Linnéuniversitetet
Sjöfartshögskolan

Självständigt arbete

Toxiska luftföroreningar ombord på fartyg

- Riskbedömning av svensk ombordpersonals yrkesmässiga exponering för toxiska luftföroreningar

Författare: Caroline Andersson
Henrik Eklund

Handledare: Cecilia Österman

Examinator: Joakim Heimdahl

Termin: VT16

Ämne: Självständigt Arbete

Nivå: 15hp

Kurskod: 2SJO1E

Linnéuniversitetet

Sjöfartshögskolan i Kalmar

Utbildningsprogram:	Sjöingenjörsprogrammet
Arbetets omfattning:	Självständigt arbete om 15hp
Titel:	Toxiska luftföroreningar ombord på fartyg – *Riskbedömning av svensk ombordpersonals yrkesmässiga exponering för toxiska luftföroreningar*
Författare:	Caroline Andersson & Henrik Eklund
Handledare:	Cecilia Österman

Abstrakt

Syftet med arbetet var att samla in mätdata för att kontrollera luftkvalitén ombord på två svenska fartyg, för att sedan jämföra resultaten med Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden och den svenska normalbefolkningens exponering för olika ämnen. Resultatet från studien var också tänkt att vara till hjälp för att utforma nya råd och rekommendationer för att minimera exponeringen och även till att bidra med material för fler framtida studier.

Under cirka en vecka ombord på fartygen samlades data in med hjälp av passiva provtagare för att registrera halter av bensen, kvävedioxid och polycykliska aromatiska kolväten.

Resultaten visade att luftkvalitén ombord på de två fartygen generellt sett är god. Samtliga uppmätta halter låg långt under Arbetsmiljöverkets gränsvärden och det skiljde sig inte mycket varken mellan fartyg eller jämfört med den svenska normalbefolkningens exponering. Därför är inte svensk sjömän ombord på svenskflaggade fartyg i större fara för toxiska luftföroreningar ombord jämfört med när de är hemma.

Nyckelord:

Luftmiljö inomhus, fartyg, bensen, kvävedioxid, polycykliska aromatiska kolväten, hygieniska gränsvärden, hälsoeffekter.

Linneaus University

Kalmar Maritime Academy

Degree Course:	Marine Engineering
Level:	Diploma Thesis, 15 ECTS
Title:	Toxic air pollutants onboard ships *- Risk assessment of Swedish crews' occupational exposure to toxic air pollutants*
Authors:	Caroline Andersson & Henrik Eklund
Supervisor:	Cecilia Österman

Abstract

The main purpose of this study was to measure and evaluate the air quality onboard two Swedish ships, and compare the results with the exposure limits laid out by the Swedish Work Environment Authority (Arbetsmiljöverket) and the Swedish population's exposure to various substances. The results of this study were also meant to be helpful to form new advice and recommendations to minimize exposure and also to provide material for future studies.

During approximately one week onboard the two ships data were collected using passive samplers to register levels of benzene, nitrogen dioxide and polycyclic aromatic hydrocarbons.

The results indicated that the air quality onboard the two ships were generally good. All measured concentrations were well below safety applications and it did not differ very much neither between ships nor compared with the Swedish population's exposure. In conclusion, Swedish sailors onboard Swedish ships are not in greater danger of toxic air pollutants onboard compared to when they are at home.

Keywords:

Indoor air quality, ship, benzene, nitrogen dioxide, polycyclic aromatic hydrocarbon, exposure limit values, health effects.

Förord

Speciellt tack till Cecilia Österman och Sarka Langer från IVL Svenska Miljöinstitutet för chansen att få delta och hjälpa till i en del i deras projekt ”*Riskbedömning av svenska sjömäns yrkesmässiga exponering för toxiska luftföroreningar*”.

Tack vill vi också säga till besättningarna ombord på fartygen och till rederierna som gett oss chansen att få utföra mätningarna.

Ett sista tack till Ulla Kerren och Jenny Lovebo på Linnéuniversitetet för hjälp med diverse översättningar av medicinska termer och uttryck.

Caroline & Henrik

Kalmar, 27 maj 2016

Innehållsförteckning

1 INLEDNING 1

2 SYFTE OCH MÅL 2

3 ETIK 2

4 HÄLSOEFFEKTER AV TOXISKA LUFTFÖRORENINGAR 2

4.1 BENSEN 4
4.2 KVÄVEDIOXID 4
4.3 POLYCYKLISKA AROMATISKA KOLVÄTEN 5

5 METOD 6

5.1 METOD FÖR PROVTAGNING 7
5.1.1 Bensen 7
5.1.2 Kvävedioxid 7
5.1.3 Polycykliska aromatiska kolväten 7

6 RESULTAT FRÅN MÄTNINGARNA 7

6.1 BENSEN 8
6.2 KVÄVEDIOXID 9
6.3 POLYCYKLISKA AROMATISKA KOLVÄTEN 10

7 ANALYS AV RESULTAT 11

7.1 BENSEN 11
7.2 KVÄVEDIOXID 12
7.3 POLYCYKLISKA AROMATISKA KOLVÄTEN 14

8 DISKUSSION 16

8.1 RESULTATDISKUSSION 16
8.2 METODDISKUSSION 18

9 SLUTSATSER 19

10 FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER 19

REFERENSER 20

BILAGOR ..... A

BILAGA A DEFINITIONER OCH FÖRKORTNINGAR ..... A
BILAGA B BILDER PÅ MÄTUTRUSTNING ..... B

1 Inledning

Ombord kombineras både arbetsmiljö och boendemiljö vilket gör att personalen vistas i samma miljö under hela sin tjänstgöring ombord och kan därmed varken påverka eller undvika exponeringen för kemiska ämnen som finns i luften. Luften ombord på ett fartyg innehåller i princip alltid kemiska ämnen med ursprung så som i bränsle, smörjoljor, avgaser och ibland även rengöringsmedel. Det är en blandning som innehåller bland annat koldioxid (CO_2), kolmonoxid (CO), svaveldioxid (SO_2), kväveoxid (NO) samt kvävedioxid (NO_2) men även kolväten som bensen, toluen, xylener och polycykliska aromatiska kolväten (PAH). Sedan 2012 är dieselavgaser klassificerat som cancerframkallande av International Agency for Research on Cancer (IARC) och riktvärden för luftföroreningar i inomhusmiljö för bland annat bensen, NO_2 och PAH har utfärdats av Världshälsoorganisationen (WHO) (IARC 2012).

Flera vetenskapliga studier visar att exponering för dieselavgaser ger ökad risk för lungcancer och dessutom har förekomst av cancer bland svenska sjömän presenterats (Forsell m.fl., 2007) där maskinpersonal är främst utsatt. Det finns även rapporter som visar att bland annat danska och finska sjömän har en ökad risk för cancer jämfört med allmänbefolkningen i respektive land samt att det är olika stor risk beroende på arbetsgrupp (Kaerlev et al., 2005; Saarnim.fl., 2002).

I Sverige är arbetsmiljön reglerad genom Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om arbetsmiljö på fartyg (TSFS 2009:119) och Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden (AFS 2011:18). Utöver dessa svenska regleringar finns även internationella riktlinjer och standarder men då de svenska är striktare eller på samma nivå har vi valt att använda dessa. Hittills har exponeringsmätningar visat att koncentrationerna av de cancerframkallande luftföroreningarna kan ligga under eller mycket under de tillåtna gränsvärdena men det behöver dock inte betyda att de är låga.

2 Syfte och mål

Syftet med den här rapporten är att ta reda på om svensk ombordpersonal är mer utsatt för toxiska luftföroreningar ombord än när de är hemma.

Studien syftar till att besvara följande frågor:

- Är exponeringsnivåerna inom Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden?
- Är ombordpersonals hälsa i större fara när de arbetar ombord än när de är hemma?
- Är det någon markant skillnad ombord på olika fartyg?

Resultatet av studien kan vara till hjälp för att utforma nya råd och rekommendationer för att minimera exponeringen men kan även bidra med material för fler framtida studier.

3 Etik

Rederierna har givit författarna sitt tillstånd att skriva ut fartygens namn i rapporten och samtliga besättningsmedlemmar fick sedan enskilt en förfrågan om de kunde tänka sig att delta i undersökningen eller inte.

4 Hälsoeffekter av toxiska luftföroreningar

Vi utsätts dagligen för luftföroreningar, både till sjöss och även iland. Dessa föroreningar är något vi i de flesta fall inte tänker på eller på kort sikt inte känner några effekter av. Det är sällan man kan se att det är annat än ren luft man andas in och i vissa fall luktar den förorenade luften inget speciellt heller.

Arbetsmiljöverket har i sitt svenska regelverk valt att på sida 14 i AFS 2011:18 dela in olika ämnes egenskaper i en tabell där varje egenskap har tilldelats en bokstav. Detta gör det lätt och överskådligt när man vill klassa olika ämnen med arbetsmiljöfarliga egenskaper.

Till exempel kan vi i 4.1 se att bensen har klassats med egenskaperna H och C vilket man i tabellen nedan kan läsa av som att ämnet lätt tas upp genom huden och att det är cancerframkallande.

B	Exponering för vissa kemiska ämnen nära befintligt yrkeshygieniskt gränsvärde och samtidig exponering för buller nära insatsvärdet 80 dB kan orsaka hörselskada.
C	Ämnet är cancerframkallande. Risk för cancer finns även vid annan exponering än via inandning. För vissa cancerframkallande ämnen som inte har gränsvärden gäller förbud eller tillståndskrav enligt föreskrifterna om kemiska arbetsmiljörisker.
H	Ämnet kan lätt upptas genom huden. Det föreskrivna gränsvärdet bedöms ge tillräckligt skydd endast under förutsättning att huden är skyddad mot exponering för ämnet i fråga.
M	Medicinsk kontroll kan krävas för hantering av ämnet. Se vidare föreskrifterna om medicinska kontroller i arbetslivet. För vissa ämnen gäller kraven på kontroll endast när ämnet används som härdplastkomponent. Se föreskrifterna om härdplaster.
R	Ämnet är reproduktionsstörande. Med reproduktionsstörande ämnen avses ämnen som kan medföra skadliga effekter på fortplantningsförmågan eller avkommans utveckling. Se även föreskrifterna om kemiska arbetsmiljörisker och om gravida och ammande arbetstagare.
S	Ämnet är sensibiliserande. Sensibiliserande ämnen kan ge allergi eller annan överkänslighet. Överkänslighetsbesvären kan främst drabba huden eller andningsorganen. Överkänslighet innebär att man reagerar i kontakt med ämnen som normalt inte ger besvär. Allergi är en undergrupp av överkänslighet, som orsakas av reaktioner i kroppens immunsystem. Särskilt låga gränsvärden har fastställts för ämnen med mer uttalad luftvägssensibiliserande egenskaper.

Tabell 1. Tabellen visar ett utdrag ur Arbetsmiljöverkets förkortningar på ämnens farliga egenskaper som finns i AFS 2011:18.

4.1 Bensen

Tillhör Arbetsmiljöverkets kategori H och C (AFS 2011:18).

Bensen är det enklaste aromatiska kolvätet och består av en ring med sex kolatomer där varje atom har en väteatom fäst vid sig. Tittar man bara på molekyluppbyggnaden så borde det egentligen räknas som ett omättat kolväte men de elektroner som borde skapa dubbelbindningar mellan varannan kolatom ligger istället de-lokaliserade och skapar en bindning som innesluter hela molekylen, detta kallas aromaticitet. Bensen har ett väldigt högt oktantal (ovilja att självantända) och används därför i bensin. I övrigt används bensen mest som bas vid framställning av mer komplexa kolväten. Bensen kan nybildas som en restprodukt vid förbränning och kan även återfinnas (om än i väldigt bregränsad mängd nu för tiden) i olika lösningsmedel. Men den absolut vanligaste källan är avgaser från bensindrivna motorer och bensinångor. Det är en färglös lättantändlig vätska som har en något söt lukt.

Huvudvärk, yrsel, illamående och kräkningar är några utav symptomen som uppstår när man har exponerats för en hög dos bensen under en kort period. Studier visar även att långtidsexponering för bensen ger en ökad risk för olika former av cancer, lever-, njur- och nervskador (IARC 2013). Dessutom kan det skapa fel på kromosomerna i perifera lymfocyter samt benmärgsceller vilket i sin tur kan leda till den livshotande och ovanliga sjukdomen aplastisk anemi (U.S. Department of health and human services, 2007).

4.2 Kvävedioxid

Kvävedioxid är en gas som vid rumstemperatur och atmosfärstryck är rostbrun till färgen. Den bildas vid förbränning i luft eller då kväveoxid oxiderar. Gasen är mycket giftig för människan men även skadlig för naturen. I det fria kommer UV-ljus att dela kvävedioxidmolekylen till en kväveoxidmolekyl och en fri syreatom. Syreatomen kommer sen att fästa vid de syremolekyler som finns i luften och bilda ozon. Uppe i atmosfären behöver vi ozon för att skydda mot solens ultravioletta strålar men på marknära nivå irriterar det slemhinnor hos människor och djur och hindrar fotosyntesen hos växter.

Om man utsätts för en hög dos kvävedioxid under en kort period så kan det leda till svåra andningsproblem, framförallt om man redan lider av astma eller någon annan sjukdom som påverkar andningsvägar och lungor (WHO 2005). Utsätts man för exponering under en lång period så kan man se samband med ökad risk för lungcancer (IARC 2015).

4.3 Polycykliska aromatiska kolväten

Tillhör Arbetsmiljöverkets kategori H, C och R (AFS 2011:18).

Polycykliska aromatiska kolväten är en grupp ämnen som finns i stenkol och petroleum samt bildas vid förbränning av organiska material. De kallas ofta PAH från engelskans Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Som namnet förtäljer rör det sig inte om ett specifikt ämne utan flera olika med en viss molekylär uppbyggnad. Aromaticitet beskrivs lättast som att molekylen är cirkelformad där ett visst antal elektroner som i vanliga fall borde skapa dubbelbindningar på vissa ställen istället lägger sig som ett elektronmoln runt hela molekylen. För att klassas som ett Polycyklisk aromatiskt kolväte skall molekylen ha minst två sammankopplade aromatiska ringar. Ämnena avger ofta också en stark lukt. Vid raffinering av råolja avskiljs PAH från destillatet vilket leder till att koncentrationen ökar i restprodukterna, däribland tjockolja för fartygsframdrift. De vanligaste utsläppskällorna av PAH i Sverige är vedeldning, trafik samt rökning. Man har ända sen 1700-talet vetat att sot gav upphov till olika former av cancer men det var inte fören 1915 som japanska forskare lyckades inducera cancer i försöksdjur genom upprepad exponering av tjära. Först 1930 lyckades Kennaway isolera det första rena polycykliska aromatiska kolvätet, dibens(a,h)antracen. Senare har benso(a)pyren utvärderats på toxicitet och i dagsläget används denna som en modellsubstans för forskning på PAH.

Skada på kromosomer och DNA samt förändring av genuttryck vid oxidativ stress, inflammation, aktivering av leukocyter och vaskulär homeostas är några utav biverkningarna från att ha exponerats för polycykliska aromatiska kolväten under en period (IARC 2013). Andra symptom kan vara blodiga kräkningar, andningsproblem, bröstsmärtor, halsirritation och hosta. Att exponeras för en väldigt hög koncentration kan dessutom leda till reducerade nivåer av immunglobuliner, hudcancer, ökade fall av lungcancer som dödsorsak, leverskador, njurskador samt minskad fertilitet hos kvinnor (U.S. Department of health and human services, 1995).

5 Metod

Metoderna för genomförandet av det här arbetet var interpretativa. Det vill säga en kvalitativa metod genom en fallstudie då arbetet avgränsades till bulkfartyget Listerland och tankfartyget Fox Sunrise. Listerland har ett gross tonnage på 2735 ton, är 89 meter lång, 13 meter bred och har en besättning bestående av sju personer. Framdriftsmaskineriet består av en Stork-Wärtsilä 6SW280 och när mätningarna utfördes så drevs denna av marin gasolja (MGO) med ett svavelinnehåll på 0,09 %. Fox Sunrise har ett gross tonnage på 1964 ton, är 70 meter lång, 13 meter bred och har en besättning bestående av åtta personer. Framdriftsmaskineriet består av fem stycken Scania DI16 och när mätningarna utfördes så drevs dessa av marin gasolja (MGO) med ett svavelinnehåll på max 0,1 %.

Det utfördes provtagning och analys av de kemiska ämnena bensen, NO_2 och PAH med hjälp av passiva provtagare från IVL. Totalt deltog 14 personer deltog och mätningarna genomfördes med hjälp av passiva provtagare som fästes nära inandningszonen och exponerades för 6-7 dygn då detta sätt störde personalen minst i deras tillvaro, se figur 19. Som referensvärde använde vi oss av litteraturdata för normalbefolkningens exponering av de aktuella ämnena.

Bedömningen av de uppmätta halterna relateras till Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden (AFS 2011:18) genom Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om arbetsmiljö på fartyg och även till nationella riktlinjer och normalbefolkningens exponering. Statistik för den svenska normalbefolkningens exponering hämtas från IVL som har utsetts av Naturvårdsverket att vara datavärd för detta sakområde och ta hand om databaser och kvalitetssäkring av uppgifterna. Uppgifterna är en del av resultaten från de nationella och regionala miljöövervakningsprogrammen (IVL, 2015). För inomhusluft i icke industriella miljöer finns idag inga svenska riktlinjer. I denna undersökning används därför istället svenska miljökvalitetsnormer för utomhusluft, vilka är baserade på EU-direktiv (Luftkvalitetsförordningen 2010:477).

5.1 Metod för provtagning

För att samla in samtliga prover så användes metoden passiv provtagning, även kallad diffus provtagning. Metoden går ut på att luften får passera fritt genom filtren i konstant hastighet och turbulens undviks genom ett speciellt utformat membran vid inloppet (IVL, 2014).

5.1.1 Bensen

Flyktiga organiska ämnen (bl.a. bensen) samlades in genom ett rör vilket innehåller Tenax adsorbentmedium (Tenaxrör, model N9307005, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA). Se figur 16. Provet analyserades sedan med gaskromatografi/masspektrometri (GC/MS; GS 6890, MS 5973N, Agilent, USA) och individuella ämnen, i detta fall bensen, idintifierades med masspektrometer.

5.1.2 Kvävedioxid

Mättes med hjälp av IVLs passiva provtagare (Ferm & Rodhe, 1997) (IVL 2014). Se figur 17. Provet analyserades sedan med hjälp av en våt kemisk teknik.

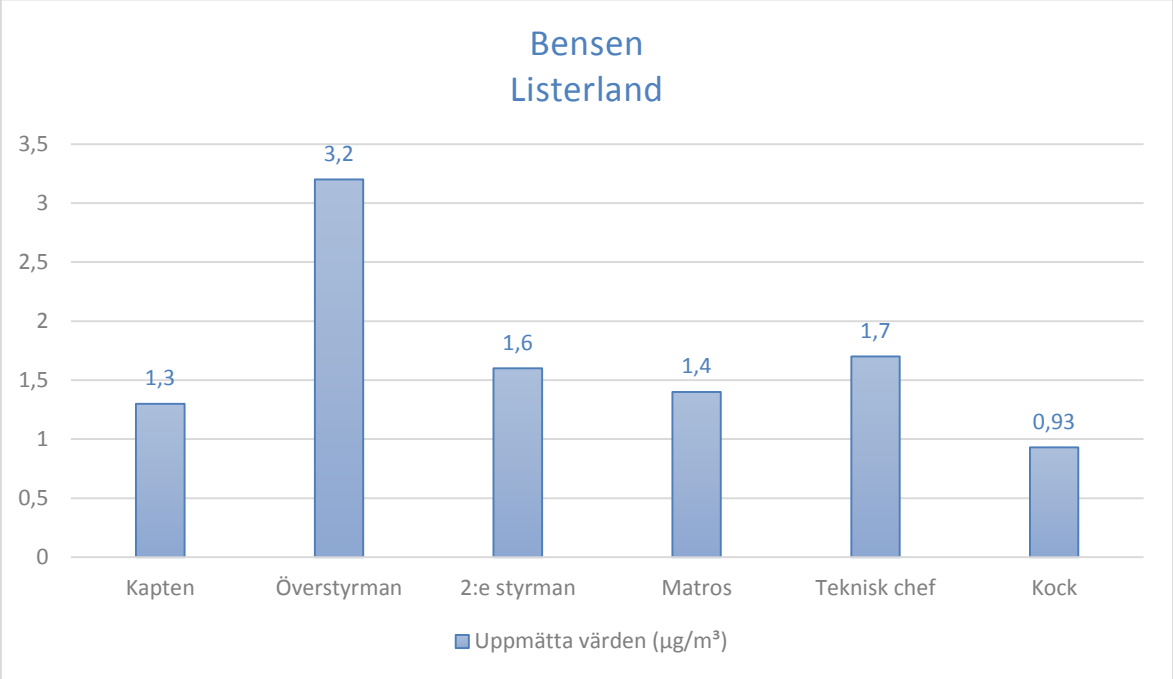
5.1.3 Polycykliska aromatiska kolväten

Polycykliska aromatiska kolväten samlades in genom specialprovtagare bestående av polyuretanskum instoppat i en skyddsbehållare av metall. Se figur 18. Provet analyserades sedan med gaskromatografi/masspektrometri efter att PUF extraherades i ett organiskt lösningsmedel. Den totala halten är en summa av 32 stycken individuella polycykliska aromatiska kolväten.

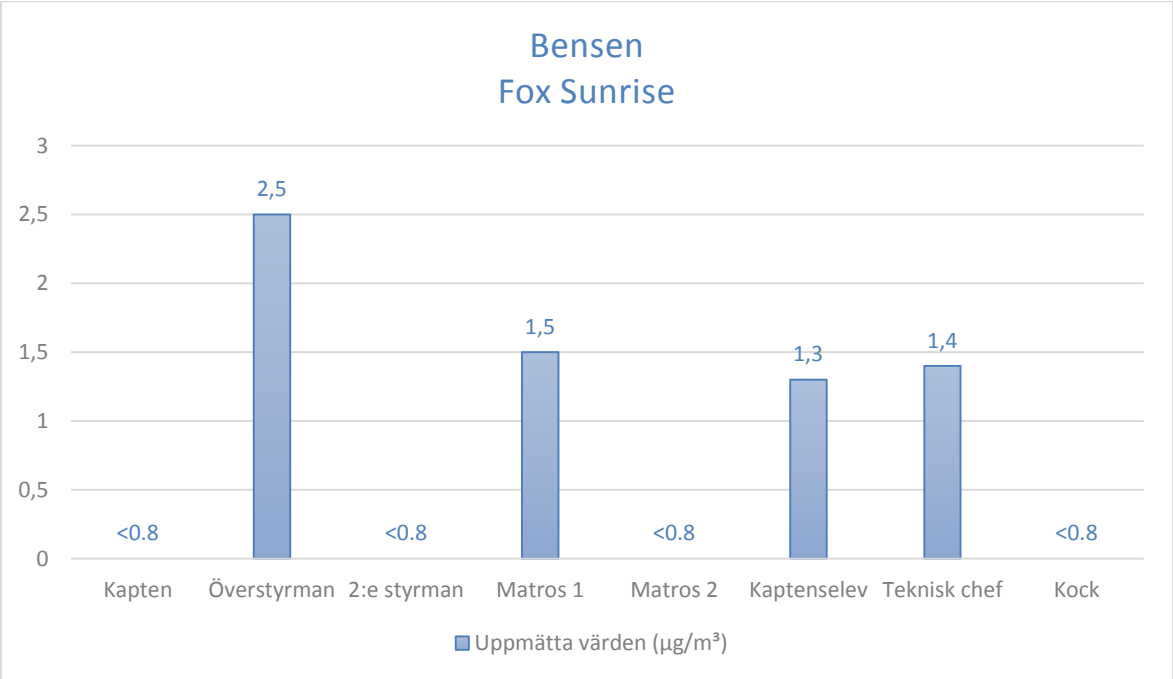
6 Resultat från mätningarna

Som framgår av figurerna nedan visar mätresultaten att värdena varierar beroende på vilken position ombord på fartyget som studerades. Halterna registrerades under 7 dagar, där personens position visas på x-axeln och uppmätt halt i visas på y-axeln.

6.1 Bensen

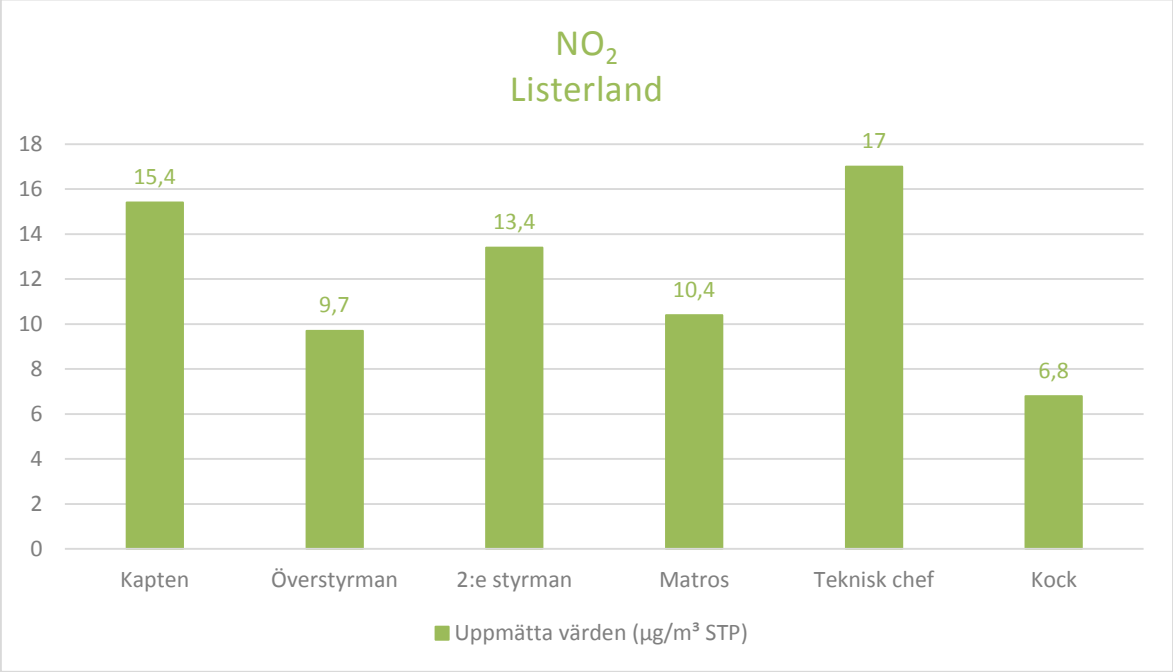


Figur 1. Illustrerar uppmätta halter av bensen ombord på Listerland. Högsta värdet låg hos överstyrman på 3,2 µg/m^3.

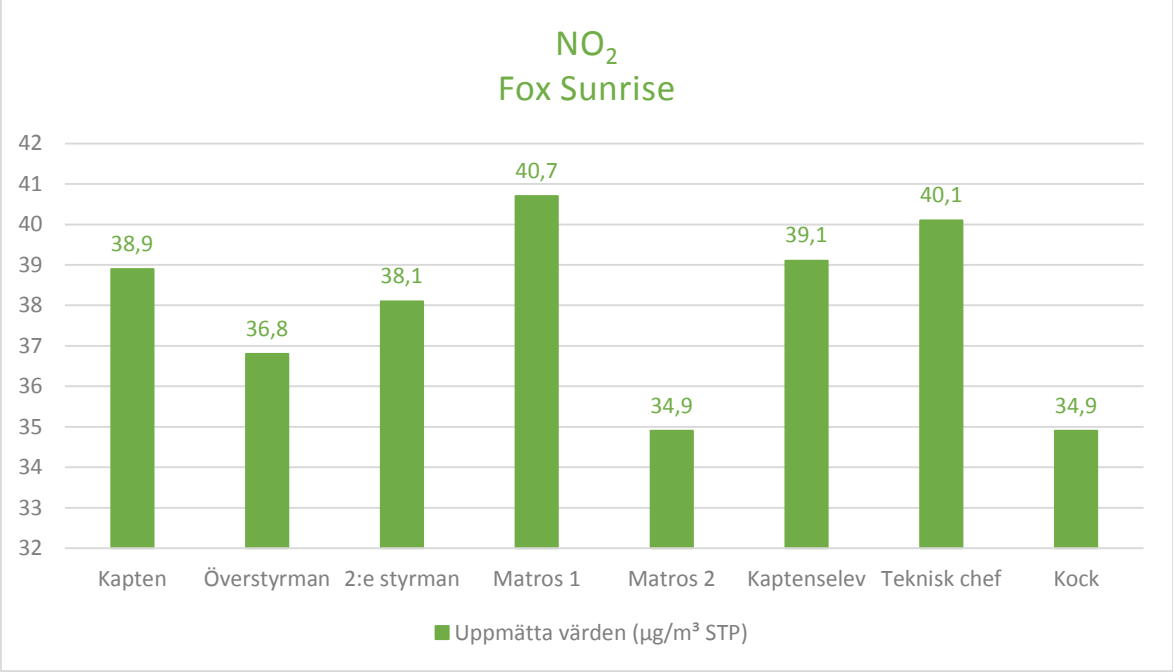


Figur 2. Illustrerar uppmätta halter av bensen ombord på Fox Sunrise. Högsta värdet låg hos överstyrman på 2,5 µg/m^3.

6.2 Kvävedioxid

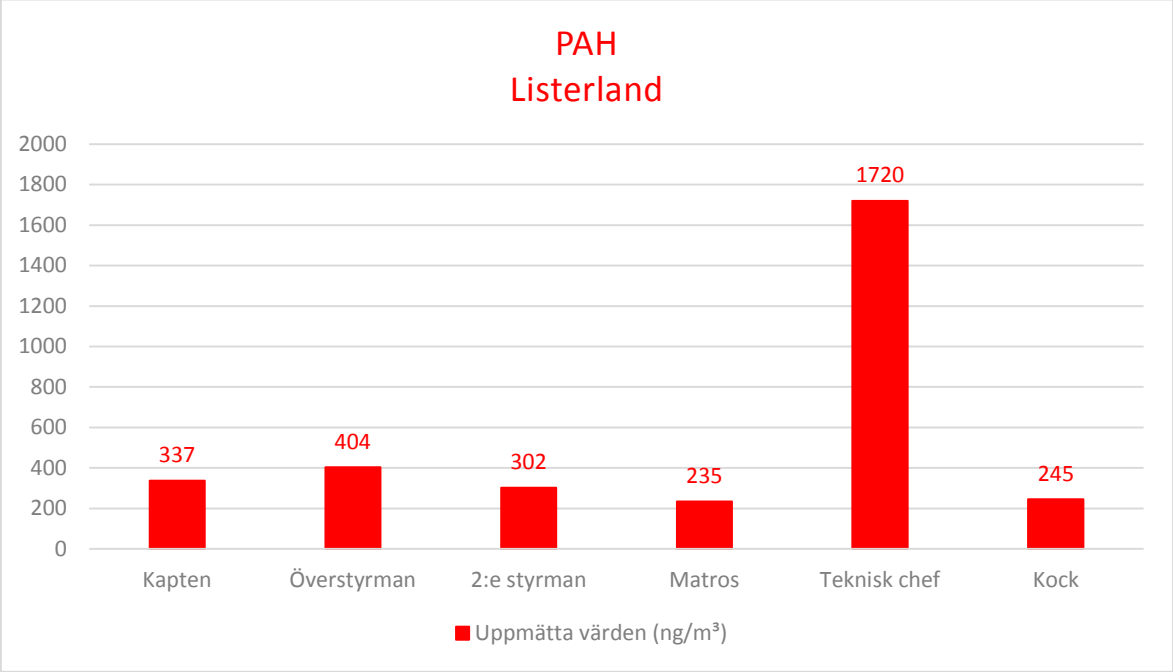


Figur 3. Illustrerar uppmätta halter av kvävedioxid ombord på Listerland. Högsta värdet låg hos den tekniske chefen på 17 µg/m^3.

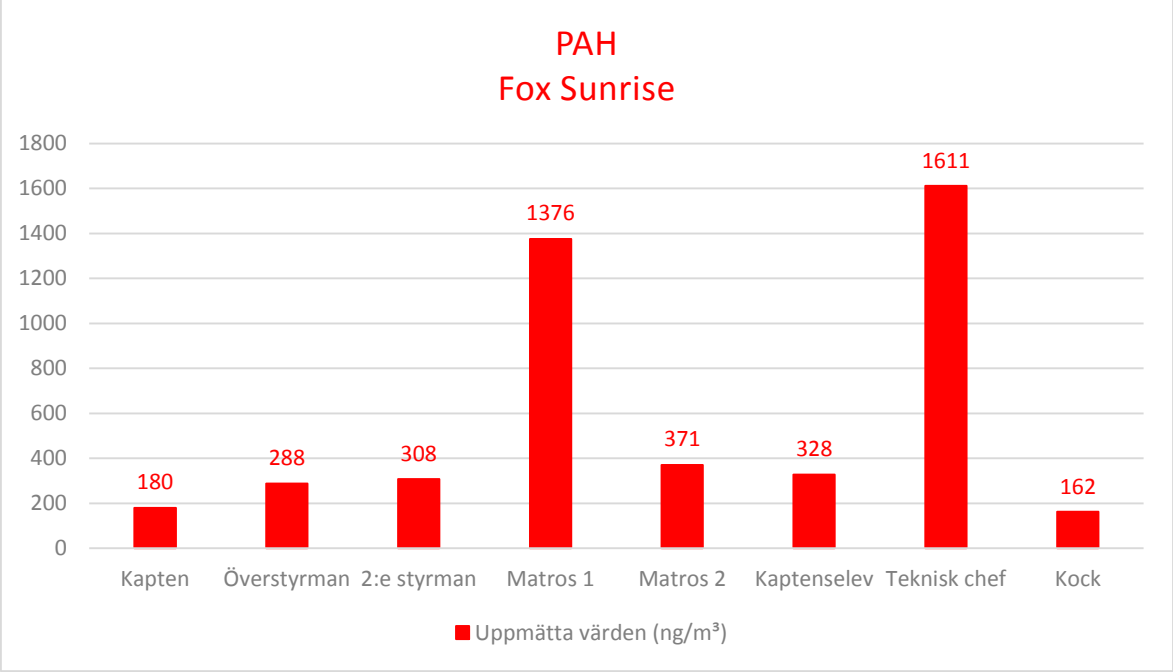


Figur 4. Illustrerar uppmätta halter av kvävedioxid ombord på Fox Sunrise. Högsta värdet låg hos den ena matrosen på 40,7 µg/m^3.

6.3 Polycykliska aromatiska kolväten



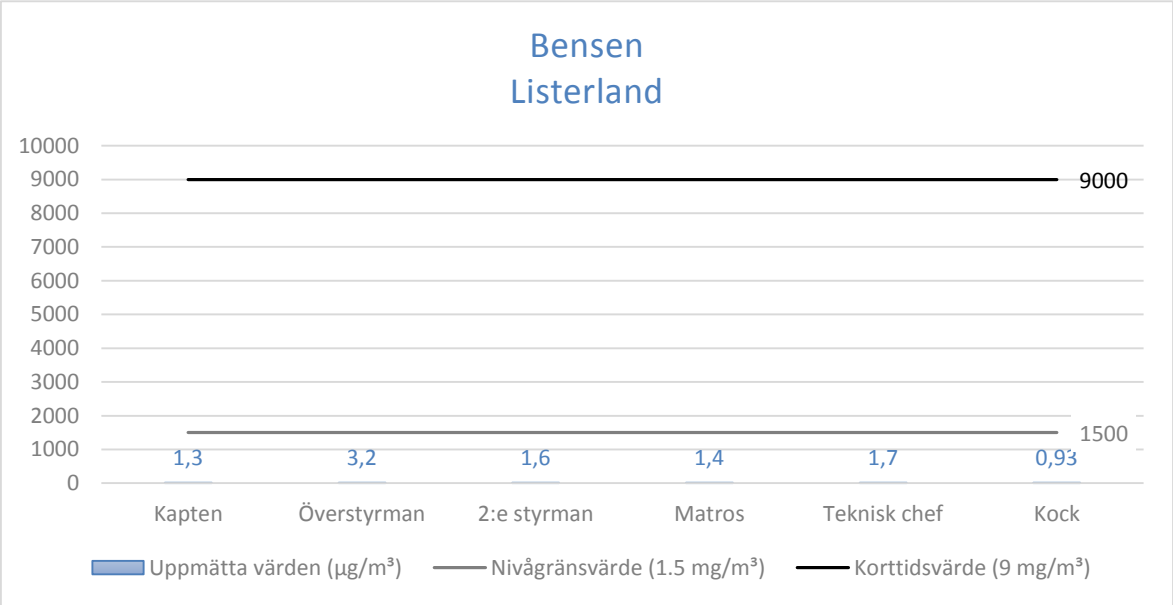
Figur 5. Illustrerar uppmätta halter av totalt 32 individuella polycykliska aromatiska kolväten ombord på Listerland. Högsta värdet låg hos den tekniske chefen på 1720 ng/m^3.



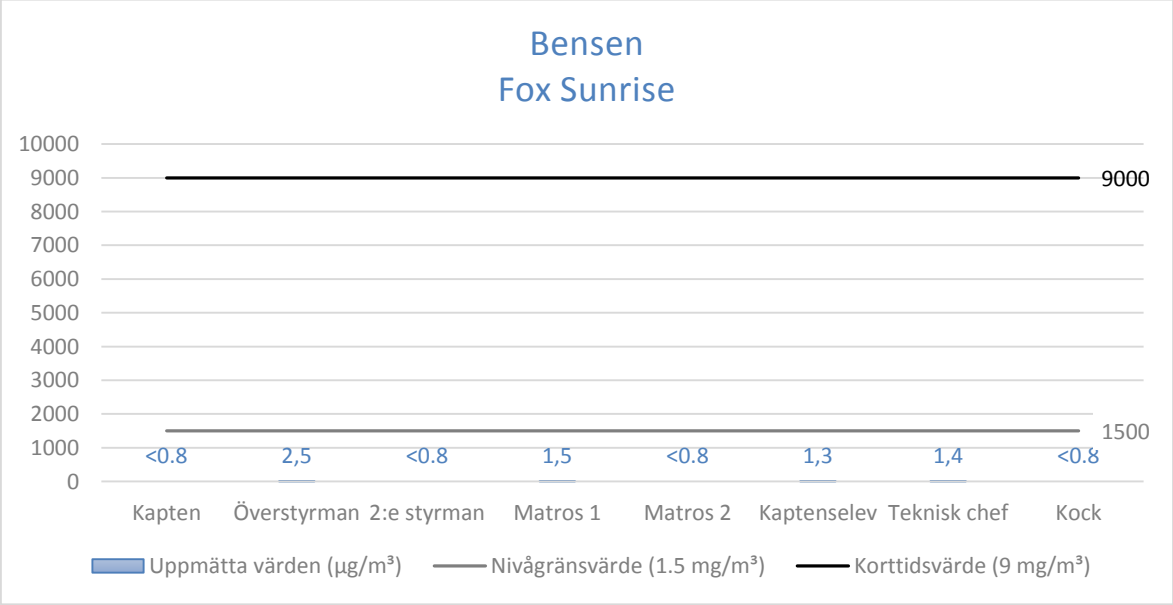
Figur 6. Illustrerar uppmätta halter av totalt 32 individuella polycykliska aromatiska kolväten ombord på Fox Sunrise. Högsta värdet låg hos den tekniske chefen på 1611 ng/m^3.

7 Analys av resultat

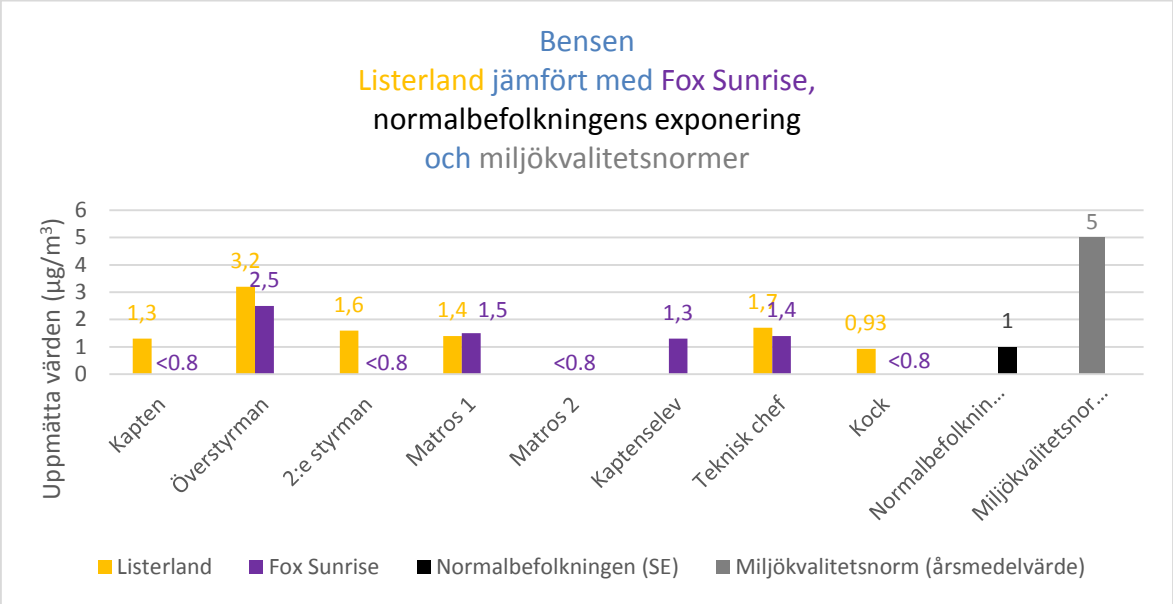
7.1 Bensen



Figur 7. Illustrerar hur uppmätta värden bensen ombord på Listerland förhåller sig till arbetsmiljöverkets nivågräns- och korttidsvärde. Som man kan se så ligger samtliga värden långt under båda gränserna.

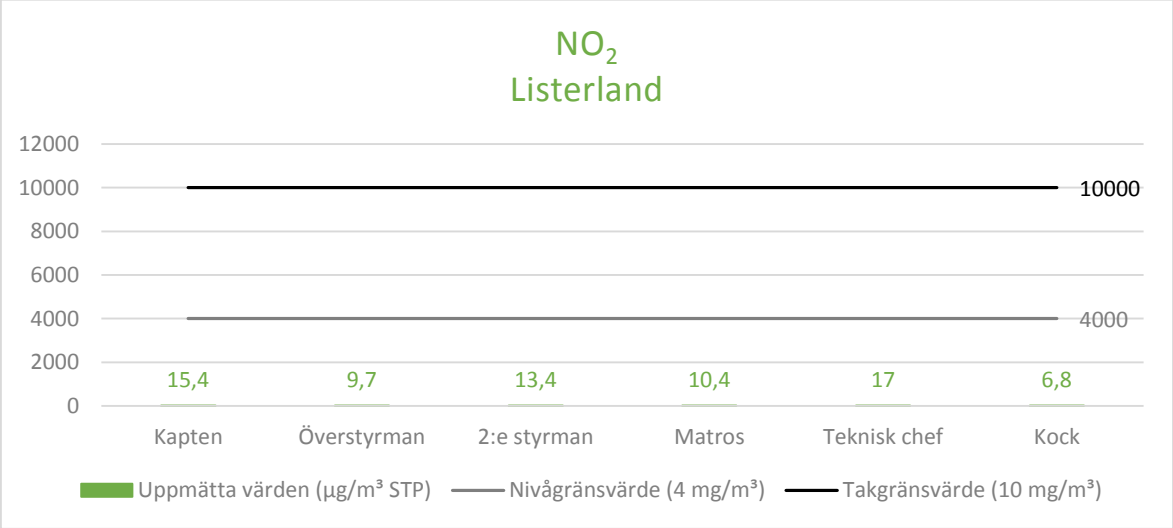


Figur 8. Illustrerar hur uppmätta värden bensen ombord på Fox Sunrise förhåller sig till arbetsmiljöverkets nivågräns- och korttidsvärde. Som man kan se så ligger samtliga värden långt under båda gränserna.

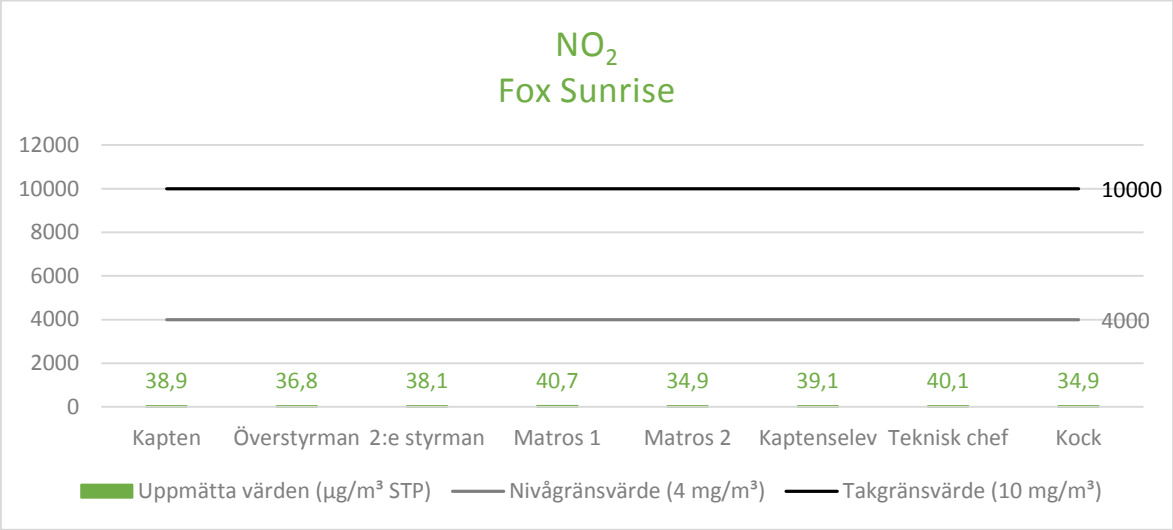


Figur 9. Illustrerar hur uppmätta värden bensen på de båda fartygen förhåller sig till varandra och på höger sida syns även normalbefolkningens exponering samt den svenska miljökvalitetsnormen. Som man kan se så exponeras besättningen för ungefär samma mängd som normalbefolkningen och samtliga värden ligger även under den svenska miljökvalitetsnormen.

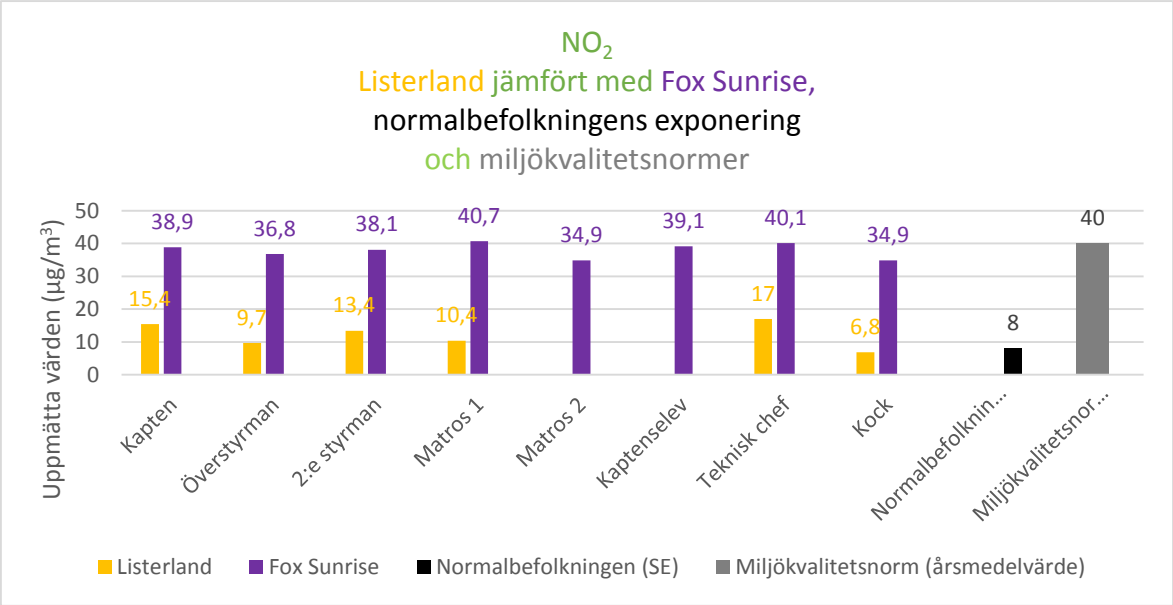
7.2 Kvävedioxid



Figur 10. Illustrerar hur uppmätta värden kvävedioxid ombord på Listerland förhåller sig till arbetsmiljöverkets nivå- och takgränsvärde. Som man kan se så ligger samtliga värden långt under båda gränserna.

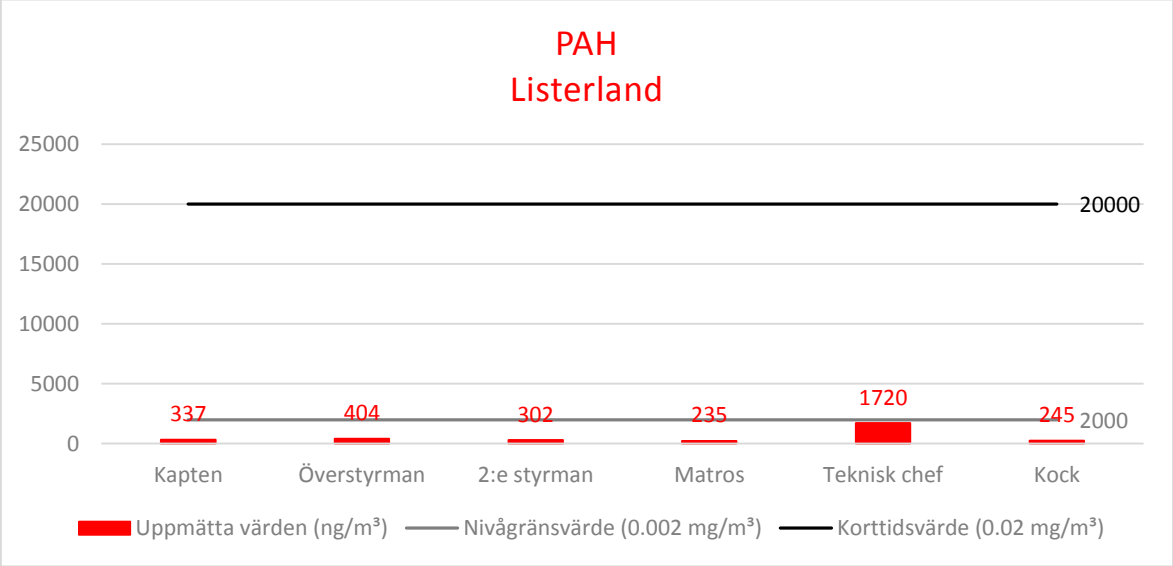


Figur 11. Illustrerar hur uppmätta värden kvävedioxid ombord på Fox Sunrise förhåller sig till arbetsmiljöverkets nivå- och takgränsvärde. Som man kan se så ligger samtliga värden långt under båda gränserna.

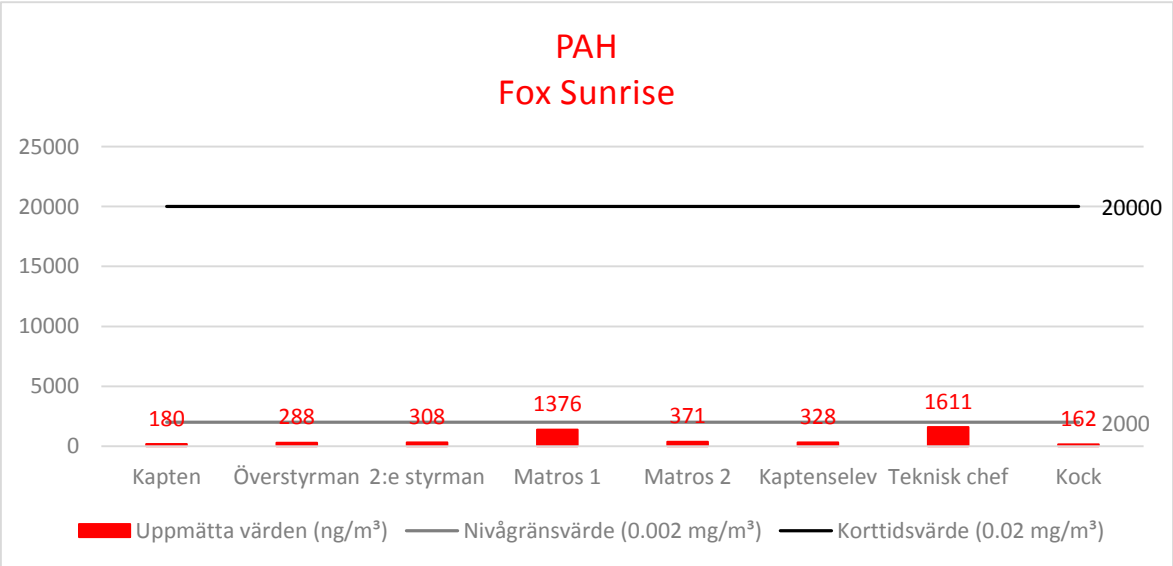


Figur 12. Illustrerar hur uppmätta värden kvävedioxid på de båda fartygen förhåller sig till varandra och på höger sida syns även normalbefolkningens exponering samt den svenska miljökvalitetsnormen. Som man kan se så exponeras båda besättningarna för lite mer kvävedioxid än vad normalbefolkningen gör och för två utav besättningsmedlemmarna ombord på Fox Sunrise så ligger värdena till och med något över den svenska miljökvalitetsnormen.

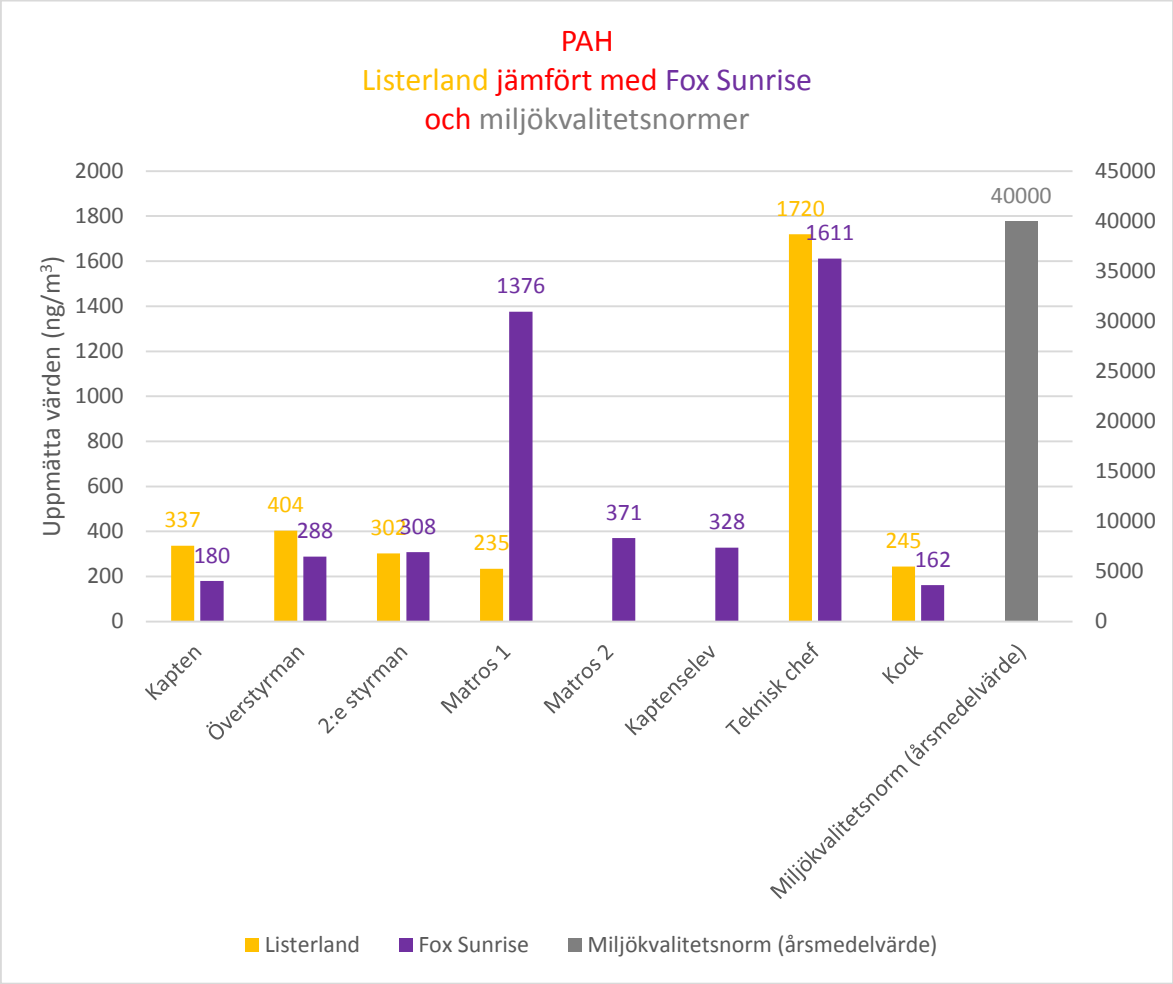
7.3 Polycykliska aromatiska kolväten



Figur 13. Illustrerar hur uppmätta värden av totalt 32 individuella polycykliska aromatiska kolväten ombord på Listerland förhåller sig till arbetsmiljöverkets nivågräns- och korttidsvärde. De flesta ligger långt under förutom värdena hos den tekniske chefen.



Figur 14. Illustrerar hur uppmätta värden av totalt 32 individuella polycykliska aromatiska kolväten ombord på Fox Sunrise förhåller sig till arbetsmiljöverkets nivågräns- och korttidsvärde. De flesta ligger långt under förutom värdena hos den tekniske chefen och den ena matrosen.



Figur 15. Illustrerar hur uppmätta värden av totalt 32 individuella polycykliska aromatiska kolväten på de båda fartygen förhåller sig till varandra. Tyvärr finns inga mätningar som visar normalbefolkningens exponering för den totala halten polycykliska aromatiska kolväten (det finns endast mätningar för vissa specifika PAH) men till höger visas den svenska miljökvalitetsnormen. Som man kan se så ligger värdena ungefär likadant på båda fartygen och samtliga värden ligger även långt under den svenska miljökvalitetsnormen.

8 Diskussion

Syftet med studien var att undersöka den luft som ombordanställda vistas i och andas in dagligen under sin tid ombord. Studien gjordes på två olika fartyg, ett bulkfartyg och ett tankfartyg. Resultaten skulle sedan jämföras med Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden och normalbefolkningens exponering.

Studien syftar till att besvara följande frågor:

- Är exponeringsnivåerna inom Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden?
- Är ombordpersonalens hälsa i större fara när de är ombord än när de är hemma?
- Är det någon markant skillnad ombord på olika fartyg?

I resultatdiskussionen nedan diskuteras om arbetets syfte och frågor har uppfyllts och besvarats.

8.1 Resultatdiskussion

Från mätningarna på Listerland och Fox Sunrise kan vi se att samtliga exponeringsvärden med marginal är godkända enligt Arbetsmiljöverkets rekommendationer. Mätvärdena på bensen och kvävedioxid ligger i snitt något över normalbefolkningen och i extremfallen långt över. Det som ter sig uppenbart för diskussion är hur relevanta mätningarna är. Eftersom de bara genomfördes under en vecka så kan man anta att de inte säger hela sanningen om vad man får i sig under sin tid till sjöss.

När mätningarna på Listerland utfördes så låg hon till kaj i Karlshamn under hela veckan. Mätningen påbörjades medan de lossade men det var klart dagen efter, sen låg de still och väntade på order. De har en hamngenerator som står i förskeppet långt ifrån bygget där besättningen normalt vistas och bor så man kan anta att de inte exponerades för någon betydande mängd avgaser som säkerligen skulle kunnat påverka nivåerna av PAH och kvävedioxid. De bunkrade heller inte under tiden de låg där vilket skulle kunna ses som en källa för ökade bensenhalter för de som deltar i bunkringsprocessen med tankpejling och provtagning.

När mätningarna på Fox Sunrise utfördes så var hon på resa mellan Göteborg och Kalmar. Hon var lastad med 90 % RMD80 och 10 % MGO, vilket skulle kunna ha påverkat halten av bensen ombord men mätningarna visar att nivåerna är likadana ombord på de båda fartygen. Att hon var i drift är troligtvis anledningen till den ökade halten av kvävedioxid då kvävedioxid uppstår vid förbränning och maskinerna ombord är placerade under bygget, till skillnad mot Listerland som låg till kaj med endast en hamngenerator igång placerad i förskeppet.

Värdet som vi jämför med för normalbefolkningen är i ännu högre grad ett teoretiskt värde, det är baserat på IVLs mätningar runtom i Sverige på uppdrag av naturvårdsverket och beskriver ett medelvärde på luften i Sverige. Ingen hänsyn har i detta fall tagits till den landbaserade människans vardag med tankning av bil, rökning, sittande i bilkö, arbeta på bensinmack eller verkstad osv. listan på inverkande faktorer kan göras näst intill oändlig. Skulle man då göra en snabb estimering baserat på svenskens normalsysslor en vanlig vecka så skulle värdena vi använt i våra jämförelser kunna antas vara lägre än de faktiska. Med hänsyn taget till detta så kan man dra slutsatsen att folk till sjöss inte vistas i luft som är så ren som möjligt men de utsätts inte för några alarmerande halter av bensen eller PAH i förhållande till de som lever på land i Sverige. Däremot visar mätresultaten från Fox Sunrise att under gång så är halterna av kvävedioxid avsevärt mycket högre än de man utsätts för i land eller på ett förtöjt fartyg, men även här måste man dock vara kritisk till vad man jämför med. Kvävedioxid uppstår vid förbränning så kan man anta att halter uppmätta i storstäder, där faktiskt de flesta i Sverige bor, skulle vara avsevärt högre än de medelvärden vi har jämfört med. Ett antagande som även kan vara värt att göra är att på fartyg där bygget är avskilt från skorstenen bör nivåerna av kvävedioxid vara betydligt lägre. Detta påvisas av resultaten från Listerland där hamngeneratorn stod i förskeppet, i stort sett hela fartygslängden från där besättningen vistades. Detta svarar på frågeställningen om det är farligare, ur ett lufttoxiskt perspektiv, att vara ombord än hemma.

I figur 7, 8, 10, 11, 13 och 14 ser vi respektive fartygs värden i förhållande till Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden för bensen, kvävedioxid och PAH. Figurerna illustrerar tydligt hur alla uppmätta värden, utom Listerlands tekniske chefs PAH värde samt Fox Sunrise tekniske chef och ena matros, ligger långt under nivågränsvärdet, vilket är värdet man inte bör vistas i under en längre tid. Den tre som visar en högre halt ligger fortfarande under detta värde på PAH men inte med samma marginal som de andra.

Vi kan med hjälp av dessa grafer se svaret på frågan om exponeringsnivåerna är inom Arbetsmiljöverkets gränser som att de är det.

I frågan om det är någon skillnad på olika fartygstyper så kan diskussionen gå om vi har ett tillräckligt stort urval för att dra någon relevant slutsats angående detta. Då vi endast mätt på två fartyg vid ett tillfälle kan det vara en potentiell tillfällighet att värdena liknar varandra. Dock så ligger det ena fartyget olastat till kaj medan det andra fartyget är i lastat och i drift men trots detta så visar de värden vi har fått fram att svaret blir att det inte gör någon större skillnad vilken typ av fartyg man är på.

8.2 Metoddiskussion

Sättet mätningarna utfördes på valdes för att få en så tydlig bild som möjligt av vilka luftföroreningar som besättningarna utsätts för. Mätutrustningen sattes högt upp på bröstet på besättningsmedlemmarna för att ge ett resultat som speglar inandningsluften i så stor utsträckning som möjligt. Alla (som ville) ombord fick sin egen utrustning och på så sätt fick vi en bra överblick över exponeringen för de olika befattningarna.

Osäkerheten i mätningarna ligger i att vi faktiskt inte vet i vilken utsträckning besättningen hade på sig sina mätare. Det var en ganska ordentlig ”brosch” vi hängde på dem som i vissa fall kan kännas som den sitter lite i vägen eller är lite obekväm. Det kan mycket väl vara så att mätutrustningen inte alltid befann sig där personen vi mätte på befann sig. Detta skulle då innebära att vi ändå fortlöpande har mätt luften ombord men inte alltid luften besättningsmedlemmen andades in. För en mer korrekt och pålitlig studie skulle vi själva kunnat vara ombord under mätperioden och haft mätinstrumenten på oss. Därefter skulle vi kunnat bära dem hemma i en vecka för att få ett bra referensvärde för föroreningarna man utsätts för till vardags i land.

Mätningarna är dessutom utförda under en vecka på varje fartyg och tar inte någon hänsyn till de arbeten som utfördes då, tid på året, väder osv. För en mer korrekt mätning bör man göra fler mätningar under olika förhållanden vid olika tid på året och ta fram ett medelvärde att utgå ifrån.

9 Slutsatser

- Nivåerna av bensen, kvävedioxid och PAH är med god marginal inom Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden.

- Ombordpersonalen utsätts inte för någon större fara, förknippad med luftföroreningar, när de är ombord jämfört med när de är hemma.

- Det är inte någon avsevärd skillnad på nivåerna av bensen, kvävedioxid och PAH beroende på om man befinner sig på ett bulkfartyg eller ett tankfartyg.

10 Förslag till vidare studier

Studien vi har gjort är ganska så specifikt inriktad på just två fartyg och endast fokuserad på tre olika toxiska luftföroreningar. Det hade varit intressant att göra en liknande studie över en längre tid med fler mätningar vid olika driftsförutsättningar ombord.

Man skulle även kunna kombinera studien med stationära mätinstrument runtom på fartyget. Det skulle kunna ge en bättre bild över var man måste fokusera sin energi för att förbättra arbetsmiljön. Man skulle då kunna se varför vissa värden sticker ut för vissa medlemmar i besättningen om man analyserar deras rörelsemönster ombord.

Gör man de ovannämnda studierna på flera olika fartyg och även får möjligheten att mäta vid drift med olika bränslen så skulle resultatet kunna användas för att i framtiden minimera ombordanställdas exponering för toxiska luftföroreningar och därmed förbättra hälsan på våra kvinnor och män till sjöss.

Referenser

Ferm M, Rodhe H 1997. Measurements of air concentrations of SO2, NO2 and NH3 at rural and remote sites in Asia. *Journal of Atmospheric Chemistry*, **27**, 1, 17-29.

Forsell K, Hageberg S, Nilsson R. 2007. Lung cancer and mesothelioma among engine room crew – case reports with risk assessments of previous and ongoing exposure to carcinogens. Internat. Marit. Health 58, 1-4.

IARC, 2015. *IARC: Outdoor Air Pollution.*

IARC, 2013. *IARC: Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes*.

IARC, 2012. *IARC: Diesel Engine Exhaust Carcinogenic. Press release No. 213.*

IVL, 2014. Diffusive Sampling - Diffusive Sampling. Available at: http://www.diffusivesampling.ivl.se/ [Accessed Mars 27, 2016].

IVL, 2015. Luftkvalitet. Available at: http://www.ivl.se/datavard-luft [Accessed May 2, 2016]

Kaerlev L, Hansen J, Hansen HL, et al. 2005. Cancer Incidence among Danish seafarers; A population based cohort study. Occup. Environ. Med. 62, 761-765.

Krook, K., 2001. Kemisk yrkes- och miljöhygien, Solna: Arbetslivsinstitutet och Prevent.

Saarni H, Pentti J, Pukkala E. 2002. Cancer at sea: a case-control study among male Finnish seafarers. Occup. Environ. Med. 59, 613-619.

U.S. Department of health and human services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007. *Toxological profile for benzene.*

U.S. Department of health and human services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1995. *Toxological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons.*

WHO, 2005. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005*.

Bilagor

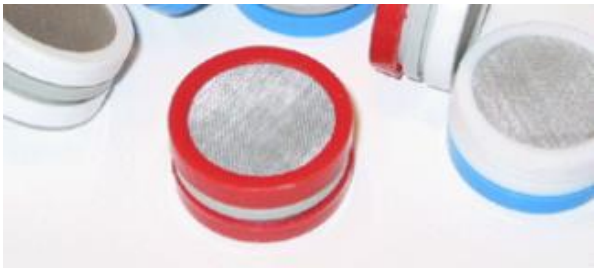
Bilaga A Definitioner och förkortningar

Hygieniskt gränsvärde	Högsta godtagbara genomsnittshalt av en luftförorening i inandningsluften beräknat som ett tidsvägt medelvärde. Ett hygieniskt gränsvärde är antingen ett nivågränsvärde eller ett takgränsvärde.
Exponering	Där någon utsätts för något som kan ge en konsekvens för personens hälsa. Miljöfaktorer som kan ge konsekvenser är till exempel luftföroreningar och damm.
Korttidsvärde	Ett rekommenderat högsta värde för exponering beräknat som ett tidsvägt medelvärde under en referensperiod av 15 minuter. Korttidsvärden är rekommenderade värden som tjänar som riktlinjer i skyddsarbetet och används vid bedömning av exponeringsförhållanden. Allmänt råd.
Luftförorening	Ämne eller blandning av ämnen i luft som över en viss halt kan medföra ohälsa.
Miljökvalitetsnorm (årsmedelvärde)	Gränsvärdesnormer som ska följas (finns vissa undantag som ska eftersträvas). De gäller i hela landet och är baserade på EU-direktiv. Årsmedelvärdet får aldrig överskridas.
Nivågränsvärde	Hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag, normalt 8 timmar.
Riktvärde	Normvärde som anger halt av föroreningar som inte bör överskridas för att en god miljö ska upprätthållas. Riktvärden är vägledande men inte bindande.
Takgränsvärde	Hygieniskt gränsvärde för exponering under en referensperiod av 15 minuter. Juridisk status av föreskrift.

Sammanställning av (AFS 2011:18; Krook 2001; Luftkvalitetsförordningen 2010:477; U.S. Department of health and human services 2007; WHO 2005).

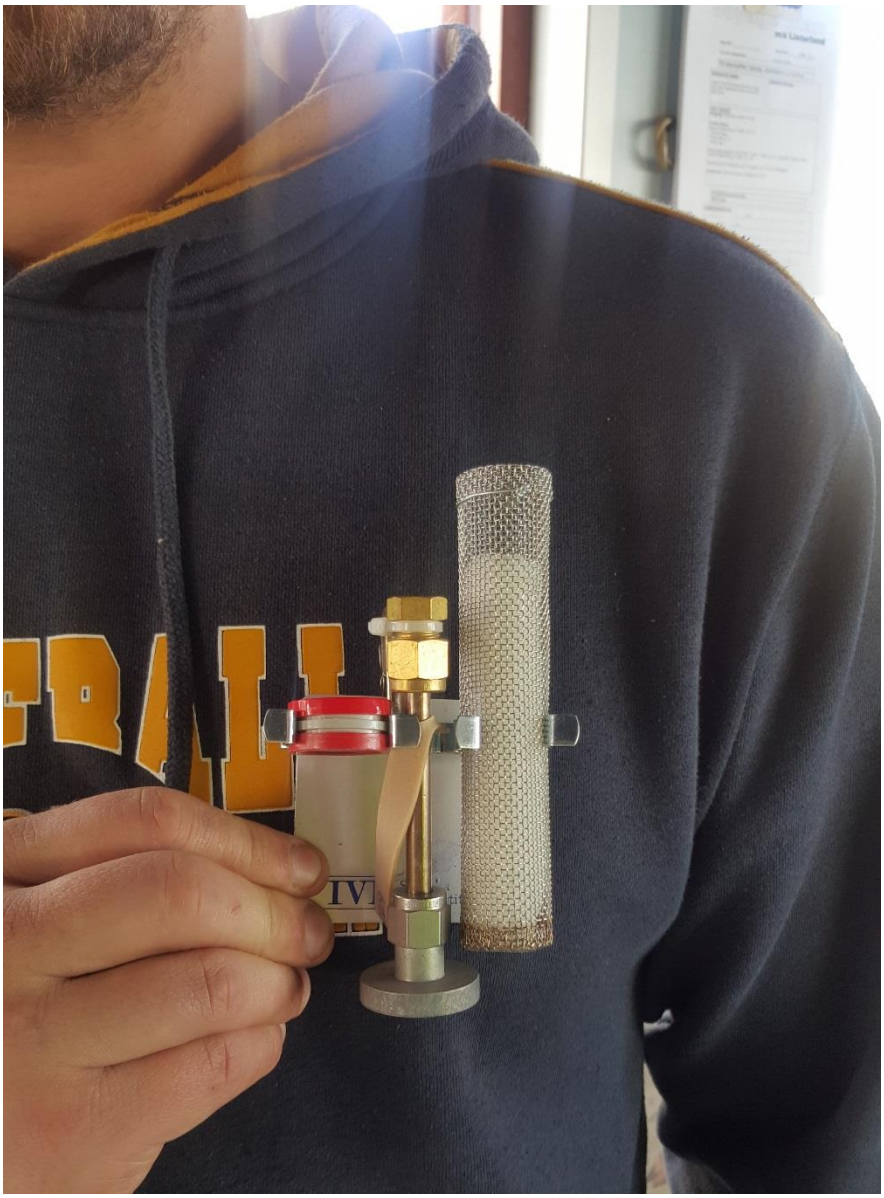
Bilaga B Bilder på mätutrustning

Figur 16. Visar hur provtagaren för VOC (bensen) ser ut.



Figur 17. Visar hur provtagaren för kvävedioxid ser ut.

Figur 18. Visar hur PUF, provtagaren för PAH, ser ut.



Figur 19. Visar var på kroppen samtliga provtagare fästes.

Linnéuniversitetet
Sjöfartshögskolan

391 82 Kalmar
Tel 0772-28 80 00
sjo@lnu.se
Lnu.se