

Renholdsforsøk 2017

Uttesting av renholdsmaskiner i gate i Trondheim

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 534



Tittel

Renholdsforsøk 2017

Undertittel

Uttesting av renholdsmaskiner i gate i Trondheim

Forfatter

Brynhild Snilsberg, Dagfin Gryteselv, Inga-Loise Sætermo Veivåg, Thomas Lamo Hauan, Åse Dalseth Austigard (Trondheim kommune)

Avdeling

Vegavdelingen

Seksjon

Drift, vedlikehold og vegteknologi

Prosjektnummer

604144

Rapportnummer

Nr. 534

Prosjektleder

Brynhild Snilsberg

Godkjent av

Øystein Larsen

Emneord

Drift, renhold, vasking, utstyr, feiemaskin, gate, vegstøv, svevestøv, PM10, støy, vibrasjoner, dokumentasjon

Sammendrag

Statens vegvesen har tidligere gjennomført uttesting av ulike typer maskiner for veg- og tunnelrenhold de senere årene, og resultater viser det er bør fokuseres på maskiner som kommer til der støvet akkumuleres, utstyrets kapasitet, driftssikkerhet, og funksjonalitet under vinterforhold og kalde vegbanetemperaturer.

I samarbeid med Trondheim kommune ble produsenter og leverandører invitert til å delta på en samling 24.-26. oktober 2017 for å demonstrere og få testet/dokumentert sine maskiner.

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.

I tillegg ble støy, vibrasjoner og støvutslipp fra feiemaskinene målt.

Antall sider 124

Dato 14. mai 2018

Title

Road and street cleaning test, 2017

Subtitle

Testing of road and street cleaning systems in Trondheim

Author

Brynhild Snilsberg, Dagfin Gryteselv, Inga-Loise Sætermo Veivåg, Thomas Lamo Hauan, Åse Dalseth Austigard (Trondheim kommune)

Department

Roads Department

Section

Operation, Maintenance and Road Technology

Project number

604144

Report number

No. 534

Project manager

Brynhild Snilsberg

Approved by

Øystein Larsen

Key words

Maintenance, cleaning, equipment, street, road dust, PM10, noise, vibration, documentation

Summary

To document methods and equipment for cleaning of tunnels and roads, field tests were performed with different machinery and documentation methods (cleanness, rutting, unevenness, texture and humidity). Noise, vibrations and dust emission from the Equipments were also documented .

Pages 124

Date 14 May 2018



Forord

Statens vegvesen har gjennomført uttesting av ulike typer maskiner for veg- og tunnelrenhold de senere årene, og resultater viser det er bør fokuseres på maskiner som kommer til der støvet akkumuleres, utstyrets kapasitet, driftssikkerhet, og funksjonalitet under vinterforhold og kalde vegbanetemperaturer. Det er behov for utstyr som effektivt rengjør vegbane, kommer til i vegkant og på sideområder (kantstein/fortau), som kan fungere under kalde og tørre vegbaneforhold uten å virvle opp støv til omgivelsene.

I samarbeid med Trondheim kommune ble produsenter og leverandører av renholdsmaskiner utfordret til å tenke nytt for å øke fokus på utvikling av effektivt utstyr som er tilpasset nordisk klima, og de ble invitert til å delta på en samling 24.-26. oktober 2017 for å demonstrere og få testet/dokumentert sine maskiner.

Dette har vært samarbeidsprosjekt mellom Trondheim kommune og Statens vegvesen, der Statens vegvesen har dekt de fleste kostnadene med forsøkene. Vi ønsker å gi en stor takk til alle involverte som stilte opp for å delta i forsøket.

Brynhild Snilsberg, Inga-Loise Sætermo Veivåg og Dagfin Gryteselv

Trondheim, mai 2018

Innhold

Forord.....	1
Innhold	2
Sammendrag	4
1. Innledning.....	7
2. Renholdsmaskiner.....	10
Maskin 1: Beam S	10
Maskin 2: Johnston C401.....	11
Maskin 3: Macro M60	11
Maskin 4: DisaClean	12
Maskin 5: Beam (Kjelsberg).....	14
Maskin 6: ValAir	14
Vaskearm A: ValAir spylebom.....	16
Vaskearm B: Trondheim bydrift spylearm	16
3. Forsøksfelt og vaskeprosedyrer.....	18
3.1 Forsøksfelt	18
3.2 Vaskeprosedyre	19
4. Dokumentasjonsmetoder	20
4.1 Renhet på vegbanen – WDS III	20
4.2 Støvmålinger i luft – Met One 831 støvmengdemåler	21
4.3 Lydnivåmålinger – Brüel&Kjær 2250L og doseBadge	24
4.4 Vibrasjonsmålinger – NOR136.....	25
4.5 Lyd- og vibrasjonsmålinger – Kjørerute.....	26
4.6 Måling av fukt på vegbanen – Wettex Maxi Vileda kluter	28
4.7 Spor, ujevnheter og teksturer – ViaPPS	29
4.8 Laboratorieanalyse	30
4.9 Partikkelstørrelsesfordeling – Particle Size Analyzers Cilas 1190.....	30
5. Resultater.....	31
5.1 Renhet på vegbanen	31
5.1.1 Støvdepot før rengjøring	31
5.1.2 Mengde partikler før og etter rengjøring.....	32
5.1.3 Resultater for de ulike renholdsmaskinene	37
5.1.4 Andel partikler mindre enn 180 µm	46
5.1.5 Andel mineralogisk og organisk.....	49

5.1.6 Partikkelstørrelsesfordeling.....	49
5.1.7 Usikkerhet.....	50
5.2 Støvmålinger i luft.....	52
5.3 Lydnivåmålinger.....	54
5.4 Vibrasjonsmålinger.....	55
5.5 Fuktmålinger og dekketilstand.....	56
6. Konklusjon.....	58
Vedlegg.....	61
Vedlegg 1: Asfaltresept Haakon VII gate.....	63
Vedlegg 2: Renhet på vegbanen.....	65
Vedlegg 3: Måling av lydnivå og vibrasjon.....	87
Vedlegg 4: Maskin 1. BEAM S (9–14 m ³).....	89
Vedlegg 5: Maskin 2. Johnston C401.....	93
Vedlegg 6: Maskin 3. Macro M60.....	107
Vedlegg 7: Maskin 4. DisaClean.....	111
Vedlegg 8: Maskin 5. BEAM (Kjelsberg).....	113
Vedlegg 9: Maskin 6. ValAir (Mesta).....	121

Sammendrag

Vegdekker slites hele året, og spesielt vinterstid pga. piggdekk, noe som kan føre til akkumulering av vegstøv langs veger, gater og tunneler som forårsaker dårlig luftkvalitet, forurensning til omgivelser inkludert overflatevann, dårlig sikt, dårlig visuell opplevelse og slitasje på teknisk utstyr. For å minimere dette problemet bør det gjennomføres renholdstiltak på en effektiv måte. Statens vegvesen har derfor gjennomført forsøk siden 2015 for å øke kunnskapen og bedre utførelsen av renhold¹.

I samarbeid med Trondheim kommune utfordret Statens vegvesen i 2017 bransjen (entreprenører, produsenter og leverandører av renholdsmaskiner) til å tenke nytt og utvikle effektivt utstyr tilpasset nordisk klima, og de fikk mulighet til å stille opp i et forsøk der maskinene ble presentert, testet, dokumentert og sammenlignet. Forsøket foregikk 24.–26. oktober 2017 i Haakon VII gate i Trondheim, og beskrives i denne rapporten.

Hensikten med forsøket var å gi leverandører og produsenter av renholdsmaskiner med nye systemer som kan løse dagens utfordringer når det gjelder vegrenhold, mulighet til å delta med sitt utstyr for demonstrasjon, uttesting og dokumentasjon av effekt. Det er behov for utstyr som effektivt rengjør vegbane, kommer til i vegkant og på sideområder (kantstein/fortau), som kan fungere under kalde og tørre vegbaneforhold uten å virvle opp støv til omgivelsene. Det er også behov for rensing av utslippsluft for fine partikler (ned til PM_{2,5}). Det er også viktig at renholdsutstyr har lave driftskostnader, er vedlikeholdsvennlig, driftssikkert og har enkel service. I forhold til miljø ble det også lagt vekt på både arbeidsmiljø (støy og vibrasjoner) og omgivelser (at utstyret gir lite støy og har lave utslipp fra avgasser, arbeidsprosess og lignende).

Renhet på vegbanen

Beam S med spylebom på første overfart og sidedyse på andre overfart reduserer finstoffmengde (partikler mindre enn 180 µm) mest effektivt i dette forsøket. Reduksjonen er på ca. 84 %.

ValAir reduserer finstoffmengden mer effektivt inntil kant ved bruk av sidedyse enn ved bruk av spylebom. Finstoffmengden reduseres også bedre ved 5 km/t enn ved 10 km/t. ValAir med kun bruk av sidedyse for rengjøring inntil kant i 5 km/t reduserer finstoffmengden med ca. 68 %. Spylebom og sidedyse har omtrent lik effekt for å redusere den totale støvmengden inntil kant.

Resultatene viser at spylebom forflytter mer støv inn mot høyre hjulspor enn sidedyse. ValAir i 5 km/t med spylerekke, oppsug og spylebom eller sidedyse, samt Beam S med sidedyse og

¹ [Statens vegvesen rapport nr. 619](#) Renholdsforsøk i tunnel og gate i Trondheim våren 2015 – Strindheimtunnelen og Haakon VII gate

[Statens vegvesen rapport nr. 432](#) Renholdsforsøk 2016 – Strindheimtunnelen og Haakon VII gate i Trondheim og Stordalstunnelen i Møre og Romsdal

[Statens vegvesen rapport nr. 536](#) Renholdsforsøk 2017 – Uttesting av ny spylebom i tunnel og gate i Kristiansund

spylebom i 10 km/t er de mest effektive metodene for å rengjøre inntil kant. Reduksjonen i totale støvmengde er på henholdsvis ca. 62 %, 56 % og 60 %.

Bruk av spylerekke på første overfart har god effekt for å løsne finstoffet på vegbanen. Dette gjelder for renholdsmaskinene Macro M60 og DisaClean. De reduserte finstoffmengde mellom hjulspor med henholdsvis 63 % og 66 % mellom etter bruk av spylerekke på første overfart. Den samme reduksjonen ble ikke oppnådd ved rengjøring med disse renholdsmaskinene uten bruk av spylerekke. Bruk av spylerekke på første overfart har ingen innvirkning på å redusere mengden grove partikler ytterligere. Resultatene viste lik reduksjon i total partikkelmengde både med og uten bruk av spylerekke.

For rengjøring av hele vegbanen er maskinene og renholdsmetodene som er mest effektiv i dette forsøket Beam Kjelsberg med RotorClean og sidebom i 10 km/t, og ValAir med spylerekke, oppsug og sidedyse i 5 km/t. Disse renholdsmaskinen reduserer både finstoffet og de grove partiklene godt.

Spylebom påmontert ValAir og spylearm til Trondheim bydrift fjerner begge effektivt finstoffet fra fortau. Reduksjonen er på henholdsvis 53 % og 57 %. Spylebom påmonter ValAir fører til en liten økning i total partikkelmengde etter rengjøring, mens spylearm til Trondheim bydrift reduserer den totale støvmengden med ca. 32 %.

Andelen finstoff fordeler seg som forventet med størst andel inntil kant, deretter fortau, noe mellom hjulspor og lite i hjulspor. Resultatene viser at de fine partiklene fordeler seg på samme måte som de grove partiklene på vegbanen. Finstoffet utgjør ca. 32 % av den totale støvmengde inntil kant. På fortau utgjør den ca. 19 %. Mellom hjulspor utgjør finstoffandelen ca. 12 %. I høyre hjulspor er det lite finstoff, og andelen er kun ca. 3 %. Før rengjøring er det over 1000 g/m² partikler inntil kant. Det er ca. 700 g/m² på fortau, mellom hjulspor ca. 500 g/m² og i høyre hjulspor omtrent 400 g/m².

Andelen organisk materiale i prøvene er lav og ligger på mindre enn 5 %. Det er størst andel organisk materiale i prøvene tatt ved kant og på fortau. Andelen organisk materiale ligger mellom 2,3 % – 5,0 % før rengjøring på fortau og kant. I høyre hjulspor er andelen organisk materiale minst. Resultatene gir ingen klar tendens på hvordan renholdsmaskinene tar opp organisk materiale under rengjøring.

Den største partikkeltettheten finnes for partikkelstørrelser i området 15 – 20 µm for de fleste prøvene tatt uansett hvor i feltene. Det ser ikke ut til å være stor forskjell på partikkelfordelingen mellom kant, hjulspor og mellom hjulspor. Haakon VII gate har den største partikkeltettheten i de fineste partikkelfraksjonene. Dette skyldes trolig at gaten har høy ÅDT hvor trafikken knuser partiklene på vegbanen til mindre og mindre partikler.

Støvmålinger i luft

Støvmålingene som ble gjort i luft viser at alle som oppholder seg i umiddelbar nærhet til gatefeiling vil potensielt kunne bli eksponert for høye luftkonsentrasjoner av støv. Dette betyr at dersom man ikke kan tilsette vann for å dempe støvet under feiling, eller iverksette andre støvdempende tiltak, bør gatefeiling utføres på tidspunkt hvor det er lite publikum tilstedte, dette med hensyn til sårbare grupper som barn, eldre og folk med luftveislidelser.

Værforholdene har betydning for eksponeringsforholdene. Nedbør vil redusere oppvirvling av støv samt utslipp av nyprodusert støv. Sol og tørt vær vil potensielt kunne bidra til at støv som ikke blir fanget opp i feiemaskinen blir spredt rundt i gaten og virvles opp som følge av feiemaskinens bevegelse.

For framtidige forsøk bør det utarbeides en prosedyre for å kunne måle luftkonsentrasjoner av støv under testforsøket, dette for å sikre representative måledata.

Lyd- og vibrasjon

Vibrasjons- og lydnivåene viser ingen grunn til å legge bruksbegrensninger på utstyret.

Alle maskinene er innenfor dagens regelverk, selv om det også er klare forskjeller dem imellom. Maskin 3 (Macro M60) kommer dårligst ut på både helkorps- og hånd-armvibrasjon. Imidlertid er dette en av de mindre maskinene, og bruksområdet er derfor noe annet enn de større maskinene, for eksempel i områder hvor de større ikke kommer til. Vibrasjonsdemping anbefales i videreutviklingen av maskin 3.

Maskin 4 (DisaClean) har størst forbedringspotensial på støy inn til kabin. Ingen av bilene har lydnivå som gjør at ansatte må følges opp med hørselskontroller.

Restfukt på vegbanen – Dekketilstand (spor, jevnhet og tekstur)

Forsøksfeltene er utfordrende pga. dekketilstand med høye sporverdier som varierer mellom 22 mm og 37 mm. Unntaket er felt 10 og 11 med spordybde på 10 mm. Ujevnhet på langs (IRI) og tekstur (MPD) har også forholdsvis høye verdier. Dette avspeiler nok også de restfuktmengder som er målt.

Gjennomgående er det tørrere mellom hjulspor (på «ryggen»). Der er det enklere å komme i god kontakt med dekkeoverflaten for mer effektivt oppsug. Største verdi målt her er 120 g/m². Det må sies å være bra.

I hjulsporet er det gjennomgående mer fukt. Her varierer målt verdi mellom 36 og 234 g/m². Restfuktverdier rundt 100 g/m² eller mindre er meget bra. En ser at selv med høye sporverdier (f.eks. felt 1, 7 og 12), kan maskinene fjerne fukt i hjulsporene på en effektiv måte.

1. Innledning

Vegdekker slites hele året, og spesielt vinterstid pga. piggdekk, noe som kan føre til akkumulering av vegstøv langs veger, gater og tunneler som forårsaker dårlig luftkvalitet, forurensning til omgivelser inkludert overflatevann, dårlig sikt, dårlig visuell opplevelse og slitasje på teknisk utstyr. For å minimere dette problemet bør det gjennomføres renholdstiltak på en effektiv måte. Statens vegvesen har derfor gjennomført forsøk siden 2015 for å øke kunnskapen og bedre utførelsen av renhold².

I samarbeid med Trondheim kommune utfordret Statens vegvesen i 2017 bransjen (entreprenører, produsenter og leverandører av renholdsmaskiner) til å tenke nytt og utvikle effektivt utstyr tilpasset nordisk klima, og de fikk mulighet til å stille opp i et forsøk der maskinene ble presentert, testet, dokumentert og sammenlignet. Forsøket foregikk 24.–26. oktober 2017 i Haakon VII gate i Trondheim, og beskrives i denne rapporten.

Hensikten med forsøket var å gi leverandører og produsenter av renholdsmaskiner med nye systemer som kan løse dagens utfordringer når det gjelder vegrenhold, mulighet til å delta med sitt utstyr for demonstrasjon, uttesting og dokumentasjon av effekt. Det er behov for utstyr som effektivt rengjør vegbane, kommer til i vegkant og på sideområder (kantstein/fortau), som kan fungere under kalde og tørre vegbaneforhold uten å virvle opp støv til omgivelsene. Det er også behov for rensing av utslippsluft for fine partikler (ned til PM 2,5). Det er også viktig at renholdsutstyr har lave driftskostnader, er vedlikeholdsvennlig, driftssikkert og har enkel service. I forhold til miljø ble det også lagt vekt på både arbeidsmiljø (støy og vibrasjoner) og omgivelser (at utstyret gir lite støy og har lave utslipp fra avgasser, arbeidsprosess og lignende).

Hvor ligger vegstøvet?

Vegstøv akkumuleres ikke homogent i vegbanen. Det er som regel størst støvdepot i vegkanten, lite i hjulsporene, en del mellom hjulspor, og mere i midten av vegen/mellom kjørefelt. Dagens feiemaskiner kommer ikke inntil vegkanten/kantsteinen, og dermed blir det største støvdepotet ofte liggende igjen hvis man ikke har f.eks. en spyleanretning som gjør støvet tilgjengelig og flytter det inn til feiebilen. Dette er gjerne manuelt arbeid, og/eller krever store vannmengder. Under kalde vegbaneforhold kan man ikke bruke vann, og da må dette løses på en annen måte. Ofte er ikke sidearealene dimensjonert for tunge kjøretøy.

Hva vet vi?

Gjennom flere prosjekter er det nå mer kunnskap om hva som fungerer for å fjerne grovt og fint vegstøv, og man ser at det gjerne etterspørres en supermaskin som skal takle alt fra

² [Statens vegvesen rapport nr. 619](#) Renholdsforsøk i tunnel og gate i Trondheim våren 2015 – Strindheimtunnelen og Haakon VII gate

[Statens vegvesen rapport nr. 432](#) Renholdsforsøk 2016 – Strindheimtunnelen og Haakon VII gate i Trondheim og Stordalstunnelen i Møre og Romsdal

[Statens vegvesen rapport nr. 536](#) Renholdsforsøk 2017 – Uttesting av ny spylebom i tunnel og gate i Kristiansund

strøsand, fine partikler, kalde og varme vegbanetemperaturer, høytrykkvask og kraftig oppsug. Det skal godt gjøres å utvikle en maskin som er effektiv på alt dette samtidig.

Renholdsforsøkene gjennomført i 2015 og 2016 viser at det er viktig med høytrykksspyling av vegoverflaten for å løsrive fastgrodd vegstøv. Fast dyserekke gir trolig høyere fremdriftshastighet sammenlignet med roterende spyledyser for å dekke samme areal. Det er ikke testet høytrykkluft for å se om det kan ha en lignende virkning som høytrykksspyling.

For effektivt å fjerne løst vegstøv (eventuelt iblandet vann) må man bruke et kraftig oppsug/vakuum. Dype spor og asfaltskader gir dårligere resultat på grunn av at maskinene ikke tilpasser seg underlaget.

Fremdriftshastighet er viktig for både kvalitet på rengjøringen, rekkevidde/areal man kan rengjøre per skift/kostnader/kapasitet, og ev. trafiksikkerhet.

I 2016 ble DisaClean og RotorClean systemene sammenlignet. DisaClean rengjør effektivt løse partikler på vegoverflaten med vakumsug ved en fremdriftshastighet på 10 km/t. Maskinen kjører tørt og kan derfor brukes hele året uavhengig av vegtemperatur. Koster er kapslet inn så de ikke virvler opp støv til omgivelsene, og den har filter som tar 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 DisaClean kjørt på tørr vegbane, på fuktet vegbane, og med en høytrykkspyleenhet utviklet av Trondheim bydrift. DisaClean ble kjørt i 10 km/t som er normal fremdriftshastighet. RotorClean ble kjørt i 3 og 10 km/t. Resultater fra forsøkene viste at DisaClean har bedre resultat ved 10/km (med høytrykksvask) enn RotorClean, mens RotorClean har litt bedre vaskeresultat ved 3 km/t enn DisaClean ved 10 km/t. DisaClean i kombinasjon med høytrykkspyleenheten ble ikke testet i 3 km/t og ville trolig hatt tilsvarende, eller bedre resultat enn RotorClean ved samme kjørehastighet. Å rengjøre med RotorClean ved 3 km/t gir mer enn 10 ganger så effektiv rengjøring eller legger igjen nesten 1/3 så mye vegstøv på overflaten sammenlignet med hvis samme maskin rengjør ved 10 km/t.

Det ble i 2017 testet ut en ny spylebom påmontert en feiebil som skal flytte og gjøre vegstøvet tilgjengelig fra fortau/kantstein/vegskulder inn til feiemaskinen som da får til å suge dette opp. Bruk av høytrykksdyse inn mot kantstein/bankett reduserte partikkelmengden kraftig i gate (73 %), men marginalt i tunnel (2 %). Bruk av spylebom (70 bar) i tillegg til høytrykksdyse økte effekten inn mot kantstein/bankett til 89 % i gate og 40 % i tunnel. På fortau ble støvmengden redusert med ca. 65 % og i høyre hjulspor ca. 20 %. Økning i trykk på spylebommen ga ikke noe bedre rengjøring.

Utfordringer

En utfordring med dagens maskiner er bredde på utstyret som gjør at man må kjøre tre drag for å dekke to kjørefelt, og utstyret kommer dårlig til der støvdepotet er størst langs kantstein/oppå kantstein/fortau/sideareal. Jo lavere kjørehastighet, jo bedre resultat på renhet. Ved kald vegbane bør man ha systemer som enten rengjør effektivt med tørre metoder (høytrykkluft og kraftig vakuum), eller bruker en væske som ikke fryser (f.eks. saltløsning).

Dokumentasjon av renhet

Når det snakkes om renhet er det hovedsakelig partikler mindre enn 180 mikrometer i størrelse som vurderes, siden disse utgjør svevestøvpotensialet. Men også de grovere partiklene er interessante siden disse over tid vil kunne males/knuses ned til mindre partikler av trafikken. Samtidig vil de virke som et slipemiddel på asfalten (sandpapireffekten), og dermed gi bidrag til svevestøv over tid, uavhengig om det kjøres med piggdekk eller piggfrie bildekk. Flere rengjøringsmaskiner er gode på å samle opp de grove partiklene, men for å fjerne de fineste partiklene bør man bruke spesialtilpasset utstyr som fjerner støvet, og ikke virvler det opp eller slipper det ut med utluften. For å dokumentere dette er det benyttet en spesiallaget våtvasker, wet dust sampler (WDS), utviklet av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) i Sverige. Statens vegvesen har anskaffet dette forskningsinstrument i 2017 som brukes for å dokumentere renhet på vegbanen under uttesting av renholdsmaskiner.

Analysemetodikk

WDS brukes for å ta prøver av vegstøv og oppløste stoffer på tette overflater på en repeterbar måte. Dette gjøres ved å bruke høytrykksspyling til å vaske et lite areal og overfører prøven ved bruk av trykkluft til en prøveflaske. Prøvetakingen starter når man trykker på utløserknappen på prøvetakingsenheten, og parameterne kan justeres i programvaren. Justerbare parametere er vasketid, tidspunkt og varighet til kompressoren som flytter prøven til flasken. Prøven kan så analyseres i lab for det man er interessert i å få informasjon om. Det er igangsatt en masteroppgave ved NTNU for å se på metodikk for analyse av vegstøv med tanke på kildebidrag. Masteroppgaven vil hovedsakelig foregå våren 2018, men prøvetaking ble gjort høsten 2017.

Stortingsmelding 45 om dekkslitasje, mikroplast og renhold

I Meld. St.45 Avfall som ressurs –avfallspolitikk og sirkulær økonomi 21.juni 2017 er dekkslitasje omtalt i forhold til mikroplast, og renhold av veg sies å være et viktig virkemiddel for å bedre luftkvaliteten og redusere utslippene av mikroplast til naturen:

<https://www.regjeringen.no/contentassets/4c45f38bddee47a7b7847af108894c0c/no/pdfs/stm201620170045000dddpdfs.pdf>

Det er anslått at slitasje fra bildekk er den største kjente enkeltkilden til mikroplast etter marin forsøpling, og utgjør rundt 5 000 tonn årlig i Norge. Dekkslitasje kan sammen med annet vegstøv også ha negativ effekt på luftkvaliteten i urbane strøk, samt bidra til forurensning av overvann. Samferdselsmyndighetene prioriterer økt veivask for å bedre den lokale luftkvaliteten. Dette bidrar også til at utslippene av mikroplast og miljøgifter fra vegnettreduseres. Statens vegvesen arbeider kontinuerlig med bedre metoder for veivasking. Miljødirektoratet er bedt om å utrede virkemidler for økt veivasking for å hindre avrenning av mikroplast fra veier og tette flater i samarbeid med veieier (Statens vegvesen og kommunene) og samferdselsmyndighetene. Selv om det innføres mer veivasking vil store deler av veistøvet føres bort med regnvann. Miljødirektoratet skal derfor også utrede mulige renseløsninger som kan være egnet til å fange opp mikroplastpartikler og andre forurensningsstoffer fra veier i de mest trafikkerte områdene.

2. Renholdsmaskiner

Det var 6 ulike maskiner med i forsøkene for rengjøring av vegbane (Maskin 1–6), samt to vaskearmar for rengjøring av fortau (Vaskearm A og B). Maskinene er nærmere beskrevet i dette kapitlet og i vedlegg.

Maskin 1: Beam S

Maskin 1 er ny feiemaskin som Trondheim bydrift har anskaffet. Det er en 14m³ feiemaskin med hydrostatisk drift (fremdrift og sug i arbeidsmodus). Kostesystemet består av kost under bilen (midtkost), 2 sidekoster (sidekost og «ugresskost» bak høyre forhjul), samt kost bak sugehodet (som er på høyre side). I tillegg er maskinen utstyrt med bredsug bak siste aksel for oppsug i hele bilens bredde. Slik type maskin er også mulig å bruke vinterstid med bruk av f.eks. saltløsning ved riktig oppsett.

Maskinen er også utstyrt med høytrykksanlegg (0–175 bar, 172 l/min) for ekstra rengjøring av vegoverflate. Det er montert høytrykksbommer bak midtkost og sugehode, bak bredsug samt egen høytrykksbom som slås ut/inn hydraulisk ved sugehodet. Denne er litt skråstilt for å lede vannet mest mulig inn mot sugehodet for best oppsug. I tillegg er det en høytrykksdyse ved sidekost.

Både oppsug og høytrykk har trinnløs justering slik at man ikke trenger å bruke mer kraft eller vann enn nødvendig for arbeidsoppgaven.

Normalt sett vil denne maskinen brukes med ordinært sugeutstyr med høytrykk til «normal» feiing, dvs. når det er grus, løv, sand etc. som skal samles opp. Bredsug benyttes når det er behov for ytterligere rengjøring av overflaten etter den «grove» massen er tatt opp.

Det er mulig å kjøre maskinen uten høytrykksspyling, men det bør benyttes lavtrykksvann (befuktning) i for å hindre støvdannelse i ut-luften siden maskinen ikke har filter og slipper prosessluften rett ut, samt hindre slitasje på munnstykke, sugeslanger etc.



Figur 1: Maskin 1. BEAM S (Foto: Imre Aleksandersen)

Maskin 2: Johnston C401

Johnston C401 er en mellomstor feiemaskin med 2 frontkoster og oppsug. Frontkostene har en diameter på 1 m med vanddyser for å hindre oppvirvling av støv. Oppsuget er 850 mm bredt og er plassert rett bak kostene foran forhjulene på maskinen. Det er midtstilt, men forflyttes sideveis for å følge kostene. Denne kan fås levert med høytrykkbommer på koster om ønskelig, men testmaskinen her hadde ikke dette montert. Det er viktig å merke seg at denne maskinen i utgangspunktet ikke er ment for bekjempelse av finstøv/svevestøv, men er mere egnet til å fjerne større partikler på f.eks. gang- og sykkelvei, parkeringsplasser, skoler, etc.



Figur 2: Maskin 2. Johnston C401 (Foto: Veimas)

Maskin 3: Macro M60

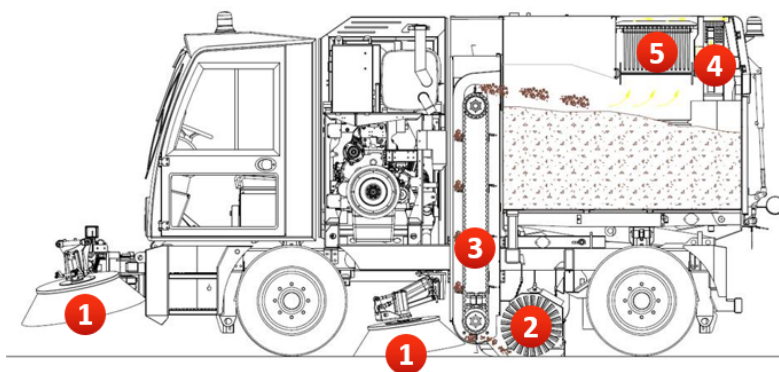
Macro M60 er en feiebil med både mekanisk- og sugende opptak. Dette er en tørrfeier med arbeidshastighet max 20 km/t. Opptaket er hovedsakelig mekanisk med elevator, men en sugevifte plassert på toppen inne i oppsamlertanken lager i tillegg et vakuum som igjen trekker luften gjennom et finstøvfiltre. Resultatet av dette er at finstøvet med sine lette partikler ikke faller ned til bakken. Kun filtrert luft slippes ut bak feiebilens. Styrken på sugeviften er regulerbar i 10 trinn hvor maks vakuum er beregnet for å drive en egen sugeslange bak.

Macro M60 er utstyrt med vanntank, men på denne bilen er dempevann kun nødvendig å bruke i tørt vær når sidekostene virvler opp støv. Under andre forhold trenger man ikke bruke dempevann. Dette gjør at Macro M60 også egner seg som vinterfeier.

Kostene kan styres individuelt og opptaket har en feiebredde fra 1,3 til 3,6 meter, avhengig av om man kun bruker senterkost, senterkost pluss sidekoster, eller både senterkost, sidekoster og frontkost. Kostene er laget slik at skitten drives inn mot senterkosten som dytter skitten opp på lameller, som igjen elevatoren heiser opp til oppsamlertanken. Alle kostene er hydraulisk styrt. Kostenes marktrykk kan justeres i et elektronisk styrt kontrollpanel. Dette gjør at kostene kan feie med hardt trykk mot svært skittent underlag (f.eks. leire og jord på asfalt), eller med et lavere marktrykk mot et normalt skittent underlag.



Bøsset samles sammen av frontkost(1)
Sidekoster og senterkost(2), og tas opp av elvetatoren(3)



Vakuumsuget(4) er kun for å hindre finstøvet å falle ut av elevatorhuset. Stor overflate på
finstøvfileret (ca. 20 m²) gjør at luften som kommer ut er ren (5)

Figur 3: Maskin 3. Macro M60 (Foto: Stave Maskin as)

Maskin 4: DisaClean

DisaClean 130 High Vacuum Dry Road Sweeper er en maskin («superstøvsuger») som bruker ett munnstykke (2500 mm bredt og 140 mm dypt) med kraftig vakuumpopsug (opp til 1600 kg sugkraft og undertrykk på 0,45 bar) for å fjerne svevestøv fra vegoverflaten.

Munnstykket senkes ned til 30 mm over vegoverflaten.

Maskinen har også et innkapslet kostesystem med undertrykk, for å løsrive støv og materiell fra vegbanen uten å virvle dette opp til omgivelsene. Kosesystemet ble ikke brukt under forsøkene.

DisaClean opererer normalt tørt uten bruk av vann for å unngå at forurenset vann vaskes ned i avløpsrør eller forblir på den våte veien, og fjerner da partikler på vegoverflaten med det kraftige vakuemet.

Den kan også brukes når vegbanen er fuktig og våt, fordi det suger like effektivt i vått som i tørt miljø. Siden det ikke brukes vann under rengjøringen, kan den derfor brukes hele året uavhengig av vegbanetemperatur.

DisaClean har en separasjons- og filtreringsløsning med 6 filter på hver side i 2 finkammere som tar partikler ned til 2,5 mikrometer i partikkelstørrelse (PM2.5), samt et grovkammer i midten.

Arbeidshastighet er normalt opp til 15 km/t, men den må tilpasses forholdene. Erfaring fra kjøring i Trondheim tilsier passende arbeidshastighet på opptil 12 km/t.

Maskinen er på leasing hos Trondheim bydrift vinteren 2017/18, tilsvarende som vinteren 2016/17. Det er ettermontert veieceller på bilen, for å veie mengde støv som tas opp under drift.



Figur 4: Maskin 4. DisaClean (Foto: Brynhild Snilsberg)

Maskin 5: Beam (Kjelsberg)

Maskin 5 Beam (Kjelsberg) er en feiemaskin med chassis Mercedes Actros (2014 modell) med påbygg Beam S14000. Denne maskinen er utstyrt med et høytrykksanlegg på 300 bar og 100 l/min som kan justeres trinnløst. Med riktig oppsett, er slik type maskin også mulig å bruke vinterstid med bruk av f.eks. saltløsning.

RotorClean systemet består av 4 rotorer med totalt 16 breistråledyser, og med oppsug rett bak. Det ble brukt 15 graders vinkel på høytrykksspylingen med 10 mm åpning i dysene. Det er vanlig å bruke litt forskjellig vinkel og åpning alt etter hva som skal rengjøres. Oppsuget er i hele bilens bredde, 2500 mm, og turbinen opereres trinnløst etter behov.

Normal arbeidshastighet med RotorClean-systemet er opptil ca. 7 km/t som gir et veldig bra resultat, brytningen kommer ved 9 km/t. I forsøket ble feiemaskinen kjørt ved 10 km/t.

Feiemaskinen har en utfellbar høytrykks spylebom (2 breistråledyser) midt på bilen som kan brukes samtidig med RotorClean-systemet for spyling inn mot kantstein.

Feiebilen har en stor frontkost med diameter 1100 mm og støvdemping, der det er mulig med en sideforskyvning på 1100 mm til høyre side (hydraulisk justering).



Figur 5: Maskin 5 Beam (Kjelsberg) (Foto: Brynhild Snilsberg)

Maskin 6: ValAir

Maskin 6 er av merket ValAir BalHydro 15 RotorClean med motor Euro VI med hydrostatisk fremdrift og maksimum arbeidshastighet på 15 km/t.

Foran på bilen er det montert en 2,5 meter bred horisontal spylebom med 7 høytrykksdyser og 4 lavtrykksdyser. Vinkelen på bommen kan endres. Trykket på høytrykksdysene kan justeres 0–300 bar. Dette ble ikke benyttet under forsøkene.

Feiesystemet midt på bilen: Systemene er litt forskjellige på høyre og venstre side av feiebilen. De sirkulære metallkostene er 0,6 m i diameter. Den fremste metallkosten på høyre side er regulerbar med teleskop inntil 1,7 m, mens de bakre metallkostene har tilnærmet fast stilling. Alle kan tiltes, og har lavtrykksdyser for spyling av vann for hindre

oppvirvling av støv. Oppsugene på hver side er 0,6 m brede, og den 0,6 m brede nylonkosten bak børster støv inn mot oppsuget. Bak nylonkostene er det en 0,6 m bred spylebom 0–300 bar. Det er også en midtkost i nylon (1,4 m bred) under feiebilen som feier område mellom nylonkostene på høyre og venstre side av feiebilen, som er regulerbar mot høyre eller venstre samt vinkel. Bak denne midtkosten i nylon er det montert en spylebom 0–300 bar. Det er ikke noe oppsug bak denne. Foran metallkostene er det to bredstråledyser på høyre side og en på venstre side av feiebilen for å spyle inn mot kantsteinen 0–300 bar. Metalldyser og oppsug kan reguleres 0–300 bar. Midtkost og sidekoster med støvdemping ble ikke benyttet under forsøkene.

Bak på feiebilen er det montert et RotorClean-system som består av seks rotorer og bredsug. Bak bredsugget er det en spylebom med 16 bredstråledyser, og på siden av bredsugget er det montert sidedyser (2 bredstråledyser på hver side). Spylebommen kan ikke brukes samtidig som de roterende spyledysene. Derfor ble rotordyser og spylebom testet hver for seg under forsøkene med ulike kjørehastigheter, og med spylebom eller sidedyse. Alle dyser kan justeres 0–300 bar. Rotordysene bruker vanligvis 120–130 bar på sommeren, og 150 bar på vinteren, eventuelt 200 bar når det er veldig mye fastgrodd støv. Bredsugget kan også reguleres 0–300 bar, det er vanlig å bruke 60–70 bar. Under forsøkene ble det brukt 230 bar på alle systemene.



Figur 6: Maskin 6. ValAir (Foto: Brynhild Snilsberg)

Vaskearm A: ValAir spylebom

Maskin 6 Val Air har påmontert spylebom midt på bilen. På venstre og høyre side av feiebilen er det en spylebom med 3 høytrykksdyser (breistråledyser) som kan spyle i vertikal posisjon eller vinkles nedover mot bakken. Spylebommen på høyre side har en hurtigkobling slik at det kan kobles på en forlenger med 4 ekstra høytrykksdyser (total rekkevidde på ca. 1,5 m), og denne ble benyttet under forsøkene. Dysehøyde ytterst ca. 40 cm over fortau. Trykk kan reguleres fra 0–300 bar. I forsøket ble det benyttet 120 bar. Det er viktig at breistråledysene vinkles slik at vannstrålene ikke treffer hverandre for maksimal effekt.

Det ble gjennomført en test av denne spylebommen i juni 2017³, og det var ønskelig å sammenligne med Trondheim bydrift sin versjon.



Figur 7: Vaskearm A. ValAir spylebom (Foto: Dagfin Gryteselv)

Vaskearm B: Trondheim bydrift spylearm

Trondheim bydrift har laget en vaskearm for rengjøring av fortau og sideområder som består av et ombygd kantklipperaggregat. Rekkevidden på armen er 7 m og den har en kapasitet på 300 l/min. Selve spylebommen er 2,5 meter bred og består av 14 breistråledyser (0–20 bar), samt 2 «kanoner» strålerør med lavtrykk.

Kun breistråledysene ble brukt under forsøket.

³ [Statens vegvesen rapport nr. 536](#) Renholdsforsøk 2017 – Uttesting av ny spylebom i tunnel og gate i Kristiansund



Figur 8: Vaskearm B. Trondheim bydrift spylearm (Foto: Dagfin Gryteselv)

Tabell 1: Renholdsmaskiner brukt i forsøket med kort beskrivelse av funksjoner

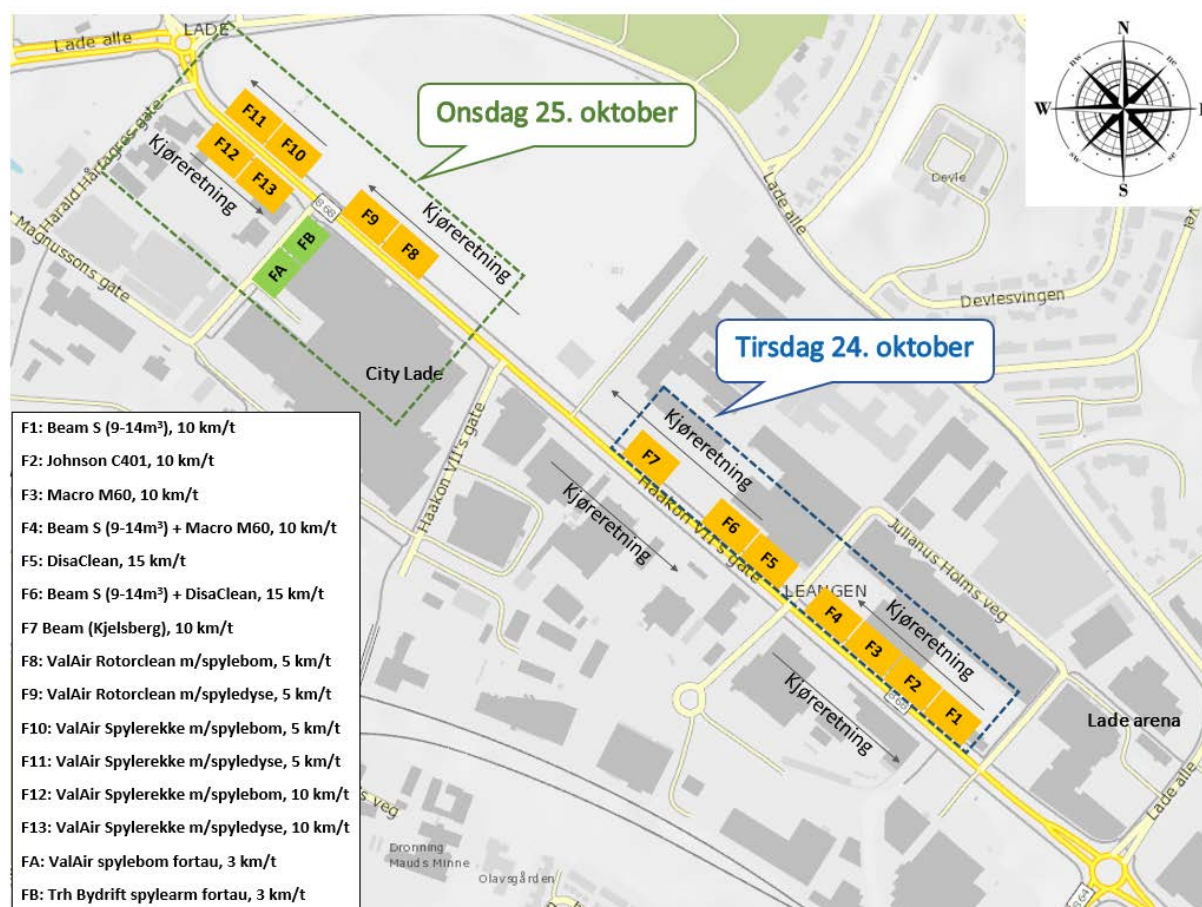
Maskin	Rengjøringsystem	Arbeidshastighet (km/t)
1	Beam S (9–14m ³) Spylerekke og bredsug eller RotorClean, samt sidedyse	10
2	Johnson C401 Frontkost, sugehode	10
3	Macro M60 Sidekoster, frontkost, senterkost 1,3 m, elevator og vakuumsug 1,4 m, PM1 filter på prosessluft	10
4	DisaClean Vakuumsug –0,45 bar, 1600 kg sugekraft, PM2,5 filter på prosessluft	15
5	Beam (Kjelsberg) RotorClean	10
6	ValAir (Mesta) RotorClean eller spylerekke m/opsug, sidedyse, spylebom. 230 bar	5 og 10
Vaskearm		Arbeidshastighet
A	ValAir spylebom Spylebom med forlenger 7 høytrykksdyser, 120 bar	3
B	Trondheim bydrift spylearm Ombygd gressklipperarm med 14 dyser, 20 bar	3

3. Forsøksfelt og vaskeprosedyrer

I dette kapitlet beskrives forsøksfeltene og vaskeprosedyrene i de ulike feltene.

3.1 Forsøksfelt

Renholdsforsøkene foregikk i Haakon VII gate i Trondheim natten 24.–25. oktober, og natten 25.–26. oktober (kl 22–06) 2017. Hvert forsøksfelt var ca. 50 meter langt (i høyre kjørefelt), og måling av renhet (WDS III) ble gjort før og etter rengjøring omtrent midt på feltet. Måling av fukt (Wettex kluter) ble målt etter oppsug/rengjøring.



Figur 9: Forsøksfelt for vegbane (F1–F13) og fortau (FA og FB)

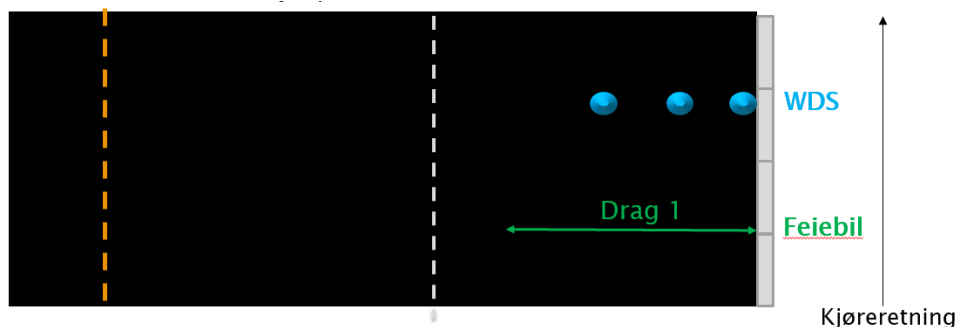
Haakon VII gate (fv 868/Fra 2018: fv 6668) er en handlegate på Lade i Trondheim med 4 kjørefelt, 2 felt i hver retning, med mange kryss og avkjørsler. Den er rett og uten noen helning/stigning. ÅDT ligger på ca. 16 000 med 8 % lange kjøretøy. Asfalttypen er Ska 11 med bindemiddel 70/100 og steinmateriale Ottersbo (mølleverdi < 7), se asfaltresept i Vedlegg 1. Piggdekkandelen er på ca. 40 %, noe som vil gi en piggdekkslitasje på omtrent 12 tonn/km/år.

Haakon VII gate blir ikke rengjort om vinteren, og det akkumuleres derfor støv gjennom hele vintersesongen. Forsøkene ble gjennomført før vintersesongen var i gang, og det ble gjort en rengjøring med feiing og oppsug 3 uker før forsøkene.

3.2 Vaskeprosedyre

Rengjøring i gaten ble gjort inn mot kantstein i høyre kjørefelt, med enten en eller to overfarter (drag) som vist i Tabell 2. De maskinene som hadde system for rengjøring av kantstein/vegkant ble målt på renhet inn mot kantstein, høyre hjulspor og mellom hjulspor. De andre maskinene ble kun målt på renhet i høyre hjulspor og mellom hjulspor.

Rengjøring av fortau ble gjort med vaskearm som nådde inn på fortauet mens maskinen kjørte i høyre kjørefelt, med en overfart (drag). Renhet ble målt kun på fortauet.



Figur 10: Vaskeprosedyre og måling av renhet med WDS III i gate

Tabell 2: Forsøksplan

Felt	Maskin	Rengjøring	Arbeidshastighet (km/t)
F1	1. Beam S (9–14m ³)	Overfart 1: Spylebom, koster og oppsug (i bilens bredde)	10
		Overfart 2: Spylerekke med sidedyse 300 bar	10
F2	2. Johnston C401	Overfart 1: 2 frontbørster samt et oppsug midtstilt bak børstene (850 mm bredt)	10
F3	3. Macro M60	Overfart 1: Mekanisk opptak med elevator	10
F4	1. Beam S (9–14m ³) 3. Macro M60	Overfart 1: Beam spylerekke	10
		Overfart 2: Frontkost og mekanisk opptak	10
F5	4. DisaClean	Overfart 1: Vakuumsug	15
F6	1. Beam S (9–14m ³) 5. DisaClean	Overfart 1: Beam spylerekke	10
		Overfart 2: Vakuumsug	15
F7	5. Beam (Kjelsberg)	Overfart 1: RotorClean og spylebom (195 bar)	10
F8	6. ValAir	Overfart 1: RotorClean med spylebom (230 bar)	5
F9	6. ValAir	Overfart 1: RotorClean med sidedyse (230 bar)	5
F10	6. ValAir	Overfart 1: Spylerekke med spylebom (230 bar)	5
F11	6. ValAir	Overfart 1: Spylerekke med sidedyse (230 bar)	5
F12	6. ValAir	Overfart 1: Spylerekke med spylebom (230 bar)	10
F13	6. ValAir	Overfart 1: Spylerekke med sidedyse (230 bar)	10
FA	A. ValAir (fortau)	Overfart 1: Spylebom, 120 bar	3
FB	B. Trondheim bydrift (fortau)	Overfart 1: Spylearm (ombygd gressklipper-arm), 20 bar	3

4. Dokumentasjonsmetoder

I dette kapittelet beskrives dokumentasjonsmetodene som ble brukt under forsøkene:

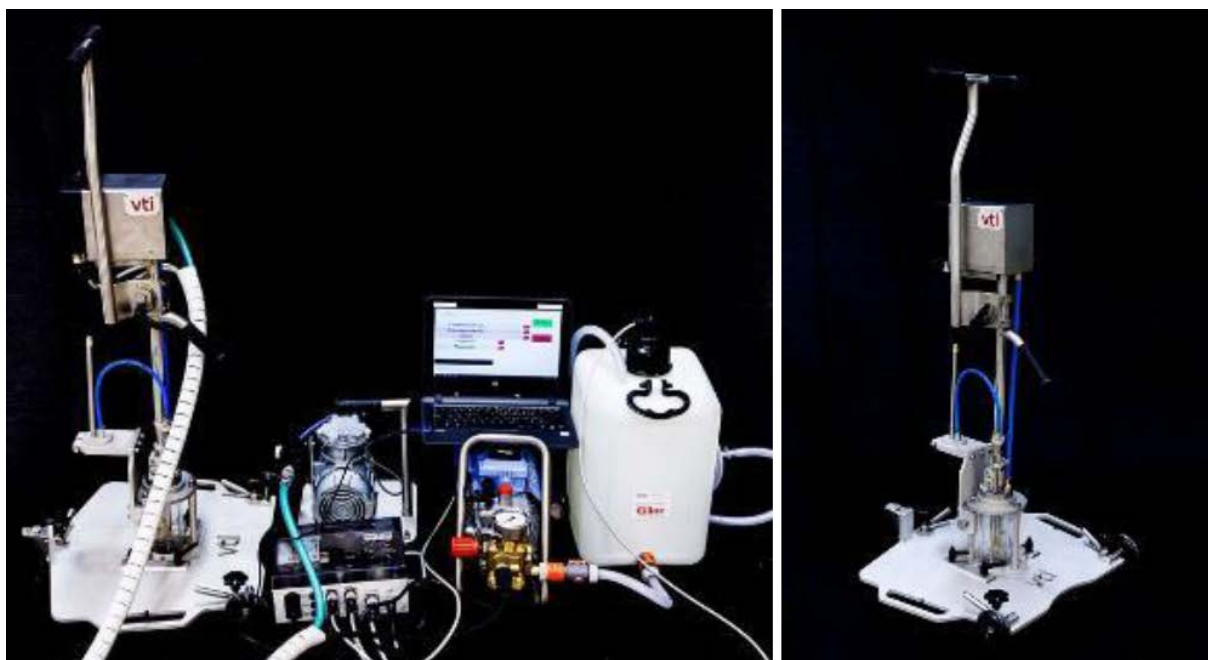
- Renhet på vegbanen (WDS III)
- Støvmålinger i luft fra prosessluft og ved siden av vegen/omgivelser (Met One 831)
- Lydnivåmålinger inne i førerhuset og for omgivelsene (Brüel&Kjær 2250L og dose Badge)
- Vibrasjonsmålinger inne i førerhuset (NOR136)
- Fuktmålinger på vegbanen etter rengjøring (Wettex Maxi Vileda kluter)
- Partikkelstørrelsesfordeling på vegstøvet (Particle Size Analyzers Cilas 1190)

Vurderinger av lydforhold og vibrasjoner er i første rekke tatt med for å vurdere forhold for arbeidstakerne, men også lyd ved passering av publikum er målt.

4.1 Renhet på vegbanen – WDS III

Renhet på vegbanen ble målt med Wet Dust Sampler (WDS III). WDS III er utviklet av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) i Sverige, og er en oppgradert versjon av prøvetakeren som ble brukt på renholdsforsøkene i 2016. Statens vegvesen har anskaffet dette utstyret, og gjennomførte prøvetakingen selv.

WDS III er en høytrykksvasker med vakuumpumpe, som tar prøver av støv som ligger på vegoverflaten med partikkelstørrelse mindre enn 5 mm. Vasking og prøvetakingstiden blir styrt av en digital styringsenhet for å gjøre prøvetaking så repeterbar som mulig. En viss mengde destillert 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). Det blir brukt 340 ml destillert vann per «skudd».



Figur 11: WDS III (Foto: Mats Gustafsson)

Arealet («skudd») som vaskes er relativt lite på ca. 20 cm² (sirkel med ca. 51 mm i diameter). Det ble derfor vasket 6 arealer («skudd») i hver prøveflaske (totalt ca. 2,5 liter i hver prøveflaske på 6 «skudd»), og det ble tatt to prøveflasker fra hvert område.

Prøvetaking ble gjort ca. på midten av prøvelfeltstrekningen før og etter rengjøring for å se på endring. Prøver ble tatt:

- Inntil kantstein (kun der det var aktuelt der maskinene gjorde rent inntil kantstein)
- Høyre hjulspor
- Mellom hjulspor
- Fortau (kun på felt FA og FB)

4.2 Støvmålinger i luft – Met One 831 støvmengdemåler

Under renholdsforsøkene ble det utført to separate støvmålinger i luft, begge målinger ble gjort mens feiemaskinene var i drift. Teststrekningen var selve forsøksfeltene, unntatt for maskin 6 som ble testet på natt 1 sammen med de andre maskinene selv om den skulle delta i renholdsforsøk på natt 2. Dette avsnittet beskriver måleprosedyre for støvmålinger i luft. Det ble gjennomført totalt 23 prøvetakinger fordelt på 11 forsøksfelt og 6 ulike renholdsmaskiner.

Støvmålingene er utført med Met One 831, en kompakt støvmengdemåler som måler støvmengde i fraksjonene PM1, PM2.5, PM4 og PM10 med en nøyaktighet på $\pm 10\%$. Målingene lagres digitalt på måleapparatet for senere å bli overført til PC hvor resultatene kan avleses i et Excel-dokument.



Figur 12: Met One 831 støvmengdemåler (Foto: Instrumentcompaniet as)

Det ble målt støvmengdefraksjoner ved siden av feiemaskinen og i feiemaskinens utluft.

Støvmengdemåler ved siden av feiemaskinen er plassert 1,5 meter fra maskinen i 1,5 meters høyde. Bakgrunnen for denne målingen er for å danne et bildet av hvordan miljøet er rundt maskinen mens gatefeieing pågår. Målingens hensikt er å avdekke i hvilken grad maskinen er

i stand til fange opp alle massene fra vegbanen, eller om massene ender opp som støvfraksjoner i luften rundt feiebilen.



Figur 13: Måling ved siden av maskinen (Foto: Thomas Hauan Lamo)

Det var utfordrende å måle støvnivå i renholdsmaskinen sin utluft. Dette skyldes at feiemaskinene som deltok i renholdsforsøket er av forskjellige leverandører, størrelse og ytelse, samt bygger på forskjellige mekaniske prinsipper for feiemaskineriet. Enkelte av feiemaskinene har montert filter på kostaggregatets utluft, mens andre feiemaskiner har ingen filetring på utluften. Maskinene med stor ytelse er ofte beregnet for grovarbeid, slik som fjerning av strøsand etter vinterens slutt. De mindre maskinene med lavere ytelse er tiltenkt som vedlikeholdsfeieing med primæroppgave å fjerne de minste støvfraksjonene. Noen av feiemaskinene er beregnet for tørrfeieing, mens andre maskiner kan tilføre vann for støvdemping under feieprosessen.

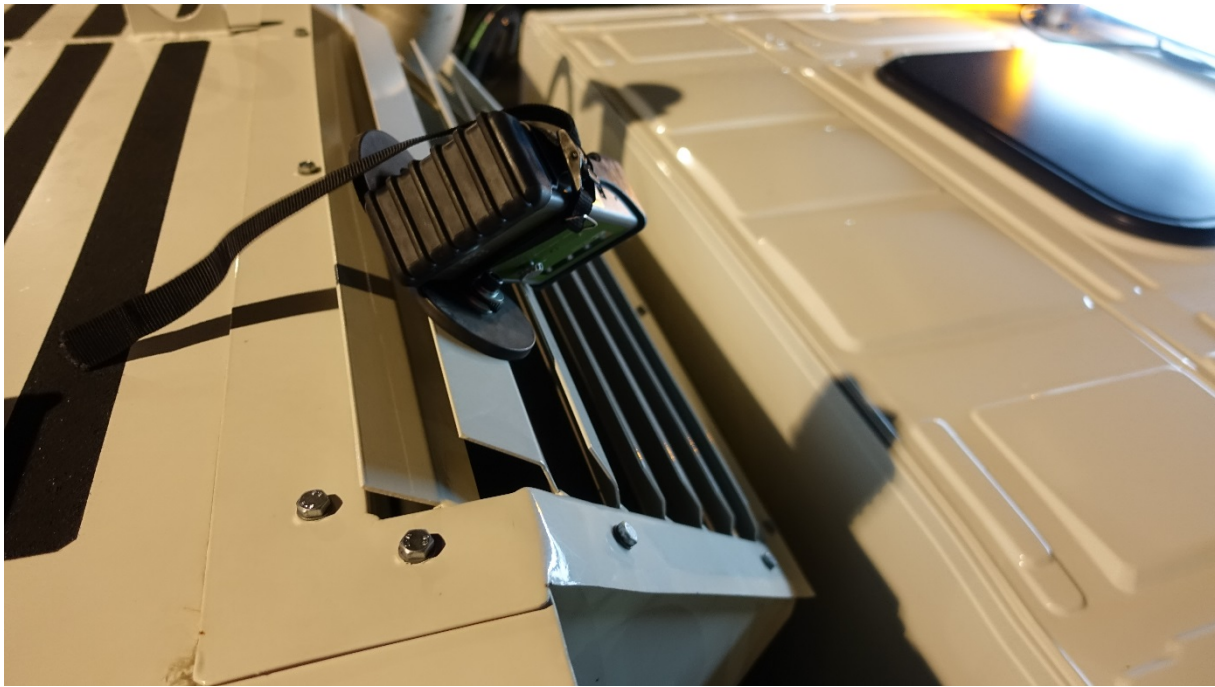
Statens vegvesen utførte målingene.



Figur 14: Maskin 1 Beam S, plassering av MetOne (Foto: Thomas Hauan Lamo)



Figur 15: Maskin 2 Johnston C401, støvmåler montert i maskinens utluft (Foto: Thomas Hauan Lamo)



Figur 16: Maskin 4 DisaClean, montering av MetOne på taket bak førerhuset (Foto: Thomas Hauan Lamo)



Figur 17: Maskin 6 ValAir, støvmåler montert under bilen siden utluftkanalen er midt under bilen (Foto: Thomas Hauan Lamo)

4.3 Lydnivåmålinger – Brüel&Kjær 2250L og doseBadge

Det ble gjort lydnivåmålinger både inne i og utenfor bilene. Lydnivåmålingene ble gjennomført med håndholdt lydnivåanalysator Brüel&Kjær 2250L serienummer 2654623, mikrofon ZC0032 serienummer 9649 og kalibrator BK4231 serienummer 2147363 med gyldig kalibrering. I tillegg ble det benyttet dosimeter av type doseBadge fra Cirrius Research plc, Serienummer CA2142, som ble montert på speil for å måle lydnivå utenfor bilene.



Figur 18: Fra venstre: Lydanalysator B&K 2250L med kalibrator. doseBadge med avlesningsenhet (Foto: Åse Dalseth Austigard)

På høyre speil på bilene ble det montert dosimeter med vindbeskyttelse for å måle kontinuerlig lydnivå under oppdraget. Dette ble utført med doseBadge som ble kalibrert før og etter måling.

Trondheim kommune utførte lydnivåmålingene.

4.4 Vibrasjonsmålinger – NOR136

Det ble utført målinger av helkroppss- og hånd-arm-vibrasjoner. Vibrasjonsmåleutstyret er av type NOR136 (serienummer 1362780) og har gyldig kalibrering. Sensorene NOR1287 (S/N 15247) og NOR 1286 (S/N 1315) ble benyttet. Måleutstyret ble funksjonskontrollert før og etter måling.



Figur 19: Vibrasjonsmåleren med sensorer som ble benyttet. Den svarte disken plasseres i setet slik at pilen for "x" peker rett frem (Foto: Åse Dalseth Austigard)



Figur 20: Montering av akselerometer på ratt (Foto: Åse Dalseth Austigard)

Utstyret tok repeterende målinger, For helkroppsvibrasjon ble perioden satt til 90 sekund, og for hånd-arm-vibrasjon til 30 sekund.

Akselerometer for helkroppsmåling ble plassert i sjåførens sete i henhold til akseretninger (se Figur 19). Akselerometer for hånd-arm-vibrasjon ble montert på ratt med strips, jfr. Illustrasjonsfoto (se Figur 20).

Trondheim kommune utførte vibrasjonsmålingene.

4.5 Lyd- og vibrasjonsmålinger – Kjørerute

Målingene av lyd og vibrasjon inne i bilen startet i nærheten av toppen av Tempevegen ved (1, blå strek i Figur 21).

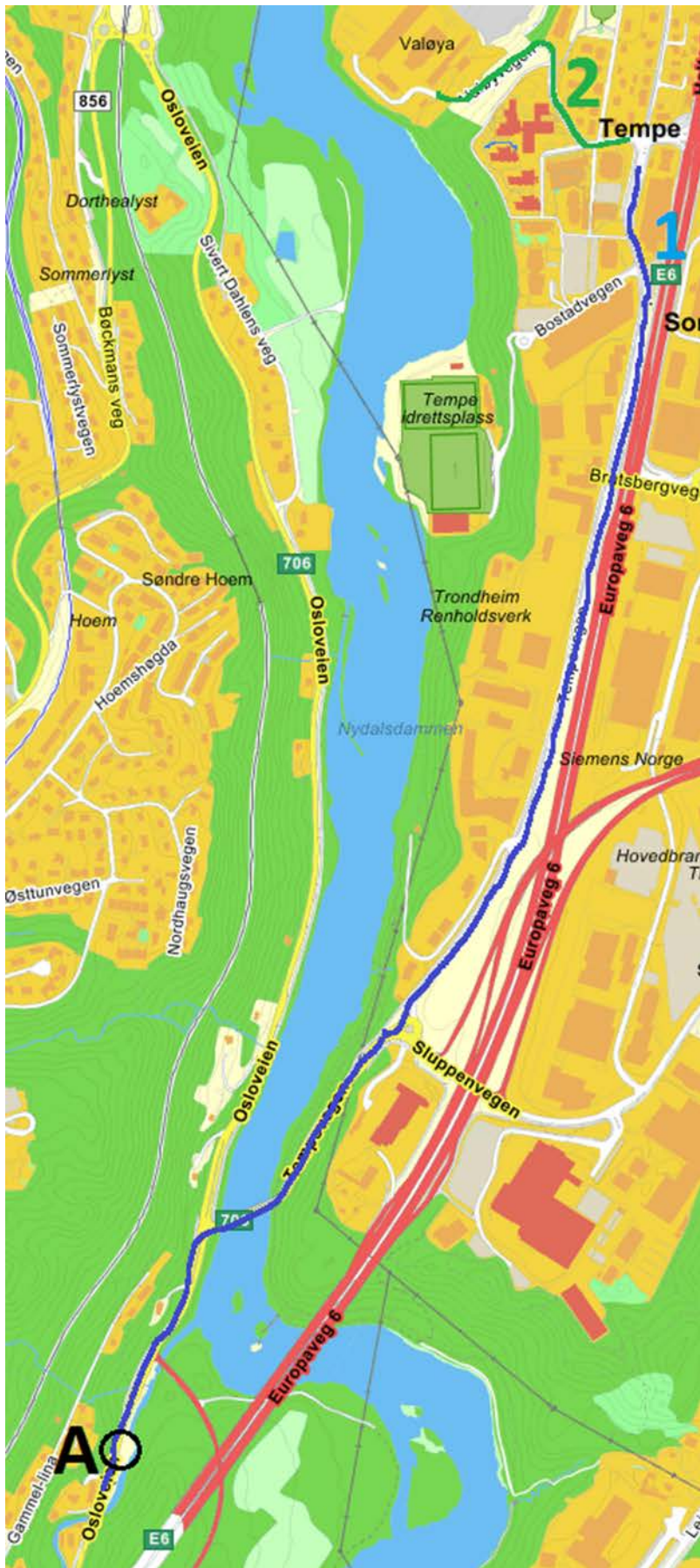
Ved krysset Bostadvegen startet måling av lydnivå inne i kabinen. Det ble ikke pratet under disse målingene. Lydnivåmåleren ble holdt mot sjåførens posisjon. Målingen pågikk under kjøring på Tempeveien i retning rundkjøringen i møte med Sluppenvegen.

Etter Sluppen bro ble det stoppet i busslomme ved markering A. Måleoperatør forflyttet seg til søndre ende av støttemur, og sto innerst på gang- og sykkelveien, med måleren pekende mot veien mens bilen så passerte i arbeidsfart for det aktuelle utstyret.

På tilbakevei ble det stoppet i toppen av Valøyvegen (2, grønn strek). Det ble så montert utstyr for å måle vibrasjon i ratt mens man arbeidet seg ned til Valøya.

Det var stabilt oppholdsvær under det meste av målingene, med unntak av under måleserie 4, hvor det kom nok yr til at vindusviskerne slo seg på.

Kartgrunnlaget er hentet fra Gulesider.no



Figur 21: Kjørerute for lyd- og vibrasjonsmålinger

4.6 Måling av fukt på vegbanen – Wettex Maxi Vileda kluter

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 ved å 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 av fukt i Haakon VII gate.



Figur 22: Måling av restfukt på vegbanen (Foto: Brynhild Snilsberg)

4.7 Spor, ujevnhet og tekstur – ViaPPS

Statens vegvesen har egne målebiler (se eksempel i Figur 23) som kan registrere spor, ujevnhet og tekstur/ruhet. Målingene ble gjort med ViaPPS, men ikke i forbindelse med forsøket, men ble utført 02.05.2017 av Statens vegvesen Region midt.



Figur 23: ViaPPS målebil for spor, jevnhet, tverrfall og vegbilder. Jevnhets-/teksturlaser innfelt (Foto: Kjetil Pedersen Mo/Sigurd Skjelmo)

Spor og ujevnhet

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

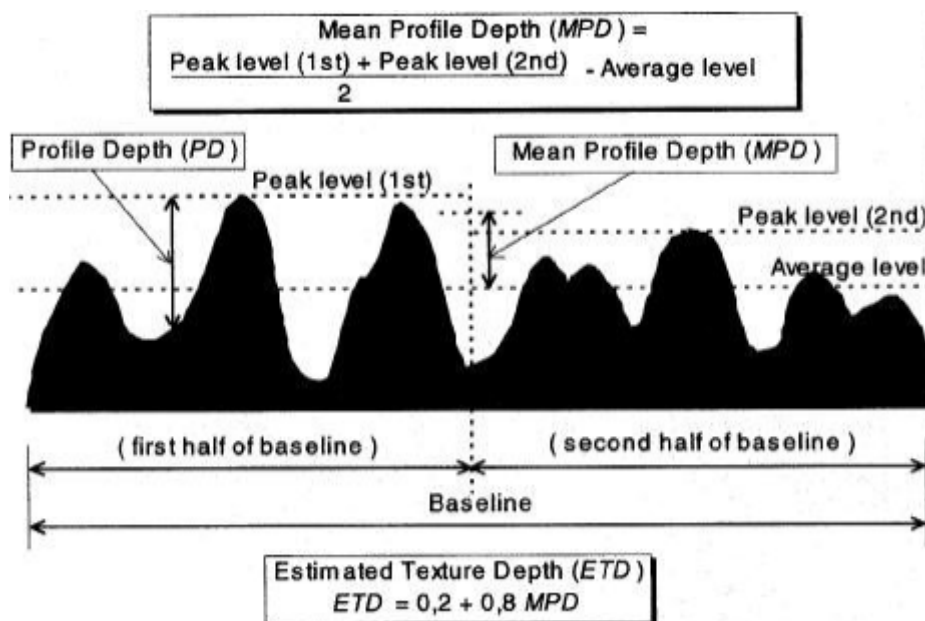
Tekstur

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 tidligere forsøk 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 24.



Figur 24: Beregning av Mean Profile Depth, MPD-verdi (kilde: Statens vegvesen)

ViaPPS målinger gir oss MPD-verdi.

Tekstur er målt i ytre (høyre) hjulspor i kjørefeltet.

4.8 Laboratorieanalyse

Prøvene tatt med WDS III inneholder destillert vann og partikler fra vegbanen. Alle prøvene oppbevares kaldt for å unngå vekst av organiske partikler. Først blir alle prøvene veid for å finne vekt til hver prøve. Deretter siktes de gjennom et 180 µm – sikt for å fjerne sand og grus fra prøven. Prøvene veies på nytt før filtrering gjennom askefritt filter (Munktel 00H). Etter filtrering tørkes prøvene i varmeskap før de deretter avkjøles og veies. Filter med partikler forbrennes til slutt i forbrenningsovn i 6 timer på 550 °C. De forbrente prøvene veies for å finne andelen organisk materiale i prøvene. Helt til slutt kjøres partiklene gjennom en partikkelteller for å finne partikkelstørrelsesfordelingen i prøvene.

4.9 Partikkelstørrelsesfordeling – Particle Size Analyzers Cilas 1190

Instrumentet Particle Size Analyzers Cilas 1190 kan brukes til å bestemme partikkelstørrelsesfordelingen til partiklene i en prøve. Instrumentet kan framskaffe kornfordelingsanalyser basert på laserstråler. Dette instrumentet benytter monokromatisk laserstråling, som måler evnen en suspensjon har til å avbøye kortbølget elektromagnetisk stråling. Instrumentet kan kjøre laserdiffraksjon ved to ulike metoder, Fraunhofers diffraksjonsteori og Mies teori. Mies teori passer best til partikler i lave fraksjonsområder.

5. Resultater

I dette kapittelet presenteres resultater fra forsøkene.

5.1 Renhet på vegbanen

Dette kapittelet inneholder først en presentasjon av fordeling av partikler på vegbanen før rengjøring. Deretter blir den totale støvmengden og finstoffmengden på fortau, inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor før og etter rengjøring presentert. Resultater etter rengjøring for de ulike renholdsmaskinen sett i forhold til total støvmengde og finstoffmengde er også presentert. Andelen finstoff og andel organisk og mineralogisk materiale for hvert forsøksfelt er framstilt i kapittelet. Til slutt blir partikkelstørrelsesfordelingen til prøvene gjennomgått. Kapittelet avsluttes med et usikkerhetskapittel.

Forsøket inneholdt 15 ulike forsøksfelt med 50 m lengde. Prøver ble tatt ca. på midten av hvert prøvefelt, dvs. ca. 25 m fra startpunktet. Det ble tatt prøver på ulike steder i tverrprofilet i hvert forsøksfelt. En oversikt over hvor i tverrprofilet det ble tatt prøver for de ulike renholdsmaskinene og utstyret er gitt i Tabell 3.

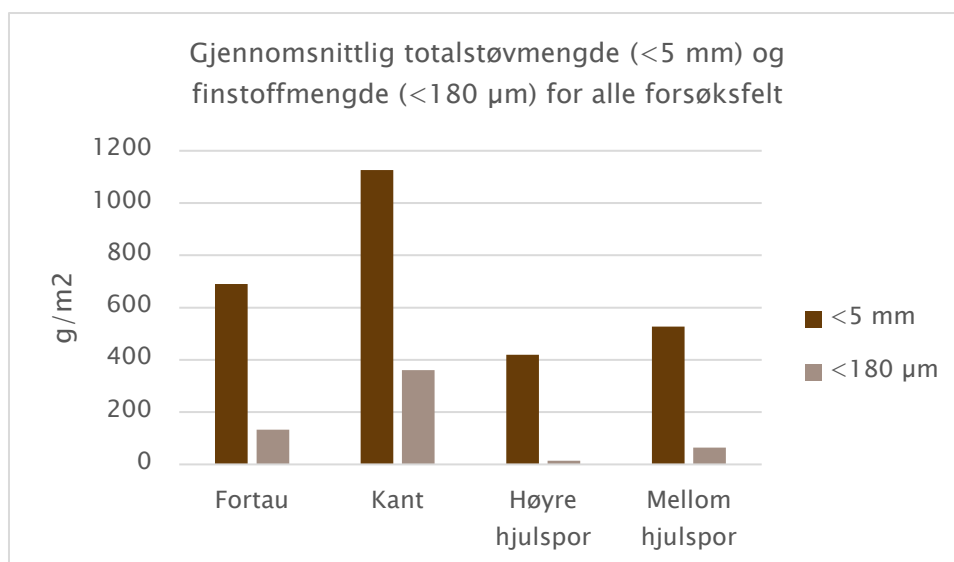
Tabell 3: Oversikt over prøvetaking i forsøksfelt

Maskin	Fortau	Kant	Høyre hjulspor	Mellom hjulspor
Beam S, Beam Kjelsberg og ValAir		X	X	X
Johnston C401, Macro M60 og DisaClean			X	X
ValAir spylebom og Trondheim bydrift Spylearm	X			

5.1.1 Støvdepot før rengjøring

Figur 25 viser middelveidien av mengde fine partikler $<180 \mu\text{m}$ og total mengde partikler $<5 \text{ mm}$ av målingene på fortau, kant, høyre hjulspor og mellom hjulspor for alle forsøksfeltene. Den totale støvmengden $<5 \text{ mm}$ utgjør også partiklene mindre enn $180 \mu\text{m}$. Resultantene viser at støvet akkumuleres ulikt på vegbanen. Størst mengde inntil kant, en del på fortau, noe mellom hjulspor og lite i hjulspor. Det er derfor svært viktig med utstyr som kommer til der størst mengde støv akkumuleres. Resultatene viser at de fine partiklene fordeler seg på samme måte som de grove partiklene på vegbanen. Finstoffet utgjør 32 % av den totale støvmengden inntil kant. På fortau utgjør det ca. 19 %. Mellom hjulspor utgjør finstoffandelen ca. 12 %. I høyre hjulspor er det lite finstoff, og andelen er kun ca. 3 %.

Med fokus på finstoffet mindre enn $180 \mu\text{m}$, er støvmengden over 9 ganger høyere på fortau enn i høyre hjulspor. Inntil kant akkumuleres det mer enn 26 ganger fine partikler enn i høyre hjulspor. Mellom hjulspor er det over 4 ganger mer finstoff enn i høyre hjulspor.



Figur 25: Figuren viser fordeling av vegstøv på vegbanen. Middelerverdi av total støvmengde <5 mm og finstoffmengde <180 µm summert for alle forsøksfelt gitt i g/m². Prøver er tatt på fortau, kant, høyre hjulspor og mellom hjulspor

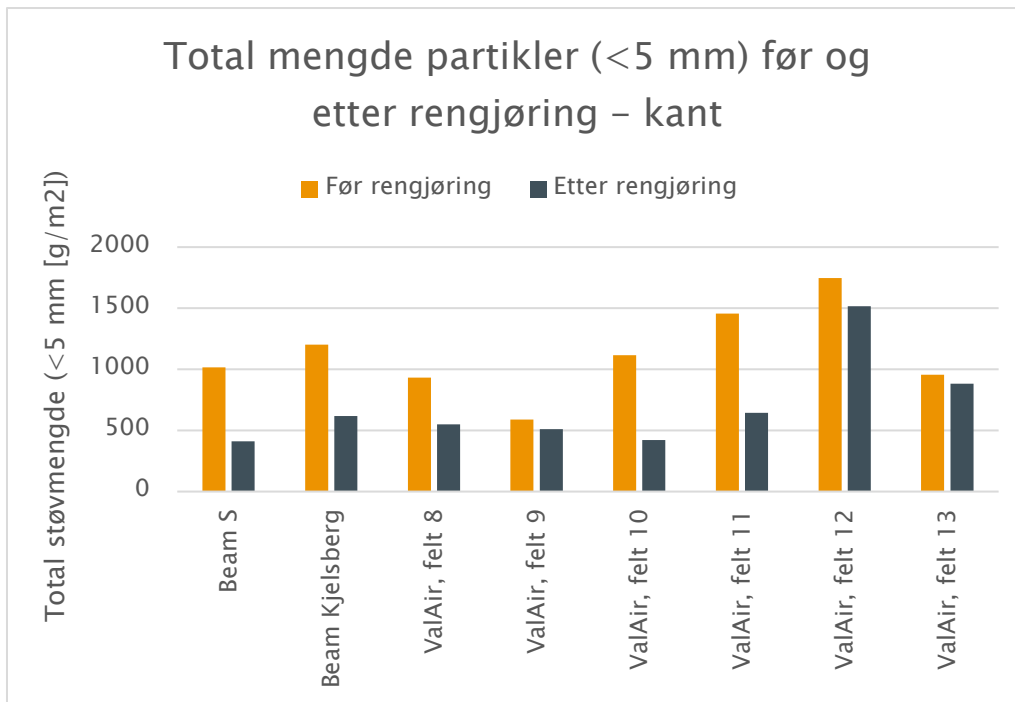
5.1.2 Mengde partikler før og etter rengjøring

Figur 26 til og med 32 viser fordelingen av total mengde partikler (< 5 mm) og finstoffmengde (< 180 µm) før og etter rengjøring for prøver tatt på fortau, inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor for de ulike renholdsmaskinene og renholdsmetodene. Merk at y-asken varierer mye fra figur til figur.

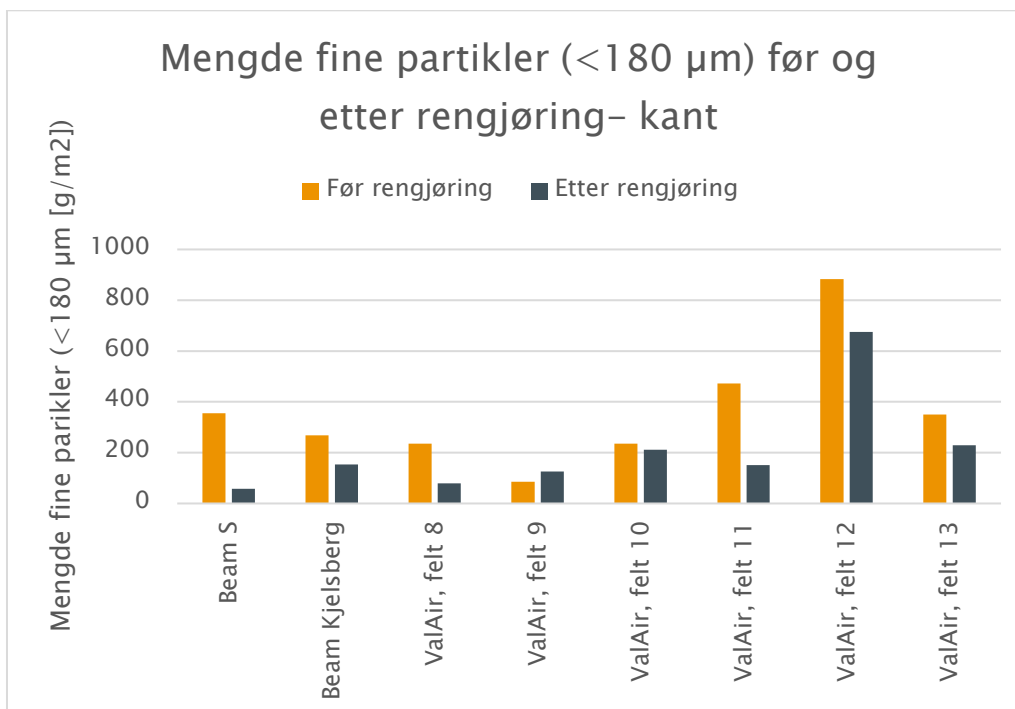
Kant

Alle renholdsmaskiner reduserer den totale støvmengden inntil kant etter rengjøring. Beam S, Beam Kjelsberg, ValAir (spylerekke med oppsug og spylebom 5 km/t) og ValAir (spylerekke med oppsug og sidedyse 5 km/t) er de renholdsmaskinene og -metodene som fjerner flest partikler inntil kant totalt. Beam S (spylebom og sidedyse 10 km/t), ValAir (RotorClean og spylebom 5 km/t), ValAir (spylerekke med oppsug og sidedyse 5 km/t) og Beam Kjelsberg (RotorClean og spylebom 10 km/t) reduserer finstoffmengden inntil kant godt under rengjøring. ValAir i felt 9 med RotorClean og sidedyse i 5 km/t er eneste maskin som øker finstoffmengden etter rengjøring inntil kant.

Det er flere usikkerheter i et feltforsøk. Økning i finstoffmengde i felt 9 kan skyldes flere faktorer. Felt 9 har lav finstoffmengde før rengjøring sammenliknet med de andre forsøksfeltene. Parallellene som ble tatt i felt 9 har relativt like mengde partikler, så dette skyldes trolig ikke feil under målingene. Forklaring på dette kan skyldes variasjon i støvdepot inntil kant. Det kan bety at det var lite støv inntil kant hvor målinger før rengjøring ble gjort, og det ble målt et større støvdepot etter rengjøring. Finstoffmengden etter rengjøring i felt 9 ligger rundt samme mengde som i de andre feltene. Fra forsøk tidligere i 2017, gjennomført i Kristiansund med samme renholdsmaskin, ble resultatet en reduksjon på ca. 70 % ved rengjøring inntil kant med sidedyse i 3 km/t. Det var derfor nærliggende å forvente samme resultat i dette forsøket.



Figur 26: Total støvmengde før og etter rengjøring inntil kant i forsøksfelt 1 og forsøksfelt 7 til og med 13. Renholdsmaskinene som ble brukt var Beam og ValAir. Renholdsmaskinene rengjorde enten med sidedyse eller spylebom, eller en kombinasjon av disse

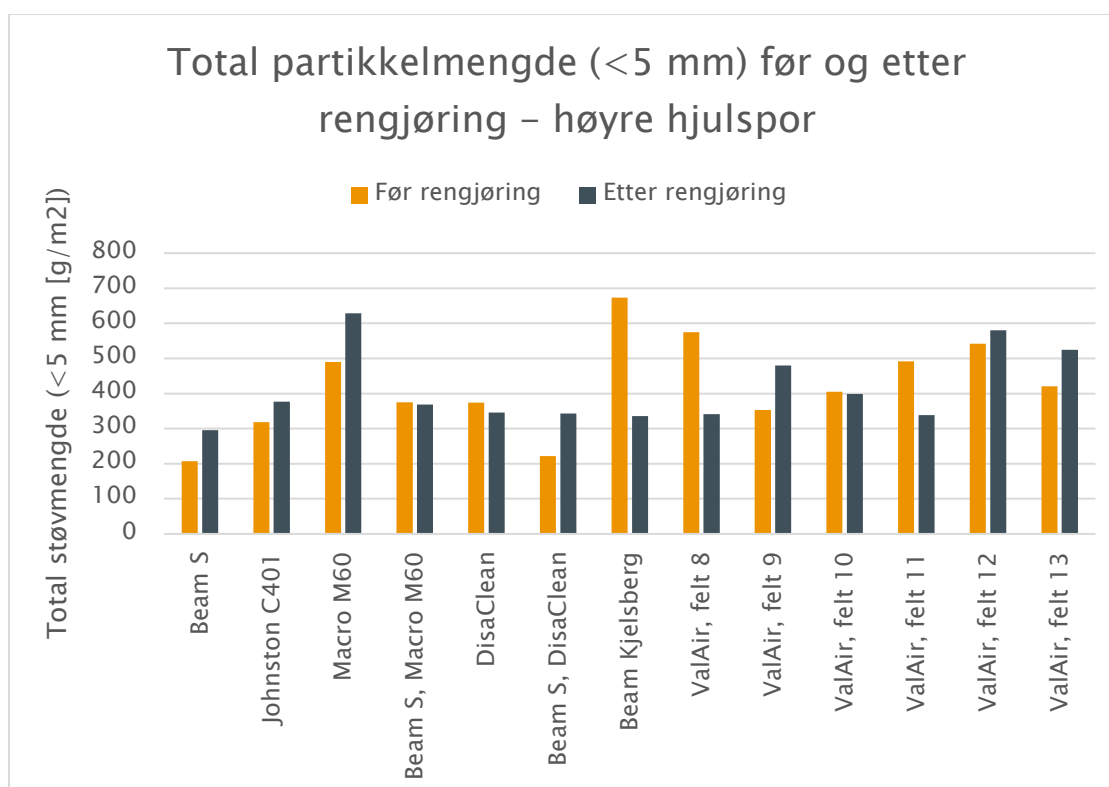


Figur 27: Finstoffmengde (<180 µm) før og etter rengjøring inntil kant. Det akkumulerer størst mengde finstoff inntil kant på vegbanen og det er derfor viktig å ha utsyr som rengjør godt inntil kant. Forsøksfelt 1 og forsøksfelt 7 til og med 13 ble alle rengjort inntil kant med renholdsmaskinen Beam eller ValAir. Renholdsmaskinene rengjorde enten med spylebom og sidedyse, eller med en kombinasjon av disse

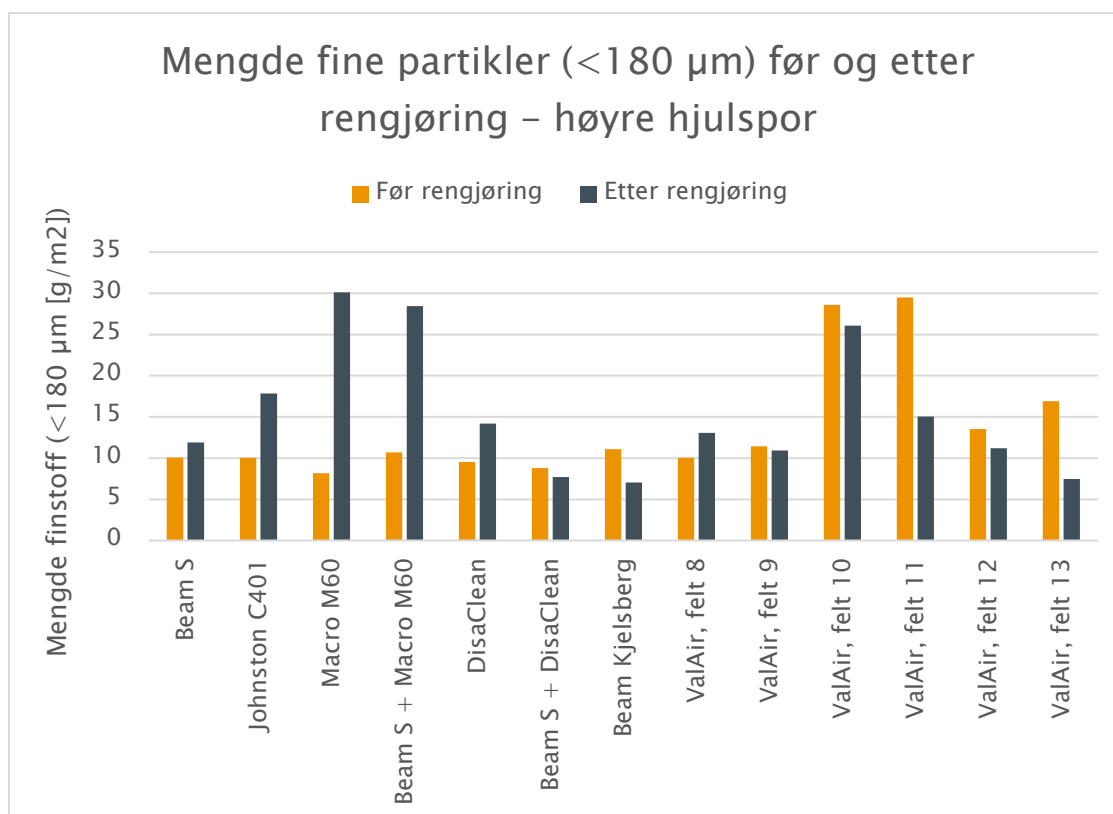
Høyre hjulspor

I høyre hjulspor reduseres den totale støvmengden etter rengjøring med Beam S etterfulgt av Macro M60 på 2. overfart, DisaClean, Beam Kjelsberg, ValAir (RotorClean med spylebom 5 km/t), ValAir (spylerekke med oppsug og spylebom 5 km/t) og ValAir (spylerekke med oppsug og sidedyse 5 km/t), mens den øker for de resterende renholdsmaskinene og -metodene.

Finstoffmengden i høyre hjulspor øker mest for de minste renholdsmaskinene og ikke for maskinene som har utstyr for rengjøring inntil kant. Beam Kjelsberg (RotorClean og spylebom 10 km/t) og ValAir (felt 11, spylerekke med oppsug og sidedyse 5 km/t) er de renholdsmaskinene som har den største reduksjonen finstoffmengde i høyre hjulspor. De renholdsmaskinene som fører til størst økning i finstoffmengde etter rengjøring i høyre hjulspor er Johnston C401 og Macro M60 (brukt alene). Økning i finstoffmengde i fører til mer oppvirvling av svevestøv på grunn av vegtrafikken. De fleste maskinene får økning i støvmengdene etter rengjøring enten i total støvmengde eller i mengde fine partikler i høyre hjulspor. Økning i støvmengde i høyre hjulspor kan skyldes omfordeling av støv fra kant til høyre hjulspor.



Figur 28: Total støvmengde (<5 mm) i høyre hjulspor før og etter rengjøring. Forsøksfelt 1 til og med 13 ble alle rengjort i høyre hjulspor

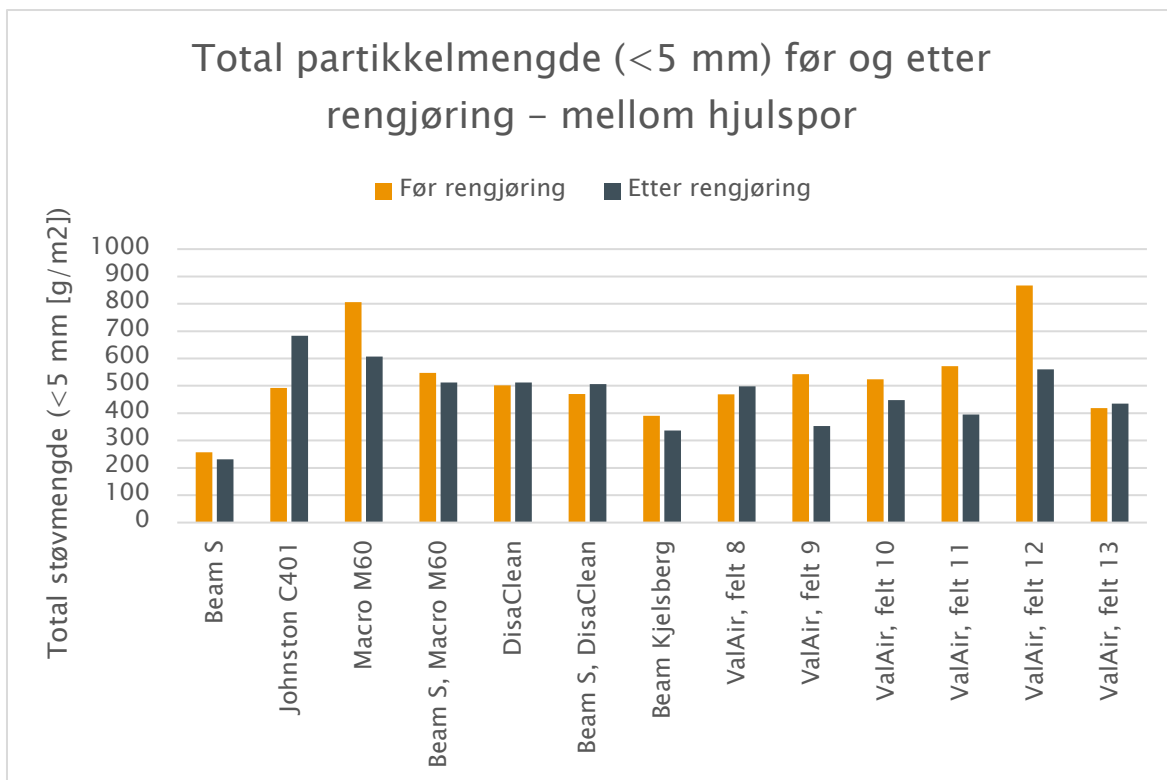


Figur 29: Mengde fine partikler (<180 µm) før og etter rengjøring for forsøksfelt 1 til og med 13

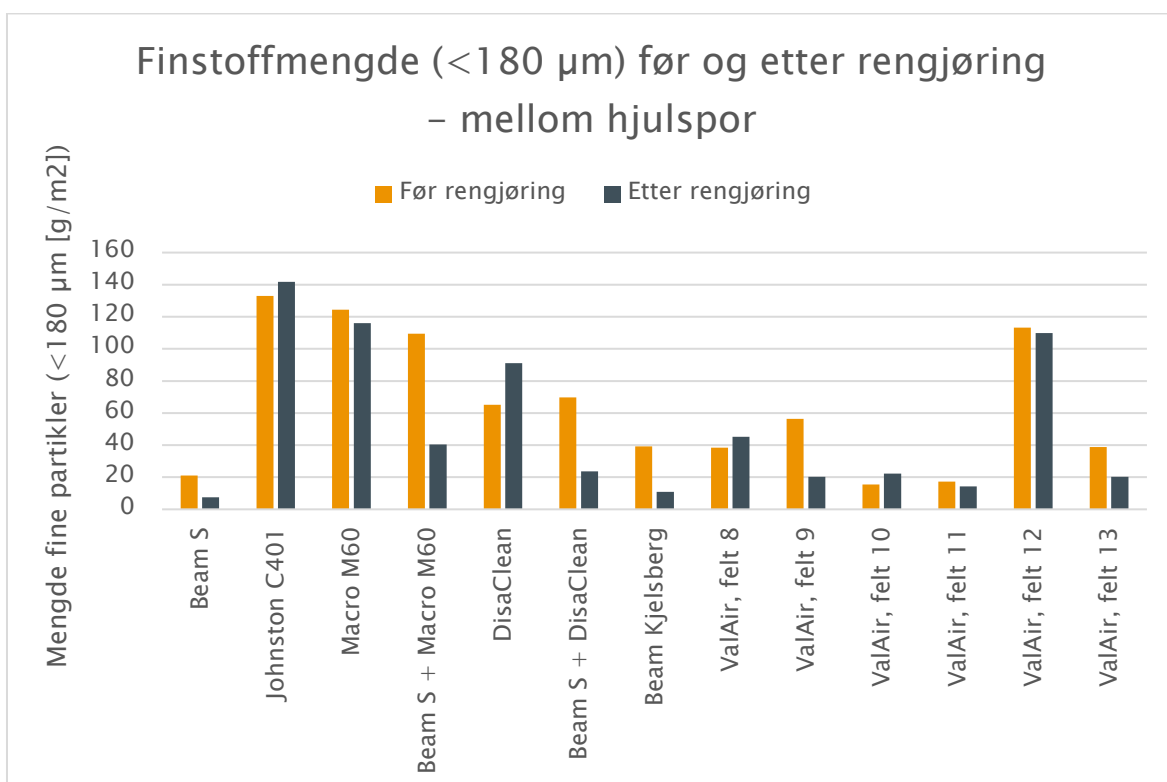
Mellom hjulspor

Ingen av bilene, for utenom Johnston C401, har stor økning i total støvmengde etter rengjøring mellom hjulspor. Renholdsmaskinen som har størst reduksjon mellom hjulspor er ValAir i felt 9, 11 og 12. Macro M60 reduserer også den totale støvmengden mellom hjulspor godt.

Beam S, Beam S + DisaClean, Beam S + Macro M60, Beam Kjelsberg og ValAir i felt 9 (RotorClean med sidedyse 5 km/t) reduserer finstoffmengden under rengjøring godt mellom hjulspor. Johnston C401, DisaClean, ValAir felt 8 (RotorClean med spylebom 5 km/t) og ValAir felt 10 (spylerekke med spylebom 5 km/t) øker finstoffmengden etter rengjøring mellom hjulspor. Beam S med spylerekke fører til at både Macro M60 og DisaClean reduserer finstoffmengde betraktelig mer enn uten bruk av spylerekke.



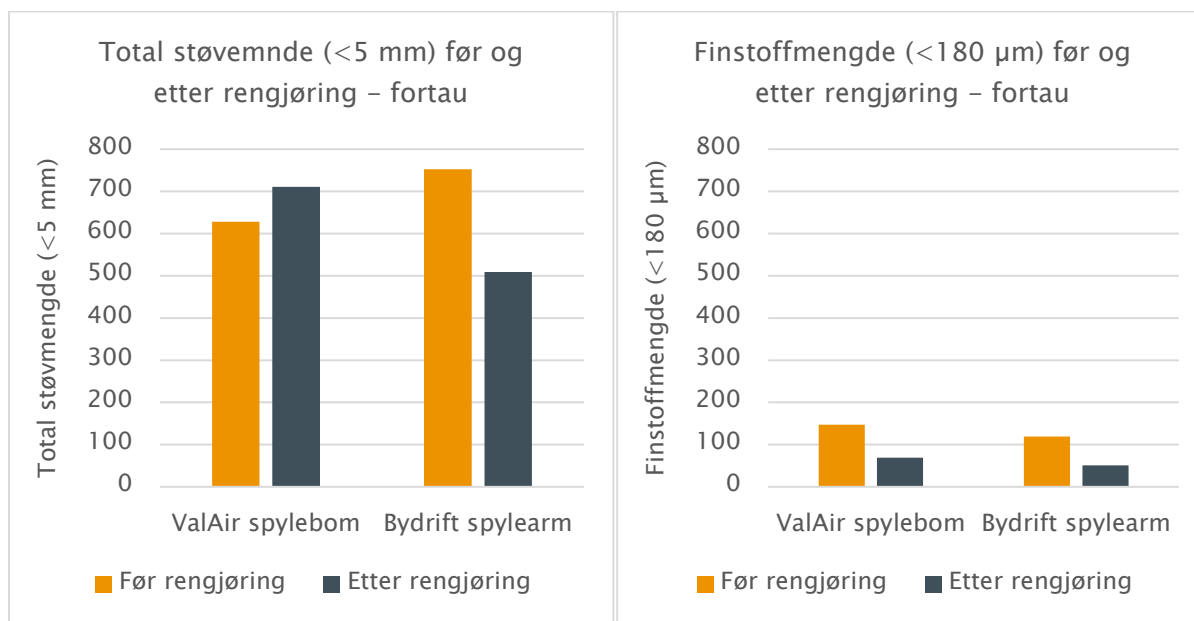
Figur 30: Figuren viser totalstøvmengde (<5 mm) for prøver tatt mellom hjulspor for alle forsøksfelt før og etter rengjøring



Figur 31 Figuren viser finstoffmengde (<180 µm) for prøver tatt mellom hjulspor for alle forsøksfelt før og etter rengjøring

Fortau

På fortau fungerer begge spyleenhetene godt for å redusere finstoffandelen etter rengjøring. Den totale støvmengden øker for spylebommen og minker for spylearmen.

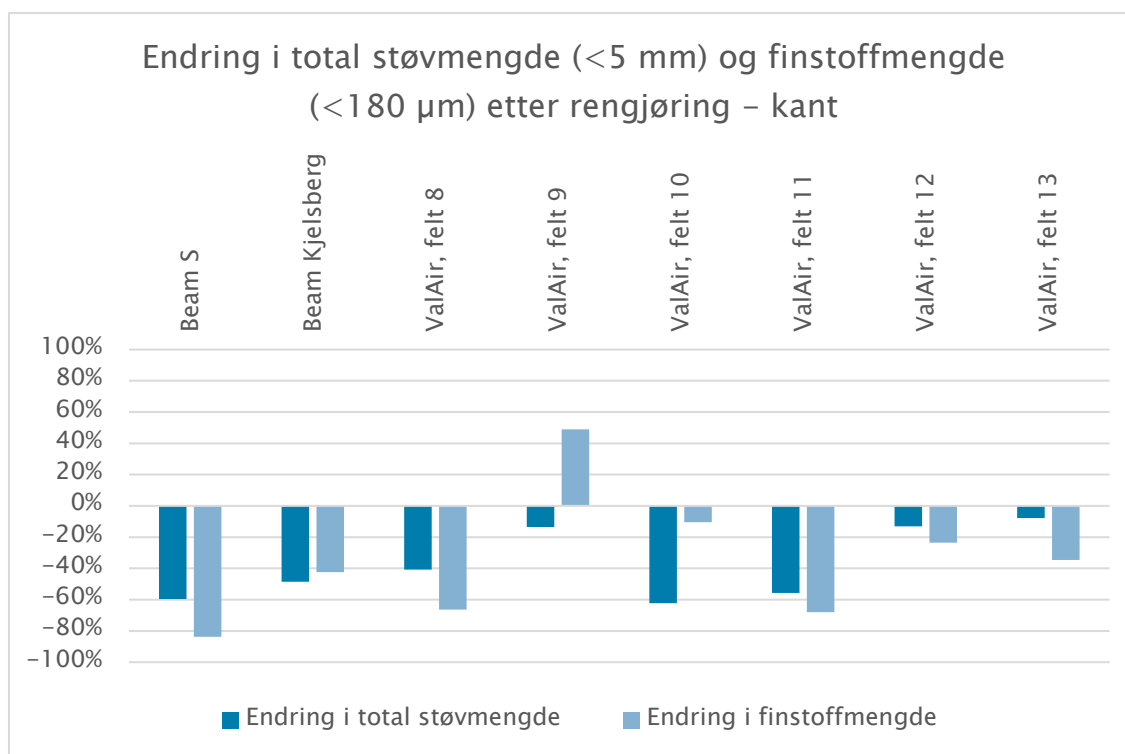


Figur 32: Viser total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 µm) før og etter rengjøring av fortau med spylearm/spylebom

5.1.3 Resultater for de ulike renholdsmaskinene

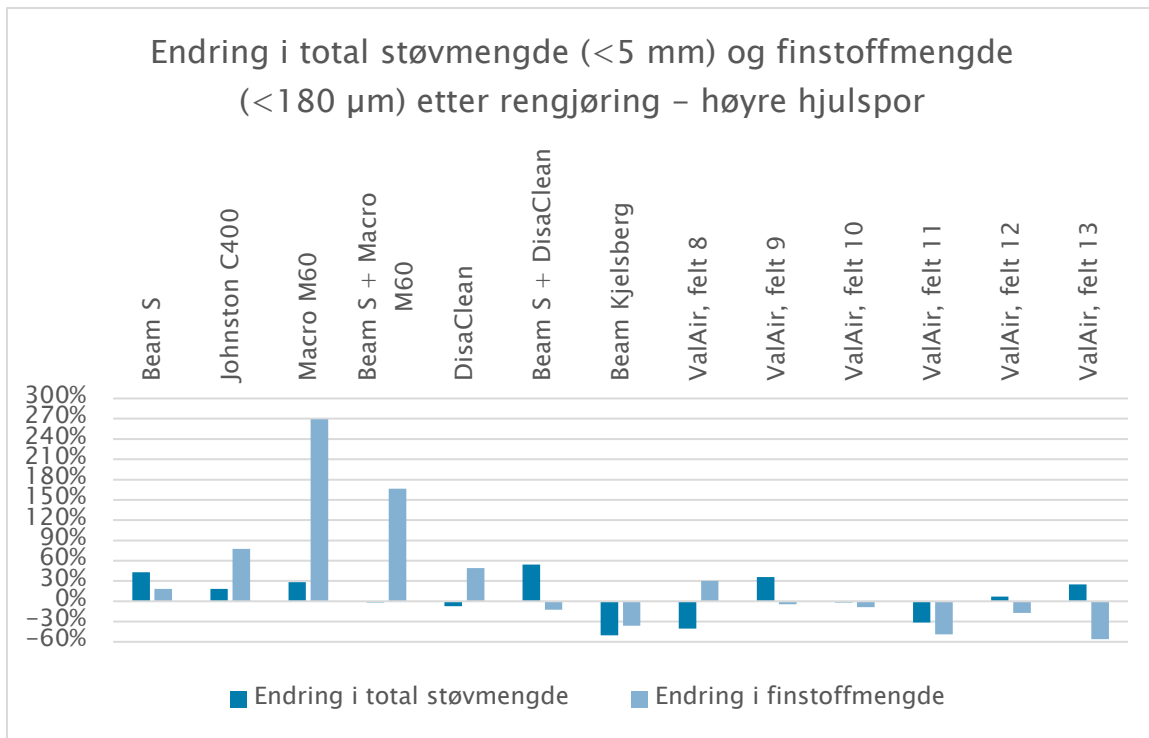
I dette underkapittelet blir resultater av rengjøring med de ulike rengjøringsmaskinene presentert. Figur 33 til og med 36 tar utgangspunkt i prosent endring i total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 µm) etter rengjøring i de ulike forsøksfeltene. Det ble tatt prøver inntil kant (i noen felt), mellom hjulspor og i høyre hjulspor. Det ble i tillegg tatt prøver på fortau for to forsøksfelt. Forsøksfeltene på fortau blir presentert sist i kapittelet.

Alle renholdsmaskinene fører til reduksjon i total støvmengde etter rengjøring inntil kant. Felt 12 og 13 ble begge rengjort med ValAir i 10 km/t. Resultatene viser at hastighet har stor betydning for resultatet. Ved å redusere hastigheten til 5 km/t på ValAir-maskinen reduseres støvmengden mer effektivt. Sidedyse brukt på ValAir er mer effektivt enn spylebom for å redusere finstoffmengden inntil kant.



Figur 33: Endring i total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 µm) inntil kant etter rengjøring i de ulike forsøksfeltene. Noen felt ble rengjort med spylebom andre med sidedyse og felt 1 med både sidedyse og spylebom

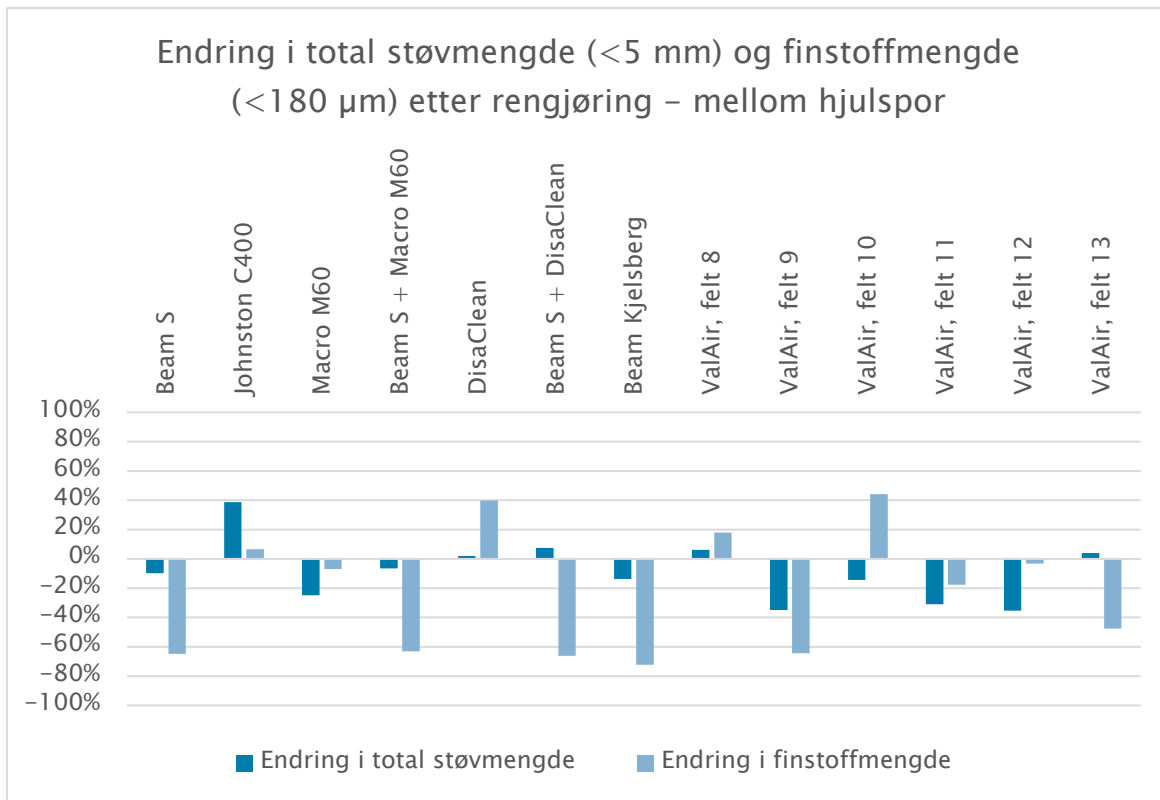
Resultatene for høyre hjulspor viser at Beam og ValAir er de renholdsmaskinene som rengjør best. Johnston C401 og Macro M60 tilfører mye finstoff til høyre hjulspor under rengjøring. Økning er stor prosentvis, men på grunn av liten partikkelmengde i høyre hjulspor utgjør dette lite i gram per kvadrat.



Figur 34: Endring i total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 µm) etter rengjøring i høyre hjulspor

*merk at denne grafen har y-akse som skiller seg fra de to andre grafene

Mellom hjulspor gir begge Beam-maskinene god reduksjon av finstoffmengde etter rengjøring. Beam S sin spylerekke blir brukt i felt 1, 4 og 6 og reduksjonen i finstoffmengden i disse feltene er god. Spylerekken fører til at maskinene som rengjør på 2. overfart lettere fjerner de fine partiklene, som følge av at partiklene er spylt løs fra asfaltporene. Beam Kjelsberg med RotoClean fungerer også godt. ValAir er den renholdsmaskinen som generelt har den største reduksjonen av den totale støvmengden mellom hjulspor.



Figur 35: Endring i total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 µm) etter rengjøring for alle forsøksfelt

Maskin 1: Beam S (9–14m3)

Forsøksfelt 1 ble rengjort med Beam S med to overfarter. Først med spylebom, koster og oppsug deretter med spylerekke med oppsug og sidedyse med trykk på 300 bar. Beam S sin spylerekke ble også brukt på 1. overfart i felt 4 etterfulgt av Macro M60 på 2. overfart, og i felt 6 på 1. overfart etterfulgt av DisaClean med vakuumsug på 2. overfart.

Total partikkelmengde

Rengjøring med Beam S reduserer effektivt den totale støvmengden inntil kant i felt 1. Reduksjonen er på ca. 60 %. Det er kun ValAir i felt 10 som reduserer den totale støvmengden mer inntil kant. I høyre hjulspor øker den totale støvmengden med ca. 43 % etter rengjøring med Beam S i felt 1. Dette kan skyldes at spylebom og sidedyse spyler partikler fra kant og inn mot hjulspor. På grunn av omfordeling av partikler på vegbanen er det vanskelig å vurdere innvirkning av spylerekken i høyre hjulspor i felt 4 og 6, men økningen av finstoff med bruk av spylerekke før Macro M60 på 2. overfart er mindre enn ved rengjøring med Macro M60 alene.

Beam S med spylerekke og oppsug i felt 1 fører til ca. 10% reduksjon i total støvmengde etter rengjøring mellom hjulspor. Resultatene viser at spylerekken har liten effekt for å redusere mengden grove partikler ytterligere i felt 4 og 6 (partiklene ligger løst på vegbanen før bruk av spylerekken), men er effektiv for å løsne de fine partiklene.

Finstoffmengde

Beam S har den største reduksjonen i finstoffmengde (<180 µm) inntil kant av alle maskinene i forsøket, og reduserer støvmengden inntil kant med 84 %. DL180-verdien inntil kant etter rengjøring er ca. 58 g/m², som også er den laveste av alle i forsøket. Partikkelmengden minker mellom hjulspor etter rengjøring med ca. 65 %. Derimot øker partikkelmengden i høyre hjulspor etter rengjøring. Beam rengjør godt i begge kanter av maskinen, men maskinen klarer ikke å suge opp alt støv og slam, og dermed øker støvmengden i høyre hjulspor med ca. 18 % etter rengjøring. Økningen i støvmengde i høyre hjulspor kan skyldes at spylebom og/eller sidedyse skyller partikler fra kant og inn mot høyre hjulspor. Totalt sett er rengjøringen god.

I forsøksfelt 6 blir rengjøringen gjort med to overfarter. Først Beam med spylerekke deretter DisaClean med vakuumsug. Rengjøringen fører til reduksjon i støvmengden både i høyre hjulspor og mellom hjulsporene. I dette forsøksfeltet ble det ikke rengjort inntil kant, og ser at i motsetning til forsøksfelt 1 hvor rengjøring inn mot kant ble gjort, minker støvmengden i høyre hjulspor. Reduksjonen er ca. 12 %. Mellom hjulsporene reduseres støvmengden med ca. 66 %. Vakuumsug med DisaClean fungerte dårlig på tørr vegbane (felt 5), men gir gode resultater (godt oppsug) etter bruk av Beam spylerekke (våt vegbane). DisaClean alene klarer tilsynelatende ikke å frigjøre alt støv som ligger nede i asfaltens porer. Til sammenlikning ble Beam spylerekke også brukt i felt 4 etterfulgt av rengjøring med Macro M60. Denne kombinasjonen fungerte godt mellom hjulspor, men dårlig i høyre hjulspor. Felt 4 hadde stor spordybde og dette kan være en av årsakene til økningen. Beam spylerekke etterfulgt av vakuumsug med DisaClean er en effektiv og god måte å fjerne fine partikler på vegbanen. Beam S spylerekke fungerer godt for å løsne finstoff fra vegoverflaten.

Maskin 2: Johnston C401

Johnston C401 rengjorde felt 2. Det ble tatt prøver i høyre hjulspor og mellom hjulspor før og etter rengjøring.

Total partikkelmengde

Den totale partikkelmengden øker både i høyre hjulspor og mellom hjulspor etter rengjøring med Johnston C401. Opptaket er midtstilt under bilen og kostene fører partikler inn mot midten av bilen (og vegfeltet). Dette er trolig årsaken til økningen i høyre hjulspor og mellom hjulspor. I tillegg er trolig ikke denne typen opptak optimalt.

Finstoffmengde

Rengjøring med Johnston C401 i forsøksfelt 2 ga ikke tilfredsstillende resultat. Etter rengjøring øker støvmengden både i høyre hjulspor og mellom hjulsporene. Økningen er på henholdsvis 78 % og 7 %. Det ble ikke gjort målinger inntil kant, i venstre hjulspor eller i midten av vegen. Økningen i støvmengde kan skyldes omfordeling av støvet liggende på vegbanen (kant, venstre hjulspor og midten av vegen) uten at maskinen klarer å suge dette opp. Oppsuget er på kun 85 cm. Det tyder på at maskinen løsner partiklene godt fra asfalten, men at oppsuget fungerer dårlig.

Maskin 3: Macro M60

Macro M60 ble brukt til rengjøring både i forsøksfelt 3 og 4. Alene i felt 3 og etter overfart med Beam S spylerekke i felt 4. Det ble gjort målinger i høyre hjulspor og mellom hjulspor før og etter rengjøring.

Total partikkelmengde

Den totale støvmengden øker med ca. 18 % etter rengjøring i høyre hjulspor i felt 3. Spordybden i felt 3 og 4 er på henholdsvis 33 mm og 37 mm. Dette er de to feltene på forsøksstrekningen med størst spordybde. Dette kan være en av årsakene til økningen i felt 3 etter rengjøring. Mellom hjulspor reduseres partikkelmengden etter rengjøring i felt 3 og 4 med henholdsvis ca. 25 % og ca. 6 %. I høyre hjulspor reduseres den totale partikkelmengden med kun 2 % i felt 4. Siden Macro reduserer den totale partikkelmengde etter rengjøring mellom hjulspor både i felt 3 og 4, påvirker trolig spordybden resultatet.

Finstoffmengde

Resultatene fra felt 3 og 4 viser samme tendens – markant økning i partikkelmengde i høyre hjulspor etter rengjøring. Økningen er henholdsvis 269 % og 167 %. Dette tyder på at Macro M60 omfordeler støvet på vegbanene under rengjøring (kant, vestre hjulspor og midt av veg). Det ble ikke gjort støvmålinger i hele tverprofilet av vegbanen, men økningen i høyre hjulspor skyldes trolig omfordeling av støv liggende inntil kant. Økning i støvmengde i høyre hjulspor gir stort utslag i den prosentvise økningen, siden finstoffmengden er liten i høyre hjulspor. Økningen i partikkelmengde ($<180 \mu\text{m}$) i felt 3 og 4 er på henholdsvis ca. 22 g/m² og 18 g/m² i høyre hjulspor. Oppsuget/elevator klarer ikke opptak av fine partikler i høyre hjulspor. Etter rengjøring var det mye fukt gjenværende i høyre hjulspor. Dette kan også skyldes dype spor. Mellom hjulspor reduseres støvmengden med henholdsvis 7 % og 63 % etter rengjøring. Resultatene viser at spylerekken har stor betydning for å løsne finstoffet i asfalt porene.

Maskin 4: DisaClean

DisaClean ble brukt til rengjøring i felt 5 og 6. Alene i felt 5, og sammen med Beam spylerekke på første overfart og DisaClean med vakuumsug på andre overfart i felt 6. Målinger ble gjort i høyre hjulspor og mellom hjulspor i begge felt.

Total partikkelmengde

I felt 5 ble DisaClean med vakuumsug brukt alene på tørr vegbane. Reduksjonen i høyre hjulspor etter rengjøring er på ca. 7 %, mens mellom hjulspor øker partikkelmengden med ca. 2 %. I felt 6 øker den totale støvmengden både i høyre hjulspor og mellom hjulspor med henholdsvis 54 % og 7 %. Resultatene viser at DisaClean med vakuumsug ikke klarer å suge opp de grove partiklene på vegbanen. Men fungerer godt til å suge opp de fine etter bruk av spylerekke.

Finstoffmengde

DisaClean blir brukt til rengjøring i felt 5 og 6. I felt 5 med vakuumsug på tørr vegbane og i felt 6 med vakuumsug på våt vegbanen etter spylerekke til Beam S. Oppsug av finstoff på tørr vegbane ga ikke tilfredsstillende resultater med DisaClean. Støvmengden øker både i høyre hjulspor og mellom hjulspor. DisaClean ble kjørt av en uerfaren sjåfør i tillegg til at maskinen trolig ble kjørt i 15 km/t istedenfor 10 km/t. DisaClean klarer ikke alene å få løs de fastsittede partiklene i asfaltporene, og er derfor avhengig av spyling før vakuumsug for å få opp finstoffet liggende i asfaltporene.

På spylt vegbane reduseres mengden partikler mindre enn 180 µm med ca. 12 % i høyre hjulspor og ca. 66 % mellom hjulspor. DisaClean fjerner effektivt fine partikler etter spylt vegbane. Beam spylerekke etterfulgt av vakuumsug med DisaClean er en effektiv og god metode å redusere mengden fine partikler på vegbanen.

Maskin 5: Beam (Kjelsberg)

Beam med RotorClean og spylebom i 10 km/t ble kjørt i forsøksfelt 7. Prøver ble tatt inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor.

Total partikkelmengde

Etter rengjøring med Beam Kjelsberg ble den totale støvmengden redusert inntil kant, i høyre hjulspor samt mellom hjulspor. Reduksjonene er på henholdsvis ca. 49 %, 50 % og 14 %. Beam med RotorClean og spylebom inntil kant fungerer godt til å fjerne de grove partiklene under rengjøring.

Finstoffmengde

Rengjøring med Beam Kjelsberg ga reduksjon i støvmengden inntil kant, høyre hjulspor samt mellom hjulsporene. Til sammenlikning med felt 1 hvor høyere trykk ved vasking inntil kant ble benyttet, er det ingen økning av støvmengde i høyre hjulspor for Beam Kjelsberg.

Rengjøring med RotorClean gir en reduksjon på ca. 36 % i høyre hjulspor og ca. 72 % mellom hjulsporene. Støvmengden reduseres med ca. 42 % inntil kantstein. Til sammenlikning med felt 1 var reduksjonen med bruk av spylebom og sidedyse 84 % inntil kantstein.

Rengjøringen i felt 7 er en av de mest effektive for rengjøring av hele vegbanen i dette forsøket. Rengjøring med RotorClean og spylebom med Beam-maskinen fjerner støv effektivt i hele vegbanen og ser ikke ut til å omfordele støvet på vegbanen som flere andre maskiner i forsøket gjør.

Maskin 6: ValAir

ValAir ble brukt til rengjøring i felt 8 til og med felt 13. Rengjøring av vegbanen ble enten gjort med RotorClean eller spylerekke med oppsug i 5 km/t eller 10 km/t. Rengjøring inntil kant ble gjort med spylebom eller sidedyse. Det ble tatt prøver inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor for alle feltene.

Total partikkelmengde

Den totale partikkelmengden inntil kant reduseres i alle forsøksfelt hvor ValAir med sidedyse eller spylebom blir brukt. Den største reduksjonen er i felt 10 (spylebom) og 11 (sidedyse), begge forsøksfeltene ble kjørt i 5 km/t. Reduksjonene er på henholdsvis 62 % og 56 %. Forsøksfeltene (felt 12 og 13) som blir rengjort i 10 km/t har lavest reduksjon inntil kant etter rengjøring. Felt 12 og 13 som begge ble kjørt i 10 km/t får dårlig resultat for prøver tatt i høyre hjulspor og mellom hjulspor. ValAir er mindre effektiv ved 10 km/t enn ved 5 km/t.

Spylerekke med oppsug i 5 km/t blir bruk i felt 10 og 11. Dette gir reduksjon både i høyre hjulspor og mellom hjulspor etter rengjøring. Reduksjonen er på henholdsvis ca. 2 % og 31 % i høyre hjulspor. Ulik reduksjon i høyre hjulspor for de to forsøksfeltene kan skyldes ulikt rengjøringsutstyr inntil kant. Tidligere forsøk har vist at spylebom fører flere partikler inn mot hjulspor enn sidedyse.

Felt 10 og 11 gir bort imot samme resultat for reduksjon av total støvmengde mellom hjulspor. Reduksjonen mellom hjulspor er på henholdsvis ca. 31 % og 35 %. Likt resultat var å forvente da spylebom trolig ikke forflytter partikler fra kant til mellom hjulspor. Felt 12 og 13 ble rengjort med lik metode som felt 10 og 11, men med en hastighet på 10 km/t istedenfor 5 km/t. Reduksjonen av partikkelmengden ble da kraftig redusert. ValAir med spylerekke og oppsug har mindre effekt ved høyere hastigheter.

Den totale støvmengden etter rengjøring inntil kant i felt 9 blir redusert med ca. 14 %. Felt 8 ble rengjort med ValAir med RotorClean og spylebom. Den totale støvmengde inntil kant ble redusert med ca. 40 %. I høyre hjulspor reduseres den totale støvmengden, mens den øker mellom hjulspor.

Finstoffmengde

I felt 8 blir ValAir brukt til rengjøring av vegbanen med RotorClean og spylebom inntil kant i 5 km/t. Reduksjonen etter rengjøring inntil kant med spylebom er ca. 66 %. I høyre hjulspor og mellom hjulspor øker støvmengden etter rengjøring. Dette kan skyldes bruk av spylebommen. Det samme viste resultatene fra forsøket i Kristiansund tidligere i 2017. Spylebom kan føre partikler inn mot senter av vegbanen fra kant. I høyre hjulspor er økningen ca. 30 % og mellom hjulspor ca. 18 %.

ValAir med Rotoclean og sidedyse i 5 km/t ble brukt til rengjøring av felt 9. Etter rengjøring reduseres støvmengden med ca. 4 % i høyre hjulspor og ca. 64 % mellom hjulspor. Inntil kant øker støvmengden etter rengjøring med ca. 48 %. Dette er et uventet resultat. Fra forsøk gjort i Kristiansund ble resultatet av samme type vaskeprosedyre, men hastighet på 3 km/t, betydelig annerledes da støvmengden inntil kant ble redusert med 73 %. Økning inntil kant etter rengjøring kan skyldes variasjon av støvmengde inntil kant i forsøksfeltet. I tillegg har forsøksfelt 9 lav støvmengde inntil kant før rengjøring sammenliknet med de andre forsøksfeltene. Dette kan forklare økningen av partikkelmengden (180 µm) etter rengjøring.

Spylerekke og spylebom med ValAir-maskin i 5 km/t ble brukt til å rengjøre felt 10. Reduksjon i finstoff etter rengjøring er lavere enn forventet ut i fra resultater fra tidligere

forsøk (og resultater fra andre forsøksfelt i dette forsøket). Nedgangen inntil kant er på ca. 11 % og i høyre hjulspor ca. 9 %. Mellom hjulspor øker mengden finstoff etter rengjøring med ca. 44 %.

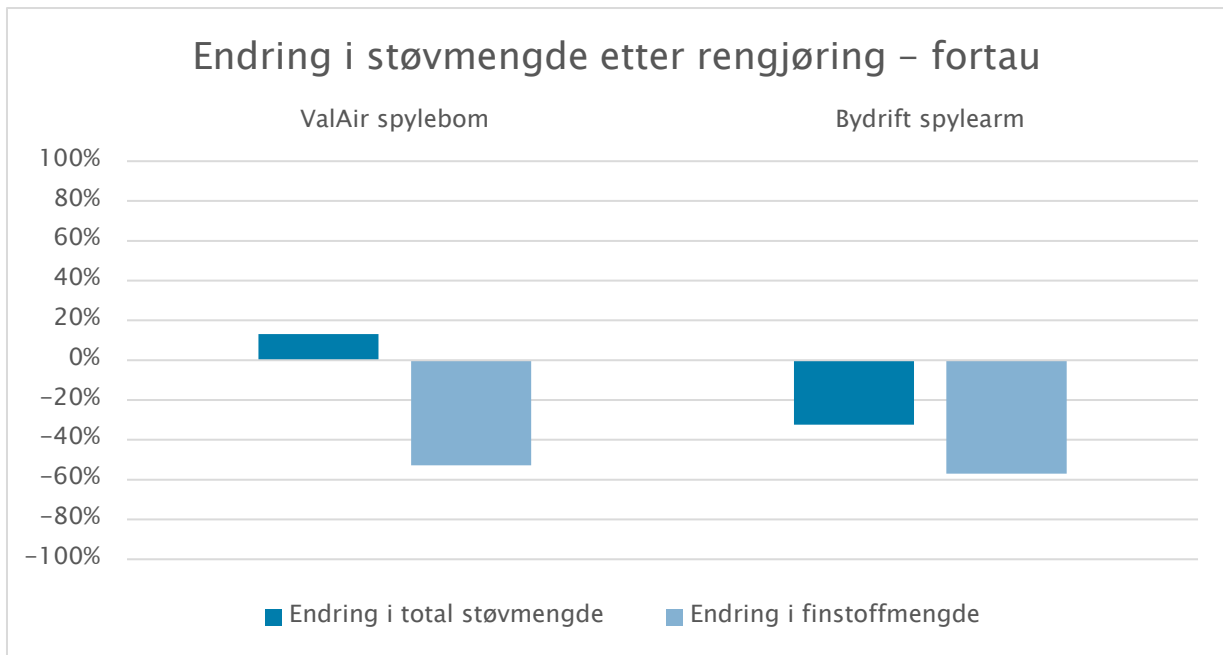
ValAir blir også brukt i felt 11 med spylerekke og sidedyse i 5 km/t. Resultatene gir reduksjon i støvmengde inntil kant, i høyre hjulspor samt mellom hjulspor. Reduksjonen etter rengjøring er på henholdsvis 68 %, 49 % og 18 %. Til sammenlikning med felt 10 hvor samme vaskeprosedyre ble benyttet, men sidedysedyse ble brukt til rengjøring inntil kant istedenfor spylebom, ble støvmengde i felt 11 markant redusert i forhold til felt 10. 68 % reduksjon i finstoffmengden inntil kantstein med bruk av sidedyse stemmer godt overens med tidligere forsøk i Kristiansund. Spylerekken løsner partikler fra asfalten godt og oppsuget fungerer bra.

Forsøksfelt 12 og 13 ble begge kjørt med ValAir i 10 km/t. Felt 12 med spylerekke og spylebom, og felt 13 med spylerekke og sidedyse. Sidedysen gir større reduksjon inntil kant etter rengjøring enn spylebommen. Reduksjonen er på henholdsvis 24 % og 35 %. Sidedyse fjerner støv mer effektivt inntil kant ved 5 km/t enn ved 10 km/t. Reduksjonen i høyre hjulspor for felt 12 og 13 er henholdsvis 17 % og 56 %. Nedgangen i finstoff mellom hjulspor er henholdsvis 3 % og 45 %. Tidligere resultater viser at spylebom forflytter partikler fra kant inn mot høyre hjulspor. Den samme tendensen sees ikke ved bruk av sidedyse.

Resultatene viser at bruk av sidedyse er med effektivt enn spylebom ved rengjøring inntil kant med ValAir. Rengjøring inntil kant gir best resultat når både spylerekke og sidedyse benyttes, slik som i felt 1. Sidedyse fjerner i dette forsøket generelt mer finstoff inntil kantstein enn spylebommen. I Kristiansund ble disse brukt i kombinasjon og hadde størst effekt på reduksjon av finstoff inntil kant.

Vaskearm A og B

I felt FA og FB ble rengjøring av fortau gjort med spylebom og spylearm. Den totale støvmengden øker etter rengjøring med spylebommen og minker med spylearmen. Reduksjonen i partikkelmengde <180 µm er henholdsvis 53 % og 57 %. Begge spyleenhetene fungerte godt for å redusere mengden finstoff på fortau og hadde omtrent lik effekt.

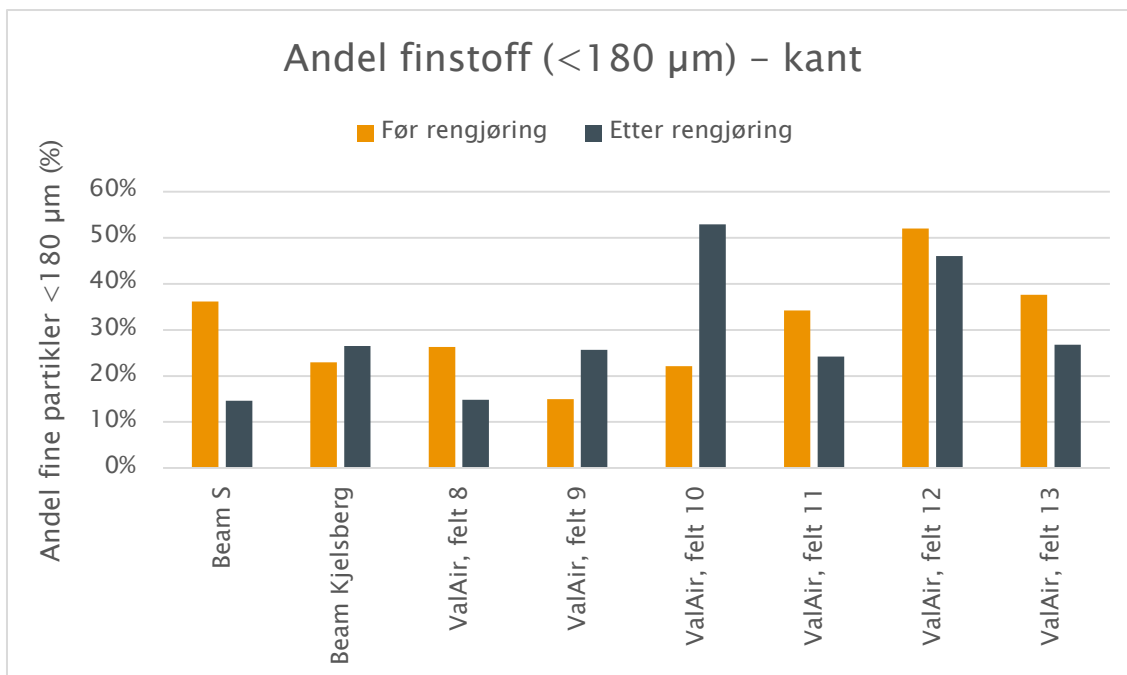


Figur 36: Endring i total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 µm) etter rengjøring av fortau med spylebom eller spylearm

5.1.4 Andel partikler mindre enn 180 µm

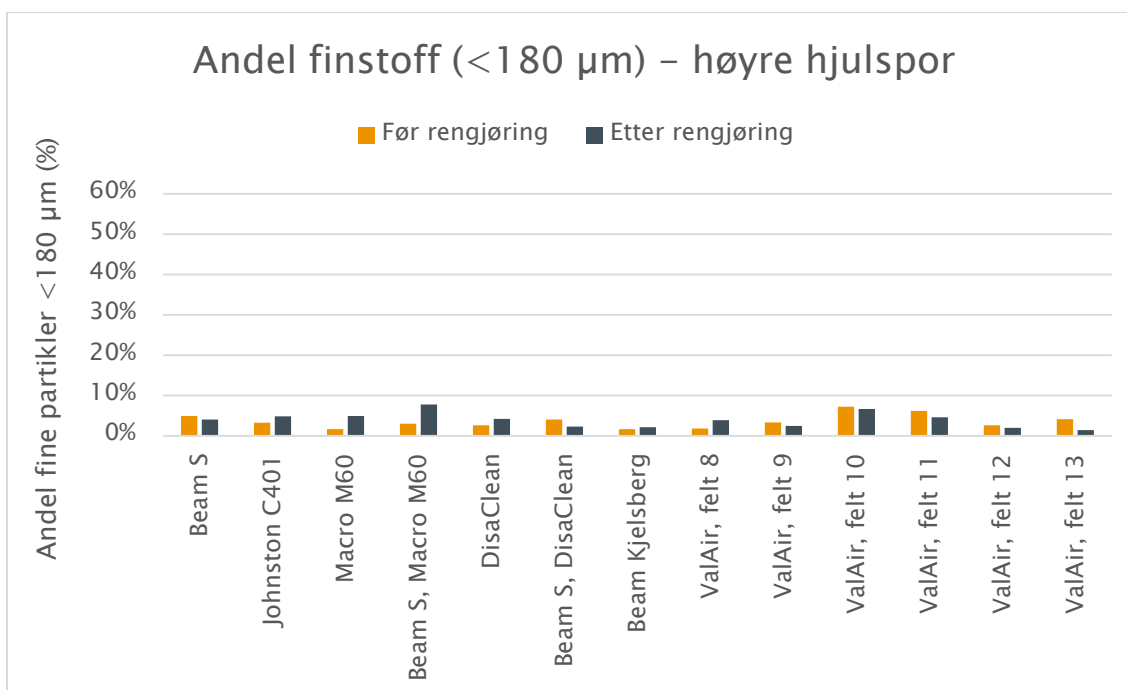
Det akkumuleres størst andel finstoff inntil kantstein, noe mellom hjulspor og mindre i hjulspor. Andel finstoff inn mot kant ligger på ca. 32 %. Dette er gitt i vekt-%. Finstoffet består av partikler under 180 µm. Det vil si at partiklene inntil kant består av langt flere finkornete partikler enn grove partikler. I høyre hjulspor er andelen finstoff minimal, gjennomsnittlig utgjør den ca. 3 %. Mellom hjulspor utgjør finstoffandelen ca. 12 %. Reduksjon eller økning i finstoffandel etter rengjøring sier ingenting om hvor godt maskinene fjerner mengden partikler på vegen, men hvor godt de fjerner (eller omfordeler) de grove eller de fine partiklene.

Figurene 37 til og med 40 viser andelen finstoff i prøvene tatt i de ulike feltene både før og etter rengjøring. Tre av bilene fører til økt andel finstoff inntil kant etter vask. Det vil si at de fjerner større andel grove partikler enn fine partikler. Beam Kjelsberg (RotorClean og sidedyse 10 km/t), ValAir felt 9 (RotorClean med sidedyse 5 km/t) og ValAir felt 10 (spylerekke med spylebom 5 km/t) øker finstoffandelen inntil kant etter rengjøring. Økningen i finstoffandel øker henholdsvis fra 23 %-27 %, 15 %-26 % og 22 %-53 %. Det betyr derimot ikke at finstoffmengden inntil kant øker etter rengjøring.



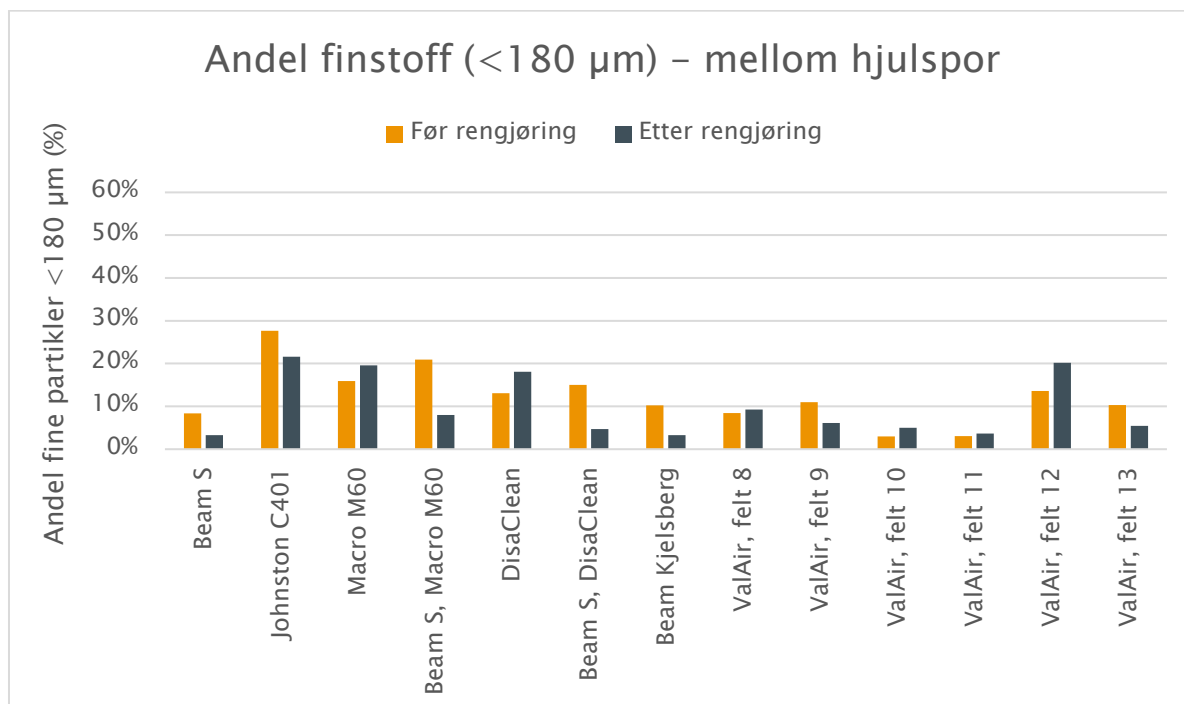
Figur 37: Andelen partikler under 180 µm av den totale støvmengden i prøvene tatt i de ulike feltene inntil kant før og etter rengjøring

I høyre hjulspor fører Johnston C401, Macro M60, Beam S etterfulgt av Macro M60 på 2. overfart, DisaClean og ValAir (RotorClean med spylebom i 5 km/t) til økt finstoffandel etter rengjøring. I de andre forsøksfeltene reduseres andelen fine partikler i høyre hjulspor etter rengjøring.



Figur 38: Andelen partikler mindre enn 180 µm av den totale støvmengde i prøvene tatt i de ulike feltene i høyre hjulspor både før og etter rengjøring

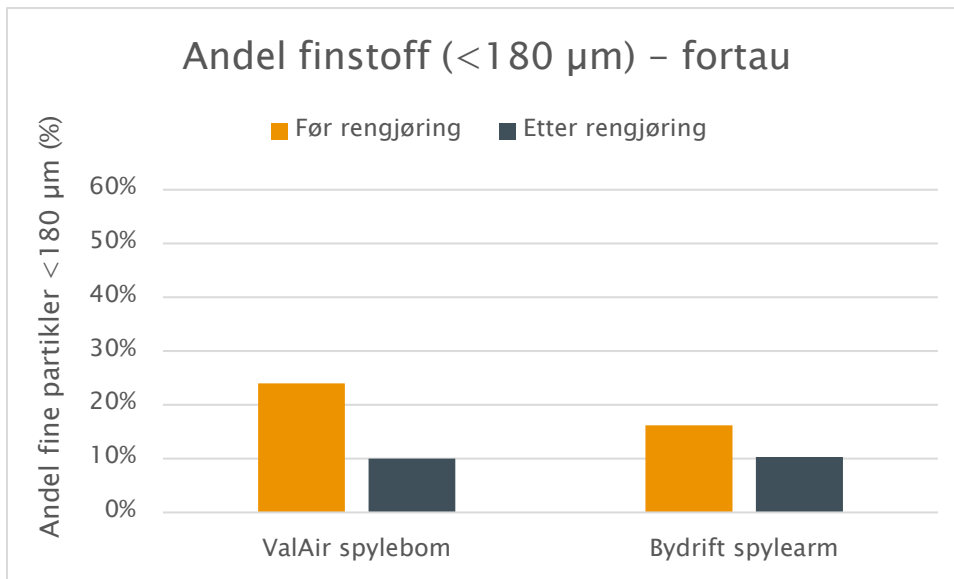
Finstoffandelen minker mellom hjulspor etter rengjøring med Beam S, Johnston C401, Beam S + Macro M60, Beam S + DisaClean, Beam Kjelsberg, ValAir (RotorClean med sidedyse i 5 km/t) og ValAir (spylerekke med sidedyse i 10 km/t). Finstoffandelen mellom hjulspor øker for de resterende forsøksfeltene.



Figur 39: Andelen partikler mindre enn 180 µm av den totale støvmengde i prøvene tatt i de ulike feltene mellom hjulspor både før og etter rengjøring

Rengjøring i forsøksfelt 1 (Beam S), 6 (Beam S + DisaClean) og 13 (ValAir) fjerner effektivt finstoff, og reduserer finstoffandelen etter rengjøring både inntil kant (felt 1 og 13), høyre hjulspor og mellom hjulspor. I felt 11 og 12 reduseres finstoffandelen etter rengjøring i høyre hjulspor og inntil kant, rengjøringen minker ikke finstoffandelen mellom hjulsporene. Finstoffandelen minker mellom hjulspor i felt 2 (Johnston), 4 (Beam S + Macro), 7 (Beam Kjelsberg), og øker i felt 3 (Macro), 5 (DisaClean), 8 og 10 (ValAir).

Andelen finstoff minker på fortau etter rengjøring, både ved bruk av spylebom påmontert renholdsmaskinen ValAir og ved bruk av Trondheim bydrifts spylearm.



Figur 40: Andel fine partikler mindre enn 180 µm av den totale støvmengden på fortau før og etter rengjøring

5.1.5 Andel mineralogisk og organisk

Fordeling mellom mineralogisk og organisk materiale blir vist i Figur 44 i Vedlegg 2. Resultatene viser at det generelt er liten andel organisk materiale i prøvene. Det er størst organisk materiale i prøvene tatt ved kant og på fortau. Andelen organisk materiale ligger mellom 2,3 % – 5,0 % før rengjøring på fortau og kant. I høyre hjulspor er andelen organisk materiale lavest. Resultatene gir ingen klar tendens på hvordan renholdsmaskinen tar opp organisk materiale under rengjøring. I enkelte felt øker andelen organisk materiale etter rengjøring, mens for andre felt minker den.

5.1.6 Partikkelstørrelsesfordeling

I Vedlegg 2 finnes det en mer detaljert forklaring av partikkelstørrelsesfordelingen til hvert forsøksfelt med tilhørende grafer for hvert felt. Partikkeltettheten er størst i lavere fraksjoner i dette feltforsøket enn forsøket gjort i gate i Kristiansund. Dette kan skyldes at Haakon VII gate er mer trafikkert og har en annen trafikk sammensetning enn bolig-gaten i Kristiansund, og at partiklene derfor er mer nedknuste.

Inntil kant er partikkeltettheten størst mellom 15 og 20 µm før rengjøring i felt 7 til og med 13. For felt 1 er den størst ved 28 µm før rengjøring. Etter rengjøring av felt 7 til og med felt 13 finnes den største partikkeltettheten ved lik eller høyere fraksjon som før rengjøring. Kun felt 1 fører til større partikkeltetthet i en finere partikkel-fraksjon etter rengjøring inntil kant. De fleste feltene som ble rengjort inntil kant fører til økning i partikkeltetthet i de grovere fraksjonsområdene etter rengjøring.

I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 µm i alle felt med unntak av felt 3 og 4, hvor den er henholdsvis størst ved 40 µm og 20 µm, før rengjøring. Etter rengjøring er partikkeltettheten størst ved 15 µm med unntak av felt 3, 4 og 12 hvor den er størst ved 20 µm. ValAir og Beam Kjelsberg minker partikkeltettheten i de øvre fraksjonsområdene etter

rengjøring i høyre hjulspor. De andre renholdsmaskinene øker partikkeltettheten i de grovere fraksjonsområdene etter rengjøring.

Mellom hjulspor har felt 1 og felt 9 til og med felt 13 størst partikkeltetthet ved 15 µm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten er størst ved 20 µm både før og etter rengjøring i felt 2 og felt 5. I felt 4, 6 og 7 er partikkeltettheten størst ved 20 µm før rengjøring og ved 15 µm etter rengjøring. Partikkeltettheten i felt 3 er størst ved 50 µm før rengjøring og ved 28 µm etter rengjøring. I felt 8 er partikkeltettheten størst ved 15 µm før rengjøring og ved 20 µm etter rengjøring.

Før rengjøring på fortau er partikkeltettheten i felt FA størst mellom 15 – 20 µm, mens den for felt FB er størst ved 40 µm. Etter rengjøring er partikkeltettheten størst i en grovere fraksjon enn før rengjøring for begge feltene.

Fordelingen av partikler mindre enn 180 µm i Haakon VII gate er ulik fordelingen fra renholdsforsøk gjennomført i gate i Kristiansund. I Haakon VII gate er partikkeltettheten større ved finere partikkelfraksjoner enn i gate i Kristiansund. Dette kan skyldes høyere ÅDT, og annen trafikk sammensetning, som knuser partiklene på vegbanen ned til mindre partikler.

5.1.7 Usikkerhet

Det er flere usikkerhetsmomenter som kan påvirke resultater i dette feltforsøket. Målingene før og etter rengjøring ble ikke tatt på eksakt samme punkt. Dette er ikke mulig å gjøre på grunn av opptak av støv med WDS. Siden målinger ikke kan tas på samme punkt før og etter rengjøring kan resultatene påvirkes av variasjon i støvmengde i feltet. Dette antas å ha størst påvirkning inntil kant, og det vurderes til å ikke være like stor variasjon i hjulspor og mellom hjulspor.

Resultatene viser at sidedyse gir bedre rengjøring inntil kant enn spylebom i tillegg til at sidedysen ikke spyle partikler inn mot hjulspor i like stor grad som spylebom gjør. Spylebom spyle lengre ut fra vegbanen og ikke kun inntil kantstein, som sidedysen gjør. På denne måten kan resultater fra bruk av spylebom komme ut som dårligere på grunn av tilføring av støvmengde fra sideareal fra vegen (fortau og oppå kantstein).

Flere av renholdsmaskinene opplever økning i støvmengde i høyre hjulspor og mellomhjulspor. Men dette betyr ikke nødvendigvis at de ikke reduserer støvmengden på vegbanen. Det ble ikke tatt målinger av tverrprofilen og det er derfor vanskelig å si noe om omfordelingen av støvet på vegbanen.

Det har ikke blitt testet om nedbør har innvirkning på prøveresultatene. Noen av feltene ble rengjort mens det var nedbør, mens andre ikke. Dette gjelder også for prøvetakingen.

Det er usikkert hvor mye støv Wet Dust Sampleren klarer å oppta fra vegbanen. Dette har ikke blitt testet ut, og bør bli testet ut ved et senere forsøk. Dette gjelder spesielt inntil kant hvor det ligger mye støv.

I forsøksstrekket er det stor variasjon i spordybde. Felt 4 har størst spordybde med 37 mm, mens felt 10 og 11 har lavest med kun 10 mm. Dette gir ikke like forhold for renholdsmaskinene, og kan ha påvirket resultatet, spesielt opptaket i hjulspor.

Hvert forsøksfelt hadde en lengde på ca. 50 m. Korte felt kan ha ført til at utstyret på maskinene ikke klarte å oppnå full effekt. I tillegg er det usikkerhet rundt hvor erfaren de ulike sjåførene av de ulike renholdsmaskinene var. Dette gjaldt spesielt for DisaClean og effekten av vakuumsuget.

5.2 Støvmålinger i luft

Resultatene fra støvmålingene i luft viste store variasjoner gjennom testforsøket. Selv maskiner med filtrering på luftstrømmene fikk påvist høye støvkonsentrasjoner under drift. Denne typen maskin kunne forventes å ha langt lavere støvverdier.

Måleresultatene viser store variasjoner, og det er tvilsomt om resultatene fra de respektive maskinene kan sammenliknes. Det er knyttet stor usikkerhet til måleresultatene pga:

- Maskinene har forskjellige maskineri, ytelse, utforming og funksjon. Det kan også være noe bidrag fra eksos, men det er vanskelig å anslå hvor stor mengden fra eksos faktisk er. Det er også forskjeller på bilene, noen har eksosutslipp over tak mens andre har eksosutslipp under bilen.
- Vær og vind påvirker resultatene. Ved oppstart av renholdsforsøket var forholdene tørre, men underveis i renholdsforsøket ble det noe regn. Regnet reduserer mengde støv i lufta.

Tabell 4: Måleresultater fra maskinens utluft

Forsøksfelt	Maskin	PM 1	PM 2,5	PM 4	PM 10
		µg/m ³			
F1	1. Beam S	0	0	0	0
F1	1. Beam S	0,1	0,1	0	0
F2	2. Johnston C401	2,9	21,6	110,9	283,8
F3	3. Macro M60	0	0	0	0
F4	3. Macro M60	0	0	0	0
F5	4. DisaClean	0,2	0,8	7	39,9
F6	4. DisaClean	0,3	0,3	0,3	71
F7	5. Beam (Kjelsberg)	2,5	2,5	2,5	3021
*	6. ValAir	1,3	1,3	72,3	641,7

*Støvmålinger i luft ble målt på natt 1 for å få sammenlignbare forhold for alle maskinene, selv om Maskin 6 var med i renholdsforsøkene på natt 2. Teststrekningen var derfor på ett eget felt utenfor City Lade.

Tabell 5: Måleresultater ved siden av maskinen

Forsøksfelt	Maskin	PM 1	PM 2,5	PM 4	PM 10
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
F1	1. Beam S	0,5	4,3	10,6	24,4
F2	2. Johnston C401	0	0,1	0,2	0,3
F3	3. Macro M60	0	0	1,9	9,2
F4	3. Macro M60	0	0	0,2	3,2
F5	4. DisaClean	0	0	0	0
F6	4. DisaClean	0	0,2	0,3	0,6
F7	5. Beam (Kjelsberg)	0	0	0	0
*	6. ValAir	0	0,1	0,3	1

*Støvmålinger i luft ble målt på natt 1 for å få sammenlignbare forhold for alle maskinene, selv om Maskin 6 var med i renholdsforsøkene på natt 2. Teststrekningen var derfor på ett eget felt utenfor City Lade.

5.3 Lydnivåmålinger

Det er nesten 10 dB forskjell på lydnivåene inne i bil. Nivåene representerer lyden når bilen er i drift. Dette innebærer også at lydnivået som ekvivalentnivå over 8 timer blir lavere, ettersom denne tiden også innbefatter pauser og annet som er lavere belastet med lyd. For arbeidsmiljøvurdering skal det her normalt regnes med en usikkerhetsverdi på ± 3 dB på vurdert ekvivalentverdi. Etter en slik vurdering er det mulig at maskinene 2, 3, 4 og 6 overstiger maks timesmiddel på 70 dB, men ingen overstiger øvre tiltaksverdi på 80 dB. Det utløses derfor ikke krav om oppfølging av hørsel for de ansatte. Lydnivået havner meg andre ord i kategori med forstyrrende lyd, ikke hørselsskadelig lyd (kolonnene "Inne").

Det er stor variasjon i lydnivået ved passering av publikum. Dosimeteret på speilet viser 2 forhold: for det første av lydisoleringen inn til kupeen i hovedsak er god, og at plassering av mest støyende punkt på bilen påvirker lydnivået som måles på speilet. Ut over dette er ikke lydnivå på speil et særlig aktuelt mål å følge opp videre.

Tabell 6: Målerverdier for lydnivå (dB, desibel)

Maskin	Inne Leq	Inne LAF _{max}	"Passering" målepunkt A, maks	Dosimeter på speil Leq*	Måletid dosimeter (min)	Kommentar
1	64,6	68,6	87,7	89,0	34	
2	70,5	72,6	83,2	91,7	22	
3	69,6	74,2	87,0	87,2	34	
4	73,5	77,3	97,1	95,0	29	Mye lyd inne i bilen av viftene fra renseprosessen.
5	65,5	68,5	98,7	89,4	35	To passeringstopper; høyest akkurat når hele bilen har passert
6	68,6	71,0	91,2	85,2	28	

*Måleusikkerhet i dosimeterutstyret jf. kalibreringstall før og etter: $\pm 1,7$ dB

5.4 Vibrasjonsmålinger

Måleresultatene er tappet fra måleutstyret og vasket for ufullstendige måleperioder før det er beregnet en samlet verdi for den enkelte maskin. Resultatene følger her i Tabell 7 og 8.

For vibrasjonsdata angis gjennomsnitt av verdier for den enkelte bruk sammen med usikkerhet og antall målinger som ligger til grunn. "n" angir hvor mange fulle måleperioder på hhv. 90 sek. (helkropp) og 30 sek. (hånd/arm) som ligger til grunn for vurderingen. "Usikkerhet" er standardavviket som er beregnet ut fra målingene. Sluttverdi presenteres med 1 desimal, da mer må anses som irrelevant sett opp mot regelverket på området.

Tabell 7: Verdier helkroppsvibrasjon

Maskin	Snitt (m/s ²)	Usikkerhet (m/s ²)	n	Valgt (m/s ²)	Tiltakstid v/valgt nivå (min, h:mm)
1	0,138	0,050	13	0,2	24:00
2	0,217	0,041	12	0,3	24:00
3	0,286	0,095	14	0,4	24:00
4	0,177	0,043	18	0,2	24:00
5	0,177	0,057	19	0,2	24:00
6	0,158	0,045	16	0,2	24:00

De målte nivåene av helkroppsvibrasjon er alle innenfor tiltaksverdien, også når usikkerhet er tatt i betraktning. Høyeste verdi får maskin 3. Her er det mindre hjul og forventes mindre demping i overføringer, slik at det forventes noe mer vibrasjon enn i de større maskinene.

Tabell 8: Verdier hånd-arm-vibrasjon

Maskin	Snitt (m/s ²)	Usikkerhet (m/s ²)	n	Valgt (m/s ²)	Tiltakstid v/valgt nivå (min, h:mm)
1	1,025	0,380	12	1,4	24:00
2	0,911	0,064	3	1,0	24:00
3	1,452	0,148	7	1,6	24:00
4	0,819	0,101	5	0,9	24:00
5	0,744	0,042	6	0,8	24:00
6	0,481	0,0467	6	0,5	24:00

For hånd-arm-vibrasjoner viser alle måleseriene at man holder seg godt under tiltaksverdi, også når usikkerhet er tatt med. Maskin 3, fulgt av maskin 1 viser de høyeste nivåene.

5.5 Fuktmålinger og dekketilstand

Tabell 9: Restfukt etter renhold og dekketilstand

Felt	Restfukt målt med Wettex (g/m ²)		Dekketilstand (målt 02.05.2017)		
	Ytre hjulspor	Mellom hjulspor	Spordybde (mm)	Ujevnhet-IRI	Tekstur – MPD
F1	36	12	26	3,5	1,3
F2	186	114	31	3,6	1,4
F3	192	78	33	3,9	1,3
F4	234	42	37	4,0	1,4
F5	–	–	29	4,9	1,4
F6	222	6	33	2,9	1,3
F7	48	18	26	3,5	1,3
F8	144	120	22	3,7	1,3
F9	120	84	28	3,5	1,3
F10	48	108	10	3,0	1,4
F11	–	–	10	4,0	1,4
F12	48	108	29	4,2	1,4
F13	150	120	31	3,6	1,4
FA	–	–	–	–	–
FB	–	–	–	–	–

Tabell 9 ovenfor viser i venstre del målt restfuktighet (g/m²) på vegbanen i prøvepunktene etter rengjøring (1000 g/m², dvs. 1 liter vann pr m² tilsvarer 1 mm vanddybde. 100 g/m² = 0,1 mm vanddybde). Det er utført målinger i ytre hjulspor og mellom hjulspor. Verdiene i tabellen er gjennomsnitt av to enkeltmålinger.

I høyre del av Tabell 9 vises middelerverdi for dekketilstand i form av spordybde (mm), ujevnhet/IRI (mm/m) og tekstur/MPD (mm) for de enkelte forsøksfeltene. Verdiene er hentet fra ordinære spormålinger foretatt i mai 2017 med Statens vegvesen sitt måleutstyr (ViaPPS). Verdier i tabellen er gjennomsnittsverdier av to til tre 20m medianverdier.

Det ble ikke foretatt fuktmålinger eller dekketilstandsmålinger på feltene FA g FB (fortaufeltene).

ÅDT (gjennomsnittlig trafikkmengde pr døgn) for strekningen er på ca. 15000. Vedlikeholdsstandard for riksveger (Håndbok R610) angir maksimalverdier for spor og ujevnhet (IRI) for strekningen på hhv 20 mm og 3,5 mm/m. Verdiene i tabellen kan ikke direkte sammenlignes med kravene i vedlikeholdsstandarden siden forsøksfeltene er for korte. Måleverdier som er sammenlignbare med krav i vedlikeholdsstandarden hentet fra PMS (Planleggingssystem for dekkevedlikehold), viser sporverdier på ca. 34 mm og ujevnhet – IRI – på ca. 5,0 mm/m, dvs. langt over krav i vedlikeholdsstandard. Det er ikke satt noen krav til tekstur/MPD i vedlikeholdsstandarden.

Forsøksfeltene er derfor utfordrende pga. dekketilstand med høye sporverdier som for de fleste ligger mellom 22 mm og 37 mm. Unntaket er felt 10 og 11 med spordybde på 10 mm.

Ujevnheter på langs (IRI) og tekstur (MPD) har også forholdsvis høye verdier. Dette avspeiler nok også til dels de restfuktmengder som er målt.

Gjennomgående er det tørrere mellom hjulspor (på «ryggen»). Der er det enklere å komme i god kontakt med dekkeoverflaten for mer effektivt oppsug. Største verdi målt her er 120 g/m². Det må sies å være bra.

I hjulsporet er det gjennomgående mer fukt. Her varierer målt verdi mellom 36 og 234 g/m². Restfukt på rundt 100 g/m² er et godt resultat. Ved vannmengder høyere enn ca. 200 g/m² vil det begynne å bli sprut fra passerende kjøretøy.

En ser også at selv med høye sporverdier (f.eks. felt 1, 7 og 12), kan maskinene fjerne fukt i hjulsporene på en effektiv måte.

6. Konklusjon

Renhet på vegbanen

Beam S med spylebom på første overfart og sidedyse på andre overfart reduserer finstoffmengde (partikler mindre enn 180 μm) mest effektivt i dette forsøket. Reduksjonen er på ca. 84 %.

ValAir reduserer finstoffmengden mer effektivt inntil kant ved bruk av sidedyse enn ved bruk av spylebom. Finstoffmengden reduseres også bedre ved 5 km/t enn ved 10 km/t. ValAir med kun bruk av sidedyse for rengjøring inntil kant i 5 km/t reduserer finstoffmengden med ca. 68 %. Spylebom og sidedyse har omtrent lik effekt for å redusere den totale støvmengden inntil kant.

Resultatene viser at spylebom forflytter mer støv inn mot høyre hjulspor enn sidedyse. ValAir i 5 km/t med spylerekke, oppsug og spylebom eller sidedyse, samt Beam S med sidedyse og spylebom i 10 km/t er de mest effektive metodene for å rengjøre inntil kant. Reduksjonen i totale støvmengde er på henholdsvis ca. 62 %, 56 % og 60 %.

Bruk av spylerekke på første overfart har god effekt for å løsne finstoffet på vegbanen. Dette gjelder for renholdsmaskinene Macro M60 og DisaClean. De reduserte finstoffmengde mellom hjulspor med henholdsvis 63 % og 66 % mellom etter bruk av spylerekke på første overfart. Den samme reduksjonen ble ikke oppnådd ved rengjøring med disse renholdsmaskinene uten bruk av spylerekke. Bruk av spylerekke på første overfart har ingen innvirkning på å redusere mengden grove partikler ytterligere. Resultatene viste lik reduksjon i total partikkelmengde både med og uten bruk av spylerekke.

For rengjøring av hele vegbanen er maskinene og renholdsmetodene som er mest effektiv i dette forsøket Beam Kjelsberg med RotorClean og sidebom i 10 km/t, og ValAir med spylerekke, oppsug og sidedyse i 5 km/t. Disse renholdsmaskinen reduserer både finstoffet og de grove partiklene godt.

Spylebom påmontert ValAir og spylearm til Trondheim bydrift fjerner begge effektivt finstoffet fra fortau. Reduksjonen er på henholdsvis 53 % og 57 %. Spylebom påmontert ValAir fører til en liten økning i total partikkelmengde etter rengjøring, mens spylearm til Trondheim bydrift reduserer den totale støvmengden med ca. 32 %.

Andelen finstoff fordeler seg som forventet med størst andel inntil kant, deretter fortau, noe mellom hjulspor og lite i hjulspor. Resultatene viser at de fine partiklene fordeler seg på samme måte som de grove partiklene på vegbanen. Finstoffet utgjør ca. 32 % av den totale støvmengde inntil kant. På fortau utgjør den ca. 19 %. Mellom hjulspor utgjør finstoffandelen ca. 12 %. I høyre hjulspor er det lite finstoff, og andelen er kun ca. 3 %. Før rengjøring er det over 1000 g/m² partikler inntil kant. Det er ca. 700 g/m² på fortau, mellom hjulspor ca. 500 g/m² og i høyre hjulspor omtrent 400 g/m².

Andelen organisk materiale i prøvene er lav og ligger på mindre enn 5 %. Det er størst andel organisk materiale i prøvene tatt ved kant og på fortau. Andelen organisk materiale ligger mellom 2,3 % – 5,0 % før rengjøring på fortau og kant. I høyre hjulspor er andelen organisk

materiale minst. Resultatene gir ingen klar tendens på hvordan renholdsmaskinene tar opp organisk materiale under rengjøring.

Den største partikkeltettheten finnes for partikkelstørrelser i området 15 – 20 μm for de fleste prøvene tatt uansett hvor i feltene. Det ser ikke ut til å være stor forskjell på partikkelfordelingen mellom kant, hjulspor og mellom hjulspor. Haakon VII gate har den største partikkeltettheten i de fineste partikkelfraksjonene. Dette skyldes trolig at gaten har høy ÅDT hvor trafikken knuser partiklene på vegbanen til mindre og mindre partikler.

Støvmålinger i luft

Støvmålingene som ble gjort i luft viser at alle som oppholder seg i umiddelbar nærhet til gatefeieing vil potensielt kunne bli eksponert for høye luftkonsentrasjoner av støv. Dette betyr at dersom man ikke kan tilsette vann for å dempe støvet under feieing, eller iverksette andre støvdempende tiltak, bør gatefeieing utføres på tidspunkt hvor det er lite publikum tilstedte, dette med hensyn til sårbare grupper som barn, eldre og folk med luftveislidelser.

Værforholdene har betydning for eksponeringsforholdene. Nedbør vil redusere oppvirvling av støv samt utslipp av nyprodusert støv. Sol og tørt vær vil potensielt kunne bidra til at støv som ikke blir fanget opp i feiemaskinen blir spredt rundt i gaten og virvles opp som følge av feiemaskinens bevegelse.

For framtidige forsøk bør det utarbeides en prosedyre for å kunne måle luftkonsentrasjoner av støv under testforsøket, dette for å sikre representative måledata.

Lyd- og vibrasjon

Vibrasjons- og lydnivåene viser ingen grunn til å legge bruksbegrensninger på utstyret.

Alle maskinene er innenfor dagens regelverk, selv om det også er klare forskjeller dem imellom. Maskin 3 (Macro M60) kommer dårligst ut på både helkrops- og hånd- armvibrasjon. Imidlertid er dette en av de mindre maskinene, og bruksområdet er derfor noe annet enn de større maskinene, for eksempel i områder hvor de større ikke kommer til. Vibrasjonsdemping anbefales i videreutviklingen av maskin 3.

Maskin 4 (DisaClean) har størst forbedringspotensial på støy inn til kabin. Ingen av bilene har lydnivå som gjør at ansatte må følges opp med hørselskontroller.

Restfukt på vegbanen – Dekketilstand (spor, jevnhet og tekstur)


Forsøksfeltene er utfordrende pga. dekketilstand med høye sporverdier som varierer mellom 22 mm og 37 mm. Unntaket er felt 10 og 11 med spordybde på 10 mm. Ujevnhet på langs (IRI) og tekstur (MPD) har også forholdsvis høye verdier. Dette avspeiler nok også de restfuktmengder som er målt.

Gjennomgående er det tørrere mellom hjulspor (på «ryggen»). Der er det enklere å komme i god kontakt med dekkeoverflaten for mer effektivt oppsug. Største verdi målt her er 120 g/m². Det må sies å være bra.

I hjulsporet er det gjennomgående mer fukt. Her varierer målt verdi mellom 36 og 234 g/m². Restfuktverdier rundt 100 g/m² eller mindre er meget bra. En ser at selv med høye sporverdier (f.eks. felt 1, 7 og 12), kan maskinene fjerne fukt i hjulsporene på en effektiv måte.

Vedlegg

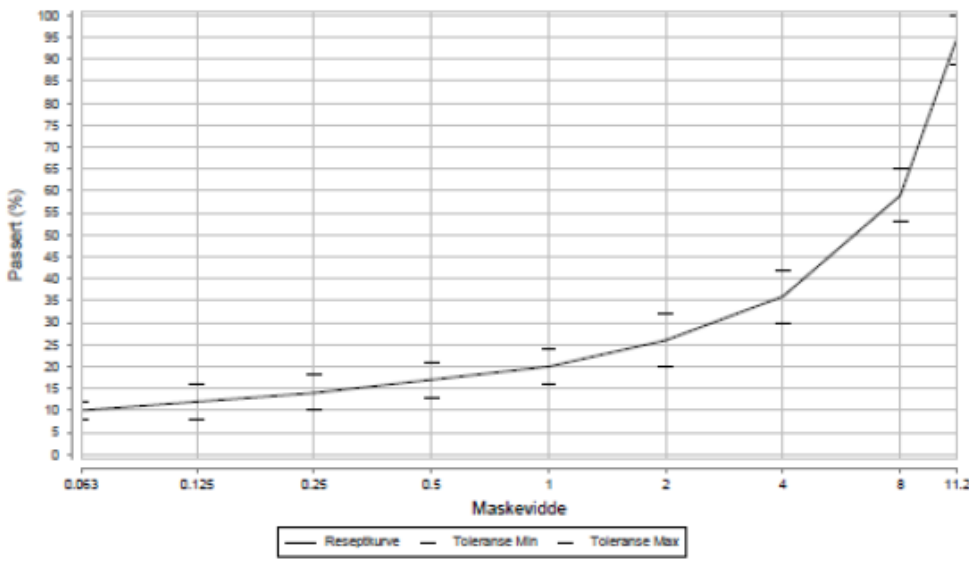
Vedlegg 1: Asfaltresept Haakon VII gate

	Statens vegvesen	Region Midt	
Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag			
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 ³)
Hulrom (%)	3.5	1.5	Hulrom (%)
Forbruk (kg/m ²)			Bitumenfylt hulrom (%)
Massetemp prod. (°C)	160.0	10.0	Stabilitet (N)
Dekkets densitet Pd (g/cm ³)	2.393		Flyt (mm)
Maks.teoretisk densitet Ps (g/cm ³)	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



Passert (%)

Maskevidde

— Reseptkurve — Toleranse Min — Toleranse Max

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:	Entreprenør
Dato: _____	Sted: _____, Den: _____
Underskrift: _____	Underskrift: _____

Vedlegg 2: Renhet på vegbanen

Figur 41 presenterer endringer i den totale støvmengden og finstoffmengdene for alle forsøksfelt etter rengjøring. Partikkelmengden for alle prøvene tatt i hvert prøvefelt er summert sammen. Den totale partikkelmengden og finstoffmengden i hvert felt er vist i Figur 42 og Figur 43. En oversikt over organisk og mineralogisk materiale er gitt i Figur 44. Partikkelstørrelsesfordelingen i hvert felt er beskrevet og presentert i Figur 45 til og med Figur 59.

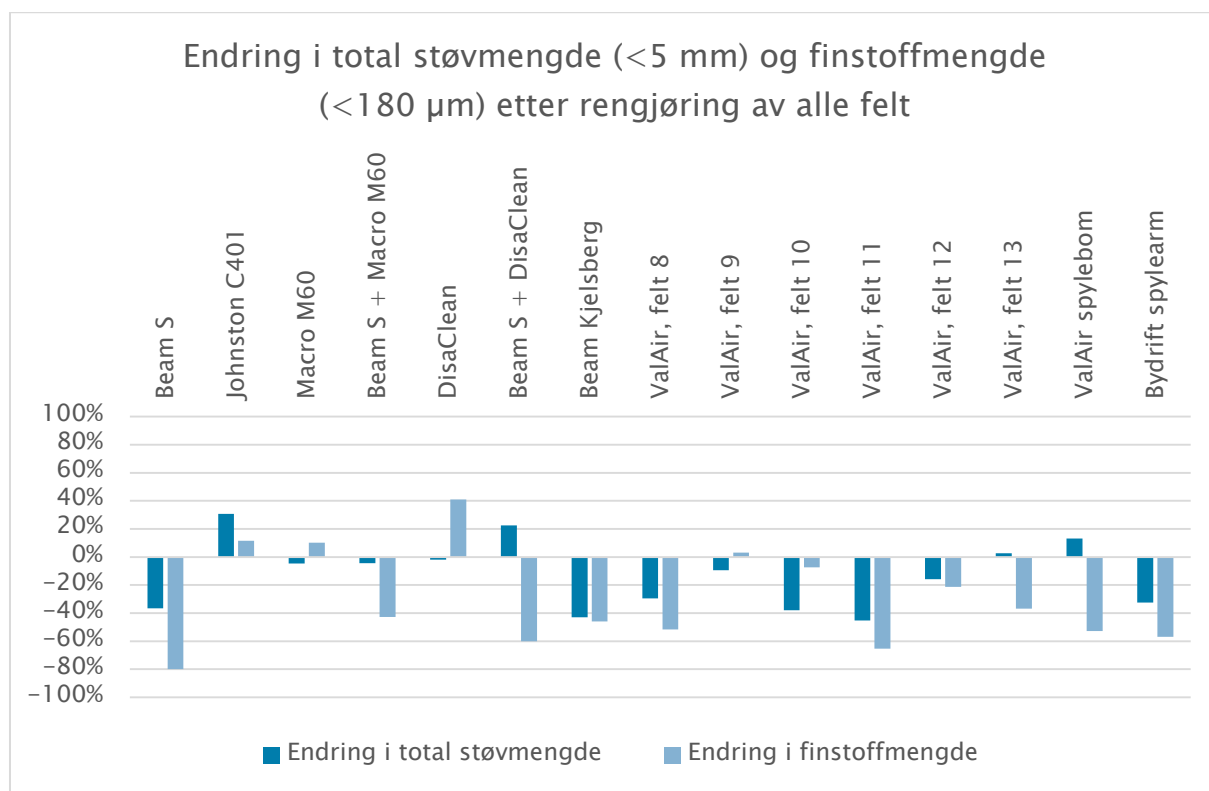
*Merk at det ikke ble tatt prøver inntil kant i alle feltene. Det ble tatt prøver inntil kant i felt 1, felt 7 til og med felt 13. I felt 2 til og med 6 ble det kun tatt prøver i høyre hjulspor og mellom hjulspor. Siden det akkumuleres størst mengde partikler inntil kant er det også her den største reduksjonen i partikkelmengde etter rengjøring sees. Derfor får renholdsmaskinene som rengjorde inntil kant større prosentvis reduksjon enn maskinene som ikke rengjorde inntil kant.

Maskinene som har den største reduksjonen av total støvmengde er Beam Kjelsberg (RotorClean og spylebom 10 km/t), Beam S (spylebom, koster og oppsug på 1. overfart og sidedyse, spylerekke med oppsug på 2. overfart 10 km/t) og ValAir i felt 10 og 11 (spylerekke med oppsug og spylebom/sidedyse 5 km/t). Den største reduksjonen i totalstøvmengde har felt 11 hvor ValAir med sidedyse, spylerekke og oppsug i 5 km/t ble brukt, her fjernes ca. 45 % av alt støvet liggende inntil kant, høyre hjulspor og mellom hjulspor. I felt 7 hvor rengjøring med Beam Kjelsberg med RotorClean og spylebom i 10 km/t ble brukt er reduksjonen i støvmengden ca. 43 % når total støvmengde inntil kant, høyre hjulspor og mellom hjulspor er summert. I felt 10 ble også ValAir med spylerekke og oppsug brukt i tillegg til spylebom i 5 km/t. Her reduseres partikkelmengden effektivt, reduksjonen i total støvmengde i vegbanen er ca. 38 %. Beam S med to overfarter i felt 1 i 10 km/t reduserer den totale støvmengden med ca. 37 %.

Reduksjon i finstoffmengde er effektivt for de fleste maskinene som benytter spylerekke. Ut fra resultatene løser spylerekken de fine partiklene fra dekkeoverflaten slik at renholdsmaskinene lettere kan suge opp finstoffet. Felt 2, 3, 5 og 9 fører til økning i finstoffmengden når støvmengden inntil kant (kun for felt 9), høyre hjulspor og mellom hjulspor summeres. Etter rengjøring er økningen henholdsvis ca. 12 %, 10 %, 41 % og 3 %. Økning i finstoffmengde for felt 2 og 3 med rengjøring av Johnston C401 og Macro M60 skyldes hovedsakelig økning i finstoffmengde i høyre hjulspor etter rengjøring. Økningen i høyre hjulspor kan skyldes omfordeling av støv liggende inntil kant. I tillegg hadde felt 2 og 3 størst deformasjon i hjulspor av alle forsøksfelt. Økning i finstoffmengden i felt 9, rengjort med ValAir med RotorClean og sidedyse, skyldes økning i finstoffmengden inntil kant etter rengjøring. Økning i finstoffmengde inntil kant kan forklares med variasjon i støvmengde inntil kant i forsøksfeltet, og er trolig ikke representativt resultat for utstyret. Macro M60 i felt 3 og ValAir i felt 9 minker likevel den totale støvmengden i feltet med henholdsvis 5 % og 10 %. Det er kun felt 2 hvor både finstoffmengden og den totale støvmengden summert i høyre hjulspor og mellom hjulspor øker etter rengjøring. Dette kan skyldes omfordeling av partikler på vegbanen, midtstilt oppsug og dype hjulspor.

De metodene som effektivt både fjerne de fine partiklene og de grove partiklene godt er ValAir i felt 11 og Beam i felt 1 og 7. Reduksjon i finstoffmengde inntil kant, høyre hjulspor og mellom hjulspor for feltene er henholdsvis ca. 65 %, 80 % og 46 %. ValAir med spylerekke og spylebom (felt 10) reduserer den totale støvmengden på vegbanen godt sammenliknet med de andre maskinene, men reduksjonen i finstoffmengden inntil kant, høyre hjulspor og mellom hjulspor er kun rundt 7 %. Felt 6 hvor Beam spylerekke ble brukt på første overfart og DisaClean med oppsug på andre overfart fjerner finstoffet (<180 µm) i vegbanen godt, og reduksjonene er ca. 60 % etter rengjøring. Likevel kommer denne metoden nest dårligst ut sett i forhold til reduksjon i totalt støvmengde på vegbanen. Her økes den totale støvmengden med ca. 23 % etter rengjøring.

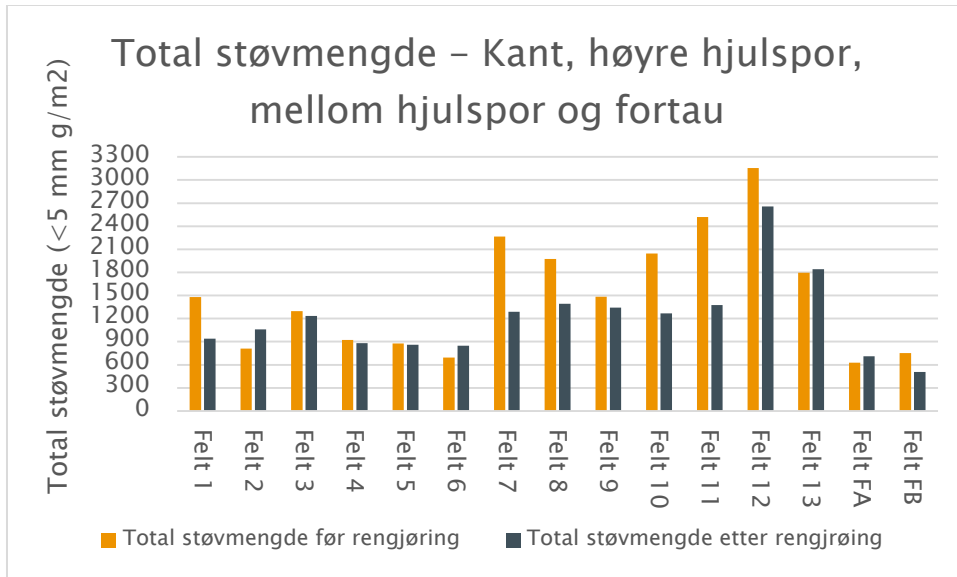
På fortau ble ValAir sin spylebom og Trondheim bydrift sin spylearm testet. Begge reduserer effektivt finstoffmengden på fortau ved rengjøring. Reduksjonen i finstoffmengde er på henholdsvis 53 % og 57 %. ValAir sin spylebom fører til økning på fortau i total støvmengde etter rengjøring. Trondheim bydrift sin spylearm fører til ca. 32 % reduksjon i den totale støvmengden på fortau etter rengjøring. ValAir med spylebom ble kjørt på mye høyere trykk enn Trondheim bydrifts spylearm. Dette kan være årsaken til ulikt resultat for den totale støvmengden.



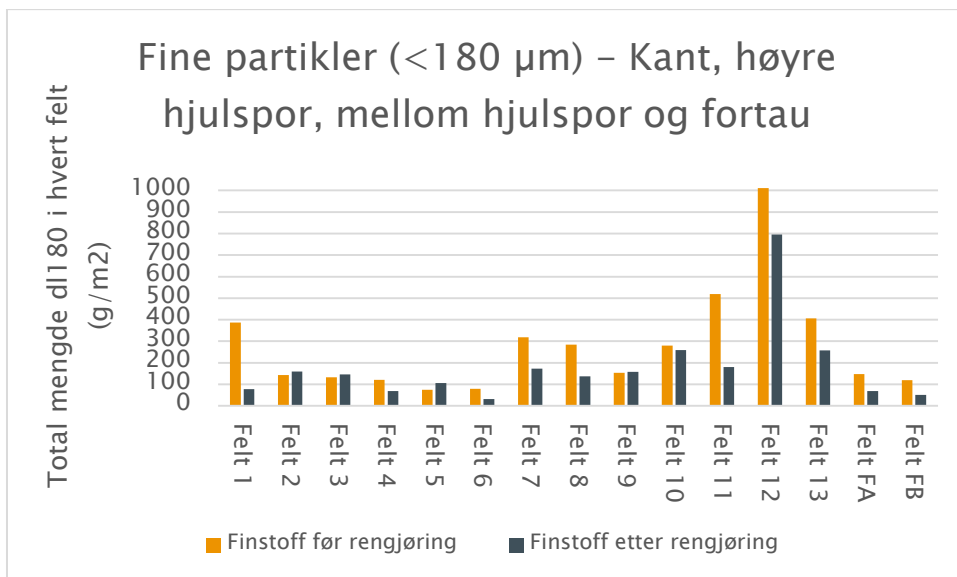
Figur 41: Endring i total støvmengde (<5 mm) og finstoffmengde (<180 m) for alle felt når total støvmengde og finstoffmengde er summert sammen av verdiene for alle prøvene tatt i hvert felt.

DI5000 og dl180 summert inntil kant, høyre hjulspor, mellom hjulspor og fortau for alle felt

Figur 42 viser den totale støvmengden for prøvene tatt i hvert forsøksfelt. Figur 43 viser finstoffmengden i prøvene tatt i hvert forsøksfelt. Partikkelmengden i hver prøve tatt i hvert felt er summert sammen.



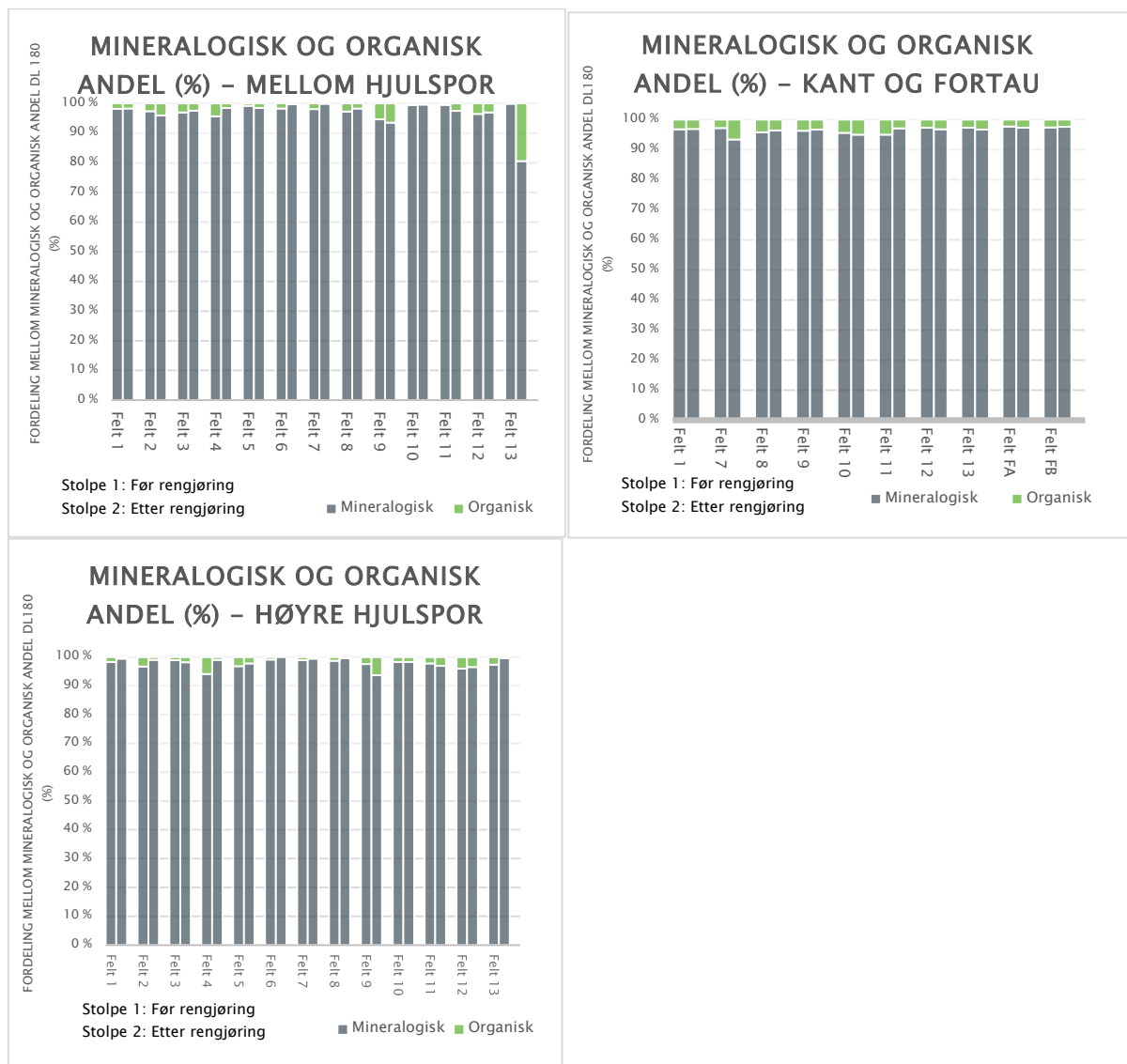
Figur 42: Total støvmengde – kant, høyre hjulspor, mellom hjulspor og fortau



Figur 43: Fine partikler – – kant, høyre hjulspor, mellom hjulspor og fortau

Mineralogisk og organisk materiale

Oversikt over organisk og mineralogisk andel i hver av prøvene tatt i de ulike forsøksfeltene før og etter rengjøringer vist i Figur 44.



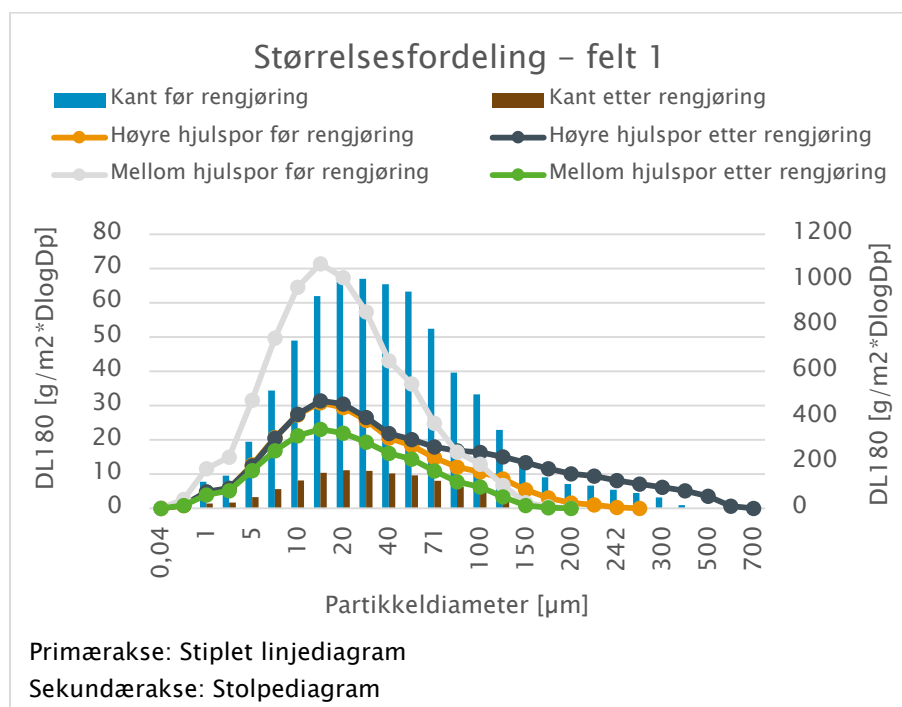
Figur 44: Fordeling av mineralogisk og organisk andel i alle prøvene tatt før og etter rengjøring

Størrelsesfordeling

Figur 45 til og med 59 viser størrelsesfordelingen av partiklene i prøvene tatt på fortau, inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor for alle forsøksfelt, før og etter rengjøring. Framstillingen av størrelsesfordelingen tar utgangspunkt i DL180-verdien for prøvene og tetthetsfordeling av partiklene i hvert størrelsesintervall.

Felt 1: Beams S med to overfarer

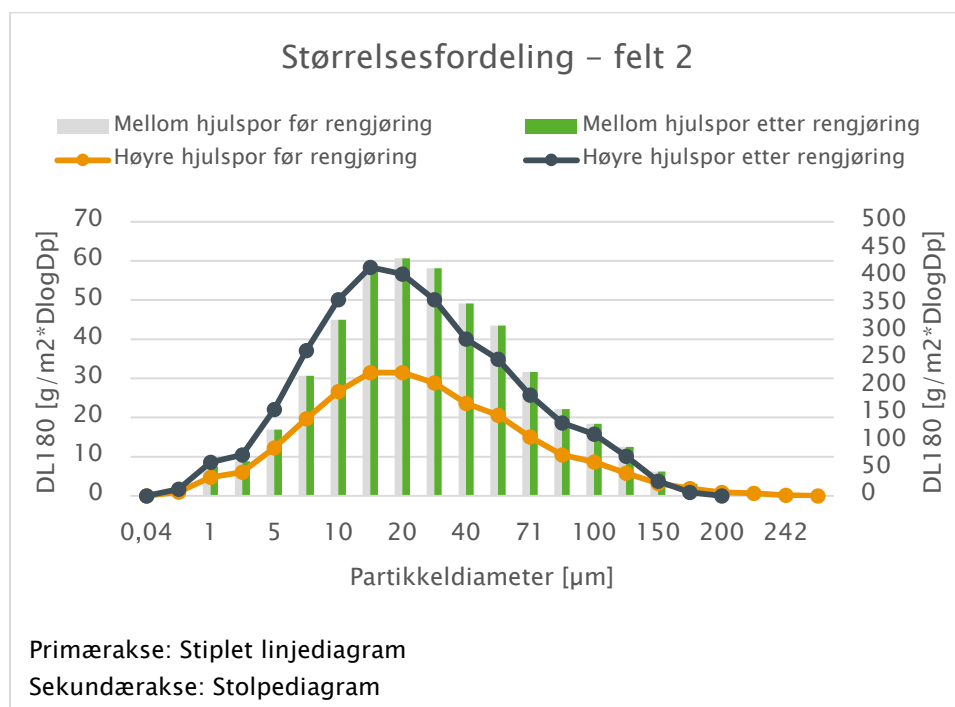
Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst i de nedre fraksjonsområdene. Høyre hjulspor har litt større tetthet av partikler ved finere partikkelfraksjoner enn inntil kant. Inntil kant øker tettheten av partikler i de fineste fraksjonene. Det vil si at spylebommen og sidedysen fjerner partikler i de grovere fraksjonene best ($<180 \mu\text{m}$). I høyre hjulspor og mellom hjulspor minker partikkeltettheten i de finere partikkelfraksjonene etter rengjøring. Inntil kant er partikkeltettheten størst ved $28 \mu\text{m}$ før rengjøring og ved $20 \mu\text{m}$ etter rengjøring. I hjulspor og mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved $15 \mu\text{m}$ både før og etter rengjøring.



Figur 45: Størrelsesfordeling - felt 1

Felt 2: Johnston C401

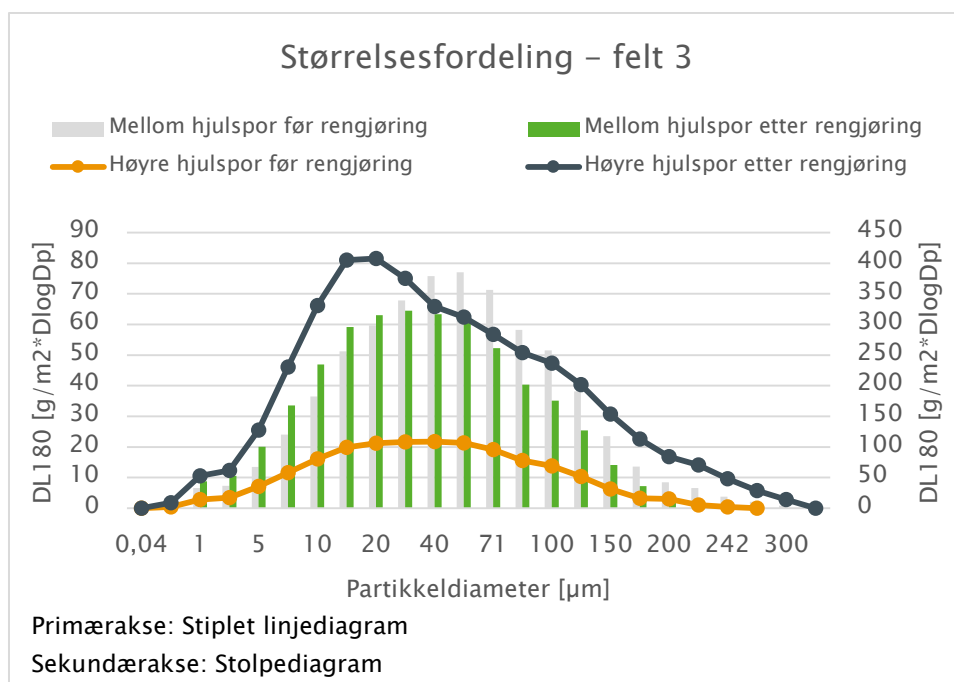
I høyre hjulspor er fordelingen av partiklene relativ lik før og etter rengjøring, selv om det tilføres partikler til høyre hjulspor under rengjøring. Størst partikkeltetthet er ved 15 μm både før og etter rengjøring i høyre hjulspor. Mellom hjulspor øker partikkeltettheten i de fineste partikkelfraksjonsområdene etter rengjøring, i de grovere fraksjonsområdene er tettheten av partikler minimalt endret etter rengjøring. Det vil si at det er tilført partikler i de fineste fraksjonsområdene. Den største partikkeltettheten ligger på 20 μm både før og etter rengjøring mellom hjulspor.



Figur 46: Størrelsesfordeling – felt 2

Felt 3: Macro M60

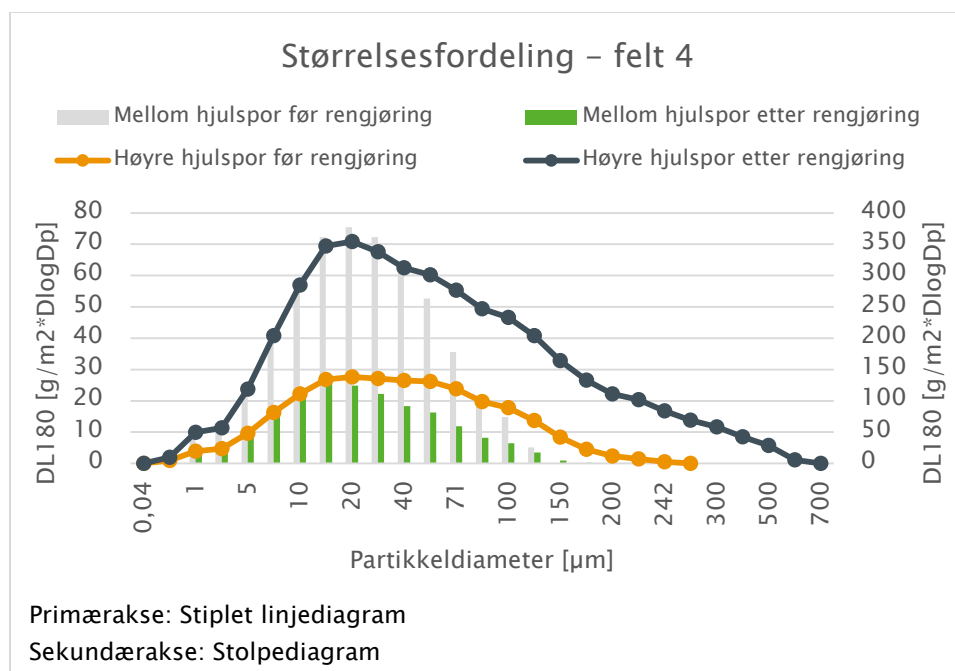
Både i høyre hjulspor og mellom hjulspor øker partikkeltettheten i de fineste fraksjonsområdene mens de minker i de grovere partikkelfraksjonen etter rengjøring. Siden partikkelmengden øker i høyre hjulspor etter rengjøring betyr dette at de tilføres flest partikler til hjulsporet i de fineste fraksjonsområdene. Partikkeltettheten før rengjøring er størst ved 40 μm , etter rengjøring er den størst ved 20 μm i høyre hjulspor. Mellom hjulspor minker partikkelmengden etter rengjøring. Rengjøringen fjerner flere partikler i de grovere fraksjonsområdene enn i det finere. Før rengjøring mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 50 μm , etter rengjøring er den størst ved 28 μm .



Figur 47: Størrelsesfordeling – felt 3

Felt 4: Beam S på 1. overfart og Macro M60 på 2. overfart

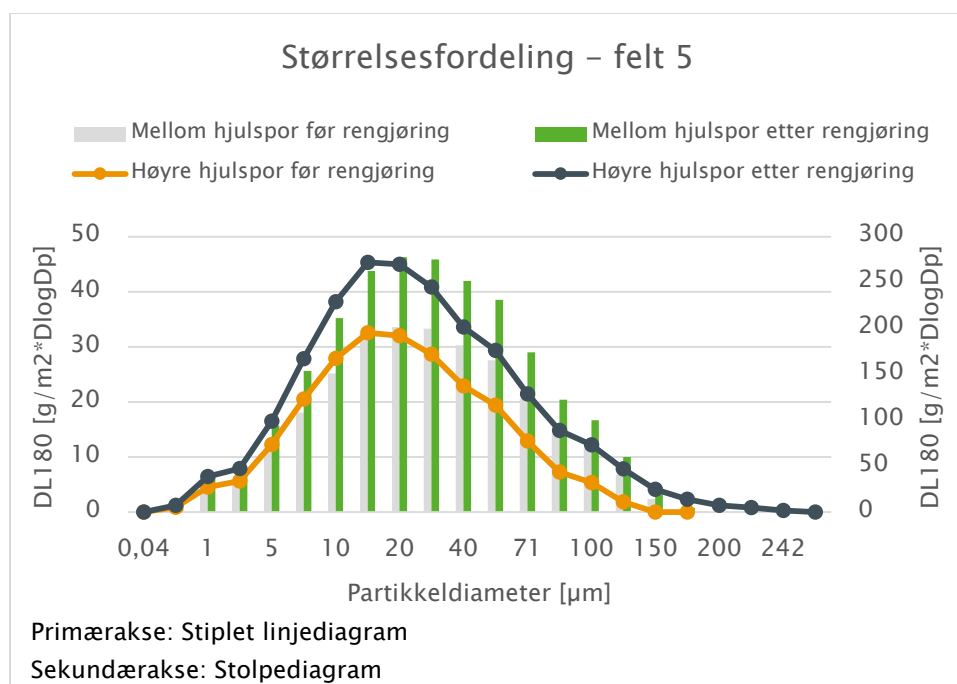
I høyre hjulspor er partikkeltettheten relativt lik før og etter rengjøring. Det er noe større partikkeltetthet ved de grovere fraksjonsområdene. Det har derfor blitt tilført flest partikler i de grove fraksjonsområdene under rengjøringen. Mellom hjulspor øker partikkeltettheten i de finere fraksjonsområdene etter rengjøring. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 20 μm både før og etter rengjøring. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 20 μm før rengjøring, og ved 15 μm etter rengjøring.



Figur 48: Størrelsesfordeling – felt 4

Felt 5: DisaClean

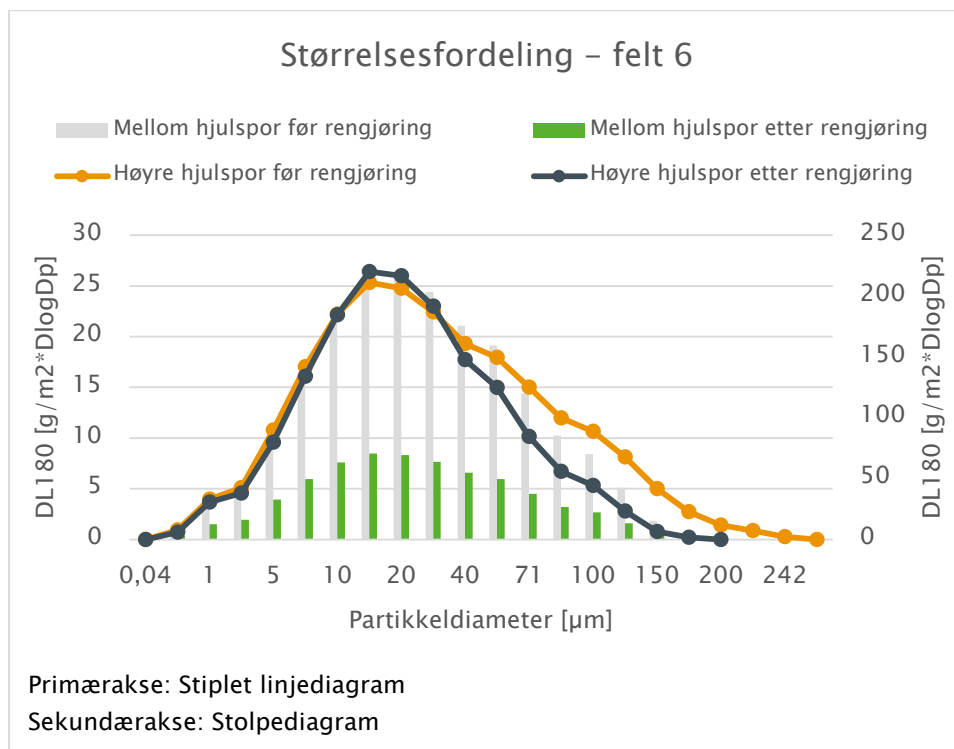
Partikkeltettheten er størst ved 15 μm både før og etter rengjøring i høyre hjulspor. Partikkeltettheten er større i de fineste fraksjonsområdene før rengjøring enn etter rengjøring, mens etter rengjøring er tetthet større i de grovere fraksjonsområdene, fra 50 μm . Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 20 μm både før og etter rengjøring. Fordelingen av partikler i de ulike fraksjonsområdene er relativ lik før og etter rengjøring mellom hjulspor. Det ser derfor tilsynelatende ut til at vakuumsuget til DisaClean har hatt liten effekt når fordelingen av partikler er lik både før og etter rengjøring.



Figur 49: Størrelsesfordeling – felt 5

Felt 6: Beam S på 1. overfart og DisaClean på 2. overfart

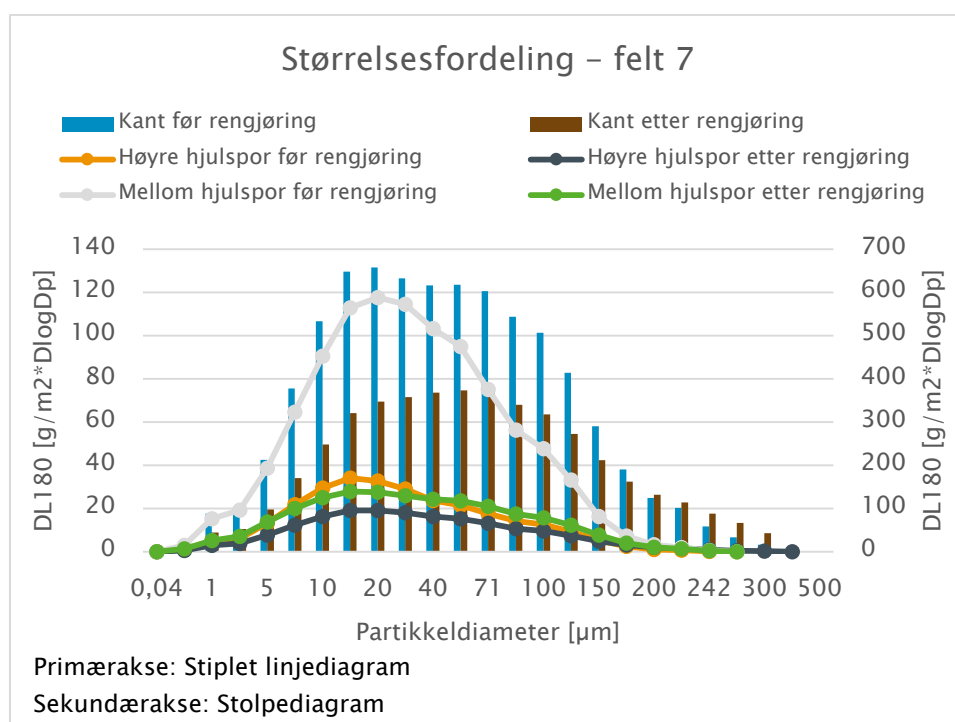
I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten er mindre i så å si alle fraksjonsområder ($<180 \mu\text{m}$) etter rengjøring. Dette betyr at Beam S spylerekke løser de fine partiklene godt før oppsug med DisaClean. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 20 μm før rengjøring og ved 15 μm etter rengjøring. Partikkeltettheten er større i de fineste fraksjonsområdene etter rengjøring enn før rengjøring. Partikkeltetthet er større til og med 10 μm , og lavere etter dette. DisaClean får ikke sugd opp partiklene i de fineste partikkelfraksjonene like godt som de i de større fraksjonsområdene mellom hjulspor.



Figur 50: Størrelsesfordeling – felt 6

Felt 7: Beam Kjelsberg

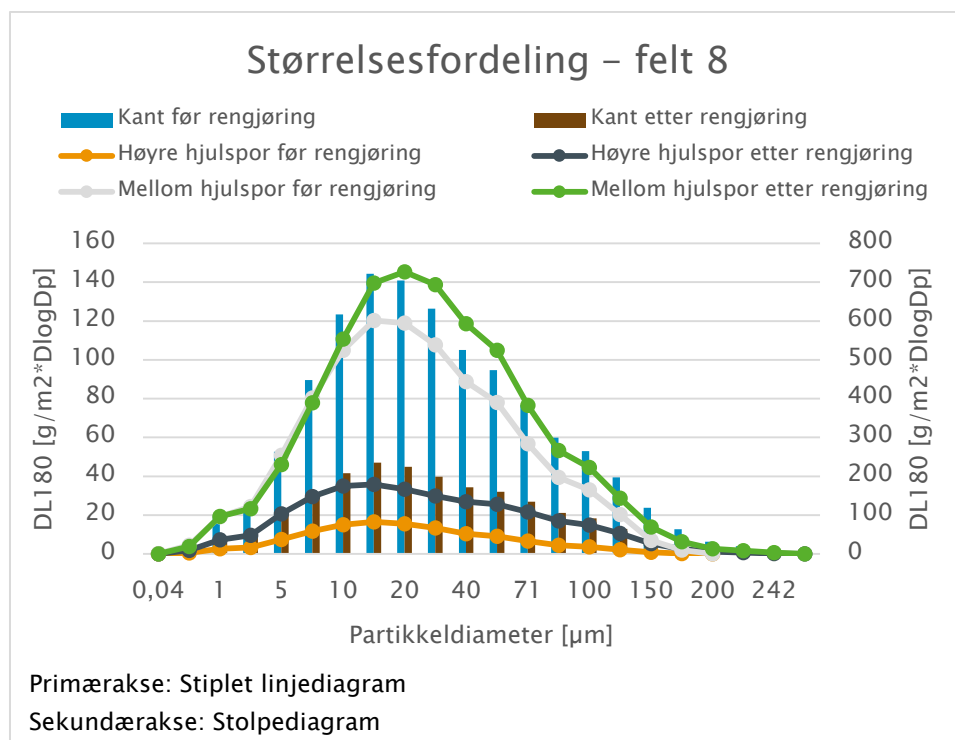
Inntil kant er partikkeltettheten størst ved 20 μm . Etter rengjøring er den størst ved 50 μm . Partikkeltettheten minker i de fineste fraksjonsområdene ($\leq 40 \mu\text{m}$) etter rengjøring inntil kant. Det betyr at sidedysen til Beam Kjelsberg fjerner partiklene i de fineste fraksjonsområdene bedre enn partiklene i grovere fraksjonsområder. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten minker etter rengjøring i de fineste fraksjonsområdene og øker i de grovere partikkelfraksjonene. Beam Kjelsberg med RotorClean og spylebom fjerner partikler i de fineste fraksjonsområdene best, men fjerner generelt partikler i hele fraksjonsområdet ($<180 \mu\text{m}$) godt. Partikkeltettheten mellom hjulspor er størst ved 20 μm før rengjøring og ved 15 μm etter rengjøring. Fra 10 μm til og med 71 μm er partikkeltettheten lavere etter rengjøring enn før rengjøring. I de andre fraksjonsområdene er partikkeltettheten større etter rengjøring.



Figur 51: Størrelsesfordeling – felt 7

Felt 8: ValAir

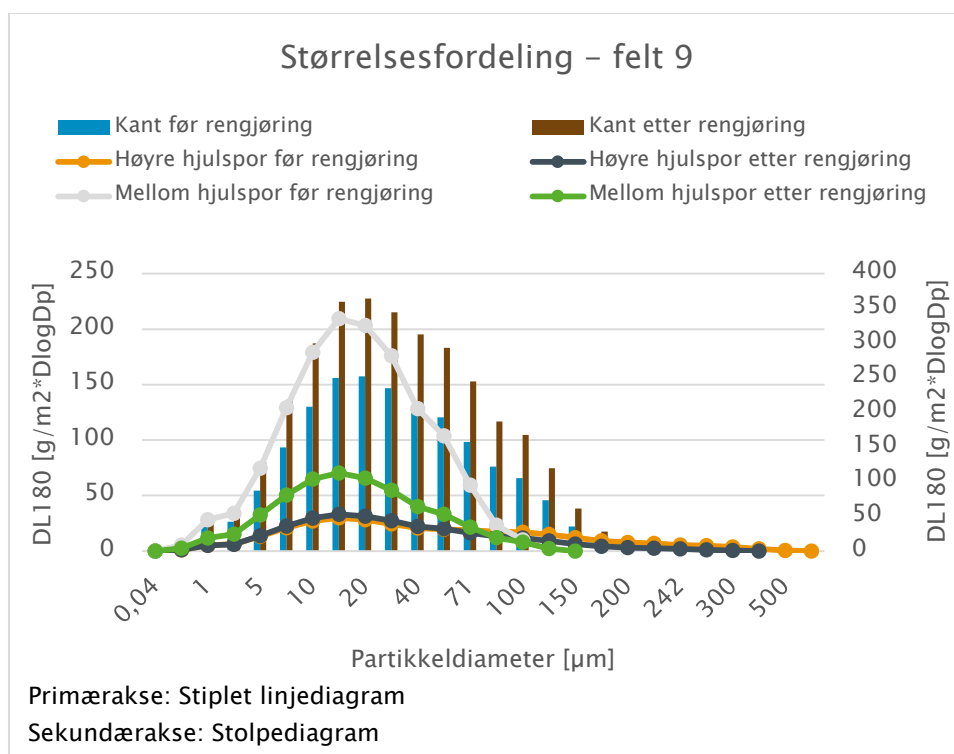
Partikkeltettheten er størst ved 15 μm både før og etter rengjøring inntil kant. Partikkeltettheten minker midt i fraksjonsområdet, og det er her finstoffmengden reduseres mest inntil kant. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partiklene fordeler seg relativt likt før og etter rengjøring i de ulike fraksjonene. Partikkeltettheten minker mest midt i fraksjonsområdet. Partikkeltettheten øker noe i de grove fraksjonsområdene etter rengjøring, og økning i finstoffmengde etter rengjøring i høyre hjulspor kommer fra partikler i de grove partikkelfraksjonene. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm før rengjøring og ved 20 μm etter rengjøring. Finstoffmengden øker etter rengjøring og partiklene som tilføres mellom hjulspor under rengjøring ligger i det grove fraksjonsområdet. Partikkeltettheten mellom hjulspor minker i de fine partikkelfraksjonene.



Figur 52: Størrelsesfordeling – felt 8

Felt 9: ValAir

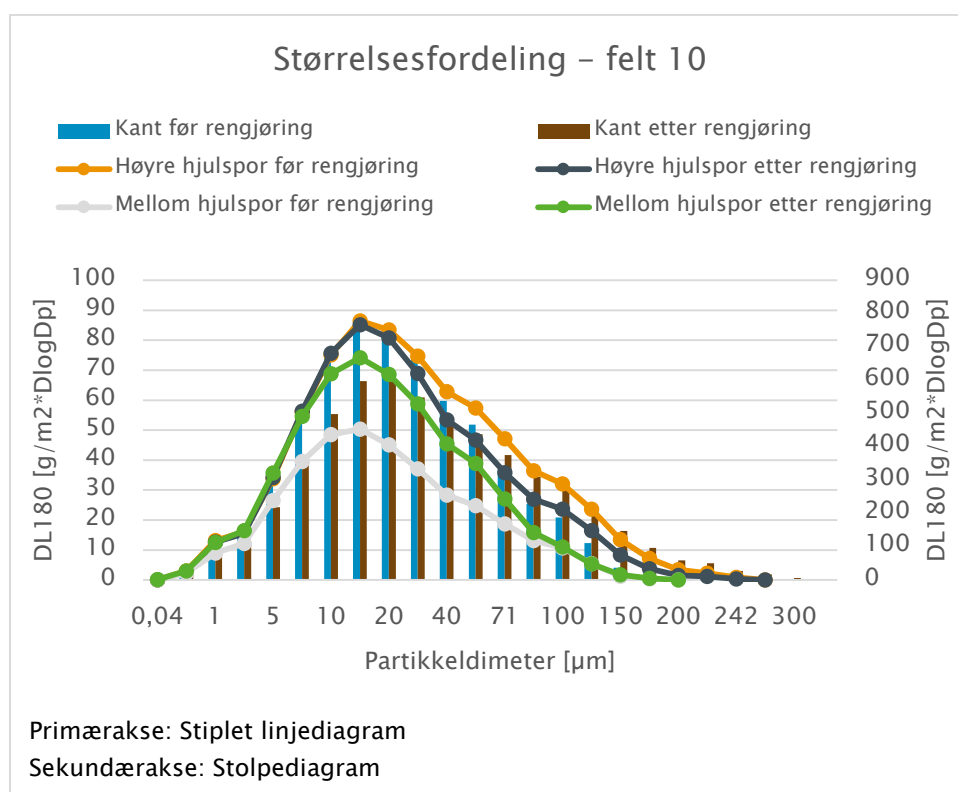
Partikkelmengden øker etter rengjøring inntil kant i felt 9. Partikkeltettheten er relativ lik før og etter rengjøring. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Tettheten av partikler minker i de grove fraksjonene etter rengjøring og det er partiklene i disse fraksjonene ($\geq 71 \mu\text{m}$) som fjernes under rengjøring i høyre hjulspor. Mellom hjulspor er også partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partiklene større enn 15 μm er de partiklene som fjernest best under rengjøringen.



Figur 53: Størrelsesfordeling – felt 9

Felt 10: ValAir

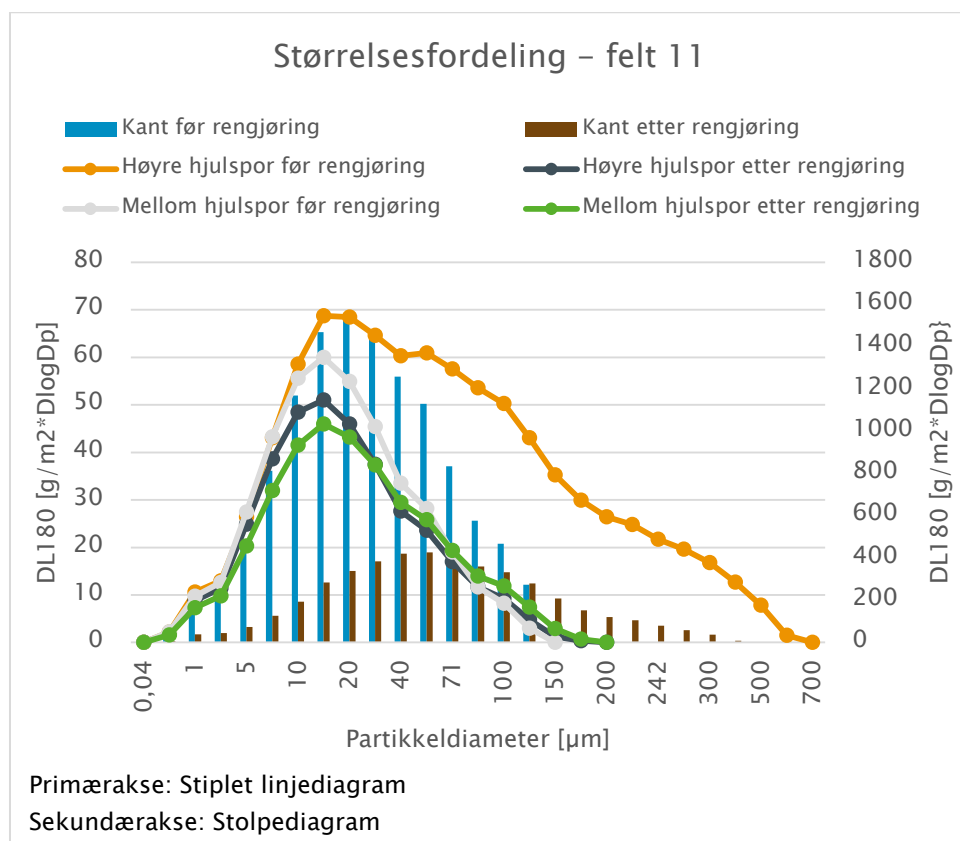
Inntil kant er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten øker for partikler større enn 40 μm etter rengjøring, og minker for partiklene mindre enn 40 μm . Det betyr at partikler mindre enn 40 μm fjernes mer effektivt enn partiklene som er større. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten minker for partikler over 28 μm og øker for partiklene som er mindre enn dette. Det betyr at av finstoffmengden er det partiklene i de grove fraksjonsområdene som fjernes best under rengjøring i høyre hjulspor. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkelmengden øker i felt 10 mellom hjulspor etter rengjøring. Partiklene fordeler seg relativt likt både før og etter rengjøring, men har noe større tetthet midt i fraksjonsområdet rundt 15 μm til og med 50 μm etter rengjøring. Det er partikler i denne størrelsen det tilføres mest av mellom hjulspor under rengjøring.



Figur 54: Størrelsesfordeling – felt 10

Felt 11: ValAir

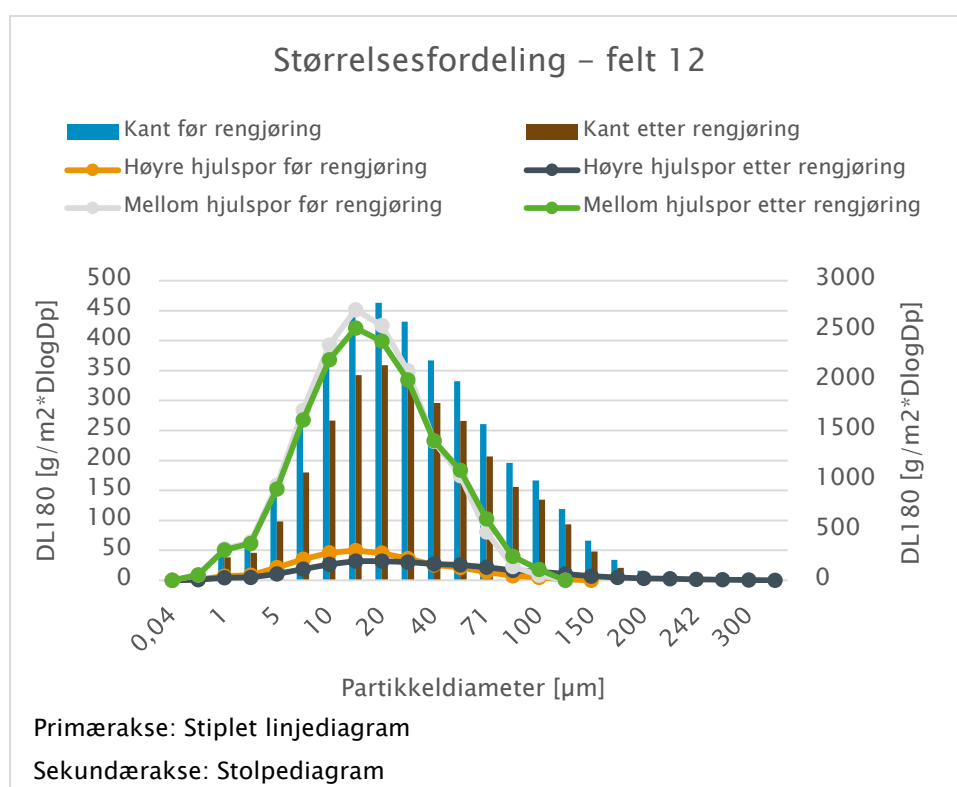
I felt 11 minker partikkelmengden inntil kant, i høyre hjulspor samt mellom hjulspor etter rengjøring. Partikkeltettheten er størst inntil kant ved 20 μm før rengjøring og ved 50 μm etter rengjøring. Partikkeltettheten minker i de fineste fraksjonsområdene $<40 \mu\text{m}$, og øker i fraksjonsområdene over dette. Sidedysen fjerner de minste partiklene beste inntil kant. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten er øker i de fineste fraksjonsområdene fra partikler mindre enn 28 μm , og minker fra partikler større eller lik 28 μm . Spylerekken med oppsug fjerner derfor partikler i de grove fraksjonsområdene bedre enn partikler i de fine fraksjonsområdene i høyre hjulspor. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten minker i de fineste fraksjonsområdene mellom hjulspor, og øker for partikler større enn 28 μm . Mellom hjulspor fjerner spylerekken med oppsug partiklene i de minste fraksjonene bedre enn partiklene i de grove fraksjonsområdene.



Figur 55: Størrelsesfordeling – felt 11

Felt 12: ValAir

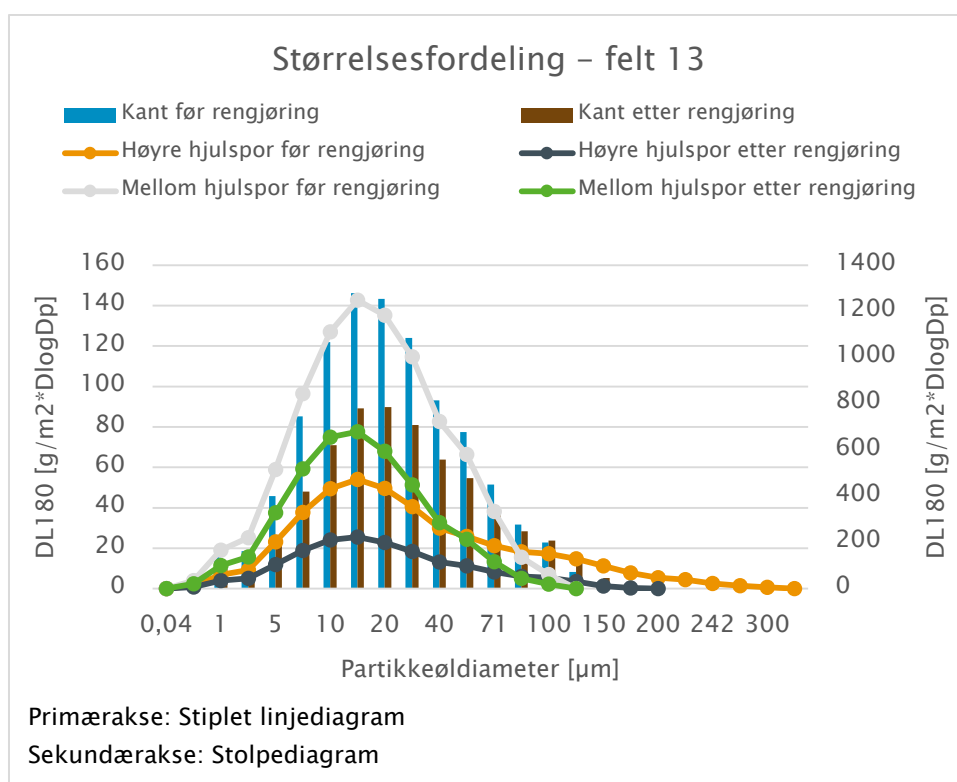
Finstoffmengden minker inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor etter rengjøring av felt 12. Inntil kant er partikkeltettheten størst ved 20 μm både før og etter rengjøring. Partiklene inntil kant fordeler seg relativt likt i de ulike fraksjonsområdene både før og etter rengjøring. Det vil si at spylebommen fjerner finstoffet inntil kant like godt i alle fraksjonsområdene under rengjøring. Partikkeltettheten i høyre hjulspor er størst ved 15 μm før rengjøring og ved 20 μm etter rengjøring. Partikkeltettheten minker i de finere fraksjonsområdene og øker fra partikler større enn 20 μm etter rengjøring i høyre hjulspor. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partiklene fordeler seg relativt like både før og etter rengjøring i de ulike fraksjonsområdene.



Figur 56: Størrelsesfordeling – felt 12

Felt 13: ValAir

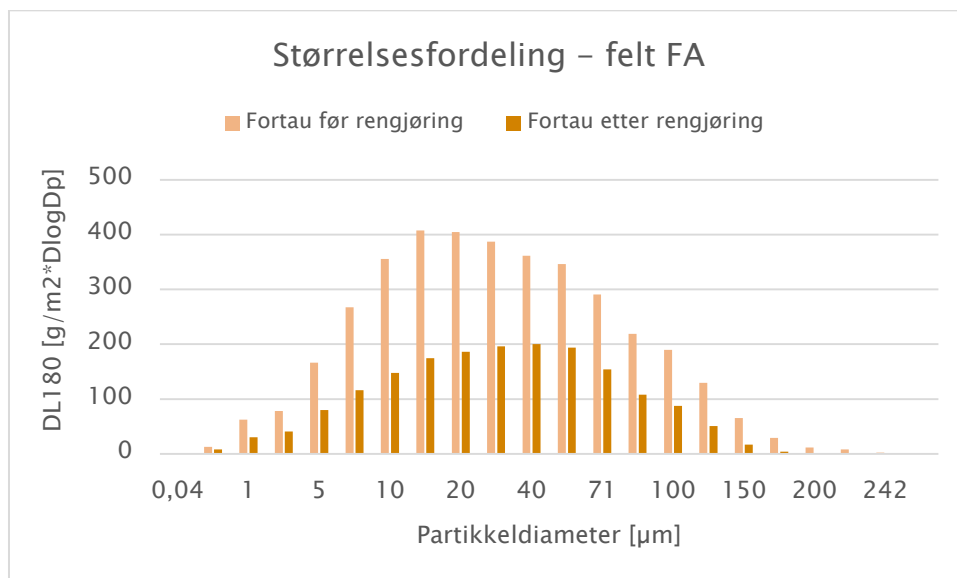
I felt 13 minker finstoffmengden etter rengjøring inntil kant, i høyre hjulspor og mellom hjulspor. Partikkeltettheten inntil kant er størst ved 15 μm før rengjøring og ved 20 μm etter rengjøring. Partikkeltettheten minker for partikler mindre enn 28 μm etter rengjøring og øker for partikler større enn 28 μm . Sidedysen fjerner partiklene i de finere fraksjonsområdene best inntil kant. I høyre hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten øker for partikler mindre enn 40 μm etter rengjøring. ValAir i felt 13 fjerner partiklene i det grove fraksjonsområdet for finstoffet best i høyre hjulspor under rengjøring. Mellom hjulspor er partikkeltettheten størst ved 15 μm både før og etter rengjøring. Partikkeltettheten er større i de finere fraksjonsområdene og mindre i de grove etter rengjøring mellom hjulspor.



Figur 57: Størrelsesfordeling – felt 13

Felt FA: ValAir spylebom

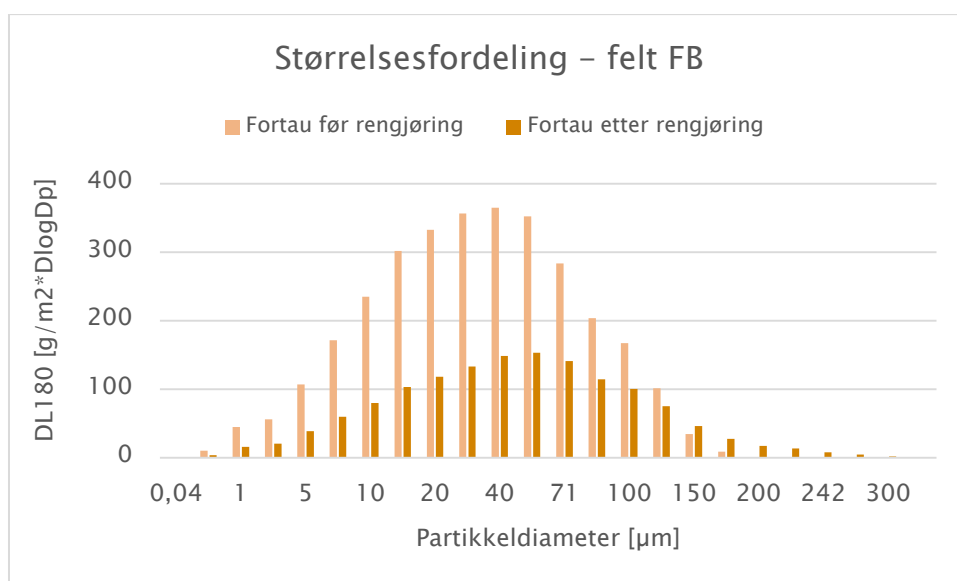
Finstoffmengden minker etter rengjøring med ValAir spylebom på fortau. Partikkeltettheten er størst mellom 15 og 20 μm før rengjøring og ved 40 μm etter rengjøring. Spylebommen har ingen klar trend på hvilke fraksjonsområder partikkeltettheten minker eller øker, men øker og minker fra fraksjon til fraksjon.



Figur 58: Størrelsesfordeling – felt FA

Felt FB: Trondheim bydrifts spylearm

Rengjøring med Trondheim bydrifts spylearm minker finstoffmengden etter rengjøring. Partikkeltettheten er størst ved 40 μm før rengjøring og 50 μm etter rengjøring. Etter rengjøring øker partikkeltettheten i de grovere fraksjonsområdene fra 50 μm , og minker i fraksjonen under dette.



Figur 59: Størrelsesfordeling – felt FB

Laboratorieanalyse

Laboratorieanalysen ble gjennomført på Statens vegvesen sitt laboratorium i Trondheim. Prøveflaskene ble først veid, så siktet på 0,180 mm for å fjerne grovstøvet. Materialet < 0,180 mm ble filtrert på askefritt filter, tørket, veid og glødet. Etter gløding ble partikkelstørrelsesfordelingen til materialet < 0,180 mm bestemt med laserpartikkelteller.



Figur 60: Prøveflasker (Foto: Inga-Loise Sætermo Veivåg)

Forberedelser

- Alle prøvene ble satt i kjøleskap etter prøvetakingen for å unngå groforhold.
- Petriskåler ble nummerert i forhold til prøvenavn/nummer.
- Askefritt filterpapir tilsvarende 2 ganger prøveantallet ble lagt i en petriskål i eksikator i minst 1 time før veiing.
- To filter per prøve ble veid, for å unngå at det ble for mye partikler per filter under filtrering. Mye partikler på filteret vil føre til at filtratet vil inneholde partikler og filtrering må gjøres om igjen. Begge filtrene ble lagt i merket petriskål.
- Merkede digler ble skylt med destillert vann. Diglene ble satt i eksikator i minimum 1 time.
- Diglene ble veid på en vekt med 4 desimaler etter at de hadde stått i eksikator. Vekt ble notert. Diglene settes tilbake i eksikator etter at de har blitt veid.

Analyse

Innveiing av prøvene

- Alle prøveflaskene ble veid på vekt med ett desimal. Prøveflasken ble veid uten kork. Vekten på alle prøvene ble notert ned. Prøvene ble satt tilbake i kjøleskapet til sikting.

Sikting av prøvene

- Før siktingen startet ble en bøtte med lik diameter som siktet satt på vekten. Vekten ble nullstilt med bøtten på.
- Alle prøvene ble ristet godt og siktet gjennom en 180 µm sikt. Sikten ble skylt med destillert vann ved behov.
- Bøtten med siktet prøve ble satt på vekten og vekten ble notert ned.
- Siktete prøver ble overført tilbake til prøveflasken, ved hjelp av en trakt. Prøvene ble satt i kjøleskap til filtreringen.
- Sikten ble lagt i ultralydbad når siktingen av prøvene var ferdig for rengjøring.



Figur 61: Sikting på 180 μm og veiing (Foto: Ida Ulvik Rønningen og Inga-Loise Sætermo Veivåg)

Filtrering

- Filteringsoppsatsen med buchnertrakt og tilhørende filteringskolber ble satt opp. Slangene fra pumpen ble koblet til kolbene.
- Filterpapirene ble lagt i buchnertrakten og fuktet med destillert vann, for å unngå luftbobler.
- Alle prøvene ble filtrert på to filter. Hvis prøven inneholdt stor mengde partikler ble ytterligere filter benyttet. Hvis filtratet inneholdt partikler ble dette filtrert på nytt.
- Filter ble tatt opp med pinsett og lagt tilhørende petriskål igjen. Det ble revet av en del av filteret for å få med seg partikler langs kanten på buchnertrakten.
- Filtrat ble helt ut i vasken etter filtrering. Buchnertraktene og kolber ble vasket med destillert vann mellom hver filtrering.
- Petriskåler med filter ble satt i varmeskap på 60 °C i minimum 6 timer til tørking.
- De tomme prøveflaskene ble satt i varmeskap på 60 °C til tørking. Deretter ble de veid og vekten ble notert ned.



Figur 62: Filtrering og tørking av filterpapir (Foto: Inga-Loise Sætermo Veivåg)

Forbrenning

- De tørkede filterpapirene ble veid etter tørking.
- Filter ble ført tilbake i petriskål for deretter i digel. For å ikke miste partikler ble filter brettet i petriskål. Det ble benyttet en kost for å få med seg partikler som lå igjen i petriskålen.

- Det ble satt lokk på diglene. Deretter ble de satt i forbrenningsovnen i 6 timer på 550 °C.
- Etter forbrenning og avkjøling ble dinglene satt i eksikator i 2 timer før innveiing.
- Diglene ble veid uten lokk og vekt ble notert.
- Diglene med prøve ble tatt vare på til analyse av størrelsesfordeling.



Figur 63: *Veiling og gløding av filterpapir (Foto: Inga-Loise Sætermo Veivåg)*

Størrelsesfordeling

- Etter forbrenning av prøvene ble det kjørt analyse for å se på størrelsesfordelingen til alle prøvene. Dette ble gjort med instrumentet «Particle Size Analyzers 1190». En liten del av prøven ble analysert. Størrelsesfordelingen ble kjørt på programmet «Mie» som passer best til analyse på små partikler. Partikkeltelleren har ultralydstråling slik at prøvene ble bra oppløst i vannet.



Figur 64: *Analyse av partikkelstørrelsesfordeling (Foto: Inga-Loise Sætermo Veivåg)*

Vedlegg 3: Måling av lydnivå og vibrasjon

Regelverk og vurderingsforhold for lydnivå og vibrasjoner

Regelverket omkring vurdering av vibrasjoner ble innført i Norge i 2005. Ved restrukturering av arbeidsmiljøregelverket, gjeldende fra 01.01.2013, ble kravene til lydnivå og vibrasjonsnivå lagt inn i Forskrift om tiltaks- og grenseverdier kap. 2 og 3.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358?q=tiltaks%20og%20grenseverdier>

Lydnivå

For lydnivå er regelverket delt inn etter arbeidsoppgaver, hvor krav til konsentrasjon og kommunikasjon er viktige elementer. Tungt transportutstyr om lastebiler har tradisjonelt vært plassert i den høyeste kategorien (III), men med stadig mer styringsverktøy for sjåfør kan man også argumentere for at det er relevant å plassere dem i kategori II.

For kategori II gjelder forskriften § 2-1 b) med tiltaksverdi som timesmiddel på maksimalt 70 dB.

For kategori III er tiltaksverdien 80 dB, og skal beregnes som et middel over 8 timer. For vurdering mot grenseverdi skal effekten av påbudt hørselvern tas med, og grensen er da 85 dB som 8 timers gjennomsnitt. Disse kravene er satt for å beskytte den ansattes hørsel.

For alle kategoriene gjelder at det skal arbeides for å reduseres lydnivået til minst 10 dB under tiltaksverdien.

www.arbeidstilsynet.no/regelverk

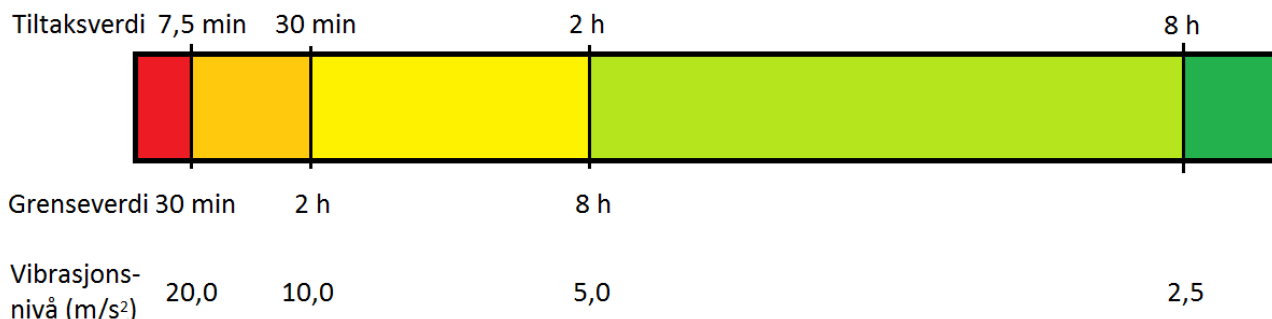
Vibrasjon

For helkroppsvibrasjon tillates et vibrasjonsnivå på 1,1 m/s² over en periode på 8 timer (grenseverdi). Tilsvarende tiltaksverdi er 0,5 m/s². Helkroppsvibrasjoner kan ha uheldige akutt-effekter som kvalme, søvnighet og vondt i ryggen, men er ikke kjent for å gi varige skader. Effekter av helkroppsvibrasjoner sidestilles derfor ikke med yrkessykdom.

For hånd-armvibrasjoner tillates vibrasjonsnivå på 5,0 m/s² over en periode på 8 timer (grenseverdi). Tilsvarende tiltaksverdi er 2,5 m/s². Blant kjente helseeffekter er Reynaulds syndrom (hvite fingre, likfingre), carpal tunel syndrom og nerveskader. Dette er skader som også ses langt under tiltaksverdien, og i prinsippet ikke har en nedre faregrense. Risikoen blir imidlertid mindre og mindre med lavere verdier. Slike skade sidestilles med yrkessykdom.

Det er viktig å merke seg at siden dette er en dose-basert grenseverdi, kan man ikke bruke noe vibrerende utstyr resten av dagen når grenseverdien er nådd. Utstyr med kort tillatt brukstid må derfor påregnes skiftet ut. I lys av dette er vibrasjonsdata viktige for å vurdere arbeidsforholdene i bilene.

Sammenhengen mellom tiltaksverdi og grenseverdi kan illustreres som i Figur 65. For hånd-arm-vibrasjon er det alltid en faktor 4 mellom når tiltaksverdi og grenseverdi nås. For helkroppsvibrasjon er tilsvarende faktor 4,84. Fargeskalaen er et eksempel på vurderingsskala for slikt utstyr (Tabell 10).



Figur 65: Sammenheng mellom når tiltaksverdi og grenseverdi for hånd-arm-vibrasjon nås ved forskjellige vibrasjonsnivå

Tabell 10: Eksempel på vurderingsskala for utstyr med gitt vibrasjonsnivå, benyttet i Figur 65.

Høyrodt	Tiltaksverdi nås innen 7,5 min, grenseverdi innen 30 minutter: Utstyret bør kasseres/ byttes ut. I noen tilfeller er reparasjon aktuelt.
Oransje	Tiltaksverdi nås innen 30 minutter, grenseverdi innen 2 timer: Utstyret må vurderes opp mot total brukstid. Ved brukstid over 30 minutter bør annet utstyr med mindre vibrasjon skaffes. Det må tas pauser slik at eksponeringen ikke kommer i en bolk
Gult	Tiltaksverdi nås innen 2 timer, grenseverdi i løpet av 8 timer. Vær obs på helseeffekter, og ta pauser, bytt på oppgavene slik at man ikke står konstant hele dagen. Ved brukstid over 2 timer bør annet utstyr med mindre vibrasjon skaffes.
Grønt	Tiltaksverdi nås et sted mellom 2 og 8 timer. Grenseverdi overskrides ikke i løpet av 8 timer. Nytt utstyr bør minimum ligge her.
Mørkegrønt	Kan brukes mer enn 8 timer uten at tiltaksverdien nås

Vedlegg 4: Maskin 1. BEAM S (9–14 m³)

Maskin 1 Beam S er en feiemaskin med hydrostatisk drift, og som har feiesystem midt på bilen samt bredsug og spyling bak på bilen.

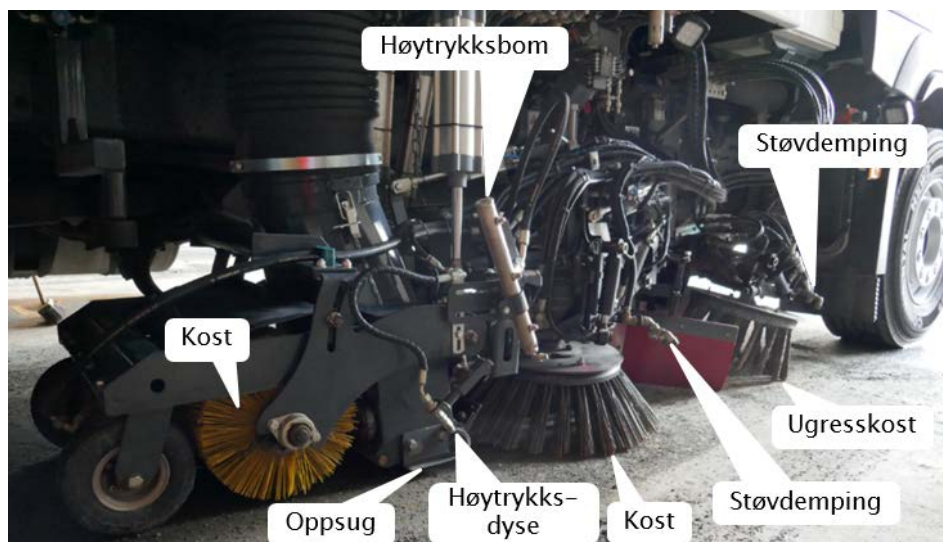


Figur 66: Maskin 1 Beam S (Foto: Brynhild Snilsberg)

Midtsystem

Midtsystemet består av:

- Kost under bilen (midtkost) med støvdemping (lavtrykksbom foran kosten med 6 dyser) og høytrykksbom bak kost
- 2 sidekoster på høyre side (sidekost og «ugresskost» bak høyre forhjul) med støvdemping (3 lavtrykksdyser på hver kost)
- Oppsug med sidekost bak sugehodet (som er på høyre side). Høytrykksbom bak sugehode.
- 1 høytrykksdyse (på høyre side)
- Sidebom med 4 høytrykksdyser som kan slås ut/inn hydraulisk ved sugehodet. Denne er litt skråstilt for å lede vannet mest mulig inn mot sugehodet for best oppsug.
- Ingen koster, dyser og oppsug på venstre side



Figur 67: Midtsystem, høyre side (Foto: Brynhild Snilsberg)

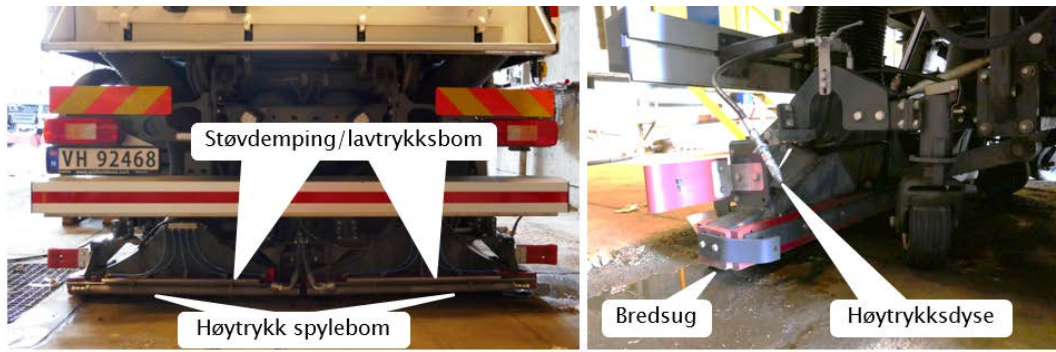


Figur 68: Midtkost med støvdemping, bilde tatt fra venstre side (Foto: Brynhild Snilsberg)

Baksystem

Baksystemet består av:

- Bredsug bak siste aksel for oppsug i hele bilens bredde
- Kantsteinsdyse (høytrykk) på høyre side
- 2 høytrykksbommer bak bredsug med bredstråledyser, 0–175 bar. Hver bom har 8 dyser som er rettet nedover samt 1 dyse ytterst, totalt 18 dyser.
- 2 lavtrykksbommer bak bredsug med dyser for støvdemping. Hver bom har 5 dyser, dvs. totalt 10 dyser.



Figur 69: Baksystem med bredsug, høytrykkspyling og støvdemping (Foto: Brynhild Snilsberg)

Vedlegg 5: Maskin 2. Johnston C401



Figur 70: Maskin 2 Johnston C401

Nøkkelspesifikasjoner

**C401 4,3m³
kompaktmaskin**

Oppgradert design
førerhytte:

Ny romslig og oppdatert førerhytte med gjennomgang. Økt utsikt, inkl. til fronten av sugehode og mulighet for å sette inn et 3. sete.

Styring:

C401 blir levert med 4-hjulsstyring som standard, og med en svingradius på 2950mm som er helt i toppen av klassen

Høy ytelse:

Fremragende luftgjennomstrøming og sugekapasitet med et **sugehode på 850mm**. Tilfredsstillende EURO 6 utslippskrav ihht. direktiv 205/55/EC. PM10 sertifisert. Maksimum utvendig støy, 3m ved full ytelse: 106dBA.

Børster:

Frontmonterte børster gir meget god rekkevidde og manøvrering av disse under f.eks. biler, benker og andre hindringer. Idéell for soping i 90° hjørner og blindgater.

Basiskonfigurasjon:

CN401 leveres med 4-hjulsstyring som standard.

Motor:	FPT (Iveco) NEF 46 ENT EURO 6, 118kW Common rail direct injection med turbo.
Beholder:	Konstruert i rustfritt stål, grad 1.4003. Kraftige viftehjul.
Språk:	Norsk brukerveiledning og verkstedshåndbok.
Førerhytte:	Meget god oversikt ut og oversiktlig førerhytte, oppvarmet frontrute, 2-trinns vindusvisker, luftfjæret fører sete, armlene, 3-punkts sikkerhetssele, oppvarmede sidespeil, ryggealarm.
Fjæring, bremses og hjul:	Spiralfjæring med dempere i front, og blad fjæring bak. Skivebrems og dimensjon 245/70 R19,5 på alle hjul.
Også inkludert:	Farge - hvit (beholder og førerhytte), grå (ramme) Overvektindikator Sugemunnstykke, sideforskyvelig - hjul og løft for sug av store gjenstander Styring - hydraulisk Transporthastighet - 50 km/t
Valgte opsjoner:	<ul style="list-style-type: none"> • Varsellys, topp, foran og bak • LED arbeidslys • Høytrykk - Peak 28l/min @ 100bar, m/15m slange • Automatisk sentral smøring • Ryggekamera • Klimaanlegg • DAB-radio (monteres av Veima.s) m/bluetooth (blåtann) • Verktøysett, brannslukningsapparat og ekstra nøkler • Dyser inne i beholder for enkel rengjøring bak gitter (kobles til ekstern slange) • Hydraulisk justering av vinkling høyre kost • Vulking av sugeslange, rør og plate • 3. kost frontmontert for større rekkevidde m/hurtigkoblinger for lett montering/demontering • Mekanisk løft/senk av løvrist (enkel rengjøring)



C401

Medium størrelse feiemaskin



Den mellomstore feiemaskinen for de store oppgavene

Johnston C401. En mellomstor feiemaskin tilgjengelig i 10,500kg eller 7,500kg utførelse som kombinerer det beste fra to verdener; like lett å manøvrere som en kompakt feiemaskin kombinert med like stor sugekapasitet som en feiemaskin basert på lastebilchassis – en ideell kombinasjon for feiing i bynære områder der stor kapasitet på feiebeholder samt kompakt design og størrelse er like viktig.

MOTSATT SIDE
Firehjuls styring

TOPPEN
Klart glass i gulvet, for god oversikt

MIDTEN
En tredje passasjerstol kan monteres som ekstrautstyr

NEDERST
Ryggekamera med skjerm som vises på JVM displayet. Ekstrautstyr.



Førerhus og komfort

Johnston Sweepers er konstruert for å gi høy produktivitet. Vi mener at førerkomfort er direkte relatert til produktivitet og effektiv jobbing. Derfor har vi utviklet feiemaskinen for produktivitet og gitt den et design som gir både førerkomfort og enkel betjening.

C401 feiemaskinens førerhus er preget av god plass, store og brede ruter som gir god sikt, god plassering av betjeningsorganer, god komfort. Vi nevner litt mer av innholdet i førerhuset:

- Luftfjæret førerstol med nakkestøtte og sidestøtte
Oppvarming som ekstrautstyr
- Teleskopisk rattstamme med justerbar vinkel på ratt
- Servostyring
- Fjæring som på en vanlig bil
- Oppvarmede og tonede ruter
- Cruise-control
- Klart glass i gulvet for god oversikt over feieutstyr
- Integrrert air condition
Ekstrautstyr
- Varmeapparat
- Radio med MP3 spiller
- Skivebrems foran og bak
Hydraulisk parkeringsbrems
- En tredje passasjerstol kan monteres
Ekstrautstyr

JVM System med informasjon på display, informasjon om alle feiefunksjoner; fra motorens turtall og temperatur, til timeteller og distanse som er rengjort, med diagnose, feilmelding og feilretting. Som ekstrautstyr kan det leveres ryggekamera med skjerm bilde som vises på JVM systemets display, når maskinen rygger, eller når den feier.

Et innovativt kraftfordelings system utviklet for å gi den mest effektive fordelingen av motorkraft, bedre drivstofføkonomi og mindre støy / utstlipp.

Armlene med integrert kontrollpanel gir føreren enkel tilgang på knapper og brytere for betjening av feiemaskinen. Denne er enkel å betjene, til og med om med handskene på.

Karosseriet rundt beholderen er laget av 1.4003 rustfritt stål, med en stor gitterbeskyttet vifte som gir maksimal luftgjennomstrømming og sugeseffekt.

Effekt og produktivitet

Johnston C401 er designet og bygget for den høye standarden som kreves for å klare de mest utfordrende kommunale vedlikeholds oppgavene.



Kraftig sugsevne og en nyttelast på opp til 5,000kg med 10,500kg totalvekt (og 2,000kg med 7,500kg totalvekt) kombinert med en patentert 4-hjulsstyring som standard, gir stor kapasitet og smidighet uten kompromiss. Effektiv rengjøring på plasser der det er vanskelig å komme til, selv i trange gater med fotgjengere i arbeidsområdet. Johnston C401 rengjør uten problemer.

Frontbørstene kommer til på vanskelig områder. Enkel styring og betjening av børstene, i tillegg til uovertruffen synlighet av børster og sugemunnstykket, gjør feiing og manøvrerbarhet uslåelig sammenlignet med mindre feiemaskiner.

Med 4.1m³ beholder og resirkulering av vannet (Ekstraustyr) oppnår C401 flere kvadratmeter rengjort areale før det er nødvendig å tømme beholderen. Dette gir økt produktivitet og lavere driftskostnader.

De to frontmonterte børstene er konstruert for enkelt å kunne komme til på vanskelige steder og i hjørner. I tillegg kan dreieretningen på børstene endres (reverseringsknapp) og de to børstene kan svinges mot hverandre. Disse funksjonene gjør at de fleste typer avfall og smuss enkelt fjernes uten behov for en tredje børste.

De to frontbørstene gir den største feiebredden av alle 4m³ feiemaskiner. Johnston C401 strekker seg ut til 2650mm feiebredde med de to frontbørstene og får en rekkevidde som er 815mm på utsiden av det kompakte chassiset. Med uavhengig justerbare børstetrykk og variabel børste hastighet (som standard) vil C401 redusere børsteslitasje i det daglige arbeidet, og gi mulighet for hardere trykk eller høyere turtall der mengden eller konsistens på avfall gjør dette nødvendig.

MOTSATT SIDE ØVERST TIL VENSTRE
Supawash. Ekstraustyr

MOTSATT SIDE ØVERST TIL HØYRE
Rotatilt. Ekstraustyr

MOTSATT SIDE / BUNN VENSTRE
Kontroll panelet

MOTSATT SIDE / BUNN HØYRE
Tredje børste. Ekstraustyr

MOTSATT SIDE
Stor feiebredde, selv uten
en tredje børste



C401 er designet og bygget for å oppnå liten svingradius og har 4-hjulsstyring som standard. Feiemaskinen kan oppnå en svingradius på 2950mm, og nå frem på steder der andre feiemaskiner ikke kommer til.

En demonterbar tredje børste (Ekstrauststyr) øker feiebredden på C401 med 30%, til feiebredde på 3450mm. Den tredje børsten på 1000mm diameter gjør det mulig å feie oppå kanter eller fortauer samtidig som gaten feies. Det kan også monteres en ugressbørste for fjerning av ugress og plantevekster langs fortauskanter eller i ytterkant langs gang og sykkelveier.

Legg til et lett design og en rask lås av styring, og du har overlegne kjøreegenskaper og manøvreringsevne for arbeid på trange og utfordrende plasser.

Johnston C401 leverer på ytelse; med feiehastigheter opp til 16km/t, kombinert med en transporthastighet på opp til 50km/t og hele 2650mm feiebredde. Med Johnston C401 oppnås samme utført arbeidsmengde som det to mindre feiemaskiner gjør på samme tid, men for lavere driftskostnader. Den har kapasiteten til en lastebilmontert feiemaskin, funksjonaliteten til en redskapsbærer og manøvrerbarhet som en kompakt feiemaskin; alt levert i en og samme pakke.



Lav innvirkning på miljøet

Støvdemping

- Tynne stråler av vann fra en tank med rent vann demper støvet fra smuss og avfall. Børstene fører alt av støv og partikler inn til sugemunnstykket.
- Vannet fra vanntanken sprøytes inn i luftstrømmen og sørger for at alt støv og alle partikler er gjennomfuktig før de havner i beholderen. Tre vanddyser sørger for god gjennomfuktig. Disse styres fra førerhuset.
- Når det fuktige avfallet kommer inn i beholderen legger det seg på bunnen og forblir der inntil beholderen er full og må tømmes.
- Dersom resirkulerings system for vann er montert (Ekstrautstyr) vil vannet som er samlet opp filtreres gjennom et spesialkonstruert filter før det igjen kan brukes. På denne måten reduseres vannforbruket og arbeidssyklusen forlenges.

Johnston C401 støvdempings system imøtekommer standarden EUnited PM₁₀ for støvbehandling.

Lavt støynivå

Lavt støynivå i førerhuset (70-74dB(A)) ved maksimum turtall gir en komfortabel arbeidsplass. Ytterligere støyreduksjon er tilgjengelig som ekstrautstyr.



Lave driftskostnader

Innkjøpskostnaden er bare en del av beregningen ved anskaffelse av en feiemaskin. Det er her Jonston 401C gir flere fordeler i konkurransen med andre feiemaskiner.

C401 bygges på Johnston fabrikken i Dorking, England. Den har lavere vedlikeholdskostnader sammenlignet med en feiemaskin montert på lastebilchassis. Med 500 timers serviceintervall på hele feiemaskinen, holdes servicekostnader og ståtid på et minimum.

Feiemaskinen er designet for å takle tøffe miljøer. Johnston C401 har en beholder som er laget av 1.4003 rustfritt stål som beskyttelse mot rust og slitasje.

C401 er designet og bygget for feiing i byer og urbane strøk. Motor og drivverk er tilpasset dette formålet, noe som gir optimal drivstofføkonomi og uovertruffen effektivitet.

- Systemet for resirkulering av vannet (Ekstraustyr) og 825 liters vanntank som standard øker den produktive arbeidstiden for feiemaskinen.
- Kraftig sugevifte med slitesterke vifteblader gir stor sugekraft.
- Tilleggsutstyr for vintervedlikehold kan leveres. Johnston 401C er en multimaskin for helårs drift i vedlikehold. Lett snørydding om vinteren og feiing i sommerhalvåret.
- Johnston som produsent, og Veim as som leverandør i Norge, sikrer god kundeservice og støtte i hele maskinens levetid.

TOPPEN
Arbeidsløs

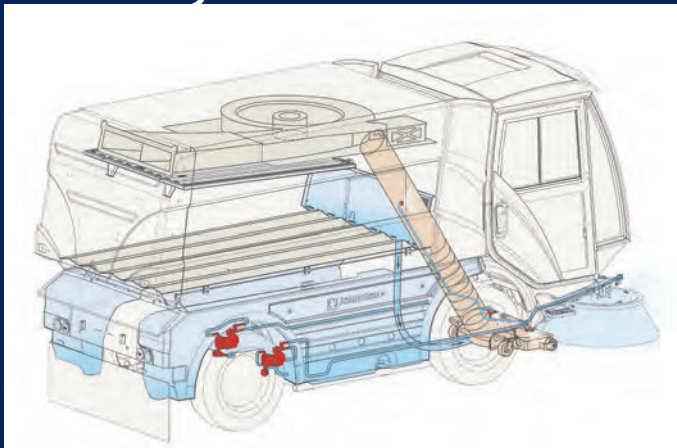
NEDERST
Feiing av løv



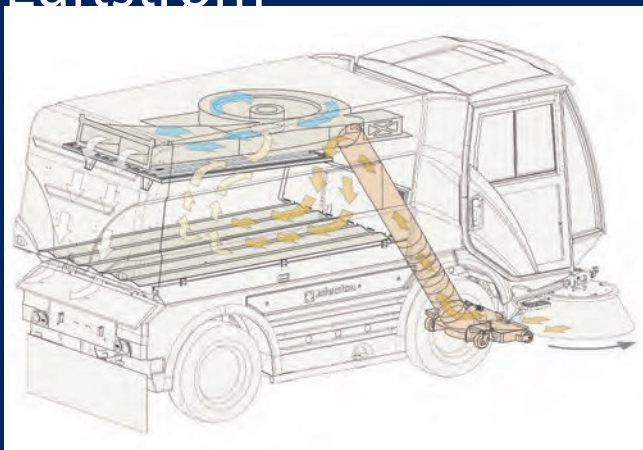
Tilleggsutstyr:

- Høytrykks lanse og 13m, selvopprullende slangetrommel. Høytrykksvasker for vasking av vegger, møbler og annet som kan vaskes med høytrykk.
- Tredje børste for bruk på fortau eller oppå kanter. Øker feiebredde og kan brukes samtidig med de to andre.
- Høytipp system på feiebeholder. Beholder monteres på en ramme som gjør det mulig å øke tipp høyde til 1550mm. For tipping i containere eller på lasteplanet til andre kjøretøy eller på tilhengere.
- Rotatilt systemet er tilgjengelig for montering på alle børstene. Gjør det mulig å enkelt vinkle børstene for rengjøring av dypere vannrenner eller høye sidekanter.
- Håndholdt 4.5m sugeslange. Vridbar med 360° arbeidsradius, eller som «Littasnatch» (sidemontert fleksibel kanal for større partikler som drikkebokser osv.)
- Rygge kamera

Vannsystemet



Luftstrøm



TOPPEN, VENSTRE
«Littasnatch»

MIDTEN, VENSTRE
Vannsystemet

NEDERST, VENSTRE
Luftstrøm

MIDTEN, HØYRE
Front børste (Tredje børste)



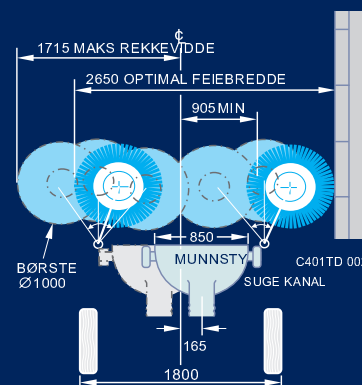
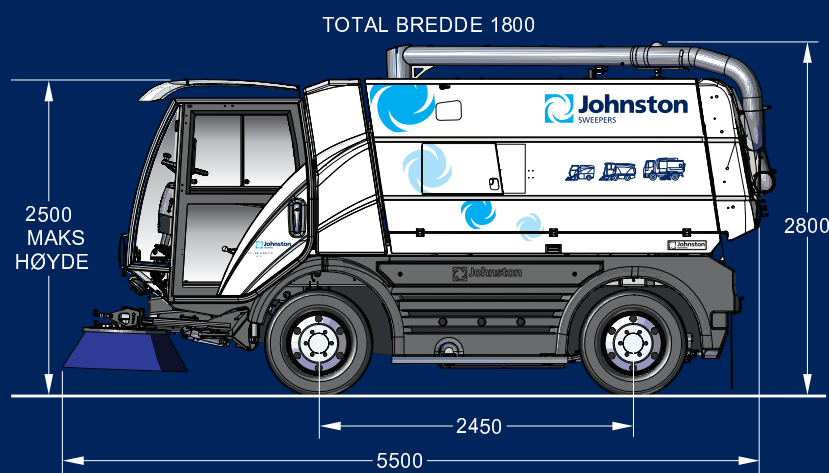
TOPPEN, VENSTRE
Høyt tippende versjon

TOPPEN, HØYRE
Daglig sjekk

Lavt karbon avtrykk

Johnston C401 er spesialdesignet og bygget som en kompakt feiemaskin. Sammen med FPT Euro 6 motoren, som automatisk regulerer motorturtall etter kraftforbruk, utgjør denne feiemaskinen en miljøvennlig feiemaskin med lavt drivstofforbruk og lavt utslipp.

Spesifikasjoner



Spesifikasjoner C401

Motor: FPT (Iveco) NEF 46 ENT VI Common rail, direkte insprøyting, turbodiesel

Lengde: 5500 mm (inkl. børster)

Maks transporthastighet: 50km/t

Bredde: 1800 mm

Børste diameter: 1000mm

Høyde: 2800 mm

Børste hastighet: Variabel opp til 125 omdr./min.

Egenvekt: 5500 kg

Klatreevne: 22% ved Totalvekt 10,500 kg

Nyttelast: 5000 kg (std maskin)

Vanntank med rent vann: 825 liter

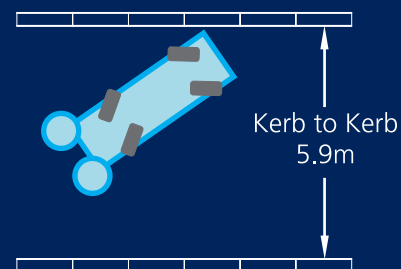
Nyttelast: 4800 kg (høytippende utførelse)

Feiekapasitet: 42,400m²/t (teoretisk maks.)

GVM: 10,500 kg (std/høyt tippende maskin)

Volum smussbeholder: 4.1 m³

Sving radius



Med 4-hjuls styring

Johnston Sweepers
Curtis Road, Dorking, Surrey RH4 1XF, UK

Tel: +44 (0)1306 884722
Fax: +44 (0)1306 884151
Email: enquiries@johnstonsweepers.com
www.johnstonsweepers.com

Spesifikasjoner

CN401 Feiemaskin

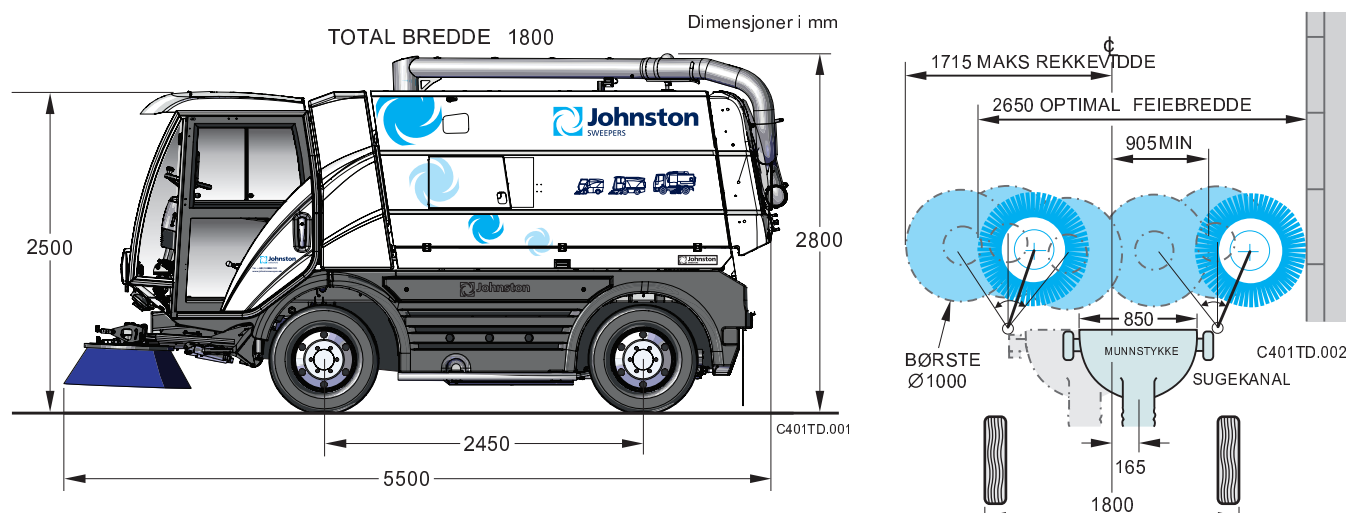
Serie CN401 Euro 6

Ark 1 av 1

Teknisk informasjon og data

Revisjon: Rev A Norsk

Dato: 27.07.2015



Tekniske data

Motor Euro 6	
Modell	FPT (Iveco) NEF 46 ENT VI Common rail direkte innsprøyting, turbodiesel
Kapasitet i kubikkmeter	4.5 liter
Antall sylindere	4
Motoreffekt	118 kW (158 bhp) @ 2500 omdr./min.
Maks dreiemoment	580 Nm (428 lb.ft.) @ 1250-1940 omdr./min.
Kompatibel med EU regulativ nr.	Regulativ (EC) Nr 595/2009 og Regulativ (EU) Nr 582/2011, siste endring (EU) No: 64/2012

Feieutstyr	
Børste diameter	1000 mm
Børste hastighet	Variabel opp til 125 omdr./min.
Bredde sugemunnstykket	850 mm
Feiekapasitet	40,000 m ² /t (teoretisk)
Tømmehøyde beholder	940 mm
Tømmehøyde beholder	Høyt tippende versjon opp til 1550 mm

Ytelser	
Egenvekt - std maskin	ca. 5500 kg.
Totalvekt - std maskin	10,500 kg
Nyttelast - std maskin	5000 kg. - avhenger av utstyrstilvalg
Egenvekt - høyt tippende	5700 kg.
Totalvekt - høyt tippende	10,500 kg.
Nyttelast - høyt tippende	4800 kg. - avhenger av utstyrstilvalg
Tippvinkel, smussbeholder	50°
Maks transporthastighet	Opp til 50 km/t
Feiehastighet	0 til 16 km/t
Sideveis helling (Maks)	22% ved Totalvekt 10,500 kg
Motorturtall ved feiing	1100 - 1800 omdr./min.
Motorturtall ved transport	Opp til 2200 omdr./min.

Volum	
Volum, hele påbygget	5.6 m ³ , 1.4003 i rustfritt stål
Volum feiebeholder	4.1 m ³ EN15429-1
Nyttelast, volum	3.8 m ³ EN15429-1
Drivstofftank	110 liter
AdBlue tank	36 liter
Vanntank feiemaskin	825 liter

Johnston Sweepers Limited, Curtis Road, Dorking, Surrey RH4 1XF, UK
Tel: +44 (0) 1306 884722 Fax: +44 (0) 1306 884151
www.johnstonsweepers.com E-mail: enquiries@johnstonsweepers.com

På grunn av kontinuerlig produktutvikling forbeholder vi oss retten til å endre spesifikasjoner uten forutgående varsel.



Tekniske spesifikasjoner

Drivverk:

Full hydrostatisk drift med lukket krets.
Variabel vinklende stempelpumpe og motor.
Maksimum transporthastighet opp til 50 km/t.
Maksimum feiehastighet opp til 16 km/t.

Motor styring:

Johnston spesialbygget styring av fremdrift.
Sikrer full fremdrift som en bil ved transport fremover / bakover. I arbeidsmodus vil systemet fordele kraft til fremdrift og kraft til feieustyr. Systemet er laget spesielt for å gi riktig kraft til riktig oppgave og for gi en bedre drivstofføkonomi.

Elektrisk anlegg:

24 volt system med 90 amp dynamo.

Fjæring:

Foran: V link system med støtstenger, spiral fjærer, støtputer og støtdempere.

Bak: To doble blad fjærer med støtdempere.

Styring:

4-hjuls styring standard i arbeidsmodus.
Svingradius 2950 mm fra kant til kant.

Dekk størrelse:

Foran: 265/70 R19.5 Radial ply dekk.
Bak: 265/70 R19.5 Radial ply dekk.

Bremser:

Servoforsterkede hydrauliske skivebremser med splitt foran-bak, koblet sammen med last-avhengig fordelingsventil.

Foran: Doble firestemplede skivebremser for hvert hjul.

Bak: Enkle firestemplede skivebremser for hvert hjul.

Park.: Hydraulisk brems på mellomaksel.
Håndbremsen settes av eller på med bryter i førerhuset.

Støy:

Førerhus: Støy mellom 70-74 dB(A), avhengig av arbeidsoppgave.

Utvendig: Maksimum L_{WA} av 106 dB(A) målt i henhold til Direktiv 2000/14/EC.

Sugevifte:

Høytrykks sentrifugalvifte, Ø900 mm vifte-enhet montert på beholders tak gir stor kraft til sugemunnstykke og sugekanal.
Viften drives av en hydraulisk motor med kraftig opplagring.

Dynamisk balansert multiblad vifte, utformet og opplagret for å avgi minimalt med støy.

Beholder:

Laget i 1.4003 rustfritt stål.
Sammenkoblet med sugevifte og sugekanal.
Patentert luftutslipp med lavt støynivå, filter av netting, samt feiebeholder for avfallet.

Sugemunnstykke:

Munnstykket har en justerbar klaff i fronten som standard. Den har hjul og følger bakken med riktig avstand.

Førerhus:

Varme: Resirkulerende luft med dyser for gulv og ansiktshøyde. Frisk-luftinntak som alternativ.

Sikt: Farget sikkerhetsglass rundt om. Oppvarmet laminert frontrute. Elektriske vindusheiser. Vindusviskere med intervallinnstilling og elektrisk vindus- spylere.

Seter: Fullt justerbar med luftfjæring. Stofftrukket fører sete med justerbar ryggstøtte. Både fører sete og passasjer sete har trepunkts sikkerhetsbelte.

Betjening: Ergonomisk plasserte brytere, gruppert etter funksjon.
Justerbart armlene med innebygget kontrollpanel for feieustyr.
Konsoll over front med brytere for lys, radio/MP3 spiller samt 7" fargeskjerm (JVM).

Standardutstyr:

Fullt diagnosesystem og alarmsystem for feil.

Nøkkelinformasjon kan lastes ned til USB-minnepenn eller lignende.

Varsellys: To roterende lys montert bak på førerhusets tak og to LED lamper bak.

Utvendig system for tipping av beholder.
Sikrer optimal sikt ved tipping.

Uavhengig styring av børstetrykk og posisjonering av børster.

Ryggealarm: Akustisk ryggealarm med overstyring, f.eks. ved nattarbeid.

Lastindikator (vektindikator).

Sugemunnstykke med hjuloppheng og utskiftbare dekk.

Ekstraustyr:

Air conditin - R134a væske.

3dje sammenleggbart passasjer sete.

Sentralsmøring (Interlube).

Integrert ryggekamera.

Høy tippende ramme for tipp høyde 1.55m.
For tømning i containere osv.

Hydrant slange, hydrantnøkkel (UK).

Pilsystem for montering bak. 600 mm diameter.

Reservehjul.

Supawash: Høytrykksvasker med håndlanse og høytrykkspumpe (28 liter ved 100 bar).

Demonterbar tredje børste - 4 veis justerbar, roterende børste.

Rotatilt system for sidebørster.

Håndholdt sugeslange: takmontert 5 meter, 270° arbeids radius eller «Littasatch»: side-montert fleksibel kanal for opptak av større partikler.

Resirkulasjons system for vann.

Elektronisk hovedstrømbryter.

Full oversikt over tilleggsustyr er tilgjengelig sammen med prisliste.

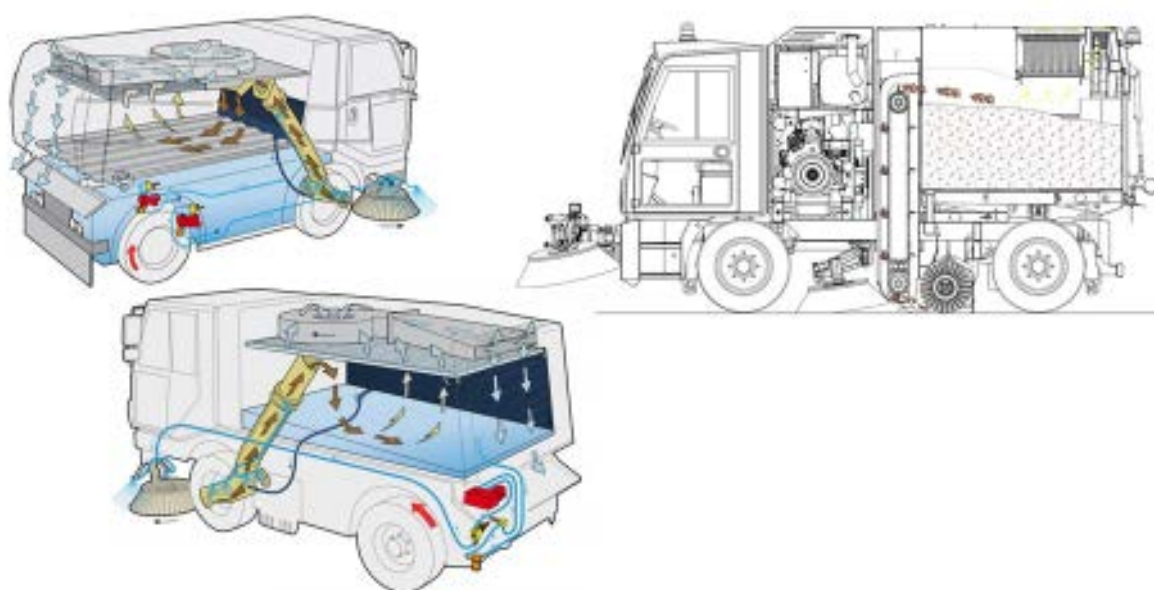
Vedlegg 6: Maskin 3. Macro M60

<http://www.stavemaskin.com/produkter/vei-og-milj%C3%B8/macro-hel%C3%A5rs-feiebil/macro-m60-feiebil>

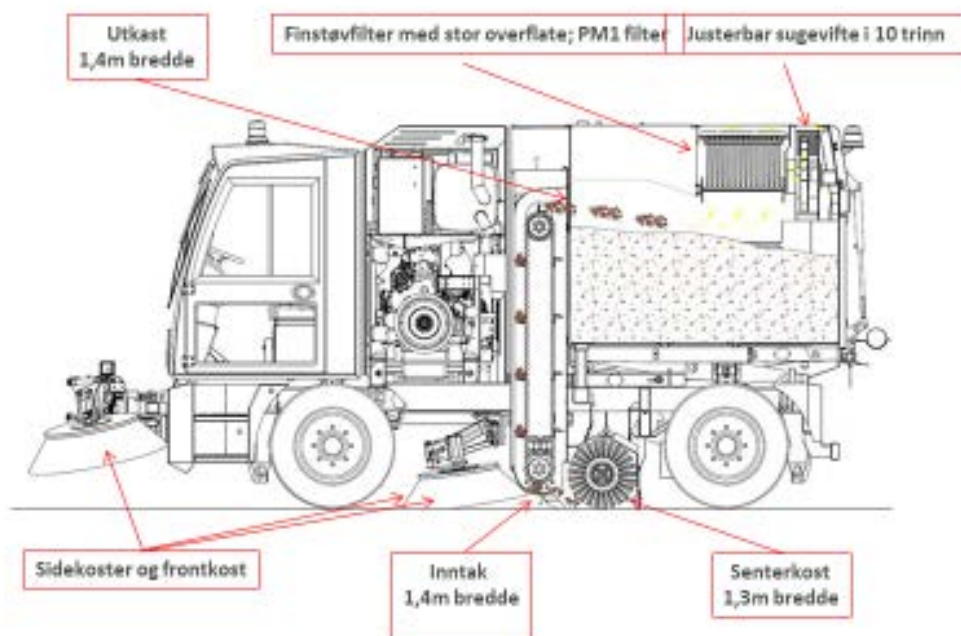


Sigurd Stave
MASKIN AS

Vanlig sugebil vs Macro med både mekanisk og sugende opptak

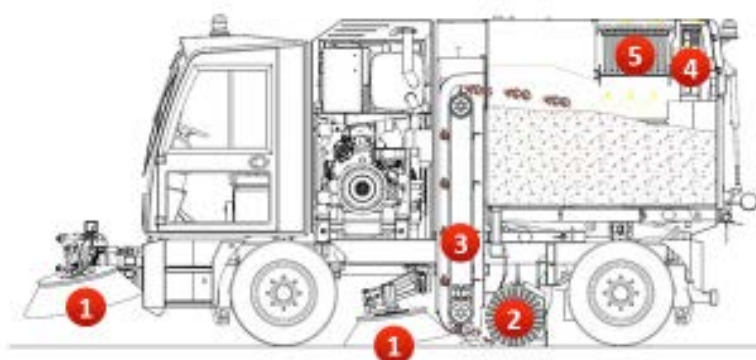


Både mekanisk og sugende opptak. Feie hastighet inntil 25 km/t

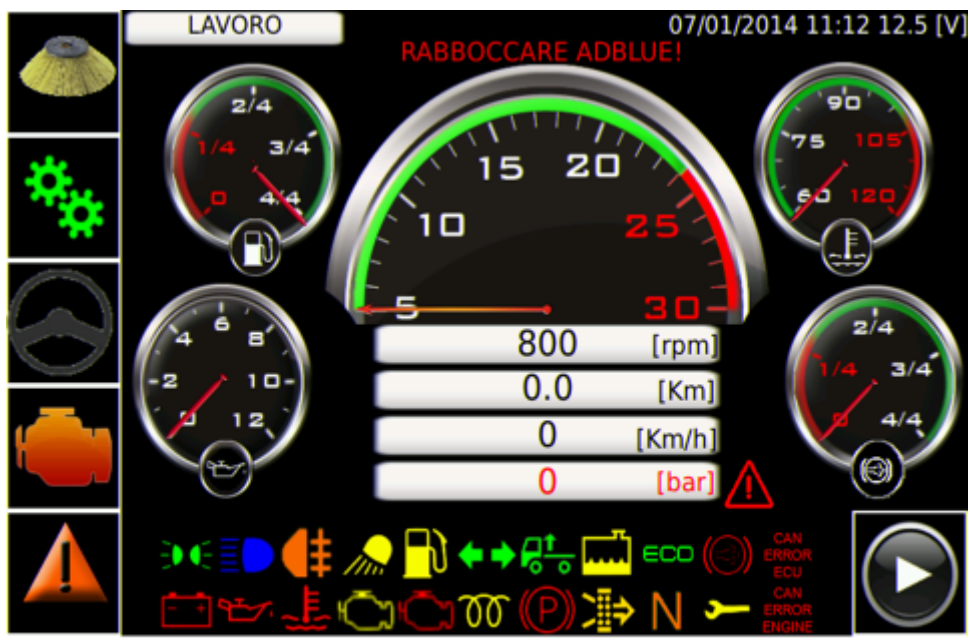


Slik virker det:

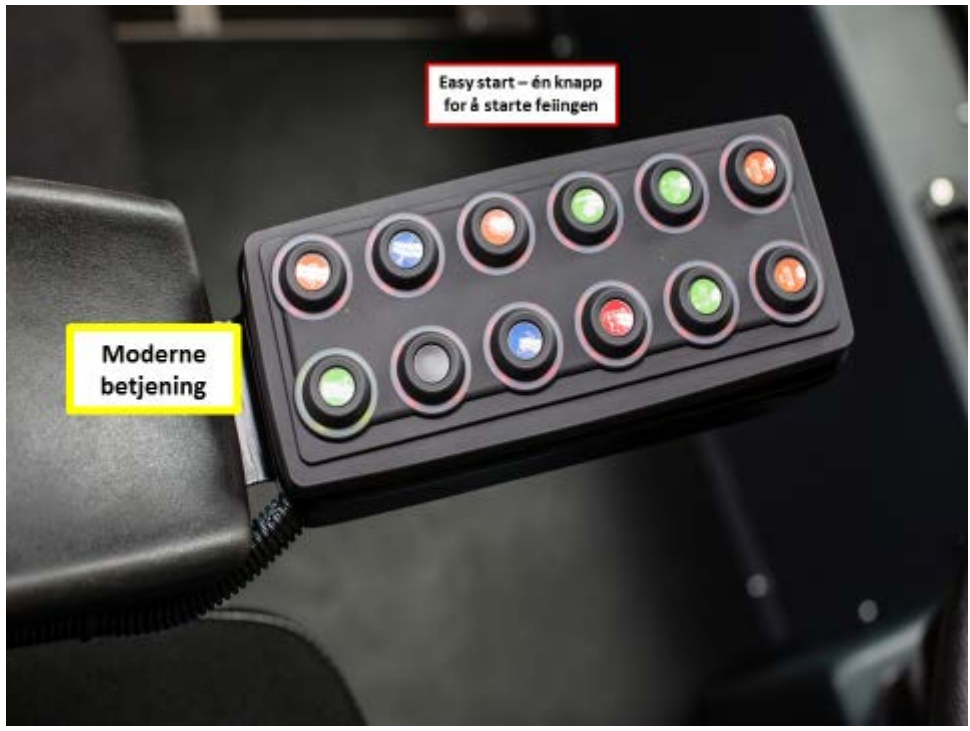
Bøsset samles sammen av frontkost(1)
Sidekoster og senterkost(2), og tas opp av elvetatoren(3)



Vakuumsuget(4) er kun for å hindre finstøvet å falle ut av elevatorhuset. Stor overflate på finstøvfilteret (ca 20 m²) gjør at luften som kommer ut er ren (5)



Full oversikt, bare å velge språk





Nyhet! Macro M40 – samme type feiebil



- Macro M40**
- ✓ 4 m³ oppsamlertank
 - ✓ Høyre-ratt



Vedlegg 7: Maskin 4. DisaClean

Maskin 4 DisaClean 130 High Vacuum Dry Road Sweeper er en maskin («superstøvsuger») som bruker ett munnstykke (2500 mm bredt og 140 mm dypt) med kraftig vakuumpopsug for å fjerne vegstøv fra vegoverflaten. Munnstykket senkes ned til 30 mm over vegoverflaten.



Figur 71: Maskin 4 DisaClean (Foto: Brynhild Snilsberg)



Figur 72: Vakuumsystem (Foto: Brynhild Snilsberg)

Maskinen har også et innkapslet kostesystem med undertrykk, for å løsrive støv og materiell fra vegbanen uten å virvle dette opp til omgivelsene. Kostesystemet ble ikke brukt under forsøkene.



Figur 73: Innkapslet sidekost (venstre bilde) og midtkost med oppsug (høyre bilde) (Foto: Brynhild Snilsberg)

Tanken for oppsamling av feiemasse/vegstøv m.m. er delt inn i 3 kammer: grovstøvkammer i midten og finstøvkammer på begge sidene. Prosessluften blir filtrert gjennom PM2,5 filtre i finstøvkamrene før den slippes ut, så det er mulig å rengjøre tørr vegbane uten befuktning/støvdemping.



Figur 74: Tank for oppsamling av grovt og fint støv (Foto: Brynhild Snilsberg)

Vedlegg 8: Maskin 5. BEAM (Kjelsberg)

Feiebilen til Kjelsberg var av merke Beam med chassis Mercedes Actros (2014 modell) med påbygg Beam S14000. Denne maskinen er utstyrt med et høytrykksanlegg på 300 bar og 100 l/min som kan justeres trinnløst.



Figur 75: Maskin 5 Beam (Kjelsberg) (Foto: Brynhild Snilsberg)

Frontsystem

Frontsystemet består av en sirkulær metallkost (diameter 1,1 m) som kan forskyves ca. 1,6 m sidelengs (ut fra bilens ytterside) mot høyre. Den har støvdempingssystem med 4 lavtrykksdyser.

Frontsystemet ble ikke benyttet under forsøkene.



Figur 76: Frontsystem (Foto: Brynhild Snilsberg)

Midtsystem

Midtsystemet på høyre side består av

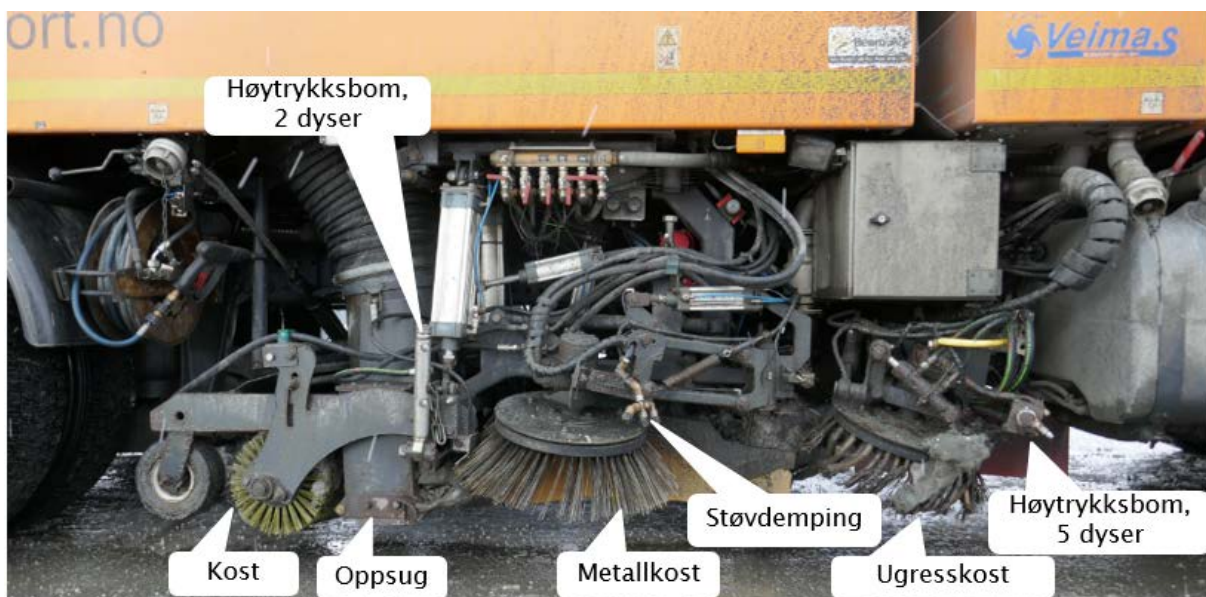
- 2 høytrykksbommer, den ene med 2 breistråledyser (utfellbar) og den andre med 5 breistråledyser
- 1 sidekost i metall, 1 ugrasskost i metall (grov), begge med støvdemping (lavtrykksdyser)

- 1 plastbørste (gul på bildet) som børster vegstøv inn mot et kraftig oppsug (begge er ca. 80 cm brede). Høytrykksbom med 3 dyser bak plastbørsten.

Tilsvarende system finnes på bilens venstre side, men uten utfellbar høytrykksbom.

Midt under bilen er det en bredkost i nesten hele bilens bredde (gul, i plast – men vises ikke på bildene) som er skråstilt for å børste vegstøv inn mot oppsuget på høyre side. Kosten har støvdempingssystem med lavtrykksdyser (5 dyser), og høytrykksbom bak kosten (8 breistråledyser).

Midtsystemet ble ikke benyttet under forsøkene.

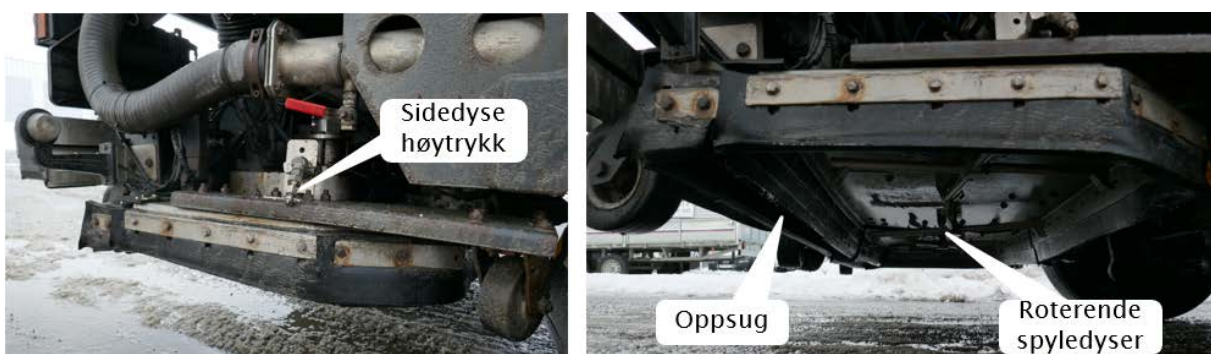


Figur 77: Midtsystem, bilde tatt på bilens høyre side (Foto: Brynhild Snilsberg)

Baksystem

Baksystemet består av roterende spyledyser (4 roterende kryss med 4 dyser hver = 16 høytrykksdyser) samt oppsug med to kanaler/opsug (høyre og venstre side). Dette systemet med spyling og oppsug kalles gjerne RotorClean. Trykket kan justeres opp til maksimalt 300 bar fra kompressoren. Etter forsøkene ble gjennomført ble det montert en sidedyse (høytrykk) på høyre side for spyling inn mot kanten/kantstein.

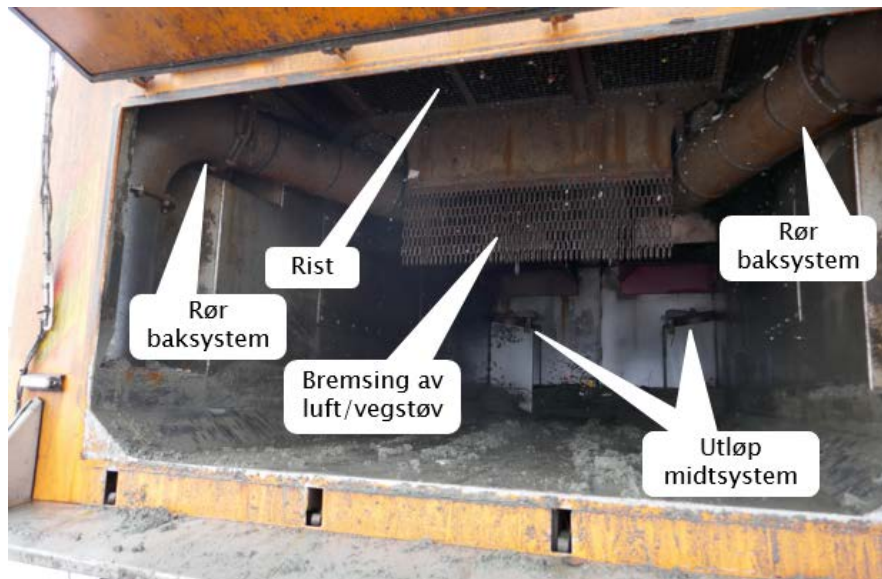
Kun rotorclean-/baksystemet ble benyttet under forsøkene.



Figur 78: Baksystem/rotorclean, bilde tatt på bilens høyre side (Foto: Brynhild Snilsberg)

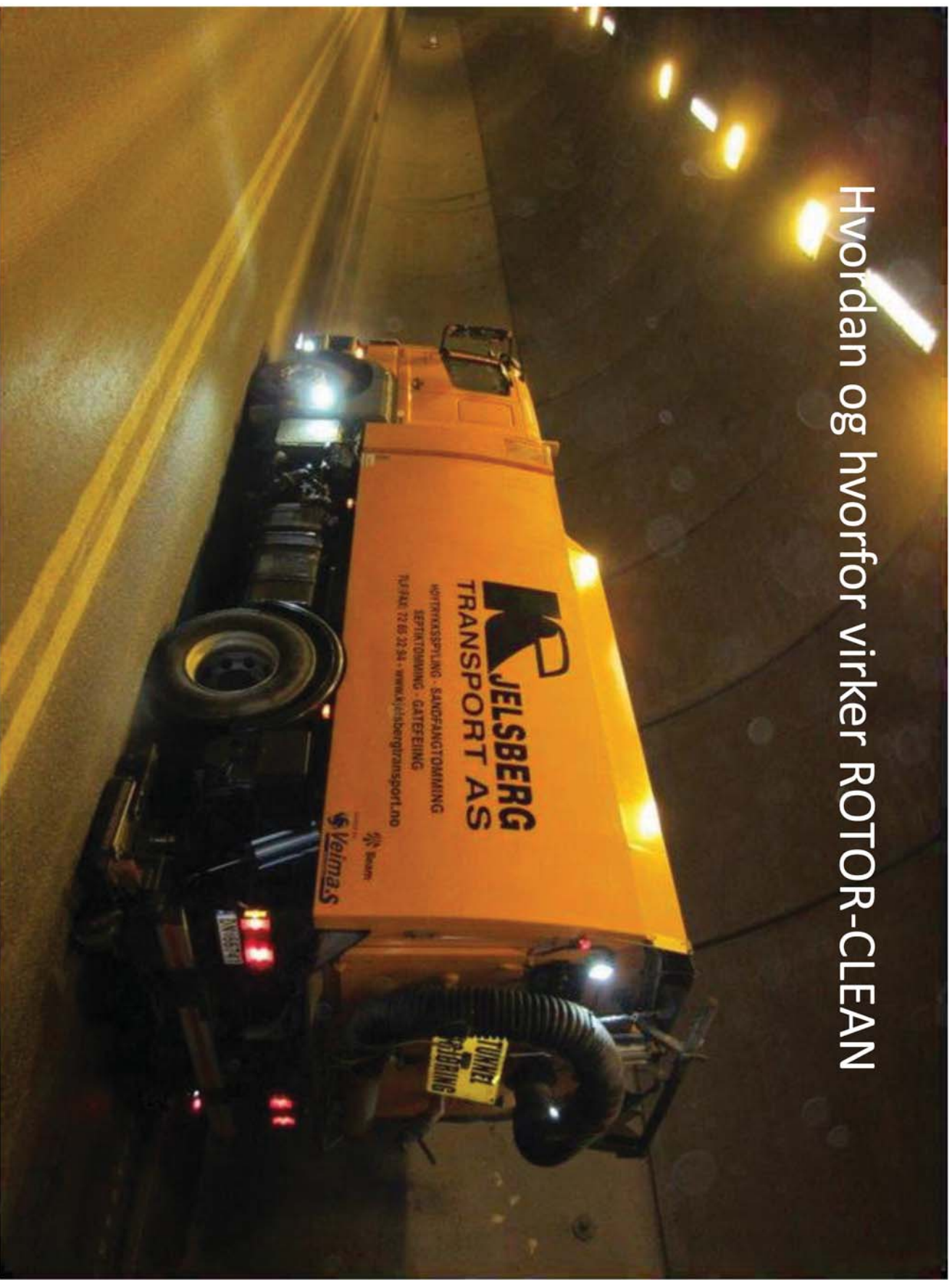
Tank for oppsamling av feiemasse

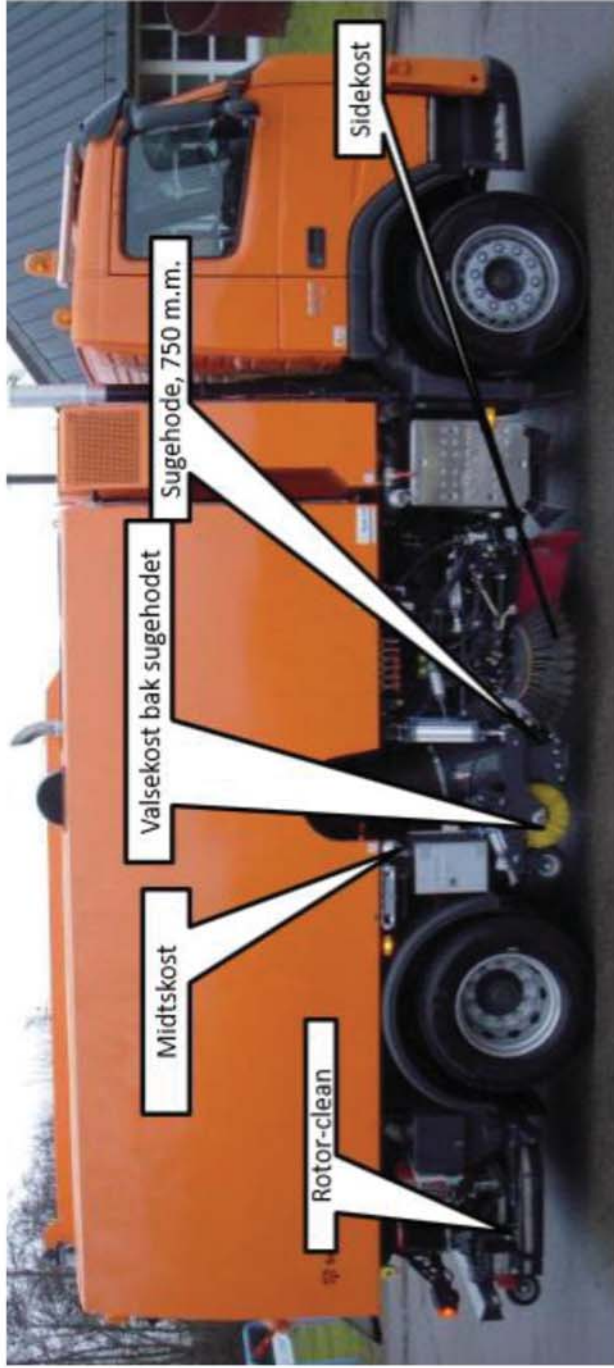
Tanken for oppsamling av feiemasse/vegstøv mm. har utløp fra oppsug fra midtsystemet på høyre og venstre side, 2 utløp fra baksystemet/rotorclean. Prosessluften blir ikke filtrert før den slippes ut, så det er viktig med støvdemping med bruk av lavtrykksdyser under rengjøring på tørr vegbane.



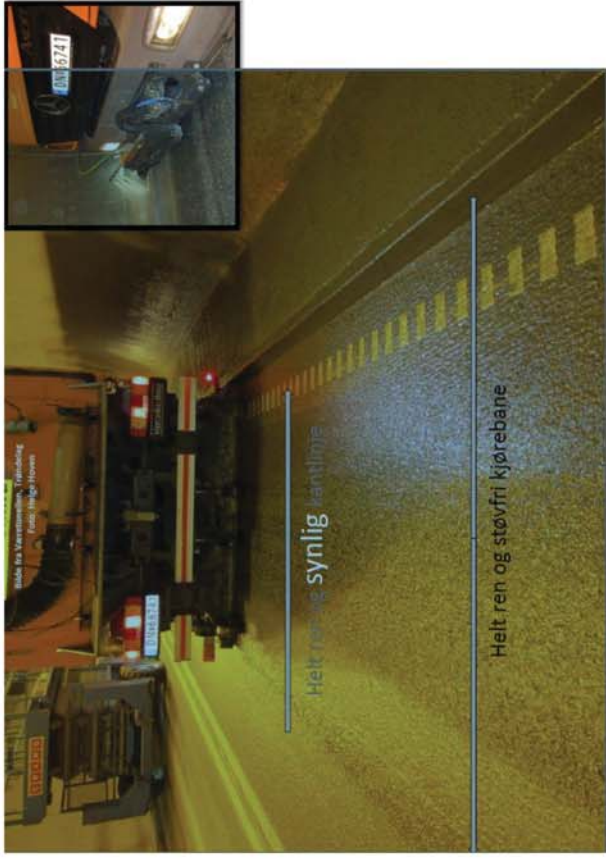
Figur 79: Tank for oppsamling av feiemasse (Foto: Brynhild Snilsberg)

Hvordan og hvorfor virker ROTOR-CLEAN



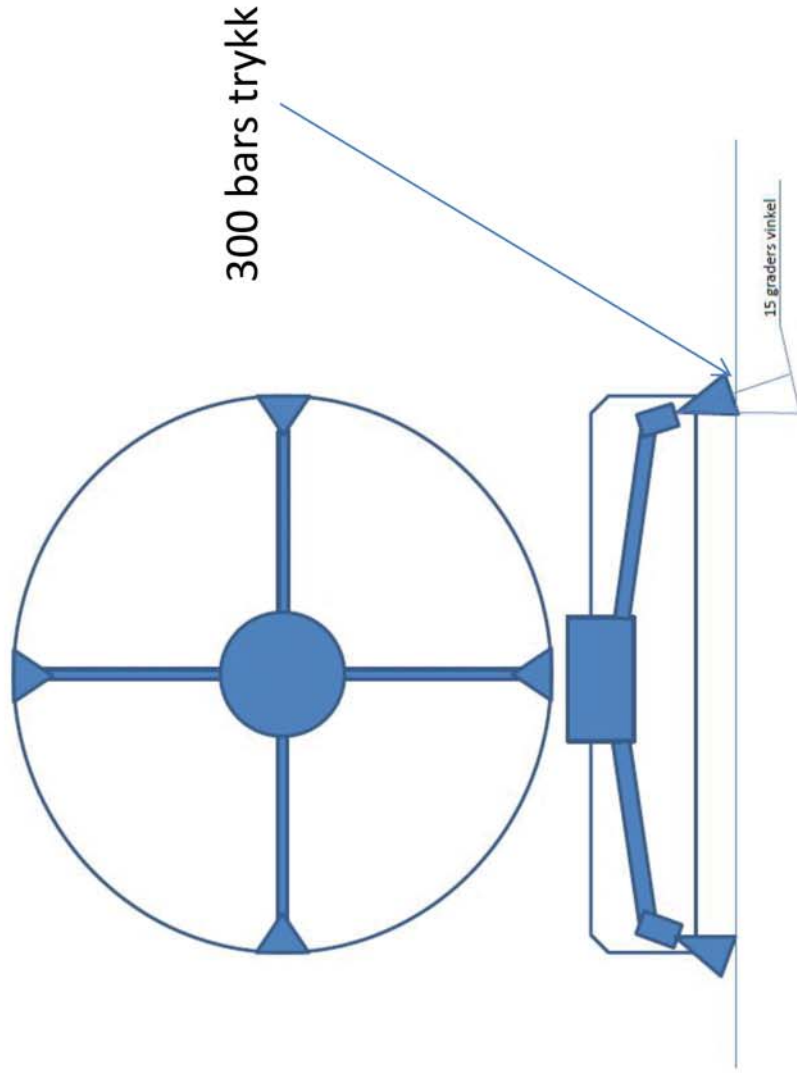


JELSBERG
TRANSPORT AS

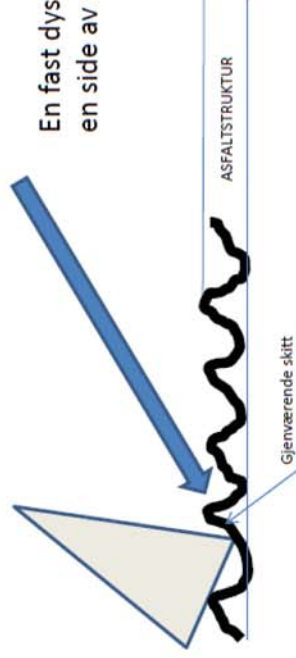


JELSBERG
TRANSPORT AS

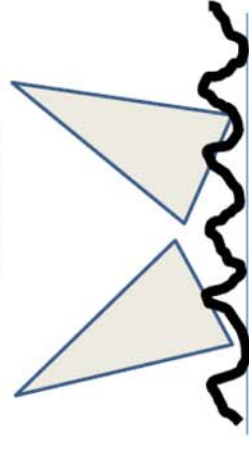
Rotor-clean består av 4 slike tallerkener, hver med 4 dyser. Disse er hydraulisk drevet, og tilpasset bilens fremdrift, for å oppnå het homogent resultat.



HVA ER FORSJELLEN PÅ FASTE OG ROTERENDE DYSER?



En fast dyse vasker kun en side av ujevnhetene.



Et rotasjons-system vasker alle vinkler i ujevnheter.

Vedlegg 9: Maskin 6. ValAir (Mesta)

Feiebilen til Mesta var av merket ValAir BalHydro 15 RotorClean med motor Euro VI med hydrostatisk fremdrift og maksimum arbeidshastighet på 15 km/t.



Figur 80: Maskin 6 ValAir feiebil (Foto: Brynhild Snilsberg)



Figur 81: Styringssystem (Foto: Brynhild Snilsberg)

Frontsystem

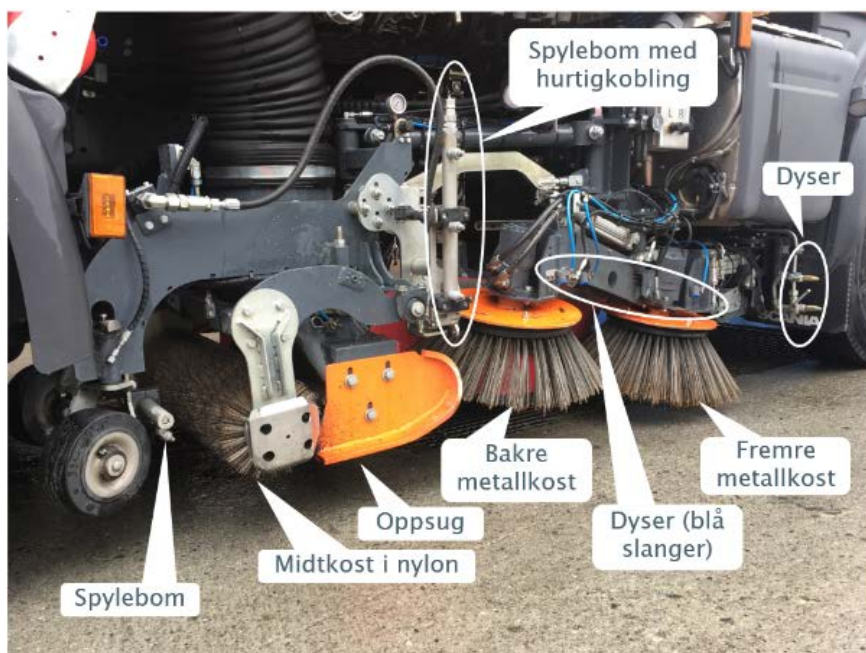
Foran på bilen er det montert en 2,5 meter bred horisontal spylebom med 7 høytrykksdyser og 4 lavtrykksdyser. Vinkelen på bommen kan endres. Trykket på høytrykksdysene kan justeres 0–300 bar.



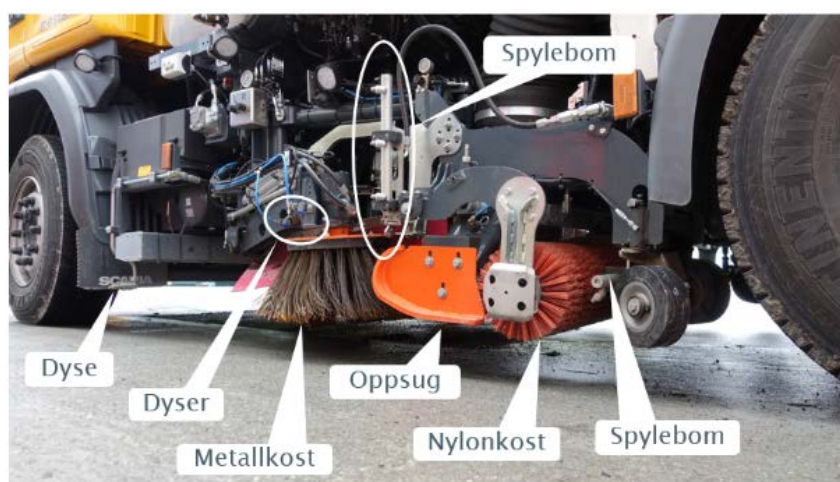
Figur 82: Spylebom foran på bilen (Foto: Brynhild Snilsberg og Dagfin Gryteselv)

Midtsystem og spylebom

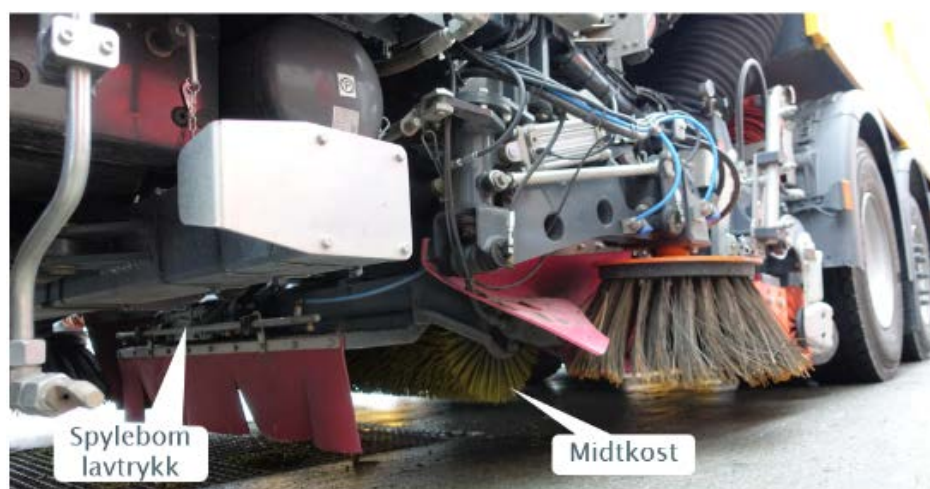
Feiesystemene er litt forskjellige på høyre og venstre side av feiebilen. De sirkulære metallkostene er 0,6 m i diameter. Den fremste metallkosten på høyre side er regulerbar med teleskop inntil 1,7 m, mens de bakre metallkostene har tilnærmet fast stilling. Alle kan tiltes, og har lavtrykkdyser for spyling av vann (blå slanger på figurene) for hindre oppvirvling av støv. Oppsugene på hver side er 0,6 m brede, og den 0,6 m brede nylonkosten bak børster støv inn mot oppsuget. Bak nylonkostene er det en 0,6 m bred spylebom 0–300 bar. Det er også en midtkost i nylon (1,4 m bred) under feiebilen som feier område mellom nylonkostene på høyre og venstre side av feiebilen, som er regulerbar mot høyre eller venstre samt vinkel. Bak denne midtkosten i nylon er det montert en spylebom 0–300 bar. Det er ikke noe oppsug bak denne. Foran metallkostene er det to bredstråledyser på høyre side og en på venstre side av feiebilen for å spyle inn mot kantsteinen 0–300 bar. Metalldyser og oppsug kan reguleres 0–300 bar.



Figur 83: Feiesystem på høyre side av bilen (Foto: Brynhild Snilsberg)



Figur 84: Feiesystem på venstre side av bilen (Foto: Dagfin Gryteselv)



Figur 85: Midtkost i nylon med spylebom (Foto: Dagfin Gryteselv)

Baksystem

Bak på feiebilen er det montert et RotorClean-system som består av seks rotorer og bredsug. Bak bredsuget er det en spylebom med 16 bredstråledyser, og på siden av bredsuget er det montert sidedyser (2 bredstråledyser på hver side). Spylebommen kan ikke brukes samtidig som de roterende spyledysene. Alle dyser kan justeres 0–300 bar. Rotordysene bruker vanligvis 120–130 bar på sommeren, og 150 bar på vinteren, eventuelt 200 bar når det er veldig mye fastgrodd støv. Bredsuget kan også reguleres 0–300 bar, det er vanlig å bruke 60–70 bar.



Figur 86: RotorClean-system (Foto: Brynhild Snilsberg)



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 6706 Etterstad 0609 OSLO
Tlf: (+47) 22073000
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen