



AMMONIAKKUTSLIPP FRA SCR-ANLEGG OM BORD I FARTØY

Resultater fra målinger på marine dieselmotorer
utstyrt med SCR-anlegg og svar på
spørreundersøkelse omkring opplæring, drift og
vedlikehold av SCR-anlegg

Ammoniakkutslipp fra SCR-anlegg om bord i fartøy

Resultater fra målinger på marine dieselmotorer utstyrt med SCR-anlegg og svar på spørreundersøkelse omkring opplæring, drift og vedlikehold av SCR-anlegg

Forfattere:

Øyvin Melhus

Bjørn Haukebø

Dag Remi Reitan

Håvard Sørheim

Oppdragsgiver:

Næringslivets NOx-fond

v/Tommy Johnsen

Revisjonshistorikk:

01	16.11.2017	Internt utkast ECOXY AS
02	17.11.2017	Utkast til klient for kommentar
03	27.11.2017	Endelig versjon
04	01.03.2018	Opprettet versjon (feil i figur 2).

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	3
SUMMARY	4
1 INNLEDNING	5
2 SCR-ANLEGG OG NO_x-REDUKSJON	8
2.1 UTFORMING OG LEVERANDØRER AV SCR-ANLEGG	8
2.2 SKIP MED SCR-ANLEGG I DRIFT	8
2.3 PRINSIPPET FOR NO _x -REDUKSJON MED SCR	9
2.4 SKIP MED SCR-ANLEGG FINANSIERT AV NO _x -FONDET	10
2.5 KONTROLL AV SCR-ANLEGG	10
3 GJENNOMFØRING AV NH₃-MÅLINGER.	13
4 RESULTATER FRA NH₃-MÅLINGENE.	15
4.1 INNLEDNING	15
4.2 RESULTATER AV 5-ÅRSMÅLINGER	16
5 SPØRREUNDERSØKELSE.	21
5.1 UTFORMING OG MÅL MED SPØRRESKJEMA.....	21
5.2 SCR-LEVERANDØR	21
5.3 VEDLIKEHOLD AV SCR-ANLEGGET	22
5.4 FAKTORER SOM KAN PÅVIRKE ANLEGGETS FUNKSJONALITET	22
5.5 INJEKSJONSSYSTEM FOR UREA	23
5.6 DISKUSJON AV BESVARELSENE	24
6 VURDERING OG KONKLUSJON.	27
7 REFERANSER.....	29
8 VEDLEGG	30
VEDLEGG 1 SIKKERHETSDATABLAD AMMONIAKK	31
VEDLEGG 2 SPØRRESKJEMA	33

Sammendrag

Ifølge Gøteborgprotokollen har Norge forpliktet seg til å redusere sine NO_x-utslipp til omtrent 151 000 tonn i 2020. NO_x-fondet – som ble etablert i 2008 - har i stor grad bidratt til Norge er i ferd med å nå dette målet. Skipsfarten har redusert sitt samlede NO_x-utslipp mer enn forventet med bl.a. å installere SCR-anlegg. Ved å installere slike anlegg reduseres NO_x-utslippet kraftig. Ved korrekt drift og kontroll av anlegget skal det ikke skje, men det er risiko for at det kan slippes ut ammoniakk.

Ammoniakk (NH₃) er på samme måte som nitrogenoksider (NO_x) en luftforurensning som er regulert i Gøteborgprotokollen. Ammoniakk har en forsurende effekt og fører til overgjødning av vann og vassdrag. I tillegg er ammoniakk i jorda kilde til utslipp av klimagassen lystgass (N₂O).

Ammoniakk er helseskadelig for mennesker - ved innånding kan det forårsake skader på lungene. For fisk og dyr i vann/sjø er ammoniakk er svært giftig selv i veldig lave konsentrasjoner. Det er derfor klassifisert som en miljøgift.

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra et prosjekt Ecoxy AS har gjennomført for NO_x-fondet for å finne ut om ammoniakkutslipp fra fartøy som har SCR-anlegg installert er et problem.

I prosjektet er måling av ammoniakkutslipp på i alt 45 motorer på til sammen 29 fartøy gjennomført. På 22 fartøy var SCR-anlegget montert for 5 år siden eller mer. 7 fartøy var nybygg. 29 av de 45 motorene (21 hovedmotorer og 8 hjelpemotorer) var såkalte «5-års-målinger» - nye målinger etter at anlegget har vært i drift 5 år (eller mer). De resterende 16 (3 hovedmotorer og 13 hjelpemotorer) var førstegangsmålinger på nyinstallerte anlegg (på nybygde fartøy).

Ingen av SCR-anleggene på de nybygde fartøyene som ble målt hadde ammoniakkslipp over 20 ppm (@15% O₂). 11 av fartøyene som hadde hatt SCR-anleggene om bord i fem år eller mer hadde utslipp over 20 ppm (@ 15% O₂).

Årsaken til at så mange av de «gamle» SCR-anleggene hadde såpass høye ammoniakkutslipp er flere. Degradering av katalysatoren er den mest nærliggende å trekke fram siden alle leverandører anbefaler kontroll/utskifting av katalysatormaterialet etter 3 til 5 år (avhengig av årlig driftstid). Endrede driftsforhold for motoren er en annen grunn som kan bidra til at reguleringen av SCR-anlegget gjøres på feilaktig grunnlag (motorens NO_x-utslipp er et annet enn det kontrollenheten for SCR-anleggets urea-dosering er basert på).

Degraderingen må følges opp og uten noen form for kontroll vil man neppe oppdaget at effektiviteten i SCR-katalysatoren er redusert. Spørreundersøkelsen bekrefter i grunnen disse antagelsene. Av de 17 svar som ble mottatt har 7 av de 8 med NH₃-utslipp over 20 ppm ikke har noen serviceavtale.

Summary

According to the Gothenburg protocol, Norway is obliged to reduce their total NO_x emissions to approximately 151 000 tons by 2020. The NO_x Fund – established in 2008 – has been a major contributor to make this target achievable. The marine traffic in Norway has reduced its NO_x emission more than expected by i.e. installing SCR systems. By doing so, the NO_x emissions are heavily reduced. By proper adjustment, operation and control no reduction medium (NH₃) should be able to escape, but if not proper it might happen.

Ammonia (NH₃) like nitrogen oxides (NO_x) is an air pollutant controlled by the Gothenburg protocol. Ammonia contributes to eutrophication (acidification by Nitrogen) of water and rivers. In the soil, it contributes to releasing laughing gas (N₂O).

Ammonia is poisonous to humans – by breathing, it may seriously harm the lungs. For fish and sea animals, ammonia is extremely poisonous even at very low concentrations. Ammonia is therefore classified as an environmental toxin.

This report sums up the results from a project carried out by Ecoxy AS on behalf of the NO_x Fund to find out if ammonia slip from SCR systems on board ships represents any problem.

Ammonia emission measurements have been carried out on 45 marine diesel engines equipped with an SCR system on board 29 vessels. The SCR system had been operating for 5 years or more on 22 of the vessels. The remaining ships were new buildings. 29 out of the 45 engines (21 main engines and 8 auxiliary engines) were so called «5 year measurements» - measurements made 5 years (or more) after the initial measurement when installed. The rest of the measurements (3 main engines and 13 auxiliary engines) were first time measurements on new SCR installations (on new buildings).

None of the new SCR systems installed was found to have excessive ammonia slip – they were all well below 20 ppm (@15% O₂). 11 of the vessels with SCR systems that had been operating for 5 years (or more) had ammonia slip above 20 ppm (@ 15% O₂).

The reasons why so many “old” SCR systems have such a high ammonia slip are many. First, degrading of the catalyst will occur – all suppliers recommends controlling/replacing the catalytic material inside the catalyst every 3 to 5 year (depending on yearly operating hours). Second, the control of the SCR system may be incorrect due to altered running conditions for the engines (the NO_x emission from the engine is different from what the urea-dosing controller in the SCR was trained for).

Degradation have to be followed up. Without any control is it hardly possible to detect that the SCR system is losing efficiency. The inquiry seems to confirm this assumption. Of the 17 answers received 7 of the 8 vessels with NH₃ slip above 20 ppm say they don't have any service agreement with the SCR supplier.

1 Innledning

1.1.2007 ble det innført avgift på utslipp av NO_x fra forbrenningskilder i Norge.

Alle skip med samlet fremdriftseffekt på 750 kW eller mer er omfattet av dette NO_x-regimet.

Det norske NO_x-regimet setter imidlertid ingen krav til utslipp av andre skadelige utslipp, og SCR-anlegg er blant annet utsatt for en risiko for NH₃-utslipp.

SCR-anlegg:

Teknologien Selective Catalytic Reduction (SCR) reduserer utslipp av nitrogenoksider (NO_x) ved hjelp av en katalysator. SCR-teknologi kan oppnå en reduksjon på opptil 95 % av NO_x i forbrenningsprosessen

Ifølge Gøteborgprotokollen som ble inngått i 1999 og ratifisert i 2005 skulle Norge maksimalt slippe ut 156 000 tonn NO_x fra og med 2010. I 2010 var utslippet omtrent 177 000 tonn. Gøteborgprotokollen ble videre revidert i 2012. Landene forplikter seg nå til prosentvis reduksjoner innen 2020. Norge har forpliktet seg til å redusere utslippene av NO_x med 23 prosent sammenlignet med utslippene i 2005. Dette er omtrent 5 000 tonn lavere enn 2010-forpliktelsen.

På bakgrunn av dette ble det 1.1.2007 innført avgift på utslipp av NO_x fra forbrenningskilder i Norge. Alle skip med samlet fremdriftseffekt på 750 kW eller mer er omfattet av dette NO_x-regimet. Som en følge at det økte kostnadselementet for rederier og andre bedrifter ble Næringslivets NO_x-fond etablert. Dette fondet har påtatt seg å administrere innbetalt NO_x-avgift fra medlemmene i NO_x-fondet og bidra til at det aller meste av innbetalte avgifter tilbakeføres til næringslivet som støtte til NO_x-reduserende tiltak.

Siden starten i 2008 har NO_x-fondet bidratt til at det er installert en rekke SCR-anlegg på skip i norsk kystfart. Fondets bidrag til både SCR-anlegg og andre NO_x-reduserende tiltak har medført en stor reduksjon i skipsfartens bidrag til NO_x-utslipp i Norge. Det norske NO_x-regimet setter imidlertid ingen krav til andre skadelige utslipp, og SCR-anlegg er bl.a. utsatt for en risiko for NH₃-utslipp.

Internasjonalt er det innført restriksjoner og reguleringer på utslipp av NO_x, dette er innført spesielt i Nord-Amerika og i Europa. Samtidig arbeider IMO (den internasjonale maritime organisasjonen) for reduksjoner av NO_x fra den maritime sektoren og over tid arbeides det med stegvis reduksjoner av NO_x utslippene.

I Sverige har man et utslipsregime som gir skip rabatt på «farledsavgift» dersom de har reduserte NO_x-utslipp. I dette regimet er det stilt krav om at det fra motorer som er utstyrt med SCR-anlegg for NO_x-reduksjon ikke skal være høyere NH₃-utslipp enn 20 ppm v/15% O₂. NO_x-fondet har derfor bedt Ecoxy å undersøke hvordan situasjonen er i Norge når det gjelder NH₃-slipp fra skip med SCR-anlegg. Ecoxy har erfaringer med måling av NO_x-utslipp fra ca. 900 skip, borerigger og landanlegg. En stor andel av fartøyene målt de siste 5 årene har hatt motorer med SCR-anlegg installert.

Høsten 2015 kunngjorde NO_x-fondet at det var mulig å søke om forsknings- og utviklingsmidler. Ecoxy fikk innvilget støtte til måling og kartlegging av mulig ammoniakkutslipp fra SCR-anlegg – både fra nye anlegg og fra anlegg som hadde vært i drift noen år.

NO_x-fondet innførte fra 01.01.2016 krav om at fartøy med ureaanlegg skulle måles hvert femte år. Dette kravet gjorde det mulig å utføre ammoniakkmålinger i forbindelse med disse «femårs-målingene».

I tidsrommet 2008 – 2016 har NO_x-fondet gitt tilsagn til støtte til mer enn 200 SCR-anlegg. I samme perioden har NO_x-fondet også gitt støtte til utskifting av katalysatorelementer på 29 fartøy. I 2015 støttet NO_x-fondet kjøp av urea med 13,7 millioner til 62 fartøy, i 2016 var tallene 21,2 millioner til 86 fartøy [1]¹.

I tillegg til måling av ammoniakkutslipp inneholdt prosjektet en spørreundersøkelse hvor Sjøfartsdirektoratet og NO_x-fondet har definert en del spørsmål knyttet til blant annet opplæring i drift og vedlikehold av SCR-anleggene.

¹ Tall i parentes henviser til referanser i avsnitt 7.

Ammoniakk (NH_3) er på samme måte som nitrogenoksider (NO_x) en luftforurensning som er regulert i Gøteborgprotokollen. For Norges vedkommende var utslippet i basisåret 2005 på 28 000 tonn, mens forpliktelsen for 2020 er på maksimalt 25 000 tonn.

Ammoniakk har forsurende effekt og fører til overgjødning av vann og vassdrag. I tillegg er ammoniakk i jorda kilde til utslipp av klimagassen lystgass (N_2O). Ammoniakk er helseskadelig for mennesker ved innånding. Kan forårsaker skader på lungene. Ammoniakk er meget giftig for fisk og dyr i vann/sjø selv i meget lave konsentrasjoner (dødelig konsentrasjon er 0,2-2 mg/l, 0,2-2 ppmw) og er derfor klassifisert som en miljøgift. Grenseverdier for ulike eksponeringstid kan finnes som Vedlegg 1.

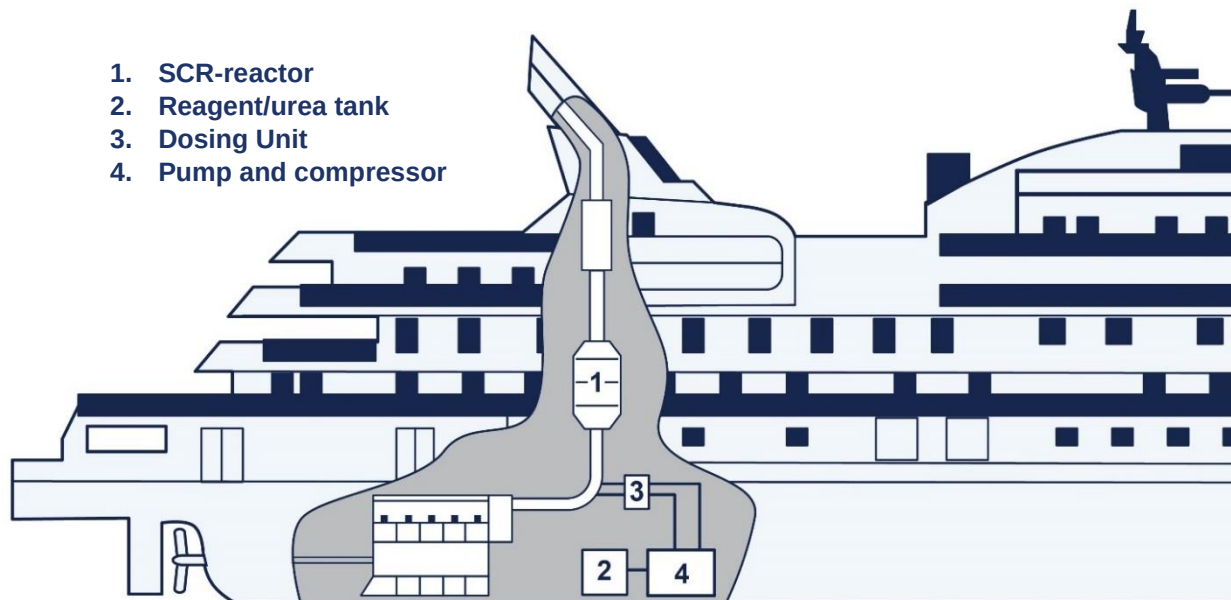
2



2 SCR-anlegg og NO_x-reduksjon

2.1 Utforming og leverandører av SCR-anlegg

Et typisk SCR-anlegg for NO_x-reduksjon om bord i skip er vist i Figur 1 [2].



Figur 1 Et typisk system for NO_x-reduksjon om bord i skip [2].

Det er en rekke leverandører av SCR-anlegg til marin virksomhet i Norge. De benytter nesten utelukkende urea-løsninger som NH₃-kilde for å oppnå reduksjon av NO_x.

I den undersøkelsen som Ecoxy har gjennomført er følgende leverandører representert (oppgitt fra de skip/rederier vi har vært om bord hos):

1. H+H [3]
2. DEC Marine [4]
3. Argillon [5]
4. YARA/Wilhelmsen NoxCare [6]
5. GESAB [7]

Pr. i dag er deler av H+H kjøpt av Yara som også har overtatt Wilhelmsen NOxCare, mens Argillon er overtatt av Johnson-Matthew.

2.2 Skip med SCR-anlegg i drift

SCR-anlegg er tatt i bruk som NO_x-reduserende tiltak på flere ulike typer fartøy. Ecoxy har vært om bord og gjort NH₃-utslippsmålinger i følgende typer skip som har installert SCR-anlegg:

- Supplyskip - 18
- Fiskefartøy - 6
- Tankskip - 5

Systemene er prinsipielt like på alle typer skip, men utforming og tilpasning av systemene gjøres individuelt på hvert skip. Tilkomsten til egnet sted for å sette inn målesonder for målinger har derfor variert fra skip til skip.

Måleresultatene viste at flere av SCR-anleggene ikke reduserte NO_x-utslippet slik det var forutsatt da det var nyinstallert og at det også ble påvist utslipp av ammoniakk (NH₃). Det kan være flere årsaker til redusert effekt i SCR-anlegget med påfølgende NH₃-slip – noen av dem er:

- Degradering av det katalytiske materialet. Skyldes sintring («sammenklumping») av det jevnt fordelte katalytiske belegget på overflaten av katalysatoren («steinene»).
- Kjemisk «forurensning» som reduserer de katalytiske egenskapene i anlegget (bl.a. fra smøreolje i form av halogener, alkalimetaller, arsen, fosfor, antimon, krom, kobber).
Ved installasjon i nye båter anbefales det å ikke montere katalysatorelementene før motorens stempelringer er innkjørt, pga forhøyet smøreoljeforbruk og påfølgende forgiftning av katalysatoren. Ved overhaling av motoren med bytte av stempelringer er det neppe vanlig å ta ut katalysatorelementene.
- Fysiske skader i katalysatoren – eksempelvis tetninger som er ødelagt eller mangelfulle, katalysatorelementer kan være skadet/knust.
- Endrede forutsetninger etter at commissioning er gjennomført, som endrer NO_x-utslippet fra motoren. F.eks. vil commissioning i et område og/eller årstid/værforhold med høy luftfuktighet redusere NO_x-konsentrasjonen i røksosen. Ureaanlegg uten NO_x-sensor som inngår i anleggets regulering av injeksjonsrate vil ikke kompensere for dette.
- Feil på NO_x-sensor i anlegg som er utstyrt med dette. Det kan være pga manglende kalibrering eller lekkasje i samplesystemet.
- Trykkfall i ureasystemet som følge av krystallisert urea i rørsystem, fittings og filter. Gir til slutt feilmelding, men kan gi tilstrekkelig reduksjon i flow og dermed injisert ureamengde til at NO_x-reduksjonen reduseres en del før alarmgrense er nådd.
- Endret tilstand på motor kan gi lavere eksostemperatur og dermed kan temperaturen i katalysatoren havne under nedre temperaturgrense for oppstart av systemet ganske langt opp i last.

I tillegg kan feildimensjonering av SCR-systemet (at det ikke har stor nok kapasitet til å behandle hele røykgass- og ureamengden) gi mindre NO_x-reduksjon enn forutsatt/planlagt. Også installasjonstekniske «feil» kan påvirke NO_x-reduksjonen, f.eks. der det ikke er mulig å plassere injeksjonspunkt på et rett rørstrekk før katalysator. Rørbend mellom injeksjonspunkt og katalysator er ikke gunstig, men brukes dersom katalysatoren må stå langt ned i casing. Det kan gi dårlig utnyttelse av strømningsviersnittet i katalysatoren.

2.3 Prinsippet for NO_x-reduksjon med SCR

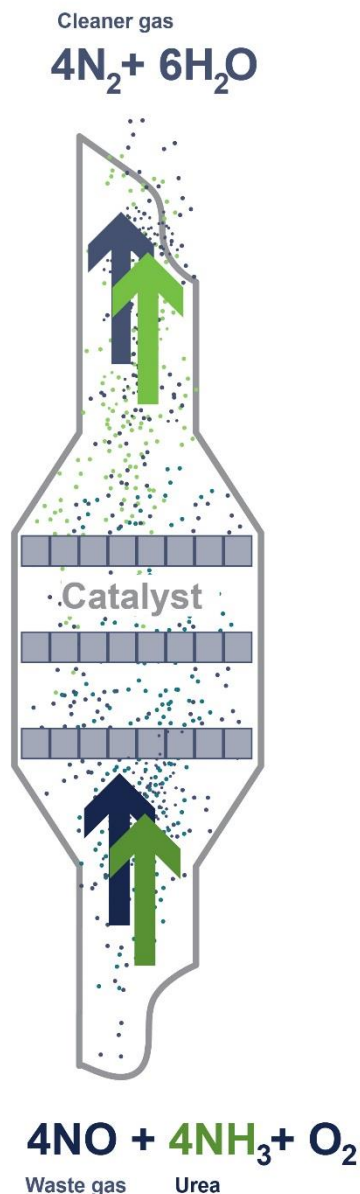
Urea er en meget viktig nitrogenkjødsel og det dannes ved å kombinere to ammoniakkmolekyler (NH₃) med karbondioksid (CO₂) i fast form. Urea er meget lett vannoppløselig og det er denne vannbaserte flytende ureaoppløsningen som brukes i SCR-systemer. Ammoniakk produseres ved hydrolyse av urea:



Det overordnede prinsipp for NO_x-reduksjon med SCR er en kjemisk reduksjon ved hjelp av ammoniakk (NH₃). Ammoniakk reduserer både NO og NO₂ som blir til nitrogen og vann i en katalytisk omformer:



For at reaksjonen skal skje, må temperaturen være riktig. Uten katalysator vil NO_x-reduksjon kunne skje ved temperaturer mellom ca. 760 og ca. 1100 °C. Dette er for høye temperaturer til at det er mulig å redusere NO_x fra marine dieselmotorer som har eksostemperaturer mellom ca 300 og ca 550 °C. Ved å benytte en passende katalysator kan imidlertid temperaturen for reaksjonen mellom NH₃ og NO_x senkes betydelig. SCR-katalysatorer inneholder vanligvis Vanadium (V) i form av vanadiumpentoksid (V₂O₅) for å oppnå reaksjon ved temperaturer rundt 300 °C.



Figur 2 Forenklet kjemisk reaksjon i katalysator

2.4 Skip med SCR-anlegg finansiert av NO_x-fondet

NO_x-fondets hovedoppgave er å finansiere gjennomføringen av NO_x-reduserende tiltak. For SCR-anlegg består finansieringen av to elementer – investeringsstøtte for montering av anlegget og driftsstøtte til innkjøp av reduksjonsmiddel (urea).

I tidsrommet 2008 – 2016 har NO_x-fondet gitt tilsagn til støtte til mer enn 200 SCR-anlegg. I samme perioden har NO_x-fondet også gitt støtte til utskifting av katalysatorelementer på 29 fartøy. I 2015 støttet NO_x-fondet kjøp av urea med 13,7 millioner til 62 fartøy, i 2016 var tallene 21,2 millioner til 86 fartøy [1].

2.5 Kontroll av SCR-anlegg

Generelle forhold

Høye konverteringseffekter med urea-baserte SCR-anlegg er mulig å oppnå ved bruk av enkle doseringsmetoder, men kombinasjonen av høy konverteringseffektivitet, minimalt ureaforbruk og minimalt ammoniakk-slip er ofte vanskeligere å oppnå. Målet med urea doseringskontroll er å redusere NO_x-utslippene tilstrekkelig til å oppfylle regulatoriske grenser samt å tilfredsstille kravene til lavt ureaforbruk samt tilstrekkelig lavt ammoniakk-slip.

Når katalysatortemperaturen blir for høy kan imidlertid ammoniakk desorberes fra katalysatoren og resultere i frigjøring av ammoniakk som ikke har vært omsatt og dermed ammoniakk slip. Jo mer ammoniakk som lagres på katalysatoren ved lave katalysatortemperaturer, desto mer vil bli frigjort når temperaturen blir for høy og ammoniakk-slip oppstår. Når doseringsraten av urea øker, er mer ammoniakk tilgjengelig for å konvertere NO_x til N₂ og H₂O. Dette gir økning i SCR effektiviteten. NH₃-utslipp etter SCR-katalysatoren (NH₃-slipp) begynner å øke etter hvert som urea-doseringsraten øker og nærmer seg det støkiometriske NH₃ / NO_x-forholdet.

SCR-anlegg ble først tatt i bruk på landanlegg, særlig i USA. Siden 2010 har det også blitt installert på kjøretøymotorer for å klare de svært lave utslippskravene som er innført for NO_x-utslipp. For kjøretøymotorer finnes det ingen krav til utslipp av NH₃, men det opereres likevel med «anbefalte»

grenseverdier (10 til 30 ppm (max)). Utslippsgrenser av ammoniakk for industrielle anlegg i USA gis i utslippstillatelser og varierer, men ligger typisk på 2 til 10 ppm [8]. For SCR-anlegg på skip er det foreløpig bare i Sverige at det er gjeldende regelverk for hva NH_3 -utslippet kan være (20 ppm v/15% O_2).

Kontrollmetoder

En rekke strategier for ureadosering kan benyttes og har vært brukt. Valg av strategi er avhengig av en rekke faktorer som behov for sikker overholdelse av regelverk, kostnader, motorens driftsmønster og operatørens miljømessige holdning og filosofi.

Strategier basert på oppslagstabeller som kan inneholde flere variabler som bl.a. avgasstemperatur, turtall på motor og motorbelastning (ofte kalt «open-loop») er vanlige å bruke på SCR-anlegg på skip. Ved å bruke slike strategier får man ingen beskjed eller noen korleksjon av urea-doseringen dersom det virkelige NO_x -utslippet etter katalysatoren ligger over det man tar sikte på å oppnå med katalysatordriften. For marine dieselmotorer er ikke det nødvendigvis noe problem, da driftsmønsteret består av veldig mye stabil last. Mer moderne strategier bruker «Closed loop kontroll» hvor man bruker en sensor for å gi tilbakemelding om hva virkelig utslipp er og da er man i stand til å justere ureadoseringen for å oppnå ønsket NO_x -reduksjon uten å overdosere. Disse systemene er ideelle for kjøretøymotorer siden disse har et driftsmønster som består av svært mye transiente belastninger. Mange lukkede doserings-systemer bruker signalet fra en NO_x -sensor etter SCR-katalysatoren. Nyere tilnærminger som bruker en ammoniakksensor plassert et sted etter den fremre delen av SCR katalysatoren er også tilgjengelige [9, 10].

Både «open-loop control» og «closed-loop control» med NO_x -sensor er benyttet av de fartøyene som inngår i denne undersøkelsen.

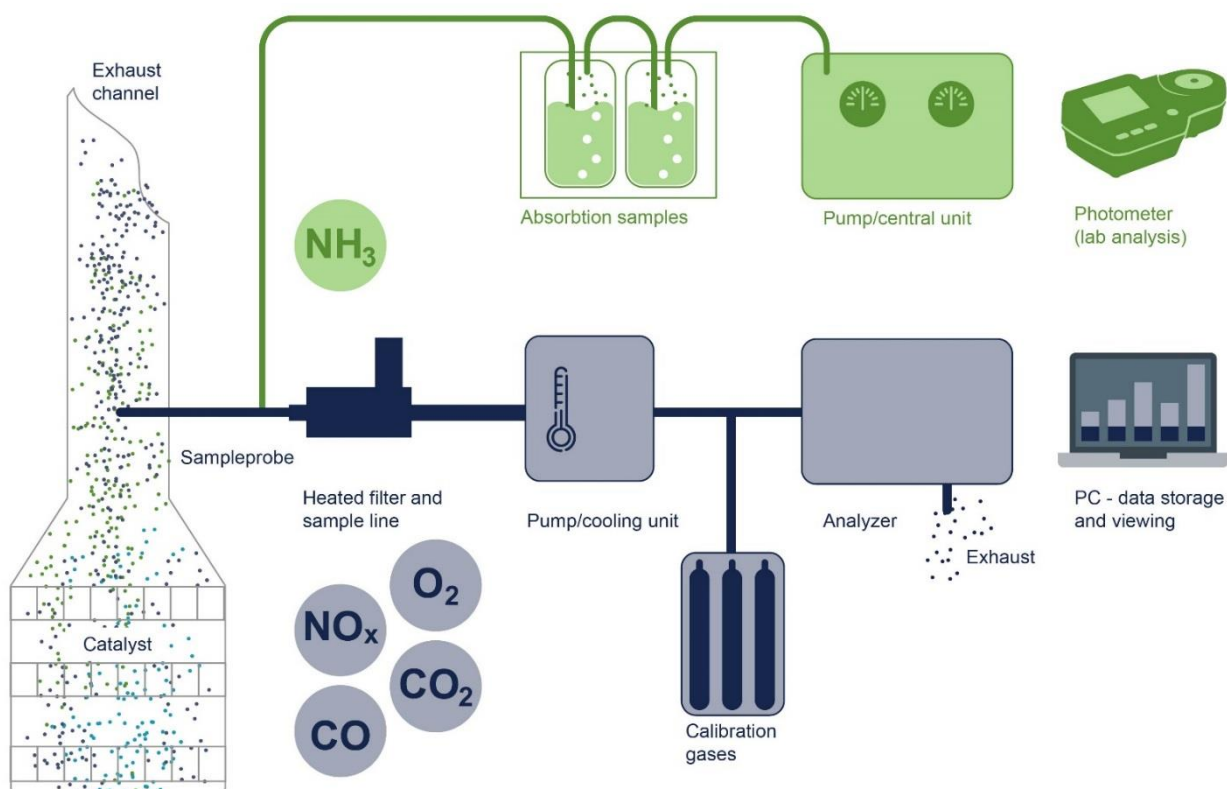
Driftstid fører til at effektiviteten i SCR-katalysatoren avtar og typiske eksempler på dette for industrielle SCR-anlegg er 24% reduksjon ved 15000 driftstimer [11]. Dette stemmer bra med at leverandører av marine SCR-anlegg anbefaler utskifting av katalysatormaterialet etter 3 til 5 år. Driftstiden på marine dieselmotorer varierer, men årlig driftstid ligger typisk på ca. 5000 timer.



3 Gjennomføring av NH₃-målinger.

Siden 2007 har Ecoxy gjennomført røykgassanalyser på om lag 900 fartøy og opparbeidet seg godt kjennskap til forholdene om bord relatert til måletekniske problemstillinger.

Etter å ha vurdert flere metoder for NH₃-målinger, ble det konkludert med å benytte våtkjemi. Vi utviklet en metode i overensstemmelse med «Norsk Standard NS 4746 Vannundersøkelse - Bestemmelse av ammoniumnitrogen» og anskaffet egnet samplingsutstyr og et avansert fotometer for å analysere prøvene. Vi utarbeidet også en prosedyre og beregningsmodell for å bestemme NH₃-innholdet i røykgassen.



Figur 3 Skjematisk framstilling av oppsettet av prøvetakingen.

Det er vesentlig at materialet i samplingssystemet ikke reagerer med NH₃. Det er også viktig at røykgassen filtreres tilstrekkelig for å unngå at partikler følger med til absorpsjonsvæsken. Gassmengde blir målt med et gassur og kan korrigeres til Nm³ ved også å måle temperatur på prøvegassen. Mengde NH₃ i absorpsjonsvæsken blir analysert med fotometer. En kan da beregne mengde NH₃ i avgassen.

Oppsettet som er beskrevet over er validert mot kalibreringsgass inneholdende 100 ppm NH₃.

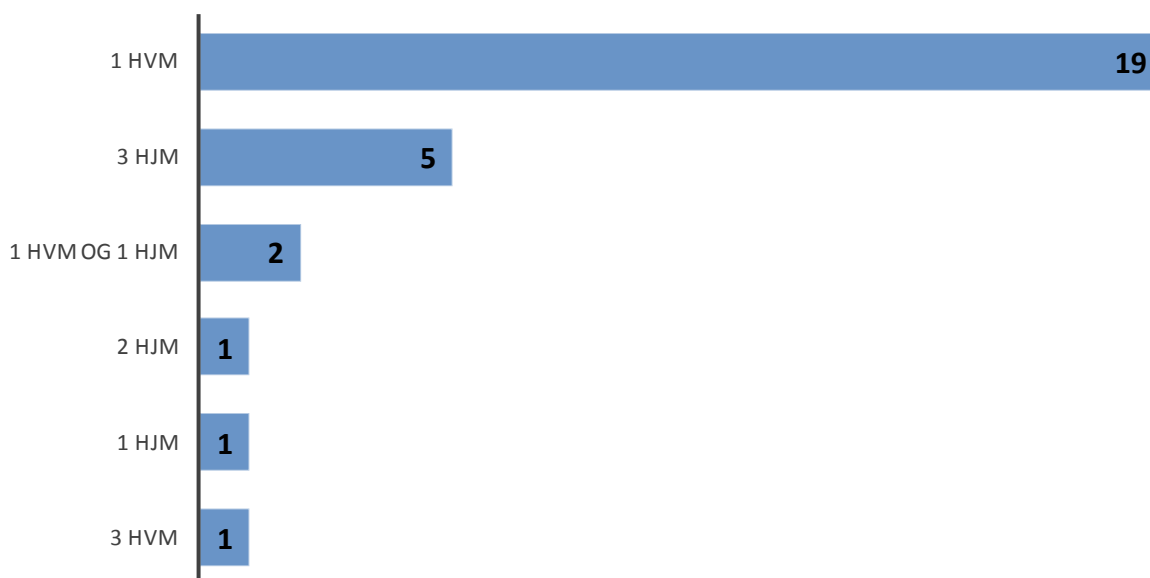
4

4 Resultater fra NH₃-målingene.

4.1 Innledning

Det er gjennomført måling av NH₃ på totalt 29 fartøy. På 7 av de 29 fartøyene er det kun hjelpemotorene som har vært utstyrt med SCR-anlegg. På 2 av de 22 øvrige fartøyene er det målt på både hovedmotor og hjelpemotor.

Antall målte fartøy for hver motorkombinasjon

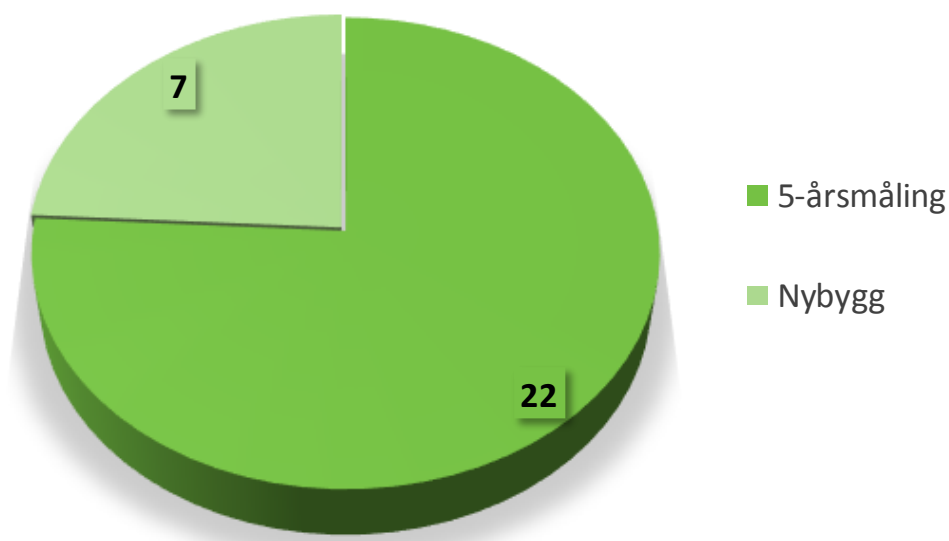


Figur 4 Oversikt over ulike motorkombinasjoner målt for alle fartøyer

Majoriteten av målingene ble utført på én hovedmotor. For 19 av fartøyene ble målingene utført på én hovedmotor (HVM).

22 av fartøyene var NH₃-målingene i forbindelse med såkalte «5-års-målinger» - nye målinger ca. 5 år etter den første målingen på anlegget. De 7 øvrige fartøyene var nybygg. Disse målingene ble gjort for å vurdere om SCR-anlegget var riktig montert og innstilt, men også for å samle inn datagrunnlag om hvilke konsentrasjoner av NH₃ som kan forventes på nye systemer.

Fordeling av alle målte fartøyer



Figur 5 Fordeling av alle målte fartøyer

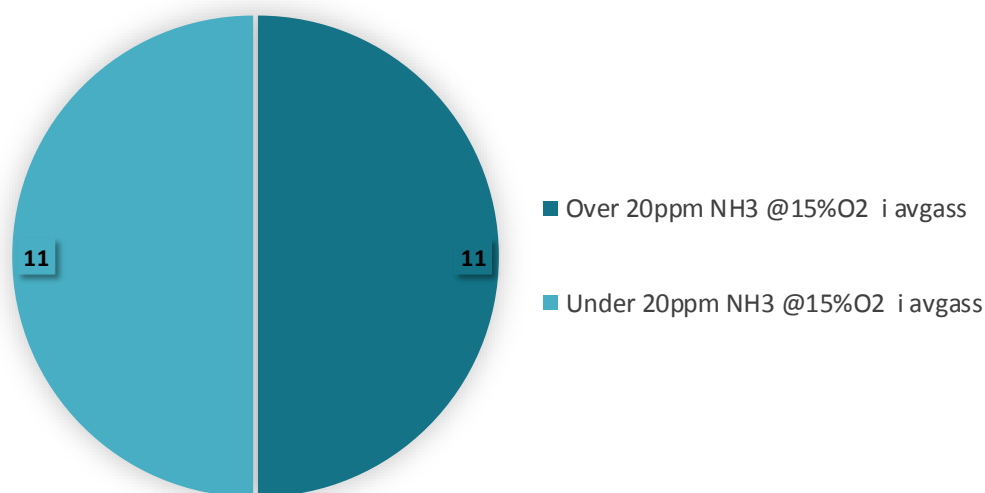
Det ble ikke registrert NH_3 -slipp over 20 ppm @ 15% O_2 for noen av de nyinstallerte SCR-anleggene. To av fartøyene måtte imidlertid måles på nytt, da det ble oppdaget at deler av de katalytiske elementene var blitt feil montert.

Resultatene videre i rapporten vil kun omhandle de 22 fartøyene som ble målt i sammenheng med 5-årsmålinger, hvis ikke annet er presisert.

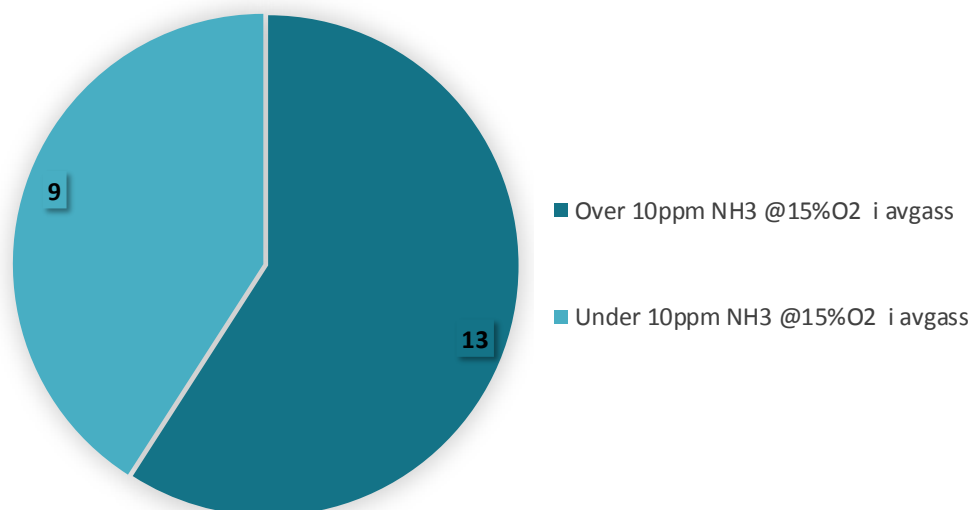
4.2 Resultater av 5-årsmålinger

Av de 22 fartøyene, som ble målt i henhold til NO_x -fondets «5-års regel», ble det målt ammoniakk-konsentrasjoner over 20 ppm@15% O_2 på 11, altså halvparten. Hvis man ser på konsentrasjoner over 10 ppm@15% O_2 går antall fartøy opp til 13.

Antall fartøy der minst ett målepunkt overskrider 20ppm



Antall fartøy der minst ett målepunkt overskrider 10ppm



I forbindelse med 5-årsmålinger ble det utført NH₃-målinger på totalt 21 hovedmotorer og 8 hjelpemotorer, fordelt på de 22 fartøyene. Hjelpemotorene ble alltid målt ved 50 % last, mens dette varierte for hovedmotorene.

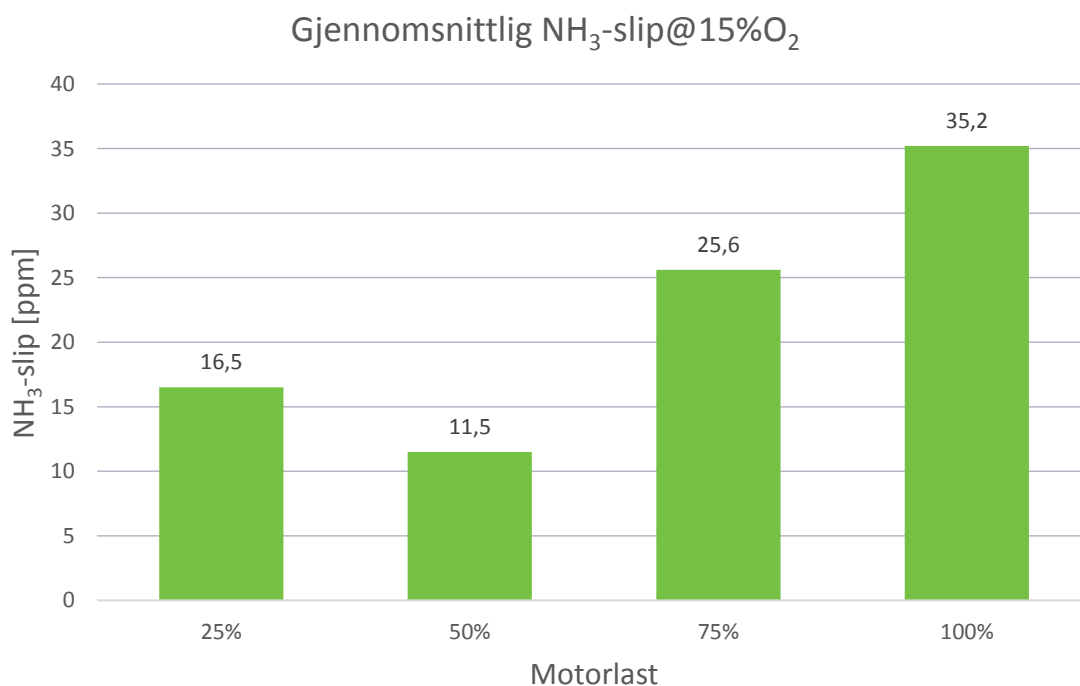
Det ble i utgangspunktet forsøkt å foreta målinger ved 25%, 50%, 75% og 100% for hovedmotorene, med hovedvekt på de 50% og 75%.

Tabell 4-1 viser en oversikt over totalt antall målinger, for hver motorlast, for alle de 21 hovedmotorene. Det er sjelden at en marin dieselmotor blir kjørt på full effekt. Det er også ofte at det er praktisk vanskelig å oppnå 100% last, noe som gjør at der er færrest målinger ved denne motorlasten.

I kolonnen til høyre vises gjennomsnittet av de målte NH_3 -konsentrasjonene for hver motorlast. Den viser tydelig at NH_3 -konsentrasjonen øker med lasten. Det skal nevnes at én av de 17 målingene for 50% motorlast ble utelatt i beregningen av gjennomsnittet. Dette ble gjort da denne målingen ga en abnorm verdi, som hadde en urimelig påvirkning av gjennomsnittsverdien. NH_3 -utslippet fra dette fartøyet var 119,4 ppm på 25% og 61% last, mens ved 50% last var verdien så høye som **439,2 ppm**. SCR-systemet på dette fartøyet. Inkluderes denne målingen, vil gjennomsnittsverdien øke fra 11,5 til 36,7 ppm ved 50% last.

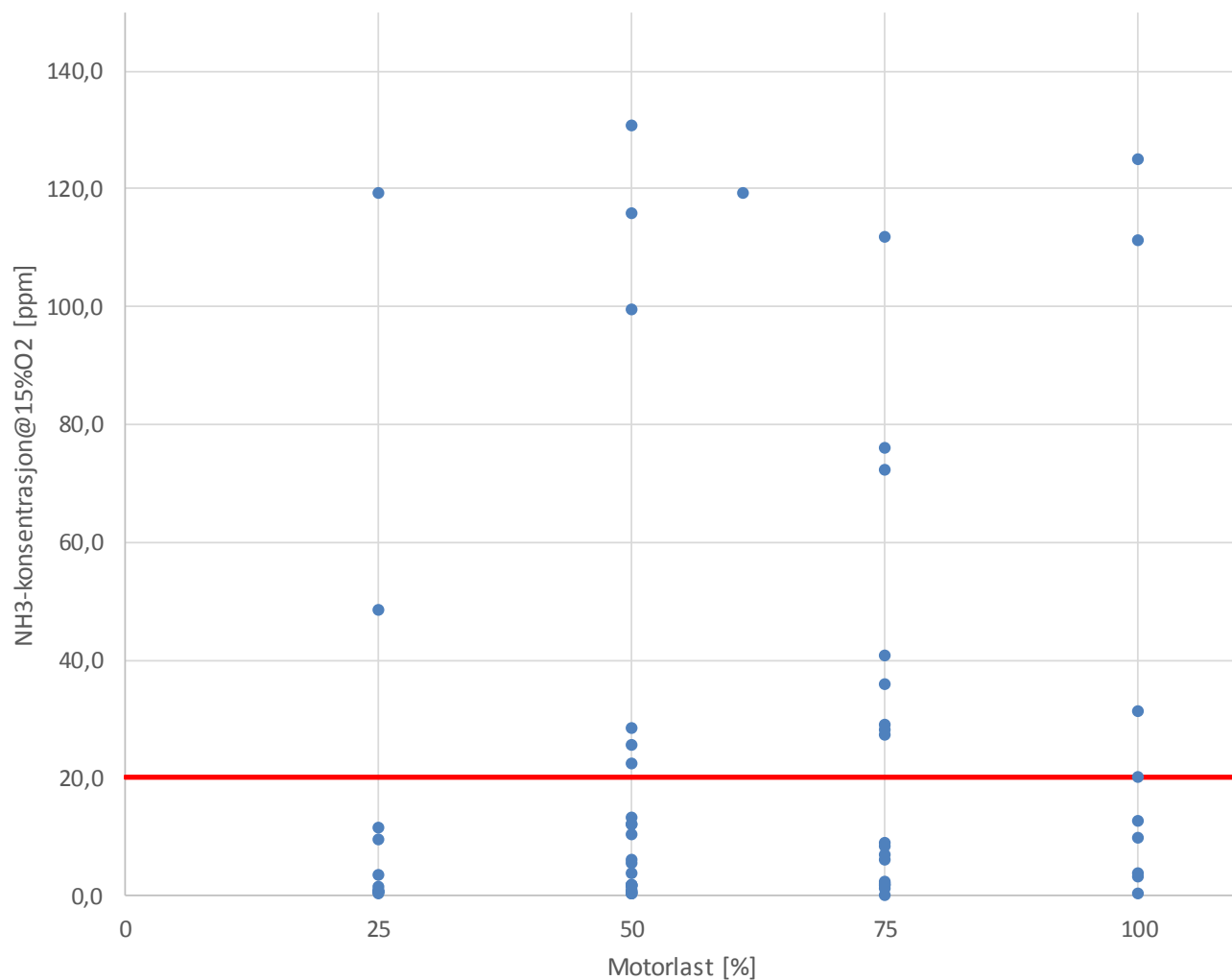
Tabell 4-1 Statistikk for målte hovedmotorer

Motorlast [%]	Antall NH_3 -målinger	Gjennomsnittlig NH_3 -slip@15% O_2 [ppm]
25	12	16,5
50	17	11,5
75	18	25,6
100	9	35,2



Figur 6 Gjennomsnitt av alle målte NH_3 -utslipp for hver motorlast, på hovedmotorer

Alle 5-årsmålte NH_3 -verdier for de ulike lastene for hovedmotorer



Figur 7 Oversikt over alle NH_3 -verdier, målt på hovedmotorer, i sammenheng med 5-årsmåling



5 Spørreundersøkelse.

5.1 Utforming og mål med spørreskjema

Etter ønske fra NOx-fondet og Sjøfartsdirektoratet ble det i tilknytning til ammoniakk-målingene gjennomført en spørreundersøkelse for å kartlegge opplæring, driftsrutiner, erfaringer og vedlikehold av SCR-anlegg. Vedlegg 2 viser alle spørsmålene.

Spørreskjemaet ble sendt til alle fartøy for utfylling og retur. 17 av de 29 fartøyene besvarte spørreskjemaet (59%). 16 av svarene kom fra skip som har hatt SCR-anlegget installert i 5 år (eller mer).

Spørsmålene i spørreskjemaet er delt inn i 4 tema:

- SCR-leverandører
- Vedlikehold av SCR-anlegget
- Faktorer som kan påvirke anleggets funksjonalitet
- Injeksjonssystem for urea

I de følgende avsnitter er resultatene for hvert av disse temaene vist og diskutert.

5.2 SCR-leverandør

Her ble det stilt spørsmål som omhandler SCR-leverandører og i hvilken grad de tilbyr opplæring og informasjon til kunder.

De fleste SCR-systemene er levert av H+H Engineering and Service - 11 av 17 svarte at de hadde denne typen systemer. Wilhelmsen NOxcare og DEC Marine AB hadde begge levert systemer til 2 fartøy, mens GESAB og Agrillon hadde levert 1 anlegg hver.

Fartøy nr.	Årstall SCR-systemet var nytt.	Har leverandør gitt retningslinjer for hvordan SCR-systemet skal vedlikeholdes	Har leverandør gitt opplæring til mannskap om vedlikehold og «tillatte» justeringer på anlegget	Har leverandør gitt retningslinjer for hvordan man kan følge forringelsen av katalysator?	Har systemet vært vedlikeholdt i.h.t anbefalingene fra leverandør
1	2009	Ja	Ja, kun vedlikehold	Nei	Ja
2	2010	Nei	Nei	Nei	-
3	2008	Ja	Nei	Nei	Nei
4	2009	Ja	Ja	Nei	Nei
5	2012	Ja, i manual	Nei	Nei	Ja
7	2012	Ja, i manual	Nei	Nei	Ja
10	2003	Nei	Nei	Nei	Ukjent
11	2012	Ja	Nei	Analysér av stein tas og sendes inn.	Ja
13	2012	Ja, i manual	Instr. Manual	Instr. Manual	Ja
14	2012	Ja	Nei	Se på NOx-verdier	Ja
16	2012	Ja, i manual	Nei		Ja
17	2007	Ja, i manual	-	Nei	Ja
18	2012	Ja, i manual	Nei	Kun i hht manual.	Ja
20	2011	Ja, i manual	Nei, ikke etter verft	Nei	Nei

21	2008	Ja	Nei	Nei	Ja
22	2003	Ja	Nei, kun instr.-manual	Nei	Ja
27	2016	Nei	Nei	Ja	Ja

5.3 Vedlikehold av SCR-anlegget

Rutiner for vedlikehold. Få frem hva som er gjort av utskiftninger, overhalinger. Avdekke av som eventuelt er de vanligste årsakene til driftsstans av SCR-systemet.

De mest sentrale spørsmålene er tabulert nedenfor. Tabellen inneholder i tillegg en kolonne for hvert fartøys høyeste målte NH₃-slipp.

Fartøy nr.	Årstall SCR-systemet var nytt.	Har systemet vært vedlikeholdt i.h.t anbefalingene fra leverandør	Foreligger det avtale om regelmessig vedlikehold fra leverandør eller serviceselskap	Alder på katalysatorsteiner ved måling [år]	Høyeste målte NH ₃ -slipp [ppm@15%O ₂]
1	2009	Ja	Ja	2	3,8
2	2010	-	Nei	3	72,2
3	2008	Nei	Nei	< 1	0,6
4	2009	Nei	Nei	7	40,8
5	2012	Ja	Nei	5	31,3
7	2012	Ja	Nei	5	2,0
10	2003	Ukjent	Nei	14	124,9
11	2012	Ja	Nei	5	8,2
13	2012	Ja	-	< 1	3,1
14	2012	Ja	Nei	5	36,0
16	2012	Ja	Ja	5	3,5
17	2007	Ja	Ja	5	13,3
18	2012	Ja	Nei	5	3,7
20	2011	Nei	Nei	6	25,7
21	2008	Ja	-	9	130,6
22	2003	Ja	Nei	14	22,3
27	2016	Ja	Ja	< 1	11,3

7 av de 8 fartøyene med NH₃-utslipp over 20 ppm har ikke serviceavtale – den 8. har ikke svart på dette spørsmålet. Dette tyder meget sterkt på at det er stor sammenheng mellom rett vedlikehold og rett funksjon av SCR-anlegg. Av de 9 som har NH₃-utslipp under 20 ppm er det riktignok bare 4 som bekrefter at de har serviceavtale.

5.4 Faktorer som kan påvirke anleggets funksjonalitet

Spørsmål som skulle identifisere problemer og/eller uønskede virkninger av SCR-anlegget.

Samtlige fartøyer som besvarte undersøkelsen benyttet Marine Gas Oil (MGO) som drivstoff på de målte kildene.

På spørsmål om høyt mottrykk i katalysator har vært et problem, svarte ett fartøy ja og ett at de hadde litt problemer med dette. De visste imidlertid ikke om dette hadde innvirkning på drivstoff-forbruket.

9 av fartøyene svarte at det ikke har vært problemer med SCR-anleggets funksjonalitet. 4 fartøy bekreftet at de hadde opplevd problemer, og like mange svarte at de kun hadde hatt mindre problemer.

Følgende ble oppgitt som årsaker til problemene:

- Lavt lufttrykk
- Ureadosering
- Flowmeter
- Tetning i dyser, rør og ventiler
- Utslitt/dårlig pumpe

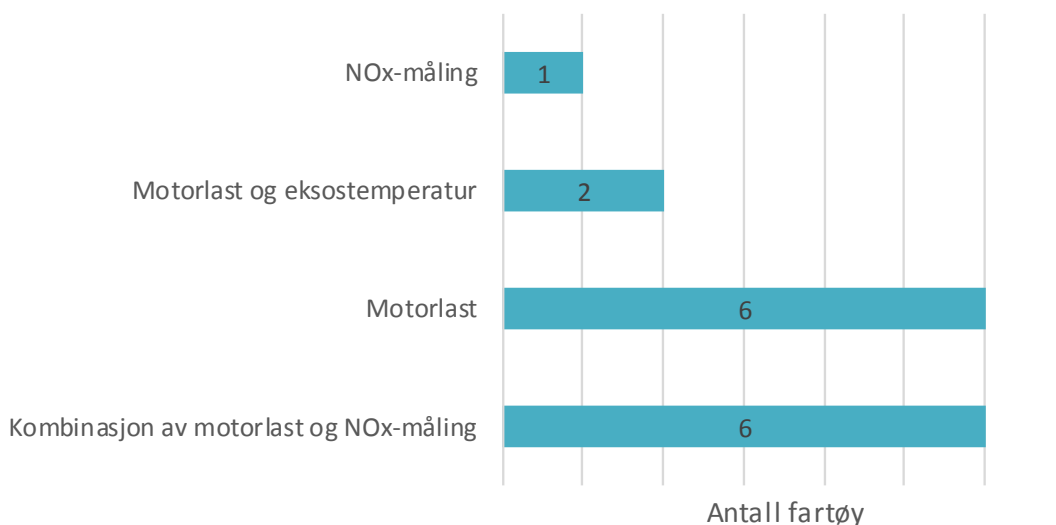
Det ble spurt om hvor lenge SCR-anlegget hadde, eventuelt, vært ute av drift. Ett av fartøyene svarte at de hadde hatt en driftsstans i 3-4 måneder, grunnet tekniske feil på systemet. Et annet fartøy hadde hatt opphold i driften i en uke, i påvente av nye deler. 14 av fartøyene rapporterte at de ikke hadde hatt opphold i SCR-driften.

5.5 Injeksjonssystem for urea

Dette temaet har som mål å belyse bruken av kontinuerlig NOx-måler på SCR-anlegget og om styresignaler til ureadosering.

Figuren nedenfor viser besvarelsen på spørsmål om hvilke signaler ureadoseringen baserte seg på.

Reguleringsmetode for Ureadosering



Av de 17 fartøyene som besvarte spørreundersøkelsen, hadde 10 av dem en kontinuerlig NO_x-måling.

Kun 3 av fartøyene, med kontinuerlig NO_x-måling, besvarte at kalibrering av denne inngikk i rutinene deres. 3 fartøyer avsto fra å svare, og 4 avkreftet at kalibrering skjedde rutinemessig.

6 av fartøyene svarte at NO_x-måleren hadde blitt kalibrert i løpet av de 2 siste årene, og ett av fartøyene mente siste kalibrering skjedde i 2008.

Avslutningsvis ble det stilt spørsmål om hvordan Ecoxy's målinger av NO_x lot seg sammenligne med fartøyets kontinuerlige NO_x-måler. Kun 2 av fartøyene besvarte, og de mente målingene samsvarte godt.

5.6 Diskusjon av besvarelsene

Av de 17 som besvarte spørreskjema, ble det registrert en NH₃-konsentrasjon høyere enn 20 ppm for 7 av dem.

Som det fremkommer fra tabell under avsnitt 5.3, er det stor spredning på alderen på SCR-anleggene, eller enda viktigere, dets katalytiske elementer. Tre av fartøyene svarte at katalysatorelementene hadde blitt utskiftet siden anlegget var nytt. På to fartøy hadde det ene laget av katalysatorelementene blitt skiftet, mens resten av fartøyene (12) svarte at ingen utskifting hadde skjedd.

7 av de 8 fartøyene som hadde mer enn 20 ppm NH₃ i avgassen hadde ikke skiftet ut katalysatormaterialet, siden anlegget var installert.

6



6 Vurdering og konklusjon.

Intensjonen med målingene var å kartlegge utslipp av ammoniakk fra nye og eldre SCR-anlegg. Resultater kan ikke direkte vurderes mot ulike noe regulatorisk utslippskrav siden det ikke eksisterer for skip i Norge eller i internasjonalt farvann. I Sverige finnes det et krav (20 ppm ved 75% last på motor), men det er kun dersom fartøyene søker om redusert «farledsavgift» at dette kravet blir gjort gjeldende. Heller ikke i USA finnes det generelle utslippskrav til ammoniakk fra skip. Store industrielle anlegg må overholde utslippskrav gitt i form av individuelle utslippstillatelser. Disse ligger typisk for ammoniakkutslipp på 2 til 10 ppm.

I denne undersøkelsen er det totalt utført 67 målinger på 29 fartøy. Det er utført målinger på 7 nybygde fartøy for å kontrollere at anleggene ble installert på en korrekt måte og at det ikke var ammoniakkutslipp av betydning. Dette ble bekreftet - ingen SCR-anleggene i nybygg hadde NH_3 -utslipp over 10 ppm.

Det ble gjort NH_3 -målinger etter SCR-anlegget på i alt 22 fartøy der SCR-anlegget var installert for 5 år siden eller mer. Det skal her innskytes at flere av skipene opererer over hele verden og kan – uten at prosjektet har sjekket det – ha operert utenfor Norge i mange år etter at SCR-anlegget ble installert.

Av disse 22 fartøyene hadde 50 % utslipp over 20 ppm og 59%(13 skip) over 10 ppm. Fordelingen mellom hovedmotorer og hjelpemotorer er ikke gjort. Den desidert høyeste ammoniakk-konsentrasjonen ble målt til hele 439,2 ppm. Denne konsentrasjonen ble målt for 50% motorlast. Fartøyets øvrige målinger ble funnet til å være 119 ppm for både 25% og 61% motorlast. Det er innlysende at det er problemer med SCR-anlegget på dette fartøyet, og man kan tenke seg at dette har sammensatte årsaker (f.eks. degradering + overdosering).

De høyeste målte konsentrasjonene av ammoniakk inntreffer, som regel, ved de høyere motorlastene (75% og 100%). Dette er naturlig da det er ved høy last ureadoseringen er størst.

Årsaken til at så mange av de «gamle» SCR-anleggene hadde såpass høye ammoniakkutslipp er flere. Degradering av katalysatoren er den mest nærliggende å trekke fram siden alle leverandører anbefaler kontroll/utskifting av katalysatormaterialet etter 3 til 5 år (16000-20000 driftstimer; oppgitt fra 2 av fartøyene i spørreundersøkelsen).

Endrede driftsforhold for motoren er en annen grunn som kan bidra til at reguleringen av SCR-anlegget gjøres på feilaktig grunnlag (motorens NO_x -utslipp er et annet enn det kontrollenhetsen for SCR-anleggets urea-dosering er basert på).

Degraderingen må følges opp og uten noen form for kontroll vil man neppe oppdaget at effektiviteten i SCR-katalysatoren er redusert. Spørreundersøkelsen bekrefter i grunnen disse antagelsene. Av de 17 svar som ble mottatt har 7 av de 8 med NH_3 -utslipp over 20 ppm ikke noen serviceavtale med leverandøren av SCR-anlegget.



7 Referanser

- [1] NOx-fondets årsrapport 2016 (www.nho.no/Prosjekter-og-programmer/NOx-fondet/Nyhetsarkiv/2017/arsrapport-2016/)
- [2] <http://www.yara.ie/nox-reduction/nox-reduction-in-ships/scr-systems-for-marine-vessels/>
- [3] H+H (<http://huhes.de/de/scr-denox.html>)
- [4] DEC Marine (<http://www.decmarine.com/index.html>)
- [5] Argillon/Johnson-Matthew (<https://www.johnson-matthey.de/>)
(http://www.matthey.com/media_and_news/news/2007/johnson-matthey-to-buy-argillon)
- [6] Yara NOxCare Marine (<http://www.yara.ie/nox-reduction/nox-reduction-in-ships/>)
- [7] GESAB (<http://www.gesab.net/scrsystems>)
- [8] <https://www3.epa.gov/ttnecatc1/dir1/fscr.pdf>
- [9] Cabush, D., et al., 2008. "Ammonia Sensor for Closed-Loop SCR Control", CTI NOx Reduction Forum, Detroit, Dec 2-4, 2008
- [10] van Nieuwstadt, M., D. Upadhyay, 2011. "Control of urea SCR systems for US diesel applications", Oil Gas Sci. Technol. – Rev. IFP Energies nouvelles, 66 (4), 655-665, doi:10.2516/ogst/2011104
- [11] https://www3.epa.gov/ttn/ecas/docs/SCRCostManualchapter7thEdition_2016.pdf

8 Vedlegg

Vedlegg 1 Sikkerhetsdatablad Ammoniakk

A Member of The Linde Group AGA	SIKKERHETSDATABLAD	Side : 1
		Utgave nr : 3
		Dato : 18 / 12 / 2014
		Erstatter : 5 / 11 / 2008
Ammoniakk		RENEIGA002



2.3 : Giftige gasser



8 : Etsende stoffer



9E : Miljøfarlige stoffer

Fare



SEKSJON 1. IDENTIFIKASJON AV STOFFET/STOFFBLANDINGEN OG AV SELSKAPET/FORETAKET

1.1. Produktidentifikator

Handelsnavn : Ammoniakk
Sikkerhetsdatablad nr : RENEIGA002
Kjemisk formel : NH₃

1.2. Identifiserte relevante bruksområder for stoffet eller stoffblandingen og bruk som det advares mot

Relevante identifiserte bruksområder : Industrielt og professionelt. Foreta en risikovurdering før bruk. Test gass / Kalibreringsgass. Laboratoriebruk. Kontakt leverandør for informasjon om bruksområder.
Bruksområder som det advares mot : For forbruker.
Anvendelsesområde : Diverse industriell og laboratorieteknisk bruk.

1.3. Opplysninger om leverandøren av sikkerhetsdatabladet

Bedriftsidentifikasjon : AGA AS
Postboks 13 Nydalen
N-0409 Oslo Norway
Tel: +4723177200
E-post: kundeservice@no.aga.com

1.4. Nødtelefonnummer

Nødtelefonnummer : +4722591300 (24h)

SEKSJON 2. FAREIDENTIFIKASJON

2.1. Klassifisering av stoffet eller stoffblandingen

Klassifisering i samsvar med Forordning (EF) nr. 1272/2008 (CLP)

- Helsefarer : Akutt toksisitet, Innånding - Kategori 3 - Fare - (CLP : Acute Tox. 3) - H331
Skin korrosjon - Kategori 1B - Fare - (CLP : Skin Corr. 1B) - H314
Spesifikke målorgantoksitet - Single eksponering - irritasjon av luftveiene - Kategori 3 - Advarsel - (CLP : STOT SE 3) - H335
- Fysiske farer : Gasser under trykk - Liquefied Gas - Advarsel - (CLP : Press. Gas Liq.) - H280
- Miljøfarer : Farlig for vannmiljøet - Akutt fare - Kategori 1 - Advarsel - (CLP : Aquatic Acute 1) - H400

Klassifisering i samsvar med direktiv 67/548/EØF eller 1999/45/EF

: R10
T; R23
C; R34
N; R50

2.2. Merkingselementer

AGA AS

Postboks 13 Nydalen N-0409 Oslo Norway
Tel: +4723177200
E-post: kundeservice@no.aga.com

A Member of The Linde Group AGA	SIKKERHETSDATABLAD	Side : 2
		Utgave nr : 3
		Dato : 18 / 12 / 2014
		Erstatter : 5 / 11 / 2008
Ammoniakk		RENEIGA002

SEKSJON 2. FAREIDENTIFIKASJON /...

Merking i samsvar med Forordning (EF) nr. 1272/2008 (CLP)

Farepiktogrammer



- Kode(r) for farepiktogramm(er) : GHS06 - GHS05 - GHS09 - GHS04
- EF Klassifiseringer : R10
T; R23
C; R34
N; R50
- Varselsord : Fare
- Faresetning(er) : H280 - Inneholder gass under trykk; kan eksplodere ved oppvarming.
H314 - Gir alvorlige etseskader på hud og øyne.
H331 - Giftig ved innånding.
H400 - Meget giftig for liv i vann.
- Supplerende fareinformasjon : EUH071 - Etsende for luftveiene.
: EUH071 går foran H335 når tilordnet i klassifiseringen.
- Sikkerhetssetning(er)
 - Generelt : Håndteres i samsvar med god industrihygiene og sikkerhetsforskrifter.
 - Forebygging : P260EIGA - Ikke innånd gass, damp.
P280 - Benytt vernehansker /verneklær/vernebriller/ansiktsskjerm.
P273 - Unngå utslipp til miljøet.
P264 - Vask ... grundig etter bruk.
P271 - Brukes bare utendørs eller i et godt ventilert område.
 - Tiltak : P304+P340+P315 - VED INNÅNDING: Flytt personen til frisk luft og sørg for at vedkommende hviler i en stilling som letter åndedrettet. Søk legehjelp umiddelbart.
P305+P351+P338+P315 - VED KONTAKT MED ØYNENE: Skyll forsiktig med vann i flere minutter. Fjern eventuelle kontaktlinser dersom dette enkelt lar seg gjøre. Fortsett skyllingen. Søk legehjelp umiddelbart.
P303+P361+P353+P315 - VED HUDKONTAKT (eller håret) : Tilsølte klær må fjernes straks. Skyll/dusj huden med vann. Søk legehjelp umiddelbart.
P391 - Samle opp spill.
 - Lagring : P403 - Oppbevares på et godt ventilert sted.
P405 - Oppbevares innelåst.
 - Avfallshåndtering : P501C - Ta hånd om dette kjemikaliyet og dets emballasje og lever til godkjent avfallsbehandlingsanlegg i samsvar med gjeldende lover og bestemmelser.

2.3. Andre farer

: Ingen.

SEKSJON 3. SAMMENSETNING / OPPLYSNINGER OM BESTANDDELER

3.1. Stoff / 3.2. Stoffblandinger

Stoff.

Bestanddel-Navn	Inhold	CAS nr EC nr EC Index	Klassifiseringen(DSD)	Klassifiseringen(CLP)
Ammoniakk, vannfri	: 100 %	7664-41-7 231-635-3 007-001-00-5 01-2119488876-14-	R10 T; R23 C; R34 N; R50	Acute Tox. 3 (H311) Flam. Gas 2 (H221) Skin Corr. 1B (H314) Eye Dam 1 (H318) Press. Gas Liq. (H280) Aquatic Acute 1 (H400)

Inneholder ingen komponenter eller forurensninger som påvirker klassifiseringen av produktet.

* 1: Listet i Annex IV / V REACH, fritatt for registrering.

* 2: Registreringstidsfristen er ikke utløpt.

* 3: Registrering ikke påkrevd. Importert eller produsert mengde <1 tonn/år.

Komplett tekst av R-setninger se kapittel 16. Komplett tekst av H-erklæringer se kapittel 16.

AGA AS

Postboks 13 Nydalen N-0409 Oslo Norway

Tel: +4723177200

E-post: kundeservice@no.aga.com

Prosjekt nr.
P0401

Rapport nr.
P0401-04 Report

Versjon
04

Side 32 av 34

Vedlegg 2 Spørreskjema

Fartøy

IMO nr.

Motor (fabrikat og typebetegnelse)

Motor serienummer

1 SCR leverandør (SCR-system supplier)

- a. Navn på leverandør av SCR.
(Name of SCR-system supplier).
- b. Forventet levetid for katalysatorer oppgitt av leverandør (år eller brukstimer).
(Expected lifetime of the catalytic converter according to the supplier, in years or operating hours)
- c. Har leverandør gitt retningslinjer for hvordan SCR-anlegget skal vedlikeholdes?
(Has the supplier provided guidelines how to perform maintenance on the SCR-system?)
- d. Har leverandør gitt opplæring til mannskap når det gjelder vedlikehold og 'tillatte' justeringer av anlegget?
(Has the crew received training by the supplier in how to perform maintenance and which adjustments are "permitted" on the SCR-system?)
- e. Har leverandør gitt retningslinjer for hvordan man kan følge forringelsen av katalysatorene og hvordan man avgjør når de bør skiftes ut?
(Has the supplier given information about how to monitor the deterioration of the catalytic converters and how to decide when a replacement is needed?)
- f. Foreligger det arbeidsbeskrivelser om bord som gjengir retningslinjer for vedlikehold og bruk?
(Do you have any documents/work-instructions that describe how to use and perform maintenance on the SCR-system?)

2 Vedlikehold av SCR-anlegget (Maintenance of the SCR-system)

- a. Har anlegget vært vedlikeholdt iht anbefalingene fra leverandør?
(Has maintenance of the SCR-system been performed according to the guidelines from supplier?)
- b. Når var anlegget nytt?
(When was the SCR-system installed?)
- c. Er katalysatorelementer skiftet ut siden anlegget var nytt?
(Has the catalytic elements been replaced since the SCR-system was installed?)
- d. Hvor gamle var katalysatorelementene da de ble skiftet ut?
(If yes, how old were the catalytic elements when they got replaced?)
- e. Antall timer drift på motor(er) da katalysatorer ble skiftet ut?
(Number of operation/working hours on the engine when the catalytic elements were replaced)
- f. Når ble anlegget overhaldt sist?
(When was the system overhauled?)
- g. Hva ble gjort ved siste overhaling?
(What was done in this overhaul?)
- h. Foreligger det avtale om regelmessig vedlikehold fra leverandør eller service-selskap?
(Do you have an contract/agreement for periodically maintenace of the SCR-system?)
- i. Har det vært problemer med anleggets funksjonalitet?
(Has there been any problems with the functionality of the SCR-system?)
- j. Hvor lenge har anlegget vært ute av drift?
(For how long has the SCR-system been out of order?)
- k. Hva er viktigste årsak(er)?
(What are the main reasons?)

3 Identifisere faktorer som kan påvirke funksjonaliteten til anlegget (Identifying factors that influence the system's function)

- a. Type drivstoff? HFO,MGO?
(What type of fuel is used? HFO, MFO?)
- b. Problemer med høyt mottrykk?
(Has there been any problems with high back-pressure)
- c. Er det indikasjoner på økt forbruk av drivstoff som følge av økt mottrykk?
(Is there any indication of increased fuel consumption due to high back-pressure?)
- d. Andre faktorer som reduserer effekten av anlegget eller som medfører problemer ombord?
(Are there any other factors that influence the SCR-system negatively or that causes problems?)

4 Injeksjonssystem for urea (Injection system of urea)

- a. Har anlegget kontinuerlig NOx-måler?
(Does the system have a continuous measurement of Nox?)
- b. Hva brukes måle-resultatet til?
(if yes, what are these measurements used for?)
- c. Doseres urea basert på motorlastsignal, målt-NOx eller en kombinasjon av disse?
(Is the dosing rate of urea based on the motor load, measured NOx level or a combination of these?)
- d. Hvis en bruker NOx-analysator for å følge forringelsen og dosere urea. Stemmer denne med NOx-målingene?
- e. Er det rutiner for å kalibrere NOx-måler?
(How often is the NOx-measuring system calibrated?)
- f. Når ble kalibrering gjort sist?
(When was the last calibration of the NOx-measuring system?)
- g. Hvordan stemmer resultat fra NOx-måler om bord med målingene til Ecoxy?
(Do the on-board NOX measurements agree with the measurements performed by Ecoxy?)
- h. Hvordan er Ecoxys måleresultat sammenlignet med forrige måling på samme kilde?
(How are Ecoxy's results compared to the previous measurement(s) of the same engine(s)?)