

**Tittel:** DIESELEKSOS - SAMMENSETNING  
MULIGE EKSPONERINGSINDIKATORER FOR KREFTFARE

**Forfatter(e):** Per Sørstrand

**Prosjektansvarlig:** Per Sørstrand

**Prosjektmedarbeidere:**

**Utgiver (seksjon):** Yrkeshygienisk seksjon

**Dato:** 20.11.90 **Antall sider:** 25 **ISSN:** 0801-7794

**Serie:**

HD 1011/90 FOU

**Sammendrag:**

Sammensetningen av dieseleksos varierer betydelig og avhenger av en rekke faktorer. Eksempler og vurderinger omkring variasjonene er gjort ut fra litteratur studier. Kreftfaren fra dieseleksos er trolig sterkest relatert til den moderat polare fraksjonen av organiske forbindelser i dieseleksos partikler. Mulighetene for å finne en enkelt målbar størrelse som kan brukes som en indikator på kreftfaren er vurdert.

**Stikkord:** DIESELEKSOS  
SAMMENSETNING  
KREFTFARE  
EKSPONERINGSINDIKATOR

**Key words:** DIESEL EXHAUST  
COMPOSITION  
CANCER RISK  
EXPOSURE INDICATOR

# **DIESELEKSOS - SAMMENSETNING MULIGE EKSPONERINGSINDIKATORER FOR KREFTFARE**

## **INNHold:**

<b>0</b>	<b>FORORD</b>	<b>s 2</b>
<b>1</b>	<b>BAKGRUNN</b>	<b>s 3</b>
<b>2</b>	<b>SAMMENSETNING</b>	<b>s 4</b>
<b>2.1</b>	<b>DIESELOLJE</b>	<b>s 4</b>
<b>2.2</b>	<b>DIESELEKSOS</b>	<b>s 4</b>
<b>2.2.1</b>	<b>HOVEDKOMPONENTER</b>	<b>s 5</b>
<b>2.2.2</b>	<b>REGULERTE FORBINDELSER</b>	<b>s 5</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b>PARTIKLER</b>	<b>s 5</b>
<b>2.2.2.2</b>	<b>HYDROKARBONER</b>	<b>s 6</b>
<b>2.2.2.3</b>	<b>KARBONMONOKSID</b>	<b>s 7</b>
<b>2.2.2.4</b>	<b>NITROGENOKSIDER</b>	<b>s 7</b>
<b>2.2.3</b>	<b>IKKE REGULERTE FORBINDELSER</b>	<b>s 7</b>
<b>2.2.3.1</b>	<b>ORGANISKE FORBINDELSER</b>	<b>s 8</b>
<b>2.2.3.2</b>	<b>KREFTFREMKALLENDE FORBINDELSER</b>	<b>s 9</b>
<b>2.2.3.3</b>	<b>SVOVELFORBINDELSER</b>	<b>s13</b>
<b>3</b>	<b>KREFTRISIKO</b>	<b>s14</b>
<b>3.1</b>	<b>GENERELLE BETRAKTNINGER</b>	<b>s14</b>
<b>3.2</b>	<b>DIESELEKSOS</b>	<b>s15</b>
<b>4</b>	<b>EKSPONERINGSINDIKATORER</b>	<b>s16</b>
<b>4.1</b>	<b>POLYSYKLISKE AROMATER</b>	<b>s16</b>
<b>4.2</b>	<b>PARTIKLER</b>	<b>s17</b>
<b>4.3</b>	<b>KARBONMONOKSID</b>	<b>s17</b>
<b>4.4</b>	<b>KARBONDIOKSID</b>	<b>s17</b>
<b>4.5</b>	<b>HYDROKARBONER</b>	<b>s18</b>
<b>4.6</b>	<b>NITROGENOKSIDER</b>	<b>s18</b>
<b>4.7</b>	<b>SVOVELDIOKSID</b>	<b>s18</b>
<b>5</b>	<b>TEORETISKE BEREGNINGER</b>	<b>s19</b>
<b>6</b>	<b>KONKLUSJONER</b>	<b>s21</b>
<b>6.1</b>	<b>MÅLEINDIKATOR</b>	<b>s22</b>
<b>6.2</b>	<b>DRIFTSFORHOLD</b>	<b>s22</b>
<b>7</b>	<b>REFERANSER</b>	<b>s23</b>

## 0 Forord

Dette arbeidet er en litteraturstudie om dieseleksos og vurderinger omkring mulighetene for å finne en egnet eksponeringsindikator for kreftrisiko ved eksponering for dieseleksos.

Ved litteraturhenvisninger er det delvis gjort vurderinger ut fra flere referanser som er angitt samlet. Dels er det gjort vurderinger ut fra en enkelt referanse som er angitt direkte i tilknytning til den aktuelle vurdering.

Ved vurdering av faktorer som har betydning for utslippet av de forskjellige komponenter er i hovedtrekk følgende faktorer vurdert i rekkefølge:

1. **Drivstoff**
2. **Motorturtall**
3. **Motorbelastning**
4. **Andre driftsparametre**

Henvisninger til administrative normer bygger på 5. utgave fra mars 1989 av veiledningen til arbeidsmiljøloven.(bestillingsnummer 361 fra Direktoratet for arbeidstilsynet)

# 1 Bakgrunn

Det rådgivende Utvalg for Arbeidet med Kreftfremkallende Stoffer i Yrkeslivet (RUAKSY) behandlet i møte 18.05.1989 kreftfare i sammenheng med eksponering for dieseleksos. I vedtaket anser RUAKSY dieseleksos for å være kreftfremkallende. Videre anmoder RUAKSY Direktoratet for arbeidstilsynet om å prøve å finne en egnet eksponeringsindikator for denne kreftfaren.

I brev av 31.05.1989 til Statens arbeidsmiljøinstitutt ber Direktoratet for arbeidstilsynet om at det initieres et forprosjekt som tar sikte på å finne fram til en mulig eksponeringsindikator for kreftfaren fra dieseleksos. Direktoratet presiserer i dette brevet at de primært ønsker en indikator som er lett å måle med hensiktsmessige metoder som f.eks et direktevisende instrument. De ønsker også forslag om et høyest akseptabelt nivå av en eventuell slik indikator.

## 2 Sammensetning

### 2.1 Diesellolje

Diesellolje består i hovedsak av hydrokarboner med et kokepunkt i området 180-380 grader C. Kokepunktet er avgjørende for oljens tenningssegenskaper i kulde. Til å vurdere disse egenskapene er oljens cetantall et hjelpemiddel. Dette er et mål på mengden av forbindelser med samme kokepunkt som cetan( $C_{14}H_{30}$ ) i dieselloljen.

Cetantallet på auto diesellolje ligger i området 40-50.

### 2.2 Dieseleksos

De fleste undersøkelsene er basert på motorer som er beregnet på biler, busser og lastebiler. Det finns flere standarder, europeiske og amerikanske, som beskriver målinger av utslipp ved forskjellige driftsbetingelser (1,2,3,4). Både i USA og i Europa refereres det ofte til en standard som gir retningslinjer for måling av utslipp når en motor i en prøvebenk utsettes for 13 ulike belastninger (heretter kalt "13 modus standard"). Den amerikanske og den europeiske 13 modus standarden er noe forskjellige.

Fortynning og oppsamling av eksosen foretas under vel definerte betingelser(23). Men et stort problem ved prøvetaking er kontinuerlige reaksjoner både i partikkel- og gassfase. Spesielt gjelder dette reaktive PAH forbindelser som utsettes for fotooksidasjon og reagerer med nitrogenoksider, ozon og svovelforbindelser under oppsamling(23). Forholdene omkring dannelsen av nitoarener, under blant annet oppsamling av dieseleksos, er et komplisert emne som neppe er utforsket.

Tilgjengelige rapporter om dieseleksosens sammensetning viser til dels store variasjoner. En kontinuerlig utvikling av både motorer, testutstyr og analysemetoder gjør det også vanskelig å trekke generelle konklusjoner. Men sikkert er at sammensetningen av utslippene fra dieselmotorer kan variere betydelig og avhenger av en rekke faktorer. Av stor betydning er motorens konstruksjon, slitasje, belastning, justering og brennstoff(9). Etterhvert vil trolig katalysatorer og partikkelfiltre få økende betydning.

Undersøkelser som er gjort er for en stor del utført på slutten av 1970 tallet og fram til i dag. Kontinuerlige endringer i motorer og analyseteknikk gjør det vanskelig å trekke generelle konklusjoner. Dels skyldes dette også manglende opplysninger om motor og dels er årsaken ulike måter å angi utslippene på.

Både utslipp pr. kjørt distanse, utslipp pr. enhet forbrukt drivstoff og utslipp i forhold til motorens ytelse brukes.

Flere testsykluser for tunge kjøretøy inkluderer ikke beregning av partikkelutslipp. Dette begrenser referansematerialet m.h.p. partikkelutslipp fra dieselmotorer.

Av de trolig flere tusen komponentene i dieseleksos(8) peker en del seg ut som typiske:

## 2.2.1 Hovedkomponenter

Ved fullstendig forbrenning av petroleumbasert drivstoff inneholder eksosen i hovedsak(24):

Nitrogen	ca 73%
Vann	ca 13%
Karbondioksid	ca 13%

En dieselmotor er konstruert for å arbeide med et luftoverskudd. Det vil derfor vanligvis være mindre vann og karbondioksid enn 13% (i størrelsesorden 2-11%) og noen prosenters oksygen i dieseleksos.

## 2.2.2 Regulerte forbindelser

En del land har maksimalkrav til utslipp fra dieseldrevne kjøretøyer. Disse er beregnet på eldre dieselmotorer, mange trolig med høyere utslipp enn det som kommer fra de motorer som produseres i dag. Norge har pr. 1990 ingen regler om utslipp fra dieselmotorer. Det arbeides for tiden med dette og innen 1991 vil Vegdirektoratet trolig komme med regler og forskrifter om utslipp fra dieseldrevne kjøretøy. Disse forventes å bli i samsvar med de som vil gjelde i USA fra 1991 (i følge "Clean Air Act" ). Det er sannsynlig at det vil bli stilt krav om utslipp i forhold til motorytelse for følgende forbindelser(101):

2.2.1	Partikler	0.35	g/kWh
2.2.2	Hydrokarboner	1.2	g/kWh
2.2.3	Karbonmonoksid	4.9	g/kWh
2.2.4	Nitrøse gasser	7.0	g/kWh

Med tanke på en eventuell eksponeringsindikator for dieseleksos er det naturlig å se på dannelsen av disse forbindelsene og sammenhengen mellom utslippene og ulike driftsparametre.

### 2.2.2.1 Partikler(10,12,13,14,15)

Partiklene i dieseleksos består i hovedsak av karbon, 60-80%(8), og organiske karbonforbindelser som stammer fra dieseloljen. De dannes ved forbrenning og pyrolyse. I tillegg kan det være tilsetningsstoffer fra drivstoff og smøremidler og spor av metaller fra motordeler. Ved oksidasjon av svoveldioksid kan det også dannes sulfat(7). Partiklene er generelt små, flesteparten i området 0.1-1 mikrometer(12,18), og har stor overflate som fremmer adsorpsjon av organiske forbindelser.

Generelt avtar partikkelinnholdet i dieseleksos med drivstoffets økende cetantall.

Turtallet har liten betydning for partikkelutslippet. Men det ser ut til å være en svak tendens til mindre utslipp ved økende turtall. Årsaken til dette kan være mer turbulens og bedre blanding av luft og drivstoff ved høyt turtall.

Utslipet av partikler øker med belastningen på motor. Jo høyere kompresjonsforhold motoren er konstruert for å arbeide under desto mindre øker utslippet ved økende belastning. Ved svært stor belastning og ved luftunderskudd kan partikkelutslippet øke betydelig.

Konsentrasjonen av partikler er høyere ved lavt turtall og ingen belastning (tomgang) enn ved normal belastning.

En kald motor har høyere partikkelutslipp enn en driftsvarm motor.

Slitte drivstoffdyser fører til økt partikkelutslipp.

Undersøkelser i Sverige viser at tunnelarbeidere opplever en subjektiv forbedring av luftkvaliteten ved bruk av keramiske filtre på dieselmotorer(39). I fortsettelsen av dette arbeidet skal muligheten for å konstruere en eksponeringsindikator for dieseleksos undersøkes. Denne blir trolig basert på foraskningsbart materiale i respirabelt støv(FMRD).

For flere detaljer om sammensetningen av partiklene henvises til punkt 2.2.3.2.

I den mye brukte "13 modus testen" måles ikke partikkelutslippet. Generelle data om utslipp pr. kWh er derfor vanskelige å gi. Men i størrelsesorden ligger det under et gram pr. kWh. Ved stor belastning kan partikkelutslippet komme opp mot 10 gram pr. kWh(26). I forhold til en bensinmotor er partikkelutslippet fra en dieselmotor 2-50 ganger større(19).

### **2.2.2.2 Hydrokarboner**

Mye aromatiske forbindelser i dieseloljer fører til økte utslipp av mange hydrokarboner(27).

Utslipet av hydrokarboner ser ut til å avhenge av motortype. Konsentrasjonen av hydrokarboner i dieseleksos kan avta med økende belastning (17,26). Men den motsatte effekten er også rapportert(28).

I "13 modus testen" er utslippet av hydrokarboner fra dieselmotorer i området 0.2-2 g/kWh(2).

### 2.2.2.3 Karbonmonoksid

Karbonoksidene dannes ved oksidasjon av organiske forbindelser.

Drivstoffkvaliteten har normalt liten eller ingen betydning for CO-utslippet fra en dieselmotor.

Konsentrasjonen av CO i dieseleksos synker noe ved økende turtall(17,28). Årsaken til dette kan være turbulens og bedre blanding av drivstoff og luft ved økende turtall.

Konsentrasjonen av CO øker noe når motoren yter i området 2-ca.75 % av full belastning, men utslipp i forhold til ytelsen avtar(17,22). Dette kan ha sammenheng med det store luftoverskuddet som en dieselmotor vanligvis arbeider under.

Endres blandingsforholdet i ugunstig retning som ved svært stor belastning eller feil justerte drivstoffdyser, vil CO utslippet øke sterkt. Det er også høyere uten belastning(ved tomgang) enn under normal belastning (ca.2-75% av maks.)(17).

I "13 modus testen" er utslippet av CO fra dieselmotorer i området 0.5-5 g/kWh(2).

### 2.2.2.4 Nitrogenoksider.

Nitrogenoksidene dannes ved oksidasjon av nitrogen i luft.

Bortsett fra en mulig positiv sammenheng mellom aromatinnhold i dieselolje og NO<sub>x</sub> utslipp(18), er det ingen entydig sammenheng mellom drivstoffkvalitet og NO<sub>x</sub> i dieseleksos (2).

Motorturtall og belastning ser heller ikke ut til å ha vesentlig betydning. Variasjonene er relativt små og ikke entydige (2,15,17,18,26,28). Motortype kan ha stor betydning. Generelt ser det ut til at utslippet øker noe med belastningen. Men ved svært stor belastning rapporteres det også om avtakende utslipp av NO<sub>x</sub>(26,28). Samtidig dannes det mye karbonmonoksid og tilsammen kan dette tyde på at oksidasjonen av nitrogen til nitrogenoksid hemmes av oksygenmangel ved belastninger opp mot det maksimale.

Innsprøytingstidspunkt av dieselolje kan ha betydning, men konklusjoner er ikke entydige(15,16). Nyere undersøkelser tyder på at tidlig innsprøyting av dieselolje gir noe forhøyet utslipp av NO<sub>x</sub>(18).

I "13 modus testen" er utslippet fra dieselmotorer i området 3-12 g NO<sub>x</sub> pr. kWh(2).

### 2.2.3 Ikke regulerte forbindelser

For de langt fleste forbindelsene er det ikke planer om å spesifisere utslippskrav. Dette gjelder f.eks. de enkelte organiske forbindelsene og svovelforbindelser.



### 2.2.3.1 Organiske forbindelser

De organiske forbindelsene finnes i dieseloljen og de kan dannes i forbrenningsreaksjoner i motor.

Fordelingen av utslippene på partikkel- og gassfase avhenger av størrelser som damptrykk, temperatur og konsentrasjon av de aktuelle forbindelsene.

Gassfasen av eksos fra dieselmotorer inneholder i grove trekk følgende organiske komponenter(18,21):

- Hydrokarboner med 1-18 karbonatomer.
- Niterte og oksigenerte hydrokarbon-derivater med 1-12 karbonatomer.
- PAH-forbindelser med 2-4 benzenringer.
- Niterte og oksigenerte PAH-derivater med 2-3 benzenringer.

Til eksempel kan fordelingen av fenantren mellom partikkel- og gassfase være 1:20 og fordelingen av benzo(a)pyren 20:1 (18) (Fenantren består av 3 ringer og benzo(a)pyren består av 5).

## 2.2.3.2 Kreftfremkallende forbindelser

I dette avsnittet vurderes forekomsten av mulige kreftfremkallende forbindelser i dieseleksos. I kapittel 3 er mekanismene bak kreftrisikoen kort omtalt.

Generelt øker aromatinholdet i dieseleksos med økende innhold av aromater i dieseloljen, mens dannelsen av nitrerte PAH-forbindelser kan avhenge av konsentrasjonen av nitrogenoksider i eksosen(18) og driftsforhold.

Følgende konsentrasjoner av en del nitrerte PAH-forbindelser i dieseleksospartikler fra tyngre kjøretøyer illustrerer at variasjonene kan være store(23):

(konsentrasjon i mikrogram PAH pr. gram dieseleksospartikler).

	Tomgang (HDD38*)	høyt turtall lav belastning (HDD34*)	høyt turtall høy belastning (HDD4*)
2-nitrofluoren	84	62	1.9
3-nitro-9-fluorenon	18	7.9	8
2-nitro-9-fluorenon	10	4.8	3.7
9-nitroantracen	94	16	5.1
9-nitro-1-metylantracen	129	13	0.2
2,7-dinitrofluoren	15	18	3.9
3-nitro-1,8-naftaleinsyreanhydrid	23	10	22
1-nitropyren	14	3	0.13
2,7-dinitrofluoren	15	18	3.9
2,5-dinitro-9-fluoren	5.5	8	2.1
2,4,7-trinitro-9-fluorenon	< 1	0.4	-
1,3-dinitropyren	< 0.8	0.6	0.4
1,6-dinitropyren	< 0.8	1.2	0.8
1,8-dinitropyren	< 0.8	1.2	0.8
6-nitrobenzo(a)pyren	< 3.2	1.6	0.3

\* referanse til amerikanske teststandarder.  
(HDD = High Duty Diesel)

Minst 2 årsaker kan forklare variasjonene i tabellen:

- 1) Ved stor belastning vil høy temperatur føre til pyrolyse og forbrenning av PAH forbindelser.
- 2) Høy temperatur og rask eksosgjennomstrømning ved høyt turtall og stor belastning fører til at PAH forbindelsene i liten grad adsorberes på partiklene før disse fanges opp på filterne.

Dersom partiklene er samlet opp ved standard betingelser(35) er 1) den mest sannsynlige forklaring.

Ved kontrolldivisjonen for bileksos i det japanske kontrolldepartementet for luftforurensning er utslippet av partikler og gasser fra en dieselmotor undersøkt(26). Konklusjonen på undersøkelsen er at utslippet av hydrokarboner og PAH avtar med økende turtall og belastning. Og denne tendensen er langt sterkere m.h.p. for eksempel benzo(a)pyren (BaP) enn tilfellet er for det totale hydrokarbonutslippet. Ved halv belastning og turtall var utslippet av partikkelbundet B(a)P ca 6000 ganger større enn ved maksimal belastning og turtall. Dette korrelerte ikke særlig med noen av de andre målte parametre. Undersøkelsen omfatter ikke PAH forbindelser i gassfase. I referansen(26) spekuleres det i om B(a)P og andre PAH forbindelser kan dannes i forbrenningsreaksjonen. Både motorkonstruksjon, injeksjonskarakteristika og utforming av manifold og eksosystem kan ha stor betydning for dannelsen av PAH forbindelser og derivater. Disse vurderingene støttes av at det også er rapportert om forsøk der mengden PAH i dieseleksospartikler øker med turtallet(27).

Av stor betydning er ved hvilken temperatur partiklene samles opp. Etter retningslinjer fra Environmental Protection Agency (EPA) er alt materiale som samles opp på et spesielt filter ved 52 °C partikler i eksosen(35). Ved tomgang er temperaturen i eksosen 160-200 °C og ved stor belastning 400-720 °C(26). Aggregat-tilstanden og adsorptiviteten kreftframkallende forbindelser har til partikler vil være forskjellig i disse to temperaturintervallene.

Partiklene som dannes i forbrenningen er trolig mindre enn 0.1 mikrometer, men det dannes raskt aggregater på opptil flere mikrometer(28). De praktiske forhold rundt oppsamlingen av partikler ved ulike driftsforhold vil trolig ha stor betydning for sammensetningen av partiklene. En vurdering av karsinogeniteten til partikkel- og gassfasen må ta hensyn til disse forhold. Det vil være et prosjekt i seg selv å avklare dette.

For å undersøke sammensetningen av partiklene er det fruktbart å ekstrahere med ulike løsningsmidler. En relativt kompleks fraksjonering kan være nødvendig for å få isolert de mest mutagene forbindelsene. Det er vanlig å ekstrahere de mest reaktive PAH forbindelsene med et moderat polart løsningsmiddel som f.eks. diklormetan og til en viss grad med polare løsningsmidler som metanol(33). Ames mutagenitetstester tyder på at den moderat polare fraksjonen er den mest aktive revertant(34). Hvor stor del denne utgjør av partiklene kan variere betydelig. Dette harmonerer med betraktningene som ellers er gjort i dette kapitlet om PAH forbindelser i dieseleksos.

I en utredning om partiklenes sammensetning ved ulike driftsbetingelser konkluderes det med at den moderat polare fraksjonen utgjør ca 16 % ved tomgang og avtar til ca 2 % ved høyt turtall og belastning(26). Ved ca 75 % turtall og belastning utgjorde den moderat polare fraksjonen ca 6 % av partiklene. Ved disse betingelsene var det totale utslippet av partikler, hydrokarboner, CO og B(a)P også relativt moderat.

Kreftfaren bør kunne relateres kvantitativt til målbare størrelser i eksosen for å finne en måleindikator for kreftfaren. Dette gjelder om kreftfaren skal måles direkte eller indirekte. Det finns mange utredninger om mulige kreftframkallende forbindelser i dieseleksos(20b,36). Mange forsøk tar stilling til om og i hvilken grad "dieseleksospartikler" er kreftframkallende. Siden "dieseleksospartikler" etter vurderingene over er et lite presist begrep i kjemisk sammenheng, er forsøk som ikke presiserer begrepet ytterligere lite egnet som underlag for kvantifisering av kreftfaren.

På et internasjonalt symposium om toksikologiske effekter av utslipp fra dieselmotorer(29) stilte Takeshi Saito ved Wasade universitetet i Japan følgende spørsmål i innledningen til den avsluttende paneldebatten:

"with respect to carcinogenicity there is an assumption that soot which includes SOF\* shows a high potency and SOF\* particles which do not include a soot core are weak in carcinogenicity. If this assumption is correct, I think it will be very informative for the engineers in measuring diesel particulates and considering the countermeasures. I would like to ask for your comments and opinions about such an assumption, wheather it is correct, or not."

(\* Organisk ekstraksjonsfraksjon som inneholder bl. a. PAH derivater.)

Ingen av deltakerne i dabatten besvarte eller tok opp til vurdering Dr. Saitos spørsmål.

International Agency for Research on Cancer (IARC) har vurdert dieseleksos m.h.p. kreftisiko(20). I Norge har en faggruppe nedsatt av Statens Forurensningstilsyn og Arbeidstilsynet laget et kriteriedokument for dieseleksos(36). Ved vurdering av kreftfare brukes det i Norge et noe annet system enn det IARC bruker. IARC bruker 4 hovedgrupper der graden av sannsynlighet for kreftfremkallende virkning er avgjørende for plassering. Det norske systemet er nokså likt, men inndelingen i grupper er noe forskjellig.

En svakhet med begge disse systemene er at virkningsgraden til stoffene ikke blir vurdert. Kreftfremkallende stoffer blir derfor i Norge gradert etter virkningsgrad. Denne graderingen baserer seg på:

- Epidemiologiske data.
- Såkalte TDx verdier (minste daglige dose som har gitt økt hyppighet av svulster der x er prosent dyr med svulster).
- Dose - respons sammenheng.
- Informasjon om mekanismer, inklusive gentoksisitet og toksikokinetikk.

Stoffer med høyest virkningsgrad plasseres i K1. de med lavest plasseres i K3. Gruppe 2 inneholder stoffer med midlere virkningsgrad og stoffer hvor det er lite data om kreftfremkallende effekter.

Den inndelingen som IARC har foretatt av kreftfremkallende forbindelser i dieseleksos er følgende(den norske potensgradering i parentes. - betyr ikke vurdert):

## Gruppe 1

Deseleksos inneholder bare 1 forbindelse som det finns tilstrekkelige bevis for er kreftfremkallende.

Denne forbindelsen er:

Benzen

(K2)

## Gruppe 2A

5 av forbindelsene i dieseleksos er påvist å være kreftfremkallende i dyreforsøk. Det er trolig at disse forbindelsene også er kreftfremkallende for mennesker men dette er ikke tilstrekkelig bevist.

Disse forbindelsene er:

1,2-dibrometan	(K2)
Formaldehyd	(K3)
Dibenz(a)antrasen	-
Benzo(a)pyren	(K1)
Dibenz(a,h)antrasen	(K1)

Totalt plasseres dieseleksos i gruppe 2A. Dieseleksos er ikke potensgradert.

## Gruppe 2B

Det finns videre 17 forbindelser som kan være kreftfremkallende. Bevisene for at de er kreftfremkallende for mennesker er begrensede eller mangler og i dyreforsøk er bevisene utilstrekkelige.

Disse forbindelsene er:

Acetaldehyd	(K3)
Dibenz(a,h)akridin	(K1)
Dibenz(a,j)akridin	(K1)
1,3-butadien	-
1,2-dikloreten	(K2)
uorganiske blyforbindelser	(K2/K3)
1,6-dinitropyren	-
1,8-dinitropyren	-
2-nitrofluoren	-
1-nitropyren	-
Benzo(b)fluoranten	(K1)
Benzo(j)fluoranten	(K1)
Benzo(k)fluoranten	-
Dibenzo(a,e)pyren	(K1)
Dibenzo(a,h)pyren	(K1)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	(K1)
5-metylkrysen	-

## Gruppe 3

For de resterende 37 forbindelsene som er påvist og vurdert av IARC med hensyn på kreftrisiko, eksisterer det ennå ikke tilstrekkelig data til å kunne klassifisere kreftfaren.

Disse forbindelsene er:

Benz(c)akridin	-
Akrolein	-
Eten	-
Organiske blyforbindelser	-
Metylbromid	-
3,7-dinitrofluoranten	-
3,9-dinitrofluoranten	-
1,3-dinitropyren	-

9-nitroantracen	-
6-nitrobenzo(a)pyren	-
3-nitrofluoranten	-
1-nitronaftalen	-
2-nitronaftalen	-
Antantren	-
Antracen	-
Benzo(ghi)fluoranten	-
Benzo(a)fluoren	-
Benzo(b)fluoren	-
Benzo(ghi)perylen	-
Benzo(c)fenatren	-
Benzo(e)pyren	(K2)
Krysen	(K1)
Coronen	-
Syklopenta(cd)pyren	-
1,4-dimetylfenantren	-
Fluoranten	-
Fluoren	-
2-metylkrysen	-
3-metylkrysen	-
4-metylkrysen	-
6-metylkrysen	-
1-metylfenantren	-
Perylen	-
Fenantren	-
Pyren	-
Trifenylen	-
Propen	-

### 2.2.3.3 Svovelforbindelser.

I dieselolje finns det varierende mengder svovelforbindelser. Ved forbrenningen i motor og i eksossystemet dannes det svoveloksid. Innholdet av svovelforbindelser i dieseloljen vil være direkte avgjørende for hvor mye. I (17) rapporteres det om ca 0,1 vektprosent sulfat i dieseleksospartikler og at ca 10 prosent av svovelet i partiklene er sulfat.

# 3 KREFTRISIKO

## 3.1 Generelle betraktninger

Ved vurdering av kreftrisiko fra dieseleksos er det mest aktuelt å vurdere virkninger av PAH forbindelser som er påvist i dieseleksos(se punkt 2.2.3.2). Disse adsorberes lett til karbonpartikler i dieseleksosen og ved avkjøling dannes det stadig større aggregater av partikler som kan inneholder PAH-forbindelser(se punkt 2.2.2.1).

Avsetningen av partikler i lungene er en funksjon av partikkelstørrelse. Små partikler trenger generelt lengre ned i lungene enn store partikler. En modell for avsetning av dieseleksospartikler predikerer f.eks. at når størrelsen av dieseleksospartikler øker fra 0.08 til 0.30 mikrometer så minker avsetningen i lungene fra 12 til 5 prosent og i bronkiene fra 5 til 2 prosent(31).

Partikkelstørrelsen er vesentlig for hvor lang tid lungene bruker for å fjerne dem. Den mucocilierte opprensningen i de øvre deler av lungene er langt raskere enn fjerningen av de mindre partiklene som trenger ned i alveolene.

Det er ikke noe som tyder på at PAH-forbindelser er kreftfremkallende ved direkte interaksjoner med celler.(102) Men ved metabolisme kan det dannes kreftfremkallende intermediater. Det kan være fruktbart med en kort gjennomgang av hvordan dette skjer:

Ved omsetning av forskjellige lipofile forbindelser som steroider, hormoner, gallesalter og fremmede organiske forbindelser(som PAH) er våre enzymssystemer avhengige av et elektrontransporterende system kalt cytokrom P-450. De lipofile forbindelsene overføres til et mer vannløselig materiale ved hjelp av dette systemet. De vannløselige forbindelsene skilles ut som ekskret(via urin). Mange fremmede organiske forbindelser avgiftes også på denne måten.

Den oksidative metabolisme av PAH foregår ved hjelp av enzymsystemet MFO( mixed function oxygenase). Det dannes da elektrofile intermediater hvorav enkelte (epoksidene) kan bindes kovalent til makromolekyler som proteiner og DNA. I stedet for avgiftning skjer det i dette tilfellet en aktivisering av miljøgiftene.

Epoksidet konverteres raskt til mindre farlige forbindelser gjennom ulike enzymatiske og ikke enzymatiske reaksjoner. Levetiden til det reaktive epoksidet er vesentlig for kreftfaren. Konsentrasjonen av PAH forbindelser som metaboliseres til reaktive metabolitter og forholdet mellom MFO og de enzymsystemene som tar seg av metabolittene, vil være avgjørende for mengden reaktive metabolitter til enhver tid.

Hvor tilgjengelig sårbare proteiner og nukleinsyrer er for det reaktive epoksidet vil til sist være vesentlig for mulige mutasjonsfrekvenser.

Genetiske faktorer(arv) kan ha stor betydning for sammensetningen av de ulike enzymssystemer som er involvert. Det er derfor rimelig å anta at det kan være store individuelle forskjeller i kreftrisikoen ved eksponering for PAH-forbindelser i dieseleksos(102).

## 3.2 Dieseleksos

Epidemiologiske undersøkelser om sammenhengen mellom lungekreft og dieseleksos i ulike yrkesgrupper har ikke ført til overbevisende konklusjoner. Litteraturundersøkelser støtter heller ikke en klar etiologisk sammenheng mellom eksponering for dieseleksos og øket lungekreftrisiko(30).

Dyreforsøk og andre tester viser at dieseleksos kan være kreftfremkallende(32,20b,36). Både filtrert og ufiltrert dieseleksos har gitt signifikant mer lungekreft i forsøksdyr enn i kontrollgrupper. De fleste forsøk tyder på at kreftfaren i det vesentlige er bundet til partikler. De store variasjonene i både partikkelstørrelse og sammensetning kan være en viktig årsak til sprikende konklusjoner i mange forsøk. I Norge er dieseleksospartikler vurdert som kreftfremkallende(36). IARC plasserer dieseleksos i gruppe 2A(se punkt 2.2.3.2).



## 4 Eksponeringsindikatorer.

For å komme fram til et "høyest akseptabelt nivå" for en eventuell indikator er det ønskelig å ha akseptkriterier for kreftrisiko fra dieseleksos. Det har ikke lyktes å finne slike kriterier eller forslag til slike.

Følgende forbindelser blir i dette avsnittet vurdert som mulige eksponeringsindikatorer for kreftfare fra dieseleksos:

- 4.1 Polysykliske hydrokarboner
- 4.2 Partikler
- 4.3 Karbonmonoksid
- 4.4 Karbondioksid
- 4.5 Hydrokarboner
- 4.6 Nitrogenoksider
- 4.7 Svoveloksider

### 4.1 Polysykliske hydrokarboner

PAH og PAH-derivater er i prinsippet trolig de beste indikatorer for kreftfaren fra dieseleksos. De mest potente kreftfremkallende forbindelsene finnes sannsynligvis i det moderat polare organiske ekstraktet fra dieseleksospartiklene(34,36). Dette ekstraktet er en mulig indikator for kreftfaren fra dieseleksos.

Eksisterende data om konsentrasjonen av den moderat polare fraksjonen i dieseleksospartikler spriker(se punkt 2.2.3.2). Det har heller ikke lyktes å finne kvantitative beregninger om kreftfaren for mennesker i forhold til mengden av denne fraksjonen i dieseleksospartiklene.

Det er derfor vanskelig å foreslå et "høyest akseptabelt nivå" av en slik indikator.

Med utgangspunkt i (26) ser det ut til at en motor som belastes ca 75% med hensyn på turtall og effekt har et utslipp nær det optimale ut fra yrkeshygieniske og andre miljøhensyn. Dette harmonerer med andre betraktninger. Den moderat polare fraksjonen av partiklene utgjorde i referansen ca 6 % under disse betingelsene.

Problemet med PAH og PAH-derivater som indikatorer for kreftfare fra dieseleksos er i første rekke følgende:

- Ufullstendig dokumentasjon om sammenhengen mellom kreftfare og eksponering for dieseleksos av kjent sammensetning.
- Mangel på direktevisende måleutstyr.

## 4.2 Partikler

I 2.2 går det fram at referansematerialet m.h.p. partikler i dieseleksos er begrenset siden flere teststandarder ikke inkluderer bestemmelse av partikkelutslipp. Det ser imidlertid ut til å være en utbredt oppfatning at krefttrisikoen fra dieseleksos i stor grad er bundet til partikler (18,20,21,23). Undersøkelser langs veier i Norge bekrefter at partikler fra eksosutslipp er et aktivt reagens i mutagenitets- og celletransformasjonstester.(25)

Et kontinuerlig, direktevisende instrument for bestemmelse av partikler i luft kan være aktuelt. Tradisjonelt utstyr med oppsamling på filtre ved hjelp av pumper er i prinsippet også brukbart.

Problemene med partikler som eksponeringsindikator er i første rekke følgende:

- Ufullstendig dokumentasjon om sammenhengen mellom kreftfare og eksponering for partikler i dieseleksos.
- Store forskjeller i konsentrasjoner av antatt kreftfremkallende forbindelser i partikler fra dieseleksos(23,26). Driftsbetingelser har stor betydning. Se punkt 2.2.3.2.
- Vanskelig å eliminere, bestemme eller estimere støv fra andre kilder.
- Direktevisende utstyr er kostbart og lite utprøvd.

## 4.3 Karbonmonoksid

Utslipet av CO fra en dieselmotor avtar noe i forhold til ytelsen når belastningen øker innenfor normalt arbeidsområde(17). Siden dette også gjelder for PAH og PAH-derivater(23), er CO en mulig indikator for kreftfare fra dieseleksos. Men undersøkelser tyder på et komplekst årsaksforhold når det gjelder utslipp av PAH og PAH-derivater (se punkt 2.2.3.2).

Problemene med CO som eksponeringsindikator er i første rekke følgende:

- Utilstrekkelig og manglende dokumentasjon om sammenhengen mellom utslipp av CO og utslipp av kreftfremkallende forbindelser fra dieselmotorer. Driftsbetingelser og motortype har stor betydning.
- CO utslipp fra andre kilder enn dieselmotorer(spesielt bensinmotorer).

## 4.4 Karbondioksid

Innenfor normalt arbeidsområde øker utslippet av karbondioksid med belastningen. Dette er i liten grad dokumentert med utslipp av PAH forbindelser eller PAH-derivater.

Problemet med karbondioksid som indikator for kreftfare fra dieseleksos er følgende:

- Manglende dokumentasjon om sammenheng mellom konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> og konsentrasjonen av kreftfremkallende forbindelser i eksosen.
- Utslipp av CO<sub>2</sub> fra andre kilder.

## 4.5 Hydrokarboner

Det totale utslippet av hydrokarboner avtar trolig med økende motorbelastning selv om mange forhold kan virke inn og komplisere bildet(17,26). Siden det samme kan være tilfellet med utslippet av antatt kreftfremkallende PAH-forbindelser er hydrokarboner i utgangspunktet en mulig indikator for kreftfremkallende forbindelser i dieseleksos.

Men kreftrisikoen er sannsynligvis bundet til en liten del av den organiske fraksjonen(se punkt 4.1)

Problemene med hydrokarboner som eksponeringsindikator er følgende:

- Manglende dokumentasjon om utslippet og om forholdet mellom det totale utslipp og utslipp av kreftfremkallende forbindelser.
- Mangel på rimelig direktevisende måleutstyr.

## 4.6 Nitrogenoksider

Utslippet av nitrøse gasser varierer trolig lite med økende turtall og balastning(se punkt 2.2.2.4). Siden dette kan være tilfellet med antatt kreftfremkallende PAH-forbindelser(23) er nitrøse gasser neppe egnet som eksponeringsindikator for kreftfare fra dieseleksos. Men siden nitrogenoksidene kan være av betydning for dannelsen av nitrerte PAH forbindelser(18), kan de være aktuelle sammen med eventuelle andre indikatorer. Dette er for lite dokumentert til å si noe sikkert om.

Problemet med nitrogenoksider som indikator for kreftfare fra dieseleksos er i første rekke manglende dokumentasjon om sammenhengen mellom kreftfaren og konsentrasjonen av nitrogenoksider i eksosen.

## 4.7 Svoveldioksid

Svovelforbindelser i dieseloljen er kilden til svoveldioksid i eksosen. Utslippet varierer med forbruket av drivstoff og er lavt ved tomgangdrift(7) når utslippet av PAH forbindelser kan være høyt(23,26). I utgangspunktet er svovelforbindelser derfor lite egnet som en generell indikator for kreftfare fra dieseleksos. Under bestemte driftsforhold kan imidlertid svoveldioksid tenkes å være en aktuell indikator. Men ettersom konsentrasjonen normalt bare er i størrelsesorden 1-10 % av CO- og NO<sub>x</sub>-utslippene kan analysetekniske problemer også være en begrensende faktor for utbyttet.

Problemene med svoveldioksid som indikator for kreftfare fra dieseleksos er i første rekke følgende:

- Manglende dokumentasjon om sammenhengen mellom kreftfare og konsentrasjonen av svoveldioksid i eksosen.
- Den lave konsentrasjonen av svoveldioksid i dieseleksos kan gi analysetekniske problemer.

## 5 TEORETISKE BEREGNINGER

For å anskueliggjøre variasjonene i utslippene fra en dieselmotor og vurdere NO<sub>x</sub>, CO og hydrokarboner som mulige indikatorer for kreftfare fra dieseleksos, kan følgende beregninger tjene som eksempler:

### Eksempel 1:

I et lukket rom på 10000 m<sup>3</sup> plasseres en dieselmotor på 100 kW. Lovlige utslipp fra en dieselmotor i et kjøretøy etter de normer som trolig vil gjelde fra 1991(se punkt 2.2.2) vil i løpet av 1 time maksimalt være følgende:

partikler	35	gram
hydrokarboner	120	"
karbonmonoksid	490	"
nitrogen gasser	700	"

Uten ventilasjon vil dette gi følgende luftkonsentrasjoner (administrative normer i parentes)

partikler	3.5	mg/m <sup>3</sup>	(5 mg*)
hydrokarboner	12	"	(varierer**)
karbonmonoksid	49	"	(40)
nitrogen gasser	70	"	(3.6)

\*) Respirabelt, sjenerende støv

\*\*\*) Eks. Benzen: 3, n-heksan: 25, Metan: ingen

For CO er administrativ norm overskredet ca. 20% og for NO<sub>2</sub> hele 20 ganger.

### Eksempel 2:

I referanse 17 er det angitt utslipp fra en motor ved ulike turtall og belastninger(side B-2). Med utgangspunkt i en ytelse på ca 90 kW ved et turtall på 1260 omdreininger pr. minutt(rpm) vil konsentrasjonene etter en time i det samme rommet som i eksempel 1 være følgende:

partikler		ikke bestemt*
hydrokarboner	ca.	3.0 mg/m <sup>3</sup>
karbonmonoksid	ca.	240 "
nitrogendioksid	ca.	80 "

\*) Mange testsykluser inkluderer ikke støvmålinger.

For CO er administrativ norm overskredet 6 ganger og for NO<sub>2</sub> er den overskredet 22 ganger.

### Eksempel 3:

Dersom motoren i eksempel 2 yter ca 100 kW ved et turtall på 2100 rpm, vil konsentrasjonene i det samme rommet bli følgende:

hydrokarboner	ca.	6.5	mg/m <sup>3</sup>
karbonmonoksid	ca.	9	"
nitrogenoksid	ca.	100	"

Administrativ norm er ikke overskredet for CO men er overskredet ca. 28 ganger for NO<sub>2</sub>.

### Eksempel 4:

Den samme motoren kjørt på tomgang i 1 time vil gi opphav til følgende konsentrasjoner i dette rommet:

hydrokarboner	ca.	1	mg/m <sup>3</sup>
karbonoksid	ca.	2.5	"
nitrogenoksid	ca.	3.5	"

Administrativ norm for CO og NO<sub>2</sub> er ikke overskredet.

En tabell over nivået som ca % av administrativ norm for støv, CO og NO<sub>2</sub> og mg/m<sup>3</sup> for hydrokarboner blir følgende i de 4 eksemplene:

	STØV	HYDROKARBONER	CO	NO <sub>2</sub>
Eks 1	70 %	12 mg/m <sup>3</sup>	120 %	2000 %
2	-	3 "	600 "	2200 "
3	-	6.5 "	25 "	2800 "
4	-	1 "	6 "	100 "

Undersøkelsene som eksemplene 2-4 bygger på, inkluderer ikke støvmålinger og bestemmelse av antatt kreftfremkallende forbindelser. Andre undersøkelser(23) om utslipp av PAH og PAH derivater fra en dieselmotor kan brukes for en orienterende sammenligning. Etter vurderingene i punkt 2.2.3.2 kan partikkelutslippet fra motoren i eksempel 4 ha et langt høyere muterende og celletransformerende potensial enn støvpartikler fra motoren i eksempel 2 og 3. Ut fra disse vurderinger er det vanskelig å tenke seg CO, NO<sub>2</sub> eller hydrokarboner alene som indikatorer for kreftfare ved eksponering for dieseleksos.

## 6 KONKLUSJONER

I tillegg til å trekke konklusjoner om mulighetene for å finne en egnet måleindikator for kreftfare fra dieseleksos (punkt 6.1) inneholder kapitlet en vurdering av tiltak som kan redusere kreftfaren fra dieseleksos i arbeidsatmosfæren (punkt 6.2). Etter ønske fra Direktoratet for arbeidstilsynet er det laget en tabell over hvordan de undersøkte utslippene i forhold til ytelse varierer med belastning og turtall. Denne må betraktes som en grov vurdering og dekker ikke variasjonene som ble funnet i litteraturundersøkelsen.

I tabellen under betyr:

- : avtar ved økende belastning og turtall
- + : øker ved økende belastning og turtall
- 0 : konstant, små variasjoner ikke entydige
- \* : sammenhengen usikker eller kompleks

### DRIFTSBETINGELSER

<u>UTSLIPP I</u> <u>FORHOLD TIL</u> <u>YTELSE</u>		ved lav og innenfor normal belastning og lavt eller normalt turtall	ved stor belastning og høyt turtall
HC	utslipp	-	-*
PAH	"	-*	-*
Part.	"	-	+
CO	"	-	+
CO <sub>2</sub>	"	0	0
SO <sub>2</sub>	"	0	0
NO <sub>x</sub>	"	0	0*

## 6.1 MÅLEINDIKATOR

Utslipp av kreftfremkallende og mulig kreftfremkallende forbindelser fra en dieselmotor ser ut til å være et resultat av komplekse forhold i motoren og avgassystemet som ikke er klarlagt. Det er derfor vanskelig å vurdere om en generell indikator lar seg peke ut og praktisk måle med dagens måleutstyr. I punkt 2.2.3.2 går det fram at kreftfaren vanskelig lar seg relatere til direkte målbare størrelser. Det nærmeste vi kan komme i dag ser ut til å være den moderat polare organiske fraksjonen i dieseleksospartiklene. Den mest aktuelle måten å måle kreftfaren fra dieseleksos i dag vil derfor trolig være å samle opp partiklene på et filter og bestemme den moderat polare fraksjonen i partiklene som omtalt i punkt 2.3.2.2.

Et "høyest akseptabelt nivå" på denne moderat polare fraksjonen kan vanskelig foreslås siden det ikke har lyktes å finne kvantitative kreftrisikovurderinger eller akseptkriterier.

## 6.2 DRIFTSFORHOLD

For å redusere kreftfaren fra dieseleksos i arbeidsatmosfæren er følgende aktuelt:

- Sørg for at motoren er optimalt justert og vedlikeholdt. Spesielt tette luftfiltre og slitte/feil justerte drivstoffdyser kan øke utslippet av partikler.
- Unngå overbelastning av motoren. Ved svært stor belastning øker partikkelutslippet betydelig.
- Unngå unødig tomgangskjøring. Ved liten belastning kan partiklene i eksosen inneholde mer kreftfremkallende forbindelser enn ved stor belastning og turtall. Men mange forhold kan spille inn og konklusjoner er ikke entydige.
- Vurder betydningen av å anbefale/påby partikkelfelle eller katalysator på dieselmotorer som brukes i en lukket arbeidsatmosfære. Partikkelproblemet kan reduseres med partikkelfelle eller en oksiderende katalysator. Utslippskravene fra Vegdirektoratet (som bare vil gjelde motorer i kjøretøy?) blir trolig ikke strengere enn at nyere dieselmotorer vil kunne innfri dem uten slikt ekstrautstyr.

For å kunne iverksette tiltak som reduserer kreftfaren fra dieseleksos er det av betydning å få bedre kunnskap om sammenhengen mellom dannelsen av kreftfremkallende forbindelser i dieseleksosen og konstruksjon av motor og avgassystem samt driftsbetingelser. I dose-respons forsøk med dieseleksospartikler er det av betydning å kunne presisere begrepet "dieseleksospartikler". Sammensetningen varierer og avhenger av en rekke faktorer knyttet til drivstoff, motorkonstruksjon og driftsbetingelser.

## 7 REFERANSER

- 1) Environmental Protection Agency; Standard for Emission of Particulate Regulation for Diesel-fueled Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks; Federal Register Vol 45 No 45, March 5, 1980
- 2) B.M.Bertilsson, K.Isaksson, A.Laveskog; Avgasutslap från bussar og lastbilar; Naturvårdsverket, Rapport 3285/87 s.1-10
- 3) R.L.Bradow; Diesel Particle and Organic Emmisions: Engine Simulation, Sampling and Artifacts; Toxicological effects of emissions from diesel engines, Elsevier Science Publishing Co. 1982 s.36
- 4) K.E.Egeback (ed); Test Procedures for Automotive Emmisions; Nordisk ministerråd 1985, Miljörapport 1985:2
- 7) K.H.Lies, A.Hartung, H.Grिंग, J.Schulze(1986); Composition of diesel exhaust with particular reference to particle bound organics including formation of artifacts; Research and Development, VAG, Wolfsburg BRD
- 8) D.D.Zaebst, L.M.Blade, J.A.Morris, D.Schuetzle, J.Butler(1988); Elemental carbon as a surrogate index of diesel exhaust exposure; Proceedings of the American Industrial Hygiene Conferance, 15-20 May 1988, San Francisco, CA, Cincinnati, OH, National Institut for Occupational Safety and Health, Division of Surveillance, Hazard Evaluation and Field Studies.
- 9) J.Johnson(1988); Automotive emissions. A.Y.Watson, R.R.Bates, D.Kennedy; Air Pollution, the Automobile and Public health; Washington DC, National Academy Press.
- 10) H.A.Burley, T.L.Rosebrock; Automotive Diesel Engines - Fuel Compositions vs Particulates; General Motors Corp. 1979 SAE Paper 790923.
- 11) C.T.Hare; Study of the efforts of Fuel Composition, injection and Combustion System Type and Adjustment on Exhaust Emissions from Light-Duty Diesels. Coordinating Research Council Inc. 1985. Proj CAPE-32-80.
- 12) C.T.Hare, T.M.Baines; Characterization of Particulate and Gaseous Emissions from two Diesel Automobiles as Functions of Fuel and Driving Cycle; SWRI. 1979. SAE Paper 790424.
- 13) C.T. Hare; The Effect of Diesel Fuel Properties on Particulate Emissions; Sec US-Dutch Int Symp 1985. Aerosols, Williamsburg. May 1985.
- 14) J.C.Wall, S.K.Hoeckman; Fuel Composition Effects on Heavy-Duty Diesel Particulate Emissions. Chevron Research Co. 1984. SAE Paper 842364.
- 15) T.J.Callahan, T.W.Ryan, H.Dietzmann; The Effects of Engine and Fuel Parameters on Diesel Exhaust Emissions During Discrete Transients in Speed and Load. 1985.
- 16) M.P.Walsh; Heavy Duty Trucks and Buses: The US program and the significance for Sweden.
- 17) C.T.Hare, D.A.Montalvo; Diesel Cranckcase Emissions Characterization; EPA 460/3-77-016.



- 18) D.Schuetzle, J.A.Frazier; Factors influencing the emissions of vapor and particulate phase components from diesel engines; I: N.Ishinishi, A.Koizumi, R.O. Mc Clellan W.Støber eds; Carcinogenic and Mutagenic Effects of Diesel Engine Exhaust, Amsterdam, Elsevier, s.41-63(1986).
- 19) D.Schuetzle; Sampling of vehicle emissions for chemical analysis and biological testing; Environ Health Perspect. 47, 65-80(1983).
- 20) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 46, s.32-33(1989).
- 20b) s.88
- 21) National Research council(1982); Diesel Technology - Impacts of Diesel-powered Light-duty Vehicles; Washington DC, National Academy of Sciences.
- 22) T.J.Callahan, T.W.Ryan and H.Dietzmann; The Effects of Engine and Fuel Parameters on Diesel Exhaust Emissions During Discrete Transients in Speed and Load. 1985.
- 23) D.Schuetzle; Sampling of vehicle emissions for chemical analysis and biological testing; Environ Health Perspect., 47, 65-80(1983).
- 24) D.V.Lassiter, T.H.Milby; Health Effects of Diesel Exhaust emissions; A Comprehensive Literature Review, Evaluation and Research Gaps Analysis(US NTIS PB-282-795), Washington DC, American Mining Congress.
- 25) S.Larsen; Støv fra asfaltveier; Rapport O-8431, 87.
- 26) A.Obuchi, A.Ohi, H.Aoyama, H.Ohuchi; Evaluation of Gaseous and Particulate Emission Characteristics of a Single Cylinder Diesel Engine; Combustion and flame, 70:215-224 (1987)
- 27) K.H.Zierock o.a.; SAE Technical Paper Series, No. 830458, 1983.
- 28) P.T.Williams, K.D.Bartle, G.E.Andrews; The relations between polycyclic aromatic compounds in diesel fuels and exhaust particulates; Fuel, 65, 1150-8, 1986.
- 29) Round table discussion: Toxicological effects of emissions from diesel engines -health effects and future problems of diesel exhaust-; Developments of Toxicology and Environmental Science; 13, 505-25, 1986.
- 30) P.Bofetta, R.E.Harris, E.L.Wynder; Case-Control Study on Occupational Exposure to Diesel Exhaust and Lung Cancer Risk; Am.J.Ind.Med. 17,577-591(1990).

- 31) G.B.Xu,C.P.Yu; Deposition of diesel exhaust particles in mammalian lungs. A comparison between rodents and man.; Aerosol Sci. Technol., 7,117-23(1987).
- 32) W.E.Pepelko, W.E.Peirano; Health effects of exposure to diesel engine emmissions. A summary of animal studies conducted by the US Environmental Protection Agency Health Effects Research Laboratory at Cincinnati, OH.; J.Am.Coll.Toxicol., 2,253-306(1983).
- 33) F.S.C.Lee, D.Scuetzle; Sampling, extraction and analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons from internal combustion engines. IN: A.Bjørseth,ed.; Handbuch of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, New York, Marcel Decker, pp.27-94.
- 34) J.Lewtas ed.;Toxicological effects of emissions from diesel engines; Proceedings of the EPA Diesel Emissions Symposium in N.C. USA(5-7/10 1981). Elsevier biomedical.
- 35) C.R.Begeman; SAE PAPER 62440C, 1962.
- 36) SFT og ATs kriteriedokument for dieseleksos.
- 37) SFT og ATs faggruppe for identifisering av kreftfremkallende stoffer; Forslag til retningslinjer for den faglige vurdering, 1990.
- 38) L.S.Gold, C.B.Sawyer, R.Magaw, G.M.Backman, M.De Veciana, R.Levinson, N.K.Hooper, W.R.Havender, L.Bernstein, R.Peto, M.C.Pike, B.N.Ames; A carcinogenic potency of chemicals and humans; Risk Analys 8: 531-544,1988.

#### PERSONLIGE REFERANSER

- 101) J. Bang, Teknologisk institutt.
- 102) Foredrag av Dr. H.V.Gelboin, National Cancer Institute, Bethesda, USA på STAMI 9/7 - 90.