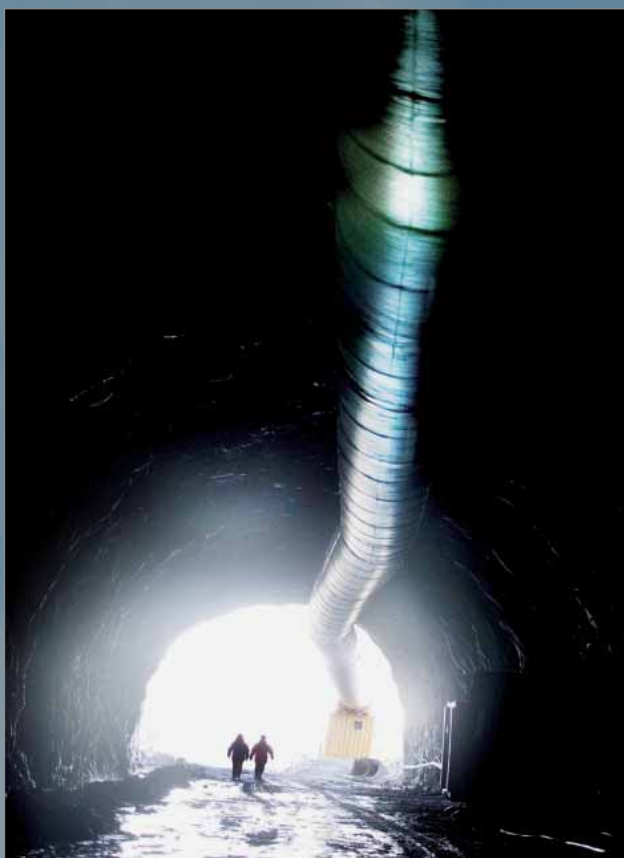


Dieseldrift under jord



NFF initierer utviklingsprosjekter i samarbeid med bransjen. Arbeidet gjennomføres i regi av foreningens Utviklingskomité. For hvert prosjekt oppnevnes en særskilt komité.

Utgangspunkt for NFF's prosjektarbeid er uavhengighet fra partsinteresser, kompetanse i prosjektkomiteer, særskilte undersøkelser og forøvrig kjent viten på det tidspunktet prosjektet ble avsluttet.

Prosjekresultatene formidles gjennom NFF's Håndbøker eller Tekniske rapporter. Det forutsettes at resultater og anbefalinger benyttes av personer med forståelse for de begrensinger og forutsetninger som er lagt til grunn for det enkelte prosjekt.

NFF, Utviklingskomité, prosjektkomiteer eller forfattere overtar intet ansvar for eventuelle feil eller mangler i rapporten og mulige konsekvenser av slike.

Forsidebilde: Mesta/Bo Mathisen

Forord

NFF's arbeid omkring bruk av dieselolje som drivstoff retter oppmerksomheten mot luft-forurensninger ved arbeid under jord og tiltak som kan redusere risiko for helseskader.

I 2001 kom NFF's Tekniske Rapport nr.02 med tittel "Diesel under jord. Sluttrapport fra forprosjektet". Mandatet for prosjektkomiteen var knyttet til helserisiko ved bruk av diesel som drivstoff for maskiner i underjordsarbeid. Foreningen vurderte rapporten som særdeles viktig og besluttet på grunnlag av anbefaling fra Utviklingskomiteen å videreføre arbeidet i hovedprosjektet "Dieseldrift under jord".

Teknisk Rapport 07 presenterer resultatene fra denne del av prosjektet.

Arbeidet har vært organisert i tre arbeidsgrupper og en styringsgruppe.

Gruppene har bestått av:

- NCC AS (Bautas), Reidar Otterstad
- Direktoratet for arbeidstilsynet, Sture Engdahl
- Mesta AS, Jan Lima
- Mesta AS, Randi Hermann
- Mesta AS, Åsmund Johansen
- Norcem AS, Trond Kaasa
- Norsk Arbeidsmandsforbund, Knut Jarle Rødseth
- Norsk Petroleumsinstitutt, Ann - Cathrin Vaage
- NTNU, Tom Myran
- Skanska Norge AS, Jarle Gausen
- Skanska Norge AS, Thoralf Klynderud
- Veidekke Entreprenør AS, Knut Egge

Prosjektet takker Norsk Arbeidsmandsforbund ved Fondsstyret for regionale verneombud for økonomisk bidrag til prosjektet, leverandører (se også vedlegg 2) for utlån av filter til tester, Statoil for leveranse av oljeprodukter og NTNU v/Institutt for Marin Teknikk for godt samarbeid.

NFF, Utviklingskomiteen
Oktober 2006

Sammendrag

Prosjektgruppen har på bakgrunn av det arbeidet som er gjort kommet frem til en rekke konklusjoner, anbefalinger og foreslåtte tiltak. Dette er presentert i de enkelte kapitlene i rapporten. I sammendraget medtas et utdrag av forslag til tiltak for bedring av luft som viktig del av arbeidsmiljøet ved arbeid under jord:

- Anleggsmaskiner som brukes for arbeid under jord bør ha renseutstyr for avgasser. Der dette mangler er ettermontering et godt tiltak for å redusere partikkelutslipp.
- Bruk av renseutstyr må kombineres med bruk av lavsvovelig eller svovelfri diesel.
- Vedlikehold av dieselmotorer, drivstoffsystem og tanksystem er viktig. Regelmessige inspeksjoner må foretas.
- Utskifting til maskiner med lavemisjonsmotorer, evt med fabrikkinstallert avgassrensing, må vurderes.
- Parallelt med utvikling av nye motorer bør maskinprodusenter utvikle renseteknologi som ivaretar godt arbeidsmiljø ved de spesielle forhold som gjelder ved arbeid under jord.
- Det er fastsatt grenseverdier for tillatt utslipp. Grenseverdier må ses i sammenheng med praktisk gjennomførbare, sikre og pålitelige målemetoder. Etter prosjektgruppens oppfatning tilfredsstiller dagens målemetoder ikke de krav som må stilles.
- Fine partikler (nanopartikler) er spesielt helseskadelig. Det bør gjennomføres undersøkelser omkring forholdet i samarbeid med kvalifiserte fagmiljøer.
- Det må etableres prosedyrer og instruksjoner som ivaretar hva som skal måles, når og hvordan.
- Måletekniske usikkerheter ved bruk av elektrokjemiske sensorer under jord (respons, kryssfølsomhet/interferens, fuktighet) krever at denne type feltutstyr må utvikles videre.
- Det bør arbeides mot en holdningsendring innen bransjen med mer oppmerksomhet rettet mot luftkvalitet som viktig del av arbeidsmiljøet under jord. Alle parter, inklusive Bygherrer, bør regelmessig etterspørre måleresultater fra tester av luftkvalitet.

Innhold

1	Forord.....	3
2	Sammendrag	4
3	Innledning.....	7
4	Bakgrunn	7
5	Dieselskvalitet.....	8
	5.1 Innledning.....	8
	5.2 Konklusjoner	8
	5.3 Egenskaper for diesel.....	9
	5.4 Tetthet i diesel og drivstofforbruk.....	14
	5.5 Dieselskvalitet og utslipp avgass.....	15
	5.6 Partikler i avgassene	16
	5.7 Smørekvalitet og partikkelutslipp	17
	5.8 Additiv til drivstoff og smøreoljer.....	17
	5.9 Alternative drivstoffer.....	18
	5.10 Dieselhigiene og tankpleie	19
	5.11 Lover og forskrifter.....	19
	5.12 Avgifter for ulike dieselskvaliteter	20
	5.13 Tiltak for å redusere utslipp.....	21
6	Renseteknikk/ ettermontert filter	22
	6.1 Innledning.....	22
	6.2 Konklusjon	23
	6.3 Anbefalinger	23
	6.4 Bakgrunn	24
	6.5 Resultater fra NTNU.....	24
	6.6 Filtertyper brukt i testen.	25
	6.7 Kost/nytte vurderinger ved kjøp av filter	26
7	Dokumentasjon og målemetoder.....	27
	7.1 Innledning.....	27
	7.2 Konklusjon	27
	7.3 Bakgrunn	29
	7.4 Dieselsavgass	29
	7.5 Fortynningsbehov	29
	7.6 Administrative normer.....	30
	7.7 Målemetoder	31
8	Referanser	34
9	Vedlegg.....	35

3 Innledning

Teknisk Rapport 07 presenterer resultater fra hovedprosjektet "Dieseldrift under jord". Prosjektet er delt i tre hoveddeler:

- Dieselskvalitet
- Renseteknikk/ettermontert filter
- Dokumentasjon og målemetoder

4 Bakgrunn

NFF startet i 2000 forprosjektet Diesel under jord. Bakgrunnen for prosjektet var helsefaren knyttet til dieselsavgass i underjordsanlegg. Spesielt ga rapporten "Eksposering og obstruktiv lungesykdom hos anleggsarbeidere" (STAMI rapport årg. 1, nr 1/2000) uttrykk for farene ved innånding av dieselsavgass.

Undersøkelser foretatt ved SINTEF bergteknikk viser at personer som arbeider under jord oppfatter dieselsavgass som den enkeltfaktor de "frykter" mest i sitt arbeidsmiljø. Dette er særlig knyttet til usikkerhet om langtidseffekt ved eksponering for dieselsavgass. Forprosjektet som ble avsluttet høsten 2001 konkluderte blant annet med at bransjen ønsker mer kunnskap om ettermontert renseutstyr for anleggsmaskiner som finnes i markedet og i hvilken grad slikt utstyr egner seg for rensing av dieselsavgasser under forskjellige driftsforhold.

Ettermontert renseutstyr er nødvendig for å redusere irriterende og skadelige utslipp. I forprosjektet fremkom at dokumentasjonen på renseeffekt av ulikt utstyr er av varierende kvalitet. Det kan derfor være vanskelig for kjøper å vurdere alternativer. Bruk av enkelte typer renseutstyr som markedsføres i dag gir som uheldig bieffekt økt utslipp av NO₂. Dokumentasjon av renseeffekt på partikler i avgass er heller ikke tilfredsstillende. Det eksisterende renseutstyr er i betydelig grad mangelfullt tilpasset driftsforhold under jord.

Prosjektet kunne slå fast at det er behov for et kunnskapsløft, både på leverandør- og brukerside, om ettermontert renseutstyr og om dieselskvalitetens betydning for arbeidsmiljø ved arbeid under jord.

5 Dieselskvalitet

5.1 Innledning

Arbeidsgruppe "Dieselskvalitet" har hatt som oppgave å belyse sammenhengen mellom ulike dieselskvaliteter og utslipp, spesielt av nitrogenoksider (NO_x) og partikler (PM₁₀) i avgassene.

Arbeidsgruppen har bestått av Jarle Gausen, Skanska (gruppeleder), Åsmund Johansen, Mesta og Ann-Cathrin Vaage, Norsk Petroleumsinstitutt.

5.2 Konklusjoner

- Motorer i anleggsmaskiner fra ulike fabrikanter / leverandører kan reagere ulikt på endringer i drivstoffkvalitet.
- Ulike motorteknologier kan ha ulikt drivstoff-forbruk.
- Renseutstyr for avgasser (partikkelfilter og/eller NO_x-reduksjon) krever at man bruker lavsvovlig eller svovelfri diesel.
- For anleggsmaskiner uten renseutstyr gir lavsvovlig og svovelfri diesel marginal effekt på nivået av partikler og NO_x i avgassene.
- Partikkelstørrelsesfordeling i avgassene har betydning, små partikler har større negativ helseeffekt enn store partikler.
- Høykvalitets smøreoljer gir lavere partikkelutslipp. Diesel med høyt svovelinnhold forringer smøreoljens egenskaper over tid.
- Biodiesel reduserer utslipp av drivhusgasser, men reduserer ikke utslipp av partikler og NO_x i avgassene. Bruk av biodiesel løser derfor ikke problemene med utslipp av partikler og NO₂ ved arbeid under jord.
- Tilsætning av ekstra additiv til smøreolje og drivstoff i tillegg til det som er tilsatt fra oljeselskapene eller foreskrevet av maskinleverandør bør unngås.

¹ Nitrogenoksider (NO_x) er en samlebetegnelse for NO og NO₂.

² Maks 50 mg/kg (50 ppm) svovel

³ Maks 10 mg/kg (10 ppm) svovel

5.3 Egenskaper for diesel

Dieselskvaliteter

Det er følgende dieselskvaliteter på markedet i Norge:

- Autodiesel. Fra 2005 er avgiftsbelagt (blank) autodiesel svovelfri. Svovelfri betyr at det er maks 10 ppm svovel.
- Anleggsdiesel som har maks 500 ppm svovel. Miljøverndepartementet har (september 2006) bedt SFT gjennomføre en konsekvensanalyse av evt skjerping av krav til maksimalt svovelinhold i anleggsdiesel. Departementet nevner i denne forbindelse 50 ppm fra 2007 og 10 ppm fra 2009. Dette har sammenheng med at utslippskrav til nye anleggsmaskiner skjerpes fra 2011/2012.
- Lettdiesel. Lettdiesel er parafin med smørende tilsetninger for bruk i ekstrem kulde.

Tabell 1 viser grenseverdier og typiske egenskaper for autodiesel, anleggsdiesel og lettdiesel.

	Enhet		Autodiesel	Anleggsdiesel	Lettdiesel
Tetthet (densitet)	kg/m ³		820 – 845	820 – 860	780 - 815
T95(sluttkekepunkt)	°C	maks.	360	370	(FBP 280)
Svovel	mg/kg (ppm)	maks.	10	500 (Typisk: 450)	500 (Typisk: 250)
CFPP	°C	maks.	sommer: -11 vinter: -24/-32	sommer: -11 vinter: -24	(Frysepunkt: maks. -47)
Cetan Indeks		min.	46	45	37 - 42
Cetan tall		min.	51	47	42 - 47
Polyaromater (PAH)	%	maks.	11		
Lubricity	µm	maks.	460	460	

Tabell 1 Grenseverdier og typiske egenskaper for autodiesel, anleggsdiesel og lettdiesel

Anleggsdiesel har lavere cetantall og høyere tetthet enn autodiesel. Sluttkokepunktet (FBP) er også høyere for anleggsdiesel enn for autodiesel.

Produksjon av diesel

Diesel er blanding av komponenter fra ulike produksjonsprosesser på oljeraffineriene. Kokepunkt er mellom 160 og 360°C, og molekylene er i hovedsak mellom 12 og 22 karbonatomer. Raffineriene fjerner svovel, nitrogen og aromater fra gassoljen ved hjelp av hydrogen.

Produktegenskaper for diesel

Tetthet

Tetthet eller densitet er vekt dividert på volum. Generelt sett gir diesel med høyere tetthet mer effekt. Sommerkvaliteten av diesel har som regel en noe høyere tetthet enn vinterkvaliteten i Norge og Danmark. I Sverige er tettheten den samme hele året.

Cetantall

Innsprøytet diesel antennes av kompresjonsvarme, ikke av en tennplugg. Cetantallet (forkortet CN - Cetane Number) er en tallverdi for dieseloljens tennvillighet. CN uttrykker den såkalte "tenningsforsinkelsen", dvs. tidsforskjellen fra første dieseldråpe sprøytes inn til første tenning/forbrenning inntreffer. Økende CN (kortere tenningsforsinkelse) opp til ca. 52/54 vil generelt bidra til bedre forbrenning, og dermed:

- redusert støy ("knakking"), spesielt ved kaldstart/kulde
- renere motor
- lettere kaldstart
- redusert forbruk
- renere avgass

Cetanindeks

Måling av cetantall (CN) skjer i en en-sylindret motor mot 2 referansedrivstoff. Vanlig autodiesel har cetantall mellom 51 og 55. Måling av cetantall er kostbart og tidkrevende. Istedenfor cetantall bruker man derfor ofte cetanindeks (CI). Cetanindeksen beregnes ut fra tetthet og destillasjonsdata for dieselen.

Viskositet

Viskositet er et mål for hvor "lett" drivstoffet flyter. Generelt blir viskositeten lavere når tetthet reduseres. Dette kan gi noe dårligere motoreffekt og økt drivstoff forbruk.

CFPP (Cold Filter Plugging Point - Blokkeringspunkt)

Den temperatur der et dieseldrivstoff ved gradvis nedkjøling tilstopper (blokkerer) et standardisert prøvfilter. Metoden er ment å tilsvare forholdene i en dieselmotor ved lave temperaturer.

Cloud (tåkepunkt)

Den temperatur der voks i en olje ved nedkjøling begynner å utkrystallisere slik at oljen antar et tåket utseende.

Pour Point (flytepunkt)

Den laveste temperatur der en olje flyter etter nedkjøling i standardisert apparatur.

Tilsats av additiv

Oljeselskapene tilsetter en rekke additiv for å bedre dieselens egenskaper. Tabell 2 gir en oversikt over ulike additiv og hvorfor de tilsettes.

Additiv	Hensikten med additivet
Flytforbedrer	Senke CFPP og pour point, men ikke cloud point.
Cetan-forbedrer (cetanimprover)	Øke cetantallet.
Smørende additiv	Bringe lavsvovlig og svovelfri diesel opp på et godt nok nivå med hensyn til de smørende egenskaper.
Korrosjonsinhibitor	Hindre korrosjon i drivstoff systemet.
Rensende additiv	Detergent ("såpe"). Holde motoren ren.
Skumdemping	Hindre skumdannelse.
Biocider	Drepe mikroorganismer: Over tid opphører virkningen, og biocider brukes derfor generelt ikke.

Tabell 2 Ulike diesel-additiver

Krav til diesel**Kvalitetsstandarder**

- Den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN har utarbeidet en felles europeisk standard for autodiesel, EN 590. Dette er ikke et lovkrav, men en standard som bilprodusentene, oljeselskapene og myndighetene i de europeiske landene er enige om.
- Den norske standarden for autodiesel, NS-EN 590, er en ren oversettelse av den europeiske standarden. I tillegg er det i norsk standard en spesifisering av hvilke kuldeegenskaper som kreves for diesel i Norge.
- Det foreligger ikke europeisk standard for anleggsdiesel.
- Bransjestandarder for oljeprodukter er utarbeidet av Norsk Petroleumsinstitutt, og er for autodiesel lik den norske standarden. Norsk Petroleumsinstitutt har utarbeidet en standard for anleggsdiesel.
- Det enkelte oljeselskap kan ha egne standarder som er bedre enn bransjestandarden.

Norsk Petroleumsinstitutts bransjestandard for anleggsdiesel er angitt i tabell 3.

Egenskap	Enhet	Krav
Cetantall		min. 47
Cetanindeks		min. 45
Densitet v/15 °C	kg/m ³	820-860
Svovelinhold	mg/kg	maks. 500 ⁴
Flammepunkt	°C	over 55 ⁵
Koksrest (på 10% destillasjonsrest)	masse- %	maks. 0,30
Askeinnhold	masse- %	maks. 0,01
Vanninnhold	mg/kg	maks. 200
Partikler	mg/kg	maks. 24
Korrosjon kobberstrimmel, 3 timer v/50 °C	skala	klasse 1
Oksidasjonsstabilitet	g/m ³	maks. 25
Smørende egenskaper (wsd 1,4) ved 60 °C	µm	maks. 460
Viskositet v/40 °C	mm ² /s	2,00-4,50
Destillasjon		
Gjenvunnet ved 250 °C	vol %	maks. 65
Gjenvunnet ved 350 °C	vol %	min. 85
Gjenvunnet ved 370 °C	vol %	min. 95
Tåkepunkt		
Sommer	°C	maks. 0
Vinter		maks. – 15
Blokkeringspunkt (CFPP)		
Sommer	°C	maks. – 11
Vinter		maks. – 24
Utseende		Klar
Farge og markør		Grønn

Tabell 3 Norsk Petroleumsinstitutt's bransjestandard for anleggsdiesel

⁴ Regulert av myndigheter.

⁵ Fareklassen er regulert av myndighetene. Enkelte leveringer i spesielle kuldeperioder kan, ved innblanding av parafin ha et flammepunkt under 56°C.

Myndighetskrav

Krav til drivstoff i Europa er bestemt av EUs drivstoff-direktiv. Direktivet er en del av EØS-avtalen, og gjelder derfor også i Norge. Kravene til bensin og diesel i Norge er fastsatt i Produktforskriften. Forskriften omfatter ikke lettdiesel. Produktforskriften stiller bl.a. krav til svovelinnhold i anleggsdiesel. Foruten Produktforskriften, setter Kjøretøysforskriften krav til utslipp fra kjøretøy. På samme måte setter Maskinforskriften krav til utslipp fra anleggsmaskiner.

Svovelinnhold i diesel

Hensikten med lavt svovelinnhold i diesel er å:

- bedre effekt av renseutstyr på kjøretøy
- øke levetiden for renseutstyret
- bevare smøreoljens kvalitet over tid

For anleggsmaskiner, traktorer og andre motorredskaper uten partikkelfilter eller NOx-reduksjon, oppnås minimal effekt av lavere svovelinnhold.

Tabell 4 angir krav på svovelinnhold i ulike gassoljer.

Svovelkrav i ppm		I dag	2008	2009
EU	Autodiesel	50 / 10 ¹		10
	Anleggsdiesel	2000	1000	
	Lett fyringsolje	2000	1000	
Norge	Autodiesel	50 / 10 ²		10
	Anleggsdiesel	500		
	Lett fyringsolje	2000 ⁴	1000	

Tabell 4 Krav til svovel i ulike gassoljer

¹ 10 ppm skal være tilgjengelig i markedet

² All autodiesel i Norge er maks 10 ppm (svovelfri) pga. avgiftsfordel.

⁴ All lett fyringsolje i Norge er maks 500 ppm pga. avgiftsfordel.

5.4 Tetthet i diesel og drivstofforbruk

Sammenhengen mellom diesels tetthet og energiinnhold er sammenfattet i tabell 5.

Sommerdiesel		Vinterdiesel	
Tetthet	Energiinnhold	Tetthet	Energiinnhold
kg/m ³	MJ/l	kg/m ³	MJ/l
854	36,4 (100 %)	839	35,9 (98 %)
844	36,1 (99 %)	835	35,8 (98 %)
844	36,1 (99 %)	808	34,9 (96 %)

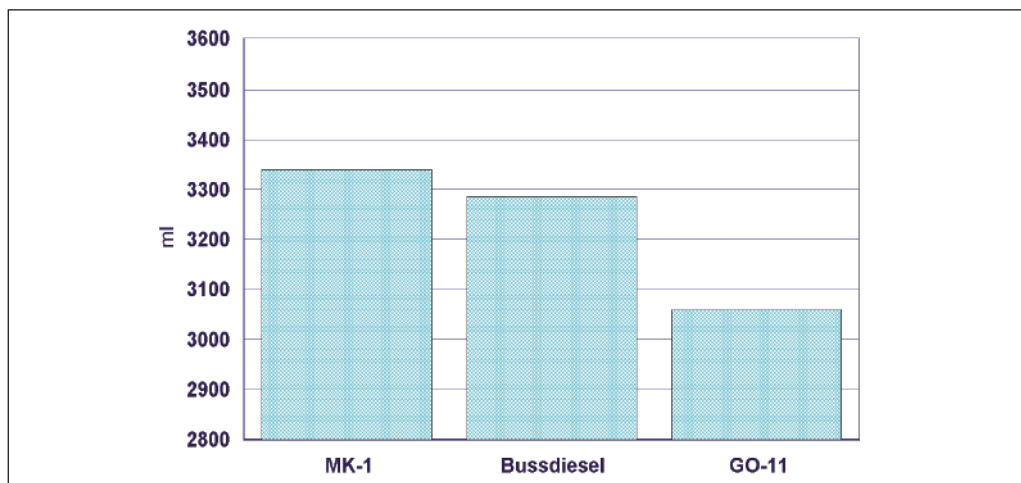
Tabell 5 Sammenhengen mellom diesels tetthet og energiinnhold

Prosentandelene i parentes angir energiinnholdet i % i forhold til en diesel med tetthet på 854 kg/m³.

Statoil har utført tester av drivstofforbruk med tre dieselkvaliteter med ulik tetthet:

- MK-1 (svensk diesel): 804 kg/m³
- Bussdiesel (utgått kvalitet): 824 kg/m³
- GO-11: 859 kg/m³

Testene ble utført på Scania R144 lastebil (38 tonn) i svært bratt bakke med full gass. Figur 1 viser drivstoff-forbruket for ulike dieselkvaliteter.

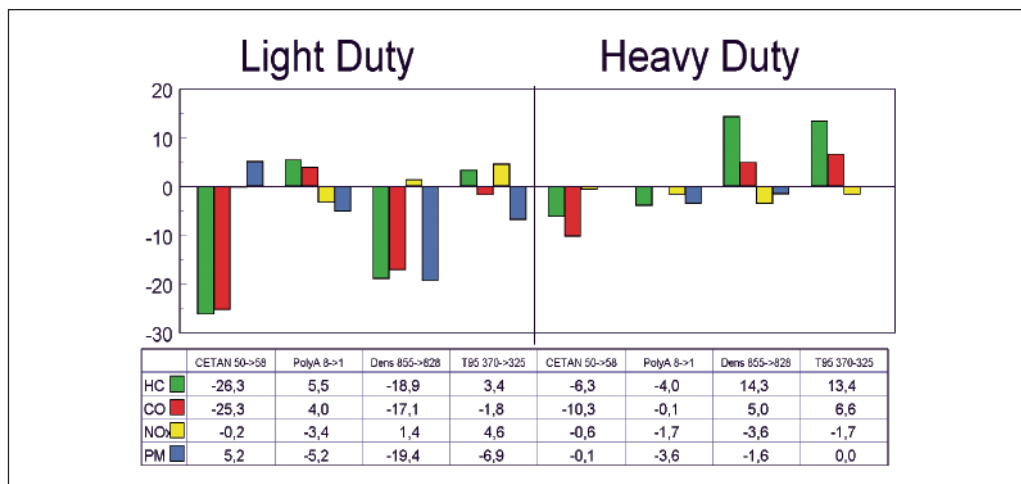


Figur 1 Drivstoff-forbruk ved diesel med ulik tetthet

Testene viser at lett diesel gir høyere forbruk.

5.5 Dieselkvalitet og utslipp avgass

Bilindustriens- og oljeindustriens gjennomførte i 1999 en omfattende studie (EPEFE-studien) av sammenhengen mellom drivstoffkvalitet og utslipp for privatbiler (light duty) og tyngre kjøretøy (heavy duty). Figur 2 viser hvordan utslippet av hydrokarboner (HC), karbonmonoksid (CO), nitrogenoksider (NO_x) og partikler (PM) endres med dieselkvaliteten.



Figur 2 Sammenhengen mellom dieselkvalitet og utslipp av avgasser

EPEFE-studien viste at:

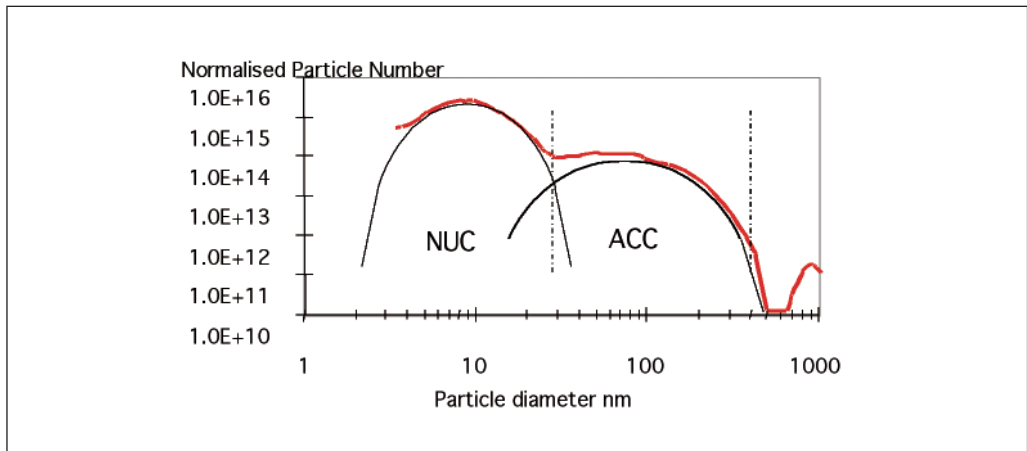
- Ulike kjøretøymerker reagerer ulikt på endringer i drivstoffkvalitet.
- Ingen enkelt drivstoffegenskap gir reduksjon av alle typer utslipp samtidig.
- Endring i drivstoffegenskaper gir ubetydelig effekt på partikkel- og NO_x-utslipp fra tyngre kjøretøy.

5.6 Partikler i avgassene

Partikkel-størrelsesfordeling

Store partikler stoppes i nese og hals, mens de minste partiklene går ned i lungene. Det er derfor større helsefare knyttet til små enn store partikler.

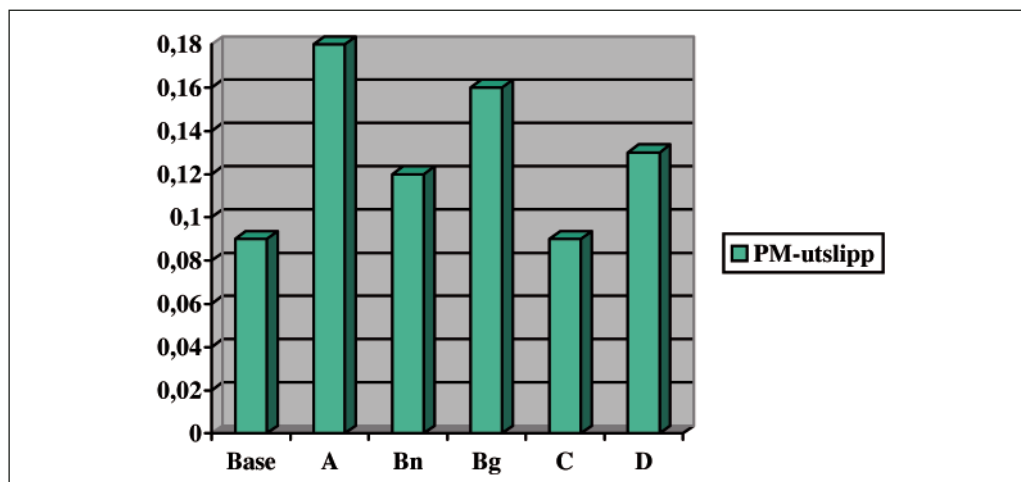
Studier gjort av Concauwe, viser at det er flere små enn store partikler i avgassene fra tyngre kjøretøy, se figur 3. Kravet til partikler i avgass i dag gjelder kun partikler over 10 μm . Etter hvert vil det også komme krav til innholdet av mindre partikler (over 2,5 μm) i avgassene.



Figur 3 Partikkel-størrelsesfordeling i avgass fra tyngre kjøretøy (Kilde: Concauwe)

5.7 Smøreoljekvalitet og partikkelutslipp

SAE International har i en rapport fra oktober 2002 dokumentert at valg av smøreolje har betydning for partikkelutslipp fra tyngre dieselskjøretøy, se figur 4. Studien viser at høykvalitets smøreoljer gir lavere utslipp av partikler (PM) i avgassene.



Figur 4 Utslipp av partikler ved bruk av ulike smøreoljer

5.8 Additiv til drivstoff og smøreoljer

Flertallet av produkter i denne kategorien er utviklet i samarbeid med motorsporten for å løse problemer knyttet til motorutvikling og bruk under ekstreme driftsforhold.

Brukere er i stor grad privatpersoner som ønsker økt levetid på motor og andre komponenter og økt motoreffekt med redusert forbruk av drivstoff. Større transportselskaper og entreprenører er i mindre grad brukere av additiver. Det antas å ha sammenheng, dels med manglende dokumentasjon av teknisk og økonomisk gevinst, dels med praktiske forhold knyttet til gjennomføring av systematisk bruk og oppfølging.

Bruksområde

Det tilbys tilsetning til de fleste typer oljer, mest utbredt er motorolje, hydraulikkolje og gearolje. I tillegg tilbys tilsetning til diesel og bensin.

Egenskaper smøreoljer

I følge leverandørene skal tilsetning i olje tilføre motor, gir og pumper følgende egenskaper:

- redusert friksjon som reduserer drivstoff-forbruket
- effektøkning
- mindre mekanisk slitasje
- lettere kaldstart

Egenskaper drivstoff

I følge leverandørene skal tilsetning i drivstoff medføre:

- bedre rengjøring og smøring av dyser og drivstoffsysteem
- økt motorytelse (ved økt cetantall)
- redusert isdannelse og rust

Oppsummering

Det er uklart om ekstra additiv kan endre en smøreolje eller et drivstoffs egenskaper i negativ retning. Slik uklarhet skaper usikkerhet for maskineier, spesielt med tanke på nye maskiner under garanti. For produkter der leverandøren av additiver ikke kan dokumentere påståtte positive egenskaper, er det god grunn til forsiktighet. Oljeselskaper fraråder vanligvis bruk av ekstra additiver i smøreoljer og drivstoff.

5.9 Alternative drivstoffer

Det finnes i dag en lang rekke alternative drivstoffer, som for eksempel:

- Komprimert naturgass (CNG)
- Flytende naturgass (LNG)
- Bio-gass
- Syntetisk diesel (Fischer-Tropsch Diesel)
- Propan (LPG)
- Biodiesel (RME)
- Bioetanol

Flere alternative drivstoff stiller imidlertid spesielle og kostbare motortekniske krav. Likevel er det en økning i bruk av naturgass og biodrivstoff. Det er også økt bruk av hybridbiler som går på strøm i tillegg til vanlig bensin eller diesel. Det forskes på hydrogendrevne biler, men anvendt bruk av betydning ligger langt fram i tid.

Biodiesel er basert på animalske eller vegetabiliske oljer og anses som fornybar energikilde. Bruk av biodiesel bidrar til redusert CO₂-utslipp i forhold til bruk av vanlig diesel. Bruk av biodiesel gir imidlertid ikke redusert utslipp av NO_x eller partikler! Den europeiske kvalitetsstandarden for biodiesel heter EN-14214.

I overskuelig framtid vil derfor diesel i all hovedsak være drivstoffet som benyttes under jord.

5.10 Dieselhygiene og tankpleie

Dieselhygiene

Moderne dieselmotorer og innsprøytingssystemer krever ren diesel. Derfor er det meget viktig at diesel ikke forurenses før bruk.

Tankpleie

Årsak til forurensinger i form av slam, rust eller mikroorganismer i dieseltanker skyldes nesten alltid at det er kommet vann på tanken. Dette kan motvirkes med jevnlig testing av tanken med "Vannfinnepasta".

For å sikre god dieselkvalitet bør rengjøring av tanker skje med høytrykk-steaming hvert 5 år eller oftere, dessuten når det oppstår akutte problemer. Bruk av biocider anbefales ikke! (Biocider er betegnelse på stoffer som dreper eller hindrer vekst av mikroorganismer som bakterier, mugg, sopp etc.) NB: Biocid-holdig dreneringsvann/slam er spesialavfall.

5.11 Lover og forskrifter.

Følgende forskrifter gjelder i forbindelse med arbeid under jord:

Forskrift best. nr. 522 Maskiner. Vedlegg VIII. Miljøkrav til forbrenningsmotorer.

Dette vedlegget ble tilføyd forskriften 19.feb. 2001. Vedleggets pkt. 3 angir grenseverdier for avgassutslipp av CO, HC, NOx og partikler fra dieselmotorer også brukt under jord.

Forskrift best. nr. 555 Bruk av arbeidsutstyr.

Denne forskriften berører ikke området avgasser eller avgassutslipp.

Forskrift best. nr. 547 Helse og sikkerhet i forbindelse med bergarbeid

Forskriftens § 30 Forbrenningsmotor sier: Forbrenningsmotorer som brukes under jord, skal kontrolleres regelmessig og justeres ved behov. Det skal føres journal over kontroller og justeringer.

Forskriften ble revidert 01.07.2005, men nye kommentarer er ennå ikke utarbeidet. I den "gamle" forskriften sto følgende:

Regelmessig kontroll av motor utføres i samsvar med produsentens/ leverandørens anvisning eller etter ca. 200 motordriftstimer dersom det ikke foreligger anvisninger.

Tiltak

Bergarbeidsforskriften krever altså regelmessig kontroll av motorer på maskiner og utstyr som benyttes under jord. Følgende rutiner foreslås knyttet til disse maskinene/utstyret som gjør oss i stand til å oppfylle forskriftens krav.

- Registrere maskiner/ utstyr i et vedlikeholdssystem
- Opprette vedlikeholdsprogram med sjekklister i henhold til produsentens anvisning. Vedlikeholdsprogram/sjekkliste må også ivareta rett utført (eventuell) måling av sot-tall
- Opprette intervall som sikrer at kontrollen blir utført til rett tid og at vedlikeholdshistorikk sikres

Kontrollmålinger behøves ikke utført hyppigere enn hver 6 mnd dersom motorer er i god kondisjon og service utføres til rett tid og i samsvar med vedlikeholdsprogram.

5.12 Avgifter for ulike dieselkvaliteter

Tabell 6 viser avgift for autodiesel og anleggsdiesel. Avgiftsfritak for anleggsdiesel forutsetter tilsetning av markør (solvent Yellow) og farge. I dag brukes blåfarge. Sammen med markøren gjør dette at anleggsdiesel blir grønn.

Svovelfri anleggsdiesel tilsettes markør og farge på samme måte.

Dersom man av ulike årsaker ønsker å få avgiftsfritak for anleggsdiesel uten at det tilsettes markør og farge, må dette søkes om spesielt.

Lettdiesel til bruk for anleggsmaskiner har avgift som anleggsdiesel.

		øre pr. liter
Autodiesel svovelfri (maks 10 ppm svovel)	Dieselavgift	297
	CO ₂ -avgift	53
	Sum svovelfri autodiesel	350
Anleggsdiesel (maks 500 ppm svovel)	Grunnavgift	42,1
	CO ₂ -avgift	53
	Sum anleggsdiesel	95,1

Tabell 6 Avgift for autodiesel og anleggsdiesel (mars 2006)

5.13 Tiltak for å redusere utslipp

- Ettermontere utstyr for å redusere partikler og NO_x i avgassene
- Bruke lavsvovelig eller svovelfri diesel på anleggsmaskiner med renseutstyr
- Regelmessig inspeksjon og vedlikehold av motorer, drivstoffsystem og tanksystem
- Utskifting av maskinpark til maskiner med lavemisjonsmotorer og om nødvendig fabrikkinstallert avgassrensing

6 Renseteknikk/ ettermontert filter

6.1 Innledning

For arbeid under jord må bransjen forholde seg til Arbeidsmiljøloven og forskrifter; best. nr 522 Maskiner; best. nr 547 Sikkerhet helse og arbeidsmiljø ved bergarbeid; best. nr 555 Bruk av arbeidsutstyr samt kommentarer til disse. Krav som stilles er knyttet til luft i arbeidsområdet. Det gis administrative normer som takverdier (kortidsverdi), grenseverdier eller gjennomsnittsverdier (gjennomsnitt over et skift). Avgasser fra dieselmotorer er den vesentlige kilden til NO₂ i luft på arbeidsstedet under jord.

Det fokuseres nå i stigende grad på skadevirkninger for helsen ved innånding av partikler. Det foreligger foreløpig ikke krav med tallfestet grenseverdi for partikkelkonsentrasjon i luft ved arbeid under jord.

EU og Norge gjennom EØS avtalen stiller krav til kjøretøy og maskiner som selges. Krav til dieselavgasser er gitt i EURO 3 (EURO 4 fra 01.10.06) for kjøretøy, trinn 3 for motorer under 560 kW, ref vedlegg VIII, forskrift best. nr. 522. Kravene fokuserer på partikkelutslipp. Et virkemiddel for å redusere utslipp er ettermontering av partikkelfilter.

Prosjektgruppen mener at det bør etableres en bransjestandard for ettermontert renseutstyr i Norge. Prosjekt Dieseldrift under jord inngikk derfor et samarbeid med NTNU (Norges teknisk naturvitenskaplige universitet - Marin teknikk) og SINTEF for testing av ettermontert renseutstyr til dieselmotorer brukt under jord. Testene ble utført i laboratorium med ulike dieselkvaliteter (også farget diesel) og ettermontert renseutstyr fra forskjellige leverandører.

Formål med testingen var å fremskaffe måleresultater. Det ble lagt vekt på å måle partikkelutslipp og sammensetningen av avgassen etter rensing, spesielt andel av NO₂. Det var viktig at renseutstyr ikke bidro til å øke av NO₂ utslipp..

Resultatene som fremlegges i rapporten kan brukes som et hjelpemiddel ved valg av filter og filterleverandør.

Det er også et prosjektmål at testene skal kunne danne grunnlag for fremtidige myndighetskrav.

Arbeidsgruppen har bestått av leder Knut Egge (Veidekke), Thoralf Klynderud (Skanska), Reidar Otterstad (NCC) og Randi Hermann (Mesta).



6.2 Konklusjon.

Testene ved NTNU viste at bruk av partikkelfilter reduserer utslipp med mer enn 80%. Forsøkene viste også at de filtrene som ble brukt ikke forårsaket særlig økt utslipp av NO₂.

6.3 Anbefalinger.

- Myndighetene bør sette krav og angi grenseverdier for partikkelutslipp fra anleggsmaskiner i arbeid under jord.
- Der bør ses videre på andel nanopartikler i arbeidsatmosfæren i samarbeid med de rette miljøer, for eksempel STAMI som har måleutstyr for måling av nanopartikler.
- Leverandører av nye maskiner må påse at utslippskrav overholdes. Om nødvendig må slike maskiner leveres med filter for avgass.
- Det bør arbeides mot en holdningsendring innen bransjen med mer oppmerksomhet rettet mot luftkvalitet som viktig del av arbeidsmiljøet under jord. Alle parter, inklusive Bygherrer, bør regelmessig etterspørre måleresultater fra tester av luftkvalitet.

6.4 Bakgrunn

Testene er i sin helhet utført ved NTNU v/ Institutt for Marin Teknikk.

Testene ble utført på en Scania DC 11 Euro 2 motor og følgende parametere ble målt:

- Partikler (PM)
- NO₂
- Hydrokarboner (HC)
- Karbonmonoksid (CO)
- Røyktall

Det ble kjørt tester med autodiesel 10 ppm svovel henholdsvis anleggsdiesel (grønn) med 300 ppm svovel. Testene ble utført i henhold til ISO standard.

Leverandører av ettermontert renseutstyr egnet for underjordsdrift ble invitert til å delta i testene. Forutsetning for deltagelse var at den enkelte leverandør måtte stille med utlån av renseutstyr og akseptere at testresultatene ville bli gjort tilgjengelig for bransjen.

Tre av de inviterte leverandørene tok del i utprøvingen.

6.5 Resultater fra NTNU

NTNU skriver i sin oppsummering av resultater /1/:

Eksperimenter har blitt kjørt på en Scania DC11-02 direkte innsprøytet tyngre kjøretøy motor. Testene ble utført i henhold til 8-mode ISO 8178 C1 testsyklus.

Hovedhensikten med undersøkelsene var å måle utslipp av partikler (engelsk: Particulate Matter, PM) med og uten partikkel filtre. Når dette ble gjort ble det samtidig målt utslipp av andre stoffer, eksempelvis NO₂. Det finnes tidligere erfaringer for at utslipp av NO₂ kan øke som et resultat av filtreringsprosessen.

Fire ulike partikkelfiltre ble undersøkt i den testserien som er rapportert. Hvert av filtrene ble testet ved å kjøre motoren på to ulike diesel kvaliteter.

Reduksjon av partikler var mer enn 80% for noen av modusene hvor filtrene ble testet. Resultatene viste bare små endringer mellom tre av de fire filtrene som ble undersøkt. Disse partikkelfiltrene fjernet også deler av de minste partiklene. Ett av partikkelfiltrene var en oksiderende katalysator. Som forventet ble ikke like mye partikler fjernet ved å bruke dette filteret som de tre andre.

Ingen av filtrene viste betydelig økning i utslippene av NO₂.

For noen av filtrene ble utslippene av røyk målt til null med standard måleutstyr. Reduksjonen av røyk (smoke) ble for flere målinger funnet å være lik 100 %.

Det ble ikke registrert problemer med noen av filtrene i løpet av testperioden, men testene evaluerte ikke egenskaper til filtrene for drift over lengre tid.

Hovedrapporten er forfattet på engelsk. En norsk kortversjon av rapporten følger som vedlegg /1/. Rapporten kan også lastes ned fra foreningens hjemmeside på www.nff.no

6.6 Filtertyper brukt i testen

Filter:	B; Unicat Combifilter Testfilter <u>uten</u> inneb. katalysator	C: Cattrap filter	D: Doxcat filter	E: Notox filter
El. Avbrenningsenhet:	Ja	Ja, ved eksostemp. under 380-420 °C i mer enn 25% av driftstiden.	Nei	Nei
Fungerer fra:	Start	Start		
Ekstra filter til innbytte:	Ja ved kjøring på skift	Vurderes ved kjøring på skift	Nei	Nei
Egnet under jord:	Ja	Ja (NO2 øker noe)	Ja	Ja
Krav til A Additiv:	Nei	Nei	Nei	Ja, 1:2450 l. Octel 3
Budsjett priser:				
100kW	110,-	79,-	10,4-	35,5-
200kW	205-	136,-	15,2-	42,6-
300kW	400-	159-	20,8-	58,8-

Tabell 7. Oversikt over filtertyper.

Merk følgende:

- Doxcat er ikke et partikkelfilter
- Filtertypene erstatter lyddemper og har ikke skadelig motstand på motor
- Innkjøpspris for egen avbrenning stasjon ca kr 85 000
- Alle filter må være tilpasset den motoren de skal monteres på
- Montering av doseringsutstyr for additiv er vanligvis ikke noe problem
- Additiv for Notox koster ca 13 øre/liter drivstoff

6.7 Kost/nytte vurdering ved kjøp av filter

Formål ved ettermontering av filter er:

- Forbedre arbeidsatmosfæren
- Tilfredsstille myndighetenes krav
- ”Best i bransjen ”

Følgende spørsmål bør tas stilling til når man gjør en kost/nytte vurdering av ettermontering av partikkelfilter på maskiner som skal brukes i underjordsdrift:

Bruksområde for maskinen

- I hvor stor grad påvirker denne maskinen miljøet i tunnelen?
- Skal vi konsentrere oss om primærmaskinene, det vil si lastemaskin og masseflyttingsmaskiner?
- Kanskje det er like viktig å se på sekundærutstyr hvor motorene ofte går ubelastet, og dermed har lav arbeidstemperatur og høye utslipp?
- Eller tar vi et prinsipielt valg: Alle våre maskiner skal ha best mulig avgassrensing?

Maskinens forventede levetid

- Hvor lenge regner vi med at maskinen skal brukes i tunnel?
- Hvor mye vil levetiden øke ved ettermontering av filter?
- Vil alternativet å bytte ut maskinen være bedre økonomi?

Type filter:

Valg av filter er bl.a. avhengig av motorbelastning, dvs. hvilket temperaturområde avgassene har. Etter vurdering av dette forholdet må følgende avklares:

- Hvilke filtertype gir best virkning i forhold til NO₂ og/eller partikler?
- Dersom det må velges, hva er viktigst?
- Kreves det at det brukes tilsetningsstoffer eller ekstern avbrenning av filtrene. Er det praktiske begrensninger ved det?

Påbyggingskostnad:

Tilpassningskostnader må vurderes for den konkrete maskin.

Montasje beregnes å ta inntil 2 dager.

Påbyggingsmulighet

Er det praktisk mulig å montere et filter i maskinens avgasssystem?

Er det praktisk mulig å montere et doseringsanlegg for tilsetningsstoffer i drivstoffanlegget?

Vedlikehold

Har vi nødvendig organisasjon og vilje til å utføre periodisk vedlikehold på maskin og filter?

Alternative driftsopplegg

Vil elektrisk drift være et bedre valg?

7 Dokumentasjon og målemetoder

7.1 Innledning

Gruppen har bestått av Tom Myran, leder (NTNU) og Knut Jarle Rødseth (Norsk Arbeidsmandsforbund).

7.2 Konklusjon

Gjennom mange år har lette, bærbare måleinstrumenter for kontroll av luftkvalitet vært tilgjengelig på det norske marked. I økende grad benyttes disse også under jord. Det røffe, sammensatte miljøet som her er typisk stiller store krav, både når det gjelder enhetlig og korrekt bruk, ettersyn, vedlikehold og kalibrering. Instrumentene må brukes med forsiktighet og sunn fornuft. Det må etableres prosedyrer og instruksjoner som ivaretar dette (hva skal måles når og hvordan?), ansvarsforhold ved bruk og rapportering av resultater, samt korrigerende tiltak ved for høye verdier.

Måletekniske usikkerheter ved bruk av elektrokjemiske sensorer under jord (respons, kryssfølsomhet/interferens, fuktighet) krever at denne type feltutstyr må utvikles videre.

Det vil være ønskelig om man kunne anbefale enkle direkte visende instrumenter og måleprosedyrer for spotmålinger av for eksempel partikulært innhold og NO₂/NO_x.

Det er viktig at tilsynsmyndigheter (Arbeidstilsynet), når krav til luftkvalitet skjerpes, også undersøker om tilgjengelig feltutstyr oppfyller de krav til nøyaktighet som må kreves både ved prøvetaking og kalibrering. Uten samsvar vil nytteverdien av slike målinger være tvilsom. Tilsynsmyndighetene bør bidra med presise og konkrete anbefalinger for bruk av instrumentering og kontrollrutiner.

7.3 Bakgrunn

Tyngre hjulgående dieselmaskiner ble innført i gruver og tunneler i Norge tidlig på 70-tallet. Siden har eksponering fra diesellavgass vært en dominerende belastning for arbeidstakere i de aktuelle bransjer. I forskrift best. nr 547 om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø ved bergarbeid stilles det krav til å overvåke arbeidsatmosfæren for å unngå at arbeidstakerne blir utsatt for unødige påvirkning av gass- og partikkelutslipp fra dieseldrevne kjøretøy og sprengningsarbeid. Undersøkelser foretatt ved SINTEF Bergteknikk viser at et flertall arbeidstakere innen anlegg- og bergverksdrift under jord oppfatter diesellavgass som den enkeltfaktor de "frykter" mest i sitt arbeidsmiljø. Dette er særlig knyttet opp mot usikkerhet omkring den potensielle langtidseffekten eksponering for diesellavgass kan ha.

De gassene som spesielt nevnes med hensyn til overvåking er NO₂ og CO. I dag regnes CO for å være et relativt lite problem ved diesellavgass. NO₂ derimot er et problem. Kravet i administrativ norm er vanskelig å overholde ved lasting, transport og sprengningsarbeider.

Forslaget om å redusere normen for NO₂ fra 2 ppm til 0,6 ppm ble vedtatt i juli 2006. Dette medfører skjerpene tiltak på driftssiden, og da særlig under lasting, transport, sprengningsarbeider, men også betongsprøyting.

Dieselavgassens sammensetning avhenger av mange ulike parametere som motortype, dieselkvalitet, service og vedlikehold, vegbane, kjøreteknikk og overlast, hastighet, avgassrensing mm. Men også informasjon, holdninger og motivasjon må nevnes som viktige faktorer i arbeidet med å redusere eksponeringen for dieselavgass under jord, og derved bedre luftkvaliteten.

For å oppfylle Bergarbeidsforskriftens intensjon om tilfredsstillende luftkvalitet er det av avgjørende betydning at det gjennomføres regelmessig og riktig overvåking av luftforurensning, og at dette følges opp av nødvendige tiltak (f. eks på ventilasjonssiden, partikkel- og avgassrensing m.m.).

I forprosjektet til Diesel under jord (NFF, teknisk rapport 01, november 2001) ble en del av disse forhold presentert og kommentert.



7.4 Dieselavgass

Over 1000 forskjellige stoffer i dieselavgass betegnes som potensielt helseskadelige. I ufortynnet avgass er konsentrasjonene av alle de viktigste stoffer i helsesammenheng, betydelig høyere enn angitte verdier i de respektive administrative normene.

Akutt overeksponering av gruvearbeidere for dieselavgasser er rapportert fra USA, med ubehag, slimhinneirritasjoner, hodepine, kvalme, trøtthet, samt stikninger i armer og ben som typiske symptomer. Symptomene forsvant etter 24-48 timer. Når det gjelder eksponering av dieselavgass over lang tid er det først og fremst effekter på luftveier/lungesystemet som er undersøkt, men også risikoen for hjertekarsykdommer. Den kritiske effekten ved eksponering for dieselavgass er utvikling av kreft. Undersøkelser viser at eksponering for dieselavgass gir forhøyet risiko for kreft, uten at resultatene fra de ulike studier er entydige. Krefttrisikoen synes i stor grad å være bundet til partiklene, samtidig som partiklene også kan spille en viktig rolle for irritasjonseffektene.

Allerede for over 15 år siden anmodet Det Rådgivende Utvalg for Arbeidet med Kreftfremkallende Stoffer i Yrkeslivet (RUAKSY) Arbeidstilsynet om å prøve å finne en egnet eksponeringsindikator for dieselavgass. Men det var vanskelig å peke ut en enkelt indikator som fanger opp helserisikoen, spesielt kreftfaren.

Bruk av partikkelfeller kan bidra til å gjøre dieselavgassen mindre helseskadelig, på tross av at denne utfelling ikke fjerner de irritative gassformige komponentene i dieselavgassen.

7.5 Fortynningsbehov

En dieselmotor produserer ca 0,0006 m³/sek av avgass pr kW, hvorav en del er helseskadelige. For å kunne forsvare bruk av dieseldrift under jord er det derfor avgjørende viktig med tilstrekkelig tilførsel av friskluft for å fortynne ut avgassen til et akseptabelt nivå. For å finne det nødvendige fortynningsbehovet må man kjenne til den spesifikke avgassemisjonen for den aktuelle dieselmotoren, og vurdere dette opp mot de aktuelle administrative normer for de enkelte avgasskomponentene som dominerer i helsesammenheng. I tillegg til dette må man også ta høyde for andre forurensninger som bl.a. sprenggass og støv. Det er utviklet dimensjoneringskriterier (tommelfingerregler) for beregning av ventilasjonsbehov under jord.

For en lastemaskin i praktisk drift på stuff under jord vil man kunne beregne fortynningsbehovet basert på motorens utslipp av primære avgassprodukter som f. eks NO₂, NO, CO, SO₂ og sotpartikler og vurdere disse opp mot respektiv administrativ norm. Det finnes pr i dag i Norge intet tallfestet krav (administrativ norm) til avgasspartikler i arbeidsatmosfæren. Tar man utgangspunkt i dagens norske normer for gasskomponentene og normene for sotpartikler benyttet i USA, Sveits, Tyskland, vil man finne at fortynningsfaktoren for sot (>1000) er langt høyere enn for gassfasen (>120). Det må understrekes at dette er et hypotetisk eksempel fordi det også må taes hensyn til en del kompliserende faktorer.

På grunn av det langt høyere uttynningsbehovet knyttet til partikkelfraksjonen i dieselavgass enn for gassfasen, vil partikkelfiltrering i kombinasjon med optimal fortynningsventilasjon kunne bidra til å redusere helseeffektene ved eksponering for diesel under jord. Det forutsettes da at partikkelrenseren ikke har negative effekter som f. eks katalytisk effekt og derved oksydasjon av NO til NO₂.

Dagens underjordsventilasjon er energikrevende og kostbar. Beregninger vi har foretatt viser at det i norske tunneler og gruver transporteres mangedobbelt så mye ventilasjonsluft i *tonn pr tidsenhet* som stein og malm/mineral. F. eks ble det i Lærdalstunnelen transportert ca 3,5 ganger mer luft i tonn enn stein i anleggsperioden, mens det i enkelte bergverk transporteres 10-15 ganger mer luft pr år enn malm/mineral.

7.6 Administrative normer

NO₂ er et av de stoffer der det har vært vanskeligst å tilfredsstille krav i administrative normer. Dette har sammenheng med at betydelige mengder NO₂ utvikles både ved dieseldrift og sprengning.

I 2005 fremmet Arbeidstilsynet forslag om reduksjon av norm for NO₂ fra 2 ppm (T) til 0,6 ppm (gjennomsnittsverdi). Den nye normen ble vedtatt av direktøren for Arbeidstilsynet den 3. juli 2006 til 0,6 ppm som gjennomsnittsverdi, men uten noen angitt takverdi (T). Det ble innført et prinsipp om mulighet for unntak i en overgangsperiode (f.eks for tunnel- og bergverkdirft). Dette forutsetter at arbeidsmiljø, tiltak etc dokumenteres. Vedtaket er foreløpig ikke lagt ut å på Arbeidstilsynets nettsider. Arbeidstilsynet opplyser at dette vil bli gjort i løpet av kort tid (september 2006).

Erfaringer og dokumentasjon innhentet fra entreprenører og bergindustri indikerer at deler av bransjen må omstille seg for å klare det foreslåtte kravet, og også dokumentere gjennom prøvetaking at dette er oppfylt. Dette vil gjelde både driftstekniske forhold og usikkerhet knyttet til prøvetaking og dokumentasjon. Se kapittel 5.3 Målemetoder.

I Sverige benyttes to typer yrkeshygieniske grenseverdier for NO₂ (1 ppm NO₂ for dieselavgass, og 2 ppm for sprenggass). Differensierte normer for samme type luftforurensning i samme miljø (tunnel, gruve) vil være vanskelig å håndheve i praksis.

I forbindelse med økt fokusering på partikkelutslipp fra dieselmotor kommer PAH (polyaromatiske hydrokarboner) inn som en gruppe organiske forbindelser med betydning i eksponeringssammenheng.

I sitt arbeid med revisjon av administrativ norm for PAH utarbeidet Arbeidstilsynet i 2004 et grunnlagsdokument (høringsutkast) for fastsettelse av PAH. Foreslått norm ble som før satt til 0,04 mg/m³. Arbeidstilsynet foreslo i tillegg følgende presisering:

”Den administrative normen gjelder partikulært PAH samlet opp på filter og baserer seg på summen av 25 PAH-forbindelser (nevnt i høringsutkastet). Naftalen og bifenyl samlet opp i adsorbent, vurderes opp mot de administrative normene for hver av de to stoffene”.

Forslaget ble i første omgang trukket tilbake etter innsigelser fra Al-industrien, men vil bli tatt opp igjen ved en senere revisjon.

Det foreligger i dag intet tallfestet norsk krav (adm. norm) til dieselpartikler i luft på arbeidsstedet. Andre land har innført slike normer. I Sveits er normen $0,2 \text{ mg/m}^3$ som totalt karbon (2001), og i Tyskland $0,1 \text{ mg/m}^3$ (2001), her angitt som elementært karbon.

I USA innførte MSHA (Mine Safety and Health Administration) i 2002 normen $0,4 \text{ mg/m}^3$ for totalt karbon. Denne ble med virkning fra 20.mai 2006 redusert til $0,16 \text{ mg/m}^3$. Generelt utgjør totalt karbon (TC) ca 80 % av total partikkelmasse, og elementært karbon (EC) ca 60 % av TC. Ved bruk av disse normene er det viktig at TC eller EC analyseres avhengig av hvilken norm som skal benyttes. Med bakgrunn i den fokus dieselpartikler har i eksponeringssammenheng, må det antas at en normverdi blir innført også i Norge.

Når det gjelder kriterier for å sammenligne måleresultater med administrativ normer vurderes dette i henhold til veiledningen "Administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfære 2003", best. nr 361 og orienteringen "Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoffer og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfære", best. nr. 450.

Normtall kan ikke betraktes som skarpe grenser mellom farlige og ufarlige konsentrasjoner. Skarpe grenser finnes ikke, det skyldes bl.a. biologiske forskjeller mellom mennesker. Dessuten, normene gjelder kun for inhalasjon. Dersom forbindelsene kan tas opp gjennom huden må dette vurderes spesielt.

I best. nr. 450 fra Arbeidstilsynet anbefales det at konsentrasjon av forurensninger i operatørens pustesone skal ligge under $\frac{1}{4}$ av mengde angitt i administrativ norm for at arbeidsmiljøet skal vurderes som akseptabelt. Veiledningen sier videre at ettersom normene ikke skiller klart mellom farlige og ufarlige konsentrasjoner, er målet å ligge så langt under norm som mulig. De gjennomsnittlige konsentrasjoner over et arbeidsskift bør derfor ligge under $\frac{1}{4}$ av norm.

7.7 Målemetoder

Etter at diesel ble tatt i bruk ved arbeid under jord i Norge ble det for overvåking særlig satt fokus på gassene NO_2 og CO , og i liten grad partikkelutslippet (sot). Dette skyldes at man hadde administrative normer for NO_2 og CO å forholde seg til, men ikke for sot (noe man fortsatt ikke har i Norge). Flere land har innført grenseverdi for sotpartikler, og det må forventes at også Norge vil følge etter.

I Arbeidstilsynets best. nr 450 om Prøvetaking av forurensninger i arbeidsatmosfære er det gitt forslag til prøvetakingsutstyr og prosedyrer. Bare i liten grad er fordeler og ulem-

per for de forskjellige metoder omtalt. Heftet har heller ingen spesifikk oppmerksomhet på den enkelte bransje, eksempelvis tunnel- og gruvearbeider. I heftet "Arbeidsmiljø under jord" (Håndbok nr 3, Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk, oktober 2000) og i Forprosjektet Diesel under jord (NFF Tekn. Rapp. 02, nov. 2001) finnes mer utfyllende informasjon og dokumentasjon både om luftkvalitet, helserisiko, måleutstyr og prøvetakingsprosedyrer.

Allerede på 70-tallet fantes over 50 ulike bærbar gassmåleinstrumenter på det norske markedet. Uprøving av enkelte instrumenter under jord utført av SINTEF Bergteknikk ga blandet resultat både hva angikk nøyaktighet, bruksbegrensninger og kalibrering.

I dag anvendes i økende grad passive direktevisende bærbar instrumenter av ulik type basert på sensorer med elektrokjemiske celler for overvåking av bl.a. NO₂ og CO. Instrumentene kan fås med eller uten datalogging. Det kan være enkeltgassinstrumenter eller utstyr med sensorer som kan måle flere gasser samtidig. Utstyret anses hendig og enkelt i bruk. Det stilles likevel spørsmål til bruksbegrensninger, vedlikeholdsrutiner, deteksjonsgrenser og kalibrering. Både SINTEF Bergteknikk og Norcem's kalksteinsgruver i Brevik har avdekket ukjente problemstillinger ved bruk av måleinstrumentene. Dette vil aktualiseres ved bruk av NO₂-sensoren etter at reduksjon av norm for NO₂ til 0,6 ppm ble vedtatt.

Instrumentene er robuste ved normal bruk, men bør ikke utsettes for høy luftfuktighet, brå trykkforskjeller, sterke vibrasjoner, sterk varme/kulde, og heller ikke snus opp ned under måleperioden. De største ulempene ved metoden er utslagene som kan forekomme ved kryssømfintlighet mot andre gasser i atmosfæren. Til tross for betydelig innsats fra produsentene for å redusere sensorenes kryssømfintlighet vil man under jord finne interfererende gasser som vil påvirke sensorene. Kryssømfintligheten kan medføre for høye måleverdier, eller også for lave verdier ved at måleutslaget dempes. Det er viktig at instrumentene ikke eksponeres for høyere verdier enn det måleområde instrumentet er tiltenkt. Det kan gi "forgiftning" av sensoren, noe som kan føre til lang regenereringsperiode før måleinstrumentet igjen vil gi riktige resultater, i verste fall ødelegges sensoren.

Et annet viktig punkt man må være klar over er kalibreringsprosedyrene. Konsentrasjonen av kalibreringsgassen bør ligge innenfor sensorens primære arbeidsområde. Generelt har kalibreringsgass med lave konsentrasjoner dårligere garanti for nøyaktighet enn gass med høyere konsentrasjon. For eksempel oppgir Norcem at NO₂-gass fra Hydro med 5 ppm innhold har nøyaktighet på +/- 10 %, mens gass med 10 ppm innhold har en nøyaktighet på +/- 3 %. Norcem har også erfart at mottatt kalibreringsgass har et annet innhold enn det nivået som oppgis.

Deteksjonsgrensen for de ulike elektrokjemiske sensorene på NO₂ varierer noe, men 0,2 ppm er oppgitt for enkelte. Tar man i tillegg med usikkerheten i kalibreringsgassen, betyr dette at måling av NO₂ i et konsentrasjonsområde som tilsvarer normverdien på 0,6 ppm vil være beheftet med betydelig usikkerhet.

Det vil derfor lett oppstå et praktisk problem ved bruk av dagens elektrokjemiske sensorer for overvåking av NO₂ i lave konsentrasjons-områder; i verste fall vil man måtte regne med usikkerhet i målingen på opp imot ± 50 % eller mer. Dagens NO₂-sensorer er derfor ikke et presist analytisk måleverktøy for å konstatere overskridelse av norm.

Det finnes en rekke måleinstrumenter med vesentlig større nøyaktighet. Felles for disse i dag er at de er store, tunge og kostbare og dermed lite egnet for rutinemessig prøvetaking i et røft miljø under jord.

I flere 10-år er det benyttet pumper med glassampuller for prøvetaking av gass under jord. Disse gir kun spotverdier, og har en usikkerhet på ± 25 %. De kan anvendes for å måle kortvarige konsentrasjonsnivå, men er ikke egnet for å konstatere overskridelse av f. eks norm for NO₂.

Når det gjelder prøvetakingsutstyr for partikulære luftforurensninger eksisterer også ulike typer. Generelt er prøvetakingsprosedyrene relativt enkle, mens de etterfølgende analysene er både kompliserte, tidkrevende og kostbare. Noen av disse er omtalt i rapporten fra forprosjektet Diesel under jord.

8 Referanser

/1/ NTNU (2006): ”Tester av fire ulike dieselpartikkel filtre på en tyngre kjøretøy motor”. T. Hansen, M Bysveen, T Almås, O Bergh.

/2/ NTNU (2006): “Tests of four diesel particular filter (DPF) on a heavy duty engine”. T. Hansen, M Bysveen, T Almås, O Bergh.

9 Vedlegg

/1/ Rapport fra NTNU norsk utgave: Tester av fire ulike dieselpartikkel filtre på en tyngre kjøretøy motor

/2/ Kontaktliste leverandører

Vedlegg /1/ Rapport fra NTNU norsk utgave: Tester av fire ulike dieselpartikkel filtre på en tyngre kjøretøy motor

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige
Universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap og
teknologi
Insitutt for marin teknikk

Rapport

Tittel:	Tester av fire ulike diesel partikkel filtre (DPF) på en tyngre kjøretøy motor
Forfattere:	Tore Hansen, Marie Bysveen, Terje Almås, Ole Bergh
Kunde:	Norsk forening for fjellsprengningsteknikk (NFF), ref: Thoralf Klynderud Adresse: Postboks 34 Grefsen, 0409 Oslo
Gradering:	Classified
Ansvarlig:	Prosjektleder Tore Hansen
Date:	19.05.06

Oppsummering av resultater

Eksperimenter har blitt kjørt på en Scania DC11-02 direkte innsprøytet tyngre kjøretøy motor. Testene ble utført i henhold til 8-modus ISO 8178 C1 test syklusen.

Hovedhensikten med undersøkelsene var å måle utslipp av partikler (engelsk: Particulate Matter, PM) med og uten partikkel filtre. Når dette ble gjort ble det samtidig målt utslipp av andre stoffer også, slik som NO₂. Det finnes tidligere erfaringer for at utslippene av NO₂ noen ganger øker som et resultat av prosessen med å redusere utslippene av partikler (PM). Fire ulike partikkel filtre ble undersøkt i den test serien som er rapportert. Hvert av filtrene ble testet med å kjøre motoren på to ulike diesel kvaliteter.

Reduksjonen av partikler var bedre enn 80% for noen av modusene hvor filtrene ble testet. Resultatene viser bare små endringer mellom tre av de fire Diesel Partikkel Filtrene (DPF) som ble undersøkt. Disse partikkel filtrene fjernet også deler av de minste partiklene. Ett av partikkel filtrene var en oksiderende katalysator, og som forventet så ble ikke like mye partikler (PM) fjernet ved å bruke dette filteret som de tre andre.

Ingen av filtrene viste betydelig økning i utslippene av NO₂.

For noen av filtrene ble utslippene av røyk målt til null med standard måleutstyr. Reduksjonen av røyk (smoke) ble for flere moder funnet å være lik 100 % (som også kan sees i grafene).

Det er viktig å være klar over at testene ikke evaluerer egenskaper til filtrene for drift over lengre tid. Det eneste som kan sies om dette ut ifra testene i denne rapporten er at det ikke ble registrert noen problemer med noen av filtrene i løpet av testperioden.

Prosjektleder Tore Hansen, Trondheim, 19.05.06

Oppsummering av rapport med tittelen

“Tester av fire ulike diesel partikkel filtre (DPF) på en tyngre kjøretøy motor”

OPPSUMMERING AV RESULTATER

Eksperimenter har blitt kjørt på en Scania DC11-02 direkte innsprøytet tyngre kjøretøy motor. Testene ble utført i henhold til 8-modus ISO 8178 C1 test syklusen.

Hovedhensikten med undersøkelsene var å måle utslipp av partikler (engelsk: Particulate Matter, PM) med og uten partikkel filtre. Når dette ble gjort ble det samtidig målt utslipp av andre stoffer også, slik som NO₂. Det finnes tidligere erfaringer for at utslippene av NO₂ noen ganger øker som et resultat av prosessen med å redusere utslippene av partikler (PM). Fire ulike partikkel filtre ble undersøkt i den test serien som er rapportert. Hvert av filtrene ble testet med å kjøre motoren på to ulike diesel kvaliteter.

Reduksjonen av partikler var bedre enn 80% for noen av modusene hvor filtrene ble testet. Resultatene viser bare små endringer mellom tre av de fire Diesel Partikkel Filtrene (DPF) som ble undersøkt. Disse partikkel filtrene fjernet også deler av de minste partiklene. Ett av partikkel filtrene var en oksiderende katalysator, og som forventet så ble ikke like mye partikler (PM) fjernet ved å bruke dette filteret som de tre andre.

Ingen av filtrene viste betydelig økning i utslippene av NO₂.

For noen av filtrene ble utslippene av røyk målt til null med standard måleutstyr. Reduksjonen av røyk (smoke) ble for flere moder funnet å være lik 100 % (som også kan sees i grafene).

Det er viktig å være klar over at testene ikke evaluerer egenskaper til filtrene for drift over lengre tid. Det eneste som kan sies om dette ut ifra testene i denne rapporten er at det ikke ble registrert noen problemer med noen av filtrene i løpet av testperioden.

BAKGRUNN

I denne rapporten ble eksperimentelle undersøkelser gjennomført på en Scania DC 11 direkteinnsprøytet tyngre diesel kjøretøy motor med elektronisk innsprøyting med enhetsinjektorer (EURO II motor). Utslipp av partikler (PM), nitrogenoksid (NO_x), hydrokarboner (HC) og karbonmonoksid (CO) ble målt. Fire ulike produkter av Diesel Partikkel Filtre (DPF) ble undersøkt i dette prosjektet. Testene på motoren eksaminerte filtreringsevnen under både stasjonære og transiente motorforhold.

PARTIKKEL FILTRENE

De fire filtrene som ble undersøkt virker alle på ulik måte. Filter B og C er Diesel Partikkel Filtre (DPFs) med systemer med aktiv regenerering. Filter D er en diesel oksiderende katalysator (DOC) som ble testet for sammenligningens skyld. Til slutt, filter E er et additivbasert, passivt diesel partikkel filter.

De filtrene som ble testet er gitt betegnelsene B, C, D og E;

- Filter B – Unicat Combi Filter
- Filter C – Cattrap Filter
- Filter D – Doxcat Filter
- Filter E – Notox Filter

EKSPERIMENTELT OPPSETT

Testene ble utført på en Scania DC11-02 direkte innsprøytet motor med enhets injektorer;

Motordata spesifisert fra motorfabrikant:

Type motor:	SCANIA DC 11-02
Antall sylindre:	6
Sylinder diameter:	127 mm
Slaglengde:	140 mm
Fortrengt volum:	10,6 dm ³
Maksimalt moment:	1750 Nm @ 1080-1500 rpm
Maksimal effekt:	280 kW @ 1800 rpm

For test serien så ble det maksimale momentet ved middels turtall satt til 1600 Nm, noe lavere enn den ratede verdien.. Effekt ved maksimalt turtall ble satt til 264 kW eller 1400 Nm. Disse verdiene ble implementert i 8-mode testen som er beskrevet senere i rapporten.

DRIVSTOFFENE

Eksperimentene ble utført ved bruk av to ulike diesel kvaliteter: Auto diesel og offroad diesel (grønn) med et høyere svovelinhold. Drivstoffene ble levert av STATOIL. De to dieselkvalitetene ble betegnet:

- Fuel 1 (F1) med 10 ppm svovel
- Fuel 2 (F2) med 300 ppm svovel

TEST METODIKK

8 mode ISO 8178 C1 testen ble kjørt for hvert filter. Hastighet og last for hvert testpunkt er oppgitt i Tabell 1. Hver modus er gitt en vektfaktor, og ved å addere de vektete verdiene, så fremkommer et vektet utslippsnivå for hver komponent i eksosen. De ulike vektfaktorene indikerer viktigheten av hver modus for de totale utslippene fra en motor i et kjøretøy som har et kjøremønster i henhold til hastighet og last områder definert av 8-mode testen.

Mode no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Hastighet	Rated hasatighet (1800 rpm)				Medium hastighet (1150 rpm)			Lav- Tomgang
Torque (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Moment (Nm)	1400	1050	700	140	1600	1200	800	0
Vekting	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

Tabell 1: 8-mode ISO 8178 C1 kjøresyklus

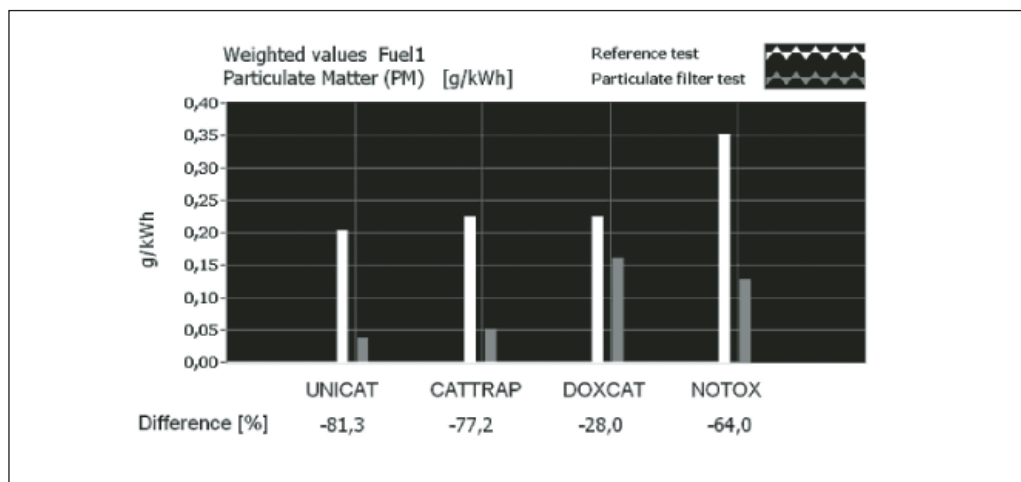
Denne kjøresyklusen ble gjennomført tilnærmet identisk for alle testene. Ved tomgang (mode 8) var motorturtallet 750 rpm og momentet 20 Nm.

RESULTATER

Grafer som viser de mest interessante trendene blir presentert i dette kapittelet.

Figur 1, 2, 3 og 4 viser utslippene av partikler (PM) og NO₂ fra alle filtrene ved å anvende vektingsfaktorene fra Tabell 1. Dette betyr, at utslippene som ble målt ved å kjøre motoren på modus 1, 2, 3 og 8 (se Tabell 1) hver bidrar med 15 % av de totale utslippene. Utslippene målt på modus 4, 5, 6 og 7 bidrar alle mindre til de totale utslippene, eller 10 % av de totale utslippene.

I hver av disse figurene (1-4), så er utslippene sammenlignet med en referanse test (dvs. motor uten partikkelfilter) for hvert av filtrene som er undersøkt. Resultatet av sammenligningen er presentert som en prosentvis reduksjon (%) i utslippene ved bruk av hvert spesifikke filter.



Figur 1: Vektete utslipp av partikler (PM) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 1. Basert på vekting av resultatene fra hver av de 8 modene.

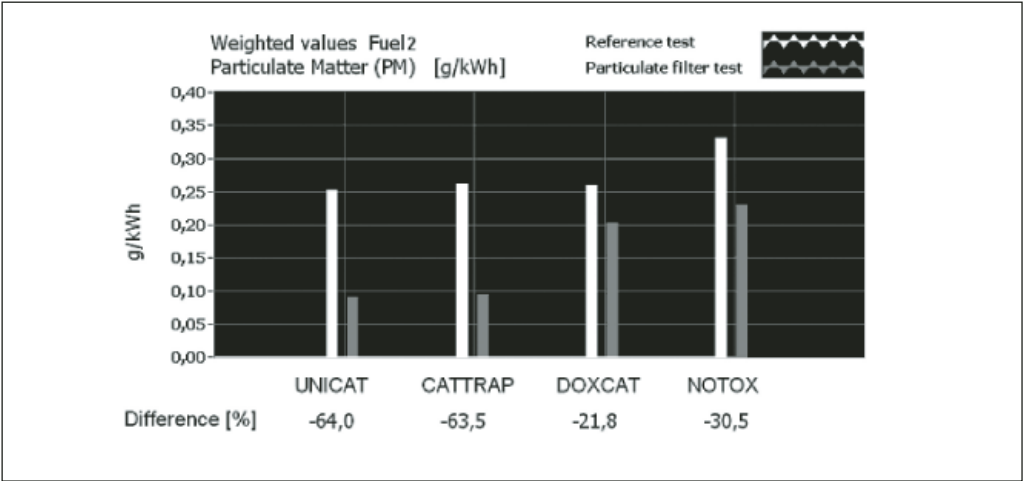


Figure 2: Vektete utslipp av partikler (PM) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 2. Basert på vekting av resultatene fra hver av de 8 modene.

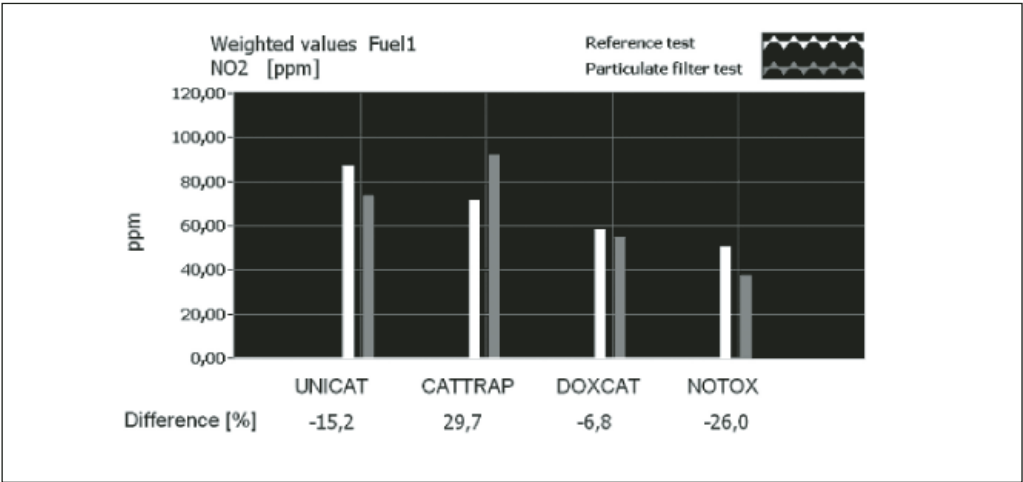


Figure 3: Vektete utslipp av nitrogendioksid (NO₂) i [ppm] fra alle filtrene, fuel 1. Basert på vekting av resultatene fra hver av de 8 modene.

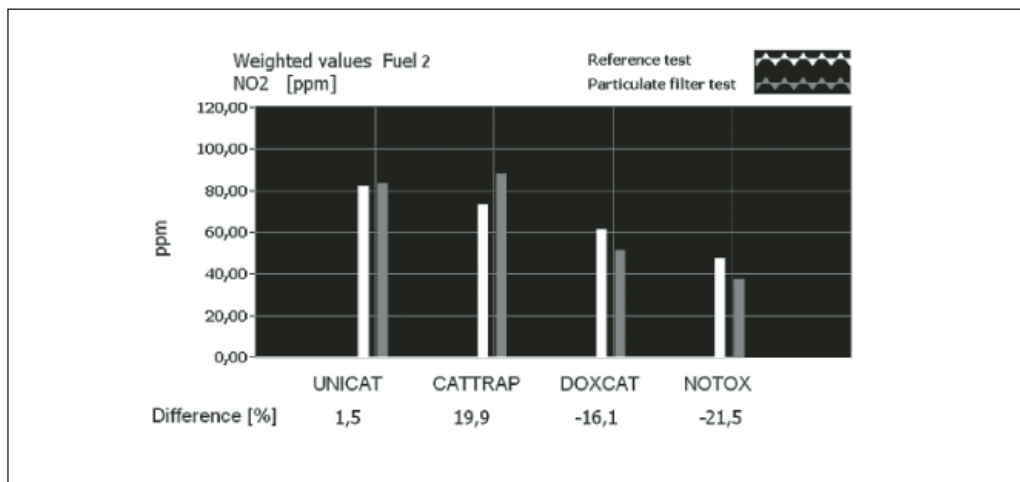


Figure 4: Vektete utslipp av nitrogen dioksid (NO_2) i [ppm] fra alle filtrene, fuel 2. Basert på vekting av resultatene fra hver av de 8 modene.

I figurene 5-18 er utslippene av partikler (PM), NO_2 , NO_x , CO, THC, CO_2 og røyktall (eng: Smokenumber) fra hver av modene i 8 mode testen presentert (se Tabell 1), for alle filtrene som ble testet.

For mode nummer 8 så er ikke de spesifikke verdiene ikke vist i grafene. Mode 8 er ved tomgangsturtall og veldig lav last. Ved å vise de høye utslippsverdiene ved tomgang i grafene, så ville de alle verdiene sammenligningsvis bli veldig lave og nesten forsvinne.

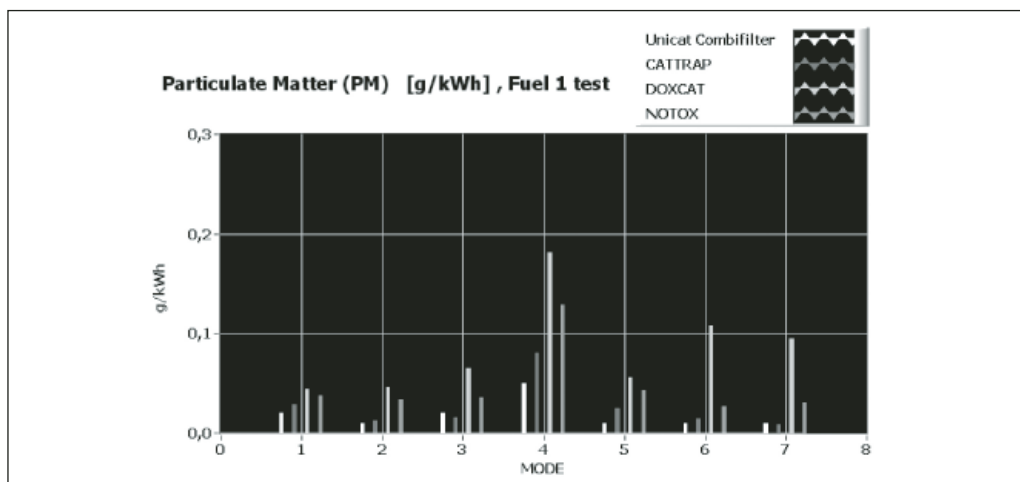


Figure 5: Utslipp av partikler (PM) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 1.

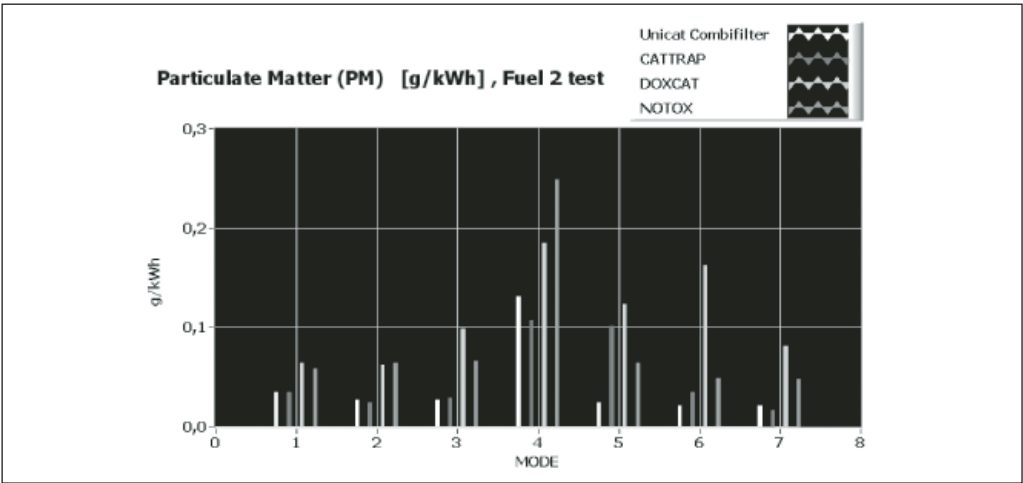


Figure 6: Utslipp av partikler (PM) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 2.

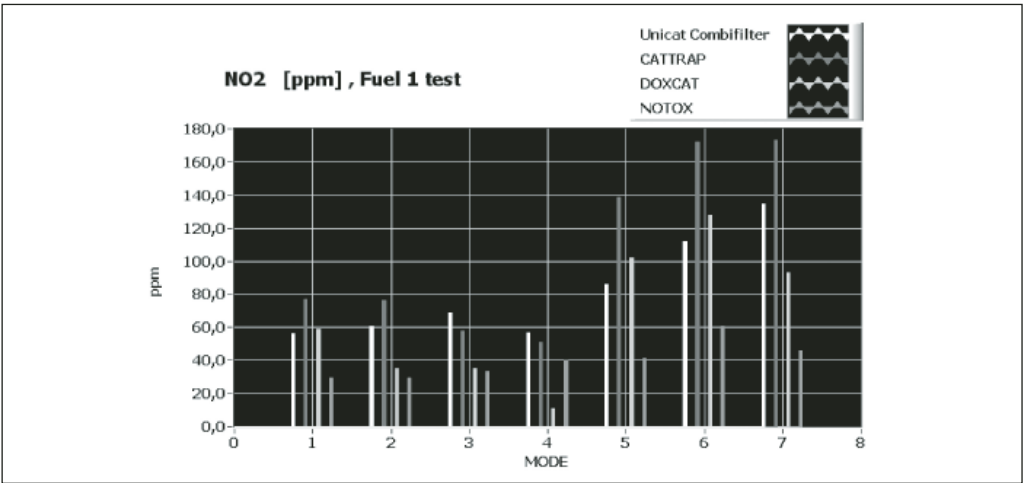


Figure 7: Utslipp av nitrogen dioksid (NO₂) i [ppm] fra alle filtrene, fuel 1.

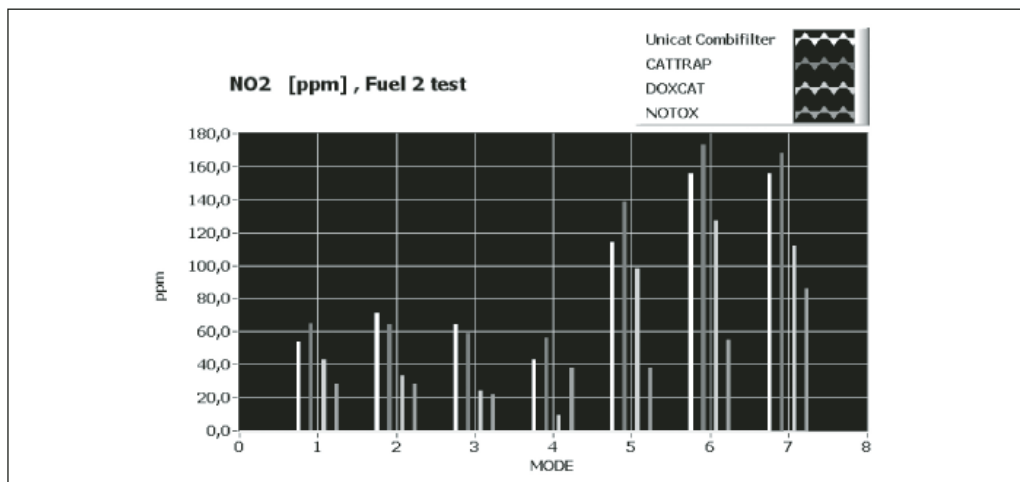


Figure 8: Utslipp av partikler nitrogendioksid (NO_2) i [ppm] fra alle filtrene, fuel 2.

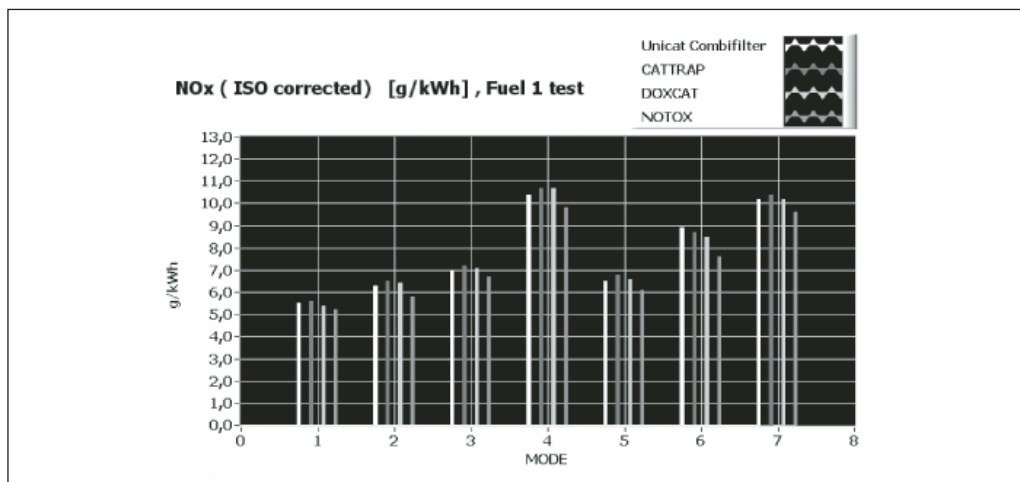


Figure 9: Utslipp av totale nitrogensoksider (NO_x) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 1.

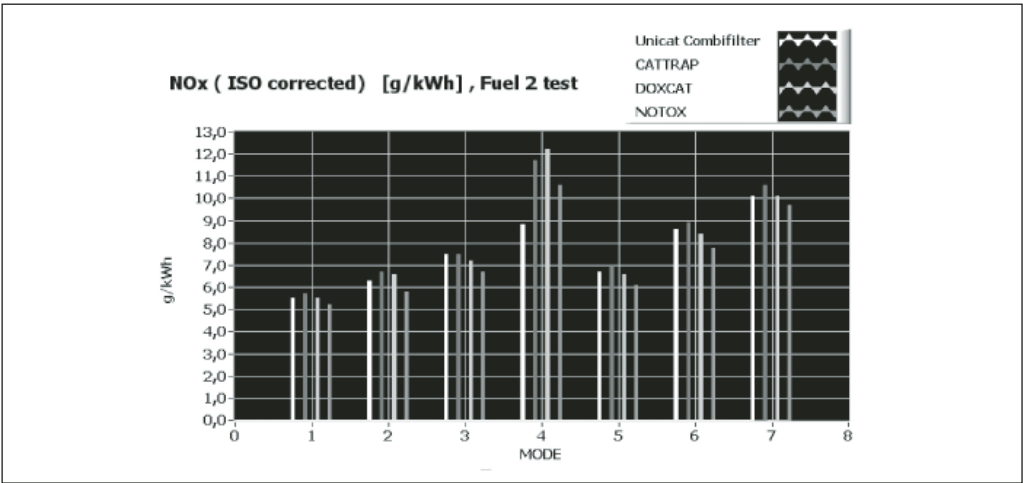


Figure 10: : Utslipp av totale nitrogensoksider (NOx) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 2.

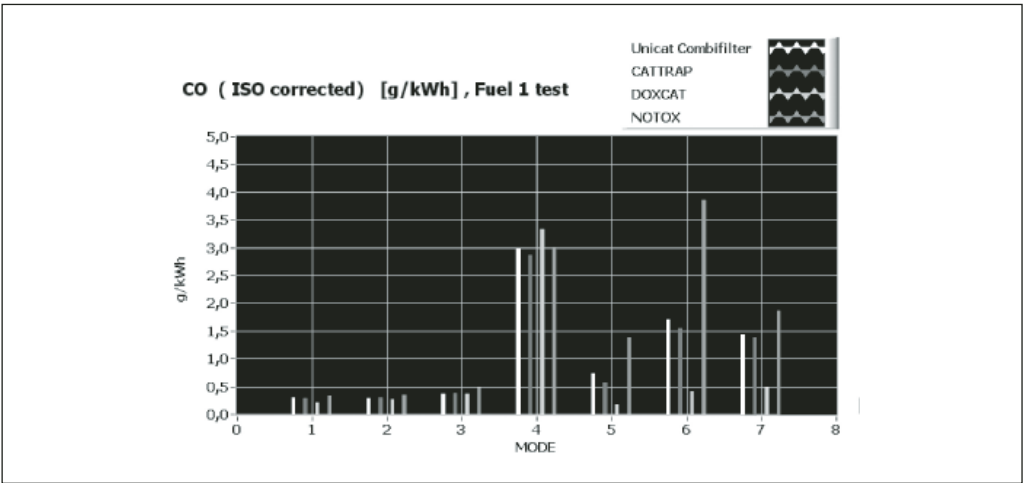


Figure 11: : Utslipp av karbonmonoksid (CCO) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 1.

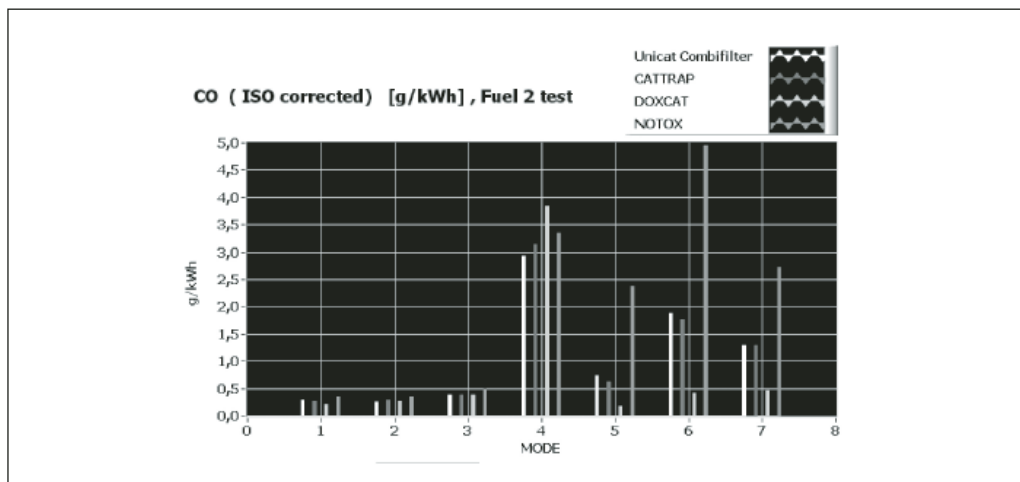


Figure 12: : Utslipp av karbonmonoksid (CO) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 2.

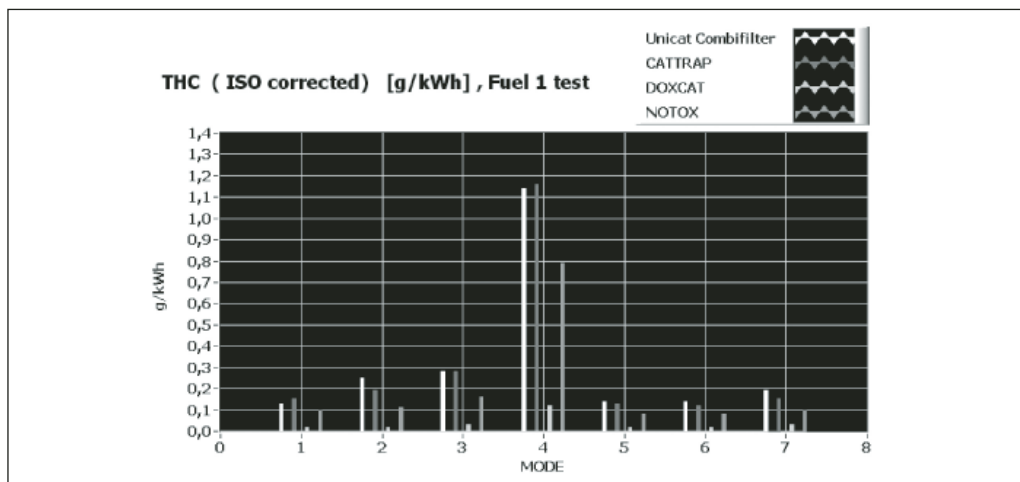


Figure 13: : Utslipp av totale hydrokarboner (THC) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 1.

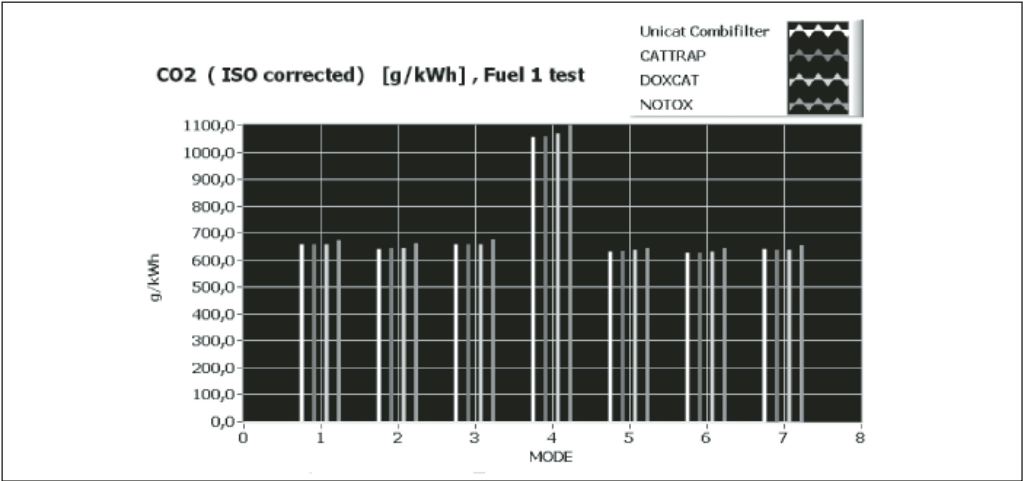


Figure 14: : Utslipp av totale hydrokarboner (THC) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 2.

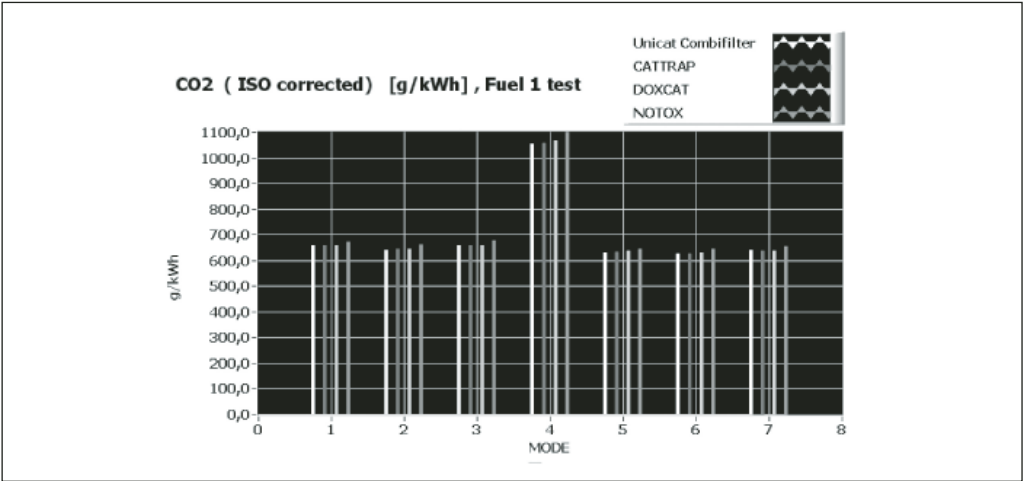


Figure 15: : Utslipp av karbondioksid (CO₂) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 1.

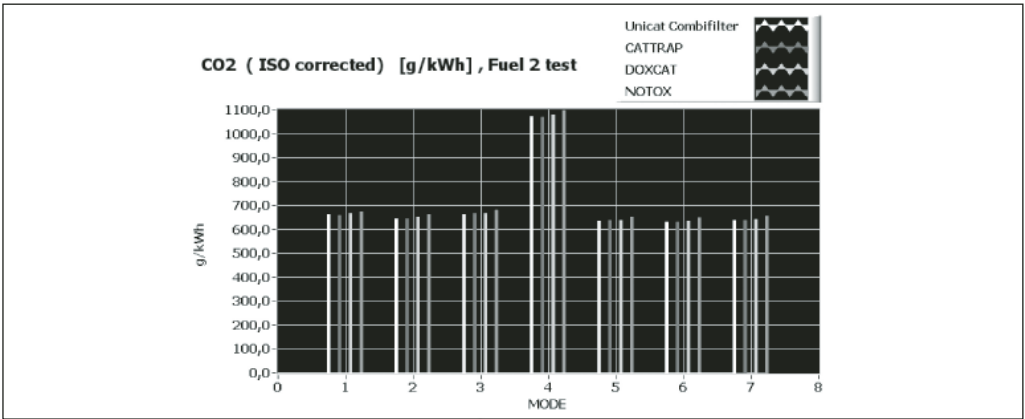


Figure 16: : Utslipp av karbondioksid (CO₂) i [g/kWh] fra alle filtrene, fuel 2.

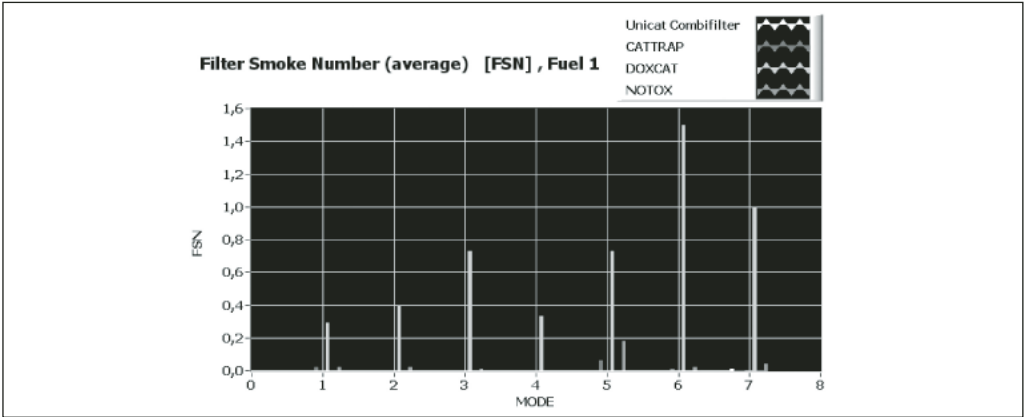


Figure 17: Røyktall (FSN) for alle filtrene, fuel 1.

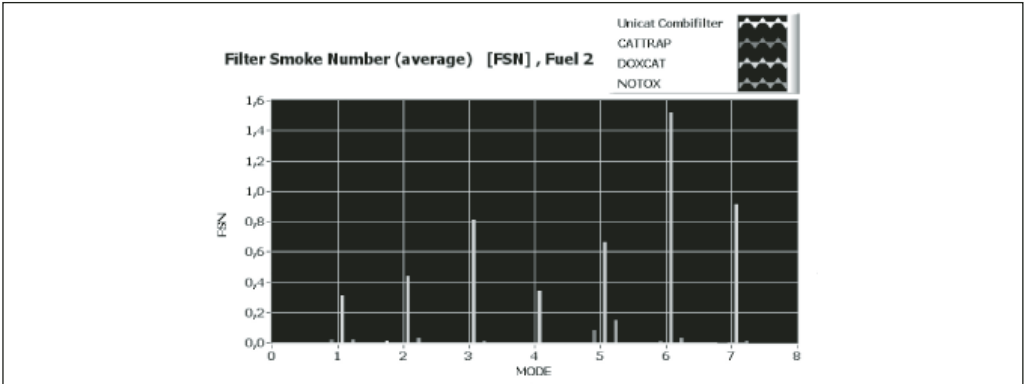


Figure 18: Røyktall (FSN) for alle filtrene, fuel 2.

Vedlegg /2/ Kontaktliste leverandører

Som angitt i prosjektrapporten er det gjennomført testing av ettermonterte rensefilter. Filtrene som ble testet, ble kostnadsfritt utlånt fra leverandørene. Prosjektkomiteen takker for denne støtte til prosjektet.

Filter B og C:

Lubrizol Engine Control Systems Europe AB
Box 9015
SE - 20039 Malmö
Sverige
Kontakt: Ingemar Nilsson
www.ecseurope.se
ecseurope@lubrizol.com

Filter D:

Emission Technology Group
Box 8972
SE - 40274 Göteborg
Sverige
Kontakt: Per Marsh
www.emission.se

Filter E:

NOTOX
Baldersbuen 20
DK 2640 Hedenhusene
Danmark
Kontakt: Per Monberg Sørensen
www.notox.com
info@notox.dk

Håndbøker fra NFF/NBG

- Nr. 1: Fjellinjeksjon. Praktisk veiledning i valg av tettestrategi og injeksjonsopplegg. (kr 200,-)
- Nr. 2: Engineering Geology and Rock Engineering. (kr. 500,-)
- Nr. 3: Arbeidsmiljø under jord. (kr. 150,-)
- Nr. 4: Håndbok for skytebas. (kr. 150,-)

Tekniske rapporter fra NFF/NBG (kr. 100,- pr. stk)

- 01: Redningskammer for underjordsdrift
- 02: Diesel under jord. Sluttrapport fra forprosjektet.
- 02E: Diesel Underground – a project report.
- 03: Sikker sprengning i dagen.
- 04: Plastmaterialer i tunneler og bergrom – sikker håndtering i anleggsfasen.
- 05: - Informasjon, takk! Råd og tips om kommunikasjon i en anleggshverdag.
- 06: Sikker boring gjennom sylte.
- 07: Dieseldrift under jord

Norwegian Tunnelling Technology

- No. 1: Hard Rock Tunneling
- No. 2: Tunnelling Technology
- No. 3: Hydropower Tunnelling
- No. 4: Road Tunnelling
- No. 5: Tunnelling Today
- No. 6: Geology of Norway (a map)
- No. 7: Tunnelling Reviewed in the International Press
- No. 8: Subsea Tunnelling
- No. 9: Underground Storage
- No. 10: Urban Tunnelling
- No. 11: Hard Rock TBM Tunnelling
- No. 12: Water Control Tunneling
- No. 13: Health and Safety in Norwegian Tunnelling
- No. 14: Norwegian Tunnelling
- No. 15: Sustainable Underground Concepts

Fjellsprengningsdagen (Høstkonferansen)

En årlig konferansebok fortløpende siden 1963. (Flere årganger er utsolgt)

Rapportene kan bestilles hos:

NFF
Postboks 34 Grefsen
0401 OSLO

Fax: 22 89 11 01
E-post: nff@nff.no

Notater

Notater



REPRESENTERER FAGKUNNSKAP INNEN

- Bergsprengning og masseflytting
- Tunnel teknologi
- Bergmekanikk og Ingeniørgeologi

FJELLSPRENGNINGSFORENINGEN

AVGJØRENDE FOR FORUNDERSØKELSER, PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING AV

- Fjellarbeid generelt, produksjon av knust berg og mineraluttak
- Vegbygging
 - I dagen
 - Under jord
- Vannkraftutvikling med
 - Stasjonshaller
 - Overføringstunneler
 - Trykksjakter
 - Damanlegg
- Oljeprosjekter
 - Planering for landanlegg
 - Landfall av rørledninger
 - Produktlager for olje og gass
- Grunnarbeid for hus og industri
- Idrettsanlegg, lager, parkeringsanlegg i fjell, og mye mer.....

www.nff.no



Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk
Postboks 34 Grefsen, 0409 Oslo
nff@nff.no
www.nff.no



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK

Adresse:
Postboks 34 Grefsen
0409 Oslo
NORGE

ISBN 82-92641-06-8