

# Renholdsforsøk 2016

Strindheimtunnelen og Haakon VII gate i Trondheim  
Stordalstunnelen i Møre og Romsdal

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 432



Brynhild Snilsberg og Dagfin Gryteselv

**Tittel**

Renholdsforsøk 2016

**Undertittel**

Strindheimtunnelen og Haakon VII gate  
i Trondheim  
Stordalstunnelen i Møre og Romsdal

**Forfatter**

Brynhild Snilsberg og Dagfin Gryteselv

**Avdeling**

Vegavdelingen

**Seksjon**

Drift, vedlikehold og vegteknologi

**Prosjektnummer**

604144

**Rapportnummer**

Nr. 432

**Prosjektleder**

Brynhild Snilsberg

**Godkjent av**

Øystein Larsen

**Emneord**

Drift, renhold, vasking, utstyr, feiemaskin,  
tunnel, gate, vegstøv, svevestøv, PM10,  
dokumentasjon

**Sammendrag**

Renholdsforsøk ble utført i Trondheim våren 2016 i tunnel (Strindheimtunnelen, betonghvelv) og gate (Haakon VII gate), samt i Møre og Romsdal høsten 2016 (Stordalstunnelen, metallplater på vegg). Dette er en videreføring av forsøkene som ble gjennomført i 2015 (Statens vegvesen rapport nr. 619). Ulike metoder for å dokumentere renhet ble benyttet: måling av renhet på vegbanen med WDS (wet dust sampler), måling av lyshet i tunnel, måling av spor, ujevnhet, tekstur og friksjon på vegbanen, og måling av gjenværende fukt på vegbanen.

**Title**

Road cleaning in tunnel and street, 2016

**Subtitle**

Strindheim tunnel and Haakon VII street  
in Trondheim  
Stordal tunnel in Møre and Romsdal

**Author**

Brynhild Snilsberg and Dagfin Gryteselv

**Department**

Roads Department

**Section**

Operation, Maintenance and Road  
Technology

**Project number**

604144

**Report number**

No. 432

**Project manager**

Brynhild Snilsberg

**Approved by**

Øystein Larsen

**Key words**

Maintenance, cleaning, equipment,  
tunnel, street, road dust, PM10,  
documentation

**Summary**

To document methods and equipment for cleaning of tunnels and roads, field tests were performed with different machinery and documentation methods (cleanness, light emission, rutting, unevenness, texture, friction and humidity).

## Forord

Som en oppfølging fra renholdsforsøk utført i Trondheim i 2015, ble det gjennomført nye forsøk 9.–11. mai 2016 i Strindheimtunnelen og i Haakon VII gate i Trondheim samt 4.–5. oktober 2016 i Stordalstunnelen i Møre og Romsdal.

Hensikten med forsøkene var å dokumentere effekt av rengjøringstiltak med ulike metoder/maskiner, med tanke på å forbedre utstyr og metoder for rengjøring av vegoverflate og tunnelhvelv. Ulike typer utstyr som finnes for rengjøring av tunnel og veg ble sammenlignet, og forskjeller i effekt ble dokumentert gjennom bruk av ulike metoder som er nærmere beskrevet i rapporten.

Dette har vært samarbeidsprosjekt mellom Mesta AS, Trondheim Bydrift, Veidekke/Ottem og Statens vegvesen. Vi ønsker å gi en stor takk til alle involverte som stilte opp for å delta i forsøkene. Trondheim kommune og Statens vegvesen har dekt de fleste kostnadene til dokumentasjon og analyser. I tillegg bidro Statens väg- og transportforskningsinstitut i Sverige (VTI) og Norconsult med målinger.

Brynhild Snilsberg og Dagfin Gryteselv

Trondheim, desember 2017

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Innholdsfortegnelse .....	2
Sammendrag .....	3
1. Innledning .....	8
1.1 Strindheimtunnelen .....	9
1.2 Haakon VII gate .....	10
1.3 Stordalstunnelen .....	11
1.4 Beregnet asfaltslitasje.....	12
2. Formål .....	14
2.1 Renhold i tunnel .....	14
2.2 Renhold av veger og gater.....	15
3. Rengjøringsutstyr .....	16
3.1 Strindheimtunnelen .....	16
3.2 Haakon VII gate .....	20
3.3 Stordalstunnelen .....	23
4. Forsøksparametere og vaskeprosedyrer .....	25
4.1 Strindheimtunnelen .....	25
4.2 Haakon VII gate .....	27
4.3 Stordalstunnelen .....	28
5. Måleparametere og metoder.....	29
5.1 Måleparametere.....	29
5.2 Dokumentasjonsmetoder .....	30
6. Resultater .....	38
6.1 Strindheimtunnelen .....	38
6.2 Haakon VII gate .....	47
6.3 Stordalstunnelen .....	53
7. Konklusjoner .....	55
8. Forslag til videre arbeid .....	59
Vedlegg 1: Sikkerhetsdatablad på maling i Strindheimtunnelen.....	61
Vedlegg 2: Asfaltresepter .....	65
Vedlegg 3: Sikkerhetsdatablad for såpe.....	67
Vedlegg 4: Rapport fra Norconsult på lyshetsmåling i tunnel .....	83
Vedlegg 5: Rapport fra VTI på renhet av vegbanen .....	101

## Sammendrag

Renholdsforsøk ble utført i Trondheim våren 2016 i tunnel (Strindheimtunnelen, betonghvelv) og gate (Haakon VII gate), samt i Møre og Romsdal høsten 2016 (Stordalstunnelen, metallplater på vegg). Ulike metoder for å dokumentere renhet ble benyttet: måling av renhet på vegbanen med WDS (wet dust sampler), måling av lyshet i tunnel, måling av spor, ujevnhet, tekstur og friksjon på vegbanen, og måling av gjenværende fukt på vegbanen.

### FORSØKSFELT

#### Haakon VII gate

I Haakon VII gate ble det testet en renholdsmaskin med tørt vakuumsug med PM2,5 filter og uten bruk av børster (Disa-Clean) og en feiemaskin med roterende høytrykkdyser kombinert med vakuumsug «rotorclean» (ValAir).

Tabell 1: Forsøksfelt Haakon VII gate

Felt	Maskin	Arbeidshastighet	Utførelse
1	Disa-Clean 130	10 km/t	Tørt oppsug, normal arbeidshastighet
2	Disa-Clean 130	10 km/t	Pålegging av vann etterfulgt av Disa-Clean (vått oppsug), normal arbeidshastighet
3	Disa-Clean 130	10 km/t	Pålegging av vann etterfulgt av Disa-Clean (vått oppsug), normal arbeidshastighet
4	Disa-Clean 130	10 km/t	Høytrykksspyling med oppsug (egen enhet med pumpe-/sugebil) etterfulgt av Disa-Clean (fuktig oppsug), normal arbeidshastighet
5	ValAir	10 km/t	Rotorclean, høy arbeidshastighet
6	ValAir	3 km/t	Rotorclean, normal arbeidshastighet

#### Strindheimtunnelen

I Strindheimtunnelen ble det foretatt en helvask på tre forsøksfelt. Vasking av vegg skulle utføres med poleringsbørste, men den fungerte ikke under forsøkene, og veggene ble derfor kun spylt. Helvasken inkluderte: 1. Feiing med Beam: frontkost på bankett og rotorclean på vegbane. 2. Såpepålegging armatur, tak og vegger (på to av tre felt), etterfulgt av spyling av armatur, tak og vegger. 3. Feiing med Beam: frontkost på bankett og rotorclean på vegbane.

Tabell 2: Forsøksfelt Strindheimtunnelen

Felt	Feiebil	Arbeidshastighet		Utførelse
		Feiebil	Vaskebil	
1	Beam	8 km/t	3 km/t	Helvask med såpe og høy arbeidshastighet
2	Beam	3 km/t	1-2 km/t	Helvask med såpe og normal arbeidshastighet
3	Beam	3 km/t	1-2 km/t	Helvask uten såpe og normal arbeidshastighet

## Stordalstunnelen

I Stordalstunnelen ble kun veggene rengjort for å teste to ulike børstetyper samt spyling med vann: en poleringsbørste (Mesta) og en vaskekost (Veidekke/u.e. Ottem). Veggene hadde hvitmalte metallplater der forsøkene fant sted. To ulike såpetyper ble brukt.

Tabell 3: Forsøksfelt Stordalstunnelen

Felt	Utførelse
M1	Rengjøring med poleringsbørste, normal arbeidshastighet (3 km/t), såpe Bussvask
M2	Rengjøring med poleringsbørste, høy arbeidshastighet (5–7 km/t), såpe Bussvask
M3	Rengjøring med høytrykksspyling, normal arbeidshastighet (3 km/t), såpe Bussvask
V1	Rengjøring med vaskebørste, normal arbeidshastighet (3 km/t), såpe Fannefjord
V2	Rengjøring med vaskebørste, høy arbeidshastighet (5–7 km/t), såpe Fannefjord
V3	Rengjøring med spyling middels trykk, normal arbeidshastighet (3 km/t), såpe Fannefjord

## RENHET PÅ VEGBANEN

Prøvetaking med WDS II ble brukt for å måle mengde støv på vegen (partikkelstørrelse mindre enn 5 mm og mindre enn 180 mikrometer) før og etter rengjøring. For tunnelrengjøringen ble det også prøvetatt med WDS II etter vegbanen og banketten ble feid første gang. Det største støvdepotet før rengjøring er i kanten av vegen, mens det laveste nivået er i hjulspor. Det er også en del støv mellom hjulsporene og i midten av vegen/mellom kjørefelt. Dype spor og asfaltskader gir dårligere rengjøringsresultat pga at maskinene ikke tilpasser seg underlaget. Andel uorganisk materiale (mineralpartikler) i støvet ligger på 90 vekt%. Partikkelstørrelsen på vegstøvet øker etter rengjøring, noe som tyder på at maskinene effektivt tar opp det fineste støvet (< 0,180 mm).

## Strindheimtunnelen

I tunnel ble det målt med WDS II før rengjøring, etter bankett og vegbane var rengjort første gang, og etter helvasken var gjennomført. Forsøket viser ingen klar effekt på renhet på vegbanen med eller uten bruk av såpe. Fordelingen av støv på tvers av vegen er noenlunde lik før og etter rengjøring: lite på bankett, mye i vegkant, lite i hjulspor og litt mellom hjulspor og mellom kjørefelt. Det er kun børstesystemet på feiebilene som kommer inntil banketten, og dette fungerer ikke godt nok for å forflytte støvet inn mot oppsugingsystemet til feiebilene.

Erfaringene fra tunnelvaskingen viser at man kanskje bør ha mindre fokus støv som er grodd fast i teksturen i asfalten, og heller konsentrere renholdet på løsere støv på vegbanen, bankett og havarilommer/snusnisjer. Det bør være større frekvens på feiing av vegbane, bankett, havarilommer/snusnisjer og lignende, og færre halv- og helvasker i tunnel. Det bør utvikles utstyr som mer effektivt rengjør området inn mot banketten/kantstein.

## Haakon VII gate

Under forsøkene ble Disa-Clean og rotorclean systemene sammenlignet. Disa-Clean rengjør effektivt løse partikler på vegoverflaten med vakuumsug ved en fremdriftshastighet på 10 km/t. Maskinen kjører tørt og kan derfor brukes hele året uavhengig av vegbanetemperatur.

Koster er kapslet inn så de ikke virvler opp støv til omgivelsene, og den har filter som samler opp partikler ned til 2,5 mikrometer fra luftstrømmen før den slippes ut til omgivelsene. Rotorclean har normalt en fremdriftshastighet på 3 km/t ved bruk av høytrykksspyling i kombinasjon med kraftig oppsug. For å sammenligne disse systemene ble Disa-Clean kjørt på tørr vegbane, på fuktet vegbane, og med en høytrykkspyleenhet utviklet av Trondheim Bydrift. Disa-Clean ble kjørt i 10 km/t som er normal fremdriftshastighet. Rotorclean ble kjørt i 3 og 10 km/t. Resultater fra måling med WDS II viser at Disa-Clean med høytrykksvask i 10 km/t og rotorclean i 3 km/t er mest effektivt. Rotorclean i 3 km/t er 57 % mer effektiv enn ved 10 km/t. Disa-Clean i kombinasjon med høytrykksvask i 10 km/t er 35 % mer effektiv enn rotorclean i 10 km/t. Også Disa-Clean i kombinasjon med pålegging av vann før oppsug i 10 km/t er 10 % mer effektiv enn rotorclean i 10 km/t. Dette betyr at Disa-Clean er mer effektiv enn rotorclean ved høyere arbeidshastigheter.

Kraftig oppsug er effektivt for å fjerne løst vegstøv, og høytrykksspyling er viktig for å løsrive fastgrodd vegstøv i teksturen til asfalten. Det kan se ut som om at fast dyserekke muliggjør høyere fremdriftshastighet og god rengjøringseffekt sammenlignet med roterende spyledyser. Lavere arbeidshastighet gir bedre renhet på vegbanen, men vil redusere fremdriften og gi økt ressursforbruk.

Resultater fra renhetsmåling med WDS II utført av VTI foreligger som egen rapport:

VTI rapport 953 (se Vedlegg 5)

[\[https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/utvardering-av-stadmaskiners-formaga-att-reducera-\\_1163217\]](https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/utvardering-av-stadmaskiners-formaga-att-reducera-_1163217)

## LYSHET

### Måling av luminans og illuminans

#### Strindheimtunnelen

Forsøkene i Strindheimtunnelen har sett på forskjellige metoder for vask av tunnelvegger og gulv. Det er vist at bruk av såpe, hastighet på vaskebil og feiebil alle har innvirkning på forskjellige deler av det resulterende belyningsnivået og/eller luminansnivået i tunnelen. I tillegg til den direkte strømbesparende potensialet kommer også de subjektive og psykiske faktorene som må tas hensyn til i forhold til brukernes brukerkomfort i tillegg til direkte trykghetseffekt.

For nivå på veibanen er det vask av armaturer som bidrar direkte til nivået på vegbanen, mens vask av tunnelvegger bidrar til en lysere tunnel men ikke vesentlig til nivået på vegbanen.

Sammenlignet med målinger i 2015 kan det konkluderes at tunnelen var gjennomgående mørkere både før og etter tiltak i 2016. Det kan følgelig antas at det er ikkereversible effekter ved overflatene som har endret seg i perioden mellom målinger i 2015 til 2016.

Resultater fra lyshetsmåling utført av Norconsult foreligger som egen rapport (se Vedlegg 4).

## A4 ark med fargeskala

Lysket ble målt med en fargeskala fra 10 – 100 % der 10 er helt hvitt og 100 % er helt svart. Det ble vurdert hvor på skalaen tunnelveggen lå før og etter vask. Dette er en enkel, rask og lite ressurskrevende metode. Men den er avhengig av at tunnelveggen er malt med en type maling som ikke endrer farge over tid og er lett å rengjøre.

### Strindheimtunnelen

Rengjøring av tunnelhvelv betongelement er mer effektivt med bruk av såpe enn uten såpe, og normal arbeidshastighet gir litt bedre resultat enn høy arbeidshastighet.

### Stordalstunnelen

Normal arbeidshastighet og bruk av såpe ga best resultat på lysket. Mekanisk påvirkning er også mer effektivt for å fjerne støv fra tunnelvegg enn kun spyling. Polerbørste fungerer bedre på malte metallflater enn vaskebørste med sener som ga riper i lakken. Polerbørsten ga en glatt overflate etter vask. De to såpetypene (Careq bussvask og Fannefjord) som ble bruk ga omtrent samme resultat.

## SPOR, UJEVNHET, TEKSTUR OG FRIKSJON

### Strindheimtunnelen

Det er målt samme spordybder (4 mm) på alle forsøksfeltene. Det er ikke registrert noen signifikant økning i MPD verdi etter rengjøring for noen av feltene, hverken i indre hjulspor, eller mellom hjulsporene. For friksjon er det for indre hjulspor statistisk sett en sannsynlighet (96 %) for en liten reduksjon i friksjon etter rengjøring. Reduksjon i snitt for alle tre felt er på 0,04. Mellom spor er det statistisk sett ingen signifikant endring, selv om alle felt viser en reduksjon.

### Haakon VII gate

Det er målt varierende spordybder på de enkelte forsøksfeltene, fra 9–27 mm. Fire av forsøksfeltene har spor som overstiger kravene i vedlikeholdsstandarden. Det samme gjelder for ujevnhet (IRI). Det er ikke registrert noen signifikant økning i MPD verdi etter rengjøring for noen av feltene, hverken i indre hjulspor, eller mellom hjulsporene. Generelt er friksjon målt høyere mellom hjulspor, enn i indre hjulspor. Forskjellen øker etter rengjøring.

## RESTFUKT PÅ VEGBANEN

Fukt på vegen etter vask ble registrert i tunnel og gate med Wettex-kluter. Hensikten med å måle restfukt er å se hvor effektivt rengjøringsbilene suger opp vaskevann ved å registrere mengde vann som ligger igjen på vegen etter rengjøring. Finstøv vil ligge igjen i vaskevannet hvis dette ikke fjernes. Forsøkene viste at kraftig oppsug er viktig for å få fjernet vann på vegoverflaten, men at dype spor hindrer effektivt oppsug.

### Strindheimtunnelen

Resultatene viser at feiemaskinen med rotorclean har et effektiv oppsug og etterlater vegoverflaten tilnærmet tørr etter oppsug.



## Haakon VII gate

Resultater viser at Disa-Clean og rotorclean etterlater vegoverflatene tilnærmet tørr etter oppsug, men at restfukt ser ut til å ha sammenheng med spordybde og andre skader i vegdekket.

## KUNNSKAPSOPPBYGGING

Renhold er en driftsoppgave som gjennomføres i driftskontrakter på regionsnivå. Mye av utstyrsutviklingen og kompetanseoppbyggingen har foregått der. Kunnskap om renhold krever samarbeid mellom mange fagmiljø i Statens vegvesen: vann, luft, tunnel, elektro, betong, vegdekker, miljø m.m. Det kan derfor være fornuftig å sette dette i system og gjennomføre et større FoU prosjekt på renhold av tunnel, gater og veger. På kort sikt kan det være fornuftig å gjennomføre fagdager og enkle forsøk.

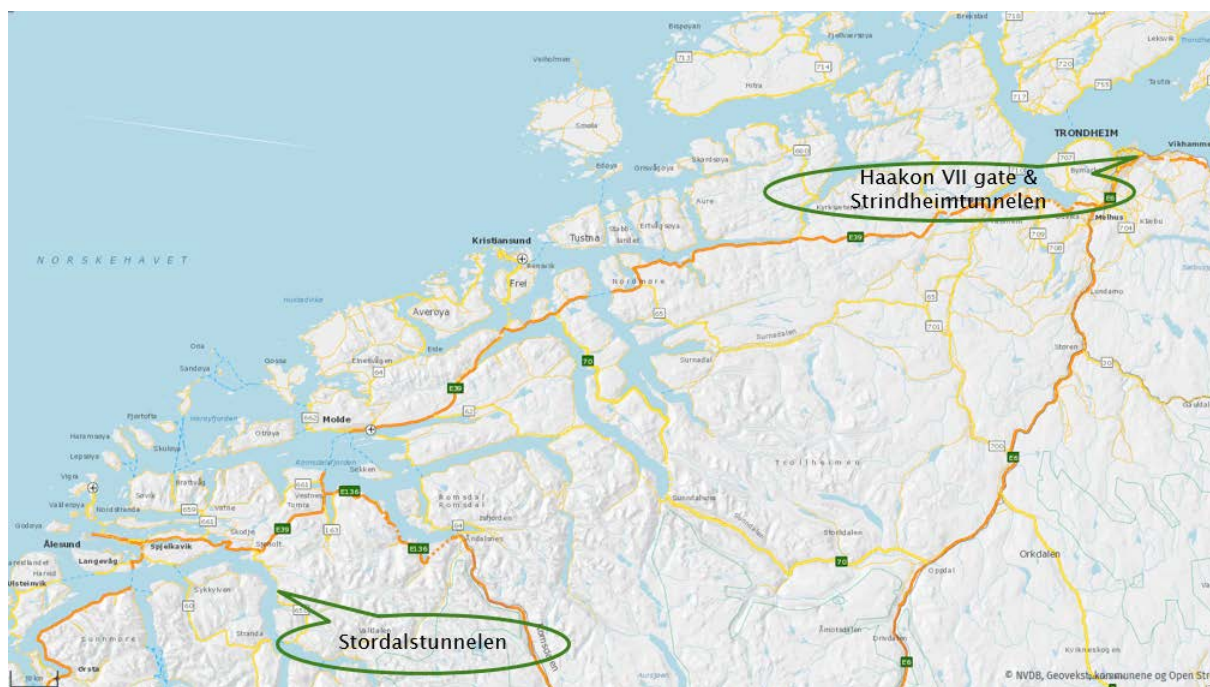
## 1. Innledning

Vegdekker slites hele året, og spesielt vinterstid pga. piggdekk, kjettinger og sanding. Dette kan føre til akkumulering av støv og skitt langs veier, gater og tunneler som kan forårsake dårlig luftkvalitet, dårlig sikt, dårlig visuell opplevelse og slitasje på teknisk utstyr. For å minimere dette problemet bør det gjennomføres renholdstiltak på en effektiv måte.

Tunnelrenhold kan være skilt ut som egne fagkontrakter, mens renhold av veier inngår i de ordinære driftskontraktene.

Renholdsforsøk som ble gjennomført i 2016:

- **Strindheimtunnelen** (Rv706) i Trondheim 9.–10. mai 2016 kl. 22–06: første helvask etter vinteren
- **Haakon VII gate** (Fv868) i Trondheim 10.–11. mai 2016 kl. 22–06: gaten var rengjort mindre enn en uke før forsøkene for å fjerne det meste av støvdepotet som hadde samlet seg opp gjennom vinteren. Dette ble gjort for at forsøkene skulle gjenspeile en ordinær rengjøring i bymiljø som foregår kontinuerlig gjennom hele vinteren.
- **Stordalstunnelen** (Fv650) i Møre og Romsdal 4.–5. oktober 2016 kl. 22–06: tunnelen ble sist vasket (helvask) månedsskiftet mai/juni, og skal i henhold til plan ha halvask i oktober.



Figur 1: Lokasjoner for renholdsforsøkene

## 1.1 Strindheimtunnelen

Strindheimtunnelen er en nybygd tunnel i Trondheim som ble åpnet i 2014. Den har 4 kjørefelt fordelt på 2 løp. Total lengde er ca. 2600 m på hvert løp, med to rampetunneler hver på ca. 350 m (350 meter betongtunnel/løsmassetunnel på Møllenberg i vest, og 2,1 km lang fjelltunnel fra Strindheim til Møllenberg). Laveste punkt på kjørebane er 15 m under havnivå. Kjørehastighet varierer med 60–80 km/t, og har en ÅDT på 8990 med 7 % lange kjøretøy. Betongelementene er malt lyse opp til ca. 4 meters høyde, se Vedlegg 1 for sikkerhetsdatablad.

Vi valgte ut 3 sammenlignbare strekninger i østgående tunnellop (fra Nedre Elvehavn mot Strindheim) på 300 meter hver, der felt 1 startet på laveste nivå i tunnelen. Alle feltene var i 80 km/t sonen med en helning på 2,24 % og tverrfall på 5 % (mot venstre i kjøreretning).

Asfalttypen i tunnelen er en Ska 16 med PMB og Ottersbo (Mølleverdi < 7), se asfaltresept i Vedlegg 2.

Strindheimtunnelen får en helvask (armatur, kabelbru, tak, vegger, bankett og vegbane) to ganger i året. Halvask av tunnelen (vegg opp til fire meter, bankett og vegbane) gjennomføres fire ganger i året. Vegbanen og bankettene feies og vaskes en gang i uka.



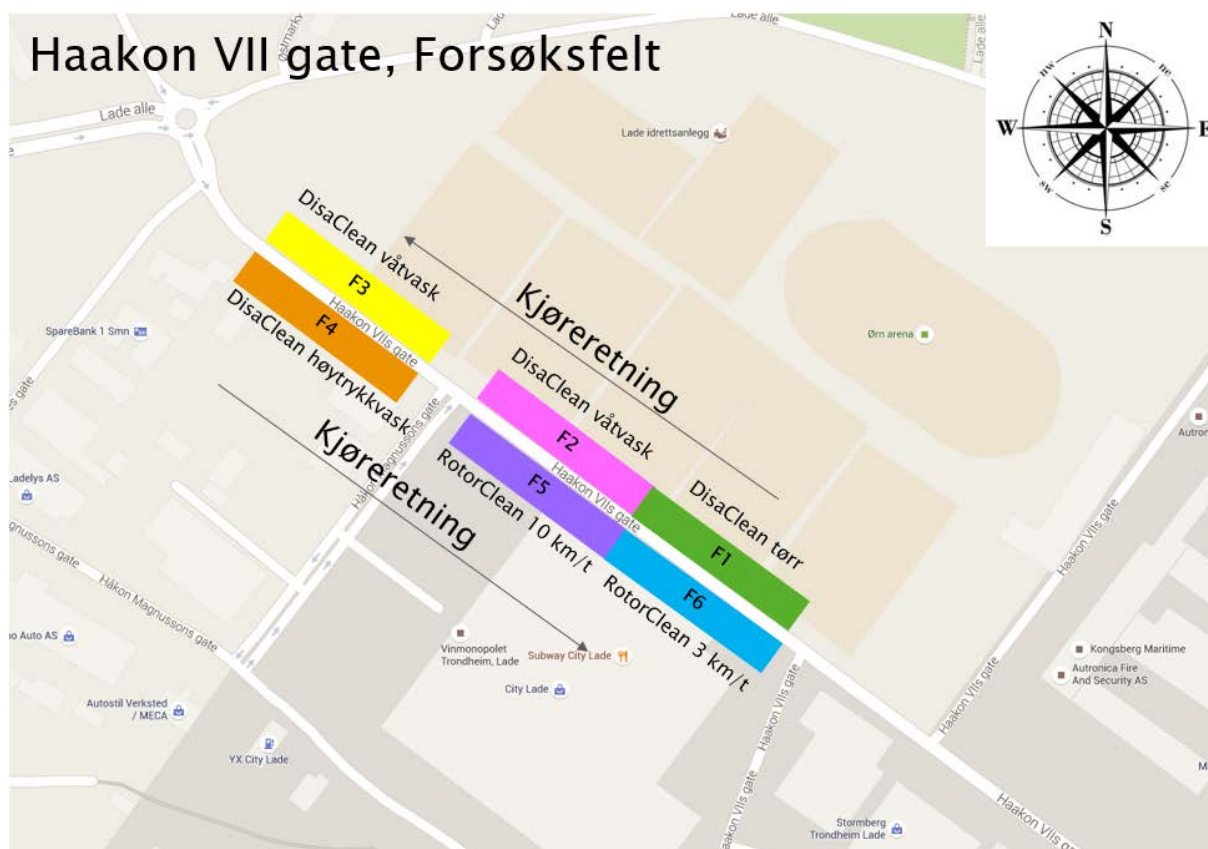
Figur 2: Oversikt over plassering av feltene som ble rengjort i Strindheimtunnelen, østgående tunnellop, høyre kjørefelt

## 1.2 Haakon VII gate

Haakon VII gate (Fv868) er en handlegate på Lade i Trondheim med 4 kjørefelt. Den er rett og uten noen helning/stigning. ÅDT ligger på 13 000 med 7 % lange kjøretøy. Vi målte opp 6 felt á 100 meter i høyre kjørefelt (ved Lade idrettsanlegg/fotballbanene) som skulle rengjøres.

Asfalttypen som ligger her er Ska 11 med bindemiddel 70/100 og steinmateriale Ottersbo (Mølleverdi < 7), se asfaltresept i Vedlegg 2.

Haakon VII gate blir ikke rengjort om vinteren, og det akkumuleres derfor støv gjennom hele vintersesongen. Under forsøkene i 2015 var det store mengder akkumulert støv i gaten, spesielt ved kantsteinen, og renholdsforsøkene dette året var derfor den første oppsamlingen av støv fra vintersesongen. For at forsøkene i 2016 skulle være mer rettet mot støvproblematikk i bysentrum der det er hyppigere renhold gjennom hele vintersesongen, ble det bestemt at gaten skulle få en enkel feiing ca. ei uke før forsøkene for å fjerne spesielt fastgrodd støv langs kantstein.



Figur 3: Oversikt over plassering av feltene som ble rengjort i Haakon VII gate, nordvestlig kjøreretning, høyre kjørefelt

Tabell 4: Oversikt over forsøksfeltene, feiemaskiner og kjørehastigheter

Felt	Feiemaskin	Kjørehastighet
Felt 1	Disa-Clean, tørt oppsug	10 km/t
Felt 2	Disa-Clean, vått oppsug	10 km/t
Felt 3	Disa-Clean, vått oppsug	10 km/t
Felt 4	Høytrykksspyling + Disa-Clean	10 km/t
Felt 5	ValAir rotorclean	10 km/t
Felt 6	ValAir rotorclean	3 km/t

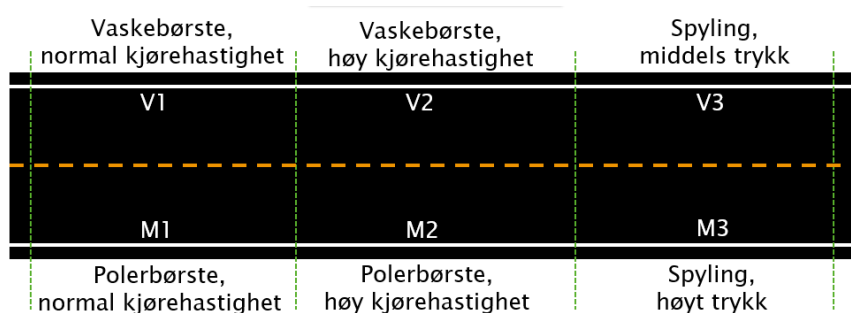
### 1.3 Stordalstunnelen

Stordalstunnelen ligger på Fv650 i Stordal kommune i Møre og Romsdal, sørøst for Ålesund. Den er 3,5 km lang med to kjørefelt, har en trafikkmengde på 1850 kjøretøy i døgnet, der 10 % er lange kjøretøy (2016 tall). Tunnelen ble åpnet i 1998. I tunnelen er det ca. 350 m sammenhengende metallhvelv i sørenden på Stordalssida, det er ca. 400 m sammenhengende Gjertsenduk, resten er råsprengt fjell.

Asfalten i tunnelen er en Agb16 med morenemasser fra Geitvika i Volda og delvis tunnelmasser fra driving av tunnelen. Alderen på dekket er ca. 20 år, det har ligget siden tunnelen ble åpnet i 1998.

Stordalstunnelen ble sist vasket i månedsskiftet mai/juni 2016 (helvask), med planlagt halvask i oktober.

Kun veggene i tunnelen ble vasket under forsøkene, opp til 4 m høyde.



Figur 4: Forsøksfelt i Stordalstunnelen

## 1.4 Beregnet asfaltslitasje

Piggdekkandelen i Region midt/Midt-Norge er på ca. 50 %, med litt lavere andel i Trondheim pga piggdekkgebyr har vært praktisert i perioder, og høyere andel utenfor Trondheim. Dette fører til mye asfaltslitasje og støvoppvirvling vinterstid, og store mengder PM10 partikler i lufta. Ut i fra dagens teknologi og prosedyrer er det trolig et stort potensiale i å utvikle bedre utstyr og metoder for å rengjøre vegoverflater og tunnelhvelv, spesielt på vinterstid når det er minusgrader på vegbanen så man ikke kan bruke vann ved rengjøring på veg ute i dagen. Støvdemping med salt har også sine ulemper, spesielt med tanke på miljø, korrosjon, friksjon, kostnader og akselerert slitasje (pga. at fuktig asfalt slites 3–5 ganger raskere enn tørr asfalt). I tunneler er det svært lite ønskelig med bruk av salt hovedsakelig på grunn av korrosjon av metall i elektroinstallasjoner, rømningsdører osv., men også pga. at støvet fester seg mer til tunnelveggene og blir vanskeligere å fjerne ved rengjøring.

Det er ofte begrensinger i hvor lenge man kan stenge en tunnel, og dette er gjerne satt til maksimalt 8 timer. Dette betyr at man må utføre rengjøring i tunnel på en rask og effektiv måte. I tillegg har tunneler ofte et nødbasseng av vann med tanke på slukking av en eventuell brann i tunnelen. Dette bassenget brukes gjerne for å etterfylle vaskebilene, men det skal ikke tappes for mye ned, slik at vaskebilene som må ta vann fra tunnelen bør ha et lavt vannforbruk.

Ved rengjøring av veier og gater i bymiljø er vannforbruk et mindre problem siden det er god tilgang til oppfylling av vaskevann. Men rengjøringen her bør også være rask og effektiv for å rekke alle områder som bør rengjøres med minst mulig hinder for trafikken.

Asfaltdekker slites spesielt på vinterstid pga. piggdekk, kjettinger og vegstøv. Typiske verdier for slitestyrke (spesifikk piggdekk slitasje – SPS) for personbiler med piggdekk (tunge kjøretøy antas å tilsvare 5 personbiler):

- Ska 5–10 g/km
- Ab 15–20 g/km
- Agb 15–30 g/km

Disse verdiene variere mye fra sted til sted avhengig av steinstørrelse, steinkvalitet, kjørehastighet, vegutforming, fukt, klima osv., men kan brukes til å gi et grovt anslag på hvor stor piggdekksslitasjen vil være og hvor store mengder med støv som må fjernes i løpet av en vintersesong.

I de neste tre avsnittene er asfaltslitasjen beregnet for Strindheimtunnelen, Haakon VII gate og Stordalstunnelen. I tillegg vil det være andre kilder til støv i tunnelen som eksos, slitasje av bremses, misting av last osv.

### Strindheimtunnelen

Hvis vi tar et regneeksempel fra Strindheimtunnelen kan vi se at piggdekksslitasjen vil utgjøre store mengder slitasjestøv som akkumuleres og som må fjernes i løpet av vintersesongen:

- ÅDT: 8990 (7 % tunge kjøretøy), piggdekkandel: 40 %
- SPS: 5 g/km (Ska 16 med PMB og Ottersbo)

- Lengde: 2,6 km

#### Asfaltslitasje per dag:

- Lette kjøretøy med pigg:  $(8990 \cdot 0,93 \cdot 0,4) \cdot 5 \text{ g/km} \cdot 2,6 \text{ km} = 43,5 \text{ kg/dag}$
- Tunge kjøretøy med pigg:  $(8990 \cdot 0,07 \cdot 0,4) \cdot 5 \cdot 5 \text{ g/km} \cdot 2,6 \text{ km} = 16,4 \text{ kg/dag}$
- SUM 59,9 kg/dag

#### I løpet av en vintersesong (1. november–1. søndag etter påske≈6 måneder≈180 dager):

- $59,9 \text{ kg/dag} \cdot 180 \text{ dager/år} = 11 \text{ tonn/år}$

#### Haakon VII gate

For veg i dagen vil forholdene være tilsvarende, men en del av det fineste asfaltstøvet (svevestøv, det vil si partikler mindre enn 75–100  $\mu\text{m}$ ) vil bli virvlet opp i luften av trafikk og vind under tørre forhold og transportert bort fra vegen.

Hvis vi tar et regneeksempel fra Haakon VII kan vi se at piggdekkslitasjen vil utgjøre store mengder slitasjestøv og svevestøv:

- ÅDT: 13 000 (7 % tunge kjøretøy), piggdekkandel: 40 %
- SPS: 10 g/km (Ska11 med Ottersbo)

#### Asfaltslitasje per dag (ved kjøring på bar veg):

- Lette kjøretøy med pigg:  $(13\ 000 \cdot 0,93 \cdot 0,4) \cdot 10 \text{ g/km} = 48,4 \text{ kg/km/dag}$
- Tunge kjøretøy med pigg:  $(13\ 000 \cdot 0,07 \cdot 0,4) \cdot 5 \cdot 10 \text{ g/km} = 18,2 \text{ kg/km/dag}$
- SUM 66,6 kg/km/dag

#### I løpet av en vintersesong (1. november–1. søndag etter påske≈6 måneder≈180 dager):

- $66,6 \text{ kg/km} \cdot 180 \text{ dager/år} = 12 \text{ tonn/km/år}$

Ca. 20 % av det nyproduserte vegstøvet er svevestøv (2,4 tonn/km/år).

#### Stordalstunnelen

For Stordalstunnelen kan piggdekkslitasjen beregnes ut fra følgende verdier:

- ÅDT: 1 850 (10 % tunge kjøretøy), piggdekkandel: 54 %
- SPS: 20 g/km (Agb16 med morene/tunnelmasse)
- Lengde: 3,5 km

#### Asfaltslitasje per dag:

- Lette kjøretøy med pigg:  $(1\ 850 \cdot 0,9 \cdot 0,54) \cdot 20 \text{ g/km} \cdot 3,5 \text{ km} = 62,9 \text{ kg/dag}$
- Tunge kjøretøy med pigg:  $(1\ 850 \cdot 0,1 \cdot 0,54) \cdot 5 \cdot 20 \text{ g/km} \cdot 3,5 \text{ km} = 35,0 \text{ kg/dag}$
- SUM 97,9 kg/dag

#### I løpet av en vintersesong (1. november–1. søndag etter påske≈6 måneder≈180 dager):

- $97,9 \text{ kg/dag} \cdot 180 \text{ dager/år} = 17 \text{ tonn/år}$

## 2. Formål

Formålet med forsøkene var å sammenligne ulike typer utstyr som finnes for rengjøring av tunnel og veg, og dokumentere forskjeller i effekt gjennom bruk av forskjellige metoder. Resultatene fra forsøket kan gi grunnlag for å sette konkrete krav til utstyr, prosedyrer og dokumentasjon inn i våre kontrakter, konkurransegrunnlag eller håndbøker.

### 2.1 Renhold i tunnel

Hensikten med renhold i tunnel er å redusere støvoppvirvling for å opprettholde god sikt og forlenge levetiden til tunnelen. Trafikksikkerhet, framkommelighet og levetid på utstyr m.m. i tunnelanlegg er svært viktig, og man ser at lager i vifter og pumper er utsatt for slitasje pga. av svevestøv og små partikler i vann. I Statens vegvesen sin Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold står det:

*Tunnelrenhold skal bidra til positiv opplevelse for trafikantene gjennom å sikre en estetisk tiltalende og sikker tunnel, godt arbeidsmiljø for de som utfører arbeidet i tunnelen samt minst mulig aggressivt miljø og best mulig funksjon for objekter installert i tunnel, blant annet:*

- *Opprettholde god effekt av tunnellys*
- *Opprettholde god sikt og visuell ledning for trafikantene*
- *Bidra til lav støvkonsentrasjon i tunnelluften*
- *Bidra til forlenget levetid for installasjoner og lave driftskostnader*

*ved å fjerne uønskede og fremmede gjenstander, materialer og belegg.*

I dagens driftskontrakter er kravet til tunnelvask at det skal bli «tilstrekkelig rent». Det er ingen konkrete krav til lyshet eller mengde støv som kan være igjen i vegbanen. Utfordring ligger i å dokumentere og sette krav til dette, og i disse forsøkene ble ulike metoder benyttet til dokumentasjon som for eksempel måling av lyshet i tunnelen, tekstur og støv på vegbanen og banketten.

I R610 skiller det mellom helvask, halvask og teknisk rengjøring:

*Renhold: Hel*

- *Rengjøring av kjørebane og skulder med oppsamling av masser*
- *Rengjøring av tak og vegger*
- *Rengjøring av sideplasserte og overhengende skilt, bommer inklusive belysning, kjørefeltsignaler, nødstasjoner med utstyr, dører, kameraer, belysningsarmatur/kabelbru, buffere, ventilatorer*
- *Tømming av sandfang (se også kap. 2.8 Avvannings- og dreneringssystem)*
- *Rengjøring av kjørebane og skulder*

*Renhold: Halv*

- *Rengjøring av kjørebane og skulder med oppsamling av masser*
- *Rengjøring av vegger*



- Rengjøring av sideplasserte og overhengende skilt, bommer inklusive belysning, kjørefeltsignaler, nødstasjoner med utstyr, dører, kameraer, belysningsarmatur/kabelbru, buffere
- Rengjøring av kjørebane og skulder
- Vegg regnes opp til høyde 3,5 meter der skillet mellom vegg og tak er uklart

#### Renhold: Teknisk

- Rengjøring av sideplasserte og overhengende skilt, bommer inklusive belysning, kjørefeltsignaler, nødstasjoner med utstyr, dører, kameraer, belysningsarmatur/kabelbru, buffere
- Rengjøring av kjørebane og skulder

## 2.2 Renhold av veger og gater

Hensikten med renhold av veger og gater er å fjerne skitt og smuss for hovedsakelig å sikre god luftkvalitet i byer og tettsteder. I Statens vegvesen sin Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold står det:

*Renhold skal sikre vegbanens funksjon (friksjon, vannavrenning, synlighet), miljøforhold (luftkvalitet), universell utforming og estetikk ved fjerning av uønskede og fremmede gjenstander, materialer og belegg.*

*Renhold skal utføres uten at det medfører støvplage for omgivelsene.*

I dagens driftskontrakter i by settes det i noen tilfeller krav til type utstyr (type børster, mengde vann, vanntrykk, spyledyser, nedre funksjonstemperatur) som skal brukes til renhold, men ikke krav til resultat på vegbanen. Flere av de største byene i Norge har utfordringer med dårlig lokal luftkvalitet forårsaket av vegtrafikk, spesielt partikulært materiale (PM). Hovedkildene til PM10 forurensning i byer er slitasje av vegdekket, eksos, vedfyring og byggevirksomhet. Fra 2016 er Forurensningsforskriften endret, og i 2018 vil det bli vurdert om verdier for 2020 skal innføres. Dette vil øke krav til effekt av rengjøring og støvdemping.

	Før	2016	2020?
PM10	<p>Årsmiddel-konsentrasjon: maksimalt 40 µg/m<sup>3</sup></p> <p>Døgnmiddel-konsentrasjon: 50 µg/m<sup>3</sup> med maksimalt 35 tillatte overskridelser</p>	<p>Årsmiddel-konsentrasjon: maksimalt 25 µg/m<sup>3</sup></p> <p>Døgnmiddel-konsentrasjon: 50 µg/m<sup>3</sup> med maksimalt 30 tillatte overskridelser</p>	<p>Årsmiddel-konsentrasjon: maksimalt 22 µg/m<sup>3</sup></p> <p>Døgnmiddel-konsentrasjon: 50 µg/m<sup>3</sup> med maksimalt 15 tillatte overskridelser</p>
PM2,5	<p>Årsmiddel-konsentrasjon: maksimalt 25 µg/m<sup>3</sup> (blir gjeldende i 2015)</p>	<p>Årsmiddel-konsentrasjon: maksimalt 15 µg/m<sup>3</sup></p>	<p>Årsmiddel-konsentrasjon: maksimalt 12 µg/m<sup>3</sup></p>

Figur 5: Krav til PM10 og PM2,5. Verdier for 2020 er ikke vedtatt, men vil bli vurdert i 2018

### 3. Rengjøringsutstyr

I dette kapitlet vil utstyr som ble brukt til rengjøring i Strindheimtunnelen, Haakon VII gate og Stordalstunnelen beskrives. Det er vanlig å betegne maskiner som rengjør vegbane og bankett for **feiebil** (selv om feiebilen også bruker vann), og maskiner som rengjør tak, armatur og vegger for **vaskebil**. I tillegg brukes det gjerne en egen **såpebil** som legger såpe på tunneltak og -vegger før vasking.

#### 3.1 Strindheimtunnelen

I Strindheimtunnelen var det merket av tre felt á 150 m til helvask (tak, armatur, vegg, bankett og vegbane). Mesta Møre og Romsdal hadde ansvar for å rengjøre alle tre felt.

- Felt 1: Ble vasket med såpe, og det ble brukt høy kjørehastighet under rengjøringen
- Felt 2: Ble vasket med såpe, og det ble brukt normal kjørehastighet under rengjøringen
- Felt 3: Ble vasket uten såpe, og det ble brukt normal kjørehastighet under rengjøringen

#### Beam S14000 feiebil med rotorclean-system

Mesta stilte med samme feiebil som året før, en relativt ny Beam feiemaskin med frontkost, feiesystem midt på bilen, og rotorclean-system med oppsug bak på bilen.



Figur 6: Feiemaskin (Foto: Brynhild Snilsberg)

Feiebilen er relativt ny med «i-skift», og kan derfor holde en arbeidshastighet ned til 2–3 km/t. Laveste hastighet ble valgt. Feiebilen manglet ugrasskost på grunn av dårlig plass midt under bilen grunnet Euro VI utslippsklasse.

Foran feiebilen er det montert en fleksibel arm med en sirkulær metallbørste og vanddyser som sjåføren styrer.

Midt på feiebilen er det montert:

- Sirkulær metallbørste med vanddyse
- Oppsug
- Gummiskjermer

- Tversgående plastbørste under hele bilebredden
- Vanndyser



*Figur 7: Feiesystem midt på bilen (foto: Brynhild Snilsberg)*

Bakerst på feiebilen er det montert rotorclean-system som består av en nedsenkbar kasse med høytrykksvasking og kraftig oppsug. Rotorclean består av fire rotorer, og hver enkelt rotor har påmontert fire dyser. Disse dysene er vinklet ulikt ned mot veien, slik at urenheter i asfalten spyles løs. Rotorclean kan ikke brukes samtidig med vakuumsystemet midt på feiebilen.



*Figur 8: Rotorclean med baksug (foto: Brynhild Snilsberg)*

## Såpebil

Mesta sin såpebil (Uniarm 400 levert av Sigvald Risa<sup>1</sup>) er vist i Figur 9.

<sup>1</sup> [http://srisa.no/norsk/produkter/uniarm\\_400/](http://srisa.no/norsk/produkter/uniarm_400/)



*Figur 9: Såpepålegging av armatur/tak og vegg (Foto: Brynhild Snilsberg og Ellinor Hansen)*

## Såpe

Såpe (Careq Bussvask med voks, se sikkerhetsdatablad i Vedlegg 3) ble brukt på felt 1 og 2 i helvasken i Strindheimtunnelen. Dette er en mikroemulsjon som brukes til avfetting og rengjøring. Såpen ble sprayet på armatur/tak og tunnelvegger før de ble vasket. Lik konsentrasjon og mengde og av såpen ble brukt på disse feltene, og eksponeringstiden var tilnærmet lik for begge felt.

- Konsentrasjon: 10 %
- Mengde: ca. 1 liter ferdig blandet væske pr/meter tunnel
- Eksponeringstid: ca. 10–15 minutter før vaskingen startet

## Vaskebil

Mesta sin vaskebil hadde arm foran på bilen (frontbørste) med poleringsbørste i kombinasjon med spyling.



*Figur 10: Spyling av tak, armatur og vegg med vaskebil (Foto: Brynhild Snilsberg)*



*Figur 11: Børsting av tunnelveggene med roterende kost (Foto: Brynhild Snilsberg)*

### 3.2 Haakon VII gate

Trondheim kommune og Mesta Trondheim deltok i forsøkene i Haakon VII gate. Det var merket av seks felt á 100 m. Disa-Clean (Trondheim kommune) ble brukt på felt 1-4, og brukte en egenutviklet høytrykksspyleenhet på felt 4. Mesta stilte med sin splitter nye feiemaskin av merke ValAir med rotorclean-system.

#### Disa-Clean vakuumsuger

DISA-CLEAN 130 High Vacuum Road Sweeper er en maskin som bruker vakuumsug for å fjerne støv fra vegoverflaten («superstøvsuger»), og har et innkapslet kostesystem for å løsrive støv fra vegbanene uten å virvle dette opp til omgivelsene. Kostasystemet ble ikke brukt under forsøkene. Disa-Clean kjøres tørt uten bruk av vann, og fjerner derfor kun partikler som ligger løst på vegoverflaten. Den kan også brukes når vegbanen er fuktig og våt. Maskinen har 6 filter på hver side som tar partikler ned til 2,5 mikrometer i partikkelstørrelse og et grovkammer i midten. Arbeidshastighet er normalt opp til 15 km/t. Under forsøkene ble det brukt 10 km/t.



Figur 12: Disa-Clean med grovkammer i midten og filtersystem PM2,5 på begge sider (Foto: Brynhild Snilsberg)

## Høytrykkspyleenhet – egenutviklet av Trondheim Bydrift

I kombinasjon med Disa-Clean ble det benyttet en egen spyleenhet på ett av feltene. Denne spyleenheten er utviklet av tre elever fra Teknisk fagskole, der to er ansatte i Trondheim Bydrift. Enheten består av en dyserekke med 31 flatstråledyser med bratt angrepsvinkel som høytrykkspyler vegoverflaten, og kobles på en spyle-/pumpebil.

Spyleenheten er en testenhet for å se på optimalisering av preventiv gatevask i perioder av vinterhalvåret med plussgrader, som et supplement eller alternativ til støvdempende tiltak med magnesiumklorid. Fokuset for prosjektet har vært kostnader og kvalitet, med faktorer som høytrykkstrålebildet og effektresultat av dette, fremdriftshastighet og kostnader pr. m<sup>2</sup>.



Figur 13: Høytrykkspyleenhet koblet på suge-/pumpebil (Foto: Dagfin Gryteselv)

## ValAir rotorclean feiebil

Mesta Trondheim hadde en helt ny feiemaskin av merket ValAir. Kun rotorclean-systemet ble brukt under forsøkene.



Figur 14: ValAir feiebil med rotorclean-system (Foto: Brynhild Snilsberg)



Figur 15: Feieaggregat midt på bilen ble ikke benyttet under forsøkene (Foto: Brynhild Snilsberg)



### 3.3 Stordalstunnelen

I Stordalstunnelen ble kun veggene vasket opp til 4 meters høyde, og to børstetyper ble benyttet:

- Polerbørste: Mesta stilte med en børste som bestod av mikrofiberkluter (se Figur 17).
- Vaskebørste: Veidekke/underentreprenør Ottem stilte med en vaskebørste som bestod av stive plastsener (se Figur 18).

Begge systemene har mulighet for spyling med variabelt trykk, Mesta kan også spyle med høyt trykk. Under forsøket gikk slangen til spylebommen på frontarmen i stykker, og Mesta måtte derfor benyttes sidebom i stedet, se Figur 16.



*Figur 16: Høytrykksspuling med bom (Mesta) ble tatt i bruk når frontspylebom ikke fungerte pga slangebrudd. Bommen er regulerbar 2–4,5 m lang (Foto: Dagfin Gryteselv)*



Figur 17: Polerbørste (Mesta) (Foto: Dagfin Gryteselv)



Figur 18: Vaskebørste (Ottem) med spylebom (Foto: Dagfin Gryteselv)

## 4. Forsøksparametere og vaskeprosedyrer

I dette kapitlet beskrives hvilke parametere som ble testet på de ulike forsøksfeltene, samt hvordan vaskingen ble utført i Strindheimtunnelen, Haakon VII gate og Stordalstunnelen.

### 4.1 Strindheimtunnelen

#### Forsøksparametere

Forsøkene som ble gjennomført i Strindheimtunnelen i 2015 viste at det var spesielt to parametere som ga usikkerhet i resultatene på renhet på vegbanen målt med WDS; kjørehastighet og bruk av såpe. Bruk av såpe kan ha negative effekter på miljø, men samtidig hevdes det at uten bruk av såpe vil man få et dårlig vaskeresultat. Det ble derfor bestemt at man skulle vaske et felt uten såpe og to felt med såpe. Det ble også bestemt å bruke høy og normal hastighet på feiebil og vaskebil:

- Høy kjørehastighet: Feiebil 8 km/t, vaskebil 3 km/t
- Normal kjørehastighet: Feiebil 3 km/t, vaskebil 1–2 km/t

Tabell 5: Forsøksparametre Strindheimtunnelen

Forsøksparametre	Høy kjørehastighet	Normal kjørehastighet	Såpe
Felt 1	X		X
Felt 2		X	X
Felt 3		X	

Mesta sin nye børste for vask av tunnelvegg skulle også testes ut, men børsten fungerte ikke som tenkt og tunnelveggene måtte derfor vaskes med spyling. Børsten fungerte kun delvis i felt 3 på høyre vegg.

#### Vaskeprosedyre

Rengjøring/helvask i Strindheimtunnelen ble utført i tre trinn:

1. Bankett og vegbane tas først
  - o Drag 1: Bankett og vegbane – frontkost på bankett og rotorclean med oppsug på vegbanen
  - o Drag 2: Vegbane og inn mot midten av vegen – rotorclean med oppsug
2. Tak, armatur og vegger tas etterpå
  - o Såpepålegging tak/armatur og vegger i felt 1 og 2 (ikke felt 3)
  - o Spyling av vegg
  - o Spyling av tak og armatur
3. Bankett og vegbane tas til slutt
  - o Drag 1: Bankett og vegbane – frontkost på bankett og rotorclean med oppsug på vegbanen
  - o Drag 2: Vegbane og inn mot midten av vegen – rotorclean med oppsug



*Figur 19: Drag 1 med frontbørste og rotorclean (Foto: Brynhild Snilsberg)*

Drag 1 og 2 skal fjerne løst vegstøv på vegbane og bankett for å hindre at dette spyles ned i drencsystemet under vasking av tak, armatur og vegger.



*Figur 20: Drag 2 med rotorclean (Foto: Brynhild Snilsberg)*

## 4.2 Haakon VII gate

### Forsøksparametere

Nordisk klima gjør at det kan være utfordrende med renhold vinterstid, spesielt på kalde vinterdager. Da kan man ikke bruke vann for rengjøring og er avhengig av å bruke tørre metoder (koster/tradisjonell feiing og oppsug). Men under mildværsperioder kan man bruke feiesystemer med vann. Bruk av koster kan ofte gjøre luftkvaliteten dårligere ved å virvle opp støv til omgivelsene hvis disse ikke er kapslet inn eller man utfører støvdemping i forkant. Det ble derfor teste tre feiesystem: tørt oppsug (Disa-Clean), høytrykksspyling med oppsug, og roterende spyledyser med oppsug (rotorclean). Fordelen med å bruke høytrykksspyling er at man løsriver fastgrodd støv fra porene i asfalten, mens oppsug kun fjerner det løse støvet. Under forsøkene ble tørt oppsug testet i kombinasjon med pålegging av vann før oppsug og med en høytrykkspyleenhet før oppsug. Alle disse ble kjørt i 10 km/t. Rotorclean ble testet med to ulike arbeidshastigheter, normal hastighet på 3 km/t og høy hastighet på 10 km/t.

Tabell 6: Forsøksparametere Haakon VII gate

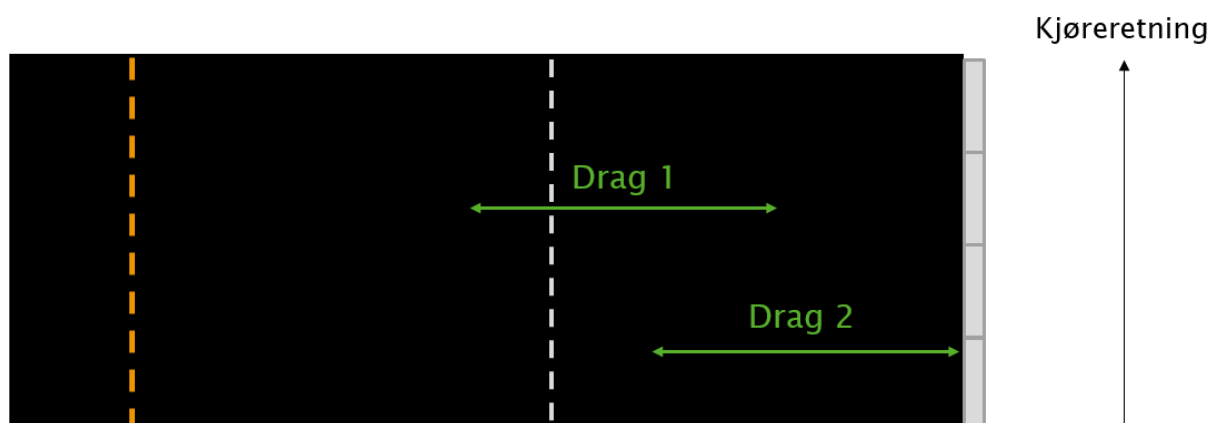
Felt	Feiemaskin	Arbeidshastighet
Felt 1	Disa-Clean, tørt oppsug	10 km/t
Felt 2	Disa-Clean, vått oppsug	10 km/t
Felt 3	Disa-Clean, vått oppsug	10 km/t
Felt 4	Høytrykksspyling + Disa-Clean	10 km/t
Felt 5	Beam rotorclean	10 km/t
Felt 6	Beam rotorclean	3 km/t

### Vaskeprosedyre

Rengjøring i Haakon VII gate ble utført i to drag\*:

- Drag 1: Overlapp midtoppmerking
- Drag 2: Inntil kantstein

\*Ett «drag» dekker ca. 2,5 meter vegbredde (ett kjørefelt er ca. 3,5 m bredt).



Figur 21: Vaskeprosedyre Haakon VII gate

## 4.3 Stordalstunnelen

### Forsøksparametere

I Stordalstunnelen ble det teste to ulike børstetyper (poleringsbørste og vaskebørste), to såpetyper (se Vedlegg 3), spyling med høyt og lavt trykk, samt høy og lav arbeidshastighet. To entreprenører deltok i forsøkene:

- Veidekke / underentreprenør Ottem, såpe Fannefjord
- Mesta, såpe Bussvask

Tabell 7: Forsøksparametere Stordalstunnelen

Felt	Arbeidshastighet	Børste	Spyling	Såpe
M1	3 km/t	Poleringsbørste		Bussvask
M2	5-7 km/t	Poleringsbørste		Bussvask
M3	3 km/t		Høyt trykk*	Bussvask
V1	3 km/t	Vaskebørste		Fannefjord
V2	5-7 km/t	Vaskebørste		Fannefjord
V3	3 km/t		Middels trykk**	Fannefjord

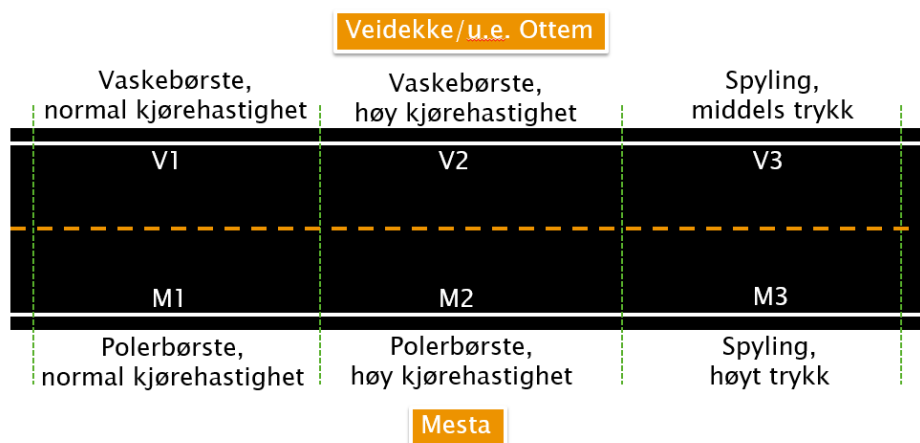
\* Høyt trykk: over 120 bar - men pga slangebrudd ble det større avstand til veggen og lavere vanntrykk på veggen, spesielt nedre del.

\*\* Middels trykk: 20-30 bar.

### Vaskeprosedyre

Kun veggen i Stordalstunnelen ble vasket, opp til ca. 4 m høyde. Det ble tatt ett drag på hvert felt, ca. 100 m per felt. Mesta vasket veggen på den ene siden, mens Veidekke sin underentreprenør Ottem vasket motsatt side.

Måling av lyshet før og etter vask ble målt med fargeskala-ark.



Figur 22: Forsøksfelt i Stordalstunnelen

## 5. Måleparametere og metoder

Parametere som ble målt under forsøkene og beskrivelse av dokumentasjonsmetodene er beskrevet i dette kapitlet.

### 5.1 Måleparametere

#### Strindheimtunnelen

- Lyshet:
  - o Måling av veggens refleksjonsfaktor og vegbanens illuminans og luminans før og etter rengjøring: ble målt på alle 3 felt natta før og natta etter rengjøring
  - o A4 ark med fargeskala: ble målt før og etter rengjøring (samme natt)
- Renhet på vegbanen: ble målt med WDS II på felt 2 og 3 før, under og etter rengjøring (samme natt):
  - o Før rengjøring
  - o Etter at bankett og vegbane var rengjort første gang
  - o Etter at helvasken var gjennomført
- Fukt på vegbanen: ble målt med wettex kluter etter at siste drag med feiebilen var tatt
- Spor, ujevnheter, teksturer og friksjon: ble målt før og etter rengjøring med ViaPPS målebil når vegbanen var tørr

#### Haakon VII gate

- Renhet på vegbanen: ble målt med WDS II på alle 6 felt inntil kantstein, mellom hjulspor, venstre hjulspor og midten av vegen, samt hver 10. cm i tverrsnitt av hele kjørefeltet
  - o Før rengjøring
  - o Etter rengjøring
- Fukt på vegbanen: ble målt med wettex kluter etter at siste drag med feiebilen var tatt
- Spor, ujevnheter, teksturer og friksjon: ble målt før og etter rengjøring med ViaPPS og Oscar målebiler når vegbanen var tørr

#### Stordalstunnelen

- Lyshet:
  - o A4 ark med fargeskala: ble målt før og etter rengjøring (samme natt)

## 5.2 Dokumentasjonsmetoder

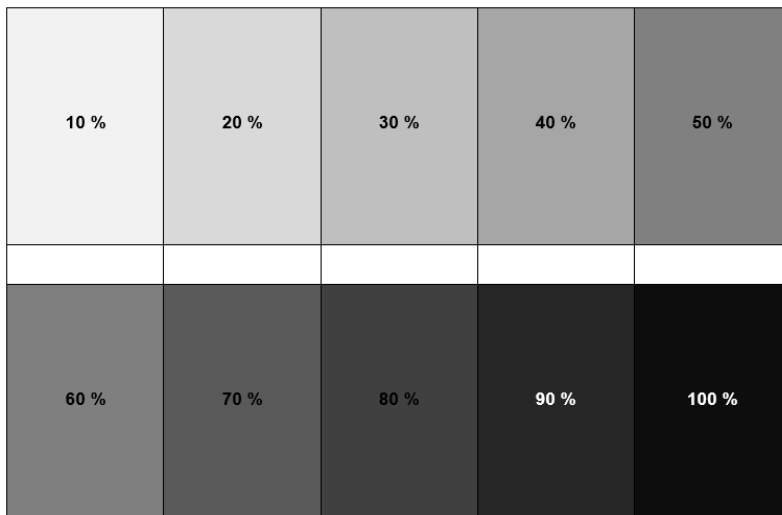
### Lyshet

Lyshet i tunnel er viktig pga. trafiksikkerhet (sikt lengde) og forbruk av strøm for belysning.

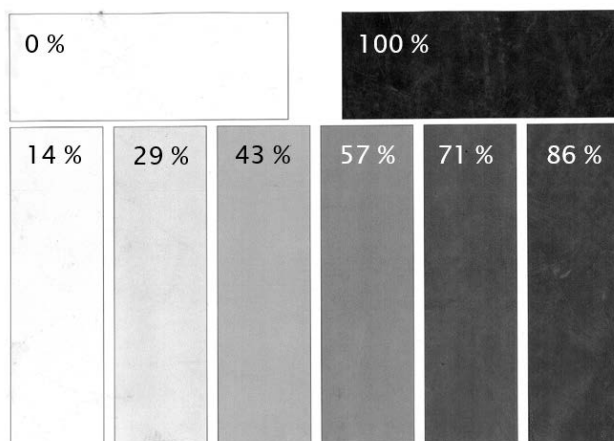
#### A4 ark med fargeskala

En enkel måte å bedømme og sette krav til lysheten på malte tunnelvegger er å bruke en fargeskala som vist i figurene under. Byggherre og entreprenør blir sammen enige om hvor på fargeskalaen man ligger etter rengjøringen (i %).

I våre forsøk ble renhetsgraden målt før og etter rengjøringen, med trinn på 5 %. Statens vegvesen Region midt utførte målingen. Dette er en visuell bedømmelse som er enkel og rask å utføre. Ulike fargeskalaer ble brukt i Strindheimtunnelen og Stordalstunnelen, se Figur 23 og Figur 24.



Figur 23: Fargeskala brukt i Strindheimtunnelen (kilde: Helge Hoven)



Figur 24: Fargeskala brukt i Stordalstunnelen (kilde: Bjarne-Martin Valde)



## Måling av veggens refleksjonsfaktor og vegbanens illuminans og luminans

Måling av veggens refleksjonsfaktor og vegbanens illuminans og luminans før og etter rengjøring ble utført av Norconsult i Strindheimtunnelen på alle 3 felt.

Illuminans er det innfallende direkte lyset mot en flate. I en tunnel vil det ha en direkte og en indirekte (reflektert) komponent, i motsetning til målinger utført utendørs hvor man stort sett kan se bort fra reflektert komponent da den i størrelse stort sett er neglisjerbar. Den direkte komponenten kommer fra lysarmaturene i en tunnel, mens største delen av reflektert komponent kommer fra veggene. Man kan anta veggens reflekterte komponent å være i størrelsesorden rundt 1/5 av det totale nivået på vegbanen.

Refleksjon er en flates refleksjon angitt som et forholdstall mellom [0–1] (alternativt [0–100]) som angir hvor mye lys som sendes tilbake fra en overflate. Dette tallet vil variere med observasjonsvinkel, men en forenkling ved å anta at flaten er ideelt diffuserende vil si at den oppfører seg lysteknisk likt i alle observasjonsvinkler.

Luminans er det reflekterte lyset fra en overflate og oppgis i [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]. Det vil si at luminansen til en overflate er avhengig av både innfallende illuminans og flatens refleksjon. Den er også avhengig av vinkel man observerer flaten fra og kan variere avhengig av dette. For måling av veibaneluminans observerer man målområdet på veibanen i en avstand av 60 m fra en høyde på 1,5 m.

Måleprosedyren er beskrevet i egen rapport, se Vedlegg 4.



*Figur 25: Måling av lyshet på tunnelveggen og på vegbanen (foto: Brynhild Snilsberg)*

## Spor, ujevnheter, tekstur og friksjon

Statens vegvesen har egne målebiler (se eksempel i Figur 26 og Figur 27) som kan registrere spor, ujevnheter, tekstur/ruhet og friksjon. Målingene ble gjort med ViaPPS og OSCAR målebiler. Statens vegvesen Region midt utførte målingene i Strindheimtunnelen og Haakon VII gate.



Figur 26: ViaPPS målebil for spor, jevnhet, tverrfall og vegbilder. Jevnhets-/teksturlaser innfelt (Foto: ViaTech AS/Sigurd Skjelmo)



Figur 27: OSCAR målebil for friksjon (Foto: Statens vegvesen)

### Spør og ujevnhet

Dype spor og sprekker gjør det vanskeligere å rengjøre vegbanene, og spesielt ved bruk av kraftig oppsug kan man miste en del av sugekraften, og dette kan føre til at det blir en del vaskevann igjen i vegbanen. Vaskevannet vil inneholde mye finstøv som trafikken virvler opp etter optørking.

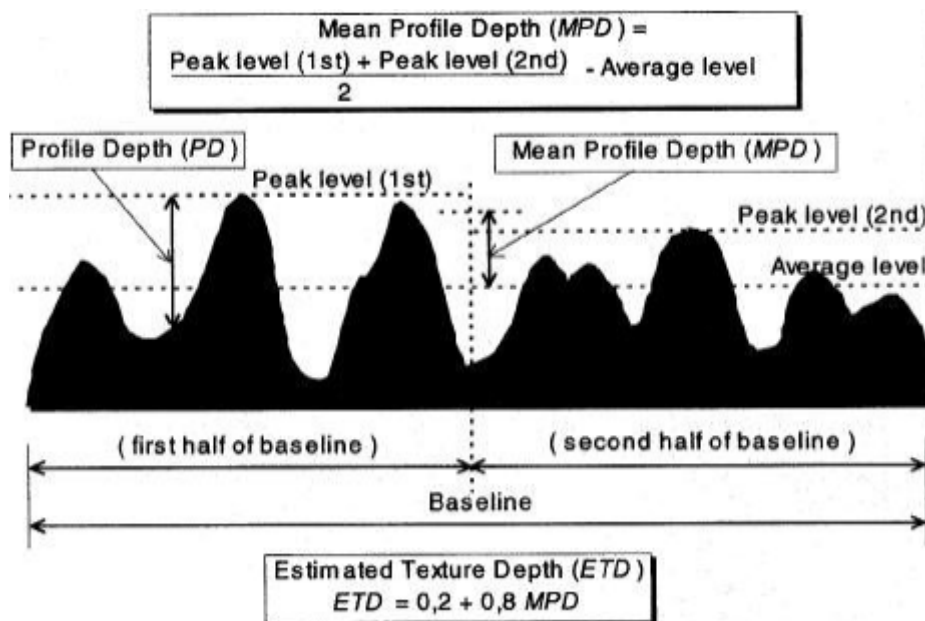
## Tekstur

Teksturdata kan i enkelte tilfeller brukes for å finne strekninger som kan være potensielt glatte. Lave teksturverdier på dekkeoverflaten kan bety lave friksjonsverdier. Hensikten med teksturmåling i forbindelse med renholdsforsøk er en helt annen: vi ønsker å se om renhet kan dokumenteres gjennom endring i teksturverdi. Hypotesen er at før rengjøring er mye av hulrommet på overflaten av asfaltdekket fylt opp av smuss, og rengjøring vil fjerne mye av dette smusset slik at man kan registrere en økning i teksturverdi etter rengjøring.

Ut fra forsøkene i 2015 ser det ut til at måling av tekstur (MPD) før og etter vasking ikke gir noen sikker indikasjon på renhet. Et unntak kan f.eks. være mellom hjulspor i tunnel, der det ofte blir liggende mye materiale som fyller strukturen i dekket.

Tekstur angis normalt som ruhet; enten i form av MTD (Mean Texture Depth) eller MPD (Mean Profile Depth) og måles i millimeter.

Tekstur kan deles inn i mikro-, makro- og megatekstur, og det er makroteksturen vi registrerer med vårt måleutstyr. Denne verdien sier noe om hvor ru vegbanen er, i et måleområde fra 0,5 til 50 mm. Makrotekstur benevnes som oftest som Mean Profile Depth – MPD, eller Mean Texture Depth – MTD. Prinsipp for beregning av MPD er vist i Figur 28.



Figur 28: Beregning av Mean Profile Depth, MPD-verdi (kilde: Statens vegvesen)

ViaPPS målinger gir oss MPD-verdi.

Det ble gjennomført to tekstur måleserier før vasking, og to måleserier etter vasking. Det ble målt hhv i mellom hjulspor og i indre (venstre) hjulspor.

## Friksjon

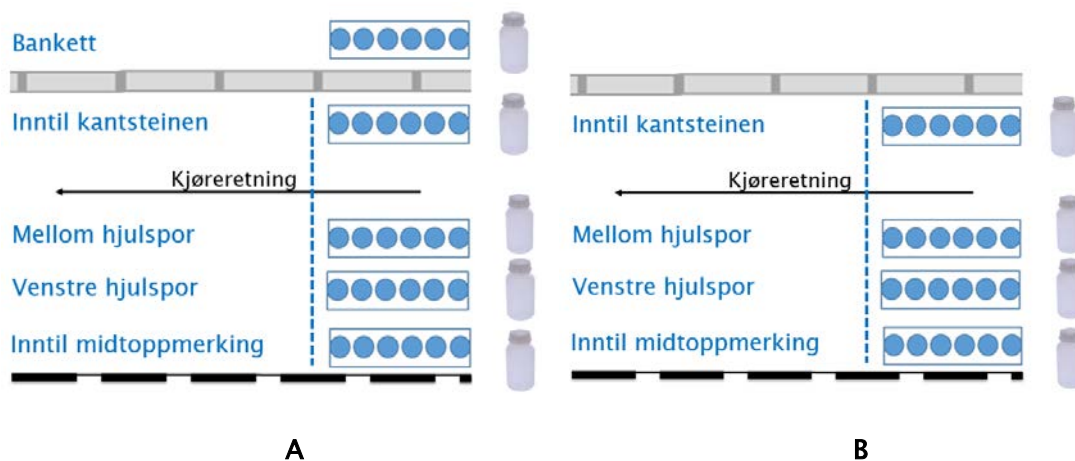
Friksjon ble målt før og etter rengjøring for å se om det kunne observeres en endring pga rengjøring. Det ble målt friksjon i venstre hjulspor (standard prosedyre) og mellom hjulspor.

## Renhet på vegbanen

Renhet på vegbanen ble målt med Wet Dust Sampler (WDS II). WDS II er utviklet og opereres av Statens väg- og transportforskningsinstitut (VTI) i Sverige, og er en oppgradert versjon av prøvetakeren som ble brukt i 2015.

WDS II er en høytrykksvasker med vakuumpumpe, som tar prøver av støv som ligger på vegoverflaten. Vasking og prøvetakingstiden blir styrt av en digital styringsenhet for å gjøre prøvetaking så repeterbar som mulig. En viss mengde væske (det ble brukt 340 ml destillert og deionisert vann) blir spylt ut under høyt trykk og sugd opp i en prøveflaske som kan analyseres videre (f.eks. med tanke på støvmengde, partikkelstørrelsesfordeling og andel uorganisk materiale).

Arealet («skudd») som vaskes er relativt lite på ca. 20 cm<sup>2</sup> (sirkel med ca. 51 mm i diameter). Det ble derfor vasket 6 arealer i hver prøveflaske (ca. 2,5 liter), og det ble tatt en prøveflaske fra hvert område, i tillegg til at det ble tatt en flaske hver 10. cm på tvers av vegbanen (stiplet blå linje), se Figur 29 nedenfor.



Figur 29: Prøvetaking med WDS II: store flasker med 6 «skudd» i hver flaske (blå sirkler), samt 1 «skudd» hver 10. cm på tvers av vegbanen (prikkete blå linje). A: Strindheimtunnelen, B: Haakon VII gate

Haakon VII gate: Det ble tatt prøver før og etter vasking for å dokumentere forskjeller på renhet i høyre kjørefelt.

Strindheimtunnelen: Det ble tatt prøver før, under og etter vasking for å dokumentere forskjeller på renhet i høyre kjørefelt.

Fremgangsmåte og resultater presenteres i en egen rapport fra VTI (se Vedlegg 5).



Figur 30: Wet dust sampler (foto: Mats Gustafsson)



Figur 31: Prøvetaking av støv på bankett og vegbanen før rengjøring (foto: Brynhild Snilsberg)



Figur 32: Prøvetaking av støv hver 10. cm i tverrsnitt av vegbanen (foto: Brynhild Snilsberg)



*Figur 33: Prøvetaking med WDS i Haakon VII gate (foto: Brynhild Snilsberg)*

### Måling av fukt på vegbanen

Fukt på vegbanen ble målt ved å bruke Wettex Maxi Vileda kluter som ble veid før og etter måling for å registrere mengde restfukt etter rengjøring. Bakgrunnen for å måle restfukt er å se hvor effektivt rengjøringsbilene suger opp vaskevann og måle mengde gjenværende vann på vegen etter rengjøring. Dette er viktig spesielt vinterstid ved minusgrader hvor det er fare for tilfrysing og glatt vegbane som resultat, men også for å fjerne mest mulig finstoff/støv fra vegoverflaten. Det er gjerne mye finstøv i vaskevannet som ligger igjen på vegbanen.

Det er knyttet usikkerhet til hvor lave fuktverdier som lar seg måle med Wettex kluter. Det er grunn til å tro at avviket mellom målt og virkelig fuktmengde øker jo tørrere det er på vegoverflaten. Wettex kluter klarer ikke å trekke til seg all fuktighet på vegdekket. Varierende overflatetekstur vil også kunne innvirke.

Statens vegvesen Vegdirektoratet gjennomførte måling både i Strindheimtunnelen og i Haakon VII gate.



*Figur 34: Måling av restfukt på vegbanen (foto: Brynhild Snilsberg)*

## 6. Resultater

I dette kapitlet presenteres resultater fra målinger tatt i Strindheimtunnelen, Haakon VII gate og Stordalstunnelen.

### 6.1 Strindheimtunnelen

Resultater fra Strindheimtunnelen omfatter måling av lyshet, spor, ujevnhet, tekstur, friksjon, renhet og gjenværende fukt på veggen etter rengjøring.

#### Lyshet

Lyshet ble målt med A4 ark med fargeskala og ved måling av refleksjon, luminans og illuminans.

#### A4 ark med fargeskala

Det ble brukt en fargeskala fra 10 – 100 %, der det ble vurdert hvor på renhetsskalaen tunnelveggen lå før og etter vask, se Tabell 8.

*Tabell 8: Lyshet målt med fargeskala i Strindheimtunnelen*

Felt	Forsøksparametre	Før vask	Etter vask	Forbedring
1	Høy hastighet, med såpe	24 % (35 % i 2015)	12 % (15 % i 2015)	12 (20 i 2015)
2	Lav hastighet, med såpe	24 % (35 % i 2015)	11 % (15 % i 2015)	13 (20 i 2015)
3	Lav hastighet, uten såpe	21 % (35 % i 2015)	15 % (15 % i 2015)	6 (20 i 2015)

Tunnelveggen var renere før vask i 2016 sammenlignet med 2015, men etter vask lå nivået omtrent på samme nivå som 2015. Dette tyder på at man har fått omtrent samme lyshetsnivå i 2016 som i 2015. Forbedringen i det feltet det ikke ble brukt såpe (felt 3) ser ut til å være noe lavere enn de to feltene som ble vasket med såpe (felt 1 og 2).



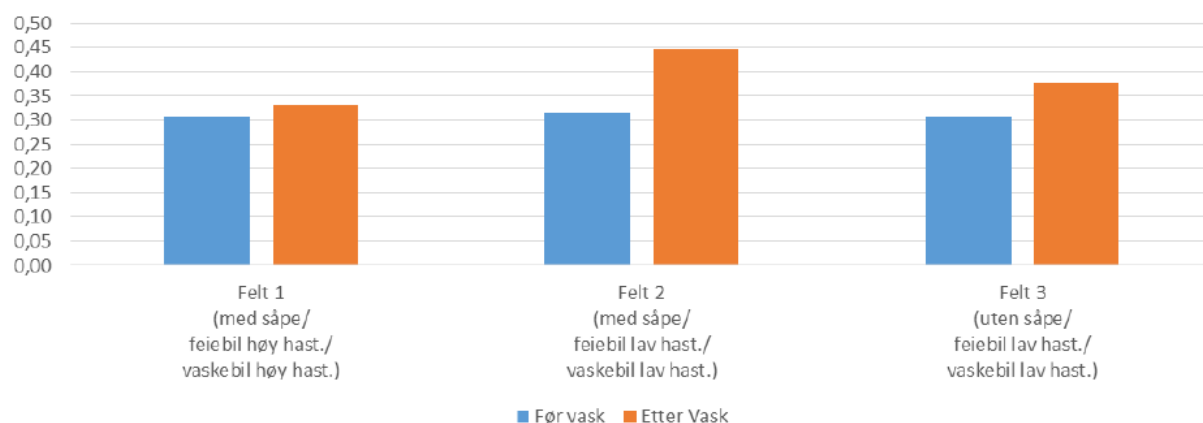
*Figur 35: Fargeskala (Foto: Ellinor Hansen)*



## Måling av refleksjon, luminans og illuminans

Norconsult utførte målinger av lyshet før og etter vask i Strindheimtunnelen. Full rapport er gitt i Vedlegg 4 («Strindheimtunnelen – Lyshetsevaluering etter rengjøring»).

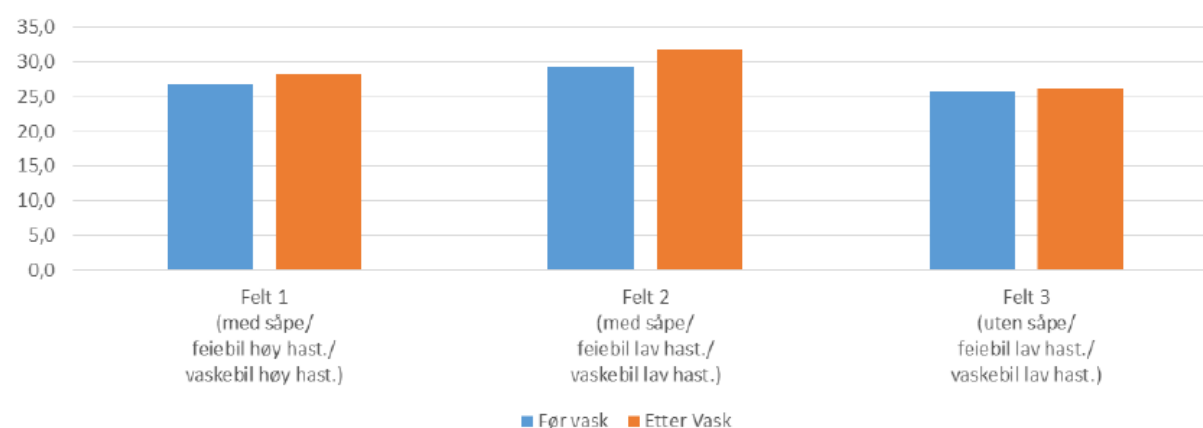
Vi er usikre på om lysnivået i tunnelen var lavere under målingene i 2016 enn i 2015, men dette har vi ikke fått nærmere klarhet i.



Figur 36: Refleksjonsmålinger på vegg i Strindheimtunnelen

Tabell 9: Refleksjonsfaktor fra vegg i Strindheimtunnelen

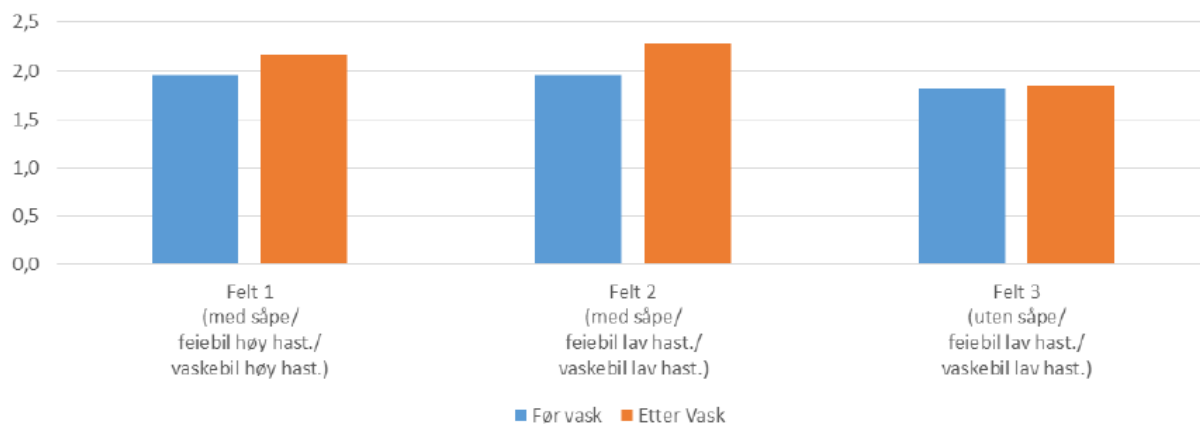
Felt	Før vask	Etter vask	Forbedring
1	Ca. 0,31 (ca. 0,42 i 2015)	Ca. 0,33 (ca. 0,61 i 2015)	7,5 % (45 % i 2015)
2	Ca. 0,31 (ca. 0,42 i 2015)	Ca. 0,45 (ca. 0,61 i 2015)	42 % (45 % i 2015)
3	Ca. 0,31 (ca. 0,42 i 2015)	Ca. 0,38 (ca. 0,58 i 2015)	23 % (38 % i 2015)



Figur 37: Illuminansmålinger på vegbanen i Strindheimtunnelen

Tabell 10: Økning i belysningsnivå i Strindheimtunnelen

Felt	Forbedring
1	5,6 % (15 % i 2015)
2	8,0 % (15 % i 2015)
3	1,7 % (14 % i 2015)



Figur 38: Luminansmålinger på vegbanen i Strindheimtunnelen

Tabell 11: Økning i luminansnivå i Strindheimtunnelen

Felt	Forbedring
1	9,5 % (ikke registrert i 2015)
2	14,3 % (ikke registrert i 2015)
3	2,2 % (ikke registrert i 2015)

Dette viser at rengjøring med såpe og lav kjørehastighet hadde best resultat for alle 3 måleprosedyrer. Når det gjaldt ren refleksjon fra veggene var det rengjøring uten såpe og lav kjørehastighet som var nest best, men for det resulterende lyset på vegbanen var det rengjøring med såpe og høy kjørehastighet som var nest best. Forsøket viser at best samlet resultat oppnås med følgende prioritert rekkefølge for rengjøringsprosedyrer:

1. Rengjøring med såpe og normal (lav) kjørehastighet
2. Rengjøring med såpe og høy kjørehastighet
3. Rengjøring uten såpe og normal (lav) kjørehastighet

## Spor, ujevnheter, tekstur og friksjon (middelverdier)

I Tabell 12 nedenfor er oppsummerte resultater for spor, ujevnheter, tekstur og friksjon angitt som middelverdier, målt med ViaPPS og OSCAR. Det er utført registreringer i indre (venstre) hjulspor og mellom hjulspor før og etter vasking. Det ble ikke registrert data i ytre (høyre) hjulspor.

Tabell 12: Resultater spor, ujevnheter (IRI), teksturmåling (MPD) og friksjon i Strindheimtunnelen

Felt	Forsøksparametre	Spor (mm)	IRI (mm/m)	MPD	Friksjon målt med OSCAR	
					Indre spor	Mellom spor
					Før/etter	Før/etter
1	Høy hastighet, med såpe	4	1,3	1,2	0,62/0,59	0,63/0,62
2	Normal hastighet, med såpe	4	1,0	1,3	0,65/0,62	0,74/0,69
3	Normal hastighet, uten såpe	4	1,0	1,2	0,68/0,61	0,71/0,67

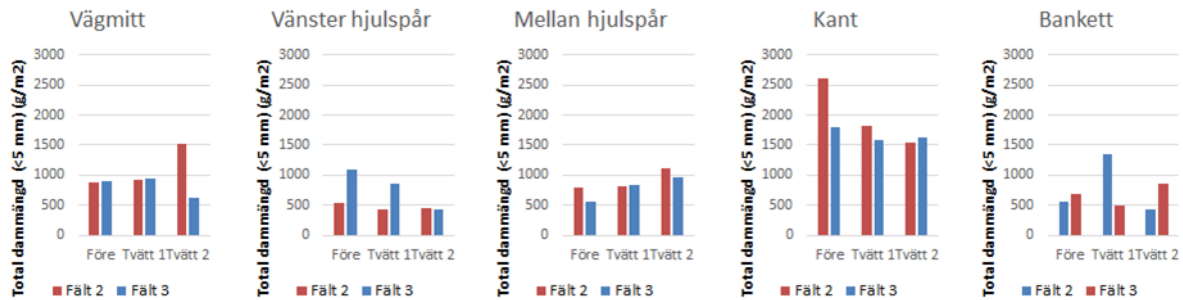
Det er målt samme spordybder på de enkelte forsøksfeltene. Alle felt har spordybde på ca. 4 mm. Det er ikke registrert noen signifikant økning i MPD verdi etter rengjøring for noen av feltene, hverken i indre hjulspor, eller mellom hjulsporene. Spordybde, IRI og MPD er her beregnet som gjennomsnitt av 7–8 stk. 20 meters medianverdier.

Friksjon:

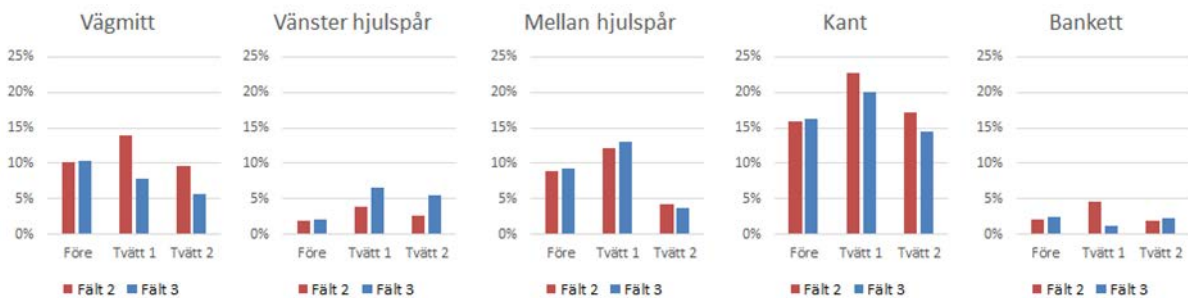
- Indre hjulspor: Statistisk sett en sannsynlighet (96 %) for en liten reduksjon i friksjon etter rengjøring. Reduksjon i snitt for alle tre felt er på 0,04.
- Mellom spor: Statistisk sett ingen signifikant endring, selv om alle felt viser en reduksjon.

## Renhet på vegbanen

Resultater fra måling med WDS II før, under og etter rengjøring av felt 2 (med såpe) og 3 (uten såpe) er vist Figur 39, Figur 40 og Figur 42 nedenfor. Mengde støv med partikkelstørrelse < 5 mm og 0,180 mm vurderes. Støvdepotet før rengjøring vises i Figur 41.

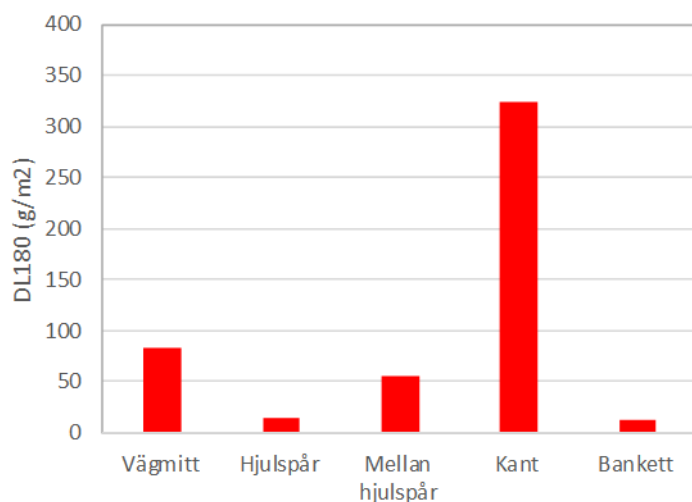


Figur 39: Total mengde støv (< ca. 5 mm) i WDS-prøvene fra de ulike områdene på felt 2 og 3 før og etter rengjøring



Figur 40: Prosentvis andel finstøv (< 0,180 mm) av den totale støvmengden i vegens tverrsnitt på felt 2 og 3 i Strindheimtunnelen

Det største støvdepotet ligger i vegkanten, her ligger finstøvnivået omtrent 20 ganger høyere enn i hjulspor. Dette skyldes trolig turbulens og oppvirvling fra trafikken er lavest her, samt grov tekstur. Derneft er det en del støvdepot mellom hjulspor, her er finstøvnivået omtrent 5–10 ganger høyere enn i hjulspor. Også mellom kjørefelt/i midten av vegen er det en del støvdepot, her ligger finstøvnivået på omtrent 5 ganger høyere enn i hjulspor. Det laveste støvdepotet er i selve hjulsporene og på banketten. Trafikken transporterer trolig effektivt bort støv fra hjulsporene, og banketten (betong) har en glatt overflate som sannsynligvis hindrer akkumulering av støv.

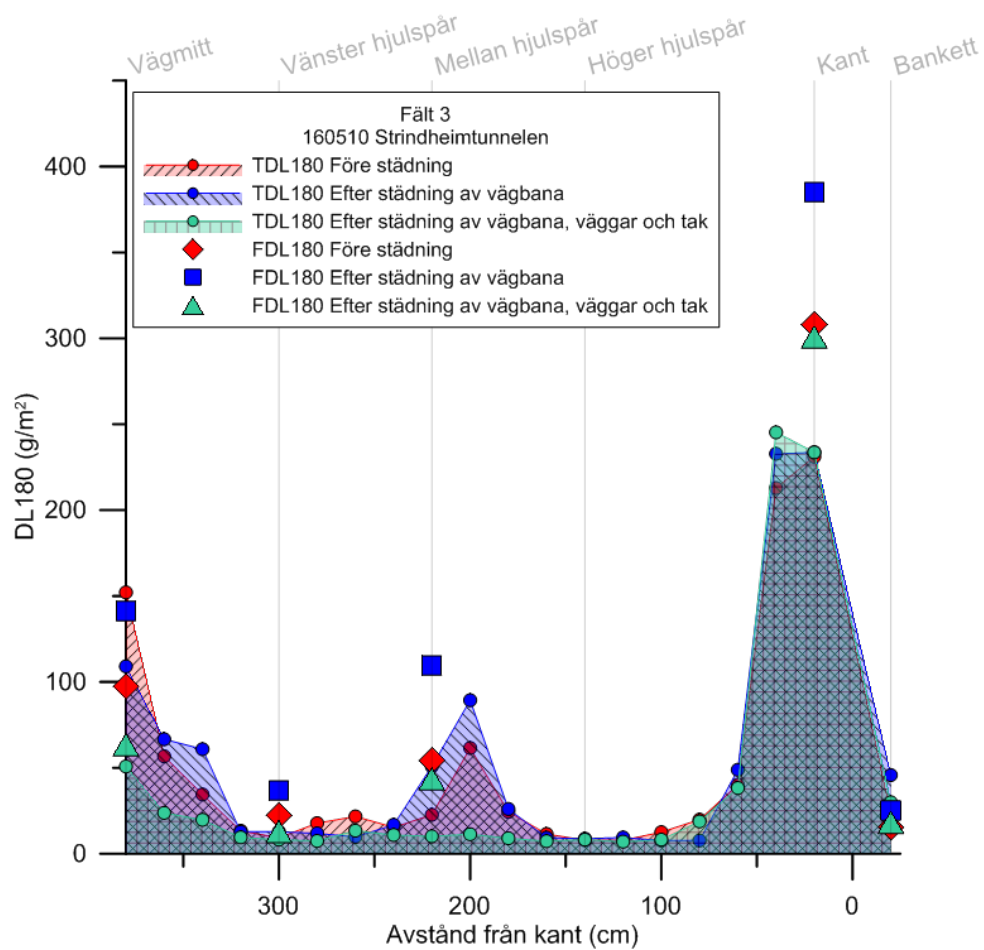
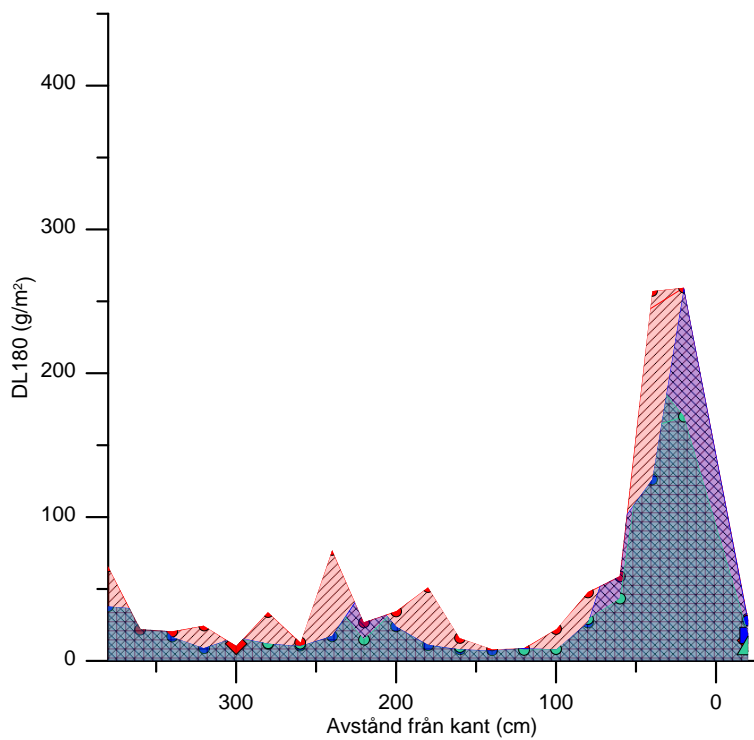


Figur 41: Middelerdi av mengde støv (<180 µm) før rengjøring på felt 2 og 3 i Strindheimtunnelen

Støvmengden på vegen i Strindheimtunnelen:

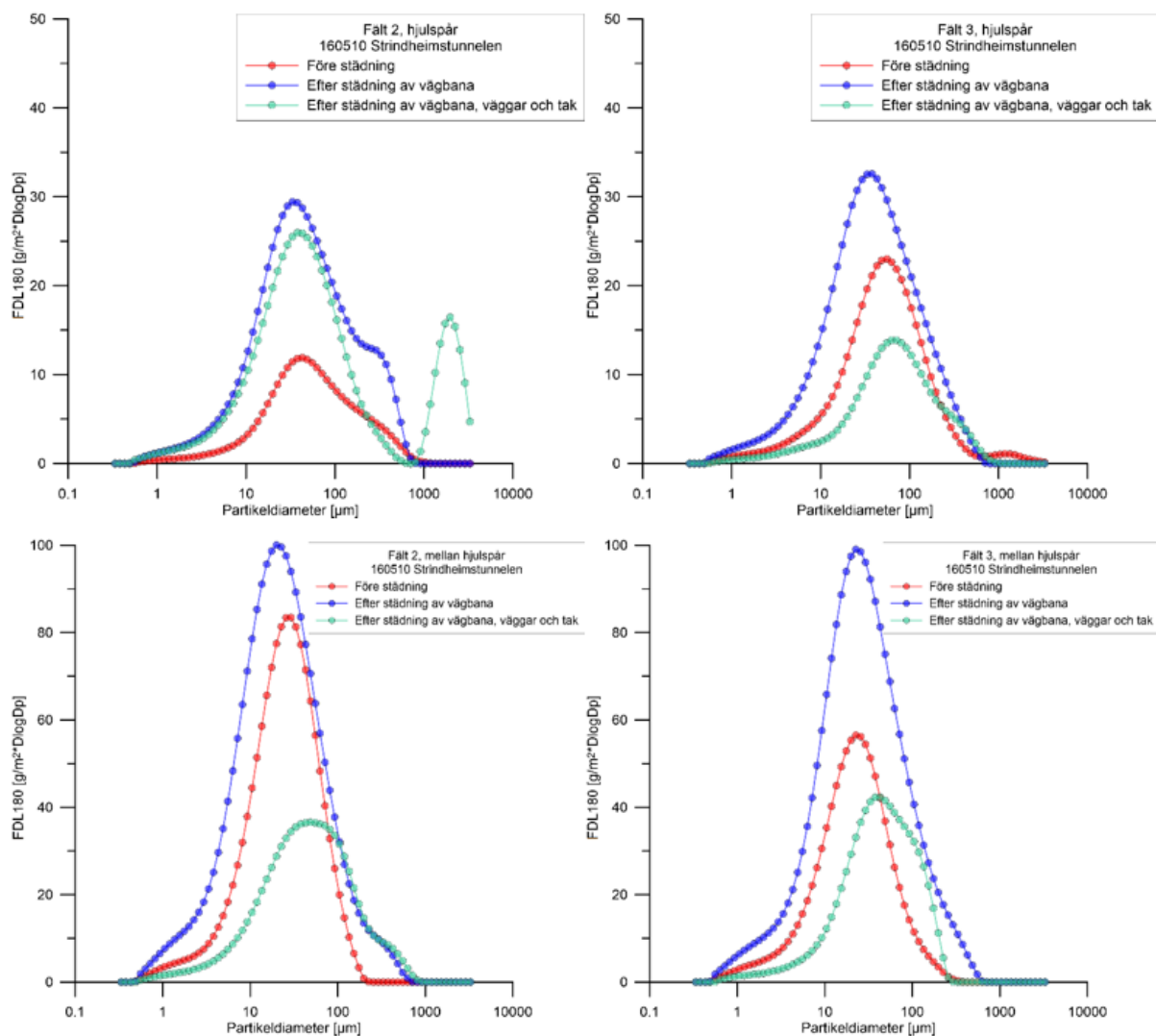
- Bankett: det er lite støv både før og etter rengjøring. Den glatte overflaten på betongen er trolig årsak til at lite støv fester seg her.
- Vegkant: her ligger det største støvdepotet.
  - o Felt 2: Mengde finstøv synker fra før rengjøring til mellom rengjøring, og synker videre når helvasken er gjennomført.
  - o Felt 3: Mengde finstøv øker fra før rengjøring til mellom rengjøring, og synker til samme nivå som før rengjøring når helvasken er gjennomført.
- Mellom hjulspor: her ligger det en del støv i teksturen til asfalten
  - o Felt 2: Mengde finstøv øker fra før rengjøring til mellom rengjøring, og synker til et lavere nivå enn før rengjøring når helvasken er gjennomført.
  - o Felt 3: Mengde finstøv øker fra før rengjøring til mellom rengjøring, og synker til samme nivå som før rengjøring når helvasken er gjennomført.
- Venstre hjulspor: det er lite støv her, og liten endring før, mellom og etter vasking.
- Mellom kjørefelt/midten av vegen: her ligger det en del støv i teksturen til asfalten
  - o Felt 2: Mengde finstøv ligger omtrent på samme nivå før, mellom og etter helvask.
  - o Felt 3: Mengde finstøv øker fra før rengjøring til mellom rengjøring, og synker til et lavere nivå enn før rengjøring når helvasken er gjennomført.

Andel uorganisk materiale (mineralpartikler) i støvet ligger på 90 vekt%, resterende er organisk materiale hovedsakelig fra bituminøst bindemiddel i asfalten og gummipartikler fra bildekkslitasje.



Figur 42 Fordeling av vegstøv før, mellom og etter rengjøring, presentert som profilmålinger (TDL) og store prøveflasker (FDL) i Strindheimtunnelen (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)

Resultatene viser at rengjøring med såpe (felt 2) i gjennomsnitt var mer effektiv enn rengjøring uten såpe (felt 3), spesielt langs kanten. En årsak til dette kan være at kun børstene kommer til langs kanten og at såpe bidrar til å løsne støvet, som akkumuleres i vegdekkets tekstur, bedre enn ved kun bruk av vann.



Figur 43: Partikkelstørrelsesfordeling i og mellom hjulspør for felt 2 og 3 (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)

Det kan se ut som at størrelsen til partiklene på vegbanen minker etter rengjøring av vegbanen (første vasketrinn) og øker etter rengjøring av tak, vegger og vegbane (andre vasketrinn), noe som viser at feiebilen er effektiv til å ta opp finstøv.

## Restfukt på vegbanen

Tabell 13 nedenfor viser resultater fra restfuktmålinger (g/m<sup>2</sup>) med Wettex kluter, hhv målinger etter vasking (betegnet i tabell som «Før oppsug») og etter siste runde med maksimal oppsug (betegnet som «Etter oppsug»). Det er vist endring i målt fukt-/vannmengde, samt effekt (forholdet mellom vannmengde etter oppsug og før oppsug). 100 g/m<sup>2</sup> betyr en vannfilm på 0,1 mm. Det ble ikke målt restfukt i felt 1.

Tabell 13: Restfuktmålinger med Wettex i Strindheimtunnelen

Felt	Forsøksparametere	Restfukt målt med Wettex (g/m <sup>2</sup> )			Effekt
		Før oppsug	Etter oppsug	Endring	
2	Normal hastighet, med såpe	386	41	-345	89 %
3	Normal hastighet, uten såpe	163	28	-135	83 %
<b>Vasket – alle felt</b>		<b>274</b>	<b>35</b>	<b>-240</b>	<b>87 %</b>

Resultatene i Tabell 13 ovenfor viser at feiemaskinen har et effektiv oppsug.



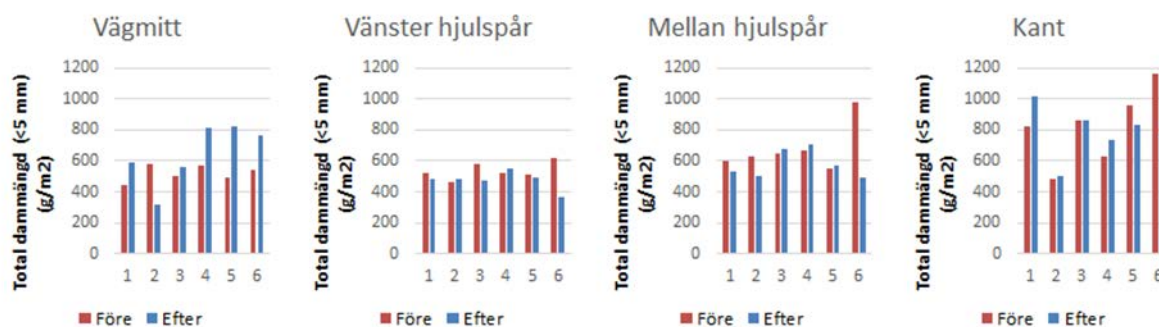
## 6.2 Haakon VII gate

Resultater fra Haakon VII gate omfatter måling av renhet, gjenværende fukt etter rengjøring, og spor, ujevnheter, tekstur og friksjon utført med målebiler.

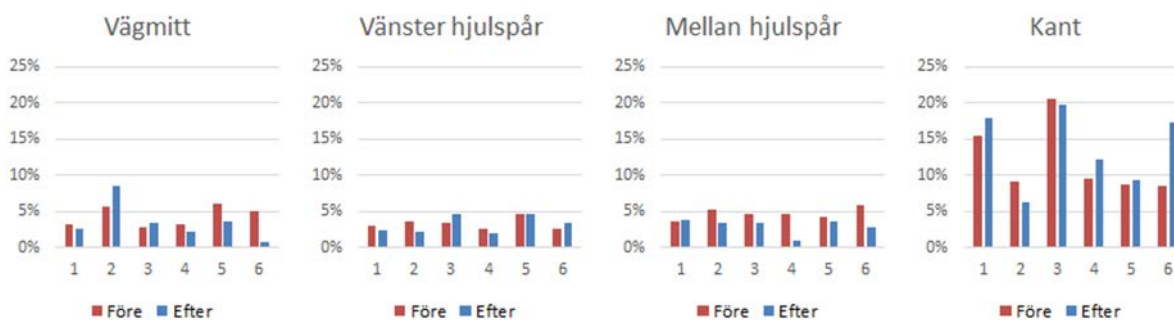
### Renhet på vegbanen

Resultater fra måling med WDS II før og etter rengjøring er vist i Figur 44, Figur 45 og Figur 48 nedenfor. Mest effektiv er rengjøring i felt 4 (Disa-Clean med høytrykksvask, 10 km/t) og felt 6 (rotorclean, 3 km/t). Rotorclean i 3 km/t er 57 % mer effektiv enn ved 10 km/t. Disa-Clean i kombinasjon med høytrykksvask i 10 km/t er 35 % mer effektiv enn rotorclean i 10 km/t. Også Disa-Clean i kombinasjon med pålegging av vann før oppsug (felt 2 og 3) i 10 km/t er 10 % mer effektiv enn rotorclean i 10 km/t. Dette betyr at Disa-Clean er mer effektiv enn rotorclean ved høyere kjørehastigheter.

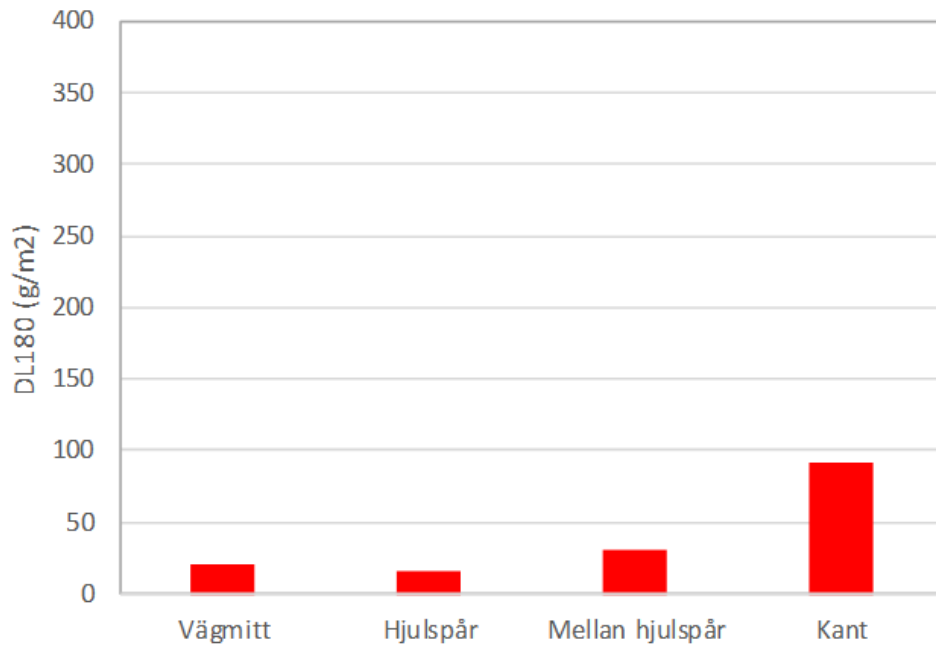
Det største støvdepotet er i kanten av vegen, mens det laveste nivået er i hjulspor.



Figur 44: Total mengde støv (< ca. 5 mm) i WDS-prøvene fra de ulike områdene på felt 1-6 før og etter rengjøring (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)



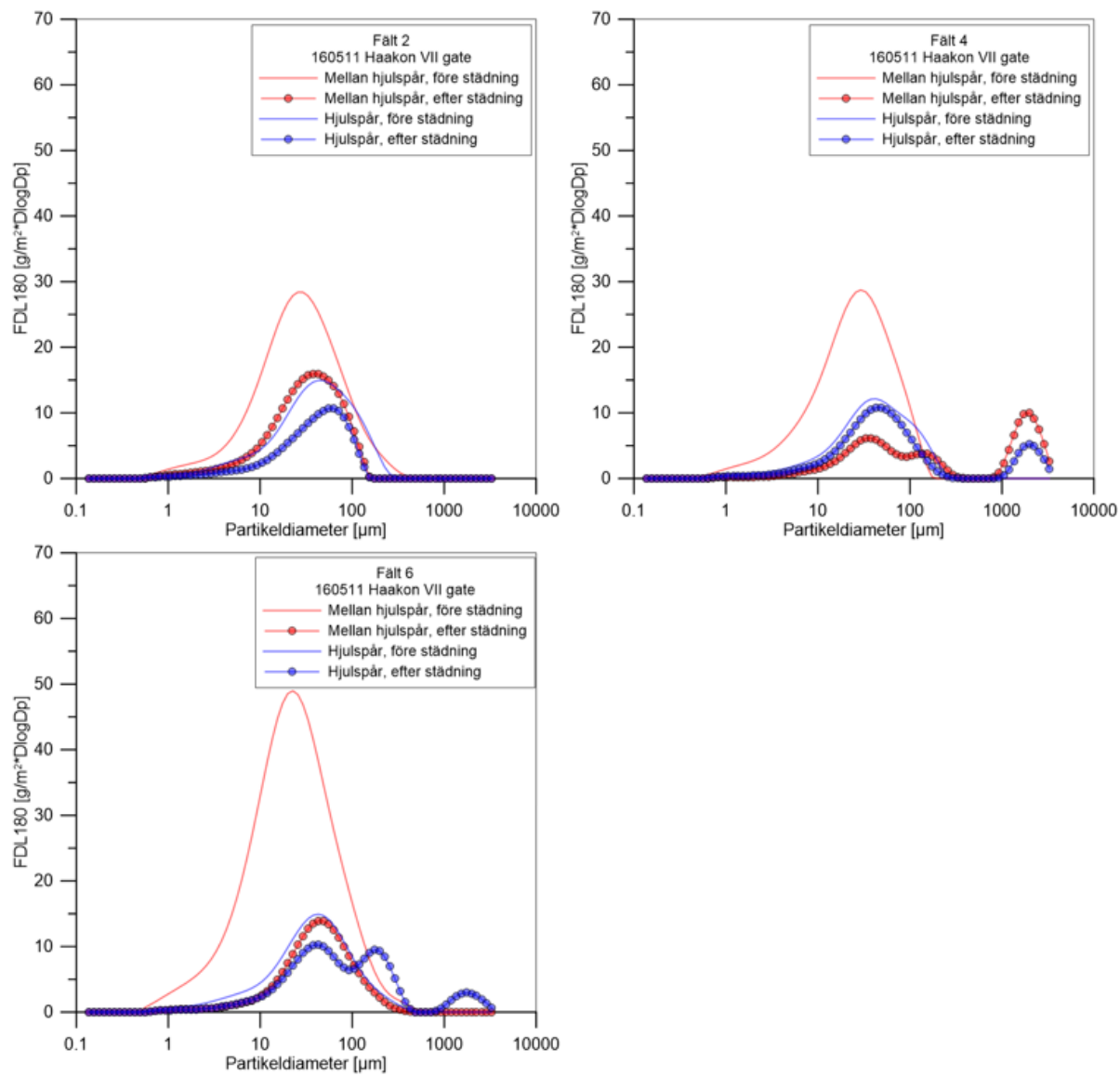
Figur 45: Mengde finstøv (<0,180 mm) før og etter rengjøring på ulike steder i vegbanen (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)



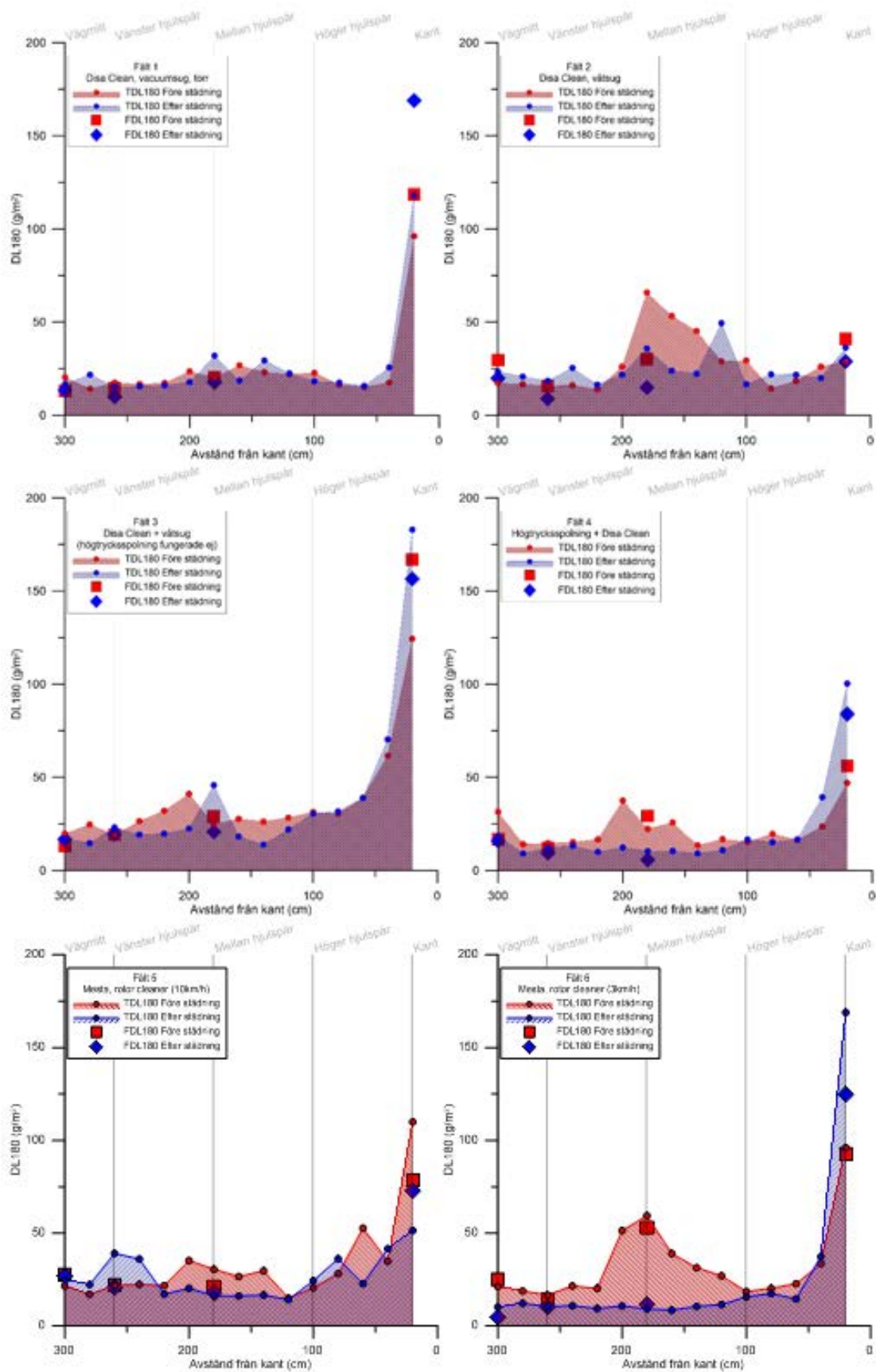
*Figur 46: Middelværdi av mengde støv før rengjøring for felt 1-6 i Haakon VII gate (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)*

Andel uorganisk materiale (mineralpartikler) er ca. 90 vekt %, og litt høyere enn andel organisk materiale før rengjøring enn etter rengjøring.

Partikkelstørrelsen på vegstøvet øker etter rengjøring, noe som tyder på at maskinene er effektive til å ta opp finstøv med størrelse < 0,180 mm.



Figur 47: Partikkelstørrelsesfordeling for i og mellom hjulspor for felt 2,4 og 6 på Haakon VII gate (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)



Figur 48: Mengde støv i et tverrsnitt av vegen før og etter rengjøring for de seks feltene i Haakon VII gate (fra VTI rapport 953 i Vedlegg 5)

## Restfukt på vegbanen

Vegdekket var tørt før vasking startet. Det ble utført målinger med Wettex etter endt vasking og oppsug. I felt 1 ble Disa-Clean kjørt med tørt oppsug, så her var det ikke noe vann på vegoverflaten (N/A i tabell angir at verdi er ikke målt/beregnet). Felt 3 skulle vært kjørt med høytrykksspyleenheten, men den fungerte ikke og derfor ble felt 2 og 3 kjørt med vått oppsug. En restfukt på ca. 100 g/m<sup>2</sup> tilsvarer en vannfilm på 0,1 mm.

Tabell 14: Restfuktmålinger med Wettex i Haakon VII gate

Felt	Forsøksparametre	Restfukt etter vask målt med Wettex (g/m <sup>2</sup> )	
		Indre (høyre) spor	Mellom spor
1	Disa-Clean tørt oppsug 10 km/t	N/A	N/A
2	Disa-Clean vått oppsug 10 km/t	32	64
3	Disa-Clean vått oppsug 10 km/t	4	8
4	Disa-Clean høytrykksspyling 10 km/t	104	40
5	ValAir Rotorclean 10 km/t	76	56
6	Val Air Rotorclean 3 km/t	188	128
<b>Snitt</b>		<b>81</b>	<b>59</b>

Tabell 14 ovenfor viser restfukt etter vask målt med Wettex kluter i høyre hjulspor og mellom hjulspor for felt 2–6. Resultater viser at Disa-Clean med vått oppsug i felt 3 etterlater vegoverflatene tilnærmet tørr etter oppsug. Felt 2, 4 og 5 etterlater mere fukt. Felt 6 har høyest restfuktighet med 128 g/m<sup>2</sup>. Restfukt ser ut til å ha sammenheng med spordybde, jo større spor jo vanskeligere er det for feiebilen effektivt å suge opp vannet.

## Spor, ujevnhet, tekstur og friksjon (middelverdier)

I Tabell 15 nedenfor viser oppsummerte resultater fra måling av spor, ujevnhet (IRI), tekstur (MPD) og friksjon.

Tabell 15: Resultater spor, ujevnhet (IRI), tekstur (MPD) og friksjon i Haakon VII gate

Felt	Forsøksparametre	Spor (mm)	IRI (mm/m)	MPD	Friksjon målt med OSCAR	
					Indre spor	Mellom spor
					Før/etter	Før/etter
1	Disa-Clean tørt oppsug 10 km/t	14	3,4	1,0	0,67/0,54	0,75/0,65
2	Disa-Clean vått oppsug 10 km/t	23	3,3	1,1	0,61/0,51	0,73/0,70
3	Disa-Clean vått oppsug 10 km/t	9	3,0	1,2	0,64/0,53	0,79/0,77
4	Disa-Clean høytrykksspyling 10 km/t	25	3,1	1,1	0,64/0,59	0,72/0,69
5	ValAir Rotor Clean 10 km/t	26	3,4	1,1	0,63/0,53	0,74/0,69
6	ValAir Rotor Clean 3 km/t	27	3,3	1,2	0,62/0,57	0,71/0,73

Spordybde, ujevnhet og MPD er beregnet som gjennomsnitt av fem 20 m medianverdier.

Det er målt varierende spordybder på de enkelte forsøksfeltene, fra 9 mm for felt 3, via 14 mm for felt 1, og 23 mm for felt 2, 25 mm for felt 4, 26 mm for felt 5 og 27 mm for felt 6. Felt 2, 4, 5 og 6 har spor som overstiger kravene i vedlikeholdsstandarden. Det samme gjelder for ujevnhet (IRI).

Det er ikke registrert noen signifikant økning i MPD verdi etter rengjøring for noen av feltene, hverken i indre hjulspor, eller mellom hjulsporene.

Generelt er friksjon målt høyere mellom hjulspor, enn i indre hjulspor. Forskjellen øker etter rengjøring.

- Indre hjulspor: Statistisk sett en sannsynlighet (nær 100 %) for en reduksjon i friksjon etter rengjøring. Reduksjon i snitt for alle felt er på 0,09.
- Mellom spor: Statistisk sett ingen signifikant endring, selv om alle felt viser en reduksjon, i snitt med 0,03 (sannsynlighet for endring er beregnet til 94 % – bør ha 95 % eller mer).

### 6.3 Stordalstunnelen

Resultater fra Stordalstunnelen omfatter måling av lyshet med fargeskala ark. Det var vanskelig å bestemme renhetsgraden både før og etter rengjøring ved hjelp av fargeskala, og det var generelt liten endring etter rengjøring for alle felt.

I felt V3 ble slangen til frontspylebom/-børste ødelagt. Sidebom ble derfor benyttet, og det ble større avstand til veggen og vanntrykket på veggen ble sannsynligvis også lavere enn planlagt.

Tabell 16: Resultat på lyshet målt med fargeskala i Stordalstunnelen

Felt	Forsøksparametre	Lyshet		
		Før rengjøring	Etter rengjøring	Endring
V1	Polerbørste, normal arbeidshastighet, såpe	45 %	30 %	15 %
V2	Polerbørste, høy arbeidshastighet, såpe	45 %	30 %	15 %
V3	Spyling med høyt trykk (NB: sidebom), normal arbeidshastighet, såpe	45 %	35 %	10 %
M1	Vaskebørste, normal arbeidshastighet, såpe	45 %	30 %	15 %
M2	Vaskebørste, høy arbeidshastighet, såpe	45 %	35 %	10 %
M3	Spyling med middels trykk, normal arbeidshastighet, såpe	45 %	40 %	5 %

Polerbørsten ga et mer prikkete vaskemønster, men også en glattere overflate på veggen sammenlignet med vaskebørsten, noe som trolig vil hindre at nytt støv så lett fester seg på overflaten.

Vaskebørsten ga både striper i lakken og vaskemønsteret, og er derfor uegnet til lakkerte stålplater. Det er mulig vaskebørsten kan fungere bedre på andre tunneloverflater (betongelement, evt. sprøytebetong og råsprengt fjell).



Figur 49: Striper i lakk og vaskemønster fra vaskebørsten (Foto Bjarne-Martin Valde)

Normal kjørehastighet (3 km/t) ga marginalt bedre vaskeresultat enn høy kjørehastighet (5–7 km/t), og børste ga litt bedre vaskeresultat enn kun spyling av veggene. Spyling med høyt trykk (NB: sidebom) ga noe bedre resultat enn spyling med middels trykk.

Såpetype Careq bussvask ble brukt på felt V1–3, mens såpetype Fannefjord ble brukt på M1–M3. Det ble ikke registrert noen forskjell på disse.



*Figur 50: Fargeskala (Foto: Bjarne–Martin Valde)*



## 7. Konklusjoner

I disse forsøkene ble det testet ulike utstyr for renhold av tunnel, veg og gater og effekten ble dokumentert med ulike metoder:

- Renhet på vegbanen ble målt med WDS II (wet dust sampler)
- Lyshet i tunnel ble målt med fargeskalaark og refleksjon, luminans og illuminans
- Spor, ujevnhet, tekstur og friksjon på vegbanen ble registrert med ViaPPS og OSCAR målebiler
- Restfukt på vegbanen ble målt med Wettex-kluter

### RENHET PÅ VEGBANEN

Prøvetaking med WDS II ble brukt for å måle mengde støv på vegen (partikkelstørrelse mindre enn 5 mm og mindre enn 180 mikrometer) før og etter rengjøring. For tunnelrengjøringen ble det også prøvetatt med WDS II etter vegbanen og banketten ble feid første gang. Det største støvdepotet før rengjøring er i kanten av vegen, mens det laveste nivået er i hjulspor. Det er også en del støv mellom hjulsporene og i midten av vegen/mellom kjørefelt. Dype spor og asfalskader gir dårligere rengjøringsresultat pga at maskinene ikke tilpasser seg underlaget. Andel uorganisk materiale (mineralpartikler) i støvet ligger på 90 vekt%. Partikkelstørrelsen på vegstøvet øker etter rengjøring, noe som tyder på at maskinene effektivt tar opp det fineste støvet (< 0,180 mm).

#### Strindheimtunnelen

I tunnel ble det målt med WDS II før rengjøring, etter bankett og vegbane var rengjort første gang, og etter helvasken var gjennomført. Forsøket viser ingen klar effekt på renhet på vegbanen med eller uten bruk av såpe. Fordelingen av støv på tvers av vegen er noenlunde lik før og etter rengjøring: lite på bankett, mye i vegkant, lite i hjulspor og litt mellom hjulspor og mellom kjørefelt. Det er kun børstesystemet på feiebilene som kommer inntil banketten, og dette fungerer ikke godt nok for å forflytte støvet inn mot oppsugingssystemet til feiebilene.

Erfaringene fra tunnelvaskingen viser at man kanskje bør ha mindre fokus støv som er grodd fast i teksturen i asfalten, og heller konsentrere renholdet på løsere støv på vegbanen, bankett og havarilommer/snusnisjer. Det bør være større frekvens på feiing av veibane, bankett, havarilommer/snusnisjer og lignende, og færre halv- og helvasker i tunnel. Det bør utvikles utstyr som mer effektivt rengjør området inn mot banketten/kantstein.

#### Haakon VII gate

Under forsøkene ble Disa-Clean og rotorclean systemene sammenlignet. Disa-Clean rengjør effektivt løse partikler på vegoverflaten med vakuumsug ved en fremdriftshastighet på 10 km/t. Maskinen kjører tørt og kan derfor brukes hele året uavhengig av vegbanetemperatur. Koster er kapslet inn så de ikke virvler opp støv til omgivelsene, og den har filter som samler opp partikler ned til 2,5 mikrometer fra utluften. Rotorclean har normalt en fremdriftshastighet på 3 km/t ved bruk av høytrykksspyling i kombinasjon med kraftig oppsug. For å sammenligne disse systemene ble Disa-Clean kjørt på tørr vegbane, på fuktet vegbane, og med en høytrykkspyleenhet utviklet av Trondheim Bydrift. Disa-Clean ble kjørt i

10 km/t som er normal fremdriftshastighet. Rotorclean ble kjørt i 3 og 10 km/t. Resultater fra måling med WDS II viser at Disa-Clean med høytrykksvask i 10 km/t og rotorclean i 3 km/t er mest effektivt. Rotorclean i 3 km/t er 57 % mer effektiv enn ved 10 km/t. Disa-Clean i kombinasjon med høytrykksvask i 10 km/t er 35 % mer effektiv enn rotorclean i 10 km/t. Også Disa-Clean i kombinasjon med pålegging av vann før oppsug i 10 km/t er 10 % mer effektiv enn rotorclean i 10 km/t. Dette betyr at Disa-Clean er mer effektiv enn rotorclean ved høyere arbeidshastigheter.

Kraftig oppsug er effektivt for å fjerne løst vegstøv, og høytrykksspyling er viktig for å løsrive fastgrodd vegstøv i teksturen til asfalten. Det kan se ut som om at fast dyserekke muliggjør høyere fremdriftshastighet og god rengjøringseffekt sammenlignet med roterende spyledyser. Lavere arbeidshastighet gir bedre renhet på vegbanen, men vil redusere fremdriften og gi økt ressursforbruk.

Resultater fra renhetsmåling med WDS II utført av VTI foreligger som egen rapport:

- VTI rapport 953 (se Vedlegg 5)  
[https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/utvardering-av-stadmaskiners-formaga-att-reducera-\\_1163217](https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/utvardering-av-stadmaskiners-formaga-att-reducera-_1163217)

## LYSHET

### Måling av luminans og illuminans

#### Strindheimtunnelen

Forsøkene i Strindheimtunnelen har sett på forskjellige metoder for vask av tunnelvegger og gulv. Det er vist at bruk av såpe, hastighet på vaskebil og feiebil alle har innvirkning på forskjellige deler av det resulterende belysningsnivået og/eller luminansnivået i tunnelen. I tillegg til den direkte strømbesparende potensialet kommer også de subjektive og psykiske faktorene som må tas hensyn til i forhold til brukernes brukerkomfort i tillegg til direkte trygghetseffekt.

For nivå på veibanen er det vask av armaturer som bidrar direkte til nivået på vegbanen, mens vask av tunnelvegger bidrar til en lysere tunnel men ikke vesentlig til nivået på vegbanen.

Sammenlignet med målinger i 2015 kan det konkluderes at tunnelen var gjennomgående mørkere både før og etter tiltak i 2016. Det kan følgelig antas at det er ikkereversible effekter ved overflatene som har endret seg i perioden mellom målinger i 2015 til 2016.

Resultater fra lyshetsmåling utført av Norconsult foreligger som egen rapport (se Vedlegg 4).

### A4 ark med fargeskala

Lyshet ble målt med en fargeskala fra 10 - 100 % der 10 er helt hvitt og 100 % er helt svart. Det ble vurdert hvor på skalaen tunnelveggen lå før og etter vask. Dette er en enkel, rask og lite ressurskrevende metode. Men den er avhengig av at tunnelveggen er malt med en type maling som ikke endrer farge over tid og er lett å rengjøre.

### Strindheimtunnelen

Rengjøring av tunnelhvelv betongelement er mer effektivt med bruk av såpe enn uten såpe, og normal arbeidshastighet gir litt bedre resultat enn høy arbeidshastighet.

### Stordalstunnelen

Normal arbeidshastighet og bruk av såpe ga best resultat på lyshet. Mekanisk påvirkning er også mer effektivt for å fjerne støv fra tunnelvegg enn kun spyling. Polerbørste fungerer bedre på malte metallflater enn vaskebørste med sener som ga riper i lakken. Polerbørsten ga en glatt overflate etter vask. De to såpetypene (Careq bussvask og Fannefjord) som ble bruk ga omtrent samme resultat.

## SPOR, UJEVNHET, TEKSTUR OG FRIKSJON

### Strindheimtunnelen

Det er målt samme spordybder (4 mm) på alle forsøksfeltene. Det er ikke registrert noen signifikant økning i MPD verdi etter rengjøring for noen av feltene, hverken i indre hjulspor, eller mellom hjulsporene.

For friksjon er det for indre hjulspor statistisk sett en sannsynlighet (96 %) for en liten reduksjon i friksjon etter rengjøring. Reduksjon i snitt for alle tre felt er på 0,04. Mellom spor er det statistisk sett ingen signifikant endring, selv om alle felt viser en reduksjon.

### Haakon VII gate

Det er målt varierende spordybder på de enkelte forsøksfeltene, fra 9–27 mm. Fire av forsøksfeltene har spor som overstiger kravene i vedlikeholdsstandarden. Det samme gjelder for ujevnhet (IRI). Dype spor og grov tekstur vanskeliggjør effektiv rengjøring.

Det er ikke registrert noen signifikant økning i MPD verdi etter rengjøring for noen av feltene, hverken i indre hjulspor, eller mellom hjulsporene.

Generelt er friksjon målt høyere mellom hjulspor enn i indre hjulspor.

## RESTFUKT PÅ VEGBANEN

Fukt på vegen etter vask ble registrert i tunnel og gate med Wettex-kluter. Hensikten med å måle restfukt er å se hvor effektivt rengjøringsbilene suger opp vaskevann ved å registrere mengde vann som ligger igjen på vegen etter rengjøring. Finstøv vil ligge igjen i vaskevannet hvis dette ikke fjernes. Forsøkene viste at kraftig oppsug er viktig for å få fjernet vann på vegoverflaten, men at dype spor hindrer effektivt oppsug.

### Strindheimtunnelen

Resultatene viser at feiemaskinen med rotorclean har et effektiv oppsug, det var tilnærmet tørt på vegoverflaten etter oppsug.

### Haakon VII gate

Resultater viser at Disa-Clean og rotorclean etterlater vegoverflatene tilnærmet tørr etter oppsug, men at restfukt ser ut til å ha sammenheng med spordybde og andre skader i vegdekket.

## KUNNSKAPSOPPBYGGING

Renhold er en driftsoppgave som gjennomføres i driftskontrakter på regionsnivå. Mye av utstyrsutviklingen og kompetanseoppbyggingen har foregått der. Kunnskap om renhold krever samarbeid mellom mange fagmiljø i Statens vegvesen: vann, luft, tunnel, elektro, betong, vegdekker, miljø m.m. Det kan derfor være fornuftig å sette dette i system og gjennomføre et større FoU prosjekt på renhold av tunnel, gater og veger. På kort sikt kan det være fornuftig å gjennomføre fagdager og enkle forsøk.

## 8. Forslag til videre arbeid

Tilstanden på vegoverflaten (spor, tekstur, skader) påvirker effektiviteten til renholdsmaskiner. Dette er faktorer det er lite kunnskap om og som det bør jobbes med fremover.

Dagens utstyr har en arbeidsbredde tilsvarende bæremaskinens bredde. Det er ønskelig med utstyr som har en variabel arbeidsbredde på 2,8 – 3,5 m som kan dekke et helt kjørefelt. Dette vil redusere antall overkjøringer fra 3 til 2 for en 2-felts veg, og fra 6 til 4 på en 4-felts veg. Dagens feiemaskiner kommer også dårlig til der det største støvdepotet ligger; fortau/kantstein/vegskulder. Det er derfor ønskelig å få utviklet nytt utstyr som effektivt kan fjerne vegstøvet fra disse områdene.

Fremdriftshastighet er viktig for både kvalitet på rengjøringen, rekkevidde/areal man kan rengjøre per skift/kostnader/kapasitet, og ev. trafiksikkerhet. Det er ønskelig med feiemaskiner som gir bedre renhet ved større fremdriftshastighet.

Det kan også være aktuelt å teste trykkluft for å se om det kan ha en lignende virkning som høytrykksspyling.

### Prosedyrer og krav til utstyr i driftskontrakter

Det må utarbeides mer detaljerte beskrivelser for gjennomføring og krav til utstyret som skal brukes, og metoder for dokumentasjon av effekt (f.eks. mengde fukt på veggen etter rengjøring).

### Tunnel

Såpe brukes ved hel- og halvask av tunneler, og det er viktig for å få rene tunneltak og vegger. Både effekt på renhet/lyshet ved ulike konsentrasjoner, typer og eksponeringstid kunne vært interessant å studere videre. Det kan også være aktuelt å se på effekt av ulik konsentrasjon med samme såpetype, der det også rengjøres uten bruk av såpe. I et miljøperspektiv er bruk av såpe negativt blant annet på grunn av at det løser metaller. Økt temperatur på vaskevannet kan også påvirke effekt av vasking, og muligens redusere bruken av såpe.

Det er mange ulike utforminger av tunneler; råsprengt fjell, betongelement, Gjertsenduk, metallplater, sprøytebetong osv. Enkelte typer overflater vil lettere la seg rengjøre enn andre. Rengjøring av ulike typer tunnelvegger vil kreve ulikt utstyr og rengjøringsteknikk. Noen tunneler har også malte vegger. I dette forsøket var det malte betongelement i Strindheim-tunnelen og stålplater i Stordalstunnelen, men det er ikke sett på andre typer overflater.

Det hevdes at enkelte typer maling som er brukt i noen tunneler er brannfarlige. I tillegg kan feil type maling/overflatebehandling hindre at betongen «puster» slik at fukt kan bli fanget inne i tunnelveggen noe som kan føre til at levetiden på betongen går ned. Hvordan maling og vasking påvirker holdbarheten til betong i tunnel kan også være viktig å følge opp.

### Veg og gate

Når det er plussgrader på vegbanen kan det brukes kost og vann til å spyle løs støv og skitt i vegbanen og langs kantsteinene. Men når det er minusgrader på vegbanen kan man ikke bruke vann siden det vil fryse. Da er det kun tørre metoder som kan benyttes for rengjøring,

samt støvdempende tiltak med saltlake for å holde vegbanen fuktig og hindrer oppvirvling av støv. Rengjøring ved ulike temperaturer på vegbanen, spesielt lave temperaturer, er et tema det bør jobbes videre med.

## Vedlegg 1: Sikkerhetsdatablad på maling i Strindheimtunnelen

### Tekniske data

## JOTAPROFF PVA 07



F010111 12.2012

JOTAPROFF PVA 07 er en vanntynnet, løsemiddelfri dispersjonsmaling til innendørs bruk. Benyttes som mellom- og toppstrøk på vegger av puss, betong, sandsparkel, bygningsplater, glassfiberstrie/-filt papir m.m.

### FYSIKALSKE DATA:

Type.....	PVA-kopolymer dispersjonsmaling
Farger.....	Hvit base, A, B og C base Ferdigfarger i 471, NCS S 0500, NCS S 0502Y Hvit base er en fullpigmentert hvitfarge. Kjøpes Hvit base som hvit skal den IKKE blandes over Jotun Multicolor. Alle andre fargeresepter skal blandes over Jotun Multicolor.
Glans.....	07 silkematt
Viskositet.....	160 cP, 118 K.U.
Litervekt.....	1,36
Tørrestoff i volum % .....	40

### BRUKSDATA:

Anbefalt forbruk.....	7-10m <sup>2</sup> /liter
Påføringsmetode.....	Rull, pensel eller høytrykkssprøyte
Veiledende data for høytrykkssprøyte:	
Dyse.....	0,46-0,53mm / 0,018"-0,021"
Viftevinkel.....	65-80 grader
Malingstrykk.....	Min 15 MPa / Min 150 kg/cm <sup>2</sup>
Tørretider (v/23 gr.C, 50% R.H.):	
Støvtørr.....	Ca. 1 time
Min. intervall for overmaling.....	Ca. 3 timer
Bruktørr, minimum.....	Ca 24 timer
	Avviker ved temperatur, fuktighet, ventilasjon og filmtykkelse
Tynner/Rengjøringsmiddel.....	Tynner: Vann Rengjøring: JOTUN PENSELRENS og vann

### SIKERHETSDATA:

Det er utarbeidet sikkerhetsdatablad for produktet.  
EU grenseverdi for produktet(kat. A/a): 30 g/l (2010). Produktet inneholder maks 1 g/l VOC.

### BRANNFAREKLASSE:

Norge..... -

## DIVERSE:

Brekking.....	Inntil 10% med Jotun Brekkfarger
Emballasjestørrelser.....	3 og 10 liter
Anmerkning.....	Underlagets og luftens temperatur må være min. +10 °C. Må fraktes og oppbevares frostfritt. Innhold i emballasje med forskjellige produksjonsnummer blandes sammen før bruk for å unngå fargeforskjell. BASER MÅ IKKE BENYTTES UBLANDET.

---

## BRUKSANVISNING:

**FORARBEID:** Flatene skal være faste, rene og tørre.

**FORBEHANDLING:** Rengjør med JOTUN HUSVASK. Skyll med vann. Bart jern og spikerhoder grunnes med BENGALACK METALLGRUNNING ARCANOL.

**GRUNNING: Tidligere malt:** Gammel blank og halvblank maling grunnes med JOTUN HEFTGRUNNING V. Andre tidligere malte flater mattes ned med egnet slipepapir og avstøves.

**Tak misfarget av sot, nikotin e.l.:**  
Grunnes med JOTUN GRUNNING FOR SPERRING/ISOLERING.

**BRUKSMÅTE:** JOTAPROFF PVA 07 påføres best med rull, men pensel og høytrykkssprøyte kan også benyttes. Påføres fyldig og jevnt.

**MELLOMSTRØK/TOPPSTRØK:** 2 strøk JOTAPROFF PVA 07. På sugende, porøse underlag anbefales det å male 3 strøk for å unngå skjolder.

**MILJØMERKING:**  
JOTAPROFF PVA 07 er godkjent av Miljømerking Norge, og tilfredsstillende kravene til miljømerkene Svanen og EU-blomsten.



## AVFALLSHÅNDTERING:

Flytende maling må ikke tømmes i kloakkavløp, men leveres til lokal miljøstasjon.



---

Opplysninger på dette databladet er basert på omfattende laboratorieprøver og praktisk erfaring. Ettersom de forhold produktet benyttes under ofte ligger utenfor vår kontroll, kan vi ikke garantere annet enn produktets kvalitet. Man forbeholder seg retten til uten varsel å endre de oppgitte data. Maling kan betraktes som et halvfabrikat. Resultatet er avhengig av konstruksjon, underlagets beskaffenhet, forbehandling, temperatur, luftfuktighet, påføring osv. Be om ytterligere informasjon.

---



## Tekniske data

# JOTAPROFF PVA 20



F010112 12.2012

JOTAPROFF PVA 20 er en løsemiddelfri halvblank PVA-kopolymer dispersjonsmaling for innendørs bruk. Benyttes som understrøk, dekkstrøk på vegger og tak av puss, betong, sandsparkel, bygningsplater, glassfiberstrie, papir m.m.

### FYSIKALSKE DATA:

Type.....	PVA-kopolymer dispersjonsmaling
Farger.....	Hvit base, A, B, C base. Hvit base er en fullpigmentert hvitfarge. Kjøpes Hvit base som hvit skal den IKKE blandes over Jotun Multicolor. Alle andre fargeresepter skal blandes over Jotun Multicolor.
Glans.....	20 halvblank
Viskositet.....	160 cP, 118 K.U.
Litervekt.....	1,30
Tørrestoff i volum % .....	40

### BRUKSDATA:

Anbefalt forbruk.....	7-10 m <sup>2</sup> /liter
Påføringsmetode.....	Rull, pensel eller høytrykkssprøyte
<b>Veiledende data for høytrykkssprøyte:</b>	
Dyse.....	0,46-0,53mm / 0,018" - 0,21"
Viftevinkel.....	65-80 grader
Malingtrykk.....	Min 15 MPa / Min 150 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Tørretider (v/23 gr.C, 50% R.H.):</b>	
Støvtørr.....	Ca. 1 time
Min. intervall for overmaling.....	Ca. 3 timer
Brukstørr, minimum.....	Ca. 24 timer timer
	Avviker ved endret temperatur, fuktighet, ventilasjon og filmtykkelse.
Tynner/Rengjøringsmiddel.....	Tynner: Vann Rengjøring: JOTUN PENSELRENS og vann.

### SIKKERHETSDATA:

Det er utarbeidet sikkerhetsdatablad for produktet.  
EU grenseverdi for produktet (kat. A/a): 30 g/l (2010). Produktet inneholder maks 1 g/l VOC.

### BRANNFAREKLASSE:

Norge..... -

## DIVERSE:

Brekking.....	Inntil 10% med Jotun Brekkfarger
Emballasjestørrelser.....	3 og 10liter
Anmerkning.....	Underlagets og luftens temperatur må være min. +10 °C. Må fraktes og oppbevares frostfritt. Innhold i emballasje med forskjellige produksjonsnummer blandes sammen før bruk for å unngå fargeforskjell. BASER MÅ IKKE BENYTTES UBLANDET.

## BRUKSANVISNING:

**FORARBEID:** Flatene skal være faste, rene og tørre.

**FORBEHANDLING:** Rengjør med JOTUN HUSVASK. Skyll med vann. Bart jern og spikerhoder grunnes med BENGALACK METALLGRUNNING ARCANOL.

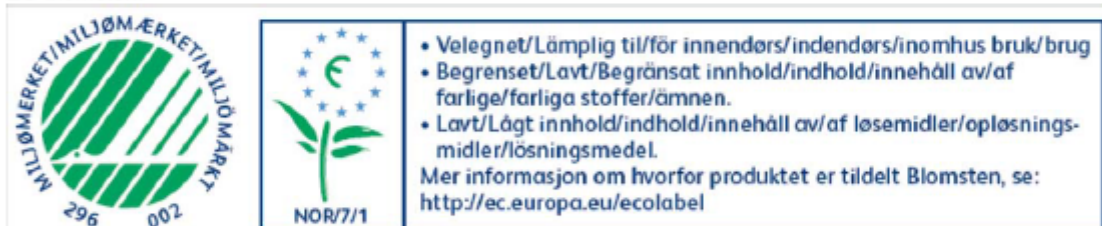
**GRUNNING:** Tidligere malt: Gammel blank og halvblank maling grunnes med JOTUN HEFTGRUNNING V. Andre tidligere flater mattes ned med egnet slipepapir og avstøves.

**Tak misfarget av sot, nikotin e.l.:**  
Grunnes med JOTUN GRUNNING FOR SPERRING/ISOLERING.

**BRUKSMÅTE:** JOTAPROFF PVA 20 påføres best med rull, men pensel og høytrykkssprøyte kan også benyttes. Påføres fyldig og jevnt.

**MELLOMSTRØK/TOPPSTRØK:** 2 strøk JOTAPROFF PVA 20. På sugende, porøse underlag anbefales det å male 3 strøk for å unngå skjolder.

**MILJØMERKING:**  
JOTAPROFF PVA 20 er godkjent av Miljømerking Norge, og tilfredsstiller kravene til miljømerkene Svanen og EU-blomsten.



### AVFALLSHÅNDTERING:

Flytende maling må ikke tømmes i kloakkavløp, men leveres til lokal miljøstasjon.



Opplysninger på dette databladet er basert på omfattende laboratorieprøver og praktisk erfaring. Ettersom de forhold produktet benyttes under ofte ligger utenfor vår kontroll, kan vi ikke garantere annet enn produktets kvalitet. Man forbeholder seg retten til uten varsel å endre de oppgitte data.

Maling kan betraktes som et halvfabrikat. Resultatet er avhengig av konstruksjon, underlagets beskaffenhet, forbehandling, temperatur, luftfuktighet, påføring osv.

Be om ytterligere informasjon.

## Vedlegg 2: Asfaltresepter

Resept Strindheimtunnelen (Ska 16 PMB og Ottersbo)

<b>NCC</b>	<b>Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag</b>	Midt
Reseptnr. 125212015900	Produksjonssted Ranheim 1111-08-0345	
Dekketype Ska 16 Pmb	Reseptdato 23.04.2012	
Asfaltleverandør NCC Roads AS		

	Tilsiktet	Toleranse		
Bindemiddel (%)	5.8	0.4	Densitet (g/cm <sup>3</sup> )	
Hulrom (%)	3.5	1.5	Hulrom (%)	
Forbruk (kg/m <sup>2</sup> )			Stabilitet (N)	
Massetemp prod. (°C)	160.0	10.0	Flyt (mm)	
Dekkets densitet Pd (g/cm <sup>3</sup> )	2.409		Stab:Flyt (N/mm)	
Maks.teoretisk densitet Ps (g/cm <sup>3</sup> )	2.496		Ind. strekkst. (kPa)	
Maks. vanninnhold (%)				
Bindemiddeltipe	PmB			

	µm				mm					
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16
Tils	9.0	11.0	13.0	15.0	18.0	22.0	27.0	42.0	56.0	88.0
Tol.	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

Passert (%)

Maskevidde

— Reseptkurve — Toleranse min — Toleranse max

Tilslag	Forekomst	Dens.	FI	LA	Mølle	Sort	Andel
Pukk	Ottersbo	2.75				11-16 K	48.0
Pukk	Ottersbo	2.75				8-11 K	15.0
Grus	Ottersbo	2.75				0-8 K	26.0
Grus	Forsett	2.7				0-8 VN	5.0
Filler	Kalkfiller	2.7				Filler	6.0

Tilsetningsstoff	Fiber	Mengde (% av bindem.)	5.0
Vedhefningsmiddel	Wetfix BE	Mengde (% av bindem.)	0.5

Arbeidsresepten godkjent:  Dato: _____ Underskrift: _____	Entreprenør Sted: _____, Den: _____  Underskrift: _____
---	--

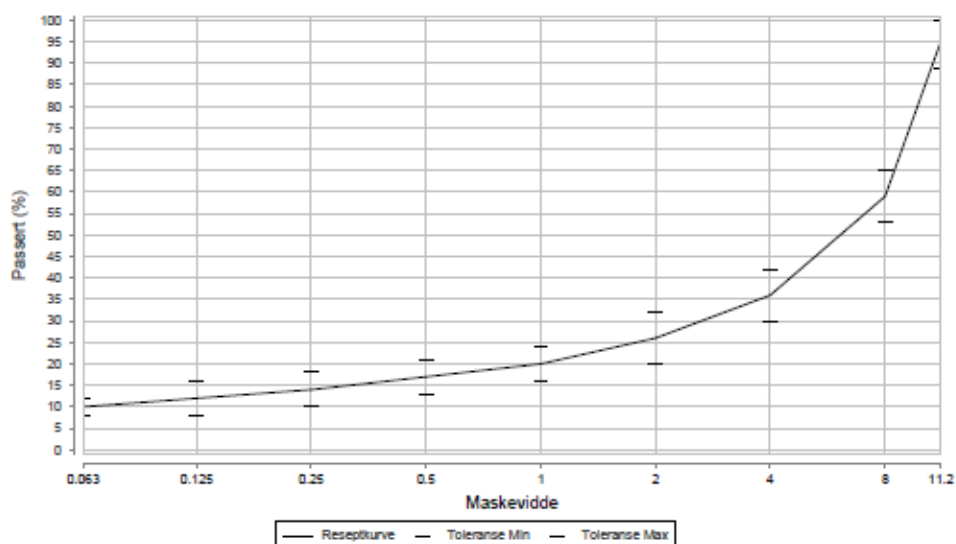
# Resept Haakon VII gate (Ska 11 70/100 og Ottersbo)

	Statens vegvesen	Region Midt
<b>Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag</b>		
Reseptnr. 125212002706	Produksjonssted Ranheim asfaltfabrikk NCC 1111-08-0345	
Dekketype Ska 11	Reseptdato 27.06.2011	
Asfaltleverandør NCC Roads AS		

	Tilsiktet	Toleranse	Kompaktering
Bindemiddel (%)	6.2	0.4	Densitet (g/cm <sup>3</sup> )
Hulrom (%)	3.5	1.5	Hulrom (%)
Forbruk (kg/m <sup>2</sup> )			Bitumenfylt hulrom (%)
Massetemp prod. (°C)	160.0	10.0	Stabilitet (N)
Dekkets densitet Pd (g/cm <sup>3</sup> )	2.393		Flyt (mm)
Maks.teoretisk densitet Ps (g/cm <sup>3</sup> )	2.48		Stab:Flyt (N/mm)
Maks. vanninnhold (%)			Ind. strekkst. (kPa)

Bindemiddeltipe	70/100
-----------------	--------

	µm				mm				
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2
Tils	10.0	12.0	14.0	17.0	20.0	26.0	36.0	59.0	95.0
Tol.	2.0	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0



Tilslag	Forekomst	Dens.	FI	LA	Mølle	Sort	Andel
Filler	Kalkfiller	2.7	0.0	0	0.0	FILLER	7.0
Grus	Ekle	2.71	0.0	0	0.0	0-8 VN	5.0
Pukk	Ottersbo	2.75	0.0	0	0.0	0-8 K	37.0
Pukk	Ottersbo	2.75	0.0	0	0.0	8-11 K	51.0

Tilsetningsstoff	Fiber	Mengde (% av bindem.)	5.0
Vedhefningsmiddel	Wetfix BE	Mengde (% av bindem.)	0.5

Arbeidsresepten godkjent:

Dato: \_\_\_\_\_ Underskrift: \_\_\_\_\_

Entreprenør

Sted: \_\_\_\_\_, Den: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

## Vedlegg 3: Sikkerhetsdatablad for såpe

Careq Bussvask med voks

Side 1 av 7



### AVSNITT 1: IDENTIFIKASJON AV STOFFET/STOFFBLANDINGEN OG AV SELSKAPET/FORETAKET

Utgitt dato 18.08.2010  
Revisjonsdato 19.02.2013

#### 1.1. Produktidentifikator

Kjemikaliets navn Careq Bussvask med voks  
Artikkelnr. 811508, 811509, 811523

#### 1.2. Identifiserte relevante bruksområder for stoffet eller stoffblandingen og bruk som det advares mot

Produktgruppe Rengjøringsprodukter.  
Kjemikaliets bruksområde Mikroemulsjon til avfetting og rengjøring.

#### 1.3. Opplysninger om leverandøren av sikkerhetsdatabladet

Firmanavn Valvoline Oil as  
Besøksadresse Industriveien 27B  
Postadresse Postboks 181  
Postnr. 2021  
Poststed Skedsmokorset  
Land Norge  
Telefon 64 83 52 00  
Telefaks 64 83 52 23  
E-post firmapost@valvoline.no  
Hjemmeside <http://www.valvoline.no>  
Kontaktperson Petter Eid Bjerke

#### 1.4. Nødtelefonnummer

Nødtelefon Giftinformasjonen:22 59 13 00

### AVSNITT 2: FAREIDENTIFIKASJON

#### 2.1. Klassifisering av stoffet eller stoffblandingen

Klassifisering i henhold til 67/548/EEC eller 1999/45/EC Xi; R41  
Stoffets/blandingens farlige egenskaper Fare for alvorlig øyeskade.

#### 2.2. Merkingselementer

##### Faresymbol



Irriterende

R-setninger R41 Fare for alvorlig øyeskade.  
S-setninger S26 Får man stoffet i øynene; skyll straks grundig med store mengder vann

Dette Sikkerhetsdatablad er utarbeidet i Eco Publisher (EcoOnline)

Revisjonsdato 19.02.2013

	og kontakt lege. S37/39 Bruk egnede vernehansker og vernebriller/ansiktsskjerm.
Annen merkeinformasjon	Innhold i henhold til bestemmelser om vaskemidler: 5-15 % ikke-ioniske overflateaktive stoffer. 1-5 % kationiske overflateaktive stoffer. 1-5 % fosfater.

### 2.3 Andre farer

PBT / vPvB	PBT-/vPvB-vurdering ikke utført.
------------	----------------------------------

## AVSNITT 3: SAMMENSETNING/OPPLYSNINGER OM BESTANDDELER

### 3.2. Stoffblandinger

Komponentnavn	Identifikasjon	Klassifisering	Innhold
C9-11 Alkoholetoksyilat (4 mol EO)	CAS-nr.: 68439-46-3	Xi; R38, R41 Eye Dam. 1; H318 Skin Irrit. 2; H315	5 - 10 %
tetrakaliumpyrofosfat	CAS-nr.: 7320-34-5 EC-nr.: 230-785-7	Xi; R36 Eye Irrit. 2; H319	1 - 5 %
2-(2-Butoksyetoksy)etanol	CAS-nr.: 112-34-5 EC-nr.: 203-961-6 Indeksnr.: 603-096-00-8 Synonymer: 2- 2(Butoksyetoksy)etanol	Xi; R36 Eye Irrit. 2; H319	1 - 5 %
Aminetoksyilat		Xn; R22 Xi; R38, R41 N; R50 Acute tox. 4; H302 Eye Dam. 1; H318 Skin Irrit. 2; H315 Aquatic Acute 1; H400	1 - 5 %
Kaliumhydroksid	CAS-nr.: 1310-58-3 EC-nr.: 215-181-3 Indeksnr.: 019-002-00-8 Synonymer: Kaliumhydroksid	C; R35 Xn; R22 Acute tox. 4; H302 Skin Corr. 1A; H314	0 - 1 %
Komponentkommentarer	Se seksjon 16 for forklaring av risikoenheter (R) og faresetninger (H).		

## AVSNITT 4: FØRSTEHJELPSTILTAK

### 4.1. Beskrivelse av førstehjelpstiltak

Generelt	Den skadde flyttes straks vekk fra eksponeringskilden. Plasser bevisstløse skadde i stabil sideleie og sørg for frie luftveier. I tilfelle bør lege kontaktes.
Innånding	Frisk luft, ro og varme. Kontakt lege hvis ikke alt ubehag gir seg.
Hudkontakt	Fjern tilsøtt tøy. Vask straks huden med såpe og vann. Kontakt lege hvis ikke alt ubehag gir seg.
Øyekontakt	Fjern evt. kontaktlinser. Skyll straks med store mengder vann. Transport til lege. Fortsett skyllingen under transporten.
Svelging	Gi straks to glass melk eller vann. Fremkall ikke brekninger. Kontakt lege.

### 4.2. De viktigste symptomene og virkningene, både akutte og forsinkede

Akutte symptomer og virkninger	Svie i øynene.
--------------------------------	----------------

### 4.3. Angivelse av om umiddelbar legehjelp og spesialbehandling er nødvendig

Annen informasjon	Ingen spesiell, se seksjon 4.1.
-------------------	---------------------------------

## AVSNITT 5: BRANNSLOKKINGSTILTAK

### 5.1. Sløkkingsmidler

Passende brannslukningsmidler	Pulver, karbondioksid (CO <sub>2</sub> ), vanntåke, skum.
Uegnete brannslukningsmidler	Bruk ikke samlet vannstråle.

### 5.2. Særlige farer knyttet til stoffet eller stoffblandingen

Brann- og eksplosjonsfarer	Kjemikaliet er ikke klassifisert som brannfarlig.
Farlige forbrenningsprodukter	Karbondioksid, karbonmonoksid og uidentifiserte organiske forbindelser.

### 5.3. Råd til brannmannskaper

Personlig verneutstyr	Bruk trykkluftmaske når kjemikaliet er involvert i brann. Ved rømning brukes godkjent rømningsmaske. Se forøvrig seksjon 8.
Annen informasjon	Forpakning i nærheten av brann flyttes straks eller kjøles med vann.

## AVSNITT 6: TILTAK VED UTILSIKTET UTSLIPP

### 6.1. Personlige forsiktighetsregler, personlig verneutstyr og nødrutiner

Sikkerhetstiltak for å beskytte personell	Benytt personlig verneutstyr som angitt i seksjon 8. Ved søl: Vær oppmerksom på glatte gulv og overflater.
---	--

### 6.2. Forsiktighetsregler med hensyn til miljø

Sikkerhetstiltak for å beskytte ytre miljø	Forhindre utslipp til kloakk, vassdrag eller grunn.
--	---

### 6.3. Metoder og materialer for oppsamling og rensing

Metoder for opprydding og rengjøring	Spill tas opp med absorberende materiale.
Forvaring	Spill samles opp i egnede beholdere og leveres som farlig avfall (se seksjon 13).

### 6.4. Henvisning til andre avsnitt

Andre anvisninger	Se også seksjon 8 og 13.
-------------------	--------------------------

## AVSNITT 7: HÅNDTERING OG LAGRING

### 7.1. Forsiktighetsregler for sikker håndtering

Håndtering	Unngå kontakt med huden og øynene. Sørg for tilstrekkelig ventilasjon. Unngå innånding av damper og sprøytetåke.
------------	--

#### Beskyttende tiltak

Råd om generell yrkeshygiene	Det må ikke spises, drikkes eller røykes under arbeidet. Førstehjelpsutstyr inkl. øyeskylleflaske skal være tilgjengelige på arbeidsplassen.
------------------------------	--

### 7.2. Vilkår for sikker lagring, herunder eventuelle uforenligheter

Oppbevaring	Lagres i tett lukket emballasje i kjølig, godt ventilerte rom, beskyttet mot direkte sollys. Lagres frostfritt.
-------------	---

### 7.3. Særlig(e) sluttanvendelse(r)

Spesielle bruksområder	Se seksjon 1.2.
------------------------	-----------------

## AVSNITT 8: EKSPONERINGSKONTROLL/PERSONBESKYTTELSE

### 8.1. Kontrollparametere

#### Tiltaks- og grenseverdier

Komponentnavn	Identifikasjon	Verdi	Norm år
2-(2-Butoksyetoksy)etanol	CAS-nr.: 112-34-5	8 t.: 10 ppm	2011
	EC-nr.: 203-961-6	8 t.: 68 mg/m <sup>3</sup>	
	Indeksnr.: 603-096-00-8		
	Synonymer: 2-2(Butoksyetoksy)etanol		

Kaliumhydroksid	CAS-nr.: 1310-58-3 EC-nr.: 215-181-3 Indeksnr.: 019-002-00-8 Synonymer: Kaliumhydroksid	15 min.: 2 mg/m <sup>3</sup> T	2011
-----------------	--	-----------------------------------	------

## 8.2. Eksponeringskontroll

Begrensning av eksponering på arbeidsplassen Personlig vemeutstyr bør velges i henhold til CEN-standard og i samarbeid med leverandøren av personlig vemeutstyr. Sørg for tilstrekkelig ventilasjon. Vask hendene etter hvert skift, og før spising, røyking eller bruk av toalett.

### Åndedrettsvern

Åndedrettsvern Ved utilstrekkelig ventilasjon brukes maske med filter A mot løsemiddeldamper. Bruk kombinasjonsfilter A/P2 ved sprøyting.

### Håndvern

Håndvern Benytt hansker av motstandsdyktig materiale, f.eks.: Nitrilgummi. Butyl. Viton. Polyvinylklorid (PVC).

Gjennomtrengningstid Gjennombruddstiden er ikke kjent. Det angitte hanskemateriale er foreslått etter en gjennomgang av enkeltstoffene i produktet og kjente hanskeguider.

### Øye- / ansiktsvern

Øyevem Benytt godkjent øyevem ved risiko for sprut.

### Hudvern

Annet hudvern enn håndvern Normale arbeidsklær.

### Annen informasjon

Annen informasjon Det oppgitte vemeutstyr er veiledende. Risikovurderingen (Faktisk risiko) kan føre til andre krav. Nøddusj og mulighet for øyeskylling skal finnes på arbeidsplassen. Det må ikke spises, drikkes eller røykes under arbeidet.

## AVSNITT 9: FYSISKE OG KJEMISKE EGENSKAPER

### 9.1. Opplysninger om grunnleggende fysiske og kjemiske egenskaper

Tilstandsform	Væske
Farge	Svakt farget.
Lukt	Ingen.
pH (handelsvare)	Verdi: 12,6
Kommentarer, pH (handelsvare)	pH-verdien skyldes kaliumhydroksid. Kjemikaliet skal ikke klassifiseres som etsende.
Smeltepunkt/smeltepunktintervall	Verdi: ~ 0 °C
Kommentarer, Koepunkt / koepunktintervall	Ikke angitt.
Flammepunkt	Verdi: > 80 °C
Kommentarer, Fordampningshastighet	Ikke angitt.
Antennelighet (fast stoff, gass)	Ikke angitt.
Kommentarer, Damptrykk	Ikke bestemt.
Kommentarer, Damptetthet	Ikke angitt.
Relativ tetthet	Verdi: ~ 1,00 g/cm <sup>3</sup>
Løselighet i vann	Emulgerer.
Kommentarer, Fordelingskoeffisient: n-oktanol / vann	Ikke angitt.
Kommentarer, Selvantennelighet	Ikke angitt.
Kommentarer, Dekomponeringstemperatur	Ikke angitt.
Kommentarer, Viskositet	Ikke angitt.

### Fysikalske farer



Eksplosive egenskaper	Ikke eksplosiv
Oksiderende egenskaper	Ikke oksiderende.

## 9.2. Andre opplysninger

Luktgrense	Ikke relevant.
------------	----------------

## Andre fysiske og kjemiske egenskaper

Kommentarer	Ingen ytterligere informasjon er tilgjengelig.
-------------	--

## AVSNITT 10: STABILITET OG REAKTIVITET

### 10.1. Reaktivitet

Reaktivitet	Det er ingen kjent reaktivetsrisiko forbundet med dette produktet.
-------------	--

### 10.2. Kjemisk stabilitet

Stabilitet	Stabil under normale temperaturforhold og anbefalt bruk.
------------	--

### 10.3. Mulighet for farlige reaksjoner

Risiko for farlige reaksjoner	Ingen under normale forhold.
-------------------------------	------------------------------

### 10.4. Forhold som skal unngås

Forhold som skal unngås	Ingen anbefaling angitt.
-------------------------	--------------------------

### 10.5. Uforenlige materialer

Materialer som skal unngås	Ingen spesielle.
----------------------------	------------------

### 10.6. Farlige nedbrytingsprodukter

Farlige spaltningsprodukter	Ved brann eller høy temperatur dannes: Karbonmonoksid (CO). Karbondioksid (CO <sub>2</sub> ). Uspesifiserte organiske forbindelser.
-----------------------------	---

## AVSNITT 11: TOKSIKOLOGISKE OPPLYSNINGER

### 11.1. Opplysninger om toksikologiske virkninger

#### Potensielle akutte effekter

Innånding	Aerosoler imiterer luftveiene og kan forårsake hoste og åndedrettsbesvær. Innånding av damp fra varmt kjemikalie kan irritere luftveiene.
Hudkontakt	Avfetter huden. Kan gi sprekkdannelser og fare for eksem.
Øyekontakt	Fare for alvorlig øyeskade.
Svelging	Kan gi magesmerter eller brekninger.

#### Forsinket / Repeterende

Allergi	Kriteriene for klassifisering er på grunnlag av de tilgjengelige data ikke ansett å være oppfylt.
---------	---

#### Kreftfremkallende, mutagene og reproduksjonstoksiske

Kreft	Kriteriene for klassifisering er på grunnlag av de tilgjengelige data ikke ansett å være oppfylt.
Arvestoffskader	Kriteriene for klassifisering er på grunnlag av de tilgjengelige data ikke ansett å være oppfylt.
Fosterskadelige egenskaper	Kriteriene for klassifisering er på grunnlag av de tilgjengelige data ikke ansett å være oppfylt.
Reproduksjonsskader	Kriteriene for klassifisering er på grunnlag av de tilgjengelige data ikke ansett å være oppfylt.

## AVSNITT 12: ØKOLOGISKE OPPLYSNINGER

### 12.1. Giftighet

Økotoksisitet	Produktet forventes ikke å være giftig for vannorganismer.
---------------	--

### 12.2. Persistens og nedbrytbarhet

Persistens og nedbrytbarhet	De overflateaktive stoffene som inngår i denne blandingen oppfyller kriteriene
-----------------------------	--

for biologisk nedbrytning i EU regulativ nr. 648/2004 som omhandler vaske-og rengjøringsmidler. Er lett biologisk nedbrytbar.

### 12.3. Bioakkumuleringsevne

Bioakkumulasjonspotensial Bioakkumulerer ikke.

### 12.4. Mobilitet i jord

Mobilitet Løselig i vann.

### 12.5. Resultater av PBT og vPvB vurdering

PBT vurderingsresultat PBT-vurdering ikke utført.

vPvB vurderingsresultat vPvB-vurdering ikke utført.

### 12.6. Andre skadevirkninger

Andre skadevirkninger / annen Forhindre utslipp til kloakk, vassdrag eller grunn.

informasjon Utslipp av kjemikallet til vann kan lokalt gi høy pH med fare for fiskedød.

## AVSNITT 13: DISPONERING

### 13.1. Avfallsbehandlingsmetoder

Egnede metoder til fjerning av kjemikallet Leveres som farlig avfall til godkjent behandler eller innsamler. Koden for farlig avfall (EAL-kode) er veiledende. Bruker må selv angi riktig EAL-kode hvis bruksområdet avviker.

Produktet er klassifisert som farlig avfall Ja

Avfallskode EAL EAL: 07 06 04 andre organiske løsemidler, vaskevæsker og morluter

NORSAS 7133 Rengjøringsmidler

## AVSNITT 14: TRANSPORTOPPLYSNINGER

### 14.1. FN-nummer

Kommentar Ikke farlig i forbindelse med transport under UN, IMO, ADR/RID og IATA/ICAO regler.

### 14.2. FN-forsendelsesnavn

Kommentar Ikke relevant.

### 14.3. Transportfareklasse(r)

Kommentar Ikke relevant.

### 14.4. Emballasjegruppe

Kommentar Ikke relevant.

### 14.5. Miljøfarer

Marin forurensning Nei

### 14.6. Særlige forsiktighetsregler ved bruk

Spesielle forholdsregler Ikke relevant.

### 14.7. Bulktransport i henhold til vedlegg II i MARPOL 73/78 og IBC-regelverket

#### Andre relevante opplysninger

Andre relevante opplysninger Andre opplysninger ikke angitt.

## AVSNITT 15: OPPLYSNINGER OM BESTEMMELSER

### 15.1. Særlige bestemmelser/særskilt lovgivning om sikkerhet, helse og miljø for stoffet eller stoffblandingen

Annen merkeinformasjon MED FOSFAT

Referanser (Lover/Forskrifter) Forskrift om klassifisering, merking m.v. av farlige kjemikalier, fastsatt av Miljøverndepartementet og Arbeids- og inkluderingsdepartementet, 16.juli 2002, med senere endringer, gjeldende fra 21. juni 2010.

	<p>Utkast til implementering av Kommissjonens (EU) forordning Nr 453/2010 om endring av Forordning (EF) Nr 1907/2006 fra Europa-Parlamentet og Rådet om registrering, vurdering, godkjenning og begrensning av kjemikalier (REACH), Annex II Sikkerhetsdatablad. FOR 2011-12-06 nr 1358 Forskrift om tiltaks- og grenseverdier.</p> <p>Avfallsforskriften, FOR 2004-06-01 nr 930, fra Miljøverndepartementet.</p> <p>ADR/RID veg-/jembanetransport av farlig gods 2013, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.</p> <p>FOR 2004-06-01 nr. 922: Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften), med senere endringer, §§2-12, 2-13, 2-14, Vaskemidler.</p> <p>Sikkerhetsdatabladet er utarbeidet med basis i opplysninger gitt av produsenten.</p>
Deklarasjonsnr.	94459

## 15.2. Vurdering av kjemikaliesikkerhet

Vurdering av kjemikaliesikkerhet er gjennomført	Nei
---	-----

## AVSNITT 16: ANDRE OPPLYSNINGER

Leverandørens anmerkninger	Informasjonen i dette dokument skal gjøres tilgjengelig til alle som håndterer produktet.
Liste over relevante R-setninger (i avsnitt 2 og 3).	<p>R22 Farlig ved svelging.</p> <p>R35 Sterkt etsende.</p> <p>R36 Irriterer øynene.</p> <p>R36 Irriterer øynene.</p> <p>R38 Irriterer huden</p> <p>R41 Fare for alvorlig øyeskade.</p> <p>R50 Meget giftig for vannlevende organismer.</p>
Liste over relevante H-setninger (i avsnitt 2 og 3).	<p>H302 Farlig ved svelging.</p> <p>H314 Gir alvorlige etseskader på hud og øyne.</p> <p>H315 Irriterer huden.</p> <p>H318 Gir alvorlig øyeskade.</p> <p>H319 Gir alvorlig øyeirritasjon.</p> <p>H400 Meget giftig for liv i vann.</p>
Brukte forkortelser og akronymer	PBT: Persistent, Bioakkumulerende og Toksisk (giftig) vPvB: veldig Persistent og veldig Bioakkumulerende
Viktigste kilder ved utarbeidelsen av Sikkerhetsdatabladet (ikke norske)	Sikkerhetsdatablad fra leverandøren.
Opplysninger som er nye, slettet eller revidert	Seksjoner som er endret fra forrige versjon: Artikkelnummer.
Kvalitetssikring av informasjonen	Dette sikkerhetsdatablad er kvalitetskontrollert av Teknologisk Institutt as, som er sertifisert iht. ISO 9001:2008.
Versjon	3
Ansvarlig for Sikkerhetsdatablad	Valvoline Oil as
Utarbeidet av	Teknologisk Institutt as v/ Knut Finsveen

# SIKKERHETSDATABLAD

## AKF Tunnelvask Fannefjord

### AVSNITT 1: IDENTIFIKASJON AV STOFFET/STOFFBLANDINGEN OG AV SELSKAPET/FORETAKET

Utgitt dato	24.02.2010
Revisjonsdato	31.05.2012

#### 1.1. Produktidentifikator

Kjemikaliet navn	AKF Tunnelvask Fannefjord
Formel	Fomulert produkt.

#### 1.2. Identifiserte relevante bruksområder for stoffet eller stoffblandingen og bruk som det advares mot

Produktgruppe	Microemulsjon.
Kjemikaliet bruksområde	Avfetting-/rengjøringsmiddel.
Bruk det frarådes mot	For øyeblikket har vi ingen informasjon om identifiserte anvendelser. De vil bli inkludert når de er tilgjengelige.

#### 1.3. Opplysninger om leverandøren av sikkerhetsdatabladet

##### Etterfølgende bruker

Firmanavn	AKF Industri
Postnr.	6290
Poststed	HARAMSØY
Land	NORGE
Telefon	70210029
E-post	kjellaug.fjortoft@outlook.com

#### 1.4. Nødtelefonnummer

Nødtelefon	Giftinformasjon:22 59 13 00
------------	-----------------------------

### AVSNITT 2: FAREIDENTIFIKASJON

#### 2.1. Klassifisering av stoffet eller stoffblandingen

Klassifisering i henhold til 67/548/EEC eller 1999/45/EC	Xi; R41
Stoffets/blandingens farlige egenskaper	Fare for alvorlig øyeskade.

#### 2.2. Merkingselementer

##### Faresymbol



Irriterende

R-setninger	R41 Fare for alvorlig øyeskade.
S-setninger	S2 Oppbevares utilgjengelig for barn. S26 Får man stoffet i øynene; skyll straks grundig med store mengder vann og kontakt lege. S39 Bruk vernebriller/ansiktsskjerm. S46 Ved svelging, kontakt lege omgående og vis denne beholderen eller etiketten.

Sammensetning på merkeetiketten	Alkoholetoksilat C9-C11:5 - 10 %, Kokosdietenolamid:10 - 15 %, Fettalkoholetoksilat:1 - 5 %, 1-etyl-2-pyrrolidon:5 - 10 %, Propan-2-ol:1 - 5 %
---------------------------------	--

### 2.3 Andre farer

PBT / vPvB	PBT-/vPvB-vurdering ikke utført.
Farebeskrivelse	Fare for alvorlig øyeskade.

## AVSNITT 3: SAMMENSETNING/OPPLYSNINGER OM BESTANDDELER

### 3.1. Stoffer

Komponentnavn	Identifikasjon	Klassifisering	Innhold
Alkoholetoksilat C9-C11	CAS-nr.: 68439-46-3	Xi; R41 Eye Dam. 1;H318	5 - 10 %
Kokosdietenolamid	CAS-nr.: 68603-42-9 EC-nr.: 271-657-0	Xi; R38,R41	10 - 15 %
Fettalkoholetoksilat	CAS-nr.: 68439-46-3	Xn; R22, R41	1 - 5 %
1-etyl-2-pyrrolidon	CAS-nr.: 2687-91-4 EC-nr.: 220-250-6	Xi; R41	5 - 10 %
Propan-2-ol	CAS-nr.: 67-63-0 EC-nr.: 200-661-7 Indeksnr.: 603-117-00-0 Synonymer: 2-Propanol	F; R11 Xi; R36 R67 Flam. Liq. 2; H225 Eye Irrit. 2; H319 STOT SE 3; H336	1 - 5 %
Komponentkommentarer	For H- og R-setninger i klartekst, se seksjon 16. Flere komponenter inngår i produktet ,men er ikke merkepliktige.		

## AVSNITT 4: FØRSTEHJELPSTILTAK

### 4.1. Beskrivelse av førstehjelpstiltak

Innånding	Frisk luft, hvile og varme. Skyll nese og munn med vann. Kontakt lege hvis ikke alt ubehag gir seg.
Hudkontakt	Vask huden grundig med såpe og vann. Fjern tilsølte klær. Kontakt lege hvis ikke alt ubehag gir seg.
Øyekontakt	Fjern event. kontaktlinser. Skyll øyeblikkelig øyet med vann i minst 15 min., også under øyelokkene. Øyeblikkelig til øyenlege / lege. Skyll øynene også under transport til lege.
Svelging	Gi aldri væske til en bevisstløs person. Kontakt lege øyeblikkelig!

### 4.2. De viktigste symptomene og virkningene, både akutte og forsinkede

Forsinkede symptomer og virkninger Se seksjon 11 for mer detaljert informasjon om symptomer og helbredelse.

### 4.3. Angivelse av om umiddelbar legehjelp og spesialbehandling er nødvendig

Annen informasjon Når lege oppsøkes, må sikkerhetsdatabladet eller etiketten vises.

## AVSNITT 5: BRANNSLOKKINGSTILTAK

### 5.1. Slukkingsmidler

Passende brannslukningsmidler	Pulver, alkoholbestandig skum, Kulldioksid (CO2) og vann i tåkestråle.
Uegnete brannslukningsmidler	Vannstråle.

### 5.2. Særlige farer knyttet til stoffet eller stoffblandingen

Brann- og eksplosjonsfarer Produktet er ikke klassifisert som brannfarlig.

### 5.3. Råd til brannmannskaper

Personlig vemeutstyr	Brannslukkere må benytte åndedrettsvern.
Annen informasjon	Hvis det er mulig uten risiko flyttes beholderen fra brannstedet. Flammeutsatte beholdere kjøles ned med vann.

## AVSNITT 6: TILTAK VED UTILSIKTET UTSLIPP

### 6.1. Personlige forsiktighetsregler, personlig verneutstyr og nødruiner

Sikkerhetstiltak for å beskytte personell      Benytt personlig verneutstyr som angitt i seksjon 8.

### 6.2. Forsiktighetsregler med hensyn til miljø

Sikkerhetstiltak for å beskytte ytre miljø      Forhindre at spill kommer ut i avløpsvannet / overvannssystemet; Dem og saml opp mest mulig, spyl rent med store mengder vann. Samles opp med spesielt absorpsjonsmateriale. Ved større mengder spill kontakt lokale myndigheter (Politi, Brannvesen eller Kommuneingeniøren).

### 6.3. Metoder og materialer for oppsamling og rensing

Metoder for opprydding og rengjøring      Små mengder tørkes eller skylles bort med vann. Spill samles opp i passende beholdere og leveres til godkjent mottak for destruksjon. Større mengder suges opp med spesielt absorpsjonsmateriale, sand, jord, bark eller lignende.

### 6.4. Henvisning til andre avsnitt

## AVSNITT 7: HÅNTERING OG LAGRING

### 7.1. Forsiktighetsregler for sikker håndtering

Håndtering      Unngå søl og sprut. Unngå hud- og øyekontakt. Unngå innånding av sprøyetåke/damp.

#### Beskyttende tiltak

Tiltak for å hindre brann      Følg generelle regler for forebyggende brannvern.

Råd om generell yrkeshygiene      God personlig hygiene er nødvendig. Vask hender og tilsølte områder med vann og såpe før arbeidsplassen forlates. Det må ikke spises, drikkes eller røykes under bruk.

### 7.2. Vilkår for sikker lagring, herunder eventuelle uforenligheter

Oppbevaring      Oppbevares i lukket emballasje i godt ventilert rom. Oppbevares frostfritt og utilgjengelig for barn. Frysing vil innvirke på materialets fysiske tilstand, men vil ikke skade det. Tin og bland før bruk dersom dette skjer. Oppbevares ikke sammen med matvarer, dyrefôr, legemidler o.l.

Spesielle egenskaper og farer      Produktet har avfettende egenskaper.

### 7.3. Særlig(e) sluttanvendelse(r)

Spesielle bruksområder      Se seksjon 1.2.

## AVSNITT 8: EKSPONERINGSKONTROLL/PERSONBESKYTTELSE

### 8.1. Kontrollparametere

#### Tiltaks- og grenseverdier

Komponentnavn	Identifikasjon	Verdi	Norm år
Propan-2-ol	CAS-nr.: 67-63-0	8 t.: 100 ppm	2009
	EC-nr.: 200-661-7	8 t.: 245 mg/m <sup>3</sup>	
	Indeksnr.: 603-117-00-0		
	Synonymer: 2-Propanol		

### 8.2. Eksponeringskontroll

Begrensning av eksponering på arbeidsplassen      All håndtering skal foregå på godt ventilert sted. Anskaff utstyr for hurtig og rikelig øyeskylning. Bruk personlig verneutstyr, som er CE-merket. Hygieniske forhold: Vask hendene før spising, drikking, røyking og toalettbesøk. Arbeid og arbeidsmetode skal tilrettelegges slik direktekontakt med produktet unngås.

### Varselsskilt



## Forholdsregler for å hindre eksponering

Tekniske tiltak for å hindre eksponering Sørg for tilstrekkelig ventilasjon.

### Åndedrettsvern

Åndedrettsvern Ved risiko for innånding av damp/aerosol: Benytt hel- eller halvmaske med kombinasjonsfilter, type og klasse A/P2 mot organiske gasser og damp samt partikler. I lukkede rom skal det anvendes luftforsynt åndedrettsvern.

### Håndvern

Håndvern Anvend vernehansker av butylgummi, naturgummi, viton, PVC eller lignende. Gjennombruddstiden er ikke kjent. Det angitte hanskematerialet er foreslått etter en gjennomgang av enkeltstoffene i produktet og kjente hanskeguider. Benytt hansker som er CE-merket og i klasse 6: gjennomtreningsstid > 8 timer.

### Øye- / ansiktsvern

Øyevem Bruk CE-godkjente vernebriller med sideskjold eller ansiktsskjerm.

## AVSNITT 9: FYSISKE OG KJEMISKE EGENSKAPER

### 9.1. Opplysninger om grunnleggende fysiske og kjemiske egenskaper

Tilstandsform	Væske
Farge	Blank
Lukt	Karakteristisk
pH (handelsvare)	Verdi: ~ 10,5
Smeltepunkt/smeltepunktintervall	Verdi: ~ 0 °C
Kokepunkt / kokepunktintervall	Verdi: ~ 100 °C
Flammepunkt	Verdi: > 61 °C Testmetode: Open cup
Kommentarer, Damptrykk	Ikke bestemt.
Relativ tetthet	Verdi: ~ 980 kg/m <sup>3</sup>
Løselighet i vann	Emulgerbar.
Kommentarer, Viskositet	Ikke bestemt.

### Fysikalske farer

Eksplorative egenskaper	Ikke eksplosiv.
Oksiderende egenskaper	Ikke oksiderende.

### 9.2. Andre opplysninger

Luktgrense	Ikke bestemt.
------------	---------------

## AVSNITT 10: STABILITET OG REAKTIVITET

### 10.1. Reaktivitet

Reaktivitet Det er ingen kjent reaktivitetsrisiko forbundet med dette produktet.

### 10.2. Kjemisk stabilitet

Stabilitet Produktet er stabilt ved anbefalt lagring og håndtering. Ved temperatur <0 og >30°C kan produktet separere. Gjenfår normal funksjon ved normal romtemperatur og etter omrøring.

### 10.3. Mulighet for farlige reaksjoner

Risiko for farlige reaksjoner Kan reagere med sterke syrer.

### 10.4. Forhold som skal unngås

Forhold som skal unngås Unngå frost.

### 10.5. Uforenlige materialer

Materialer som skal unngås Sterke syrer.

### 10.6. Farlige nedbrytingsprodukter

Farlige spaltingsprodukter Ingen under normale forhold.

### Annen informasjon

Annen informasjon Dersom produktet fryser, tin opp og rør om.

## AVSNITT 11: TOKSIKOLOGISKE OPPLYSNINGER

### 11.1. Opplysninger om toksikologiske virkninger

#### Toksikologiske data fra komponenter

Komponent	Alkoholetoksilat C9-C11
LD50 oral	Verdi: > 2000 mg/kg Forsøksdyreart: Rotte
LD50 dermal	Verdi: > 2000 mg/kg
LC50 innånding	Verdi: > 20 mg/l
Komponent	Kokosdietenolamid
LD50 oral	Verdi: 16000 mg/kg Forsøksdyreart: Rotte
Komponent	1-etyl-2-pyrrolidon
LD50 oral	Verdi: ~ 3200 mg/kg Forsøksdyreart: Rotte
LD50 dermal	Verdi: > 2000 mg/kg Forsøksdyreart: Rotte
LC50 innånding	Verdi: > 5,1 mg/l Forsøksdyreart: Rotte Varighet: 4h

#### Potensielle akutte effekter

Innånding	Innånding av damper kan gi svimmelhet, kvalme og oppkast. .
Hudkontakt	Avfetting, uttørring og oppsprekking av huden.
Øyekontakt	Fare for alvorlig øyeskade. Kan forårsake dype etseskader, smerter, tårer og krampes i øyelokkene. Risiko for alvorlig øyeskade med synstap.
Svelging	Svelging kan forårsake kvalme og brekning med risiko for å få produktet i luftveiene, noe som kan gi kjemisk lungebetennelse.

## AVSNITT 12: ØKOLOGISKE OPPLYSNINGER

### 12.1. Giftighet

#### Toksikologiske data fra komponenter

Komponent	Alkoholetoksilat C9-C11
Akutt akvatisk, fisk	Verdi: > 1 mg/l Testmetode: LC50 Varighet: 96 t
Akutt akvatisk, alge	Verdi: > 1 mg/l Testmetode: EC50 Art: Alge Varighet: 72 t
Akutt akvatisk, Daphnia	Verdi: > 1 mg/l Testmetode: EC50 Art: Daphnia magna Varighet: 48 t
Persistens og nedbrytbarhet	Resultat: I henhold til resultater fra prøver på biologisk nedbrytbarhet er dette



	produktet å anse som raskt nedbrytbart. >60%. Metode: OECD Guide-line 301 D - Ready Biodegradability: Closed Bottle Test.
Bioakkumulering	Ingen bioakkumulering forventet.
Komponent	Kokosdietenolamid
Akutt akvatisk, fisk	Verdi: 1-5 mg/l Testmetode: LC50 Varighet: 96t
Akutt akvatisk, alge	Verdi: 1-5 mg/l Testmetode: EC50 Varighet: 48t
Akutt akvatisk, Daphnia	Verdi: 5-15 mg/l Testmetode: EC50 Varighet: 72t
Persistens og nedbrytbarhet	Produktet er lett nedbrytbart.
Biologisk nedbrytbarhet	Verdi: > 95% Testmetode: MBAS (OECD Screening test)
Komponent	1-etyl-2-pyrrolidon
Akutt akvatisk, fisk	Verdi: 446-999 mg/l Testmetode: LC50 Art: Brachydanio rerio Varighet: 96h
Akutt akvatisk, Daphnia	Verdi: > 100 mg/l Testmetode: EC50 Art: Daphnia magna Varighet: 48h
Persistens og nedbrytbarhet	Biologisk lett nedbrytbar (i henhold til OECD-kriterier).
Kjemisk oksygenforbruk (COD)	Verdi: 2110mg/g

## 12.2. Persistens og nedbrytbarhet

Persistens og nedbrytbarhet	Produktet inneholder kun lett biologisk nedbrytbare stoffer. Dette/de tensidet(ene) som inngår i denne blandingen oppfyller kriteriene for biologisk nedbrytning i EU regulativ nr. 648/2004 som omhandler vaske- og rengjøringsmidler.
-----------------------------	---

## 12.3. Bioakkumuleringsevne

Bioakkumulasjonspotensial	Forventes ikke å bioakkumulere.
---------------------------	---------------------------------

## 12.4. Mobilitet i jord

Mobilitet	Emulgeres i vann.
-----------	-------------------

## 12.5. Resultater av PBT og vPvB vurdering

PBT vurderingsresultat	PBT-/vPvB-vurdering ikke utført.
------------------------	----------------------------------

## 12.6. Andre skadevirkninger

Andre skadevirkninger / annen informasjon	Ikke bestemt.
Miljøopplysninger, konklusjon	Produktet vurderes biologisk nedbrytbart og lite potensial for akkumulering. Kun større lokale utslipp vurderes å medføre fare for akvatisk organismer.

# AVSNITT 13: DISPONERING

## 13.1. Avfallsbehandlingsmetoder

Egnede metoder til fjerning av kjemikaliet	Absorber i vermikulitt eller tørr sand for senere deponering på godkjent fyllplass for farlig avfall.
Produktet er klassifisert som farlig avfall	Ja
Avfallskode EAL	07 06 04 andre organiske løsemidler, vaskevæsker og utgangsvæske

NORSAS	7133
Annen informasjon	EAL-koden er veiledende. Bruker må selv angi riktig EAL-kode hvis bruksområdet avviker.

## AVSNITT 14: TRANSPORTOPPLYSNINGER

### 14.1. FN-nummer

### 14.2. FN-forsendelsesnavn

### 14.3. Transportfareklasse(r)

Kommentar Ikke relevant.

### 14.4. Emballasjegruppe

Kommentar Ikke relevant.

### 14.5. Miljøfarer

Marin forurensning Nei

### 14.6. Særlige forsiktighetsregler ved bruk

Spesielle forholdsregler Ikke relevant.

### 14.7. Bulktransport i henhold til vedlegg II i MARPOL 73/78 og IBC-regelverket

#### Andre relevante opplysninger

Andre relevante opplysninger Ikke relevant.

## AVSNITT 15: OPPLYSNINGER OM BESTEMMELSER

### 15.1. Særlige bestemmelser/særskilt lovgivning om sikkerhet, helse og miljø for stoffet eller stoffblandingen

Annen merkeinformasjon	Merkes "UTEN FOSFAT".
Referanser (Lover/Forskrifter)	ADR/RID 2011. Produktforskriften. Forskrift om klassifisering, merking m.v. av farlige kjemikalier. Fastsatt av Miljøverndepartementet og Arbeids- og administrasjonsdepartementet 16. juli 2002. Administrative nomer for forurensning i arbeidsatmosfære (Arbeidstilsynet, best. nr. 361), med siste endringer desember 2011. Norsk stoffliste 2006. Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften). 1.6 2004 nr. 930. REACH forskriften (No 1907/2006). CLP (No 1272/2008).
Kommentarer	De tensidene som inngår i denne blandingen oppfyller kriteriene for biologisk nedbrytning i EU regulativ nr. 648/2004 som omhandler vaske- og rengjøringsmidler. Data som underbygger denne påstanden er tilgjengelige for medlemsstatenes rette myndighet og vil bli gjort tilgjengelige for dem ved direkte forespørsel eller på forespørsel fra en produsent av vaske- og rengjøringsmidler.

### 15.2. Vurdering av kjemikaliesikkerhet

Vurdering av kjemikaliesikkerhet er gjennomført Nei

## AVSNITT 16: ANDRE OPPLYSNINGER

Liste over relevante R-setninger (i seksjon 2 og 3).	R11 Meget brannfarlig. R22 Farlig ved svelging. R36 Irriterer øynene. R38 Irriterer huden R41 Fare for alvorlig øyeskade. R67 Damp kan forårsake døsighet og svimmelhet
Liste over relevante H-setninger (i seksjon 2 og 3).	H225 Meget brannfarlig væske og damp. H318 Gir alvorlig øyeskade. H319 Gir alvorlig øyeirritasjon.

	H336 Kan forårsake døsighet eller svimmelhet.
Utfyllende opplysninger	Forkortelser og akronymer: PBT: Persistent, Bioakkumulerende og Toksisk (giftig) vPvB: veldig Persistent og veldig Bioakkumulerende.
Opplysninger som er nye, slettet eller revidert	REVISJONSOVERSIKT: -----  31.05.2012: Generell oppdatering av datablad. Oppdatert etter REACH Annex II.
Versjon	2
Ansvarlig for Sikkerhetsdatablad	AKF Industri



## Vedlegg 4: Rapport fra Norconsult på lyshetsmåling i tunnel



Vegdirektoratet

# Strindheimtunnelen

Lyshetsevaluering etter rengjøring



Oppdragsnr.: 5163468 Dokumentnr.: Rapp-1 Versjon: D07  
2017-02-24

**Oppdragsgiver:** Vegdirektoratet  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Brynhild Snilsberg  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Pål J Larsen  
**Fagansvarlig:** Pål J Larsen  
**Andre nøkkelpersoner:** Tor Mjøs

D07	2017-02-24	Revidert etter ekstern gjennomgang	PJL	TM	PJL
D06	2017-01-27	For ekstern gjennomgang	PJL	TM	PJL
D05	2017-01-16	Revidert etter eksterne innspill	PJL	TM	PJL
D04	2016-11-03	For ekstern gjennomgang	PJL	TM	PJL
A03	2016-11-02	For intern fagkontroll	PJL	TM	PJL
A02	2016-10-23	For intern fagkontroll	PJL	TM	PJL
A01	2016-09-28	For intern gjennomgang	PJL	TM	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører



Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## Sammendrag

Det ble i mai 2016 gjennomført en test av 3 forskjellige rengjøringsprosedyrer av Strindheimtunnelen i Trondheim. Alle tre prosedyrene ble utført med samme maskin, men med forskjellige varianter av kjørehastighet, børstehastighet og såpe/ikke såpe. For alle prosedyrer ble veibanen feid og vegger/tak spylt/vasket. Planlagt bruk av børster for vask av vegg ble ikke gjennomført da disse gikk i stykker tidlig i forsøket (ikke innenfor måleområdet).

- Felt 1 - Rengjøringsprosedyre 1 – Vask med såpe, feiebil hastighet 8 km/t, vaskebil 3 km/t.
- Felt 2 - Rengjøringsprosedyre 2 – Vask med såpe, feiebil hastighet 3 km/t, vaskebil 1-2 km/t.
- Felt 3 - Rengjøringsprosedyre 3 – Vask uten såpe, feiebil hastighet 3 km/t, vaskebil 1-2 km/t.  
Delvis bruk av børster for rengjøring av vegg (de gikk i stykker under utførelse av vask).

Målinger av veggens refleksjonsfaktor og vegbanens illuminans og luminans før og etter rengjøring ble gjennomført og er beskrevet i denne rapporten, sammenfallende målinger ble også gjennomført i 2015 og beskrevet i egen rapport.

Refleksjonsfaktor fra vegg:

- Før rengjøring: Alle felt hadde refleksjonsverdi på 0,31 (ca. 0,42 i 2015)
- Etter rengjøring:
  - Felt 1: 7,5 % forbedring, verdi etter rengjøring 0,33 (0,61 i 2015)
  - Felt 2: 41,7 % forbedring, verdi etter rengjøring 0,45 (0,58 i 2015)
  - Felt 3: 22,9 % forbedring, verdi etter rengjøring 0,38 (0,48 i 2015)

Økning i belyningsnivå:

- Felt 1: 5,6 % forbedring (15 % i 2015)
- Felt 2: 8,0 % forbedring (15 % i 2015)
- Felt 3: 1,7 % forbedring (9 % i 2015)

Økning i luminansnivå:

- Felt 1: 9,5 % forbedring (ikke registrert i 2015)
- Felt 2: 14,3 % forbedring (ikke registrert i 2015)
- Felt 3: 2,2 % forbedring (ikke registrert i 2015)

Rengjøringsprosedyre 2 hadde best resultat for alle 3 måleprosedyrer. Når det gjaldt ren refleksjon fra veggene var det rengjøringsprosedyre 3 som var nest best, men for det resulterende lyset på vegbanen var det metode 1 som var nest best. Forsøket viser at best samlet resultat oppnås med følgende prioritert rekkefølge for rengjøringsprosedyrer:

1. Rengjøringsprosedyre 2
2. Rengjøringsprosedyre 1
3. Rengjøringsprosedyre 3

## Innhold

<b>1</b>	<b>Måleprosedyre og måleoppsett</b>	<b>6</b>
1.1	Måledetaljer	6
1.2	Måleobjekter/Måleprosedyre	6
1.3	Vaskemetoder	7
<b>2</b>	<b>Måleresultater</b>	<b>9</b>
2.1	Refleksjonsmåling	9
2.2	Illuminans - kjørebane	9
2.3	Luminans – kjørebane	10
<b>3</b>	<b>Diskusjon av resultater</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Vedlegg 1 – Måleutstyr</b>	<b>14</b>
6.1	Luminans	14
6.2	Illuminans	14
<b>7</b>	<b>Vedlegg 2 - Detaljer for målested</b>	<b>15</b>

# 1 Måleprosedyre og måleoppsett

## 1.1 Måledetaljer

### Måletidspunkt

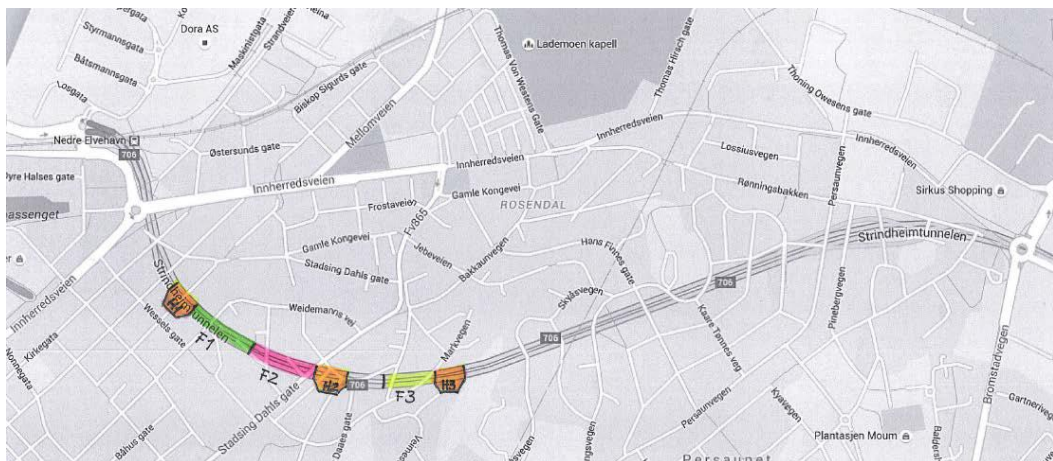
- Målinger før rengjøring ble gjennomført kveld/natt 8. mai 2016,
- Målinger etter rengjøring ble gjennomført kveld/natt 10. mai 2016.

### Måleforhold

- Overflater antatt tørre ved måletidspunkt i forhold til refleksjonsegenskaper. Tilstand og egenskaper for belyningsanlegg er ikke videre undersøkt da det er relative målinger på samme sted som er gjenstand for analyse.

### Målested

Strindheimtunnelen Rv 706 i Trondheim, østgående løp.



## 1.2 Måleobjekter/Måleprosedyre

**Illuminans** – er det innfallende direkte lyset mot en flate oppgitt i [lux]. I en tunnel vil det ha en direkte og en indirekte (reflektert) komponent, i motsetning til målinger utført utendørs hvor man normalt kan se bort fra reflektert komponent da den stort sett er neglisjerbar. Den direkte komponenten kommer fra lysarmaturene i en tunnel, mens størstedelen av reflektert komponent kommer fra veggene. Man kan anta veggens reflekterte komponent å være i størrelsesorden 1/5 av det totale nivået på vegbanen.

- Vertikal illuminans er registrert perpendikulært mot/fra vegg med stativmontert spektroradiometer, i 20 cm avstand til vegg i høyde av 150 cm fra bunn av veggelement (midt på bunnlinje for målefelt som angitt på

skisse). Det er registrert 3 målinger for hvert felt som igjen er angitt som en gjennomsnittsverdi for hvert felt.

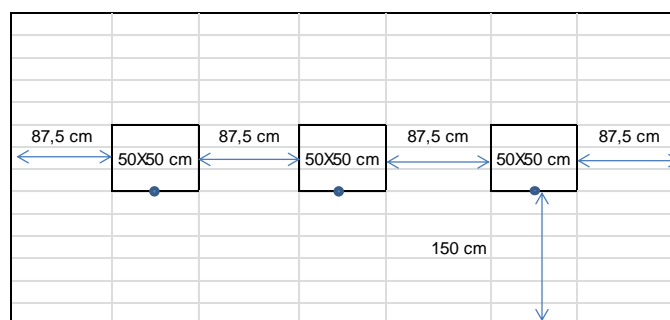
- Horizontal illuminans er registrert på veibanen i standardisert målegrid av 3\*10 målepunkter i henhold til CEN EN 13201-2/3.

**Luminans** – er det reflekterte lyset fra en overflate og oppgis i [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]. Det vil si at luminansen til en overflate er avhengig av både innfallende illuminans og flatens refleksjon. Den er også avhengig av vinkel man observerer flaten fra og kan variere avhengig av dette. For måling av veibaneluminans observerer man målområdet på veibanen i en avstand av 60 m fra en høyde på 1,5 m etter prosedyrer angitt i CEN EN-13201-2/3.

- Luminans for veibanen er registrert med stativmontert luminanskamera. Måleområde er for samme målegrid som for horisontal illuminans og etter prosedyrer angitt i CEN EN-13201-2/3.

**Refleksjon** – en flates refleksjon er angitt som et forholdstall mellom [0-1] (alternativt [0-100]) som angir hvor mye lys som sendes tilbake fra en overflate. Dette tallet vil variere med observasjonsvinkel, men en forenkling ved å anta at flaten er ideelt diffuserende vil si at den oppfører seg lysteknisk likt i alle observasjonsvinkler.

- Luminans for oppmerket 50\*50 cm utsnitt av veggelement registrert med stativmontert luminanskamera måleområde som angitt på skisse. Måleresultat vil gi det samme resultat som registrert vertikal illuminans på veggelement og er derfor ikke gjengitt i rapport. Men det er registrert og evaluert i prosjektet som en kvalitetskontroll på at det ikke er store ujevnheter de steder det ble hentet ut målepunkter.



### 1.3 Rengjøringsmetoder

Bakgrunn for målinger er renholdsforøk i Strindheimstunnelen med utprøving av tre forskjellige prosedyrer for utførelser av tunnelrengjøring. Tilsvarende forsøk ble gjennomført på samme tid i 2015, da med 3 forskjellige entreprenører med hver sin maskin. Ved foreliggende målinger var det samme entreprenør og maskiner på alle 3 felt, men med forskjellig utførelse hva gjelder med/uten såpe og kjørehastighet på henholdsvis feie- og vaskebil.

**Rengjøringsprosedyrer:**

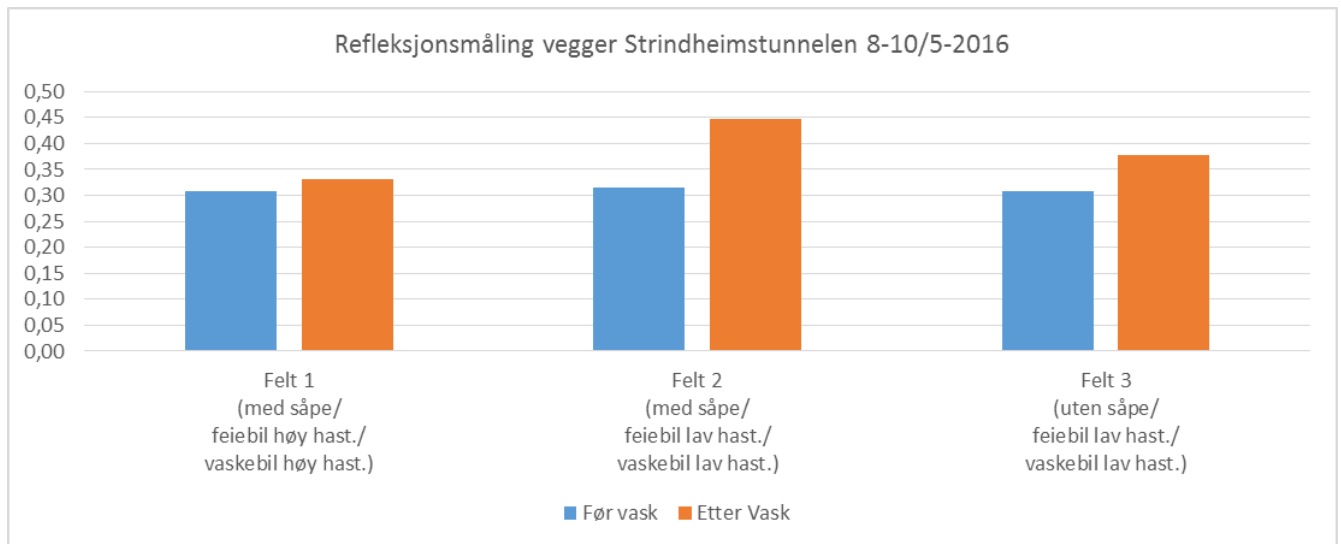
1. Feiebil rengjorde veibane og bankett (alle felt)
  - Felt 1: 8 km/t, felt 2 og 3: 3 km/t
2. Såpe ble lagt på vegger, tak og armatur (felt 1 og 2)
3. Tak og armatur ble spylt (alle felt)
  - Felt 1: 3 km/t, felt 2 og 3: 1-2 km/t.
4. Vegger delvis vasket med børste – børster gikk i stykker ved vasking i starten av forsøket (felt 3), felt 1 og 2 ikke brukte børster på vegg.
5. Vegger ble spylt (felt 1 og 2)
6. Feiebil rengjorde veibane og bankett (alle felt)

	Feiebil vegbane og bankett		Såpe vegg, tak og armatur	Spyling vegg, tak og armatur		Børster på vegg
	8 km/t	3 km/t		3 km/t	1-2 km/t	
Felt 1	X	-	X	X		-
Felt 2	-	X	X		X	-
Felt 3	-	X	-		X	delvis

## 2 Måleresultater

### 2.1 Refleksjonsmåling

Refleksjonsmåling vegger Strindheimtunnelen			
	Felt 1	Felt 2	Felt 3
Før vask	0,31	0,31	0,31
Etter Vask	0,33	0,45	0,38
Endring	0,02	0,13	0,07
Forbedring	7,5 %	41,7 %	22,9 %

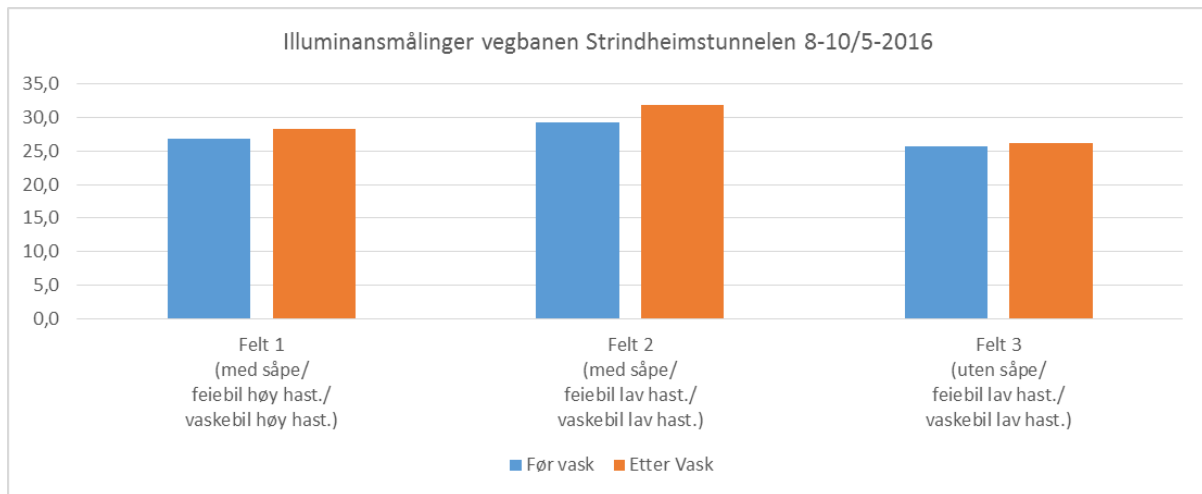


For refleksjon fra veggene ser det ut til at hastighet på vaskebil har mest innvirkning mens såpe også har positiv effekt.

Dette er utledet fra måleresultat som viser at størst effekt oppnås for felt 2 hvor det er lav kjørehastighet på vaskebil og det benyttes såpe. Felt 3 som har nest best effekt har lav kjørehastighet men ikke benyttet såpe, mens felt 1 som har lavest effekt har høy kjørehastighet og benyttet såpe.

### 2.2 Illuminans - kjørebane

Felt 1 Illuminansmålinger				Felt 2 Illuminansmålinger				Felt 3 Illuminansmålinger			
	Eavg	Emin	Emax		Eavg	Emin	Emax		Eavg	Emin	Emax
Før	26,8	20,4	35,5	Før	29,3	22,6	37,5	Før	25,8	19,2	34,2
Etter	28,4	22,2	36,4	Etter	31,9	25,6	39,6	Etter	26,2	20,3	34,8
Forbedring	5,6 %			Forbedring	8,0 %			Forbedring	1,7 %		

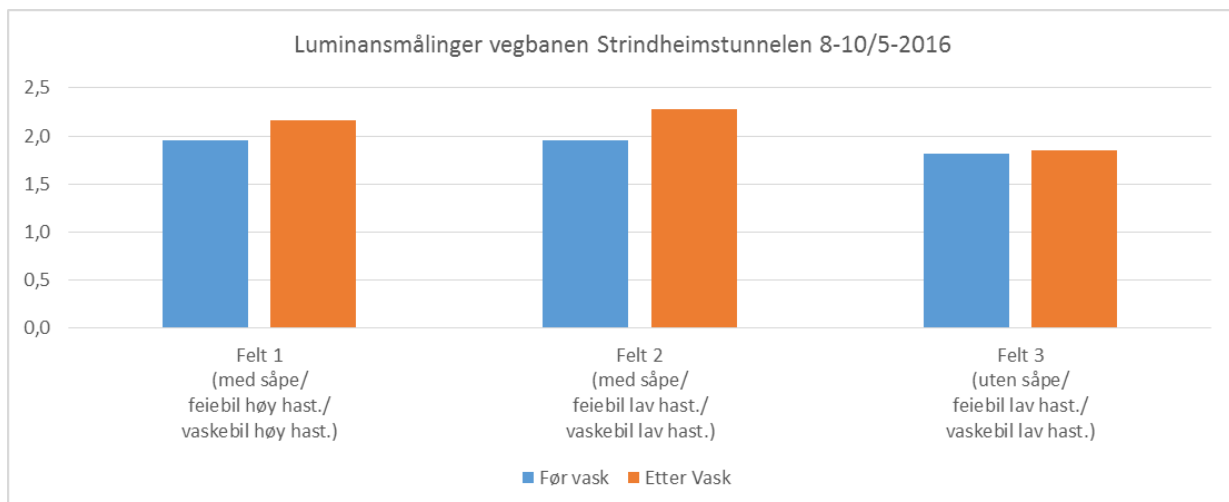


Endringer i Illuminansnivå på kjørebane relaterer seg i stor grad til vask av armaturene (reflektert lys fra vegger til vegbane er minimal). Da felt 1 og 2, hvor vask er utført med såpe, har størst forbedring kan vi se at det er med/uten såpe som har størst påvirkning på resultatet. Samtidig kan vi se at felt 2 har noe større forbedring enn felt 1, derav kan vi anta at lavere kjørehastighet på vaskebil også har noe positiv påvirkning.

### 2.3 Luminans – kjørebane

Felt 1 Luminansmålinger				Felt 2 Luminansmålinger				Felt 3 Luminansmålinger			
	Lavg	Lmin	Lmax		Lavg	Lmin	Lmax		Lavg	Lmin	Lmax
Før	2,0	1,2	3,4	Før	2,0	0,9	2,7	Før	1,8	1,0	2,6
Etter	2,2	1,3	3,0	Etter	2,3	1,3	3,2	Etter	1,9	1,0	2,7
Forbedring	9,5 %			Forbedring	14,3 %			Forbedring	2,2 %		

Luminansmålinger på kjørebane relaterer seg til både vask av armatur og rengjøring av veibanen da de påvirker henholdsvis innfallende og reflektert lys. I den grad vi isolerte effekten fra vask av armatur i forrige kapittel, kan vi ved sammenligning analysere virkningen av rengjøring av veibane. Vi kan se at hastighet på feiebil ikke har stor innvirkning, da forskjellen mellom felt 1 og 2 ikke har blitt vesentlig større, relativt sett. Men da forskjellen mellom forbedring for felt 2 og 3 har blitt signifikant større kan vi se at bruk av såpe har en god effekt.





### 3 Diskusjon av resultater

Effekten av rengjøring kan ses på som et todelt tema, det ene er energiforbruk for nødvendig tilført lys og det andre er sikkerhetsforbedring ved et lysere tunnelrom. Begge effekter er ønsket, men tiltakenes effekt på målbart resultat er forskjellige for de to aspektene.

Energiforbruket er prosjektert ut fra overflatenes egenskaper, både tunnelrommet og armaturenes. Renere overflater medfører at belysningen kan dimensjoneres med lavere installert effekt.

For å se på energiforbruket først så er det en motivasjonsfaktor at jo renere tunnelrommet og armaturenes overfalte er jo mindre installert elektrisk lys trengs å tilføres for å oppnå kravet om en viss overflateluminans på vegbanen. For denne effekten er det for de tre målingene som er utført, satt opp en liste i prioritert rekkefølge som har innvirkning på energiforbruket.

1. armaturenes overflate
2. vegbanens renhet
3. veggens renhet

Lys fra armaturenes lyskilde er tilnærmet direkte lineært med overflateluminansen på vegbanen. Vegbanens renhet har ikke et direkte lineært forhold med overflateluminansen, da overflatens reflekterende egenskaper er sammensatt av både faktorer som kan forbedres ved vask (fjerning av støv), men også irreversible slitasjeeffekter.

Det må i den sammenheng også påpekes at enkelte av disse slitasjeeffektene kan slå positivt ut på den resulterende overflateluminansen på vegbanen. Eksempler på dette er at slitasje av asfalt gjerne gir en polert/glatte overflate som vil reflektere/speile lyset i større grad enn nyere ru asfalt, bitumenet er gjerne også av mørkere art enn tilslaget så ved slitasje av det øverste laget på asfalten vil det normalt bli noe lysere og derav mer reflekterende.

Når det gjelder veggens renhet så bidrar ikke disse i vesentlig grad til vegbanens luminans. Som et utgangspunkt kan det antas at rundt 90 % av denne kommer fra direkte lys fra armaturene. Når de resulterende 10 % kommer fra reflektert lys fra tunnelrommet og det registreres en 13 % forbedring for den beste rengjøringsemetoden kan dette bidraget i praksis neglisjeres (ca 1 % av totalnivået). Men som motivasjon for bedret refleksjonsfaktor kan to andre faktorer påpekes som mer tungtveiende i denne sammenhengen. Det ene er at i gjeldende utgave av Statens Vegvesen håndbok N500 er det innført krav om lyshet på vegger som gir minimum 60 % illuminans på den tilstøtende veggen i forhold til horisontal kjørefelt luminans i 2 m høyde. Da vil enhver bedring av refleksjonsverdi ha direkte innvirkning på mulig oppfyllelse av kravet.

Det andre momentet som går på sikkerhet, men ikke nødvendigvis kan kvantifiseres og analyseres, er effekten et lysere tunnelrom gir til opplevelsen av tunnelrommet og hvilken trygghet både bilistene føler forbundet med dette og bidraget til plassering av kjøretøyet i kjørefeltet og eller kjørehastighet. Begge deler har en virkning i forhold til potensielle ulykker. Det kan antas at mellom 10-20 prosent av den norske befolkningen føler en grad av ubehag eller angst ved å kjøre i tunneler. Da det ikke alltid finnes alternativer for omkjøring er det rimelig å anta at det representerer en risiko i forhold til kjøremønster og oppførsel i trafikken. Spesielt plutselig brå manøvrering, oppbremsing og lav kjørehastighet kan trekkes frem som de mest typiske trekkene (Jenssen, 1998).

Det ble også i 2015 gjennomført tilsvarende målinger i tunnelen (Larsen, 2015). Det kan observeres at tunnelrommet var vesentlig lysere før rengjøring, både belysningsnivå og refleksjonsfaktorer. Når det gjelder belysningsnivå kan noe av effekten være lystilbakegang for lyskildene som det ikke er korrigeret for i dette forsøket. Nedgangen i ikke reversibel refleksjonsfaktor kan antas å være en varig degenerering i veggens overflateegenskaper, som eventuelt må overflatebehandles på nytt for å bedres.

## 4 Konklusjon

Forsøkene i Strindheimtunnelen har sett på forskjellige metoder for vask av tunnelvegger og gulv. Det er vist at bruk av såpe, hastighet på vaskebil og feiebil alle har innvirkning på forskjellige deler av det resulterende belyningsnivået og/eller luminansnivået i tunnelen. I tillegg til den direkte strømbesparende potensialet kommer også de subjektive og psykiske faktorene som må tas hensyn til i forhold til brukernes brukerkomfort i tillegg til direkte trygghetseffekt.

For nivå på veibanen er det vask av armaturer som bidrar direkte til nivået på veibanen, mens vask av tunnelvegger bidrar til en lysere tunnel men ikke vesentlig til nivået på veibanen.

Sammenlignet med målinger i 2015 kan det konkluderes at tunnelen var gjennomgående mørkere både før og etter tiltak i 2016. Det kan følgelig antas at det er ikke reversible effekter ved overflatene som har økt i perioden mellom målinger i 2015 til 2016.

## 5 Referanser

Jenssen, G. D. (1998). *Vurdering av spesielle tiltak i Lærdalstunnelen*. Sintef.

Larsen, P. J. (2015). *Evaluering av refleksjon fra vegger før/etter vask*. Norconsult AS.

## 6 Vedlegg 1 – Måleutstyr

### 6.1 Luminans

For måling av luminans er det benyttet et CCD basert luminanskamera fra TechnoTeam. Kameraet er et ombygd Canon EOS 550 D, digital speilreflekskamera. Kameraet er kalibrert for luminansmålinger, og kan ved analyse i tilhørende software, LMK Labsoft V. 11.5.2, gjengi skalerte luminansverdier i bildeområdet ned til hver enkelt pixel. Målenøyaktigheten for oppsettet antas å tilfredsstillende nøyaktighetsklasse B som klassifisert i DIN 5032-7. Det gjøres oppmerksom om at luminans er avhengig av spesielt underlagets tilstand i forhold til reflekterende egenskaper. For vurdering i forhold til krav må luminansmålinger vurderes i sammenheng med illuminansen.

### 6.2 Illuminans

For måling av horisontal illuminans er det benyttet et håndholdt kalibrert Haegner luxmeter type BC1. Det ble registrert illuminans i høyde med veibanen.

For måling av vertikal illuminans er det benyttet stativmontert kalibrert Specbos 1201 mobilt spektroradiometer. Det ble registrert verdier i 1,5 m høyde.

Kalibreringsbevis kan oversendes hvis ønskelig.

Måleinstrument	Modellnavn	Serialnummer
CCD Luminanskamera	Technoteam LMK Mobile advanced	1332725559
Haegner håndholdt luxmeter	Haegner EC1	50466
Mobilt spektroradiometer	Specbos 1201	2911626

## 7 Vedlegg 2 - Detaljer for målested

- Felt 1 «F1» [460-600]: Målefelt for veibane er mellom armaturer før/etter tilgangsluke som er plassert i element før skilt med markering 100 m til nødutgang, både illuminans og luminans. Målefelt på vegg for refleksjonsmålinger er på motsatt vegg av samme luke.
- Felt 2 «F2» [600-740]: Målefelt for veibane er mellom armaturer før/etter evakueringsskilt med påskrift 50-200 m til nødutgang, både illuminans og luminans. Målefelt på vegg for refleksjonsmålinger er på veggelement på motsatt vegg av samme skilt.
- Felt 3 «F3» [900-1060]: Målefelt for veibane er i kjøreretning mellom første og andre armatur etter skilt med markering 75-175 m til nødutgang. Målefelt på vegg for refleksjonsmålinger er på veggelement på element før inspeksjonsluke ved samme skilt.



## Vedlegg 5: Rapport fra VTI på renhet av vegbanen







# Utvärdering av städmaskiners förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer

En fältstudie i Trondheim 2016

Ida Järtskog  
Göran Blomqvist  
Mats Gustafsson  
Sara Janhäll



# **Utvärdering av städmaskiners förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer**

**En fältstudie i Trondheim 2016**

Ida Järtskog

Göran Blomqvist

Mats Gustafsson

Sara Janhäll

Diarienummer: 2016/0257-7.2  
Omslagsbilder: Mats Gustafsson  
Tryck: VTI, Linköping 2017

---

## Referat

---

VTI har i maj 2016 på uppdrag av Statens vegvesen i Trondheim genomfört en fältstudie i Strindheimtunnelen samt på Haakon VII gate med syfte att jämföra och utvärdera städmaskiners och teknikers förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer. VTI genomförde provtagningar med dammprovtagaren Wet Dust Sampler II (WDS II) före och efter städinsatserna.

Studien visade att vägdammsförrådet blev större efter en första städinsats med BEAM rotorclean i tunneln (endast vägbana) än före städning. Detta antas bero på att vägdamm spolats ut från kanten alternativt att cementerat vägdamm i beläggningstexturen lösgjorts. Efter en andra städinsats då väggar och tak först städades varefter vägbanan städades igen kunde en sänkning av dammförrådet uppmätas, dock endast i vägbanan, inte närmast kanten.

På Haakon VII gate testades två olika städmaskiner: Disa Clean och Val' Air rotor cleaner. Den förstnämnda är en torr vakuumsug medan den sistnämnda utför roterande högtryckstvättning kombinerad med vakuumsug. Körbanan delades upp i sex sektioner, där en specifik städstrategi användes i varje sektion (kallas fält i denna studie). Provtagning genomfördes i varje fält före och efter städinsats. Resultatet i denna studie visade att störst effekt erhålls vid användande av Disa Clean i kombination med högtrycksspolning samt vid användande av Val' Air rotor cleaner med en körhastighet på 3 kilometer i timmen. I båda fall uppmättes en markant skillnad i dammförråd före och efter städning.

<b>Titel:</b>	Utvärdering av städmaskiners förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer. En fältstudie i Trondheim 2016
<b>Författare:</b>	Ida Järleskog (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0003-4815-8299">www.orcid.org/0000-0003-4815-8299</a> ) Göran Blomqvist (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0002-0124-0482">www.orcid.org/0000-0002-0124-0482</a> ) Mats Gustafsson (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0001-6600-3122">www.orcid.org/0000-0001-6600-3122</a> ) Sara Janhäll (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0002-2679-2611">www.orcid.org/0000-0002-2679-2611</a> )
<b>Utgivare:</b>	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut <a href="http://www.vti.se">www.vti.se</a>
<b>Serie och nr:</b>	VTI rapport 953
<b>Utgivningsår:</b>	2017
<b>VTI:s diarienummer:</b>	2016/0257-7.2
<b>ISSN:</b>	0347-6030
<b>Projektnamn:</b>	Utvärdering av städmaskiner i Trondheim, 2016
<b>Uppdragsgivare:</b>	Statens vegvesen och Trondheims kommun
<b>Nyckelord:</b>	Städmaskin, vägdamm, PM <sub>10</sub> , gatustädning
<b>Språk:</b>	Svenska
<b>Antal sidor:</b>	39

---

## Abstract

---

In May 2016, VTI conducted a field study in Strindheim tunnel and on Haakon VII street on behalf of the Norwegian Road Administration in Trondheim aiming at comparing and evaluating the ability of cleaning techniques to reduce the road dust depot in street and tunnel environments.

The result showed that after a first cleaning effort in the tunnel with the BEAM rotorclean (roadway only), a larger dust load was detected than before cleaning. This is believed to be due to the flushing of dust from the edge of the road or the removal of dust cemented in the road surface texture. After a second cleaning effort, where the walls and ceilings are cleaned and the road is cleaned again, a reduction in dust load could be distinguished, but only in the roadway, not near the edge.

On Haakon VII street, two different cleaning machines, Disa Clean and Val'Air rotor cleaner were used, the former being a dry vacuum sweeper and the latter using rotary high pressure washing combined with vacuum. Sampling was conducted in six fields. The result showed that greatest effect was achieved with Disa Clean in combination with high pressure rinsing as well as with Val'Air rotor cleaner at a driving speed of 3 kilometer per hour. In both cases there were significant differences in dust storage before and after cleaning.

- Title:** Evaluation of road sweepers' ability to reduce the road dust depot in street and tunnel environments. A field study in Trondheim, Norway.
- Author:** Ida Järskog (VTI, [www.orcid.org/0000-0003-4815-8299](http://www.orcid.org/0000-0003-4815-8299))  
Göran Blomqvist (VTI, [www.orcid.org/0000-0002-0124-0482](http://www.orcid.org/0000-0002-0124-0482))  
Mats Gustafsson (VTI, [www.orcid.org/0000-0001-6600-3122](http://www.orcid.org/0000-0001-6600-3122))  
Sara Janhäll (VTI, [www.orcid.org/0000-0002-2679-2611](http://www.orcid.org/0000-0002-2679-2611))
- Publisher:** Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)  
[www.vti.se](http://www.vti.se)
- Publication No.:** VTI rapport 953
- Published:** 2017
- Reg. No., VTI:** 2016/0257-7.2
- ISSN:** 0347-6030
- Project:** Evaluation of road sweepers in Trondheim 2016
- Commissioned by:** Norwegian Road Administration and Trondheim kommune
- Keywords:** Sweeper, road dust, PM<sub>10</sub>, street sweeping
- Language:** Swedish
- No. of pages:** 39

---

## Förord

---

Statens vegvesen (Vegdirektoratet) i Trondheim har genomfört ett försök att rengöra en vägtunnel och en vägsträcka med olika städmaskiner och städmetoder för att minska mängden vägdamm. Ett stort antal andra tester redovisas i huvudrapporten (Snilsberg och Gryteselv, 2017), medan föreliggande rapport fokuserar på hur stort vägdammsförrådet varit före och efter städningen med olika maskiner i de olika miljöerna. Uppdragsgivare har varit Brynhild Snilsberg, Vegdirektoratet och finansärer var Statens vegvesen och Trondheims kommun. Författarna vill tacka Håkan Arvidsson, VTI, för storleksfördelningsanalyser och Karl-Idar Gjerstad, Statens vegvesen, för värdefulla kommentarer på manuskriptet.

Linköping, oktober 2017

*Mats Gustafsson*  
*Projektledare*

---

## Kvalitetsgranskning

---

Extern peer review har genomförts 13 september 2017 av Karl-Idar Gjerstad. Mats Gustafsson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Mikael Johannesson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 18 oktober 2017. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

---

## Quality review

---

Internal/external peer review was performed on 13 September 2017 by Karl-Idar Gjerstad. Mats Gustafsson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Mikael Johannesson examined and approved the report for publication on 18 October 2017. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.



---

## Innehållsförteckning

---

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>9</b>
<b>Summary .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Introduktion.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Metod.....</b>	<b>14</b>
2.1. Wet Dust Sampler II .....	14
2.2. Mätplatser.....	15
2.2.1. Strindheimtunnelen.....	15
2.2.2. Haakon VII gate.....	17
2.2.3. Laboratorieanalys.....	19
<b>3. Resultat.....</b>	<b>21</b>
3.1. Strindheimtunnelen .....	21
3.2. Haakon VII gate.....	28
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>34</b>
4.1. Jämförelse med mätning 2015 .....	34
4.2. Utvärdering av tvätteffekten – allmän diskussion.....	34
<b>5. Slutsatser .....</b>	<b>37</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>39</b>



---

## Sammanfattning

---

### **Utvärdering av städmaskiners förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer. En fältstudie från Trondheim 2016**

av Ida Järleskog (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Mats Gustafsson (VTI) och Sara Janhäll(VTI)

VTI har i maj 2016 på uppdrag av Statens vegvesen i Trondheim genomfört en fältstudie i Strindheimtunnelen samt på Haakon VII gate. Studien gick ut på att jämföra och utvärdera städmaskiners och städteknikers förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer. I Strindheimtunnelen testades två olika städstrategier. VTI genomförde provtagningar med dammprovtagaren Wet Dust Sampler II (WDS II) före och efter städinsatserna. Prov samlades in tvärs hela vägbanan i så kallade profiler med 20 centimeters mellanrum. Dessutom togs sammanslagningsprov i flera sektioner (bankett, intill bankett, mellan hjulspår, vänster hjulspår och nära mittavskiljarlinjen) för att få ett representativt urval av vägdammsförrådet.

Analyserna av proven visade att vägdammsförrådet ökade efter en första städinsats med BEAM rotorclean i Strindheimtunnelen (endast vägbanan) jämfört med innan städning. Detta antas bero på att vägdamm spolats ut från vägkanten alternativt att cementerat vägdamm i beläggningstexturen lösgjordes vid städinsats. Efter en andra städinsats då väggar och tak städades först varefter vägbanan städades igen kunde en sänkning av dammförrådet urskiljas, i huvudsak mellan hjulspår. Vid vägkanten sjönk dammförrådet tydligt i den vägsektion (fält) där tvålv användes, men inte där endast vatten användes. Dock lämnade båda metoderna kvar ett ansevärt dammförråd vid kanten, sannolikt beroende på kantborstens begränsade förmåga att samla upp fuktigt finmaterial.

På Haakon VII gate testades två olika städmaskiner, Disa Clean och Val'Air rotor cleaner där den förstnämnda är en torr vakuumsugmaskin och den sistnämnda utför roterande högtryckstvättning i kombination med vakuumsugning. Körbanan delades upp i sex sektioner (kallas fält i denna studie). En specifik städstrategi (till exempel olika hastigheter, vatten i kombination med vakuum, högtrycksspolning i kombination med vakuum etc.) användes i vart och ett av fälten och provtagning genomfördes före och efter städinsats. Värt att notera är att beläggningen varierade något mellan de olika fälten (spårdjup, sprickbildning, närhet till rödljus etc.) vilket kan påverka dammförrådet.

Prover samlades in enligt samma metod som i Strindheimtunnelen. Mest minskade vägdammsförrådet efter städning vid användandet av Disa Clean i kombination med högtrycksspolning samt hos Val'Air rotor cleaner med en körhastighet på 3 kilometer i timmen.



---

## Summary

---

### **Evaluation of sweeper efficiency for reducing road dust load in tunnel and street environments. A field study in Trondheim 2016**

by Ida Järskog (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Mats Gustafsson (VTI) and Sara Janhäll(VTI)

In May 2016, VTI conducted a field study in Strindheim tunnel and on Haakon VII street on behalf of the Norwegian Road Administration in Trondheim. The study was aimed at comparing and evaluating the ability of cleaning techniques to reduce the road dust depot in street and tunnel environments.

In the Strindheim tunnel, two different cleaning strategies were tested, whereupon VTI conducted sampling with the Wet Dust Sampler II (WDS II) before, between and after cleaning efforts. Samples were collected across the entire roadway in transects at 20 centimeters intervals. In addition, VTI tested multiple sections (banquet, near banquet, between wheel tracks, left wheel track, and near the center separation line) in larger bottles, so-called merged samples to obtain a representative sample of the road dust depot.

The result showed that after a first cleaning effort with BEAM rotorclean in the Strindheim tunnel (roadway only), a larger dust load was detected than before cleaning. This is believed to be due to the flushing of dust from the edge of the road or to the removal of dust cemented in the road surface texture. After a second cleaning effort, where the walls and ceilings are cleaned and the road is cleaned again, a reduction in the dust load could be distinguished, mainly in the roadway. At the curb, the method using soap reduced the dust load more than the method with only water. Both methods still left a substantial dust load near the curb, probably due to the ineffectiveness of curb brushes to collect wet fine material on the surface.

On Haakon VII street, two different cleaning machines, Disa Clean and Val'Air rotor cleaner were used, the former being a dry vacuum sweeper and the latter using rotary high-pressure washing combined with vacuum. Sampling was conducted in six road sections (called fields in this report), each of the fields used a specific cleaning strategy (e.g. different speeds, water in combination with vacuum, high pressure water in combination with vacuum, etc.). Worth noting is that the coating varied slightly between the different fields (rutting, cracking, proximity to red light, etc.) which could affect the dust storage.

VTI collected samples according to the same method as in the Strindheim tunnel, and the result showed that greatest effect was achieved with Disa Clean in combination with high pressure rinsing as well as with Val Air rotor cleaner at a driving speed of 3 kilometers per hour.



---

## 1. Introduktion

---

Statens vegvesen och Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) genomförde under 2015 en mätkampanj i Trondheim för att utvärdera effekten av tre olika städmaskiner i tunnel- och vägmiljö (Janhäll m. fl., 2016, Snilsberg och Gryteselv, 2016). För att utvärdera städmaskiner, dess tekniker samt effekter på dammförrådet ytterligare genomfördes en ny mätkampanj i maj 2016. Denna rapport redovisar resultaten från den mätkampanjen. Rapporten redovisar förändringen i vägdammsförrådet före och efter olika moment av städning med BEAM rotorclean i tunnelmiljö samt av sex städtekniker/hastigheter med två olika maskiner (Disa Clean & Val'Air) på en öppen gata. I huvudrapporten ges en mer ingående beskrivning av de olika städmaskinerna, mätkampanjens upplägg, teststräckor och ytterligare genomförda tester (Snilsberg och Gryteselv, 2017).

Överskridande av gränsvärdena i EU:s direktiv om luftkvalitet, 2008/50/EG (EG, 2008), är fortfarande ett stort problem i många städer. Den primära källan till partiklar i många nordiska trafikmiljöer är vägslitage, som främst orsakas av dubbdäcksanvändning och sand på vägbanan som mals ned till inandningsbara partiklar (PM<sub>10</sub>) av trafiken (Gustafsson m. fl., 2014, Gustafsson m. fl., 2015, Gustafsson m. fl., 2016, Gustafsson m. fl., 2017, Gustafsson m. fl., 2012). För att motverka höga partikelhalter har många städer och kommuner vidtagit ett flertal åtgärder, exempelvis sopning, spolning, dammbindning och en övergång från sandning till saltning vid vinterdriften. På många ställen har partikelhalterna gått ner, exempelvis i Stockholm, och överskridandena har blivit färre, vilket delvis beror på de åtgärder som vidtagits, men även meteorologin kan påverka partikelhalterna i luften och kan ge en variation mellan åren. Mycket nederbörd och svaga vindar förhindrar partiklarna från att virvla upp i luften. Dammbindning är den effekt som kortsiktigt ger störst och tydligast effekt, medan andra åtgärder med långsiktiga effekter är mer svårutvärderade.

De partiklar som ansamlas på vägbanan kallas för vägdammsförråd. Det är dessa som riskerar att virvla upp och medföra höga partikelhalter. Det finns i dagsläget ingen standardiserad definition av vägdamm. VTI har dock utvecklat en egen mätmetod för att ta prover och analysera vägdammsförrådet. DL180 (Dust Load <180 µm) är det av VTI framtagna mått som anger dammförrådet i g/m<sup>2</sup> där den övre partikelstorleken är 180 µm. För att ta prov på vägdamm har en provtagare kallad Wet Dust Sampler utvecklats. I denna studie har version II (WDS II) använts och beskrivs i metodikavsnittet nedan.

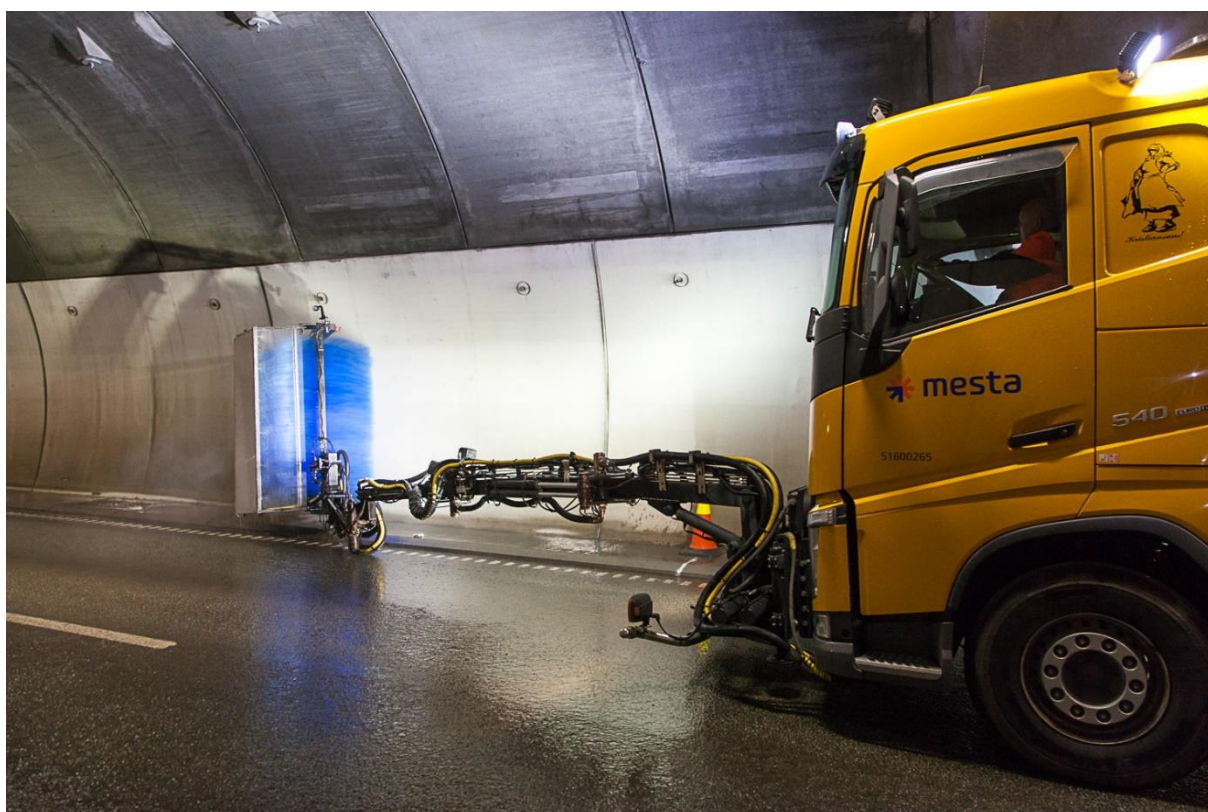
Slutsatserna från fjolårets rapport var att tvål antagligen löser upp cementerat vägdamm vilket ledde till högre partikelmängder på vägbanan i tunneln efter tvätt än innan. Det bör dock noteras att tunnel- och gatumiljö inte är direkt jämförbara då textur, meteorologi, vind, trafik etc. skiljer sig väldigt mycket åt (Janhäll m. fl., 2016). Årets städmetoder delades därför upp. I Strindheimtunneln utvärderades två städtekniker och prover togs före städning, efter städning av vägbanan samt efter städning av vägbanan, väggar och tak. Körbanan delades upp i längsgående sektioner, fält, där olika städstrategier testades i de olika fälten. I fält 2 användes tvål och körhastigheten var låg, i fält 3 var körhastigheten låg, men ingen tvål användes. I gatumiljön, på Haakon VII gate, utvärderas istället städmaskiner från två fabriker, Disa clean och ValAir Rotor cleaner. Provtagning skedde i sex längsgående sektioner, fält, och olika städtekniker (spolning, högtryckstvätt, vakuumsug, sopning etc.) samt hastigheter utvärderades.

---

## 2. Metod

---

Syftet med studien var att undersöka städteffekten av olika städtekniker i en tunnelmiljö och i en gatumiljö. Tunnel- och gatuområdena delades upp i olika sektioner längs vägbanan, som härnåfter benämns ”fält”, inom vilka en specifik städteknik användes. I Strindheimtunnelen användes en BEAM rotorclean och två olika städstrategier jämfördes. Tunneln stängdes av vid mätning. På Haakon VII gate utvärderades två städmaskiner av olika fabrikat som kördes med och utan högtryckstvätt och i varierande hastigheter. Gatan stängdes inte av helt för trafik, men koner placerades ut då mätning eller städning pågick. I tunneln samlades prover in före städning, efter städning av vägbanan samt efter städning av tak/armatur, väggar och vägbanan/bankett. Mätningen före städning fick utgöra referensmätning för att städteffekten skulle gå att jämföra med något. På Haakon VII gate genomfördes mätning före- och efter städning i vart och ett av de olika fälten.



Figur 1. Väggtvätt i Strindheimtunnelen. Foto: Mats Gustafsson.

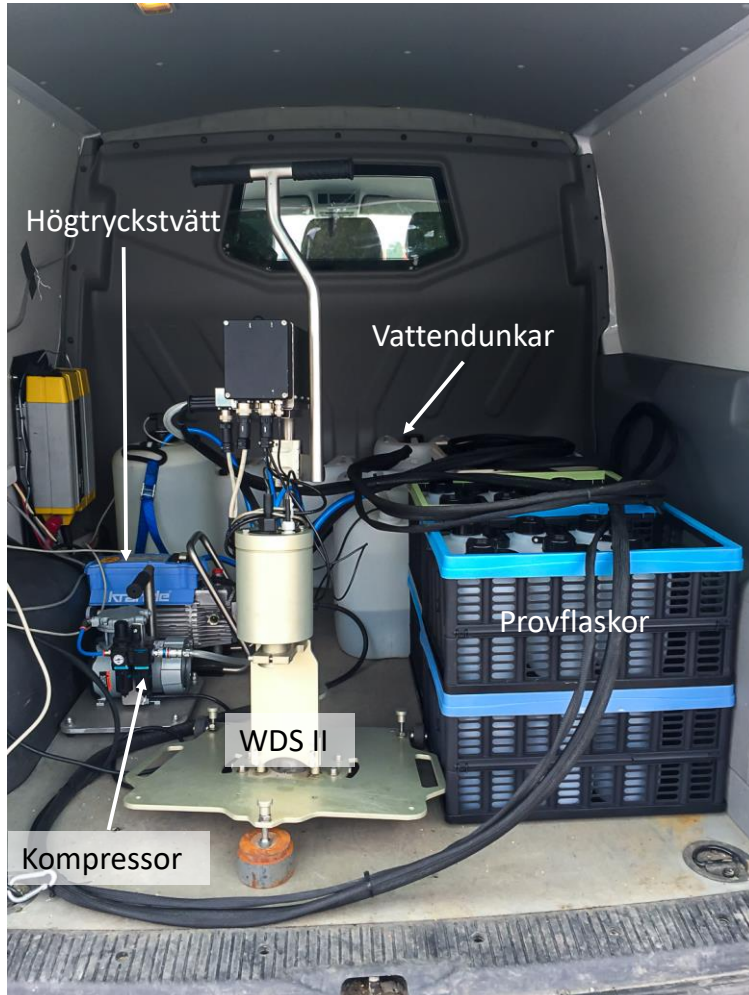
### 2.1. Wet Dust Sampler II

Sedan fjolårets mätning har WDS I (Jonsson m. fl., 2008) ersatts med WDS II som är en modifierad version. Metoden går ut på att en känd inställbar volym (här 340 ml) avjoniserat vatten med högt tryck spolar rent en känd cirkulär area (ca 20 cm<sup>2</sup>) i botten på en provtagningscylinder som trycks mot vägytan. Vattenmängden som tvättar rent ytan ställs in via en kontrollenhet, vilken även startar en kompressor som trycker provvattnet från provtagningscylindern över till provflaskan. En skillnad mellan WDS I och WDS II är att provvattnet i den senare passerar en direktmättningsmodul där den elektriska ledningsförmågan (konduktivitet,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) mäts och loggas i en datafil med ett intervall på en sekund. Detta ger en första indikation på mängden salt på vägytan.

Dammförrådet är inte jämnt fördelat över vägbanan. Trafik- och däckrörelser flyttar dammet vilket normalt sett leder till större förråd mellan hjulspåren och längs kanten samt mindre förråd i hjulspåren. Detta blir extra tydligt om trafiken alltid flyter i samma spår, medan exempelvis filbyten leder till uppvirvling och en jämnare fördelning över hela vägbanan. För att få en bild av fördelningen tvärs



vägbanan tas därför prover från olika tvärsektioner (till exempel hjulspår, mellan hjulspår, längs kanten samt vid mittavskiljarlinjen). Vid upprepade mätningar vid samma tillfälle, som i föreliggande studie, förskjuts mätningarna bakåt i färdriktningen, dels för att undvika att prover tas på samma plats, men också för att provytan ska vara så opåverkad som möjligt av mätfordon och avrinning från tidigare WDS II-mätning.



Figur 2. WDS II i transportbil. Foto: Mats Gustafsson, VTI.

## 2.2. Mätplatser

### 2.2.1. Strindheimtunnelen

Strindheimtunnelen ligger i Trondheims centrala delar och är en vägtunnel med en hastighetsgräns på 80 km/h. För att möjliggöra mätningar stängdes östgående tunnelrör för trafik mellan 22.00–06.00 den 10 maj 2016. En maskin av typen BEAM rotorclean användes för vägtvätt i tunneln. Totalt testades tre städtekniker i tre längsgående vägsektioner (fält 1–3), där VTI genomförde WDS II-mätningar i fält 2 och 3. Fälten städades med följande tekniker:

Fält 1: tvättas med tvål, hög körhastighet

Fält 2: tvättas med tvål, låg körhastighet

Fält 3: tvättas utan tvål, låg körhastighet.

Tvålen som användes var ”Careq bussvask med voks”.

Tvätten utfördes i tre omgångar:

1. Först städades bankett och vägbana:

Drag 1: Bankett<sup>1</sup> och vägbana – frontborste på bankett och rotorclean med uppsug på vägbanan.

Drag 2: Vägbana och in mot mitten av vägen – rotorclean med uppsug.

2. Sedan städades tak, armatur och väggar:

Tvåpåläggning tak/armatur och väggar i fält 1 och 2 (ej fält 3).

Spolning av vägg.

Spolning av tak och armatur.

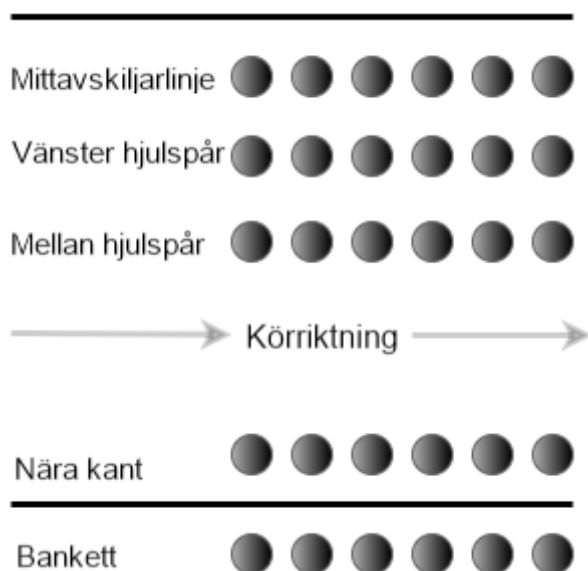
3. Slutligen städades bankett och vägbana en andra gång:

Drag 1: Bankett och vägbana – frontborste på bankett och rotorclean med uppsug på vägbanan.

Drag 2: vägbana och in mot mitten av vägen – rotorclean med uppsug.

WDS-mätningarna utfördes före städning, efter steg 1 och efter steg 3. Inför mätning markerades provtagningsplatsernas position både på vägbana och tunnelväggar för att förhindra kontaminering av efterföljande provtagning. Prover samlades in på fem olika ytor: bankett, väggkant, mellan hjulspår, i vänster hjulspår samt nära mittavskiljarlinjen (se Figur 3). För att säkerställa ett representativt urval, togs sex skott (prov) längs varje yta i samma provflaska. Utöver detta togs en profil med enskottsflaskor med 20 cm mellanrum tvärs samma sektioner, för att undersöka variationer i vägdammsförrådet över vägbanan. På grund av WDS II:s konstruktion kan provtagning ske som närmast 20 cm från kantstenen.

Totalt genomfördes tre mätningar per provfält: En referensmätning före städning, en mätning efter städning av vägbana samt efter städning av vägbana, väggar och tak.



Figur 3. Principskiss för WDS II-provtagning i Strindheimtunnelen. Varje cirkel är ett "skott", sex längsgående skott bildar ett sammanslagningsprov. Totalt togs 180 skott fördelat i 30 stora flaskor.

<sup>1</sup> Trottoarliknande upphöjning längs med tunnelväggen. Se figur 1.

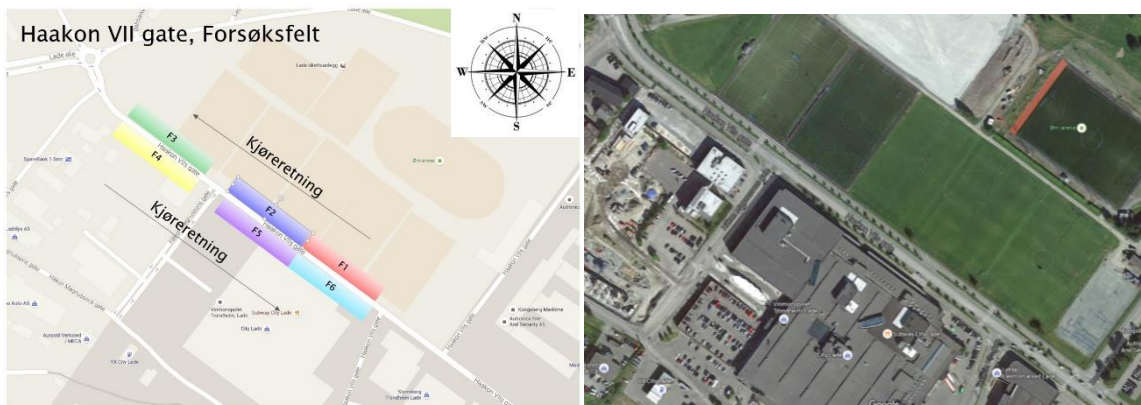
Utöver VTI:s mätningar genomförde Statens vegvesen mätningar för att kvantifiera den kvarvarande mängden vatten som städmaskinerna lämnat efter sig. Detta skedde med hjälp av Wettex-metoden<sup>2</sup>. Vidare mättes även spårdjup, textur och ljushet i tunneln.



Figur 4. WDSII-provtagning i Strindheimtunnelen. Foto: Mats Gustafsson, VTI.

### 2.2.2. Haakon VII gate

Haakon VII gate går vid mätområdet igenom ett köpcentrum. Längs norra sidan ligger ett öppet fält med fotbollsplaner (Figur 5). Det är en rak gata, med en hastighetsgräns på 50 km/h.



Figur 5. Mätsträckan och de sex fälten på Haakon VII gate. Bild från Google Earth.

Mätning genomfördes mellan klockan 22.00–03.00 11 maj 2016. Gatan stängdes inte av helt för trafik då trafikflödet var mycket litet. Dock ställdes arbetsfordon och koner upp för att stänga av ett provfält under pågående mätning. Mätning och städning skedde endast i körfältet längst till höger i båda

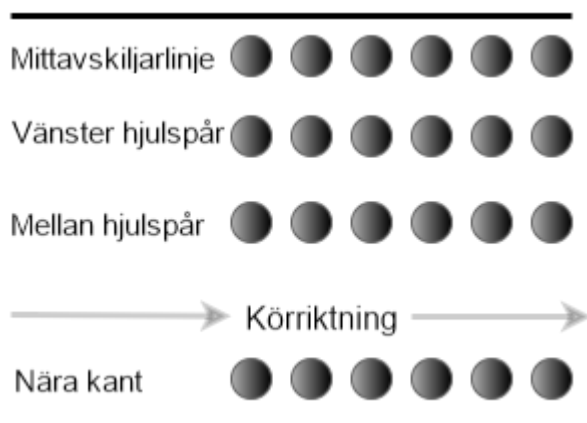
<sup>2</sup> För tillvägagångssätt och metodbeskrivning se: Snilsberg och Gryteselv, 2017.

körriktningar. Städning av vägbana hade utförts cirka en vecka innan mätkampanjen genomfördes. Vissa olikheter i vägytan kunde noteras på de olika mätytorna, till exempel olika djup spårbildning samt olika mycket sprickor och stensläpp. Alla mätningar genomfördes på så oskadade ytor som möjligt för att minimera eventuella effekter av dessa skillnader. På de 6 fälten provades 5 olika städkombinationer (se Tabell 1). Ursprungligen skulle högtrycksspolning kombinerats med våtsug på fält 3, men då denna inte fungerade användes samma teknik i fält 3 som i fält 2.

Tabell 1. Tabellen visar vilken maskin och åtgärd som har använts i respektive provyta.

Provyta/fält	Maskin	Åtgärd	Körhastighet
1	Disa Clean	Torrsug med vakuum	10 km/h
2	Disa Clean	Våtsug	10 km/h
3	Disa Clean	Våtsug (högtrycksspolning fungerade ej)	10 km/h
4	Disa Clean	Högtrycksspolning + våtsug	10 km/h
5	Val'Air, rotor cleaner	Högtrycksspolning och vakuum	10 km/h
6	Val'Air, rotor cleaner	högtrycksspolning och vakuum	3 km/h

På Haakon VII-gate finns ingen bankett. Prover togs invid vägkant, mellan hjulspår, i vänster hjulspår samt nära mittavskiljarlinjen (se Figur 6 nedan). Mätning genomfördes i de sex fälten före och efter städning vilket resulterade i totalt 288 skott fördelat i 48 sammanslagningsflaskor (6 skott per flaska). Utöver dessa samlades 12 profiler in, där prov togs var tjugonde centimeter tvärs hela vägbanan. Sex profiler (1 per fält) togs före städning och resterande sex efter städning.



Figur 6. Principskiss för provtagning med WDS II på Haakon VII gate. Varje cirkel är ett "skott" och sex längsgående skott bildar ett sammanslagningsprov. Profiler samlades in tvärs hela körbanan.

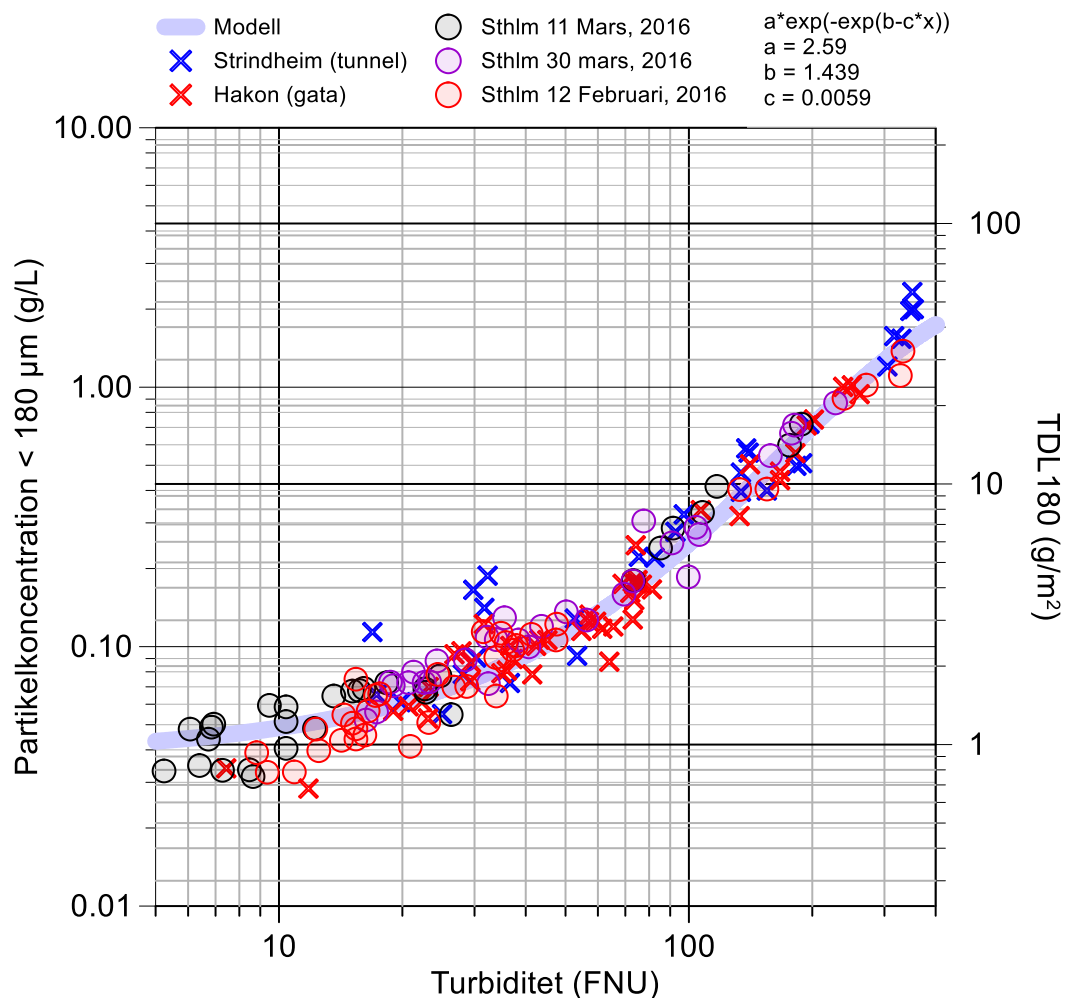


Figur 7. WDSII-provtagning på Haakon VII gate. Foto: Mats Gustafsson, VTI.

### 2.2.3. Laboratorieanalys

De insamlade WDS II-proverna innehåller avjoniserat vatten, vägdamm och enstaka grus- och sandkorn. För att undvika organisk tillväxt förvarades flaskorna i kylskåp fram till analystillfället. Inför analysen mättes turbiditet och konduktivitet med kommersiella mätare. Turbiditet är ett mått på vattnets grumlighet (enhet FNU), det vill säga hur mycket ljus som attenueras (dämpas) och sprids av partiklarna i provvattnet. En Hanna Instruments Turbidometer 83414 användes. Provfaskan skakades manuellt, därefter fördes cirka 10 ml provvatten till en kyvett med hjälp av en spruta varpå analysen genomfördes. Turbiditet mättes i både profilerna (enskottsflaskor) och i sammanslagningsproven. Turbiditeten omvandlades till DL180 ( $\text{g/m}^2$ ) med hjälp av en, av VTI framtagen empirisk algoritm, vilket gav en första indikation på vägytans predikterade dammförråd (se Figur 8). De på detta vis beräknade DL180-värdena kallas TDL180 (turbiditetsbaserad DL180).

Sammanslagningsproven (stora flaskor) vägdes in och skakades noggrant för att ingen sedimentation skulle förekomma. Proverna siktades genom en 180- $\mu\text{m}$  sikt för att enskilda stora korn inte skulle påverka DL180. Efter siktning vägdes provet in igen och förlusten av sand och grus beräknades. Provet filtrerades sedan genom ett Munktell 00H-filter med hjälp av undertryck där allt suspenderat material fastnade på filtret. Filterpapperet torkades in, konditionerades, vägdes, och brändes i förvägda deglar på 550 °C under 8 timmar varpå kvarvarande material vägdes in ytterligare en gång. De på detta vis analyserade DL180-värdena kallas FDL180 (filterbaserad DL180). De olika stegen gav möjligheten att räkna ut förhållandet mellan organiskt och oorganiskt (DL180) material.



Figur 8. Figuren visar partikelhalt i förhållande till turbiditet för prover från föreliggande mätning och prover tagna under mätningar i Stockholm 2016.

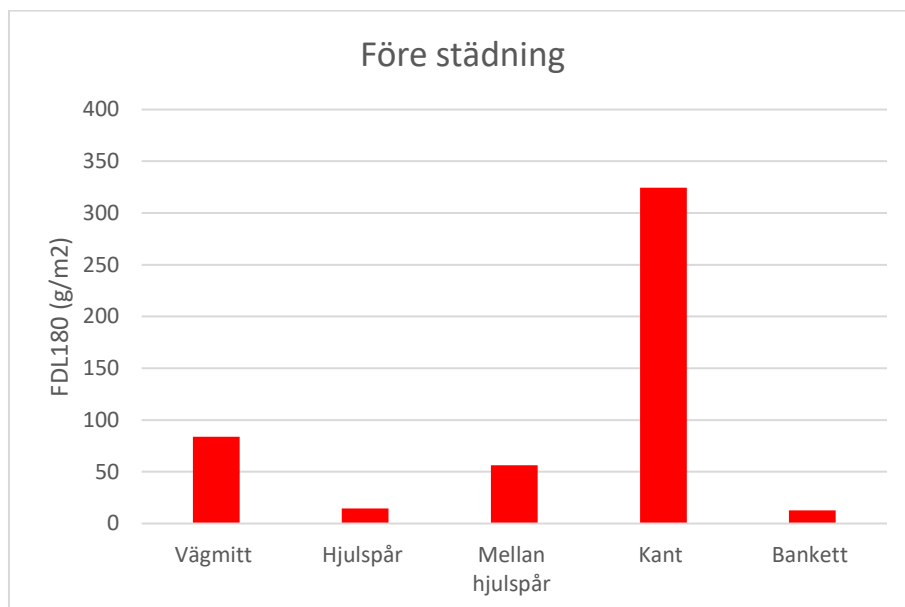
På ett urval av proverna (från vänster- och mellan hjulspår) analyserades storleksfördelningen med hjälp av en lasergranulometer (Malvern Mastersizer 3000). Genom att kombinera storleksfördelningen med FDL180 kan DL10 (Dust Load <10 $\mu$ m) uppskattas. Lasergranulometerns definition på partikeldiameter är dock inte densamma som den aerodynamiska diameter som används för 10  $\mu$ m i måttet PM<sub>10</sub> varför måtten inte är direkt jämförbara (Janhäll m.fl., 2016). Beräkningen har genomförts genom att partikelstorleksfördelningen från lasergranulometern, som anges i andel av total partikelvolym, har summerats för partiklar upp till 180  $\mu$ m i diameter. Denna partikelvolym antas motsvara DL180, vilket är massan av alla partiklar upp till 180  $\mu$ m. Samma förhållande har använts över hela storleksfördelningen. För de största partiklarna är osäkerheten mycket stor i och med att antalet stora partiklar är få i proverna. Denna del av storleksfördelningen presenteras ändå för att visa att även dessa partiklar är närvarande. Säkerheten i analysen kan ökas genom många upprepade mätningar.

### 3. Resultat

I detta kapitel presenteras först analyserna från Strindheimtunnelen, därefter de från Haakon VII gate. Som framgått ovan har mätupplägg, maskiner och åtgärder inte varit desamma i tunneln och på gatan.

#### 3.1. Strindheimtunnelen

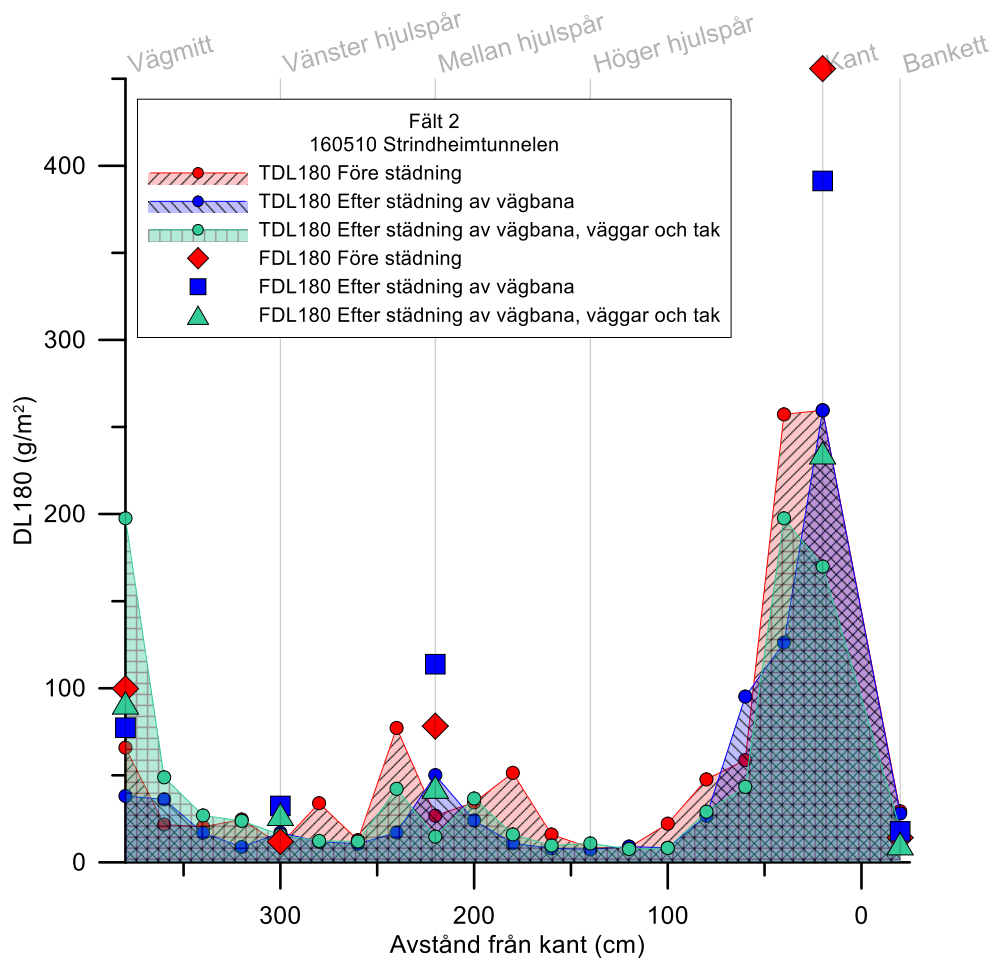
Medelvärden av samtliga mätningar i fält 2 och 3 visas i Figur 9. Dammängden är stor vid kanten, medan den i körfältet och på banketten är betydligt mindre.



Figur 9. Medelvärden av dammängderna i de olika ytorna för fält 2 och 3 före städning.

Figur 10 och Figur 11 visar de, utifrån turbiditet, beräknade TDL180-värdena i profilmätningarna före, mellan, och efter städmomenten samt de invägda och beräknade FDL180-värdena för de stora provflaskorna i fält 2 och 3. Vid vägkanten är dammförrådet cirka 20 gånger större än i hjulspår, vid mittlinjen ca 5–10 gånger och mellan hjulspår cirka 5 gånger större än i hjulspår. På banketten ansamlas mycket lite vägdamm, troligen på grund av den mycket släta cementytan, vilket är samma resultat som vid föregående års mätningar (Janhäll m. fl., 2016).

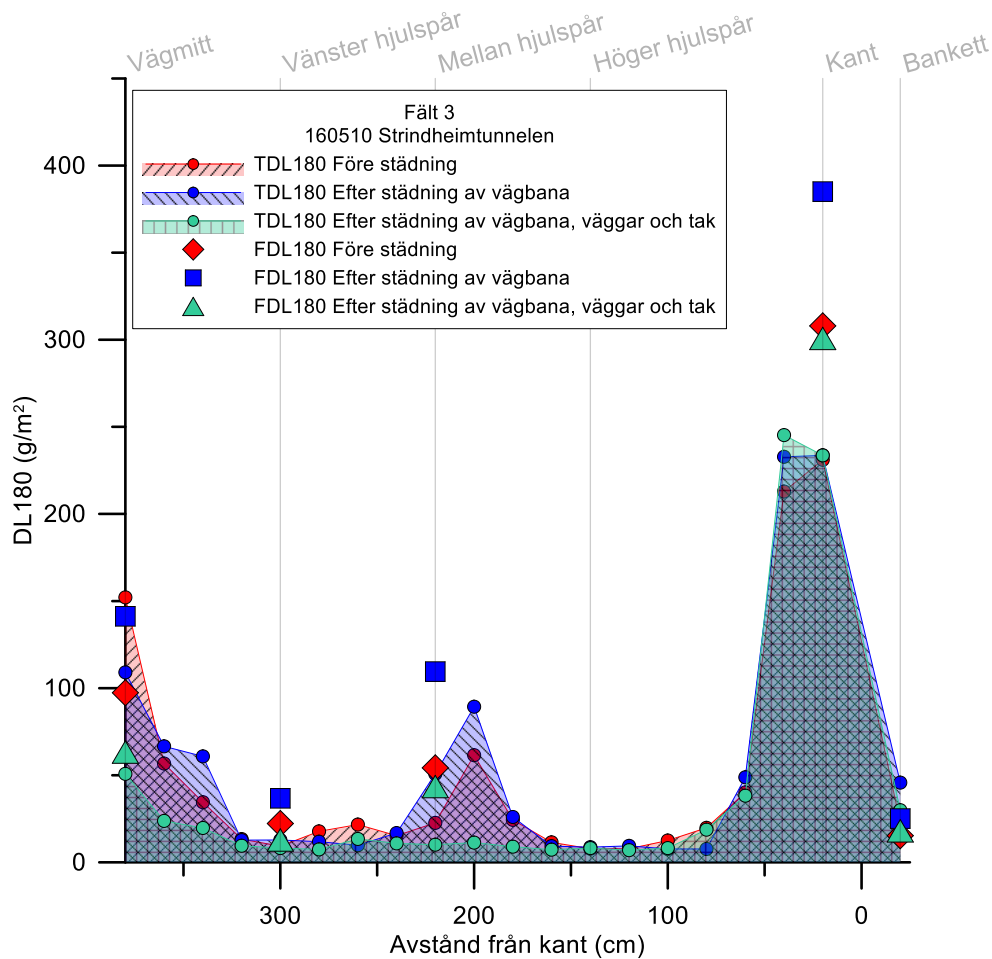
I fält 2, där två användes, sjunker dammängderna (enligt de filtrerade proverna) successivt vid vägkanten efter städmomenten, medan det mellan hjulspår sker en ökning av dammförrådet efter städning av endast vägbana. Dammförrådet mellan hjulspår minskar först efter andra städningen av vägbana, väggar och tak. Det kan bero på att partiklar vid första städningen lösgörs från beläggningen alternativt att uppsamlingen inte var så effektiv. Profilmätningarna visar på en sänkning av dammförrådet efter städinsatserna förutom nära vägmitt där förrådet ökat. En möjlig förklaring är att delar av vägdammförrådet längs med kanten har omfördelats av städmaskinens spolning ut i körfältet vid första städningen varefter nästa städning lyckats bättre att ta upp materialet.



Figur 10. Fördelningen av vägdamm i fält 2, före- mellan och efter städning. Både profilernas (TDL 180) och sammanslagningsprovens (FDL 180) värden visas.

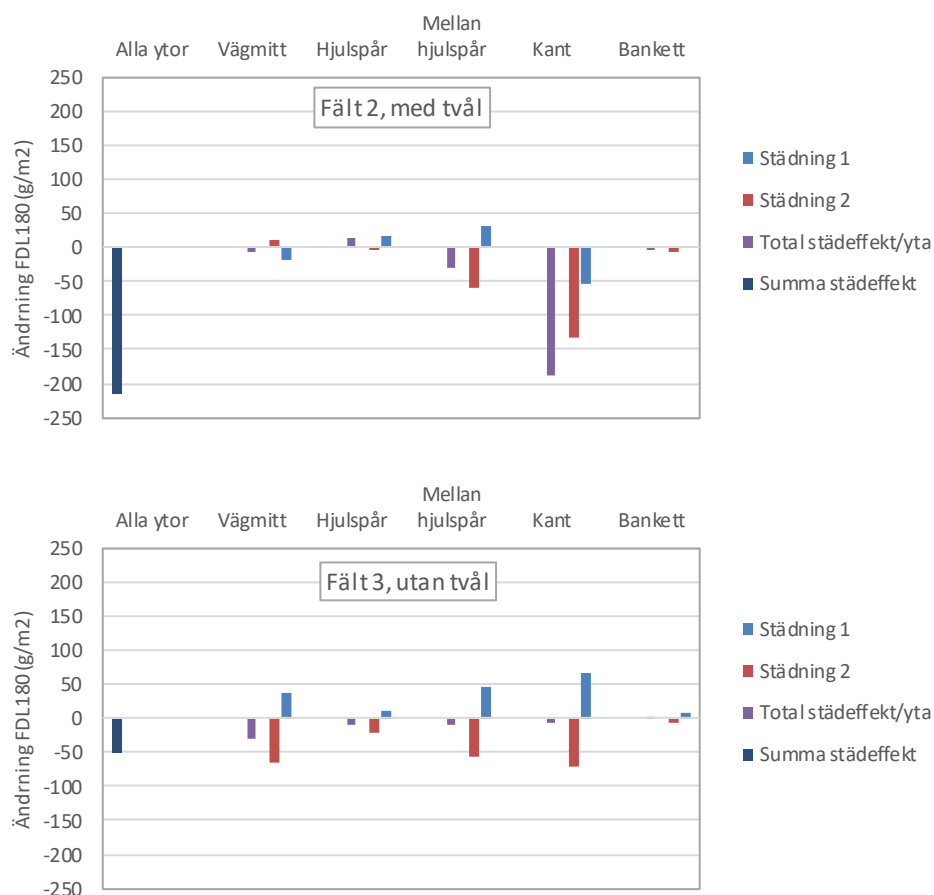
I fält 3, där ingen tvål använts, visar de filtrerade proverna, liksom i fält 2, en generell höjning av dammförrådet efter första tvätten av vägbanan, vilket också kan ses i profilvärdena. Efter sista tvättmomentet är dammförrådet något mindre än före tvätt. Profilvärdena visar på liten eller ingen effekt av städningen invid vägkanten jämfört med fält 2 där tvål användes, men en tydlig sänkning av dammförrådet mellan hjulspår och vid vägmitt efter att båda städmomenten utförts. Dammängderna i hjulspår är tämligen opåverkade, vilket tyder på att trafiken effektivt transporterar bort damm från dessa.





Figur 11. Fördelningen av vägdamm i fält 3, före- mellan och efter städning. Både profilernas och de stora mätflaskornas värden visas.

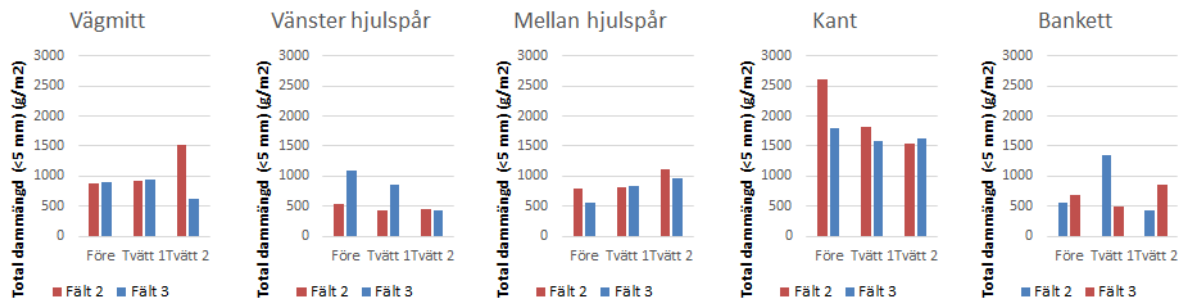
En sammanställning av förändringen i FDL180 i fälten med tvål (fält 2) och utan tvål (fält 3) efter första och andra städningen, visar att städningen i fält 2, i genomsnitt var effektivare än den i fält 3. Störst var skillnaden mellan städningen med och utan tvål invid kanten (Figur 12). Vid kanten verkar endast maskinens kantborstar, som inte är effektiva för att städa upp fuktigt finmaterial. Om tvålen har en dispergerande effekt kan det dock antas rimligt att denna kan hjälpa kantborsten genom att tränga ner i och lösa upp dammlagret effektivare än endast vatten och därmed bidra till en bättre städeffekt.



Figur 12. Ändringen i FDL180 efter första och andra städningen i fält 2, med tvål och fält 3, utan tvål.

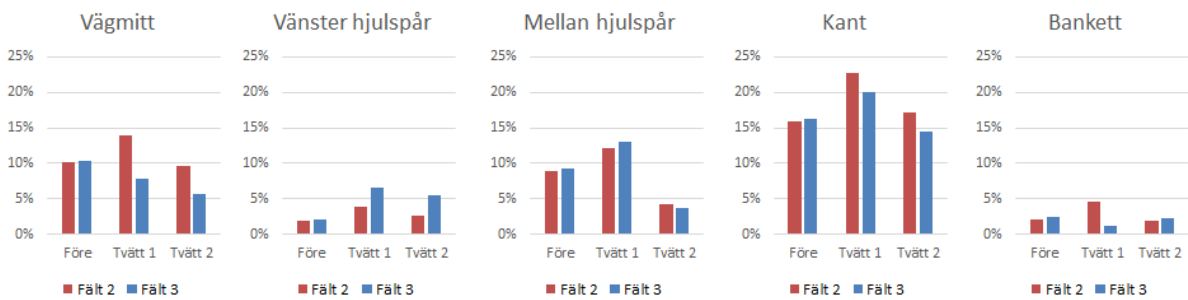
Den empiriska algoritmen som beräknar TDL180 utifrån turbiditetsvärdena som är uppmätta med en kommersiell turbiditetsmätare har en tendens att underskatta DL180-värdet när partikelhalterna är höga. Det syns extra tydligt i proverna insamlade vid kanten. I fält 2 ökade partikelhalten vid mittlinjen efter den andra städningen vilket kan bero på en omfördelning av dammförrådet. Även om sänkningen av dammförrådet var större i fält 2 än fält 3, var maskinen som användes i fält 2 och 3 inte särskilt effektiv för att ta upp det damm som låg närmast kanten. Sannolikt beror detta på att kantborsten på maskinen är ineffektiv avseende att ta bort fuktigt, fint material.

Den totala mängden partiklar (inom WDS övre avskiljning, som är högst 5 mm vilket motsvarar rördimensionen för utflödet från provtagningsdelen) visar på minskande dammängder vid väggkanten för både fält 2 och 3 mellan de olika städinsatserna och även i vänster hjulspår i fält 3. I ytan mellan hjulspår tenderar dammängden att öka något medan ingen trend kan ses för övriga ytor (Figur 13). Observera att enstaka större sandkorn kan påverka dessa resultat kraftigt.



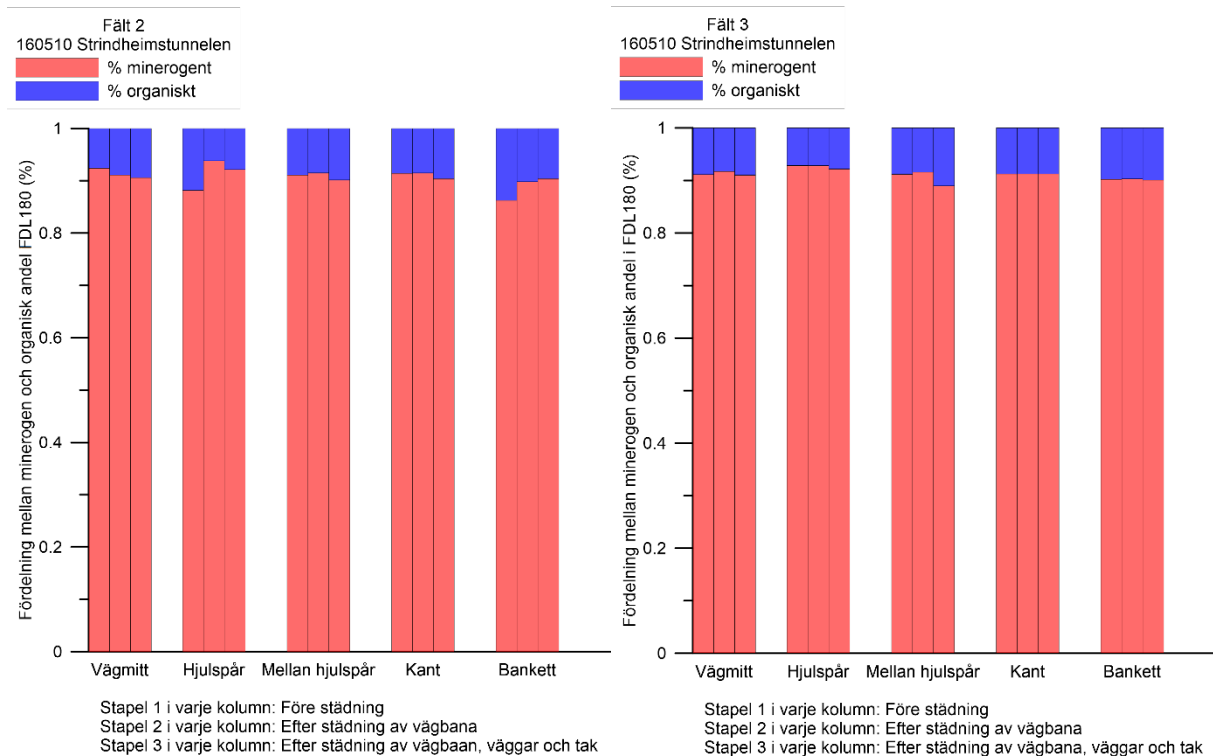
Figur 13. Totala mängden damm (mindre än ca 5 mm) i proverna från de olika ytorna i fält 2 och 3 före och efter de olika städinsatserna.

Andelen DL180 av den totala provtagna dammängden på olika fält och i de olika provytorna visas i Figur 14. Andelarna varierar från några enstaka procent på banketten och i vänster hjulspår till cirka 20 % vid vägkanten. Värdena på de båda fälten är påtagligt lika, särskilt före tvätt. Att andelen är högst vid kanten beror på att turbulensen och uppvirvling från trafiken är lägst där i kombination med en ganska rå textur där mycket damm kan samlas. Banketten är slät varför fint damm har svårt att ansamlas på denna vid rådande förhållanden. I hjulspår är uppvirvlingskrafterna från däcken stora vilket påverkar fint material mer än grövre. En tendens finns i nästan alla ytor att andelen DL180 ökar något efter första tvätten och sedan minskar efter den andra tvättomgången. Detta kan möjligen bero på att fint material lösgörs av första tvätten och sedan minskar i efterföljande tvätt.



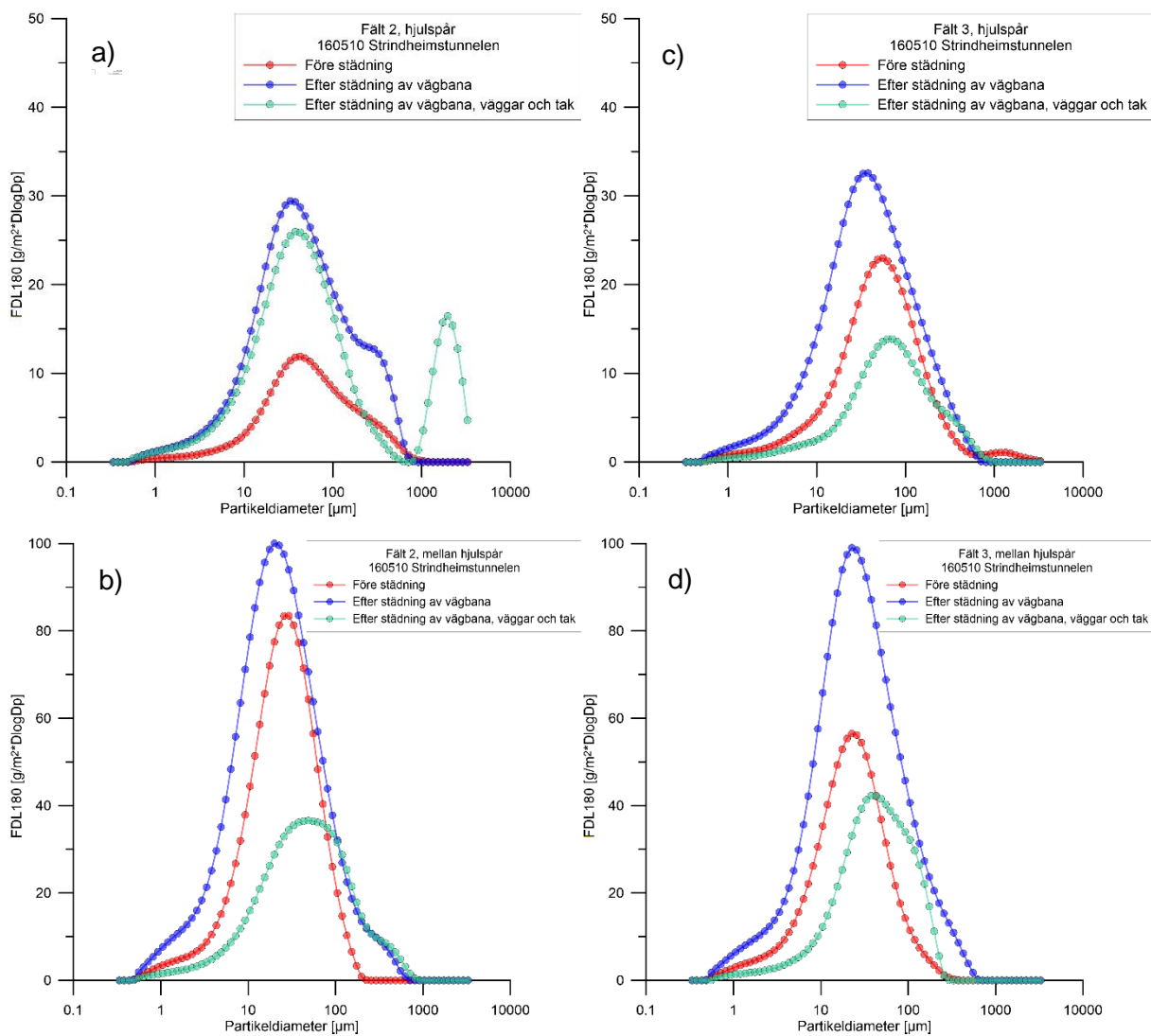
Figur 14. Andel DL180 i % av den totala dammängden på fält 2 och 3 i de olika provytorna.

I Figur 15 visas fördelningen mellan minerogent (oorganiskt) och organiskt material i FDL180-proverna. Genomgående är andelen minerogent material cirka 90 %. Ingen skillnad som verkar vara relaterad till städåtgärderna kan ses i mätresultaten. Det var stor skillnad i dammförrådets storlek i hjulspår och mellan hjulspår både före och efter städning. Hjulspåren hade förhållandevis låga halter medan halterna var högre mellan hjulspåren. Även i fält 3 går det att urskilja en minskning i dammförrådet efter den sista städningen, denna är dock inte lika påtaglig som fält 2



Figur 15. Fördelning mellan minerogen och organisk andel i FDL180 i fält 2 och 3.

I Figur 16 visas storleksfördelningarna för vägdammsproverna med en figur för hjulspår respektive mellan hjulspår för de två studerade fälten. Varje figur visar före städning, när endast vägbanan städats (mellan), samt efter städning av vägbanan, väggar och tak. Figurerna baseras på storleksfördelningar enligt lasergranulometern och absolutvärden genom relationen till DL180. I ett av fallen (föremätningen på fält 2 i hjulspår) har partiklar större än 180 µm detekterats, men då provmängderna är små och dessa partiklar stora och få är osäkerheten stor i den delen av spektrat. Även efter första städningen syns en extra topp av större partiklar (knapp 0,5 mm i diameter), vilken också är synlig efter hela städprocessen. För mätningarna i övriga ytor är fördelningarna unimodala, med tendenser till extra toppar av partiklar kring 0,5 mm mellan hjulspår i fält 2 efter städning och av partiklar kring 0,2 mm för mätningen mellan hjulspår i fält 3 efter städning. Mellan hjulspår är den dominerande storleksmoden efter sista städningen förskjuten mot grövre fraktioner. Sammantaget tyder dessa resultat på att städningen påverkar storleksfördelningen genom att den genomsnittliga partikelstorleken ökar något efter städning.

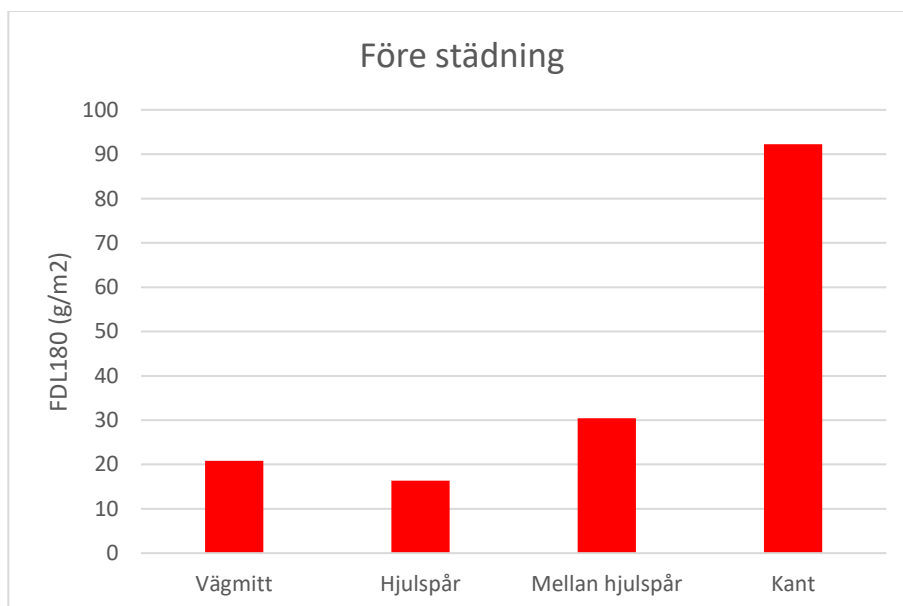


Figur 16. Storleksfördelningen av partiklar enligt lasergranulomentern för, a) fält 2 i vänster hjulspår och b) fält 2 mellan hjulspår c) fält 3 i vänster hjulspår och d) fält 3 mellan hjulspår.

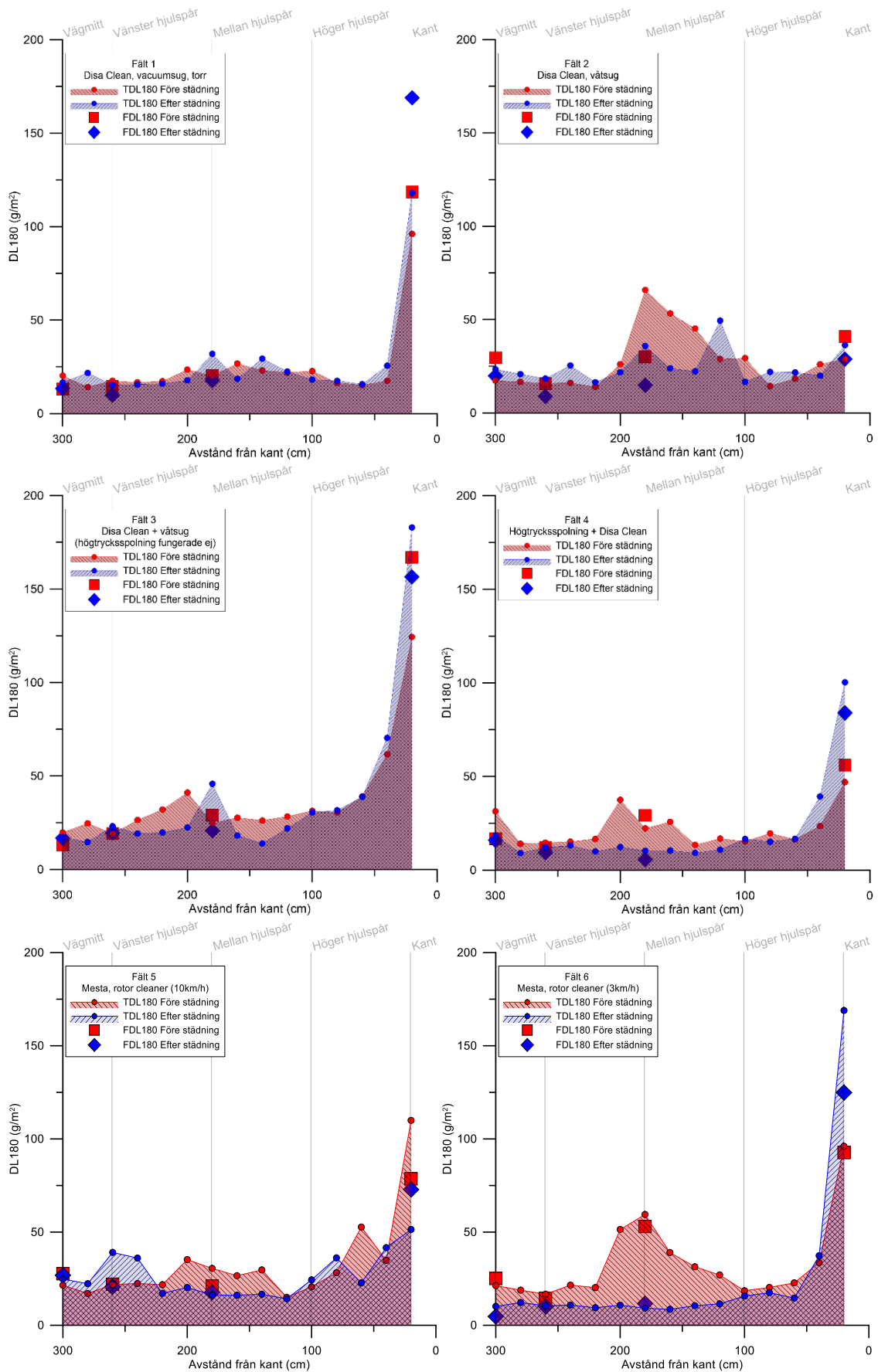
### 3.2. Haakon VII gate

Förutsättningarna hos de olika fälten på Haakon VII gate skiljer sig något åt. I fält 1–3 är körriktningen västerut medan den i fält 4–6 går österut. Beläggningen var mer skadad i vissa fält med stensläpp och spårigheter, det var dessutom fler avfarter vid fält 4–6 samt en rondell och ett trafikljus som kan ha påverkat slitaget på beläggningen kopplat till acceleration/inbromsning (se Figur 5). Figur 17 visar medelvärden av dammängderna i för de olika provpunkterna i samtliga fält (1–6). Observera att dammängden vid väggkant är betydligt mindre jämfört med Strindheimtunnelen även om mängden vägdamm även i detta fall är störst vid kanten. I Figur 18 presenteras FDL180 från filtrerade prover och turbiditetsprofilerna före och efter städning för respektive fält. Ingen av maskinerna kördes helt intill kanten utan lämnade en bit ostädad. Varje fält städades med två drag, ett öppningsdrag ”längs med kanten” och ett från mitten på körfältet ut till vägmitt.

Baserat på Figur 18 nedan verkar åtgärderna i fält 4 och 6 ha varit mest effektiva. I fält 4 användes Disa Clean i kombination med högtrycksspolning. Då endast Disa Clean utan vatten eller högtrycksspolning (fält 1) inte ger lika bra resultat och inte heller endast vattenbegjutning i kombination med Disa Clean (fält 2 och 3) är det troligt att kombinationen högtryckstvätt och Disa Clean är effektivare än metoderna i fält 2 och 3. Dock utvärderas inte enbart högtrycksspolning i denna studie, varför högtrycksspolningens och vakuumsugens respektive del av den kombinerade effekten inte kan fastställas. I fält 5 och 6 användes en Val’ Air rotor cleaner med körhastigheterna 10 och 3 km/h. Vid 3 km/h tar maskinen upp cirka 190 gram mer DL180 per m<sup>2</sup> (57 %) i ytan mellan 100 och 300 cm från kanten än vid 10 km/h, vilket visar att hastigheten är en viktig faktor för effektiv städning. Metoden i fält 6 gav alltså i detta fall en mycket god effekt. Vid samma hastighet (10 km/h) tog dock metoden fält 4 upp i snitt 76 gram mer DL180 per m<sup>2</sup> (35 %) gånger mer material än i fält 5, vilket visar att denna metod är mer effektiv i högre hastighet. Även metoderna i fält 2 och 3, som också utförs i 10 km/h, tar upp ca 50 g mer DL180 per m<sup>2</sup> (ca 10 %) än metoden i fält 5. Angående sätt att utvärdera och jämföra städeffektiviteten hänvisas till avsnitt 4.2.

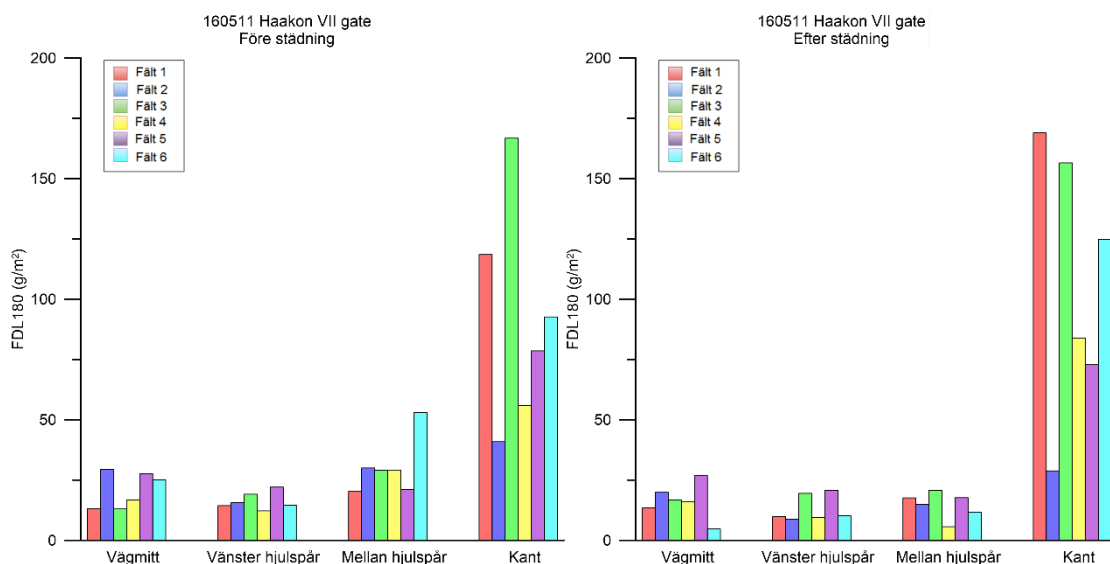


Figur 17. Medelvärden av dammängderna i de olika ytorna för fält 1–6 före städning.



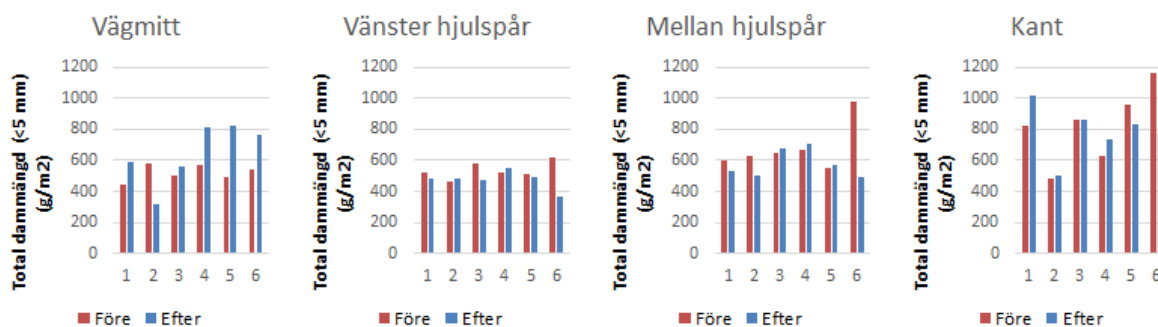
Figur 18. TDL180 och FDL180 för profiler före och efter städning i samtliga fält på Haakon VII:s gate.

Stapeldiagrammen i Figur 19 visar FDL180-värdena före- och efter städning i sammanslagningsproven. Skillnaderna i dammförråd före städning var relativt stora vilket tyder på ett något ojämnt utgångsläge. I diagrammet efter städning är halterna fortfarande höga utmed kanten, medan de är låga i hjulspår, mellan hjulspår och längs mittavskiljarlinjen. Det var inte lika tydligt vad som var hjulspår respektive mellan hjulspår i provfälten på gatan som det var i tunneln. Detta kan bero på ett mindre dammförråd, lägre hastighet, större andel tung trafik med en annan axelbredd, samt på fler filbyten vilket kan omfördela dammet längs vägbanan.



Figur 19. Medelvärden av FDL180 för ytorna i de olika fälten före och efter städning.

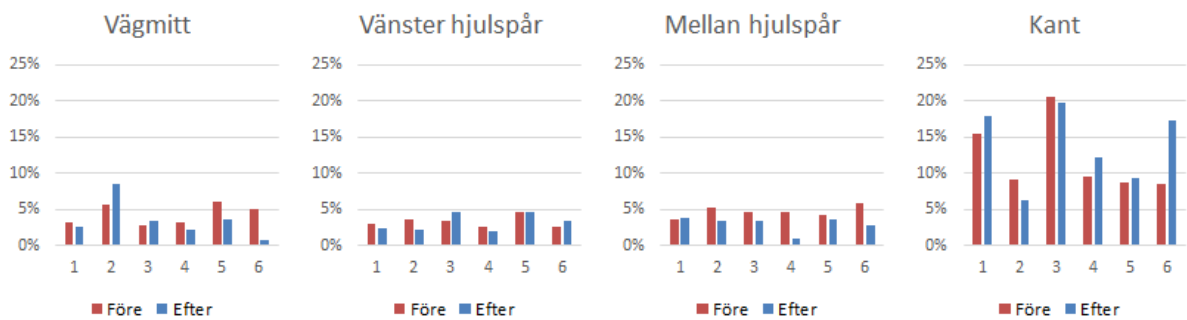
Den totala mängden partiklar (inom WDS övre avskiljning, som är högst 5 mm vilket motsvarar rördimensionen för utflödet från provtagningsdelen) visar på förhållandevis lika mängder damm i de olika fälten. Dock har fält 1, 4, 5 och 6 högre dammängder vid vägmitt efter städningen. Det kan även noteras att fält 2 har lägre dammängder före städning vid vägkanten än övriga fält (Figur 20). Det bör tas i beaktande att enstaka större sandkorn kan påverka dessa resultat kraftigt.



Figur 20. Totala mängden damm i proverna från de olika ytorna i fält 1-6 före och efter de olika städinsatserna.

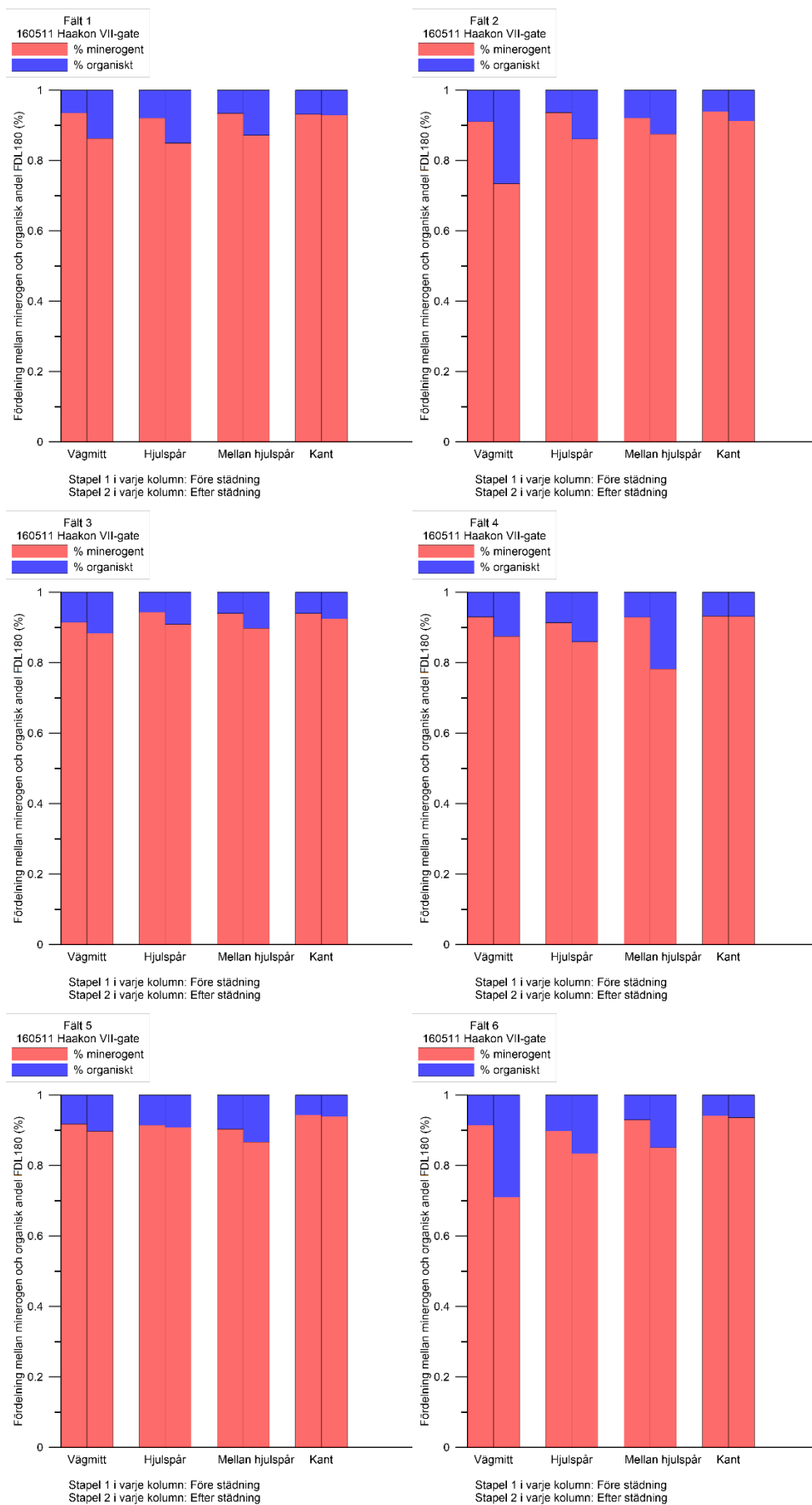
Andelen DL180 av totala dammningen (Figur 21) är mellan hjulspår påtagligt lägre än i mellan hjulspår i Strindheimtunneln (Figur 14). Vänsiter hjulspår ligger på liknande nivå som vid motsvarande mätning i Strindheimtunneln (1-5 %). I fält 1 och 2 är andelen DL180 vid vägkanten på samma nivå som i tunneln, men fält 2, 4 och 5 har ungefär hälften så hög andel. Skälen till detta är inte klara, men är sannolikt en effekt av påverkan av nederbörd och vind, liksom skillnader i vägbeläggningens ytegenskaper.





Figur 21. Andel DLI80 i procent av den totala dammängden på fälten i de olika provytorna i fält 1–6 före och efter städning.

Andelen organiskt material är i samtliga ytor, utom vid kanten, något högre efter tvätt än före (Figur 22).

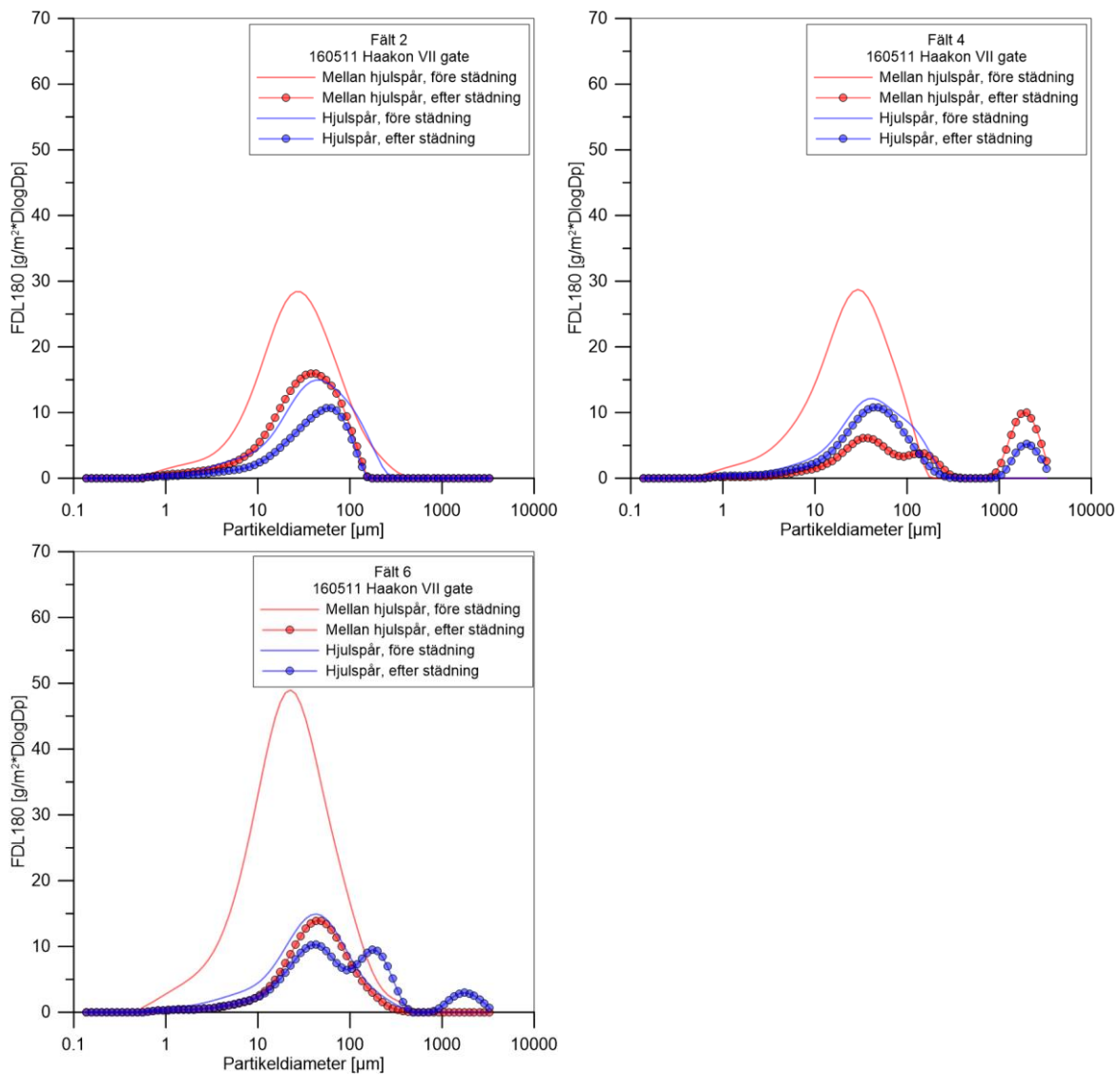


Figur 22. Fördelning mellan minerogen (oorganisk) och organisk andel i FDL180 för fält 1–6 på Haakon VII gate.

Partikelstorleken har analyserats med en lasergranulometer i de prover som har tagits mellan hjulspår och i vänster hjulspår för fält 2, 4 och 6, samt före och efter städning. Andelen partiklar i varje storleksintervall multipliceras med FDL180 för att på så sätt kunna visa på FDL180 fördelat på olika partikelstorlekar. Figur 23 visar FDL180-fördelningen före och efter städning i fält 2, 4 och 6 vilka var i de fält där en tydlig minskning av dammförrådet efter städning kunde observeras.

För alla ytor har städningen generellt minskat partikelmängden, vilket visats i Figur 19 för DL180. Figur 23 visar att för ett antal situationer har mängden partiklar i större storlekar ökat efter städning. Dessa toppar ligger kring 2 mm i diameter, vilket är i en storleksordning där antalet partiklar är mycket litet vilket innebär att med den provmängd som har analyserats i dessa mätningar är osäkerheten mycket stor. Dock kan närvaron av dessa partiklar endast efter städning tyda på att ytterligare mätningar kan vara nödvändiga.

Efter städning finns dubbeltoppar, det vill säga att fördelningen kan ha påverkats av städningen på olika sätt beroende på partikelstorlek. Detta kan vara av stor vikt då partiklarna i luften endast regleras för partikelstorlekar mindre än 10 µm i diameter (aerodynamisk diameter), medan större partiklar först efter malning eller annan minskning av partikelstorleken får betydelse som direkt luftföroreningskälla.



Figur 23. Partikelstorleksfördelningar för hjulspår och mellan hjulspår för fält 2,4 och 6 på Haakon VII gate.

---

## 4. Diskussion

---

### 4.1. Jämförelse med mätning 2015

Våren 2015 gjordes motsvarande mätning som i föreliggande studie i Trondheim (Janhäll m. fl., 2016). Mätningarna 2015 gjordes med en tidigare version av provtagaren WDS. Jämförande tester visar att medelvärden för de båda provtagarna är lika, men att WDSII har högre precision i data än WDS. I Strindheimtunnelen var dammängderna generellt lägre 2015 än 2016, medan de var i samma storleksordning på Haakon VII:s gate. Både vid 2015 och 2016 års mätningar tenderar dammets storleksfördelning att bli grövre efter städning vid de tillfällen då städmaskinerna varit effektiva, vilket tyder på en något bättre städeffekt på finare material inom DL180.

Vid bägge studierna är det svårt att se någon uppenbar effekt på DL180 av städmaskinerna i tunnelmiljön. En tidigare teori om orsakerna var att damm tillförs vägytan från städningen av väggar och tak. En annan förklaring var att tvättning med tvål gör att provtagningen efter städning blir mer effektiv. Då det endast använts tvål i fält 2 denna gång bedöms den senare förklaringen inte sannolik, medan det fortfarande kan finnas anledning att tro att damm tillförs från andra ytor som tvättats. Ytterligare en möjlig förklaring är att det är själva uppblötningen av vägytan, i den annars torra tunneln, som gör damm i texturen mer tillgängligt för provtagaren.

### 4.2. Utvärdering av tvätteffekten – allmän diskussion

Hur effekten av städningen ska utvärderas och beskrivas kan diskuteras. Effekten av en städinsats beror bland annat på:

- mängden damm på vägytan
- dammets egenskaper (storleksfördelning, grad av cementering etc.) – en stor andel DL180 kan vara svårare att städa upp än sand och grus för många maskintyper
- vägytans textur – en grov textur kan innehålla mer damm och göra dammet mer svåråtkomligt för städningen
- vägytans skick – sprickor och spårbildning kan göra att städningens effektivitet varierar över ytan
- vägytans fuktighet (särskilt viktig för effekten av rengöring utan vattenbegjutning) – vatten kan få fint damm att cementera i texturen och därigenom bli svårare att städa bort.

Även effektiviteten hos provtagaren WDSII påverkas av flera av dessa faktorer. Utgångspunkten är att WDSII är effektivare i varje enskild provtagningspunkt än städmaskinerna och därför ger information om ytterligare kvarvarande dammförråd. Denna utgångspunkt styrks av att det de facto finns damm kvar på vägytan, som WDSII samlar upp.

I Figur 24–Figur 26 visas differenserna i hela profilerna på Haakon VII gate och medelvärdet för differenserna mellan 100–300 cm från kanten. Vi redovisar inte prov närmast kanten eftersom vissa maskiner inte städade närmare kanten än cirka 50 cm. De varierande dammängderna på ytorna i försöket medför att en yta med initialt mycket damm kan gynnas i en absolut (Figur 24) jämförelse av minskningen av dammförrådet. I en relativ jämförelse tas hänsyn till den ursprungliga dammängden genom att dividera den absoluta skillnaden med den ursprungliga (Figur 25).

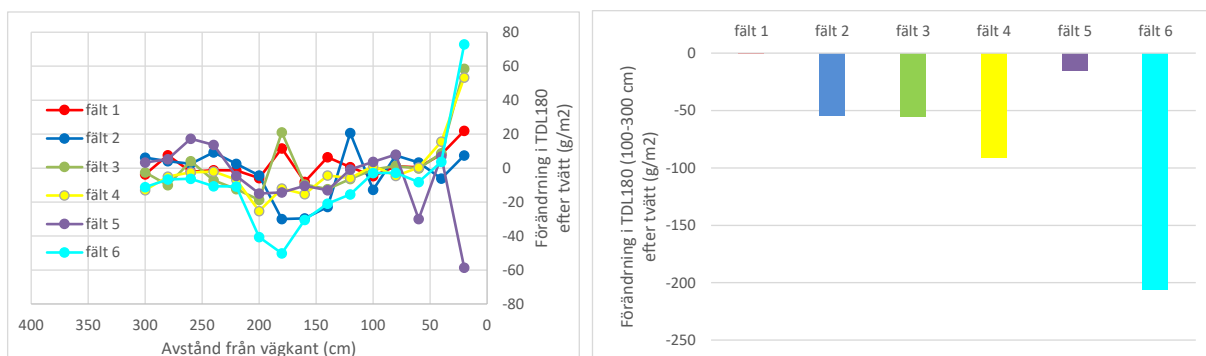
Det är sannolikt att löst damm i större mängder som ligger ovanpå vägytan är förhållandevis lätt att städa bort för en modern städmaskin oavsett hur mycket det är (inom rimliga gränser för vad som kan förväntas ansamlas under normal gatudrift). Om man antar att dammet blir svårare att städa bort ju

längre ner i belägningens textur det ansamlats, kan städinsatsens effekt bedömas endast efter hur mycket damm som är kvar efter städning, oavsett hur mycket damm som fanns tillgängligt från början. Städmetoderna i denna studie verkar i en sådan jämförelse (Figur 26) klara av att städa till två olika nivåer. I fält 1, 2 och 5 klarar metoderna att städa till mellan 50–60 g/m<sup>2</sup>, medan metoderna i fält 4 och 6 klarar att städa till mellan 20–30 g/m<sup>2</sup>. Jämförelsen förutsätter att ytorna är jämförbara avseende textur.

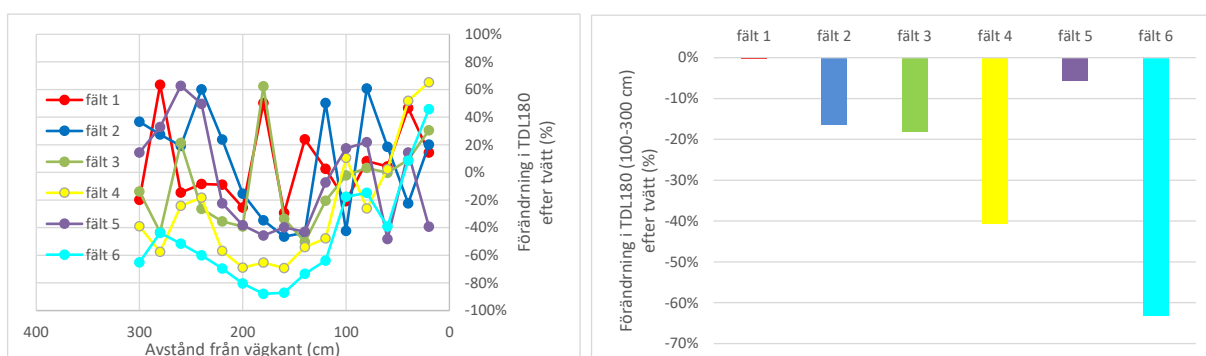
Hur lite damm som lägst blir kvar på vägytan vid den mest effektiva städmetoden är oklart, men de lägsta nivåerna som uppmättes med WDS-metoden i denna studie är ca 10 g/m<sup>2</sup>, vilket uppnåddes med högtryckstvätt kombinerat med vakuumsug. I denna typ av metod kan allt damm lösgöras och blandas med vattnet och sugas upp, men då allt vatten inte tas upp av maskinerna kommer en viss mängd damm, suspenderat i vatten, att finnas kvar på vägytan efter städningen.

Hastighetens betydelse för effekten visas i Figur 18 ovan där 10 km/h används i fält 5 och 3 km/h i fält 6. Att städa i 3 km/h ger mer än 10 gånger så effektiv städning (relativ skillnad) eller lämnar knappt en tredjedel så mycket damm kvar på ytan som om samma maskin städar i 10 km/h. Sannolikt kan effekten av metoderna i övriga fält förbättrats om de genomförts i lägre hastighet. Hastigheterna i de andra fälten var cirka 10 km/h. Det finns förstås en praktisk och ekonomisk gräns för hur långsamt ett städfordon kan utföra sin uppgift.

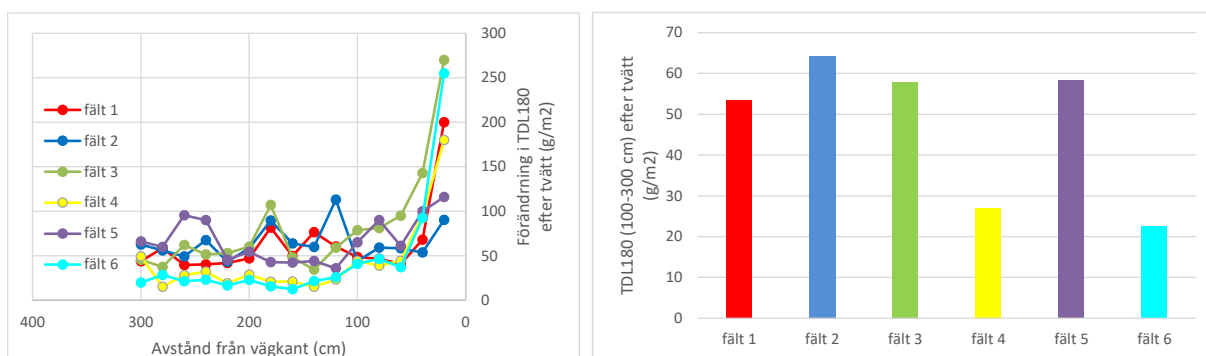
Vägytan på provplatserna på Haakon VII:s gate hade en del spårighet, som kan ha påverkat resultaten. Maskinernas aktiva delar som ligger an mot vägytan (högtryckstvätt och vakuumsug) anpassar sig inte efter underlaget, vilket gör att tvätteffekten blir sämre i spår och bättre utanför dessa.



Figur 24. Absolut förändring av dammförrådet på Haakon VII gate. Hela profilerna till vänster och medelvärden för de olika fälten mellan 100–300 cm till höger.



Figur 25. Relativ förändring av dammförrådet på Haakon VII gate. Hela profilerna till vänster och minskning av medelvärden för de olika fälten mellan 100–300 cm till höger.



Figur 26. Absoluta värden av TDL180 efter städning på Haakon VII gate.

---

## 5. Slutsatser

---

- I Strindheimtunnelen ökade dammängden generellt efter första städinsatsen, antagligen för att cementerat damm lösgjorts på vägytan. Efter städning av vägbana, väggar och tak minskade dammängden i och mellan hjulspår. Efter andra städinsatsen sjönk dock mängderna främst mellan hjulspår. Hjulspåren hade låga dammängder från början och ingen städeffekt kunde urskiljas i dessa ytor.
- Användningen av tvål på ett av fälten i Strindheimtunnelen resulterade i effektivare städning av väggkanten än om bara vatten användes. Dock lämnade båda metoderna mycket damm längst kanten, sannolikt beroende på kantborstens begränsade effekt på fuktigt finmaterial.
- På Haakon VII gate sågs en tydlig städeffekt på tre kombinationer, särskilt i ytan mellan hjulspår. Störst skillnader före- och efter städning hade fält 6, följt av fält 4 där Val'Air rotor cleaner med körhastigheten 3 km/h respektive en kombination av högtrycksspolning och Disa Clean användes. Det hade varit av intresse att ta reda på hur städeffekten av Disa Clean med en körhastighet på 3km/h hade varit.
- Val'Air rotor cleaner tog upp cirka 190 gram (57 %) mer DL180 vid 3 km/h (fält 6 på Haakon VII gate) än vid 10 km/h (fält 5 på Haakon VII gate), vilket visar att hastigheten är viktig för bra effekt.
- Vid samma hastighet, 10 km/h, tog Disa Clean vakuumsug kombinerad med föregående högtryckstvätt (fält 4 på Haakon VII gate) upp ca 76 gram (35 %) mer DL180 än Val'Air rotor cleaner (fält 5 på Haakon VII gate).
- Vägdammets storleksfördelning blir, i både tunneln och på gatan, något grövre efter städinsatser, vilket antyder att städningen är mer effektiv för mindre storlekar.
- Andelen DL180 av den totala insamlade dammängden är mellan någon enstaka procent till över 25 procent. Andelen DL180 var lägre i körfältet på Haakon VII gate än i tunneln. Högst andel DL180 återfanns vid väggkanten både i Strindheimstunneln och på Haakon VII gate.
- Andelen organiskt material i vägdammets är ca 10 % i både tunneln och på gatan. I proverna från gatan är andelen högre efter städning, särskilt i ytorna mellan hjulspår.





---

## Referenser

---

Eg 2008. Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M. 2014. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2012–2013. Linköping: VTI.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M. 2015. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2013–2014. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C., Norman, M. & Silvergren, S. 2016. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2014-2015. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Järleskog, I., Johansson, C., Lundberg, J., Norman, M. & Silvergren, S. 2017. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2015-2016. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Johansson, C. & Norman, M. 2012. Driftåtgärder mot PM10 på Hornsgatan och Sveavägen i Stockholm - utvärdering av vintersäsongen 2011-2012, VTI Rapport 767. VTI.

Janhäll, S., Gustafsson, M., Andersson, K., Järleskog, I. & Lindström, T. 2016. Utvärdering av städmaskinernas förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer i Trondheim. *VTI rapport*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Jonsson, P., Blomqvist, G. & Gustafsson, M. 2008. Wet Dust Sampler: Technological Innovation for Sampling Particles and Salt on Road Surface. *Seventh International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology, Transportation Research Circular E-C126*, 102-111.

Snilsberg, B. & Gryteselv, D. 2016. Renholdsforsoek i tunnel og gate i Trondheim våren 2015. *Statens Vegvesens Rapporter 619*.

Snilsberg, B. & Gryteselv, D. 2017. Renholdsforsoek 2016 - Strindheimtunnelen og Haakon VII gate i Trondheim & Stordalstunnelen i Møre og Romsdal. *Statens vegvesen rapport nr. 432*



VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE  
LINKÖPING  
SE-581 95 LINKÖPING  
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM  
Box 55685  
SE-102 15 STOCKHOLM  
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG  
Box 8072  
SE-402 78 GOTHENBURG  
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE  
Box 920  
SE-781 29 BORLÄNGE  
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND  
Medicon Village AB  
SE-223 81 LUND  
PHONE +46 (0)46-540 75 00





Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47) 22073000  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**