

TEKNISK RAPPORT



HiST

Avdeling for Teknologi
Institutt for maskinteknikk

Adresse :
Sverresgt. 10B
7004 Trondheim
NORWAY

Telefon : 73 55 90 00
Fax : 73 55 96 81

Tittel:

Måling av virkningsgrad på støvrenseanlegg i Strømsåstunnelen

KUNDE(R) :

CTA International ASA

FORFATTER(E):

Finn Drangsholt

INSTITUTTBESTYRER :

Olav Skaret

GRADERING :

Åpen

DATO:

2001-11-05

Sammendrag :

HiST avdeling for teknologi har på oppdrag fra CTA International gjennomført virkningsgradsmålinger på fire takmonterte støvrenseanlegg i Strømsåstunnelen. Strømsåstunnelen som er på 3750 m inngår i veiforbindelsen E134 mellom Drammen og Mjøndalen.

Målingene er utført med partikkelteller type MetOne 200L. Måling og beregning av partikkelutskillingsgrad bygger på Eurovent 4/9. Resultatene som framkommer i rapporten gjelder for sommerforhold.

Målingene viser at enkelte av rensesstasjonene ikke oppnår garanterte renskrav for gitte fraksjonsområder.

KEYWORDS :

Dust cleaning system, efficiency testing, electrostatic precipitator

INNHold

SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	4
2 OPPBYGGING AV RENSEANLEGGET	4
3 GARANTERTE RENSEEFFEKTER	5
4 TESTPROSEDYRER FOR MÅLING AV FILTEREFFEKTIVITET	5
5 VALG AV MÅLEUTSTYR OG MÅLEMETODE	7
6 TESTBETINGELSER OG RESULTAT	8
6.1 resultat stasjon A	8
6.2 resultat stasjon B	9
6.3 resultat stasjon C	10
6.4 resultat stasjon D	11
7 OPPSUMMERING	12
Vedlegg 1 : Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon A	14
Vedlegg 2 : Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon B	15
Vedlegg 3 : Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon C	16
Vedlegg 4 : Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon D	17
Vedlegg 5 : Plassering av måleslanger	18

SAMMENDRAG

Strømsåstunnelen med en lengde på 3750 meter inngår i veiforbindelsen E134 mellom Drammen og Mjøndalen. Tunnelen som har toveis trafikk og langsgående ventilasjon er utstyrt med fire takmonterte renseanlegg for fjerning av støv og partikler fra tunnellufta. Renseanleggene er plassert med en innbyrdes avstand på ca 700 meter.

Tunnelventilasjonen er dimensjonert for 208 m³/s. Av dette skal 160 m³/s trekkes gjennom hver av rensesasjonene. Hver rensesasjon er oppbygd av forfilter, elektrostatfilter og aksialvifte. Forfilter og elektrostatfilter er utstyrt med automatisk vaskesystem.

Virkningsgradmålingene er utført ved hjelp av partikkelteller utlånt fra NEMKO. Måling og beregning av partikkelutskillingsgrad bygger på Eurovent 4/9. Det er benyttet fire målepunkt oppstrøms rensesasjonen og 4 målepunkt medstrøms rensesasjonen. Til partikkeltelling er det benyttet laser partikkelteller av type MetOne 200L. Det benyttes én partikkelteller som suksessivt teller partikler oppstrøms og medstrøms rensesasjonen.

Virkningsgradmålingene i Strømsåstunnelen ble gjennomført 17. oktober 2001. Testsituasjonen avvek noe fra ordinær drift idet impulsviftene i hovedtunnelen ikke var operative under testen. Luftstrømning gjennom tunnelen ble derfor etablert ved hjelp av vifter i rensesasjonene.

Før oppstart av målingene ble lufthastigheten over hvert elektrostatfilter kontrollert ved hjelp av hastighetsmåler. I tillegg ble lufttemperatur og fuktighet registrert. Parallelt med partikkeltelling ble oppstrøms støvkonsentrasjonen registrert ved hjelp av en elektronisk støvvekt.

Partikkeltellingene viste til tider at lufta i tunnelen inneholder få partikler større en 5 µm. For å oppnå en viss oppløsning på beregningsresultatene har en ved bearbeiding av måledataene derfor foretatt stryking av delresultat når middelveidien av to påfølgende oppstrøms tellinger er lavere enn 10. Resultater fra virkningsgradmålingene er oppsummert i tabell. Verdier markert med rød farge angir ikke oppnådde renseseffekter i henhold til tabell oversendt fra Statens vegvesen.

Garanterte og målte renseseffekter - sommerforhold

Partikkelstørrelse	Renseeffekt [%]				
	CTA-garanti	A	B	C	D
0.3 – 1.0 µm	88	83.2	97.1	97.2	92.7
1.0 – 5.0 µm	92	94.2	94.3	91.0	94.7
5.0 – 10 µm	92	96.5	93.1	81.8	88.3
> 10 µm	93	-	-	-	-

Av tallmaterialet i vedlegg 1-4 vil en se at virkningsgraden over tid for fraksjonsområdet 1 - 5 µm har en avtagende tendens for samtlige rensesasjoner. Videre vil en for fraksjonsområdet 5 - 10 µm observere lave verdier på enkelte delresultat. Dette kan indikere at elektrostatfilteret slipper støv etter hvert som kollektert mengde tiltar.

1 INNLEDNING

Utbygging av E 134 mellom Drammen og Mjøndalen er det største prosjektet i Vegpakke Drammen. Vegens hovedhensikt er å lede gjennomgangstrafikken ut fra Drammen sentrum. Strekningen er på ca 12 km og går fra Bangeløkka til Nedre Eiker bru. Fra Bangeløkka føres ny E134 gjennom Strømsåstunnelen til Bjørkelia. Strømsåstunnelen har en lengde på 3750 m. Tunnelen er toveiskjørt med en forventet trafikkbelastning på 12500 kjøretøyer i døgnet (ÅDT). Tunnel og vegstrekning ble åpnet for ordinær trafikk tirsdag 16. oktober 2001. Figur 1.1 viser geografisk plassering av tunnelen.



Figur 1.1 Veinett rundt Drammen

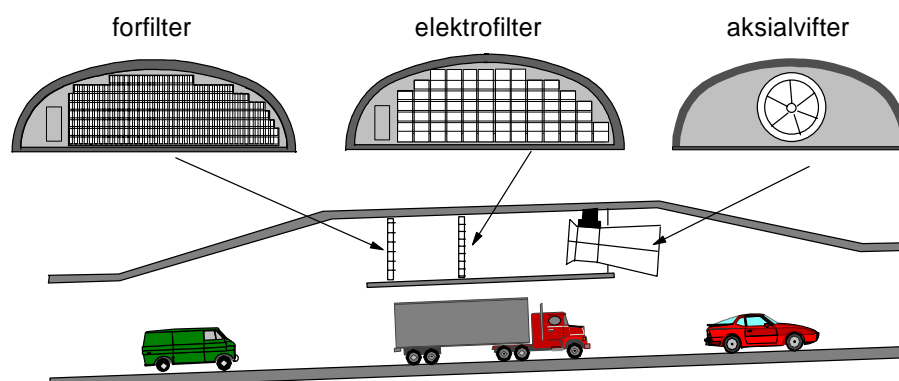
Strømsåstunnelen langsluftes med innsug fra Bangeløkka og utblåsing på Bjørkelia. I tunnelen er det installert 4 renseanlegg (A,B,C og D) for fjerning av støv og partikler. Renseanleggene er plassert på elementdekker hengt opp i utvidelser i hengen. Anleggene er plassert med ca. 700 meters innbyrdes avstand. Tunnelventilasjonen er dimensjonert for en luftmengde på $208 \text{ m}^3/\text{s}$.

2 OPPBYGGING AV RENSEANLEGGET

Rensestasjonene i Strømsåstunnelen har som formål å fjerne partikulære forurensninger fra luften slik at støvkonsentrasjonen i tunnelen holdes på et akseptabelt nivå. Rensestasjonene som skal behandle en luftmengde på $160 \text{ m}^3/\text{s}$ er takmonterte og består av forfilter, elektrostatfilter og aksialvifte.

Grovstøv skilles ut i forfilteret som er bygd opp av kassetter fylt med et stålull-liknende materiale. Finstøv fjernes fra luftstrømmen ved hjelp av et moduloppbygd elektrostatfilter bestående av 78 celler. Her lades støv ved passering av et kraftig elektrostatisk felt og skilles ut på oppsamlingsplater. Forfilter og elektrofilter er utstyrt med automatisk vaskeanlegg som

med gitte intervaller vasker ut oppsamlet støv. Forurenset vaskevann deponeres i oppsamlingstanker.



Figur 1.2 viser skjematisk oppbygging av rensestasjonen

3 GARANTERTE RENSEEFFEKTER

CTA International har i kontrakt med Statens vegvesen oppgitt følgende garanterte renseseffekter ved kontroll med partikkelteller :

Tabell 3.1 Garanterte renseseffekter

Partikkelstørrelse	Renseeffekt [%]	
	Vinterforhold	Sommerforhold
0.01 – 1.0 μm	87	88
2.0 – 5.0 μm	89	92
5.0 – 10 μm	90	92
> 10 μm	94	93

For målinger av partikler mindre enn 0.1 μm trengs svært avansert og kostbart måleutstyr. Slikt utstyr har ikke vært tilgjengelig for dette prosjektet. Resultater presentert i denne rapporten vil derfor ikke omfatte partikler mindre enn 0.3 μm .

4 TESTPROSEDYRER FOR MÅLING AV FILTEREFFEKTIVITET

De to standarder, ASHRAE 52.1 og EUROVENT 4/9 beskriver tre ulike testprosedyrer som kan benyttes til å vurdere et luftfilters evne til å fjerne partikulære forurensninger. Standardene er primært beregnet på laboratorietesting av filter som skal benyttes i generell ventilasjonssammenheng.

ASHRAE's avsvritingstest er basert på måling av gjennomsnittelighet i prøvetakingsfiltre som eksponeres for luftprøver hentet oppstrøms og medstrøms testfilteret. Testfilterets

virkningsgrad bestemmes ved å sammenlikne lysgjennomgangen i prøvetakingsfiltrene. Virkningsgraden (E) beregnes ved hjelp av likning (1):

$$E = 100 * (1 - (S_u/S_d) * (Y_d/Y_u)) [\%] \quad (1)$$

S_u : eksponeringstid - oppstrøms prøvetakingsfilter

S_d : eksponeringstid - medstrøms prøvetakingsfilter

Y_u : gjennomsnittlighet - oppstrøms prøvetakingsfilter

Y_d : gjennomsnittlighet - medstrøms prøvetakingsfilter

Testmetoden krever ASHRAE teststøv og instrumentering for måling av gjennomsnittlighet.

ASHRAE's utskillingstest er identisk med tilsvarende metode beskrevet i EUROVENT 4/9. Testen utføres ved at en kjent mengde teststøv tilføres luftstrømmen oppstrøms test-filteret. Støv som ikke skilles ut i testfilteret fanges opp i et på forhånd veid absoluttfilter (HEPA). Testfilterets utskillingsgrad (A) beregnes ved hjelp av likning (2) :

$$A = 100 * (1 - (W_d/W_u)) [\%] \quad (2)$$

W_d : vekt på støv oppsamlet i HEPA-filteret

W_u : vekt på tilført teststøv

Testmetoden krever ASHRAE teststøv og støvvekt med høy oppløsning/nøyaktighet.

EUROVENT's partikkeltest utføres ved å telle partikler oppstrøms og medstrøms testfilteret innenfor gitte fraksjonsområder. Antall fraksjonsområder og størrelsen på disse er knyttet til valg av måleutstyr. Partikkelutskillingsgraden er definert som forholdet mellom antall partikler utskilt i filteret og antall partikler registrert oppstrøms filteret.

Effektivitetsmålingene utføres ved en serie på 13 tellinger med varighet på 60 sekunder, utført suksessvis oppstrøms og medstrøms filteret. Mellom hver telling utføres renspyling med varighet på 60 sekunder. Partikkelutskillingsgraden (E1) for en repetisjon beregnes etter følgende uttrykk :

$$E1 = (1 - (2 * n_2 / (N1 + N3))) * 100 \quad [\%]$$

$N1$: partikkelantall oppstrøms filteret ved tidspunkt 1

n_2 : partikkelantall medstrøms filteret ved tidspunkt 2

$N2$: partikkelantall oppstrøms filteret ved tidspunkt 3

Endelig virkningsgrad skal være middelverdien av de seks repetisjonene E1.. E6. Som teststøv anbefaler EUROVENT at det benyttes latexpartikler eller forstøvet DEHS. Testmetoden krever bruk av partikkelteller og ventilarrangement for skifting mellom oppstrøms og medstrøms måleplan. Alternativt kan 2 samkalibrerte partikkeltellere benyttes.

Verken ASHRAE 52 eller EUROVENT 4/9 beskriver metoder for uttesting av filter i felt. Feltinstallasjoner kjennetegnes gjerne ved store dimensjoner, variabel forekomst av partikulære forurensninger og vanskelig måleteknisk tilgjengelighet. For større installasjoner vil kunstig tilførsel av partikulære forurensninger av praktiske årsaker som oftest være

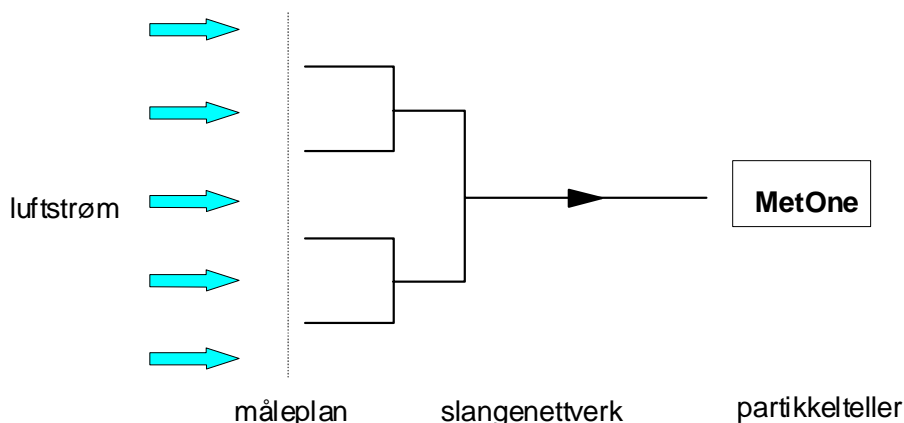
uaktuell. Utprøving av større anlegg må derfor baseres på partikulære forurensninger generert av de virkelige forurensningskildene som inngår i renseprosessen. Ved gjennomføring av virkningsgradsmålinger i felt må det derfor vurderes om noen av testmetodene beskrevet i standardene kan tilpasses det aktuelle måleobjektet.

5 VALG AV MÅLEUTSTYR OG MÅLEMETODE

Måling og beregning av partikkelutskillingsgrad vil bygge på Eurovent 4/9. Det benyttes fire målepunkt oppstrøms rensestasjonen og 4 målepunkt medstrøms rensestasjonen.

Målepunktene koples i parallell via et symmetrisk slangenettverk som vist på figur 5.1. Slangenettverket er koplet slik at total slangelengde fra måleplan til partikkelteller blir lik for alle målepunkt (12 m).

Avsugd luftmengde i hvert målepunkt avstemmes med lufthastigheten i tunnelen, slik at avsugget blir tilnærmet isokinetisk. Figur 5.1 viser slangearrangementet.



Figur 5.1. Slangearrangement for isokinetisk prøvetaking

Til partikkeltelling benyttes partikkelteller av type MetOne med måleområde 0.3 – 10 μm . Måleområdet er inndelt i fem fraksjoner (0.3-0.5 μm , 0.5-1.0 μm , 1.0-3.0 μm , 3.0-5.0 μm og 5.0-10 μm). Det benyttes én partikkelteller som suksessivt teller partikler oppstrøms og medstrøms rensestasjonen. Veksling mellom oppstrøms og medstrøms måleplan skjer automatisk ved hjelp av ventilsjalter som styres i sekvens fra en PC.

Til måling av støvmengde oppstrøms elektrofilteret er det benyttet en elektronisk støvvekt av merke pDR1200. Instrumentet har et måleområde fra 0.001 til 400 mg/m^3 .

Oppstrøms målepunkter plasseres i forkant av forfilteret. Medstrøms målepunkter plasseres i bakkant av elektrostatfilteret. Målepunktene plasseres slik at de hver dekker $\frac{1}{4}$ av strømningsarealet i rensestasjonen.

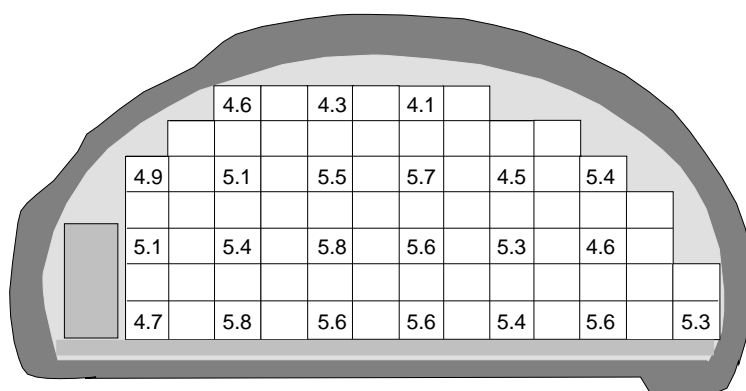
6 TESTBETINGELSER OG RESULTAT

Virkningsgradmålingene i Strømsåstunnelen ble gjennomført 16. og 17. oktober 2001. Det ble utført innledende målinger på stasjon B den 16. oktober fra kl. 20.30 til 01.00. Garanti-målingene ble gjennomført onsdag 17. oktober. Rensestasjonene ble målt i rekkefølgen B, D, C og A. Testsituasjonen avvek noe fra ordinær drift idet impuls-viftene i hovedtunnelen ikke var operative under testen. For å etablere et hastighetsfelt gjennom tunnelen ble det av CTA besluttet å driftsette viftene i 3 av de 4 rensestasjonene. Under test av rensestasjon A, ble viftene i stasjon B og C benyttet. Test av rensestasjon B ble utført med viftene i stasjon C og D i drift. Test av rensestasjon C ble utført med viftene i stasjon B og D i drift, mens test av rensestasjon D ble utført med viftene i stasjon B og C i drift.

Effektivitetsmålinger i henhold til eurovent 4/9 ble repetert 3 ganger for stasjonene A, C og D og 4 ganger for stasjon B. Resultatene som presenteres i de etterfølgende avsnitt representerer middelverdier fra alle måleseriene. Partikkeltellingene viser til tider at lufta i tunnelen inneholder få partikler større en $5 \mu\text{m}$. For å oppnå en viss oppløsning på beregningsresultatene har en ved bearbeiding av måledataene derfor foretatt stryking av delresultat når middelverdien av to påfølgende oppstrøms tellinger er lavere enn 10. I vedlegg 1.4 vil del-virkningsgrader som ikke er medtatt i beregningene være markert med blå farge og fet skrifttype.

6.1 Resultat rensestasjon A

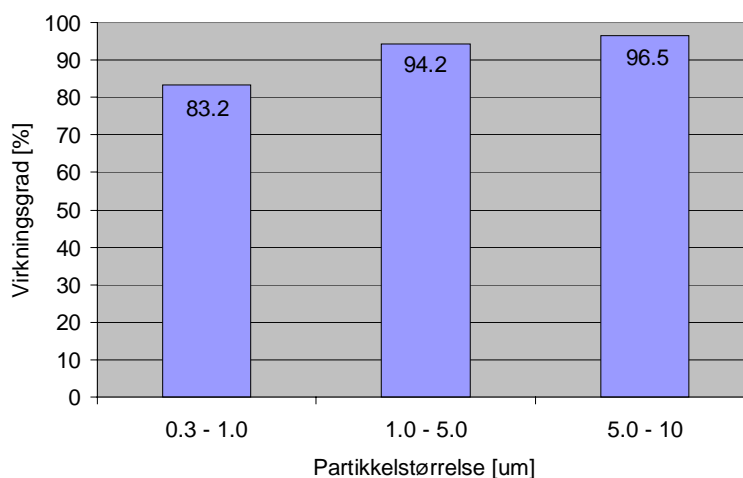
Lufthastigheten over elektrostatfilteret ble kontrollert ved hjelp av hastighetsmåler (SwemaAir30). Resultatet av målingene er vist i figur 6.1. På bakgrunn av målingene beregnes middelhastigheten over filteret til 5.2 m/s , og luftstrømmen gjennom rensestasjonen beregnes til $152 \text{ m}^3/\text{h}$.



Figur 6.1 Hastighetsmålinger stasjon A

Under forsøkene som ble utført mellom kl 18.00 og 19.30 ble det foretatt registrering av støvkonsentrasjon, temperatur og fuktforhold i tunnelen. Registreringene viste en midlere lufttemperatur på $13.5 \text{ }^\circ\text{C}$ og relativ fuktighet 65 \% RH . Midlere støvkonsentrasjon under måleperioden ble målt til $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Virkningsgrader basert på partikkeltelling (MetOne) er vist grafisk i figur 6.2. Tallmaterialet inklusive delresultater er presentert i vedlegg 1.

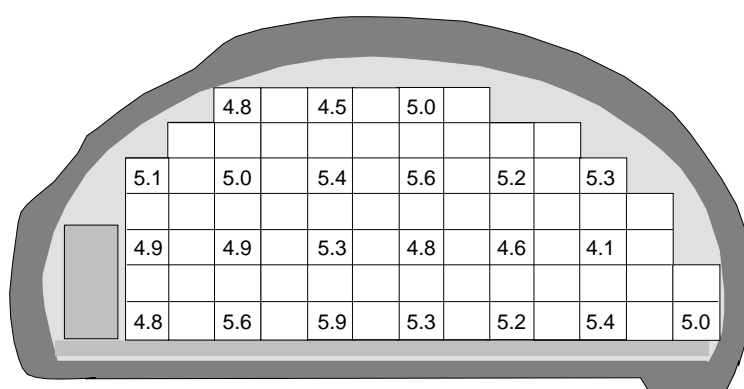


Figur 6.4 Resultat av virkningsgradsmålinger – stasjon B

For fraksjonsområde 5.0 – 10 µm vil en hvis *alle* delresultat medtas i beregningen få en virkningsgrad på 96.6 %.

6.2 Resultat rensestasjon B

Lufthastigheten over elektrostatfilteret ble kontrollert ved hjelp av hastighetsmåler (SwemaAir30). Resultatet av målingene er vist i figur 6.3. På bakgrunn av målingene beregnes middelhastigheten over filteret til 5.1 m/s, og luftstrømmen gjennom rensestasjonen beregnes til 149 m³/h.

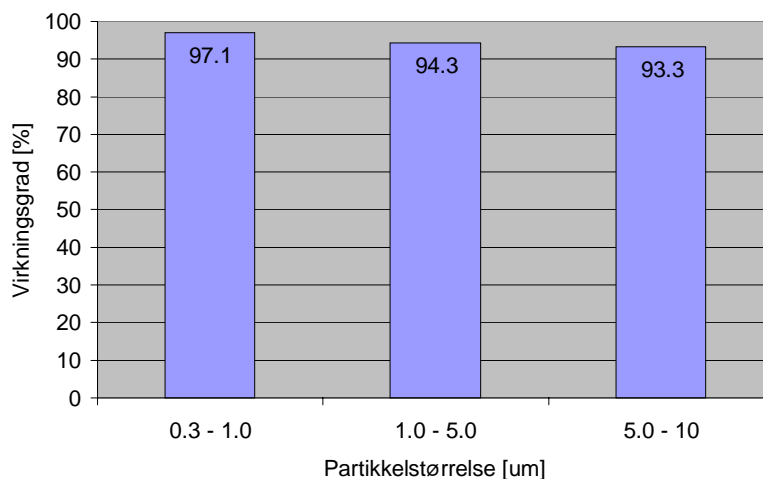


Figur 6.3 Hastighetsmålinger stasjon B

Under forsøkene som ble utført mellom kl 10.40 og 12.20 ble det foretatt registrering av støvkonsentrasjon, temperatur og fuktforhold i tunnelen. Registreringene viste en midlere

lufttemperatur på 12.5 °C og relativ fuktighet 76 % RH. Midlere støvkonsentrasjon under måleperioden ble målt til 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Virkningsgrader basert på partikkeltelling (MetOne) er vist grafisk i figur 6.4. Tallmaterialet inklusive delresultater er presentert i vedlegg 2.

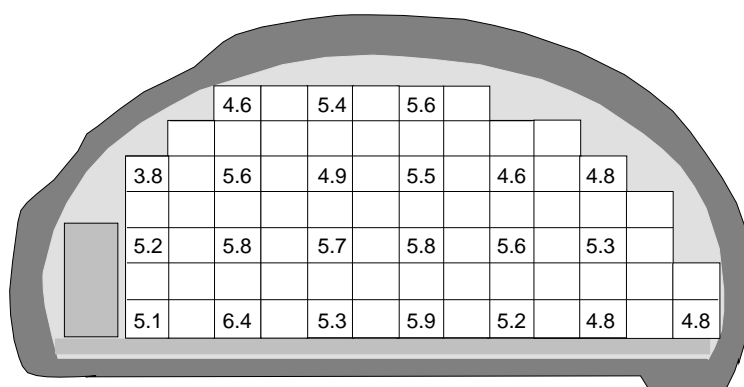


Figur 6.4 Resultat av virkningsgradsmålinger – stasjon B

For fraksjonsområde 5.0 – 10 μm vil en hvis *alle* delresultat medtas i beregningen få en virkningsgrad på 89.7 %.

6.3 Resultat rensestasjon C

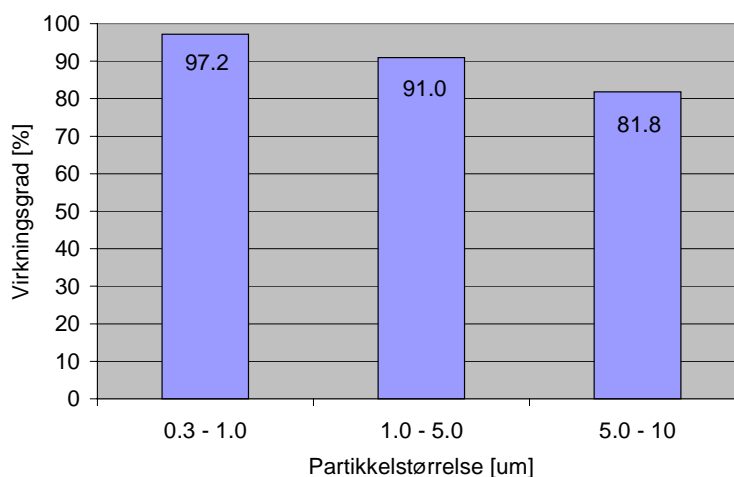
Lufthastigheten over elektrostatfilteret ble kontrollert ved hjelp av hastighetsmåler (SwemaAir30). Resultatet av målingene er vist i figur 6.5. På bakgrunn av målingene beregnes middelhastigheten over filteret til 5.3 m/s, og luftstrømmen gjennom rensestasjonen beregnes til 154 m^3/h .



Figur 6.5 Hastighetsmålinger stasjon C

Under forsøkene som ble utført mellom kl 15.40 og 17.20 ble det foretatt registrering av støvkonsentrasjon, temperatur og fuktforhold i tunnelen. Registreringene viste en midlere lufttemperatur på 15 °C og relativ fuktighet 69 % RH. Midlere støvkonsentrasjon under måleperioden ble målt til 107 µg/m³.

Virkningsgrader basert på partikkeltelling (MetOne) er vist grafisk i figur 6.6. Tallmaterialet inklusive delresultater er presentert i vedlegg 3.



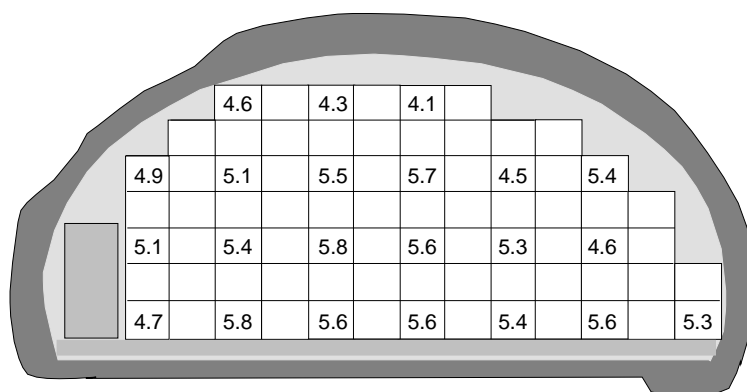
Figur 6.6 Resultat av virkningsgradsmålinger – stasjon C

For fraksjon 5.0 – 10 µm fremkommer to delresultat på henholdsvis 33.3 % og 46.3 % (markert med rødt i vedlegg 3). Lave virkningsgrader på enkeltresultat kan skyldes svakhet med målemetoden som er følsom for ujevn trafikk. Lave virkningsgrader på grovfraksjoner kan også være en indikasjon på at elektrofilteret slipper støv. Skyldes resultatet metodefeil er det riktig å se bort fra målingene. Virkningsgrad for fraksjon 5.0 – 10 µm beregnes da til 88.2 %. Skyldes resultatet støvslipp og manglende etterfilter, skal målingene være med i beregningen, og resultatet blir som vist på figur 6.6.

For fraksjonsområde 5.0 – 10 µm vil en hvis *alle* delresultat medtas i beregningen få en virkningsgrad på 81.9 %.

6.4 Resultat rensestasjon D

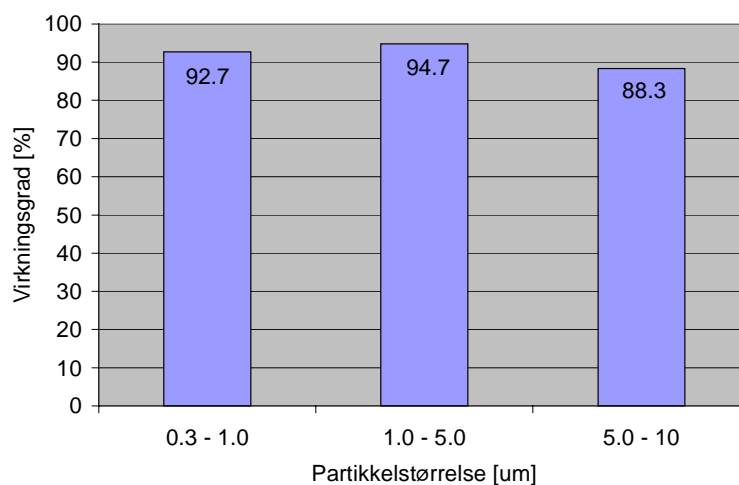
Lufthastigheten over elektrostatfilteret ble kontrollert ved hjelp av hastighetsmåler (SwemaAir30). Resultatet av målingene er vist i figur 6.7. På bakgrunn av målingene beregnes middelhastigheten over filteret til 5.1 m/s, og luftstrømmen gjennom rensestasjonen beregnes til 148 m³/h.



Figur 6.7 Hastighetsmålinger stasjon D

Under forsøkene som ble utført mellom kl 13.30 og 15.00 ble det foretatt registrering av støvkonsentrasjon, temperatur og fuktforhold i tunnelen. Registreringene viste en midlere lufttemperatur på 14.5 °C og relativ fuktighet 79 % RH. Midlere støvkonsentrasjon under måleperioden ble målt til 107 µg/m³.

Virkningsgrader basert på partikkeltelling (MetOne) er vist grafisk i figur 6.8. Tallmaterialet inklusive delresultater er presentert i vedlegg 4.



Figur 6.8 Resultat av virkningsgradsmålinger – stasjon D

For fraksjonsområde 5.0 – 10 µm vil en hvis *alle* delresultat medtas i beregningen få en virkningsgrad på 82.6 %.

7 OPPSUMMERING

Tabell 7.1 oppsummerer garanterte rensekrav og måleresultat for sommerforhold. Resultatene er middelerverdier der delresultat er sortert ut når middelerdien av to påfølgende oppstrøms tellinger er lavere enn 10. I tabellen er verdier som ligger under garantert rensekrav markert med rødt.

Tabell 7.1 Garanterte og målte renseseffekter - sommerforhold

Partikkelstørrelse	Renseeffekt [%]				
	CTA-garanti	A	B	C	D
0.3 – 1.0 µm	88	83.2	97.1	97.2	92.7
3.0 – 5.0 µm	92	94.2	94.3	91.0	94.7
5.0 – 10 µm	92	96.5	93.1	81.8	88.3
> 10 µm	93	-	-	-	-
Tidspunkt test :		18:06-19:29	10:41-12:42	15:43-17:05	13:30-14:54
Støvbelastning :		56µg/m ³	61µg/m ³	107µg/m ³	107µg/m ³

Av tallmaterialet i vedlegg 1-4 vil en se at virkningsgraden over tid for fraksjonsområdet 1 - 5 µm har en avtagende tendens for samtlige rensestasjoner. Videre vil en for fraksjonsområdet 5 - 10 µm observere lave verdier på enkelte delresultat. Dette kan indikere at elektrostatfilteret slipper støv.

Karbonpartikler (eksos) kan pga. høy ledningsevne miste ladning og reinjiseres etter at de er kollektet. Støvslipp kan også forårsakes av trykksvingninger som oppstår når større kjøretøy passerer en rensestasjon. Måleutstyret som er benyttet i denne testen evner i liten grad å detektere støvslipp når dette skjer i form av større flak.

Vedlegg 1. Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon A

Antall partikler pr 2.8 l

Klokkeslett	>0.3 [um]	>0.5 [um]	>1.0 [um]	>2.0 [um]	>5.0 [um]	>10 [um]
18:06:53	73661	7653	946	214	10	0
18:08:56	8205	461	35	6	0	0
18:10:59	140111	16911	1922	356	23	2
18:13:02	8292	549	37	5	0	0
18:15:06	93200	12040	1625	342	26	2
18:17:09	6139	304	30	6	0	0
18:19:12	142436	14610	1432	279	21	5
18:21:15	7356	372	26	4	1	0
18:23:19	82357	8805	1206	288	18	1
18:25:22	4932	254	19	5	1	0
18:27:25	112117	12228	1732	426	22	3
18:29:28	6609	357	21	3	0	0
18:31:31	93416	8961	1240	267	22	2
18:35:38	98168	10730	1627	401	21	0
18:37:41	10072	491	24	1	0	0
18:39:45	130942	12622	1515	345	20	0
18:41:48	20375	1153	77	14	0	0
18:43:51	118326	11189	1368	331	18	0
18:45:54	42975	2720	172	29	1	0
18:47:58	175467	19634	2321	472	18	1
18:50:01	34263	1866	169	28	0	0
18:52:04	73253	6766	879	196	11	0
18:54:07	12894	863	67	7	0	0
18:56:11	77267	7617	1008	234	9	1
18:58:14	5382	410	28	6	0	0
19:00:17	30133	3398	388	74	2	0
19:04:24	220289	40064	4477	609	19	1
19:06:27	47132	4861	428	30	2	0
19:08:30	214984	32483	4263	707	41	2
19:10:33	44133	3124	266	22	0	0
19:12:37	223206	16064	1690	321	21	1
19:14:40	63228	1891	105	13	0	0
19:16:43	193097	13315	1396	303	20	3
19:18:46	55835	1766	121	22	0	0
19:20:50	235121	15844	1627	324	19	0
19:22:53	59493	2236	166	27	4	0
19:24:56	149505	11103	1177	249	12	3
19:26:59	39623	1841	137	18	1	0
19:29:03	194680	17143	1994	435	20	2

Virkningsgrad

0.3 - 1.0 [um]	1.0 - 5.0 [um]	5.0 - 10 [um]
92.3	97.5	100.0
92.8	97.9	100.0
94.7	98.0	100.0
93.4	98.1	93.9
94.9	98.8	94.4
93.5	98.6	100.0
91.1	98.5	100.0
83.5	94.6	100.0
70.5	90.6	94.3
72.2	89.3	100.0
82.7	92.8	100.0
89.9	96.0	100.0
78.1	90.2	93.0
79.7	91.0	100.0
69.4	93.1	100.0
73.8	91.9	100.0
68.9	88.3	71.4
76.8	91.3	92.6
83.2	94.2	96.5

Vedlegg 2. Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon B

Antall partikler pr 2.8 l

Klokkeslett	>0.3 [um]	>0.5 [um]	>1.0 [um]	>2.0 [um]	>5.0 [um]	>10 [um]
10:41:08	185942	24290	2910	529	31	1
10:43:11	474	45	6	1	0	0
10:45:15	11573	1378	212	67	8	1
10:47:18	1021	58	6	1	0	0
10:49:21	96672	11037	1312	231	16	0
10:51:24	559	32	1	0	0	0
10:53:28	113962	13160	1475	279	18	0
10:55:31	6811	765	162	62	8	1
10:57:34	148218	17154	1769	317	17	0
10:59:38	1003	75	20	3	0	0
11:01:41	208870	25503	2716	430	18	1
11:03:44	1723	263	91	19	0	0
11:05:47	11866	1389	213	47	1	0
11:10:54	61029	8050	589	97	5	0
11:12:58	1785	139	14	2	0	0
11:15:01	84574	12086	881	110	4	1
11:17:04	5920	436	44	17	1	0
11:19:07	283519	41065	4165	723	35	1
11:21:11	11432	857	205	104	4	0
11:23:14	284346	40011	4936	1025	43	5
11:25:17	2309	192	65	37	2	0
11:27:20	13779	1268	191	47	0	0
11:29:24	1424	98	19	8	0	0
11:31:27	40449	3878	438	84	2	0
11:33:30	2725	153	34	15	3	0
11:35:34	59350	5576	561	105	5	0
11:40:14	251277	31289	3416	572	23	3
11:42:17	7701	501	127	55	4	1
11:44:20	272274	38901	5445	1131	45	6
11:46:24	3754	329	112	46	1	0
11:48:27	95978	12764	2073	476	26	12
11:50:30	4686	361	87	35	3	0
11:52:33	139323	19094	2821	586	37	6
11:54:37	3900	224	40	5	1	0
11:56:40	140031	17893	2862	599	18	0
11:58:43	3486	210	33	13	0	0
12:00:47	136240	14159	1767	380	14	2
12:02:50	2039	129	35	10	0	0
12:04:53	103481	10461	1363	301	13	1
12:18:06	80701	9517	1115	210	9	1
12:20:09	6320	871	280	71	1	0
12:22:13	166111	18097	2325	485	22	3
12:24:16	1436	488	168	47	3	0
12:26:19	32242	3712	596	141	9	1
12:28:23	1638	194	84	33	0	0
12:30:26	62872	6865	959	256	11	1
12:32:29	1236	158	60	14	0	0
12:34:32	60297	6940	885	183	7	0
12:36:36	2612	292	91	26	0	0
12:38:39	101079	12468	1412	271	15	0
12:40:43	5094	691	274	82	3	0
12:42:46	28129	3322	573	143	3	0

Virkningsgrad

0.3 - 1.0 [um]	1.0 - 5.0 [um]	5.0 - 10 [um]
99.5	99.6	100.0
98.1	99.2	100.0
99.5	99.9	100.0
94.9	90.4	60.0
99.4	99.1	100.0
98.5	93.7	100.0
97.5	98.1	100.0
96.8	98.3	94.6
96.0	95.5	88.9
98.5	97.5	89.5
94.8	93.9	100.0
94.6	93.8	14.3
97.1	97.2	89.8
98.0	97.0	96.2
96.0	96.5	86.7
97.2	98.6	95.9
97.5	98.6	100.0
98.3	97.7	100.0
95.0	83.6	92.6
98.7	88.6	77.8
96.7	89.1	100.0
98.1	93.4	100.0
96.8	92.0	100.0
92.4	72.4	66.7
97.1	94.3	93.1

Vedlegg 3. Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon C

Antall partikler pr 2.8 l

Klokkeslett	>0.3 [um]	>0.5 [um]	>1.0 [um]	>2.0 [um]	>5.0 [um]	>10 [um]
15:43:45	304667	38189	3861	656	25	2
15:45:48	5867	218	17	5	1	0
15:47:51	405564	68634	5632	897	35	5
15:49:55	19694	1189	147	18	0	0
15:51:58	367987	67850	5900	914	41	4
15:54:01	17830	989	83	17	1	0
15:56:04	291895	49831	4232	589	19	2
15:58:08	7184	289	23	9	0	0
16:00:11	270302	40692	3677	557	16	1
16:02:14	10307	463	54	21	1	0
16:04:18	150557	17124	1736	282	12	0
16:06:21	5696	309	66	27	3	0
16:08:24	214415	25904	2646	508	20	1
16:12:31	199644	28806	3242	586	22	2
16:14:34	4449	373	106	44	3	0
16:16:37	247292	42498	5537	1046	41	4
16:18:41	5177	708	280	99	2	0
16:20:44	125449	16691	2053	373	15	2
16:22:47	3388	567	211	67	2	0
16:24:50	204149	25693	2743	506	11	1
16:26:54	3558	589	267	77	1	0
16:28:57	190775	21374	2172	410	16	1
16:31:00	4190	612	221	65	2	0
16:33:04	149273	16207	1647	305	11	0
16:35:07	1900	485	214	60	2	0
16:37:10	42651	4337	508	96	4	0
16:41:17	180051	19924	1930	363	10	2
16:43:20	6365	1189	595	154	8	0
16:45:23	202140	22141	1955	336	17	1
16:47:27	5384	842	400	133	4	0
16:49:30	119498	13008	1369	229	11	2
16:51:33	1563	170	61	18	2	0
16:53:36	97052	10229	1063	216	7	0
16:55:40	3423	345	142	51	1	1
16:57:43	125882	14444	1482	270	8	0
16:59:46	4136	349	142	45	4	1
17:01:50	218645	26719	2398	401	16	2
17:03:53	6094	686	342	155	7	0
17:05:56	211120	26712	2419	378	13	1

Virkningsgrad

0.3 - 1.0 [um]	1.0 - 5.0 [um]	5.0 - 10 [um]
98.3	99.7	96.2
94.9	97.4	100.0
94.5	98.4	96.3
97.4	99.4	100.0
95.1	98.0	92.6
96.9	97.1	80.6
98.0	97.6	89.5
97.3	92.6	92.0
98.0	91.2	82.6
98.3	89.1	92.0
97.6	88.4	84.6
98.2	80.2	73.3
96.9	69.6	33.3
96.9	76.0	68.0
98.6	95.1	75.0
97.0	88.9	100.0
97.7	92.8	72.7
97.3	86.0	46.2
97.2	91.0	81.8

(88.2)

Vedlegg 4. Partikkelmålinger og beregnet virkningsgrad – stasjon D

Antall partikler pr 2.8 l

Klokkeslett	>0.3 [um]	>0.5 [um]	>1.0 [um]	>2.0 [um]	>5.0 [um]	>10 [um]
13:30:27	181173	24671	2928	459	11	1
13:32:31	2829	144	19	7	0	0
13:34:34	30251	3908	655	169	5	0
13:36:37	3266	163	8	1	0	0
13:38:40	137202	17802	2256	434	17	1
13:40:44	5926	330	21	5	0	0
13:42:47	9458	934	110	25	1	0
13:44:50	1447	67	6	0	0	0
13:46:53	153996	19378	2249	408	15	0
13:48:57	1616	82	11	5	1	0
13:51:00	35538	3688	456	88	5	1
13:53:03	2010	296	140	70	12	0
13:55:07	41285	4504	624	123	9	0
14:01:22	115126	13122	1509	281	18	2
14:03:25	18744	994	50	6	0	0
14:05:28	208726	23434	1948	260	10	0
14:07:31	13703	708	31	2	0	0
14:09:35	300541	42038	3547	496	13	0
14:11:38	16736	845	67	12	0	0
14:13:41	32835	3050	284	40	2	0
14:15:44	2905	150	13	5	0	0
14:17:47	33430	3098	289	54	2	0
14:19:51	9517	425	31	4	0	0
14:21:54	279415	33511	2792	379	17	2
14:23:57	29649	1544	125	27	0	0
14:26:00	311310	37362	3038	419	22	4
14:30:07	382411	54424	4622	639	24	3
14:32:10	41093	2420	309	103	3	0
14:34:14	317444	39179	3201	436	10	0
14:36:17	23379	1327	187	68	4	0
14:38:20	231315	25850	2393	337	11	0
14:40:23	33988	1975	287	97	4	0
14:42:27	330491	41786	3842	524	14	0
14:44:30	27010	1881	417	153	3	0
14:46:33	302701	44594	5503	1111	48	3
14:48:36	24695	1767	456	185	6	0
14:50:40	205380	27246	3168	602	19	0
14:52:43	9548	647	145	50	0	0
14:54:46	184338	24200	3019	563	10	1

Virkningsgrad

0.3 - 1.0 [um]	1.0 - 5.0 [um]	5.0 - 10 [um]
97.3	98.9	100.0
96.0	99.4	100.0
91.8	98.2	100.0
98.2	99.5	100.0
98.3	99.3	89.5
95.1	76.0	-84.6
88.3	97.1	100.0
94.6	98.9	100.0
89.9	96.5	100.0
91.2	95.4	100.0
93.9	98.0	100.0
89.9	95.7	100.0
88.2	92.1	80.6
91.5	93.4	61.9
87.9	90.9	68.0
91.5	91.1	89.8
90.3	89.5	81.3
95.1	95.3	100.0
92.7	94.7	88.3

Vedlegg 5. Plassering av måleslanger