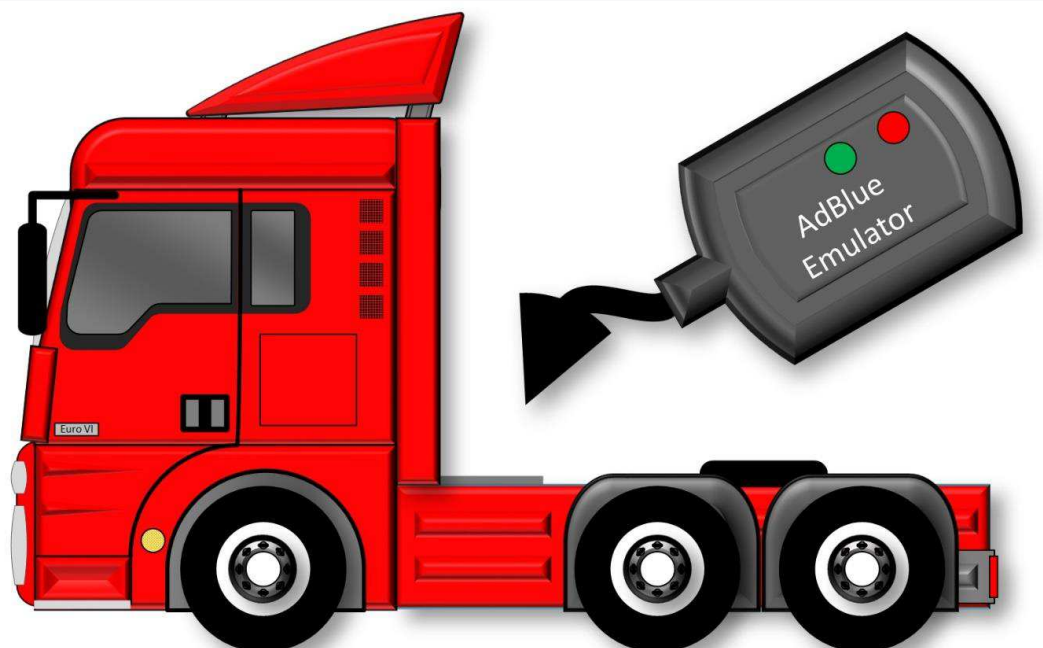




TEKNOLOGISK  
INSTITUT

Screening af manipulationsudstyr og mulige kontrolmetoder for afsløring af NOx-snyd

# Undersøgelse af NOx-snyd med tunge køretøjer



**Titel:**

Undersøgelse af NOx-snyd med tunge køretøjer

**Udarbejdet for:**

Færdselsstyrelsen  
Sorsigvej 35  
6760 Ribe

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Teknologiparken  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C  
Transport og Elektriske Systemer  
[www.teknologisk.dk/36444](http://www.teknologisk.dk/36444)

Marts 2018

Forfatter: Sten Frandsen

Journal nummer: TS2060107-007877

Ordrenummer: 766562



## Indholdsfortegnelse

1. Baggrund og formål .....	4
2. Konklusioner og anbefalinger .....	5
2.1. Screening af manipulationsudstyr .....	5
2.2. Mulige kontrolmetoder .....	6
2.3. Nabotjek .....	8
2.4. Prisfastsættelse .....	8
3. Screening af manipulationsudstyr .....	9
3.1. Udbud af manipulationseudstyr .....	10
3.2. Typer af manipulationsudstyr .....	12
3.3. Montering af manipulationsudstyr .....	14
3.4. Virkemåde .....	18
3.5. Dokumentation af NOx manipulators virkning på et køretøj.....	21
4. Mulige kontrolmetoder .....	33
4.1. Visuel kontrol .....	34
4.2. OBD/CAN bus.....	34
4.3. Emissionsmåling på køretøjet.....	35
4.4. Remote Sensing .....	37
5. Nabotjek .....	40
6. Prisfastsættelse.....	45
6.1. Driftsudgifter til AdBlue .....	45
6.2. Udgifter til service og reparation.....	46
6.3. Totale levetidsomkostninger .....	46
7. Referencer.....	47
8. Definitioner og anvendte forkortelser .....	49

## 1. Baggrund og formål

Færdselskontroller i bl.a. Danmark, Norge, Schweiz og Tyskland har vist, at kørsel med ulovlige og aktive manipulationsbokse er ret udbredt specielt hos østeuropæiske vognmænd, der opererer i vores område. Hos de danske myndigheder, herunder politiet er der således behov for identifikation af anvendelige kontrolmetoder, der kan anvendes ved vejsidekontroller med det formål hurtigt og sikkert at afsløre, om en lastbil er manipuleret.

Nye moderne lastbiler er fra bilfabrikkernes side udviklet og konstrueret således, at de kan overholde gældende krav til udledning af røggasemissioner. Kravene er fastlagt i de såkaldte Euro normer, hvor Euro VI er den nyeste og hidtil strengeste gældende normklasse. For at overholde emissionsværdierne i de højere Euronormer skal lastbilen i praksis være forsynet med et avanceret emissionsbegrænsende system, hvis hovedkomponenter er: Et partikelfilter, en NOx katalysator, styresystem og en tank til katalysatorvæsken AdBlue.

Lastbilerne er konstrueret således, at en opstået fejl på det emissionsbegrænsende system medfører, at bilen går i nødprogram som igen medfører, at motorydelsen begrænses således at kørslen kun kan fortsættes med reduceret hastighed.

For at undgå, dels udgifter til påfyldning af AdBlue, dels udgifter til vedligeholdelse af emissionssystemet og dels at bilen går i nødprogram, er der opstået et stort marked for såkaldte AdBlue emulatorer, der fra en ofte skjult montering på lastbilen frakobler det emissionsbegrænsende system. AdBlue emulatoren sender falske manipulerede signaler til bilens motorstyring om, at systemet fungerer og dermed undgås, at bilen går i nødprogram. Chaufføren kan således fortsætte sin kørsel med frakoblet emissionssystem med stærkt forhøjede emissioner af specielt NOx til følge.

Som eksempel kan nævnes, at en AdBlue manipuleret Euro VI lastvogn vil udlede emissioner på niveau med en 20 år gammel Euro I bil. Et velfungerende AdBlue system fjerner op til 98% af den producerede NOx, men hvis lastbilen er manipuleret sættes denne NOx reducerende proces altså helt ud af funktion.

Ud over NOx manipulationen kan der være foretaget andre former for ulovlige indgreb f.eks. fjernelse af partikelfiltret, hvilket medfører en stærkt forøget emission af partikler og støj.

Denne rapport, med tilhørende undersøgelser er udført med det formål at klarlægge procedurer, metoder og udstyr, der effektivt kan afsløre manipulerede lastbiler ved vejsidekontrol. Arbejdet er udført af Teknologisk Institut på vegne af Færdselsstyrelsen.

Rapporten er struktureret i følgende fire hovedområder:

1. *Screening af manipulationsudstyr*, der beskriver markedet samt virkemåde for en AdBlue emulator.
2. *Mulige kontrolmetoder*, der via danske og udenlandske erfaringer samt laboratoriemålinger klarlægger mulige operationelle kontrolmetoder til afsløring af NOx manipulation.
3. *Nabotjek*, der behandler status i andre lande i forhold til hvilket manipulationsudstyr der findes samt hvilke metoder, der eventuelt anvendes dér for at afsløre NOx manipulation.
4. *Prisfastsættelse*, der konkretiserer hvilke udgifter, der forventeligt er til drift og vedligeholdelse af et emissionsbegrænsende system.

## 2. Konklusioner og anbefalinger

### 2.1. Screening af manipulationsudstyr

Manipulationsudstyr er elle former for ulovlige elektroniske enheder, der monteres i lastbilens ledningsnet med det formål at frakoble det emissionsbegrænsende system. Elektronisk udstyr til NO<sub>x</sub> manipulation kaldes i daglig tale en "AdBlue emulator" eller en "NO<sub>x</sub> emulator". Begrebet "emulator" er afledt af, at emulatoren efterligner, eller "emulerer" de signaler som lastbilens AdBlue system normalt sender kontinuerligt til bilens motorstyring. Computeren kræver nemlig konstante tilbagemeldinger i form af data fra bilens emissionsbegrænsende system, for at kontrollere at systemet faktisk fungerer efter hensigten. Hvis data ikke modtages, eller hvis data ligger uden for bestemte værdier rapporteres der fejlmeddelelser til chaufføren.

Manipulationsudstyr er altså elektronisk udstyr, der er konstrueret til netop at generere samt sende de krævede datainformationer, der dog er manipulerede (falske), til bilens motorstyring, der derved narres til at tro at systemet fungerer efter hensigten. Dermed er der frit spil til at frakoble emissionssystemet.

Der findes forskellige former manipulationsudstyr som kan inddeles i flg. hovedgrupper:

- OBD monteret (Tidligere type, der monteres i bilens OBD stik)
- CAN monteret (Nuværende metode, der tilkobles skjult i bilens ledningsnet)
- Passive komponenter (Mindre raffineret metode. Tilkobles til sensorer i bilens ledningsnet)
- Ændring af motorstyringen (avanceret metode, der kræver special designet udstyr til installation af manipuleret software i bilens motorstyring)

De enkelte monteringsstyper og virkemåde forklares i detaljer i afsnit 3.2

Med op mod 100 <sup>[1]</sup> forskellige udbydere af AdBlue emulatorer er det relativt nemt at erhverve sig en manipulationsboks. Selv om de kinesiske fabrikanter topper listen over udbydere findes der også en lang række udbydere på det europæiske kontinent og med priser fra 600 kr. til 6000 kr. er der emulatorer for ethvert budget. Hvor de billigste emulatorer er simple i funktion og ofte lette at afsløre er de dyreste versioner ofte meget avancerede programmerbare typer, der i en sofistikeret indpakning ofte efterlader meget få installationsspor. Disse er svære at afsløre visuelt og da de er forsynet med en intelligent programmering, er de også vanskelige eller decideret umulige at afsløre med normale tilgængelige OBD-fejlkodelæsere. Fejlkodelæsere er specielle computere hvormed værkstedet eller politiet kan udlæse bilens fejlkoderegister. Manipulationsudstyret udgør således en stor udfordring for kontrolmyndigheden, idet afsløring kræver stor viden, rådighed over anvendelige kontrolmetoder og tilhørende måleudstyr.

Teknologisk Instituts erfaringer og målinger på en til formålet indkøbt emulatorboks til en Euro VI lastbil viser, at boksen virker helt efter hensigten og kan endog fjernbetjenes fra rattet. Vores målinger viser at frakoblingen af emissionssystemet medfører en drastisk stigning i NO<sub>x</sub> emissionen, der øges med en faktor 50. En afmontering af partikelfiltret, der anbefales af emulator leverandøren, vil tillige medføre en drastisk stigning i partikel-emissionen. Partikelfiltret fjerner normalt 98% af partiklerne. Hvis partikelfiltret desuden afmonteres ledes røggassen helt urenset til atmosfæren.

## 2.2. Mulige kontrolmetoder

Afsløring af NO<sub>x</sub> manipulation er umiddelbart en vanskelig disciplin, idet udviklerne lægger stor fantasi i selve udførelsen og monteringen af AdBlue emulatorerne. De første AdBlue emulatorer var simple både med hensyn til montering og virkemåde, men nu kan det konstateres, at udviklerne af AdBlue emulatorer efterhånden har oparbejdet stor ekspertise både mht. sofistikerede udførelse af emulators virkemåde og ikke mindst også i typer, der efterlader få installationsspor. Emulatorerne bliver fysisk mindre og ledsaget af professionel indbygning er de således vanskelige at afsløre ved visuel kontrol.

En sandsynlig fremgangsmåde fremadrettet er, at der anvendes flere kontrolmetoder, der tilsammen gør nettet så fintmasket at al manipulation afsløres. Fælles for alle AdBlue emulatorer er kraftigt forhøjede NO<sub>x</sub> emissioner fra køretøjet, uanset den anvendte emulator-type. Derfor vurderes det, at en af de mest sikre metoder til afsløring, er en emissionsmåling på køretøjet. Med en operationel procedure ledsaget af bærbart måleudstyr vurderes det, at metoden vil kunne afsløre langt hovedparten af de manipulerede biler. Frakobling af emulatoren ved en vejsidekontrol er et oplagt kneb, der gør at vognmanden kan slippe igennem en kontrol. Derfor bør emissionsmålingen støttes af supplerende kontrolmetoder, hvor den visuelle kontrol samt evt. udlæsning af systemets status med en OBD fejlkode-læser er oplagte valg.

Vores undersøgelser af en NO<sub>x</sub> emulator afprøvet på et køretøj, som er afrapporteret i denne rapport afsnit 3.5 viser, at emissionsmåling under acceleration kan bringes i overvejelse som kontrolmetode, idet metoden allerede efter blot tre-fire accelerationer utvetydigt viser, om emissionssystemet faktisk fungerer eller er manipuleret. Tidsforbruget til en accelerationsmåling er blot nogle få minutter pr. køretøj hvilket antages at være acceptabelt til en vejsidemåling. Der findes en del mobile apparater på markedet til priser omkring 30-50.000 kr. Ved valg af apparat skal indgå overvejelser om responstider således apparatet er "hurtigt nok" til at opfange og rapportere emissionsværdierne under en acceleration.

Remote Sensing er en målemetode hvor der ikke måles direkte i lastbilens udstødningsrør, men udstyret placeres ved vejsiden og bilernes emissioner måles løbende mens bilerne passer målepunktet. Med Remote Sensing måling kan der ved vejsiden kontrolleres et stort antal biler på kort tid. Imidlertid skal måledata analyseres og køretøjets Euro-klasse skal identificeres inden beslutning om standsning og kontrol af pågældende køretøj på grund af forhøjede emissioner træffes. Remote Sensing "på landevejen" med Remote Sensing udstyr placeret i kontrolmyndighedens køretøj, som det er forsøgt i Tyskland, vurderes som en interessant metode, idet lastvognen ved målingen naturligt vil være i arbejde og idet chaufføren i denne situation normalt vil være uvidende om, at hans bil kontrolleres vil han antagelsesvist have AdBlue emulatoren tilkoblet hvis en sådan forefindes. Udfordringen ved målemetoden er, at den fortsat er på udviklingsstadiet og der findes således ikke færdigudviklet udstyr på markedet. Metoden vurderes at være relevant f.eks. til emissionscreening af færdselsstrømme ved udvalgte kontrolpunkter. Remote Sensing kan desuden anvendes til indikation af emissioner fra vejtrafikken til brug for luftkvalitetsvurderinger og antagelig til en screening af køretøjer med særligt højt udslip af kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>) og evt. partikler, som kan benyttes til at udvælge biler for yderligere kontrol.

Metode	Mærkespecifik	Status
Visuel kontrol	Nej <sup>1</sup>	Metoden skal fortsat anvendes og forfines, som det sker nu med erfaringer fra allerede afslørede manipulationer. En udfordring er at denne procedure til afsløring, altid vil være et skridt bagefter udviklerne, hvilket har den konsekvens, at de nyeste emulator typer vil kunne slippe igennem en kontrol da de kan være bedre skjult i bilens ledningsnet. Der ud over vil de rent digitale manipulationer, f.eks. softwaremæssig omprogrammering af chip i motorstyringen ikke kunne afsløres, da disse manipulationer ikke efterlader sig installationsspor. Digital manipulation kræver dog specialudstyr og -viden at udføre og det er stadig uvist hvor udbredt metoden bliver.
OBD/CAN bus	Ja <sup>2</sup>	Metoden skal fortsat anvendes som et støtteværktøj specielt til den visuelle kontrol. Metoden vil kunne forstærkes hvis der i lighed med den visuelle kontrol bliver udarbejdet instrukser til anvendelse af givent udstyr på givne køretøjer.
Emissionsmåling	Nej <sup>3</sup>	En oplagt metode, der vil kunne afsløre hovedparten af de NOx manipulerede biler ved vejsidekontrol. Der udestår udarbejdelse af operationelle procedurer samt identifikation af egnet bærbart emissionsmåleudstyr. Udarbejdelse af operationelle metoder vil omfatte fastlæggelse af bilernes driftstilstand ved målingen, fastlæggelse af belastning og evt. nødvendige målestrækninger. Bærbart udstyr til emissionsmåling skal identificeres specielt med hensyn til tilstrækkeligt korte responstider.
Remote Sensing	Nej <sup>3</sup>	Metoden er fortsat under udvikling. Vurderes at være relevant f.eks. til emissionsscreening af færdselsstrømme ved udvalgte kontrolpunkter. Endvidere vil metoden være interessant, hvis der udvikles bærbart udstyr, der kan anvendes i kontrolmyndighedens biler.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Placering af emulatorerne er oftest mærkespecifik hvorfor en viden om aktuelle placeringer på de forskellige køretøjer er en fordel.</li> <li>2. Mærkespecifik eller uoriginal fejlkodelæser.</li> <li>3. Kendskab til det målte køretøjs Euroklasse er nødvendig for at kunne fastlægge de tilladelige emissioner.</li> </ol>		

Figur: 1 Oversigt og konklusioner på mulige kontrolmetoder.

## 2.3. Nabotjek

Nabotjekket viser, at NOx manipulation som forventet er et stort problem i Europa. Overordnet konstateres, at der ikke er formaliseret et decideret samarbejde over landegrænserne. Nogle lande er langt fremme med rutinemæssige kontroller f.eks. Schweiz, der dagligt kontrollerer et stort antal biler i deres HTCC (Heavy Traffic Control Centres).

Nogle lande, f.eks. Norge, England og Schweiz har udarbejdet eller arbejder på udarbejdelse af procedurer for afsløring af NOx manipulation ligesom det danske politi, der har en omfattende guideline for mærkespecifik gennemgang af køretøjer i forbindelse med vejsidekontrol.

I regi af ACEA, der er den europæiske sammenslutning af bilfabrikanter, er der udført en række initiativer, der undersøger markedet for AdBlue emulatorer <sup>[1]</sup> og ikke mindst emulatorernes virkemåde <sup>[2]</sup> på forskellige lastbiler. Deciderede og gennemarbejdede kontrolmetoder for inspektioner af køretøjer i regi af ACEA foreligger ikke.

Vores nabotjek viser, at der i Schweiz i regi af Kantonpolizei Uri har udarbejdet en omfattende guideline baseret på visuel kontrol, der anvendes i forbindelse med rutinekontroller i deres trafikcentre.

Baseret på tilbagemeldinger fra nabotjekket må det konstateres, at der er et stort behov for fælleseuropæisk koordinering og udvikling af kontrolmetoder, der bringer de nuværende visuelle kontroller et skridt videre og ikke mindst suppleres med brugbare målemetoder. Vores undersøgelser viser at anvendelse af OBD-fejlkodelæsere og avancerede CAN-bus analyser samt ikke mindst procedurer for emissionsmålinger, har stort potentiale som værktøj til forstærkning af indsatsen mod NOx manipulation på europæisk plan.

## 2.4. Prisfastsættelse

Besparelse af udgifter til AdBlue fremhæves generelt som den vigtigste bevæggrund for NOx manipulation. Besparelsen til AdBlue er naturligvis afhængig af kørte kilometer, hvilket underbygges af de generelle tal fra kilderne, <sup>[33]</sup> der viser besparelse på op til 15.000 kr./år ved et kørselsbehov på ca. 150.000 km. En undersøgelse af de samlede driftsudgifter for et emissionssystem, altså udgifter til både **AdBlue** og til **service og vedligehold** viser, at udgifterne til service og vedligehold udgør et betydeligt beløb. Generelt konstateres, at et emissionssystem har lang levetid <sup>[34]</sup> formodentlig foranlediget af EU godkendelseskravene, der foreskriver en holdbarhed på mindst 700.000 km. De rigtigt store reparationer melder sig derfor normalt først efter ca. én mio. km., men herefter er der tale om ret bekostelige reparationer, der ofte omfatter udskiftning af SCR katalysator samt evt. mere eller mindre vitale dele i styrings eller- hjælpeudrustningen.

En manipulation af emissionssystemet er derfor et endog meget billigt alternativ til f.eks. en udskiftning af en SCR katalysator, hvilket begrundes mistanken om, at det i lige så høj grad er ønsket om at udsætte eller helt undgå en dyr reparation, der er bevæggrunden for montering af en AdBlue emulator og ikke kun udgiften til AdBlue. Det kunne antages, at en del af de manipulerede biler basalt kører med defekte systemer, der blot holdes kørende af en AdBlue emulator.



### 3. Screening af manipulationsudstyr

Manipulationsudstyret består oftest af en elektronisk enhed kaldet en **AdBlue emulator**, som tilsluttes og monteres skjult i bilens ledningsnet. Formålet med AdBlue emulatoren er via elektroniske signaler at deaktivere bilens originale AdBlue-system.

AdBlue er en kemisk væske, mere konkret er det en urea opløsning på 32,5% i demineraliseret vand, som er nødvendig for at bilens SCR-katalysator kan fungere og omdanne den miljøskadelige NO<sub>x</sub> til harmløst vand og nitrogen. Uden AdBlue-væske, fungerer SCR katalysatoren ikke og bilens NO<sub>x</sub>-emissioner stiger drastisk.



**Figur 2: Oversigt over berørte komponenter på køretøjet**

Ud over at deaktivere bilens originale AdBlue system, blokerer AdBlue emulatoren for en række fejkoder og fejlmeddelelser, som ellers ville opstå ved manipulation med bilens elektronik. Hvis fejlmeddelelserne i lastbilens instrumentpanel ignoreres vil bilen efter kort tid gå i såkaldt nødprogram, der reducerer bilens ydelse. Funktionaliteten er indbygget af bilfabrikkerne for at tvinge chaufføren til service hvis det emissionsbegrænsende system ikke fungerer.

Blokering af fejkoder og fejlmeddelelser omfatter:

- Slukning af bilens hoveddiagnoselampe. ("den gule motorlampe")
- Slukning af kontrollamper for AdBlue system.
- Manipulation af tankmåler for AdBlue væske.

- Slukning af funktionen "nødprogram", som reducerer motoreffekten ved kørsel uden AdBlue.
- Eventuelt blokeres for udlæsning af fejlkoder for det emissionsbegrænsende system via OBD fejlkodelæser.

AdBlue emulatorer bruges navnlig af to årsager:

1. Omkostningen til indkøb af AdBlue væske kan spares.
2. Dyre reparationer af defekte komponenter i det emissionsbegrænsende system på bilen kan spares.

Generelt kan siges, at der findes AdBlue emulatorer til alle nyere lastbiler såvel som til traktorer og entreprenørmaskiner. AdBlue emulatorerne er mærkespecifikke og tilpasset de enkelte bilfabrikater.

Med en velfungerende AdBlue emulator har chaufføren fuld motorkraft til rådighed og han kan ikke mærke på bilen, om den har AdBlue emulator installeret, da trækraften er helt uændret ligesom fejlmeddelelser ikke forekommer i lastbilens instrumentpanel.

### 3.1. Udbud af manipulationseudstyr

Det kræver kun få sekunder at finde frem til en leverandør af AdBlue emulatorer på internettet. Med søgeordet "AdBlue emulator" på Google fremkommer et meget stort antal søgehits med salgssteder.

Endnu mere oplagt er det formodentlig at erhverve sig en AdBlue emulator fra et af de kendte e-handelssteder, der med søgeordet "AdBlue emulator" alle udbyder produktet.

e-site	eBay	Amazon	Allegro	Alibaba	Madeinchina
<b>Antal hits</b>	155	3	183	639	133

**Figur 3: Antal søgehits på "AdBlue emulator" på de mest kendte e-handelssteder.**

Firmaet <http://bildiagnose.dk/biltester/item/adblue-emulator> er en af de få, der annoncerer på dansk.

Hvis der søges på "chiptuning" fremkommer der en lang række søgehits fra danske udbydere, der udbyder denne service. Primært retter denne service sig mod personbiler, men en søgning på "chiptuning af lastbiler" giver umiddelbart fem resultater på danske virksomheder, der tilbyder denne service, ikke kun på lastbiler, men også på traktorer og entreprenørmaskiner.

Følgende danske virksomheder tilbyder ændring af motorstyring til lastbiler:

- <http://www.sancodk.dk/>
- <http://www.rh-motorsport.dk/lastbil.html>
- <http://www.motor-optimering.dk/>
- <http://stage3.dk/traktorlastbil-tuning/>
- <http://www.lastbiltuning.dk/>

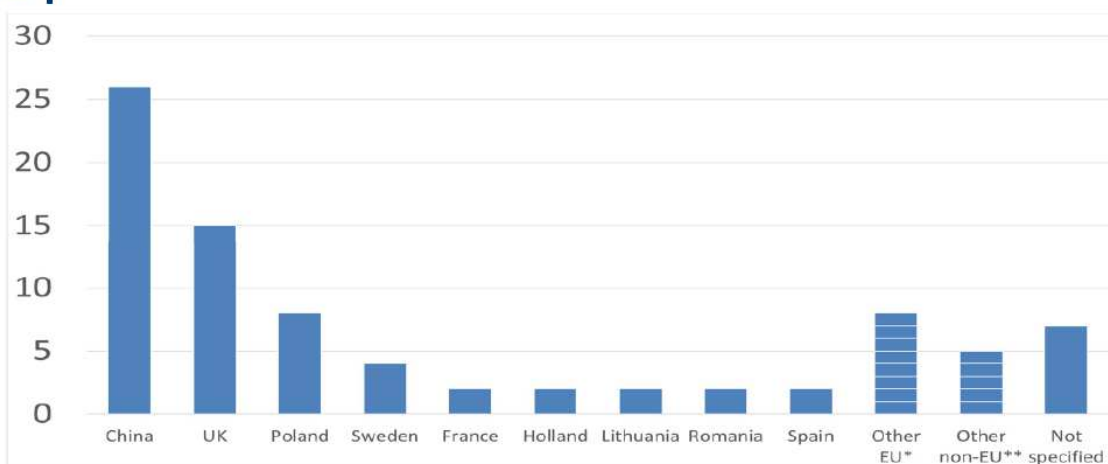
ændring af motorens styreprogram via bilens diagnosestik, hvorigennem man lagrer et modificeret motorstyringsprogram ind i lastbilens motorstyring. Fra hjemmesiderne fremgår, at denne form for tuning retter sig mod højere motorydelse og "længere på literen". Det er dog uklart, hvad denne chiptuning, eller ændring af motorstyring, konkret medfører for emissionerne. Med en lovet effektførogelse på op til 35 % må det dog antages, at emissionerne derved vil afvige en del fra de typegodkendte værdier, ligesom det ikke kan afvises, at en decideret manipulation med det emissionsbegrænsende system foretages ved samme lejlighed.

Et eksempel på udstyr til omprogrammering af chip i bilens centrale kontrolenhed kan ses på f.eks. <http://www.flashtec.ch/>. Flashtec SA er schweizisk firma, der udbyder udstyr og software til forskellige former for tuning af personbiler, lastvogne, entreprenørmaskiner og traktorer. Udstyret må betegnes som specialistgrej, der ikke umiddelbart lader sig betjene uden et ret indgående kendskab til motorstyringer og datastrukturer herfor. Prismæssigt ligger grejet også i den høje ende, idet et komplet sæt udstyr til omprogrammering ligger omkring 150.000 kr. Selv om firmaet tilbyder færdige softwarepakker, der er tilpasset kundens ønsker, kræver det alligevel en stor viden at installere softwarepakkerne i bilen. Samtidig skal programmøren have bilen i hænde for at kunne installere den nye software.

En tidligere undersøgelse fra Statens Vegvesen i Norge <sup>[3]</sup> har identificeret 21 forskellige typer/kategorier af AdBlue emulatorer. Priserne starter helt nede ved få hundrede kroner for en basal kinesisk emulator til ca. 5000 kr. for en high-end europæisk fremstillet emulator. Til de nyeste EURO VI lastbiler er emulatorerne klart dyrere end til de ældre modeller.

ACEA har arbejdet med NOx manipulation, herunder udbuddet af AdBlue emulatorer fra forskellige geografiske markeder. ACEA har i 2017 identificeret 87 unikke udbydere. Resultaterne for den geografiske fordeling er gengivet nedenstående.

## ACEA | GEOGRAPHICAL SPREAD



\* AU, BU, CZ, EE, IE, IT, LV, PT

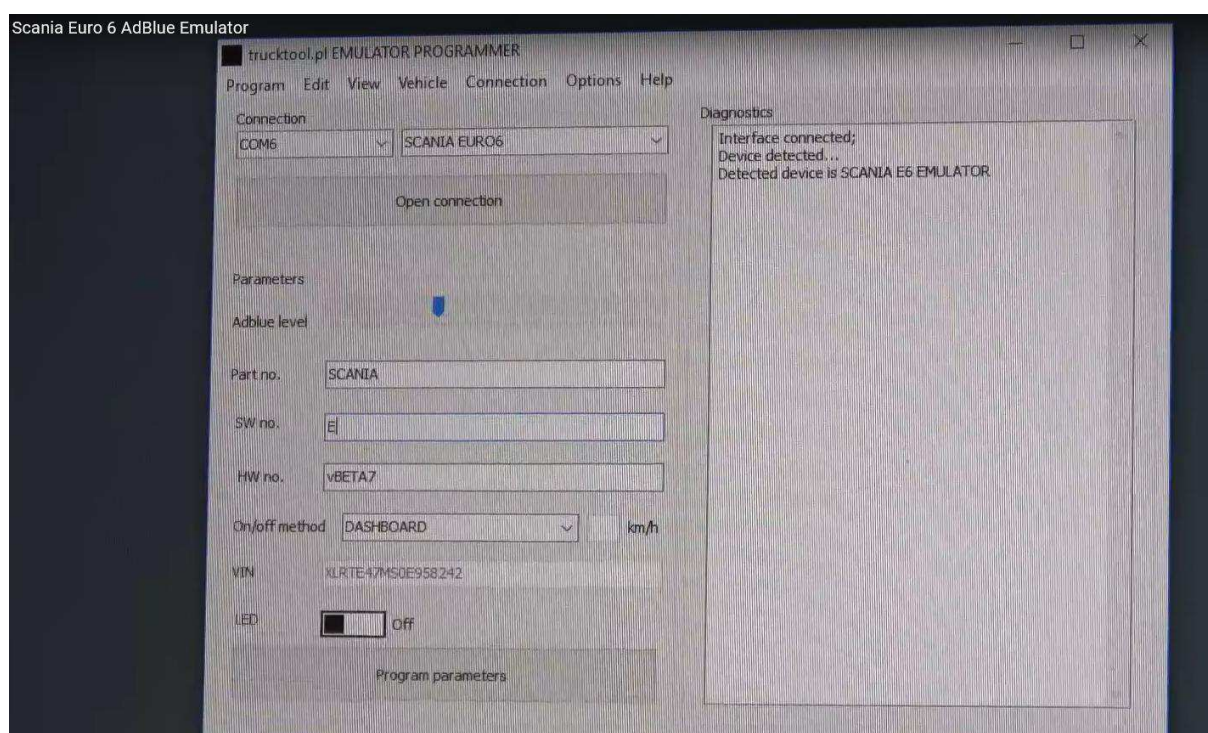
\*\* Brazil, Russia, Singapore, Turkey, Ukraine

**Figur 4: Geografisk fordeling af 87 unikke udbydere af AdBlue emulatorer <sup>[1]</sup>**

Vi indkøbte en high-end emulator til de nyeste Scania Euro VI biler fra en polsk hjemmeside <https://trucktool.pl>. Emulatoren var af fabrikat Sercon og prisen var ca. 5000 kr. inklusive fragt. Emulatoren blev leveret på vores adresse to døgn senere.

Emulatoren kunne programmeres til automatisk at være inaktiv under en selvvalgt hastighed, f.eks. 4 km/t. Ved stilstand fungerer AdBlue systemet altså normalt. Derved undgås at emulatoren bliver afsløret ved emissionsmålinger ved en vejsidekontrol, hvor bilen holder stille med motoren i gang. Denne funktionalitet har vi dog ikke afprøvet da den nødvendige software til at omprogrammere Sercon emulatoren med denne funktionalitet ikke var til vores rådighed.

På hjemmesiden findes en udførlig monteringsvideo, som bl.a. viser, hvordan chaufføren kan slå emulatoren til og fra via instrumentbordet, hvilket var den konfiguration vi afprøvede under kørslerne, der er afrapporteret efterfølgende.



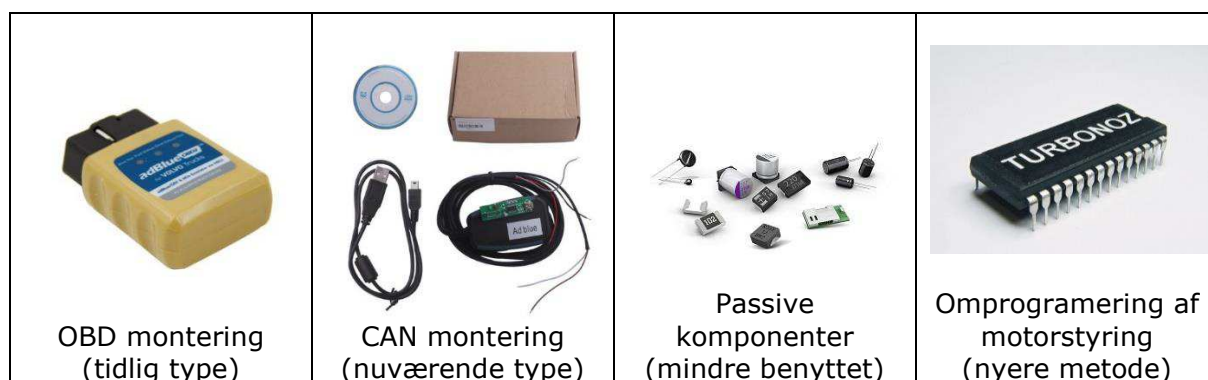
**Figur 5: Billede fra instruktionsvideo, der viser mulig software til opsætning af Sercon AdBlue Emulatoren. Bemærk, at man kan vælge betjeningsmetode hhv. rat eller automatisk frakobling ved en given hastighed. Desuden er det muligt selv at angive niveauet i AdBlue tanken. I vores tilfælde var tankmåleren sat til 68%. Afslutningsvist kan LED lampen på selve emulatoren sættes til at være inaktiv, hvilket gør den sværere at lokalisere visuelt.**

### 3.2. Typer af manipulationsudstyr

Fælles for alle emulatorer er, at det er elektroniske enheder, der skal tilkobles bilens styresystem, den såkaldte CAN-bus (Controller Area Network) for at kunne fungere. De elektroniske enheder frakobler AdBlue systemet på en sådan måde, at bilen ikke tænder advarselslamper i instrumentbordet og går i nødprogram, der betyder at motorydelsen begrænses.

Gennem tiden har der været anvendt forskellige typer af AdBlue emulatorer. Tidligere udgaver af AdBlue emulatorer kunne monteres direkte i bilens diagnosestik, hvilket er meget enkelt, men denne type ses nu sjældnere da den i sagens natur er meget let for kontrolmyndigheden at lokalisere. De fleste systemer monteres i dag ved deciderede indgreb i bilens ledningsnet. Det er altså et job for specialister og ikke noget, som en chauffør normalt selv kan klare. I fremtiden vil indgrebet sandsynligvis også foregå rent softwaremæssigt ved ændring af motorstyringen således, at der ikke er nogen fysiske spor efter indgrebet. Emulatorerne kan inddeles i fire hovedområder:

1. Simpel montering i diagnosestikket kaldes OBD-montering.
2. Montering i ledningsnettets kaldes CAN-montering. (Controller Area Network)
3. Passive komponenter placeret i ledningsnettets.
4. Omprogramering af bilens motorstyring, der er ændring i software eller udskiftning af chip.



Figur 6: De fire hovedtyper af emulatorbokse

Den umiddelbare fordel for vognmanden ved den **OBD monterede** type er, at den er meget let og hurtig at montere, men på den anden side også hurtig og let at detektere for kontrolmyndigheden. Prismæssigt ligger disse emulatorer i den lavere ende af segmentet og de er i reglen mindre raffinerede, idet der via OBD-stikket ikke nødvendigvis er adgang til hele CAN-netværket. Derved begrænses muligheden for at indbygge de mere avancerede funktioner.

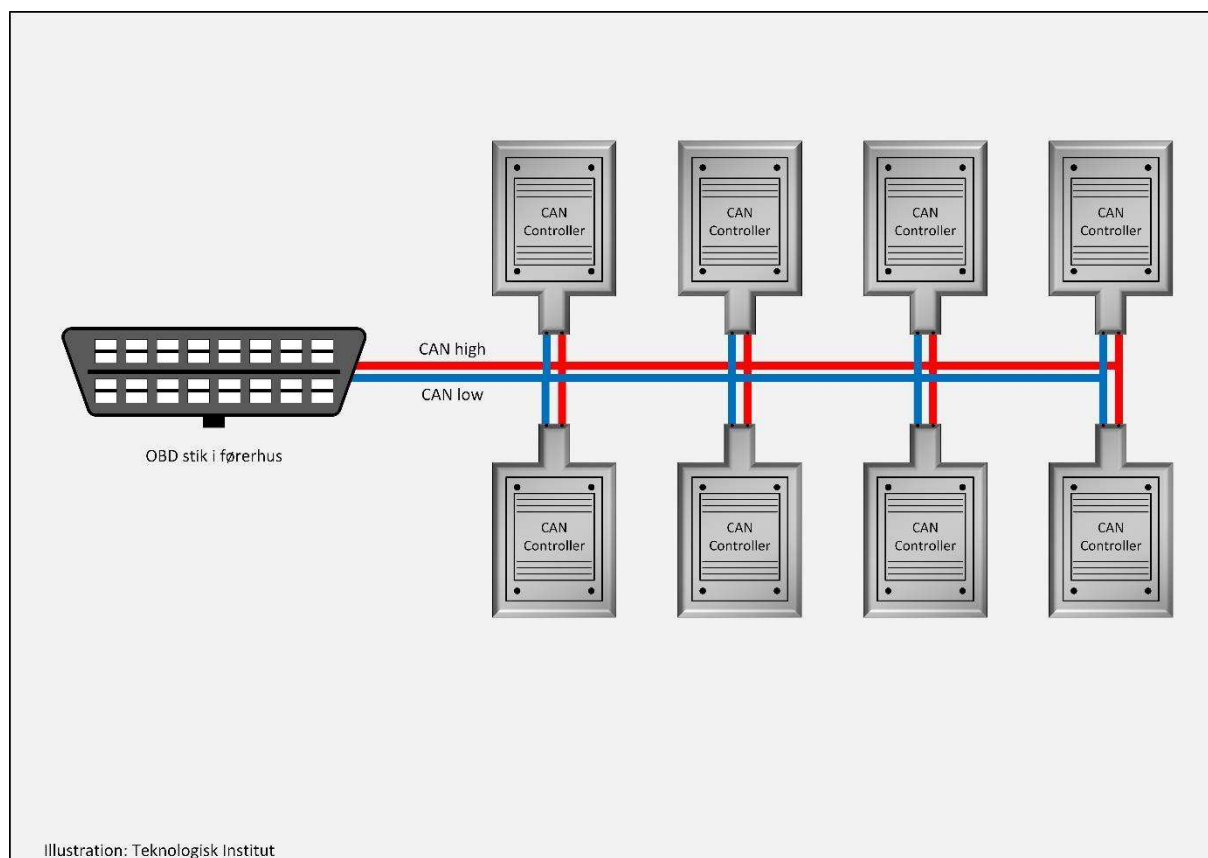
Vigtigste karakteristika for de **CAN monterede** typer er, at de installeres direkte i bilens centrale CAN-netværk hvor de som intelligente enheder, modtager og sender kommandoer til bilens motorstyring. Via den direkte montering i bilens CAN-netværk er der fri adgang til alle bilens CAN-signaler og det er stort set kun programmørernes kunnen, indsigt og snilde, der lægger grænser for, hvor intelligent emulatoren konstrueres. Ved de mere raffinerede og programmerbare eksemplarer af den CAN monterede type ser man f.eks. automatisk ind- og udkobling ved en given hastighed eller fjernbetjening fra rattet. Installationen i bilens CAN-netværk efterlader dog altid installationsspor om end de kan være svære at lokalisere for de mindste typer. Hvor den OBD monterede type i sagens natur altid er at finde i OBD-stikket i bilens førerhus, kan de CAN monterede emulatorer monteres et hvilket som helst sted i bilens CAN-bus. Det betyder, at de kan være særdeles godt gemt i bilens ledningsnet ofte på utilgængelige steder f.eks. på bilens chassis eller i skjulte rum omkring førerkabine.

En mindre raffineret om end benyttet metode af NO<sub>x</sub> manipulation, er indbygning af **passive komponenter** i ledningsnettet. De passive komponenter indbygges ikke i CAN-bussen, men ofte i tilknytning til f.eks. temperatursensorer. Den funktion man udnytter ved de passive komponenter er det faktum, at de fleste biler udkobler AdBlue anlægget, hvis udendørstemperaturen ligger under en vis værdi. Med passive komponenter kan bilen således foranlediges til at tro, at udendørstemperaturen altid ligger under den grænse, hvor det fabriksmonterede system under alle omstændigheder ville frakoble AdBlue anlægget. Dermed er det så at sige bilen selv, der frakobler AdBlue anlægget, hvorfor den kan fortsætte kørslen uden alarmer, fejlmeddelelser eller at gå i nødprogram. Modsat de mere intelligente emulatorer er de passive komponenter i sagens natur ikke programmerbare, hvilket betyder, at chaufføren ikke kan indkoble AdBlue anlægget ved f.eks. en vejsidekontrol, hvilket åbner for afsløring f.eks. ved inspektion eller emissionsmåling på køretøjet.

Den nyeste og mest raffinerede måde for AdBlue emulatorer er den såkaldte **ændring af motorstyring**. Her indbygges emulatoren i bilen motorstyring som en ren softwarepakke, alternativt udskiftes én eller flere computerchip i motorstyringen med versioner, der indeholder den ønskede software til manipulation af køretøjet. Software, der indeholder manipulationsalgoritmer installeres altså enten ved en decideret omprogrammering af bilens originale chip, eller ved udskiftning af den originale chip (eller printkort) med en uoriginal chip, der indeholder manipulationssoftware. Ved en ændring af motorstyringen efterlades kun digitale spor, der er meget svære at lokalisere og eftervise. Ved udskiftning af en eller flere chip efterlades i reglen spor, når elektronikken åbnes, eller når der foretages lodning på printkort. Det er fortsat uvist hvor udbredt denne form for manipulation bliver. Anvendelsen af manipulerede motorstyringer fordrer relativt avanceret udstyr for at kunne kommunikere med motorstyringen og ikke mindst, kræves der relativ stor viden for at kunne foretage den nødvendige omprogrammering af den massive og avancerede datastruktur i motorstyringens software.

### 3.3. Montering af manipulationsudstyr

Datanetværket i biler kaldes et CAN-netværk (Controller Area Network). Styreenhederne i et CAN-netværk er forbundet som et netværk, i daglig tale CAN-bus, hvilket betyder at alle signaler passerer gennem alle styreenheder. Den enkelte styreenhed er selv ansvarlig for at sortere i de indkommende signaler. Hver enkelt styreenhed kan både modtage og sende signaler på netværket. Det vil sige, at der kan sendes kommandoer til andre styreenheder fra et vilkårligt sted på CAN-bussen. Et køretøj er forsynet med en række CAN-kontrollere, der hver har en specifik funktion som f.eks. styring af rudehejs, vinduesviskere, audiosystemet, aircondition, ABS-bremser, airbags, og de mere avancerede kontrollere, f.eks. motorens centrale kontrolenhed (ECU) eller emissionssystemets kontrolenhed.



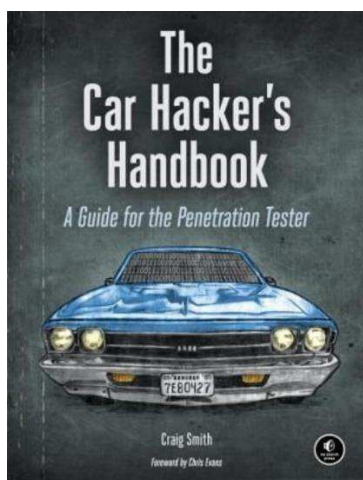
**Figur 7: Skematisk fremstilling af et CAN-bus netværk hvor kommunikationen på køretøjet foregår i to ledninger.**

CAN-bus kommunikationen foregår som vist i Figur 7 ovenstående i blot to ledninger, som kaldes hhv. CAN low og CAN high. For at koble sig på CAN-bussen kræves der således kun to ledninger, som kan fastgøres enten ved lodning, med et sæt krokodillenæb eller blot strømtve, som vist i Figur 8. Ud over den helt essentielle CAN-bus tilslutning har de fleste AdBlue emulatorer flere ledninger, der skal tilsluttes. Dette er normalt to ledninger som er strømforsyning fra bilens batteri og dertil kan der være én eller flere tilslutninger, normalt styresignaler, der kan anvendes til funktions- eller styringsmæssige formål. Dette kunne være f.eks. fjernbetjening af emulatoren fra en fjernbetjening, en skjult kontakt eller fra menuerne på bilens rat.



**Figur 8: Adgang til CANBUSSEN opnås via en simpel strømtve, som klemmes på de to CAN-bus kommunikationsledninger CAN high og CAN low.**

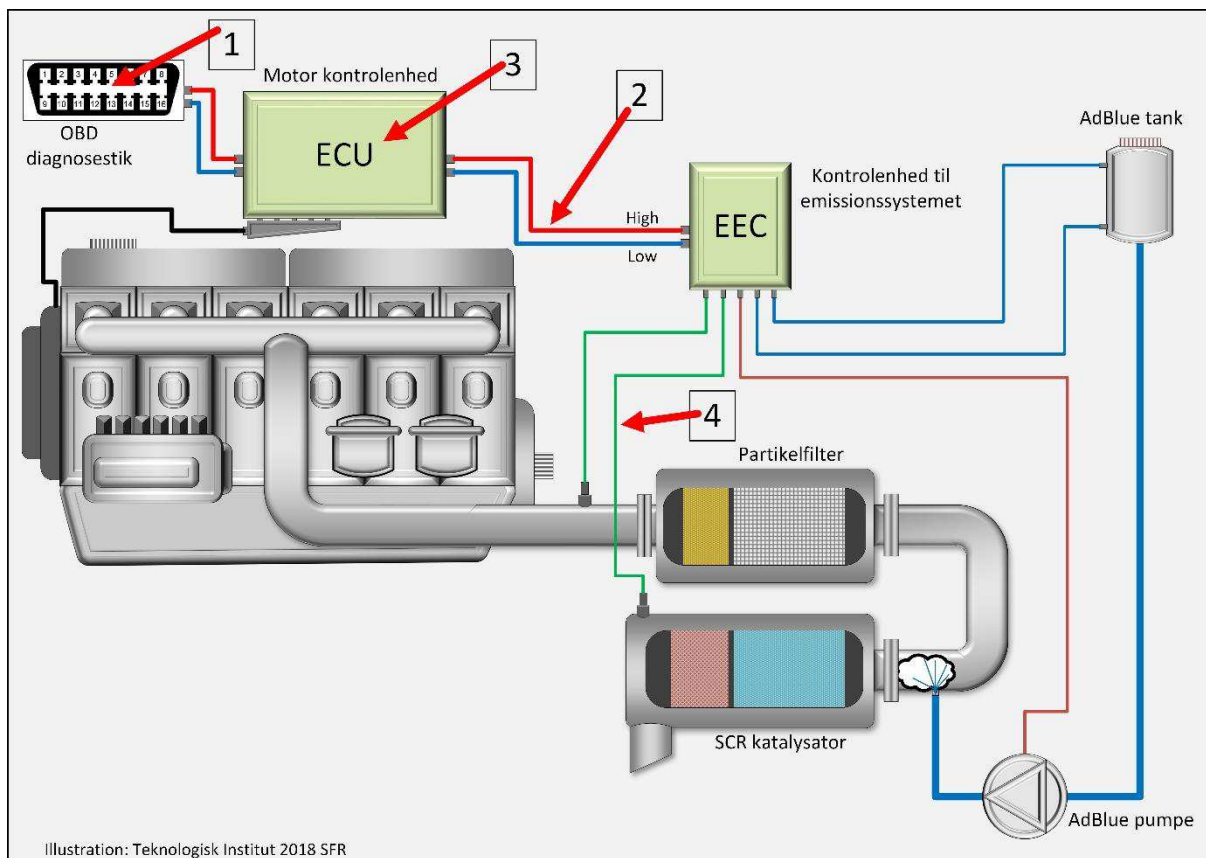
Kommandoerne på CAN-bussen er ikke krypterede, og kan derfor, med den rigtige viden og det rigtige udstyr, forholdsvis let aflæses. For at tyde kommandoerne og sende virksomme kommandoer på CAN-bussen kræves dog et vist kendskab til datastrukturen, som er valgt af fabrikanten. Det er muligt at disse oplysninger dels er afkodet fra de OBD-reparations og vedligeholdelsesinformationer som fabrikanten skal stille til rådighed iht. Europa Parlamentets forordninger og dels at datastrukturen simpelthen er afluret ved hacking. Der findes på markedet et stort udvalg af CAN-læsere og andet værktøj til CAN-hacking. Et effektivt og omfattende stykke litteratur som vi også har indkøbt er vist i Figur 9.



**Figur 9: Eksempel på velgennemarbejdet faglitteratur, som instruerer i CAN-hacking**

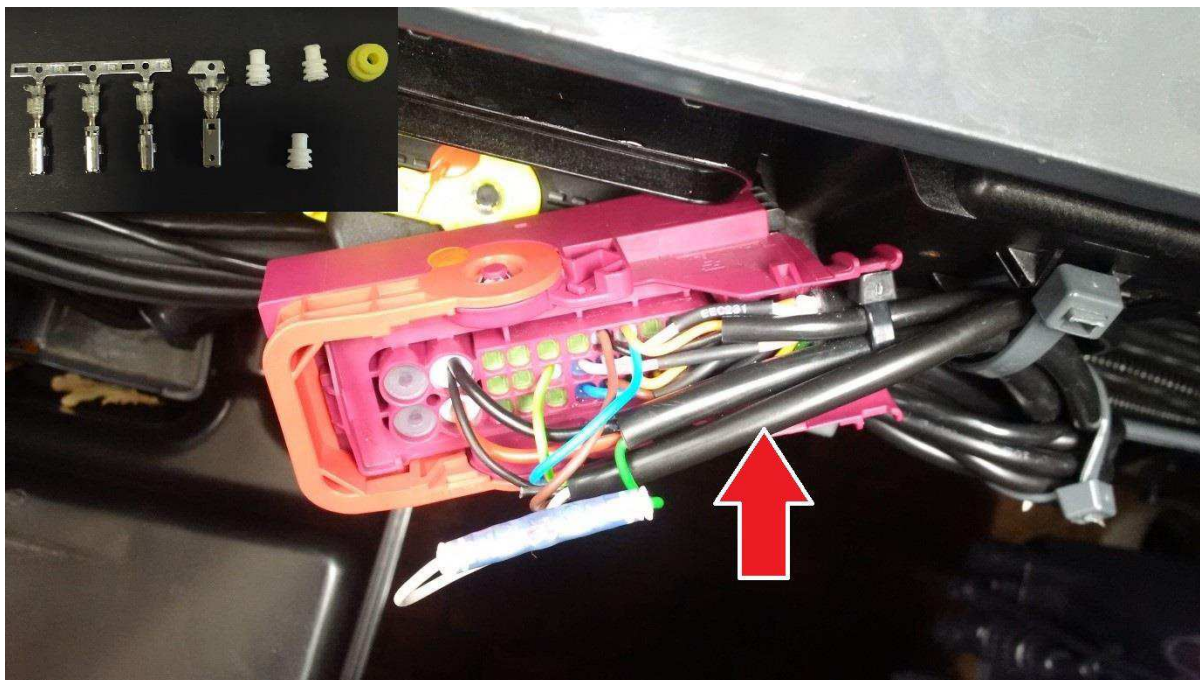
Montering af AdBlue emulatoren vil være afhængig af hvilken emulator type der er valgt. Hvor den OBD monterede type blot tilsluttes OBD stikket i bilens førerhus er det lidt mere kompliceret med den CAN-monterede type idet man her skal være i stand til at lokalisere de rigtige CAN- samt strømledninger på køretøjet. Imidlertid er dette forudgående arbejde som regel udført af producenten af AdBlue emulatoren, idet køb af en emulator normalt er ledsaget af en mere eller mindre udførlig monteringsmanual til det specifikke køretøj. Et eksempel på en installationsmanual kan ses på <https://trucktool.pl>





**Figur 10: Montering af en AdBlue emulator kan foretages på tre måder. 1.) OBD montering af emulator direkte i OBD stikket - en tidligere anvendt metode. 2.) CAN montering, som er mest udbredt, hvor emulatorens monteres i CAN-ledningsnettet mellem EEC (Engine Emission Control) og ECU (Engine Control Unit) 3.) Ændring af motorstyring, som kan være den fremtidige metode. Udføres ved omprogrammering af elektronikken i emissionssystemets kontrolenhed eller i motorens kontrolenhed ECU. 4.) Passive komponenter, der indbygges i tilknytning til temperatur-, niveau- eller NOx sensorer.**

Valg af den fysiske installation afgøres af, at installationen fremstår med så få installationsspor som muligt og af, hvad der er praktisk muligt. Ved den polske Sercon emulator som Teknologisk Institut indkøbte til projektet foreskrev installationsmanualen installation i et af ledningsnettets centrale stik på køretøjets hovedramme. En umiddelbar synlig placering, men emulatorens var forsynet med ledninger i præcis samme farve som køretøjets. Med emulatorens fulgte noget der lignede originale stik og gummigennemføringer, der kunne anvendes ved monteringen. Installationen kunne dermed gennemføres meget professionelt og fremstå med meget få installationsspor. Eneste udfordring er at skjule selve emulatorens i chassiset.



**Figur 11: Fysisk installation af den polske Sercon AdBlue emulator foregår i et stik på bilens hoveddrumme. Tilkobling sker via 5 ledninger hhv. CAN high, CAN low, stelforbindelse og to stk. styreledninger til/fra AdBlue systemets styreboks. Bemærk, at emulatorens ledningskappe har præcis samme farve som køretøjets originale ledningsføring her markeret med rød pil. Med omhu og de medfølgende stik og gummigennemføringer (se indsat foto øverst til venstre) kan installationen udføres med meget få installationsspor.**

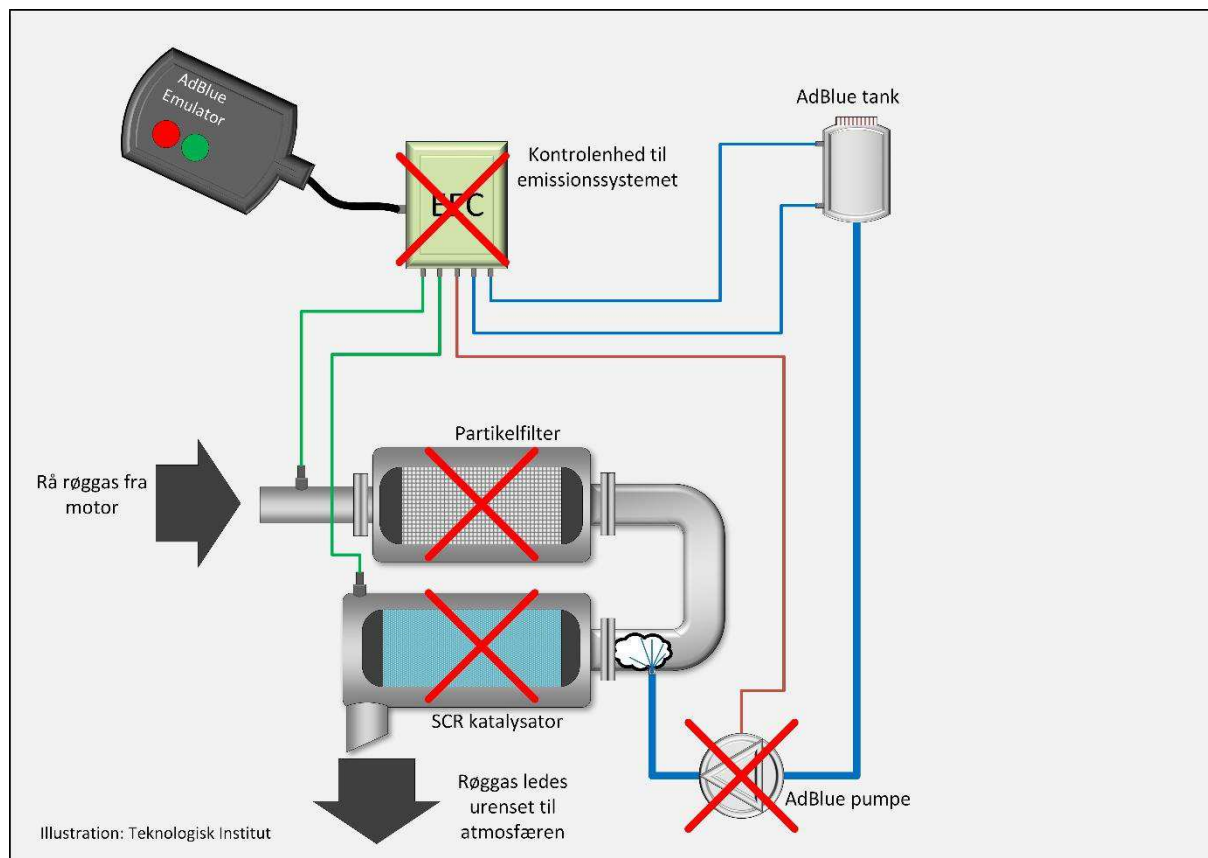
### 3.4. Virkemåde

Ved afbrænding af brændstof i en motor dannes bl.a. sodpartikler og nitrogenoxider. På grund af skadelige indvirkninger på mennesker og miljø bliver udstødningsgasserne rensed, i moderne køretøjer i to hovedfaser – partikelfiltret (kun Euro VI) og NOx katalysatoren.

Partikelfiltret, der fungerer som et fysisk filter fjerner omkring 95-98 procent af sodpartiklerne. Filtringen kræver ikke tilsætning af reaktanter, men filtret skal med passende mellemrum rengøres for at undgå tilstopning. Rensningen foregår automatisk idet sodpartiklerne afbrændes, når motoren arbejder passende hårdt f.eks. ved motorvejskørsel. Hvis dette ikke er tilstrækkeligt kan der tilsættes brændstof til partikelfiltret, der derved starter afbrændingen af sodpartiklerne. Processen styres løbende af emissionssystemets styreboks EEC, der konstant overvåger at filtret fungerer optimalt og starter rensningsprocessen når modtrykket når et vist niveau. En meget central problematik ved montering af en AdBlue emulator er at denne overvågning og regenerering af partikelfiltret sættes ud af funktion. Som en løsning på dette anbefaler de fleste leverandører af AdBlue emulatorer at partikelfiltret fjernes. Fjernelse af partikelfiltret betyder i sagens natur, at partikelemissionen stiger voldsomt og ofte til et niveau svarende til en 20 år gammel Euro I lastbil. Samtidigt kan en fjernelse af partikelfiltret have den konsekvens af støjemissionen fra lastbilen øgs da partikelfiltret har en støjdæmpende virkning.

NOx katalysatoren fungerer anderledes. Her måler sensorer løbende temperatur og NOx niveauet i udstødningsgassen før og efter katalysatoren. Emissionssystemets kontrolenhed beregner og styrer på baggrund heraf tildelingen af AdBlue, der som reaktant foranlediger, at den skadelige NOx (NO og NO<sub>2</sub>) omdannes ved en katalytisk proces, der kaldes selektiv

katalytisk reduktion (SCR) til harmløst vand og nitrogen. Mellem 70 og 98 procent, alt afhængigt af bilens lastpunkt og systemets konstruktion, af nitrogenoxiderne fjernes på denne måde. Ved montering af en AdBlue emulator overtager denne styringen af emissionssystemet og frakobler tildelingen af AdBlue.

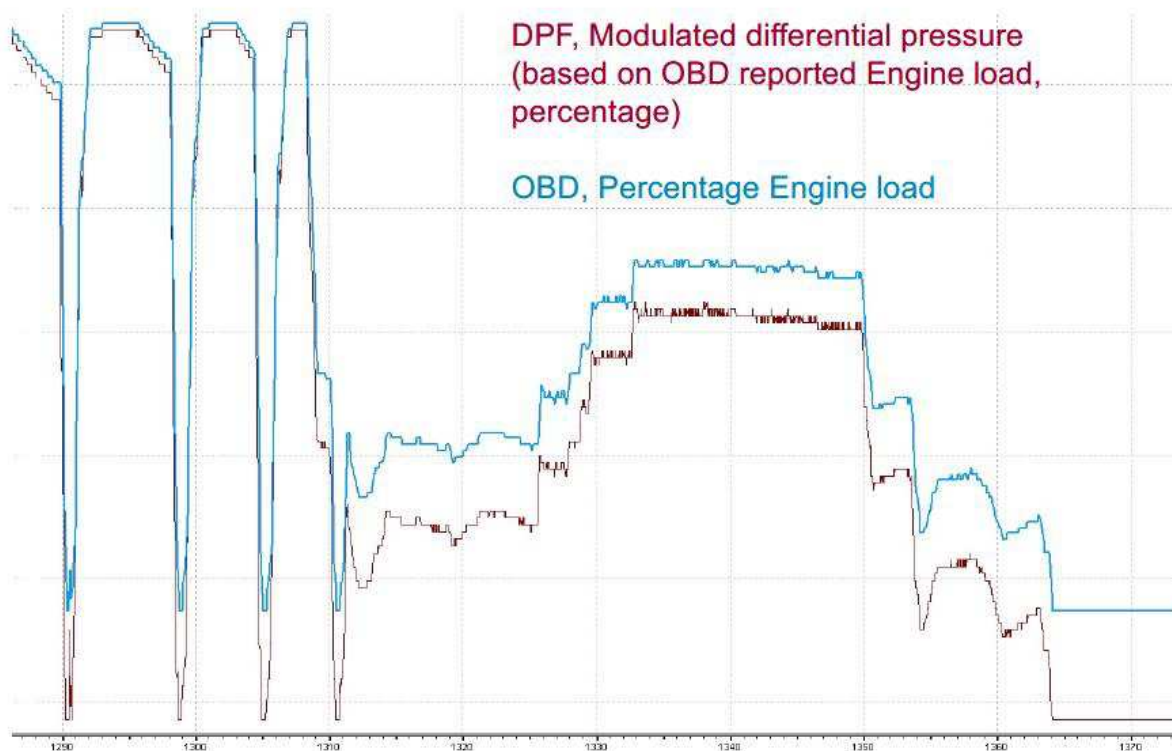


**Figur 12: Fremstilling af hvilke komponenter, der normalt frakobles ved installation af en AdBlue emulator. AdBlue emulatoren overtager styringen af emissionssystemet, der i praksis frakobles. Normalt afmonteres ligeledes partikelfiltret, hvilket i praksis betyder, at røggassen fra motoren ledes urensset til atmosfæren.**

Når AdBlue emulatoren overtager styringen af emissionssystemet er væsentligste funktion at frakoble AdBlue tildelingen. Frakoblingen vil normalt have den virkning, at bilens advarselslamper vil begynde at lyse for at advare chaufføren om, at emissionssystemet skal serviceres. Hvis dette negligeres, vil bilen efter en kortere periode gå i nødprogram, hvilket betyder, at motorydelsen begrænses og ultimativt kan køretøjet ikke startes. Derfor er AdBlue emulatoren programmeret således, at den kontinuerligt sender falske signaler, også kaldet emulerede signaler, til bilens centrale styreboks om at "alt er i orden". Det betyder, at kontrollamper ikke aktiveres og kørslen kan fortsætte uden at chaufføren kan mærke på bilen, at AdBlue systemet er frakoblet.

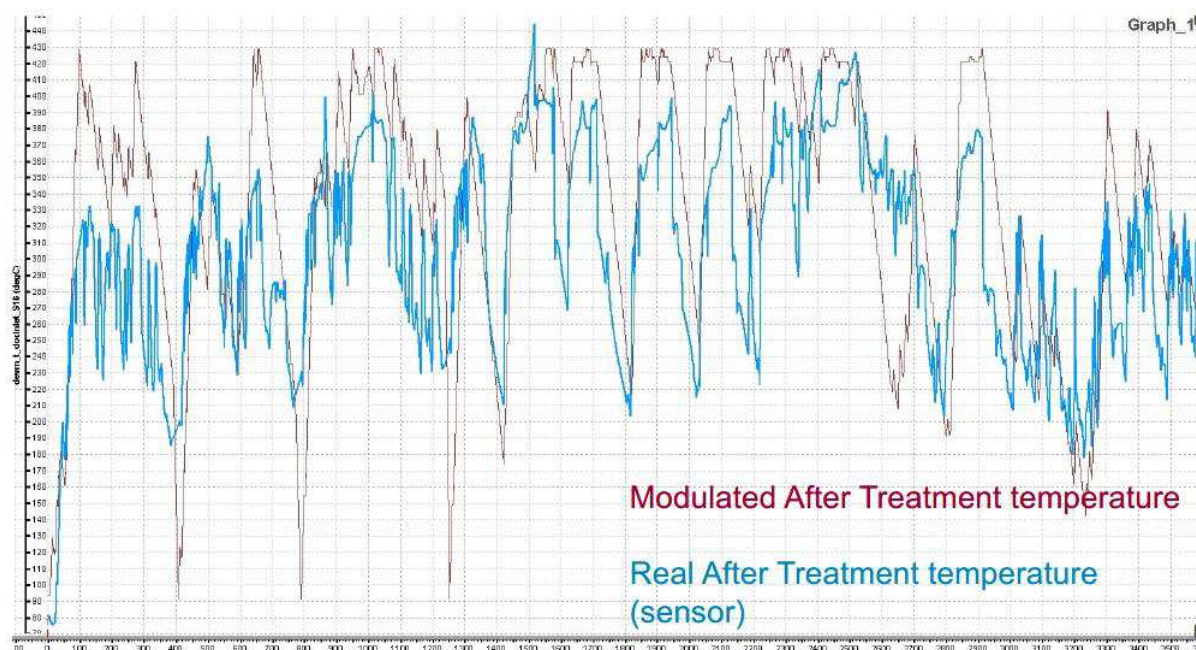
Der findes ikke en kagebog eller standard for, hvilke signaler, der skal sendes til bilens centrale styreboks for at denne ikke skal melde fejl. Dataarkitekturen er mærkespecifik for de enkelte lastvognsproducenter og kan endda være specifik for de enkelte modeltyper inden for samme mærke. Dette forklarer, at der ikke findes en "one fits all" emulator, men at en emulator faktisk skal være bygget og programmeret for at kunne fungere på en konkret biltype.

I regi af ACEA (den europæiske sammenslutning af automobilproducenter) er der i 2016 og 17 foretaget undersøgelse af fem Euro V og seks Euro VI emulatorer med priser mellem 30€ og 800€. Ved undersøgelsen er det undersøgt, hvilke signaler, der typisk manipuleres, hvilket er følgende: niveau i AdBlue tank, modtryk over partikelfiltret og røggastemperaturer forskellige steder i efterbehandlingssystemet.



**Figur 13: Emulatoren sender her falske (emulerede) signaler om modtryk i partikelfiltret. De falske signaler baseres her på motorens procentuelle lastpunkt [2]**

Figuren ovenfor viser et eksempel på, hvordan en emulator genererer falske signaler om modtryk i partikelfiltret. Her er emulatoren altså i stand til at læse den CAN-bus kode, der indeholder informationer om motorlasten. På baggrund af denne information genererer emulatoren et falsk signal omkring modtryk i partikelfiltret som den sender til bilens centrale styreenhed. Da signalerne så at sige ligger inden for de af styreboksens forventede værdier meldes der ikke fejl. Ved denne form for manipulation kan partikelfiltret altså afmonteres uden bilens centrale kontrolenhed melder fejl.



**Figur 14: Emulatoren sender her falske signaler om temperatur i efterbehandlingssystemet [2].**

Figuren viser et eksempel på, hvorledes en emulator genererer nærmest perfekte, dog falske signaler omkring temperatur i efterbehandlingssystemet. Hermed narres bilens centrale kontrolenhed til at tro, at alt er ok, og der genereres ikke fejlkoder.

### 3.5. Dokumentation af NOx manipulators virkning på et køretøj

For dokumentation af virkningen af en AdBlue emulator på et virkeligt køretøj har Teknologisk Institut indkøbt en AdBlue emulator af polsk fabrikat og monteret denne på en nyere lastvogn i Euronorm VI.

AdBlue emulatoren, der var mærke- og modelspecifik blev indkøbt via en polsk hjemmeside <https://trucktool.pl> og blev leveret i løbet af få dage inklusiv monteringsvejledning. AdBlue emulatoren blev monteret på bilen iht. til leverandørens vejledning og bilen blev afprøvet på rullefelt både med og uden emulatorboks aktiveret. Under afprøvningen blev der foretaget detaljerede emissionsmålinger i forskellige driftssituationer for at dokumentere virkningen på specielt NOx emissionen med henblik på at kunne anbefale mulige kontrolmetoder.

Fabrikat	Scania R410
Euro klasse	VI
Motorydelse	410/300 HK/kW
Årgang	2014
Kilometerstand	480.000 km.

**Figur 15: Specifikationer for den målte lastbil**



**Figur 16: Lastvognen på rullefelt på Teknologisk Institut i Aarhus. På foto er bilen klargjort til test. Den hvide boks bag førerkabinen er det mobile PEMS emissionsmåleudstyr.**

Målingerne blev foretaget på Teknologisk Instituts motorlaboratorium i Aarhus, hvor bilen blev afprøvet under belastning på et lastvognsrullefelt. Under forsøgene blev der kontinuert målt sammenhængende værdier af last og emissioner.

Udstyr	Måleparametre	Måleområde
AHS rullefelt	Effekt på hjul.	0 - 500 kW
AVL GasPEMS is	O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> CO NO NO <sub>2</sub> Røggasflow Røggastemperatur	21% 20% 5% 5000 ppm 2500 ppm 6 - 410 HK 0 - 600 °C
FTIR Antaris IGS	NH <sub>3</sub>	1 - 1000 ppm

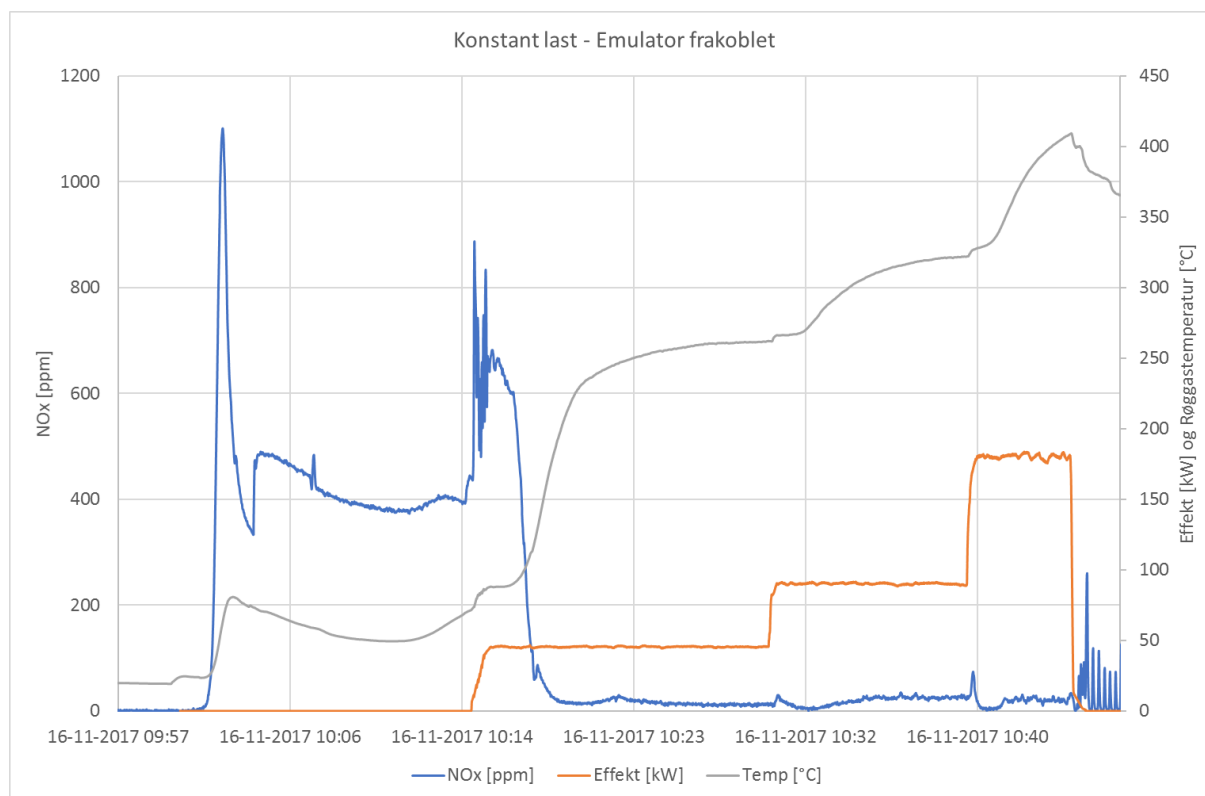
**Figur 17: Anvendt måleudstyr ved afprøvning af lastbilen**

De afprøvede driftssituationer er beskrevet i nedenstående skema:

Cyklus	Lastsituation	Varighed [min.]	Formål
1	Opstart af bil med kold motor Konstantlast 45 kW Konstantlast 90 kW Konstantlast 180 kW	30 15 10 5	Måling af basisemissioner ved kold hhv. driftsvarm motor og NOx katalysator
2	Tomgang efter konstantlast	Ca. 30	Vurdering af bilens emissionsniveau uden belastning f.eks. ved vejsidekontrol
3	Forhøjet tomgang 1500 rpm. med kold NOx katalysator	5	Vurdering af, om forhøjet tomgang kan anvendes som kontrolmetode ved vejsidekontrol
4	Accelerationsforsøg	4 x 2	Vurdering af, om acceleration under belastning kan aktivere en kold NOx katalysator
5	Måling af ammoniakslip (Kun relevant hvor emulator ikke er aktiveret)	Målt under hele forsøget	Vurdering af om måling af ammoniakslip kan anvendes som screening af aktiv og fungerende NOx katalysator

**Figur 18: Fremstilling af de fem forskellige driftssituationer, der blev gennemført hhv. med og uden Sercon AdBlue emulatoren.**

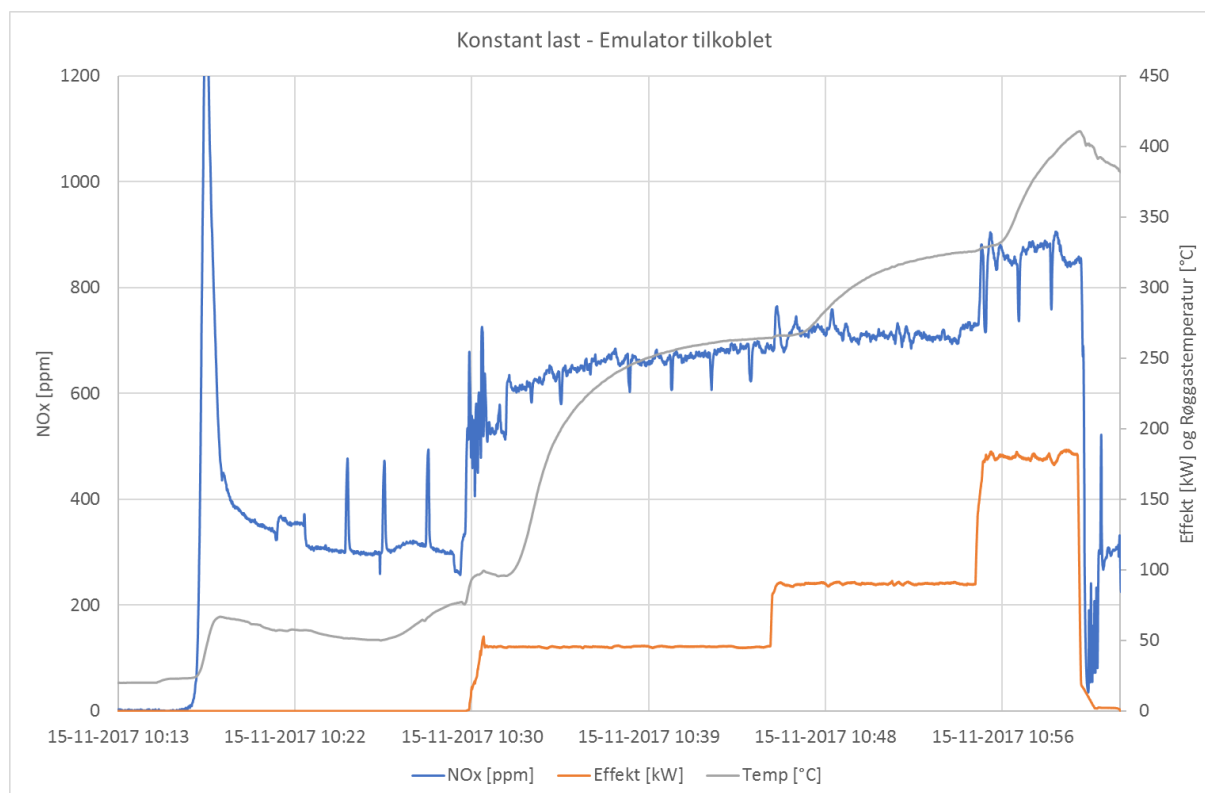
Ved valg af lastpunkter i konstantlast forsøgene og til dels i tomgangsfor søgene er der skelet til den schweiziske metode TeVeNOx, <sup>[18]</sup> hvor der arbejdes med måling af NOx emissioner i forskellige lastpunkter samt målinger af køretøjers emissioner som følge af afkøling af SCR-systemet. De tre valgte lastpunkter svarer hhv. til 15, 30 og 60 % last på lastbilens motor. Den forhøjede tomgang er inspireret af metoden anvendt ved periodesyn af personvogne. Accelerationsforsøgene er inspireret af Trafikselskabernes miljøsynsordning for busser. Vurdering og målinger af ammoniakslip er inspireret af drøftelser med politiet.



**Figur 19: Cyklus nr. 1 uden NOx manipulation.**

Figur 19 viser det første konstantforsøg på lastbilen, der her er i standardkonfiguration, dvs. AdBlue emulatoren er ikke aktiv. Forsøgets første fase er opstart af bilen med kold motor og efter 30 minutter i tomgang starter selve lastforsøget, hvor der trinvis lægges belastning på lastbilen. Første lasttrin med 30 minutters varighed er på 45 kW repræsenteret med den orange kurve i diagrammet. Følgende lastpunkter er på 90 kW med en varighed af ti minutter og afslutningsvist på 180 kW med en varighed på 5 minutter. På grafen ses røggasttemperaturen i udstødningsrøret afrapporteret med den grå kurve og den samhørende NOx emission med den blå kurve. Det ses tydeligt, at det emissionsreducerende system er inaktivt under hele opstarten (tomgangsperioden), men ved pålægning af belastning på lastbilens hjul, ses en hurtig stigning af røggasttemperaturen. Ved omkring 250 °C starter NOx katalysatoren og NOx emissionen falder drastisk til et niveau på ca. 10 – 20 ppm, et flot lavt niveau som lastbilen efterfølgende fastholder uagtet, at belastningen ændres.



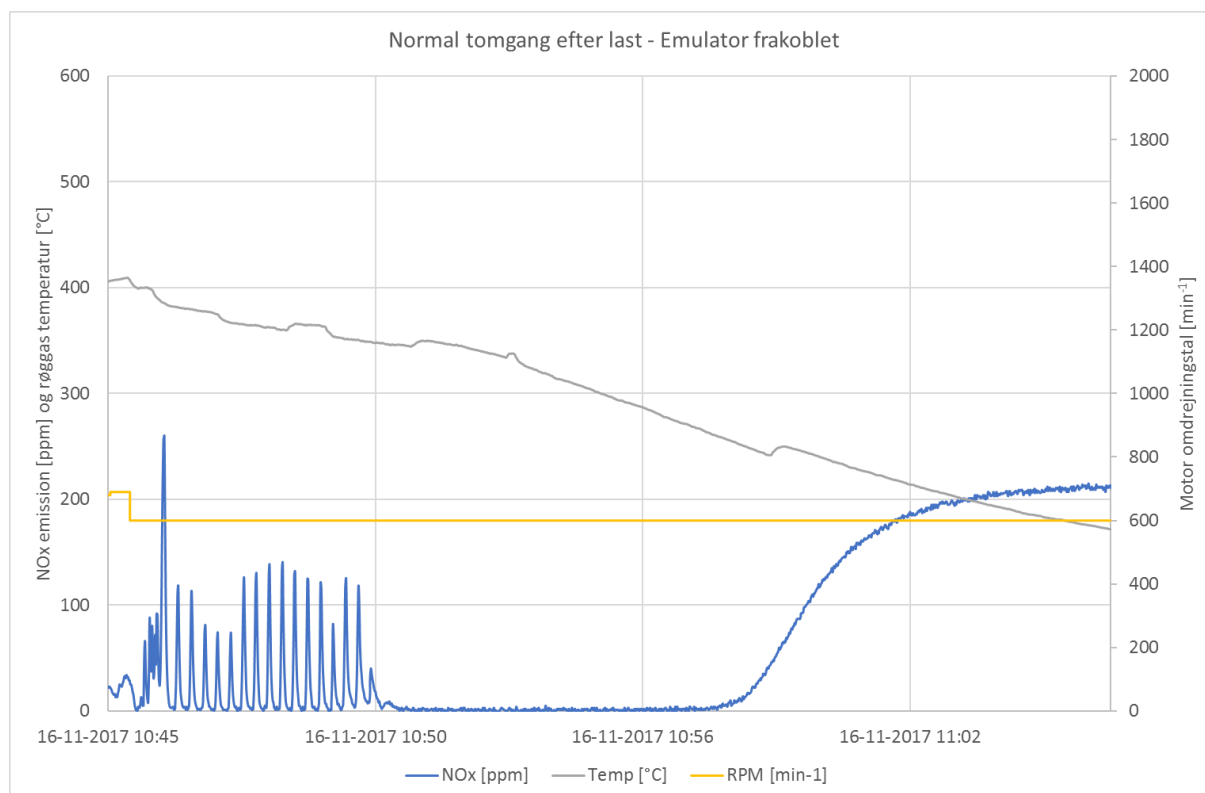


**Figur 20: Cyklus nr. 1 med NOx manipulation.**

I Figur 20 ses et testforløb, der er helt identisk med testforløbet vist i Figur 19 med den afgørende forskel, at AdBlue emulatoren her er aktiveret. Igen ses et testforløb, der indledes med en koldstart af motoren. Tiden i de enkelte faser er helt identisk med forudgående lastforsøg vist i Figur 19 lige som farvekodningen af grafkurverne er identiske.

Figuren viser tydeligt, at SCR katalysatoren ikke på noget tidspunkt er aktiv og NOx emissionen stiger i takt med belastningen. Ved en belastning af bilen på 180 kW, hvilket svarer til ca. 60 % belastning af motoren, ligger NOx emissionen på omkring 950 ppm, hvilket er ca. 45 gange højere end testen, hvor bilen var i standardkonfiguration.

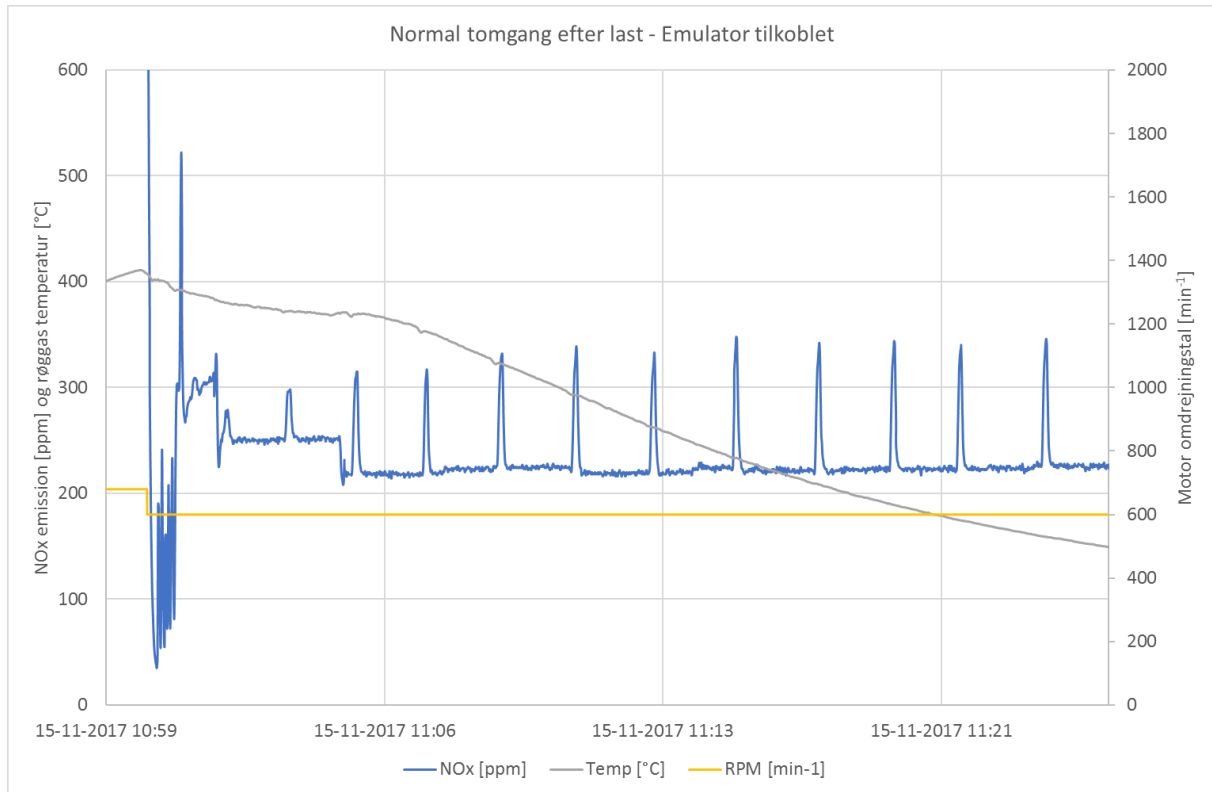
Lastforsøgene viser, at der er endog meget stor forskel på NOx emissionerne hhv. med og uden AdBlue emulator. Konklusionen må være, at emissionsmåling på køretøjer kan overvejes som kontrolmetode på køretøjer, der er under belastning.



**Figur 21: Cyklus nr. 2 er tomgang af 30 minutters varighed efter lastforsøg. Bilen er ikke manipuleret.**

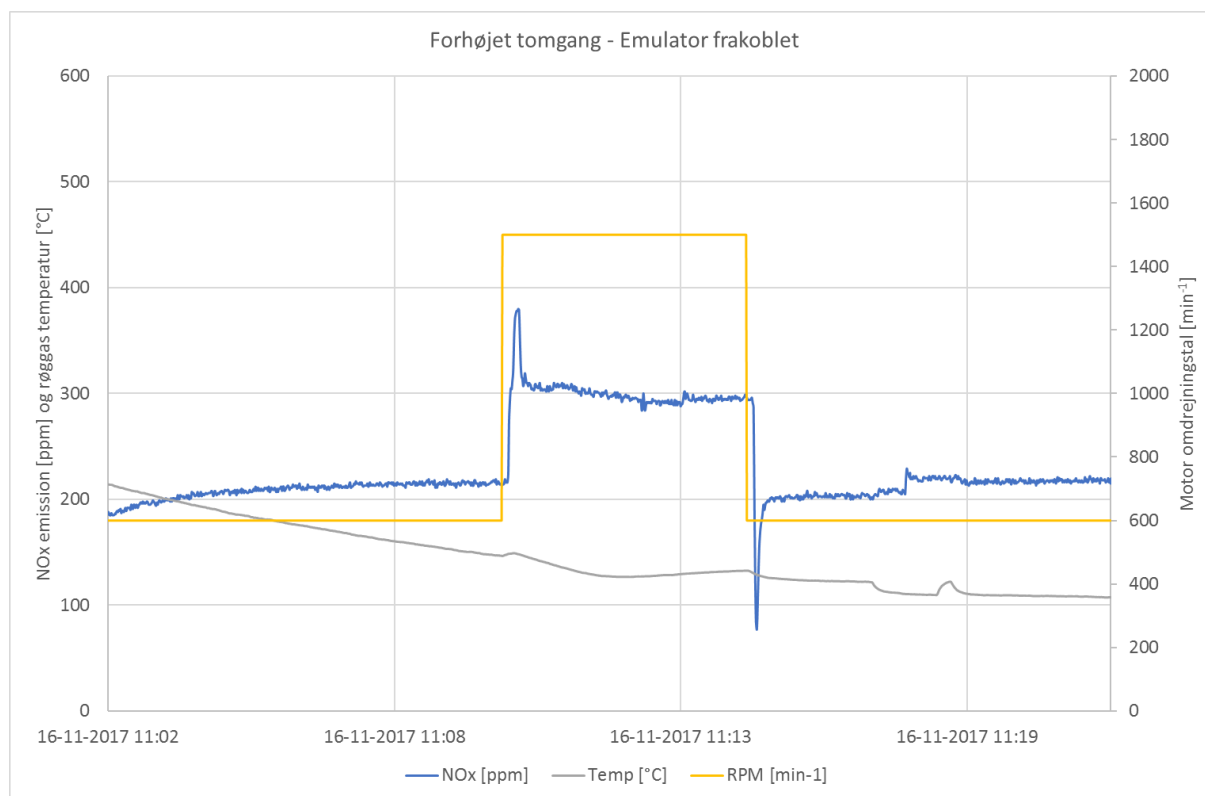
Figur 21 viser lastbilen i tomgang efter lastforsøget. Motorens omdrejningstal vist med den gule kurve viser, at omdrejningstallet ligger konstant på ca. 600 omdrejninger/min. hvilket er bilens standard. Betragtes NOx-emissionen ses, at der først opstår en fase på ca. fire minutter, hvor NOx emissionen varierer kaotisk, hvorefter bilen får styr på situationen. Så længe temperaturen ligger over ca. 250 °C i udstødningsrøret, er SCR-katalysatoren aktiv og NOx emissionen ligger på stort set nul i yderligere fem minutter, hvorefter AdBlue anlægget slår fra. Det skal bemærkes at udstødningstemperaturen over hele forløbet er konstant faldende – den grå kurve. I tomgang er bilen altså ikke i stand til at opretholde en så høj driftstemperatur i SCR-katalysatoren, at denne kan holdes aktiv. Igen er det i temperaturområdet omkring 250 °C, at SCR katalysatoren kobler fra.

Emissionsmåling i tomgang er således kun egnet, hvis temperaturen i SCR katalysatoren er så høj, at den er aktiv. Samtidigt vil de konstaterede fluktuationer i NOx emissionen virke forstyrrende på en emissionsmåling. Det vides dog ikke, om disse fluktuationer er normalt forekommende på Euro VI biler eller om det kun er gældende for Scania eller endda kun for dette ene køretøj. Årsagen til fluktuationerne bør undersøges nærmere.



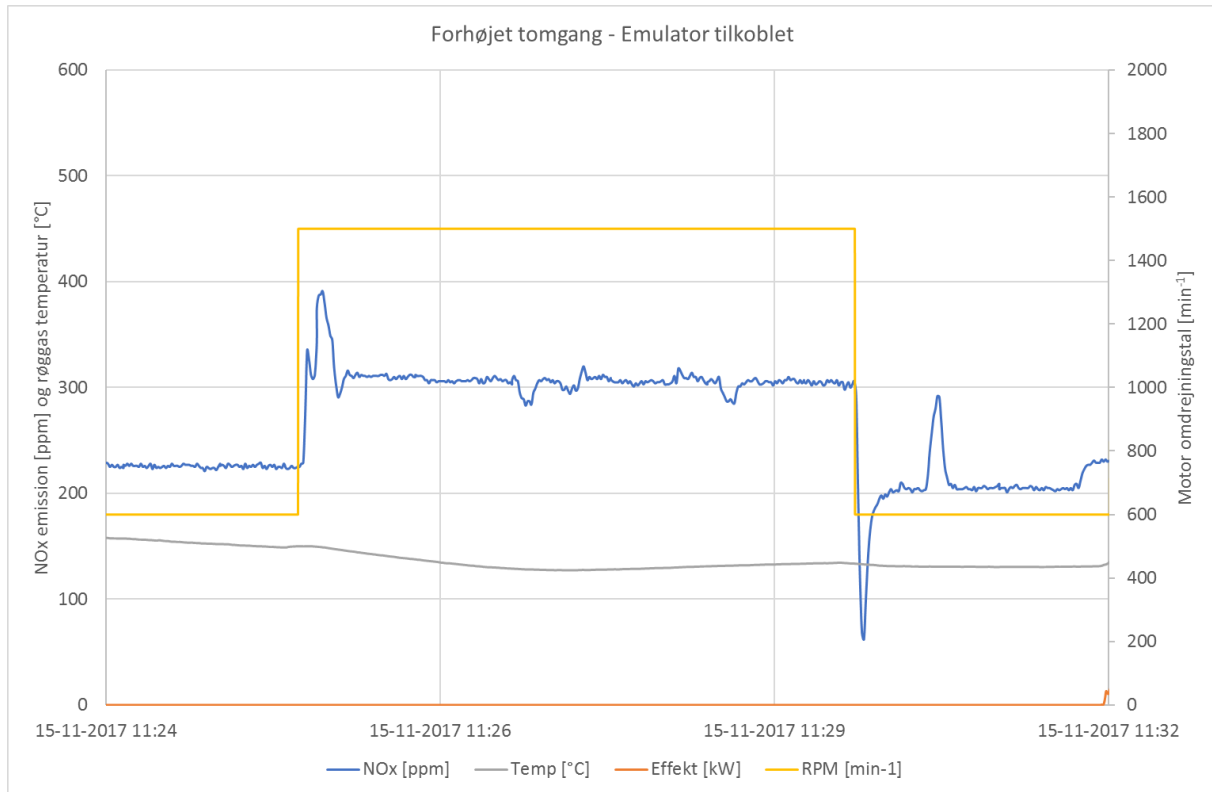
**Figur 22: Cyklus nr. 2 igen med tomgang efter lastforsøg. Her er bilen manipuleret dvs. AdBlue emulatoren er tilkoblet.**

I Figur 22 ses en gentagelse af tomgangsforsøget her med aktiv AdBlue emulator. Her ses i sagens natur ingen omslag i SCR katalysatorens virkning, da den er frakoblet, men der er en tydelig forskel fra Figur 21 idet NOx emissionen er vedvarende høj og ikke ændrer sig efter ca. 10 minutter. De målte næsten tidskonstante "spidser" i NOx emissionen kan ikke umiddelbart forklares.



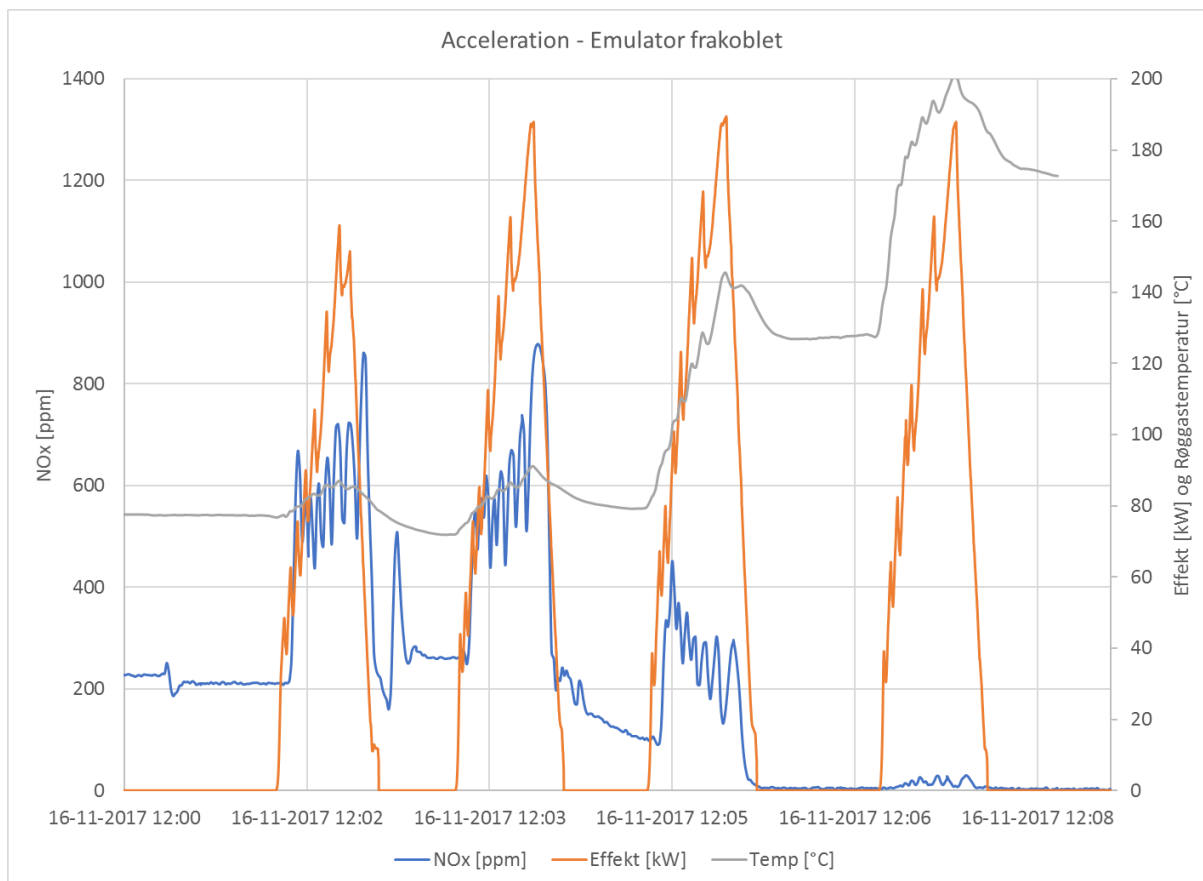
**Figur 23: Cyklus nr. 3 hvor bilen ikke er manipuleret dvs. AdBlue emulatoren er frakoblet. Her ses en høj emission ved forhøjet tomgang.**

I Figur 23 undersøges det, om et forhøjet tomgangs-omdrejningstal på en lastbil uden belastning kan anvendes som kontrolmetode. I dette forsøg er AdBlue emulatoren frakoblet og SCR katalysatoren er ved forsøgets start afkølet så meget, at den ikke er aktiv. Den forhøjede tomgang har dog ingen nævneværdig indflydelse på SCR katalysatorens temperatur, hvilket betyder, at metoden ikke er egnet, da der ikke kan fremprovokeres et omslag i SCR katalysatorens arbejdsområde. Metoden kan således ikke bringes i anvendelse ved vejsidekontrol.



**Figur 24: Cyklus nr. 3 hvor bilen er manipuleret dvs. AdBlue emulatoren er tilkoblet.**

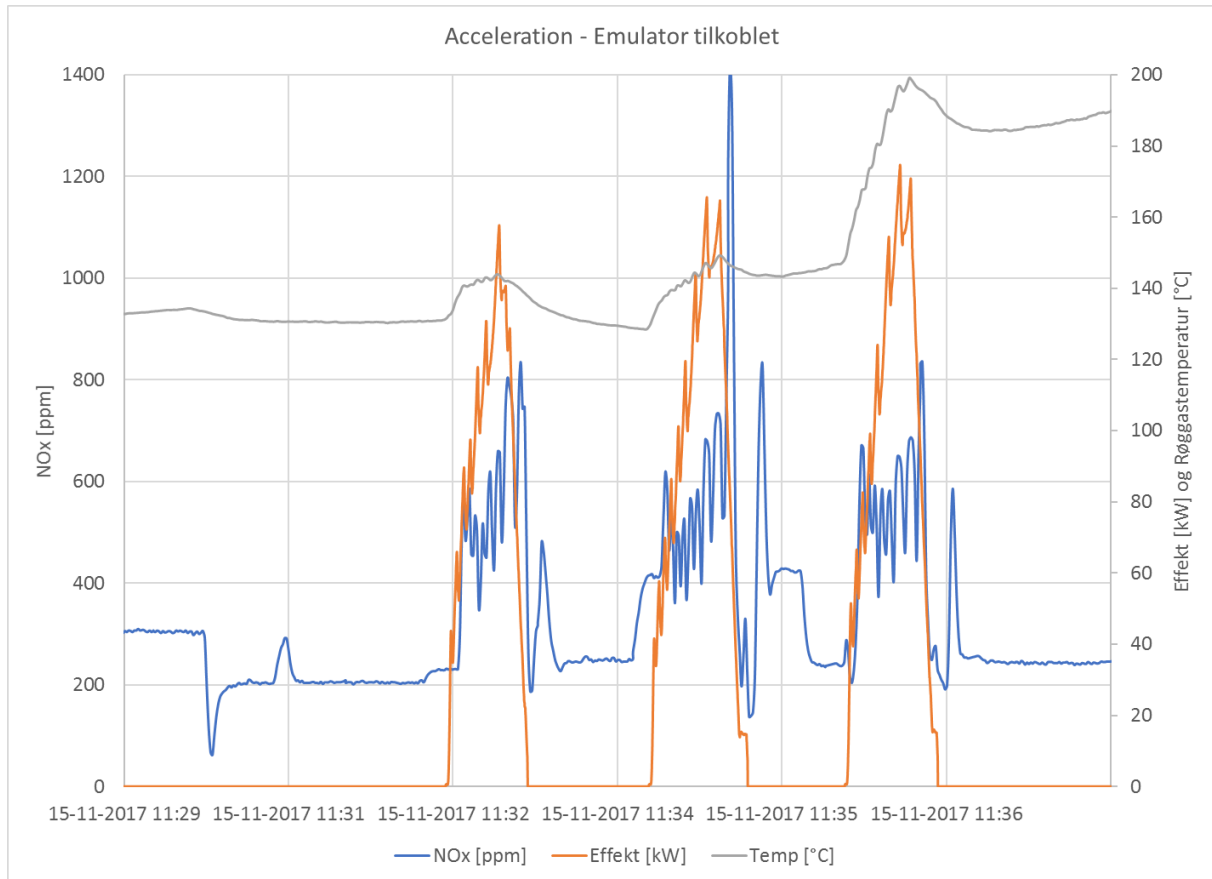
Her ses præcis det samme mønster som i Figur 23 altså blot en forøgelse af NOx emissionen ved den forhøjede tomgang, men på samme niveau som vist i Figur 23, hvilket underbygger at forhøjet tomgang ikke er egnet som kontrolmetode.



**Figur 25: Cyklus nr. 4 hvor bilen ikke er manipuleret.**

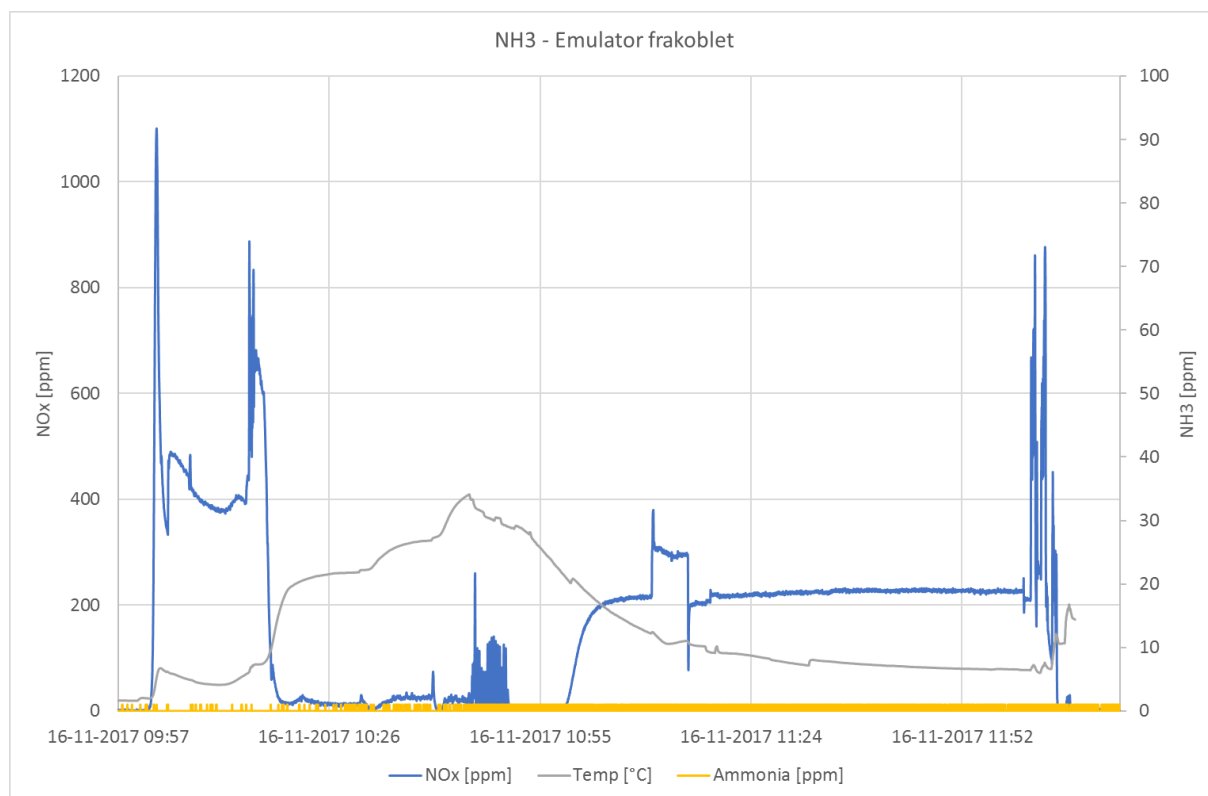
I cyklus nr. 4 er udgangspunktet igen en afkølet SCR katalysator, der pga. temperaturen er frakoblet af bilens styresystem. På rullefeltet køres bilen op gennem gearene, der kan ses som "spidser" på den orange lastkurve. Ved de første to accelerationsforsøg ses en høj NOx emission, men allerede ved det tredje forsøg bliver temperaturen i SCR-katalysatoren så høj, at den bliver aktiv. Dette ses tydeligt på den blå kurve, der viser NOx emissionen. Ved den fjerde acceleration ligger NOx emissionen stabilt omkring 20 ppm uagtet, at SCR-systemet skal håndtere de mange små lastændringer som følge af gearskift op gennem lastområdet.

Konklusionen er, at emissionsmåling under acceleration kan bringes i overvejelse som kontrolmetode, idet metoden allerede efter blot tre accelerationer utvetydigt viser, om emissionssystemet faktisk fungerer eller er frakoblet.



**Figur 26: Cyklus 4 hvor bilen er manipuleret - AdBlue emulatoren er tilkoblet.**

I Figur 26 gentages accelerationsforsøget, men denne gang med AdBlue emulatoren tilkoblet. Ved forsøget er der blot foretaget tre accelerationer, men det ses tydeligt, at NOx emissionen forbliver høj. I dette tilfælde 25 til 30 gange højere end i forsøget hvor bilen ikke er manipuleret, hvilket underbygger, at metoden med tre eller fire accelerationer kan anvendes som kontrolmetode.



**Figur 27: Cyklus nr. 5 viser ammoniakemissionen over hele testforløbet.**

Når AdBlue systemet er aktivt, beregnes tildelingen af AdBlue løbende af emissionssystemets kontrolenhed. En eventuel overdosering af AdBlue vil antageligvis have den effekt, at overskydende AdBlue vil forlade systemet som ammoniak. Kontrolmålingen på ammoniakemissionen, der er målt og her rapporteret over det samlede testforløb, viser at ammoniakslippet er under én ppm. EU-kravet til ammoniakudslip er på 10 ppm hvilket bilen overholder med fin margin. Den lave ammoniakkoncentration i udstødningen under hele testforløbet må lede til den konklusion, at ammoniakmålemetoden kun i begrænset omfang egnet som kontrolmetode.



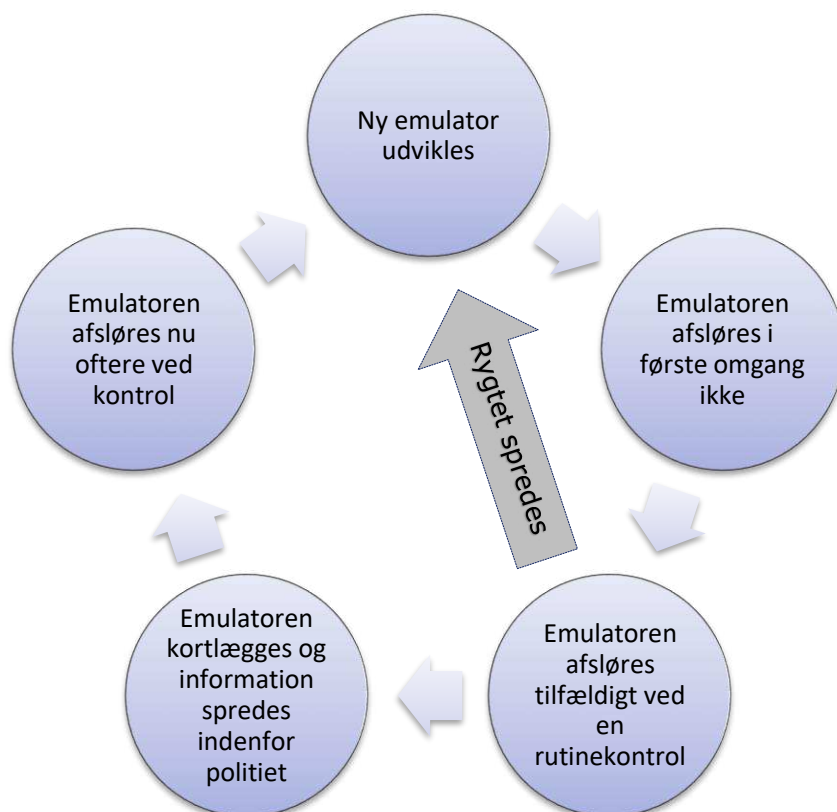
## 4. Mulige kontrolmetoder

Ved valg af kontrolmetode er der flere parametre, der bør overvejes. De forskellige kontrolmetoder har fordele og ulemper, hvorfor parametre så som tidsforbrug til kontrol, præcision af kontrol, adgang til udstyr, omkostninger til udstyr og uddannelse af personale bør vurderes og vægtes inden den bedst egnede kontrolmetode til opgaven kan vælges.

Mulige kontrolmetoder kan inddeles i følgende hovedgrupper:

1. Visuel kontrol
2. OBD/Can bus læser
3. Emissionsmåling på køretøjet
4. Remote Sensing

Problemet med flere af kontrolmetoderne er, at de ofte baserer sig på erfaringer fra tidligere afsløret svindel. Metoderne vil således altid være på bagkant af udviklingen, idet en AdBlue emulator normalt først skal afsløres, før der kan dannes et erfaringsgrundlag, som fører til flere afsløringer af samme type emulator. I mellemtiden udvikles der nye og mere sofistikerede emulatorer, som ikke lader sig afsløre på samme måde.



**Figur 28: Afsløring af AdBlue emulatorer ved visuel kontrol er tidsmæssigt på bagkant af udviklingen.**

For at bryde "den onde cirkel" vil det være et mål at vælge en eller flere kontrolmetoder i kombination således, at alle former for AdBlue emulatorer afsløres i første forsøg, uanset om der er tale om et "etableret produkt" eller en ny model eller metodik.

## 4.1. Visuel kontrol

En meget anvendt kontrolmetode i Europa generelt er visuel inspektion af køretøjet, hvor der ved vejsidekontrol søges efter fysiske spor af installationen. Klippede ledninger, strømtyve, lodninger, ekstra ledninger og stik, samt selvfølgelig den fysiske boks som indeholder AdBlue emulatoren er typiske installationsspor.

Mistanken til et konkret køretøj kan f.eks. bestyrkes af følgende indikatorer:

- Manglende sikringer i sikringsboks
- Manglende væske i AdBlue tank
- AdBlue måleren på instrumentpanelet viser eksakt  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , eller helt fuld.
- Rust på låget til AdBlue tank
- Unormal lugt fra AdBlue tank
- Uoverensstemmende visning på tankmåler for AdBlue
- Manglende kvitteringer for køb af AdBlue
- Temperaturindikatoren på instrumentpanel viser  $-12$  °C eller en anden værdi, der ikke stemmer overens med den aktuelle omgivelsestemperatur.
- Sod i udstødningsrør på modeller med partikelfilter (Euro VI), da partikelfiltret eventuelt fjernes i forbindelse med installation af AdBlue emulatoren.
- Uoriginale kabelforbindelser- og tilslutninger samt stik og skjulte kontakter i bilens ledningsnet.

Færdselspolitiet i Danmark råder over et vejledningsdokument, der detaljeret beskriver en mærkespecifik fremgangsmåde, der kan følges ved visuel kontrol af et køretøj. Procedurerne er ikke gengivet i denne rapport, idet vejledningsdokumentet løbende opdateres af politiet således, at nye typer AdBlue emulatoreer tilføjes for så vidt angår fysiske spor af en installation og mulige/sandsynlige placeringer af selve emulatoren. Med metoden kan der ikke gives fuld garanti for, at alle emulatoreer faktisk afsløres, idet forhold som personalets erfaring og den tid, som de har til deres rådighed til at gennemgå og afsløre de mere sofistikerede emulatoretyper, må vurderes at have betydning.

Den visuelle kontrolmetode udfordres af det faktum, at udviklerne af AdBlue emulatoreer til stadighed udvikler mindre og mere sofistikerede produkter. Dette kan f.eks. være meget små emulatorbokse, der er svære at lokalisere. Alternativt kan det være de passive komponenter, altså små potentiometre eller modstande, der f.eks. simulerer en så lav omgivelsestemperatur, at SCR-systemet frakobles. De sofistikerede produkter bliver således fysisk mindre og indbygningen i ledningsnettet efterlader kun få eller slet ingen fysiske spor, der gør det muligt at afsløre et manipuleret køretøj. I fremtiden forventes desuden anvendelse af de rene softwarebaserede manipulationer, der er ændring af motorstyringen, der slet ikke efterlader fysiske spor af installationen. For afsløring af disse typer er man henvist til at anvende andre kontrolmetoder. Med afsæt i, at ændring af motorstyringen kræver specialistudstyr og -viden for at kunne udføres er det dog uvist hvor udbredt anvendelsen af denne form for manipulation bliver.

## 4.2. OBD/CAN bus

En OEM eller generisk fejlkodelæser kan være et hjælpeværktøj til afsløring af NOx manipulation, men det konstateres at anvendelse af udstyret kræver erfaring. Det vurderes, at

afsløring af de mere sofistikerede AdBlue emulatore, specielt ændring af motorstyringen, for nuværende kan være svære at afsløre med dette udstyr.

I forbindelse med laboratorieforsøgene, hvor AdBlue emulatorens virkning på et køretøj blev undersøgt (afsnit 3), havde Teknologisk Institut besøg af en repræsentant fra Scania Danmark, der udlæste fejlkoder med Scantias egen mærkespecifikke fejlkodeleser. Med frakoblet emulator viste fejlkodeleseren i sagens natur ingen fejl, men mere overraskende var det, at ved tilkoblet emulator var resultatet det samme, der blev ikke rapporteret deciderede fejl. En nærlæsning af resultaterne på fejlkodeleseren viste dog, at informationerne om hele emissionssystemet manglede i fejlrapporten, hvilket dog er en klar og tydelig indikation af, at bilen er forsynet med emulator. Det konstateres derfor, at brugeren af fejlkodelesere skal være årvågen og have et vist kendskab til, hvilke informationer fejlkodeleseren rent faktisk skal rapportere på en manipuleret hhv. ikke manipuleret bil.

Fejlkodeleseren havde en funktion kaldet "engine live data" også kaldet "flight mode". Med denne funktion kunne emissionssystemets enkeltkomponenter, f.eks. AdBlue pumpe, temperatur- og NOx sensorer overvåges under drift. Med den rigtige viden og erfaring muliggør funktionen afsløring af en emulator eller passive komponenter idet en driftsvarm SCR katalysator naturligvis fordrer, at centrale komponenter så som AdBlue pumpe faktisk skal være aktive. Desuden kan temperaturniveauerne i systemet overvåges, og det kan kontrolleres om disse svarer overens med virkeligheden.

Ud over de mærkespecifikke fejlkodelesere findes der en række uoriginale og mere generiske fejlkodelesere på markedet. Her har vi været i dialog med Niels Ezerman, der er indehaver af firmaet NEtech autoteknik, der leverer diagnoseudstyr til værksteder. Firmaet oplyser, at de ikke leverer fejlkodelesere, der specifikt kan afsløre emulerede biler, men rapporterer tre scenarier, hvormed en emulator kan detekteres:

1. Ingen kontakt til AdBlue systemet, da kommunikationen er blokeret/overtaget af emulatoren. Er let at eftervise, idet fejlkodeleseren ikke rapporterer informationer fra AdBlue systemet.
2. Adblue systemet konstateres at være tilstede på fejlrapporten, men der er mistanke om, at systemet er forsynet med emulator, der via en "gateway" blokerer for tilde-ling af AdBlue. Løsningen her er at køre med bilen og forbinde fejlkodeleseren i "engine live data mode" og her overvåge, at systemet fungerer.
3. De mest avancerede typer, der f.eks. er ændring af motorstyring, der ikke umiddelbart efterlader digitale spor. Dette kan ikke for nuværende detekteres med NEtechs fejlkodelesere. Her kræves avancerede CAN-bus læsere, der kan tolke den interne dataarkitektur som AdBlue softwaren anvender for derigennem at afkode og påvise emulerede CAN-bus beskeder.

Anvendelse af udstyr fra NEtech til påvisning af emulerede biler ligger således helt på linje med vores erfaringer opsamlet med Scania fejlkodeleseren.

### 4.3. Emissionsmåling på køretøjet

Med afsæt i resultaterne fra laboratorieforsøgene omkring dokumentation af en AdBlue emulators virkning på et køretøj står det klart, at der er meget stor forskel på udledningerne fra en bil hhv. med og uden AdBlue emulator. Det vurderes, at emissionsmåling på

køretøjet er en overvejende sikker metode til afsløring af NO<sub>x</sub> manipulation. Der er imidlertid flere forudsætninger, der skal være opfyldte for at metoden kan anvendes:

- Emulator skal være tilkoblet
- Motor og SCR katalysator skal have driftstemperatur
- Bilen skal være under belastning eller acceleration dvs. der kræves en teststrækning
- Man skal have adgang til bærbart emissionsmåleudstyr med korrekt måle område for NO<sub>x</sub>, og temperatur

Med afsæt i resultaterne fra denne rapport afsnit 3.5 kan følgende procedurer kommenteres som følger:

#### **Konstantlast:**

1. Bilen vinkes ind, driftstemperatur er underordnet.
2. Bilen belastes på teststrækning eller rullefelt
3. NO<sub>x</sub> måling foretages efter SCR

#### **Måling under tomgang:**

1. Bilen vinkes ind med driftsvarm motor og emissionssystem
2. Motor går i tomgang til temperaturen falder (gælder kun diesel)
3. NO<sub>x</sub> måling foretages efter SCR
4. Når røggastemperaturen når ca. 250°C skal den normale SCR slå fra og der skal konstateres en kraftig stigning i NO<sub>x</sub> emissionen

En vigtig forudsætning ved metoden er, at emissionssystemet faktisk er driftsvarmt ved målingens begyndelse, da man ellers ikke vil se det forventede omslag og den forventede stigning i NO<sub>x</sub> niveauet efter SCR-katalysatoren.

#### **Forhøjet tomgang, der svarer til NO<sub>x</sub>-måling i hos synsvirksomhederne på benzin drevne personvogne:**

Det er undersøgt, hvorvidt det er meningsfuldt at måle NO<sub>x</sub> med samme metode som i synshaller, hvor personbilen står i frigear og tomgangsomedrejningstallet øges. Metoden er ikke egnet, da tomgang eller endog forhøjet tomgang blot vil afkøle emissionssystemet, hvilket ikke danner grundlag for en måling af emissionssystemets funktionalitet.

#### **Måling under acceleration svarende til miljøsyn:**

1. Bilen vinkes ind, driftstemperatur er underordnet
2. Der foretages fire på hinanden følgende accelerationer fra stilstand til ca. 70 km/t på teststrækning
3. NO<sub>x</sub> måling foretages i udstødningen med bærbart udstyr

Metoden er velegnet, da man ved accelerationerne sikrer en opvarmning af emissionssystemet, der bringer dette i driftsmæssig stand. Emissionssystemet skal så at sige "svare igen med emissioner", der modsvarer Euro klassen. Ved udarbejdelse af en eventuel metode for accelerationstest, kan der tages afsæt i nuværende miljøsynsordning, der dog er udviklet til busser, men kan tilpasses lastbiler, hvis der udvikles en egnet procedure mht. placering af måleudstyr, belastning på bilen gearskiftemønster mv. Vi vil foreslå, at der skeles til den nye TID-metode <sup>[30]</sup> eller til SEMS-metoden <sup>[31]</sup> udviklet af virksomheden Techno-Matic.

### Måling af ammoniak slip.

Ved tildeling af AdBlue til emissionssystemet sker der til tider en overdosering, der medfører at overskydende AdBlue forlader systemet som ammoniak. Ammoniak er uønsket i nærmiljøerne, hvorfor de fleste biler er forsynet med en såkaldt slip katalysator, der effektivt omdanner ammoniak til frit kvælstof og vand. Der foretoges måling på ammoniakslip fra bilen på rullefelt og der kan ikke konstateres målbare ammoniakslip i noget driftspunkt eller under lastændringer eller gearskift. Metoden kan derfor ikke anvendes.

## 4.4. Remote Sensing

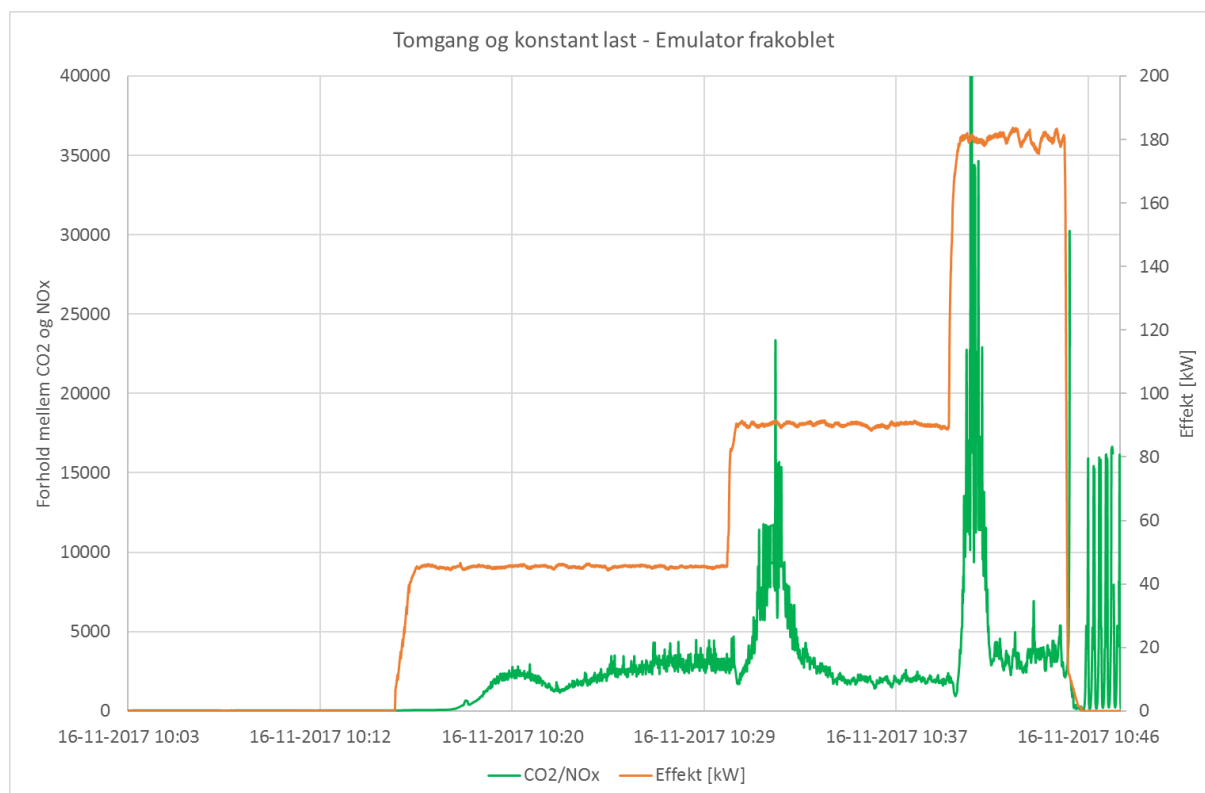
Remote Sensing er en nyere emissionsmålemetode hvor man ikke som ved traditionelle målemetoder udtager og måler røggaskoncentrationer direkte fra køretøjet, men måler røggassammensætningen i bilens slipstrøm.

Kernen i målemetoden er, at der ved afbrænding af dieselolie opstår et variabelt, dog rimeligt forudsigeligt forhold mellem gasarterne  $\text{NO}_x$  og  $\text{CO}_2$ . Da begge har omtrent samme vægtfylde, fortyndes de i samme grad med afstanden fra selve udstødningsrøret. Derfor vil volumenforholdet mellem de to gasarter være konstant både tæt ved og længere fra udstødningsrøret, indtil gassen blander sig med gas fra andre biler eller fortyndes så meget i atmosfæren, at målingen bliver ukvalificeret.

Man kan regne med at forholdet  $\text{NO}_x/\text{CO}_2$  bør være højst 1:3000 for EURO V lastbiler og gerne ned til 1:10000 for EURO VI lastbiler. Euroklassen afgøres nemt vha. nummerpladen, miljøzonemærkatet i forruden eller aflæses på lastbilens modelskilt.

Atmosfærens indhold af  $\text{CO}_2$  er ca. 450 ppm. Måleren bør derfor have en skala på 0 – 1000 ppm.  $\text{NO}_x$  sensoren skal da have en opløsning på 0 – 1 ppm.

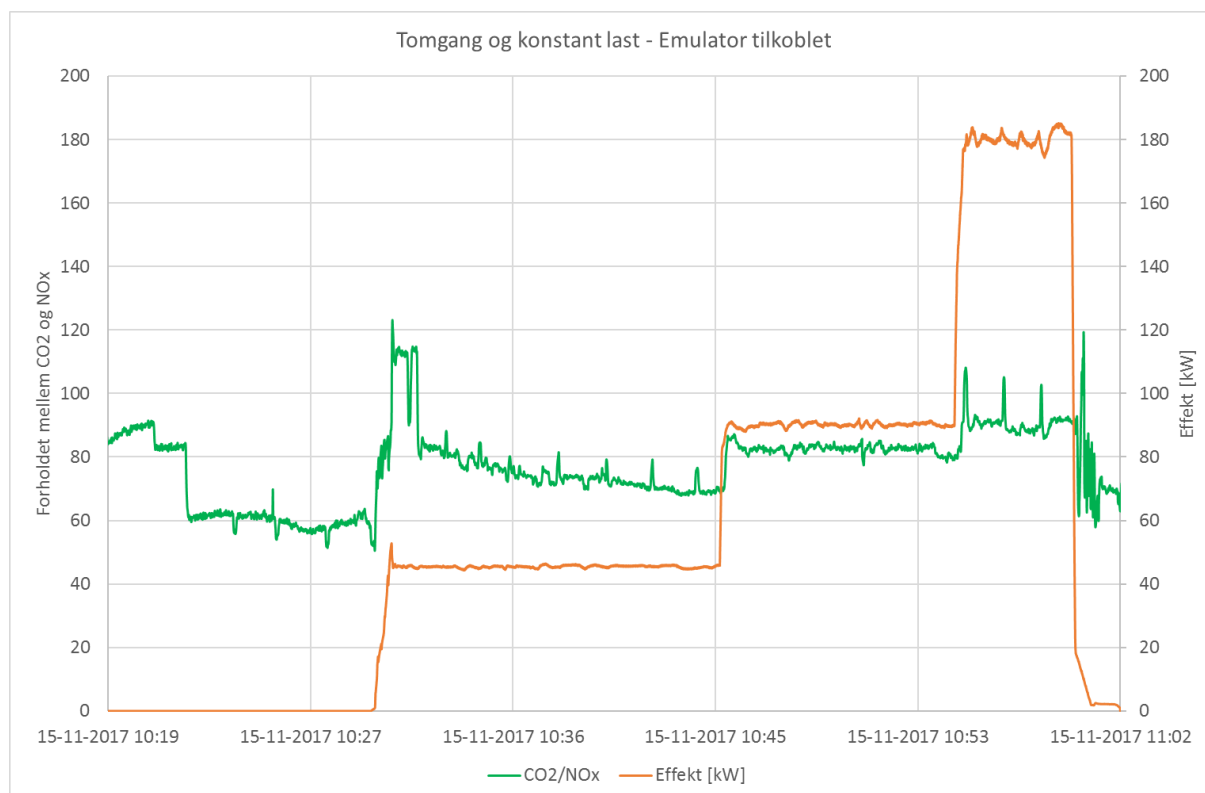
For en eftervisning af tallene er der nedenstående foretaget fremstilling af forholdet mellem  $\text{NO}_x$  og  $\text{CO}_2$  på de målinger, som Instituttet foretog på Euro VI lastbilen under lastforsøgene henholdsvis med og uden AdBlue emulatoren indkoblet.



**Figur 29: viser forholdet mellem CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> uden emulator tilkoblet dvs. her fungerer bilen efter hensigten og udleder emissioner, der overholder Euro VI.**

Fra Figur 29 ses, at NO<sub>x</sub>/CO<sub>2</sub> forholdet ligger i området 1:2000 - 4000 ved de gennemførte lastpunkter, dog med tydelige fluktuationer omkring lastændringer, der også naturligt vil forekomme under kørsel på landevejen. Det skal noteres, at de forventelige NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub> forhold for en Euro VI på 1:10.000 kun kan opnås, når AdBlue systemet har opnået de rette driftstemperaturer, hvilket tydeligt ses af figuren. Ved grafernes startpunkt er AdBlue systemets arbejdstemperatur nemlig så lav, at systemet endnu ikke er virksomt og her ligger NO<sub>x</sub> CO<sub>2</sub> forholdet på ca. 1:40.

Samtidigt skal det noteres, at NO<sub>x</sub>/CO<sub>2</sub> forholdet er yderst afhængigt af bilens lastpunkt, idet CO<sub>2</sub> indholdet varierer markant med motorens aktuelle last. Det er kun når bilen arbejder ved fuldlast, at CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> forholdet ligger omkring de 1:10.000. I de gennemførte kørsler, der er vist i figur i Figur 29 svarer de 180 kW til et lastpunkt på ca. 60%, hvilket forklarer det målte CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> forhold på 1:ca. 4000.



**Figur 30: Forholdet mellem CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> med emulator tilkoblet. Det konstateres at bilen i denne driftssituation udleder emissioner på niveau med Euro I.**

I Figur 30 ses samme testforløb blot med AdBlue emulatoren tilkoblet. Ved sammenligning af de to grafer i henholdsvis Figur 29 og Figur 30 skal det bemærkes, at y-akserne har vidt forskellig maksimalværdi. I Figur 30 ses et CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> forhold på ca. 80 under hele testforløbet.

Remote Sensing kan opdeles i to hovedområder:

1. Stationær Remote Sensing, hvor apparaturet er opstillet ved vejsiden
2. Mobil Remote Sensing hvor, apparaturet er placeret i kontrolmyndighedens køretøj

Samtidig måling af NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub> ved vejsiden (stationær måling) kombineret med nummerpladescanning på forbi- kørende biler er anvendt i Sverige. Det har her været muligt at estimere NO<sub>x</sub> udledningen pr. liter brændstof fra den enkelte forbigående bil. Metoden kan bruges til at indikere, hvilke køretøjstyper der er problematiske. Fordelen ved metoden er, at der kan kontrolleres et stort antal køretøjer. Efter konstatering af problematiske biler skal disse dog fortsat bringes til standsning for yderligere inspektion.

Mobil Remote Sensing er afprøvet i Tyskland. Her har Universitetet i Heidelberg under Professor Denis Pöhler anvist en metode, som går ud på at måle udstødningssgasser i slipstrømmen fra kørende lastbiler. Fordelen ved denne metode er, at den målte bil arbejder i et lastpunkt jævnt over ovenstående figurer, hvor det rent faktisk burde give betydeligt udslag på målemetoden, hvis bilen er manipuleret. Under forudsætning af, at chaufføren ikke opdager kontrolmyndighedens køretøj, må det antages at emulatoren er aktiv såfremt en sådan findes på køretøjet.

Remote Sensing behandles mere detaljeret i Miljøstyrelsens projektet <sup>[28]</sup>

## 5. Nabotjek

Vi har kontaktet en række forskere og myndigheder i forskellige EU lande som vist i Tabel 1. Der blev anvendt en fast spørgeramme, som vist i nedenstående liste:

1. Have you seen any examples of illegal devices found on trucks driving through your country?
2. Which methods do you use to detect and remove illegal devices?
3. Do you have any national programs or working groups investigating this type of fraud?
4. Which methods are used for road side inspection specifically regarding NOx emissions?

Can I have your contact details in case I need more information from you?

Ud over spørgerammen er der gennemført en litteratursøgning dels ved gennemgang af tilgængelige rapporter og dels ved søgning via internettet.

Land	Status	Referencer
Sverige	<p>I Sverige er det Transportstyrelsen (bilinspektion) eller politiets myndighed, der er den kontrollerende organisation.</p> <p>Der er ved inspektion i forbindelse med vejsidekontrol konstateret forskellige typer af NOx manipulatorer. Der har således været retssager både på svenske lastbiler og udenlandske lastbiler i Sverige de seneste år, der kan følges online.</p> <p>I Sverige er der endnu ikke udarbejdet en procedure som anviser egnede metoder til afsløring af NOx manipulation. Det rapporteres også, at der ikke er egentlige nationale programmer om emnet, men at problematikken håndteres i de enkelte politiregioner i Sverige.</p> <p>Der foretages kun visuel inspektion af køretøjerne, idet der ikke er rådighed over decideret emissionsmåleudstyr til understøtning af politiets arbejde.</p> <p>Når biler kommer ind for periodisk syn, er eventuelt manipulationsudstyr i sagens natur fjernet. Derfor ligger tilsynsansvaret i praksis hos det svenske politi.</p> <p>Stockholm Stad oplyser, at de ikke udfører egne kontroller, hvad angår funktionen af AdBlue systemer og emissioner. Stockholm Stad kræver normalt, at virksomheder, der leverer tjenester til byen Stockholm, overholder gældende lovgivning og miljøområdet i Stockholm for tung trafik og gennem ISO 14000 og 9000. Det antages, at operatørerne udfører de nødvendige egne kontroller som fastsat.</p> <p>Stockholm Stad henviser til Sveriges Åkeriföretag, der er den organisationen, der fører statistikker på området.  <a href="http://www.akeri.se/">http://www.akeri.se/</a></p>	<p>[4] [6] [7] [8] [9]</p> <p>Intet svar: [10]</p>



	Søgning på hjemmesiden giver dog ikke informationer om konkrete initiativer på området.	
Norge	<p>Via informationer fra Statens Vegvesen i Norge fremgår, at der her er lagt en del arbejde i at udarbejde procedurer for afsløring af NOx manipulation.</p> <p>Svarene fra Statens Vegvesen er her gengivet på norsk:</p> <p>Vår kontrollstasjon ved grensen mellom Norge og Sverige i sør, Svinesund, har gjennomført enkelte kontroll dager med fokus på AdBlue emulatorer. På disse dagene settes en til to mann på jobben, og de avdekker da opp til 10 enheter pr. Dag. Av de bilene som tilfredsstill kriteriene for nærmere inspeksjon (visuelt, samtale med sjåfør, etc) finnes emulatorer på mer enn annenhver bil. Vi tror også at totalomfanget kan være opp mot 10-20 % av bilene. Dette er vanskelig å fastslå, fordi vi</p> <p>a) bare finner emulatorer/bokser og ikke direkte programvareoverskrivninger i CPU</p> <p>b) noen emulatorer/bokser er bedre gjemt enn andre og vi vet ikke om vi finner de boksene som er der selv om vi leter.</p> <p>Vi finner emulatorer på innenlandske og utenlandske (mest utenlandske) og mest på Euro V, men også på Euro VI. Til sammen har vi funnet mer enn 60 bokser (tall fra før sommerferien i år).</p> <p>I Norge finner vi bokser ved å se på bilene som kommer inn til kontroll på Svinesund. Vi starter da med en visuell inspeksjon av eksosrøret. Dersom dette er sotete ser vi på AdBlue tankmåler og ser på AdBlue tank og tanklokk. Dersom tanklokk er skittent og tanken virker tom eller tankens innholdsmende ikke ser ut til å stemme med tankmåler på dashboard er dette indikasjon på juks. Dersom sjåfør ikke kan fortelle når/hvor han fullte sist, går bilen videre til kontroll.</p> <p>Kontrollen gjennomføres da ved at paneler forran og bak eltavlene i bilen fjernes og alle ledninger undersøkes for å se om de fører til en emulator. I utgangspunktet har vi ikke anledning / lovhjemmel til å fjerne disse boksene. Bilen får da en mangellapp.</p> <p>Vi har en gruppe som arbeider med dette på Vegdirektoratet. Jeg har også vært tilstede på kontroller på Svinesund. På den kontrollen var også dansk trafikkpoliti tilstede.</p> <p>I utgangspunktet følger vi EUs direktiv for vegkantkontroller (visuell kontroll). Vi vurderer om annet utstyr er påkrevd og ser da på noe av det utstyret som ble presentert av dansk trafikkpoliti (AdBlue konsentrasjonsmåler/ OBD datatilkoplingsutstyr). Det gjennomføres overvåkning av NOx nivåer langs trafikerte veger, men disse målingene er ikke knyttet til enkeltkjøretøy.</p> <p>Norsk politi har modtaget vores forespørgsel og svarer at vores forespørgsel vil blive besvaret af "Utrykningspolitiets fag- og metodeafdeling" hvorfra vi endnu ikke har modtaget informationer.</p>	<p>[3] [11]</p> <p>Intet svar: [12]</p>

<p>Tyskland</p>	<p>Tysk fjernsyn har dækket NO<sub>x</sub> manipulation på lastbiler med en dybdegående dokumentarudsendelse.</p> <p>Forbundskontoret for godstrafik (Bundesamt für Güterverkehr BAG) er fra vejsidekontroller blevet opmærksom på brugen af AdBlue emulatorer. Overholdelse af reglerne på området reguleres af BAG og politiet. AdBlue emulatorer er fundet i forbindelse med såkaldte tekniske vejkontrolinspektioner. Udfordringen her er at emulatorerne findes ved visuel kontrol hvilket stiller krav til inspektørernes kompetencer og erfaringer i at lokalisere og afdække de bevidst udførte manipulationer.</p> <p>Kørsel med AdBlue emulator er en forseelse, der straffes med bøde og kan for vognmanden føre til udløb af driftstilladelsen. Køretøjet kan således ikke længere anvendes, før det er bragt tilbage til lovlig stand. Endvidere er der i tilfælde af manipulation af AdBlue-systemet tale om en lovovertrædelse da den betalte toldsats for emissionsklassen ikke svarer overens med virkeligheden.</p> <p>For at opnå de bedst mulige resultater fra inspektionerne udveksler BAG jævnligt information med de statslige myndigheder og der foretages fælles inspektioner med delstaternes politimyndigheder.</p>	<p>[13] [14]</p> <p>Intet svar: [15][16] [17]</p>
<p>Schweiz</p>	<p>Fra VERT har vi modtaget forslag til kontrolmetoden TeVeNO<sub>x</sub> – Type 3. Metoden består af et simpelt funktions-tjek af AdBlue systemet.</p> <p>Metoden kræver, at motoren først varmes, op indtil AdBlue anlægget automatisk slår til. Her efter køles motoren ned, indtil AdBlue anlægget automatisk slår fra igen. Under hele forløbet måles NO<sub>x</sub>-koncentrationen i udstødningsgassen med et kontrolapparat.</p> <p>Den anbefalede metode til opvarmning af motor kræver enten et mekanisk rullefelt, eller en teststrækning, hvor motoren kan udsættes for en konstant belastning. Belastningen skal svare til kørsel med 40-50 km/t.</p> <p>Afkøling foregår med motoren i tomgang og vil vare 10-15 minutter. Nogle lastbiler afbryder automatisk AdBlue systemet, når hjulene står stille. Derfor skal hjulene helst rotere langsomt, mens motoren afkøler.</p> <p>Der er udført omfattende forskningsarbejde samt udarbejdet procedurer for kontrol både på vej og i laboratoriet.</p> <p>Schweiz er også et af de lande, hvor der foretages løbende kontrol af en stor andel af de lastbiler, der passerer landet. Kontrollen foretages i de såkaldte HTCC, Heavy-duty Traffic Control Centres.</p> <p>I HTCC Erstfeld kontrolleres der årligt ca. 40.000 lastvogne. Sidste år blev der fundet 108 manipulationer ud af 15.500 biler.</p> <p>Myndighederne er ret langt med udarbejdelse af en guideline "AdBlue Betrug: Manipulationen an der Abgasnachbehandlung" der er en guideline til, hvorledes AdBlue manipulation kan afsløres. Vi har skrevet til forfatteren Othmar Arnold ved</p>	<p>[18][19] [20][21] [22][23] [24][25]</p> <p>[26]</p>

	Kantonpolizei Uri om indsigt i deres manual og vi har efterfølgende modtaget et eksemplar af den manual, der anvendes dér.	
Østrig	Der blev ikke modtaget svar fra Østrig	Intet svar: [27]
England	Der er udarbejdet en form for praksis, der arbejder med visuel kontrol støttet af OBD-fejlkodelæser.	[28]
Holland	Der er kvitteret for modtagelse af e-mail hos RDW, men intet svar modtaget endnu.	Intet svar: [38]
Polen	Der er ikke opnået kontakt til myndighederne i Poznan.	Intet svar: [39]
Litauen	På lokalsprog blev fundet 2 sælgere. De var begge fabrikant-specifikke (i.e. MAN, IVECO, DAF osv. så de kan ikke bruges på alle fabrikater).  Vedr. pris: Den ene sælger bruger et site svarende til Den Blå Avis I Danmark, hvor prisen er 80-100€. Den anden sælger har ikke priser oplyst.	[46]
Bulgarien	Via lokalkendt er der forespurgt hos et transportfirma I Bulgarien og der findes ligeledes emulatorer her.	[47]
EU	Der er udarbejdet en guideline vedr. NOx manipulation.	[48]

**Tabel 1 Oversigt over de gennemførte nabotjek samt resultaterne heraf**

Ved gennemgang af det udenlandske materiale konstateres, at det fortsat er de visuelle kontrolmetoder, der primært bringes i anvendelse for at afsløre NOx manipulation. Umiddelbart er Schweiz det land, som er længst fremme med kontrolmetoder. Dette er ikke overraskende, idet Schweiz i mange år har været førende indenfor kontrol af filtre og katalysatorer, bl.a. i kraft af VERT-ordningen. Schweiz er også et land, som historisk er præget af tunnelbyggeri, hvilket er den oprindelige årsag til, at der lægges så stor vægt på korrekt funktion af udstødningsfiltre.



**Figur: 31** Den schweiziske manual, der anvendes ved kontrolarbejde i trafikkontrolcentrene.

EU Kommissionen har udgivet en vejledning <sup>[48]</sup> til medlemsstaterne om, hvordan man bedst håndterer NOx manipulation på biler og lastbiler. Vejledningen er brugbar i forbindelse med typegodkendelser, men har begrænset anvendelse i forbindelse med politiarbejde.

## 6. Prisfastsættelse

Trafikselskabet Movia har opgjort nøgletal for driftsudgifter for busser til de eftermonterede SCRT-systemer i forbindelse med luftpakken. Udgifterne udgør fra 1,5 – 3,5 kr./time alt inklusive – dvs. forbrug af ammoniak, service og tid til udskiftning af kanistre indgår <sup>[32]</sup>. I det følgende har vi valgt at udregne de årlige udgifter fordelt på henholdsvis driftsudgifter, der er indkøb af AdBlue, og serviceudgifter, der omfatter reparationer og udskiftning.

### 6.1. Driftsudgifter til AdBlue

I den tyske Tv-reportage "Die Lüge vom sauberen LKW" af Christian Boch, nævnes det at en AdBlue emulator kan spare vognmanden for op til 2.000,- EURO årligt, svarende til 15.000,- kr.

Prisen for AdBlue angives i reportagen til 0,40 EURO pr. liter, svarende til 3 kr. pr. liter ekskl. moms. Hos danske benzinselskaber er prisen dog ca. 4,73 kr. pr. liter ekskl. moms.

I henhold til de tyske oplysninger bruger en lastbil typisk 1,6 liter AdBlue pr. 100 km. Med danske priser bliver det altså til 7,57 kr. pr. 100 km.

Forudsat, at lastbilen kører 150.000 km pr. år, er den potentielle besparelse altså på 11.355,- kr. pr. år. ekskl. moms.

Dette skal sættes i forhold til, at AdBlue emulatoren i sig selv kun koster ca. 600 EURO, svarende til 4.500,- kr. plus montering. De billigste udgaver er endda set ned til 80 EURO, svarende til knap 600,- kr. plus montering.

TCO modul AdBlue alene	Forbrug af AdBlue			
	2%	4%	6%	8%
Årlig kørsel [km]	Årlig AdBlue besparelse kr.			
40.000	kr. 1.410	kr. 2.819	kr. 4.229	kr. 5.638
80.000	kr. 2.819	kr. 5.638	kr. 8.457	kr. 11.276
120.000	kr. 4.229	kr. 8.457	kr. 12.686	kr. 16.914
150.000	kr. 5.286	kr. 10.572	kr. 15.857	kr. 21.143

**Figur 32: Årlige udgifter til AdBlue ved forskellige kørselsbehov og ved forskellige AdBlue tilsætninger.**

For eftervisning af de tyske tal har vi foretaget vores egen beregning ved forskellige tilsætninger af AdBlue, som er vist i Figur 32. Beregningen medtager alene udgifter til AdBlue og forholder sig altså ikke til mulige besparelser vedrørende service og vedligehold af SCR og AdBlue anlæg. I beregningerne er der i henhold til informationer fra DTL <sup>[33]</sup> foretaget beregninger på op til 8 % AdBlue. Det er specielt Euro VI bilerne, der fordrer den høje tilsætning af AdBlue på op til 8 – 9% i nogle driftstilfælde.

## 6.2. Udgifter til service og reparation

Firmaet MT filterservice i Karlslunde har erfaring med at servicere og reparere NOx-katalysatorer. Firmaet oplyser, at der generelt ikke er behov for service på selve SCR-delen. Denne har meget lang levetid typisk 8 – 10 år. Levetiden varierer dog med antal kørte kilometer ligesom levetiden kan være kortere f.eks. pga. forurening med olie pga. motorfejl. Forurening medfører behov for udskiftning af SCR-katalysatoren.

Efter 8-10 år opstår der i katalysatorer belægninger, som ikke kan fjernes med traditionelle metoder. Derfor er udskiftning eller reparation påkrævet.

På de lidt ældre Euro IV og V biler kan SCR-katalysatoren repareres, ved at man udskifter selve kernen på et specialværksted. Dette koster ca. 20.000 kr. Skal katalysatoren derimod udskiftes til en ny original SCR-katalysator koster dette til sammenligning ca. 45.000 kr.

Med hensyn til EURO VI biler er situationen vanskeligere, idet reparation af katalysatoren ikke altid er en mulig.

Følgende typiske priser <sup>[35]</sup> anvendes ved efterfølgende TCO beregning gældende for Euro VI lastbiler:

- NOx sensor: 4.300 kr.
- AdBlue pumpe enhed: 10.000 kr.
- SCR kontrolenhed: 8.000 kr.
- SCR katalysator: 51.000 kr.

## 6.3. Totale levetidsomkostninger

De samlede omkostninger ved at køre en Euro VI lastbil kan beregnes ved hjælp af værktøjet Total Cost og Ownership, udviklet i projektet Analyse af Rammevilkår for gas i tunge køretøjer.

Ved hjælp af dette program er der beregnet scenarier for forskellige AdBlue tilsætninger, men desuden er der medtaget udgifter til service og vedligehold.

TCO modul Inkl. service og vedligehold	Forbrug af AdBlue			
	2%	4%	6%	8%
Årlig kørsel [km]	Årlig TCO besparelse kr.			
40.000	kr. 4.076	kr. 5.486	kr. 6.895	kr. 8.305
80.000	kr. 8.152	kr. 10.971	kr. 13.791	kr. 16.610
120.000	kr. 12.229	kr. 16.457	kr. 20.686	kr. 24.914
150.000	kr. 15.286	kr. 20.572	kr. 25.857	kr. 31.143

**Figur 33: TCO-beregning på årlige udgifter til AdBlue og service ved forskellige kørselsbehov og ved forskellige AdBlue tilsætninger.**

Som det ses af TCO-beregningerne har udgifterne til service og vedligehold en mærkbar indflydelse på de totale omkostninger til drift af et emissionssystem. Det er specielt de tunge udgifter til udskiftning af SCR katalysatoren, der vejer og må antages at være yderligere et incitament til montering af en emulator, da denne udgift derved udskydes eller helt undgås.

## 7. Referencer

1. Paul Greening: ACEA market Survey into AdBlue emulators. AdBlue Emulator Workshop, 5. December 2017
2. AdBlue Emulators Investigation Results. ACEA AdBlue Emulator Workshop, Brussels December 5. 2017
3. Statens Vegvesen, Sigve J. Aasebø "AdBlue Manipulation – Arbeidsmøte VD 20. april 2017", 02.05.2017
4. Polisen, Trafik och Fordon. E-mail kommunikation med Erling Andersson Poliskommisarie, Nationella operativa avdelningen, Utvecklingscentrum Mitt
5. Nick Wysshaar: AdBlue Experiences in Switzerland. ACEA AdBlue Emulator Workshop, Brussels December 5. 2017
6. Trafikverket: Personlig kontakt med PhD. Magnus Lindgren
7. Stockholm Stad: Linnea Svärd Trafikhandläggare Trafikplanering, Trafikkontoret
8. IVL, Swedish Environmental Research Institute: e-mail kontakt med Assistant Director Åke Sjödin
9. IVL rapport B2281 On road emission performance of late model diesel and gasoline vehicles as measured by remote sensing.
10. Svensk Bilprovning AB, [kundtjanst@bilprovningen.se](mailto:kundtjanst@bilprovningen.se)
11. Norsk politi Astrid Birgitte Borge, Politiinspektør Politidirektoratet Politifagavdelingen Seksjon for straffesak
12. NAF (Norges Automobil Forening)
13. ZDF Zoom: Die Lüge vom sauberen LKW Abgas-Betrüger und ihre Dreckschleudern Film von Christian Bock
14. Bundesamt für Güterverkehr, Köln, emailkorrespondance
15. GreenZones GmbH Kontaktformular.
16. Tyskland: FKA Aachen
17. DEKRA [www.dekra.com](http://www.dekra.com)
18. VERT TeVeNOx – Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles
19. VERT Quality Control. Fleet Control of Diesel Vehicles (EURO VI) equipped with DPF, DOC and SCR-Emission Control Devices.
20. SAE 2014-01-1569. Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles-TeVeNOx
21. B483 Berner Fachhochschule, Testing of modern Diesel passenger cars and final statements
22. B483 Figures
23. B483 Annexes
24. Sveits: EMPA, Thomas Bütler
25. Sveits: Uni Zürich Jan Zerwinsky
26. Kanton Polizei Uri, Schweiz. Kontakt: Dienstchef Othmar Arnold
27. Østrig [www.go-Maut.at](http://www.go-Maut.at)
28. Driver & Vehicle Standards Agency: Enforcement of Emission Control Systems
29. MST Miljøprosjekt MST-5200-00108 NOx snyd på lastbiler. Miljø og Fødevarerministeriet 2017.
30. Trafikselskaberne i Danmark: Trafikselskabernes Miljøsynsmanual Del 1:Emissionsmåling 13. juni 2017.
31. TM SEMS: Miljøstyrelsen J. nr.: 141-01397.
32. Personlig kontakt: Joachim Reinhard Danchell, Movia
33. E-mail korrespondance med DTL v. Finn Bjerremand der oplyser typiske AdBlue forbrug indhentet ved tre forskellige lastbilproducenter.
34. MT Filterservice Aps. Telefonisk kontakt til Direktør Flemming Nøhr

35. Scania Danmark. Personlig kontakt med Teknisk chef Johnny Pedersen
36. TISPOL - the European Traffic Police Network - Technology Working Group
37. ASFiNAG (Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft)
38. RDW (Rijksdienst voor het Wegverkeer)
39. Policja Ruchu Drogowego
40. Applus+ RTD
41. TÜV
42. Transportstyrelsen Sverige • Statens vegvesen, Regelverk for lavutslippssoner Norge
43. Port of Rotterdam authority
44. Municipal Roads in Poznan
45. TfL (Transport for London)
46. Litauen, Raivis
47. Bulgarien, Dimitar
48. Commission notice - Guidance on the evaluation of Auxiliary Emission Strategies and the presence of Defeat Devices. Document date: 26/01/2017 - Created by GROW.DDG1.C.4 - Publication date: 26/01/2017



## 8. Definitioner og anvendte forkortelser

- AdBlue: Handelsnavn for den væske (reaktant), der anvendes i AdBlue anlægget. AdBlue er en vandig opløsning, der består af 32,5% urea og resten er demineraliseret vand.
- AdBlue anlægget: Betegnelse for den NO<sub>x</sub> reducerende enhed i et emissionsreducerende system. Består af SCR-katalysator, doseringspumpe, styringsudrustning og AdBlue tank.
- SCR-katalysator: Selective Catalytic Reactor. (Selve NO<sub>x</sub> katalysatoren, der omdanner NO<sub>x</sub> til uskadeligt kvælstof og vand)
- NO<sub>x</sub>: Summen af de to gasarter NO og NO<sub>2</sub>, der uundgåeligt dannes ved afbrænding af brændstof i en forbrændingsmotor.
- DPF: Diesel Partikel Filter. (filtret, der fjerner op til 99 % af køretøjets partikler i udstødningen)
- Emulator: Elektronisk enhed, der efterligner funktionaliteten fra en anden enhed.
- OBD: On Board Diagnostics. (datakommunikation med bilen, der bl.a. muliggør ud-læsning af fejlkoder)
- ECU: Engine Control Unit. Motorens centrale styreenhed.
- EEC: Engine Emission Control. Emissionssystemets styreenhed.
- OEM: Original Equipment Manufacturer.