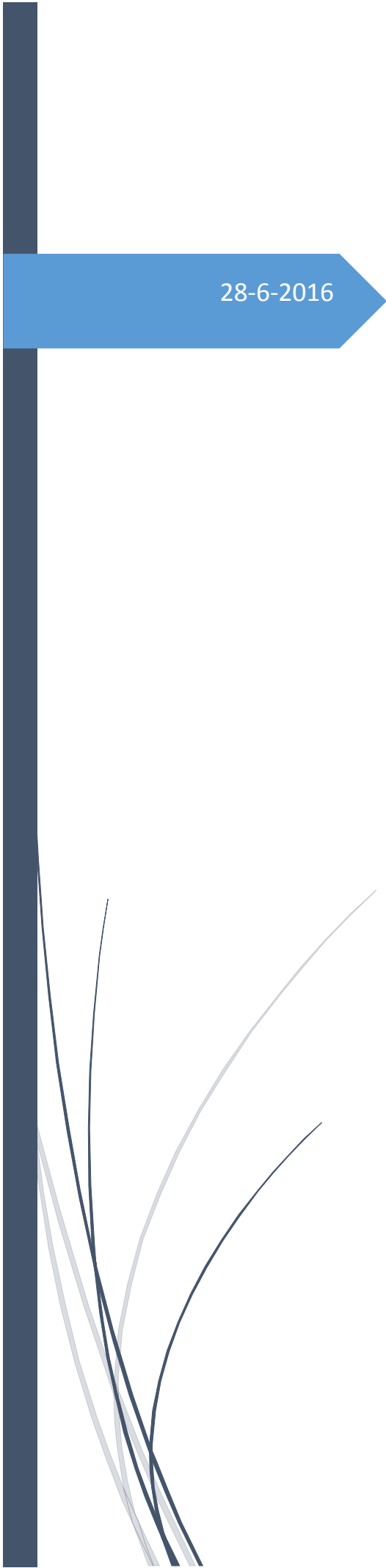


A thick dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow-shaped banner points to the right from this bar, containing the date. Below the banner, several thin, curved lines in dark blue and light grey sweep upwards from the bottom left corner.

28-6-2016

Verbetering van de leefbaarheid in de accommodatie

Tim Horbach

HZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Verbetering van de leefbaarheid in de accommodatie

Scriptieopdracht Maritiem Officier

Een schip is zo zeewaardig als zijn bemanning.

Naam: Tim Horbach

Studentnummer: 64323

Opdrachtgever: Rederij van Dijk, De heer C. Kole

Begeleiders: Mevr. C. Scheiberlich
Dhr. F. Wubben

Contactgegevens: Dhr. C. Kole mvhelga@rederijvandijk.com
Mevr. C. Scheiberlich m.c.scheiberlich@hz.nl
Tim Horbach horb0001@hz.nl

Opleiding: Maritiem Officier

Opleidingsinstelling: HZ University of Applied Sciences

Versie: 3.0

Datum: 28 juni 2016

Plaats: Vlissingen

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Samenvatting

In dit onderzoek is er gezocht naar een waardevol advies voor Rederij van Dijk op de volgende vraag:

“Hoe ziet de meest ideale leefsituatie, met betrekking tot klimaatbeheersing, geluid, trillingen, zout en uitlaatgassen er uit aan boord van de mv. Helga, rekening houdend met zo min mogelijk onkosten?”

Rederij van Dijk is een kleine rederij en heeft momenteel drie schepen in haar beheer, namelijk de zusterschepen ms. Dagna en ms. Imke. In 2009 is de mv. Helga aangekocht om de vloot uit te breiden. Aan boord van alle schepen wordt met Nederlandse officieren en werktuigkundige gevaren. De matrozen en de kok komen uit Indonesië. Om de werksfeer zo prettig mogelijk te houden en de veiligheid niet uit het oog te verliezen is een hoge leefbaarheid aan boord zeer belangrijk.

In de Dikke van Dale wordt het begrip leefbaarheid als volgt omschreven: *“Aangenaam om erin en ermee te leven.”* Om te bepalen of het aangenaam is om te leven aan boord van de mv. Helga worden de volgende aspecten onderzocht: binnentemperatuur, luchtvochtigheid, geluidsniveau, trillingen, zoutgehalte en koolstofmonoxideniveau.

Na uitgebreide geluidsmetingen is gebleken dat het geluid over het algemeen voldoet aan de maximaal toelaatbare geluidsnorm. Echter in de machinekamer wordt de geluidsnorm in de stuurmachinekamer, de werkplaats en de aircokamer overschreden.

De trillingen zijn niet gemeten, omdat hier geen meetapparatuur voor was. De meeste bemanningsleden ondervinden hier niet direct hinder van. Er zijn echter wel een paar bemanningsleden die lichamelijke klachten, voornamelijk aan de knie- en heupgewrichten ondervinden. Deze klachten kunnen als oorzaak een te hoge trilbelasting hebben.

Om te bepalen of de bemanningsleden hinder ondervinden aan het zoutgehalte, zijn er diverse vragen gesteld in een enquête. Hieruit is gebleken dat een aantal bemanningsleden verschillende lichamelijke klachten ondervinden die gekoppeld kunnen worden aan een te hoog zoutgehalte. Echter drinkt en doucht iedereen voldoende, zodat de klachten zo minimaal mogelijk blijven.

De binnentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO₂ waardes zijn per ruimte tegelijk gemeten. De binnentemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid zijn over het algemeen goed. Uit het onderzoek is gebleken dat iedereen aan boord een andere ervaring had omtrent de binnentemperatuur. De CO₂ waarde voldoet overal aan boord. Echter in de controlekamer was het noodzakelijk om de ventilatie voor 20% open te zetten om aan de gestelde eisen te voldoen. Door de beperkingen van het koelsysteem in de controlekamer steeg de temperatuur en luchtvochtigheid.

Tot slot laat de berekening van de koelinstallatie zien dat deze zelfs bij een buitentemperatuur van 38°C voldoende capaciteit heeft om de binnentemperatuur rond de 24°C te houden. Echter is de compressor in de installatie te groot, waardoor deze niet op vol vermogen kan draaien. Hierdoor is de binnentemperatuur niet constant te houden en treedt er geluidshinder op.

Om antwoord te geven op de hoofdvraag. De ideale leefsituatie kan niet gecreëerd worden. Dit komt doordat hier een gevoelskwestie bij komt kijken welke per persoon wisselt. Er kan wel gestreefd worden dat de bemanning zo weinig mogelijk geluids- en trillinghinder ondervindt. Echter zijn er verschillende factoren. Hierdoor kan de ideale leefsituatie niet gecreëerd worden.

De leefbaarheid aan boord van de mv. Helga werd door de bemanning gewaardeerd met een 6,2. Aan de hand van deze waardering blijkt dat er wel verbetering gewenst is. Uit navraag bij de bemanning is gebleken dat wanneer het binnenklimaat verbeterd, de waardering stijgt naar een 8.0.

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Abstract

This research is created to give a good advice for the current problem of Rederij van Dijk regarding the liveability on board the mv. Helga. The research will give an answer the the following question:

“What is the most ideal living condition concerning the climate control, sound level, vibrations, salt and exhaust gasses on board the mv. Helga, without making a lot of expenses?”

Rederij van Dijk is a small company which has three ships under her command, namely the two sister ships mv. Dagna and mv. Imke. Both the ships are bought in 2006. In 2009 they have decided to buy a new ship, the mv. Helga to expand their fleet. On board all the ships are Dutch officers and engineers. The able seamen are from Indonesia. The liveability has to be as high as possible, for keeping the working ethos as nice as possible, without forgetting the safety of crew and ship.

At the moment the chief engineer is controlling the air conditioning unit. So he decided what the inside temperature and relative humidity will be. Furthermore there is never been a research about the sound levels, vibrations, salt level and exhaust gasses which entered the accommodation on board the ship.

After several sound measurements can be concluded that in general the whole ship obey the demand of the maximum sound requirements. Except the engineroom. The areas that don't obey the demand of the maximum sound requirement are steering room, workshop and the air conditioning room.

The vibrations aren't measured because there was a want of measuring equipment. The most crewmembers has no hamper of the vibrations on board. A few crewmembers has physical complaints on their knee and hip joints. This could be caused by high vibrations.

Every crewmember had fill in a question list. One of the questions went about the saltiness. This was the only way to check if the crew has physical complaints what can be caused by salt. The results of this question ended with a couple physical complaints. Although the crew drinks enough water and takes enough showers to make the complaints as small as possible.

In every room are the inside temperature, relative humidity and CO₂ level measured at the same time. In general the inside temperature and relative humidity are good. Although this is a personal sense. Every crewmember on board experienced the temperature and humidity different. The CO₂ level is good and safe in the whole ship, even in the engine control room. It is necessary to put the ventilation open for 20% so the CO₂ will be stable in the safe area. A disadvantage of this action is the rising temperature and humidity in the engine control room.

At last shows the calculation about the air conditioning unit that even with an outside temperature of 38°C the inside temperature can be around 24°C. Only the compressor in the installation is too big. A disadvantage of this is, the compressor can never work at full power. This is the mean reason why the inside temperature and humidity are variating.

To give an answer to the mean question for this research, it is not possible to create an optimum liveability. The mean reason is the personal feeling of the crew. A noble ambition can be a quiet and vibration free ship, but there are too many changing circumstances to give an unambiguous image for an ideal liveability.

The crew of the mv. Helga estimate the actual liveability with a 6.2. This estimations shows that a improvement is desirable. By inquiry the crew shows, when the inside temperature, humidity and fresh air ventialotion improved, the estimation rise to a 8.0.



Voorwoord

Tegenwoordig wordt er op elk schip met een multiculturele bemanning gevaren. Doordat er met steeds minder bemanning wordt gevaren, is er een grote kans dat de werkdruk hoger wordt. Om er voor te zorgen dat de bemanning zich toch prettig voelt aan boord, is het noodzakelijk dat de leefbaarheid aan boord zo goed mogelijk is. De leefbaarheid aan boord wordt niet alleen bepaald aan de hand van het aantal game- consoles en fitnessapparaten die er aanwezig zijn. Echter de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en het CO₂ niveau zijn aspecten die mede de leefbaarheid bepalen.

Tijdens het laatste jaar van de studieopleiding Maritiem Officier kreeg ik de kans om mijn eindonderzoek te voltooien bij Rederij van Dijk, aan boord van de mv. Helga.

Het eindonderzoek dat ik heb gemaakt, richt zich vooral op de klimatologische en akoestische aspecten die de leefbaarheid aan boord bepalen. Het onderwerp van dit onderzoek was voor mij redelijk nieuw. De basis informatie had ik verkregen tijdens verschillende cursussen, echter om dieper op de materie in te gaan was zelfstudie vereist. Het zelfstandig bestuderen van de installatie en de diepere materie heeft mijn kennis verruimd.

Graag wil ik de heer Van Dijk, eigenaar van de rederij, bedanken voor de kans die hij me gaf om mijn eindonderzoek uit te voeren aan boord van één van zijn schepen. Vervolgens zou ik graag mijn dank betuigen aan dhr. Kole, de hoofdwerktuigkundige aan boord, voor de bereidwilligheid om mij met zijn kennis bij te staan. Zijn vele tips en aanwijzingen hebben een positieve invloed gehad op het eindresultaat van dit eindonderzoek.

Verder wil ik de overige officieren en werktuigkundigen van de mv. Helga bedanken. Ik kon steeds op iedereen rekenen voor ondersteuning, wat ik enorm waardeer. Mede door hun inbreng ben ik tot een mooi eindresultaat gekomen. Tot slot wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor de steun die ze mij geboden hebben tijdens mijn studiejaren aan de HZ University of Applied Sciences.

Tim Horbach



Inhoud

1	Inleiding	1
2	Theoretisch kader	3
2.1	Geluid	3
2.1.1	Wat is geluid?	3
2.1.2	Het meten van geluid	4
2.1.3	Wanneer is geluid schadelijk?	4
2.1.4	Gevolgen langdurige geluidhinder	4
2.1.5	Geluid aan boord van schepen	5
2.1.6	Nagalmtijd	6
2.1.7	Doel.....	6
2.2	Trillingen.....	6
2.3	Uitlaatgassen	7
2.3.1	Afvoeren van uitlaatgassen	7
2.3.2	Filter.....	8
2.3.3	Doel.....	8
2.4	Zout.....	9
2.4.1	Effect van zout op de mens	9
2.4.2	Gevolgen.....	9
2.4.3	Doel.....	9
2.5	Het binnenklimaat	10
2.5.1	Luchtvochtigheid	10
2.5.2	Ideale relatieve luchtvochtigheid	11
2.5.3	Gezondheidsproblemen	11
2.5.4	Dauwpunt	11
2.5.5	Temperatuur.....	12
2.5.6	Het behaaglijkheidsgebied	12
2.5.7	Doel.....	13
2.6	Klimaatregeling in de accommodatie.....	13
2.6.1	Koelinstallatie	13
2.6.2	Koelmiddel.....	14
2.6.3	Klimaatbeheersing.....	15
2.6.4	Doel.....	16
3	Onderzoeksmethode	17
3.1	Methode	17
3.1.1	Kwantitatief onderzoek	17



1.1.2	Kwalitatief onderzoek.....	17
3.2	Onderzoeksstrategie	18
4	Resultaten.....	20
4.1	Geluid	20
4.1.1	Machinekamer.....	20
4.1.2	Accommodatie en de brug	23
4.2	Binnenklimaat.....	25
4.3	Koelinstallatie	32
4.3.1	Oppervlaktebepaling van de accommodatie	32
4.3.2	K- factor	32
4.3.3	Compressor	33
4.3.4	Condensor	34
4.3.5	Verdamper.....	35
4.3.6	Mollierdiagram	35
4.3.7	C.O.P – waarde koelinstallatie	35
4.4	Koelmiddel.....	36
4.5	Enquête	36
5	Discussie	38
6	Conclusie en aanbevelingen.....	39
6.1	Conclusies.....	39
6.2	Aanbevelingen.....	40
	Bibliografie	41
	Figurenlijst	44
	Tabellenlijst	45
	Bijlage	46
	Bijlage 1: APA referentielijst.....	46
	Bijlage 2: Decibelcorrecties	47
	Bijlage 3: Nagalmtijd.....	48
	Bijlage 4: Hand-, arm-, en lichaamstrillingen	50
	Bijlage 5: Bestandsdelen uitlaatgassen	53
	Bijlage 6: Berekenen van de luchtvochtigheid	55
	Bijlage 7: De verschillende vertrekken aan boord.....	56
	Bijlage 8: De werking van een compressorkoelmachine.....	57
	Bijlage 9: Koelmiddel	59
	Bijlage 10: Hygrometer.....	61
	Bijlage 11: Behaaglijkheidsgebied in Mollierdiagram en tabel	62



Bijlage 12: Vragenlijst	64
Bijlage 13: Regels voor het meten van geluid aan boord van schepen.....	66
Bijlage 14: Rapport voor meetresultaten volgens IMO.....	71
Bijlage 15: Meetresultaten machinekamer	75
Bijlage 16: Meetresultaten accommodatie en de brug.....	76
Bijlage 17: Meetwaardes en mollierdiagram brug.....	77
Bijlage 18: Meetwaardes en mollierdiagram derde machinisten hut.....	80
Bijlage 19: Meetwaardes en mollierdiagram controlekamer	82
Bijlage 20: Massa droge lucht.....	85
Bijlage 21: Berekening koelinstallatie	86
Bijlage 22: Log p-h diagram freon R404a	99
Bijlage 23: Mollier diagram	100
Bijlage 24: Resultaten enquête	101



1 Inleiding

Rederij van Dijk is een kleine rederij en heeft momenteel drie schepen in haar beheer, namelijk de zusterschepen ms. Dagna en ms. Imke die sinds 2006 in de vaart zijn genomen. In 2009 is de ms. Helga aangekocht om de vloot en daarmee ook het vaargebied uit te breiden. De twee zusterschepen hebben als vaargebied de Middellandse Zee, Zwarte Zee, Noord- en Zuid Amerika, Oostzee en West Europa (Rederij van Dijk, 2015). De mv. Helga vaart momenteel voor Nirint en heeft als route Nederland - België - Spanje - Curaçao - Venezuela - Cuba - Canada - Nederland. (Nirint Shipping, 2015)

Aan boord van schepen is het verplicht om een aangename werk- en leefsituatie te creëren (International Labour Organisation, 2006). Het is namelijk niet alleen een werkplek, want na de werkzaamheden moet er ontspannen, gegeten en geslapen worden. De periode die de bemanning verblijft aan boord van de mv. Helga, is voor de officieren en werktuigkundige drie maanden en de matrozen zeven maanden.

De hoofdwerktuigkundige van de mv. Helga liep tegen het volgende probleem. Steeds vaker kwamen er opmerkingen over de binnentemperatuur. Verder was de lucht erg droog en de bemanning zat niet meer lekker in zijn vel. Buiten dat de bemanning zich niet prettig voelt, kunnen deze aspecten ook voor gezondheidsklachten, zoals vermoeidheid en hoofdpijn zorgen. Een bemanning die slecht gehumeurd is en daarbij ook nog diverse gezondheidsklachten heeft, kan ook voor een onveilige werksituatie zorgen. Daarbij kwam ook nog dat er rekening gehouden moet worden met de verschillende nationaliteiten van de bemanning. Hierdoor heeft ieder bemanningslid zijn eigen wensen als het komt over de leefbaarheid.

Het regelen van de temperatuur en luchtvochtigheid wordt gedaan door de hoofdwerktuigkundige aan boord. De keuzes die worden gemaakt om een ideaal binnenklimaat te creëren, zijn gebaseerd op ervaringen. Het koolstofdioxide niveau in de accommodatie is een medeverantwoordelijkheid van de werktuigkundige. Een andere verantwoordelijk is de windrichting en windkracht en dan kan alleen een koersverandering de oplossing bieden. Wat echter niet te regelen is, zijn de trillingen en het geluid.

Voor dit onderzoek aan boord van de mv. Helga is de volgende hoofdvraag samengesteld:

“Hoe ziet de meest ideale leefsituatie, met betrekking tot klimaatbeheersing, geluid, trillingen, zout en uitlaatgassen er uit aan boord van de mv. Helga, rekening houdend met zo min mogelijk onkosten?”

Met de volgende deelvragen wordt er naar een antwoord op de hoofdvraag gewerkt:

1. Wat zegt de wetgeving over de leefsituatie aan boord van schepen?
2. Wat zijn de gevolgen van te hard geluid, hevige trillingen, zout en uitlaatgassen op de mens?
3. Hoe is het gesteld met het binnenklimaat van de accommodatie?
4. Welke koelcapaciteit moet de airconditionings unit kunnen leveren voor het creëren van de ideale temperatuur en luchtvochtigheid?
5. Wat vindt de bemanning van de leefsituatie aan boord van de ms. Helga?

In het tweede hoofdstuk van dit onderzoeksrapport, het theoretisch kader, wordt door middel van een literatuuronderzoek informatie verzameld omtrent de verschillende aspecten die de leefbaarheid aan boord bepalen. Een groot gedeelte van de deelvragen kunnen hiermee beantwoord worden. Het theoretisch kader is een voorbereiding op het uiteindelijk onderzoek.



In het derde hoofdstuk, methode, wordt beschreven welke methodes gebruikt zullen worden tijdens het uitvoeren van het onderzoek.

Alle gegevens die verzameld en berekend zijn gedurende het onderzoek worden in het vierde hoofdstuk Resultaten behandeld.

Tot slot vindt er in hoofdstuk zes een discussie plaats waarbij de resultaten besproken worden en de uiteindelijke conclusie.

Uiteindelijk is het doel van dit onderzoek een advies te kunnen geven aan de rederij over de leefbaarheid aan boord van de ms. Helga. Doordat er met een neutrale insteek dit onderzoek wordt gedaan, is het mogelijk om gemakkelijker om met alle bemanningsleden contact te krijgen. Hierdoor kan het advies gegeven worden dat zowel ten goede komt voor de Indonesische als de Nederlandse bemanningsleden. Mocht iedereen tevreden zijn aan boord, dan kan het advies luiden: "Ga zo door!" Echter wanneer de bemanningsleden zich niet prettig voelen, wordt er een advies gegeven voor eventuele verbeteringen. Wanneer bijvoorbeeld het geluid een probleem zou zijn, kan er onderzocht worden welke isolatie beter zou zijn. Dit kan dan vervolgens geadviseerd worden aan de rederij.

2 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt er een literatuuronderzoek gedaan. De gehanteerde bronnen worden vermeldt conform APA-richtlijnen en de opgestelde referentielijst, zie bijlage 1.

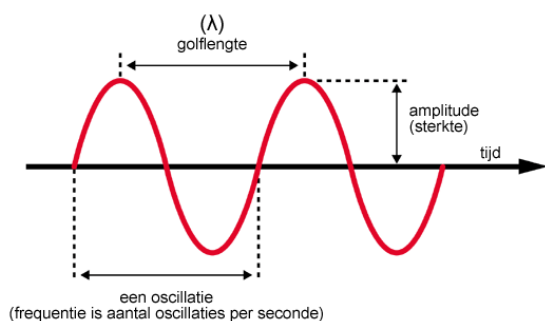
Een goede leefbaarheid aan boord is niet alleen afhankelijk van de faciliteiten aan boord. Om een goede leefbaarheid te hebben aan boord, moet er rekening gehouden worden met geluid en trillingen. Verder is een goede luchtkwaliteit in de accommodatie ook van groot belang. De luchtkwaliteit is afhankelijk van de gewenste temperatuur en luchtvochtigheid. Daarnaast is het prettig dat er geen uitlaatgassen in de accommodatie komen.

In de volgende paragrafen worden de punten: geluid, trillingen, uitlaatgassen, zout, het binnenklimaat, de koelinstallatie en de bijbehorende klimaatregeling beschreven. Door de opdrachtgever is gevraagd om dit onderzoek te richten op deze punten, omdat deze mede bepalend zijn voor de leefbaarheid aan boord van de mv. Helga.

2.1 Geluid

2.1.1 Wat is geluid?

De voortbeweging van geluid door de lucht ontstaat in feite door variaties in de luchtdruk. Het geluid heeft een golflengte, frequentie (oscillatie) en intensiteit (sterkte), zie figuur 1. Geluid beweegt zich vanaf de bron voort totdat het door een medium wordt ontvangen. Wanneer de energie in contact komt met de moleculen van het medium, beginnen de moleculen te vibreren en ontstaat een golf die geluidsenergie overdraagt. De geluidssnelheid is afhankelijk van het medium waar de golven doorheen gaan, en vormt een basiseigenschap van een materiaal. Zo hebben vaste materialen een uitstekende geluidsoverdracht, terwijl dit bij vloeistoffen al veel lager is en gassen heel slechte geluidsoverdracht hebben. Bij voortbeweging door de lucht haalt geluid bijvoorbeeld een snelheid van 340 meter per seconde, terwijl dit bij staal ongeveer 5200 meter per seconde is.



Figuur 1 Geluidsgolf (Paroc, 2015)

Een geluidsgolf beweegt zich als een repeterend patroon van afwisselend hoge en lage druk voort door een medium, en wordt daarom ook wel een drukgolf genoemd. Geluidsgolven worden vaak weergegeven in grafieken, waarbij de x-as het tijdsverloop aangeeft en de y-as de druk of dichtheid van het medium waar het geluid doorheen gaat. (Paroc, 2015)

Een geluidsgolf bestaat uit een golflengte en een amplitude. De golflengte is omgekeerd evenredig met de frequentie. Dit wil zeggen: Hoe hoger de frequentie, hoe korter de golflengte en hoe hoger de waargenomen toon is. De frequentie geeft het aantal trillingen, ook wel oscillaties, weer per seconde.

De amplitude is het maximum van de druk dat over de tijd op een bepaalde locatie optreedt. De sterkte van een geluidsgolf wordt weergegeven in decibel. Daarbij wordt de amplitude genormeerd naar een referentiedruk. Hoe luidt een klank wordt ervaren wordt bepaald door de amplitude. (Vree, Trillingen, 2008)

Het menselijk gehoor is in staat om geluid met een frequentie tussen de 20 Hz en 20 kHz te horen.



2.1.2 Het meten van geluid

Het meten van geluid wordt gedaan door middel van een decibelmeter. Een decibelmeter is niet meer dan een gevoelige microfoon die het aantal trillingen waarneemt. Het aantal trillingen, frequentie, in Hertz samen met de geluidsdruk in Pascal, levert een decibelwaarde, dB, voor het geluid op.

Bij het meten van het geluid dient er rekening te worden gehouden met de juiste weging, ook wel correctie genoemd. De meest voorkomende correctie is de A- weging. Deze staat verder uitgewerkt in bijlage 2.

2.1.3 Wanneer is geluid schadelijk?

Wanneer het geluidsniveau dagelijks hoger is dan 80 dB(A) dan is de kans op onder andere gehoorschade aannemelijk. Over het algemeen wordt vanaf 80 dB(A) van geluidshinder gesproken, echter is dit per persoon wisselend. Dit komt omdat iedereen geluid anders ervaart. Om te weten hoe hoog het geluidsniveau op de werkplek is, moet er een geluidsmeting plaatsvinden. Hiervoor kan de volgende vuistregel gehanteerd worden: Wanneer er tussen twee personen op een afstand van één meter van elkaar op een normale toon gesproken kan worden, is het geluidsniveau lager dan 80 dB.

Niet alleen het geluidsniveau bepaalt hoe veel schade dit kan toebrengen aan het gehoor, maar ook de duur dat de werknemer wordt blootgesteld aan het geluidsniveau. (Rijksoverheid, 2015)

Wanneer de werknemer gedurende de werkdag wordt blootgesteld aan een geluidsniveau van 85 dB of hoger, dan is hij verplicht om de juiste gehoorbescherming te dragen. Er zijn drie soorten gehoorbescherming te krijgen:

- Gehoorkappen

Verlagen het geluidsniveau met maximaal 30 dB(A). Echter kunnen er bijeffecten optreden die als hinderlijk ervaren kunnen worden.

- Oorpluggen, dopjes, stopjes

Verlagen het geluidsniveau met enkele dB. Doordat deze vaak niet goed worden ingebracht dempen ze te weinig. Verder zijn ze onhygiënisch waardoor gezondheidsklachten kunnen optreden.

- Otoplasten

Deze worden op maat gemaakt en bieden een demping aan tot 30 dB(A). Hierdoor dempen ze niet meer dan strikt noodzakelijk waardoor het draagcomfort stijgt. (Arboportaal, 2015)

2.1.4 Gevolgen langdurige geluidshinder

Wanneer iemand langdurig aan geluidshinder wordt blootgesteld kan dit nadelige gevolgen voor deze persoon opleveren. Het is mogelijk om aan geluidshinder te wennen. Hierdoor wordt er gedacht dat mensen geen last hebben van de geluidshinder, echter wilt dat niet zeggen dat dit geen negatieve invloed heeft op de prestaties en de gezondheid. Het uitfilteren van storende geluiden kost de hersenen veel energie waardoor vermoeidheid kan optreden. Verder is het mogelijk dat tinnitus (oorsuizen) ontstaat wat een negatief effect voor de prestaties veroorzaakt.

Andere gevolgen kunnen zijn:

- Verhoogde bloeddruk
- Stress
- Vermindering van maag- en darmfunctie



- Samentrekken van verschillende spieren
- Hartritmestoornis
- Blijvende gehoorschade (Hoorzaken, 2015)

2.1.5 Geluid aan boord van schepen

Tot nu toe is alleen over geluid in het algemeen gesproken. Echter is er een groot verschil tussen de mensen die aan de wal werken en de mensen die aan boord van een schip werken. Een van de grootste verschillen is dat aan boord alles is om zelfvoorzienend te zijn. Denk hierbij aan de hoofdmotor die op zee voor de voortstuwing en van elektriciteitsvoorziening voorziet, de hulpmotoren die voor elektriciteit in de haven verzorgen en de watermaker die voor drinkwater zorgt op zee. Al deze verschillende werktuigen maken ook geluid. Vanuit de fabrikant die de werktuigen levert, is er alles aan gedaan om het geluid tot een minimum te krijgen, echter alle werktuigen bij elkaar zorgen toch voor het nodige geluid. Verder is het schip van staal gemaakt wat een goede geleider is voor geluid. Tevens spelen er nog andere aspecten mee die voor geluid aan boord zorgen, hierbij is te denken aan het beuken van de golven tegen de scheepsromp en de cavitatie die de schroef veroorzaakt.

Aan boord van schepen gelden andere maximale geluidseisen dan aan de wal. De maximaal toelaatbare geluidssterkte aan boord mag maximaal 15 dB(A) hoger zijn dan aan de wal (Fysika, 2015) (IMO, 2015).

De IMO heeft voor de scheepvaart regels opgesteld, onder meer welke betrekking hebben op geluid. Bij deze regels is bepaald wat het maximale geluidsniveau mag zijn. Deze maximale dB(A) waarden staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1 Maximale geluidsproductie in dB(A) volgens IMO (IMO, 2015)

	Grootte van het schip	
	GT >1600 - < 10000	GT ≥ 10000
Machine afdeling		
Machinekamer	110	110
Controlekamer machinekamer	75	75
Werkplaats	85	85
Overige werkplaatsen	85	85
Navigatie afdeling		
Brug en kaartenkamer	65	65
Uitkijkposten incl. brugvleugel	70	70
Radiokamer	60	60
Radarkamer	65	65
Accommodatie		
Hutten	60	55
Messrooms	65	60
Recreatieruimtes binnen	65	60
Recreatieruimtes buiten	75	75
Kantoren	65	60
Kombuis zonder het gebruik van apparaten	75	75
Provisiekamer, provisiekoelingen	75	75

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Figuur 2 Decibel vergelijker

De ms. Helga heeft een gross tonnage (GT) van 8.999 ton, waardoor er aan de eerste kolom voldaan moet worden.

De IMO heeft met betrekking op geluid aan boord van schepen een speciale code opgesteld, de zogenaamde Code on noise levels on board ships.

In figuur 2 is een decibel vergelijker te zien. Deze vergelijkt de decibels met een bekend geluid.

2.1.6 Nagalmtijd

De nagalmtijd wordt als volgt beschreven in de dikke van Dale: *“De tijd dat een geluidsverschijnsel in een ruimte nog hoorbaar is als de geluidsbron reeds gestopt is.”*

Waarvoor is de nagalmtijd belangrijk?

De nagalmtijd is voor drie punten erg belangrijk:

1. Voor de verstaanbaarheid van spraak. De nagalmtijd moet dan heel kort zijn.
2. Voor de kwaliteit van een concertzaal. Hier moet de nagalmtijd langer zijn, zodat het geluid mooier overkomt.
3. Voor de verlaging van het geluidsniveau. Aan de hand hier van wordt bepaald welke geluidsabsorptie toegepast dient te worden om de nagalmtijd nog korter te krijgen.

Om er voor te zorgen dat het machinegeluid in de accommodatie zo laag mogelijk is, moet de nagalmtijd zo kort mogelijk zijn. (TU Delft, 2012)

De berekening van de nagalmtijd en de bijbehorende geschiedenis is te vinden in bijlage 3.

2.1.7 Doel

Door middel van deze metingen moet duidelijk worden of de actuele geluidsterkte zich onder de maximale toelaatbare geluidsterkte bevindt. Het meten van de geluidsterkte zal gebeuren met een decibelmeter op verschillende plekken in de accommodatie en in de machinekamer, volgens de regels die staan vermeld in The Code on Noise Levels on Board Ships. De metingen zullen op verschillende momenten plaatsvinden tijdens het varen. Tevens wordt er gemeten als het schip in de haven ligt en bezig is met laden en lossen. De verschillende uitkomsten zullen met elkaar vergeleken worden en aan de hand hiervan kan een onderbouwd advies gegeven worden. Hierbij is te denken aan een ander isolatiemateriaal in de wanden van de accommodatie.

2.2 Trillingen

Trillingen en geluid komen eigenlijk samen voor. Een trilling is namelijk een geluidsgolf. In deze paragraaf worden alleen geen geluidsgolven behandeld, maar mechanische trillingen. Deze mechanische trillingen zijn het gevolg van vibrerende machines of het uitstralen van de golven die breken tegen de huid van schip. De Arbodienst beschrijft een trilling of vibratie als volgt: *“Trillingen zijn herhaalde heen-en-weer bewegingen in één of meer richtingen rondom een evenwichtsstand.”* (Arbosupport, 2015)

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

In deze paragraaf worden alleen de trillingen behandeld die effect hebben op het menselijk lichaam. De trillingen die gemeten worden zullen zijn:

- Handtrillingen
- Armtrillingen
- Lichaamstrillingen

Deze trillingen worden gemeten omdat hier gezondheidsrisico's bij horen die voor gevaarlijke situaties kunnen zorgen bij de bemanning. Hoe trillingen bij machines gemeten en voorkomen kunnen worden wordt buiten beschouwing gelaten.

Omdat dit onderwerp verder niet is onderzocht met behulp van metingen, maar alleen met vragen in de enquête, staat een uitgebreide uitleg over deze trillingen, met de daarbij behorende risico's en wetgevingen verder uitgelegd in bijlage 4.

2.3 Uitlaatgassen

De voortstuwing van het schip geschiedt door gebruik te maken van een verbrandingsmotor. Aan boord van de ms. Helga wordt gebruik gemaakt van een MAK 6M43C motor. Dit is een dualfuel motor, wat inhoudt dat de motor op twee brandstoffen kan werken. De brandstoffen die geschikt zijn voor deze motor zijn HFO (Heavy Fuel Oil), zware olie en MGO (Marine Gas Oil), gasolie.

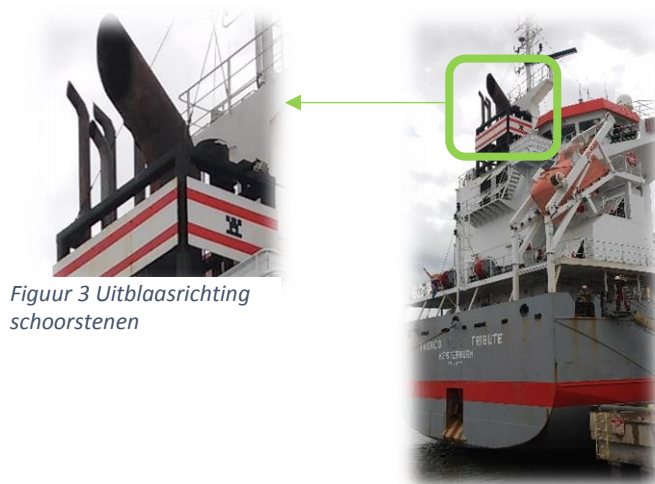
Uitlaatgassen bevatten verschillende schadelijke delen voor zowel mens als natuur. De schadelijke stoffen die in de natuur terecht komen worden tijdens dit onderzoek buiten beschouwing gelaten, er wordt alleen gekeken naar het gevolg van de deze stoffen op de bemanning.

Als eerste moet er gekeken worden welke stoffen er allemaal in de uitlaatgassen zitten. Deze worden weergegeven in bijlage 5.

De stoffen die het minst voorkomen in de uitlaatgassen, zijn echter het meest schadelijk zijn voor de mens en de natuur. Om het milieu zo min mogelijk te belasten worden er verschillende maatregelen genomen, zoals het opstellen van de zogenoemde ECA- gebieden. Het milieuaspect wordt tijdens dit onderzoek buiten beschouwing gelaten en wordt er alleen gekeken naar het menselijke aspect.

2.3.1 Afvoeren van uitlaatgassen

Om de uitlaatgassen af te voeren, zijn er verschillende stappen ondernomen. Een hele belangrijke oplossing is de manier van het plaatsen van de schoorsteen. Deze blaast de uitlaatgassen van het schip naar achteren weg. Voor een voorbeeld, zie figuur 3. De scheepsconstructeur is verantwoordelijk voor het plaatsen van de schoorsteen op de juiste manier.



Figuur 3 Uitblaasrichting schoorstenen

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

Het grote voordeel van deze opstelling is dat de uitlaatgassenrook altijd van het schip wegwaaien door de wind en de vaart van het schip.

Echter wanneer het harder waait dan de vaart van het schip en de koers van het schip is gelijk aan de richting van de wind, dan wordt de uitlaatgassenrook tegen de accommodatie aangeblazen. Dit kan ook gebeuren als het schip voor anker ligt of ligt afgemeerd. Om er voor te zorgen dat de uitlaatgassen niet de accommodatie binnenkomen, worden hier verschillende maatregelen voor getroffen.



Figuur 4 Lamellenrooster met afsluitbaar luik

2.3.2 Filter

Een veel voorkomende maatregel is het gebruik van lamellenroosters en een bijbehorend afsluitbaar luik.

Door de constructie van deze roosters is het voor de uitlaatgassen moeilijker om de accommodatie binnen te dringen. Dit komt niet alleen door de constructie van het rooster, maar ook door het luik dat wel voor voldoende aanzuiglucht zorgt, echter de weg voor de uitlaatgassen verhindert.

Deze roosters worden vooral bij de machinekamerventilatoren gebruikt. Mochten er ondanks de lamellenroosters toch uitlaatgassen in de machinekamer komen is dat minder schadelijk, doordat hier een kleine overdruk is door de ventilatie. Hierdoor heeft de bemanning er bijna geen last van. De airconditioningsunit zuigt ook buitenlucht aan. Deze lucht gaat vervolgens gekoeld de accommodatie in. Er zitten zoals eerder beschreven schadelijke stoffen in de uitlaatgassen. Daarom moet er zo schoon mogelijke lucht de airconditioningsunit ingezogen worden. De oplossing hiervoor is een lamellenrooster met bijbehorend afsluitbaar luik, echter komt er ook een filterdoek over de lamellen te liggen, zie figuur 8. Dit filter wordt een Viledon filter genoemd. Verder zijn er in de airconditioningsunit verschillende filterzakken, waar de aangezogen lucht eerst doorheen moet, voordat deze verder de accommodatie wordt in geblazen.

Aan boord wordt er gekozen voor een Viledon filtermat. Dit is een grote rol met Viledon, welke op maat geknipt kan worden. Viledon is een synthetisch filtermedium dat wordt toegepast waar zeer hoge eisen worden gesteld aan de luchtzuiverheid. (Freudenberg filter, 2015) Het is wel noodzakelijk de filter mee te nemen in het onderhoudsschema. Wanneer het filter smerig is, dan verliest deze de werking. Aan boord wordt het Viledon niet alleen gebruikt om de inblaaslucht van de airconditioningsunit te filteren, maar ook voor de aanzuiglucht van de turbo en de elektrische systeemkasten te filteren.



Figuur 5 Viledon filtermat

Echter is het niet mogelijk om helemaal te voorkomen dat de uitlaatgassen buiten blijven. Dit komt doordat er rekening gehouden dient te worden met invloeden van buitenaf. Hierbij moet gedacht worden aan de koers die het schip voorligt en diverse weersinvloeden. Door het gebruik van de filters kan voorkomen worden dat de uitlaatgassen de accommodatie wordt ingeblazen.

2.3.3 Doel

Om over dit onderwerp een onderbouwd advies te kunnen geven, worden er metingen gedaan om te bepalen of er uitlaatgassen in de accommodatie komen. Hierbij moet er rekening gehouden worden de windkracht, windrichting, vaart en koers van het schip. Om te bepalen of er stoffen in de accommodatie komen, wordt er aan de hand van de bijwerkingen een vragenlijst samengesteld waaruit bepaald kan worden of mensen/ bemanningsleden last hebben van deze stoffen.

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



2.4 Zout

Zoutwater bevat, zoals de naam al zegt, zout. Dit zout komt in het water doordat er miljoenen jaren geleden dikke steenzoutpakken en gips in de ondergrond hebben gelegen. Destijds was er minder water, waardoor het zout steeds dieper in de aarde kwam. Nadien is er meer water in de zeeën en oceanen terecht gekomen, waardoor het zout uit de aarde langzaam door het water wordt opgenomen. (Voorde, 2013). Doordat er zout in het zeewater zit, heeft het zeewater een hoger soortelijk gewicht wat vervolgens resulteert in opwaartse kracht, hierdoor heeft dit een gunstiger effect op de diepgang van schepen.

Omdat dit onderzoek gaat over de leefsituatie aan boord, wordt er alleen naar de effecten van het zout op de mens gekeken. De effecten die het zout heeft op de scheepsconstructie wordt buiten beschouwing gelaten.

2.4.1 Effect van zout op de mens

Als zeevarende is het onmogelijk om niet in contact te komen met het zoute zeewater. Dat het drinken van zeewater ongezond is, dat is over het algemeen wel bekend, echter zeewater heeft nog meer negatieve gevolgen voor het lichaam van de mens.

Het menselijk lichaam bestaat voor ongeveer 70% uit water. Dit water heeft dezelfde bestandsdelen als gewoon zoetwater. Zout heeft als nadelige bijwerking dat dit vocht onttrekt. Echter gebeurt dit pas bij de wat hogere concentraties. Normaal gesproken heeft een volwassene voldoende aan twee gram zout per dag, echter wordt er tegenwoordig gemiddeld 11 gram zout per persoon genuttigd. Wanneer deze hoeveelheid zich verdubbelt is de kans op bijwerkingen sterk aanwezig (Voedingscentrum, 2015). Een slok zeewater kan geen kwaad, echter wanneer dit voor weken achtereen alleen maar genuttigd wordt, dan droogt het lichaam uit, met de dood als gevolg. Dit komt doordat het lichaam het vochtpercentage gelijk wilt houden. Wanneer er teveel zout in het lichaam zit, wordt daar veel vocht onttrokken. Het lichaam reageert daar op door er meer vocht naartoe te pompen, echter op een gegeven moment is het lichaam zo droog, dat het aanwezige vocht dit niet meer kan compenseren.

Doordat het zeewater verdampt gedurende de dag door de zon, komt het zout in de atmosfeer terecht. Door de wind komt het zout vervolgens aan boord en kan het ook terecht komen op de bemanning die aan het werken is aan dek. Wanneer er zout op het lichaam komt, dan wilt het lichaam weer vocht naar de locatie sturen, om het vochtpercentage te compenseren. Het is daarom ook noodzakelijk dat er voldoende water wordt gedronken en na de werkdag even te douchen zodat al het zout van het lichaam is.

2.4.2 Gevolgen

Mocht er niet voldoende gedronken en gedoucht worden, dan is er een verhoogde kans op uitdroging. De huid scheurt, maar er is ook kans op zichtproblemen. De oogbol bestaat ook voor een groot deel uit water, ook is er een dun vliesje vocht op de oogbol. Ook dit vocht kan door het zout onttrokken worden, waardoor er problemen ondervonden kunnen worden met de ogen.

Dit zijn problemen die gemakkelijk voorkomen kunnen worden, echter wordt er niets aan gedaan, dan kunnen de gevolgen groot zijn. Wanneer het lichaam voldoende vocht heeft opgenomen, wordt het overige water uit het lichaam afgevoerd.

2.4.3 Doel

Het meten van het zout is lastig. De hoeveelheid zout die een persoon heeft kan onderzocht worden met behulp van een bloed- of urineonderzoek. Omdat de medische kennis ontbreekt wordt in dit onderzoek geen medische testen afgelegd. Dit onderwerp wordt aan boord onderzocht door middel

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

van een vragenlijst. De vragen over dit onderwerp gaan over de effecten en gevolgen die in het theoretisch kader beschreven staan. Aan de hand van deze antwoorden kan een onderbouwd advies gegeven worden.

2.5 Het binnenklimaat

Een gezond binnenklimaat is van groot belang aan boord. Als het binnenklimaat goed is, dan voelt de bemanning zich prettiger, wat minder ziekteverzuim oplevert, echter de arbeidsprestaties verbeteren. Wanneer de bemanning zich prettig voelt, dan komt dit ten goede aan de sfeer en aan de veiligheid. Voor het verkrijgen van een gezond binnenklimaat, moet er aan verschillende aspecten gedacht worden:

- Luchtvochtigheid
- Temperatuur

Deze verschillende punten worden in deze paragraaf behandeld.

2.5.1 Luchtvochtigheid

Zoals de naam al doet vermoeden staat luchtvochtigheid voor de hoeveelheid vocht, in de vorm van waterdamp, die zich in de lucht bevindt. Wanneer de luchtvochtigheid te hoog of te laag is, kan dit negatieve effecten met zich meebrengen. Om het binnenklimaat te bepalen wordt er gebruik gemaakt van de relatieve luchtvochtigheid en de absolute luchtvochtigheid. De relatieve luchtvochtigheid wordt gemeten met een hygrometer. Meer informatie over de hygrometer is te vinden in bijlage tien.

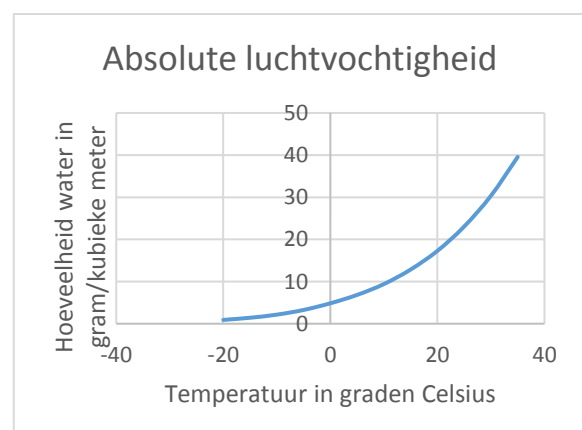
Relatieve luchtvochtigheid

In de meeste gevallen wordt de luchtvochtigheid weergegeven als relatieve luchtvochtigheid. Dit heeft te maken met het feit dat de maximale hoeveelheid waterdamp die lucht kan bevatten afhankelijk is van de temperatuur en de luchtdruk. De relatieve luchtvochtigheid wordt weergegeven in een percentage. Zo daalt de relatieve luchtvochtigheid (bij gelijkblijvend waterdampvolume) als de temperatuur stijgt. Dit komt doordat de lucht bij een stijgende temperatuur meer waterdamp kan bevatten. Wanneer de temperatuur daalt, kan het voorkomen dat de relatieve luchtvochtigheid boven de 100% komt. De lucht is dan verzadigd en zorgt voor condensatie. (Luchtvochtigheid, 2015)

Absolute luchtvochtigheid

De absolute luchtvochtigheid is de massa van het water opgelost in een kilogram lucht, veelal uitgedrukt in gram water/m³ lucht. Elke temperatuur kan een verschillende hoeveelheid waterdamp bevatten. Hiervan zijn grafieken te maken, welke in figuur 6 staat afgebeeld. (Vree, Relatieve vochtigheid, 2015) Met de absolute luchtvochtigheid wordt in de praktijk weinig mee gewerkt.

Zowel de relatieve als absolute luchtvochtigheid kan berekend worden. Deze berekening is te vinden in bijlage 6.



Figuur 6 Grafiek voor aflezen van absolute luchtvochtigheid



2.5.2 Ideale relatieve luchtvochtigheid

De ideale relatieve luchtvochtigheid bestaat niet. Echter in West- Europa en Noord- Amerika varieert deze tussen de 40% en 60%, deze verschilt wel per persoon. Over het algemeen voelen de mensen zich het meest comfortabel als de luchtvochtigheid hiertussen zit. Als de mensen zich comfortabel voelen, resulteert dit in betere werkprestaties en minder ziektes (Luchtvochtigheid, 2015). Vooral aan boord is het noodzakelijk om voor een zo ideaal mogelijke relatieve vochtigheid te zorgen. De bemanning zit een lange tijd met relatief veel personen op een kleine oppervlakte. Ziektes zouden zich sneller kunnen verspreiden en een slecht humeur raakt gelijk de gehele bemanning.

2.5.3 Gezondheidsproblemen

Bij zowel een te lage luchtvochtigheid, lager dan 25%, als bij een te hoge luchtvochtigheid, hoger dan 75%, kunnen gezondheidsklachten optreden.

Gezondheidsproblemen bij een te lage luchtvochtigheid:

- Prikkelende en/of droge hoest
- Droge, schilferige huid
- Droge, branderige ogen
- Geïrriteerde luchtwegen
- Hoofdpijn

Gezondheidsproblemen bij een te hoge luchtvochtigheid:

- Ongedierte als de stofmijt gedijt prima bij een hoge luchtvochtigheid;
- Grotere kans op schimmelinfectie. (Mens en gezondheid, 2015)

2.5.4 Dauwpunt

Het dauwpunt is de temperatuur waarbij bij gelijkblijvende dampdruk condensatie optreedt. Koude lucht kan minder waterdamp bevatten dan warme lucht en raakt bij voldoende isobare afkoeling, verzadigd met waterdamp, waardoor de relatieve luchtvochtigheid 100% wordt.

Als de luchttemperatuur hoog is, probeert ons lichaam zich te koelen door verdampen. Hoe hoger het dauwpunt, hoe lastiger dit gaat; hierdoor ontstaat een minder comfortabel gevoel. De relatie tussen het dauwpunt en de comfortbeleving is onderzocht door Steve Horstmeyer. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2 Dauwpunt bepalen inclusief hoe het ervaren wordt

Dauwpunt	Menselijke beleving	Relatieve luchtvochtigheid bij 32°C
Hoger dan 26 °C	Ernstig hoog, zelfs dodelijk voor longziekte gerelateerde ziekten	65% en hoger
24–26 °C	Zeer ongemakkelijk, tamelijk benauwend	62%
21–24 °C	Erg vochtig, heel ongemakkelijk	52–60%
18–21 °C	Enigszins ongemakkelijk, voor de meeste mensen is de luchtvochtigheid aan de hoge kant	44–52%
16–18 °C	OK voor de meeste mensen, maar men merkt al dat de luchtvochtigheid aan de hoge kant is	37–46%
13–16 °C	Comfortabel	38–41%
10–12 °C	Zeer comfortabel	31–37%
Lager dan 10 °C	Een beetje droog voor sommige mensen	30%



2.5.5 Temperatuur

De ideale temperatuur voor in de accommodatie bestaat niet. Het is ook moeilijk om hier aan te voldoen, doordat de buitentemperatuur constant wisselt. Om er voor te zorgen dat de buitentemperatuur een zo klein mogelijke invloed heeft op de binnentemperatuur is de accommodatie wit geschilderd. De kleur wit absorbeert geen warmte, waardoor de wanden van de accommodatie relatief koel blijven. Hierdoor vindt er geen warmtestraling door de accommodatie plaats.

De accommodatie dient als het ware als woning voor de bemanning. Om die reden is er gekeken wat de meest ideale temperatuur in woningen is. Zodat het klimaat dat de bemanning thuis heeft, ook aan boord gecreëerd kan worden.

Om een duidelijk beeld te krijgen over het binnenklimaat van de accommodatie, is de accommodatie verdeeld in verschillende zones.

- De brug wordt gezien als een kantoor, de ideale temperatuur mag dan tussen de 20°C en 24°C zijn (Boerstra, 2008);
- De hutten van de gehele bemanning wordt gezien als een slaapkamer, de ideale temperatuur mag hier tussen de 12°C en 17°C zijn (Royal health Foam, 2015);
- De messrooms worden gezien als een ontspanningskamer/ woonkamer, de ideale temperatuur ligt in deze ruimte rond de 20°C (Inspirerend wonen, 2013);
- De machinekamer wordt buiten beschouwing gelaten, omdat hier de temperatuur zo hoog wordt door onder andere de hoofdmotor, waardoor hier niet aan de ideale temperatuur voldaan kan worden. Echter in de controlekamer is het wel mogelijk om naar een ideale kantoor temperatuur te streven.

Een verdere uitleg over deze ruimtes is te vinden in bijlage 7.

2.5.6 Het behaaglijkheidsgebied

Gemiddeld voelen de meeste mensen zich binnen bepaalde grenzen van temperatuur en relatieve vochtigheid comfortabel. In bijlage 11 is het gebied weergegeven dat voor bewoners van West-Europa en Noord-Amerika als behaaglijkheidsgebied bekend staat. Dit behaaglijkheidsgebied is als volgt tot stand gekomen.

Over het algemeen vinden de bewoners van West-Europa en Noord-Amerika een minimum temperatuur tussen de 21°C en 23°C met een relatieve luchtvochtigheid variërend tussen de 60% en 30% het prettigst. Het behaaglijkheidsgebied heeft niet alleen een minimale temperatuur met bijbehorende relatieve luchtvochtigheid nodig, maar ook een maximale temperatuur met de daarbij behorende relatieve luchtvochtigheid. Deze maximale temperatuur ligt tussen de 27°C en 29°C met een relatieve luchtvochtigheid variërend tussen de 60% en 30%. (W.Smit, Het behaaglijkheidsgebied, 2007)

Uit een eerder onderzoek is gebleken dat het behaaglijkheidsgebied in Indonesië enigszins afwijkt dan het behaaglijkheidsgebied van West-Europa en Noord-Amerika (Feriadi, 2004). Het behaaglijkheidsgebied dat bij Indonesië hoort is in hetzelfde Mollierdiagram getekend en is te vinden in bijlage 11.

Hierin is te zien dat de minimale temperatuur redelijk dicht in de buurt komt van de minimale temperatuur die de Europeaan als comfortabel vindt. De minimale temperatuur varieert tussen de 21°C en 22°C, echter de relatieve luchtvochtigheid is beduidend hoger, namelijk variërend tussen de



50% en 80%. De maximale temperatuur varieert tussen de 29°C en 30°C met een variërende relatieve luchtvochtigheid van 50% tot 80%. (Chow, 2010)

Door beide behaaglijkheidsgebieden in hetzelfde diagram te tekenen, is het mogelijk om een verband te bepalen tussen beide gebieden. Door dit verband kan de theoretische optimale leefbaarheid aan de boord van de ms. Helga bepaald worden.

Om het zo comfortabel mogelijk te krijgen aan boord qua temperatuur en relatieve luchtvochtigheid, moeten zowel de Nederlandse officieren als de Indonesische matrozen in het behaaglijkheidsgebied zitten. De minimale temperatuur zou dan moeten variëren tussen de 20,5°C en 22°C met een relatieve luchtvochtigheid tussen de 50% en 60%. De maximale temperatuur zou dan uitkomen tussen de 27°C en 27,7°C met een relatieve luchtvochtigheid tussen de 50% en 60%.

Het ideale behaaglijkheidsgebied is tevens weergegeven in de tabel in bijlage 11. In deze tabel wordt het verband tussen de relatieve vochtigheid, droge bol en natte bol temperatuur weergegeven. Deze tabel is gemaakt met behulp van de formules die gegeven worden bij de paragraaf: Luchtvochtigheid.

2.5.7 Doel

Om het huidige binnenklimaat te kunnen bepalen worden er verschillende metingen gedaan. Tevens wordt er gebruik gemaakt van een digitale hygrometer. De gegevens die hieruit volgen, worden vergeleken met de meest optimale situatie. Met behulp van deze vergelijking kan vervolgens een onderbouwd advies gemaakt worden.

2.6 Klimaatregeling in de accommodatie

De natuurlijkste manier van koelen is door gebruik te maken van water. Het gebruik van koelend water kan geschieden op twee manieren, namelijk door middel van verdampend water of door smeltend ijs. Deze manieren van koeling worden tot op heden nog steeds toegepast en dan vooral als comfortkoeling.

In de industrie vindt ook koeling plaats door gebruik te maken van water. Denk hierbij aan koeltorens, die gebruik maken van verdampingskoeling.

Verdampingskoeling is gebaseerd op het feit dat de atmosfeer zelden verzadigd is. Water heeft de natuurlijke neiging om te verdampen door het onttrekken van warmte aan de omgeving. Wanneer de omgevingstemperatuur gedaald is tot de verzadigingstemperatuur, zal het verdampingsproces stoppen.

Voor het creëren van een optimaal binnenklimaat aan boord van de ms. Helga bestaat het klimaatbeheersingssysteem uit een koelinstallatie en een luchtbehandelingsinstallatie. Dit zijn twee aparte systemen. De koelinstallatie zorgt voor de koele lucht en de luchtbehandelingsinstallatie zorgt voor de verspreiding van de lucht in de gehele accommodatie en tevens voor de juiste luchtvochtigheid.

2.6.1 Koelinstallatie

Een koelinstallatie onttrekt warmte aan de lucht, vloeistoffen en producten. De onttrokken warmte wordt door de koelinstallatie op een hoger temperatuurniveau gebracht en afgevoerd naar de buitenlucht of naar het koelwater.

Koelinstallaties kunnen worden onderverdeeld in verschillende systemen die, qua principe van koude opwekking, beduidend verschillen.

- Koelinstallaties gebaseerd op de compressie van een koudemiddel (compressiekoeling);



- Systemen met directe verdamping of expansie van het koudemiddel;
 - Rondpompsystemen, ook wel natte systemen genoemd.
- Koelinstallaties gebaseerd op de absorptie van een koudemiddel (absorptiekoeling). Omdat aan boord van de ms. Helga gebruik wordt gemaakt van een compressiekoeling met expansie van het koudemiddel, worden de andere koelinstallaties buiten beschouwing gelaten. (De Haan, 2008)

Wanneer er naar de koude zijde van de installatie gekeken wordt, kan er onderscheid gemaakt worden tussen een installatie met een directe en indirecte koeling. Als de verdamper op een directe wijze de warmte onttrekt aan de omgevingslucht, bijvoorbeeld in een luchtkoeler, dan wordt er gesproken van directe koeling. Wanneer de te koelen stof door middel van een tussenstof, ook wel een koudedragers genoemd, dan wordt er gesproken over indirecte koeling. Hierbij kan gedacht worden aan koelinstallaties die werken met een koudedragers als pekels of ijswater.

De werking van een compressorkoelmachine staat vermeld in bijlage 8.

2.6.2 Koelmiddel

In de koelinstallatie circuleren koelmiddelen. Hierin is een verschil tussen natuurlijke en synthetische koudemiddelen.

Natuurlijke koelmiddelen, zoals water, koolstofdioxide en ammoniak, hebben een lager broeikas-effect bij een lekkage. Het broeikas-effect van synthetische koelmiddelen is 124 tot 22.800 keer groter dan het broeikas-effect van CO₂. Het broeikas-effect van ammoniak is nul. Ammoniak wordt vaak toegepast wanneer een grote koelcapaciteit gevraagd wordt, bijvoorbeeld bij koelschepen. Vanuit milieuoogpunt is het gebruik van natuurlijk koelmiddel een beter alternatief. Echter synthetische koelmiddelen zijn beduidend veiliger in gebruik.

Meer informatie over de koelmiddelen die tegenwoordig gebruikt worden is te vinden in bijlage 9.

In bijlage 9 zijn ook de zogenaamde GWP en ODP getallen af te lezen. Deze getallen geven aan hoe goed of hoe slecht het koelmiddel is voor het milieu. Hieronder volgt een beschrijving over deze getallen.

GWP (Global Warming Potential) getal

Met dit getal wordt het broeikas-effect van het koudemiddel uitgedrukt in een hoeveelheid kilogram CO₂ in een tijdvak van 100 jaar.

Het GWP getal wordt als volgt berekend (Rijkswaterstaat, 2015):

$$GWP_{medium} = (Percentage_{stof\ X} * GWP_{stof\ X}) + (Percentage_{stof\ Y} * GWP_{stof\ Y}) + enz.$$

ODP (Ozone Depletion Potential) getal

Het ODP getal geeft het ozonafbrekend vermogen weer van een chemische stof. Dit getal ligt tussen de nul en één en heeft als referentie het koelmiddel R11. Dit koelmiddel heeft een ODP getal van één, wat inhoudt dat het een zeer groot ozonafbrekend vermogen heeft.

Het ODP wordt op dezelfde manier berekend als het GWP getal:

$$ODP_{medium} = (Percentage_{stof\ X} * ODP_{stof\ X}) + (Percentage_{stof\ Y} * ODP_{stof\ Y}) + enz.$$

TEWI (Total Equivalent Warning Impact) getal

Het TEWI getal geeft de bijdrage weer die de koelinstallatie aan het broeikaseffect veroorzaakt als gevolg van lekkages, onderhoud en energieverbruik. Dit getal wordt uitgedrukt in hoeveelheid CO₂ uitstoot in kilogram, over een tijdsduur van 100 jaar.

Het TEWI getal wordt als volgt berekend:

$$TEWI = (GWP * L * n) + (GWP * m(1 - a)) + (n * E * B) + (C * M_s)$$

- Met:
- GWP = Global Warming Potential getal in kg CO₂ in 100 jaar
 - L = Jaarlijks koelmiddelverlies van de koelinstallatie uitgedrukt in kilogram
 - n = Levensduur van de installatie in jaren
 - m = Koelmiddelinhoud van de installatie in kilogram
 - a = Recuperatiefactor van het koelmiddel bij onderhoud of ontmanteling van de installatie
 - E = Energieverbruik over een jaar in kilowattuur
 - B = Brandstofconversiefactor bij de opwekking van één kWh, uitgedrukt in kg CO₂
 - C = Conversiefactor die de CO₂ productie bepaalt ten gevolge van materiaal terugwinning en productie, onderhoud en afvalverwerking van het gehele koelsysteem. C is gelijk aan 26 + 0,52 * n.
 - M_s = Massa van het gehele koelsysteem in kilogram.

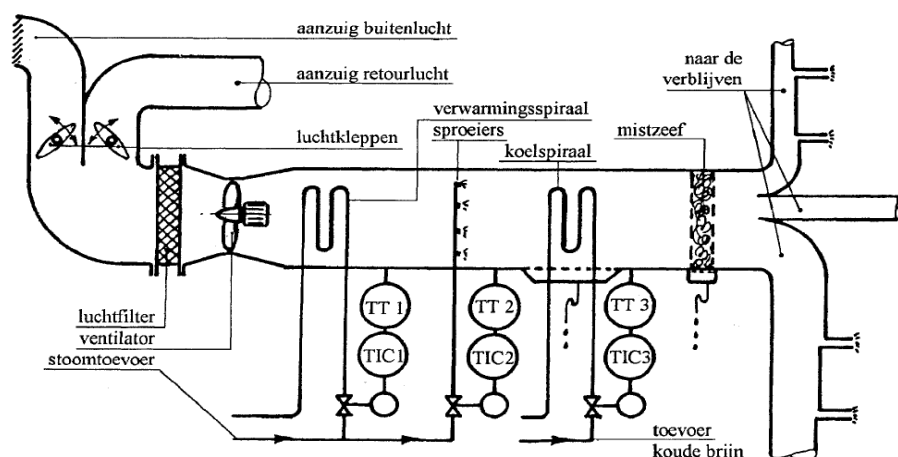
Het TEWI getal geeft goed aan wat de gevolgen zijn voor het milieu bij het gebruik van een bepaald koelmiddel in een koelinstallatie. Het resultaat van een TEWI berekening is echter sterk afhankelijk van de aannames en uitgangspunten. Absolute TEWI-waarden moeten daarom ook met grote voorzichtigheid worden gebruikt. Als instrument voor vergelijking van koelmiddelen in een specifieke installatie is TEWI bruikbaar, mits verantwoorde aannames zijn gebruikt. (Gerwen, 2015)

2.6.3 Klimaatbeheersing

Nu bekend is hoe de koelinstallatie werkt, kan er gekeken worden naar de techniek die er voor zorgt dat er in de accommodatie een aangenaam klimaat heerst.

De luchtbehandelingsinstallatie, ook wel airconditioning, aan boord dient ervoor om het klimaat in de verblijven voor de bemanning aangenaam te maken. Tevens wordt elektrische apparatuur, zoals navigatie apparatuur en schakelkasten, geplaatst in een ruimte waar een luchtbehandelingsinstallatie is. Luchtbehandelingsinstallaties komen in verschillende soorten en uitvoeringen voor, maar aan boord van de ms. Helga wordt gebruik gemaakt van een centrale luchtbehandelingsinstallatie welke schematisch is weergegeven in figuur 7.

Figuur 7 Centraal luchtbehandelingsinstallatie (W.Smit, Klimaatbeheersing, 2007)



Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



De luchtbehandelingsinstallatie zorgt onder andere voor een aangenaam klimaat voor de bemanning. Dit houdt in dat het in warme gebieden lekker koel in de accommodatie moet zijn, maar in koude gebieden moet het in de accommodatie lekker warm zijn. Hoe de centrale luchtbehandelingsinstallatie werkt in zowel koude, als warme gebieden, wordt hieronder uitgelegd.

Koude gebieden

In koude streken wordt bij de centrale luchtbehandelingsinstallatie geen gebruik gemaakt van de luchtkoeler. De ventilator zuigt een mengsel van buitenlucht en retourlucht aan en perst dit door een filter. Stof en insecten uit de buitenlucht en verontreiniging uit de luchtleidingen worden daardoor tegengehouden. In de luchtverwarmer wordt de lucht door stoom, heet water of thermische olie verwarmd. Omdat de lucht door het verwarmen naar verhouding te droog wordt, wordt er in de bevochtiger een beetje water aan de lucht toegevoegd. Hierdoor loopt niet alleen de vochtigheid, maar ook de temperatuur nog op. De inblaasttemperatuur moet iets hoger zijn dan de gewenste temperatuur n de verblijven om de optredende afkoeling op te vangen.

Warme gebieden

In warme gebieden staan de luchtverwarmer en de bevochtiger buiten dienst. De gefilterde menglucht wordt in de luchtkoeler gekoeld door brijn of een ander koelmiddel. In beide gevallen is een koelinstallatie nodig zoals beschreven in de paragraaf over de koelinstallatie.

Bij het afkoelen condenseert er waterdamp tot water. Dit wordt opgevangen en via een waterslot afgevoerd. De inblaasttemperatuur van de lucht in de verblijven moet wat lager zijn dan de gewenste temperatuur, zodat de warmte opgenomen kan worden die door de aanwezige personen wordt afgegeven. Tevens kan er warmte via een warmtelek naar binnen komen waar ook gecompenseerd voor dient te worden. Een voorbeeld van een warmtelek is een open deur. Doordat de ingeblazen lucht in de verblijven warmer wordt, kan deze ook het transpiratievocht van de aanwezige mensen opnemen.

De lucht wordt vanuit de luchtkokers via instelbare roosters in de verblijven geblazen, om zich vervolgens met de al aanwezige lucht te mengen. Even veel lucht als ingeblazen wordt onttrokken via speciaal aangebrachte openingen in deuren en schotten. Een groot deel van die lucht komt in gangen en portalen terecht, terwijl een klein deel van de lucht naar de douches en toiletten gaat. Hierdoor wordt deze kleine hoeveelheid lucht via een apart systeem afgezogen en naar de buitenlucht gevoerd. De lucht die overblijft in de gangen en portalen kan gebruikt worden als retourlucht. Deze retourlucht wordt weer opnieuw gebruikt in het luchtbehandelingssysteem. De hoeveelheid retourlucht die ook daadwerkelijk gebruikt wordt, kan ingesteld worden aan de hand van het instellen van de retourklep. Alle overige lucht wordt naar de buitenlucht afgevoerd.

De afvoeropeningen in de verblijven hebben zorgvuldig berekende afmetingen. Als een bemanningslid zijn patrijspoort of de buitendoor naar dek openzet, wordt de gehele luchtbehandeling verstoort. Dit heeft gelijk effect op de luchtbehandeling van de andere verblijven. Dit probleem kan echter snel gelokaliseerd en opgelost worden. (W.Smit, Klimaatbeheersing, 2007)

2.6.4 Doel

Door middel van het berekenen van de installatie wordt bepaald welke capaciteit de koelinstallatie moet hebben. In deze berekening worden verschillende factoren meegenomen, zoals de oppervlaktes van de accommodatie, de k- factor, benodigd compressorvermogen, verdampingsoppervlak en het leidingsysteem van de koelinstallatie.



3 Onderzoeksmethode

3.1 Methode

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van Rederij van Dijk en betreft zowel een kwantitatief als een kwalitatief onderzoek.

1.1.1 Kwantitatief onderzoek

Bij een kwantitatief onderzoek worden onder andere metingen verricht en wordt er bij een populatie een enquête afgenomen.

Tijdens dit onderzoek worden de volgende metingen verricht:

- Koolstofdioxide
- Binnentemperatuur
- Luchtvochtigheid in de accommodatie
- Geluidsniveau

Voor het verrichten van deze metingen zijn verschillende meters aangeschaft. Deze meters zijn particulier aangeschaft, hierdoor zijn er keuzes gemaakt omtrent de metingen die uitgevoerd gaan worden.

Het meten van hand-, arm- en lichaamstrillingen kon alleen gedaan worden met behulp van een speciale trillingsmeter die vooral de lagere frequenties meet. De aanschaf van deze trillingsmeter ligt hoog. Hierdoor was het alleen mogelijk om deze meting te kunnen uitvoeren indien er door de school of de rederij kon worden voorzien van de juiste meetapparatuur.

De metingen werden gedurende zes weken uitgevoerd. Tijdens het varen werden de metingen dagelijks uitgevoerd. Hierdoor kon er een goede historie opgebouwd worden, welke goed verwerkt kon worden. Hierbij werd getracht de metingen te doen met verschillende weersinvloeden en koersen. Tevens werden er metingen gedaan tijdens het laden en lossen. De metingen werden uitgevoerd aan de hand van de IMO richtlijnen.

Uiteindelijk werden de metingen verwerkt in verschillende grafieken en tabellen.

Verder werd er nog een schriftelijke enquête bij de bemanning afgenomen om te bepalen hoe zij over de leefbaarheid aan boord denken. De vragen van de enquête waren getest op acht mensen die reeds zijn afgestudeerd aan zowel een MBO als HBO maritiem officier opleiding en al varen. Aan boord werd de enquête aan 14 bemanningsleden voorgelegd. De populatie bestaat uit de kapitein, officieren, werktuigkundigen en matrozen. Voor een valide onderzoek zijn minimaal 12 ingevulde enquêtes benodigd. De periode waarin de enquêtes worden afgenomen, nam drie maanden in beslag.

Net als bij de metingen werden de uitkomsten van de enquêtes verwerkt in grafieken, waarmee vervolgens tot een conclusie gekomen kan worden.

Een voorbeeld van de enquête is te vinden in bijlage 12.

1.1.2 Kwalitatief onderzoek

Buiten de metingen die worden gedaan, wordt de koelinstallatie berekend. Deze berekening valt onder een kwalitatief onderzoek. Onder andere de volgende berekeningen worden uitgevoerd:

- Oppervlakte van de accommodatie
- K- factor
- Compressorcapaciteit/ compressorvermogen

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



- Condensorcapaciteit
- Verdampingsoppervlakte
- Koellast

3.2 Onderzoeksstrategie

In figuur 8 is schematisch de samenhang tussen de deelvragen en hoofdvraag verduidelijkt.



Figuur 8 Samenhang tussen de hoofd- en deelvragen

Om een verdieping te creëren in elke deelvraag is er een tabel gemaakt die de reden, nauwkeurigheid, het kennisveld en de gekozen methode weergeeft. Deze verdieping is te vinden in tabel zeven. In de tabel zijn vijf kolommen:

- | | | |
|---|-----------------|--|
| 4 | Vraagnummer | : Gekoppeld aan de deelvragen vermeld in de inleiding. |
| 5 | Reden | : Waarom is er gekozen voor die deelvraag? |
| 6 | Nauwkeurigheid | : Hoe wordt de informatie verwerkt? |
| 7 | Kennisveld | : Waar wordt de informatie vergaard? |
| 8 | Gekozen methode | : Welke onderzoeksmethode wordt er gebruikt? |



Tabel 3 Verdieping van de deelvragen

Vraag-nummer	Reden	Nauwkeurigheid	Kennisveld	Gekozen methode
1	Kijken wat de wet- en regelgeving over dit onderwerp te melden heeft.	Beschrijving aan de hand van onder andere diverse wetsteksten.	SOLAS, studiemateriaal, internet	Literatuuronderzoek
2	Kijken wat de wet- en regelgeving over onder andere trillingen, geluid, zout en uitlaatgassen te melden heeft.	Beschrijving aan de hand van onder andere diverse wetsteksten.	SOLAS, studiemateriaal, internet	Literatuuronderzoek
3	Het bepalen van de actuele klimaat om dit als referentiepunt te gebruiken voor het geven van een advies.	Rapport met de berekeningen en uitkomsten van diverse metingen	Theorie aan praktijk koppelen	Veldonderzoek
4	Met het beantwoorden van deze vraag wordt gekeken naar het benodigde koelend vermogen.	Beschrijving van de theorie welke wordt opgezocht in diverse boekwerken en websites. Verder wordt er voor specifieke informatie de handleiding geraadpleegd.	Theorie aan praktijk koppelen, handleiding	Literatuuronderzoek, Veldonderzoek
5	Alles kan wel volgens de regelgeving geregeld worden, echter wilt dit niet zeggen dat de bemanning zich hier prettig bij voelt.	Beschrijving van de uitkomsten van de diverse gesprekken en enquête.	Uit de praktijk, ervaringen	Gesprekken en enquête



4 Resultaten

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van het onderzoek besproken worden.

4.1 Geluid

Gedurende vier weken zijn op verschillende momenten metingen gedaan in zowel de accommodatie als de machinekamer. De metingen zijn zowel in de haven als op zee gedaan.

Voor het meten van het geluid aan boord van schepen zijn speciale regels opgesteld. Deze regels staan in The Code On Noise Levels on Board Ships. De regels die betrekking hebben op het meten zijn te vinden in bijlage 13.

In die regels staat onder andere dat er niet meer personen in de ruimte aanwezig mogen zijn dan normaal. Verder moeten alle deuren en ramen gesloten zijn tijdens de meting. Ook zijn de weersomstandigheden belangrijk om deze te noteren. De IMO heeft een speciaal rapport dat gebruikt kan worden voor het invullen van de meetgegevens. Een voorbeeld van dit rapport is te vinden in bijlage 14.

4.1.1 Machinekamer

Geluidsniveau

De hoofdvraag van deze scriptie luidt: "Hoe ziet de meest ideale leefsituatie, met betrekking tot klimaatbeheersing, geluid, trillingen, zout en uitlaatgassen er uit aan boord van de ms. Helga?" In de machinekamer wordt niet geleefd, echter wordt er wel gewerkt. Verder is de machinekamer een grote bron van geluid in de gehele accommodatie. Dit komt doordat de machinekamer onder de accommodatie gesitueerd is.

Op verschillende momenten zijn metingen gedaan in de machinekamer, echter waren de meetresultaten nagenoeg constant. De oorzaak hiervan is als volgt:

De schroef is een zogenoemde controllable pitch propeller, dit houdt in dat de snelheid van het schip wordt geregeld door het verstellen van de pitch van de schroef. De hoofdmotor draait constant vol vermogen. Wanneer er op de brug besloten wordt om halve kracht te gaan varen, verandert dit niets aan het motorgeluid. Om de motor te laten draaien, zijn ook verschillende hulpwerktuigen nodig. Denk hierbij aan koel-, brandstof- en smeeroliepompen.

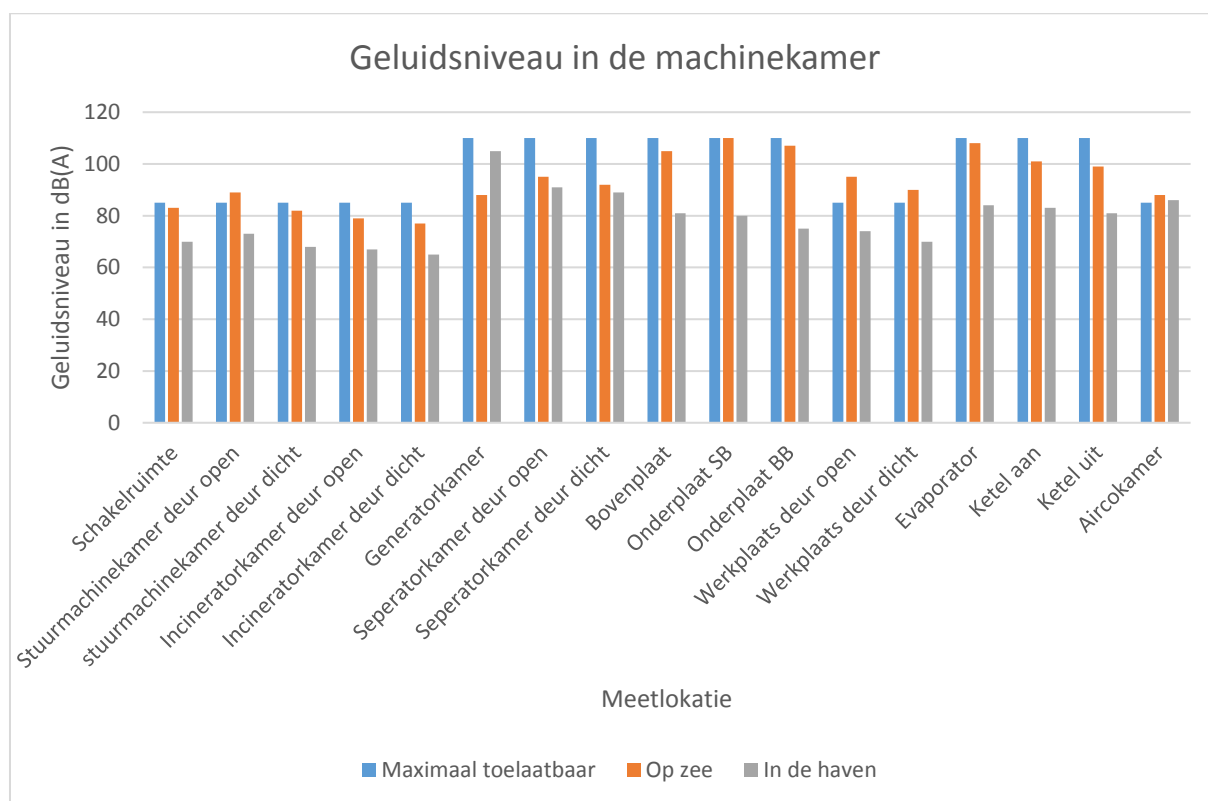
In de haven hoeven alleen de hulpgeneratoren maar te draaien. Deze hebben een kleiner vermogen en daarom minder "zware" hulpwerktuigen. In de haven zorgen deze hulpgeneratoren voor het geluid in de accommodatie. Hierbij verschilt het niveau van het geluid lichtelijk wanneer er gebruik wordt gemaakt van een tweede hulpgenerator. De tweede hulpgenerator is alleen nodig wanneer er gebruik wordt gemaakt van het eigen laad- en losgerei.

Tijdens het uitvoeren van de metingen, is ook rekening gehouden met het weer en de zeegang. Deze zorgde alleen niet voor wisselende resultaten. De metrologische gegevens tijdens de metingen zijn verwerkt tot tabel 4.

Alle meetwaarden zijn verzameld en verwerkt in een tabel en in een grafiek, welke te zien is in figuur 9. De tabel is te vinden in bijlage 15.

Tabel 4 Tabel met metrologische gegevens gedurende de meetperiode in de machinekamer

	Wind- richting	Windkracht in Beaufort	Luchtdruk in mbar	Buiten-temperatuur in °C	Koers in graden
dag 1	ONO	2	1022	23	251
dag 2	NO	3	1020	25	250
dag 3	O	3	1017	25	247
dag 4	ZO	3	1015	27	248
dag 5	Z	3	1014	27	235
dag 6	NE	3	1013	27	331
dag 7	N	3	1015	27	330/34/309
dag 8	N	3	1015	27	309/298
dag 9	NE	4	1018	24	73



Figuur 9 Staafgrafiek met de resultaten van de geluidsmeting in de machinekamer.

De blauwe staven geven de maximale toelaatbare geluidsniveaus weer. Deze waarden zijn door het IMO bepaald en alle schepen die onder de Nederlandse vlag varen, moeten zich hier aan houden. De Nederlandse vlag heeft hier geen strengere regels op gelegd. De oranje staven geven het geluidsniveau weer, gemeten op zee. Tot slot geven de grijze staven het geluidsniveau weer welke gemeten zijn in de haven.

Sommige ruimtes zijn af te sluiten met een deur. Deze deur is een “normale” deur, die wel brandvertragend is. Echter de stuurmachinekamer deur is hierop een uitzondering. Dit is namelijk een waterdichte deur. Alle ruimtes die afgesloten konden worden met een deur zijn zowel met open, als gesloten deur gemeten. Op de waterdichte deur na, zijn alle deuren normaal geopend.

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



In figuur 15 is te zien dat over het algemeen de meeste ruimtes voldoen aan de maximaal toelaatbare geluidsniveau eis. Er zijn echter een aantal uitschieters waarbij het gemeten geluidsniveau hoger is dan de maximaal toelaatbare:

1. Stuurmachinekamer met de deur open;
2. Werkplaats met de deur geopend en gesloten;
3. Aircokamer.

Een goede en veilige werkomgeving draagt mede bij aan een prettige leefsituatie. Mede om die reden moet er voor gezorgd worden dat er veilig gewerkt kan worden in de machinekamer. Vanaf 80 dB(A) wordt daarom geadviseerd om geluidsbescherming te dragen. Echter vanaf 85 dB(A) is het verplicht. In de tabel in bijlage 15 staat vermeldt wanneer en waar het dragen van gehoorbescherming geadviseerd wordt en wanneer het verplicht wordt:

Op zee : Op zee wordt geadviseerd om in de gehele machinekamer gehoorbescherming te dragen. Het geluidsniveau in de incineratorkamer (afvalverbrandingsruimte) blijft onder het maximale geluidsniveau, waardoor gehoorbescherming niet verplicht is.

In de haven : Wanneer het schip in de haven ligt wordt het geluidsniveau op verschillende plekken lager dan het maximaal toelaatbare. Hierdoor is het niet meer noodzakelijk om in de gehele machinekamer gehoorbescherming te dragen. Echter in de generator- en separatorkamer is het wel nog verplicht.

De gehoorbescherming die gedragen dient te worden in machinekamer moet 30 dB(A) kunnen dempen, hierdoor dient er gebruik gemaakt te worden van gehoorkappen of otoplasten.

Nagalmtijd

De nagalmtijd is bepaald met behulp van de Wet van Sabine.

Tabel 5 Nagalmtijd volgens de Wet van Sabine in de machinekamer

Element	Materiaal	Oppervlakte in m ²	Absorptiecoëfficiënt	Absorberend oppervlak in m ²
Vloer	Staal	302,4	0,04	12,096
wand 1	Staal	189	0,04	7,56
wand 2	Staal	160	0,04	6,4
wand 3	Staal	189	0,04	7,56
wand 4	Staal	160	0,04	6,4
Plafond	Staal	302,4	0,04	12,096
	TOTAAL	1302,8		52,112
Gemiddelde absorptiecoëfficiënt			0,04	
Volume van de ruimte in m ³			3024	
Nagalmtijd volgens Sabine in seconden			4,17	

Als eerste zijn alle oppervlaktes bepaald aan de hand van het opmeten van de constructietekeningen. De hele machinekamer is van staal gemaakt, waar een absorptiecoëfficiënt bij hoort van 0,04.

Het volume van de machinekamer is berekend door de lengte (16 meter) van de machinekamer te vermenigvuldigen met de breedte (18,90 meter) en de hoogte (10 meter).

Vervolgens kan de nagalmtijd berekend worden. Omdat er alleen gewerkt wordt met de nagalmtijd volgens Sabine, wordt deze alleen maar uitgewerkt.

$$T_{sab} = \frac{\sum \text{oppervlakte}}{(6 * \sum \text{absorberend oppervlak})}$$

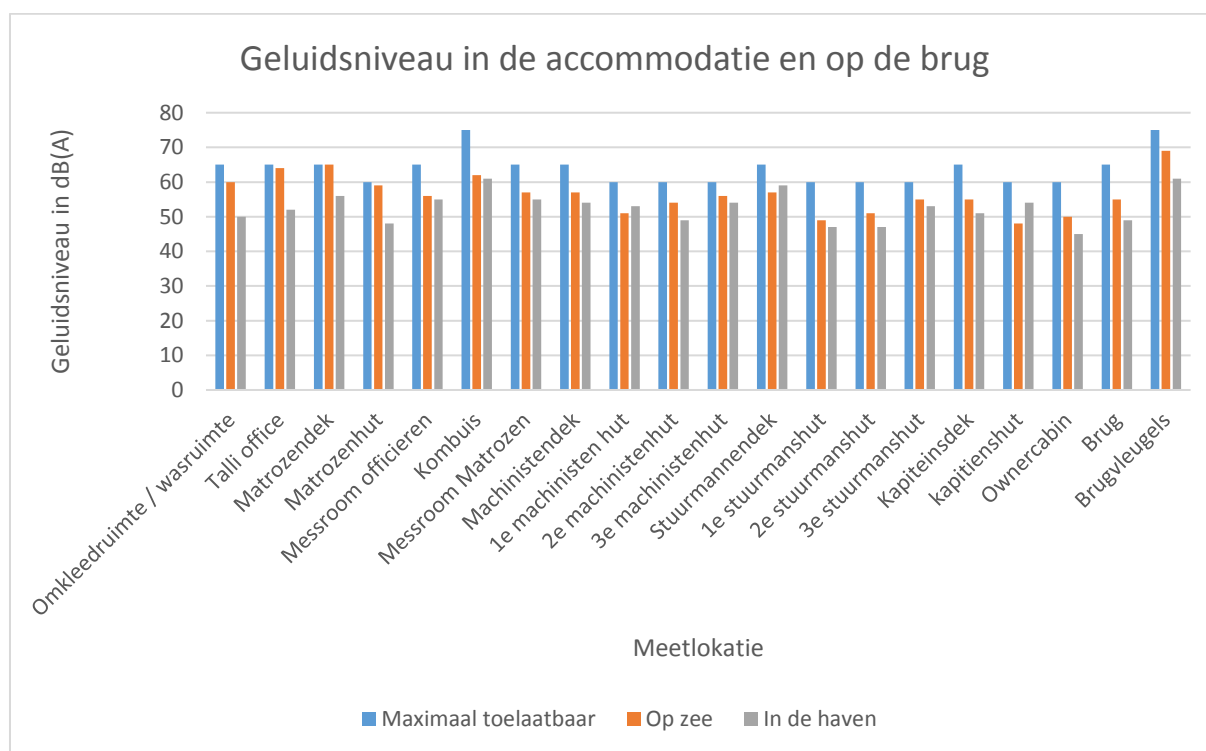
Hieruit volgt een nagalmtijd van ruim vier seconden. In het gunstigste geval duurt de nagalmtijd nul seconden, echter is dit in realiteit zo goed als onhaalbaar. Gemiddeld duurt een nagalmtijd één seconden. Een nagalmtijd van vier seconden zit dan ver boven het gemiddelde, dat dan ook als zeer nadelig beschouwd kan worden.

Hoe goed de geluidsabsorptie in de machinekamer is, wordt aangegeven met het gemiddelde absorptiecoëfficiënt. Vanaf de 0,15 is een goede geluidsabsorptie. Uit de berekening blijkt dat er in de machinekamer een geluidsabsorptie is van 0,04, wat dus veel te laag is. Een oplossing zou dan zijn om geschikte geluidsabsorptieplaten te bevestigen tegen het plafond en de wanden.

4.1.2 Accommodatie en de brug

Geluidsniveau

Op dezelfde dagen dat de geluidsmetingen in de machinekamer zijn gedaan, zijn ook de metingen gedaan in de accommodatie en op de brug. Op deze manier is het motorvermogen bij alle metingen gelijk, net als het weer en de gang van de zee. De meetresultaten van zowel op zee als in de haven zijn verwerkt in een tabel, die te vinden in bijlage 16, en de volgende grafiek.



Figuur 10 Staafgrafiek met de resultaten van de geluidsmeting in de accommodatie en op de brug

Net als bij figuur 9 geldt bij deze grafiek dat de blauwe staven het maximaal toelaatbaar geluidsniveau weergeven, de oranje staven geven weer wat het geluidsniveau op zee was en de grijze staven wat het geluidsniveau in de haven was.

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Net als bij de geluidsmeting in de machinekamer, is nu weer rekening gehouden met de metrologische omstandigheden en de koers die gevaren werd. Deze gegevens zijn te vinden in tabel 6.

Tabel 6 Tabel met metrologische gegevens gedurende de meetperiode op de brug

	Windrichting	Windkracht in Beaufort	Luchtdruk in mbar	Buiten-temperatuur in °C	Koers in graden
dag 1	NO	4	1034	15,5	245
dag 2	ZO	4	1025	19	255
dag 3	ZW	2	1023	21	255
dag 4	ZZW	4	1022	21	253

In de grafiek in figuur 10 is te zien dat alle geluidsniveaus, zowel op zee als in de haven, onder het maximaal toelaatbare geluidsniveau liggen.

Wat echter wel opvalt, is dat het geluidsniveau in de haven niet veel afneemt. De hoofdoorzaak hiervan zijn de machinekamerventilatoren. De aanzuig van deze ventilatoren staat naast de accommodatie. Deze blijven in de haven op 'full speed' draaien, zodat de apparatuur in de machinekamer niet te warm wordt. Dit hoeft echter alleen in de warmere gebieden. Tijdens dit onderzoek zijn geen koude gebieden aangedaan, daardoor kon dit niet verder bekeken worden.

Nagalmtijd

Net als bij de machinekamer is de nagalmtijd in de accommodatie bepaald met behulp van de Wet van Sabine.

Van één hut is de nagalmtijd bepaald. De waardes die nodig zijn voor de berekening staan vermeld in onderstaande tabel.

Tabel 7 Nagalmtijd volgens de Wet van Sabine in een hut.

Element	Materiaal	Oppervlakte in m ²	Absorptie - coëfficiënt	Absorberend oppervlak in m ²
Vloer	Vloerbedekking	16,25	0,4	6,5
Plafond	Geperforeerd metaal	16,25	0,7	11,375
Ramen	Glas	1	0,05	0,05
Zijwand 1	Metaal met isolatie	7,7	0,25	3,08
Zijwand 2	Metaal met isolatie	11	0,25	4,4
Zijwand 3	Metaal met isolatie	8,8	0,25	3,52
Zijwand 4	Metaal met isolatie	6,6	0,25	2,64
Kast en bureau	Hout	5	0,05	0,25
Bed, bank en stoel	Gestoffeerd hout	4	0,45	1,8
	Totaal	76,6		33,615
Gemiddelde absorptiecoëfficiënt			0,37	
Volume van de ruimte m³			35,75	
Nagalmtijd volgens Sabine in seconden			0,45	



Als eerste zijn alle oppervlaktes van de verschillende elementen berekend. Vervolgens is er gekeken welke absorptiecoëfficiënt er bij het materiaal van de verschillende elementen hoort. Hierbij zijn een aantal aannames gedaan, omdat niet bekend is hoe dik sommige stoffen en materialen zijn.

Nadat alle oppervlaktes en absorptiecoëfficiënten bekend zijn, is het mogelijk om het absorberend oppervlak te berekenen door deze met elkaar te vermenigvuldigen.

Het volume van de hut is eenvoudig te bepalen door het grondoppervlak te vermenigvuldigen met de hoogte van de hut. Het grondoppervlak is 16,25 m² en de hoogte van de hut is 2,20 meter. Dit levert een volume op van 35,75 m³.

Vervolgens kan de nagalmtijd berekend worden. Omdat er alleen gewerkt wordt met de nagalmtijd volgens Sabine, wordt deze alleen maar uitgewerkt.

$$T_{sab} = \frac{\sum \text{oppervlakte}}{(6 * \sum \text{absorberend oppervlak})}$$

Om te bepalen of er voldoende geluidsabsorptie is, is het nodig om het gemiddelde absorptiecoëfficiënt te bepalen. Dat wordt als volgt gedaan:

$$\text{Gemiddeld absorptiecoëfficiënt} = \frac{\sum \text{absorberend oppervlak}}{\sum \text{oppervlakte}}$$

In de hut van de derde machinist is het gemiddelde absorptiecoëfficiënt 0,37. Dit geeft aan dat er een hele goede geluidsabsorptie in de hut is. Een minimaal gemiddelde absorptiecoëfficiënt is 0,14 en in normale situatie schommelt deze tussen de 0,15 en 0,20. Echter hoger mag altijd.

4.2 Binnenklimaat

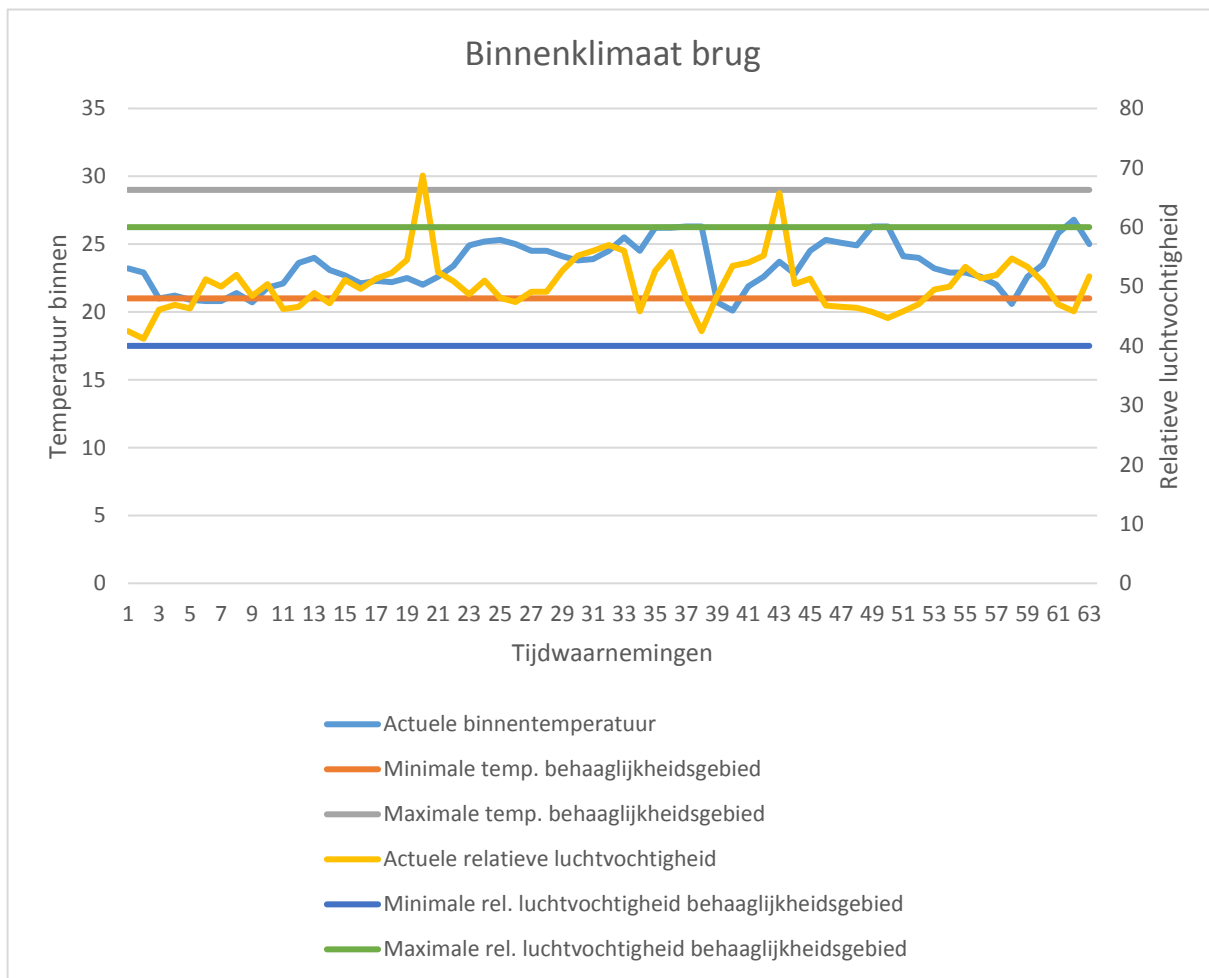
Brug

De grafiek in figuur 11 laat een duidelijk verloop zien van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid op de brug gedurende vier dagen. De reis verliep van Rotterdam naar Willemstad in Curaçao. Gedurende deze reis is er een periode van vier dagen door de officier van de wacht genoteerd wat de binnentemperatuur en de bijbehorende relatieve luchtvochtigheid is.

Voor deze metingen werd gebruik gemaakt van de CO₂ luchtkwaliteitsmonitor van het merk Trotec. Net als voor de geluidsmeting moest er zelf voorzien worden in de juiste apparatuur, omdat er aan boord niets aanwezig was.

Verder is er genoteerd of de brugdeur open of gesloten was en hoeveel mensen er op de brug aanwezig waren. Tot slot worden er in het journaal de buitentemperatuur, luchtdruk, windrichting en windkracht genoteerd.

Met deze gegevens is vervolgens een grafiek gemaakt om de kijken of alle waarden binnen de grenzen van behaaglijkheid vallen.



Figuur 11 Grafiek met de resultaten van de klimaatsmeting op de brug

Op 19 februari 2016 is om 16:00 begonnen met het noteren van de meetwaarden. Vervolgens is om de twee uur door de officier van de wacht bijgehouden en genoteerd hoe hoog de temperatuur op de brug is en welke relatieve luchtvochtigheid er was. Omdat de brug 24 uur per dag bemand is, kan hier een mooie 24 uren metingen gedaan worden. In totaal zijn er in 100 uur 62 metingen verricht.

De lichtblauwe lijn geeft de binnentemperatuur weer. De gele lijn laat grafisch het verloop van de relatieve luchtvochtigheid zien. Hierin vallen een aantal punten op.

- 1 De binnentemperatuur stijgt.
- 2 De relatieve luchtvochtigheid varieert
- 3 Zowel de minimale als maximale waarden worden zelden overschreden
- 4 's Nachts is de relatieve luchtvochtigheid hoger dan overdag.
- 5 De relatieve luchtvochtigheid heeft één grote piek en één groot dal.

De oorzaak van een stijgende binnentemperatuur is zeer voor de hand liggend. Er wordt gevaren van Nederland naar Curaçao. Nederland heeft een zeeklimaat en Curaçao een tropisch klimaat. De buitentemperatuur stijgt hierdoor de gehele reis. Doordat de brug is voorzien van heel veel ramen, is er een grote warmtestraling, waardoor de binnentemperatuur stijgt. In het begin stond de airconditioning op de brug uitgeschakeld, echter op 21 februari werd de airconditioning alsnog



bijgezet. De binnentemperatuur bleef wel stijgen, echter door de werkende airconditioning gebeurde dit geleidelijk. De relatieve luchtvochtigheid daalde echter wel door de airconditioning.

De oorzaak van de variërende relatieve luchtvochtigheid kent eigenlijk maar één oorzaak. Dit heeft alles met het weer te maken. Doordat 's nachts de zon niet schijnt, daalt de temperatuur. Echter de luchtdruk blijft nagenoeg gelijk. Hierdoor komt het dauwpunt steeds dichterbij, wat inhoudt dat de lucht steeds vochtiger wordt. Hierdoor stijgt de relatieve luchtvochtigheid in de nacht.

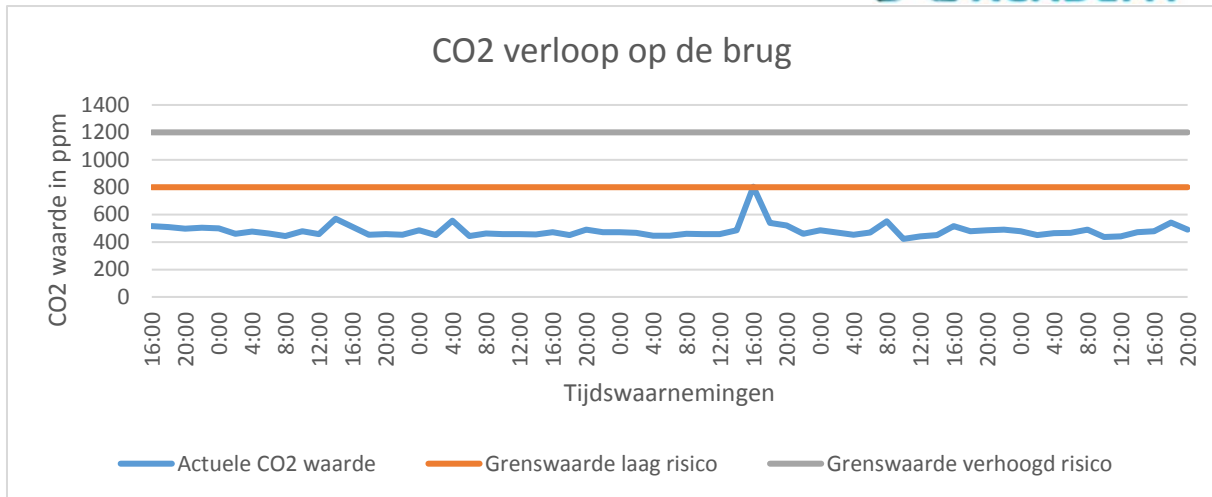
Overdag schijnt wel de zon, echter de zon geeft niet constant dezelfde warmte af. Hoe warmer het buiten wordt, hoe droger de lucht wordt. De luchtdruk moet wel gelijk blijven. Hierdoor is de relatieve luchtvochtigheid overdag een stuk lager dan 's nachts.

Als laatste zijn er een aantal grote pieken in de relatieve luchtvochtigheid te zien. Deze pieken zijn ontstaan, doordat de officier van de wacht op het moment van het noteren van de meetwaardes, thee was aan het maken met behulp van een waterkoker.

In bijlage 17 is het mollierdiagram te zien waarin de volgende gegevens te zien zijn:

1. Het behaaglijkheidsgebied is het blauw omlijnde gebied. Omdat er op de brug alleen Nederlandse officiers komen, is alleen het Europese behaaglijkheidsgebied getekend.
2. Alle meetwaardes zijn genoteerd in een lijst. Van deze meetwaardes is de gemiddelde, minimale en de maximale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid bepaald. De blauwe en rode stip geven de minimale en maximale waardes aan, gezien vanuit de temperatuur. De gele en zwarte stip geven de minimale en maximale waardes aan, gezien vanuit de relatieve luchtvochtigheid. Tot slot geeft de groene stip de gemiddelde waarde aan.
 - a. Waardes gezien vanuit de temperatuur:
Minimale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 20,1°C en 53,5% RV.
Maximale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 26,8°C en 45,8% RV.
 - b. Waardes gezien vanuit de relatieve luchtvochtigheid:
Minimale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 22,9°C en 41,2% RV.
Maximale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 22,0°C en 68,7% RV.
 - c. Gemiddelde waarde:
De gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 23,5°C en 50,3% RV.

In de zelfde periode is ook het CO₂ gehalte op de brug gemeten en genoteerd door de officier van de wacht. Al deze meetgegevens zijn verwerkt tot onderstaande grafiek.



Figuur 12 Grafiek met de resultaten van de CO₂ meting op de brug

De meter die voor deze meting is gebruikt, is zelf kalibrerend. Hierdoor gaat de meter de hele meetperiode uit van de nul-waarde. Voor het bepalen van een gezonde leefsituatie met betrekking op CO₂ zijn twee waardes belangrijk, namelijk 800 ppm en 1200 ppm. Wanneer het CO₂ niveau in een ruimte lager is dan 800 ppm, dan is die ruimte “gezond”. Tussen de 800 ppm en 1200 ppm is de meest voorkomende situatie. De ruimte waarin de meting is gedaan, is dan “neutraal”. Wanneer de CO₂ waarde echter boven de 1200 ppm komt, dan is de ruimte “ongezond”. Het eerste dat gebeuren moet wanneer de CO₂ waarde te hoog wordt, is het ventileren van de ruimte.

Net als bij het noteren van de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid, is nu weer gekeken naar het aantal mensen op de brug en of de deur geopend of gesloten was.

Het resultaat van vijf dagen CO₂ meten op de brug levert een redelijk constant CO₂ niveau op. De pieken die in figuur 18 te zien zijn, zijn het gevolg van de rokende officieren.

Hut

Tevens is er een meting gedaan in de hut van de derde machinist. Deze meting is gedaan in een periode van vijf dagen. In 120 klokuren zijn 33 metingen verricht. Er is getracht de waardes om de twee uren te noteren, echter door de werkzaamheden is dit niet altijd gelukt. Alle waardes zijn verzameld en tot grafieken verwerkt. De waardes zijn te vinden in de tabel die te vinden is in bijlage 18.

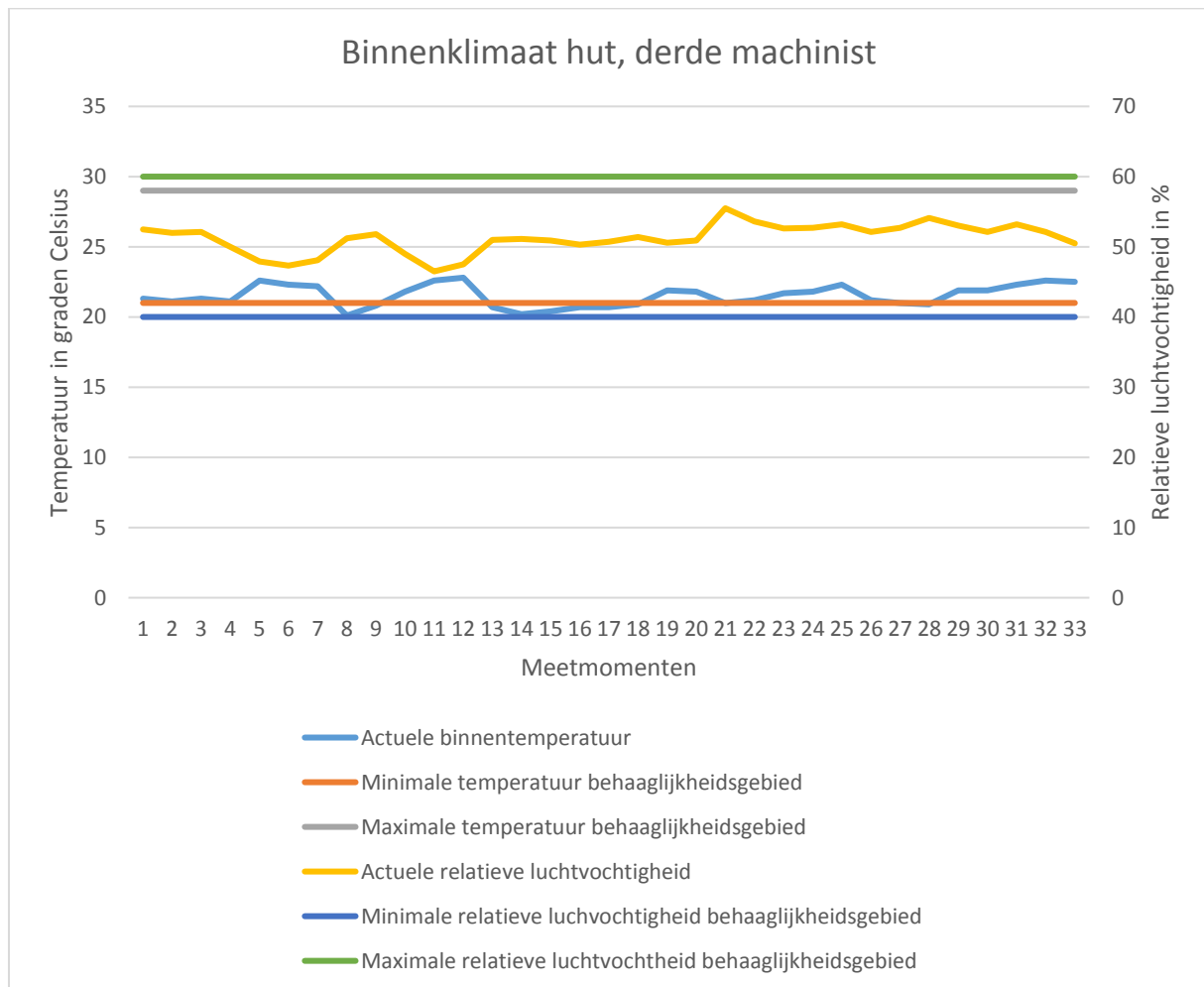
Als eerste wordt het binnenklimaat nader bekeken. De grafiek is te vinden in figuur 13. In de grafiek is te zien dat de minimale temperatuur volgens het behaaglijkheidsgebied een paar keer lichtelijk wordt overschreden. Deze overschrijding is minder dan één graad Celsius. 's Avonds is de temperatuur een klein beetje hoger, maar dat komt doordat de machinist zich dan in de hut bevindt. De rede dat overdag de temperatuur varieert is als volgt: De koelinstallatie heeft in totaal 3 trappen waarin hij koelt. Omdat de compressor te groot is voor deze koelinstallatie schakelt deze de hele tijd tussen de eerste twee trappen. Hierdoor ontstaat een variërend temperatuurverloop.

Wat verder opvalt, is dat de temperatuur dicht tegen de minimale temperatuur zit, als er wordt uitgegaan van de minimale waarde van het behaaglijkheidsgebied. Tijdens het ontspannen is dit een goede temperatuur, echter voor te slapen is deze temperatuur te hoog. De ideale slaapt temperatuur is maximaal 17°C (Gezondheidsnet, 2014) (International Labour Organisation, 2006).

Tot slot is er gekeken wat de gemiddelde, maximale en minimale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid is geweest tijdens deze meetperiode. Deze waarden zijn in een Mollier-diagram gezet welke te vinden is in bijlage 18.

In het mollierdiagram zijn de volgende waarden te zien:

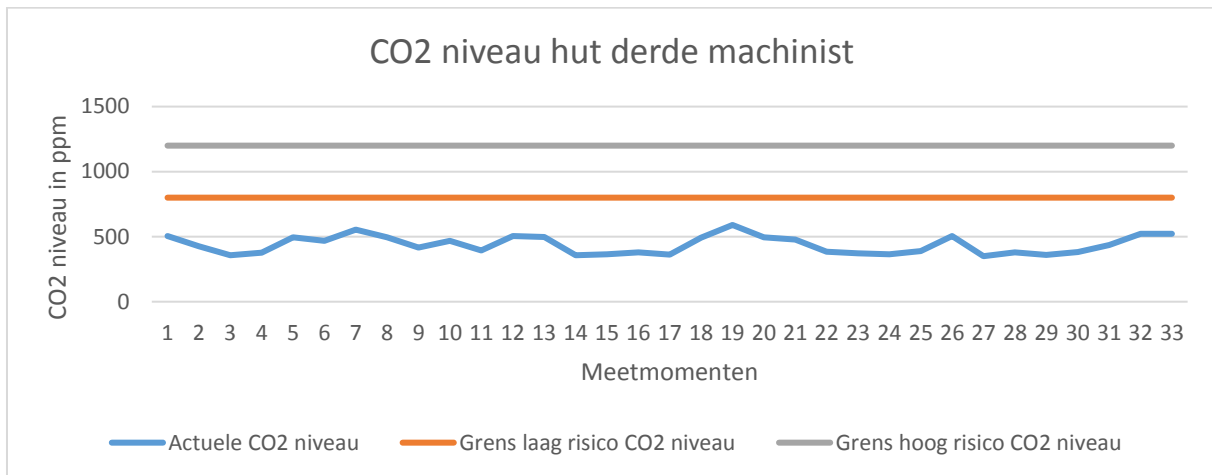
- Waarden gezien vanuit de temperatuur
Minimale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 20,1°C en 51,2% RV
Maximale temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 22,8°C en 47,8% RV
- Waarden gezien van de relatieve luchtvochtigheid
Minimale relatieve luchtvochtigheid en temperatuur: 46,5% RV en 22,6°C
Maximale relatieve luchtvochtigheid en temperatuur: 55,5% RV en 21,0°C
- Gemiddelde waarde
De gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: 21,5°C en 51,2% RV



Figuur 13 Grafiek met de resultaten van de klimaatsmeting in de derde machinisten hut

Tegelijkertijd met de meting van het binnenklimaat, is ook het CO₂ niveau in de hut bijgehouden. De gegevens zijn verwerkt in een tabel, die te vinden is in bijlage 18 en een grafiek die in figuur 13 te vinden is. In deze grafiek is goed te zien dat de lage grenswaarde niet wordt overschreden. Het CO₂ niveau in de hut van de derde machinist blijft in het gezonde gebied. De variatie is te wijten aan het feit dat de hut van de derde machinist als laatste aan het centrale luchtbehandelingssysteem

gesloten zit. Dit betekent dat deze hut als laatste van de drie hutten op het machinistendeck voorzien wordt van koude lucht, maar hierdoor is het CO₂ niveau hoger.



Figuur 14 Grafiek met de resultaten van de CO₂ meting in de derde machinisten hut

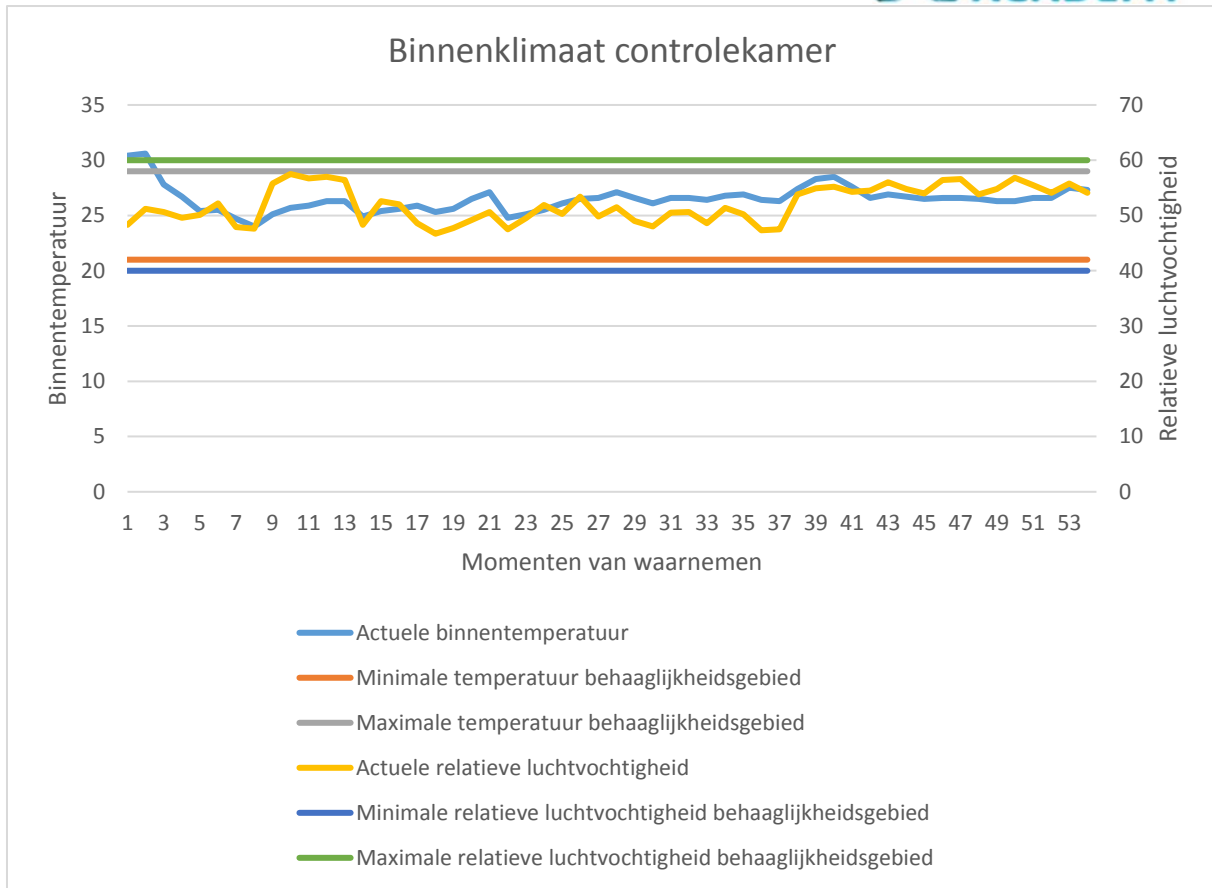
Controlekamer

Nadat de metingen op de brug waren voltooid, is de meting verder gegaan in de controlekamer. De controlekamer is voorzien van een aparte airconditioningsunit. Deze moet er voor zorgen dat de temperatuur in de schakelkasten niet te hoog wordt. Echter de werktuigkundigen genieten ook van de koele lucht. Gedurende de meetperiode, die van 24 februari 2016 tot en met 4 maart 2016 duurde, waren er vier werktuigkundigen in de machinekamer. De metingen zijn gedurende de werkzaamheden die tussen 08:00 en 17:00 plaatsvonden gedaan. Er is getracht om de metingen om de twee uur te noteren, echter door de werkzaamheden was dit niet altijd mogelijk. In 65 werkuren zijn in totaal 53 metingen verricht.

Als eerste het binnenklimaat. Het binnenklimaat van de controlekamer is sterk afhankelijk van de buitentemperatuur. Omdat er grote ventilatoren verse buitenlucht de machinekamer in blazen, zodat er voldoende zuurstof de motor in gaat. Wanneer de buitenluchttemperatuur hoog is, dan wordt het in de machinekamer warmer. Wanneer het in de machinekamer warmer wordt, dan straalt deze warmte door naar de controlekamer. De controlekamer zit namelijk gevestigd in een afgesloten ruimte in de machinekamer.

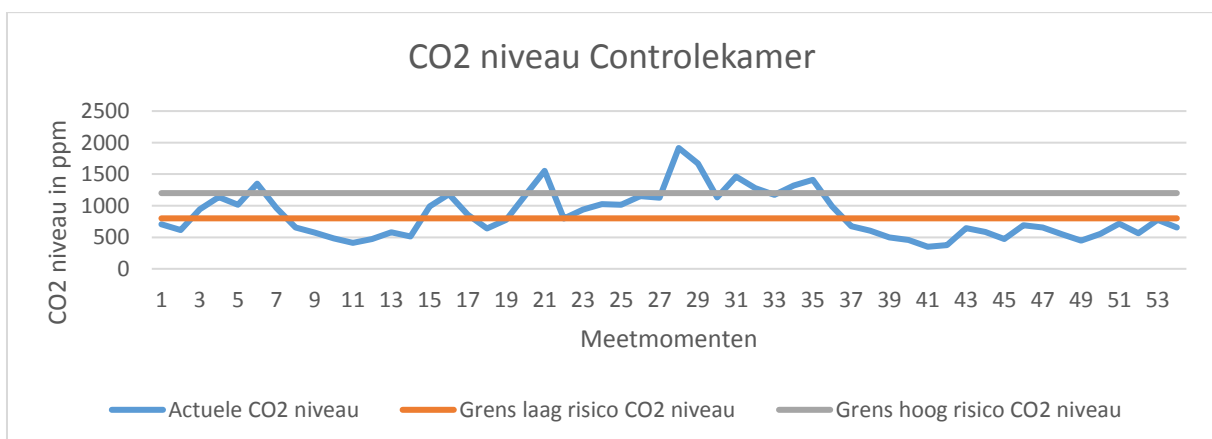
Alle meetwaarden zijn verzameld en daar is de grafiek in figuur 15 uit ontstaan. De meetwaarden zijn te vinden in bijlage 19.

In het begin van de meting stond de airconditioning van de controlekamer uitgeschakeld. Hierdoor was de temperatuur 30,6°C geworden. Door deze hoge temperatuur is besloten om de airconditioning bij te zetten, waardoor de temperatuur binnen vijf uur daalde naar een aangename 25,7°C. Gedurende de verdere meting is goed te zien dat de temperatuur redelijk stabiel blijft. Er is goed te zien wanneer er veel bedrijvigheid is in de controlekamer en wanneer het er heel rustig is.



Figuur 15 Grafiek met de resultaten van de klimaatsmeting in de controlekamer

Net als op de brug, is tijdens de meetperiode in de controlekamer ook naar het CO₂ niveau gekeken. In de machinekamer is de kans op CO₂ uitstoot groot, vanwege de verbranding van de brandstof in de hoofdmotor. Om die reden heeft de totale meetperiode in de machinekamer ook langer geduurd dan op de brug. De meetresultaten zijn te vinden in bijlage 19. Van alle meetresultaten is de grafiek in figuur 16 tot stand gekomen.



Figuur 16 Grafiek met de resultaten van de CO₂ meting in de controlekamer

4.3 Koelinstallatie

Om te kunnen bepalen of de koelinstallatie, ook wel airconditioningsinstallatie, voldoet aan de wensen en eisen van de bemanning, wordt eerst bepaald of het vermogen van de verschillende componenten van de installatie geschikt zijn.

In dit hoofdstuk worden alleen de uiteindelijke waardes per onderdeel vermeld. Voor de berekening en toelichting op de gebruikte formules wordt er verwezen naar bijlage 20.

4.3.1 Oppervlaktebepaling van de accommodatie

Om een warmtebalans te maken, zal er eerst bepaald moeten worden hoeveel warmte er via de wanden binnenkomt. Om deze berekening te kunnen maken is de oppervlakte van alle buitenwanden van de accommodatie nodig. Dit wordt gedaan door de accommodatie in vier verschillende delen te benaderen, namelijk:

1. Voorgevel
2. Stuurboord
3. Bakboord
4. Achtergevel

Alle afmetingen zijn opgemeten vanuit de constructietekeningen die aan boord zijn. Hierdoor kunnen er kleine afwijkingen zijn met de werkelijkheid. Echter dit is allemaal gedaan in overleg met de hoofdwerktuigkundige.

Tabel 8 Samenvatting van alle oppervlaktes

	Tot. Wandopp. in m ²	Tot. Glasopp. in m ²	Tot. Kozijnopp. in m ²	Tot. Geïsoleerd opp. in m ²
Voorgevel	166,32	10,5946	10,23	154,4954
Stuurboord	149,70	3,737	4,998	140,965
Bakboord	130,80	4,494	5,346	120,96
Achtergevel	188,46	0,4335	0,5015	187,525
Brug	283,83	27,313	-	256,513
Totaal	919,11	46,57	21,08	846,46

4.3.2 K- factor

De k- factor, ook wel de warmtedoorgangscoefficiënt, wordt door middel van de volgende formule bepaald:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_b}$$

Om de warmtedoorgangscoefficiënt te bepalen moet er met alle materialen die in de wand zitten rekening gehouden worden. Hierbij moet gedacht worden aan:

- Dikte van de verschillende materialen
- De warmteoverdrachtscoëfficiënt van de verschillende materialen.
- Voor dit onderzoek was het niet mogelijk om in de wand te kijken, hierdoor zijn er in samenspraak met de hoofdwerktuigkundige aannames gedaan.



Tabel 9 Warmtedoorgangscoefficienten

Wanden accommodatie	$0,704 \frac{W}{m^2 K}$
Glas accommodatie	$5,681 \frac{W}{m^2 K}$
Isolatie accommodatie	$5,988 \frac{W}{m^2 K}$

Voor het bepalen van ΔT zijn de binnen- en buitentemperatuur aangenomen. Er wordt uitgegaan van een warme situatie waarbij de airconditioning veel moet koelen:

- Binnentemperatuur: 24°C
- Buitentemperatuur: 38°C

De hoeveelheid warmte die de accommodatie binnenkomt, is als volgt:

$$Q_{\text{geïsoleerde wanden}} = 0,704 * 846,46 * (38 - 24) = 8.342,71 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{glas}} = 5,681 * 46,57 * (38 - 24) = 3.697,38 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{kozijn}} = 5,988 * 21,08 * (38 - 24) = 1.767,19 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{totaal}} = 8342,71 + 3697,38 + 1767,19 = 13.807,28 \text{ Watt}$$

Doordat er nog een hoeveelheid lucht afgevoerd wordt, dient deze hoeveelheid weer aangevuld te worden met verse lucht van buitenaf. Deze verse lucht dient ook terug gekoeld te worden naar de inblaastemperatuur, welke 17°C bedraagt. Voor het bepalen van de hoeveelheid lucht die benodigd is en het vermogen dat nodig is om de lucht af te koelen, moet er aan de volgende punten gedacht worden:

- Op de brug komt geen retourlucht
- Er is mechanische luchtafvoer vanuit de sanitaire ruimtes
- De luchtafzuiging in de kombuis voert een grote hoeveelheid lucht af.

De hoeveelheid afgevoerde lucht bedraagt:

$$\text{Brug} + \text{sanitaire ruimtes} + \text{keuken} = \text{afgevoerde lucht.}$$

$$1\,300\text{m}^3 + (14 \times 70\text{m}^3) + 780\text{m}^3 = 3.060\text{m}^3$$

De massa van deze afgevoerde lucht bedraagt vervolgens:

$$\text{Massa afgevoerde lucht} = \text{afgevoerde lucht} * \text{soortelijk gewicht}$$

$$\text{Massa afgevoerde lucht} = 3.060 * 1,09 = 3.335,4 \text{ kilogram}$$

De warmtehoeveelheid die benodigd is om deze luchtstroom af te koelen wordt als volgt bepaald:

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$Q_{\text{afkoeling luchtstroom}} = 3\,947,4 \times 1,00 \times (38 - 17) = 82.895,4 \text{ watt}$$

$$Q_{\text{totale koellast}} = 13.807,28 + 82.895,4 = 96.702,68 \text{ watt}$$

4.3.3 Compressor

Met behulp van de warmtebalans kan er met het log p-h diagram van het betreffende koudemiddel bepaald worden hoeveel koudemiddel er nodig is om de warmte op te nemen. Door de punten van de verdamping, condensatie, expansie en de compressie met elkaar te verbinden in het log p-h diagram worden de volgende zaken inzichtelijk:

- De grootte van het smoorverlies

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

- Hoeveelheid warmte dat door het koudemiddel opgenomen kan worden.

In bijlage 22 staat het log p-h diagram dat hoort bij het koelmiddel dat gebruikt wordt aan boord van de mv. Helga. Hierin staat ook de situatie getekend die voor deze berekening gebruikt wordt. Het te koelen vermogen bedraagt omgerekend 96,7 kW. Dit houdt in dat de koelinstallatie $96,7 \frac{kJ}{sec}$ warmte moet vervoeren. Met deze gegevens is het mogelijk de massastroom van het koudemiddel te bepalen.

$$\frac{\text{Het te koelen vermogen}}{\text{Enthalpie voor warmteopname}} = \text{massastroom}$$

$$\frac{96,7}{125} = 0,774 \frac{kg}{sec}$$

De volumestroom bijbehorend aan bovenste massastroom is vervolgens:

$$\text{Volume per kilogram} * \text{massastroom} = \text{volumestroom}$$

$$0,03 * 0,774 = 0,0232 m^3 = 23,2 \frac{liter}{sec}$$

Bij deze omstandigheden draait de compressor op vol vermogen. Bij 100% vermogen vraagt de compressor 34,4 ampère. De asgenerator heeft een powerfactor van 0,8 en de netspanning bedraagt 380 volt. Door deze waardes te gebruiken kan het vermogen bepaald worden van de compressor.

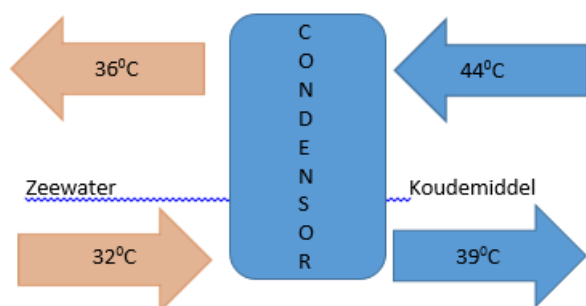
$$\text{Vermogen} = \text{spanning} * \text{stroomsterkte} * \text{powerfactor} * \sqrt{3}$$

$$\text{Vermogen} = 380 * 34,4 * 0,8 * \sqrt{3} = 18.113,1 \text{ watt} \approx 18,1 \text{ kW}$$

4.3.4 Condensor

Nu het vermogen van de compressor bekend is, kan er verder gerekend worden binnen het koelsysteem. Belangrijk gegeven om te weten is de oppervlakte van de condensor.

Voor het berekenen van de oppervlakte is als eerste het logaritmische temperatuurverschil nodig. Deze is als volgt bepaald:



$$\Delta T = \frac{\Delta \text{koudemiddel} - \Delta \text{zeewater}}{\log \frac{\Delta \text{koudemiddel}}{\Delta \text{zeewater}}}$$

$$\Delta T = \frac{5 - 4}{\log \frac{5}{4}} = 10,32^\circ C$$

Figuur 17 Tegenstromingsprincipe van de condensor inclusief bijhorende temperaturen

Met het logaritmisch temperatuurverschil zijn alle gegevens compleet om het oppervlak van de condensor te bepalen:

$$F = \frac{Q_{\text{koelend vermogen}} + Q_{\text{compressorvermogen}}}{K * \Delta T} * 1000$$

$$F = \frac{96,7 + 18,1}{700 * 10,32} * 1000 = 15,9 m^2$$

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

Tot slot is het nog mogelijk om de volumestroom van het zeewater die door de condensor gaat te berekenen. Om deze volumestroom te berekenen is de volgende formule nodig:

$$Volumestroom = \frac{Q_{koelend\ vermag} + Q_{compressorvermogen}}{\Delta T_{zeewater} \times c \times \rho}$$

$$Volumestroom = \frac{96,7 + 18,1}{4 \times 3,93 \times 1024} = 0,007 \frac{m^3}{sec} = 25,67 \frac{m^3}{h}$$

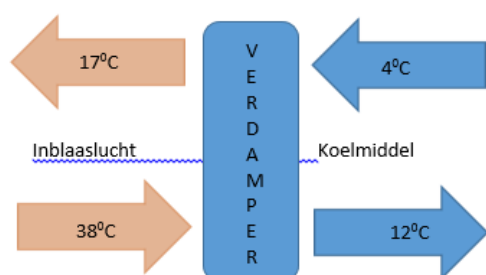
Het afgegeven vermogen wordt vervolgens:

$$Q_{condensor} = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q_{condensor} = 7 \cdot 4,2 \cdot 10,32 = 303,4 \text{ kW}$$

4.3.5 Verdamer

Dezelfde berekening als die gemaakt is bij de condensor wordt gemaakt voor de verdamer. Net als de condensor werkt de verdamer volgens het tegenstroomprincipe. De temperaturen die hierbij van belang zijn, staan vermeld in onderstaande afbeelding.



$$\Delta T = \frac{\Delta \text{koelmiddel} - \Delta \text{inblaaslucht}}{\log \frac{\Delta \text{koelmiddel}}{\Delta \text{inblaaslucht}}}$$

$$\Delta T = \frac{8 - 21}{\log \frac{8}{21}} = 31,02^\circ C$$

Figuur 18 Tegenstromingsprincipe van de verdamer inclusief bijhorende temperaturen

Het is nu mogelijk om het verdampingsoppervlak te bepalen aan de hand van dezelfde formule als die gebruikt is voor het condensoroppervlak te bepalen.

$$F = \frac{Q_{koelend\ vermag}}{K \cdot \Delta T} \cdot 1000$$

$$F = \frac{96,7}{25 \cdot 31,02} \cdot 1000 = 124,69 \text{ m}^2$$

4.3.6 Mollierdiagram

Het bijbehorende mollierdiagram is te vinden in bijlage 23. De berekeningen zijn te vinden in bijlage 21. Met de gegevens uit het mollierdiagram is de totale vermogen te berekenen.

Totaal koelend vermogen	: 96.702,7
Totaal elektrisch vermogen	: 18.113,1
Totaal vermogen van het water in de condensor	: 531,0 +
	115.358,8 Watt

4.3.7 C.O.P – waarde koelinstallatie

De C.O.P- waarde, ook wel de Coëfficiënt of Performance genoemd, is een bijzonder belangrijk getal voor een koelinstallatie. Met dit getal wordt de werkingsgraad van de installatie aangeduid. De C.O.P waarde wordt met de volgende formule bepaald: (AdVi, 2004)

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



$$C.O.P = \frac{\text{verkregen koude}}{\text{benodigde energie}} = \frac{Q_{ev}}{Q_{cp}}$$

Voor de berekening zijn de enthalpie- waarden nodig die zijn gevonden in het log p-h diagram, welke te vinden is in bijlage 22.

$$C.O.P = \frac{360 - 260}{385 - 360} = 4$$

4.4 Koelmiddel

Het koelmiddel dat aan boord gebruikt wordt is Freon 404a. Dit koelmiddel is een samenstelling van de volgende koelmiddelen:

- 44% Freon 125
- 52% Freon 143a
- 6% Freon 134a

Voor dit koelmiddel is het mogelijk om het 'Global Warming Potential' en het 'Ozone Depletion Potential' getal te bepalen:

$$GWP_{medium} = (Percentage_{stof\ X} * GWP_{stof\ X}) + (Percentage_{stof\ Y} * GWP_{stof\ Y}) + enz$$

$$GWP_{medium} = (0,44 * 3500) + (0,52 * 4470) + (0,06 * 1430) = 3950,2$$

Het GWP-getal is een eenheid loos getal en gaat uit van een periode van 100 jaar. Het getal moet zo laag mogelijk zijn voor een beter milieu. Als maatstaaf wordt R-12 gebruikt, omdat dit een van de meest ongezonde freon koelmiddelen is. Deze heeft een GWP-getal van 7900.

$$ODP_{medium} = (Percentage_{stof\ X} * ODP_{stof\ X}) + (Percentage_{stof\ Y} * ODP_{stof\ Y}) + enz.$$

$$ODP_{medium} = (0,44 * 0) + (0,52 * 0) + (0,06 * 0) = 0$$

Net als het GWP getal, moet het ODP-getal zo laag mogelijk zijn. Een waarde van 0 is dan uitstekend. Als maatstaaf wordt nu weer uitgegaan van R-12, omdat deze een ODP getal heeft van 1. De waarden die gebruikt zijn voor de berekening staan in tabellen, zoals tabel 5 in dit rapport.

4.5 Enquête

Tijdens het onderzoek is er een enquête rond gegaan bij de bemanning. De populatie bestond op dat moment uit 14 bemanningslieden en zij hebben allemaal de enquête ingevuld. Voor een valide onderzoek was het nodig dat minimaal 80% van de uitgereikte enquêtes ingevuld retour zouden komen. Aangezien alle 14 enquêtes ingevuld retour zijn gekomen, kan de uitslag van de enquête als valide worden beschouwd. De antwoorden van de enquête zijn te vinden in bijlage 24.

Uit de enquête is gebleken dat de meeste geluidshinder wordt ervaren tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden op zee. In de enquête werd gevraagd om de hinder een cijfer te geven. Hoe hoger dit cijfer is, hoe meer hinder er wordt ervaren. De gemiddelde score is een 5,0 waaruit geconcludeerd kan worden dat er wel geluidshinder wordt ervaren. Er worden verder geen noemenswaardige lichamelijke klachten genoemd.

Wanneer er gekeken wordt naar de trillingen, blijkt dat de score nagenoeg gelijk is aan de score die wordt gegeven aan de geluidshinder, namelijk een 4,8. Net als bij de geluidshinder geldt nu, hoe lager het cijfer, hoe minder de hinder wordt ervaren. Tevens blijkt uit de enquête dat de meeste

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



trillinghinder wordt ondervonden op zee. Echter zijn er meer lichamelijke klachten die als oorzaak trillingen zouden kunnen hebben. Alle lichamelijke klachten bevinden zich in de knie- en heupgewrichten.

Om te bepalen of er te veel uitlaatgassen in de accommodatie komen, is de vraag: *“Heeft u last van de volgende problemen aan boord: slaperigheid, hoofdpijn of ademhalingsproblemen?”* gesteld. Bij deze vraag was de volgende mondelinge toelichting: *“Hierbij wordt bedoelt, ervaart u deze symptomen wel aan boord en niet thuis.”* Hierop hebben twee personen gereageerd met *“Ja”* bij ademhalingsproblemen. Echter deze personen roken en varen geruime tijd. Hierdoor is de conditie achteruit gegaan. Het is hierdoor niet met zekerheid te stellen dat deze lichamelijke klachten komen door een teveel aan CO₂ / uitlaatgassen in de accommodatie of door de achteruitgang van de conditie.

Bij de vragen over het binnenklimaat kwamen wisselende resultaten. Echter het gemiddelde voor de binnentemperatuur bedraagt een 5,4. Bij de vragen over het binnenklimaat was mondeling de toelichting: *“Een 5,0 geeft aan dat het een goede temperatuur is, bij een 0,0 is de temperatuur te laag en een 10,0 geeft aan dat de temperatuur te hoog is. Wanneer er naar het gemiddelde wordt gekeken blijkt dat de binnentemperatuur voldoet. Op de werkplek vindt de bemanning het iets te warm, daar werd gemiddeld een 6,1 voor gegeven. De luchtvochtigheid is gemiddeld met een 4,5 beoordeeld, wat aangeeft dat deze over het algemeen hoog genoeg is. Er worden diverse lichamelijke klachten ondervonden die gekoppeld kunnen worden aan het binnenklimaat.*

Bij de vragen omtrent het zoutgehalte aan boord, blijkt dat een groot deel van de bemanning last heeft van één of meer van de klachten die aan een te hoog zoutgehalte gekoppeld kunnen worden. Wat wel met zekerheid gezegd kan worden is dat deze lichamelijke klachten te maken hebben met de buitenlucht. De bemanning doet er voldoende aan om niet uit te drogen. Er wordt gemiddeld 2,9 liter vocht gedronken per dag en er wordt bijna door iedereen dagelijks gedoucht.

De algemene leefbaarheid aan boord van de mv. Helga wordt gemiddeld beoordeeld met een 6,2. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de leefbaarheid aan boord van de mv. Helga voldoende is, maar dat deze wel verbeterd kan worden. Dit blijkt ook aan de gesprekken en opmerkingen.



5 Discussie

Om een goed onderbouwd advies omtrent de leefbaarheid te kunnen geven aan de rederij is als eerste onderzocht hoe de huidige leefbaarheid is aan boord. Hiervoor zijn de volgende aspecten nader onderzocht:

- Geluidsniveau op de brug, in de accommodatie en in de machinekamer;
- Het CO₂ niveau op de brug, in de accommodatie en in de controlekamer;
- Het binnenklimaat op de brug, in de accommodatie en in de controlekamer;
- Het benodigde koelvermogen in een bepaalde situatie;
- De hand-, arm- en lichaamstrillingen waar de bemanning mee geconfronteerd wordt;
- De problemen die de bemanning ondervindt van het zeezout in de atmosfeer.

Terugkijkend op dit onderzoek waren er enkele punten die een anders aangepakt hadden moeten worden.

Voordat aan dit onderzoek was begonnen had er eerst een brainstormsessie plaats gevonden. Dit was een goed begin, want op deze manier kon het onderzoek op bepaalde onderwerpen afgebakend worden. Tevens waren de onderwerpen die wel behandeld zouden worden een stuk duidelijker. Hierna kon bedacht worden welke aanpak het beste was voor elk onderdeel dat behandeld zou worden in dit onderzoek. Het werd dan ook duidelijk of er bepaalde meetinstrumenten nodig zouden zijn voor het verrichten van bepaalde metingen. Tijdens dit onderzoek is het op dit punt misgelopen. Er is gelijk naar informatie gezocht over de onderwerpen. Hierbij kwamen de benodigde meetinstrumenten op een tweede plaats. Het gevolg hiervan was dat er veel tijd in de theorie is gaan zitten, echter de metingen konden uiteindelijk niet gedaan worden. Een tip voor een volgend onderzoek zou dan ook zijn: *“Kijk eerst of de benodigde meetinstrumenten te krijgen zijn, alvorens er aan de theorie begonnen wordt, dit bespaard een hoop tijd.”*

Tijdens dit onderzoek is door middel van een enquête de mening van de bemanning gevraagd omtrent de leefbaarheid aan boord. De geënquêteerde populatie bedroeg 14 personen en zij hebben allemaal de enquête ingevuld. Voor het onderzoek aan boord van de mv. Helga was dit een mooie score en kon hier ook mee gewerkt worden. Echter voor een volledig antwoord hadden ook de zusterschepen benadert moeten worden om te kijken of het op die schepen hetzelfde zou zijn als het gaat over de leefbaarheid. Tot slot waren de vragen in de enquête duidelijk en kort, echter de vraagstelling had aangepast kunnen worden, zodat overal dezelfde puntentelling gehanteerd kon worden.

Voor het bepalen van de leefbaarheid is uitgegaan van de theorie. Echter wilt het niet zeggen dat iedereen zich hier in kan vinden. Om een goede conclusie te geven was het beter geweest om een rondvraag te doen aan iedereen met de volgende vraag: *“Wat vindt u zelf een prettige leefsituatie? Denk hierbij aan temperaturen, ventilatie en luchtvochtigheid.”*

Verder is er tijdens dit onderzoek niet op grote problemen gestuit. De aanpak was over het algemeen vanaf het begin goed. Tijdens het vooronderzoek bleek wel dat het een groot onderwerp was, misschien zelfs te groot. Er ging veel tijd in de theorie zitten. Door dagelijks een onderwerp, of een deel ervan, te verwerken, was de hoeveelheid werk te overzien. Wat van groot belang was, was om de bemanning enthousiast te krijgen om mee te werken aan dit onderzoek. Het doen van metingen en het beantwoorden van de vragen in de enquête vergemakkelijkt dan, waardoor er een valide onderzoek gedaan kan worden.



6 Conclusie en aanbevelingen

Tot slot worden de conclusies en aanbevelingen behandeld.

6.1 Conclusies

De leefbaarheid aan boord van een zeegaand schip wordt niet alleen bepaald aan de hand van de game-consoles die er zijn of de aanwezigheid en grootte van de fitnessruimte. Wat tevens nog meer bepalend is voor de leefbaarheid aan boord, is het geluid, de trillingen en de hoeveelheid uitlaatgassen in de accommodatie, net als het zoutgehalte aan dek, het binnenklimaat en een goed werkende koelinstallatie.

Het geluid wordt niet als hinderlijk opgemerkt in de accommodatie. Echter zijn er een aantal plekken waar het maximale toelaatbare geluidsniveau wordt overschreden. In de machinekamer moet de waterdichte deur naar de stuurmachinekamer gesloten zijn. Alleen dan voldoet deze aan de geluidseis. Verder is het geluidsniveau in de werkplaats en in de machinekamer op zee te allen tijde te hoog.

De trillingen worden niet als hinderlijk aangemerkt door de bemanning, echter de werktuigkundigen ervaren wel lichamelijke klachten die gekoppeld kunnen worden aan (langdurige) blootstelling aan trillingen. Hetzelfde geldt voor het zoutgehalte aan dek.

De bemanning ervaart lichamelijke klachten die gekoppeld kunnen worden aan een te hoog zoutgehalte. Echter worden er voldoende maatregelen genomen om de klachten zo minimaal mogelijk te houden. Om de klachten zo laag mogelijk te houden dient er voldoende gedronken en gedoucht te worden.

Het binnenklimaat is meer een gevoelskwestie. Er wordt door de hoofdwerktuigkundige alles aan gedaan om het voor iedereen zo prettig mogelijk te houden, echter is dit met de middelen die aan boord zijn niet altijd mogelijk. Verder voldoet het binnenklimaat aan het behaaglijkheidsgebied voor de Europese en Noord- Amerikaanse populatie. Aan boord zijn echter Indonesische matrozen. Deze mannen varen al jaren voor Europese rederijen waardoor zij zich volledig hebben aangepast aan het Europese klimaat.

Om te bepalen of er veel uitlaatgassen in de accommodatie komen, is het CO₂ niveau gemeten. Uit deze metingen is gebleken dat het CO₂ niveau voldoet aan de veilige eisen. Echter in de controlekamer moet een keuze gemaakt worden tussen een laag CO₂ niveau of een lage temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Wanneer er wordt gekozen voor een klein beetje ventilatie zodat het CO₂ niveau daalt, vallen de temperaturen en relatieve luchtvochtigheid nog binnen het behaaglijkheidsgebied. Echter is dit een gevoelskwestie.

Tot slot de koelinstallatie. Voor de berekening is uitgegaan van een relatief warme situatie waarbij veel gekoeld moet worden. Op deze manier is het mogelijk om te bepalen of de koelinstallatie de juiste koelcapaciteit heeft. Aan de hand van de berekening kan geconcludeerd worden dat de koelinstallatie voldoende koelcapaciteit heeft. Echter de compressor die in de installatie zit is veel te groot. Dit verklaart tevens waarom de compressor niet op vol vermogen kan draaien. Dit is namelijk een drietrapscompressor. Deze wisselt de hele tijd tussen de tweede en derde trap. Dit brengt extra slijtage met zich mee. Tevens is er een constant wisselend geluid, wat ook als hinder wordt ondervonden door de matrozen, omdat de koelinstallatie op hun dek is gesitueerd. De overige componenten hebben wel de goede capaciteit.

Uit de enquête is gebleken dat de gehele bemanning tevreden is over de leefbaarheid aan boord van de mv. Helga en heeft dit beoordeelt met een ruime 6.

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



6.2 Aanbevelingen

Om de leefbaarheid nog beter te krijgen worden de volgende aanbevelingen gedaan.

1. Het geluid in de machinekamer is op een aantal plekken te hard. Hiervoor dient de juiste gehoorbescherming gedragen te worden. Dit kunnen op maat gemaakte octoplasten zijn, of gehoorkappen die minimaal 30 dB(A) dempen. Gehoorkappen die hier voor geschikt zijn, zijn Optime III gehoorkappen.
2. De schakelruimte in de machinekamer dient tevens voor controlekamer. Voor de controlekamer gelden echter strengere regels betreffende het geluid. Hier mag het maximale geluid 75 dB(A) zijn. Daarvoor wordt er aanbevolen om extra geluidsisolatie in de controlekamer aan te brengen.
3. In dit onderzoek zijn niet de geluiden aan dek gemeten. Echter een veel gehoorde klacht is het harde geluid in de dek kranen. Omdat hier geen ventilatie aanwezig is, wordt er altijd gewerkt met de deur open, waardoor er een grote blootstelling is aan te hard geluid. Een oplossing hiervoor zou zijn dat er vaste ventilator in de cabine wordt opgehangen die vandalisme bestendig is. Tot die tijd wordt aanbevolen om met minimaal oorpluggen in de cabine te zitten, zodat het geluid van de hydrauliekmotor gedempt wordt. Een andere optie zouden gehoorkappen zijn, waarop een portofoon aangesloten kan worden, zodat er gewoon gecommuniceerd kan worden. Naar dit probleem zou nog een extra onderzoek gedaan kunnen worden.
4. In de 3^e machinisten hut en 3^e stuurmans hut is de resonantie goed merkbaar wanneer er meerdere generatoren draaien in de haven. Dit probleem is alleen merkbaar bij het zitgedeelte en niet bij het bed. Er wordt aanbevolen hier een onderzoek naar te doen zodat hier een oplossing voor gevonden kan worden.
5. De temperatuur in de hutten is goed, wanneer er ontspannen wordt, zoals het kijken van een film, sociaal met collega's bij elkaar zitten of voor het lezen van een goed boek. Echter voor te slapen is de temperatuur van 22°C te hoog. Doordat het een centraal luchtbehandelingssysteem is aan boord van de mv. Helga, kan de temperatuur niet per hut geregeld worden. Er zou gekozen kunnen worden voor een nieuw luchtbehandelingssysteem, echter wordt dit veel te duur. Een goede oplossing hiervoor zijn nieuwe dekbedden. Momenteel wordt er geslapen onder dikke donzen dekbedden. Wanneer deze vervangen zouden worden door vier seizoenen dekbedden, is het een stuk aangenamer slapen.
6. Voor de controlekamer wordt aanbevolen om de ventilatie een klein stukje open te zetten. Hierdoor blijft het CO₂ niveau laag en blijven de werktuigkundigen fitter.
7. Een veel gehoorde opmerking gaat voornamelijk over het comfort aan boord. Hierbij moet gedacht worden aan betere matrassen, shampooerekjes en brugstoelen. Een extra onderzoek naar het comfort aan boord wordt daarom aanbevolen. Dit komt tevens ten goede van de leefbaarheid.
8. Het koelsysteem volledig vernieuwen zodat elk bemanningslid individueel de temperatuur kan regelen in zijn of haar hut. Echter is dit een kostbare ingreep.
9. Een luchtbevochtiger plaatsen in het koelsysteem zodat de luchtvochtigheid iets hoger wordt in de accommodatie. Een andere optie is om een bakje water in elke hut te zetten. Het water verdampt dan, waardoor de lucht ook vochtiger wordt.
10. Actief bezig zijn met de binnentemperatuur, zorgen dat 's nachts de temperatuur lager is dan overdag.



Bibliografie

- ACNatuurkunde (Regisseur). (2012). *Trillen - Resonantie* [Film]. Youtube. Opgeroepen op december 8, 2015, van <https://www.youtube.com/watch?v=910IDLvloz4>
- AdVi. (2004). *Koelinstallaties, vochtige lucht en luchtbehandeling*. Hoofdplaat: Adviesbureau de Koster.
- Arboportaal. (2015, november 30). *Gehoordescherming*. Opgehaald van [www.arboportaal.nl](http://www.arboportaal.nl/onderwerpen/gehoordescherming): <http://www.arboportaal.nl/onderwerpen/gehoordescherming>
- Arbosupport. (2015, december 8). *Toolbox Trillingen*. Opgehaald van www.arbosupport.nl: <http://www.arbosupport.nl/NL/toolboxen/643/trillingen>
- Bitzer. (2004). *Desuperheaters*. Bitzer. Opgeroepen op juni 25, 2016
- Boerstra, A. (2008). *Thermisch binnenklimaat*. Nederland: Arbodienst.
- Chow, T. (2010, april 3). Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Science Direct*, p. 7.
- CNV. (2015, december 8). *Wet- en regelgeving*. Opgehaald van www.veiligengezondwerken.nl: <http://www.veiligengezondwerken.nl/gezondheid/lichamelijke-belasting/trillingen/wet-en-regelgeving/#c155>
- De Haan. (2008). *Service and Maintenance instructions on board*. Hoogezand: De Haan.
- Doornbusch, J. (2008). *Trillingen*. Delft: Technische Universiteit Delft.
- Eurofysica B.V. (2015, november 22). *www.eurofysica.nl*. Opgehaald van Handleiding Haarhygrometer: <http://www.eurofysica.nl/media/21856/111620%20haarhygrometer.pdf>
- Feriadi, H. (2004). *Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia*. Elsevier. Opgeroepen op juni 25, 2016, van www.sciencedirect.com
- Freudenberg filter. (2015, november 23). *www.freudenberg-filter.com*. Opgehaald van Viledon: <http://www.freudenberg-filter.com/en/company/brands/viledon/>
- Fysika, T. (2015, November 30). Verdieping trillingsanalyse in praktijk. (k. E. 2015-2016, Interviewer)
- Gerwen, I. R. (2015, december 5). *Totaal Equivalent Broeikaseffect van*. Opgehaald van www.koudecentraal.nl: <http://www.koudecentraal.nl/documents/handboekkoudetechniek/D%20TEWI%20-%20Totaal%20Equivalent%20Broeikaseffect%20van%20koelinstallaties.pdf>
- Gezondheidsnet. (2014). *Tips voor een gezonde slaap*. Opgeroepen op juni 25, 2016, van Gezondheidsnet: www.gezondheidsnet.nl/slaperen/tips-voor-een-gezonde-slaap
- Greten. (2015, December 8). *Arbo onderzoek trillingen op de werkplek*. Opgehaald van www.greten.nl: <http://www.greten.nl/arbotrillingen>
- Hoorzaken. (2015, november 2015). *Geluidshinder*. Opgehaald van www.hoorzaken.nl: <http://www.hoorzaken.nl/het-oor/geluid/geluidshinder/>
- IMO. (2015). *ADOPTION OF THE CODE ON NOISE LEVELS ON BOARD SHIPS*. Solas.



- Inspirerend wonen. (2013, november 21). *Wat is de ideale temperatuur*. Opgehaald van [www.inspirerend-wonen.be: http://www.inspirerend-wonen.be/sleutel-op-de-deur/wat-is-de-ideale-temperatuur-in-huis.html](http://www.inspirerend-wonen.be/sleutel-op-de-deur/wat-is-de-ideale-temperatuur-in-huis.html)
- International Labour Organisation. (2006). *Maritime Labor Convention*. Opgeroepen op juni 25, 2016, van http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/normativeinstrument/wcms_090250.pdf
- Koninklijke PBNA. (1998). *Polytechnisch zakboekje*. Arnhem: Koninklijke PBNA b.v.
- Koninklijke PBNA. (1998). *Polytechnisch zakboekje*. Arnhem: Koninklijke PBNA.
- Lindner, B. (2015, november 30). *Wat betekent dB(A)*. Opgehaald van [www.natuurkunde.nl: http://www.natuurkunde.nl/opdrachten/1546/wat-betekent-dba](http://www.natuurkunde.nl/opdrachten/1546/wat-betekent-dba)
- Luchtvochtigheid. (2015, november 20 23). *Luchtvochtigheid*. Opgehaald van [www.luchtvochtigheid.nl: http://www.luchtvochtigheid.net/](http://www.luchtvochtigheid.net/)
- Mens en Gezondheid. (2010, februari 28). *mens-en-gezondheid.infonu.nl*. Opgehaald van Zuurstof en zuurstofopname: <http://mens-en-gezondheid.infonu.nl/diversen/51896-zuurstof-en-zuurstofopname.html>
- Mens en gezondheid. (2015, November 25). *mens-en-gezondheid.infonu.nl*. Opgehaald van Een goed luchtvochtigheid: <http://mens-en-gezondheid.infonu.nl/leven/97545-een-goede-luchtvochtigheid-thuis-en-op-kantoor.html>
- Milieuloket. (2015, november 23). *www.milieuloket.nl*. Opgehaald van zwaveldioxiden: <http://www.milieuloket.nl/id/vhurdyxq2n79/zwaveldioxide>
- Nederlandse Stichting Geluidshinder. (2015, 12 8). *Geluid is te meten, maar geluidshinder niet*. Opgehaald van [www.nsg.nl: http://nsg.nl/nl/geluids_is_te_meten_maar_geluidshinder_niet.html](http://nsg.nl/nl/geluids_is_te_meten_maar_geluidshinder_niet.html)
- Nirint Shipping. (2015, november 22). *www.nirint.eu*. Opgehaald van Nirint liner service: <http://nirint.eu/routes/nirint-liner-service/>
- Overheid. (1997, januari 15). *Arbeidsbesluit*. Opgehaald van [wetten.overheid.nl: http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/Hoofdstuk6/Afdeling1/Artikel61/geldigheidsdatum_29-11-2015](http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/Hoofdstuk6/Afdeling1/Artikel61/geldigheidsdatum_29-11-2015)
- Paroc. (2015, november 30). *Algemene informatie over geluid*. Opgehaald van [www.paroc.nl: http://www.paroc.nl/over-steenwol/geluid/algemene-informatie-over-geluid?sc_lang=nl-NL](http://www.paroc.nl/over-steenwol/geluid/algemene-informatie-over-geluid?sc_lang=nl-NL)
- Piet Verschuren, Hans Doorewaard. (2015). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Lemma uitgeverij.
- R22 verbod. (2015, december 5). *Wat zijn (H)CFK's*. Opgehaald van [www.r22verbod.nl: http://www.r22verbod.nl/wat-zijn-cfk-en-hcfk](http://www.r22verbod.nl/wat-zijn-cfk-en-hcfk)
- Rederij van Dijk. (2015, november 22). *www.vandijkshipping.nl*. Opgehaald van geschiedenis: <http://www.vandijkshipping.com/pages/home.php>
- Rijksoverheid. (2015, november 30). *Wanneer is geluid op mijn werk schadelijk?* Opgehaald van [www.rijksoverheid.nl: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/geluidsoverlast/vraag-en-antwoord/wanneer-is-geluid-op-mijn-werkplek-schadelijk](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/geluidsoverlast/vraag-en-antwoord/wanneer-is-geluid-op-mijn-werkplek-schadelijk)



- Rijkswaterstaat. (2015, december 5). *Koudemiddelen*. Opgehaald van www.infomil.nl:
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/stoffen/ozon-gassen-0/koudemiddelen/>
- Royal health Foam. (2015, november 28). *Slaapkamer*. Opgehaald van www.healthfoam.com:
<https://www.healthfoam.com/slaapkamer.php>
- The Code. (2007). *The Code of safe working practices for merchant seafarers*. New Zealand: Maritime New Zealand.
- The Whats. (2015, November 24). *www.thewhats.com*. Opgehaald van Hoe is stikstofgas belangrijk voor de mens: <http://www.thewhats.com/hoe-is-stikstof-gas-belangrijk-voor-de-mens/>
- TU Delft. (2012). *Nagalmtijd*. Delft: Technische Universiteit.
- TU Delft. (2012). *Tabel met absorberende materialen*. Delft: Technische Universiteit.
- Uges, P. (1996, juni 10). *Koelen/verhitten; Werking van koelinstallaties*. Opgehaald van www.mijnpve.nl: http://www.mijnpve.nl/wdocs/dbedrijfsnet/up1/ZijarxxHwE_8.3_0.pdf
- UNSW Student. (2015). *UNSW Student*. Opgehaald van UNSW Student:
www.student.unsw.edu.au/what-case-study
- Voedingscentrum. (2015). *Zout*. Opgeroepen op Juni 25, 2016, van Voedingscentrum:
<http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/zout.aspx>
- Voorde, M. t. (2013, november 3). *Waarom de Middellandse Zee zo zout was*. Opgehaald van www.kennislink.nl: <http://www.kennislink.nl/publicaties/waarom-de-middellandse-zee-zo-zout-was>
- Vree, J. d. (2008). *Trillingen*. Montfoort.
- Vree, J. d. (2015, november 26). *Relatieve vochtigheid*. Opgehaald van www.joostdevree.nl:
http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/relatieve_vochtigheid.htm
- W.Smit. (2007). Het behaaglijkheidsgebied. In W.Smit, *Hulpwerktuigen deel 1* (pp. 247-248). Urk: Smit & Wytzes.
- W.Smit. (2007). Klimaatbeheersing. In W.Smit, *Hulpwerktuigen 1* (pp. 238-239). Urk: Smit en Wytzes.
- Weerschep Zeist. (2015, november 26). *berekeningen*. Opgehaald van [weerschep.nl](http://www.weerschep.nl):
<http://www.weerschep.nl/formules.html>



Figurenlijst

Figuur 1 Geluidsgolf (Paroc, 2015)	3
Figuur 2 Decibel vergelijker	6
Figuur 3 Uitblaasrichting schoorstenen	7
Figuur 4 Lamellenrooster met afsluitbaar luik	8
Figuur 5 Viledon filtermat	8
Figuur 6 Grafiek voor aflezen van absolute luchtvochtigheid	10
Figuur 7 Centraal luchtbehandelingsinstallatie (W.Smit, Klimaatbeheersing, 2007).....	15
Figuur 8 Samenhang tussen de hoofd- en deelvragen.....	18
Figuur 9 Staafgrafiek met de resultaten van de geluidsmeting in de machinekamer.	21
Figuur 10 Staafgrafiek met de resultaten van de geluidsmeting in de accommodatie en op de brug.	23
Figuur 11 Grafiek met de resultaten van de klimaatsmeting op de brug	26
Figuur 12 Grafiek met de resultaten van de CO2 meting op de brug	28
Figuur 13 Grafiek met de resultaten van de klimaatsmeting in de derde machinisten hut	29
Figuur 14 Grafiek met de resultaten van de CO2 meting in de derde machinisten hut	30
Figuur 15 Grafiek met de resultaten van de klimaatsmeting in de controlekamer	31
Figuur 16 Grafiek met de resultaten van de CO2 meting in de controlekamer	31
Figuur 17 Tegenstromingsprincipe van de condensor inclusief bijhorende temperaturen	34
Figuur 18 Tegenstromingsprincipe van de verdamper inclusief bijhorende temperaturen	35
Figuur 19 Grafiek voor het weergeven van de A- weging (Lindner, 2015)	47
Figuur 20 Trillingsrichtingen voor lichaamstrillingen (Greten, 2015).....	50
Figuur 21 Trillingsrichtingen voor hand- armtrillingen (Greten, 2015)	50
Figuur 22 Bestandsdelen uitlaatgassen.....	53
Figuur 23 Algemeen koelsysteem (Uges, 1996)	57
Figuur 24 De eerste haarhygrometer	61
Figuur 25 Slingerpsychrometer.	61
Figuur 26 Schematische weergave van een log p-h diagram (AdVi, 2004)	93
Figuur 27 Tegenstromingsprincipe van de condensor inclusief bijhorende temperaturen	95
Figuur 28 Tegenstromingsprincipe van de verdamper inclusief bijhorende temperaturen	96



Tabellenlijst

Tabel 1 Maximale geluidsproductie in dB(A) volgens IMO (IMO, 2015)	5
Tabel 2 Dauwpunt bepalen inclusief hoe het ervaren wordt.....	11
Tabel 3 Verdieping van de deelvragen	19
Tabel 4 Tabel met metrologische gegevens gedurende de meetperiode in de machinekamer.....	21
Tabel 5 Nagalmtijd volgens de Wet van Sabine in de machinekamer	22
Tabel 6 Tabel met metrologische gegevens gedurende de meetperiode op de brug	24
Tabel 7 Nagalmtijd volgens de Wet van Sabine in een hut.....	24
Tabel 8 Samenvatting van alle oppervlaktes	32
Tabel 9 Warmtedoorgangscoefficienten.....	33
Tabel 10 Vergelijking berekende en reeds geïnstalleerde componenten.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Tabel 11 Absorptiecoëfficiënten (TU Delft, 2012).....	49
Tabel 12 Maximale actiewaarde en grenswaarde (Doornbusch, 2008)	51
Tabel 13 Maximale toegestane blootstellingstijd (Doornbusch, 2008)	51
Tabel 14 Voorbeelden en eigenschappen van enkele koelmiddelen (Uges, 1996)	60
Tabel 15 Meetresultaten geluid in de machinekamer	75
Tabel 16 Meetresultaten geluid van de brug en de accommodatie	76
Tabel 17 Samenvatting van alle oppervlaktes.....	90
Tabel 18 Gegevens die nodig zijn voor het berekenen van de warmtedoorgangscoefficient.....	91



Bijlage

Bijlage 1: APA referentielijst

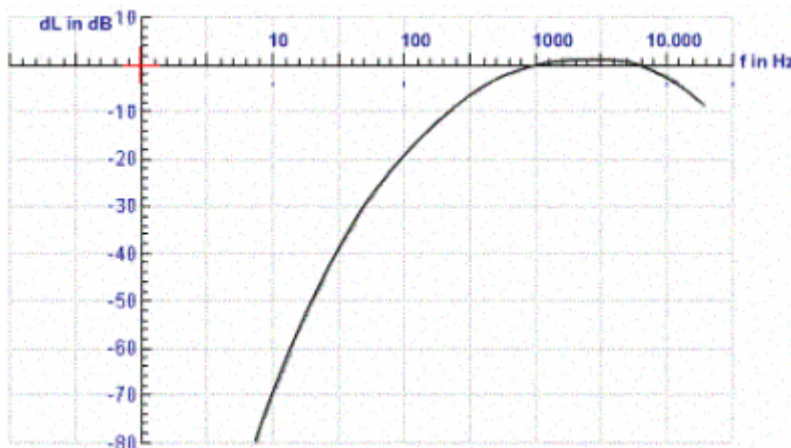
Elke bron is gecheckt op aspecten van Credibility (geloofwaardigheid), Accuracy (nauwkeurigheid), Reasonableness (argumentatie) en Support (ondersteuning door ander onderzoek)

Volledige APA referentie:
Credibility: Betrouwbare bron, referenties auteur, het bewijs van kwaliteitsbewaking (wetenschappelijk tijdschrift), bekende of gerespecteerde autoriteit, organisatorische ondersteuning. Doel: een gezaghebbende bron met een aantal goede aanwijzingen die vertrouwen geven.
Accuracy: Up to date, feitelijk, gedetailleerd, nauwkeurig, uitgebreid, doelgroep weerspiegelen intenties van de volledigheid en juistheid. Doel: een bron die is van toepassing en geeft beschrijft nauwkeurigheid en betrouwbaarheid.
Reasonableness: Eerlijk, evenwichtig, objectief, met redenen omkleed, geen belangenconflict, afwezigheid van drogredenen of schuine toon. Doel: een bron die het onderwerp zorgvuldig en redelijk behandelt, waarheidsgetrouw.
Support: In lijst opgenomen bronnen, contact informatie beschikbaar, onderbouwing beschikbaar, beweringen onderbouwd, documentatie beschikbaar. Doel: een bron die overtuigend bewijs voor de beweringen geeft, een bron die bruikbaar is voor triangulatie (vinden te minste twee andere bronnen die dit ondersteunen).

C:		A:		R:		S:		gemiddeld:	
----	--	----	--	----	--	----	--	------------	--

Bijlage 2: Decibelcorrecties

Vaak staat er een A indicatie achter dB. Wanneer er een geluidsmeting is gedaan en er komt bijvoorbeeld een resultaat uit van 50 dB(A), dan is er een correctie uitgevoerd op de meting. Met deze correctie wordt bepaald hoe het menselijk oor het geluid ervaart. Dit zijn de frequentie intervallen waarvan het midden ligt bij: 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 en 10000 Hz. In elke octaafband wordt eerst de geluidsdruk en het geluidsniveau gemeten. Daar wordt vervolgens een correctie op toegepast, de A- weging of A- correctie. Deze A- weging wordt weergegeven in een grafiek, welke te zien is in figuur 19.



Figuur 19 Grafiek voor het weergeven van de A- weging (Lindner, 2015)

Rekenen met de correctie van een A- weging wordt verduidelijkt aan de hand van een voorbeeld.

Stel na een meting worden drie tonen waargenomen:

- 125 Hz met 70 dB
- 1000 Hz met 50 dB
- 8000 Hz met 60 dB

De vraag is: Hoeveel dB(A) is dit geluid samen?

Met behulp van de grafiek in figuur 2 worden de correcties bepaald. Hieruit volgt dan:

1. 125 Hz met 70 – 16 = 54 dB
2. 1000 Hz met 50 – 0 = 50 dB
3. 8000 Hz met 60 – 1 = 59 dB

Het totale geluidsniveau wordt dan:

$$\text{Geluidsniveau } L = 10 * \log(10^{5,4} + 10^{5,0} + 10^{5,9}) = 60,6 \text{ dB(A)} = 61 \text{ dB(A)}$$

Tevens is het mogelijk om de A- correctie te berekenen, zonder gebruik te maken van de grafiek. Vervolgens kan het totaal geluid met dezelfde formule uitgerekend worden. Wanneer de zelfde gegevens vanuit het voorbeeld gebruikt zouden worden, zou bij 125 Hz de volgende correctie uitkomen.

$$dL = 20 * \log \left(\frac{(f^4 * 12200^2)}{(f^2 + 20,6^2)(f^2 + 12200^2)(f^2 + 107,7^2)^{0,5}(f^2 + 737,9^2)^{0,5}} \right) = -16,19 \text{ dB}$$

Met: dL = A- correctie in dB
f = frequentie in Hz (Lindner, 2015)

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Bijlage 3: Nagalmtijd

Berekening voor het bepalen van de nagalmtijd.

Voor het berekenen van de nagalmtijd wordt veelal gebruik gemaakt te worden van de Wet van Sabine. Deze wet luidt als volgt:

$$T_{sab} = \frac{1}{6,20} * \frac{V}{A}$$

Hierin is T : nagalmtijd in seconden
 V : volume van de ruimte in m³
 A : totale absorptie in de ruimte in m² (Koninklijke PBNA, 1998)

Er is echter ook nog een andere wet die gebruikt kan worden, namelijk de Wet van Eyring. Deze luidt als volgt:

$$T_{eyr} = \frac{-0.161 * V}{S * \alpha}$$

Hierin is: T: nagalmtijd in seconden
 V: Volume van de ruimte in m³
 S: Geometrisch oppervlak in m²
 α: absorptiecoëfficiënt

De Wet van Eyring is veel betrouwbaarder om mee te werken dan de Wet van Sabine. Waarom wordt er dan toch nog steeds gebruik gemaakt van de Wet van Sabine?

Sabine, de bedenker van deze wet, ging uit van de omgekeerde evenredigheid van T en A, hetgeen niet helemaal correct is. Deze evenredigheid was afgeleid uit een veelheid aan metingen. Wanneer α tot nul nadert, geven beide formules dezelfde uitkomst, echter wanneer α tot één nadert, levert Eyring's formule de waarde één, echter de formule van Sabine faalt. In de dagelijkse praktijk zijn de gemiddelde absorptiecoëfficiënten minder dan 40%, waardoor Sabine nooit afwijkingen vond van deze evenredigheid.

De hoofdreden dat de Wet van Sabine de voorkeur geniet, is niet een sterk wetenschappelijk argument, echter geldt het wel in de praktijk: *"Iedereen gebruikt die formule!"* De absorptie van materialen wordt altijd gemeten in een nagalmkamer met behulp van de Wet van Sabine. Dit wordt verplicht vanuit de normbladen, zoals de NEN. Wanneer iedereen zich hier aan houdt en niet afwijkt van deze 'ongeschreven' regel, dan is daar weinig op tegen. (TU Delft, 2012)

Absorptiecoëfficiënten

Voordat de nagalmtijd berekend kan worden, moeten de absorptiecoëfficiënten bekend zijn. Enkele staan vermeld in tabel 2. De absorptiecoëfficiënten in de tabel gelden bij de belangrijkste frequenties voor spraak, namelijk tussen de 500 tot 1000 Hertz. Bij lagere frequenties zijn de prestaties van veel materialen minder, vooral door de verminderde laagdikte. Een absorptiecoëfficiënt geeft weer wat de absorberende eigenschappen van een materiaal zijn. (TU Delft, 2012)



Tabel 10 Absorptiecoëfficiënten (TU Delft, 2012)

Materiaal	Absorptiecoëfficiënt	Toelichting
Glas	<0,05	
Metaal	<0,05	
Geperforeerd metaal	0,40 – 0,60	Afhankelijk van dikte isolatielaag
Gordijnen	0,05 – 0,80	Afhankelijk van dikte stof/ materiaal
Linoleum	0,05	
Vloerbedekking	0,05 – 0,60	Afhankelijk van dikte en onderlaag
Houten meubels	0,05	
Gestoffeerde meubels	0,30 – 0,60	
Één persoon	0,40 – 0,50	Afhankelijk van de persoon

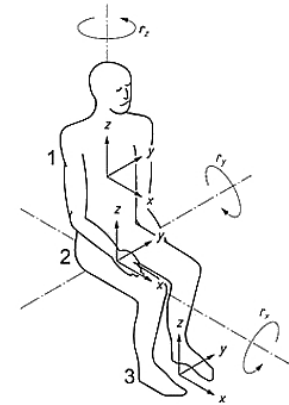
Bijlage 4: Hand-, arm-, en lichaamstrillingen

Langdurige blootstelling aan mechanische trilling kan schadelijk zijn voor de gezondheid. Bij blootstelling aan mechanische trillingen gaat het om direct contact van het lichaam met een trillende ondergrond. Wanneer er gekeken wordt naar mechanische trillingen, kan er onderscheid gemaakt worden tussen lichaamstrillingen en hand- armtrillingen.

Lichaamstrillingen

Er wordt van lichaamstrillingen gesproken als de trilling via het zitvlak of de voeten van de mens overgedragen wordt. Dit kan discomfort en vermoeidheid veroorzaken. Tevens kan het prestatievermogen nadelig beïnvloed worden. Het is mogelijk dat er duizeligheid en een lichte mate van desoriëntatie van de visuele waarneming optreedt, welke veroorzaakt kunnen worden door ernstige trillingen. Hierbij kan de oog- arm coördinatie afnemen en de overdracht via spraak kan belemmerd worden. Tevens is het mogelijk dat er zeeziekte optreedt bij een frequentie minder dan één hertz. Als laatste is het mogelijk dat er klachten in de onderrug worden ervaren wanneer de trillingen te hevig worden.

(Doornbusch, 2008)



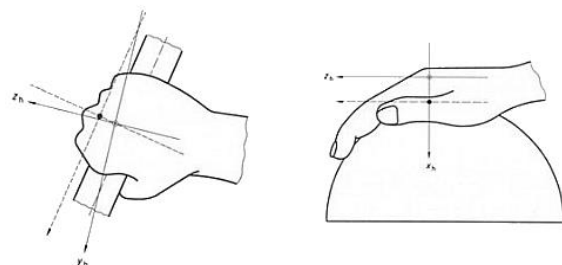
Figuur 20 Trillingsrichtingen voor lichaamstrillingen (Greten, 2015)

In figuur 20 zijn voor een zittend persoon alle trillingsvormen weergegeven. Om het effect van trillingen op het lichaam te beoordelen, wordt er rekening gehouden met de richting van de trilling. Een merkbaar effect op het menselijk lichaam heeft een trilling van één hertz in horizontale richting en zes hertz in verticale richting, evenwijdig aan de wervelkolom. Niet alleen de richting van de trilling is belangrijk, maar ook de duur van de trilling. (Greten, 2015)

Hand- armtrillingen

Deze treden op als een trillend gereedschap contact heeft met de handen of via de handen het lichaam aan het trillen brengt. Blijvende effecten van de hand- armtrillingen kunnen zich uiten als Osteo- articulaire aandoeningen van hand en pols. Deze aandoeningen zijn echter pas in een later stadium te ontdekken. In een veel vroeger stadium kan de 'doofheid' in de vingers, ook bekend als tintelende vingers, waargenomen worden. Verder kunnen er ook neurologische waarnemingen gedaan worden. Deze uiten zich in de vorm van witte vingers en zijn vooral goed waarneembaar wanneer de vingers koud zijn. De neurologische aandoeningen worden vooral geconstateerd bij mensen die niet gewend zijn om met trillende machines te werken. (Doornbusch, 2008)

In figuur 21 zijn de mogelijke trillingsrichtingen weergegeven voor een handgreep en een vlakke handpalm positie. Bij het beoordelen van de hand- armtrillingen wordt net als bij de lichaamstrillingen rekening gehouden met de richting van de trilling, de duur van de trilling en de gevoeligheid van de waarnemer. De gevoeligheid voor hand- arm trillingen is merkbaar rond de tien hertz in alle richtingen. (Greten, 2015)



Figuur 21 Trillingsrichtingen voor hand- armtrillingen (Greten, 2015)

Wetgeving

De Nederlandse wetgeving kent twee waarden, namelijk een grenswaarde en een actiewaarde welke te zien zijn in tabel 12. De laatste kolom: grenswaarde, geeft de maximale toelaatbare trillingen weer. Deze trillingen worden niet weergegeven met Hertz, maar de versnelling die ze teweeg brengen. Het is mogelijk om deze actiewaarde te overschrijden, maar dan moeten er bepaalde acties worden ondernomen om de trillingen te dempen. Echter mag er daarna niet boven de grenswaarde gewerkt worden. Deze waarden zijn herleid tot een standaardreferentieperiode van een acht uur durende werkdag. Het is voor een werknemer mogelijk om de maximale actie- en grenswaarde te overschrijden, echter wordt de tijd dat de werknemer bezig is met dat betreffende apparaat korter. De maximale waarden worden weergegeven als versnellingswaarden in m/s^2 . De Nederlandse wet- en regelgeving omtrent trillingen is rechtstreeks overgenomen uit de Richtlijn Trillingen die opgesteld is door de Europese Unie. De tijd om de actie- en grenswaarde te overschrijden staan weergegeven in tabel 4. (Doornbusch, 2008) (CNV, 2015)

Aan boord van schepen die onder de Nederlandse vlag varen, moet aan dezelfde regels voldaan worden. (The Code, 2007)

Tabel 11 Maximale actiewaarde en grenswaarde (Doornbusch, 2008)

	Actiewaarde in m/s^2	Grenswaarde in m/s^2
Lichaamstrillingen	0,5	1,15
Hand- armtrillingen	2,5	5

Tabel 12 Maximale toegestane blootstellingstijd (Doornbusch, 2008)

Maximale toegestane blootstellingstijd in uren	Actiewaarde lichaamstrillingen in m/s^2	Grenswaarde Lichaamstrillingen in m/s^2	Actiewaarde hand-armtrillingen in m/s^2	Grenswaarde hand-armtrillingen in m/s^2
8	0,5	1,15	2,5	5
4	0,71	1,63	3,54	7,07
2	1	2,3	5	10
1	1,41	3,25	7,1	14,14
0,5	2	4,6	10	20
0,25	2,83	6,51	14,14	28,28

Resonantie

Dit is een natuurkundig verschijnsel dat voorkomt bij trillingen. Een trillend voorwerp kan, zoals eerder beschreven, een menselijk lichaam of een ander voorwerp laten trillen. Wanneer het menselijk lichaam in het ritme van de oorspronkelijke trilling gaat meetrillen, wordt dit verschijnsel resonantie genoemd. Resonantie kan nagenoeg bij elk bestaand object optreden.

Resonantie treedt op bij bepaalde frequenties, de zogenaamde eigenfrequenties. Dit zijn frequenties die spontaan ontstaan als het object door een korte tik wordt aangeslagen. De eigenfrequentie wordt uitgelegd aan de hand van een voorbeeld.

“Als een kerkklok bijvoorbeeld wordt aangeslagen door de klepel, gaat hij trillen in zijn eigenfrequenties, en juist ook bij die frequenties veel geluid uitstralen. Door de aanslag gaat de klok



bij alle frequenties trillen, maar alleen de eigenfrequenties blijven lang hoorbaar, de trillingen bij de andere frequenties sterven snel uit.”

Maar wat is het effect van resonantie op de mens? Resonantie ontstaat wanneer een menselijk lichaam in contact komt met een frequentie die gelijk is aan de eigenfrequentie. Ook al is het contact zeer gering, het menselijk lichaam zal gaan trillen. Buiten de resonantiefrequenties zal het menselijk lichaam maar weinig trillen, echter tijdens de resonantie is de amplitude van de trilling veel groter dan buiten de resonantie (ACNatuurkunde, 2012).

In de paragrafen lichaamstrillingen en hand- armtrillingen is beschreven bij welke frequentie het lichaam iets van de trillingen begint te merken. Echter bij de volgende resonantiefrequenties kan het lichaam hinder ondervinden:

- Hoofd : 25 hertz
- Oogbol : 30 – 80 hertz
- Borstkas : 60 hertz
- Borst en buikholte : 3 – 6 hertz
- Wervelkolom : 10 – 12 hertz
- Onderarm : 16 – 30 hertz
- Handgreep : 50 – 200 hertz

De bovenstaande resonantiefrequenties kunnen per persoon wisselen.

Werken met trillingen

Aan boord zijn trillingen onoverkomelijk. Om er voor te zorgen dat de gevolgen van trillingen niet te groot zijn voor het lichaam is het verstandig om de volgende veiligheidsmaatregelen te hanteren:

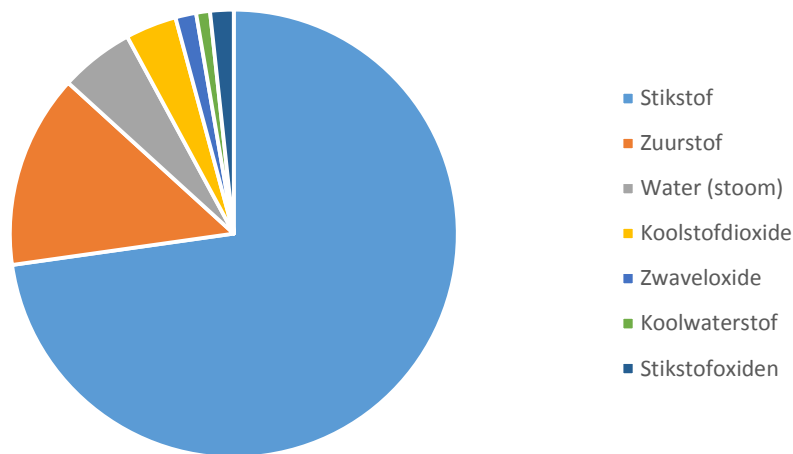
- Weest bewust van de trillingsbelasting die bij de werkzaamheden voorkomen;
- Hanteer de werk- en rustschema's;
- Gebruik de machines volgens de gebruiksaanwijzing;
- Meld gebreken gelijk.

Doel

Aan boord zal op verschillende plaatsen met behulp van een speciale trillingsmeter metingen worden verricht. Trillingsmeters zijn er in verschillende soorten met verschillende toepassingen. Doordat hier alleen de trillingseffecten op de mens worden behandeld, is er een trillingsmeter benodigd die hand/arm- en lichaamstrillingen kan meten. Deze metingen worden verricht zodat er bepaald kan worden of de trillingen op de mens binnen de maximale toelaatbare trillingen/ versnellingen liggen. Mocht uit de metingen gebleken zijn dat de actuele trillingen hoger zijn dan de maximaal toelaatbare, gaat er gezocht worden naar een oplossing zodat er een onderbouwd advies gegeven kan worden.

Bijlage 5: Bestandsdelen uitlaatgassen

Bestandsdelen uitlaatgassen



Figuur 22 Bestandsdelen uitlaatgassen

Doordat er een cirkeldiagram is gemaakt van de stoffen die in de uitlaatgassen zitten, is duidelijk te zien in welke hoeveelheid de stoffen in de uitlaatgassen voorkomen. Figuur 22 is gebaseerd op de uitlaatgassen van HFO. Deze brandstof is minder gezuiverd dan MGO.

- Stikstof N_2 komt het meeste voor in de uitlaatgassen, namelijk voor 73%. De atmosfeer op aarde bevat 78% stikstof. Stikstof is een kleur- en geurloos gas, waardoor dit gas in deze hoeveelheid geen slechte invloed heeft op de mens. (The Whats, 2015)
- Zuurstof O_2 is de stof die minder voorkomt in de uitlaatgassen, namelijk voor 14%. De atmosfeer op de aarde bevat ongeveer 20% zuurstof. Door de verbranding wordt een deel van de zuurstof verdrongen. Doordat het zuurstofpercentage in de uitlaatgassen beduidend lager is dan het zuurstofpercentage dat een mens minimaal nodig heeft (namelijk 18%), kan dit een gevaar voor de mens opleveren. Echter kan dit alleen gevaar opleveren wanneer de normale zuurstoftoevoer afgesloten wordt en de uitlaatgassen rechtstreeks de accommodatie binnen worden geblazen. (Mens en Gezondheid, 2010)
- Water (stoom) H_2O , komt voor ongeveer 5% voor in de uitlaatgassen. Dit ontstaat door de condensatie van de lucht in de schoorsteen. Dit is niet slecht voor de bemanning, omdat de stoom weer terug condenseert en alleen maar waterdruppels achterlaat. Hierdoor kunnen echter wel schimmelplekken in de accommodatie ontstaan wanneer de uitlaatgassen in de accommodatie geblazen wordt. De stoom is alleen gevaarlijk wanneer de bemanning direct langs de uitlaat van de schoorsteen loopt. De temperatuur van de uitlaatgassen en dus ook de stoom, zijn dan heel hoog waardoor brandwonden kunnen ontstaan.
- Koolstofdioxide CO_2 komt in mindere hoeveelheden voor in de uitlaatgassen, namelijk voor bijna 4%. Net als bij stikstof komt deze stof in de atmosfeer op de aarde voor. Alleen is deze stof ook de veroorzaker van het broeikaseffect. Wanneer de uitlaatgassen de accommodatie binnenkomen, kan dit een effect hebben op de bemanning.
- Zwaveloxide SO_x zit voor ongeveer 1,5% in de uitlaatgassen. Zwaveloxiden kunnen ademhalingsproblemen veroorzaken, waardoor deze stof erg schadelijk is voor de mens. (Milieuloket, 2015)

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



- Koolwaterstof CH komt voor 1% voor in de uitlaatgassen. Een voorbeeld van een koolwaterstof is methaangas. Dit komt vrij bij de verbranding van olie. Deze stof draagt bij aan het broeikaseffect, echter op de mens heeft deze stof minder invloed. Bij hogere concentraties koolwaterstof wordt het pas schadelijk.
- Als laatste zit er stikstofdioxiden NOx in de uitlaatgassen. Tegenwoordig zit deze stof voor ongeveer 2% in de uitlaatgassen. Deze stof zorgt onder andere voor het vergroten van het broeikaseffect en voor de smog. Als nadelig effect op de mens zorgt deze stof voor ademhalingsproblemen. Dit maakt deze stof dan ook schadelijk voor de bemanning wanneer deze in de bemanning komt.



Bijlage 6: Berekenen van de luchtvochtigheid

De relatieve luchtvochtigheid is niet alleen af te lezen en te meten, deze is ook te berekenen. Hiervoor is door de WMO (Wereld Meteorologische Organisatie) een formule vastgesteld welke door alle meteorologische diensten gebruikt wordt. De formule luidt als volgt:

$$RH = 100 * \frac{PT_d}{PT_a}$$

Met: $PT_d = 6,112 * e^{\frac{(17,62 * T_d)}{(243,12 + T_d)}}$ en $PT_a = 6,112 * e^{\frac{(17,62 * T_a)}{(243,12 + T_a)}}$

Waarbij:

- T_a = Omgevingstemperatuur in °C
- PT_a = De verzadigde dampdruk van de omgevingstemperatuur in Pascal
- T_d = Dauwpunttemperatuur in °C
- PT_d = De verzadigde dampdruk van de dauwpunttemperatuur
- RH = Relatieve vochtigheid in procenten. (Weerschip Zeist, 2015)

Berekenen van de absolute luchtvochtigheid

Voor het berekenen van de absolute luchtvochtigheid, zijn niet alleen grafieken beschikbaar, er is ook een formule om de absolute luchtvochtigheid exact te kunnen berekenen.

$$m_w = \frac{p * V}{T} * 0,0022$$

Waarbij:

- p = Druk van de dauwpunttemperatuur in Pascal
- V = Volume van de ruimte in dm³
- T = Temperatuur in Kelvin
- m_w = Massa van het water in de lucht in gram



Bijlage 7: De verschillende vertrekken aan boord

Kantoor / brug / controlekamer machinekamer

De regering vermeldt het volgende over de temperatuur op kantoor:

“Rekening houdend met de aard van de werkzaamheden die door de werknemers worden verricht en de fysieke belasting die daar het gevolg van is, veroorzaakt de temperatuur op de arbeidsplaats geen schade aan de gezondheid van de werknemers.” (Overheid, 1997)

De stuurman of kapitein voert verschillende administratieve werkzaamheden uit op de brug. Verder moeten zij voor een veilige navigatie zorgen. Hierdoor is het noodzakelijk dat de officier van de wacht gedurende zijn gehele wacht geconcentreerd blijft. Wanneer de temperatuur hoger wordt, is de kans groter dat de aandacht verslapt waardoor de officier van de wacht suf wordt en in slaap zou kunnen vallen. Om er voor te zorgen dat dit niet kan gebeuren is de ideale temperatuur op de brug tussen de 20°C en 24°C. (Boerstra, 2008)

In de controlekamer is deze ideale temperatuur ook van toepassing. Echter is de kans in de controlekamer op in slaap vallen een stuk kleiner, mede door het geluid. Hier wordt ook de administratie gedaan, maar ook werkbesprekingen. Als het hier te warm zou zijn, kan er minder goed nagedacht worden, waardoor fouten gemaakt kunnen worden.

Slaapkamer / hut

De hut is het privédeel van de bemanning aan boord. Hier heeft de regering niets over te zeggen. Echter een goede nachtrust is heel belangrijk. Daarom is ook hier een ideale temperatuur voor, namelijk tussen de 12°C en 17°C. (Royal health Foam, 2015) Mocht het te fris zijn, is het altijd mogelijk om meerdere lagen nachtkledij aan te trekken. Wanneer het te warm is, wordt op een gegeven moment een punt bereikt dat de bemanning hier zelf niets meer aan kan doen.

Woonkamer / messroom

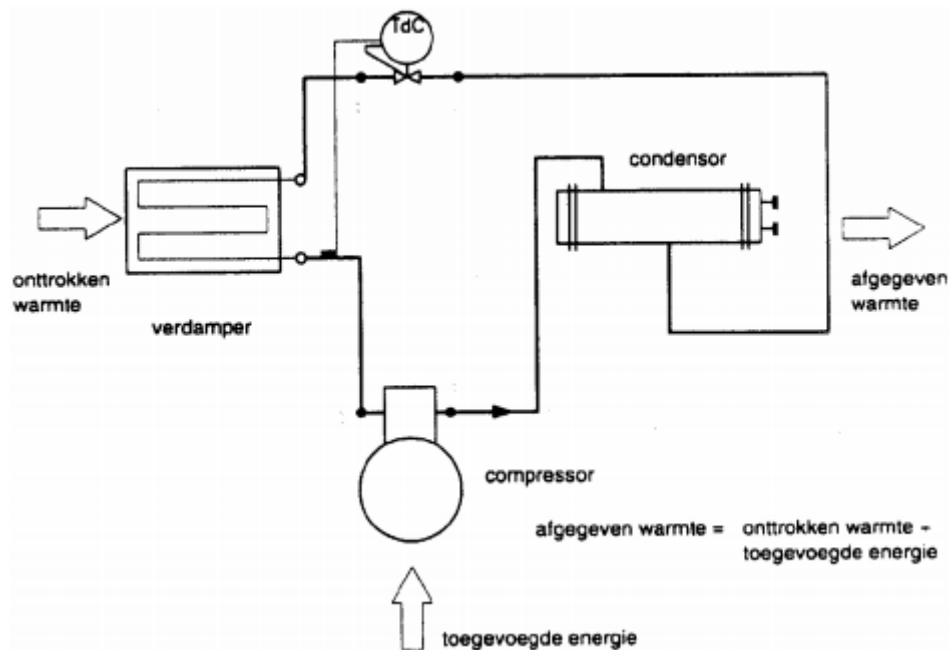
In de messroom wordt voornamelijk gegeten en samen gezeten om de dag op een informele wijze af te sluiten. De ideale temperatuur is in deze ruimte dan rond de 20°C. (Inspirerend wonen, 2013)

Voor elke ruimte geldt: Niet alleen de temperatuur zorgt voor een ideale situatie, de luchtvochtigheid speelt hier ook een grote rol bij. Samen met de temperatuur en de luchtvochtigheid is het mogelijk om een zogenaamd behaaglijkheidsgebied op te stellen.

Bijlage 8: De werking van een compressorkoelmachine

Elke compressiekoelmachine heeft in de basis de zelfde werkingsprincipe. In de basis ziet elk compressiekoelsysteem er dan ook hetzelfde uit. In figuur 23 is een schematische weergave van een koelkringloop van een koudemiddel in een compressiekoelinstallatie te zien. Een koelsysteem bevat de volgende basis componenten:

- Verdamper
- Compressor
- Condensor
- Regelventiel



Figuur 23 Algemeen koelsysteem (Uges, 1996)

Zoals te zien is in figuur 12, betreft het een gesloten koelsysteem. Dit betekent dat het koelmiddel de gehele tijd rondgepompt wordt en dat er geen nieuw koelmiddel wordt toegevoegd.

De werking van de koelinstallatie is in figuur 12 goed te volgen. Het proces begint bij de verdamper en verloopt in het schema vervolgens tegen de klok in. Wat er in elk component gebeurt, staat hieronder beschreven.

Verdamper

Hierin verdampt bij een relatief laag temperatuur- en drukniveau het koudemiddel. Voor het verdampingsproces is warmte nodig. Deze warmte wordt onttrokken aan de circulerende lucht.

Compressor

De compressor is een zuig- en perspomp. Deze pomp zuigt de in de verdamper gevormde dampen (zuiggas) aan en brengt deze op een hoger drukniveau (persgas).

Condensor

Hierin condenseert op een relatief hoog temperatuurniveau de door de compressor aangevoerde damp tot een vloeistof. De in de verdamper toegevoerde warmte, verhoogt met de in de compressor toegevoerde warmte, wordt hier afgegeven aan het koelwater of aan de buitenlucht.



Regelventiel

Een regelventiel, ook wel expansieventiel, vormt de afscheiding tussen het hoge- en lagedruk gedeelte van de koelinstallatie. De regelventiel regelt de vloeistofstroom naar de verdamper. (Uges, 1996)



Bijlage 9: Koelmiddel

Omdat aan boord veiligheid in een groot vaandel staat, wordt er veelal gebruik gemaakt van synthetische koelmiddelen. In de koeltechniek zijn de volgende synthetische koelmiddelen bekend:

- CFK (Chloor Fluor Koolwaterstoffen)

Deze stof bestaat in het beginsel uit koolwaterstoffen, ook wel Alkanen genaamd. De moleculen bestaan op hun beurt uit kool- waterstofatomen. Tijdens een proces, genaamd Halogenering, worden alle waterstofatomen vervangen door halogeenatomen. De gebruikte halogeenatomen zijn Chloor en Fluor. Nadat de koolwaterstof gehalogeneerd is bestaat de stof enkel uit Chloor, Fluor en Koolstof. Er bevindt zich geen enkele waterstofatoom in het medium.

Het gebruik van CFK koelmiddel is per 1 januari 1993 verboden in nieuwe installaties. Mocht het zijn dat een CFK koelinstallatie na 1993 defect raakt, zijn er twee mogelijkheden:

1. Koelinstallatie ombouwen naar een koelmiddel dat wel toegelaten wordt;
2. Investeren in een nieuwe koelinstallatie. (R22 verbod, 2015)

- HCFK (Hydrogeen Chloor Fluor Koolwaterstoffen)

Deze stof bestaat net als een CFK uit een koolwaterstofmolecuul dat net als bij een CFK onder heven is aan het Halogeneringsproces. Echter in tegenstelling tot een CFK worden de koolwaterstofatomen bij een HCFK niet volledig gehalogeneerd met Chloor en Fluor. Wanneer deze stof volledig gehalogeneerd is bevinden zich wel nog waterstofatomen in het medium.

Het gebruik van HCFK koelmiddelen is per 1 januari 2000 verboden in nieuwe installaties. (R22 verbod, 2015)

- HFK (Hydrogeen Fluor Koolwaterstof)

Deze stof is een organische verbinding bestaande uit koolstof, waterstof en fluor die per molecuul maximaal zes koolstofatomen bevat. Een groot nadeel van deze stoffen is dat deze het broeikaseffect versterken. De mate waarin de stof het broeikaseffect versterkt wordt aangeduid met het zogenaamde GWP (Global Warming Potential) nummer.

(Rijkswaterstaat, 2015)

Alle synthetische koelmiddelen worden aangeduid met de R (van Refrigerant) gevolgd door een type aanduiding. Enkele voorbeelden van deze koelmiddelen zijn weergegeven in tabel 14. In deze tabel staat tevens vermeld uit welke samenstellende componenten het medium bestaat indien dit voor het betreffende medium geldt en het bijbehorende GWP en ODP getal. (Rijkswaterstaat, 2015)

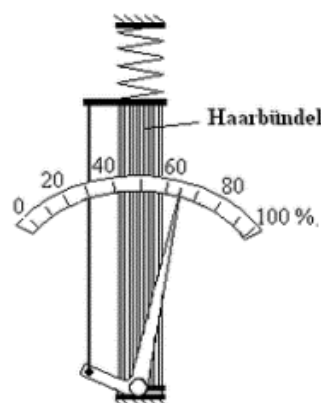


Tabel 13 Voorbeelden en eigenschappen van enkele koelmiddelen (Uges, 1996)

R-nummer	Samenstellende componenten	Chemische formule	GWP getal 100 jaar	ODP getal
CFK				
R11	-	CCl_3F	4000	1
R12	-	CCl_2F_2	7900	1
R502	R22 (48,8%)	CHClF	1700	0,055
	R115 (51,2%)	$\text{CClF}_2 - \text{CF}_3$	9300	0,6
HCFK				
R22	-	CHClF_2	1700	0,055
HFK				
R134a	-	$\text{CH}_2\text{F} - \text{CF}_3$	1300	0
R404a	R125 (44%)	$\text{CHF}_2 - \text{CF}_3$	3500	0
	R143a (52%)	$\text{CH}_3 - \text{CF}_3$	4470	0
	R134a (6%)	$\text{CH}_2\text{F} - \text{CF}_3$	1430	0
R507	R125 (50%)	$\text{CHF}_2 - \text{CF}_3$	3500	0
	R143a (50%)	$\text{CH}_3 - \text{CF}_3$	1430	0

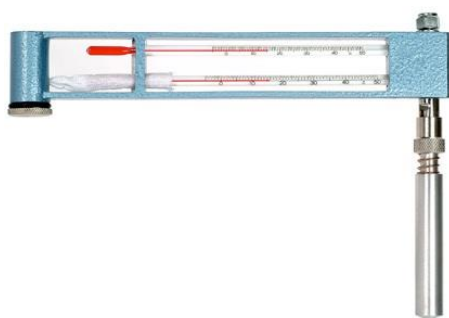
Bijlage 10: Hygrometer

Om de luchtvochtigheid te bepalen, wordt er gebruik gemaakt van een hygrometer. De eerste hygrometer werd in 1783 door Horac Bénédict de Saussure uit Zwitserland ontdekt. Hij had ontdekt dat een gewone mensenhaar langer wordt wanneer de relatieve vochtigheid in de lucht toeneemt. Met deze ontdekking kwam de haarhygrometer tot stand. Dit instrument was relatief eenvoudig door iedereen te maken, doordat ontvet mensenhaar al voldoende was. Echter was er een moeilijkheid aan het maken van dit instrument, namelijk het maken van de juiste schaalverdeling en het ijken van het instrument. Met de schaalverdeling kon vervolgens bepaald worden hoeveel procent de luchtvochtigheid was. Wanneer het haar vuil is geworden, kan de haarhygrometer al ontregelt raken.



Figuur 24 De eerste haarhygrometer

De haarhygrometer was al een mooie ontdekking, alleen was de storingsgevoeligheid van het instrument wel hoog. Een minder storingsgevoelige hygrometer was vervolgens de slingerpsychrometer. Deze slingerpsychrometer bestaat uit twee thermometers. Deze zijn aan draaibaar aan het handvat gemonteerd. De eerste thermometer is de 'drogebol' thermometer, welke



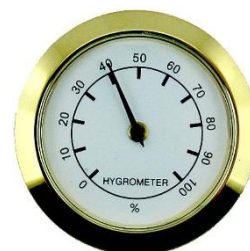
Figuur 25 Slingerpsychrometer.

de luchttemperatuur meet. Als laatste is de 'nattebol' thermometer, waarbij om het kwikvat een kousje zit. Dit kousje moet vlak voor de meting met zuiver water nat gemaakt worden. Vervolgens wordt deze thermometer rondgeslingerd. Wanneer er geen waterdamp in de verzadigde lucht zit, dan verdampt het water dat in het kousje zit. Dit verdampen kost energie. De nattebol thermometer zal dan een lagere temperatuur aangeven, totdat er een evenwichtstoestand is bereikt. Het temperatuurverschil tussen de droge- en nattebol is groter naarmate de luchtvochtigheid geringer is. Via een

omreken tabel kan vervolgens de relatieve luchtvochtigheid bepaald worden. (Eurofysica B.V., 2015)

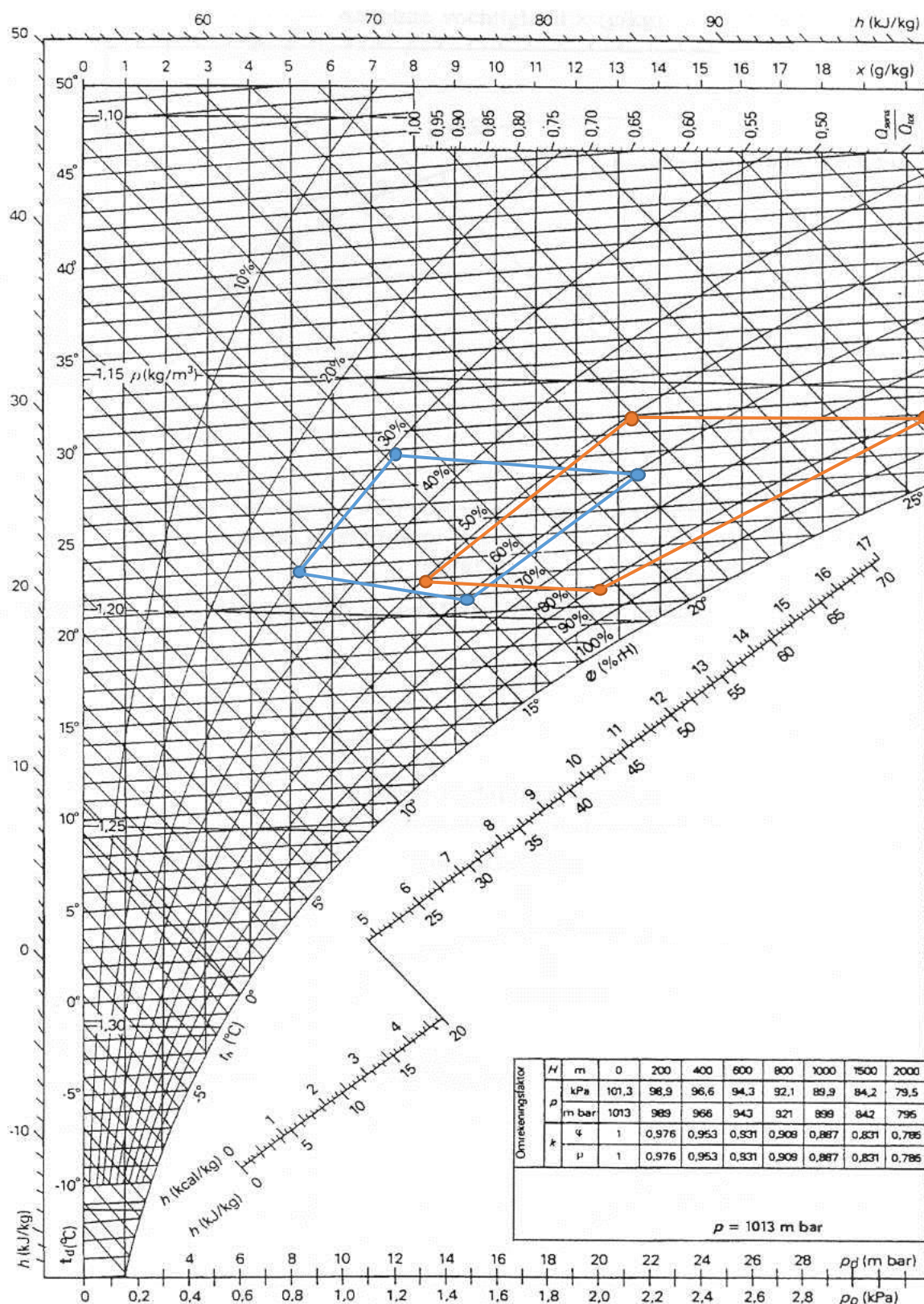
Echter de tijd staat niet stil en de techniek gaat steeds sneller vooruit. De moderne hygrometers werken elektronisch. Deze maken gebruik van halfgeleiderkristallen waarvan de geleiding afhangt van de luchtvochtigheid. Steeds vaker krijgen de moderne elektrische hygrometers ook de mogelijkheid om weetwaardes op te slaan en vervolgens met een computerprogramma een historie op te bouwen.

De klassieke hygrometers die thuis vaker gebruikt worden berusten vaak wel op het werkingsprincipe van de haarhygrometer. Deze zit dan mooi verwerkt in een speciaal ontworpen huis. Meetstations, zoals het KNMI, werken vaker met de slingerpsychrometer, net als aan boord van veel schepen. De moderne hygrometer wordt vaker gebruikt in de moderne huishoudens.



Bijlage 11: Behaaglijkheidsgebied in Mollierdiagram en tabel

Het blauwe vlak geeft het behaaglijkheidsgebied weer van de inwoners van West- Europa en Noord Amerika. Het oranje vlak geeft het behaaglijkheidsgebied weer van de inwoners uit Indonesië.



Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Droge bol temperatuur in graden Celsius

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
10	17,3	17,8	18,3	18,8	19,3	19,8	20,3	20,8	21,3	21,8	22,3	22,8	23,3	23,8	24,3	24,8	25,3	25,8	26,3	26,8	27,3
15	17,4	17,9	18,4	18,9	19,4	19,9	20,4	20,9	21,4	21,9	22,4	22,9	23,4	23,9	24,4	24,9	25,4	25,9	26,4	26,9	27,4
20	17,6	18,1	18,6	19,1	19,6	20,1	20,6	21,1	21,6	22,1	22,6	23,1	23,6	24,1	24,6	25,1	25,6	26,1	26,6	27,1	27,6
25	17,7	18,3	18,9	19,5	20,1	20,7	21,3	21,9	22,5	23,1	23,7	24,3	24,9	25,5	26,1	26,7	27,3	27,9	28,5	29,1	29,7
30	17,9	18,5	19,1	19,7	20,3	20,9	21,5	22,1	22,7	23,3	23,9	24,5	25,1	25,7	26,3	26,9	27,5	28,1	28,7	29,3	29,9
35	18	18,7	19,4	20,1	20,8	21,5	22,2	22,9	23,6	24,3	25	25,7	26,4	27,1	27,8	28,5	29,2	29,9	30,6	31,3	32
40	18,2	18,9	19,6	20,3	21	21,7	22,4	23,1	23,8	24,5	25,2	25,9	26,6	27,3	28	28,7	29,4	30,1	30,8	31,5	32,2
45	18,3	19	19,7	20,4	21,1	21,8	22,5	23,2	23,9	24,6	25,3	26	26,7	27,4	28,1	28,8	29,5	30,2	30,9	31,6	32,3
50	18,5	19,2	19,9	20,6	21,3	22	22,7	23,4	24,1	24,8	25,5	26,2	26,9	27,6	28,3	29	29,7	30,4	31,1	31,8	32,5
55	18,6	19,4	20,1	20,8	21,5	22,2	22,9	23,6	24,3	25	25,7	26,4	27,1	27,8	28,5	29,2	29,9	30,6	31,3	32	32,7
60	18,8	19,6	20,3	21	21,7	22,4	23,1	23,8	24,5	25,2	25,9	26,6	27,3	28	28,7	29,4	30,1	30,8	31,5	32,2	32,9
65	18,9	19,7	20,5	21,3	22,1	22,9	23,7	24,5	25,3	26,1	26,9	27,7	28,5	29,3	30,1	30,9	31,7	32,5	33,3	34,1	34,9
70	19,1	19,9	20,7	21,5	22,3	23,1	23,9	24,7	25,5	26,3	27,1	27,9	28,7	29,5	30,3	31,1	31,9	32,7	33,5	34,3	35,1
75	19,2	20,1	21	21,9	22,8	23,7	24,6	25,5	26,4	27,3	28,2	29,1	30	30,9	31,8	32,7	33,6	34,5	35,4	36,3	37,2
80	19,4	20,3	21,2	22,1	23	23,9	24,8	25,7	26,6	27,5	28,4	29,3	30,2	31,1	32	32,9	33,8	34,7	35,6	36,5	37,4
85	19,5	20,4	21,3	22,2	23,1	24	24,9	25,8	26,7	27,6	28,5	29,4	30,3	31,2	32,1	33	33,9	34,8	35,7	36,6	37,5
90	19,7	20,6	21,5	22,4	23,3	24,2	25,1	26	26,9	27,8	28,7	29,6	30,5	31,4	32,3	33,2	34,1	35	35,9	36,8	37,7
95	19,8	20,8	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8
100	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Het zwarte gebied geeft het behaaglijkheidsgebied weer voor de inwoners van West- Europa en Noord Amerika en het rode gebied geeft het behaaglijkheidsgebied weer voor de inwoners van Indonesië.



Bijlage 12: Vragenlijst

Geluid		
2	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens het uitvoeren van uw dagelijkse werkzaamheden op zee.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
3	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens het uitvoeren van uw dagelijkse werkzaamheden in de haven.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
4	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens uw rustperiodes op zee.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
5	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens uw rustperiodes in de haven.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
6	Heeft u last van de volgende problemen: a. Verhoogde bloeddruk b. Stress c. Vermindering van maag- en darmfunctie d. Hartritmestoornis e. Blijvende gehoorschade	☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee
Trillingen		
7	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden op zee.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
8	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden in de haven.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
9	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens uw rustperiodes op zee.	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
10	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens uw rustperiodes in de haven	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
11	Heeft u last van de volgende problemen: a. Pijnlijke hand/ arm gewrichten b. Pijnlijke knie/ heup gewrichten	☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee
Uitlaatgassen		
12	Heeft u last van de volgende problemen aan boord: a. Slaperigheid b. Hoofdpijn c. Ademhalingsproblemen	☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee ☐ Ja ☐ Nee
Binnenklimaat		
13	Geef een cijfer aan de temperatuur in de accommodatie. (momenteel is het °C)	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
14	Geef een cijfer aan de temperatuur op uw werkplek	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
15	Geef een cijfer aan de relatieve luchtvochtigheid in de accommodatie. (momenteel is er een relatieve luchtvochtigheid van%)	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog
Zout		

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



16	Heeft u last van de volgende problemen aan boord: a. Droge huid b. Gescheurde lippen c. Droge ogen	☐ Ja ☐ Ja ☐ Ja	☐ Nee ☐ Nee ☐ Nee
17	Hoe vaak per week gaat u gemiddeld douchen?	☐ 0 tot 2 keer ☐ 2 tot 4 keer ☐ 4 tot 7 keer ☐ 7 tot 10 keer ☐ Meer dan 10 keer	
18	Wanneer gaat u douchen (meerdere antwoorden mogelijk)	☐ Voor aanvang werkzaamheden ☐ Tijdens uw werkzaamheden ☐ Na uw werkzaamheden	
19	Hoeveel liter water, frisdrank, thee en/of koffie drinkt u gemiddeld tijdens het uitvoeren van uw werkzaamheden.	0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5	
20	Hoeveel liter water, frisdrank, thee en/of koffie drinkt u gemiddeld tijdens uw rustperiodes.	0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5	
Algemeen			
21	Geef een cijfer over de algemene leefsituatie aan boord de ms. Helga	Laag 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Hoog	
Ruimte voor op- en aanmerkingen / ideeën m.b.t. de leefbaarheid aan boord.			



Bijlage 13: Regels voor het meten van geluid aan boord van schepen.

3.1 General

3.1.1 On completion of the construction of the ship, or as soon as practicable thereafter, measurement of noise levels in all spaces specified in chapter 4 shall take place under the operating conditions specified in sections 3.3 and 3.4 and shall be suitably recorded as required by section 4.3.

3.1.2 Measurements of the A-weighted equivalent continuous sound level, $L_{Aeq}(T)$ shall be made for the purpose of ensuring compliance with chapter 4.

3.1.3 Measurements of the C-weighted equivalent continuous sound level $L_{Ceq}(T)$ and the C-weighted peak sound level L_{Cpeak} shall be made in spaces where $L_{Aeq}(T)$ exceeds 85 dB(A) for the purpose of determining appropriate hearing protection according to the HML-method, see chapter 7 and appendix 2.

3.2 Personnel requirements

3.2.1 In order to ensure an acceptable and comparable quality of the measurement results and the reports the measuring institutes or experts shall prove their competence with view to noise measurements.

3.2.2 This person conducting measurements shall have⁴:

- .1 knowledge in the field of noise, sound measurements and handling of used equipment;
- .2 training concerning the procedures specified in this Code.

3.3 Operating conditions at sea trials

3.3.1 Measurements should be taken with the ship in the loaded or ballast condition. The course of the ship shall be as straight as possible. The actual conditions during the measurements shall be recorded on the survey report.

3.3.2 Noise measurements shall be taken at normal service speed and, unless otherwise addressed in the provisions below, no less than 80% of the maximum continuous rating (MCR). Controllable pitch and Voith-Schneider propellers, if any, shall be in the normal seagoing position. For special ship types and for ships with special propulsion and power configurations, such as diesel-electric systems, the Administration may, in cooperation with the shipyard and shipowners, give due consideration to actual ship design or operating parameters when applying the requirements of paragraphs 3.3.1 and 3.3.2.

3.3.3 All machinery, navigation instruments, radio and radar sets, etc., normally in use at normal seagoing condition and levels, including squelch shall operate throughout the measurement period. However, neither energized fog signals nor helicopter operations shall take place during the taking of these measurements.

3.3.4 Measurements in spaces containing emergency diesel engine driven generators, fire pumps or other emergency equipment that would normally be run only in emergency, or for test purposes, shall be taken with the equipment operating. Measurements are not intended for determining compliance with maximum noise level limits, but as a reference for personal



protection of seafarers carrying out maintenance, repair and test activities in such spaces.

3.3.5 Mechanical ventilation, heating and air-conditioning equipment shall be in normal operation, taking into account that the capacity shall be in accordance with the design conditions.

3.3.6 Doors and windows should in general be closed.

3.3.7 Spaces should be furnished with all necessary equipment. Measurements without soft furnishings may be taken but no allowance should be made for their absence. Rechecks or follow-up readings may be taken with soft furnishings included.

3.3.8 Ships fitted with bow thrusters, stabilizers, etc., may be subject to high noise levels when this machinery is in operation. For thrusters, measurements shall be made at 40% thruster power and the ship's speed shall be appropriate for thruster operation. Measurements shall be taken at positions around such machinery when in operation and in adjacent accommodation spaces and duty stations. If such equipment is intended for continuous operation, e.g. stabilizers, measurements shall be made for ensuring compliance with chapter 4. If such systems are intended for short temporary use only, for instance during port manoeuvres, measurements are only relevant for ensuring compliance with chapter 5 on noise exposure.

3.3.9 In case of ships with Dynamical Positioning (DP), which is intended for use in normal working condition, additional noise measurements at DP mode shall be made at control stations, duty stations, and accommodation spaces to ensure that the maximum noise level limits in these spaces are not exceeded. The Administration, classification societies, shipyard and DP designers, as appropriate, shall agree on a process to simulate the operation of the DP thruster system under conditions which would approximate station-holding at or above 40 per cent of maximum thruster power for design environmental conditions that the ship operates in.

3.4 Operating conditions in port

3.4.1 Measurements as specified in paragraphs 3.4.2, 3.4.3 and 3.4.4 relate to the ship in port condition.

3.4.2 When the noise from the ship's cargo handling equipment may lead to noise above maximum levels in duty stations and accommodation spaces affected by its operation, measurements should be taken. Noise originating from sources external to the ship should be discounted as indicated in paragraph 3.5.3.

3.4.3 Where the ship is a vehicle carrier and noise during loading and discharging originates from vehicles, the noise level in the cargo spaces and the duration of the exposure should be considered in conjunction with chapter 5. Such noise levels originating from vehicles may be estimated theoretically by the shipyard and shipowners in cooperation with the Administration.

3.4.4 Measurements shall be taken in machinery spaces with the machinery operating in the port condition if the provisions of paragraph 5.3.5 in respect of hearing protection shall be met in lieu of the provisions of paragraph 4.2.1 during maintenance, overhaul or similar port conditions.



3.5 Environmental conditions

3.5.1 The readings obtained may be affected if the water depth is less than five times the draught or if there are large reflecting surfaces in the ship's vicinity. Such conditions shall therefore be noted in the noise survey report.

3.5.2 The meteorological conditions such as wind and rain, as well as sea state, should be such that they do not influence the measurements. Wind force 4 and 1 m wave height should not be exceeded. If this cannot be achieved, the actual conditions shall be reported.

3.5.3 Care shall be taken to see that noise from extraneous sound sources, such as people, entertainment, construction and repair work, does not influence the noise level on board the ship at the positions of measurement. If necessary, measured values may be corrected for steady state background noise according to the energy summation principle.

3.6 Measurement procedures

3.6.1 During noise level measurement, only seafarers necessary for the operation of the ship and persons taking the measurements shall be present in the space concerned.

3.6.2 Sound pressure level readings shall be taken in decibels using an A-weighting (dB(A)) or C-weighting (dB(C)) filter and if necessary also in octave bands between 31.5 and 8,000 Hz.

3.6.3 The noise level measurements shall be taken with the integrating sound level meter using spatial averaging (as described in paragraph 3.13.1) and over a time period until stable readings are found or at least 15 s in order to represent the average value from variations due to irregular operation or variations in the sound field. Readings shall be made only to the nearest decibel. If first decimal of the dB reading is 5 or higher, the reading shall be made to nearest higher integer.

3.7 Determination of noise exposure

In addition to the continuous sound level measurements the noise exposure level of seafarers (see chapter 5) shall be determined based upon ISO 9612:2009. A simplified procedure based on ISO 9612 and a work place related noise exposure is given in appendix 4.

3.8 Calibration

The sound level meter shall be calibrated with the calibrator referred to in paragraph 2.2.1 before and after measurements are taken.

3.9 Measurement uncertainties

The uncertainty of measurements on board vessels depends on several factors, for example, measurement techniques and environmental conditions. Measurements made in conformity with this Code with few exceptions results in reproducibility standard deviation of the equivalent continuous A-weighted sound pressure level equal to or less than 1.5 dB.



3.10 Points of measurement

3.10.1 Measurement positions

If not otherwise stated, measurements shall be taken with the microphone at a height of between 1.2 m (seated person) and 1.6 m (standing person) from the deck. The distance between two measurement points should be at least 2 m, and in large spaces not containing machinery, measurements should be taken at intervals not greater than 10 m throughout the space including positions of maximum noise level. In no case shall measurements be taken closer than 0.5 m from the boundaries of a space. The microphone positions shall be as specified in paragraphs 3.10.3 and sections 3.11 to 3.14. Measurements shall be taken at positions where the personnel work, including at communication stations.

3.10.2 Duty stations

The noise level shall be measured at all points where the work is carried out. Additional measurements shall be performed in spaces containing duty stations if variations in noise level are thought to occur in the vicinity of the duty stations.

3.10.3 Intake and exhaust openings

When measuring noise levels, the microphone should, where possible, not be placed within a 30° angle away from the direction of the gas stream and not less than a distance of 1 m from the edge of the intake or exhaust opening of engines, ventilation, air conditioning and cooler systems, and as far as possible from reflecting surfaces.

3.11 Measurements in machinery spaces

3.11.1 Measurements shall be taken at the principal working and control stations of the seafarers in the machinery spaces and in the adjacent control rooms, if any, special attention being paid to telephone locations and to positions where voice communication and audible signals are important.

3.11.2 Measurements should not normally be taken closer than 1 m from operating machinery, or from decks, bulkheads or other large surfaces, or from air inlets. Where this is not possible, measurement shall be taken at a position midway between the machinery and adjacent reflecting surface.

3.11.3 Measurements from machinery which constitutes a sound source should be taken at 1 m from the machinery. Measurement should be made at a height of between 1.2 m to 1.6 m above the deck, platform or walkway as follows:

.1 at a distance of 1 m from, and at intervals not greater than 3 m around, all sources such as:

- main turbines or engines at each level
- main gearing
- turbo-blowers
- purifiers
- electrical alternators and generators
- boiler firing platform
- forced and/or induced draught fans
- compressors
- cargo pumps (including their driving motors or turbines)

In order to avoid an unnecessarily large and impractical number of measurements and recordings in the case of large engines and of machinery spaces where the measured sound pressure level in dB(A) at the intervals above does not vary significantly, it will not be



necessary to record each position. Full measurement at representative positions and at the positions of maximum sound pressure level shall, however, be made and recorded, subject to at least four measurements being recorded at each level;

.2 at local control stations, e.g. the main manoeuvring or emergency manoeuvring stand on the main engine and the machinery control rooms;

.3 at all other locations not specified in .1 and .2 which would normally be visited during routine inspection, adjustment and maintenance;

.4 at points on all normally used access routes, unless covered by positions already specified above, at intervals not greater than 10 m; and

.5 in rooms within the machinery space, e.g. workshops. In order to restrict the number of measurements and recordings, the number of recordings can be reduced as in .1, subject to a total of at least four measurements (including those specified in this paragraph) being recorded at each machinery space level up to upper deck.

3.12 Measurements in navigation spaces

Measurements shall be taken on both navigating bridge wings but should only be taken when the navigating bridge wing to be measured is on the lee side of the ship.

3.13 Measurements in accommodation spaces

3.13.1 One measurement shall be taken in the middle of the space. The microphone shall be moved slowly horizontally and/or vertically over a distance of 1 m (+/- 0.5 m, taking into account the measurement criteria in paragraph 3.10.1). Additional measurements should be performed at other points if appreciable differences, i.e. greater than 10 dB(A), in the level of sound inside the room occur, especially near the head positions of a sitting or lying person.

3.13.2 The number of measurement cabins shall be not less than 40 per cent of total number of cabins. Cabins which are obviously affected by noise, i.e. cabins adjacent to machinery or casings, must be considered in any case.

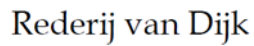
3.13.3 For ships with a large number of crew cabins, such as passenger/cruise ships, it will be acceptable to reduce the number of measurement positions. The selection of cabins to be tested shall be representative for the group of cabins being tested by selecting those cabins in closer proximity to noise sources, to the satisfaction of the Administration.

3.13.4 On open deck, measurements shall be taken in any areas provided for the purpose of recreation.

3.14 Measurements in normally unoccupied spaces

3.14.1 In addition to the spaces referred to in sections 3.10 to 3.13, measurements shall be taken in all locations with unusually high noise levels where seafarers may be exposed, even for relatively short periods, and at intermittently used machinery locations.

3.14.2 In order to restrict the number of measurements and recordings, noise levels need not be measured for normally unoccupied spaces, holds, deck areas and other spaces which are remote from sources of noise.



FORMAT FOR NOISE SURVEY REPORT

Name of ship	:
Port of registry	:
Name and address of shipowner, managing owner or agent	:
Name and address of shipbuilder	:
Place of build	:
IMO number	:
Gross tonnage	:
Type of ship	:
Ship's dimensions	Length :
	Breadth :
	Depth :
Maximum draught (summer load line)	:
Displacement at maximum draught	:
Date of keel laying	:
Date of delivery	:

Propulsion machinery

Manufacturer: _____ Type: _____ Number of units: _____

Maximum cont. rating – power kW

Normal designed service shaft speed : rpm

Normal service rating – power : kW

Manufacturer: _____ Type: _____

Output: _____ kW _____ Number of units: _____

Type of propeller (fixed propeller, controllable pitch propeller, Voith-Schneider propeller)



Rederij van Dijk

Tim Horbach



Number of propellers:

Number of blades:

Designed propeller shaft speed:

rpm

Other (in case of special propulsion and power configurations)

Engine room ventilation

Manufacturer:

Type:

Number of units:

Fan diameter:

m

Fan speed:

rpm

variable speed (Y/N)

Airflow capacity:

m³/h

Total pressure:

Pa

3 Measuring instrumentation and personnel

Instrumentation Make Type Serial No.

Sound level meter

Microphone

Filter

Windscreen

Calibrator

Other equipment

Calibration of sound level meter Date Calibration Start Finish at survey by competent authority

Identification of persons/organizations carrying out measurements

4 Conditions during measurement

Date of measurement: Starting time: Completion time:

Ship's position during measurement

Loading condition of the ship

Conditions during measurement

- Draught forward

- Draught aft

- Depth of water under keel

Weather conditions

- Wind force

- Sea state

Ship speed

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Actual propeller shaft speed:

rpm

Propeller pitch:

Propulsion machinery speed: rpm

Propulsion machinery power: kW

Number of propulsion machinery units operating:

Number of diesel auxiliary engines operating:

Number of turbogenerators operating:

Engine room ventilation speed mode (high/low/variable)

Engine load (%MCR)

Other auxiliary equipment operating:

Ventilation, heating and air conditioning equipment in operation

5 Measuring data

Noise limits Measured sound pressure levels

dB(A) LAeq dB(A)

LCeq dB(C)

LCpeak dB(C)

Note: Measurement of sound pressure level LCeq and LCpeak should be done only in the case of exceeding 85dB(A) and hearing protectors are required.

Work spaces

Machinery spaces

Machinery control rooms

Workshops

Non-specified workspaces

Navigation spaces

Navigating bridge and chartrooms

Look-out posts, including navigating bridge wings and windows

Radio rooms

Radar rooms

Accommodation spaces

Cabins and hospitals



Messrooms

Recreation rooms

Open recreation areas

Offices

Service spaces

Galleys, without food processing equipment operating

Serveries and pantries

Normally unoccupied spaces

6 Main noise abatement measures (list measures taken)

7 Remarks (list any exceptions to the Code)

.....

Name

Address

.....

.....

Place Date Signature

ATTACHMENT

PAGES OF FREQUENCY ANALYSIS

Frequency analysis for certain areas may result in more accurate and precise noise level predictions and will aid in the detection of specific frequency bands which exceed the established limits in chapter 4. Further guidance may be found in ISO 1996-2:2007.



Bijlage 15: Meetresultaten machinekamer

Tabel 14 Meetresultaten geluid in de machinekamer

	Schakelruimte	Stuurmachinekamer deur open	stuurmachinekamer deur dicht	Incineratorkamer deur open	Incineratorkamer deur dicht	Generatorkamer	Seperatorenkamer deur open	Seperatorenkamer deur dicht	Bovenplaat	Onderplaat SB	Onderplaat BB	Werkplaats deur open	Werkplaats deur dicht	Evaporator	Ketel aan	Ketel uit	Aircokamer
Maximaal toelaatbaar	85	85	85	85	85	110	110	110	110	110	110	85	85	110	110	110	85
Op zee	83	89	82	79	77	88	95	92	105	110	107	95	90	108	101	99	88
In de haven	70	73	68	67	65	105	91	89	81	80	75	74	70	84	83	81	86
Vershil op zee	2	-4	3	6	8	22	15	18	5	0	3	-10	-5	2	9	11	-3
Vershil in de haven	15	12	17	18	20	5	19	21	29	30	35	11	15	26	27	29	-1
Gehoorbescherming geadviseerd op zee	-3	-9	-2	1	3	-8	-15	-12	-25	-30	-27	-15	-10	-28	-21	-19	-8
Gehoorbescherming geadviseerd in de haven	10	7	12	13	15	-25	-11	-9	-1	0	5	6	10	-4	-3	-1	-6
Gehoorbescherming verplicht op zee	2	-4	3	6	8	-3	-10	-7	-20	-25	-22	-10	-5	-23	-16	-14	-3
Gehoorbescherming verplicht in de haven	15	12	17	18	20	-20	-6	-4	4	5	10	11	15	1	2	4	-1
	Positief getal									Gehoorbescherming niet verplicht							
	Negatief getal									Gehoorbescherming verplicht / aanbevolen							

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Bijlage 16: Meetresultaten accommodatie en de brug

Tabel 15 Meetresultaten geluid van de brug en de accommodatie

	Omkleedruimte / wasruimte	Talli office	Matrozendek	Matrozenhut	Messroom officieren	Kombuis	Messroom Matrozen	Machinistendek	1e machinisten hut	2e machinistenhut	3e machinistenhut	Stuurmannendek	1e stuurmanshut	2e stuurmanshut	3e stuurmanshut	Kapiteinsdek	kapitienshut	Ownercabin	Brug	Brugvleugels
Maximaal toelaatbaar	65	65	65	60	65	75	65	65	60	60	60	65	60	60	60	65	60	60	65	75
Op zee	60	64	65	59	56	62	57	57	51	54	56	57	49	51	55	55	48	50	55	69
In de haven	50	52	56	48	55	61	55	54	53	49	54	59	47	47	53	51	54	45	49	61
Verschil op zee	5	1	0	1	9	13	8	8	9	6	4	8	11	9	5	10	12	10	10	6
Verschil in de haven	15	13	9	12	10	14	10	11	7	11	6	6	13	13	7	14	6	15	16	14

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



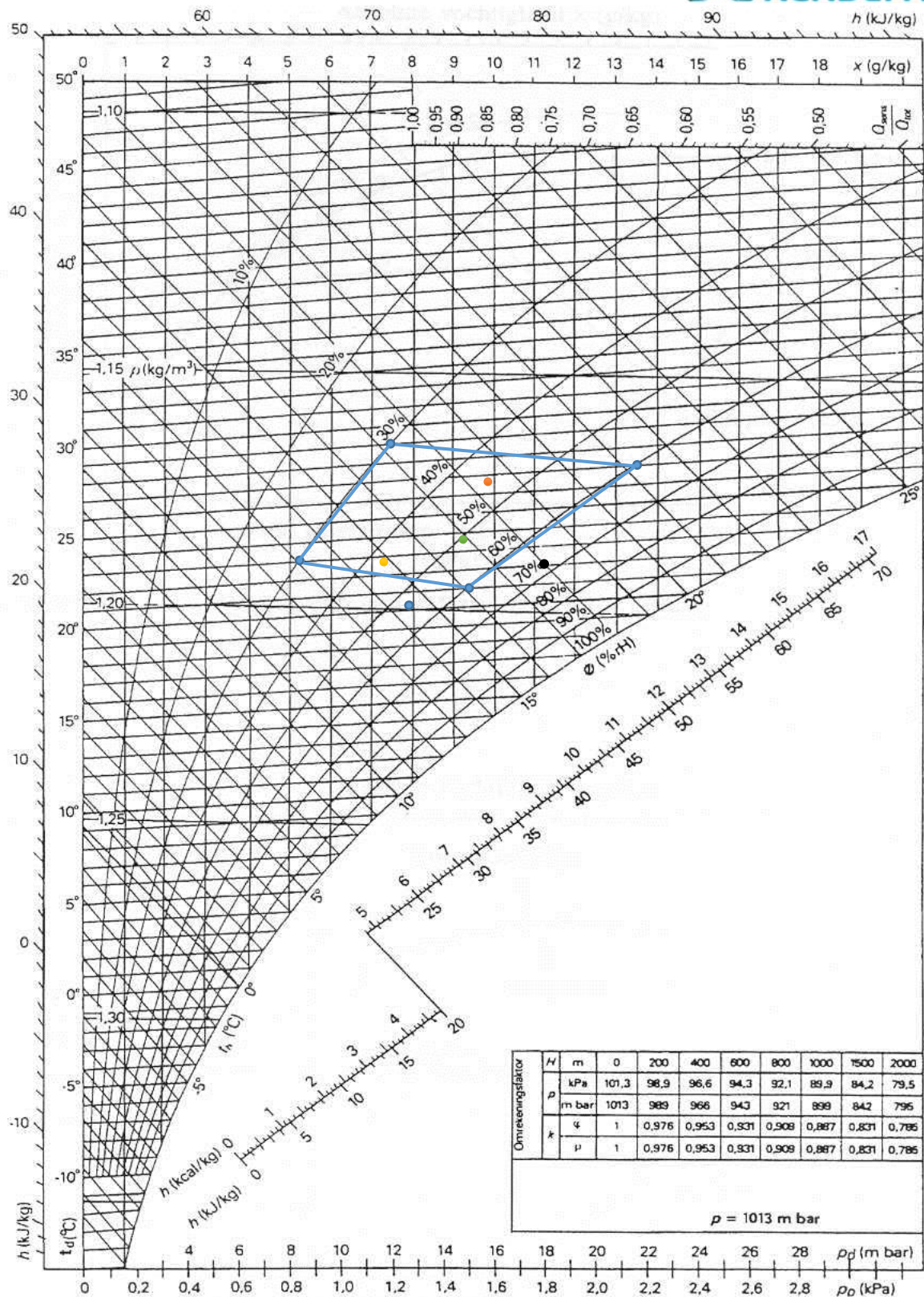
Bijlage 17: Meetwaarden en mollierdiagram brug

	Datum	Tijd	Binnentemperatuur			Luchtvochtigheid			CO2 niveau		
			Actueel	Minimaal	Maximaal	Actueel	Minimaal	Maximaal	CO2	Laag risico	Hoog risico
1	18-2-16	16:00	23,2	21	29	42,5	40	60	516	800	1200
2	18-2-16	18:00	22,9	21	29	41,2	40	60	510	800	1200
3	18-2-16	20:00	21	21	29	46,1	40	60	497	800	1200
4	18-2-16	22:00	21,2	21	29	46,9	40	60	505	800	1200
5	19-2-16	0:00	20,9	21	29	46,3	40	60	501	800	1200
6	19-2-16	2:00	20,8	21	29	51,2	40	60	460	800	1200
7	19-2-16	4:00	20,8	21	29	50	40	60	476	800	1200
8	19-2-16	6:00	21,4	21	29	52	40	60	463	800	1200
9	19-2-16	8:00	20,7	21	29	48,4	40	60	444	800	1200
10	19-2-16	10:00	21,8	21	29	50,4	40	60	480	800	1200
11	19-2-16	12:00	22,1	21	29	46,2	40	60	457	800	1200
12	19-2-16	14:00	23,6	21	29	46,6	40	60	570	800	1200
13	19-2-16	16:00	24	21	29	48,9	40	60	512	800	1200
14	19-2-16	18:00	23,1	21	29	47,2	40	60	454	800	1200
15	19-2-16	20:00	22,7	21	29	51,1	40	60	459	800	1200
16	19-2-16	22:00	22,1	21	29	49,6	40	60	454	800	1200
17	20-2-16	0:00	22,3	21	29	51,3	40	60	487	800	1200
18	20-2-16	2:00	22,2	21	29	52,3	40	60	451	800	1200
19	20-2-16	4:00	22,5	21	29	54,5	40	60	557	800	1200
20	20-2-16	6:00	22	21	29	68,7	40	60	444	800	1200
21	20-2-16	8:00	22,6	21	29	52,4	40	60	463	800	1200
22	20-2-16	10:00	23,4	21	29	50,9	40	60	458	800	1200
23	20-2-16	12:00	24,9	21	29	48,7	40	60	458	800	1200
24	20-2-16	14:00	25,2	21	29	51	40	60	456	800	1200
25	20-2-16	16:00	25,3	21	29	48,1	40	60	471	800	1200
26	20-2-16	18:00	25	21	29	47,4	40	60	450	800	1200
27	20-2-16	20:00	24,5	21	29	49,1	40	60	491	800	1200
28	20-2-16	22:00	24,5	21	29	49,1	40	60	473	800	1200
29	21-2-16	0:00	24,1	21	29	52,7	40	60	471	800	1200
30	21-2-16	2:00	23,8	21	29	55,2	40	60	468	800	1200
31	21-2-16	4:00	23,9	21	29	56	40	60	446	800	1200
32	21-2-16	6:00	24,5	21	29	57	40	60	447	800	1200
33	21-2-16	8:00	25,5	21	29	56	40	60	461	800	1200
34	21-2-16	10:00	24,5	21	29	45,8	40	60	459	800	1200
35	21-2-16	12:00	26,2	21	29	52,6	40	60	457	800	1200
36	21-2-16	14:00	26,2	21	29	55,8	40	60	487	800	1200
37	21-2-16	16:00	26,3	21	29	48	40	60	804	800	1200
38	21-2-16	18:00	26,3	21	29	42,5	40	60	540	800	1200
39	21-2-16	20:00	20,7	21	29	48,5	40	60	521	800	1200

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



40	21-2-16	22:00	20,1	21	29	53,5	40	60	460	800	1200
41	22-2-16	0:00	21,9	21	29	54	40	60	486	800	1200
42	22-2-16	2:00	22,6	21	29	55,2	40	60	469	800	1200
43	22-2-16	4:00	23,7	21	29	65,7	40	60	454	800	1200
44	22-2-16	6:00	22,8	21	29	50,4	40	60	470	800	1200
45	22-2-16	8:00	24,5	21	29	51,3	40	60	552	800	1200
46	22-2-16	10:00	25,3	21	29	46,8	40	60	423	800	1200
47	22-2-16	12:00	25,1	21	29	46,6	40	60	441	800	1200
48	22-2-16	14:00	24,9	21	29	46,4	40	60	452	800	1200
49	22-2-16	16:00	26,3	21	29	45,7	40	60	516	800	1200
50	22-2-16	18:00	26,3	21	29	44,7	40	60	480	800	1200
51	22-2-16	20:00	24,1	21	29	45,8	40	60	486	800	1200
52	22-2-16	22:00	24	21	29	47	40	60	491	800	1200
53	23-2-16	0:00	23,2	21	29	49,5	40	60	478	800	1200
54	23-2-16	2:00	22,9	21	29	50	40	60	452	800	1200
55	23-2-16	4:00	22,9	21	29	53,3	40	60	466	800	1200
56	23-2-16	6:00	22,6	21	29	51,4	40	60	468	800	1200
57	23-2-16	8:00	22	21	29	51,9	40	60	490	800	1200
58	23-2-16	10:00	20,6	21	29	54,7	40	60	436	800	1200
59	23-2-16	12:00	22,6	21	29	53,3	40	60	441	800	1200
60	23-2-16	14:00	23,5	21	29	50,8	40	60	472	800	1200
61	23-2-16	16:00	25,8	21	29	47	40	60	479	800	1200
62	23-2-16	18:00	26,8	21	29	45,8	40	60	543	800	1200
63	23-2-16	20:00	25	21	29	51,7	40	60	490	800	1200

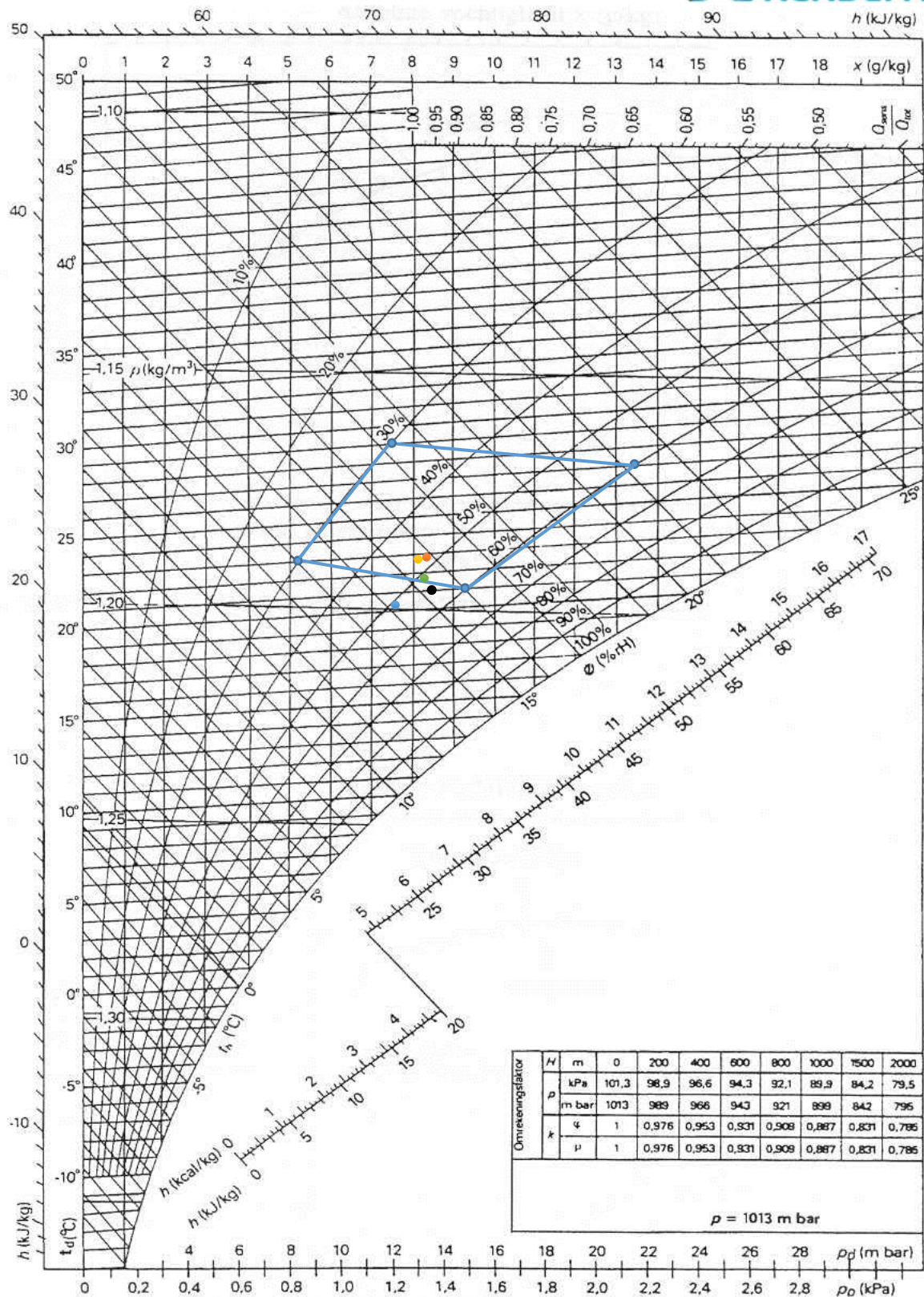


Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Bijlage 18: Meetwaarden en mollierdiagram derde machinisten hut

	Datum	Tijd	Binnentemperatuur			Luchtvochtigheid			CO2 niveau		
			Actueel	Minimaal	Maximaal	Actueel	Minimaal	Maximaal	CO2	Laag risico	Hoog risico
1	5-3-16	7:30	21,3	21	29	52,5	40	60	506	800	1200
2	5-3-16	10:00	21,1	21	29	52	40	60	427	800	1200
3	5-3-16	12:00	21,3	21	29	52,1	40	60	357	800	1200
4	5-3-16	14:30	21,1	21	29	50	40	60	376	800	1200
5	5-3-16	16:30	22,6	21	29	47,9	40	60	494	800	1200
6	5-3-16	18:30	22,3	21	29	47,3	40	60	468	800	1200
7	5-3-16	21:30	22,2	21	29	48,1	40	60	554	800	1200
8	6-3-16	9:00	20,1	21	29	51,2	40	60	495	800	1200
9	6-3-16	13:00	20,8	21	29	51,8	40	60	416	800	1200
10	6-3-16	15:00	21,8	21	29	49	40	60	468	800	1200
11	6-3-16	21:00	22,6	21	29	46,5	40	60	393	800	1200
12	6-3-16	23:00	22,8	21	29	47,5	40	60	505	800	1200
13	7-3-16	7:30	20,7	21	29	51	40	60	497	800	1200
14	7-3-16	10:00	20,2	21	29	51,1	40	60	358	800	1200
15	7-3-16	12:00	20,4	21	29	50,9	40	60	365	800	1200
16	7-3-16	15:00	20,7	21	29	50,3	40	60	379	800	1200
17	7-3-16	17:00	20,7	21	29	50,7	40	60	363	800	1200
18	7-3-16	19:00	20,9	21	29	51,4	40	60	493	800	1200
19	7-3-16	21:30	21,9	21	29	50,6	40	60	590	800	1200
20	7-3-16	23:30	21,8	21	29	50,9	40	60	495	800	1200
21	8-3-16	7:30	21	21	29	55,5	40	60	478	800	1200
22	8-3-16	12:00	21,2	21	29	53,6	40	60	384	800	1200
23	8-3-16	15:00	21,7	21	29	52,6	40	60	372	800	1200
24	8-3-16	17:00	21,8	21	29	52,7	40	60	365	800	1200
25	8-3-16	21:00	22,3	21	29	53,2	40	60	389	800	1200
26	9-3-16	7:30	21,2	21	29	52,1	40	60	505	800	1200
27	9-3-16	10:00	21	21	29	52,7	40	60	350	800	1200
28	9-3-16	12:00	20,9	21	29	54,1	40	60	379	800	1200
29	9-3-16	15:00	21,9	21	29	53	40	60	360	800	1200
30	9-3-16	17:00	21,9	21	29	52,1	40	60	381	800	1200
31	9-3-16	19:00	22,3	21	29	53,2	40	60	437	800	1200
32	9-3-16	21:00	22,6	21	29	52,1	40	60	522	800	1200
33	9-3-16	23:00	22,5	21	29	50,5	40	60	523	800	1200



Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



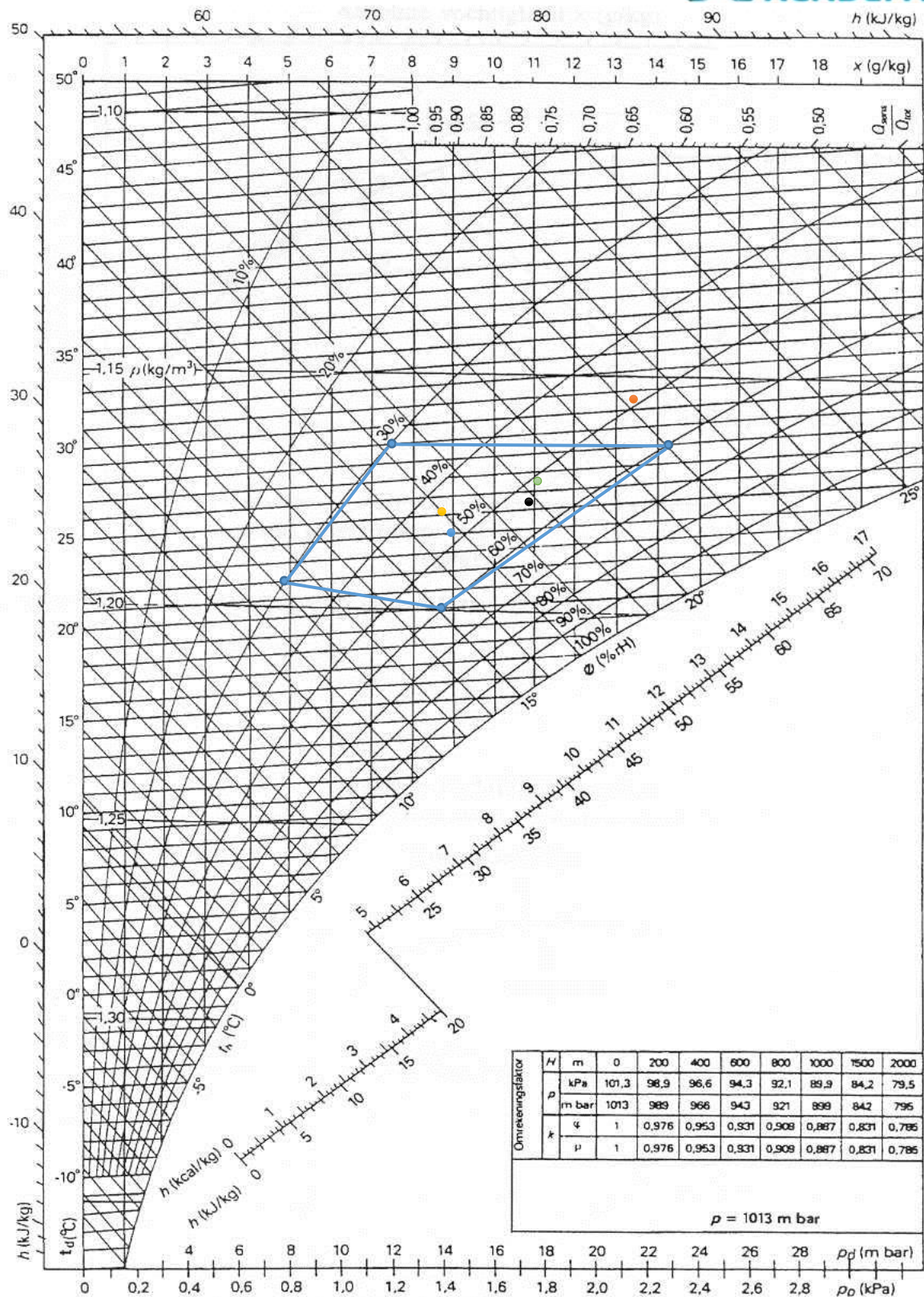
Bijlage 19: Meetwaarden en mollierdiagram controlekamer

	Datum	Tijd	Binnentemperatuur			Luchtvochtigheid			CO2 niveau		
			Temperatuur	Minimaal	Maximaal	Rel. luchtvochtigheid	Minimaal	Maximaal	CO2	Laag risico	Hoog risico
1	24-2-16	22:00	30,4	21	29	48,3	40	60	704	800	1200
2	25-2-16	8:00	30,6	21	29	51,2	40	60	612	800	1200
3	25-2-16	10:00	27,8	21	29	50,6	40	60	942	800	1200
4	25-2-16	12:00	26,7	21	29	49,6	40	60	1135	800	1200
5	25-2-16	15:30	25,4	21	29	50,1	40	60	1015	800	1200
6	25-2-16	17:00	25,5	21	29	52,2	40	60	1350	800	1200
7	25-2-16	23:00	24,7	21	29	47,9	40	60	964	800	1200
8	26-2-16	8:00	24	21	29	47,6	40	60	653	800	1200
9	26-2-16	10:30	25,1	21	29	55,8	40	60	574	800	1200
10	26-2-16	12:00	25,7	21	29	57,5	40	60	482	800	1200
11	26-2-16	13:00	25,9	21	29	56,7	40	60	410	800	1200
12	26-2-16	15:00	26,3	21	29	57	40	60	474	800	1200
13	26-2-16	17:00	26,3	21	29	56,4	40	60	579	800	1200
14	27-2-16	8:00	24,9	21	29	48,3	40	60	514	800	1200
15	27-2-16	10:00	25,4	21	29	52,6	40	60	989	800	1200
16	27-2-16	12:00	25,6	21	29	52	40	60	1184	800	1200
17	27-2-16	20:00	25,9	21	29	48,6	40	60	858	800	1200
18	28-2-16	8:00	25,3	21	29	46,7	40	60	640	800	1200
19	28-2-16	13:00	25,6	21	29	47,7	40	60	776	800	1200
20	28-2-16	15:30	26,5	21	29	49,2	40	60	1170	800	1200
21	28-2-16	16:15	27,1	21	29	50,6	40	60	1554	800	1200
22	29-2-16	8:15	24,8	21	29	47,5	40	60	797	800	1200
23	29-2-16	10:00	25,1	21	29	49,5	40	60	940	800	1200
24	29-2-16	12:00	25,5	21	29	51,9	40	60	1025	800	1200
25	29-2-16	15:00	26,1	21	29	50,3	40	60	1015	800	1200
26	29-2-16	17:00	26,5	21	29	53,4	40	60	1153	800	1200
27	29-2-16	18:30	26,6	21	29	49,8	40	60	1127	800	1200
28	29-2-16	20:30	27,1	21	29	51,5	40	60	1915	800	1200
29	29-2-16	23:30	26,6	21	29	49	40	60	1672	800	1200
30	1-3-16	8:00	26,1	21	29	48	40	60	1130	800	1200
31	1-3-16	10:00	26,6	21	29	50,5	40	60	1463	800	1200
32	1-3-16	12:00	26,6	21	29	50,6	40	60	1277	800	1200
33	1-3-16	13:00	26,4	21	29	48,6	40	60	1172	800	1200
34	1-3-16	15:00	26,8	21	29	51,4	40	60	1320	800	1200
35	1-3-16	17:00	26,9	21	29	50,2	40	60	1409	800	1200
36	1-3-16	22:30	26,4	21	29	47,3	40	60	992	800	1200

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



37	2-3-16	8:00	26,3	21	29	47,5	40	60	673	800	1200
38	2-3-16	10:00	27,4	21	29	53,8	40	60	605	800	1200
39	2-3-16	12:00	28,3	21	29	54,9	40	60	496	800	1200
40	2-3-16	17:00	28,5	21	29	55,2	40	60	456	800	1200
41	2-3-16	22:30	27,6	21	29	54,3	40	60	350	800	1200
42	3-3-16	8:00	26,6	21	29	54,5	40	60	376	800	1200
43	3-3-16	10:00	26,9	21	29	56	40	60	647	800	1200
44	3-3-16	12:00	26,7	21	29	54,8	40	60	585	800	1200
45	3-3-16	13:00	26,5	21	29	54	40	60	473	800	1200
46	3-3-16	15:00	26,6	21	29	56,4	40	60	690	800	1200
47	3-3-16	17:00	26,6	21	29	56,6	40	60	657	800	1200
48	3-3-16	20:00	26,5	21	29	53,8	40	60	550	800	1200
49	3-3-16	22:30	26,3	21	29	54,8	40	60	448	800	1200
50	4-3-16	8:00	26,3	21	29	56,8	40	60	555	800	1200
51	4-3-16	12:00	26,6	21	29	55,5	40	60	716	800	1200
52	4-3-16	13:30	26,6	21	29	54,1	40	60	564	800	1200
53	4-3-16	15:00	27,5	21	29	55,8	40	60	777	800	1200
54	4-3-16	17:00	27,3	21	29	54,1	40	60	656	800	1200



Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Bijlage 20: Massa droge lucht

Onderstaande tabel is gebaseerd op droge lucht, met een barometerstand van 1000 mbar.
(Koninklijke PBNA, 1998)

Temperatuur in °C	Massa droge lucht in kg/m ³	Temperatuur in °C	Massa droge lucht in kg/m ³
-10	1,32	21	1,17
-9	1,32	22	1,17
-8	1,31	23	1,16
-7	1,31	24	1,16
-6	1,3	25	1,15
-5	1,3	26	1,15
-4	1,29	27	1,14
-3	1,29	28	1,14
-2	1,28	29	1,13
-1	1,28	30	1,13
0	1,27	31	1,12
1	1,27	32	1,12
2	1,26	33	1,11
3	1,26	34	1,11
4	1,25	35	1,1
5	1,25	36	1,1
6	1,24	37	1,09
7	1,24	38	1,09
8	1,23	39	1,08
9	1,23	40	1,08
10	1,22	41	1,07
11	1,22	42	1,07
12	1,21	43	1,06
13	1,21	44	1,06
14	1,21	45	1,05
15	1,2	46	1,05
16	1,2	47	1,04
17	1,19	48	1,04
18	1,19	49	1,03
19	1,18	50	1,03
20	1,18		



Bijlage 21: Berekening koelinstallatie

Om te kunnen bepalen of de koelinstallatie, ook wel airconditioningsinstallatie, voldoet aan de wensen en eisen van de bemanning, wordt eerst bepaald of het vermogen van de verschillende componenten van de installatie geschikt zijn.

De hoeveelheid warmte die de airconditioningsinstallatie af moet voeren is te berekenen door de hoeveelheid warmte die door de isolatie binnen komt. Om dit te kunnen bepalen wordt er gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$Q = A * k * \Delta T$$

Hierin is	Q = warmtehoeveelheid	in watt
	A = Transporteerooppervlakte	in m ²
	k = k- factor	in $\frac{W}{m^2 K}$
	ΔT = Temperatuurverschil	in Kelvin

Voor dit onderzoek gaat het om het accommodatieoppervlak en de k-factor van de geïsoleerde wanden, het staal en de ramen.

Voor het uitvoeren van deze berekening zijn de volgende aannames gedaan, in overleg met de hoofdwerktuigkundige:

- Conditie buiten
- Conditie binnen
- Zeewatertemperatuur

Voor veel berekeningen in de hoofdstuk is gebruik gemaakt van de boekwerken, voor een koelinstallatiecursus, die de hoofdwerktuigkundige privé heeft gevolgd.

Oppervlaktebepaling van de accommodatie

Om een warmtebalans te maken, zal er eerst bepaald moeten worden hoeveel warmte er via de wanden binnenkomt. Dit wordt gedaan door de accommodatie in vier verschillende delen te benaderen, namelijk:

5. Voorgevel
6. Stuurboord
7. Bakboord
8. Achtergevel

Alle afmetingen zijn opgemeten vanuit de constructietekeningen die aan boord zijn. Hierdoor kunnen er kleine afwijkingen zijn met de werkelijkheid. Echter dit is allemaal gedaan in overleg met de hoofdwerktuigkundige.

Voorgevel

De oppervlakte van de voorgevel wordt in twee delen berekend. Dit is omdat het 'maindeck' breder is dan de andere dekken.

Het oppervlakte wordt dan als volgt berekend:

$$\text{Hoogte} * \text{Breedte} = \text{Oppervlakte overig}$$

$$10,8 * 10,5 = 113,4 \text{ m}^2$$

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



$$\text{Hoogte} * \text{Breedte} = \text{Oppervlakte maindeck}$$

$$2,8 * 18,9 = 52,92 \text{ m}^2$$

Het totale oppervlakte is dan vervolgens:

$$\text{Oppervlakte overig} + \text{Oppervlakte maindeck} = \text{Tot. opp.}$$

$$113,4 + 52,92 = 166,32 \text{ m}^2$$

Doordat er nog ramen in de voorgevel zitten, moet het oppervlakte van het totaal worden afgetrokken. In de constructietekeningen staan de volgende oppervlakten vermeld van de ramen die zich in de voorgevel bevinden:

- Acht ramen van elk $0,8655 \text{ m}^2$
- Zeven ramen van elk $0,4335 \text{ m}^2$
- Vier patrijspoorten van elk $0,159 \text{ m}^2$

Het totale glasoppervlakte bedraagt dan:

$$\text{Tot. glasopp.} = (8 * 0,8655) + (7 * 0,4335) + (4 * 0,159) = 10,5946 \text{ m}^2$$

Om de ramen zit een metalen kozijn. Hierin is geen isolatie verwerkt. Omdat er in het overige metaal dat in de voorgevel zit wel isolatie is gebruikt, wordt het kozijnoppervlak apart berekend. Net als het glasoppervlak zijn deze oppervlaktes te vinden in de tekeningen:

- Acht kozijnen van elk $0,6745 \text{ m}^2$
- Zeven kozijnen van elk $0,5015 \text{ m}^2$
- Vier kozijnen van elk $0,331 \text{ m}^2$
-

Het totale kozijnoppervlak wordt dan als volgt berekend:

$$\text{Tot. kozijnopp.} = (8 * 0,6745) + (7 * 0,5015) + (4 * 0,331) = 10,23 \text{ m}^2$$

Om tot slot de totale geïsoleerde oppervlak te bepalen, wordt de volgende berekening gemaakt:

$$\text{Tot. opp.} - \text{Tot. glasopp.} - \text{Tot. kozijnopp.} = \text{Totale geïsoleerde opp.}$$

$$166,32 - 10,5946 - 10,23 = 154,4954 \text{ m}^2$$

Stuurboord

De stuurboord zijde wordt op dezelfde manier berekend als de voorgevel. Dit houdt in, eerst het totale oppervlak, vervolgens het glas- en kozijnoppervlakte en als laatste het totaal geïsoleerde oppervlak.

$$\text{Hoogte} * \text{Breedte} = \text{Oppervlakte overig}$$

$$10,80 * 10,75 = 116,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Hoogte} * \text{Breedte} = \text{Oppervlakte maindeck}$$

$$2,80 * 12 = 33,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Oppervlakte overig} + \text{Oppervlakte maindeck} = \text{Totale oppervlakte}$$

$$116,1 + 33,6 = 149,7 \text{ m}^2$$

De stuurboord zijde bevat de volgende ramen:

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



- Zeven ramen van elk 0,4335 m²
- Twee patrijspoorten van elk 0,159 m²
- Vier patrijspoorten van elk 0,0962 m²

Het totale glasoppervlak wordt dan als volgt:

$$Tot. glasopp. = (7 * 0,4335) + (2 * 0,159) + (4 * 0,0962) = 3,737 m^2$$

Het kozijn oppervlak dat bij deze ramen hoort is al volgt:

- Zeven kozijn van elk 0,5015 m²
- Twee kozijnen van elk 0,331 m²
- Vier kozijnen van elk 0,206 m²

Dit brengt het totale kozijnoppervlak op:

$$Tot. kozijnopp. = (7 * 0,5015) + (2 * 0,331) + (4 * 0,206) = 4,998 m^2$$

Het totale geïsoleerde oppervlak wordt dan:

$$Totale oppervlak - Tot. glasopp. - Tot. kozijnopp. = Tot. geïsoleerd opp.$$

$$149,7 - 3,737 - 4,998 = 140,965 m^2$$

Bakboord

Net als bij de oppervlakteberekening aan stuurboordzijde, gaat de oppervlakteberekening aan bakboordzijde hetzelfde.

$$Hoogte * Breedte = Oppervlakte overig$$

$$10,80 * 9 = 97,2 m^2$$

$$Hoogte * Breedte = Oppervlakte maindeck$$

$$2,80 * 12 = 33,6 m^2$$

$$Oppervlakte overig = Oppervlakte maindeck = Totale oppervlakte$$

$$97,2 + 33,6 = 130,8 m^2$$

Aan bakboordzijde zitten de volgende ramen:

- Tien ramen van elk 0,4335 m²
- Een patrijspoort van 0,159 m²

Het totale glasoppervlak bedraagt vervolgens:

$$Tot. glasopp. = (10 * 0,4335) + (1 * 0,159) = 4,494 m^2$$

Bij deze ramen hoort het volgende kozijnoppervlak:

- Tien kozijnen van elk 0,5015 m²
- Een kozijn van 0,331 m²

Het totale kozijnoppervlak bedraagt dan:

$$Tot. kozijnopp. = (10 * 0,5015) + (1 * 0,331) = 5,346 m^2$$

Tot slot het totale geïsoleerde oppervlakte aan bakboordzijde:

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



$$\text{Totale oppervlak} - \text{Tot. glasopp.} - \text{Tot. kozijnopp.} = \text{Tot. geïsoleerd opp.}$$

$$130,8 - 4,494 - 5,346 = 120,96 \text{ m}^2$$

Achtergevel

In de achtergevel zijn een aantal uitsparingen, echter voor de berekening is er voor gekozen om de achtergevel als een geheel te zien. Dit in samenspraak met de hoofdwerktuigkundige.

De oppervlakteberekening geschiedt verder op gelijke manier als voorgaande oppervlakteberekeningen.

$$\text{Hoogte} * \text{Breedte} = \text{Oppervlakte overig}$$

$$10,80 * 12,55 = 135,54 \text{ m}^2$$

$$\text{Hoogte} * \text{Breedte} = \text{Oppervlakte maindeck}$$

$$2,80 * 18,9 = 52,92 \text{ m}^2$$

$$\text{Oppervlakte overig} = \text{Oppervlakte maindeck} = \text{Totale oppervlakte}$$

$$135,54 + 52,92 = 188,46 \text{ m}^2$$

De achtergevel bevat de één raam:

- Een raam van $0,4335 \text{ m}^2$

Het totale glasoppervlak wordt dan als volgt:

$$\text{Tot. glasopp.} = (1 * 0,4335) = 0,4335 \text{ m}^2$$

Het kozijn oppervlak dat bij dit raam hoort is al volgt:

- Een kozijn van $0,5015 \text{ m}^2$

Dit brengt het totale kozijnoppervlak op:

$$\text{Tot. kozijnopp.} = (1 * 0,5015) = 0,5015 \text{ m}^2$$

Het totale geïsoleerde oppervlak wordt dan:

$$\text{Totale oppervlak} - \text{Tot. glasopp.} - \text{Tot. kozijnopp.} = \text{Tot. geïsoleerd opp.}$$

$$188,46 - 0,4335 - 0,5015 = 187,525 \text{ m}^2$$

Brug

De oppervlakteberekening op de brug is anders gedaan dan de oppervlakteberekeningen die tot nu toe zijn gedaan. Dit is gedaan omdat de brug uit verschillende kleinere vlakken bestaat die elk een andere afmeting hebben. Op deze manier was het gemakkelijker om het totale oppervlak te bepalen.

De omtrek van de onderzijde van de brug bedraagt 25,75 meter. Op 1,25 meter hoogte gaan de wanden schuin lopen. De oppervlakte van de onderzijde bedraagt dan:

$$\text{Omtrek brug} * \text{hoogte} = \text{Oppervlakte onderzijde brug}$$

$$25,75 * 1,25 = 32,188 \text{ m}^2$$

Vervolgens is de omtrek van de bovenzijde bepaald. Deze bedraagt 28,75 meter en de hoogte is 1,85 meter. De oppervlakte van de bovenzijde bedraagt dan:

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



$$\text{Omtrek brug} * \text{hoogte} = \text{Oppervlakte bovenzijde brug}$$

$$28,75 * 1,85 = 53,188 \text{ m}^2$$

De totale wandoppervlakte bedraagt vervolgens:

$$\text{Oppervlakte onderzijde} + \text{oppervlakte bovenzijde} = \text{totale oppervlakte}$$

$$32,188 + 53,188 = 85,376 \text{ m}^2$$

De ramen op de brug zitten in de bovenzijde. Het glasoppervlak moet daarom nog van het oppervlak worden afgetrokken. Om deze ramen zitten geen metalen kozijnen, hierdoor is de wand verder geheel geïsoleerd. Het glasoppervlak bedraagt:

$$\text{Omtrek brug bovenzijde} * \text{hoogte glas} = \text{Tot. glasopp.}$$

$$28,75 * 0,95 = 27,313 \text{ m}^2$$

Het totale geïsoleerde wandoppervlak bedraagt hierdoor:

$$(\text{Opp. onderzijde} + \text{Opp. bovenzijde}) - \text{Tot. glasopp.} = \text{Tot. geïsoleerd opp.}$$

$$(32,188 + 53,188) - 27,313 = 58,063 \text{ m}^2$$

Als laatste moet het dakoppervlak van de brug nog bepaald worden. Deze is ook geïsoleerd en valt bij de berekening onder de geïsoleerde wanden. Het dakoppervlak is als volgt bepaald: Het totale oppervlak van het 'maindeck' en vervolgens de ruimte vanaf getrokken die niet gekoeld wordt, namelijk de CO₂ kamer. Het dakoppervlak is dan als volgt:

$$\text{Totale opp. maindeck} - \text{Opp CO}_2 \text{ kamer} = \text{Totale dakopp.}$$

$$(18,90 * 12) - (9,45 * 3) = 198,45 \text{ m}^2$$

In onderstaande tabel staan alle totalen samengevat.

Tabel 16 Samenvatting van alle oppervlaktes

	Tot. Wandopp. in m ²	Tot. Glasopp. in m ²	Tot. Kozijnopp. in m ²	Tot. Geïsoleerd opp. in m ²
Voorgevel	166,32	10,5946	10,23	154,4954
Stuurboord	149,70	3,737	4,998	140,965
Bakboord	130,80	4,494	5,346	120,96
Achtergevel	188,46	0,4335	0,5015	187,525
Brug	283,83	27,313	-	256,513
Totaal	919,11	46,57	21,08	846,46

K- factor

De k- factor, ook wel de warmtedoorgangscoefficiënt, wordt door middel van de volgende formule bepaald:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_b}$$

Hierin is K: Warmtedoorgangscoefficiënt in $\frac{W}{m^2 K}$

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



α : Warmteoverdrachtscoëfficiënt	in $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
λ : Warmtegeleidingscoëfficiënt	in $\frac{W}{m \cdot K}$
δ : Materiaaldikte	in meter

Om de warmtedoorgangscoefficiënt te bepalen moet er met alle materialen die in de wand zitten rekening gehouden worden. Hierbij moet gedacht worden aan:

- Dikte van de verschillende materialen
- De warmteoverdrachtscoëfficiënt van de verschillende materialen.

Voor dit onderzoek was het niet mogelijk om in de wand te kijken, hierdoor zijn er in samenspraak met de hoofdwerktuigkundige aannames gedaan. De waarden die benodigd zijn voor het berekenen van de warmtedoorgangscoefficiënt zijn in tabel 11 te vinden.

Tabel 17 Gegevens die nodig zijn voor het berekenen van de warmtedoorgangscoefficiënt

	Reeds bekend	Aannames	λ - waarde in $\frac{W}{m \cdot K}$
Totale wanddikte	250 mm.		
Staaddikte buitenzijde	7 mm.		50
Dikte isolatiemateriaal		50 mm.	0,04
Staaddikte binnenzijde		3 mm.	50
Stilstaande lucht (spouw)	190 mm.		29
α_a		$15 \frac{W}{m^2 \cdot K}$	
α_b		$10 \frac{W}{m^2 \cdot K}$	

Opmerkingen over de waarden in tabel 11:

- De warmtegeleidingscoëfficiënten komen uit het boek: Bouwfysica.
- De warmteoverdrachtscoëfficiënten komen uit een privé cursus van de hoofdwerktuigkundige.

Met de gegevens uit tabel 11 is het mogelijk om te warmtedoorgangscoefficiënt te bepalen:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_{staal \text{ buiten}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{isolatie}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{staal \text{ binnen}}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{lucht}} + \frac{1}{\alpha_b}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{15} + \frac{0,007}{50} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,19}{50} + \frac{0,003}{29} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{K} = 1,421$$

$$K = \frac{1}{1,421} = 0,704 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Doordat er een grote hoeveelheid glas is gebruikt in de accommodatie, mag dit niet ontbreken in de berekening. De gegevens die benodigd zijn voor het bepalen van de warmtedoorgangscoefficiënt van het glas waren te vinden in het zogenaamde 'window'- plan aan boord.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_{glas}} + \frac{1}{\alpha_b}$$

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



$$\frac{1}{K} = \frac{1}{15} + \frac{0,009}{0,93} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{K} = 0,176$$

$$K = \frac{1}{0,176} = 5,681 \frac{W}{m^2 K}$$

Om alle ramen zitten metalen kozijnen welke niet geïsoleerd zijn. Hiervoor dient ook een warmtedoorgangscoefficiënt bepaald te worden. Net als het glas, is de benodigde informatie te vinden in het 'window'-plan.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_{kozijn}} + \frac{1}{\alpha_b}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{15} + \frac{0,007}{55} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{K} = 0,167$$

$$K = \frac{1}{0,167} = 5,988 \frac{W}{m^2 K}$$

Het isolatieverlies is te bepalen aan de hand van de formule:

$$Q = K * A * \Delta T$$

Voor het bepalen van ΔT zijn de binnen- en buitentemperatuur aangenomen. Er wordt uitgegaan van een warme situatie waarbij de airconditioning veel moet koelen:

- Binnentemperatuur: 24°C
- Buitentemperatuur: 38°C

De hoeveelheid warmte die de accommodatie binnenkomt, is als volgt:

$$Q_{geïsoleerde\ wanden} = 0,704 * 846,46 * (38 - 24) = 8.342,71 \text{ Watt}$$

$$Q_{glas} = 5,681 * 46,57 * (38 - 24) = 3.697,38 \text{ Watt}$$

$$Q_{kozijn} = 5,988 * 21,08 * (38 - 24) = 1.767,19 \text{ Watt}$$

$$Q_{totaal} = 8342,71 + 3697,38 + 1767,19 = 13.807,28 \text{ Watt}$$

Doordat er nog een hoeveelheid lucht afgevoerd wordt, dient deze hoeveelheid weer aangevuld te worden met verse lucht van buitenaf. Deze verse lucht dient ook terug gekoeld te worden naar de inblaastemperatuur, welke 17°C bedraagt. Voor het bepalen van de hoeveelheid lucht die benodigd is en het vermogen dat nodig is om de lucht af te koelen, moet er aan de volgende punten gedacht worden:

- Op de brug komt geen retourlucht
- Er is mechanische luchtafvoer vanuit de sanitaire ruimtes
- De luchtafzuiging in de kombuis voert een grote hoeveelheid lucht af.

De hoeveelheid afgevoerde lucht bedraagt:

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

$$\begin{aligned} \text{Brug} + \text{sanitaire ruimtes} + \text{keuken} &= \text{afgevoerde lucht.} \\ 1\,300\text{m}^3 + (14 \times 70\text{m}^3) + 780\text{m}^3 &= 3.060\text{ m}^3 \end{aligned}$$

Om te bepalen wat de massa van deze hoeveelheid lucht bedraagt, moet deze vermenigvuldigd worden met het soortelijk gewicht. In bijlage 12 staat een tabel waarin het soortelijk gewicht staat van droge lucht bij een barometerstand van 1000 mbar. Er wordt uitgegaan van een buitentemperatuur van 38°C en volgens de tabel hoort hier een soortelijk gewicht bij van $1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

$$\text{Massa afgevoerde lucht} = \text{afgevoerde lucht} \times \text{soortelijk gewicht}$$

$$\text{Massa afgevoerde lucht} = 3.060 \times 1,09 = 3.335,4 \text{ kilogram}$$

De warmtehoeveelheid die benodigd is om deze luchtstroom af te koelen wordt als volgt bepaald:

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta t \\ Q_{\text{afkoeling luchtstroom}} &= 3\,947,4 \times 1,00 \times (38 - 17) = 82.895,4 \text{ watt} \\ Q_{\text{totale koellast}} &= 13.807,28 + 82.895,4 = 96.702,68 \text{ watt} \end{aligned}$$

Compressor

Met behulp van de warmtebalans kan er met het log p-h diagram van het betreffende koudemiddel bepaald worden hoeveel koudemiddel er nodig is om de warmte op te nemen. Door de punten van de verdamping, condensatie, expansie en de compressie met elkaar te verbinden in het log p-h diagram worden de volgende zaken inzichtelijk:

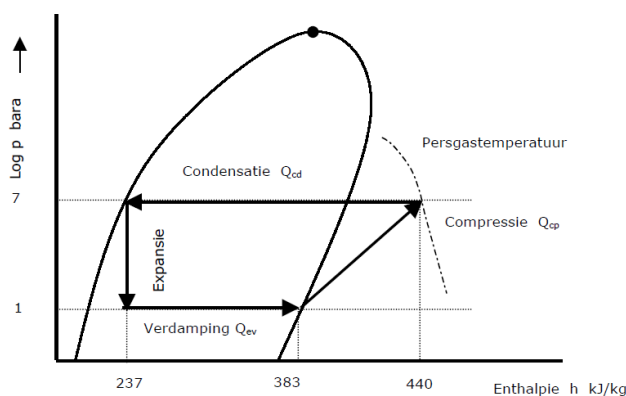
- De grootte van het smoorverlies
- Hoeveelheid warmte dat door het koudemiddel opgenomen kan worden.

In figuur 23 is een schematische tekening van een log p-h diagram. Hierin wordt duidelijk welk proces zich waar bevindt in het schema.

De verdamping aan boord van de mv. Helga vindt plaats bij 4°C. De voornaamste reden hiervan is dat het vocht bij deze temperatuur de grootste soortelijke massa heeft. Hierdoor wordt bij verwijdering van iedere druppel water de grootste hoeveelheid water onttrokken. Om zeker te zijn dat al het koudemiddel omgezet is in gas, wordt het koudemiddel oververhit.

Hierdoor wordt voorkomen dat de compressor geen vloeistof kan aanzuigen.

Aan boord van de mv. Helga wordt R404a als koudemiddel gebruikt. De condensatietemperatuur wordt aangenomen op 40°C, welke een druk heeft van 18 bar. De maximale zeewatertemperatuur mag 32°C zijn. Dit wil zeggen: De temperatuur van het koudemiddel dat de condensor uitstroomt in vloeistofvorm, kan niet lager zijn dan 32°C. In de praktijk wordt echter 36°C als maximale waarde aangehouden. Wanneer op het condensatiepunt van 36°C een lijn recht naar beneden trekt naar de lijn van de verdampingsdruk, kan het smoorverlies afgelezen worden. Verder is te zien hoeveel



Figuur 26 Schematische weergave van een log p-h diagram (AdVi, 2004)



enthalpie er nog beschikbaar is voor het opnemen van de warmte. Het koudemiddel wordt met 10°C oververhit. Al deze punten zijn verwerkt in het log p-h diagram dat te zien is in bijlage 13.

Aan de hand van het log p-h diagram in bijlage 13 is te zien dat de enthalpie ongeveer 125 $\frac{kJ}{kg}$ bedraagt voor het opnemen van de warmte. Deze enthalpie wordt bepaald door middel van de hoogste enthalpie, welke 385 $\frac{kJ}{kg}$ bedraagt, en de laagste enthalpie, welke 260 $\frac{kJ}{kg}$ bedraagt, van elkaar af te trekken.

Het te koelen vermogen bedraagt omgerekend 96,7 kW. Dit houdt in dat de koelinstallatie 96,7 $\frac{kJ}{sec}$ warmte moet vervoeren. Met deze gegevens is het mogelijk de massastroom van het koudemiddel te bepalen.

$$\frac{\text{Het te koelen vermogen}}{\text{Enthalpie voor warmteopname}} = \text{massastroom}$$

$$\frac{96,7}{125} = 0,774 \frac{kg}{sec}$$

Met deze hoeveelheid koudemiddel is te bepalen hoe groot de compressor moet zijn om dit te verpompen. Met het volume per kilogram, welke gegeven is aan het begin van de condensatielijn, is het mogelijk om de massastroom om te zetten naar een volumestroom.

$$\text{Volume per kilogram} * \text{massastroom} = \text{volumestroom}$$

$$0,03 * 0,774 = 0,0232 m^3 = 23,2 \frac{liter}{sec}$$

Bij deze omstandigheden draait de compressor op vol vermogen. Bij 100% vermogen vraagt de compressor 34,4 ampère. De asgenerator heeft een powerfactor van 0,8 en de netspanning bedraagt 380 volt. Door deze waarden te gebruiken kan het vermogen bepaald worden van de compressor.

$$\text{Vermogen} = \text{spanning} * \text{stroomsterkte} * \text{powerfactor} * \sqrt{3}$$

$$\text{Vermogen} = 380 * 34,4 * 0,8 * \sqrt{3} = 18.113,1 \text{ watt} \approx 18,1 \text{ kW}$$

Condensor

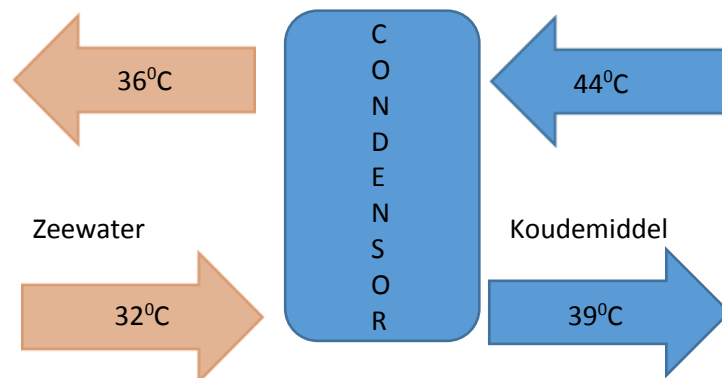
Nu het vermogen van de compressor bekend is, kan er verder gerekend worden binnen het koelsysteem. De oppervlakte van de condensor kan met de volgende formule bepaald worden:

$$F = \frac{Q}{K * \Delta T} * 1000$$

Hier is F: Oppervlakte condensor	in m ²
Q: Hoeveelheid afgevoerde warmte in condensor	in Watt
K: Warmteoverdrachtscoëfficiënt	in $\frac{W}{m^2 K}$
ΔT: Logaritmisches temperatuurverschil	in °C

De warmteoverdrachtscoëfficiënt van de condensor wordt veelal gegeven door de fabrikant. Aan boord van de mv. Helga staat een horizontale ketelcondensor met een warmteoverdrachtscoëfficiënt van 700 $\frac{W}{m^2 K}$. Het grote voordeel van deze condensor is dat deze weinig ruimte in beslag neemt en de aanschaf is goedkoop. De stroming van het koudemiddel en het zeewater geschiedt volgens het tegenstroom principe.

Nu bekend is dat de condensor via het tegenstromingsprincipe werkt, is het mogelijk om het logaritmische temperatuurverschil te bepalen. Hiervoor zijn de in- en uitgaande temperaturen nodig van het zeewater en het koudemiddel. Deze temperaturen staan in afbeelding 24 vermeld.



Figuur 27 Tegenstromingsprincipe van de condensor inclusief bijhorende temperaturen

Het logaritmische temperatuurverschil is dan als volgt:

$$\Delta T = \frac{\Delta koudemiddel - \Delta zeewater}{\log \frac{\Delta koudemiddel}{\Delta zeewater}}$$

$$\Delta T = \frac{5 - 4}{\log \frac{5}{4}} = 10,32^\circ C$$

Met het logaritmisch temperatuurverschil zijn alle gegevens compleet om het oppervlak van de condensor te bepalen:

$$F = \frac{Q_{koelend\ ver\mogen} + Q_{compressorver\mogen}}{K * \Delta T} * 1000$$

$$F = \frac{96,7 + 18,1}{700 * 10,32} * 1000 = 15,9\ m^2$$

Tot slot is het nog mogelijk om de volumestroom van het zeewater die door de condensor gaat te berekenen. Om deze volumestroom te berekenen is de volgende formule nodig:

$$Volumestroom = \frac{Q_{koelend\ ver\mogen} + Q_{compressorver\mogen}}{\Delta T_{zeewater} \times c \times \rho}$$

Waar bij deze formule rekening mee gehouden dient te worden zijn:

- c is de soortelijke warmte, en bedraagt $3,93 \frac{Joule}{kg.K}$
- ρ is de dichtheid van het zeewater en bedraagt $1024 \frac{kg}{m^3}$ (Koninklijke PBNA, 1998)

$$Volumestroom = \frac{96,7 + 18,1}{4 \times 3,93 \times 1024} = 0,007 \frac{m^3}{sec} = 25,67 \frac{m^3}{h}$$

Het vermogen dat wordt afgegeven wordt als volgt bepaalt:

$$Q_{condensor} = m * c * \Delta t$$

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



Hierin is

Q = Vermogen afgegeven aan de condensor

m = Volumestroom

c = soortelijk gewicht water $\approx 4,2$ Δt = uittrede temperatuur – intredetemperatuur

in kW

in $\frac{kg}{sec}$ in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ in $^{\circ}C$

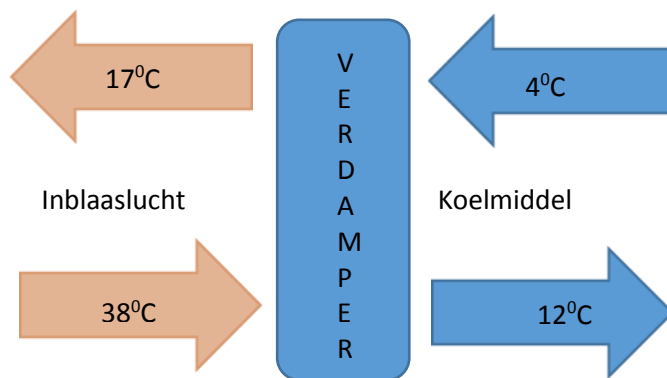
Het afgegeven vermogen wordt vervolgens:

$$Q_{condensor} = m * c * \Delta t$$

$$Q_{condensor} = 7 * 4,2 * 10,32 = 303,4 \text{ kW}$$

Verdamper

Dezelfde berekening als die gemaakt is bij de condensor wordt gemaakt voor de verdamper. Net als de condensor werkt de verdamper volgens het tegenstroomprincipe. De temperaturen die hierbij van belang zijn, staan vermeld in afbeelding 25.



Figuur 28 Tegenstromingsprincipe van de verdamper inclusief bijhorende temperaturen

$$\Delta T = \frac{\Delta koudemiddel - \Delta inblaaslucht}{\log \frac{\Delta koudemiddel}{\Delta inblaaslucht}}$$

$$\Delta T = \frac{8 - 21}{\log \frac{8}{21}} = 31,02^{\circ}C$$

De verdamper die aan boord van de mv. Helga is toegepast, is een zogenaamde lamellenluchtkoeler. Het voordeel van een lamellenluchtkoeler is de goede warmteoverdracht, met als gevolg een hoog rendement (Bitzer, 2004). Het is belangrijk dat de olie in het systeem met de afgezogen gassen afgevoerd voert. Doordat de prijs van het koelmiddel relatief hoog is, is het noodzakelijk dat de verdamper zodanig geconstrueerd is dat er een minimum aan koelmiddel benodigd is. Bij een constante belasting is deze verdamper uitstekend te gebruiken. Wanneer de belasting niet meer constant zou zijn, dan verliezen de gassen hun snelheid en zal er direct na de inspuitleiding vloeistof vormen, welke niet meegenomen kan worden met de gassen.

De warmteoverdrachtscoëfficiënt is door de fabrikant gesteld op $25 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Het is nu nog mogelijk om het verdampingsoppervlak te bepalen aan de hand van dezelfde formule als die gebruikt is voor het condensoroppervlak te bepalen.

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



$$F = \frac{Q_{\text{koelend vermogen}}}{K * \Delta T} * 1000$$

$$F = \frac{96,7}{25 * 31,02} * 1000 = 124,69 \text{ m}^2$$

Mollierdiagram

Het mengpunt kan bepaald worden doordat de afgevoerde hoeveelheid lucht aangevuld moet worden. Met deze gedachte moet de hoeveelheid lucht afgevoerd worden via de sanitaire ruimtes, maar ook de lucht die op de brug verloren gaat, worden aangevuld. In totaal wordt er via de sanitaire ruimtes $14 * 70 = 980 \text{ m}^3$ lucht afgevoerd. Op de brug wordt alle lucht, 1300 m^3 afgevoerd. Tot slot wordt uit de kombuis een hoeveelheid van 780 m^3 lucht afgevoerd. In totaal wordt er 7125 m^3 lucht ingeblazen. Dit houdt het volgende in:

$$\frac{\text{Afgevoerde lucht}}{\text{Totale hoeveelheid lucht}} = \frac{1300 + 980 + 780}{7125} \times 100 \% = 42,9 \%$$

In totaal gaat er bijna 43% van alle ingeblazen lucht weer verloren.

Om het mengpunt van de airconditioningsinstallatie te kunnen bepalen moeten er een aantal gegevens in het Mollier diagram getekend worden. Zie bijlage 14 voor het Mollierdiagram.

- Punt A, met de coördinaten 26°C en 50% luchtvochtigheid;
- Punt B, met de coördinaten 35°C en 50% luchtvochtigheid;

Vervolgens moet punt A met punt B verbonden worden, echter moet dit lijnstuk maar 42,9% van de gehele lengte zijn. Het einde van de 42,9% lijn is het mengpunt M.

Tevens is het mogelijk om te bepalen hoeveel water er door de installatie uit de lucht wordt gehaald. Door het koelen van de lucht, zal de luchtvochtigheid van de inblaaslucht namelijk omlaag gaan. Via de afkoeling van de luchtstroom is het mogelijk om de inblaasconditie te bepalen.

Hiervoor zijn de volgende gegevens nodig:

- Warmtehoeveelheid in totaal, bedraagt $96,7 + 18,1 = 114,8 \text{ kW}$
- Totale luchtinhoud accommodatie, bedraagt 7125 m^3
- Soortelijk gewicht van de inblaaslucht, bedraagt $1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ bij een temperatuur van 38°C .

Om deze gegevens te kunnen verwerken in het Mollier diagram, dienen deze omgezet te worden naar een enthalpiewaarde.

$$h = \frac{Q_{\text{per uur}}}{\text{massastroom}_{\text{lucht}}} = \frac{114,8 \text{ kW} * 3.600}{7.125 * 1,09} = 53,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Vanaf het mengpunt wordt deze $53,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ haaks naar de diagonale enthalpie- as uitgezet, zodat er uitgekomen wordt op $65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. De inblaasconditie bij 17°C geeft een luchtvochtigheid van 55%, echter is deze luchtvochtigheid een theoretische benadering. De hoeveelheid energie dat er nog bij komt door de ventilator, die voor de volumestroomopwekking zorgt, staat hieronder uitgewerkt. De ventilator heeft een vermogen van $10,7 \text{ kW}$.



$$h = \frac{\text{vermogen ventilator per uur}}{\text{massastroom lucht}} = \frac{10,7 \times 3.600}{7.125 \times 1,09} = 4,96 \approx 5,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Door met deze waarde rekening te houden verandert de inblaasconditie lichtelijk, namelijk naar 16,8°C met 72% luchtvochtigheid. Dit punt is aangegeven met l'.

Doordat de lucht afkoelt daalt de hoeveelheid vocht wat de lucht kan bevatten. De hoeveelheid wordt afgevoerd. De hoeveelheid warmte die hierdoor verloren gaat wordt ook meegenomen in de berekening. De lucht die voor de verdamper bevindt, heeft een temperatuur van 30°C en een luchtvochtigheid van 63%. Het dauwpunt ligt op 22°C, wat betekent dat de hoeveelheid vocht acht graden moet afkoelen voordat het kan condenseren.

De hoeveelheid water die in dit proces afgevoerd wordt, bedraagt $7,1 \frac{\text{gram}}{\text{kg lucht}}$. Deze hoeveelheid water bevat de volgende hoeveelheid energie:

$$Q = \frac{m * c * \Delta T}{3,6}$$

$$Q = \frac{57,16 * 4,18 * (30 - 22)}{3,6} = 531,0 \text{ Watt}$$

De massa wordt als volgt berekend:

$$\frac{7,1}{1000} * 7.125 * 1,13 = 57,16 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Deze energie komt bij de totale koellast erbij. Het dient echter wel als verloren beschouwd te worden, want de energie is wel nodig om het vocht te laten condenseren, maar wordt daarna afgevoerd.

De totale koellast wordt hierdoor:

$$\text{Totale koellast} = 96.704,7 + 18.113,1 + 531,0 = 115.358,8 \text{ Watt}$$

C.O.P – waarde koelinstallatie

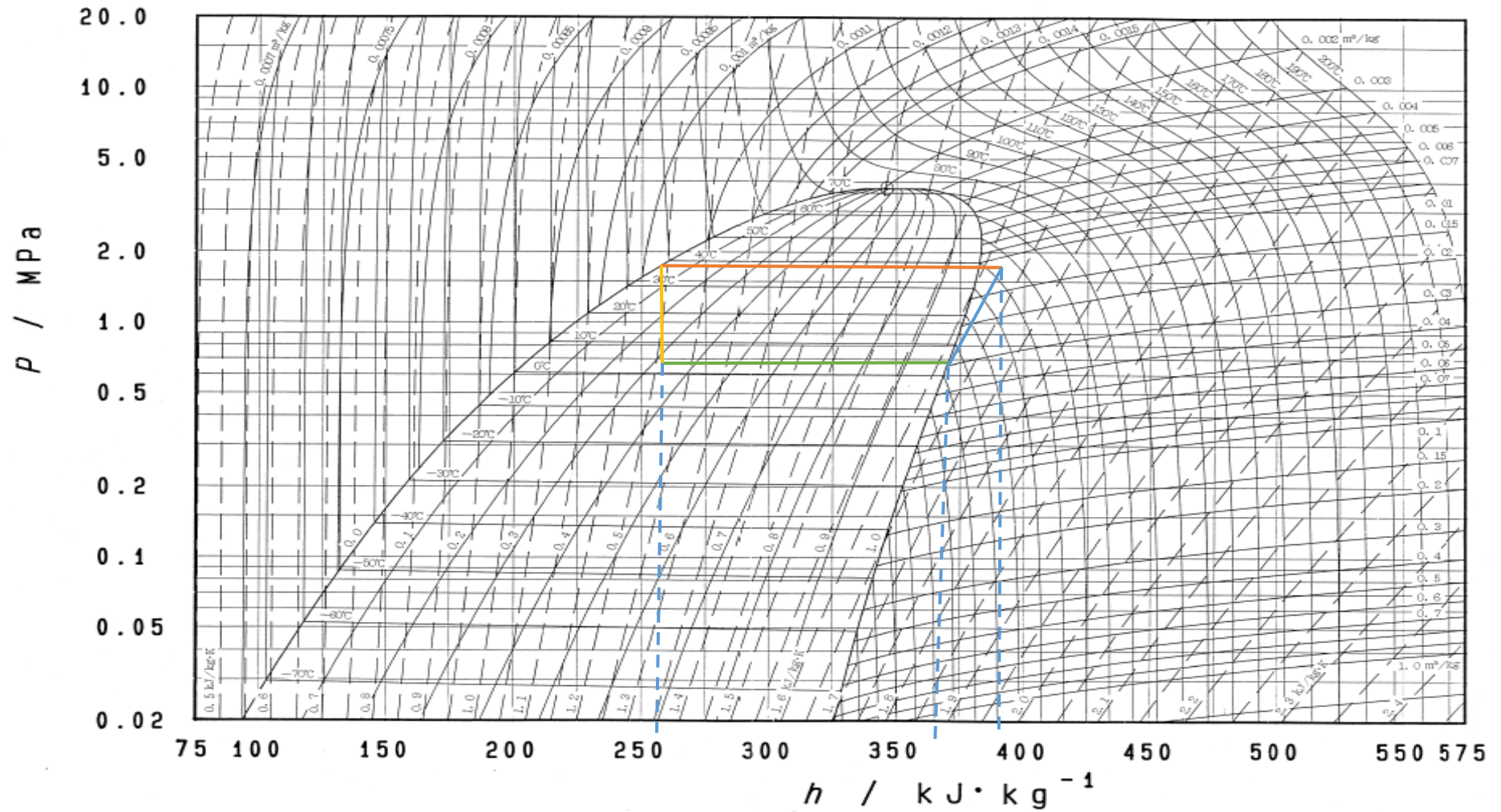
De C.O.P- waarde, ook wel de Coëfficiënt of Performance genoemd, is een bijzonder belangrijk getal voor een koelinstallatie. Met dit getal wordt de werkingsgraad van de installatie aangeduid. De C.O.P waarde wordt met de volgende formule bepaald: (AdVi, 2004)

$$C.O.P = \frac{\text{verkregen koude}}{\text{benodigde energie}} = \frac{Q_{ev}}{Q_{cp}}$$

Voor de berekening zijn de enthalpie- waardes nodig die zijn gevonden in het log p-h diagram, welke te vinden is in bijlage 13.

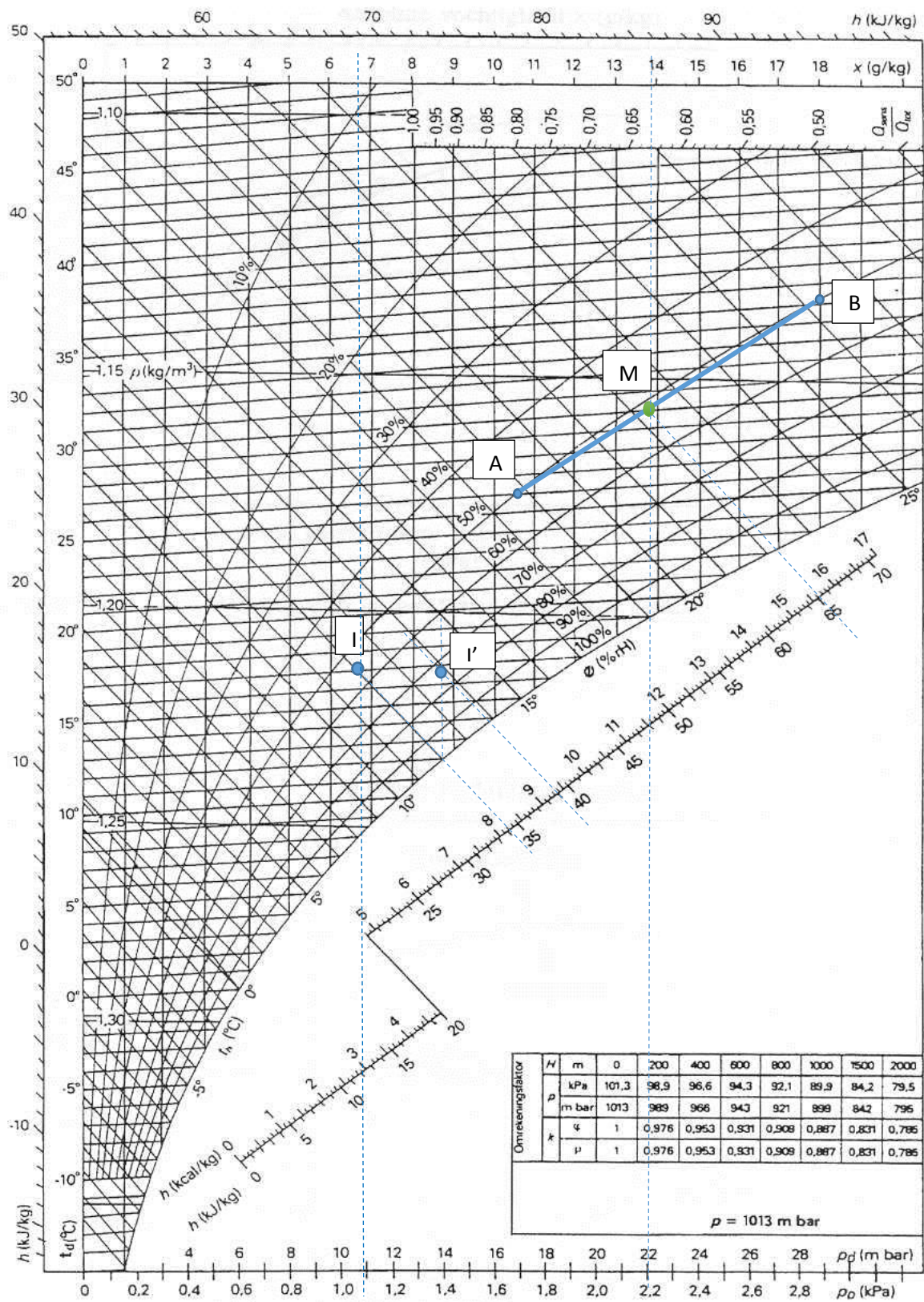
$$C.O.P = \frac{360 - 260}{385 - 360} = 4$$

Bijlage 22: Log p-h diagram freon R404a



Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

Bijlage 23: Mollier diagram



Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.

Bijlage 24: Resultaten enquête

Vragen		Antwoorden die de bemanningsleden hebben gegeven														Scores		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	Gem.	Ja	Nee
1	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens het uitvoeren van uw dagelijkse werkzaamheden op zee.	3	4	5	4	8	7	4	3	6	7	5	5	4	5	5,0		
2	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens het uitvoeren van uw dagelijkse werkzaamheden in de haven.	3	3	8	7	4	4	3	3	5	4	3	4	4	4	4,2		
3	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens uw rustperiodes op zee.	3	4	5	2	2	3	3	3	6	5	7	5	5	5	4,1		
4	Geef een cijfer aan de geluidshinder die u ervaart tijdens uw rustperiodes in de haven.	3	3	6	2	2	2	2	5	5	4	4	5	4	5	3,7		
5	Heeft u last van de volgende problemen:																	
	Verhoogde bloeddruk	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		0	14
	Stress	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		0	14
	Vermindering van maag- en darmfunctie	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		1	13
	Hartritmestoornis	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		0	14
	(Blijvende) gehoorschade	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		0	14
6	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden op zee.	3	3	5	3	5	6	4	3	5	6	6	6	6	6	4,8		
7	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden in de haven.	3	2	5	3	5	4	4	3	5	5	3	4	3	4	3,8		

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



8	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens uw rustperiodes op zee.	5	3	5	3	2	4	3	4	4	5	4	5	4	5	4,0		
9	Geef een cijfer aan de sterkte van de trillingen waaraan u onderhevig bent tijdens uw rustperiodes in de haven	3	2	5	3	2	5	2	4	4	4	5	5	6	5	3,9		
10	Heeft u last van de volgende problemen: Pijnlijke hand-/ armgewrichten Pijnlijke knie-/ heupgewrichten	Nee Nee	Nee Nee	Nee Nee	Nee Nee	Nee Ja	Nee Ja	Nee Nee	Nee Nee	Nee Nee	Nee Ja	Nee Nee	Nee Nee	Nee Nee	Nee Nee		0 3	14 11
11	Heeft u last van de volgende problemen aan boord: Slaperigheid Hoofdpijn Ademhalingsproblemen	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Ja	Nee Nee Ja	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee	Nee Nee Nee		0 0 2	14 14 12
12	Geef een cijfer aan de temperatuur in de accommodatie. (momenteel is het 220C)	8	7	9	1	5	5	6	5	6	6	5	3	5	4	5,4		
13	Geef een cijfer aan de temperatuur op uw werkplek.	5	10	9	4	7	7	5	5	5	5	6	5	6	6	6,1		
14	Geef een cijfer aan de relatieve luchtvochtigheid in de accommodatie. (momenteel is er een relatieve luchtvochtigheid van 51,5%)	5	6	9	1	5	4	6	2	6	3	5	4	3	4	4,5		
15	Heeft u last van de volgende problemen aan boord: Droge huid Gescheurde lippen Droge ogen	Ja Ja Nee	Nee Nee Ja	Nee Nee Nee	Ja Ja Ja	Nee Nee Nee	Nee Ja Ja	Nee Nee Nee	Ja Nee Ja	Ja Nee Nee	Nee Nee Nee	Ja Nee Ja	Ja Nee Nee	Nee Nee Nee	Ja Nee Nee		7 3 5	7 11 9
16	Hoe vaak per week gaat u gemiddeld douchen?				2 tot 4 keer													

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.



		7 tot 10 keer	4 tot 7 keer	2 tot 4 keer		4 tot 7 keer	4 tot 7 keer	7 tot 10 keer	7 tot 10 keer	4 tot 7 keer	4 tot 7 keer	7 tot 10 keer	4 tot 7 keer	2 tot 4 keer	4 tot 7 keer	3x 2 tot 4 keer 7x 4 tot 7 keer 4x 7 tot 10 keer		
17	Wanneer gaat u douchen (meerdere antwoorden mogelijk)	Na het werk	Na het werk	Na het werk	Voor, tijdens, na	Na het werk	Na het werk	Na het werk	Voor het werk	Na het werk	Na het werk	Na het werk	Na het werk	Na het werk	Na het werk	13x na het werk 1x tijdens het werk 2x voor het werk		
18	Hoeveel liter water, frisdrank, thee en/of koffie drinkt u gemiddeld tijdens het uitvoeren van uw werkzaamheden.	2	3,5	2,5	2	1,5	1	1	0,5	2	1,5	2	2	1,5	2	1,8		
19	Hoeveel liter water, frisdrank, thee en/of koffie drinkt u gemiddeld tijdens uw rustperiodes.	1	1,5	0,5	1	0,5	1,5	0,5	1	1	1	1	1,5	2	1,5	1,1		
20	Geef een cijfer over de algemene leefsituatie aan boord de mv. Helga	7	8	7	3	5	7	7	8	5	7	6	6	5	6	6,2		

Een schip is zo zeewaardig als haar bemanning.