

\_\_\_\_\_

1

*TNO-rapport*

**IZF 1990 C-24**

**H. Schuffel**

**K. Houttuin**

**P. Leydekkers**

**ÉÉN WACHTER VOOR TWEE BRUGGEN?**

Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-  
opdrachten TNO', dan wel de betreffende  
terzake tussen partijen gesloten  
overeenkomst.

© TNO

Opdrachtgever: Het ministerie van Verkeer en Waterstaat,  
Directie Zeeland, Dienstkring kanaal van  
Terneuzen, Buitenhaven 8, 4531 BX TERNEUZEN

Aantal bladzijden: 52

## INHOUD

Blz.

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| SAMENVATTING                | 5  |
| SUMMARY                     | 6  |
| 1 INLEIDING                 | 7  |
| 1.1 Aanleiding              | 7  |
| 1.2 Brugbediening           | 7  |
| 1.3 Mentale belasting       | 8  |
| 1.4 Verkeersdrukke          | 9  |
| 1.5 Beperkingen             | 9  |
| 2 METHODE                   | 10 |
| 2.1 Proefpersonen           | 10 |
| 2.2 Hoofdtaak               | 10 |
| 2.3 Subjectieve beoordeling | 11 |
| 2.4 Instrumentatie          | 11 |
| 2.5 Instructie              | 13 |
| 2.6 Procedure               | 13 |
| 2.7 Proefopzet              | 14 |
| 2.8 Analyse                 | 14 |
| 3 RESULTATEN                | 14 |
| 3.1 Kosten                  | 14 |
| 3.2 Wachtijd                | 15 |
| 3.3 Mentale belasting       | 18 |
| 4 DISCUSSIE                 | 20 |
| 4.1 Twee bruggen of één?    | 20 |
| 4.2 Conclusie               | 22 |
| REFERENTIES                 | 23 |
| BIJLAGEN                    |    |
| 1. Brugbediening            | 24 |
| 2. Verkeer                  | 25 |
| 3. Subjectieve beoordeling  | 26 |
| 4. Kosten                   | 30 |
| 5. Variantie-analyse        | 31 |
| 6. Histogrammen             | 35 |
| 7. Instructie               | 49 |
| 8. Beproevingsschema        | 52 |



### Eén wachter voor twee bruggen?

H. Schuffel, K. Houttuin en P. Leydekkers

#### SAMENVATTING

In opdracht van de Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Dienstkring Terneuzen werd onderzocht of bediening van twee bruggen door één brugwachter de verkeersstroom vertraagt en of dit de mentale belasting van de brugwachter verhoogt. In het onderzoek werden door middel van simulatie drie verkeersintensiteiten aangeboden, waarin acht van de in totaal elf ter plekke dienstdoende brugwachters, afwisselend twee of één brug moesten bedienen. Brugwachters dienden van de huidige procedures, zoals het geven van voorrang aan grote schepen in ballast, gebruik te maken. De prestatie van de brugwachter werd uitgedrukt in wachttijd en wachttijdkosten van alle verkeerssoorten. De mentale belasting werd met een subjectieve schattingsmethode bepaald, waarbij via een normering per individu, uitdrukking kon worden gegeven aan de ervaren tijdsdruk, inspanning en stress.

Uit de resultaten blijkt dat bij een routinematige verkeersdrukke geen verschillen in wachttijd of kosten optreden ten gevolge van twee- of éénbrugsbediening. Ook de mentale belasting verschilt niet en wordt als laag ervaren. Bij bijna-piek- en piekdrukten gaan de kosten van de wachttijd voor de scheepvaart ten gevolge van tweebrugsbediening omhoog, vooral ten nadele van de kleinere scheepstypen zoals coasters, dortmunders en spitsen. De mentale belasting wordt door de brugwachters bij tweebrugsbediening in bijna-piekdrukke even hoog geacht als bij éénbrugsbediening in de piekdrukke. Bij piekdrukke wordt de mentale belasting bij tweebrugsbediening als zeer hoog ervaren.

Geconcludeerd wordt dat bij routinedrukke van het scheepvaartverkeer tweebrugsbediening mogelijk is, mits door het ontwerp van een toekomstig bedieningshuis zekerheid over plaats en beweging van de verkeersdeelnemers kan worden verschaft. Bij piekdrukke van het scheepvaartverkeer is tweebrugsbediening niet acceptabel zonder nader onderzoek naar of maatregelen ter compensatie van de mentale belasting. In deze situatie is de wachttijd van kleine schepen ongeveer tweemaal zo groot als bij éénbrugsbediening.

**Can one bridgemaster control two bridges?**

H. Schuffel, K. Houttuin and P. Leydekkers

**SUMMARY**

Under contract to Ministry of Public Works, Department Zeeland, Section Terneuzen, it was determined whether the controlling of two bridges by one master slows down the traffic flow and increases the human's mental workload. In this study, three ship traffic densities were tested in a simulator experiment, in which eight of the eleven masters serving at that location took part. Masters used the actual procedures, such as the prioritizing of large ballasted ships. The bridge master's performance was expressed in terms of waiting-time and waiting-costs for different traffic categories. The mental workload was measured by subjective assessments, using individual scales to rate time-, mental effort-, and stressload.

The results show no differences between the two and one bridge control situation at low traffic densities. The rating of the mental workload is low in both conditions. At high and very high densities the costs of ships' waiting-time rise in the two bridge control situation, particularly for the smaller vessels, such as coasters, dortmunders and spitsen. The mental load in the two bridge control situation with high density is equal to the one bridge control situation with very high density. With very high density in the two bridge control situation, the mental workload is experienced as extreme high.

It is concluded that control of two bridges by one operator is acceptable in low traffic density, provided that the design of the future control room allows for proper information about position and movement of the traffic participants. At very high traffic densities, a two bridge control situation is not acceptable without further research on workload or unless measures are taken to compensate workload.



## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

Het ministerie van Verkeer en Waterstaat streeft naar inkrimping van personeel, onder andere door centralisatie van brugbediening. Als gevolg daarvan overweegt de dienstkring Terneuzen van de Directie Zeeland, twee bruggen over het kanaal Terneuzen-Gent door één brugwachter te laten bedienen.

De bruggen bevinden zich op een afstand van ongeveer acht kilometer van elkaar. Eén brug ligt ter hoogte van Sluiskil, de andere bij Sas van Gent. De Rijkswaterstaat beheert deze bruggen en is verantwoordelijk voor de passage van het verkeer in en bij de brugopening, het Directoraat Generaal Scheepvaart Maritieme Zaken (DGSM) evenwel is verantwoordelijk voor de regeling van het scheepvaartverkeer op het kanaal.

Het onderzoek richt zich louter op de brugpassages, waarbij het om de vraag gaat of een eventuele invoering van tweebrugsbediening, vooral bij bijna-piek- en piekdrukke van het scheepvaartverkeer, leidt tot een significante toename van de subjectief ervaren mentale belasting en significante vertraging van verkeersstromen.

### 1.2 Bediening

De beide draaibruggen moeten geopend worden om schepen met een hoogte van meer dan zeven meter boven de waterlijn te laten passeren. In de huidige situatie is er één brugwachter per brug. Vanuit de bedieningsposten heeft de brugwachter een goed overzicht op het weg- en scheepvaartverkeer. De bruggen zijn het gehele etmaal bediend.

De taak heeft een cyclisch karakter. De brugwachter anticipeert op de verkeersstromen en probeert het oponthoud van het verkeer te beperken. Het verkeersaanbod bestaat uit scheepvaart-, weg- en spoorwegverkeer, waarvan aantallen, type, positie, snelheid en bestuurbaarheid een rol spelen. Hoewel via de verkeerspost van het DGSM in Terneuzen een indruk over het scheepvaartaanbod kan worden verkregen, heeft de brugwachter alleen bevoegdheid de scheepsbewegingen ter plaatse van de brug te beïnvloeden. Bovendien opereert de brugwachter binnen een aantal strikte randvoorwaarden (zie Bijlage 1). Zo dienen schepen met een hoog vrijboord of hoge opbouw bij windkracht Bf 5 of meer binnen 1500 m van de brug ongehinderd te kunnen passeren. Bovendien hebben autocarriers, tankers en grote vrachtschepen binnen een afstand van

vier kilometer van de brug voorrang op kleinere schepen. De maximale wachttijd voor schepen mag niet meer dan 10 minuten en voor wegverkeer niet meer dan 20 minuten bedragen.

De brugwachter kan dus alleen op indirecte wijze over de verkeersstroom geïnformeerd worden. De beweging van scheepvaart- en wegverkeer kan op een afstand van ongeveer 1500 m van de brug met behulp van signaleringslichten direct worden geregeld.

### 1.3 Mentale belasting

In het algemeen komt een drietal methoden voor het meten van mentale belasting in aanmerking (O'Donnell en Eggemeyer, 1988). De psycho-fysiologische meetmethode gaat uit van het verband tussen eisen die een taak stelt aan de menselijke informatieverwerking en de eventueel optredende fysiologische veranderingen, zoals hartslag-variabiliteit. Het tweede type meetmethode gaat er vanuit dat een overschrijding van de maximale mentale belasting meetbaar is met een tweede taak. De mate waarin een persoon wordt belast door informatieverwerking bij de hoofdtak wordt gemeten met deze tweede taak. De tweede taak kan onder andere een leestaak zijn of een taak waarbij geluisterd wordt naar series willekeurige letters waarvan enkele onthouden moeten worden. De derde meetmethode die hier wordt gebruikt is gebaseerd op subjectieve beoordeling van mentale belasting. Om dit te meten wordt de Subjective Workload Assessment Technique (SWAT, Reid e.a., 1981) gebruikt die is opgebouwd uit in principe drie onafhankelijke factoren:

- tijdsdruk, heeft de operator het gevoel dat er te veel of te weinig tijd beschikbaar is;
- inspanning, heeft de operator het gevoel dat de situatie makkelijk of moeilijk oplosbaar is;
- stress, ervaart de operator al dan niet emoties van verwarring, angst of risico.

Iedere factor heeft drie verbale omschrijvingen waarmee de ervaren last als weinig, matig of veel wordt gekenmerkt. De 27 mogelijke combinaties worden door de proefpersonen vooraf beoordeeld om een persoonlijke rangorde vast te stellen. Tijdens een experiment wordt de subjectief ervaren mentale belasting geïnventariseerd met behulp van drie vragen over tijdsdruk, inspanning en stress.

De methode wordt in dit experiment gevolgd omdat de verhouding tussen opbrengst, de door proefpersonen te leveren inspanning, en de te nemen meettechnische maatregelen, gunstig is.

Bij het meten van mentale belasting komt altijd het probleem van de normering naar voren. In dit experiment gaat het niet zozeer over een



absolute maatstaf maar om een vergelijking van oordelen tussen twee tweebrugssituaties. Het nadeel van de gekozen methode blijft natuurlijk de subjectiviteit van het oordeel waarbij mogelijk andere elementen dan de drie factoren een rol spelen.

#### 1.4 Verkeersdrukte

Om de grenzen van de brugbediening te kunnen bepalen is gezocht naar minstens drie intensiteiten van het scheepvaartverkeersaanbod; routine, bijna-piek- en piekdrukte.

De aantallen verkeersdeelnemers in de diverse verkeersintensiteiten zijn gebaseerd op gegevens van de Rijkswaterstaat. De intervallen tussen aankomsttijden van de verkeersdeelnemers bij de brug zijn uit een Poisson verdeling getrokken.

Bij het scheepvaartverkeer werd met zes categorieën rekening gehouden. Voor de tanker, de autocarrier, het vrachtschip, de coaster en de dortmunder moest de brug geopend worden. De spits voer onder de brug door, behalve wanneer de brug bediend werd. Bij het wegverkeer werd onderscheid gemaakt tussen auto's, al dan niet gelede vrachtauto's, landbouwverkeer, fietsers, brommers en voetgangers. Het wegverkeer bestond altijd uit dezelfde intensiteit.

De weersomstandigheden waren voor alle scenario's hetzelfde. De windkracht werd gesteld op Bf 5. Daarmee werd benadrukt voor de brugwachters dat de schepen uit het oogpunt van manoeuvreerbaarheid, een voldoende snelheid dienden te handhaven. De zichtcondities werden in het experiment buiten beschouwing gelaten.

#### 1.5 Beperkingen

De studie werd met behulp van een simulator verricht omdat, in tegenstelling tot proeven in de werkelijkheid, de invloedsfactoren beter gecontroleerd kunnen worden en uiteraard ook mogelijkerwijs onveilige situaties, zoals piekintensiteiten van het verkeer, onderzocht kunnen worden.

De beperkingen van het gebruik van een simulator betreffen onder andere de validiteit. In dit geval is er geen bijzondere aanleiding te twijfelen aan de getrouwheid van de modellering van het verkeer. Gegevens werden ontleend aan veldmetingen van de Rijkswaterstaat. De presentatie van de omgeving en het brugwachtershuis zelf werden sterk van de werkelijkheid geabstraheerd. De verkeerssituaties werden op een kleurenbeeldbuis afgebeeld, bovendien was het bedieningstableau sterk

vereenvoudigd. De brugwachter had evenwel zekerheid over de positie en beweging van alle verkeersdeelnemers, bovendien kon desgewenst informatie over het scheepvaartverkeer per (gesimuleerde) marifoon worden verkregen. De proefopzet wordt dus gunstig geacht met betrekking tot het zicht op de situatie.

Tenslotte dienen nog twee belangrijke aannamen bij de proefopzet te worden vermeld. De brugwachters zijn partij en deelnemer in het experiment. Het is denkbaar dat zij tegen een krimpoperatie zijn en opzettelijk de resultaten van het experiment beïnvloeden. Dit aspect werd met de opdrachtgever en de brugwachters van te voren besproken. Het werd redelijk bevonden aan te nemen dat brugwachters onbevooroordeeld zouden participeren.

Een tweede aanname betreft de bedieningsprocedures, zowel in de één - als in de tweebrugssituatie. De brugwachters regelen uitsluitend volgens de huidige inzichten van de Rijkswaterstaat de passage van het scheepvaartverkeer ter plaatse van de brug. De bediening van twee bruggen in de tweebrugssituatie wordt derhalve als onafhankelijk beschouwd. Optimalisatie van de verkeersafhandeling door brugwachters, wordt hier uitgesloten. In een apart experiment werd analytisch nagegaan of procedurewijziging tot verbetering van de verkeersafhandeling kan leiden (Verhaegh, 1990).

## 2 METHODE

### 2.1 Proefpersonen

Aan het experiment namen acht brugwachters deel. Zij maakten deel uit van een totaal van elf brugwachters dat de dienst van de brugbediening vervult. De proefpersonen waren neutraal met betrekking tot een eventuele invoering van tweebrugsbediening.

### 2.2 Hoofdtaken

De proefpersonen bedienden één brug of twee bruggen tegelijkertijd. Er waren drie scheepvaart intensiteiten (routine, bijna-piek en piek) in combinatie met een bijna-piekintensiteit van het wegverkeer.



### 2.3 Subjectieve beoordeling

Tijdens het experiment werd een proefpersoon gevraagd zijn indruk van de belasting elke 10 minuten aan te geven in termen van weinig, matig of veel voor de dimensies tijdsdruk, inspanning en stress. Per dimensie was voor de proefpersonen nader uitgewerkt wat met weinig, matig en veel werd bedoeld (zie ook Bijlage 3). De proefpersonen schreven dit per keer op een vel papier op. Van te voren hadden zij een persoonlijke schaal bepaald door de 27 mogelijke combinaties, die op afzonderlijke kaartjes stonden vermeld, te rangschikken van laagste naar hoogste werkbelastingssituatie. Op grond daarvan werd voor de analyse een schaal van 0 tot 100 gehanteerd (Reid, 1981).

### 2.4 Instrumentatie

Een proefpersoon zat aan een bedieningsconsole in een afgesloten ruimte. De verkeerssituatie werd op een computer gestuurd beeldscherm gepresenteerd. De verkeersdeelnemers waren herkenbaar aan de vorm en de plaats van een symbool. Bovendien werd desgewenst via een gesimuleerde marifoonverbinding door de proefleider informatie over de status van een schip verstrekt.

Het kanaal met de twee bruggen werd in het platte vlak als bovenaanzicht gepresenteerd op onder andere een schaal van 1 : 166 (zie Fig. 1 en Fig. 2). Een detailopname van de brugomgeving kon op het midden van het scherm worden afgebeeld (zie Fig. 3). Het beeldscherm was van het type Philips FLC20HR met 1024 x 1258 beeldpunten. De verkeerslichten en de bruggen werden bediend met een grafisch tablet waarop de bedieningsmiddelen compatibel met de afbeelding waren weergegeven.

De opstelling was in een pilot-experiment (te Rietmole, 1989) beproefd en naar aanleiding van de opmerkingen van twee, niet aan dit experiment deelnemende brugwachters, gemodificeerd.





Fig. 1 Experimentele opstelling bestaande uit een beeldscherm voor presentaties van het kanaal met brug(gen) en verkeersdeelnemers en een grafisch tablet voor bediening.

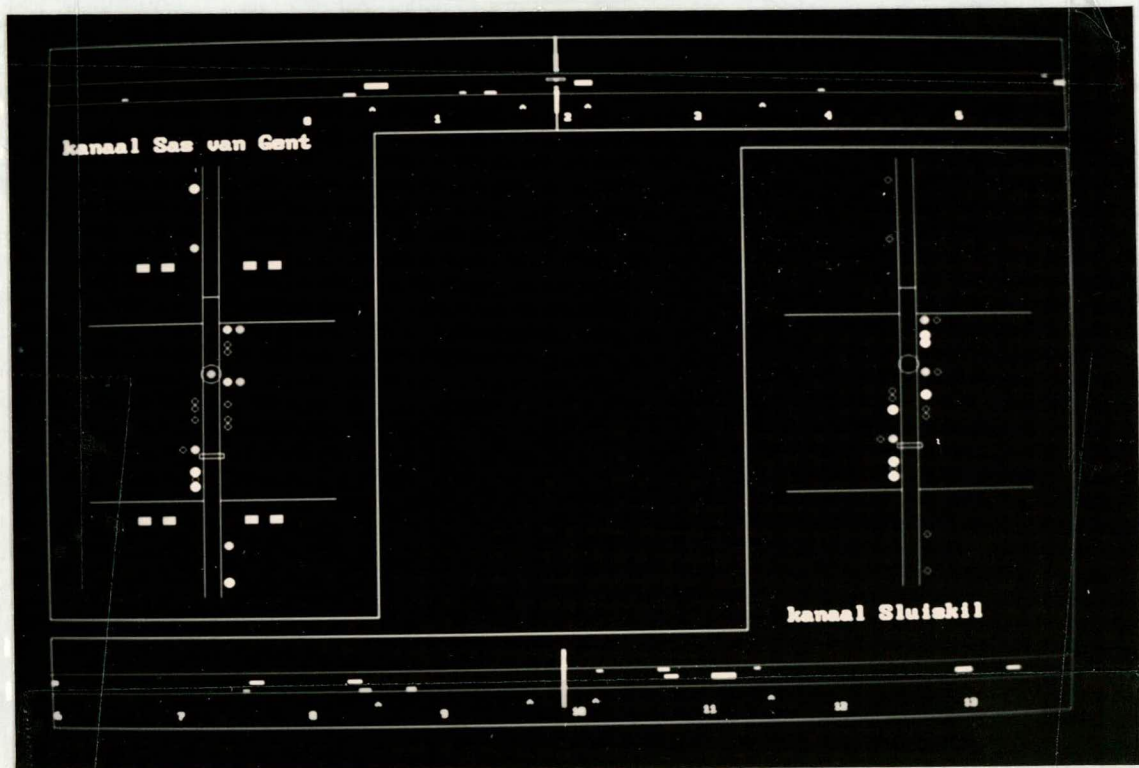


Fig. 2 Geschematiseerde presentatie van het kanaal met de bruggen bij Sas van Gent en Sluiskil.







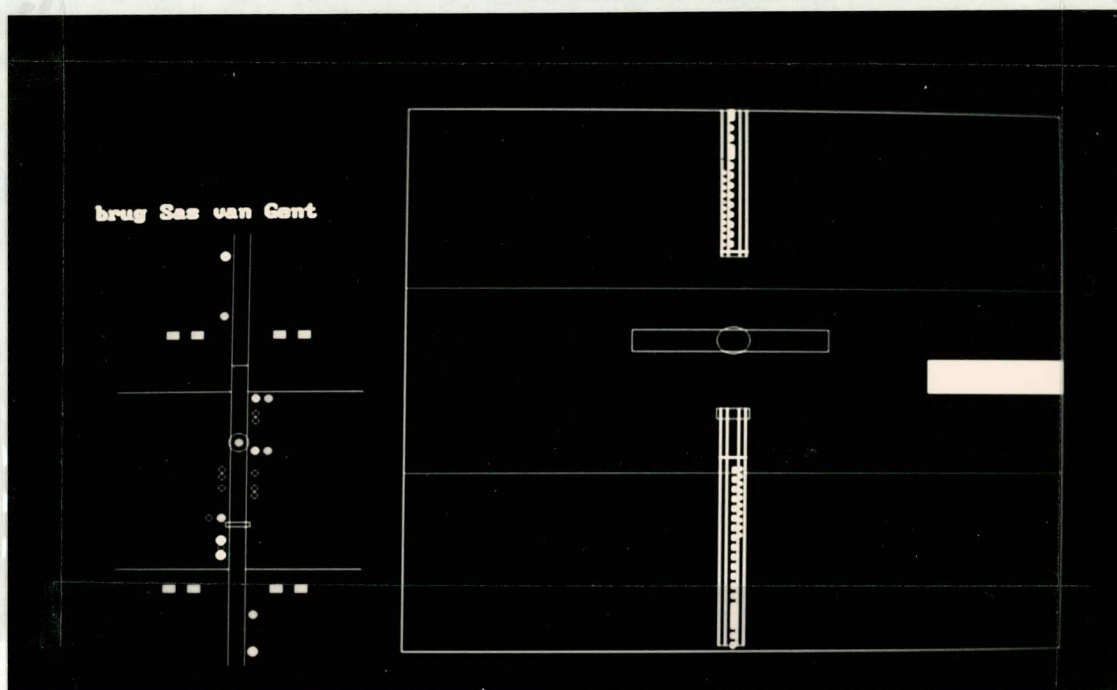


Fig. 3 Details van de brugomgeving konden in het midden van het scherm worden afgebeeld.

## 2.5 Instructie

De proefpersonen waren door een bespreking bij de dienstkring Terneuzen op de hoogte gesteld van de doelstelling en werkwijze van het onderzoek.

De proefpersonen werd gevraagd de brug(gen) te bedienen zoals ze dat in de praktijk gewend waren. De verkeersstromen dienden zo weinig mogelijk gehinderd te worden (zie ook Bijlage 7).

## 2.6 Procedure

De proefpersonen kwamen in groepjes van twee gedurende twee achtereenvolgende dagen. Om beurten vervulden ze een brugwachtersdienst van een uur. Aan het begin van de eerste dag werden de proefpersonen vertrouwd gemaakt met de instrumentatie, het gebruik van de SWAT en werd de persoonlijke mentale belastingsschaal opgesteld. De eerste middag werden vier en de volgende dag acht diensten vervuld. In elke dienst kwam één verkeersdrukte met één- of tweebrugsbediening voor.



## 2.7 Proefopzet

De invloed van de factoren brug (één- of tweebrugsbediening), scheepvaartintensiteit (routine, bijna-piek, piek) werden voor alle proefpersonen onderzocht. De volgorde van de diverse combinaties werd gebalanceerd om gewinningseffecten zo veel mogelijk uit te sluiten (zie ook Bijlage 8).

## 2.8 Analyse

De kosten van de wachttijd in guldens werden per brug per uur berekend op basis van gegevens van de Rijkswaterstaat (zie Bijlage 4) om voor de combinaties van verkeerssoorten de invloed van de factoren brug en scheepvaartintensiteit te kunnen beoordelen.

De wachttijd per verkeerssoort werd per brug per uur gemeten ter indicatie van de mate waarin de factoren brug en scheepvaartintensiteit de verkeersstroom vertragen.

De mentale belasting werd per uur gemeten en uitgedrukt in procenten tussen 0 en 100 volgens een persoonlijke schaal van de proefpersoon.

Genoemde afhankelijke variabelen werden aan een variantie-analyse onderworpen.

# 3 RESULTATEN

## 3.1 Kosten

In Fig. 4 zijn de kosten, gemiddeld over proefpersonen, voor alle verkeer en het weg- en scheepvaartverkeer afzonderlijk, weergegeven. Uit een variantie-analyse (zie Bijlage 5) blijkt dat de wachttijdkosten van de combinatie van alle verkeerssoorten, niet door één- of tweebrugsbediening significant verschillend wordt beïnvloed. Zowel bij de combinatie van alle verkeerssoorten, als bij het wegverkeer afzonderlijk, is er alleen een significant verschil tussen intensiteiten. Bij het scheepvaartverkeer treedt een significante verhoging van de wachttijdkosten door tweebrugsbediening op. Gemiddeld over alle condities bedragen de kosten van de wachttijd van het scheepvaartverkeer in de tweebrugssituatie f 365,-- en in de éénbrugssituatie f 268,-- per uur.

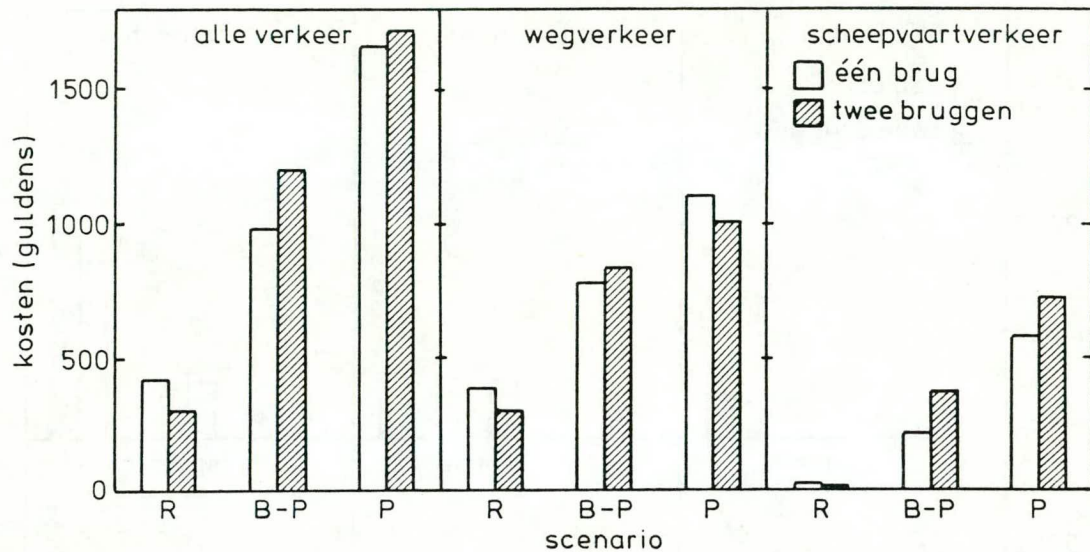


Fig. 4 De kosten (guldens) van de wachttijd per brug per uur van alle verkeer en het weg- en scheepvaartverkeer afzonderlijk, als functie van de factoren brug- en scheepvaart intensiteit, gemiddeld over proefpersonen.

### 3.2 Wachttijd

In Fig. 5 zijn de wachttijden, gemiddeld over proefpersonen, voor het scheepvaartverkeer weergegeven. Uit een variantie-analyse (zie Bijlage 5) blijkt dat de wachttijd van tankers, autocarriers en vrachtschepen niet significant verschillend door één- of tweebrugsbediening wordt beïnvloed. De wachttijd van coasters, dortmunders en spitsen wordt daarentegen significant vergroot door tweebrugsbediening. Bij beschouwing van de bijbehorende histogrammen (zie Bijlage 6) blijkt dat de tweebrugsbediening in tegenstelling tot éénbrugsbediening een klein aantal gevallen met grote wachttijden oplevert onder overigens gelijke omstandigheden. Het verschil van gemiddelden dat in de variantie-analyse is getoetst is terug te voeren op deze uitschieters in de tweebrugssituatie. Hierbij wordt opgemerkt dat spitsen en dortmunders door de gestelde regels niet onder een draaiende brug doorvoeren en dortmunders niet door spitsen werden opgelopen aan stuurboordzijde van het vaarwater (zie ook Fig. 6).



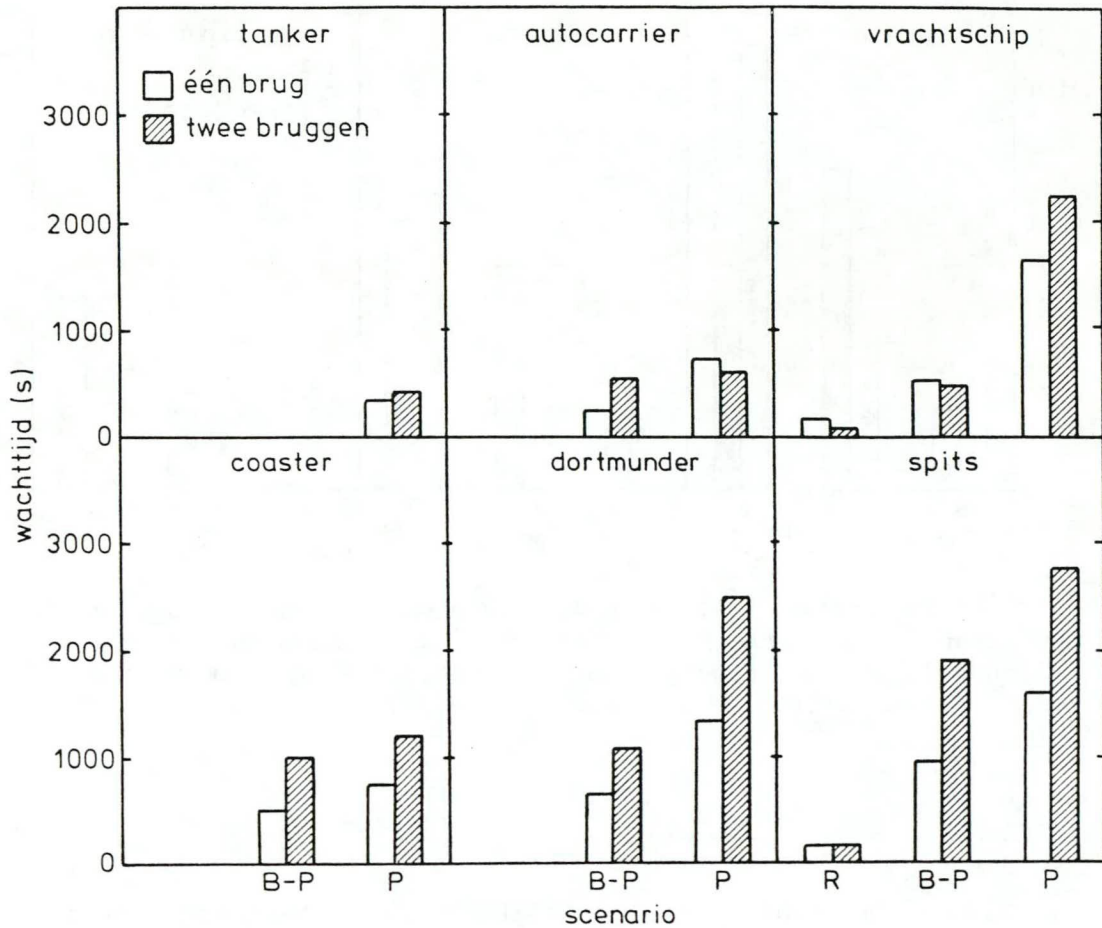


Fig. 5 De wachttijd per uur per brug in seconden van scheepvaartverkeerssoorten, als functie van de factoren brug en scheepvaartintensiteit, gemiddeld over proefpersonen.

In Fig. 6 zijn de wachttijden per uur per brug gemiddeld over proefpersonen, van het wegverkeer aangegeven. Bij deze verkeerssoorten is er alleen een statistisch effect (zie Bijlage 5) van de factor brug bij de motoren. Voor het overige zijn alleen verschillen tengevolge van scheepvaartdrukke significant. In alle gevallen neemt de wachttijd als functie van de scheepvaartdrukke toe. Brommers en voetgangers vertonen een significant kleinere toename bij piekdrukke in de twee-brugssituatie. Verschillen tussen proefpersonen zijn niet significant.

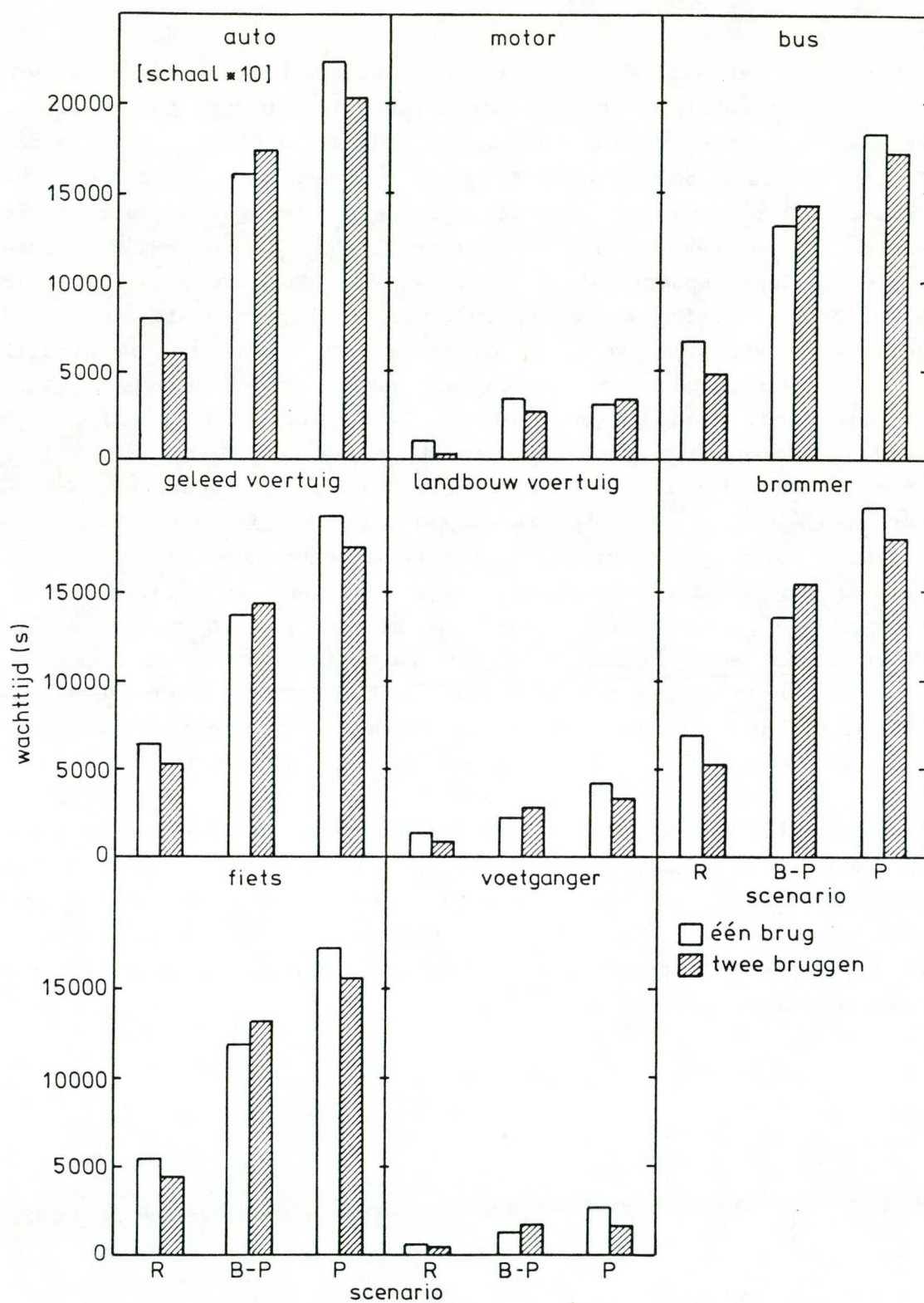


Fig. 6 De wachttijd per uur per brug in seconden van wegverkeerssoorten, als functie van de factoren brug en scheepvaartintensiteit, gemiddeld over proefpersonen.



### 3.3 Subjectieve beoordeling

In Fig. 7 is het oordeel, gemiddeld over brugwachters weergegeven voor het totaal en in Fig. 8 voor de dimensies tijd, in spanning en stress. Uit een variantie-analyse (Bijlage 5) blijkt dat het totaaloordeel significant door de factoren brug en verkeersintensiteit wordt beïnvloed. Bij éénbrugsbediening bedragen de percentages in de condities routine, bijna-piek en piek respectievelijk 5, 18 en 24%, bij tweebrugsbediening respectievelijk 11, 29 en 55%. De mentale belasting in de tweebrugsbediening wordt dus systematisch hoger ervaren dan in de éénbrugssituatie. Zo ook wordt de piekdrukke en de routine-conditie consistent als respectievelijk hoog en laag belastend aangemerkt.

Uit een nadere analyse (Newman-Keuls test, Bijlage 5, p. 32) blijkt dat het oordeel bij piekdrukke in de tweebrugssituatie significant hoger is dan bij alle andere condities. Voorts blijkt dat het oordeel over bijna-piekdrukke in de tweebrugssituatie statistisch gezien, niet verschilt van de piekdrukke in de bestaande éénbrugsbediening.

Zoals in Fig. 8 naar voren komt, dragen de dimensies tijd, inspanning en stress bij benadering in gelijke mate bij. Een nadere analyse (Newman-Keuls test, Bijlage 5, P. 33) bevestigt dit beeld, hoewel het oordeel over tijdsdruk met betrekking tot één- of tweebrugsbediening niet significant is. Dat oordeel loopt dus verhoudingsgewijs sterker uiteen binnen proefpersonen dan tussen de brugssituaties.

Omdat het hier steeds over gemiddelden van proefpersonen gaat, is voor het totaaloordeel een uitsplitsing gemaakt naar de frequentie van oordelen over de range van 0 tot 100 voor de factoren brug en verkeersintensiteit. In Tabel I is te zien dat in de tweebrugssituatie met bijna-piek- en piekdrukke, de mentale belasting 16 keer als zeer hoog wordt beoordeeld.

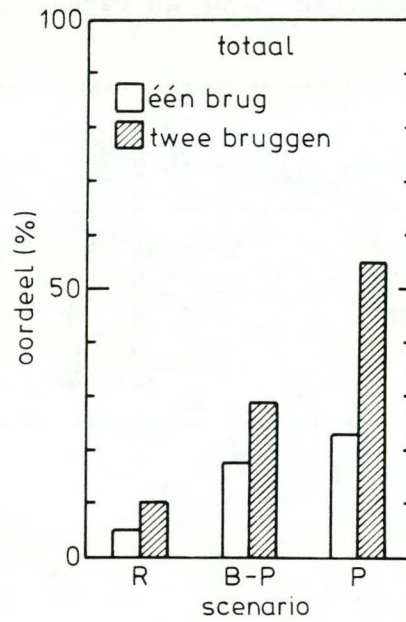


Fig. 7 Het oordeel van de proefpersonen over mentale belasting, als functie van de factoren brug en scheepvaartintensiteit.

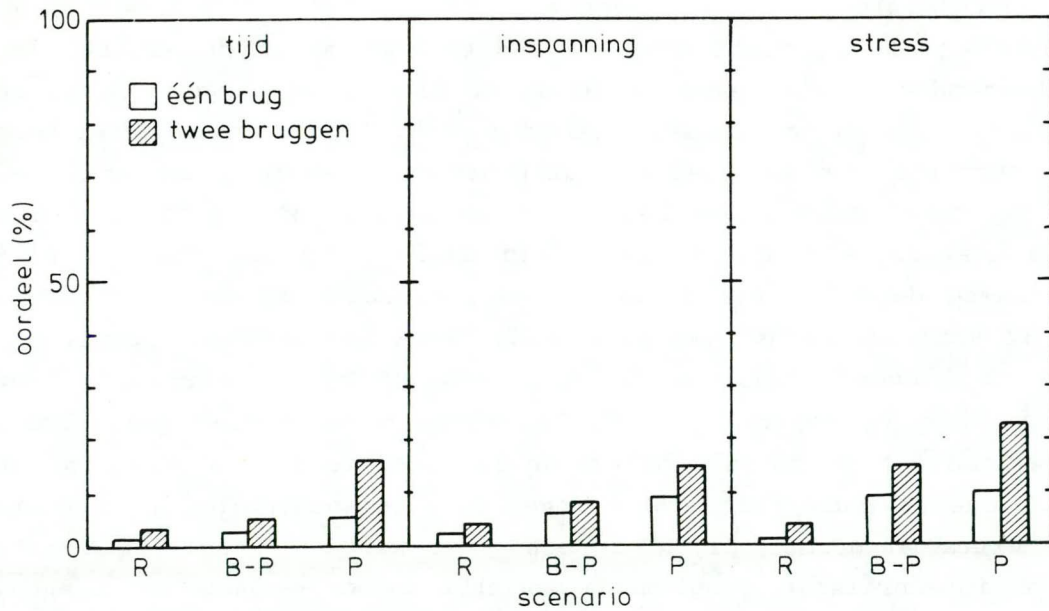


Fig. 8 Het oordeel van de proefpersonen over mentale belasting, opgesplitst in tijdsdruk, inspanning en stress.



Tabel I Aantal benoemingen van het totaaloordeel per klasse als functie van de factor brug en verkeersintensiteit.

| oordeelklassen (%) | één brug |     |    | twee bruggen |     |    |
|--------------------|----------|-----|----|--------------|-----|----|
|                    | R        | B-P | P  | R            | B-P | P  |
| 0 - 20             | 45       | 35  | 30 | 34           | 22  | 4  |
| 21 - 40            | 3        | 3   | 8  | 8            | 7   | 14 |
| 41 - 60            | 0        | 2   | 0  | 4            | 10  | 3  |
| 61 - 80            | 0        | 8   | 6  | 2            | 5   | 15 |
| 81 - 100           | 0        | 0   | 4  | 0            | 4   | 12 |

#### 4 DISCUSSIE

##### 4.1 Twee bruggen of één?

Uit de resultaten van dit simulatie experiment komt het beeld naar voren dat bij rustig scheepvaartverkeer één- of tweebrugsbediening geen verschillende invloed heeft op de verkeersafwikkeling en de mentale belasting van de brugwachter.

Bij bijna-piek- en piekdrukke stijgen de kosten van de wachttijd, in het bijzonder van het scheepvaartverkeer bij tweebrugsbediening. Deze kostenstijging en de daaraan verbonden wachttijdverlenging komt vooral voor rekening van de kleinere scheepstypen. De brugwachters voelen zich bij deze drukten meer belast. De mentale belasting bij piekdrukke in de tweebrugssituatie is gemiddeld matig, maar uit Tabel I blijkt dat ruwweg de helft van de betreffende oordelen er op duidt dat men hoog of maximaal belast is. De mentale belasting wordt dan ervaren als "geen tijd over", "alle aandacht vereisend" en "verwarrend". Hoewel hieruit door de beperking van de gevolgde methode niet geconcludeerd kan worden dat de mentale belasting in absolute zin te hoog is, verdient deze bevinding bij overwegingen tweebrugsbediening in te voeren, toch extra aandacht. Bij het meten van mentale belasting ontstaan altijd interpretatie problemen, ongeacht welke methode er toegepast wordt. Hierdoor wordt vaak aangeraden verschillende methoden tegelijkertijd toe te passen. Nader onderzoek naar de mentale belasting ligt dan voor de hand om aan te bevelen. Het is evenwel duidelijk dat in werksituaties altijd een maximum aan werklast bereikt kan worden. Deze situatie wordt hier bij piekdrukke bereikt met een tweemaal zo hoog gemiddelde als in de huidige praktijk. Derhalve lijkt het doelmatiger

aan maatregelen te denken voor compensatie van te hoge mentale belasting, zoals een extra man bij piekdrukke of het vaststellen van een maximaal aantal per uur te behandelen schepen.

De bevindingen roepen met betrekking tot de generaliseerbaarheid natuurlijk de beperkingen van het experiment in herinnering.

Voor wat betreft de hier gevonden wachttijden van het waterverkeer is er geen aanleiding de validiteit van het gehanteerde verkeersmodel ter discussie te stellen (Provincie Zeeland, 1987).

Inzake het gedrag van de proefpersonen kan worden opgemerkt dat voor een opzettelijk negatieve beoordeling, van de tweebrugssituatie of positieve beoordeling van de éénbrugssituatie nagenoeg geen steun te vinden is. Bij een rustig scenario en de gegeven intensiteit van het wegverkeer treden vrijwel geen verschillen op. Opzettelijke beïnvloeding van de wachttijden is derhalve niet waarschijnlijk. Of de proefpersonen zich bij het beoordelen van de mentale belasting door externe factoren hebben laten leiden is niet verifieerbaar.

De proefpersonen waren zich bewust van de kunstmatige situatie. Het veroorzaken van gevaarlijke situaties brengt voor de persoon in kwestie geen nadelige gevolgen met zich mee. Uit dit oogmerk dienen de oordelen van de proefpersonen eerder als optimistisch dan als overdreven te worden opgevat.

Tenslotte wordt herhaald dat de proefopstelling de werkelijkheid gunstig representeert. Het overzicht over het gehele kanaal en het uitzicht op de lokale brugomgeving is duidelijk en zonder onzekerheid over de plaats en het gedrag van de verkeersdeelnemers. Bovendien is er geen interferentie met andere taken zoals dwingende telefoongesprekken en/of onduidelijkheden bij het opvolgen van de aanwijzigingen van de brugwachter.

Bij het generaliseren van de bevindingen mag verwacht worden dat de prestatie van de brugwachters in de praktijk slechter zullen zijn.

In deze studie hoefde de vraag niet te worden beantwoord op welke wijze tweebrugsbediening door één persoon altijd mogelijk zou zijn. Omdat deze gedachte bij de formulering van de onderzoeksvraag wel een rol speelde wordt hier toch een enkele opmerking over gemaakt.

Eventuele maatregelen kunnen betrekking hebben op de uitrusting, de opleiding en training van de persoon of de procedure.

Voor wat betreft de uitrusting werd in het voorgaande al vermeld dat in technische zin verbeteringen niet verder mogelijk zijn, zij het dat een kortere bedieningscyclus door snellere brugbeweging een direct gunstig effect op de wachttijd zal hebben.



Voor wat betreft effecten van een eventuele opleiding en training van de brugwachter ter verbetering van de optimalisatie van de verkeersstroom kunnen baten en kosten nog niet goed worden overzien. In de eerste plaats behoort het volgens de huidige inzichten uitdrukkelijk niet tot de taakstelling van de brugwachter het verkeer te regelen. Ten tweede geven de resultaten van een analytische studie naar optimalisering van de procedures hier geen aanleiding toe.

Voor wat betreft de organisatie van procedure dient te worden overwogen de dienst zo in te richten dat in bijna-piek- en piekdrukten twee brugwachters ter beschikking zijn of om het aantal passages per brug per uur te limiteren.

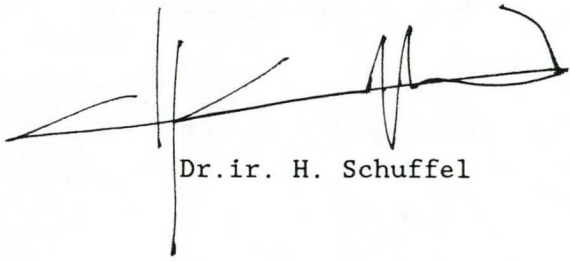
#### 4.2 Conclusie

Tweebrugsbediening door één wachter is mogelijk bij lage scheepvaartintensiteit (6 passages per brug per uur), mits met de uitrusting van het brugwachtershuis zekerheid kan worden verkregen over plaats en beweging van verkeersdeelnemers. Bij bijna-piekdrukke (14 passages per brug per uur) is tweebrugsbediening voor wat betreft mentale belasting kritisch en bij piekdrukke (22 passages per brug per uur) niet acceptabel zonder nader onderzoek naar of maatregelen ter compensatie van de mentale belasting. Bij piekdrukke is de wachttijd van kleine schepen in de tweebrugssituatie bijna twee maal zo groot als in de één-brugssituatie.

## REFERENTIES

- O'Donnell, R.D., Eggemeyer, F.T. (1988). Workload assessment methodology. In: K.R. Boll, L. Kaufman and J.P. Thomas (Eds), Handbook of Perception and Human Performance, Vol. II: Cognitive Processes and Performance.
- Provincie Zeeland (1987). Onderzoek naar de gevolgen van de passages van sluizen en bruggen voor weg- en waterverkeer in de provincie Zeeland. Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Reid, G.B., Shingledecker, C.A., Eggemeyer, F.T. (1981). Application of conjoint measurement to workload scale development. Proceedings of the Human Factors Society Twenty-Fifth Annual Meeting, 522-526.
- Rietmole, I. te (1989). Verslag pilotexperiment centrale brugbediening Rijkswaterstaat. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Verhaegh, P.J.G. (1990). Procedures voor de bediening van één verkeersbrug. Fysisch en Electronisch Laboratorium TNO, Den Haag, C-128.

Soesterberg, 3 oktober 1990



Dr.ir. H. Schuffel



## BIJLAGE 1: Brugbediening

1. Autocarrier, tanker en vrachtschepen mogen niet komen stil te liggen binnen de 1500 meter van de brug. Het moet bekend zijn voor deze schepen of ze wel of niet kunnen doorvaren. Indien de brug gesloten is dienen ze ruim buiten de 1500 meter de snelheid daarop aan te passen.
2. Dortmunder en coaster mogen wel binnen de 1500 meter stil komen te liggen als gevolg van een rood sein.
3. Dortmunder en coaster moeten wachten voor de brug indien een Autocarrier/tanker/vrachtschip zich binnen de 4 km van de brug bevindt en daarvoor gedraaid moet worden.
4. Tussen 07.40 - 08.00 en 16.40 - 17.00 uur blijft de brug gesloten voor scheepvaartverkeer in verband met het spitsuur. Het scheepvaartverkeer houdt hier rekening mee, en de snelheid wordt hierop aangepast, al ruim buiten de 1500 meter voor de brug. Voor schepen langer dan 245 m gelden de bloktijden niet.
5. De brug blijft gesloten voor scheepvaartverkeer indien het zicht minder dan 250 meter is.
6. Voertuigen dienen bij voorkeur niet twee keer voor dezelfde brug te stoppen.
7. Met het wegverkeer wordt in principe geen rekening gehouden indien een dortmunder/coaster komt waarvoor gedraaid moet worden en er is geen groter schip binnen de 4 km van de brug.
8. Prioriteitenlijst:
 

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| Autocarrier | 1 (hoogste prioriteit) |
| Tanker      | 1                      |
| Coaster     | 2                      |
| Dortmunder  | 3                      |
| Wegverkeer  | 4                      |
| Spits       | 5                      |
9. De maximale wachttijd voor het wegverkeer mag in principe niet meer dan 20 à 22 minuten bedragen.
10. De maximale wachttijd voor een schip mag in principe niet meer dan 10 minuten bedragen.

## BIJLAGE 2: Verkeer

## Samenstelling van het verkeer

| scheepvaart-<br>verkeer          | aantal deelnemers per verkeerssoort |      |            |      |      |      | (drukte)<br>(brugsituatie) |
|----------------------------------|-------------------------------------|------|------------|------|------|------|----------------------------|
|                                  | routine                             |      | bijna-piek |      | piek |      |                            |
|                                  | een                                 | twee | een        | twee | een  | twee |                            |
| tanker                           | 0                                   | 0    | 0          | 0    | 2    | 3    |                            |
| autocarrier                      | 0                                   | 0    | 2          | 3    | 2    | 2    |                            |
| vrachtschip                      | 2                                   | 3    | 2          | 4    | 4    | 7    |                            |
| coaster                          | 0                                   | 0    | 2          | 3    | 2    | 3    |                            |
| dortmunder                       | 0                                   | 0    | 2          | 3    | 4    | 6    |                            |
| spits                            | 4                                   | 4    | 6          | 11   | 8    | 12   |                            |
| aantal mogelijke<br>brugpassages | 6                                   | 12   | 14         | 28   | 22   | 44   |                            |

| wegverkeer*                      | aantal deelnemers<br>per verkeerssoort |      |
|----------------------------------|----------------------------------------|------|
| auto                             | 480                                    | 960  |
| motor                            | 8                                      | 16   |
| bus of vrachtauto                | 40                                     | 80   |
| gelede vrachtauto                | 40                                     | 80   |
| landbouwvoertuig                 | 8                                      | 16   |
| bromfiets                        | 48                                     | 96   |
| fiets                            | 48                                     | 96   |
| voetganger                       | 8                                      | 16   |
| aantal mogelijke<br>brugpassages | 680                                    | 1360 |

\* Dit wegverkeer gold voor alle scheepvaartverkeersscenario's en werd als "bijna-piek" situatie beschouwd.

## BIJLAGE 3: Subjectieve beoordeling

### Proefpersonen instructie voor de SWAT (verkorte versie)

#### Inleiding

In deze instructie wordt u vertrouwd gemaakt met verschillende begrippen die een rol spelen bij het meten van de werkbelasting zoals u die ervaart.

Daarna moet u een aantal kaartjes met verschillende combinaties van werkbelastingsfactoren sorteren.

Tenslotte wordt u geïnstrueerd hoe u tijdens de latere experimentele fase aan moet geven hoe groot de werkbelasting is van een taak die u net uitgevoerd heeft.

#### Werkbelasting

Tijdens dit experiment zal u gevraagd worden om aan te geven hoe hoog de door u ervaren werkbelasting is. Met de term werkbelasting wordt bedoeld, hoe hard u moet werken om een taak uit te voeren (en hoeveel "restcapaciteit" u nog over heeft). Het niveau van werkbelasting wordt door verschillende factoren beïnvloed. In de test die hier gebruikt wordt, de SWAT, gaat het om de factoren (1) tijdsdruk, (2) inspanning en (3) stress.

Elke SWAT factor heeft drie niveaus van belasting: 1 (weinig), 2 (een beetje) en 3 (veel). Ter verduidelijking zullen de drie factoren en hun niveaus besproken worden. Lees de beschrijving goed, zodat er later geen onduidelijkheden zijn.

#### Tijdsdruk

De factor tijdsdruk geeft aan hoeveel tijd de uitvoering van een taak vraagt vergeleken met de totaal beschikbare tijd.

De tijdsdruk wordt tijdens latere experimentele fasen met de cijfers 1, 2 of 3 aangegeven.

- 1 = Vaak tijd over. Onderbrekingen of overlappingsen met andere taken treden zelden of nooit op.
- 2 = Soms tijd over. Onderbrekingen of overlappingsen met andere taken treden voortdurend op.
- 3 = Vrijwel geen tijd over. Onderbrekingen of overlappingsen met andere taken treden voortdurend of zelfs continu op.



### Inspanning

Bij inspanning gaat het om de hoeveelheid aandacht en inspanning die voor een goede uitvoering van een taak nodig is.

De inspanning wordt eveneens met de cijfers 1, 2 of 3 aangegeven.

- 1 = Zeer weinig geestelijke inspanning of concentratie. De uitvoering van de taak is bijna automatisch en vergt praktisch geen aandacht.
- 2 = Matige geestelijke inspanning of concentratie. De taak is al redelijk ingewikkeld en vergt een behoorlijke aandacht als gevolg van onzekerheid, onvoorspelbaarheid of onbekendheid.
- 3 = Uitgebreide geestelijke inspanning en concentratie zijn noodzakelijk. De taak is zeer ingewikkeld en vereist alle aandacht.

### Psychologische stress

Met stress wordt alles bedoeld dat tijdens het uitvoeren van een taak extra werkbelasting geeft ten gevolge van angst, frustratie of verwarring. Bij lage stressniveaus voelt men zich redelijk ontspannen. Bij toenemende stress gaat men zich verward, gefrustreerd en bang voelen. men moet zichzelf dan ook goed onder controle houden, om de zaken in de hand te houden.

De stress wordt ook hier weer met de cijfers 1, 2 of 3 aangegeven.

- 1 = Weinig of geen verwarring, frustratie of angst. Gemakkelijk te hanteren.
- 2 = Matige stress als gevolg van verwarring, frustratie of angst beginnen duidelijk bij te dragen tot de werkbelasting. U moet echt uw best doen om de taak goed uit te voeren.
- 3 = Enorme stress door verwarring, frustratie of angst. U moet enorm uw best doen om uzelf onder controle te houden en de taak te blijven uitvoeren.

Elke van de drie zojuist beschreven factoren (tijdsdruk, inspanning en stress) draagt bij aan de totale werkbelasting. Let wel: ze kunnen samengaan, maar dat hoeft niet! Zo kan men een aantal taken hebben die allemaal tegelijk uitgevoerd moeten worden (hoge tijdsdruk), maar deze taken vragen op zichzelf relatief weinig aandacht (lage inspanning). Ook kan men gefrustreerd en angstig zijn door een bepaalde taak (hoge stress), maar voortdurend tijd over hebben (lage tijdsdruk), terwijl de taak bovendien vrij eenvoudig is (lage inspanning). Omdat deze factoren niet perse samenhangen, moet u elke factor apart behandelen; en de tijdsdruk, mentale inspanning en stress die u tijdens bepaalde taken hebt ervaren onafhankelijk van elkaar schatten.

## Sorteren

Om uw persoonlijke schaal te krijgen, moet u een rangorde maken van de werkbelasting bij al deze combinaties. Voor het rangordenen van de combinaties heeft u een serie van 27 kaarten met combinaties van elk van de drie factoren. Elke kaart bevat weer een andere combinatie van de niveaus tijdsdruk, inspanning en psychologische stress. Uw taak is om de kaarten te sorteren met betrekking tot het niveau van de totale werkbelasting dat op elk kaartje is aangegeven.

U dient de kaarten van de laagste naar de hoogste werkbelastingssituatie te rangschikken. De wijze waarop u dat doet mag u zelf bepalen. Een handige methode is de kaarten in drie voorlopige stapels te verdeelen voor "hoge", "middelmattige" en "lage" werkbelasting. Als u daarmee klaar bent, gaat u elke stapel rangschikken. Tenslotte combineert u de stapels en controleert of het resultaat inderdaad uw eigen rangorde van laagste naar hoogste werkbelasting weergeeft.

Er is niet één bepaalde "goede" oplossing. Er is dus ook geen bepaalde "goede" volgorde. De goede volgorde is wat naar uw oordeel in het algemeen het beste de toename van werkbelasting van laag naar hoog weergeeft. Mensen hebben daarover heel verschillende meningen.

Onthoud dus:

1. Het kaart sorteren dient om uw eigen werkbelastingsschaal te ontwikkelen.
2. Gebruik bij het sorteren de beschrijvingen op de kaart. Het is niet de bedoeling aan één speciale taak te denken (bijv. autorijden in het spitsuur). Sorteert de kaarten naar uw algemene idee van werkbelasting en het belang dat u hecht aan de factoren tijdsdruk, inspanning en psychologische stress.
3. In de latere experimentele fase voert u de gewenste taak uit. Na afloop of tijdens de taak moet u een SWAT-score geven volgens uw idee van de mentale werkbelasting die nodig was om de taak uit te voeren. De SWAT-score bestaat uit één getal voor elk van de drie factoren.

Een SWAT-score kan bijvoorbeeld zijn "1-2-2". Dat wil zeggen tijdsdruk = 1, mentale inspanningsbelasting = 2, en psychologische stress belasting = 2.



4. We vragen u niet naar uw voorkeur voor tijdsdruk, mentale inspanning, en psychologische stress belasting. Sommige mensen zijn misschien liever " bezig " dan dat ze niets te doen hebben. We zijn niet geïnteresseerd in een dergelijke voorkeur. We willen alleen weten hoe de drie factoren en de drie niveaus op die factoren naar uw idee het niveau van werkbelasting bepalen. U hebt misschien liever een 2-2-2 situatie dan een 1-1-1 situatie. Maar u moet zich wel realiseren dat de 1-1-1 situatie minder werkbelasting betekent.

Vanaf nu heeft u waarschijnlijk 30 minuten tot een uur nodig om de kaarten te sorteren.

U mag te allen tijde vragen stellen. Dank u voor uw medewerking.

#### SWAT-scores op de dimensies:

|                          |   |   |   |
|--------------------------|---|---|---|
| - tijdsdruk:             | 1 | 2 | 3 |
| - inspanning:            | 1 | 2 | 3 |
| - psychologische stress: | 1 | 2 | 3 |

#### Overzicht SWAT-scores

##### *Tijdsdruk*

1. Vaak tijd over. Onderbrekingen of overlappings met andere taken treden zelden of nooit op.
2. Soms tijd over. Onderbrekingen of overlappings met andere taken treden voortdurend op.
3. Vrijwel geen tijd over. Onderbrekingen en overlappings met andere taken treden voortdurend of zelfs continu op.

##### *Inspanning*

1. Zeer weinig geestelijke inspanning of concentratie. De uitvoering van de taak is bijna automatisch en vergt praktisch geen aandacht.
2. Matige geestelijke inspanning of concentratie nodig. De taak is al redelijk ingewikkeld en vergt een behoorlijke aandacht als gevolg van onzekerheid, onvoorspelbaarheid of onbekendheid.
3. Uitgebreide geestelijke inspanning en concentratie zijn noodzakelijk. De taak is zeer ingewikkeld en vereist alle aandacht.

##### *Stress*

1. Weinig of geen verwarring, frustratie of angst. Gemakkelijk te hanteren.
2. Matige stress als gevolg van verwarring, frustratie of angst beginnen duidelijk bij te dragen tot de werkbelasting. U moet echt uw best doen om de taak goed te blijven doen.
3. Enorme stress door verwarring, frustratie of angst. U moet enorm uw best doen om uzelf onder controle te houden en de taak te blijven uitvoeren.



## BIJLAGE 4: Kosten

Omrekening van wachttijd naar guldens**Berekeningswijze (auto's)**Zakelijk:  $25,90 \times 1,35 \times 0,12 = f \quad 4,20$ Woon/werk:  $5,00 \times 1,27 \times 0,30 = f \quad 1,90$ Overig:  $3,60 \times 1,00 \times 0,58 = f \quad 2,10$ -----  
Totaal:  $f \quad 8,19$ **Berekeningswijze (motoren)**Woon/werk:  $5,00 \times 1,00 \times 0,30 = f \quad 1,50$ Overig:  $3,60 \times 1,00 \times 0,70 = f \quad 2,52$ -----  
Totaal:  $f \quad 4,02$ **Wegverkeer:**Auto (0):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 8,19 = f \quad \dots$ Motor (1):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 4,02 = f \quad \dots$ Bus (2):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 52,20 = f \quad \dots$ Vrachtauto (3):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 45,20 = f \quad \dots$ Landbouw (4):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 25,90 = f \quad \dots$ Brommer (5):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 4,16 = f \quad \dots$ Fiets (6):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 4,16 = f \quad \dots$ Voetganger (7):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 3,60 = f \quad \dots$ **Waterverkeer:**Coaster (10):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 360,96 = f \quad \dots$ Vrachtschip (11):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 360,96 = f \quad \dots$ Tanker (12):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 677,09 = f \quad \dots$ Autocarrier (13):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 960,95 = f \quad \dots$ Spits (14):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 68,24 = f \quad \dots$ Dortmunder (15):  $\text{Wachttijd}/3600 \times f \quad 124,30 = f \quad \dots$ 

Bronvermelding: Onderzoek naar de gevolgen van de passages van sluizen en bruggen voor weg- en waterverkeer in de provincie Zeeland, 1987 (blz. 13 van dit rapport en Bijlage 8).

Volgens het rapport worden de kosten berekend volgens de COBA norm financiële waardering X gemiddelde bezetting X voertuigverliesuren

: Memo RWS d.d. 13 september 1989, NXP ing. J.W.M. Maas.

## BIJLAGE 5: Variantie-analyses

Resultaten ANOVA's onderzoek bediening een/twee bruggen<sup>1</sup>a) Alleen **scheepvaartverkeer** (som-score in gld.)

effect: een/twee bruggen  $F = 9.69$   $df = 1,7$   $p = .017$  \*

drukke  $F = 57.3$   $df = 2,14$   $p = .001$  \*\*

b) Alleen **wegverkeer** (som-score in gld.)

effect: een/twee bruggen  $F = 1.42$   $df = 1,7$   $p = .272$  n.s.

drukke  $F = 198.$   $df = 2,14$   $p = .000$  \*\*

c) **Alle verkeer** (som-score in gld.)

effect: een/twee bruggen  $F = 1.24$   $df = 1,7$   $p = .303$  n.s.

drukke  $F = 349.$   $df = 2,14$   $p = .000$  \*\*

## d) Effect per type voertuig/vaartuig (score in gld.)

| effect      | een/twee bruggen |     |      |      | drukke              |      |      |                   |
|-------------|------------------|-----|------|------|---------------------|------|------|-------------------|
|             | F                | df  | p    |      | F                   | df   | p    |                   |
| auto        | 1.44             | 1,7 | .269 | n.s. | 219.                | 2,14 | .000 | **                |
| motor       | 5.62             | 1,7 | .048 | *    | 87.3                | 2,14 | .000 | **                |
| bus         | 1.12             | 1,7 | .326 | n.s. | 139.                | 2,14 | .000 | **                |
| geleed      | 1.29             | 1,7 | .294 | n.s. | 209.                | 2,14 | .000 | **                |
| landbouw    | 2.22             | 1,7 | .178 | n.s. | 58.6                | 2,14 | .001 | **                |
| brommer     | 0.72             | 1,7 | .571 | n.s. | 172.                | 2,14 | .000 | **                |
| fiets       | 0.61             | 1,7 | .534 | n.s. | 90.8                | 2,14 | .000 | **                |
| voetganger  | 10.5             | 1,7 | .014 | *    | 86.2                | 2,14 | .000 | **                |
| coaster     | 8.96             | 1,7 | .020 | *    | 1.85                | 1,7  | .215 | n.s. <sup>2</sup> |
| vrachtschip | 1.17             | 1,7 | .317 | n.s. | 118.                | 2,14 | .000 | **                |
| tanker      | 0.46             | 1,7 | .525 | n.s. | n.v.t. <sup>3</sup> |      |      |                   |
| autocarrier | 0.94             | 1,7 | .634 | n.s. | 4.67                | 1,7  | .066 | n.s. <sup>2</sup> |
| spits       | 26.3             | 1,7 | .002 | **   | 50.8                | 2,14 | .001 | **                |
| dortmunder  | 25.5             | 1,7 | .002 | **   | 21.6                | 1,7  | .003 | ** <sup>2</sup>   |

<sup>1</sup> Niet-genoemde hoofdeffecten en interacties zijn niet significant.

<sup>2</sup> Alleen gemeten bij *bijna-piek* en *piek*.

<sup>3</sup> Alleen gemeten bij *piek*.

Voor enkele typen is bovendien de interactie een/twee bruggen \* drukte (bijna) significant:

|             | F    | df   | p    |      |
|-------------|------|------|------|------|
| landbouw    | 3.19 | 2,14 | .071 | n.s. |
| brommer     | 5.19 | 2,14 | .020 | *    |
| voetganger  | 5.59 | 2,14 | .016 | *    |
| vrachtschip | 3.22 | 2,14 | .070 | n.s. |
| spits       | 4.16 | 2,14 | .037 | *    |

e) SWAT-score<sup>4</sup>

1. Totaal-score

|                      |          |            |          |    |
|----------------------|----------|------------|----------|----|
| (a) een/twee bruggen | F = 19.2 | df = 1,7   | p = .004 | ** |
| (b) drukte           | F = 10.0 | df = 2,14  | p = .002 | ** |
| (c) herhaling        | F = 4.16 | df = 5,35  | p = .005 | ** |
| interacties: A * B   | F = 7.41 | df = 2,14  | p = .007 | ** |
| A * C                | F = 3.21 | df = 5,35  | p = .017 | *  |
| B * C                | F = 3.15 | df = 10,70 | p = .003 | ** |
| A * B * C            | F = 2.25 | df = 10,70 | p = .024 | *  |

2. Tijd-score

|                      |          |            |          |      |
|----------------------|----------|------------|----------|------|
| (a) een/twee bruggen | F = 4.33 | df = 1,7   | p = .074 | n.s. |
| (b) drukte           | F = 5.93 | df = 2,14  | p = .014 | *    |
| (c) herhaling        | F = 2.89 | df = 5,35  | p = .027 | *    |
| interacties: A * B   | F = 3.39 | df = 2,14  | p = .062 | n.s. |
| A * C                | F = 2.92 | df = 5,35  | p = .026 | *    |
| B * C                | F = 2.20 | df = 10,70 | p = .027 | *    |
| A * B * C            | F = 2.10 | df = 10,70 | p = .036 | *    |

<sup>4</sup> Significante proefpersoon-effecten en -interacties worden niet genoemd.



3. *Inspanning-score*

|                      |          |            |          |      |
|----------------------|----------|------------|----------|------|
| (a) een/twee bruggen | F = 13.4 | df = 1,7   | p = .008 | **   |
| (b) drukte           | F = 4.33 | df = 2,14  | p = .034 | *    |
| (c) herhaling        | F = 2.30 | df = 5,35  | p = .065 | n.s. |
| interacties: A * B   | F = 4.34 | df = 2,14  | p = .033 | *    |
| A * C                | F = 1.76 | df = 5,35  | p = .145 | n.s. |
| B * C                | F = 1.87 | df = 10,70 | p = .064 | n.s. |
| A * B * C            | F = 1.58 | df = 10,70 | p = .130 | n.s. |

4. *Stress-score*

|                      |          |            |          |      |
|----------------------|----------|------------|----------|------|
| (a) een/twee bruggen | F = 17.3 | df = 1,7   | p = .005 | **   |
| (b) drukte           | F = 5.65 | df = 2,14  | p = .016 | *    |
| (c) herhaling        | F = 3.44 | df = 5,35  | p = .012 | *    |
| interacties: A * B   | F = 11.6 | df = 2,14  | p = .001 | **   |
| A * C                | F = 2.50 | df = 5,35  | p = .048 | *    |
| B * C                | F = 2.43 | df = 10,70 | p = .015 | *    |
| A * B * C            | F = 1.78 | df = 10,70 | p = .079 | n.s. |

Newman-Keuls test

SWAT (totaal-score):

|           |            | 1 brug |            |      | 2 bruggen |            |      |
|-----------|------------|--------|------------|------|-----------|------------|------|
|           |            | rust   | bijna-piek | piek | rust      | bijna-piek | piek |
| 1 brug    | rust       | -      | n.s.       | *    | n.s.      | **         | **   |
|           | bijna-piek |        | -          | n.s. | n.s.      | n.s.       | **   |
|           | piek       |        |            | -    | n.s.      | n.s.       | **   |
| 2 bruggen | rust       |        |            |      | -         | *          | **   |
|           | bijna-piek |        |            |      |           | -          | **   |
|           | piek       |        |            |      |           |            | -    |

n.s. = niet significant ( $p > .05$ )\* =  $p < .05$ \*\* =  $p < .01$

Newman-Keuls test

Inspanning (deel-score SWAT):

|           |            | 1 brug |            |      | 2 bruggen |            |      |
|-----------|------------|--------|------------|------|-----------|------------|------|
|           |            | rust   | bijna-piek | piek | rust      | bijna-piek | piek |
| 1 brug    | rust       | -      | n.s.       | **   | n.s.      | **         | **   |
|           | bijna-piek |        | -          | n.s. | n.s.      | n.s.       | **   |
|           | piek       |        |            | -    | **        | n.s.       | **   |
| 2 bruggen | rust       |        |            |      | -         | *          | **   |
|           | bijna-piek |        |            |      |           | -          | **   |
|           | piek       |        |            |      |           |            | -    |

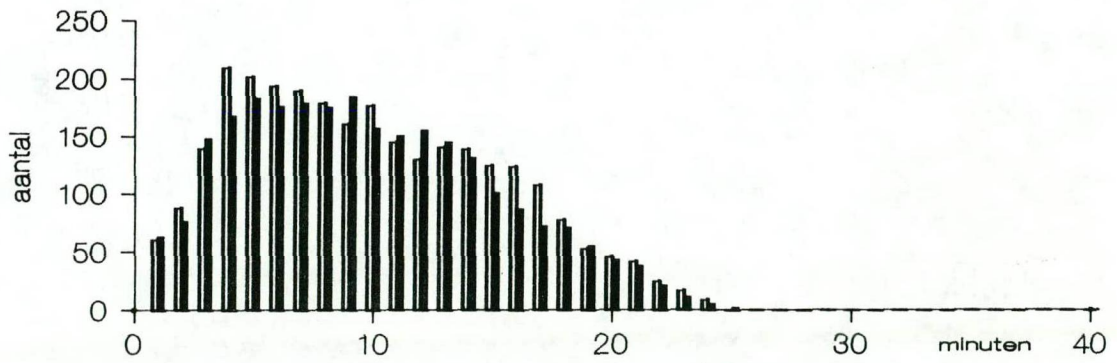
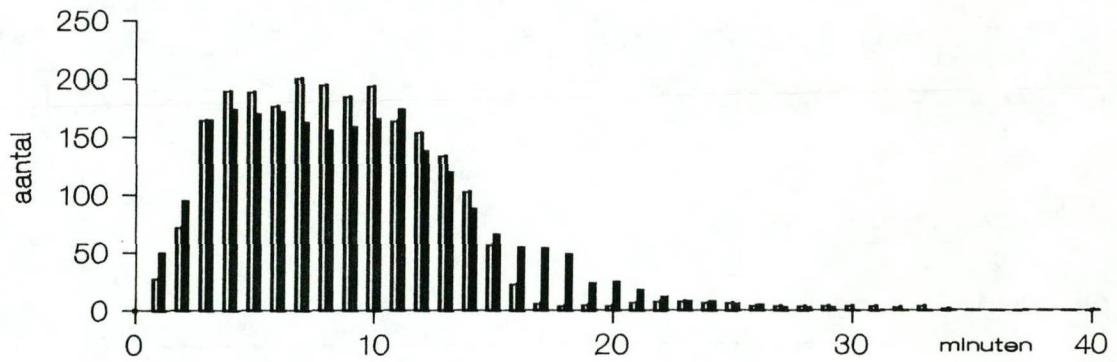
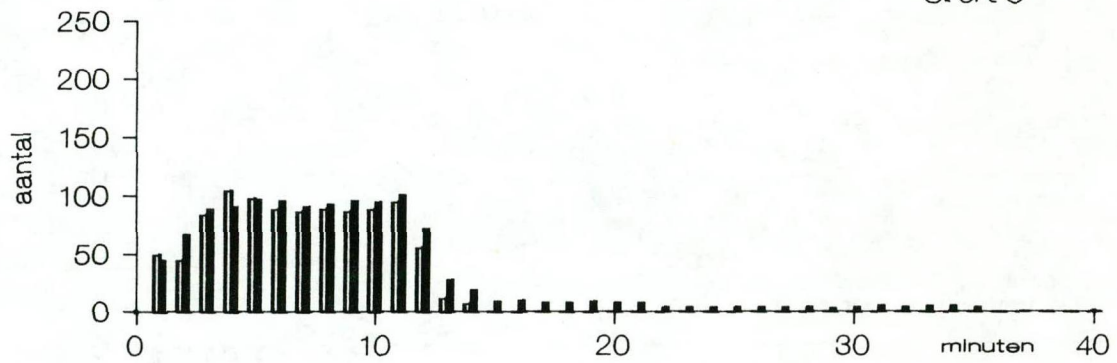
n.s. = niet significant ( $p > .05$ )\* =  $p < .05$ \*\* =  $p < .01$ Newman-Keuls test

Stress (deel-score SWAT)

|           |            | 1 brug |            |      | 2 bruggen |            |      |
|-----------|------------|--------|------------|------|-----------|------------|------|
|           |            | rust   | bijna-piek | piek | rust      | bijna-piek | piek |
| 1 brug    | rust       | -      | **         | **   | n.s.      | **         | **   |
|           | bijna-piek |        | -          | n.s. | **        | **         | **   |
|           | piek       |        |            | -    | **        | **         | **   |
| 2 bruggen | rust       |        |            |      | -         | **         | **   |
|           | bijna-piek |        |            |      |           | -          | **   |
|           | piek       |        |            |      |           |            | -    |

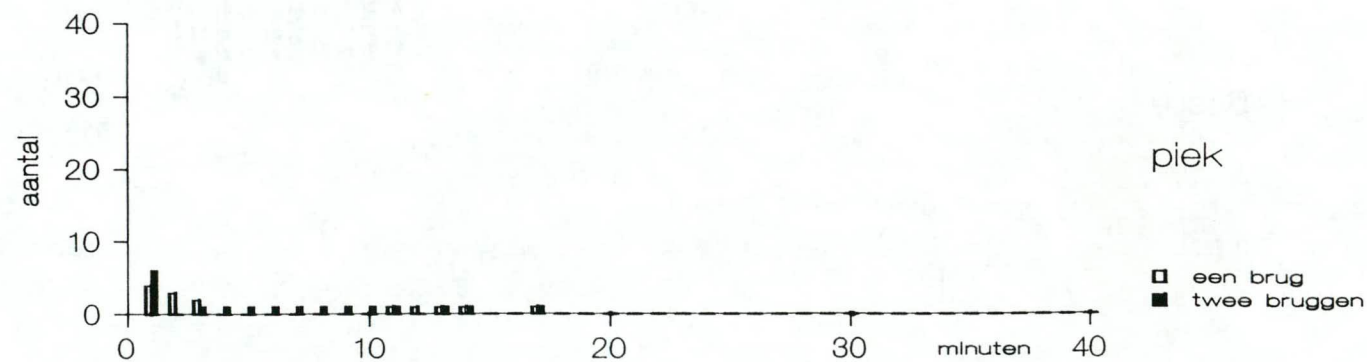
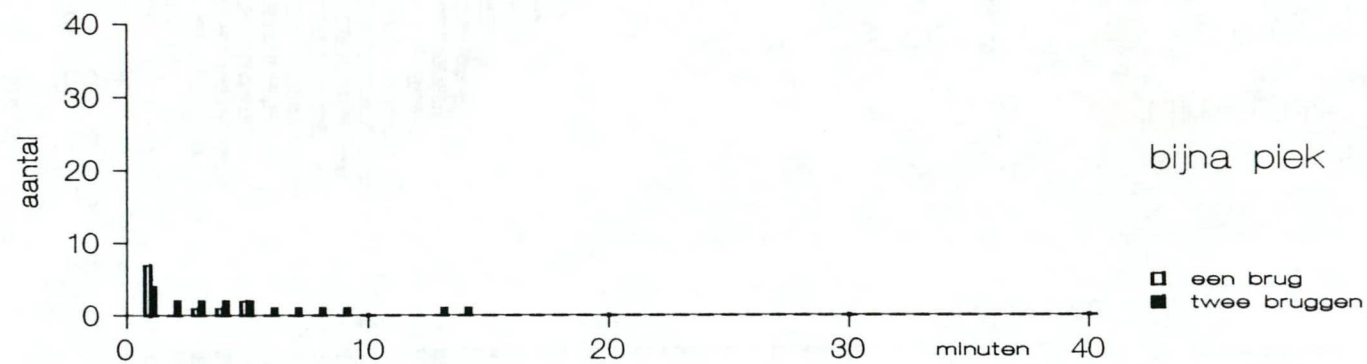
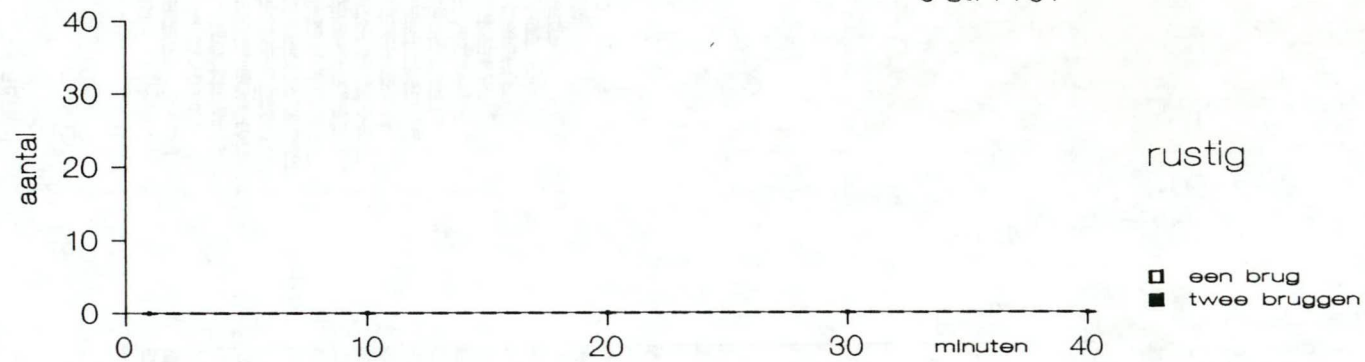
n.s. = niet significant ( $p > .05$ )\*\* =  $p < .01$

auto

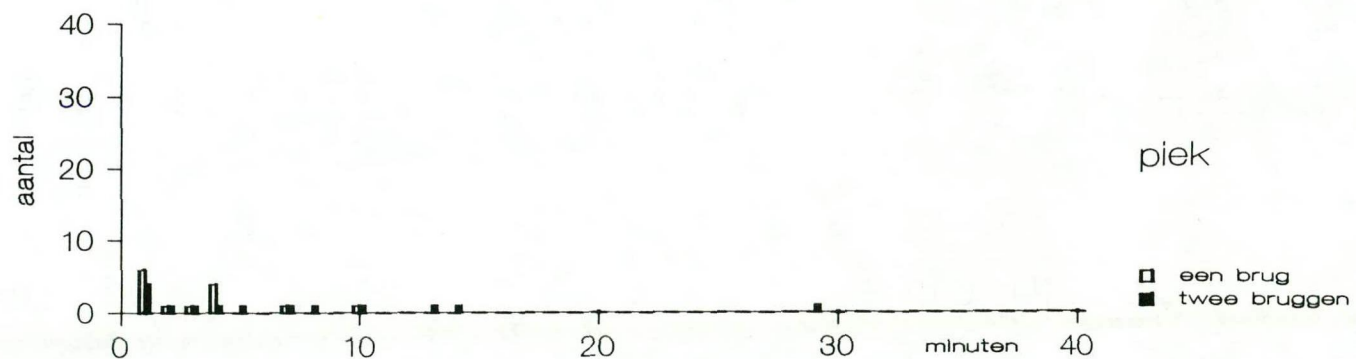
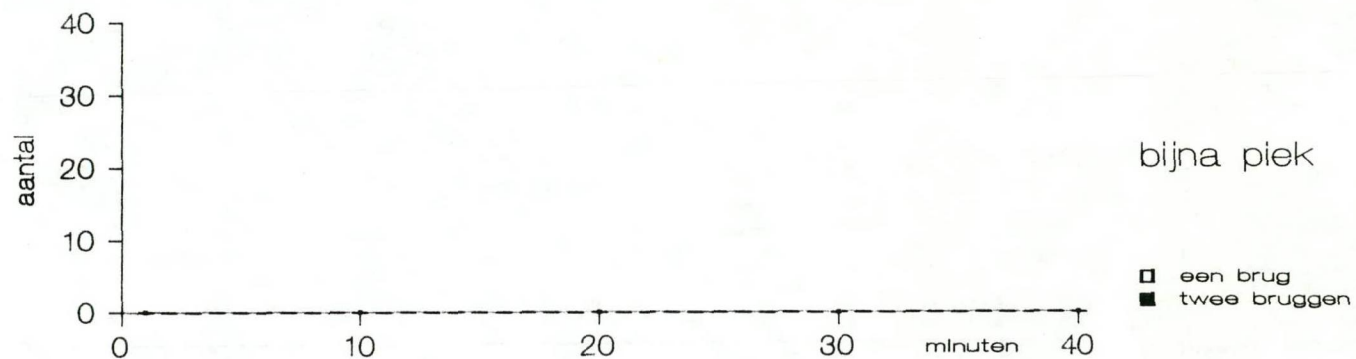
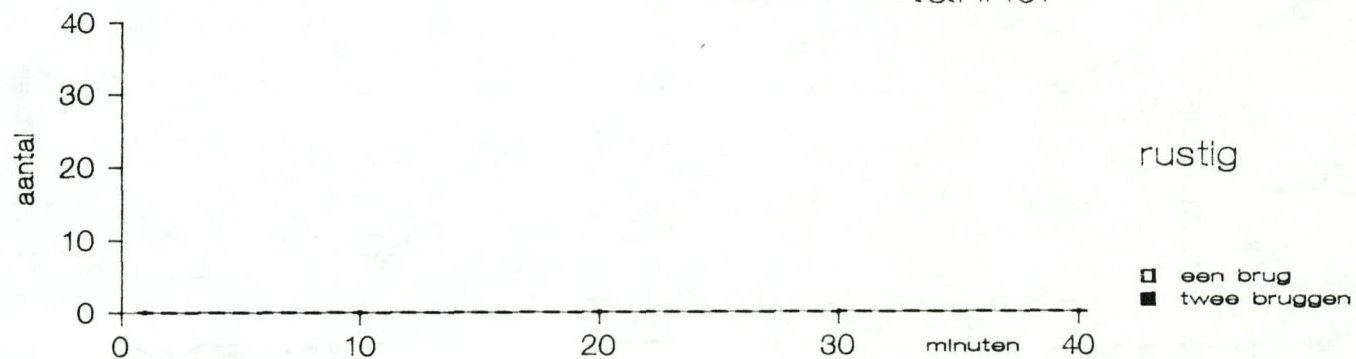




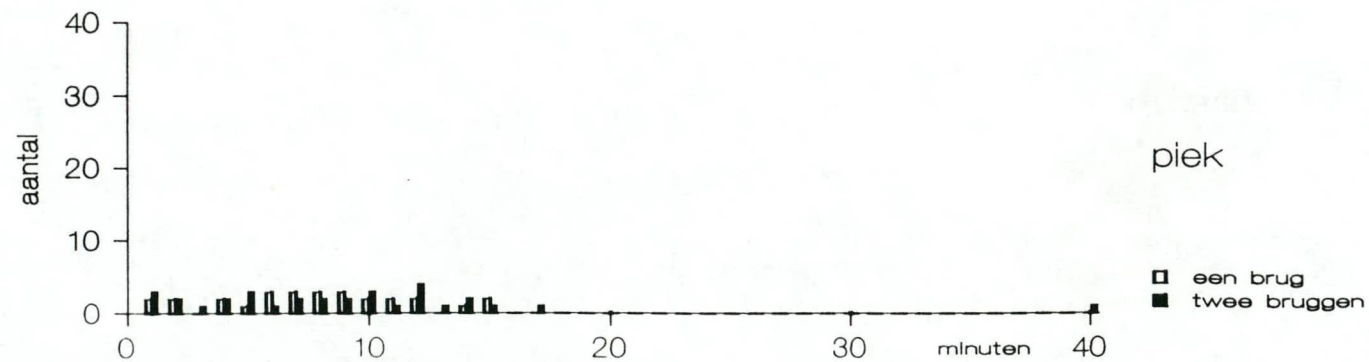
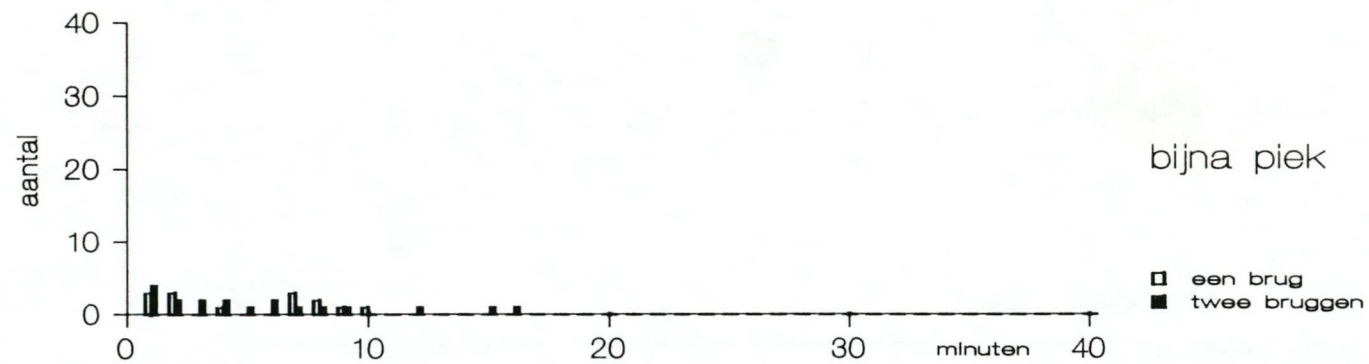
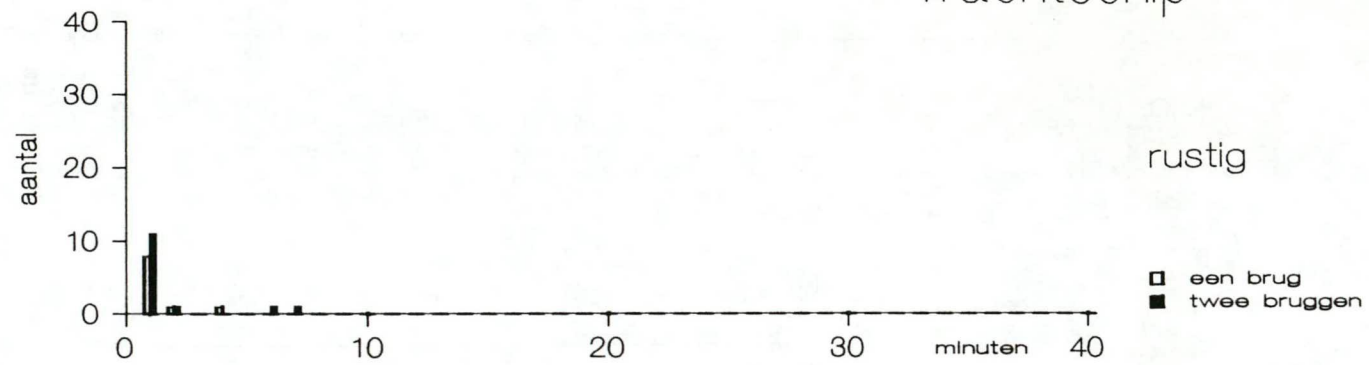
# carrier



tanker

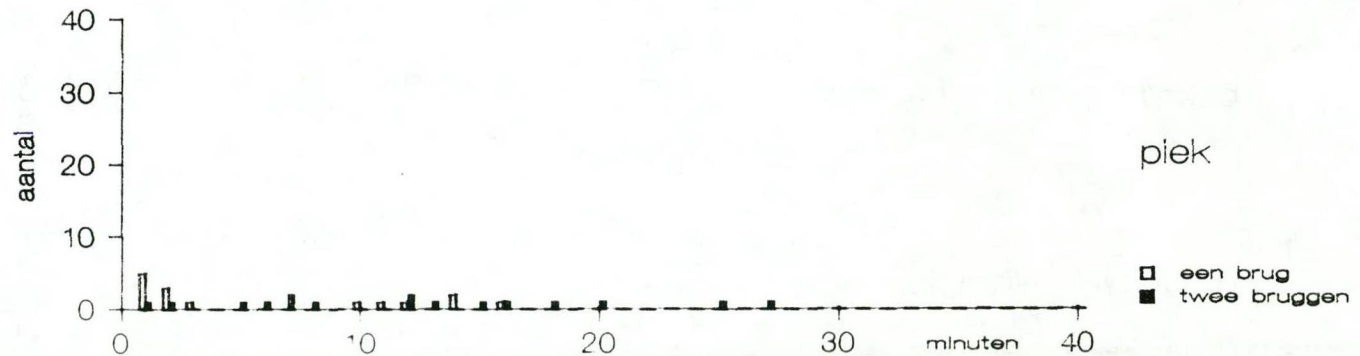
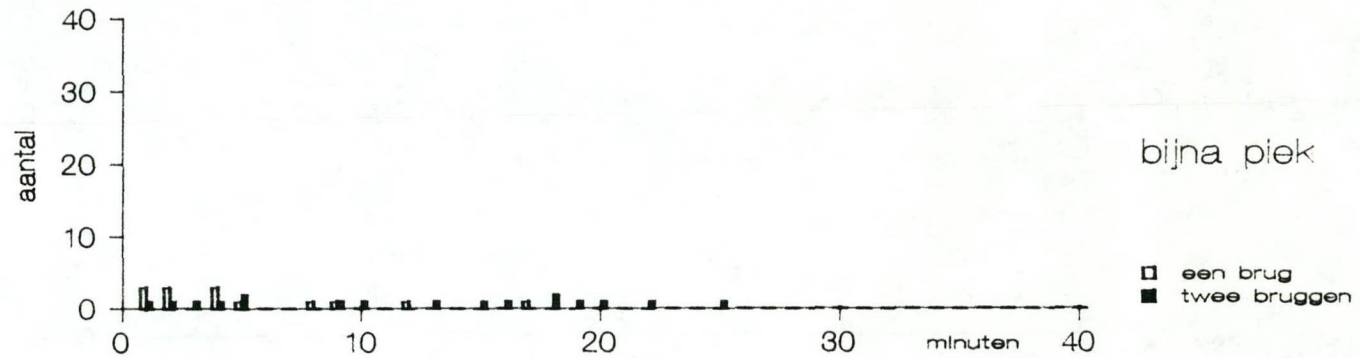
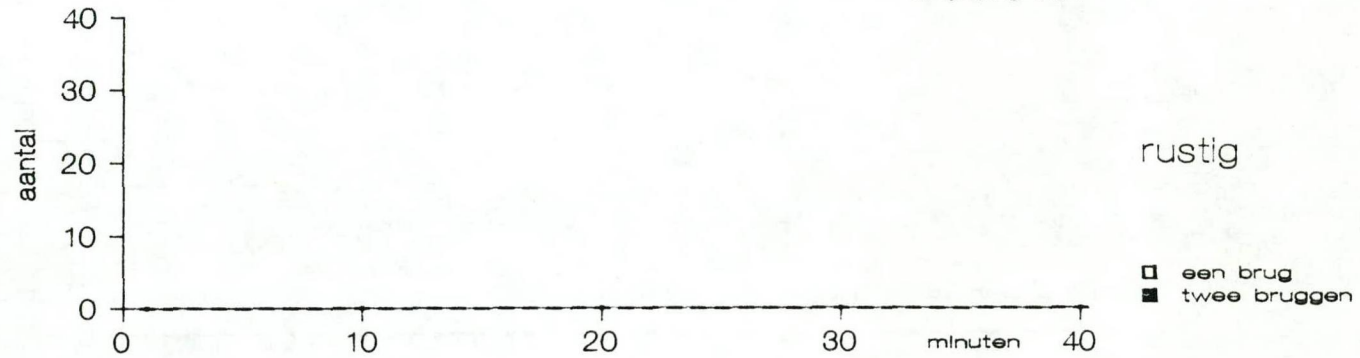


## vrachtschip

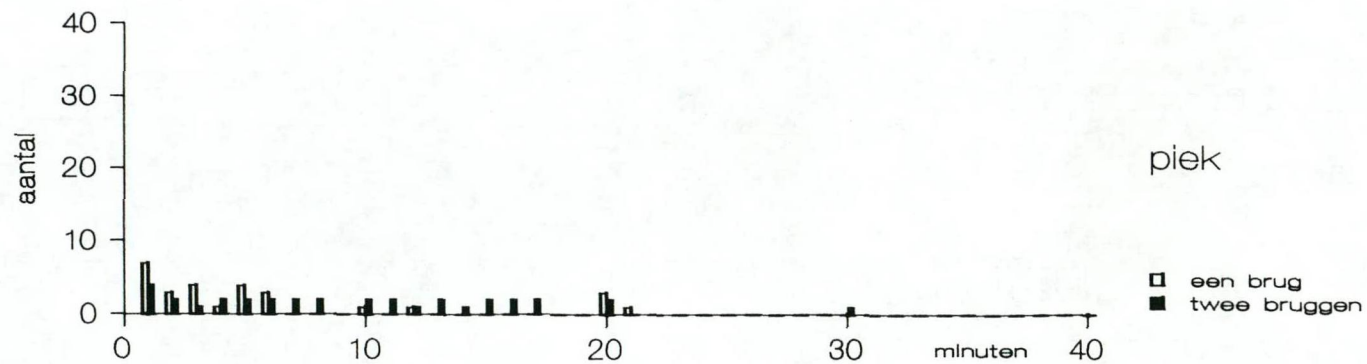
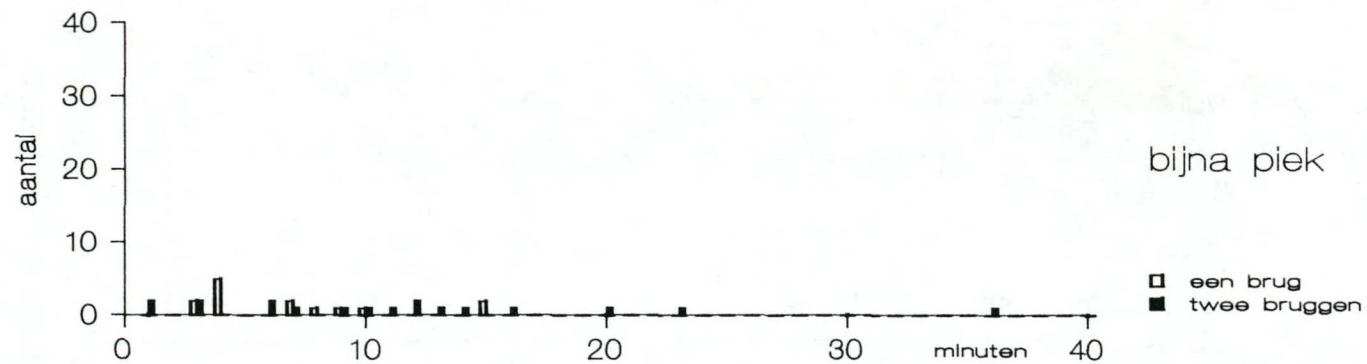
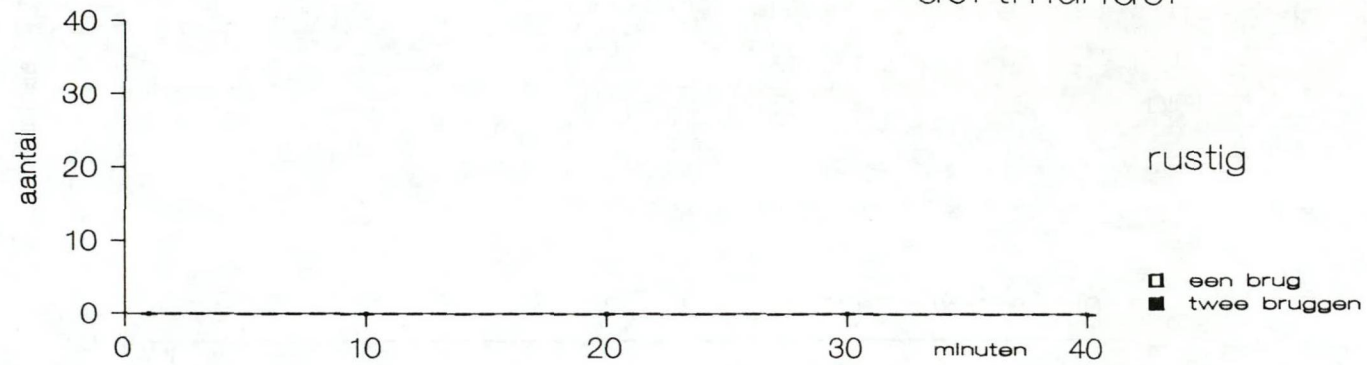




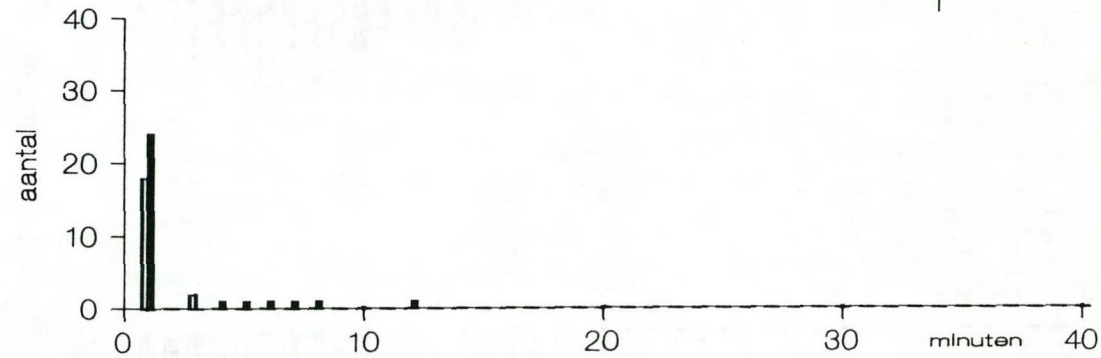
# coaster



# dortmunder

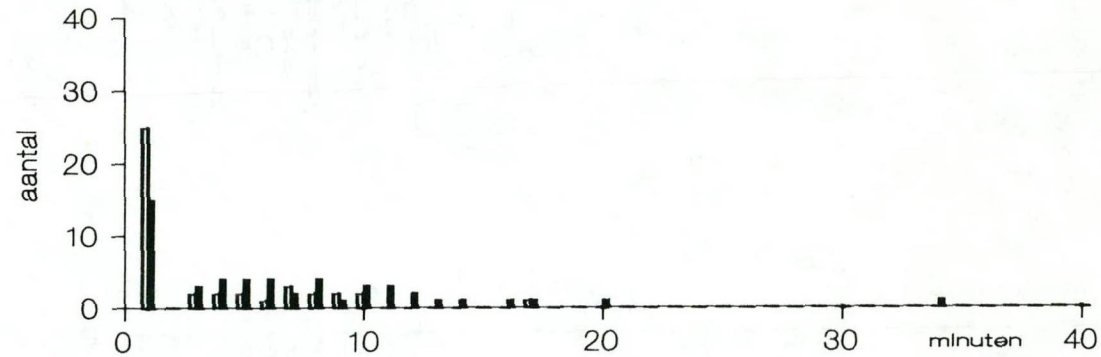


spits



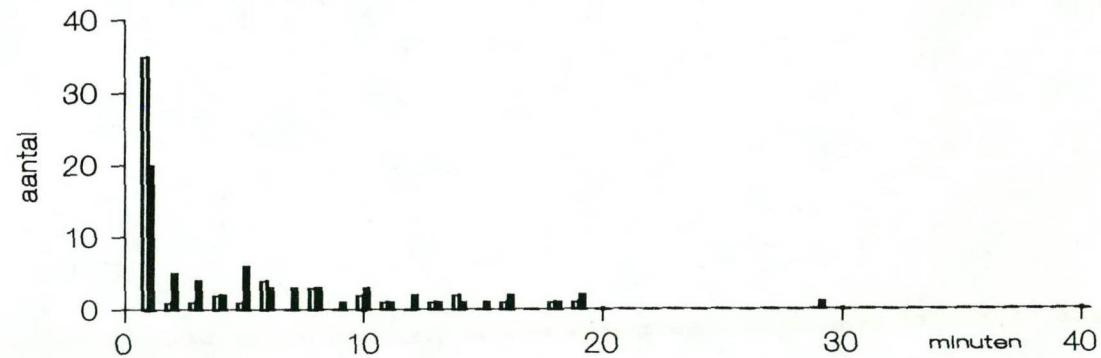
rustig

een brug  
twee bruggen



bijna piek

een brug  
twee bruggen

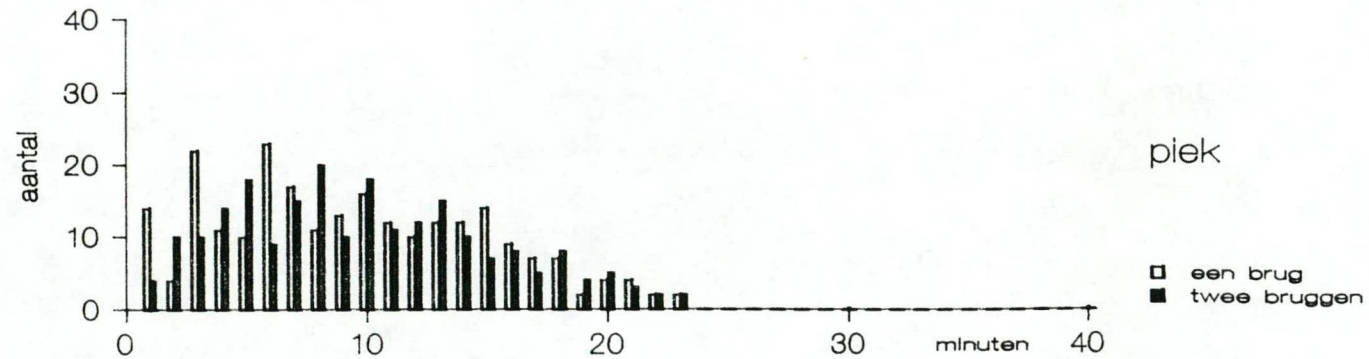
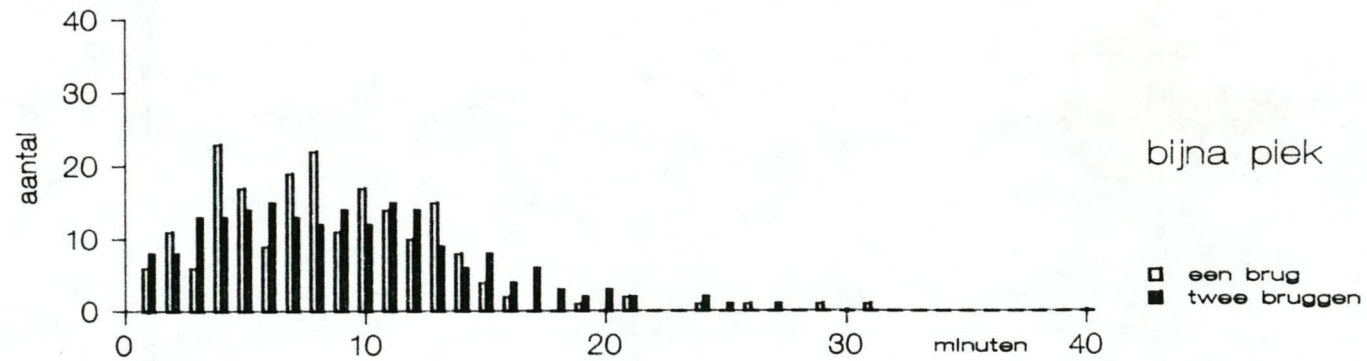
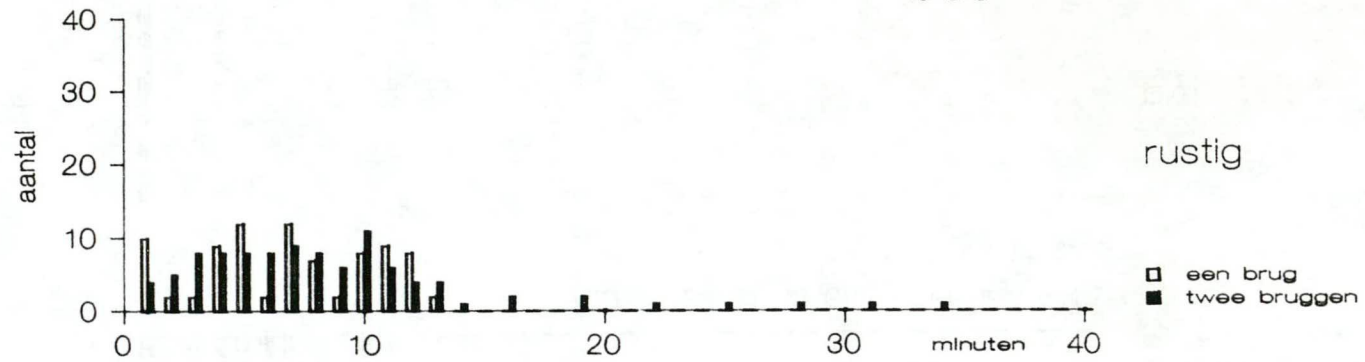


piek

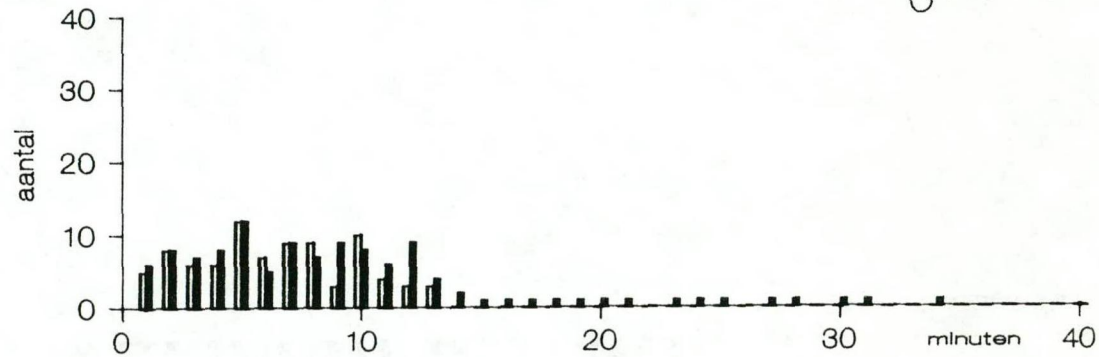
een brug  
twee bruggen



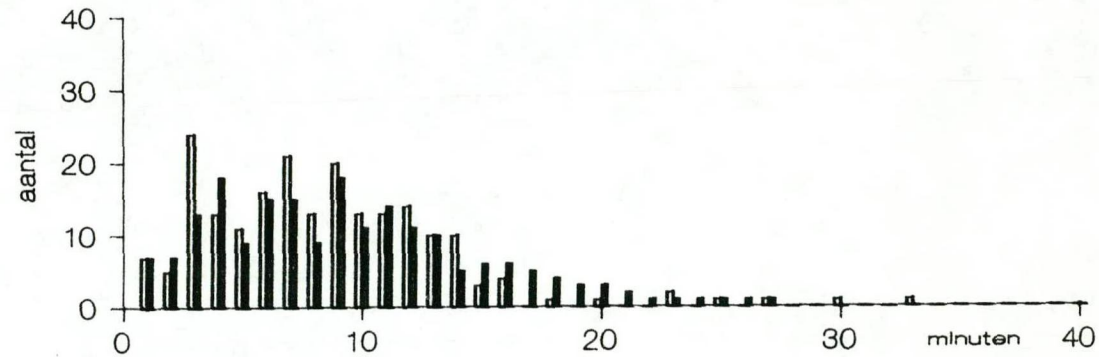
bus



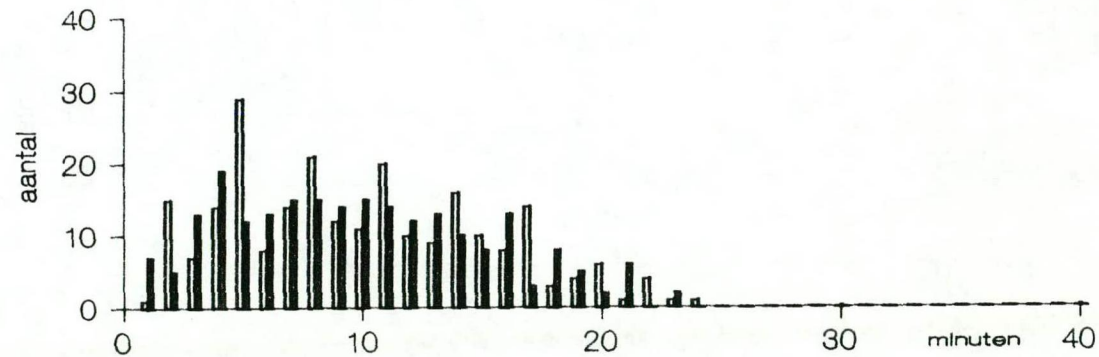
geleed



rustig

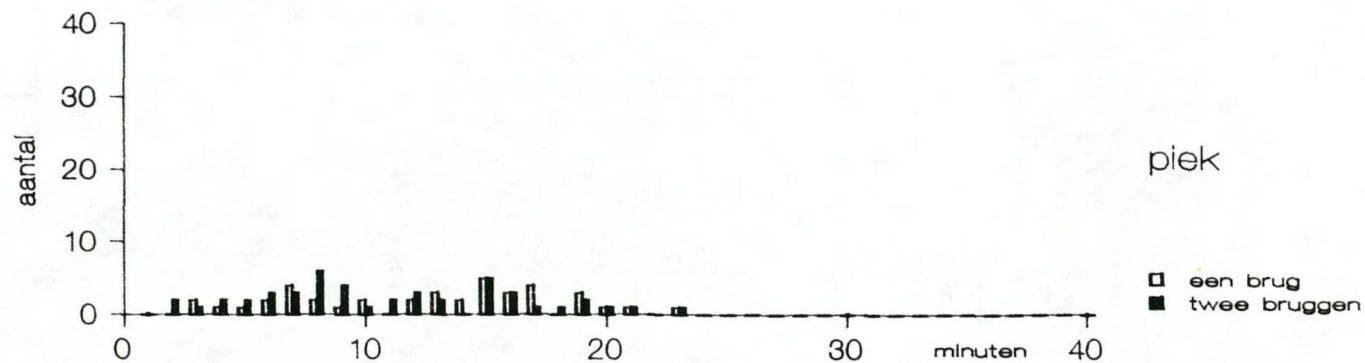
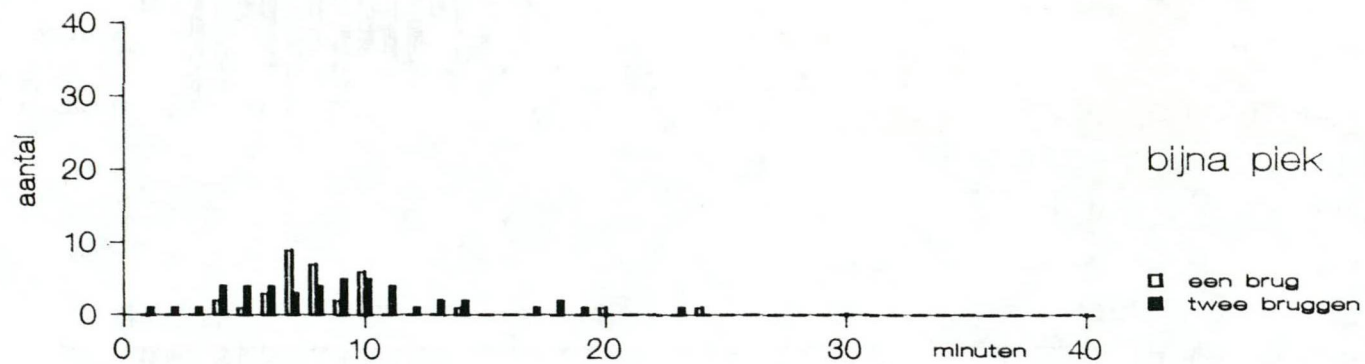
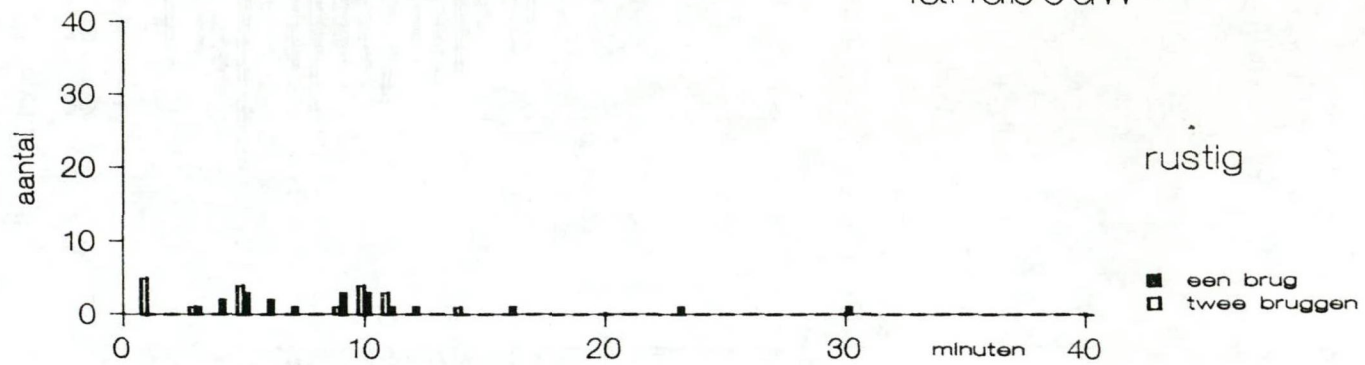


bijna piek



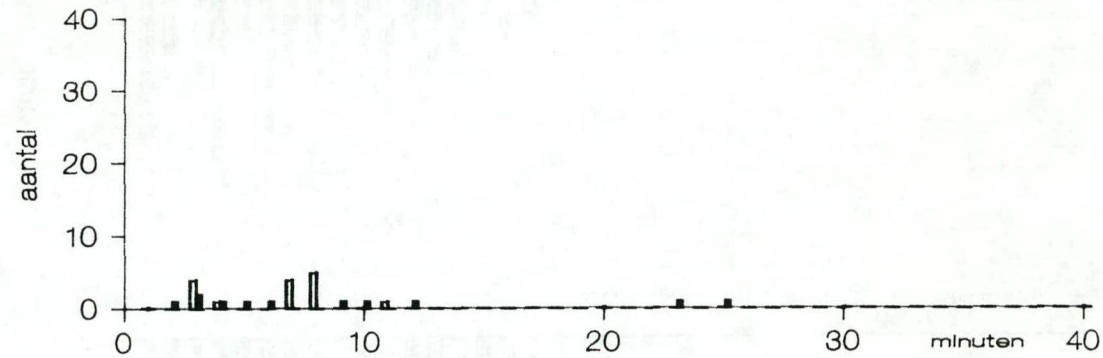
piek

# landbouw



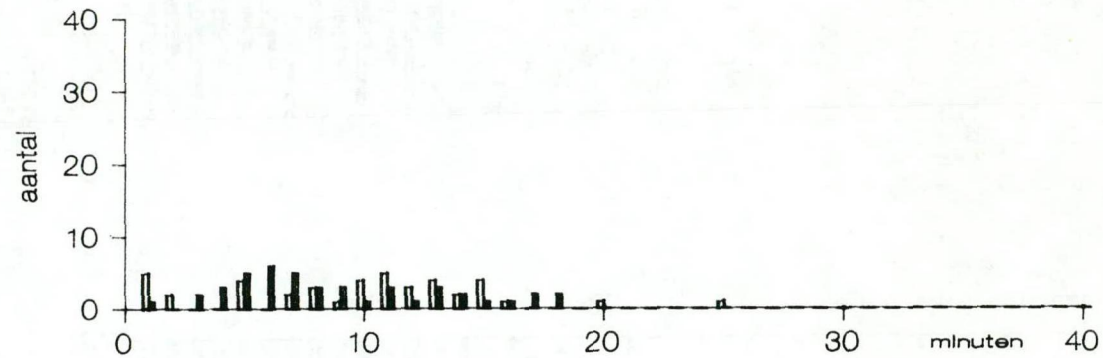


motor



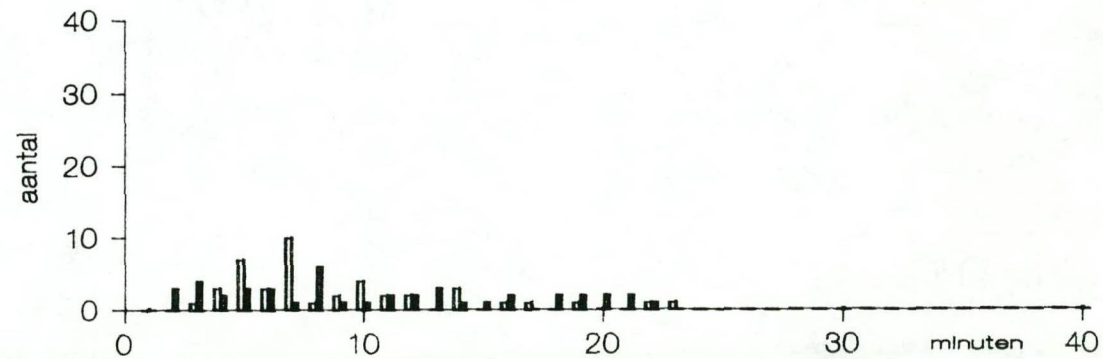
rustig

□ een brug  
■ twee bruggen



bijna piek

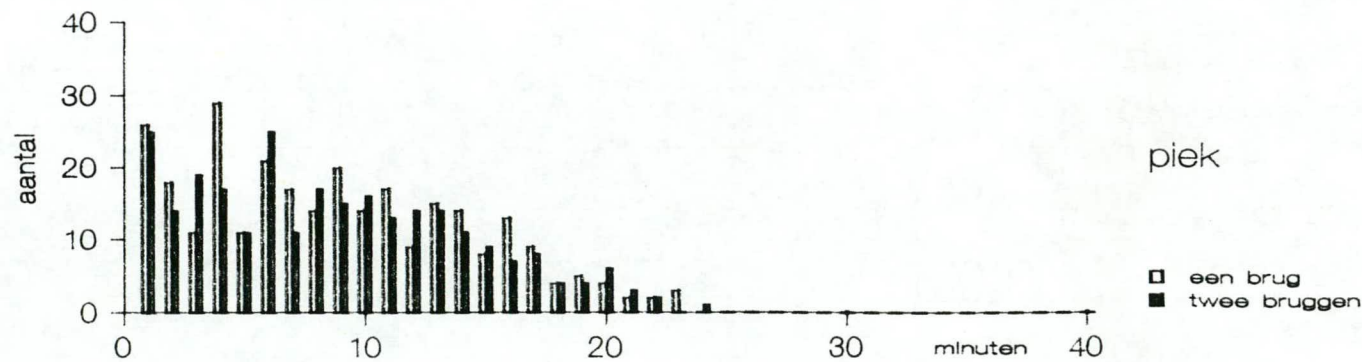
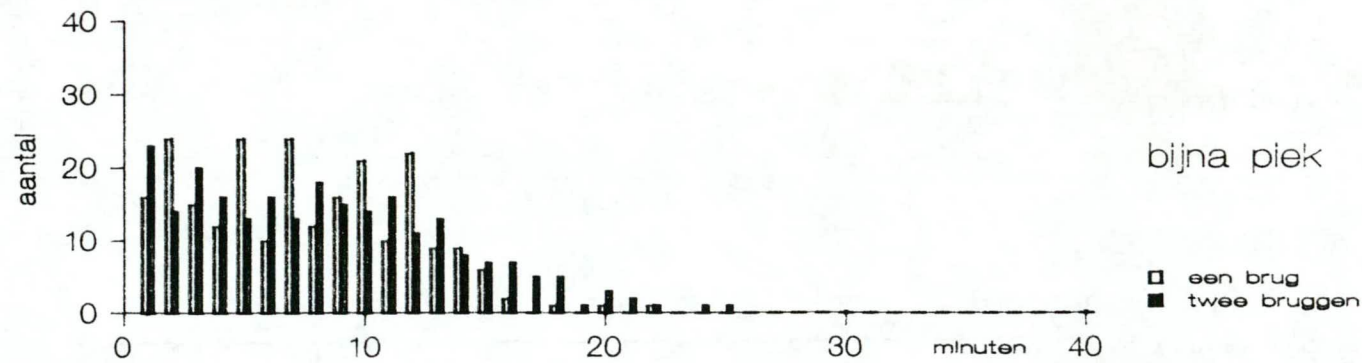
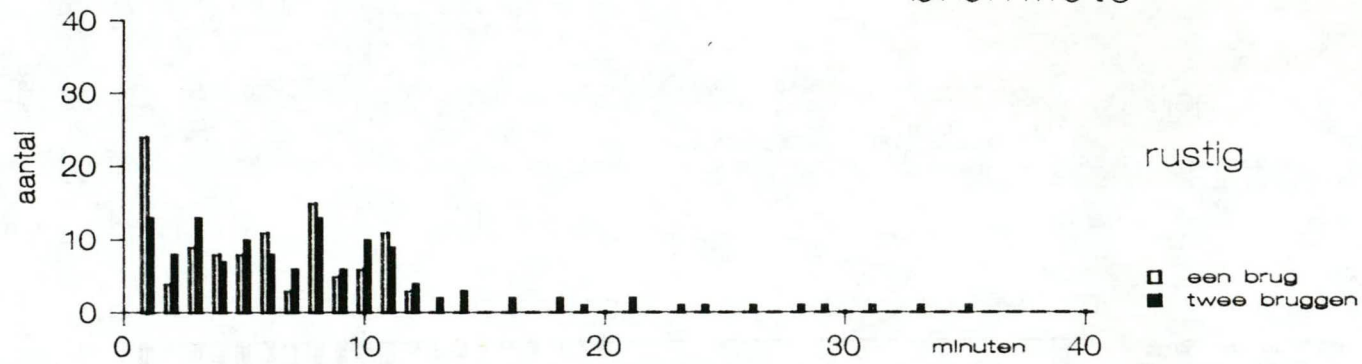
□ een brug  
■ twee bruggen



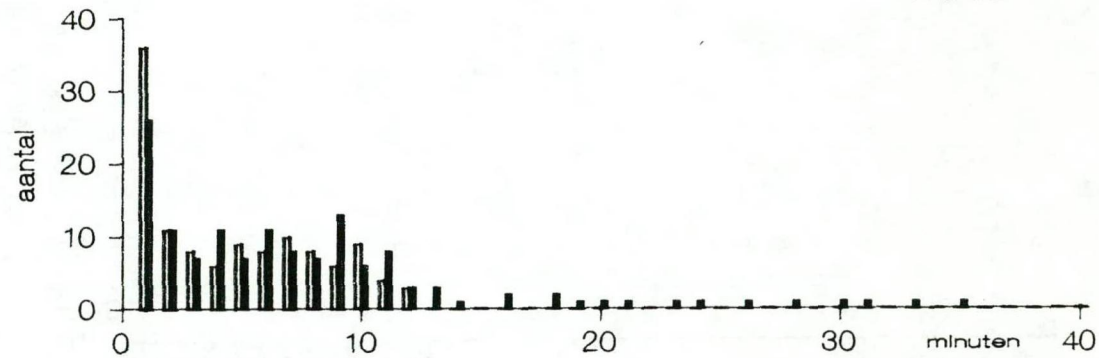
piek

□ een brug  
■ twee bruggen

# bromfiets

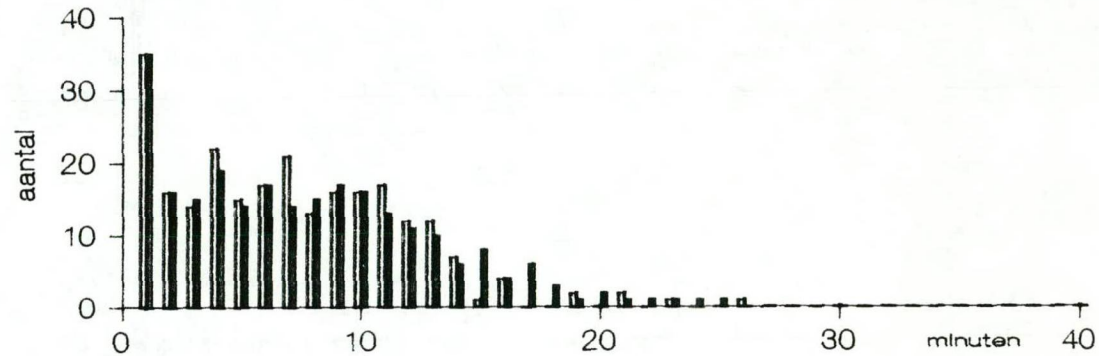


fiets



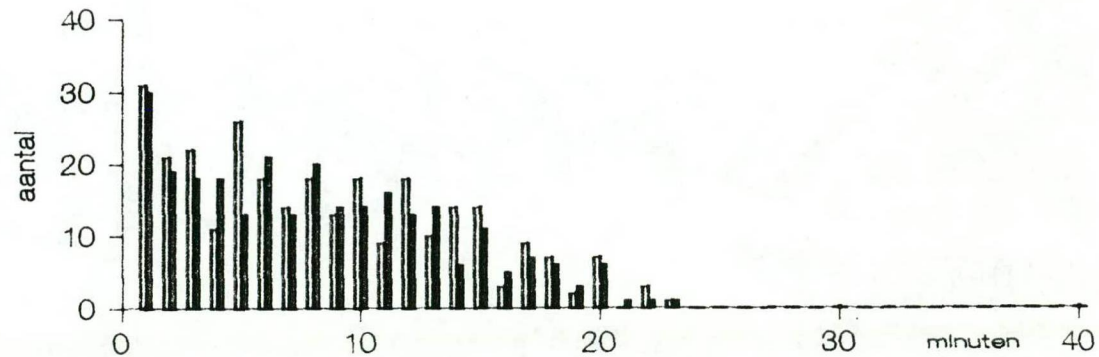
rustig

□ een brug  
■ twee bruggen



bijna piek

□ een brug  
■ twee bruggen

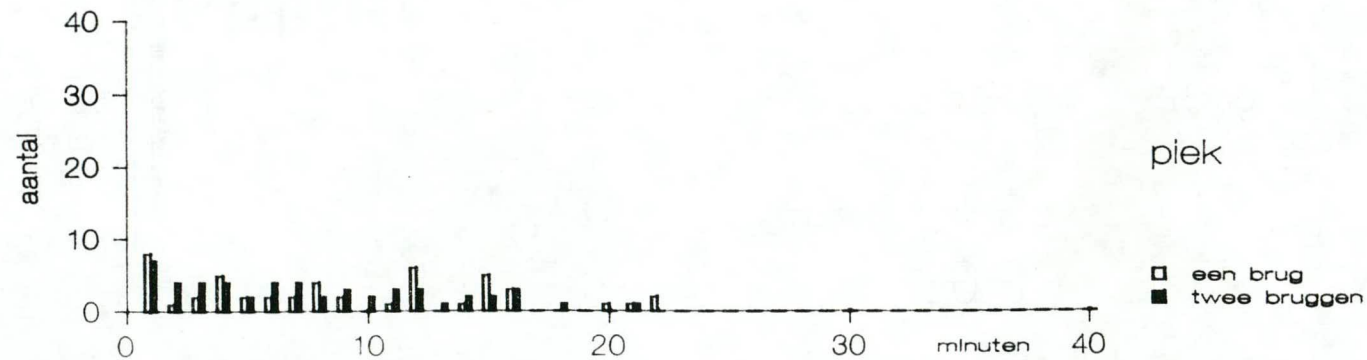
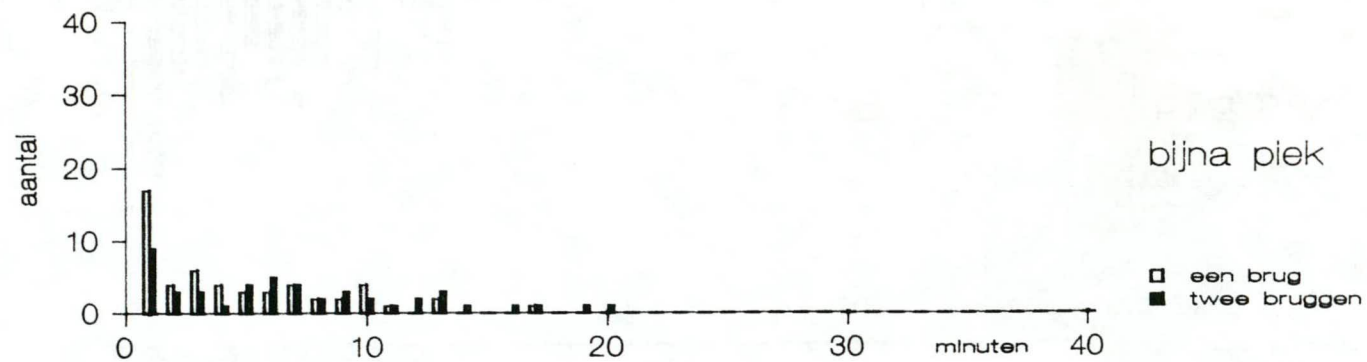
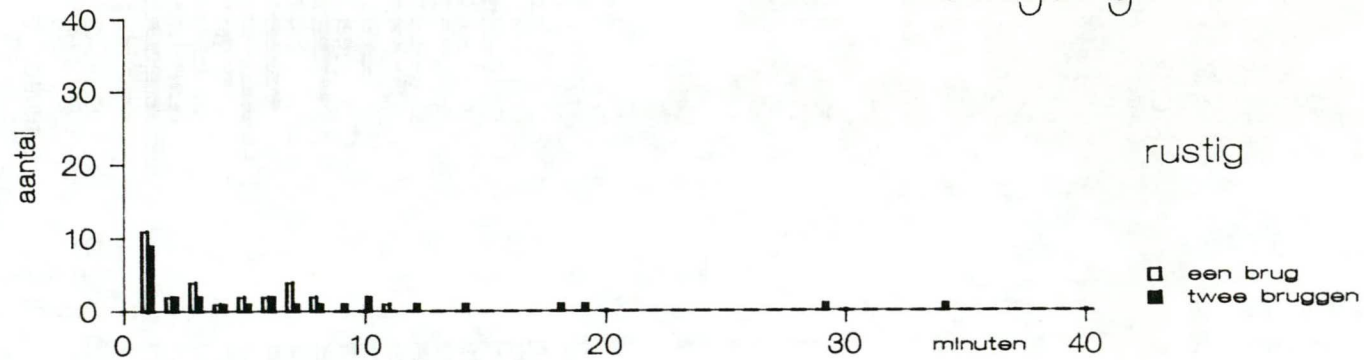


piek

□ een brug  
■ twee bruggen



# voetganger



## BIJLAGE 7: Instructie

### Instructie experiment Centrale Brugbediening

#### **Inleiding**

In het project Centrale Brugbediening onderzoekt het IZF of een brugwachter gelijktijdig twee bruggen efficiënt kan bedienen, ook wanneer er veel scheepvaart is. Een belangrijk deel van dit onderzoek wordt gebaseerd op gegevens verkregen uit een simulatie-experiment, het experiment waar u nu aan deelneemt.

#### **De taak**

U gaat een aantal maal in twee verschillende situaties uw taak als brugwachter uitvoeren. Het is in alle gevallen uw taak om zo weinig mogelijk vertraging te introduceren bij zowel het scheepvaartverkeer als het wegverkeer. U let hierbij uiteraard op de verkeersveiligheid en hanteert zoveel mogelijk de regels en gebruiken die u normaliter bij het bedienen van de bruggen toepast. In de ene situatie bedient u de brug bij Sluiskil, in de andere situatie bedient u de bruggen bij Sluiskil en Sas van Gent tegelijkertijd.

Voor de bediening van de brug(gen) heeft u de volgende hulpmiddelen:

- Radarscherm met overzicht van de verkeerssituatie in het kanaal van Gent naar Terneuzen;
- Detail bovenaanzicht van de te bedienen brug(gen);
- Bedieningspaneel voor brug, seinen en slagbomen met bijbehorend indicatiepaneel dat de huidige toestand van brug, seinen en slagbomen weergeeft;
- Intercom waarmee u met de "verkeersleider" kunt communiceren.

Voordat u de eerste keer start met de taak krijgt u de gelegenheid om vertrouwd te raken met de opstelling.

#### **Verkeersgedrag**

Het verkeersgedrag zal in een aantal gevallen niet exact overeenkomen met de werkelijkheid. Laat dit geen aanleiding zijn om uw taak minder serieus op te vatten! Het gedrag van schepen en wegverkeer is op een aantal punten vereenvoudigd:

- Het kanaal is ingedeeld in drie "banen". De middelste baan wordt gebruikt voor verkeer in beide richtingen. Op het radarscherm ziet u verkeer met tegengestelde richting op de middenbaan "door elkaar

heen" varen. In werkelijkheid voeren beide schepen een uitwijkmanoeuvre uit. Dit geldt uiteraard niet voor de brugdoorvaart; daarin is geen ruimte voor uitwijken. Een correcte bediening van de bruggen sluit deze situatie uit;

- Wanneer een schip van koers verandert blijft de kiellijn in het verlengde van het kanaal;
- Schepen varen wanneer mogelijk met maximale snelheid. Vanaf 1500 meter voor de brug is de snelheid van schepen afhankelijk van de instelling van de scheepvaartseinen. Bij rood sein zullen schepen op 1500 meter gaan uitdrijven, bij rood/groen sein wordt de brug met gematigde snelheid genaderd en bij groen sein wordt getracht met maximale snelheid te varen. U kunt dus door middel van de instelling van de seinen tot op zekere hoogte de snelheid van de schepen beïnvloeden;
- Wegverkeer stopt pas wanneer zowel de gele als de rode stoplichten branden;
- Wegverkeer op de hoofdbaan haalt elkaar niet in.

#### Verkeersaanbod

Het verkeersaanbod bestaat uit de volgende soorten schepen en weggebruikers:

#### Waterverkeer

| soort       | lengte<br>(m) | pad            |               | snelheid<br>(m/s) |
|-------------|---------------|----------------|---------------|-------------------|
|             |               | breedte<br>(m) | hoogte<br>(m) |                   |
| spits       | 45            | 9              | 4             | 4.5               |
| dortmunder  | 85            | 12             | 8             | 4.5               |
| coaster     | 60            | 15             | 10            | 4.5               |
| vrachtschip | 100           | 21             | 10            | 4.0               |
| tanker      | 130           | 30             | 10            | 3.3               |
| autocarrier | 180           | 36             | 20            | 4.2               |

De spits en de dortmunder varen aan stuurboordwal, de overige typen schepen varen in het midden van het kanaal. De spits is het enige schip dat bij gesloten en geopende brug de stuurboordopening gebruikt. De overige typen schepen gaan - bij geopende brug - door de middenopening.