 Knoppen en hendels

Op de linker- en rechtervleugel van het HMI, zie figuur 2.1, zitten knoppen die verplicht om goed te kunnen handelen in geval van nood en knoppen voor de bediening van bijvoorbeeld de lampen, zonwering en ruitenwissers.

Voor de bediening van het baggerproces zijn er een aantal belangrijke knoppen en hendels. Allereerst de onderdelen die nodig zijn om het laadproces te bedienen, zoals weergegeven in figuur 2.3. Hieronder vallen onder andere de pomp en de inlaat. Rechts daarvan zijn de knoppen voor de bediening van de zuigkop weergegeven: de bediening van de zuigkoplier, het vizier en de water-

klep, zie figuur 2.4. Deze knoppen worden tijdens het laden veel gebruikt om de productie te optimaliseren.

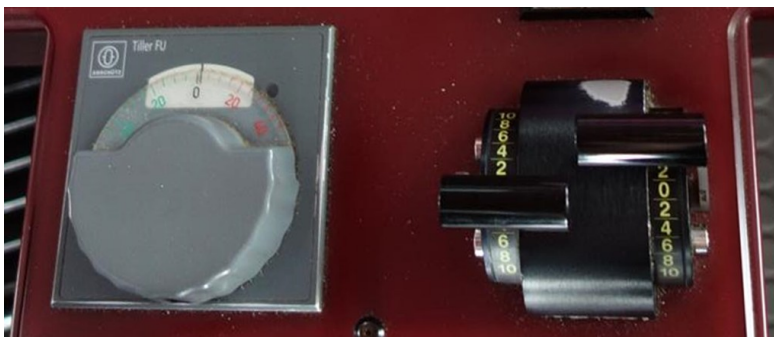
Op het stuk lessenaar dat recht voor de operator staat is links een toetsenbord geplaatst voor alle instellingen rondom het DPDT systeem. Daaronder zijn de knoppen voor APSS geplaatst, die nodig zijn om de zuigbuis in positie te brengen. De functie APSS wordt verder toegelicht in de volgende paragraaf. Rechts daarvan zijn de knoppen en hendels voor de navi-



Figuur 2.3: Bediening afsluiters en baggerpomp



Figuur 2.4: Bediening zuigkop



Figuur 2.5: Aansturing van de schroeven



Figuur 2.6: Bediening trunnion

gatie geplaatst, met daaronder de schroefbediening, zie figuur 2.5. Deze zitten binnen handbereik van de operator, omdat hij deze continu moet gebruiken. De bediening van het roer is daar rechtsboven geplaatst.

Het meest rechts op het stuk lesenaar dat recht voor de operator staat zitten knoppen om de signalen over het baggerproces aan te passen. Daaronder zijn de hendels voor de lieren en de bediening van de waterklep en vizier geplaatst, om de zuigbuis bij start en afronding van de laadfase te bedienen. Tijdens het laadproces is het handiger om de zuigkopbediening naast de bediening van onder andere de pomp te hebben. Deze knoppen en hendels zitten dus in tweevoud op het HMI. De bediening van de middenlier is vergelijkbaar met de bediening van de zuigkoplier, zoals weergegeven in figuur 2.4. De bediening van de trunnion is weergegeven in figuur 2.6. Met deze knoppen kan de lier gevierd (en gehaald) worden om de zuigbuis voor de inlaat te plaatsen.

2.2 Automatisering

Een aantal functies op sleepopperzuigers, zoals het overboord gooien van mengsel met een lage dichtheid, zijn al jarenlang geautomatiseerd. Toen de OMOB geïntroduceerd werd zijn hier allerlei functies aan toegevoegd. Deze functies hebben de bediening van het baggerproces sterk beïnvloed. Om dit verder toe te kunnen lichten, zullen eerst de meest voorkomende automatiseringsfuncties worden besproken.

Automatic Pump Control (APC): deze functie reguleert automatisch het vermogen en de snelheid waarmee de baggerpompen het mengsel opzuigen: de mengselsnelheid moet constant worden gehouden om verstoppingen te voorkomen. De operator stelt vooraf het setpoint voor de mengselsnelheid in.

Automatic Draught Control (ADC): deze functie reguleert de diepgang van het schip. Als er te veel water in de hopper zit zal deze functie de overvloeikokers aansturen om de bovenste laag water weg te laten lopen. De operator stelt hiervoor via een setpoint in hoe diep het schip mag komen te liggen.

Automatic Draghead Winch Control (ADWC): deze functie bedient de lieren om ervoor te zorgen dat de zuigbuis in positie blijft. De zuigbuis wordt aan de grond gehouden onder een bepaalde hoek (verticaal) en de hoek tussen de zuigbuis en het schip (horizontaal) mag niet te klein worden omdat de zuigbuis anders de romp van het schip beschadigt. Als de zuigkop aan de grond blijft tijdens het sturen, zou de buis te ver onder het schip kunnen komen. Door de kop iets te lichten wordt dit voorkomen.

Automatic Visor Control (AVC): deze functie reguleert de hoek die het vizier ten opzichte van de zuigkop maakt. Deze hoek bepaalt de snijdiepte van de tanden en daarmee de productie. De operator kan een setpoint voor de hoek of voor de kracht op het vizier instellen.

Automatic Light Mixture Overboard (ALMO): als de dichtheid van het mengsel te laag is stuurt deze functie de afsluiters aan, zodat het mengsel direct weer overboord wordt gestuurd. Om te bepalen welk mengsel wel en niet naar de hopper moet worden gestuurd, stelt de operator vooraf een minimale dichtheid als setpoint in.

Automatic Pipe System Sequence (APSS): deze functie stelt de operator in staat de zuigbuis met één druk naar een andere positie te brengen. Er zijn vijf verschillende posities waarin de zuig-



Figuur 2.7: Macroknoppen (APSS)

buis gezet kan worden:

- in saddles legt de zuigbuis terug in de zadels;
- overboard brengt de zuigbuis overboord tot vlak boven het water;
- at inlet plaatst de zuigbuis voor de inlaat;
- off ground laat de zuigbuis zakken tot een vooraf ingestelde diepte;
- at ground zet de zuigkop aan de grond.

Voor elk van bovenstaande posities is een macroknop op het HMI geplaatst, zoals te zien in figuur 2.7. Verder zijn er nog twee knoppen die de horizontale hoeken van de zuigbuizen controleren tijdens het sturen:

- turn PS dit maakt naar bakboord sturen mogelijk voor de zuigbuizen;
- turn SB dit maakt naar stuurboord sturen mogelijk voor de zuigbuizen.

Automatic Dredge System Sequence (ADSS): deze functie reguleert de stand van alle afsluiters in de baggerleidingen. Er zijn verschillende opstellingen van de afsluiters die elk met één druk op de knop kunnen worden ingeschakeld. De pompen kunnen eventueel ook mee in- of uitgeschakeld worden.

Automatic Jet System Sequence (AJSS): deze functie is vergelijkbaar met ADSS. Ook hier worden afsluiters met of zonder pompen gereguleerd, maar in dit geval voor het jetwatersysteem. Ook hier zijn weer verschillende opties instelbaar, afhankelijk van de situatie.

De automatiseringsfuncties hebben een groot deel van het werk van de operator uit handen genomen. Hierdoor zal de operator in staat zijn om, naast de bediening van het baggerproces, de taak van de stuurman op zich te nemen. De knoppen en schermen voor zowel het baggeren als het navigeren zijn in één lessenaar geïntegreerd. Tijdens het bedienen van de sleepopperzuiger kijkt de operator in de vaarrichting, zittend achter het HMI. Het baggerproces vindt achter zijn rug plaats en kan behalve via het HMI ook worden gevolgd door de grote ramen die achter hem in de brug geplaatst zijn.

2.3 Eenmansbediening

Toen de OMOB werd ontwikkeld had men als doel de werkdruk te verlagen en zo te kunnen besparen op bemanning op sleepopperzuigers. Van een brug met daarop minimaal één stuurman en één pijpman aanwezig, zijn we overgegaan naar een brug met slechts één operator (indien de situatie het toelaat). De totale werkdruk op de brug is verlaagd maar voor de operator is de werkdruk een stuk hoger geworden. Hij moet het aansturen van het baggerproces nu combineren met het navigeren. Met behulp van alle automatiseringsfuncties is dit op open zee, waar weinig vaar-

verkeer is, in principe goed mogelijk. In kanalen en havens is dit een heel ander verhaal. Vaak worden in deze situaties dan ook twee operators ingezet.

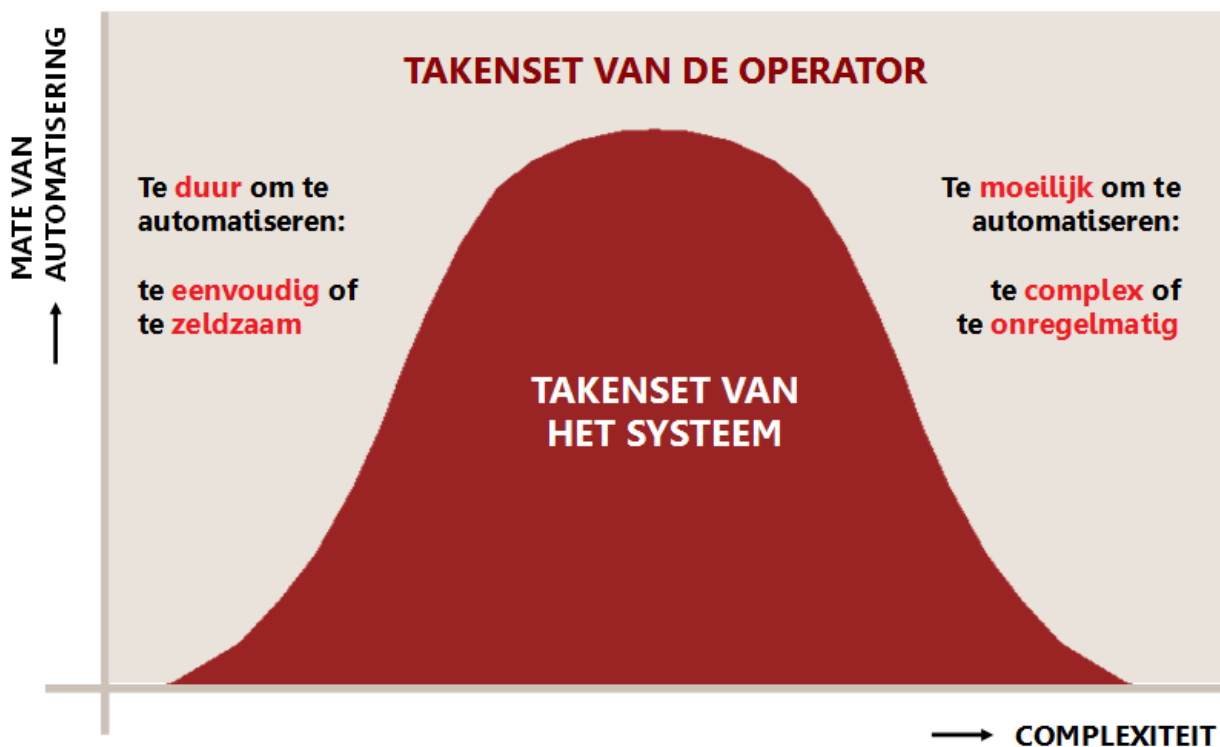
Er zijn nog niet veel klanten van Royal IHC die geloven in het succes van de OMOB. Ze zetten vraagtekens bij de veiligheid op het water. Daarnaast wordt er gesteld dat er een tweede man nodig is om de operator te controleren en te verbeteren. Men kan de operator niet verwijten dat hij fouten maakt in de situatie waarin hij moet werken: hij heeft een grote hoeveelheid knoppen en schermen, met daarop een grote hoeveelheid informatie, voor zich. Zoals Mark van der Velde, kapitein op (bagger)schepen, terecht opmerkt: "Sure thing the layout of the wheelhouse is ergonomically adapted to one-man-operation. Or more simply put: all is within reach of one man." (2016). Een van de klanten van Royal IHC maakt echter wel veel gebruik van de OMOB en heeft aangetoond dat eenmansbediening in veel situaties goed mogelijk is.

In het midden latend of de OMOB een veilige bediening garandeert, kan er in ieder geval geconcludeerd worden dat de werkdruk verbeterd kan worden. De manier waarop de data aan de operator gepresenteerd wordt en de ordening van alle knoppen en hendels zijn niet goed afgestemd op zijn functioneren. "... an operator suffers data-overload, and makes grave mistakes because of that, with the data presented in front of him, but unable to act because a human being can only handle so much info at the same time, and has a limited attention-span." aldus van der Velde (2016). Deze belasting van de operator moet verminderd worden om meer klanten te laten geloven in eenmansbediening en om de OMOB een succes te laten worden.

2.4 Functieallocatie

Naast een heldere presentatie van informatie is er een goede taakverdeling nodig tussen de operator en het systeem, om de werkdruk voor de operator te verlagen en hem goed te laten functioneren. Deze allocatie van functies kan op verschillende manieren gedaan worden. Wat bij de huidige OMOB (onbewust) is toegepast is het 'Leftover Principle': Zoveel mogelijk baggerfuncties zijn geautomatiseerd en zodoende toegewezen aan het systeem, de overige zijn aan de operator toegewezen.

Wat in het algemeen vaak geldt als het 'Leftover Principle' wordt toegepast is dat er weinig samenhang is tussen de taken die voor de operator overblijven. Dit is te verklaren aan de hand van figuur 2.8. Het is veel goedkoper om eenvoudige en niet vaak voorkomende functies aan de operator over te laten. Te complexe of onregelmatige functies zijn moeilijk te automatiseren en worden daarom ook aan de operator toegewezen. Dit resulteert in een kleine set met ver uiteenlopende taken voor de operator. Zijn overzicht over de totale set aan taken zal afnemen en daarmee ook zijn vaardigheden. Dit alles komt niet ten goede aan de bediening van het proces. Het is noodzakelijk de taken zo te herverdelen, dat de operator een set taken krijgt die aansluiten bij zijn capaciteiten en limieten.



Figuur 2.8: Leftover Principle

Er moet echter wel vermeld worden dat de hele cultuur onder baggermannen is veranderd. Vroeger waren mensen baggerman voor de rest van hun leven en wilden ze zodoende alles begrijpen om zo goed mogelijk werk te leveren. Tegenwoordig beginnen jongeren als operator om na een paar jaar uitdaging te zoeken in een ander vakgebied. De baggermannen zijn daarom tegenwoordig veel minder geïnteresseerd in het totale baggerproces en zullen er ook niet alles aan doen om het volledig te doorgronden. Het is belangrijk om rekening te houden met deze veranderende cultuur.

2.5 Probleemstelling

Door de jaren heen is het HMI voort blijven bouwen op het bestaande HMI. Met de komst van nieuwe parameters of functies, zijn er nieuwe symbolen of knoppen toegevoegd aan de reeds bestaande lessenaar. Hierdoor is het te complex geworden: er is een grote hoeveelheid informatie aanwezig en deze is niet logisch gestructureerd. Dit probleem omvat twee aspecten:

- De communicatie door het systeem aan de operator: er staat te veel informatie op de schermen en het is niet overzichtelijk weergegeven. Daarnaast is de navigatie door de verschillende tabbladen lastig en tijdrovend.
- De aansturing van het systeem door de operator: de knoppen en hendels zijn niet logisch gepositioneerd en het is niet altijd duidelijk hoe deze te bedienen. De bewegingsrichting

van de bediening en de daadwerkelijke bewegingsrichting komen vaak niet overeen.

Deze complexiteit bemoeilijkt de operator in zijn taak om controle te houden over alle informatie. Daardoor is zijn overzicht over het totale baggerproces afgenomen. Dit kan ten koste gaan van de veiligheid en efficiëntie van het baggeren. Het HMI kan beter afgestemd worden op de (cognitieve) capaciteiten van de operator, maar ook op de huidige ontwikkelingen van het systeem.



3. Strategie

3. Strategie

Dit hoofdstuk bespreekt de strategie die gebruikt is om de probleemstelling uit het vorige hoofdstuk te benaderen. Verder worden een ontwerprichting en -kader besproken.

3.1 Capaciteiten en limieten

Mensen en machines verschillen sterk van elkaar en kunnen elkaar om die reden niet zomaar vervangen. Ze kunnen samen echter heel veel bereiken doordat ze elkaar goed aanvullen. Paul Fitts heeft in 1951 onderzoek gedaan naar hun capaciteiten en limieten. Dit heeft hij vertaald naar een lijst met vaardigheden waar ze in uitblinken, zie figuur 3.1. Fitts' list geeft richtlijnen over aan wie functies het beste kunnen worden toegewezen. Functie allocatie op basis van de capaciteiten en limieten van beide partijen wordt ook wel het 'Compensatory Principle' (Sandom & Harvey, 2004) genoemd.

Humans appear to surpass present-day machines with respect to the following:	Present-day machines appear to surpass humans with respect to the following:
Ability to detect a small amount of visual or acoustic energy	Ability to respond quickly to control signals and to apply great forces smoothly and precisely
Ability to perceive patterns of light or sound	Ability to perform repetitive, routine tasks
Ability to improvise and use flexible procedures	Ability to store information briefly and then to erase it completely
Ability to store very large amounts of information for long periods and to recall relevant facts at the appropriate time	Ability to reason deductively, including computational ability
Ability to reason inductively	Ability to handle highly complex operations, i.e., to do many different things at once
Ability to exercise judgment	

Figuur 3.1: Fitts' list

Ondanks dat deze lijst duidelijke richtlijnen geeft over wie welke taak op zich moet nemen, volstaat deze lijst niet volledig voor de functie allocatie in het herontwerp van het HMI. De lijst insinueert namelijk dat er een duidelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillende taken. In bijna alle gevallen, en zo ook bij de functie allocatie van de OMOB, is de bediening niet goed op te splitsen in losse taken. Alle taken hangen sterk met elkaar samen en de uitvoering ervan zal zodoende ook een samenwerking moeten zijn tussen mens en machine. Er is verder onderzoek gedaan naar hoe deze samenwerking kan worden vormgegeven. Desondanks geeft de lijst wel een goed beeld welke rol de operator en het systeem het beste kunnen vervullen in deze samenwerking.

3.2 Samenwerking operator en systeem

Eerder werd er gesproken over dat de vaardigheden van de operator afnemen, nu er allerlei functies op de OMOB zijn geautomatiseerd. Bij de functie allocatie zal er om die reden moeten worden gekeken naar hoe de automatisering de vaardigheden en het gedrag van de operator zal beïnvloeden op de lange termijn. Het 'Complementarity Principle' (Sandom 2004) focust hierop. Dit principe benadert de automatisering vanuit het perspectief van de mens, in plaats van te focussen op wat er mogelijk is voor de machine. De operator moet in zijn recht staan en op de lange termijn ook blijven staan, binnen zijn takenset.

Als een operator voor het eerst een sleepopperzuiger bedient (in de afwezigheid van een OMOB), zal hij te werk gaan vanuit een zekere basiskennis die hij van het baggerproces heeft. Hij voert alle basistaken één voor één uit om zo zijn doelen te bereiken. Door de ervaring die hij in de daaropvolgende jaren opdoet, zal hij deze losse basistaken combineren en daarmee zijn eigen werkwijze vormen. Zijn gedrag zal niet alleen meer bestaan uit het reageren op zekere gebeurtenissen, maar hij zal, volgens Limoncelli, Chalup en Hogan, gedreven zijn door zijn doel en proactief kunnen handelen om deze doelen te bereiken (2014).

Het gedrag van de operator wordt beïnvloed door meerdere factoren:

- het systeem en de mate van automatisering daarin: het inzicht dat de operator ontwikkelt in de totale situatie wordt hierdoor beperkt;
- de omgeving van de operator: het HMI, de brug (met de daarop aanwezige personen en apparatuur), de sleepopperzuiger en zelfs de omgeving waarin het schip vaart;
- de cognitieve ontwikkeling van de operator: de kennis, regels en vaardigheden die hij heeft (geformuleerd).

Bovengenoemde factoren veranderen continu en zo ook het gedrag van de operator. Een manier om hier goed mee om te gaan is "to allow for functional overlap between the people and the automation, rather than a rigid segregation of tasks." (Limoncelli, 2014). Sandom (2004) licht dit ver-

der toe: "The complementarity principle is concerned with human-machine co-operation rather than human-machine interaction." Hierbij worden inzichten uit Cognitive Systems Engineering (CSE) gebruikt over Joint Cognitive Systems, ook wel 'sociotechnical systems' genoemd. "A joint cognitive system is characterized by its ability to maintain control of a situation, in spite of disrupting influences from the process itself or from the environment." (Sandom, 2004). Dit wordt mogelijk door de cognitieve processen van de operator te integreren met de technische functies van het systeem. Het resultaat zal een goede samenwerking zijn: het systeem vult de cognitieve processen van de operator aan en versterkt ze.

3.3 Ontwerprichting

Tom Limoncelli heeft een inspirerend artikel geschreven over de toepassing van het 'Complementarity Principle': Automation should be like Iron Man, Not Ultron. Hierin geeft hij een helder antwoord op de vraag waarom automatisering vaak betekent dat mensen gedomineerd gaan worden door het systeem, in plaats van dat het systeem de mens helpt in zijn taken. Hij gebruikt als voorbeeld van een goed ontworpen systeem het pak van Iron Man: "Iron Man's exoskeleton takes the abilities that Tony Stark has and accentuates them. Tony is a smart, strong guy. He can calculate power and trajectory on his own. However, by having his exoskeleton do this for him, he can focus on other things. Of course, if he disagrees or wants to do something the program wasn't coded to do, he can override the trajectory." (Limoncelli, 2015). Dit geeft exact weer hoe de OMOB zou moeten functioneren, om succesvol te zijn.

Limoncelli (2015) spreekt over het systeem, zijnde een collega van de operator. Collega's delen samen de controle over het proces en leren en groeien hierdoor. Ze kunnen autonoom werken en lopen elkaar niet in de weg, maar houden elkaar ondertussen goed op de hoogte van waar ze mee bezig zijn en waarom. Verder moeten collega's elkaar feedback kunnen geven en elkaar om hulp kunnen vragen. Er is een goede communicatie nodig tussen de operator en het systeem: ze moeten goed van elkaar weten wat ze doen en waarom. Dit vergroot voor beiden het overzicht over de totale situatie en zal het functioneren van beiden sterk verbeteren.

Door te automatiseren met deze inzichten in het achterhoofd zal er een goede samenwerking ontstaan tussen de operator en het systeem: het systeem kan de normale bediening op zich nemen (met de toepassing van Artificial Intelligence) en moet de operator daarin betrekken door om hulp te vragen in afwijkende situaties. Naar aanleiding van de inzichten tot nu toe zijn er een aantal uitgangspunten geformuleerd, aan de hand waarvan er gericht onderzoek zal worden gedaan en ontworpen zal gaan worden:

Samenwerking: de samenwerking tussen operator en systeem moet goed worden vormgegeven. Er is goede communicatie nodig, zodat ze beide inzicht hebben in wat de ander doet en elkaar

goed kunnen aanvullen en versterken. Hier zal door het baggerproces veel beter aangestuurd kunnen worden.

Transparantie: de operator moet goed overzicht krijgen in de totale situatie. Hij moet zich bewust zijn van de lay-out van het schip en hoe dit in relatie tot het baggerproces staat. Hij moet goed zicht hebben op wat er om hem heen gebeurt, zodat hij kan ingrijpen in uitzonderlijke situaties.

Representatie: alle informatie moet duidelijk en representatief worden weergegeven, zodat de operator de juiste informatie gemakkelijk terug kan vinden. De congruentie tussen de lay-out van de presentatie en de lay-out van het schip is belangrijk en de representatie moet (zowel fysiek als cognitief) ergonomisch zijn.

3.4 Ontwerpkader

In de scheepsvaart zijn er veel regels en richtlijnen om veiligheid op het water te garanderen. Regelgeving loopt over het algemeen achter op het ontwerp van nieuwe schepen. Zodra er een nieuw schipontwerp is, zal één van de bureaus voor regelgeving het schip goed moeten keuren en vervolgens stemmen zij de regelgeving af op het ontwerp van dat schip. Voor het herontwerp van het HMI op sleepopperzuigers zal de regelgeving zodoende niet toereikend zijn. Wel kunnen oudere regels en richtlijnen een goed beeld geven welke eisen er aan het nieuwe ontwerp gesteld zullen worden. Er zijn meerdere bureaus die documenten over regelgeving opstellen, waar vaak veel overlap in zit. De belangrijkste en de meest opmerkelijke regels en richtlijnen zullen besproken worden en zullen als kader dienen tijdens het ontwerpproces.

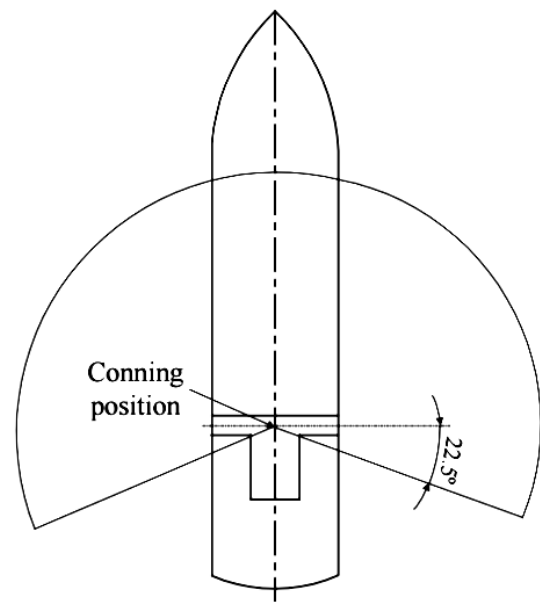
3.4.1 Regelgeving over ergonomie

Het American Bureau of Shipping (ABS) heeft in 2003 een vrij compleet document opgesteld met richtlijnen voor schepen in het algemeen, namelijk de 'Guidance Notes on Ergonomic Design of Navigation Bridges'. Allereerst worden een aantal principes van ergonomisch ontwerpen besproken. Het werk moet worden aangepast aan de capaciteiten en limieten van de operator. Ook de indeling van de brug en het HMI worden besproken en hoe menselijke fouten kunnen worden voorkomen.

Een tweede belangrijk aspect wat wordt besproken is het zicht van de operator op de brug. De operator moet vanaf zijn stuurpositie 225 graden om zich heen kunnen kijken zoals in figuur 3.2 is aangegeven. Daarnaast moet hij, eventueel door verschillende posities op de brug aan te nemen een 360 graden beeld kunnen verkrijgen.

In bijlage C zijn de afmetingen van de lesse-naars weergegeven: het console moet worden afgestemd op het grootste gedeelte van de operators (volgens de antropometrische waarden van het 97,5^e percentiel (mannen) en het 2,5^e percentiel (vrouwen)). Deze configuratie en afmetingen zijn uiteraard sterk afhankelijk van het ontwerp van het HMI en zullen in de ontwikkeling van de toekomstvisie nog een keer erbij gepakt moeten worden. Verder moet het voor de operator mogelijk zijn om zijn werk vanuit verschillende houdingen uit te voeren.

ABS bespreekt meerdere instrumenten die aanwezig moeten zijn op de brug van het schip, zoals communicatiemiddelen, een radar en een kaartentafel, en waar deze instrumenten geplaatst mogen worden. In het ontwerp van huidige sleephopperzuigers wordt de kaartentafel in een hoek op de brug geplaatst, omdat deze nauwelijks gebruikt wordt, maar volgens de regels op de brug aanwezig moet zijn. Een radar daarentegen wordt wel veel gebruikt en de operators willen die dus ook binnen handbereik hebben.

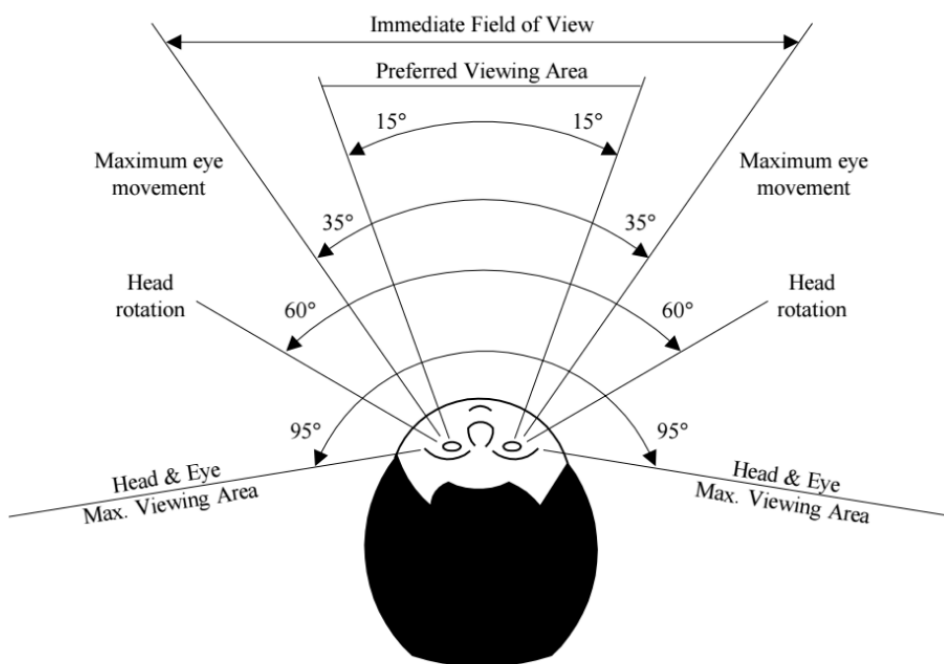


Figuur 3.2: Zichtsveld vanaf stuurpositie

In figuur 3.3 is weergegeven wat het oogbereik is van mensen. Er zijn verschillende gebieden te onderscheiden en het is belangrijk de informatie in het juiste gebied weer te geven. Ook de manier waarop de informatie binnen dit gebied getoond wordt is belangrijk: informatie moet consistent ingedeeld en gepositioneerd worden en de richting waarin de operator de hendels beweegt moet bijvoorbeeld overeenkomen met de bewegingsrichting van het bijbehorende baggeronderdeel. Verder moeten functies gemakkelijk en met zo weinig mogelijk handelingen uitgevoerd kunnen worden en goede feedback vanuit hendels en knoppen wordt aanbevolen.

Er zijn allerlei richtlijnen over de alarmen: onder andere hoelang de alarmen door moeten gaan, hoe ze erkend kunnen worden en op welke wijze de operator gealarmeerd moet worden.

Det Norske Veritas (DNV) heeft in 2006 een document met richtlijnen opgesteld, genaamd Nautical Safety - Offshore Service Vessels. Voor een groot deel beschrijft dit document dezelfde richtlijnen als het ABS, maar dan toegepast op offshore schepen. DNV maakt de plaatsing van verschillende functies echter veel concreter dan het ABS: het document definieert voor allerlei functies binnen welk bereik van de operator ze geplaatst moeten worden. In bijlage D zijn de zones en de lijst met functies weergegeven.



Figuur 3.3: Zichtbereik mensen

3.4.2 Regelgeving over automatisering

De afdeling Enterprise and Industry van de Europese Commissie heeft in 2010 een gids opgesteld met allerlei richtlijnen voor de toepassing van machines. Naast het behandelen van ergonomische richtlijnen, wordt in deze gids dieper ingegaan op besturingssystemen. Allereerst wordt de veiligheid omtrent besturingssystemen besproken: zo mogen fouten in het systeem niet tot risicovolle situaties leiden en commando's van de operator mogen in geen enkele situatie genegeerd worden.

De positionering en beweging van besturingssystemen wordt besproken. Deze aspecten moeten goed herkenbaar zijn zodat de operator ze kan bedienen zonder twijfel: de bewegingen moeten overeenkomen met het effect dat dit besturingssysteem genereert zodat de effecten aansluiten bij de verwachtingen van de operator. Acties van de operator, met betrekking tot risicovolle situaties, moeten altijd weloverwogen gebeuren. Dit kan bijvoorbeeld door een bevestiging te vragen, voordat de actie daadwerkelijk wordt uitgevoerd. Ook noodknoppen moeten zo ontworpen worden dat ze krachten waarmee ze eventueel bediend worden kunnen weerstaan.

In het geval van meerdere functies onder één besturingssysteem, moet duidelijk worden aangegeven welke actie uitgevoerd zal worden en moet dit bevestigd worden door de operator. De operator moet vanaf zijn positie kunnen herkennen waar een besturingssysteem voor dient en indien er meerdere posities zijn van waaruit het systeem bediend kan worden is het belangrijk dat de lesse- naars goed op elkaar afgestemd zijn: noodknoppen moeten in alle situaties vanuit alle posities te

bedienen zijn, terwijl de uitvoering van bepaalde handelingen uit moet sluiten dat deze handeling op andere plekken kan worden onderbroken.

Verder worden richtlijnen gegeven over het opstarten en afsluiten van besturingssystemen en hoe deze systemen in noodsituaties moeten functioneren. Zo moeten de systemen naar hun neutrale positie terugkeren wanneer de operator de systemen niet meer gebruikt. Ook zouden systemen automatisch moeten stoppen als er gedurende een bepaalde tijd geen input wordt ontvangen.

Tot slot een opmerkelijke regel, gesteld door de International Maritime Organization (IMO) in de Standards of Training, Certification and Watchkeeping (STCW) conventie (1995): "The officer in charge of the navigational watch is the master's representative and is primarily responsible at all times for the safe navigation of the ship." en verderop: "The officer in charge of the navigational watch shall not be assigned or undertake any duties which would interfere with the safe navigation of the ship". De navigatie zal dus ten allen tijde de prioriteit moeten hebben boven het bedienen van het baggerproces en dit laatste mag het navigeren niet belemmeren. Door de bediening van het baggerproces (volgens de richtlijnen) te automatiseren zal de operator zijn aandacht inderdaad kunnen vestigen op de navigatie.



4. Analyse

4. Analyse

Er is gericht onderzoek gedaan naar het probleem aan de hand van de, in hoofdstuk drie besproken strategie. De resultaten van dit onderzoek worden in dit hoofdstuk besproken.

4.1 Takenanalyse

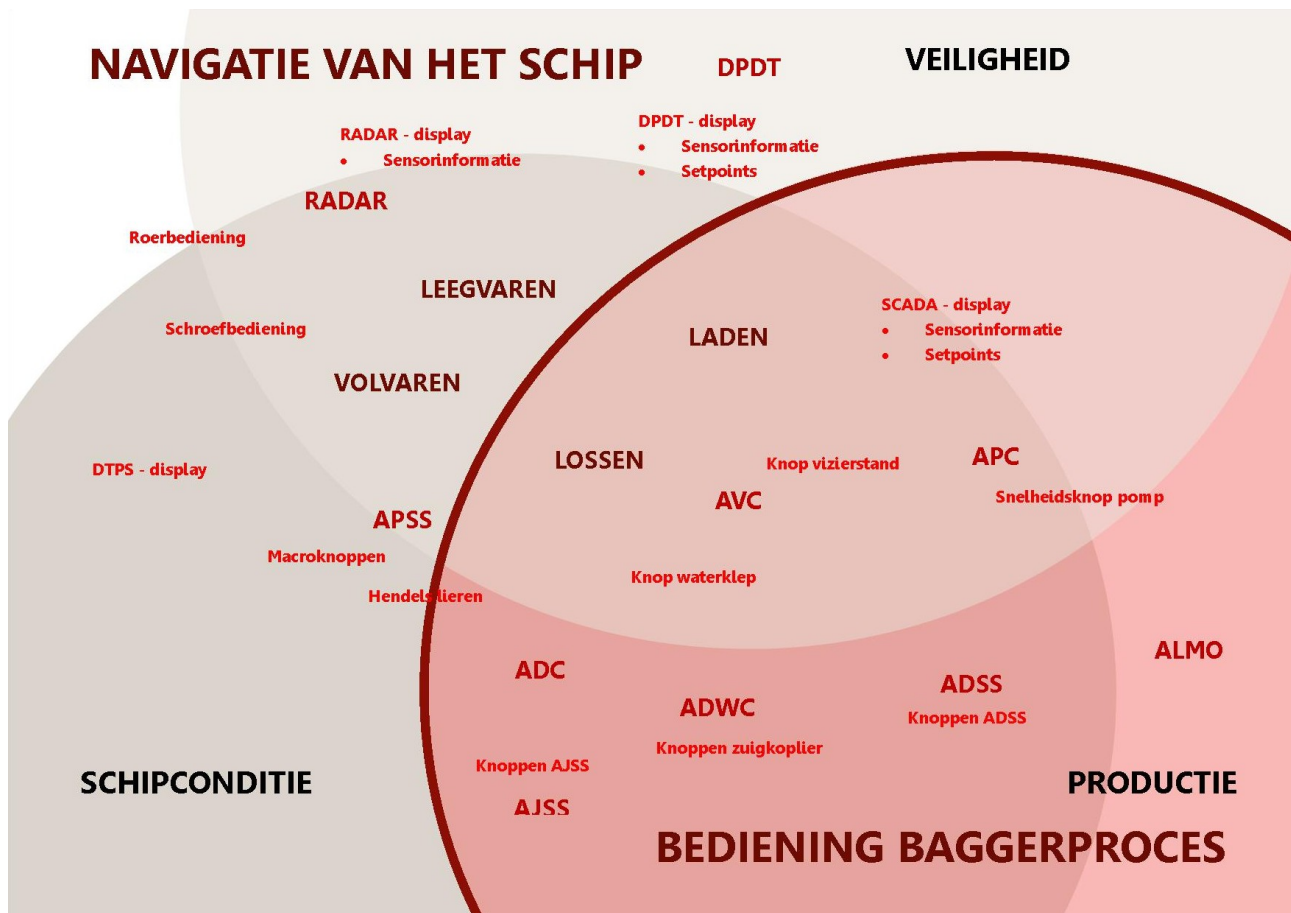
Een belangrijke analysemethode binnen Cognitive Systems Engineering is de Cognitive Work Analysis (CWA) en is gebruikt om informatie in te winnen die nodig was om de strategie uit het vorige hoofdstuk toe te kunnen passen. De omgeving waarin de operator de sleepopperzuiger bediend is geanalyseerd om erachter te komen hoe de omgeving het gedrag van de operator beïnvloedt. Daarnaast is er dieper ingegaan op zijn taken en hoe hij deze op cognitief niveau aanpakt. De CWA tutorial (2003) en het boek Joker One: a Tutorial in Cognitive Work Analysis (2013), beide geschreven door Gavan Lintern, zijn als houvast gebruikt bij de aanpak van deze analyse. Op sommige punten is ervan afgeweken omdat deze tutorial niet volledig aansluit bij dit onderzoek. Ook de resultaten zijn op een andere manier verwerkt dan aanbevolen in de tutorial.

Voor de analyse is Walter Beij, garantieschipper van Royal IHC, geïnterviewd, aan boord van de nog stilliggende sleepopperzuiger Jun Yang. Een garantieschipper vaart met de klant mee gedurende de garantieperiode van schip en heeft veel ervaring met het bedienen van baggerschepen. Walter Beij werkt nu vier jaar als garantieschipper en is in die periode tegen veel aspecten aangelopen die in de praktijk niet prettig werken, zowel in het HMI als in het totale systeem en kon zo doende veel input leveren. De gestelde vragen en reacties daarop staan in bijlage E.

Verder is er een dag meegevaren met de Breughel, een sleepopperzuiger van DEME, één van de klanten van IHC. De Breughel is qua formaat een gemiddeld schip, met één zuigbuis en een OM-OB. Tijdens het meevaren was de Breughel bezig met een relatief eenvoudig project: er was weinig vaarverkeer en alles verliep soepel. Hierdoor was het niet mogelijk de hoge werkdruk goed te analyseren, maar er is daarentegen wel veel inzicht in het proces en in de werkomgeving verkregen. De conclusies van beide onderzoeken worden in de volgende paragrafen besproken.

4.2.1 Werkdomein

Allereerst is het werkdomein van de operator onderzocht. Het doel en de belangen van de operator die hij behartigt bij het behalen van zijn doelen zijn gedefinieerd. Verder zijn de functies on-



Figuur 4.1: Werkdomein overzicht

derzocht die nodig zijn om deze doelen te behalen. Het resultaat van dit onderzoek is weergegeven in figuur 4.1. Er zijn twee doelen te onderscheiden: het navigeren van de sleeophopperzuiger (grijs-witte gebied linksboven) en het bedienen van het baggerproces (roze gebied rechtsonder). De belangen die de operator daarbij moet behartigen zijn als volgt (aangegeven met drie cirkels in het figuur):

- **Veiligheid:** dit belang heeft betrekking op zowel het navigeren (rekening houden met ander vaarverkeer) als het bedienen van het baggerproces (risicovolle storingen voorkomen).
- **Schipconditie:** het baggerproces moet zo bediend worden dat het schip niet in situaties wordt gedwongen waar het niet voor bedoeld is: het schip mag bijvoorbeeld niet te vol geladen worden en onverwachte obstakels op de zeebodem moeten worden vermeden. Dit belang heeft ook betrekking op beide doelen.
- **Productie:** een belang vanuit de klant is dat er zoveel mogelijk grond gebaggerd wordt in zo kort mogelijke tijd. Dit belang heeft enkel betrekking op het bedienen van het baggerproces.

Er is veel overlap tussen deze belangen, zoals ook weergegeven in figuur 4.1. Verhoging van de

productie komt vaak niet ten goede aan de schipconditie en de veiligheid. Veiligheid hangt op zijn beurt sterk samen met de conditie van het schip. Het handhaven van de schipconditie betekent vaak ook veiligheid voor de bemanning van het schip. Met name in het laad- en losproces zullen alle drie de belangen een rol spelen.

De vier fases van het baggerproces (wat tevens de hoofdfuncties zijn) zijn in het overzicht van het werkdomein geplaatst uitgaande van de rol die de belangen spelen. Om aan de hoofdfuncties te voldoen zijn er meerdere technische functies gedefinieerd (donkerrood), zoals de ADWC en DPDT. In het lichtrood staan de knoppen, hendels en schermen weergegeven die de operator in staat stellen de technische functies te vervullen. De invloed van de situatie op dit werkdomein zal besproken worden in de volgende paragraaf.

4.2.2 Takenorganisatie

Om zijn doelen te behalen heeft de operator op een OMOB meerdere taken, waarvan de belangrijkste zijn weergegeven in figuur 4.2. Voor elke taak is aangegeven met welke frequentie de taken worden uitgevoerd in de volgende situaties: leegvaren, laden, volvaren en lossen. Verder zijn er een groot aantal uitzonderlijke situaties waarin bijvoorbeeld storingen plaatsvinden. Aan deze situaties is het lastig taken toe te kennen, vanwege het feit dat storingen veel onvoorspelbare redenen kunnen hebben. Voor dit moment wordt er zodoende enkel gekeken naar 'normale' situaties. De uitzonderlijke situaties zullen later in het onderzoek betrokken worden.

Een aantal taken hebben toelichting nodig. Met mengsel optimaliseren worden meerdere functies omvat, zoals de bediening van het vizier, de waterklep en de pomp maar bijvoorbeeld ook de vaarsnelheid. Met het verplaatsen van het mengsel wordt het mengseltransport bedoeld, ofwel binnenboord halen en naar de hopper sturen, of juist overboord gooien of lossen via één van de

Taken	Leegvaren	Laden	Volvaren	Lossen
Navigeren	continu	continu	continu	eventueel
Mengselroute bepalen	eventueel	continu	-	continu
Hopperinhoud reguleren	eventueel	continu	-	continu
Zuigbuis in positie brengen	-	voor- en achteraf	-	eventueel
Zuigbuis in positie houden	-	continu	-	eventueel
Mengsel optimaliseren	-	continu	-	continu
Mengsel verplaatsen	-	continu	-	continu
Communicatie	eventueel	eventueel	eventueel	regelmatig
Instellingen en onderhoud	eventueel	eventueel	eventueel	eventueel

Figuur 4.2: Takenorganisatie

in paragraaf 1.3.2 besproken losmethodes. Voor backfilling geldt dat de zuigbuis in positie gehouden moet worden, terwijl deze taak geen rol speelt in de andere losmethodes.

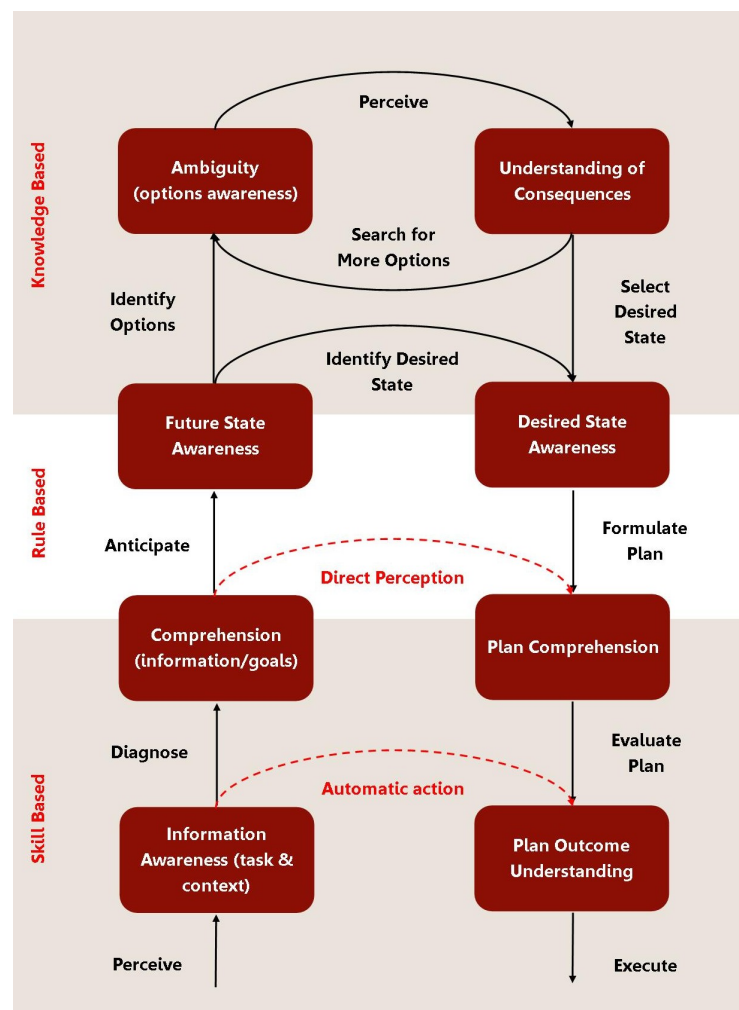
Eén van de belangrijkste taken is de navigatie. Dit is zo belangrijk omdat het navigeren in elke situatie in de gaten moet worden gehouden om veiligheid te kunnen garanderen. Tijdens het leegvaren en volvaren zal dit navigeren niet direct een probleem zijn, maar in de situaties waarin de sleepopperzuiger laadt of lost is er een relatief hoge werkdruk, zoals te zien is aan de goed gevulde kolommen. In deze situaties is het uiteraard mogelijk om de werkdruk te verlagen door de inzet van automatiseringsfuncties, zoals de APC en AVC.

4.2 Cognitieve structuren

Om informatie te verwerken gebruiken wij als mensen mentale processen, genaamd cognitieve structuren. Deze cognitieve structuren kunnen getraind worden: er kunnen connecties gemaakt worden tussen een optredende gebeurtenis en een ervaring uit het verleden. Door middel van deze connecties kunnen na verloop van tijd patronen worden herkend in de gebeurtenissen en aan de hand daarvan kunnen algemene regels en principes worden geformuleerd. Dit verklaart waarom een beginnende operator anders zal reageren op een gebeurtenis dan een operator die jarenlange ervaring heeft.

Hoe een inkomende gebeurtenis wordt waargenomen, verwerkt en hoe dit leidt tot een zekere reactie is weergegeven in de 'Decision Ladder' in figuur 4.3, die vaak gebruikt wordt in de CWA. In de blokken zijn de cognitieve statussen weergegeven. Met de pijlen worden de cognitieve processen weergegeven om te schakelen tussen verschillende statussen.

De operator neemt een gebeurtenis waar met één van zijn zintuigen, waardoor hij bewust wordt van de informatie. Nadat hij deze waarneming begrijpt zal hij dit vertalen naar een toe-



Figuur 4.3: Decision Ladder

komstige status die het systeem zal gaan aannemen. Van hieruit kan hij direct de gewenste status van het systeem definiëren, of hij kan dit doen via de bovenste lus in de decision ladder: hij bepaalt welke opties hij heeft en overdenkt de gevolgen van die opties. Zodra de operator zich bewust is van de gewenste status bedenkt hij een plan om die status te bereiken. Dit plan wordt geëvalueerd om vervolgens de gevolgen van het plan goed te begrijpen. Daarna kan hij dit plan ook daadwerkelijk uitvoeren.

Tussen elke waarneming en actie herhaalt dit proces zich. Er zijn kortere routes, aangegeven met de rode gestippelde lijnen. Sommige gebeurtenissen kent de operator al uit eerdere situaties waardoor hij voor zichzelf regels heeft kunnen formuleren welk plan toe te passen bij het optreden van die gebeurtenis. Deze route is met de bovenste van de twee rode gestippelde lijnen aangegeven. De onderste route kan enkel door ervaren operators genomen worden in een klein aantal situaties. Via deze route hoeft de informatie niet verwerkt te worden maar wordt de informatie direct omgezet in een bepaalde actie.

Er zijn zodoende drie niveaus te onderscheiden in de informatieverwerking, aangegeven met de grijze blokken in figuur 4.3. Het bovenste niveau is verwerking gebaseerd op kennis en vereist de minste ervaring maar is cognitief het lastigst voor de operator. Een niveau lager is gebaseerd op regels. Na enige ervaring zullen een deel van de taken op dit niveau uitgewerkt kunnen worden. Het onderste niveau is het verwerken van informatie op basis van vaardigheden, ontwikkeld door de jaren heen. Dit niveau vereist veel ervaring maar hierbij zal de cognitieve werkdruk van de operator het laagst zijn.

4.2.1 Informatieverwerking tijdens de bediening

Het is belangrijk om de operator goed te ondersteunen in zijn cognitieve structuren, zodat hij snel in staat zal zijn regels te formuleren en vaardigheden te ontwikkelen, om op die manier de werkdruk te verminderen voor zichzelf en zijn inzicht in het baggerproces te vergroten. Door de komst van allerlei automatiseringsfuncties, worden delen van het verwerkingsproces overgenomen door het systeem. Doordat de operator deze stappen niet zelf uitvoert mist hij informatie om de andere stappen naar behoren uit te voeren. Hij verliest bijvoorbeeld inzicht in de gevolgen van een plan dat het systeem voorstelt, waardoor hij geen gegronde keuze kan maken of hij dit plan wel of niet uit moet voeren.

Het is daarom belangrijk om de bediening zo vorm te geven, dat het verwerkingsproces goed aansluit bij de manier waarop de operator op cognitief niveau het beste kan werken. Het systeem mag de operator niet dwingen de verwerkingsniveaus te verlagen of cruciale stappen uit het verwerkingsproces overnemen als het systeem de operator niet in staat stelt deze stappen te verwerken. Als het systeem een plan opstelt, moet hij de operator voldoende inzicht geven in dit plan, zodat de operator de gevolgen van dit plan kan inschatten en kan oordelen of dit plan goedgekeurd kan worden.

Verder is het ook belangrijk de kwaliteiten van zowel de operator als het systeem tegemoet te komen, zoals besproken in paragraaf 3.1. Het systeem is goed in het opstellen van plannen: hij kan berekenen welke handelingen er nodig zijn om de gewenste toestand te bereiken en hij kan grote hoeveelheden informatie verwerken. Zo kan het systeem in het geval van slijtage bijvoorbeeld goed de onderhoudsgeschiedenis nalopen en op basis daarvan concluderen welk onderdeel een storing veroorzaakt en aan vervanging toe is. Hiermee stelt het systeem een plan op om de desired state in de Decision Ladder te bereiken. Mensen zijn daarentegen goed in het evalueren op basis van ervaring: hoe het voorgestelde plan van het systeem exact gaat uitpakken kan de operator vaak goed inschatten vanuit ervaring.

4.3 Programma van Eisen

Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen, is er een Programma van Eisen (PvE) opgesteld. Dit PvE diende als leidraad en checklijst tijdens het ontwerpproces. Kosten zijn niet opgenomen in het PvE: omdat het om een toekomstvisie gaat mochten de kosten geen beperking zijn in de keuze tussen verschillende creatieve oplossingen. Tegen de tijd dat het herontwerp geïntroduceerd zal worden, zullen de kosten van technologieën die nu nog relatief duur zijn, stukken gedaald zijn. Technische eisen zijn ook achterwege gelaten, omdat dit onderzoek enkel gefocust is op de grote lijnen en niet op de technische detaillering.

Regelgeving

- De bediening van het baggerproces mag de operator in geen enkel geval belemmeren in het veilig navigeren, zoals besproken in paragraaf 3.4.2.
- Het systeem moet passen binnen de richtlijnen voor ergonomie en automatisering, zoals besproken in paragraaf 3.4.
- Er moet communicatie mogelijk zijn tussen de operator en zowel de bemanning, als omliggende schepen.
- De operator mag niet in één houding gedwongen worden tijdens de bediening.

Samenwerking

- De taakverdeling moet goed afgestemd worden op de capaciteiten en limieten van zowel de operator als het systeem, zoals besproken in paragraaf 3.1.
- De operator is degene die de controle houdt, wat het systeem ondergeschikt maakt aan de operator.
- Het systeem moet de operator ondersteunen in een goede aandachtsverdeling en in zijn cognitieve processen.

- Het systeem moet behalve in bekende situaties ook in onbekende en onvoorziene situaties goed functioneren.
- Het baggerproces moet, zowel door de operator als door het systeem, geoptimaliseerd kunnen worden.
- Zowel de operator als het systeem moeten door ervaring kunnen groeien in hun kennis, regels en vaardigheden.
- Het systeem en de operator moeten met elkaar omgaan als zijnde collega's van elkaar, zoals besproken in paragraaf 3.3, zodat ze elkaar aanvullen en versterken.

Informatie

- Het HMI moet de operator meer transparantie bieden in het proces, zoals besproken in paragraaf 3.3, ten opzichte van het huidige HMI op de OMOB.
- Het HMI moet meerdere zintuigen van de operator aanspreken om de beleving van het proces te vergroten.
- Het HMI moet afgestemd kunnen worden op wisselende capaciteiten, behoeftes en situaties.
- De informatie moet cognitief gezien ergonomisch worden getoond aan de operator, zoals besproken in paragraaf 4.2.
- Het HMI moet zo eenvoudig mogelijk zijn, zonder onvolledig te zijn.
- Het HMI moet zo ontworpen worden dat de werkdruk voor de operator verlaagd wordt.
- Waarneming, actie en gevolgen moeten in het HMI direct aan elkaar gerelateerd worden.
- De handelingsmogelijkheden voor de operator, de status van het systeem en de beperkingen door de situatie moeten getoond worden.

Overig

- Het HMI moet qua techniek aansluiten bij de stand van zaken op het schip over tien jaar (AI) en moet in de toekomst goed te updaten zijn, zonder van de uitgangspunten, zoals besproken in paragraaf 3.3, af te wijken.
- Het HMI moet het vertrouwen wekken in de OMOB bij de klanten van Royal IHC en moet goed aan te passen zijn aan hun wensen.



5. Ideegeneratie

5. Ideegeneratie

5.1 Technologieën

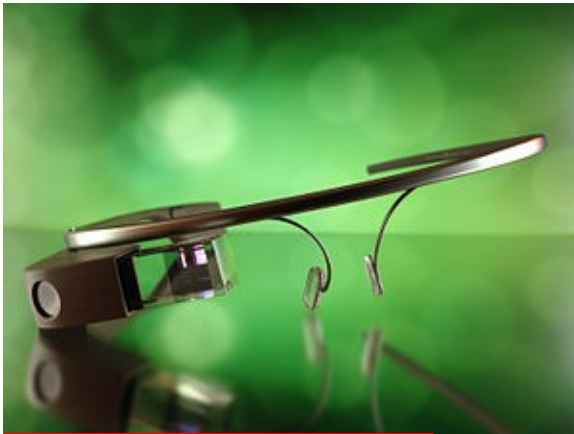
Om een beeld te krijgen van wat er in de toekomst mogelijk is op het gebied van interfacedesign is er onderzoek gedaan naar de nieuwste technologieën. Dit onderzoek schetste een beeld van de mogelijkheden en diende ter inspiratie voor de ideegeneratie. De technologieën die interessant zijn voor het herontwerp van het HMI, zullen hieronder worden besproken.

5.1.1 Augmented Reality

Voor de weergave van informatie is Augmented Reality (AR) één van de bekendste technologieën. AR maakt gebruik van bestaande beelden en voegt daar informatie aan toe. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 5.1. Objecten worden in het beeld gedetecteerd en daar wordt informatie over verzameld. Deze informatie wordt aan het beeld toegevoegd bij de betreffende objecten. Om de tweedimensionale weergave van informatie te kunnen zien, kan een smartphone, zoals in het voorbeeld, gebruikt worden. Een andere manier is bijvoorbeeld de Google Glass, te zien in figuur 5.2. Dit is een bril die op een klein prisma, dat vlak voor het oog zit, de informatie projecteert.



Figuur 5.1: Augmented Reality (AR)



Figuur 5.2: Google Glass

Er zijn ook schermen op de markt waarop AR geprojecteerd kan worden, zie figuur 5.3. Doordat deze schermen transparant zijn kan zowel de informatie van AR als het beeld erachter gezien worden. Daarnaast bestaan er tegenwoordig transparante touchscreens wat goed combineert met AR: AR wordt op een transparant scherm getoond en deze informatie kan op ditzelfde scherm be- diend worden.



Figuur 5.3: Holographic projection screen

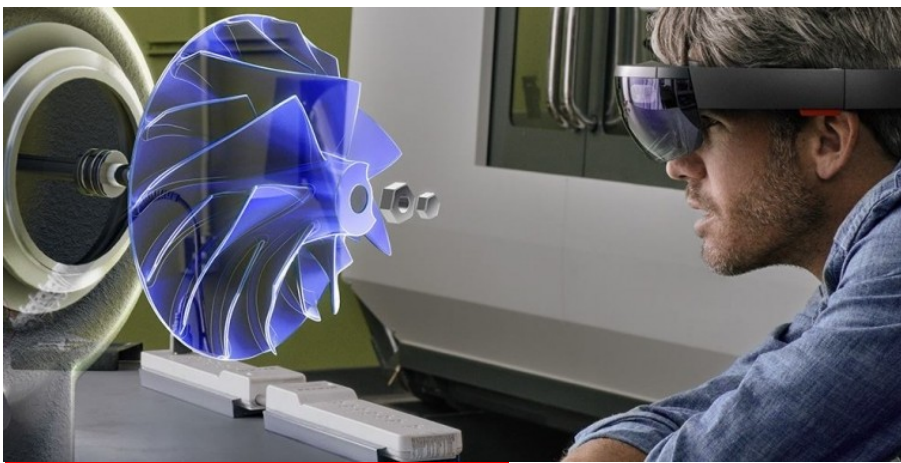
5.1.2 Mixed Reality

De hiervoor besproken technologieën presenteren de informatie in een tweedimensionaal beeld. Op het gebied van driedimensionale presentatie is ook steeds meer mogelijk. Het beeld wat gezien wordt is niet langer plat, maar lijkt deel uit te maken van je directe omgeving en wordt een hologram genoemd. De techniek waarmee hologrammen aan de bestaande omgeving worden toegevoegd, wordt Mixed Reality genoemd, niet te verwarren met Virtual Reality. Virtual Reality vervangt namelijk de volledige omgeving door een virtueel beeld, waardoor de connectie met de realiteit verloren kan raken.

Er wordt al jarenlang geëxperimenteerd met het genereren van hologrammen door middel van laserstralen. Dit kan momenteel ook gedaan worden met behulp van computers, maar door de enorme hoeveelheid informatie die de computer daarvoor moet verwerken kunnen enkel hologrammen met één kleur en een beperkte resolutie en field of view gegenereerd worden. Het zal nog jaren duren voor de computers, op deze manier, grote beweegbare driedimensionale hologrammen kunnen genereren.

Een nieuwe methode, waar slechts sinds een aantal jaar mee geëxperimenteerd wordt, is het ge-

bruik van een holografische bril, om hologrammen zichtbaar te maken. Vergelijk het met Google Glass: de hologrammen worden in het glas geprojecteerd. Door de hologrammen zo dicht bij het oog te plaatsen, kunnen ze toch relatief groot lijken. Een belangrijke speler op dit gebied is het bedrijf Microsoft met zijn HoloLens, te zien in figuur 5.4. De HoloLens is een draadloze holografische bril, die met ingebouwde camera's zijn omgeving en de objecten daarin detecteert. In het glas projecteert de HoloLens vervolgens hologrammen, alsof ze daadwerkelijk onderdeel zijn van die omgeving. Een voordeel van holografische projectie is de mogelijkheid om het zichtsveld te vergroten. Zo kunnen delen van het zicht die normaalgesproken beperkt worden (bijvoorbeeld door raamspijltjes of vloeren) vervangen worden door hologrammen die het zicht daarachter weergeven.



Figuur 5.4: Microsoft HoloLens

Doordat de HoloLens draadloos is en compact vormgegeven, is slechts een beperkt field of view mogelijk. Een andere beperking is de bediening van de hologrammen. Door middel van handgebaren zou de gebruiker met de hologrammen moeten kunnen interacteren. Het komt echter heel precies waar de hand wordt ge-

houden, anders is de HoloLens niet in staat het gebaar te detecteren. Deze en andere beperkingen worden onder andere besproken door Fitzsimmons (2016) en Hachman (2016). Ondanks de beperkingen zijn de verwachtingen voor de toekomstige versies erg hoog.

Er zijn echter alternatieven, die enkele beperkingen van de HoloLens nu al lijken te verbeteren en noemenswaardig zijn. Canon lost het probleem van de beperkte field of view volledig op, door sensoren te gebruiken in hun holografische bril, de MREAL. Deze sensoren bepalen de positie van de MREAL ten opzichte van een aantal vaste punten in de ruimte. De ruimte waarin de MREAL wordt gebruikt kan worden ingeladen. Dit vereist veel minder van het systeem waardoor Canon in staat is de field of view uit te breiden.

Het bedrijf Magic Leap versterkt het driedimensionale effect door een andere projectiemethode. In plaats van de hologrammen op het brilglas te projecteren, heeft Magic Leap een methode ontwikkeld waarmee ze fotonen direct in je oog projecteren. Hierdoor zijn de hologrammen niet langer een projectie op een tweedimensionaal vlak dat voor de gebruiker 'zweeft', maar lijken de hologrammen rond te zweven in de omgeving, met een onderling diepteverschil. Ook het bedrijf

Meta met zijn gelijknamige bril, het bedrijf WorldViz, met de bril genaamd Vizard en het bedrijf Vuzix met de bril genaamd iWear, ontwikkelen momenteel (2016) een holografische bril, waarvan de verwachtingen hoog liggen.

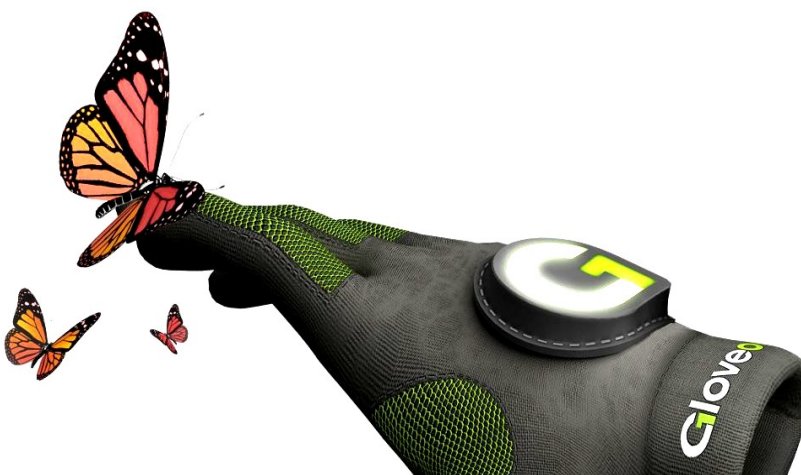
5.1.3 Beleving

De hologrammen, gegenereerd door een holografische bril, kunnen, zoals besproken in de voorgaande paragraaf, bediend worden door middel van handgebaren. Behalve het feit dat de bril deze bewegingen niet altijd goed detecteert, wordt de gebruiker ook belemmerd door het ontbreken van feedback op de bediening. Tijdens interactie (bijvoorbeeld aanraken, optillen, indrukken, etc) met een reëel object worden krachten door het object uitgeoefend op de hand. In de bediening van virtuele hologrammen zal deze zogenoemde 'haptische feedback' (ook wel tactiele feedback genoemd) missen. Dit belemmert de gebruiker in zijn motoriek: hij voelt bijvoorbeeld niet dat hij een knop daadwerkelijk heeft ingedrukt, of dat een object zijn uiterste stand heeft bereikt tijdens het verplaatsen

Dit verschijnsel van haptische feedback kan worden nagebootst. Kijk bijvoorbeeld naar de smartphones die trillen bij aanraking van het scherm en joysticks die trillen bij een impact in de game. In het geval van een holografische bril zou dit bijvoorbeeld kunnen worden opgelost door het dragen van handschoenen. De toevoeging van trillingen in de handschoenen kan de gebruiker in staat stellen de bediening veel secuurder uit te voeren. Door sensoren in de handschoenen te plaatsen kan de detectie van de handgebaren ook direct verbeterd worden. Een goed voorbeeld van een dergelijke handschoen is Gloveone, zie figuur 5.5. Toepassing van haptische feedback sluit goed aan bij de regelgeving, zoals besproken in paragraaf 3.4.2, waarin feedback vanuit de hendels en knoppen wordt aanbevolen.

Behalve visuele en tactiele waarneming van de omgeving, kunnen ook andere zintuigen worden aangesproken om de beleving te vergroten. Zo kan geluid worden ingezet voor waarschuwingen

en alarmen, maar in experimenten in de vliegtuigindustrie wordt het bijvoorbeeld ook ingezet om de route aan te geven. (Penney, 2000) De piloot moet daarbij in de richting van het geluid vliegen. Het gebruik van meerdere zintuigen maakt multitasking veel gemakkelijker voor de operator. In holografische brillen wordt geluid vaak toegekend aan de holo-



Figuur 5.5: Gloveone

grammen. Zo is te horen waar en hoever het hologram zich bijvoorbeeld achter je bevindt.

5.2 Concepten

Op basis van de hiervoor besproken toekomstige technologieën zijn ideeën gegenereerd. Er is geprobeerd ofwel het beschikbare buitenzicht zo aan te vullen, dat de operator in staat is de informatie te filteren en te verwerken, ofwel het buitenzicht op zo een manier te representeren, dat de connectie met de realiteit niet verloren raakt. De schetsen van de ideegeneratie zijn in bijlage F te vinden en spreken in principe voor zich.

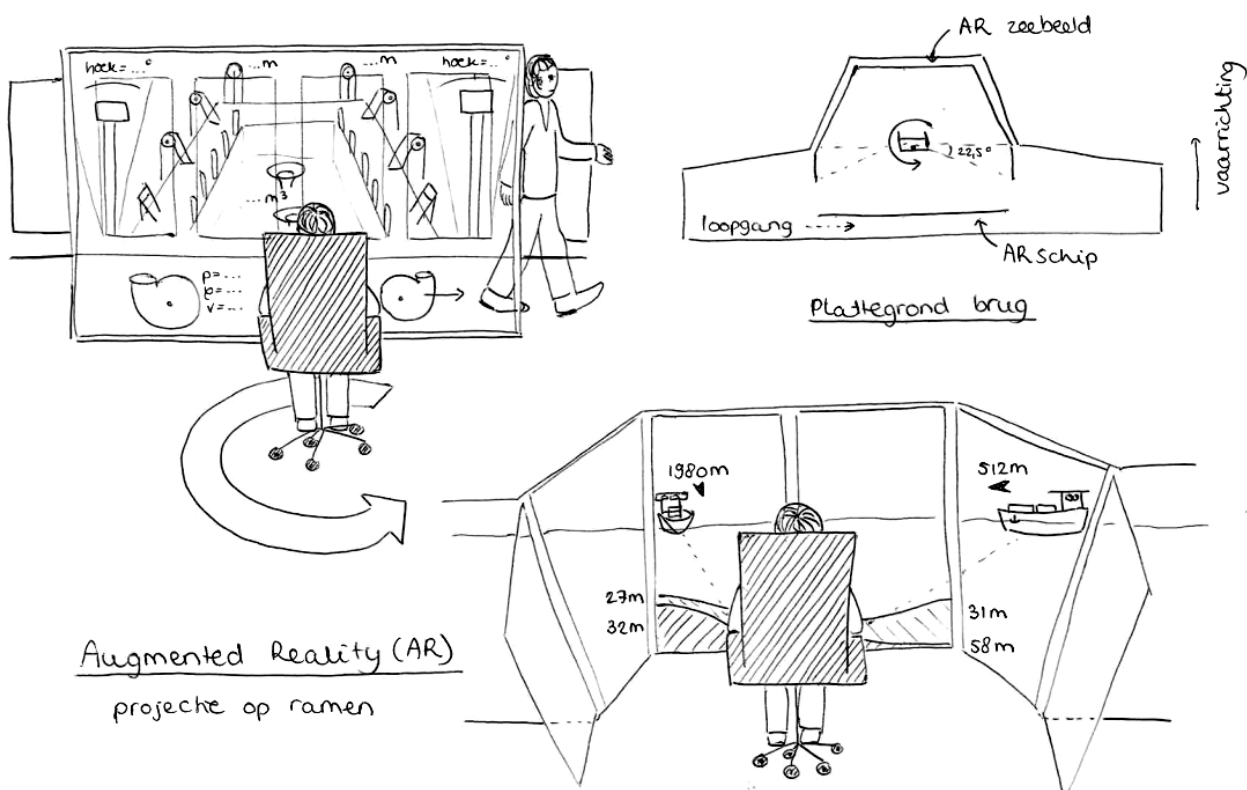
Op basis van de ideeën zijn een aantal concepten gegenereerd, gebruikmakend van ofwel Augmented Reality, ofwel een holografische bril. (Er is voor dit moment gekozen uit te gaan van de HoloLens van Microsoft, omdat dit goed aansluit bij de plannen van IHC Systems: ze hebben een HoloLens besteld om te onderzoeken hoe deze bril toegepast kan worden in hun projecten.) Alle concepten maken voor de bediening gebruik van haptische handschoenen. De volgende concepten zullen aan de hand van tekeningen één voor één worden besproken.

- Augmented Reality projectie op de ramen;
- HoloLens projectie op de scheepsonderdelen;
- HoloLens projectie op een werktafel.

5.2.1 Augmented Reality - projectie op de ramen

Dit concept, zie figuur 5.6, maakt deels gebruik van de reeds aanwezige ramen op de brug van het schip. De operator zit midden op de brug op een draaibare stoel. De informatie over het baggerproces wordt geprojecteerd op een groot raam achter de operator (indien de operator in vaarrichting kijkt). De informatie wordt als AR gepresenteerd bij de betreffende scheepsonderdelen. Door het raam verder naar voren te plaatsen zal de informatie over de onderdelen die niet zichtbaar zijn door de vloer van de brug (zoals de pompen), ook getoond kunnen worden en wordt de operator niet belemmerd als de bemanning over de brug voorbij loopt. De zuigbuizen zullen samen met hun informatie aan beide zijden getoond worden, omdat deze buiten het gezichtsveld vallen.

Informatie over de navigatie en de diepgang van het schip wordt op de voorruit gepresenteerd. Aan beide zijden zal een extra raam worden geplaatst om de vereiste gezichtsvelden van 225 graden te realiseren, zoals besproken in paragraaf 3.4.1. Onderin deze ramen zal de zeebodem getoond worden conform de diepte op die locatie. Dit zal als 'Guitar Hero' worden weergegeven: De zeebodem wordt niet alleen getoond voor de huidige locatie, maar ook de bodemdieptes verderop op de route zullen al zichtbaar zijn. Zo kan de operator zijn route uitstippelen. Ter hoogte van de horizon zal bij elk schip in de omgeving informatie getoond worden over onder andere zijn locatie.



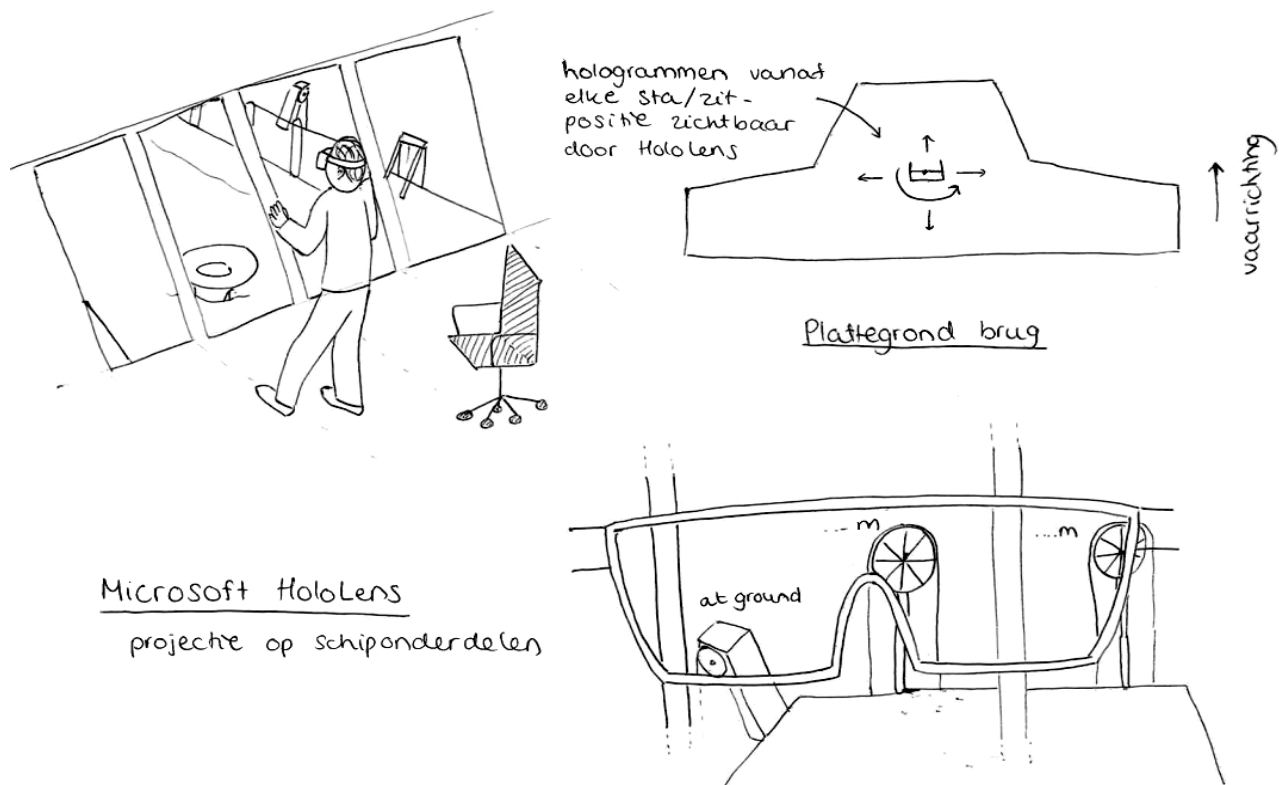
Figuur 5.6: Augmented Reality - projectie op de ramen

Een belangrijk voordeel van dit concept is het feit dat de connectie met de realiteit niet verloren gaat. Verder is het voordelig dat ook eventuele andere bemanning op het schip mee kan kijken en kan helpen in de bediening. Omdat het echter om een tweedimensionaal beeld gaat heeft de operator maar beperkt inzicht in de onderdelen en het proces. Daar komt ook bij dat de aanvullende informatie geplaatst is op basis van één kijkpositie. Vanaf andere posities zal de informatie niet goed samenvallen met de scheepsonderdelen. Ook de manier waarop de onderdelen die eigenlijk niet zichtbaar zijn (zoals de zuigbuizen) gepresenteerd worden is niet ideaal.

5.2.2 HoloLens - projectie op de scheepsonderdelen

In dit tweede concept, zie figuur 5.7, wordt gebruik gemaakt van een HoloLens om de operator te informeren, door over alle scheepsonderdelen een hologram te plaatsen. Dit hologram zal driedimensionaal zijn en vanaf elke kijkpositie juist over het scheepsonderdeel heen staan. De operator is volledig vrij in waar hij staat of zit omdat de hologrammen meebewegen. Er zal op de brug geen apparatuur meer nodig zijn, enkel de HoloLens en een eventuele stoel.

Ook scheepsonderdelen die normaalgesproken buiten het gezichtsveld vallen kunnen worden getoond, omdat met de bril als het ware door vloeren heen gekeken kan worden. Zo kan zelfs de zuigbuis, die over de zeebodem heen sleept, gevisualiseerd worden, ondanks dat het water het



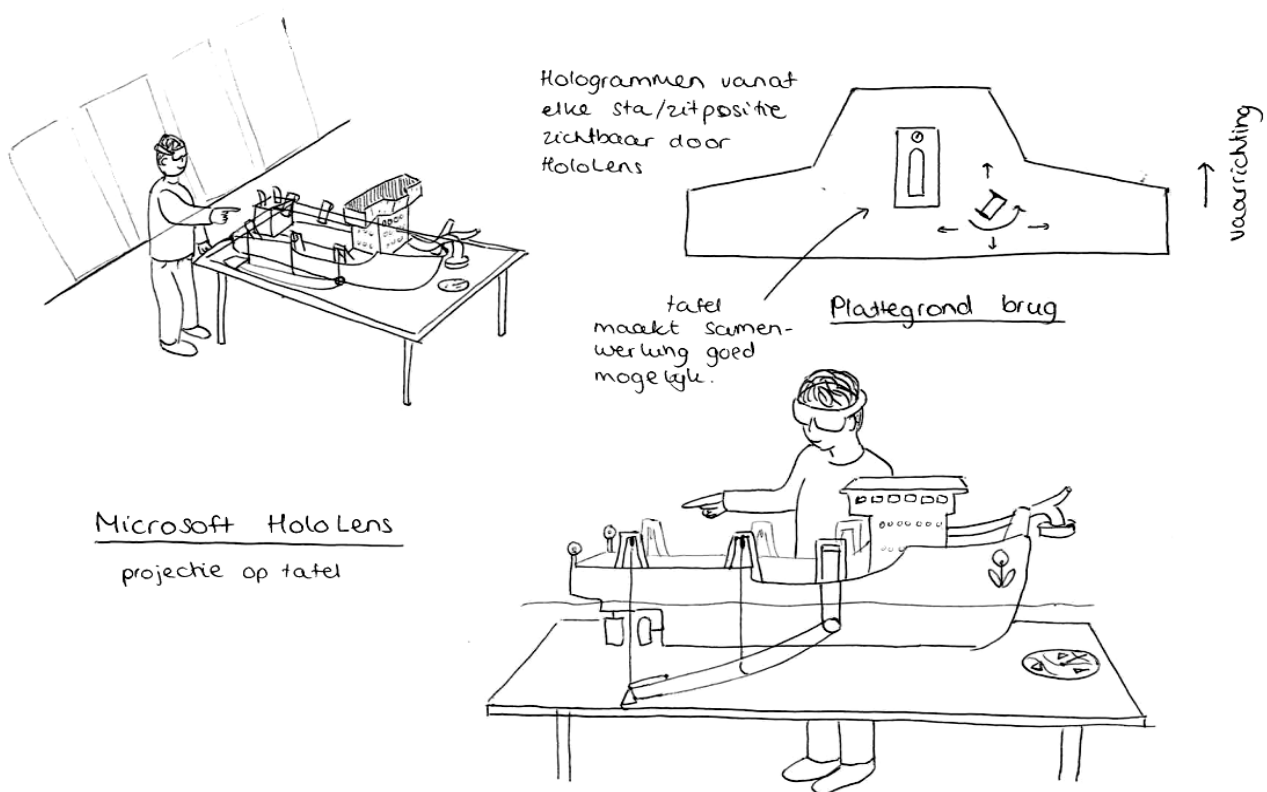
Figuur 5.7: Holografische bril - projectie op de scheepsonderde-

zicht belemmert. Bij elk hologram zal de betreffende informatie getoond worden. Ditzelfde idee kan ook worden doorgevoerd in de navigatie van het schip. De zeebodem kan driedimensionaal worden weergegeven, waardoor de diepte zichtbaar is. De schepen in de omgeving kunnen, inclusief informatie, worden aangegeven met behulp van hologrammen en zodoende ook zichtbaar zijn in het donker of bij mist.

Dit concept zal de operator goed inzicht geven in het volledige schip door het driedimensionale beeld en het 360 graden zichtveld. Ook de connectie met de realiteit blijft behouden en de beleving daarvan wordt vergroot. Een nadeel is dat sommige onderdelen nog steeds beperkt zichtbaar zijn omdat de operator de onderdelen enkel kan zien vanuit de hoeken die mogelijk zijn vanaf de verschillende locaties op de brug.

5.2.3 HoloLens - projectie op een werktafel

Het laatste concept, zie figuur, zal het wel mogelijk maken om de hologrammen vanuit alle hoeken te bekijken. Op de brug zal een werktafel staan (eventueel virtueel, via holografie). Op deze werktafel zal het volledige schip geschaald gepresenteerd worden. Dit schip is enkel zichtbaar door de HoloLens. Alle onderdelen zijn duidelijk aangegeven in het hologram met de betreffende informatie erbij en kunnen direct bediend worden door de operator.



Figuur 5.8: Holografische bril - projectie op een werktafel

De werktafel maakt eventuele samenwerking tussen meerdere operators goed mogelijk, omdat ze, elk met hun eigen bril, vanuit hun eigen positie de hologrammen kunnen zien en bedienen. De mogelijkheid om vanuit elke hoek de hologrammen te bekijken geeft goed inzicht in het schip en relatie tussen de verschillende onderdelen. Indien de techniek het in de toekomst toelaat, kan dit ook gemakkelijk vertaald worden naar een projectie vanuit de werktafel zonder het dragen van een HoloLens. Een nadeel van dit concept is de connectie die je verliest met het buitenbeeld.

5.3 Conceptkeuze

Er is gekozen voor een combinatie van de laatste twee concepten. De HoloLens zal gebruikt worden om hologrammen te tonen aan de operator, die in eerste instantie over de scheepsonderdelen geprojecteerd worden. Zodra een nieuwe fase van het proces aanbreekt, en andere onderdelen bediend moeten worden, zullen die onderdelen naar de werktafel worden gesleept om ze daar te kunnen bedienen.

Door te kiezen voor deze combinatie raakt de connectie met het buitenbeeld niet verloren, maar kan de operator de interessante informatie wel goed filteren door enkel de hologrammen voor zich op de werktafel plaatsen, die hij op dat moment wenst te zien. De bediening op de werktafel zal ook gemakkelijker zijn dan over zo een grote afstand en de operator kan beter het overzicht

houden over de onderlinge relatie van de onderdelen en informatie.

5.3.1 Herverdeling van taken

Tot op dit punt van het proces was het plan de 'normale' bediening van het proces een samenwerking te laten worden tussen operator en systeem. De taken binnen deze bediening moeten daarvoor goed worden verdeeld en afgestemd op elkaar zodat de operator en het systeem samen het proces optimaal kunnen bedienen. De delen van de informatieverwerking die het systeem op zich neemt moeten goed gecommuniceerd worden naar de operator om hem genoeg inzicht te laten houden in het totale proces.

De Smart Bridge gaat echter over een toekomstvisie voor over een jaar of tien. IHC Systems verwacht tegen die tijd de Artificial Intelligence (AI) zover te hebben onderzocht en ontwikkeld dat sleephopperzuigers dan volledig autonoom het 'normale' baggerproces kunnen bedienen. De operator zal niet kunnen concurreren met de manier waarop AI het proces optimaliseert en het zal beter zijn om de operator buiten de normale bediening te laten. Daarnaast moet er ook rekening worden gehouden met de veranderde cultuur onder baggermannen, zoals besproken in paragraaf 2.4. De operator wil niet langer volledig inzicht hebben in het proces.

Er is daarom gekozen om de operator details over de normale bediening (zoals proceswaardes) te besparen en hem enkel te betrekken als het systeem de bediening niet aankan. Het is belangrijk om, in de situaties waarin de operator wordt betrokken bij het proces, de operator te voorzien van voldoende informatie zodat hij in staat is goed te handelen. De herverdeling van de taken ziet er zodoende als volgt uit:

- Het systeem focust zich op de 'normale' bediening. Het systeem is namelijk goed in het verwerken van grote hoeveelheden informatie, veel verschillende dingen tegelijk te doen en snel en herhaaldelijk reageren om de proceswaardes constant te houden. Hij vraagt de operator om ondersteuning als hij deze normale bediening niet aankan, door bijvoorbeeld het optreden van een storing.
- De operator ondersteunt het systeem door in uitzonderlijke situaties bij te springen. De operator is in staat om op basis van ervaringen deze uitzonderlijke situaties snel te herkennen en creatieve oplossingen hiervoor te genereren. Hij zal ondersteuning nodig hebben van het systeem op het gebied van databases doorzoeken naar bijvoorbeeld de onderhoudsgeschiedenis van het betreffende onderdeel.

Het gekozen concept kan goed worden toegepast in deze herverdeling van taken. De proceswaardes zullen niet getoond worden, maar het hologram en de verschillende onderdelen daarop zullen de operator voldoende inzicht geven in de schiplay-out. In dit hologram zullen niet alleen de onderdelen die direct in het baggerproces betrokken zijn worden weergegeven, maar juist ook onderdelen met betrekking tot onderhoud en storingen, zoals hydraulieksystemen, energievoor-

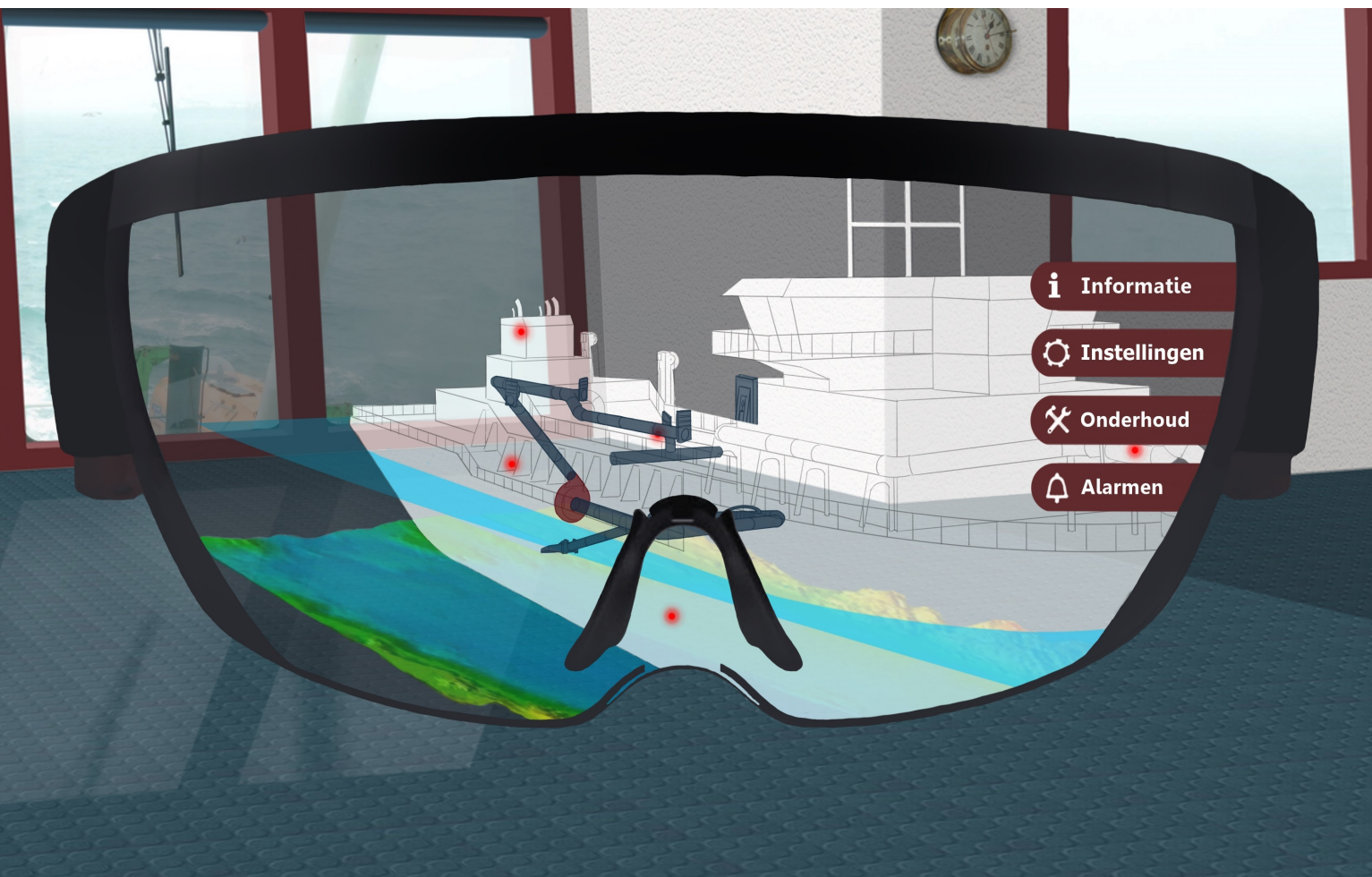
ziening en datanetwerken. Hierdoor zal de operator de onderdelen die niet naar behoren werken kunnen koppelen aan één van de systemen die dat onderdeel beïnvloeden. Op basis daarvan kan hij snel een oorzaak van de storing vinden en een oplossing kunnen genereren. Hoe dit verder is uitgewerkt, wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

5.3.1 Conceptuitwerking

Voordat het concept verder uitgewerkt wordt moet het volgende worden vermeld. Zoals eerder beschreven, zijn en komen er allerlei soorten holografische brillen op de markt. Deze brillen staan echter nog in de kinderschoenen en zijn daarom beperkt in de mogelijkheden. Bij de ontwikkeling van de toekomstvisie, met de toepassing van een HoloLens wordt er in eerste instantie uitgegaan worden van de meest ideale situatie: welke beleving zou de operator moeten ervaren door het gebruik van de bril, om de bediening optimaal te laten verlopen?

De meeste bedrijven schetsen voor hun holografische bril een perspectief voor de toekomst en laten de randvoorwaarden daarbij in het ongewisse. Er wordt zodoende uitgegaan van het perspectief zoals Microsoft dat schetst en zoals besproken is in paragraaf 5.1.2. Zodra beter bekend is wat de beperkingen en mogelijkheden zijn, zal de toekomst op de bediening van sleeppopperzuigers teruggestroefd moeten worden aan de hand van de randvoorwaarden. Wat het resultaat is van de conceptuitwerking aan de hand van dat perspectief, wordt in het volgende hoofdstuk besproken.



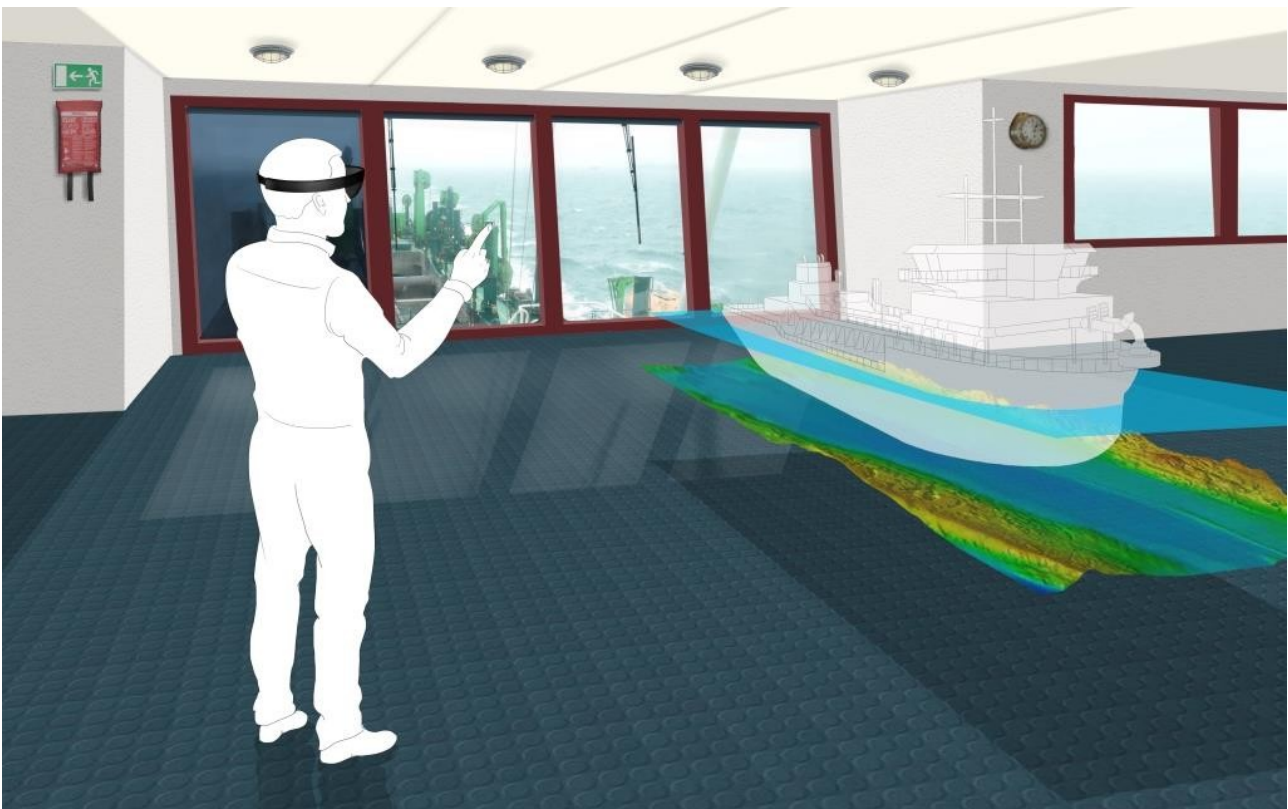


6. Toekomstvisie

6. Toekomstvisie

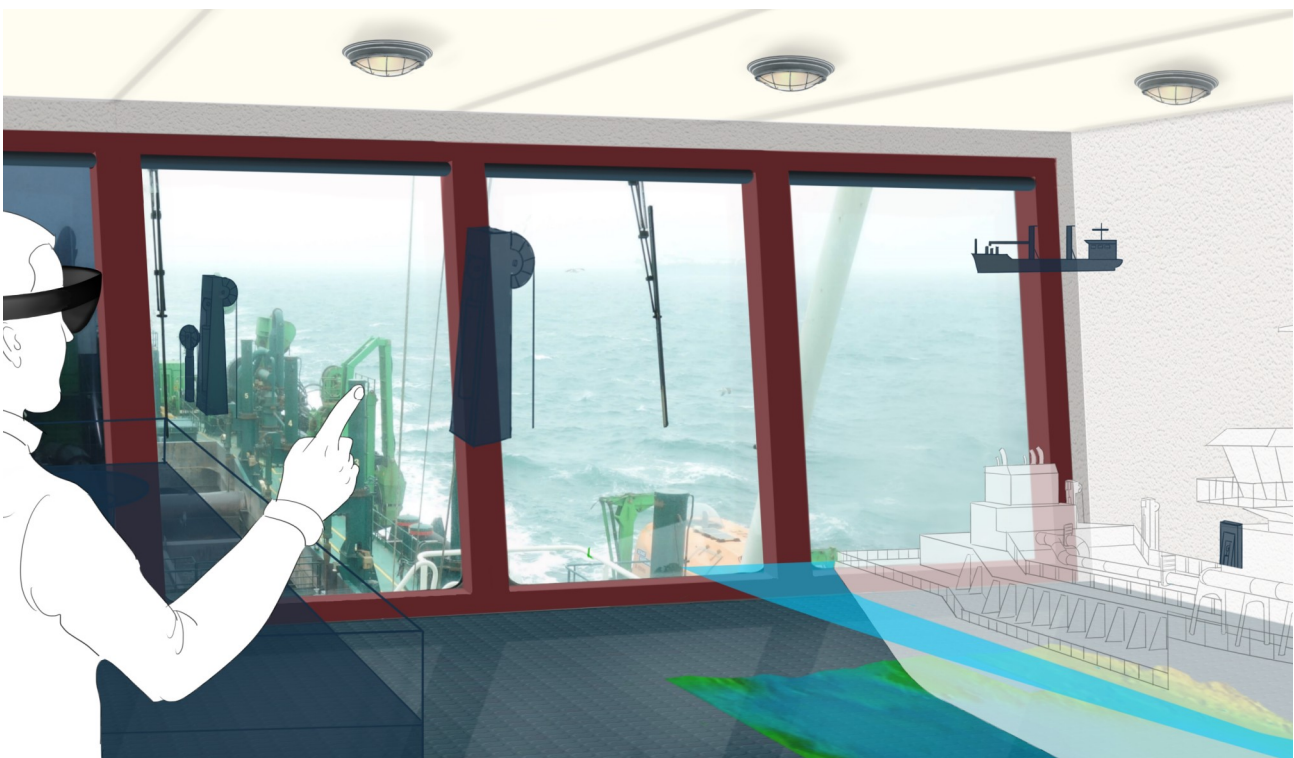
6.1 Smart Bridge

Het ontwerp voor de Smart Bridge projecteert hologrammen door middel van de HoloLens van Microsoft. Zonder de HoloLens te dragen zal de brug leeg zijn: de hologrammen zijn niet zichtbaar en de lessenaars die tot voorheen werden gebruikt zullen van de brug verdwijnen. Het belangrijkste hologram, dat in principe altijd midden op de brug zichtbaar zal zijn (door de bril) is het half transparante schip, zoals te zien in figuur 6.1. Onder het schip zal de zeebodem worden weergegeven (een driedimensionale vervanging voor DTPS). Tijdens het varen zal deze onder het schip doorschuiven en zodoende op elk moment de huidige diepte van de bodem tonen. Hetzelfde geldt voor het blauwe vlak, dat het wateroppervlak representeert. Verder zal voor elk onderdeel van het schip een bijbehorend hologram beschikbaar zijn en deze kunnen enkele locaties aannemen:



Figuur 6.1: Concept

- Indien het hologram geen rol speelt wordt het weergegeven op dezelfde locatie als het daadwerkelijke scheepsonderdeel zich bevindt; in figuur 6.2 zijn de zuigbokkop, de deïningscompensator maar ook de hopper daar een voorbeeld van. Hier zullen ze het zicht niet belemmeren.
- Het hologram wordt weergegeven op zijn eigen locatie in het hologram van het schip als hij wel een rol speelt in de procesfase. De trunnion is in figuur 6.2 een voorbeeld van een dergelijk hologram.
- Bij het wisselen van procesfase wordt het hologram verplaatst van één van bovenstaande locaties naar de andere locatie. In figuur 6.2 is te zien hoe de middenbok van buiten naar binnen wordt versleept.



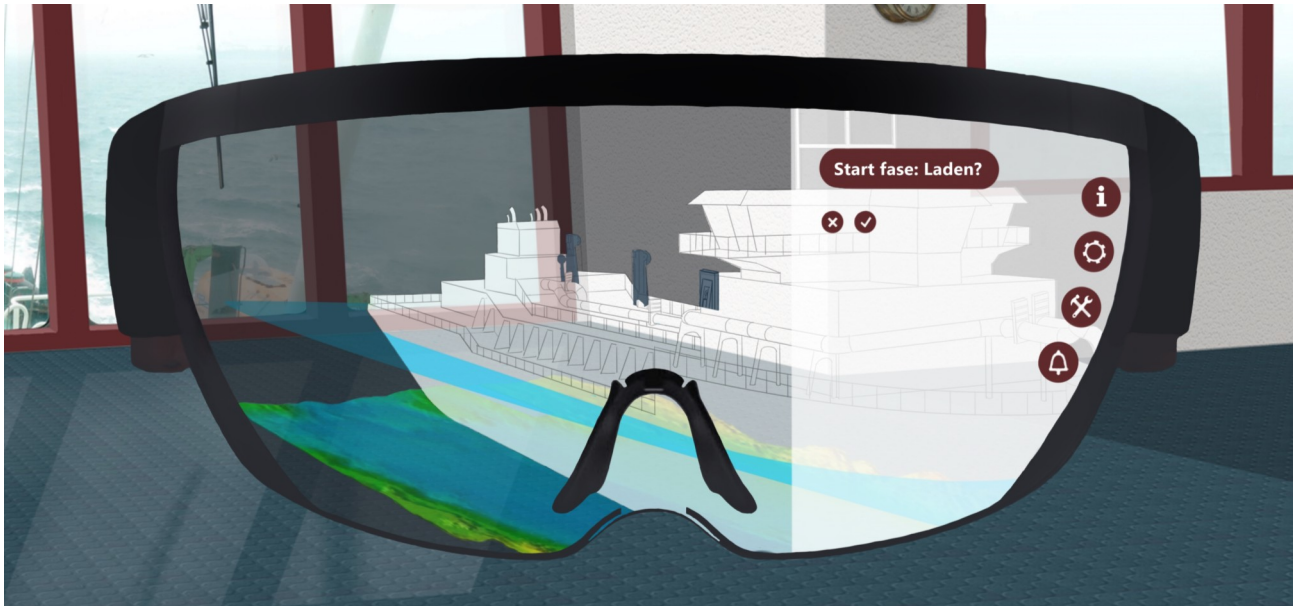
Figuur 6.2: Hologramlocaties

De holografische bril stelt de gebruiker in staat als het ware door vloeren en muren heen te kijken, waardoor bijvoorbeeld de hopper met overvloeikokers, maar ook het schip dat is weergegeven in figuur 6.2 zichtbaar zijn. Behalve scheepsonderdelen worden bijvoorbeeld ook schepen uit de omgeving en laad- en loslocaties aangegeven met een hologram.

6.2 Normale bediening

De operator kan de bediening door het systeem volgen aan de hand van de hologrammen, die van positie of stand zullen veranderen, gelijk aan de verandering van de daadwerkelijke scheeps-

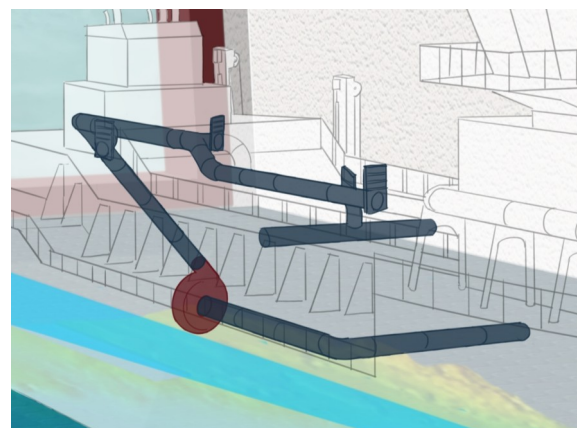
onderdelen. Het systeem zal de operator altijd om toestemming vragen voor hij belangrijke handelingen uitvoert, zoals het starten van een volgende procesfase (waarna de hologrammen van locatie zullen wisselen). Deze communicatie wordt aan de zijkant van het beeld van de HoloLens weergegeven, zoals weergegeven in figuur 6.3. Er zijn naast de drie eerder besproken locaties dus twee verschillende weergavemogelijkheden te definiëren:



Figuur 6.3: Communicatie via holografische bril

- Weergave in het vaste beeld van de HoloLens. Deze informatie zal een vaste positie houden in het scherm van de bril en zodoende meebewegen als de operator zijn hoofd draait. Op deze locatie zal de communicatie worden weergegeven, om te voorkomen dat de operator belangrijke feedback niet te zien krijgt.
- Weergave in de omgeving van de operator. De hologrammen zullen op deze manier weergegeven worden en houden één van hun vaste locaties in hun omgeving aan. De operator zal zijn hoofd moeten draaien om zijn blik op deze hologrammen te laten vallen.

Elk hologram kan geselecteerd worden en zal hierna rood oplichten (normaalgesproken is een hologram blauw gekleurd). In figuur 6.4 is weergegeven hoe de pomp wel en de leidingen niet geselecteerd zijn. Na selectie kan er voor dat scheeps onderdeel extra informatie worden opgevraagd en er kunnen instellingen worden ingevoerd, waarvoor er standaard een aantal knoppen aan de zijkant in beeld zijn, zoals weergegeven in figuur 6.5.



Figuur 6.4: Hologramselectie

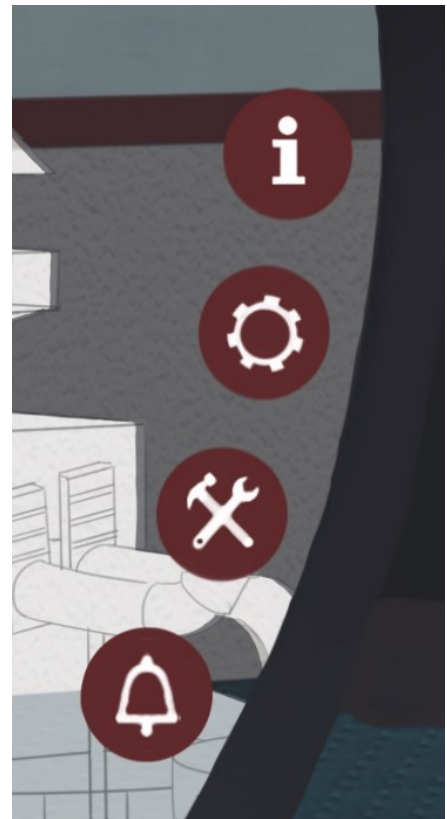
Met deze knoppen (van boven naar beneden: automatisering, instellingen, alarmen en onderhoud) kan voor elk hologram het volgende worden aangepast en bekeken:

Informatie Deze informatie is handig tijdens het zoeken naar oorzaken en het oplossen van een storing (in hoeverre het systeem hier niet in kan ondersteunen). In de overgangsperiode naar de Smart Bridge zal deze knop ook gebruikt kunnen worden om soms toch met de proceswaardes mee te kijken.

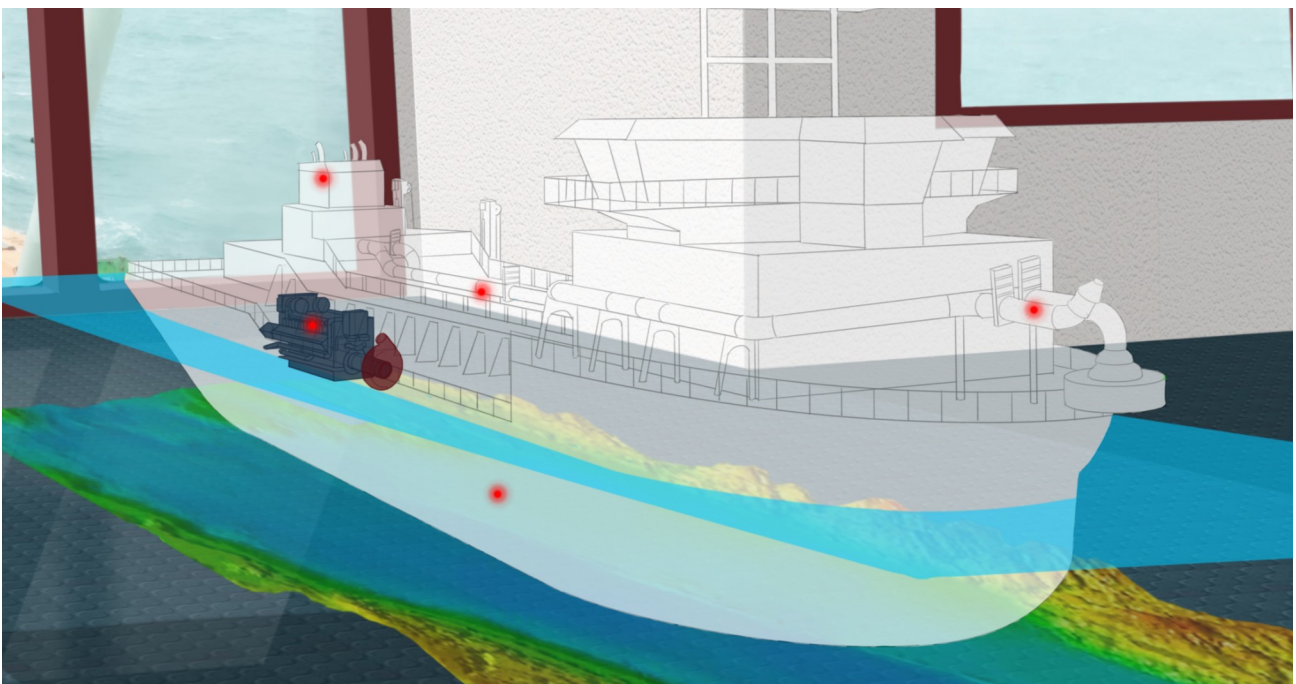
Instellingen Onder andere kalibratie en (los)methodes kunnen hier worden ingesteld. Ook instellingen en voorkeuren over de communicatie en de hologramweergave van het huidige onderdeel kunnen hier worden bediend.

Onderhoud Systemen als het hydraulieksysteem, de energievoorziening en de datanetwerken kunnen hier voor het betreffende scheepsonderdeel bekeken worden.

Alarmen Alle alarmen zijn weergegeven met een rood puntje in het schiphologram, zoals weergegeven in figuur 6.6. Bij binnenkomst van een nieuw alarm zal deze ook auditief aan de operator kenbaar worden gemaakt. De alarmen met betrekking tot een specifiek scheepsonderdeel kunnen na selectie onder deze knop worden bekeken en opgelost.



Figuur 6.5: Knoppen



Figuur 6.5: Knoppen

De gevolgen van de aanpassingen in deze schermen zijn direct in het schiphologram te zien, pas na bevestiging zal deze aanpassing ook worden uitgevoerd. Ook als er geen hologrammen geselecteerd zijn, kunnen de vier knoppen gebruikt worden. In dat geval zal het gaan om algemene informatie en instellingen zoals het management van de procesfases. In bijlage G is voor elk van de vier opties een voorbeeldscherm weergegeven (voor informatie en onderhoud specifiek over de baggerpomp, voor instellingen en onderhoud een algemeen scherm).

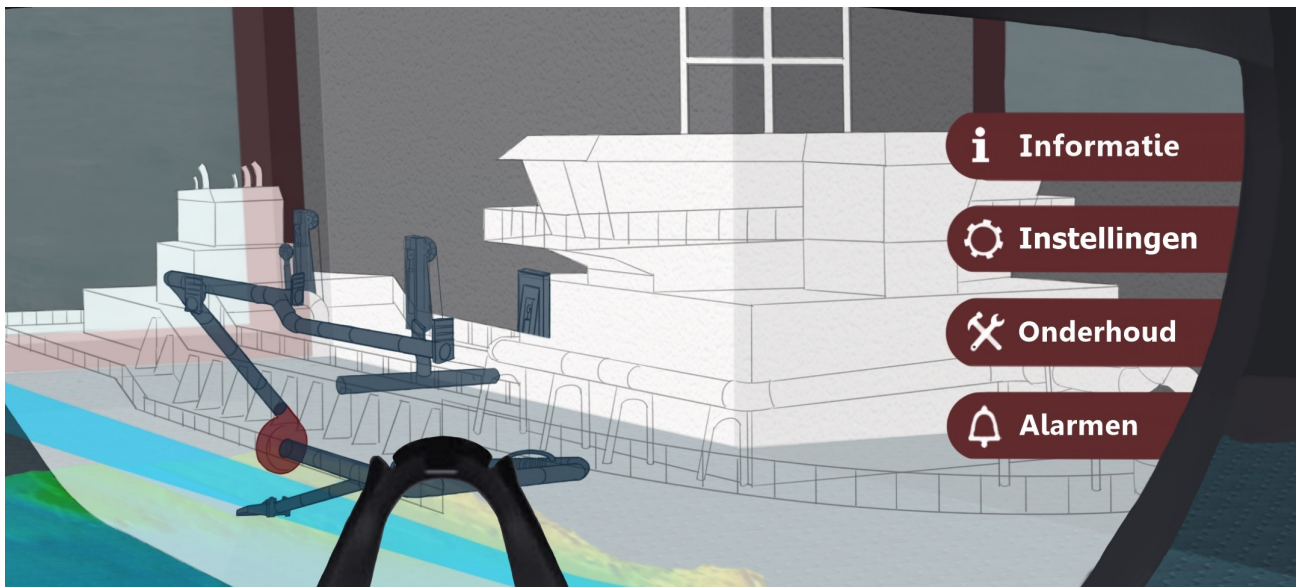
6.2.1 Handschoenen

Zoals besproken in hoofdstuk 5, kan de operator voor de bediening het beste handschoenen gebruiken. In figuur 6.7 is weergegeven hoe de bediening via een handschoen er in dit geval uit zou kunnen zien.



Figuur 6.7: Bediening via haptische handschoen

In de top van de wijsvinger zit een pointer verwerkt waarmee hologrammen kunnen worden aangewezen. Door vervolgens met de duimtop tegen het vlak onderaan de wijsvinger (selecteren) te drukken kan het, op dat moment aangewezen hologram, geselecteerd worden, waarna het hologram rood zal oplichten en de knoppen aan de zijkant van het scherm van de HoloLens uit zullen klappen, zoals weergegeven in figuur 6.8. Door met de duim vervolgens op één van de vier vinger toppen te klikken kan één van de knoppen worden aangeklikt om het bijbehorende scherm te openen. In deze schermen kan, zoals eerder besproken, informatie worden bekeken en instellin-



Figuur 6.8: Uitgeklapte knoppen

gen worden aangepast. Bij het selecteren van hologrammen en het aanklikken van knoppen zal de handschoen trillen, als haptische feedback voor de operator. Op deze manier ontvangt hij bevestiging van zijn actie, wat in het geval van een (tijdelijk) uitblijvende of niet zichtbare reactie gewenst is.

6.3 Uitzonderlijke situaties

Tijdens de bediening van het proces hoeft de operator in principe enkel een toezien oog te houden en toestemming geven voor belangrijke wijzigingen. Hij wordt pas echt betrokken op het moment dat het systeem de bediening niet aankan door een optredende storing. Voorbeelden van storingen en andere uitzonderlijke situaties zijn:

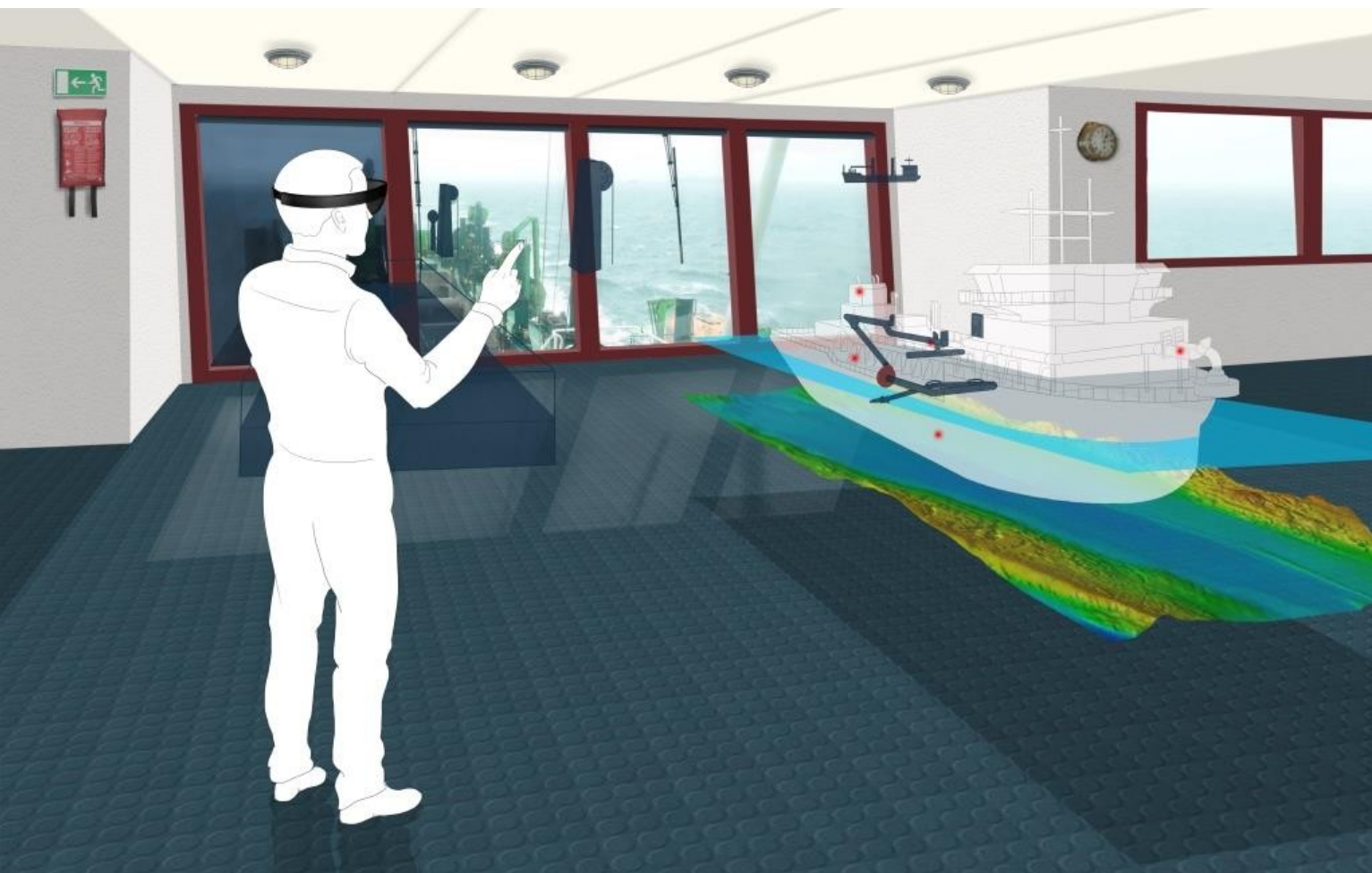
- Er is iets in de zuigkop terecht gekomen wat er niet thuishoort, zoals een autoband of een bom.
- Een onderdeel van het schip is aan vervanging toe.
- Er is een communicatiestoring in het datanetwerk.

Zulke situaties wijken zo ver af dat het systeem dit niet alleen zal kunnen afhandelen. Het systeem zal in veel gevallen in staat zijn de storing te herkennen door de sterk afwijkende proceswaardes en de operator waarschuwen. Het systeem zal in veel gevallen aan de operator voorstellen, zoals weergegeven in figuur 6.9 en bij elke oorzaak wordt indien mogelijk ook informatie verschaft over de ernst van het probleem en de kans dat dat de oorzaak is (op basis van een frequentie dat een dergelijk probleem heeft opgetreden in het verleden en een onderhoudsgeschiedenis).



Figuur 6.9: Storing met mogelijke oorzaken

Op basis van deze informatie kan de operator snel kiezen in welke volgorde hij de mogelijke oorzaken het beste kan uitsluiten. Door een oorzaak te selecteren zal het systeem de operator de juiste hologrammen tonen. In het geval van bijvoorbeeld een verstopping in de leidingen worden de leidingen getoond, en bij een probleem met betrekking tot de hydrauliek wordt het hydraulieksysteem weergegeven. Zo wordt de operator zo goed mogelijk ondersteund in het zoeken naar de oorzaak van het probleem en zal hij het snel kunnen verhelpen.



7. Conclusie

7. Conclusie

7.1 Toekomstvisie

Met de snelle ontwikkeling van slimme functies aan boord van sleepopperzuigers, blijft het Human Machine Interface achter. Het ondersteunt de operator niet meer voldoende in de bediening van de automatiseringsfuncties, waardoor hij niet meer in staat is het baggerproces optimaal te bedienen. De taakverdeling en de wederzijdse communicatie tussen de operator en het systeem zijn niet optimaal vormgegeven, waardoor de werkdruk te hoog ligt. Naar aanleiding van dit probleem, dat uitgebreider geformuleerd is in paragraaf 2.5, is er een nieuw Human Machine Interface ontworpen: de Smart Bridge, zoals weergegeven op het voorblad van dit hoofdstuk en de omslag van dit verslag.

Waar veel HMI's als functie hebben een operator in staat te stellen een 'machine' aan te sturen, is er de Smart Bridge ontwikkeld met het oog op een samenwerking tussen mens en machine. De operator wordt als actor beschouwd, die betrokken is in de bediening van sleepopperzuigers, in plaats van een gebruiker van het schip, zoals Fidel en Pejtersen adviseren (2005). De taken in de bediening van sleepopperzuigers zijn herverdeeld met het oog op de capaciteiten en limieten van zowel de operator als het systeem. Samen dragen operator en systeem zorg voor een optimale bediening, met als doel de productie te maximaliseren, zonder de veiligheid en de conditie van het schip in gevaar te brengen.

Met de huidige ontwikkelingen op het gebied van Artificial Intelligence verwacht IHC Systems over tien jaar een systeem te hebben ontwikkeld dat in de normale situaties volledig autonoom het baggerproces kan bedienen en kan navigeren. De uitzonderlijke situaties waarin storingen plaatsvinden of onderhoud nodig is zijn zo sterk afwijkend en onregelmatig dat het systeem dit niet alleen zal aankunnen en de hulp van de operator in zal schakelen via het scherm van de Holo-Lens.

Omdat de operator enkel actief betrokken wordt in de uitzonderlijke situaties zal hij hier met volle aandacht op kunnen focussen, terwijl het systeem op de achtergrond doorwerkt. Mensen zijn goed in het inductief redeneren: de operator kan op basis van ervaringen redeneren wat eventuele oorzaken van het optredende probleem zijn en een (creatieve) oplossing formuleren, die in die situatie waarschijnlijk het beste werkt. Het systeem zal hem hierin moeten ondersteunen door hem te voorzien van gegevens over bijvoorbeeld de onderhoudsgeschiedenis.

De Smart Bridge is een toekomstvisie op hoe de bediening van sleepopperzuigers er over ongeveer tien jaar uit zou moeten zien. Behalve op het gebied van taakverdelingen is er ook op het gebied van vormgeving van de communicatie onderzocht wat over tien jaar mogelijk is en hoe de bediening optimaal ondersteund kan worden. De communicatie is zo vormgegeven dat de operator en het systeem elkaar duidelijk op de hoogte stellen en elkaar ondersteunen. Vragen of problemen worden direct en eenduidig getoond aan elkaar en de Smart Bridge geeft met de hologrammen een goed inzicht in het totale schip.

7.2 Evaluatie

Het HMI op sleepopperzuigers is jarenlang voortgebouwd op het bestaande concept, waarbij de komst van touchscreens voor de grootste wijzigingen hebben gezorgd. Tijdens dit onderzoek is dat concept volledig aan de kant gezet om met een open blik te kijken hoe de bediening van sleepopperzuigers in 2025 idealiter moet worden vormgegeven. Daarbij is rekening gehouden met zowel de mogelijkheden op het gebied van interfaceontwerp als met de capaciteiten en limieten van het systeem (die in de komende jaren sterk gaan toenemen) en de operator.

De operator zal een andere rol gaan innemen in het totale proces. Hij moet de normale bediening toevertrouwen aan het systeem en hij is verantwoordelijk voor het oplossen van problemen. Tegenwoordig is het vaak zo dat de operator alarmen enkel erkent, zie bijlage E, zodat ze uit zijn beeld verdwijnen (en in het tabblad voor alarmen terecht komen). Dit doet hij omdat hij ofwel geen tijd heeft om naar het alarm te kijken, of niet precies snapt wat het alarm betekent. Doordat dit nu de (hoofd)taak van de operator zal worden zal hij op het gebied van storingen veel ervaring op kunnen doen om op die manier steeds beter te kunnen reageren. Dit zal ten goede komen aan zowel de productie, als de schipconditie, als de veiligheid.

7.2.1 Programma van Eisen

In hoeverre het mogelijk is op dit moment hierover uitspraak te doen, voldoet de Smart Bridge aan het Programma van Eisen, zoals vermeld in paragraaf 4.3.

De eisen omtrent regelgeving zijn voor een groot deel gehaald. Een voordeel van de Smart Bridge is dat het zicht niet langer beperkt wordt door lessenaars, wanden en dergelijke, maar zelfs wordt aangevuld. Ook zal de operator in geen enkele situatie gedwongen worden een bepaalde houding aan te nemen: de informatie en bedieningsmogelijkheden zijn vanaf elke locatie op de brug te bereiken. Regels over specifiekere details (bijvoorbeeld over de veiligheid) moeten in de verdere ontwikkeling van de Smart Bridge meegenomen worden.

De samenwerking is verbeterd: heldere communicatie tussen de operator en het systeem is mogelijk gemaakt. Verder wordt rekening gehouden met de capaciteiten en limieten van beide partijen

en de operator wordt ondersteund in de verwerking van informatie. Van de eis dat het proces door beiden geoptimaliseerd moet kunnen worden is afgeweken: over tien jaar zal het systeem beter in staat zijn het proces te optimaliseren dan de operator. De enige rol die de operator nog heeft in de optimalisatie is door storingen snel te verhelpen, om op die manier de productie zo weinig mogelijk te beïnvloeden. Beide partijen kunnen door ervaring leren: het systeem is zelflerend (AI) in de normale situaties en de operator specialiseert zich in het verhelpen van storingen en het onderhoud. Door de feedback die de operator hierover aan het systeem geeft, zal het systeem ook steeds meer leren over dergelijke situaties.

Door een nieuw alarm auditief kenbaar te maken zal de operator het alarm goed ontvangen, ook al is hij op dat moment iets anders aan het doen. Dit auditieve signaal vergroot samen met de representatieve hologrammen de beleving van het proces. Door de nieuwe taakverdeling is de werkdruk verlaagd en de operator wordt goed ondersteund zodat hij gemakkelijk waarneming, actie en gevolgen kan koppelen.

De Smart Bridge sluit aan bij de stand van zaken op het schip over tien jaar: het zelflerende autonome systeem. Bij de ontwikkeling is het wel belangrijk de uitgangspunten, zoals geformuleerd in paragraaf 3.3, in het achterhoofd te houden.

7.3 Aanbevelingen

Omdat dit onderzoek enkel de ontwikkeling van een toekomstvisie betrof, zijn nog niet alle details vastgelegd. Voor veel details die al wel vastgelegd zijn (om een beeld te geven hoe de Smart Bridge eruit zou kunnen zien) geldt dat die heroverwogen moeten worden. De exacte weergave van alle hologrammen moet goed worden heroverwogen en met name worden teruggeschreefd naar de verwachte mogelijkheden en beperkingen van de HoloLens. Een sterk advies is om (de genoemde) alternatieve holografische brillen te onderzoeken om een goede keuze te maken welke holografische bril de toekomstvisie het beste omarmt.

Ook de vormgeving van de hologrammen en de informatie die in het scherm van de bril wordt getoond moet verder worden vastgelegd. Er moet een balans worden gezocht in de hoeveelheid detail in de hologrammen: ze dienen een goed (en gedetailleerd) inzicht te geven in het schip, zonder de operator daarmee cognitief teveel te belasten. Voor de informatie geldt hetzelfde: het moet de operator een helder maar beknopt inzicht geven in de feedback van het systeem en het moet gestructureerd, op logische locaties en op het goede moment worden weergegeven.

Voor de toekomstvisie is vastgelegd hoe de taken herverdeeld zijn. Er zal echter een overgangsfase zijn, en het is belangrijk hier goed mee om te gaan. Steeds meer taken in het normale proces zullen van de operator overgenomen worden door het systeem. In de uitvoering van de overgebleven taken moet het systeem de operator voorzien van voldoende informatie. De informatieknop zou, zoals besproken in paragraaf 6.2, als naslag kunnen dienen, maar informatie die direct

nodig is bij de bediening moet automatisch getoond worden.

Regels omtrent veiligheid zouden eventueel nog een probleem op kunnen leveren in de ontwikkeling van de Smart Bridge. Veel onderdelen, zoals een kaartentafel en een radar zijn momenteel nog verplicht. Er moet (in hoeverre dat nog niet gedaan is) worden gezocht naar een goede vertaling van deze verplichte onderdelen naar de toekomstvisie. Het bureau dat de Smart Bridge zal goedkeuren, moet oordelen of de Smart Bridge een goed alternatief biedt. Anders zullen deze onderdelen zo op de brug moeten worden geplaatst dat ze het zicht niet belemmeren.

Tot slot is het belangrijk dat, nu het systeem zo een grote rol toegekend heeft gekregen in de toekomstvisie, ervoor gezorgd wordt dat de operator de actor blijft die de controle houdt. Dit betekent niet dat hij continu hoeft te controleren wat het systeem doet, maar hij moet wel op elk moment in kunnen grijpen (als hij bijvoorbeeld een storing aan ziet komen, terwijl het systeem dit niet ziet). Het systeem moet daarnaast voor belangrijke wijzigingen eerst toestemming vragen aan de operator. Dit alles is nodig om te voorkomen dat het systeem de operator gaat domineren.



Referenties

Literatuur

American Bureau of Shipping, (2003). *Guidance Notes for the Application of Ergonomics to Marine Systems*. Verkregen op 26 april 2016 van http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules%26Guides/Current/119_ErgonomicDesignofNavBridges/Pub119_BridgeErgo

Det Norske Veritas, (2006). *Nautical Safety - Offshore Service Vessels*. Verkregen op 2 mei 2016 van <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/ruleship/2010-07/ts620.pdf>

European Commission - Enterprise and Industry, (2010) *Guide to application of the Machinery (Vol. 2)*. Verkregen op 21 april 2016 van <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/9483/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Fidel, R., & Pejtersen, A. M. (2005). *Cognitive work analysis*. Verkregen op 10 mei 2016 van <http://faculty.washington.edu/fidelr/RayaPubs/CWA-bookchapter.pdf>

Fitts, P. M., Viteles, M. S., Barr, N. L., Brimhall, D. R., Finch, G., Gardner, E., Grether, W. F. ; Kellum, W. E. & Stevens, S. S. (1951). *Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system, and appendixes 1 thru 3. OHIO STATE UNIV RESEARCH FOUNDATION COLUMBUS*. Verkregen op 11 mei 2016 van <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADB815893>

Fitzsimmons, M. (2016, 13 juli). Hands on: Microsoft HoloLens review [Web log post]. Verkregen op 15 juli 2016, van <http://www.techradar.com/reviews/wearables/microsoft-hololens-1281834/review>

Hachman, M. (2016, 2 maart). We found 7 critical HoloLens details that Microsoft hid inside its developer docs [Web log post]. Verkregen op 21 juni 2016, van <http://www.pcworld.com/article/3039822/consumer-electronics/we-found-7-critical-hololens-details-that-microsoft-hid-inside-its-developer-docs.html>

International Maritime Organization, (1995). *Seafarers Training, Certification and Watchkeeping (STCW) Code (Vol. 3)*. Verkregen op 2 mei 2016 van <http://www.saturatore.it/Diritto/STCW95.pdf>

Limoncelli, T. A., Chalup, S. R., & Hogan, C. J. (2014). *The Practice of Cloud System Administration: Designing and Operating Large Distributed Systems (Vol. 2)*. Pearson Education.

Limoncelli, T. A. (2015). Automation Should Be Like Iron Man, Not Ultron. *Queue*, 13(8), 50. Verkregen op 9 mei 2016 van <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=2841313>

Lintern, G., (2003). *Cognitive Work Analysis*. Verkregen op 10 mei 2016 van <http://www.cognitivesystemsdesign.net/Tutorials/CWA%20Tutorial.pdf>

Lintern, G., (2013). *Joker One: a Tutorial in Cognitive Work Analysis*. Verkregen op 18 mei 2016 van [http://www.cognitivesystemsdesign.net/Downloads/Cognitive%20Work%20Analysis%20Joker%20One%20Tutorial%20\(pp%201-7\).pdf](http://www.cognitivesystemsdesign.net/Downloads/Cognitive%20Work%20Analysis%20Joker%20One%20Tutorial%20(pp%201-7).pdf)

Penney, S. (2000, 26 september). Cognitive Cockpit. Verkregen op 30 mei 2016 van <https://www.flightglobal.com/news/articles/cognitive-cockpit-120630/>

Sandom, C. & Harvey, R. S. (2004). *Human Factors for Engineers (Vol. 2)*. London: The Institution of Engineering and Technology.

van der Velde, M. (2016). *One man operated dredger*. Verkregen op 26 mei 2016, van <http://www.theartofdredging.com/onemanoperatedddredger.htm>

Figuren

Hoofdstuk 1

Voorblad	Sleephopperzuiger de Breughel	Nautic Expo http://www.nauticexpo.com/prod/merwede-shipyard/product-31349-420515.html
Figuur 1.1	Benamingen sleephopperzuiger	Eigen productie
Figuur 1.2	Zuigbuis in de zadels	Royal IHC
Figuur 1.3	Zuigkop en lier	Royal IHC
Figuur 1.4	Baggerpomp	Royal IHC
Figuur 1.5	Deiningscompensator	Eigen opname
Figuur 1.6	Hopper met mengseltoevoerleiding	Eigen opname
Figuur 1.7	Overvloeikoker	Eigen opnames
Figuur 1.8	Rainbowen	FDC http://www.federation-dredging.co.uk/index.php/pg/43
Figuur 1.9	Walpersen	Dredgepoint https://www.dredgepoint.org/dredging-database/equipment/prins-der-nederlanden
Figuur 1.10	Plattegrond brug	Eigen productie
Figuur 1.11	Communicatie tussen operator en schip	Eigen productie
Figuur 1.12	Evolutie van het HMI	Jan de Nul (2x), Royal IHC http://www.theartofdredging.com/De%20One-Man-Operated%20Bridge%20aan%20boord%20van%20sleephopperzuigers.pdf

Hoofdstuk 2

Voorblad	Human Machine Interface	Royal IHC
Figuur 2.1	Human Machine Interface schematisch Gebaseerd op afbeeldingen van Royal IHC	Eigen productie
Figuur 2.2	Schermbediening laadproces	Royal IHC
Figuur 2.3	Bediening afsluiters en baggerpomp	Eigen opname
Figuur 2.4	Bediening zuigkop	Eigen opname
Figuur 2.5	Aansturing van de schroeven	Eigen opname
Figuur 2.6	Bediening trunnion	Eigen opname
Figuur 2.7	Macroknoppen	Eigen opname
Figuur 2.8	Leftover Principle	Reproductie http://www.kitchensoap.com/2013/08/20/a-mature-role-for-automation-part-ii/leftoverprinciple-hollnagel-2/

Hoofdstuk 3

Voorblad	Brug sleephopperzuiger	Eigen opname
Figuur 3.1	Fitts' list	Reproductie

Figuur 3.2	http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADB815893	Zichtsveld vanaf stuurpositie	ABS
Figuur 3.3	http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules%26Guides/Current/119_ErgonomicDesignofNavBridges/Pub119_BridgeErgo	Zichtbereik mensen	ABS

Hoofdstuk 4

Voorblad	Uitzicht op de hopper vanaf de brug	Eigen opname
Figuur 4.1	Werkdomein overzicht	Eigen productie
Figuur 4.2	Takenorganisatie	Eigen productie
Figuur 4.3	Decision Ladder	Reproductie
	http://www.cognitivesystemsdesign.net/Tutorials/CWA%20Tutorial.pdf	

Hoofdstuk 5

Voorblad	Microsoft HoloLens met hologram	Microsoft
	https://microsoftstudios.com/hololens/shareyouridea	
Figuur 5.1	Augmented Reality	Director
	http://www.director.co.uk/augmented-reality-good-for-business-expert-technology-1-feb-2014/	
Figuur 5.2	Google Glass	Wikipedia
	https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Glass	
Figuur 5.3	Holographic projection screen	Multitouchables
	http://multitouchables.net/inventory/	
Figuur 5.4	Microsoft HoloLens	Gamezone
	http://www.gamezone.de/Holo-Lens-Hardware-259978/News/Xbox-One-Spiele-laufen-auf-AR-Brille-1192099/	
Figuur 5.5	Gloveone	Damngeeky
	http://www.damngeeky.com/2015/06/12/32152/gloveone-wearable-lets-you-feel-virtual-reality-for-real.html	
Figuur 5.6	Augmented Reality - projectie op de ramen	Eigen productie
Figuur 5.7	HoloLens - projectie op de scheepsonderdelen	Eigen productie
Figuur 5.8	HoloLens - projectie op een werktafel	Eigen productie

Hoofdstuk 6

Voorblad	Smart Bridge door HoloLens	Eigen productie
Figuur 6.1	Concept	Eigen productie
Figuur 6.2	Hologramlocaties	Eigen productie

Figuur 6.3	Communicatie via HoloLens	Eigen productie
Figuur 6.4	Hologramselectie	Eigen productie
Figuur 6.5	Knoppen	Eigen productie
Figuur 6.6	Bediening via haptische handschoen	Eigen productie
Figuur 6.7	Knoppen uitgeklapt	Eigen productie
Figuur 6.8	Probleem met mogelijke oorzaken	Eigen productie

Hoofdstuk 7

Voorblad	Smart Bridge	Eigen productie
----------	--------------	-----------------

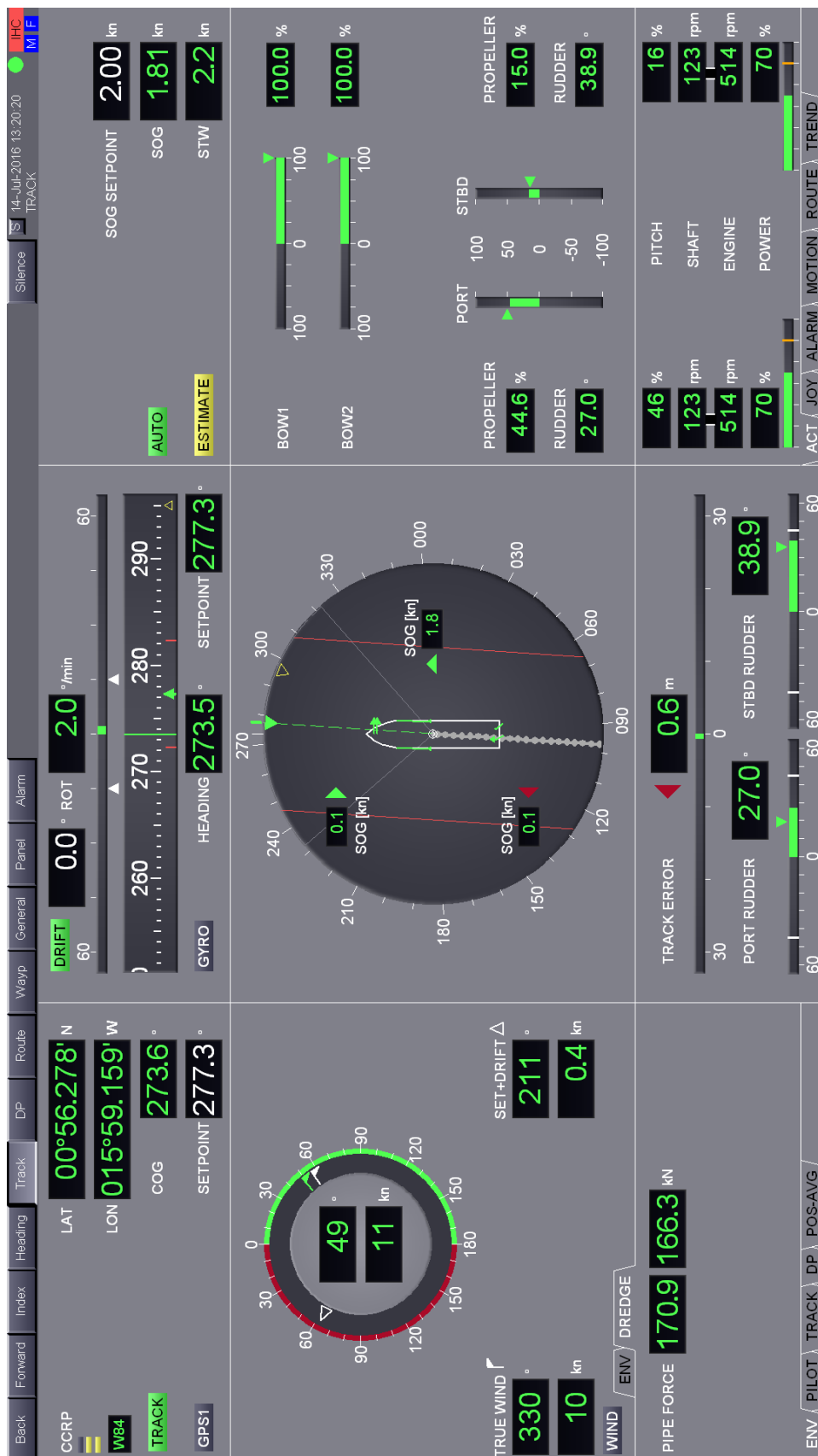


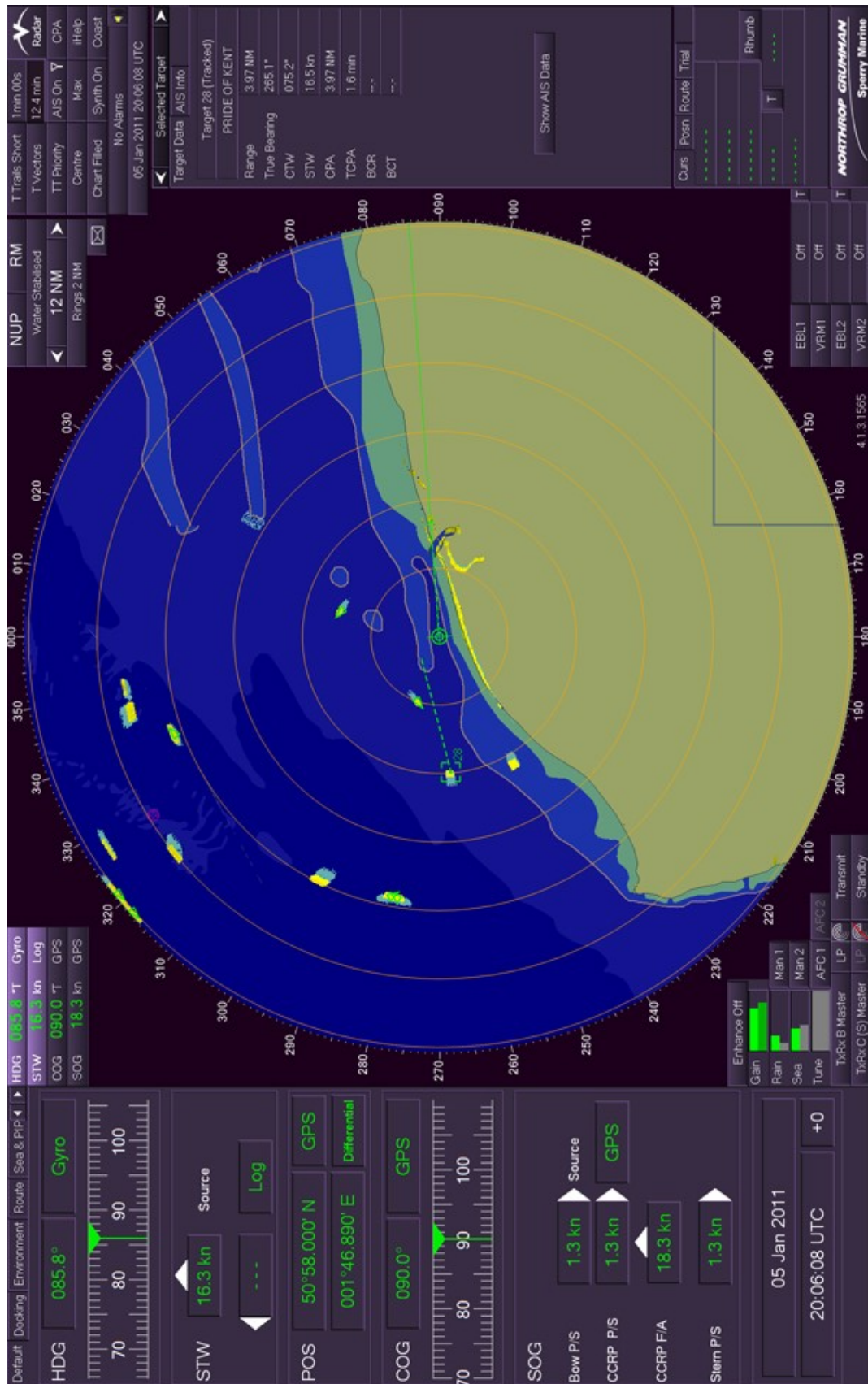
Bijlagen

Inhoudsopgave

A.	Schermen HMI voor navigatie	88
B.	Sub tabbladen dredging process	91
C.	Richtlijnen fysieke ergonomie	95
D.	Richtlijnen functieplaatsing	97
E.	Resultaten interview garantieschipper	99
F.	Ideeschetsen	103
G.	Voorbeeldschermen	108
H.	Planning	112

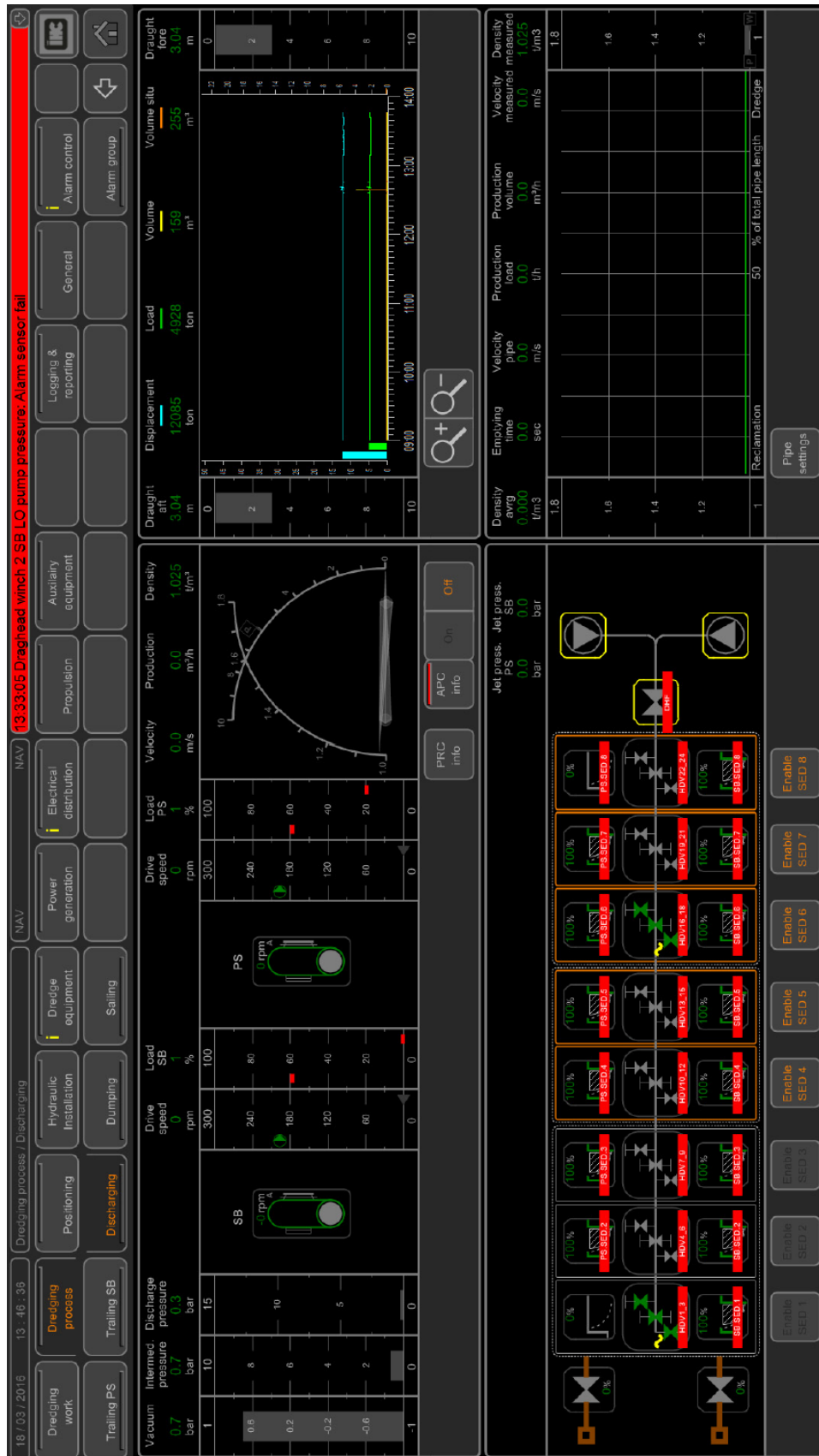
A. Schermen HMI voor navigatie

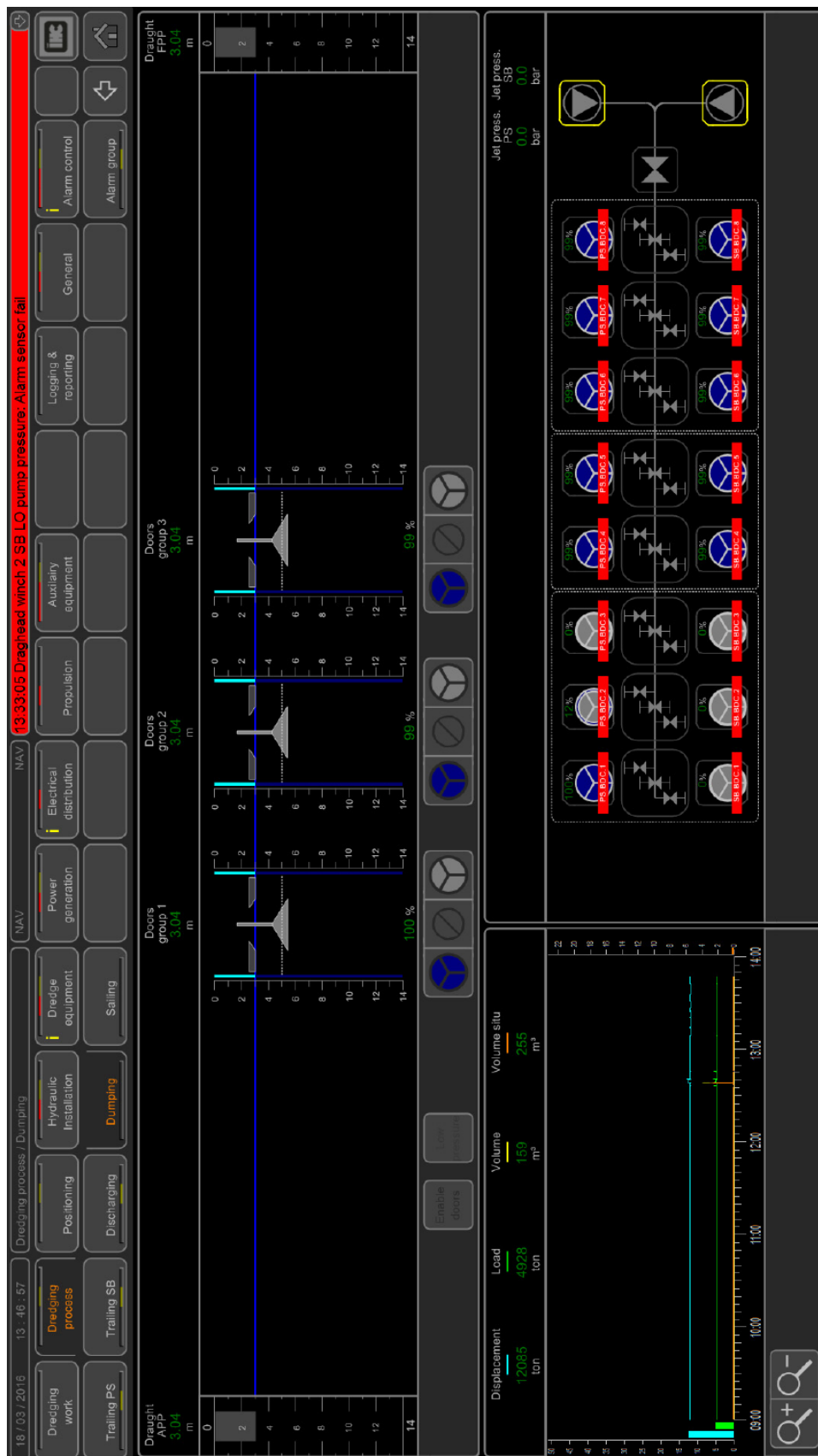


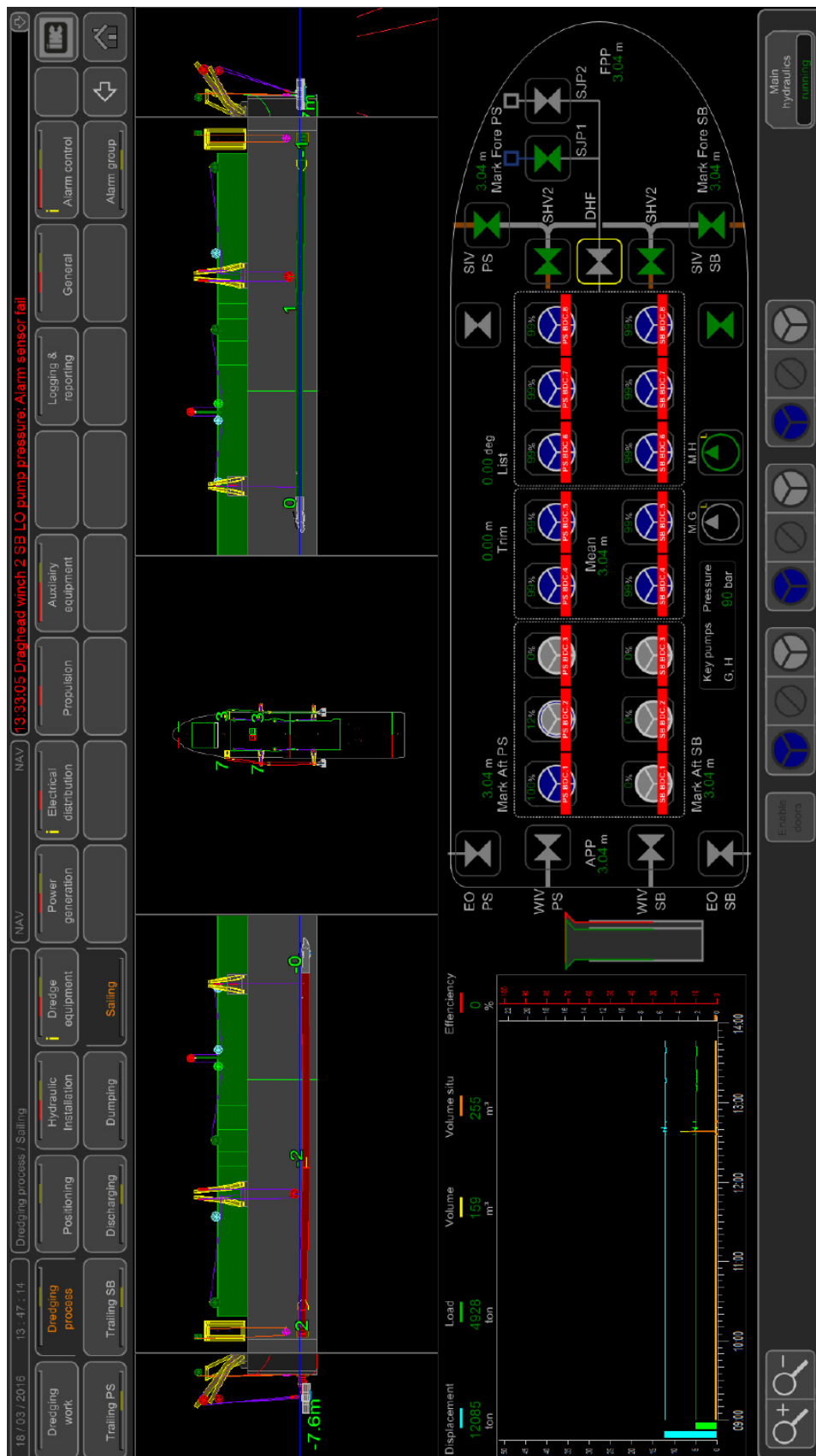


B. Sub tabbladen dredging process

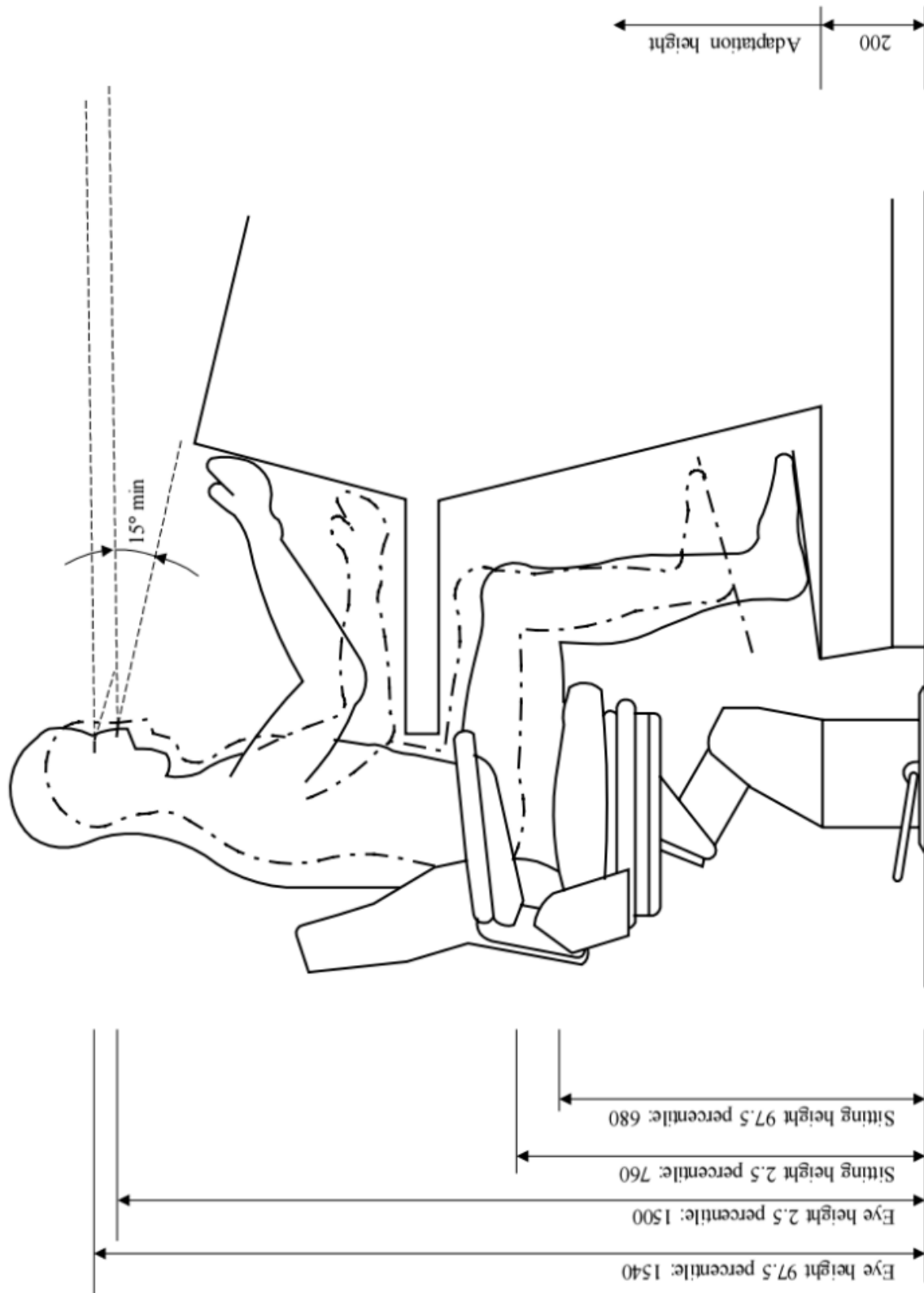




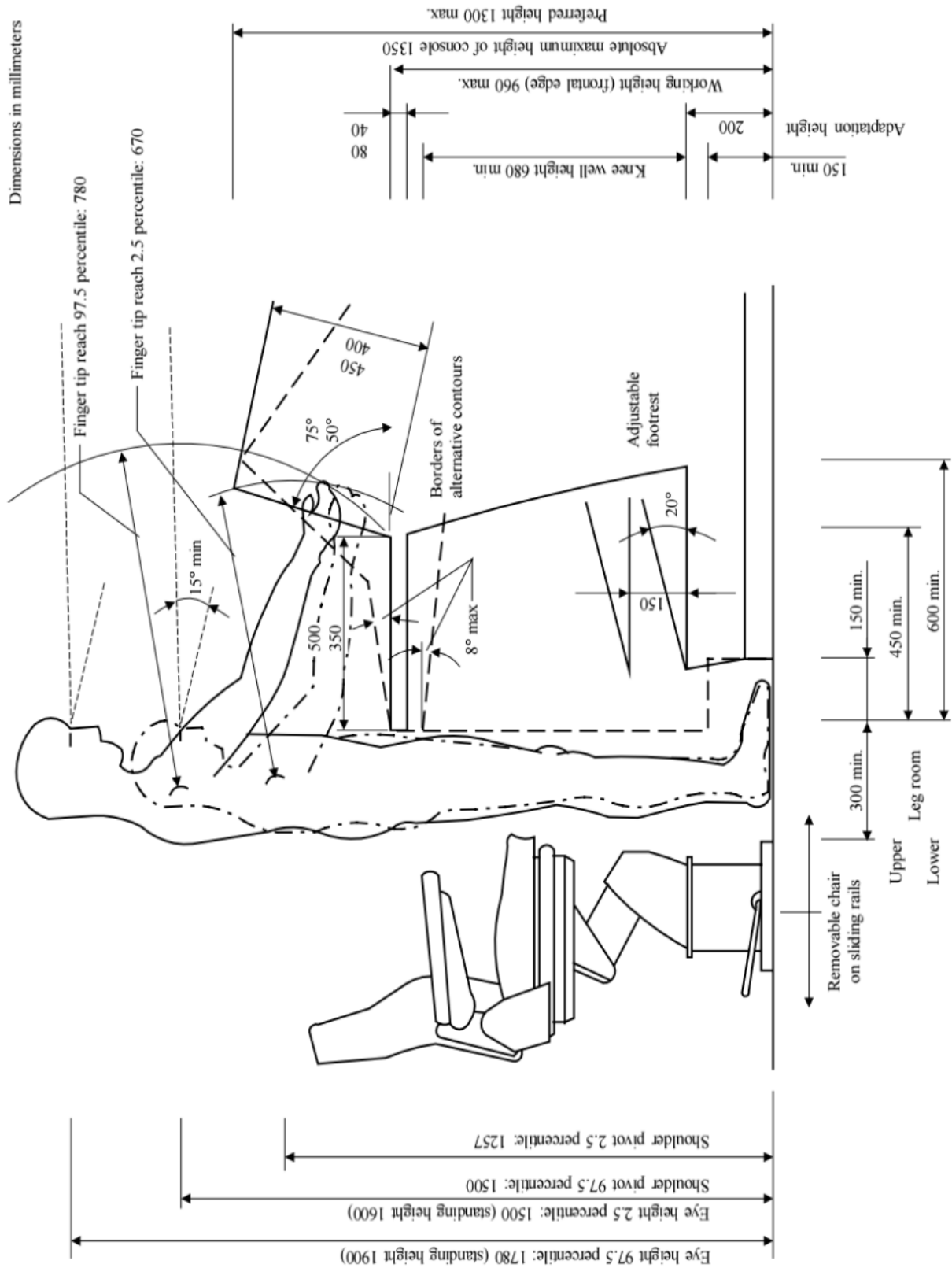




C. Richtlijnen fysieke ergonomie



Dimensions in millimeters



D. Richtlijnen functieplaatsing

Guidance note:

Tables and figure below indicates priority of some of the equipment and indicators at workstations for ship handling and aft support. Required equipment and information at the workstations are listed in paragraph F and G.

Priority zones explanation (P):

Indicators meant for reading

A – Easily readable Within an horizontal sector of 180° and vertical in the area up 60° and down 90° from the operators normal line of sight.
See Pt.4 Ch.9 Sec.6. See also Sec.5 D

B – Readable

Within an horizontal sector of 225° and vertical in the area up 60° and down 90° from the operators normal eye position.

Equipment meant to be operated

1 – Hand grasp

2 – On hand

3 – Within easy reach

4 – Within reach (Possible to reach while seated in working position)

5 – Easily available (Available when standing or when moving chair)

6 – Other that may require attention during operations

See figure below

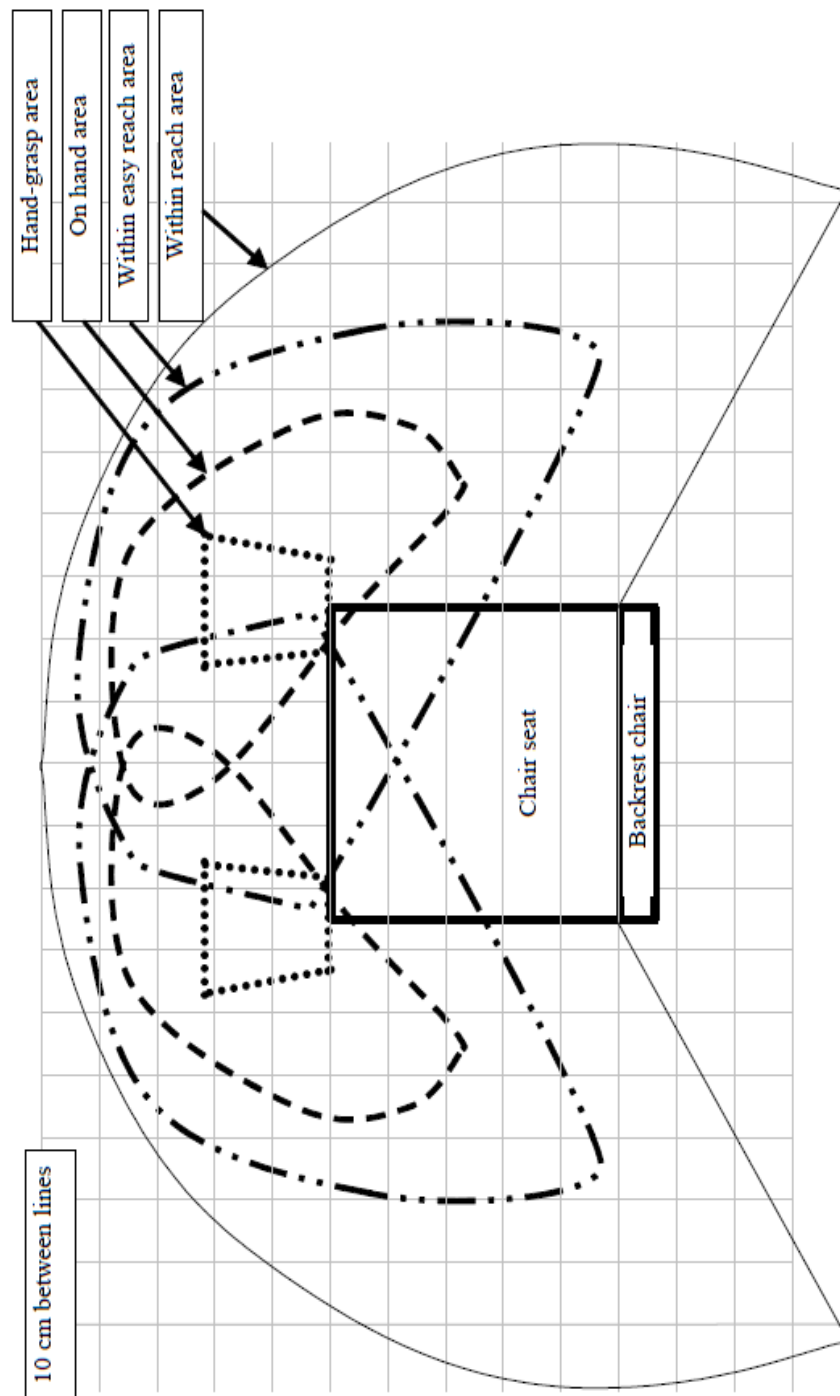


Table E1 Priority zones (P) of different equipment and indicators depending of operation							
Operation: Manoeuvring, applicable for all operations							
Workstation - ship handling				Workstation - aft support			
P	Controls	P	Information	P	Controls	P	Information
1	Longitudinal thrust control	A	Thrust/ force indicators	3	Longitudinal thrust control*	B	Thrust/ force indicators
1	Lateral thrust control	A	Thrust/ force indicators	3	Lateral thrust control*	A	Thrust/ force indicators*
2	Main propulsion/ engine systems controls	B	Machinery status awareness information	3	Main propulsion/ engine systems controls*	B	Machinery status awareness information*
2	Rudder controls	A	Rudder angle	3	Rudder controls*	A	Rudder angle*
4	Steering gear control and alarm system	B	Status info				
3	Thruster systems control	B	Status info				
3	DP System	B	DP System status info	3	DP System*	B	DP System status info*
1	Joystick	A	Joystick order and response	3	Joystick*	A	Joystick order and response*
2	Joystick system	B	Joystick status	3	Joystick system*	B	Joystick status*
3	Steering mode selector	B	Mode indication	3	Steering mode selector*	B	Mode indication*
2	Means for take command (Steering, thrust) Fore - Aft	B	Mode indication	3	Means for take command (Steering, propulsion, thrusters)*	B	Mode indication*
2	VHF	B	Channel indication/ plan	2	VHF	B	Channel indication
2	UHF	B	Channel indication/ plan	2	UHF	B	Channel indication
2	Search light						
2	Whistle						
2	Telephone	B	Telephone list	3	Telephone	B	Telephone list
2	Window cleaning controls						
4	Deck light control						
2	Central alarm panel	B	Alarm indication				
4	Intern light ctrl (incl. dimming)	A	Conning display**			B	Conning display**
4	Sound power telephone	B	Clock			B	Clock
		A	Speed indication			A	Speed indication
		B	Depth indicator			B	Depth indicator
		B	Wind direction and speed indication			B	Wind direction and speed indication
		A	Heading indication			A	Heading indication
4	arrangement for placement of papers as instructions, procedures and plans			4	arrangement for placement of papers as instructions, procedures and plans		
Operation: Cargo, applicable for vessels intended for cargo operations							
P	Controls	P	Information	P	Controls	P	Information
3	Cargo control system	B	Cargo information monitor	2	Cargo control system	B	Cargo information monitor
3	Telephone			2	Telephone		
Operation: Anchor handling, applicable for vessels intended for AH							
P	Controls	P	Information	P	Controls	P	Information
		B	Tension indicator	1	Tension controllers	A	Tension indicators
		B	Wire speed indicator	1	Winch speed control	A	Wire speed indicator
				1	Wire spooling controller		
		B	Camera monitor	2	Surveillance camera controller	A	Camera monitor
				2	Jaw shaft controller		
				2	Wire lock controller		
4	Chart radar controller	B	Chart radar				
3	Anchor handling position surveillance system control	B	Anchor handling position surveillance system monitor				
4	DGPS						
Operation: Fire fighting, applicable for vessels intended for FiFi							
P	Controls	P	Information	P	Controls	P	Information
				1	Fire monitor controllers	B	Pressure indicator
						B	Wind indicator
1	Longitudinal thrust control	A	Thrust/ force indicators	3	Longitudinal thrust control*	B	Thrust/ force indicators

* The main principle is that the workstation for aft support shall always be able to instantly take over the manoeuvring function from workstation for ship handling and this may be either by joystick, DP or by manual means.

** Not required for NAUT-OSV(T)

E. Interview garantieschipper

Voorstellen

Garantieschipper:

Walter Beij, 4 jaar ervaring op verschillende type schepen, onder andere sleepopperzuigers met OMOB.

Mijzelf voorstellen:

- Persoonlijk
- Opleiding inhoudelijk
- Bacheloropdracht algemeen

Opdracht

Opdrachtformulering IHC Systems:

- Ontwikkeling van een toekomstvisie over de bediening van sleepopperzuigers
- HMI moet op de operator worden afgestemd in plaats van andersom (wat nu gebeurt)

Heeft u het gevoel dat u zich moet aanpassen aan (de beperkingen van) het interface, of ondersteunt het interface u goed in uw manier van werken?

Hij heeft inderdaad heel erg het gevoel dat hij zich aan moest passen aan interface en hij zou het graag andersom zien.

In de huidige situatie is de bediening te doen omdat je er ervaring mee hebt, maar eigenlijk zou je blanco als buitenstaander binnen een paar uurtjes het interface moeten snappen.

Hoe gaat u te werk om de juiste informatie uit het interface te halen? Kan u dit aan de hand van een voorbeeld toelichten? Welke vragen stelt u zichzelf als u een probleem constateert? Hoe gaat u op zoek naar de oorzaak van het probleem? Hoe formuleert u vervolgens op basis van deze oorzaak een oplossing?

Informatie zoeken is niet echt een probleem, maar het zou allemaal veel beter gestructureerd kunnen worden om het zoeken te vergemakkelijken.

Bent u op basis van uw ervaring patronen gaan herkennen in de problemen, oorzaken en oplossingen, en dit gaan vertalen naar algemene regels voor de aanpak? Hoe is uw aanpak door de jaren heen veranderd als gevolg van deze patronen?

Door ervaring is hij niet perse handiger geworden in het werk, eerder wantrouwend doordat je steeds meer onvoorspelbare/onvoorziene situaties tegenkomt waardoor je dus gaat twijfelen aan je handelen (voorbeeld beide bokken waren tegelijk kapot, je denkt aan een centrale fout, maar het ging om twee verschillende andere fouten). Hele werking van schip zou anders mogen, door ervaring kom je achter zulke onhandige functies, zoals het feit dat de bokken blokkeren totdat de zuigbuis in de hoogste positie is (eerst optillen uit zadels, daarna pas uitzetten).

Situatieschets

Kunt u mij vertellen hoe het is om op de brug het schip te bedienen?

Sfeer op de brug?

Airco is onrustig en maakt veel lawaai.

Verlichting is een issue: er zijn schuine ramen om weerspiegeling te voorkomen, maar de lampjes van de desk achter jou (navigatie) schitteren in jouw raam en je denkt dat er een schip aankomt. Zelfde geldt bijvoorbeeld voor als er geen deur onderaan de trap zit, het licht onderaan de trap verlicht jouw raam en je ziet buiten niets meer.

Het dimmen van de desklampjes werkt niet goed, want de ene kleur dimt meer dan de andere, hij verzint hiervoor oplossingen met handdoeken en kartonnetjes etc.

Het brandalarm zit ver achter je, of zelfs op zijvleugel van brug, zover kan je niet van proces weglopen om het af te zetten, maar als je laat gaan gaat het algemeen alarm (over het hele schip) af, dat wil je ook voorkomen.

Communicatie?

Er is een grote afstand tussen stuurman en pijpman, waardoor je niet met elkaar mee kan kijken.

Tijd?

De OMOB is heel stressvol int begin, eigenlijk niet goed. Het is wel goed om continu bezig te moeten blijven, bij de bediening van kleinere scheepjes dwaalt de aandacht sneller af en gebeuren er fouten.

Aandachtverdeling?

Alarmen gaan ook beneden in de controlekamers af en worden daar vaak opgelost, veel alarmen worden dus enkel erkent. Alarmen bij navigatie kunnen van 5 verschillende plekken komen, op gegeven moment weet je niet meer waar ze vandaan komen.

Omgeving (zicht)?

Het liefst wil je zoveel mogelijk op zicht doen, maar lang niet altijd mogelijk, dus moet je maar op het interface vertrouwen, wel moeilijk en niet altijd betrouwbaar. Het liefst past een baggerman de ouderwetse houtje-touwtje oplossingen toe in plaats van direct de defecte onderdelen te moeten vervangen etc.

De brug is zo groot omdat de ruimte er toch is: zichtvelden worden beperkt, om dit op te lossen worden camera's gebruiken.

Er werd eens een kast precies schuin achter de navigatie gezet: dat is de plek waar schepen kunnen opduiken dus dat zichtsveld moet worden vrijgehouden.

Je wil niet helemaal weg moeten lopen achter het desk om een alarmpje uit te zetten of een portofoon op te nemen of iets dergelijks.

Probleem

Geschiedenis bespreken:

- Ontwikkelingen SCADA
- Toevoeging OMOB

Aanpak automatisering bespreken:

- Let the machine do it all mentaliteit
- Niet afgestemd op werkwijze van de operator
- Moeilijke taken blijven voor operator, hij raakt overzicht kwijt

In hoeverre heeft u overzicht en controle over de situatie? Wat doet u om dit overzicht over de totale situatie te krijgen/verbeteren?

Buitenzicht (opstaan, lopen)?

Hij is gewend overzicht te creëren over de totale situatie door te op te staan en over de brug rond te lopen. Onder andere omdat de brug voorop is geplaatst is dit zicht moeilijk te verkrijgen en wordt hij gedwongen de schermen te gebruiken.

Communicatie?

Brug achterop blijft toch fijner: je hebt het overzicht over de navigatie en het baggerproces tegelijk, je kan naast elkaar werken (pijpman en stuurman), sturen is gemakkelijker als je het volledige schip ziet in plaats van enkel het voorste puntje.

Welke schermen, knoppen en welke info?

Zuigkophendel zit het verst van je af: dit is niet handig, maar wel zo logisch doordat de brug voorop is geplaatst.

Waarover mist u het overzicht en hoe kan dit volgens u verbeterd worden?

Hij had het gevoel dat hij geen goede feedback kreeg of het overzicht had, bijvoorbeeld door het toepassen van eenzelfde symbool in verschillende situaties.

Gevolgen voor HMI

- Al jarenlang dezelfde basis
- Steeds nieuwe toevoegingen aan die basis
- Teveel informatie en onlogisch verdeeld (zowel op schermen als in knoppen)

Herkent u dit probleem (bijvoorbeeld in de tijd die nodig is om informatie te vinden)?

Hij herkende het feit dat er steeds maar op oude interface door is gebouwd, functies worden geplaatst waar nog ruimte vrij is op de lessenaar in plaats van op een logische plek. Aansturing zoeklicht niet congruent met echte situatie. Iconen noodgevallen niet ook in andere situaties toepassen

Ervaart u ook nog andere problemen?

Vier vlakken scherm niet handig. Spiegelend, vette vingers. Ergonomie is niet een fijn zittend stoeltje, maar schermkanteling volledige positionering stoel (volledig aan kant kunnen zetten)

Oplossingsrichting

- Huidige HMI volledig aan de kant zetten
- Nieuwe visie met nieuwste technologieën
- Capaciteiten van operator tot zijn recht laten komen
- Overzicht over situatie verbeteren

Door de principes van CSE toe te passen:

- Systeem verdelen in subsystemen en die beschouwen als collega's van operator
- Subsystemen laten communiceren (feedback geven) met operator
- Operator (bege)leidt de subsystemen in hun werk en houdt overzicht

Denkt u dat deze oplossing het overzicht over het proces zal vergroten?

Heeft u ideeën over het herontwerp?

Ergonomie: Draaibaar scherm van tweede pijpman naar eerste draaien. Geld is grote issue, allerlei goedkopere minder ergonomische oplossingen, terwijl makkelijk opgelost kan worden met bijvoorbeeld schermrepeating.

Voorstel brugindeling: 2 levels bovenste operator en navigator, alle kaartentafels, communicatie, survey etc level lager. Dan heb je alle rotzooi van de brug en belemmert niks het zicht. Het onderste level is toch enkel voor regelgeving en zal binnen aantal jaar verdwijnen.

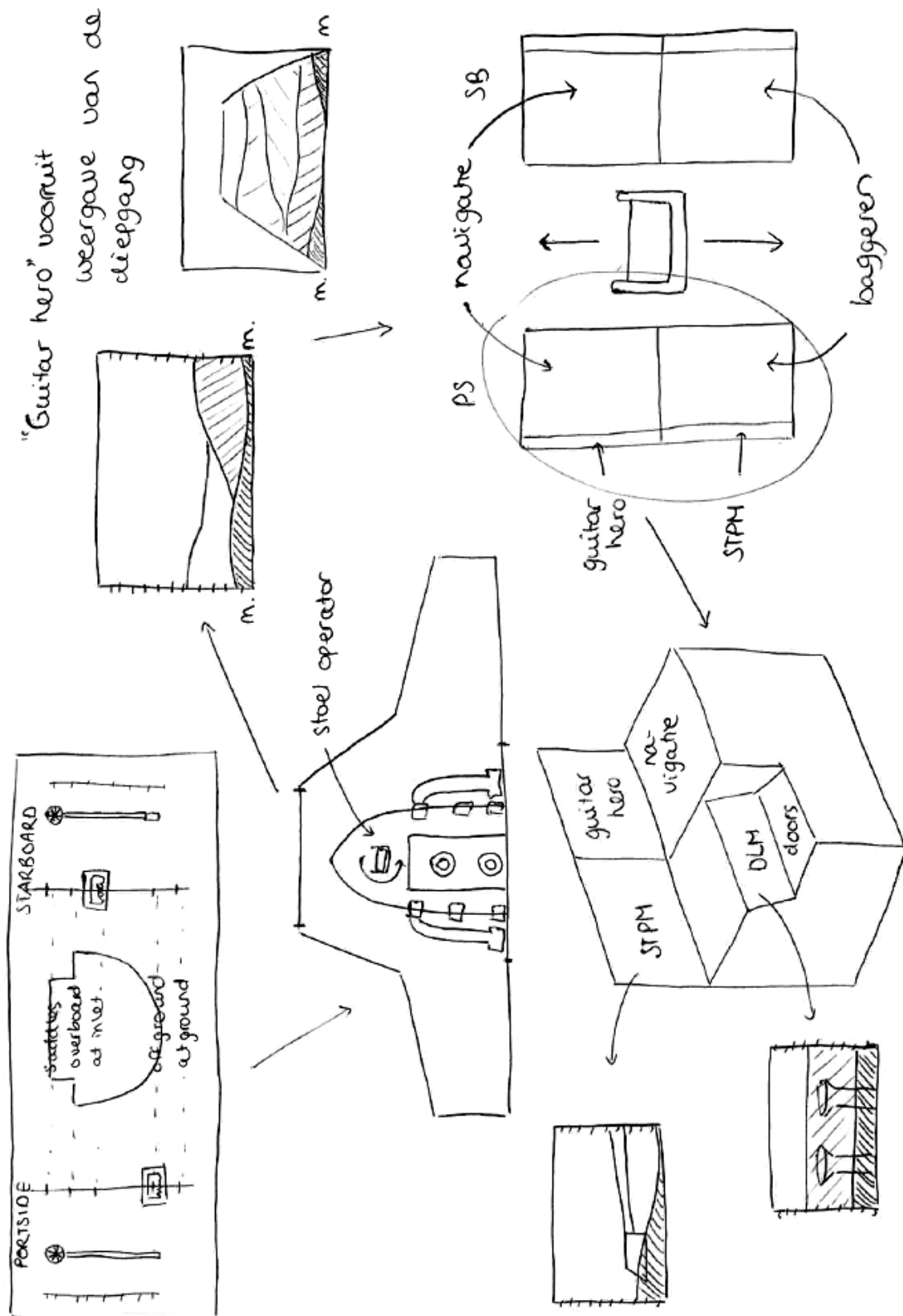
*Interface: Zwarte achtergrond 's nachts, overdag wit
Liefst een vast scherm voor zijn neus dan hele tijd switchen etc.
Alle functies, knoppen etc met schipindeling overeen laten komen.*

Afsluiting

Heeft u verder nog dingen waar u zich aan stoort in de bediening van het schip? Heeft u nog suggesties voor hoe het interface er in de toekomst uit moet zien?

Operator moet overzicht hebben en kunnen houden, automatiseringsfuncties niet volledig gebruiken want zal vaak misgaan, maar opdelen in bijv 3 stappen.

F. Ideeschetsen



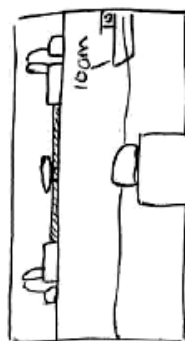
trilling in stoel
waar het schip
nadert:

armleuning rechte:

et rug naar
baggerproces
gericht)

at ground t/m in saddles positives.

achterw'it kyle Spiegel

bagget
flavigant

Zwiggelpoke
brille: wer moet
gehaald/gevurd
worden.

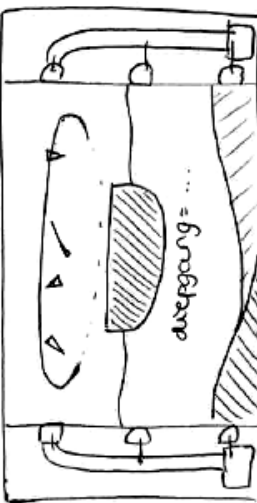
9

books

ps
bookken

vooruit:

achtterweit:

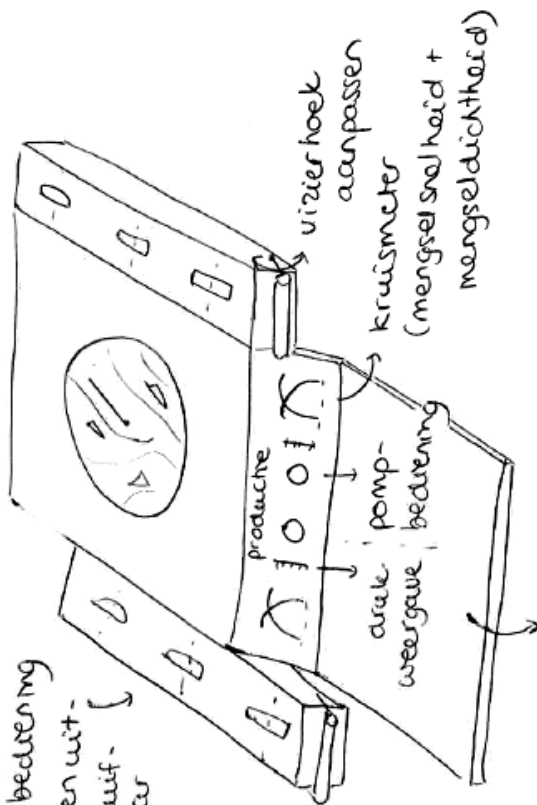


directe gevolgen
van actie op zwigkopboek
tonen in pop up venster

error

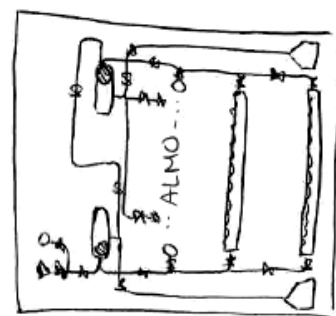

 bij error, mogelijke oorzaken met statistieken over frequentie en ernst van de oorzaak

bakken + lieren
in en uit-
bediening
Schuif-
baar

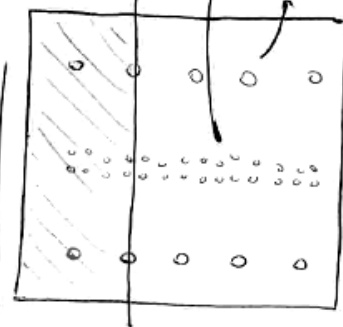


afsluiter mfo / bodemdeuren
(afhankelijk van proef fase)

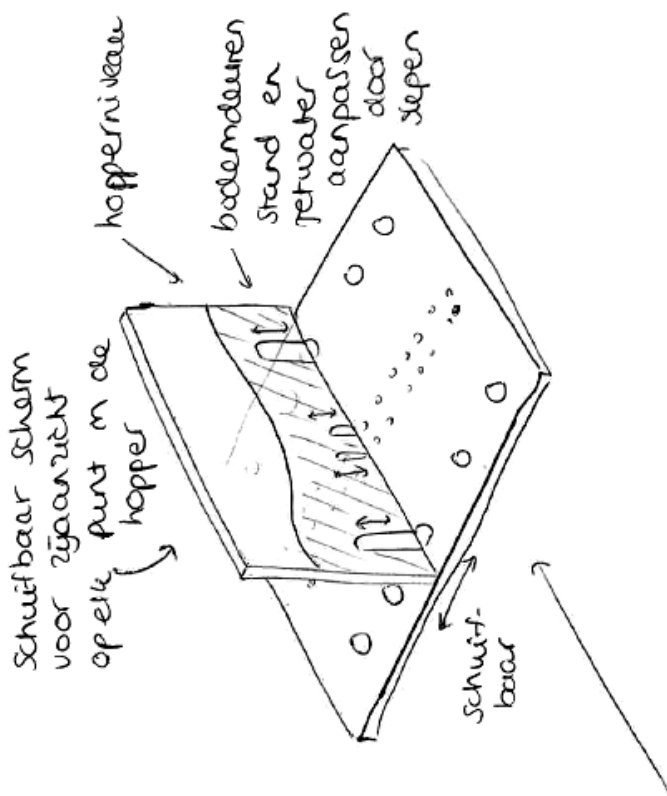
afsluiters:

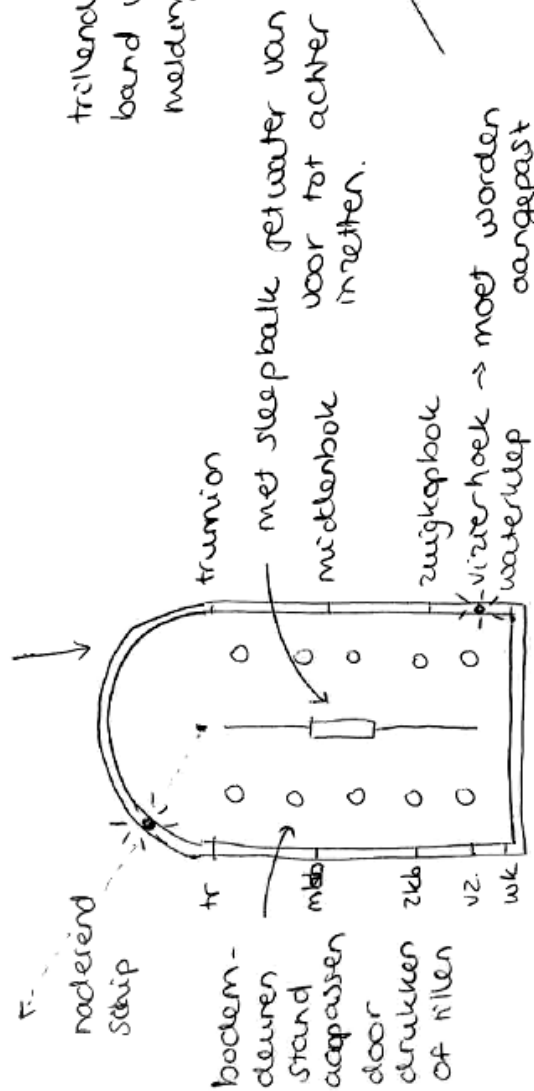
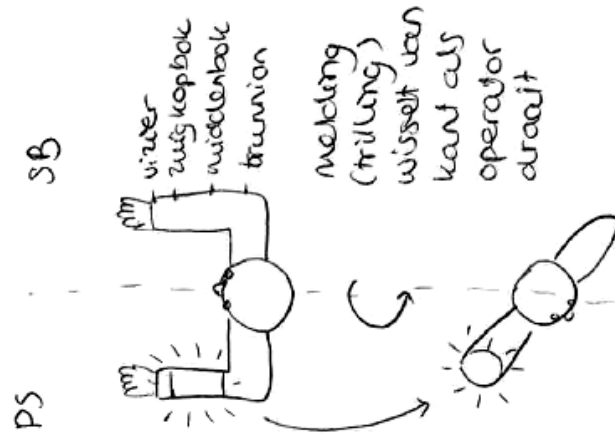
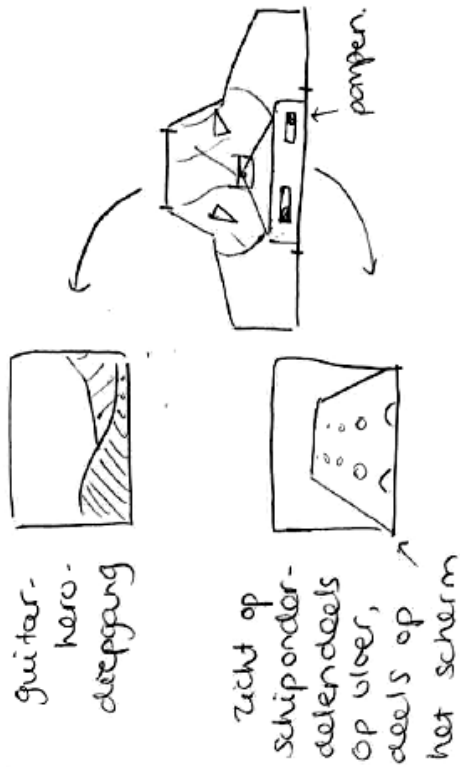
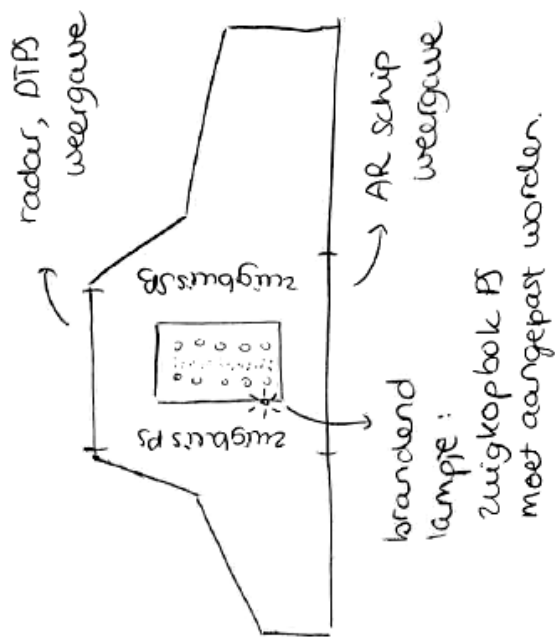


bodemdeuren:

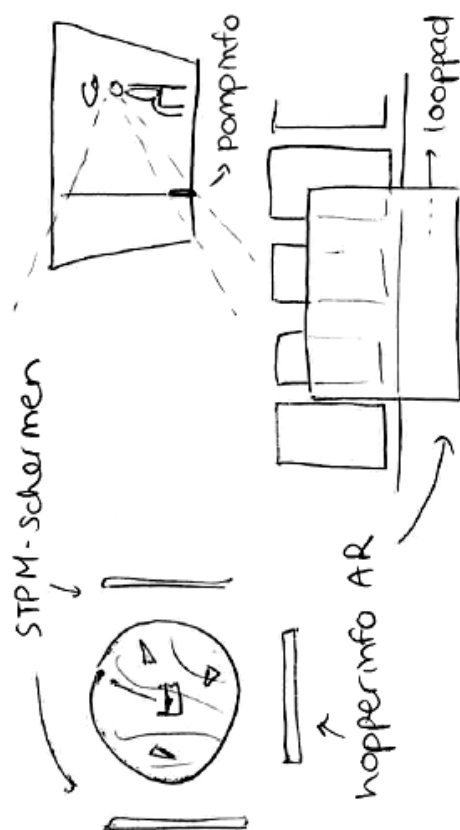


van voor naar
achter de hopper legen
streep geeft aan waar momenteel
getuwater gelost wordt.
bodemdeuren





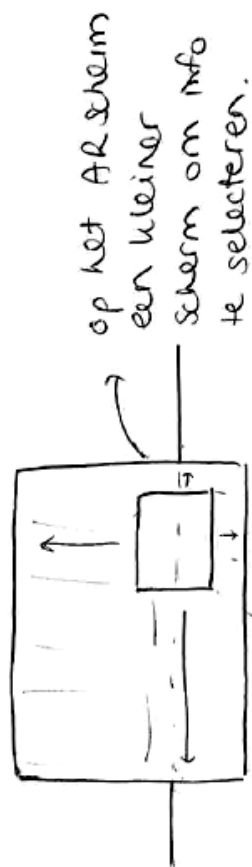
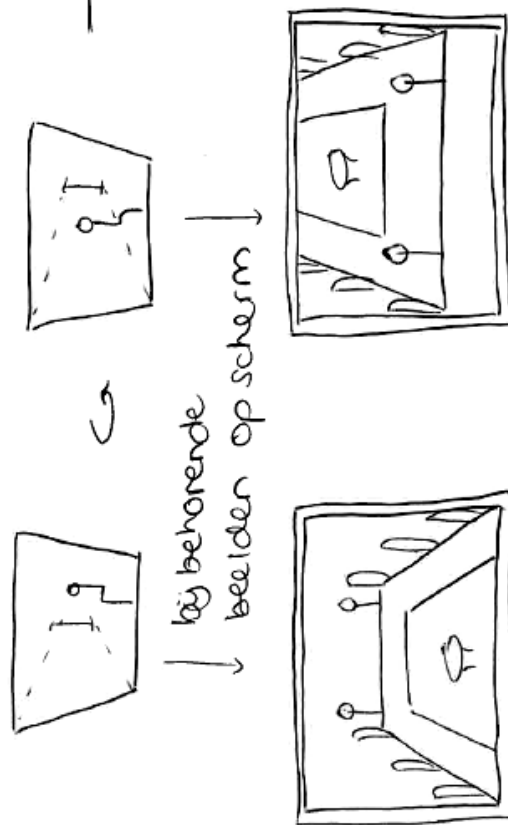
→ rand licht op waar aandacht nodig is



transparent scherm
met AR over
schipbeeld

→ vaarrichting

scherm vanaf 2 kanten
te bekijken:



wordt vervolgens
getoond op display
voor operator



3 schermen voor ondersteuning
van cognitieve processen

G. Voorbeeldschermen









H. Planning

Taken	April										Mei		
	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	2	3	4
Voorbereiding													
Plan van Aanpak schrijven													
Goedkeuring Plan van Aanpak													
Plan van Aanpak aanpassen													
Achtergrondinformatie													
Baggerproces													
Interface													
Regelgeving													
Proces en bediening													
Bediening schip													
Scheepsonderdelen													
OMOB													
Probleemstelling													
Taakverdeling													
Compensatory Principle													
Cognitive Systems Engineering													
Setpoints													
Documentatie													
Onderzoek													
Cognitive Work Analysis													
Onderzoeksplan schrijven													
Interview garantieschipper													
Ontwerprichting													
Observaties OMOB													
Onderzoeksresultaten													
Documentatie													

Juli											Augustus			Taken
15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	8	16	24	
														Ideegeneratie
														Mogelijke technologieën
														Toepassing technologie
														Conceptgeneratie en keuze
														Uitwerking functies
														Uitwerking tijdlijn
														Documentatie
														Detaillering
														Bediening vormgeven
														Informatieschermen vormgeven
														Artist impression
														Figuren verslag maken
														Aanbevelingen toepassing filosofie
														Documentatie
														Verslag afronden
														Afronding
														Deadline conceptverslag
														Deadline feedback
														Deadline eindverslag
														Presentatie



