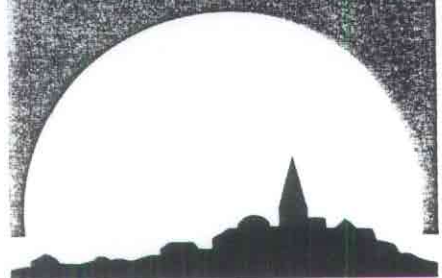


NILU: OR 66/96

NILU : OR 66/96
REFERANSE : O-96059
DATO : NOVEMBER 1996
ISBN : 82-425-0828-4

Måling av svevestøv- konsentrasjoner og luftstrøm i Ekeberg tunnelen i Oslo

Dag Tønnesen



NILU

Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research
Postboks 100 - N-2007 Kjeller - Norway



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 66/96	ISBN-82-425-0828-4 ISSN 0807-7207	
DATO 15.11.96	ANSV. SIGN. <i>Eystein Hov</i>	ANT. SIDER 16	PRIS NOK 30,-
TITTEL Måling av svevestøvkonsentrasjoner og luftstrøm i Ekeberg tunnelen i Oslo		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-96059	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * B	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Vegdirektoratet og Statens vegvesen, Oslo vegkontor Postboks 8142 Dep 0033 OSLO			
STIKKORD Sporgassteknikk	Vegtunneler	Svevestøv	
REFERAT Måling av uftstrøm og svevestøvkonsentrasjoner ble utført i Ekeberg tunnelens nordgående løp for å finne effekten av rensfiltrene i tunnelen. Målingen vist at det automatiske styringssystemet for innkopling av vifter i rensesløyfa ikke fungerte. Målingene viste videre at luft som ble dratt gjennom rensesløyfa ble rensset for 99% til 90% av svevestøvinnholdet, og at opp til 45% av tunnellufta ble dratt gjennom rensesløyfa.			
TITLE Measurements of airborne dust particles and airstreams in Ekeberg tunnelen, Oslo			
ABSTRACT			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
B Begrenset distribusjon
C Kan ikke utleveres

Innhold

	Side
Sammendrag	2
1. Innledning	3
2. Beskrivelse av måleprogram	3
3. Måleperioder	5
4. Forsøksbetingelser	6
5. Resultater	6
5.1 Oppbygging av støv på kondensatorplater	6
5.2 Luftstrøm i tunnel og sløyfe.....	6
5.3 Svevestøvkonsentrasjoner i tunnelen	7
5.4 Effekt av renselanlegget.....	7
5.5 Sammensetning av svevestøv.....	9
6. Konklusjon	10
Vedlegg A Utslipp og konsentrasjon av sporgass	11
Vedlegg B Tungmetallinnhold i svevestøv og støv på kondensatorplater	13
Vedlegg C Instrumentplassering i rensesløyfe	15

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vegdirektoratet og Statens vegvesen, Oslo vegkontor, gjennomført målinger av luftstrøm og svevestøvkonsentrasjoner i Ekeberg-tunnelen i Oslo. Målingene ble gjennomført i mars og april 1996.

Luftstrømmene i tunnel og rensesløyfe ble målt ved sporgassteknikk, mens svevestøvkonsentrasjoner ble målt med NILUs tofilterprøvetaker. Denne måler svevestøvkonsentrasjon fordelt på fraksjoner med aerodynamisk diameter $<10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) og $<2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$).

Målingene viste at filterene i rensesløyfa under oppstart av måleprogrammet fjernet over 95% av svevestøvet. Ved de siste målingene fjernet filterene litt under 90% av svevestøvet. Målinger av luftstrøm viste at ved automatisk innkobling av viftesystemet ble ca. 20% av tunnellufta dradd gjennom rensesløyfa. Ved manuell styring av viftebruken opp til 80% kapasitet ble 45% av tunnellufta dradd gjennom rensesløyfa.

Effekten av filterene tilsvarende den renseseffekten som ble beregnet før installasjon av systemet for trafikksituasjoner med rushtidstrafikk.

Alle målinger ble utført under morgenrushtrafikk mellom kl 0600 og kl 0800.

Måling av fem tungmetallkomponenter i noen av støvprøvene viste et innhold av bly, sink, jern og vanadium på henholdsvis 0,15‰, 0,9‰, 32‰ og $<0,1‰$ av totalt PM_{10} . For aluminium viste analysene at størrelsesfraksjonen $10 \mu\text{m}$ - $2,5 \mu\text{m}$ (grovfraksjonen) inneholdt ca. 25‰ aluminium, mens finfraksjonen ($\text{PM}_{2,5}$) inneholdt 13‰ aluminium. De utvalgte tungmetallene utgjorde til sammen litt under 60‰ av støvmassen.

Måling av svevestøvkonsentrasjoner og luftstrøm i Ekebergtunnelen i Oslo

1. Innledning

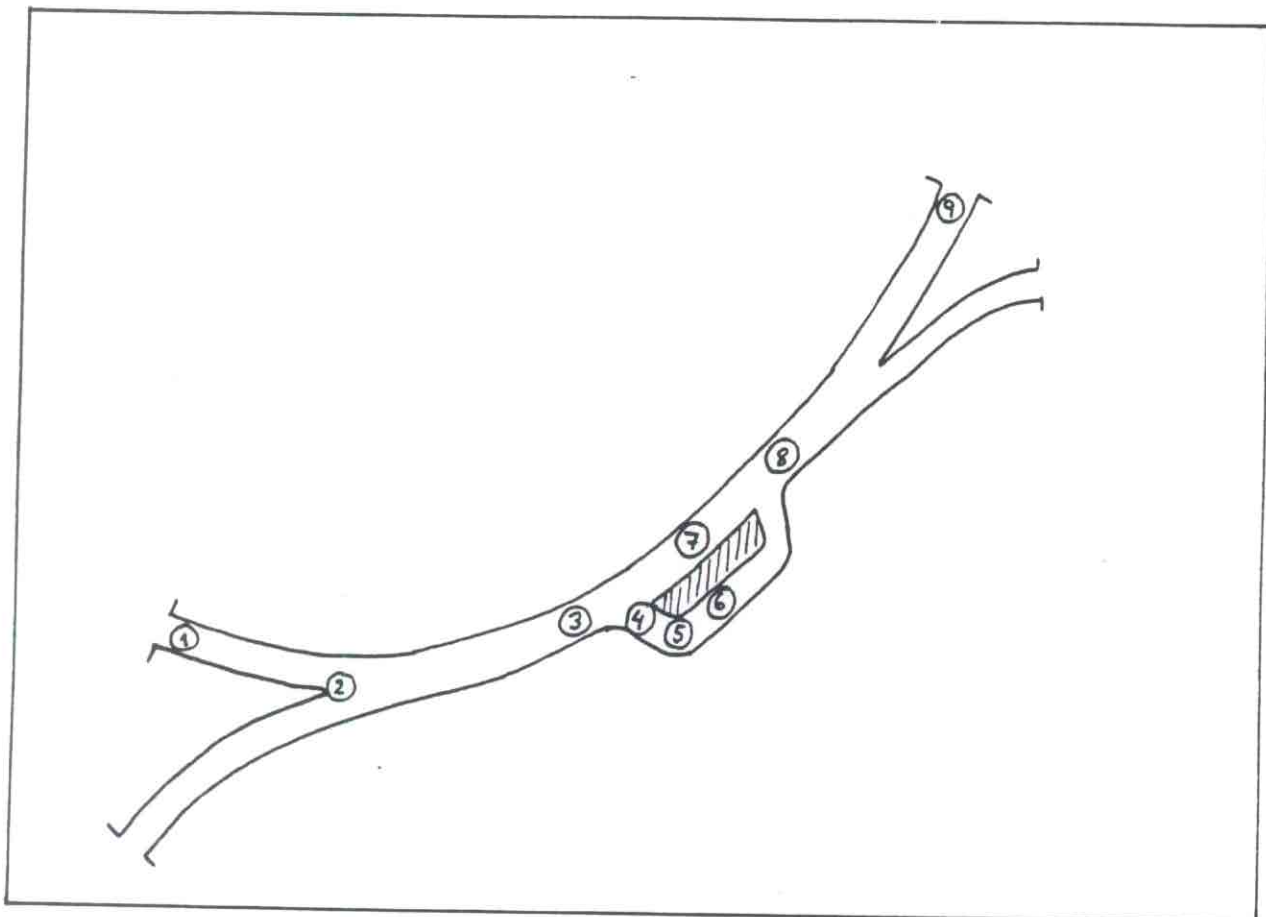
Norsk institutt for luftforskning (NILU) har våren 1996 etter oppdrag fra Vegdirektoratet og Statens vegvesen, Oslo vegkontor, gjennomført målinger av luftstrøm og svevestøvkonsentrasjoner i Ekebergtunnelen i perioder der rensesløyfa var i drift.

Hensikten med å installere støvreanseanlegg i Ekebergtunnelene var primært for å gi akseptable siktforhold inn i tunnelene, men også å redusere utslippet av støv/sot til omgivelsene. Det ble besluttet å installere en viftekapasitet for rensesløyfa på 250 m³ luft pr. sekund, selv om dette ble beregnet til ca. halvparten av luftstrømmen i selve tunnelen med maksimal trafikk i rushtiden og med en kjørehastighet på 70 km/t. For denne trafikksituasjonen ble det beregnet at rensesløyfen skulle ha en renseeffekt på 40%-45% fra innløp til utløp. Ved en luftstrøm i tunnelen på 250 m³/s (dvs. det samme som kapasiteten i rensesløyfa) ble renseeffekten beregnet til 64%-72%.

Måling av luftstrømmene i tunnelen ble gjennomført ved hjelp av sporgassteknikk, mens svevestøvkonsentrasjoner ble målt ved hjelp av NILUs tofilterprøvetaker, som måler svevestøv fordelt på to størrelsesfraksjoner, aerodynamisk diameter <10 µm (PM₁₀) og aerodynamisk diameter <2,5 µm (PM_{2,5}). I tillegg ble det foretatt oppsamling av støv på fire av kollektorplatene i elektrofiltret før hver måling. Analyse av støvets innhold av bly, sink, aluminium, jern og vanadium ble utført for et utvalg (12) av støvprøvene, samt for en av støvprøvene fra kollektorplatene.

2. Beskrivelse av måleprogram

Figur 1 viser en prinsippskisse av tunnelen med rensesløyfe. Punkter hvor aktivitet foregikk i forbindelse med målingene er merket med tall. Disse tallene gjenfinnes i tabell 1, der måleutrustning og måleparametre også er gjengitt. En mer detaljert figur som viser instrumentplassering ved selve sløyfa er vist i vedlegg C.



Figur 1: Prinsippskisse over Ekeberg tunnelens nordgående løp med punkter der måling/aktivitet foregikk.

Tabell 1: Utstyr og måling/aktivitet på de angitte punktene

Punkt	Utstyr	Måling/aktivitet
1	Sporstoffprøvetaker	Bakgrunn. sporgasskonsentrasjon
2	Gassflaske	Utslipp av sporgass
3	Sporstoffprøvetakere (2-4)	Konsentrasjonsmålinger for luftvolum hovedløp
4	Gassflaske, støvprøvetaker	Utslipp sporgass, støvkonsentrasjon før rensing
5	Støvprøvetaker	Støvkonsentrasjon etter forfilter
6	Støvprøvetaker, sporstoffprøvetaker (2-4), håndvindmåler	Støvkonsentrasjon etter filter
7	Sporstoffprøvetakere (2-4)	Støvkonsentrasjon etter filter, luftvolum rensesløyfe
8	Sporstoffprøvetakere (2-4), støvprøvetaker	Luftvolum, hovedløp, støvkonsentrasjon i blandet luft hovedløp/rensesløyfe
9	Støvprøvetaker, sporstoffprøvetakere (2-4)	Utslippkonsentrasjon støv. Luftvolum etter tilbakekobling fra avkjøring mot Konows gate

Målepunktene/aktivitetene ga følgende informasjon eller hadde følgende hensikter:

- Punkt 1: Kontroll av at konsentrasjonsnivået av sporgass i luft inn i tunnelen var lavt.
- Punkt 2: Sporgassutslipp (SF_6) for måling av volumstrøm i hovedløpet
- Punkt 3, 7 og 8: Konsentrasjonsmålinger for måling av volumstrøm i hovedløpet
- Punkt 4: Sporgassutslipp (CBrF_3) for måling av volumstrøm i rensesløyfe, støvmåling for konsentrasjon av svevestøv før rensing
- Punkt 5: Støvmåling av konsentrasjon av svevestøv etter forfilter
- Punkt 6: Støvmåling av konsentrasjon av svevestøv etter elektrostatfilter, konsentrasjonsmåling for måling av volumstrøm i rensesløyfe. Måling av luftstrøm direkte i sonen umiddelbart bak elektrostatfiltret
- Punkt 8: Støvmåling av konsentrasjon av svevestøv i hovedløp etter rensing og sammenblanding av rensed og urensed luft
- Punkt 9: Støvmåling av konsentrasjon av svevestøv ved munningen for kartlegging av utslippsmengde til omgivelsene. Konsentrasjonsmåling for kontroll av luftmengde etter at returstrømmen fra avkjøring mot Konowsgate er blandet inn i hovedløpet

For referansemåling av luftstrøm i hovedløpet ble det gjennomført målinger ved punktene 3, 8 og 9 også i en periode der rensesløyfa ikke var i bruk.

3. Måleperioder

Prøvetaking i tunnelen ble utført under morgenrush fra ca. kl. 06 til kl. 08 på følgende dager: 14.3., 22.3., 26.3. og 11.4. En referansemåling ble utført 17.4. Under denne målingen var ikke rensesløyfa i bruk. De tre første målingene ble utført i slutten av piggdekkseasonen, da piggdekkbruken antagelig var nær det maksimale. Målingen 17.4. ble utført etter påske, men før siste frist for omlegging fra piggdekk til sommerdekk. Basert på observasjoner i tunnelen hadde under halvparten av personbilene fortsatt piggdekk.

4. Forsøksbetingelser

Fordi renseanlegget i Ekeberg tunnelen er nytt, er ikke automatstyringen for igangsetting av støvfiltret justert til aktuelle forhold i tunnelen. Renseanlegget ble derfor startet manuelt i hvert forsøk. Det viste seg at det var nødvendig å foreta en manuell oppjustering av viftekapasiteten i rensesløyfa, da denne ved vanlig oppstartsprosedyre bare koblet inn 25% av viftekapasiteten. Forsøkene er derfor utført med forskjellig bruk av viftekapasiteten i rensesløyfa. Driftstiden på anlegget ved starten av første forsøk var 1,2 timer. Støv- og sandbelegg i innkjøringslommen foran filtret og i rommet mellom forfilter og elektrostatfilter var også svært stort. Når viftekapasiteten i rensesløyfa ble øket, var det tydelig å se vesentlig støvdrift fra forfilter mot elektrofilter. Det har trolig vært et betydelig støvdeponi i området foran forfiltret og mellom forfilter og elektrofilter, som har blitt delvis frigjort ved igangsetting av ventilasjonsanlegget. Dette har hatt betydelig innvirkning på noen av målingene.

5. Resultater

5.1 Oppbygging av støv på kondensatorplater

Før hvert av forsøkene 1-4 ble støv skrapet av fire kondensatorplater og samlet på flasker. Støvmengden pr. plate er vist i tabell 2, sammen med registrert driftstid på filtret. Det var meningen å avlese strømstyrken til filtret samtidig som forsøkene pågikk, men dette lot seg ikke gjennomføre fordi de digitale tavlene ikke fungerte.

Tabell 2: *Driftstimer for filteret og vekt av støv pr. kondensatorplate (vekt i gram).*

Driftstid	Vekt
1,2	0,275
3,8	0,500
6,5	0,925
11,8	1,725

Tabellen viser at forholdet mellom støvvekt pr. plate og driftstid har vært ca. 1 g pr. 8. time.

5.2 Luftstrøm i tunnel og sløyfe

Basert på forholdet mellom utslipp av sporgass og sporgasskonsentrasjon i tunnelen, har luftstrømmene vært som vist i tabell 3.

Tabell 3: Luftstrømmer i tunnelens hovedløp og rensesløyfe målt ved sporgassteknikk

Forsøk	Hovedløp	Rensesløyfe	% tunnelluft gjennom sløyfe
1	481 m ³ /s	93 m ³ /s	19,3
2	581 m ³ /s	95 m ³ /s	16,3
3	634 m ³ /s	147 m ³ /s	23,1
4	603 m ³ /s	273 m ³ /s	45,3
5*)	495 m ³ /s	0 m ³ /s	0

*)Måling bare i hovedløp. Rensesløyfe ikke i drift.

Beregningsgrunnlaget for tabell 3 er de målte sporgasskonsentrasjonene og utslippsratene av sporstoff. Disse er vist i vedlegg A.

5.3 Svevestøvkonsentrasjoner i tunnelen

Støvkonsentrasjoner av PM₁₀ og PM_{2,5} er vist i tabell 4. Støvkonsentrasjoner ble målt med tofilterprøvetaker. Denne prøvetakeren skiller partiklene i to størrelsesfraksjoner, under 2,5 µm og fra 2,5 µm til 10 µm. Når støvkonsentrasjonene blir svært høye (over 1000 µg/m³), kan imidlertid filtret tette seg slik at partikler med størrelse 2,5 µm blir sittende fast på filtret for de grove partiklene. Dette har trolig inntruffet på en del av prøvene i Ekeberg tunnelen. Disse er merket med¹⁾ i tabell 4.

Tabell 4: Konsentrasjon av svevestøv (µg/m³) målt på de ulike punktene i tunnelen

		Målested				
		4	5	6	8	9
	Forsøk	Ved inngang, rensesløyfe	Etter forfilter	Etter elektrostatfilter	Etter sløyfe	Ved tunnellutøp
PM ₁₀	1	1671	683	18,5	697	737
	2	1207	1809	38,3	540	683
	3	1492	2355	174	583	1172
	4	1392	932	180	605	850
	5	510	-	-	2)	702
PM _{2,5}	1	109 ¹⁾	99	8,8	87	108
	2	96 ¹⁾	111	13,3	86	72
	3	82 ¹⁾	110 ¹⁾	57,9	26,6	82,3 ¹⁾
	4	91 ¹⁾	116 ¹⁾	93,7	137	116 ¹⁾
	5	83	-	-	2)	

1) PM_{2,5} stopper i grovfilter?

2) Sprekk i filter

5.4 Effekt av rensenanlegget

Effekten av filtret kan måles som forskjellen i støvkonsentrasjoner før filter og etter filter. Dette er et mål på hvor effektivt selve filtret er. Renseeffekten av hele rensesløyfa kan måles som forskjellen i støvkonsentrasjoner ved inntakspunktet til

sløyfen og ved enden av tunnelen. Dette er et mål på effekten av støvrenging for trafikanter i tunnelen og for utslipp fra tunnelen på omgivelsene.

På grunn av at konsentrasjonen målt foran forfilterert i forsøk 1 og 2 sannsynligvis er påvirket av støvdeponiet på denne plassen, er disse konsentrasjonene ikke representative for konsentrasjonsnivået i tunnelverrsnittet.

For målingene i tunnellopet etter rensesløyfa viser sporstoffmålingene at lufta som hadde gått gjennom sløyfa og lufta som hadde gått gjennom hovedløpet ikke var fullstendig blandet. Gjenoppbygging av støvkonsentrasjoner i tunnelen fra sløyfa til utløpet er derfor svakere enn det et forholdstall mellom konsentrasjonene gir.

Effekt av filter gitt som % av konsentrasjonen foran og etter filterene er vist i tabell 5.

Tabell 5: *Konsentrasjonene etter filterene i prosent av konsentrasjonene foran filterene.*

Forsøk	Forfilter	Elektrofilter	Begge filtere
1	41	2,7	1,1
2	150	2,1	3,2
3	160	0,5	11,8
4	67	19,3	12,9

Tallene i tabell 5 tyder på at effektiviteten av filtret avtar med økende ventilasjonshastighet og/eller med støvbelegg på filtret.

Målingene av PM_{2,5} (de minste partiklene) viser klart at effekten av rensing på disse avtar utover i forsøksperioden. Dette skyldes antagelig i hovedsak økning av gjennomstrømningshastigheten.

For å måle effekten av rensesløyfa er det nødvendig å korrigere inntakskonsentrasjonene for forsøk 1 og 2. Dette er gjort ved å beregne massefluksen (g/s) av støv i den rensede lufta og lufta ved utløpet av tunnelen, og definere massefluksen i den urensede lufta som forskjellen mellom de to førstnevnte.

Tabell 6 viser beregnet tunnelkonsentrasjon ved inngang til sløyfe for alle fire forsøk på bakgrunn av metoden ovenfor, samt rensesløyfas effekt målt som konsentrasjon ved tunnelutløp i forhold til konsentrasjon ved inntak.

Tabell 6: *Beregnet konsentrasjon for tunnelverrsnittet før rensesløyfa, samt rensesløyfas effekt på utslippskonsentrasjonen (ved munningen).*

Forsøk	Konsentrasjon	Effekt av sløyfe %
1	909 µg/m ³	81
2	809 µg/m ³	84
3	1473 µg/m ³	80
4	1404 µg/m ³	60

Tabellen viser at selv om effektiviteten av filtrene avtok med økende luftstrøm i sløyfa, økte samlet reduserende effekt av rensesløyfa når gjennomstrømningen økte.

5.5 Sammensetning av svevestøv

Ett utvalg av støvprøver ble analysert for innhold av fem tungmetaller: bly, sink, jern, vanadium og aluminium. Bly og vanadium ble valgt fordi de er tilsetningsstoff i bensin og sporelement i olje. Sink, jern og aluminium ble valgt fordi de kunne være indikatorer for vegstøv/piggdekkstøv.

De utvalgte prøvene var en prøve støv skrapet av fra kondensatorplatene på filtret, prøver langs tunnelens lengdeprofil tatt 22/3, prøve tatt mellom forfilter og elektrofilter 26/3 samt prøve tatt foran forfilter den 11/4. Samtlige metallkonsentrasjoner er vist i vedlegg B. Sammenlignet med midlere tungmetallinnhold i norske byer målt på slutten av 80-tallet, viste tunnelufta høye konsentrasjoner av alle elementer med unntak av bly.

Tabell 7 viser relative andeler av elementene i støvet fordelt på to fraksjoner for svevestøv (grovfraksjon og finfraksjon). Relative andeler i støvet fra kondensatorplatene er også vist.

Tabell 7: *Innhold av fem tungmetaller gitt som andel av totalt støv i grovfraksjon ($PM_{10-2,5}$) og finfraksjon ($PM_{2,5}$), samt andeler støv fra kondensatorplater på filter.*
Enhet: %.

Støvtype	Prøvested	Bly	Sink	Jern	Vanadium	Aluminium
Finfraksjon	Foran filter	0,20	0,31	23,6	0,05	12,3
	Foran filter	0,22	0,48	25,6	0,04	11,7
	Mellom filtere	0,15	0,71	23,7	0,05	12,0
	Mellom filtere	0,12	1,3	35,3	0,07	411,2
	Etter filter	0,11	1,0	8,1	0,04	14,1
	Ved utløp	0,28	0,6	33,3	0,07	17,3
Grovfraksjon	Foran filter	0,15	0,73	37,8	0,08	20,8
	Foran filter	0,15	0,70	41,7	0,09	25,9
	Mellom filtere	0,11	0,94	40,4	0,08	27,0
	Mellom filtere	0,10	0,99	37,5	0,08	25,7
	Etter filter	0,08	0,94	25,1	0,04	20,0
	Ved utløp	0,16	0,75	37,0	0,08	23,7
Kondensatorstøv		0,06	0,56	35,0	0,06	13,9

En av prøvene tatt mellom filtrene viser et veldig høyt innhold av aluminium (over 40%) for finfraksjonen av svevestøv. Dette kan skyldes at en større partikkel av hovedsakelig aluminium har satt seg på filtret.

For metallene er det for øvrig aluminium som viser den mest systematiske variasjonen mellom innhold i finfraksjonen og grovfraksjonen, idet innholdet i grovfraksjonen ligger på 20-25%, mens innholdet i finfraksjonen ligger på 11-17%.

med unntak av prøven kommentert over. I tillegg kan det se ut som om innholdet av bly i støvet er minst i området fra forfilter til etter filter.

Støv samlet fra kondensatorplatene på elektrofiltret har imidlertid lavere innhold av bly enn svevestøvet. De øvrige komponentene i støv fra kondensatorplatene viser bra samsvar med konsentrasjonene i svevestøvet. Aluminiuminnholdet tilsvarer aluminiumkonsentrasjoner i finfraksjonen av svevestøv.

6. Konklusjon

Målinger av luftstrømmer og svevestøvkonsentrasjoner i luft gjennomført i Ekeberg tunnelens nordgående løp viser at elektrofiltret kan fjerne opp mot 99% av svevestøvet under optimale forhold. Målingene viser imidlertid også at filtereffektiviteten faller med økende luftstrøm gjennom filtret og med støvbelegget på kondensatorplatene. Med en luftstrøm på 270 m³/s gjennom renseløyfa og et støvbelegg på ca. 1,7 g støv pr. kondensatorplate, var oppsamlingseffekten ca. 90%. Oppbygging av støvbelegg på kondensatorplatene til 1,7 g pr. plate var inntruffet ved ca. 12 timers driftstid av filtret.

Målinger av luftstrøm gjennomført under trafikkforhold i morgenrush, med høy kjørehastighet i tunnelen indikerer at økning av luftstrøm gjennom renseløyfa ved bruk av vifter også øker luftstrømmen i hovedløpet av tunnelen.

Maksimal effekt på utslippkonsentrasjonene av svevestøv i tunnelmunningen ble oppnådd ved høyeste innkobling av viftekapasitet. Effekten av filtret i form av reduserte utslipp til omgivelsene var da en reduksjon på 40%, dvs. at støvkonsentrasjonen i tunnelmunningen var 60% av støvkonsentrasjonen ved inntaket til renseløyfa.

Sammenlignet med beregnede forutsetninger for renseløyfa beskrevet i kapittel 1, er renseløyfas effekt ved full utnyttelse av viftekapasiteten i samsvar med beregnede verdier for rushtidstrafikk. Målingene ble utført under trafikkforhold som medførte at forutsetningen om renseeffekt ved like store luftstrømmer i renseløyfe og hovedløp ikke kunne etterprøves.

Vedlegg A

Utslipp og konsentrasjon av sporgass

Tabell A1: Midlere utslippsrate av sporgass under forsøkene.

Forsøk	Utslipp (mg/s)	
	SF ₆	CBrF ₃
1	12,3	40,1
2	10,2	13,0
3	8,2	14,1
4	9,7	15,1
5	10,3	-

Tabell A2: Midlere sporstoffkonsentrasjoner ved tunnelverrsnittene korrigert for tilbakekobling.

Enhet: µg/m³).

Forsøk	SF ₆ -konsentrasjon ved hovedløp	CBrF ₆ -konsentrasjon ved utløp av rensesløyfe
1	25,52	432
2	17,63	137
3	12,84	96
4	16,55	55
5	20,65	-

Tabell A3: Konsentrasjon av SF₆ i innkjøing av nordgående tunneløp gitt i % av konsentrasjonen i utløpet av nordgående tunneløp.

Forsøk	Koblingsgrad (%)
1	5,54
2	1,87
3	0,21
4	1,30
5	0,13

Vedlegg B

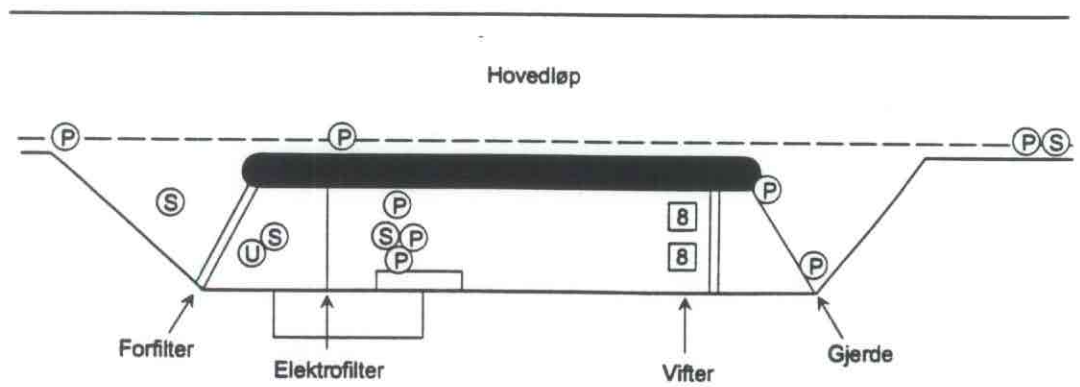
Tungmetallinnhold i svevestøv og støv på kondensatorplater

Tabell B1: Støvkonsentrasjoner og konsentrasjoner av tungmetaller i svevestøvet, samt tungmetallinnhold i støv fra kondensatorplater.

Støvtype	Prøve	Støvkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Metaller (ng/m^3)				
			Bly	Sink	Jern	Vanadium	Aluminium
Finfraksjon	22/3 Foran filter	96	19	30	2300	4,8	1180
	11/4 Foran filter	90	21	43	2300	3,5	1060
	22/3 Mellom filtere	111	17	79	2600	5,5	1300
	26/3 Mellom filtere	110	13	142	3900	7,3	45400
	22/5 Bak filtere	13	1,5	13	107	0,5	190
	26/3 Utløpene	72	20	44	2400	4,8	1200
Grovfraksjon	23/3 Foran filter	1111	160	820	42000	94	23000
	11/4 Foran filter	1301	200	920	54000	120	34000
	22/3 Mellom filtere	1697	190	1600	69000	140	46000
	26/3 Mellom filtere	2244	230	2200	84000	180	58000
	22/5 Bak filtere	25	2	24	630	1	500
	26/3 Utløpene	611	100	460	23000	49	14000
Kondensatorstøv 26/3	Metallinnhold $\mu\text{g}/\text{g}$		56	560	35000	62	14000

Vedlegg C

Instrumentplassering i rensesløyfe



Figur C1: Plassering av støvprøvetakere (S), sporstoffprøvetakere (P) og sporgassutslipp (U) i området ved renseløyfa.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 66/96	ISBN-82-425-0828-4 ISSN 0807-7207	
DATO 15.11.96	ANSV. SIGN. <i>Eystein Hov</i>	ANT. SIDER 16	PRIS NOK 30,-
TITTEL Måling av svevestøvkonsentrasjoner og luftstrøm i Ekeberg tunnelen i Oslo		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	NILU PROSJEKT NR. O-96059
		TILGJENGELIGHET * B	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Vegdirektoratet og Statens vegvesen, Oslo vegkontor Postboks 8142 Dep 0033 OSLO			
STIKKORD Sporgassteknikk	Vegtunneler	Svevestøv	
REFERAT Måling av uftstrøm og svevestøvkonsentrasjoner ble utført i Ekeberg tunnelens nordgående løp for å finne effekten av rensfiltrene i tunnelen. Målingen vist at det automatiske styringssystemet for innkopling av vifter i renseløyfa ikke fungerte. Målingene viste videre at luft som ble dratt gjennom renseløyfa ble rensert for 99% til 90% av svevestøvvinnholdet, og at opp til 45% av tunnellufta ble dratt gjennom renseløyfa.			
TITLE Measurements of airborne dust particles and airstreams in Ekeberg tunnelen, Oslo			
ABSTRACT			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres