

Verifiering av hur val av luftfilter i butiker påverkar partikelhalter i inomhusluften och ventilationssystemens eleffektivitet

”Nätverket BELIVS är ett ledande nätverk som skapar värde, ökar kunskapen och verkar för energieffektivisering i livsmedelslokaler. ”



**Verifiering av hur val av luftfilter i butiker påverkar
partikelhalter i inomhusluften och
ventilationssystemens eleffektivitet**

**Verification of how the choice of air filters in stores
affects particle concentrations in indoor air and
ventilation system electrical efficiency**

Svein Ruud

Projektnummer: BP09

År: 2016

Beställargruppens medlemmar



Axfood AB



Bergendahls Food AB



City Knalleland



Coop Sverige AB



ICA AB



IKEA



Max Hamburgerrestaurang

BELIVS Innovationskluster
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.belivs.se
belivs@sp.se

Sammanfattning

En tidigare förstudie inom BELIVS har visat stora möjliga energibesparingspotentialer vad gäller val av filtertyp i ventilationssystemen och detta utan nämnvärd försämring av luftkvalitet med avseende på partikelhalt. För att verifiera detta har fler butiker valts ut i detta projekt och med annan lokalisering än den tidigare butiken. Det har också varit av stor vikt att få butiker som är mer representativa för en storstadsmiljö. I detta projekt har därför två butiker i Stockholmsregionen valts ut och dessutom partikelhalter studerats under en längre tid och i fler cykler för filterbyten.

I detta projekt har också andra faktorer studerats som kan påverka partikelhalterna i butikerna. Detta gäller främst funktion i och kring butikerna d.v.s. funktion vid exempelvis entréer till butikerna, omgivande trafik samt yttre förhållanden.

Frågeställningen i denna utredning har varit hur val av filterkvalitet i ventilationsaggregaten påverkar partikelhalten i butiken, främst avseende PM1, PM2,5 och PM10. Det finns inget gränsvärde för PM1 ännu, men det lär sannolikt komma i framtiden då dessa partiklar, mindre än 1,0 mikrometer, anses vara mer hälsovådliga än större partiklar. Det har därför varit ett intresse att även mäta partikelhalten av PM1 med avseende på olika filterklasser. Utomhusklimatets partikelhalt har också mätts och presenteras i rapporten.

Ju finare filter - som sitter i ventilationsaggregatet - desto större tryckfall erhålls normalt, om filtertypen är den samma med påslängd, antal påsar m.m. Vanligtvis sätts F7-filter in i uteluften och M5-filter in i frånluften.

Projektet har visat att påverkan av partiklarna från ventilationsaggregaten har en betydelse för partikelhalten i butiken. Dock kan konstateras att partikelnivåerna inomhus orsakade av intern generering och partiklar i luft som tränger in i butikerna via entréer och andra öppningar/otätheter ofta är av samma och ibland mycket större storleksordning än de som orsakas av den filtrerade ventilationsluften. Framför allt gäller detta den ena butiken där infartsvägen till parkeringen passerar strax utanför entrén. Även om det finns en skillnad för PM10, PM2,5 och PM1 mellan F7-filter och M5-filter i de studerade butikerna är de genomsnittliga partikelhalterna låga oavsett filtertyp. Det kan också konstateras att man oavsett filtertyp ligger under riktvärden för dygns- och årsmedelvärden som finns för PM10 och PM2,5 i Sveriges miljömål till 2020. Detta innebär att det i de aktuella butikerna i princip skulle kunna gå att använda M5-filter istället för F7-filter utan att gränsvärdena avseende partiklar i de svenska miljömålen överskrids. Man kan då därmed dra nytta av den minskade elanvändningen för ventilationsaggregaten som det minskade tryckfallet medför.

Den minskade elenergianvändningen i detta projekt visar på en besparing på 5-12 % av elanvändningen för fläktdrift beroende av hur systemutformning etc. ser ut. För de studerade butikerna innebär detta totalt ca 6 000 kr/år respektive ca 12 000 kr/år.

Byte till en lägre filterklass (från F7 till M5) ger en minskad elenergianvändning, som uppskalat till ca 4 000 butiker i landet skulle kunna motsvara ca 25-44 GWh el i Sverige, eller motsvarande 25-44 miljoner kronor i minskad elenergikostnad. Därtill kommer kostnadsbesparing för billigare filter. För de studerade butikerna innebär det 800-3400 kr beroende på systemutformning och bytesintervall. Uppskalat till ca 4 000 butiker i landet motsvarar det 3-13 miljoner kronor i minskade underhållskostnader.

Nyckelord: energieffektivitet, luftfilter, ventilationssystem, livsmedelsbutiker, energibesparing

Summary

Energy-efficient operation of ventilation systems in stores is very important for the total energy consumption. A pilot study where one experimented with changing to an air filtration with a lower filtration efficiency but also lower pressure drop showed how a store could reduce energy consumption without exceeding the limit values for particulate matter. To verify that the results from this pilot study did not only apply specifically to this store and location, it was important to verify the results with significantly more measurements and other location.

The purpose of this project has been to carry out measurements in two stores in another city location and with many more cycles of filter changes over a longer period. Also other factors that can affect the particle levels in stores has investigated, e.g. the influence of open ports. The continuous measurements in the extract and outdoor intake air have been combined with instantaneous particle measurements in the stores during the filter changes.

The result is - that even though the use of high class F7-filters shows a lower overall concentration of particular matter in the investigated stores - the use of lower class M5-filters do not cause the indoor air to exceed even the most stringent requirement in the Swedish Environmental goals. The influence of internally produced particular matter and infiltration of particular through the openings/leaks in the building envelop is of the same magnitude or greater than the difference between high and low class filters.

The energy savings in electric consumption for the fans in the air handling units are in the range 5-12 % depending on the design of the ventilation system of the investigated stores. This is also expected to be a representative range of potential savings in other similar stores.

Keywords: energy efficiency, air filters, ventilation systems, grocery stores

Förord

BELIVS Innovationskluster

Verklig nytta skapas när aktörer inom livsmedelslokaler möter experter inom energieffektivisering och utbyter erfarenheter och kunskap. Det möjliggör innovationsklustret BELIVS – mötesplats och nätverk för verkligt förbättrad och ökad energieffektivisering i livsmedelslokaler.

BELIVS är nätverket samt mötesplatsen för samarbete – för att minska energianvändningen i livsmedelslokaler – mellan myndighet, näringsliv, offentliga aktörer, akademi och utrustningsleverantörer. BELIVS är en naturlig mötesplats för alla intressenter inom området livsmedelslokaler – där mat förvaras, tillagas, äts och köps. Butiker, lager, bensinstationer – likväl som kök, bagerier och snabbmatsrestauranger – rymms inom området.

Genom att driva utvecklings- och demonstrationsprojekt tillsammans med medlemmarna visar och tydliggör nätverket och innovationsklustret BELIVS att – och även hur – energieffektiva system och teknik fungerar i verkligheten. Målet för BELIVS är att få ut energieffektiva system och produkter snabbare på marknaden. BELIVS har också den viktiga uppgiften att föra ut erfarenheter till hela livsmedelskedjan, bl a via BELIVS webbplats www.belivs.se. BELIVS är en katalysator, möjliggörare och kunskapsbank samt ett verktyg till verklig nytta för hela livsmedelsbranschen.

Varför BELIVS?

Elanvändningen för livsmedelslokaler behöver sjunka. EU har nationella energi- och miljömål om energieffektivisering. Arbetet stöds av Energimyndigheten och 2011 startade de tillsammans med aktörer inom livsmedelslokaler samt professionella kök, Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler, BELIVS. Antalet intressenter och aktörer har ökat sedan start, så 2015 utvecklades BELIVS vidare till att även vara ett innovationskluster. BELIVS ska hjälpa Sverige att nå de energimål som är uppsatta.

BELIVS finansieras av Energimyndigheten (Projekt nr 41295-1).

Innehållsförteckning:

Sammanfattning.....	4
Summary	5
Förord.....	6
BELIVS Innovationskluster	6
Varför BELIVS?	6
Innehållsförteckning:.....	7
1 Problembeskrivning	9
1.1 Syfte och mål	10
1.2 Avgränsningar.....	10
1.3 Metod	11
1.3.1 Mätningar.....	11
1.3.2 Energiberäkningar med avseende på filterkvaliteten.....	12
1.3.3 Beräkning av energieffektiviseringspotential	12
1.3.4 Kostnadsbedömningar	13
2 Bakgrund	14
2.1 Därför heter det PM10, PM2,5 och PM1.....	14
2.2 Miljökvalitetsnormer för partiklar i utomhusluften	14
2.3 Källor till partiklar	14
2.4 Miljökvalitetsnormer för PM10 och PM2,5.....	15
3 Genomförande	18
3.1 Beskrivning av livsmedelsbutikerna.....	18
3.1.1 Stora COOP i Danderyd	18
3.1.2 Stora COOP i Åkersberg.....	20
3.2 Använda instrument i projektet.....	23
3.2.1 Partikelräknare.....	23
3.2.2 Övriga instrument som använts i projektet	23
3.3 Mätförfarande.....	24
4 Resultat	26
4.1 Jämförelse i PM-effektivitet mellan fält- och laboratoriemätningar	26
4.2 Analys av uppmätta partikelnivåer.....	28
4.3 Beräkning av ”internt” tillskott av partiklar.....	29
4.4 Beräkning av årsmedelvärde PM _x i butik med olika filterklasser.....	31
4.5 Kortvariga mätningar inne i butikerna	33
4.6 Energi- och kostnadsbesparingspotential.....	34
4.7 Slutsatser.....	35
5 Litteraturreferenser	37
Bilaga A. Mätresultat Stora COOP Danderyd	38
Bilaga B. Mätresultat Stora COOP Åkersberga	44
Bilaga C. Resultat från SPs laboratoriemätningar	50

Denna rapport är ett resultat av ett projekt inom BELIVS. Projektet genomfördes under hösten 2016. Mätningarna och analysen har gjorts i ett samarbete mellan SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, MANN+HUMMEL Vokes Air och ECiS AB.

Val av butiker har skett i samarbete med COOP Sverige AB.

- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Svein Ruud, (Projektledare)
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Tobias Eriksson
- MANN+HUMMEL VOKES AIR AB, Thomas Carlsson
- MANN+HUMMEL VOKES AIR AB, Magnus Johnsson
- ECiS AB, Reinhold Larsson (fältansvarig)
- ECiS AB, Christian Larsson
- COOP Sverige AB, Tord Lissel

ECiS har genomfört det mesta av fältmätningarna och sammanställt underlagsrapporter som stora delar av slutrapporten är baserad på.

MANN+HUMMEL VOKES AIR samlat in och sammanställt alla partikelmätdata, bidragit med ett antal diagram, samt skrivit stora delar av bakgrundsavsnittet om partiklar och luftfilter.

SP har varit projektledare, gjort mätningar av partikelavskiljning i SPs laboratorium samt sammanställt slutrapporten.

Projektet har finansierats med kontanta medel från Energimyndigheten, i form av kontanta medel, eget arbete, mätutrustning och utbytesfilter av MANN+HUMMEL Vokes Air samt i form av eget arbete av COOP Sverige.

1 Problembeskrivning

Det har inom BELIVS gjorts flera studier i butiker avseende energieffektivitet och inomhusmiljö som visar att det finns ett stort behov av att undersöka hur sambandet mellan flera olika faktorer samverkar för påverkan av energianvändning och inomhusmiljö. De tidigare BELIVS-rapporter som redovisat olika faktorer som har betydelse är studier kring avfuktning, kyla och återluftsfunktioner och hur dessa faktorer påverkar dels inomhusmiljön och dels energieffektiviteten.

Detta projekt har varit ett ytterligare steg i denna forskning att studera kopplingen mellan energieffektiviserande åtgärder och inomhusmiljön. Detta med avseende eleffektivitet och partikelhalter i luften i butikerna vid användning av luftfilter av olika klass.

Partikelhalterna in i butiken är delvis beroende av vilken filtertyp och kvalitet som sitter i ventilationsaggregaten. Dessutom påverkas filtrens funktion av ventilationsaggregatets utformning. Filterklasserna och deras filtreringsgrader påverkar tryckfallet över filtren och därmed också ventilationsaggregatets elenergianvändning.

Frågeställningen har varit hur val av filterkvalitet i ventilationsaggregaten påverkat partikelhalten i butiken i förhållande till uteluften avseende partikelhalterna för PM10, PM2,5 och PM1 samt vilken inverkan det har på ventilationsaggregatets elanvändning.

Vanligtvis sätts filterklass F7 in i uteluften och filterklass M5 i frånluften. I en förstudie [1] inom förstudie inom BELIVS har man, som förväntat, i en butik kunnat konstatera att ju finare filterkvalitet det är som sitter i ventilationsaggregatet desto större tryckfall erhålls och därmed också högre eleffekt för fläktdriften. Detta gäller givetvis om filtertyperna har samma påslängd och antal påsar etc. är lika.

Det som har varit intressant i den tidigare förstudien inom BELIVS kring filterkvaliteten F7 alternativt M5 i uteluften respektive M6 eller M5 i frånluften är hur detta påverkat själva partikelhalten i butiken. Det intressanta är primärt att valet av filtertyp inte har påverkat partikelhalterna på ett sådant sätt att gränsvärdena i de Svenska miljömålen har överskridits. Det har också tydligt visats att man fått en klar förhöjning av partikelhalten vid bestämda tider under senare delen av eftermiddagarna som direkt kan kopplas till belastningen i butiken p.g.a. flera bilar utanför och fler besökare i butiken.

Ett annat utfall av förstudien var att man kunde konstatera en tydlig påverkan på eleffektbehovet för fläktarna, vilket ger en ansevärd minskning av elenergianvändningen över tid då drifttiderna är tämligen långa för ventilationsaggregaten i butikerna.

För att verifiera resultaten i förstudien har en mer omfattande studie nu gjorts på två andra butiker, lokaliserade i Stockholmsregionen d.v.s. närhet till storstad och mer trafikerad väg. Mätningar har pågått under en längre period för att verifiera resultaten över tid. Dessutom har flera cykler använts för filterbyten för att se återkommande trender. Mättiden har varit ca 6 veckor för 2 butiker, dels en Stora COOP-butik i Åkersberga strax norr om Stockholm och en Stora COOP-butik i Danderyd.

De frågeställningar som man kan ställa sig avseende partikelhalten är:

- Hur skiljer sig partikelhalten åt i butiken med olika typer av filterklasser i ventilationssystemet?
- Vilka andra faktorer påverkar partikelhalten i butiken, som öppna stängda portar, antal personer i butiken, påverkar vid upppackning av varor m.m.?
- Finns det andra påverkande faktorer, som olika fördelningar inom olika zoner i butiken och i så fall hur skulle man kunna åtgärda detta med ventilationssystemet på ett energieffektivt och inomhusmiljömässigt sätt?

Projektet har en koppling till tidigare BELIVS-projekt kring effektivare ventilation i butiker avseendet att använda återluft eller inte. Resultatet av detta projekt kan dock ges en betydligt större omfattning avseende andra typer av fastighetsägare om hur man kan påverka energianvändningen i ventilationssystemen och ändå bibehålla en god inomhusmiljö.

1.1 Syfte och mål

Målet är att under verkliga förhållanden verifiera hur olika filterklasser har för påverkan på energianvändningen, främst avseende elenergianvändningen, och inomhusmiljön i butiker.

På lång sikt kan detta medföra att påtagliga energieffektiviseringsåtgärder både avseende driftförhållanden för ventilationssystemen och upprättande av riktlinjer för val av filterklasser i olika sammanhang, inte enbart butiker utan även inom andra sektorer.

Syftet med partikelmätningarna av PM10, PM2.5 och PM1 var också att följa upp hur partikelnivåerna uppfyller uppställda miljömål och om förutsättningarna för att klara miljömålen ändras om man ändrar filterklasser.

Ett syfte med projektet är också att ge visst underlag till hur man bör filtrera luften till butiken för att upprätt hålla en god luftkvalitet inom de olika zonerna som kan finnas i en butik. I längden kan detta också påverka utformningen av butikernas ventilationssystem och olika avgränsningar beroende av vilka partikelhalter man tillåter i olika sammanhang.

Målgruppen för denna studie är främst riktad till livsmedelsbutiker, men kan sannolikt också omsätta resultatet av denna studie till andra typer av butiker och lokaler av mer kommersiell typ. Mer riktad målgrupp är främst beställargruppen, butiksägare i allmänhet, butikschefer utanför beställargruppen, konsulter, livsmedelsproducenter, service- och installationsföretag och tillverkare av ventilationsaggregat samt koordinators i respektive nätverk.

1.2 Avgränsningar

För att kunna genomföra projektet behövdes två representativa butiker med lämpliga ventilationsaggregat som också i huvudsak betjänar butiken. Ventilationssystemen som betjänar butikerna behövde dessutom också vara utrustade med tryck eller flödesstyrning för att enkelt kunna spåra påverkan på elenergianvändningen i projektets syfte.

Fokus i detta projekt har enbart koncentrerats kring hur val av ventilationsfilter påverkar elenergianvändningen, samt luftkvaliteten i frånluft och inomhusmiljön i butiken under en längre tid med skiftande cykler för filterbyten.

Avsikten med projektets utförande var att laborera med olika filterklasser, i första hand filterklass M5 och för jämförelse filterklass F7, avseende partikelpåverkan PM10, PM2,5 och PM1.

Mätningarna lades upp på det sätt att man monterar in en filterklass, där sedan partikelmätare för mätning av PM10, PM2,5 och PM1 loggas under en ca veckas tid. Loggning kom då att ske i första hand i uteluften och i frånluften från butiken eftersom där kan förutsättas finnas en viss utjämning av partikelkoncentrationen, varför denna koncentration väl representerar halten i inomhusluften i butiken. I samband med uppstart av loggning av partiklar PM10, PM2,5 och PM1 skedde också mätningar av ventilationsaggregatets totalluftflöde, totaltryck, tryck över filter samt uppmätning av ventilationsaggregatets momentana eleffekt. Momentana partikelmätningar gjordes också, dels över filterenheten och dels på specifika platser i butikerna.

Efter en cykel med en sorts filterkvalitet byttes filterklassen ut, varpå ny loggningscykel och momentana mätningar genomfördes. Detta upprepades under en 4 veckors period.

I samband med uppstart av projektet i butikerna så krävdes en genomgång av bl.a. ventilationssystemets uppbyggnad, kartläggning av dess funktion och driffförutsättningar. Fanns datoriserat styr- och övervakningssystem kunde det vara lämpligt att utnyttja detta för att logga temperaturer tryck etc. samtidigt med loggning av partiklarna för att få en komplett kontroll på hur funktionen varit under perioden för partikelmätningarna. Normalt förekommer system med någon form av återluftsfunktion, vilket också är viktigt att få in i funktionsöversikten. Det sistnämnda kan dock skapa problem med partikelmätningarna eftersom det, beroende av återluftsggraden, innebär att partikelnivåerna i uteluften kan ha liten inverkan på partikelnivåerna i tilluften.

1.3 Metod

1.3.1 Mätningar

Vid genomförandet gjordes ett antal mätningar avseende partikelhalter i butikslokalen utöver de veckolånga loggningar som skedde av partiklar i frånluften respektive i uteluften. Dessutom mättes och kontrollerades lufthastigheter och tryckförhållande över huvudentrén för att konstatera över- respektive undertryck i butikerna. Detta kopplades också då till de yttre omständigheterna i vädret under mätperioden. Uppgifter om yttre förutsättningar under perioden för partikelmätningarna och loggningen har hämtats från SMHI. Detta gäller i första hand, lufttemperatur ute, lufttryck, vindhastigheter, vind-förhållanden och vädertyp.

Efter ca en veckas loggning skiftades filterklass och mätningarna genomfördes enligt ovan med på samma sätt med den nya filterklassen, d.v.s. loggning av partiklar inom PM10, PM2,5 och PM1. Loggningen skedde växelvis i frånluften och i uteluften med 1 timmes intervall. Kontrollmätning momentant skedde av totalluftflöde, mätning av totaltryck och tryckfall över filter samt uppmätning av aggregatets eleffekt vid varje skiftning av cykel. Detta för att se om det finns en skillnad och i så fall hur stor påverkan denna skillnad har varit på energianvändningen avseende elenergin. Kontroll av dessa faktorer var också nödvändiga för att veta att man inte hade skillnader i driffförutsättningarna på ventilationsaggregaten vid de olika mätcyklerna. Därutöver genomfördes momentana partikelmätningar på specifika platser i butiken.

Anledning till att partikelmätningarna skede i frånluften och i uteluften för PM10, PM2,5 och PM1 är att denna mätning är mest representativ för vad som egentligen händer med luften och dess kvalitet inom butiken och att det är svårt att hitta en representativ plats i butiken. Specifika momentana partikelmätningar i butiken får istället visa avvikelserna från det medelbaserade värdet i frånluften. De specifika partikelmätningarna kan då också påvisa om det är att rekommendera avgränsningar inom en butik för att hålla kontroll och få bukt med höga partikelhalter, som kan komma utifrån under perioder då mycket kunder passerar genom butiken eller genereras internt i butiken.

Momentanmätningar över aggregat avseende el, luftflöde, tryckfall innebär att man har kontroll på de olika filterklassernas påverkan på systemutförandet. Uteluften är en avgörande funktion i detta sammanhang dels för att butikerna ofta har stora öppna ytor och öppna portar etc. som kan skapa stora luftflöden som passerar beroenden av väder och vind. Det kan vara av vikt att under någon dag notera funktionerna kring hur mycket dörrar öppnas och stängs. Detta påverkar också de specifika momentana partikelmätningarna som görs vid olika tillfällen i själva butiken.

Av den loggning som skedde av partiklarna PM10, PM2,5 och PM1 i frånluften och uteluften under en ca 1 veckas cykler med en filterklass M5 respektive filterklass F7, visas hur detta

påverkat partikelhalten i inomhusluften. Momentana partikelmätningar i butikerna, som utfördes vid varje ny cykel, visar hur stora skillnader det momentant finns i specifika platser i butiken.

1.3.2 Energiberäkningar med avseende på filterkvaliteten

Livsmedelsbutikerna kan vara uppbyggda på olika sätt avseende ventilationssystem och funktion i själva butikerna med olika zoner av olika matvaror. De flesta större butiker har dock relativt lika system för placering av varor, d.v.s. man har särskilda zoner för frukt och grönt, zon för färskvaror i charkuterier, zoner för fisk, särskild zon för nybakat bröd etc. Dessutom brukar det finnas en särskild zon för kylda varor. Alla dessa olika zoner inom butiken brukar dessutom ha krav på olika ventilation och klimat. Detta innebär också att man kan ha flera ventilationsaggregat som betjänar de olika zonerna.

I detta projekt har två större livsmedelsbutiker studerats, som betjänas i huvudsak av ett större ventilationsaggregat per butik som tar själva butiksdel. Det finns också mindre ventilationsaggregat som betjänar personalutrymmen samt frånluftsfläktar som betjänar bagerier.

Ventilationsaggregaten som i huvudsak tar större delen av de allmänna zonerna i butikerna d.v.s. vanliga torrvaror är uppbyggt med FTX-system med roterande värmeväxlare. I det ena fallet (Stora COOP i Åkersberga) finns ett mindre aggregat som tillför uteluft till ett större cirkulationsaggregat som betjänar själva butiken. Det andra ventilationsaggregatet i butiken (Stora COOP i Danderyd) betjänas av ett större FTX aggregat som tar hela butiken.

I syfte att i detta projekt beräkna energianvändningen så används långtidsmätning av partiklar i uteluften och i frånluften för att se hur partikelhalten förändras. I uppstart av ny cykel av partikelmätningar sker momentana mätningar av ventilationsflöden och eleffektanvändningen över aggregatet. Denna momentana mätning görs även då partikelmätningen stoppats för byte av till nya filter. Efter det att nya filter satts in sker samma procedur med mätning av ventilationsflödet och eleffekten.

Den skillnad man erhåller på ventilationsaggregatets eleffektbehov vid drift med olika filterklasser är grunden till den energiberäkning som görs på årsbasis med avseende på butikens öppethållande och ventilationsaggregatets drifttider. Ventilationsaggregaten som betjänar dessa butiker har studerats och konstaterats utgöra två olika förhållandevis normala installationer avseende lite modernare butiker.

1.3.3 Beräkning av energieffektiviseringspotential

Avsikten med projektet är att finna en effektiviseringspotential genom att studera en faktor som kan ändras en butik. I detta fall avses val av filtreringsklass hos luftfilter och hur detta påverkar dels inomhusmiljön i form av partikelhalter och dels hur detta påverkar fläktarnas elenergianvändning.

Genom valet av filter efter den kvalitet som verkligen behövs vid varje enskilt tillfälle kan stora effektiviseringspotentialer erhållas om man ser över alla butikers behov. Resultaten av detta projekt kan relativt sett omsättas till runt ca 4 000 butiker i landet, som är av i princip samma storleksordning som de studerade butikerna. Det finns ett större antal mindre butiker än det som studerats här men även ett antal större där besparingseffekten kan vara betydligt större för det enskilda objektet. Det finns dock flera butiker där besparingspotentialen idag inte är lika stor eftersom tekniken med att kunna vinna energieffektivitet också ligger i utformningen av ventilationssystem och dess styrningar. Principiellt skulle dock denna potential finnas i energieffektivitet. De utvalda butikerna kan anses representera medelbutiker avseende storlek och besöksantal, varför erhållen energieffektivisering grovt kan omsättas till dessa ca 4 000 butiker.

1.3.4 Kostnadsbedömningar

Den huvudsakliga skillnaden i kostnad bedöms vara skillnad i energikostnad för el till drift av fläktar. Detta som en följd av minskat tryckfall vid bibehållet flöde. Utöver detta tillkommer att luftfilter av lägre filterklass är något billigare.

Det finns flera faktorer som kan påverka energianvändningen och därmed också energikostnaden väsentligt när det gäller driften av ventilationssystem. Filterkvaliteten är en av dessa faktorer. Om man inriktar sig enbart på filterkvaliteten så är det främst på tryckfallet man vinner energi. Det kan givetvis också förekomma andra varianter på detta, som om man t.ex. har filter med korta påslängder och byter dessa till längre påslängder och därmed utökar filterarean, så erhålls också normalt ett lägre tryckfall. I denna utredning har dock en och samma påslängd använts för att se direkt skillnad i filterkvaliteten och jämförelsen sker mellan filterklasserna F7 och M5.

För att se värdet av denna utredning och av det resultat som framkommit så får man omsätta detta till de antal butiker som förekommer i landet. I detta fall rör det sig enligt ovan om ca 4 000 butiker med varierande storlekar, som inom detaljhandel har ett brett sortiment. Enligt detaljhandels dagvaruhandel prognos är det ca 400 butiker som går med förlust och har små marginaler på sin sida. Dessa utmanas stort från utländska lågprisbutiker som tar över allt mer. Det är givetvis av stor vikt att man kan hålla nere inte minst sina omkostnader för exempelvis energianvändningen och effektivisera sina drift- och underhållskostnader för övrigt. Det finns dock betydligt fler mindre butiker, som har mer specifika varor.

I sammanfattningen och av resultatet framgår att det är en stor spridning/osäkerhet i den beräknade besparingspotentialen. Detta beror på osäkerhet i nuvarande systemutformning i de 4000 butikerna och där de två studerade butikerna kan antas motsvara ytterligheterna. Dels med avseende på själva systemutformningen men också med avseende på befintlig användning av filtertyp. I den ena butiken användes F7-filter endast på uteluften medan man i den andra butiken genomgående använde F7-filter, även i cirkulationsaggregatet.

2 Bakgrund

De senaste åren har halterna av vissa luftföroreningar i Sverige minskat, medan andra är oförändrade. Halterna är fortfarande så höga att de skadar människors hälsa, växtlighet och kulturföremål. På flera ställen i landet överskrids miljö kvalitetsnormerna och miljömålen uppnås inte. Trots att halterna av luftföroreningar i Sverige delvis ligger på skadligt höga nivåer är de ändå i de flesta fall förhållandevis låga jämfört med i många andra länder.

2.1 Därför heter det PM10, PM2,5 och PM1

Inandningsbara partiklar har i typiska fall en storlek på ca 10 µm (0,01 mm) eller mindre – de största som kan tränga ned i lungorna har en diameter kring 15 µm. Luftens innehåll av partiklar med sådana dimensioner brukar betecknas som PM10 (Particulate Matter 10). Partiklar (PM2,5) har en diameter på mindre än 2,5 mikrometer och är därmed ännu mindre partiklar. PM1 har en diameter mindre än 1 mikrometer och är betydligt mindre än PM10 och PM2,5. Närmare definitioner av begreppen finns i luftkvalitetsförordningen (2010:477).

2.2 Miljö kvalitetsnormer för partiklar i utomhusluften

I luftkvalitetsförordningen (2010:477) ingår miljö kvalitetsnormer för partiklar (PM10 och PM2,5). Normerna bidrar till att skydda människors hälsa samt att uppfylla krav i EU-direktivet 2008/50/EG.

2.3 Källor till partiklar

Partiklar i utomhusluft uppkommer såväl på naturlig väg som antropogent, det vill säga genom mänsklig verksamhet. Till de naturliga processerna kan till exempel vulkanisk aktivitet räknas, liksom skogsbränder samt spridning av damm/sand och havssalt. Vägtrafik och vedeldning är exempel på antropogena källor.

Den största källan till större partiklar i tätortsmiljön (PM10) bedöms vara vägslitage till följd av användning av dubbdäck. Mindre partiklar (PM1 och PM2,5) i luften härrör från förbränning, energiproduktion, industriella processer och transporter. Såväl biobränslen som fossila bränslen kan ge bildning av små partiklar. Små partiklar kan även bildas via nukleationsprocesser i förorenad luft, till exempel sulfater, nitrater och organiska ämnen.

De partikelhalter som förekommer i utomhusluften i tätorter idag är i många fall skadliga, i synnerhet för känsliga personer. Partiklar i utomhusluft har visats vara en bidragande orsak till ökad sjuklighet och dödlighet. Kopplingar har bland annat gjorts till hjärt- och kärlsjukdomar samt sjukdomar i luftvägarna. Partiklar mindre än 10 µm, (PM10) kan andas in av människan och är en av de luftföroreningar som orsakar störst hälsoproblem i svenska tätorter. Långtidsexponering av partiklar i omgivningsluften kan orsaka sjuklighet och förtidig dödlighet i hjärt-, kärl- och lungsjukdomar. Det beräknas bidra till i genomsnitt flera månaders förkortad livslängd i Sverige. Tätortens luftföroreningar samt specifikt dieselavgaser, har av International Agency for Research on Cancer (IARC) klassats som cancerframkallande för människor. Partiklar i tätortsluften är bärare av många cancerframkallande och skadliga ämnen.

Partikelfraktionen PM2,5 (partiklar mindre än 2,5 µm), som utgör en del av PM10, härrör i högre grad än PM10 från förbränningsprocesser till följd av fordonstrafik och energiproduktion. Även långdistanstransporten av partiklar är av stor betydelse för förekomsten av PM2,5. Det gäller särskilt i södra Sverige, vilket medför att halterna av

PM_{2,5} i urban bakgrundsluft också är avsevärt högre där jämfört med i den norra delen av landet.

PM₁-koncentrationen påverkas både av lokala källor och av långdistanstransporterade partiklar. Lokala källor i form av både förbränningsutsläpp och mekaniskt genererade partiklar vid nötningsprocesser bidrar till PM₁-halterna. Under en stor del av året, sommarhalvåret och hösten, är PM₁-halterna troligen till största delen dominerade av långdistanstransporten. Under vinterhalvåret bidrar lokala förbränningspartikelutsläpp i form av främst fordonsavgaser och vedeldning och under våren bidrar partiklar som bildats vid slitage av vägbanor [2].

Långdistanstransporterade partiklar är en betydande källa till den så kallade bakgrundsluften även i städerna, speciellt i södra Sverige. Bidraget till partikelhalterna från långdistanstransport har dock minskat under den senaste tioårsperioden. I trafikerade miljöer i våra tätorter finns i högre grad mycket små primära partiklar från fordonsemissioner.

Långdistanstransportens relativa betydelse minskar i norra Sverige. Här kan å andra sidan sothalterna vara högre än i södra Sverige. Detta kan bero på att utsläpp av sot från vedeldning och fordon når högre nivåer under väderförhållanden med dålig omblandning, vilket är vanligare under vinterhalvåret.

Uppvirvlingen av damm kan öka halterna av särskilt PM₁₀ till mycket höga nivåer. Timmedelvärden av PM₁₀ på uppemot 400–500 µg/m³ noterades under en kartläggningssstudie 1999–2001 vid gaturumsstationerna i Stockholm, Göteborg och Umeå.

De flesta överskridanden av miljökvalitetsnormen för dygnsmedelvärden i gaturum inträffar under dessa episoder, som företrädesvis äger rum i mars och april. Halterna av PM₁₀ har de senaste åren minskat i storstäderna, sannolikt på grund av minskad andel dubbdäck samt dammbindningsåtgärder.

Partiklarnas storlek och tyngd avgör hur länge de förblir luftburna. För partiklar av 100 µm tar det ca 2 sek att fall 1m, för en partikel som är 10µm tar det ca 3 minuter, för en partikel som är ca 1 µm tar det ca 4 timmar att fall 1 m och för en partikel 0,1 µm ca 6 dagar under förutsättning samma täthet hos partiklarna [3].

I rum med ventilation, människor som rör sig och dylikt förblir partiklar av storleken några µm och mindre luftburna, d.v.s. partiklar av en storlek som når djupare ned i luftvägarna (respirabla partiklar). Dessa partiklar rör sig med luften. Elimination av sådana partiklar kan primärt ske med hjälp av ventilationen och dess filtrering.

Tyngre partiklar faller och deponeras på ytor. Partiklarnas rörelse i luften påverkas också av deras laddning och förekomsten av elektriska fält. För partiklar i storleksordningen 1 µm har partikelns laddning och förekomsten av elektriska fält stor betydelse för deponering på hud, medan luftförelser avgör deponeringen för större partiklar.

2.4 Miljökvalitetsnormer för PM₁₀ och PM_{2,5}

Precisering av frisk luft och miljömål 2020 för partikelhalter enligt Naturvårdsverket beskrivs enligt följande:

Partiklar (PM_{2,5}) innebär att halterna av luftföroreningar inte överskrider lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål. Riktvärdena sätts med hänsyn till känsliga grupper och innebär att halten av partiklar (PM_{2,5}) inte överstiger 10 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett årsmedelvärde eller 25 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett dygnsmedelvärde. Partiklar (PM₁₀) innebär att halterna av luftföroreningar inte överskrider lågrisknivåer för

cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål. Riktvärdena sätts med hänsyn till känsliga grupper och innebär att halten av partiklar (PM10) inte överstiger 15 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett årsmedelvärde eller 30 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett dygnsmedelvärde.

Precisering av frisk luft och miljömål 2020 för partikelhalter enligt Naturvårdsverket		
Partikelstorlek	Årsmedelvärde	Dygnsmedelvärde
PM10	15 µg/m ³	30 µg/m ³
PM2,5	10 µg/m ³	25 µg/m ³

Figur 1. Tabell över riktvärden för Sveriges miljömål till 2020 avseende partiklar

Miljö kvalitetsnormer för partiklar (PM10 och PM2,5) ingår i luftkvalitetsförordningen (2010:477). Normerna för partiklar (PM10) är så kallade gränsvärdesnormer eller skallnormer, satta som dygnsmedelvärde respektive årsmedelvärde och får inte överskridas. För partiklar (PM2,5) finns både en målsättningsnorm/bör norm och en gränsvärdesnorm/ skall norm, med samma nivå, men olika tidpunkter för uppfyllelse.

Utöver dessa finns även en annan typ av reglering av partiklar (PM2,5) som innebär en nationell minskning av den exponering som befolkningen som helhet utsätts för. Minskningkravet är relaterat till den föroreningsnivå som var aktuell i respektive medlemsland under perioden 2009-2011. I Sverige är halterna av PM2,5 generellt sett låga, vilket lett till ett minskningskrav på 0 % under perioden 2010-2020. Från och med år 2015 får medelvärdet inte överstiga 20 µg/m³ under en treårsperiod. Naturvårdsverket ansvarar för att hantera och följa upp denna exponeringsreglering.

Motsvarande beskrivning och kravvärden för PM1 finns ännu inte upprättade.

Genom att mäta halterna av olika ämnen i luften, kan vi kontrollera luftkvaliteten. Det är framförallt EU:s gemensamma gräns- och målvärden som avgör vad som ska kontrolleras. Dessa återfinns i svensk lagstiftning som miljö kvalitetsnormer (luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477). Normerna är värden som inte får överskridas eller som ska eftersträvas.

Miljö kvalitetsnorm (MKN) för partiklar (PM10) till skydd för människors hälsa		
Medelvärdetid	Värde	Anmärkning
1 dygn	50 µg/m ³	Värdet får överskridas 35 gånger per år.
1 år	40 µg/m ³	-

Figur 2. Tabell för Partiklar PM10 till skydd för människors hälsa

Miljökvalitetsnorm (MKN) för partiklar (PM _{2,5}) till skydd för människors hälsa		
Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
1 år	25 µg/m ³ Bör eftersträvas till och med den 31 december 2014	-
1 år	25 µg/m ³ Får ej överskridas från och med 1 januari 2015	-

Figur 3. Tabell för Partiklar PM_{2,5} till skydd för människors hälsa

Genom att jämföra resultatet från kontrollen mot miljökvalitetsnormerna och de nationella, regionala och lokala miljömålen kan vi också följa upp hur miljöarbetet går och sätta in åtgärder där det behövs. Information om luftkvaliteten används även i andra sammanhang, t.ex. vid tillståndsprovningar och vid kommunal planering och planläggning.

I tätorterna (gaturum och urban bakgrund) kontrolleras luftkvaliteten i första hand av kommunerna. I Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2013:11) anges hur kommunernas kontroll ska gå till. En del kommuner kontrollerar luftkvaliteten på egen hand, medan andra väljer att samverka. En vanlig samverkansform är luftvårdsförbund.

På landsbygden (regional bakgrund) är det framförallt Naturvårdsverket som övervakar luftkvaliteten. Även länsstyrelserna genomför mätningar på eget initiativ.

IVL, Svenska Miljöinstitutet AB är Naturvårdsverkets datavärd för luft. Det innebär att IVL samlar in, lagrar, sammanställer och tillgängliggör data från luftövervakning i Sverige. På IVLs webbplats finns tillgängliga data från mätningar från lång tid tillbaka. Resultat från mätningar går även att hitta på kommunernas egna webbplatser, oftast i form av rapporter eller andra sammanställningar. I några fall visas även mätdata i så kallad nära-realtid, d.v.s. halter som ofta har uppmätts under den senaste timmen.

Det finns långa mätserier endast från ett fåtal mätplatser i Sverige. De längsta mätserierna uppvisar en motsägande trend, med varierande halter i Malmö och minskande halter i Stockholm. Halterna var under 2013 lägre än såväl den nedre utvärderingströskeln som miljömålets precisering. Högst halt observerades i den sydligaste tätorten, Malmö.

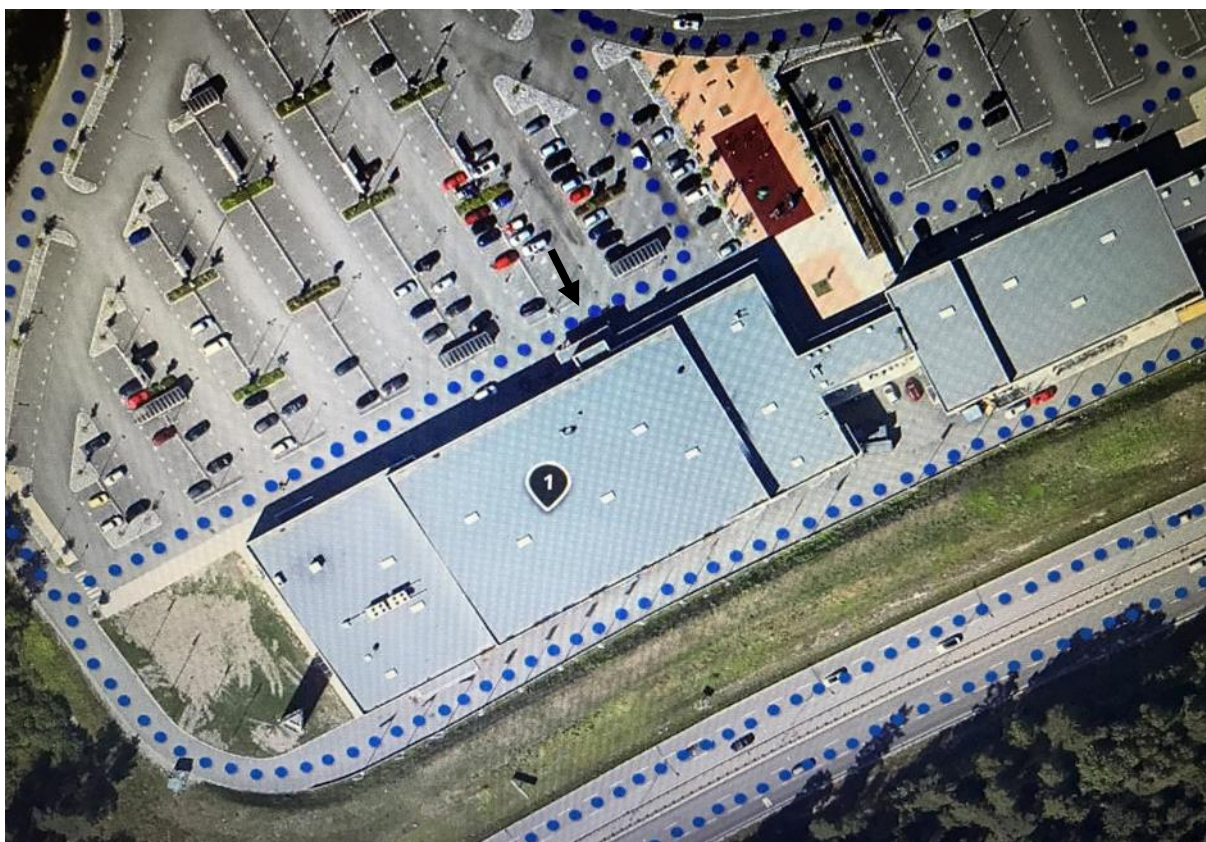
3 Genomförande

3.1 Beskrivning av livsmedelsbutikerna

För att under verkliga förhållanden kunna verifiera problematiken kring att välja antingen ett F7- eller M5-filter, kontrollerades några tänkbara butiker upp. Valet grundar sig dels på att det skulle ligga inom en storstadsregion, i detta fall Stockholm, och dels på kravet att butikernas ventilationsaggregat skulle vara någorlunda moderna med tryck- eller flödesstyrning för att kunna verifiera förändringar vid filterbyten.

I detta projekt har två butiker, Stora COOP i Åkersberga och Stora COOP i Danderyd, valts ut för att genomföra projektet. Butikerna ligger inom storstadsregionen Stockholm, dock kan Stora COOP i Åkersberga kallas för butik i utkant av storstadsregion.

3.1.1 Stora COOP i Danderyd



Figur 4. Vy över Stora COOP Butiken i Danderyd. Svart pil visar var huvudentrén är belägen till butiken.

Stora COOP i Danderyd är en butik som är belägen vid Sunnavägen 2A, 182 36 Danderyd och uppfördes 2010. Butiken har en butiksarea ca 2 700 m² och har en volym på ca 19 000 m³.

Ventilationssystemet är uppbyggt kring ett större huvudentilationsaggregat LA1, typ Swegon Gold, som tar hela butiken. Ventilationsaggregatet har roterande värmeväxlare som återvinning och har projekterade luftflöden som uppgår till 7 550 l/s för både tilluft och frånluft. Detta innebär ca 2,8 l/sm².

Luftflödet för LA1 är injusterat till följande:

Tilluft 7 550 l/s

Frånluft 5 500 l/s, till denna frånluft ska också räknas in ca 1500 l/s, som tas ut via en separat frånluftsfläkt för bageriet, ca 1000 l/s som tas ut via separat frånluftsfläkt för kök och grill samt ca 200 l/s, som tas ut via ytterligare en frånluftsfläkt för kafferosterier.

Lågfart är inställt på 3000 l/s för både till och frånluft.

Aggregatet LA1 körs dock från måndag till söndag 05.30 till 22.30 på helfart, övrig tid avstängt enligt inställning i styrdatorn. I drift dygnet runt vid värmebehov (luftvärme).

Filter i LA1 utgörs av följande:

Uteluftsintaget utgörs av 8 st hela moduler av typ F7.

Filter i frånluften 8 st helmoduler av typ M5.

Inledande Kontrollmätningar aggregat:

Yttre förhållanden:

Lufttemperatur +24°C

Lufttryck 1022 hPa

Vind SV 2-3 m/s

Väder klart

Luftflödet över LA1 uppmättes med hjälp av spårgasteknik till följande:

Uppmätt frånluftsflöde 5 313 l/s ± 319 l/s

Uppmätt tilluftsflöde 7 487 l/s ± 449 l/s

Tilluftstemperatur 16°C, ärvärde tilluft 22,7°C

Läckage vid roterande vvx uteluft till avluft uppmättes till 3,9 %

Läckage vid roterande vvx frånluft till tilluft uppmättes till 0 %

Kortslutningseffekt mellan avluft till uteluftsintag mättes till 0 % vid rådande yttre förhållanden.

Uppmätta effekter för hela LA1 vid mätning över respektive fas:

Eleffekt 397 V/ 25,7A/ 17,6 kW/ Cos Φ 1,00

Vid mätningarna var tryckfallet över filter för tilluft 204 Pa (filter som fanns i aggregatet för projektets uppstart)

Vid mätningarna var tryckfallet över filter för frånluft 39 Pa (filter som fanns i aggregatet för projektets uppstart)

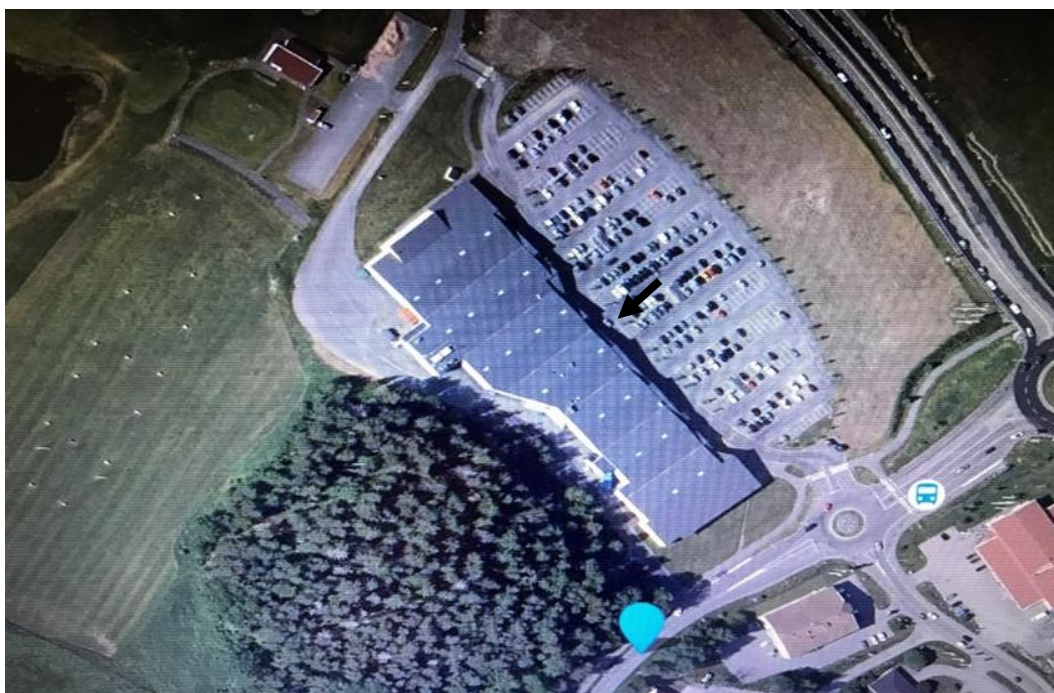
Övriga avläsningar i DUC för ventilationsaggregatet:

Tilluft 22,7/16,0°C

Rum 21,0°C

Ute	21,1°C
FV	21,5/13,0°C
FRT reglering	steg 1
FL/TL-diff	5,0°C
Brytpunkt	23,0°C
X-zone	22,4/14,0°C
Rum	22,3°C
FV	22,4/13,0°C

3.1.2 Stora COOP i Åkersberg



Figur 5. Vy över Stora COOP butiken i Åkersberga. Svart pil visar var huvudentré till butiken är belägen.

Stora COOP i Åkersberg är en butik som är belägen vid Pilstugetorget 1-5 i Åkersberg, butiken uppfördes 2010. Butiken utgör en större del av hela fastigheten där butiken ingår. Butiken har en butiksarea på ca 3 000 m² samt en volym på ca 20 000 m³.

Ventilationssystemet i denna butik är uppbyggt lite annorlunda mot Stora COOP i Danderyd på så sätt att här utgörs ventilationssystemet av ett mindre ventilationsaggregat LA01, som tar in uteluft och frånluft från butiken. Uteluften in tillförs dock ett större cirkulationsaggregat, som i princip värmer och tillför luft i hela butiken. Det finns ytterligare ett mindre ventilationsaggregat som tar kontorsdelar i anslutning till butiken. I denna rapport med partikelmätningar avses enbart ventilationsaggregatet som betjänar själva butiken.



Figur 6. Bild över ventilationsaggregatets utformning, fläktrummet i Åkersberga.

Ventilationssystemet till butiken utgörs av ett huvudaggregat LA01 (till vänster i Figur 6), vilket är ett till- och frånluftsaggregat med en roterande värmeväxlare som återvinner frånluftens värme. LA01 matar fram tilluft till ett större cirkulationsaggregat CA01 (till höger i Figur 6) där större delen av luften till butiken cirkulerar. CA01 tar sitt största flöde direkt från butiken, behandlar luften och blandar in en del uteluft från LA01.

Luftflödet för LA01 är injusterat till följande:

Tilluft	1 250 l/s
Frånluft	1 250 l/s

Under själva driften kunde konstateras att man tidvis körde på ca 1250 l/s tilluft och endast ca 750 l/s frånluft, troligen styrd av hur separata frånluftsfläktar styrdes. Detta har dock ej framgått i driftunderlag

Luftflödet för CA01 är injusterat till 9 050 l/s högfart och 2 200 l/s vid lågfart

Aggregatet LA01 körs måndag till söndag 06.30 till 22.30, övrig tid avstängt.

Aggregatet CA01 går måndag till söndag 06.30 till 22.30 högfart, övrig tid lågfart.

Filter i LA01 utgörs av följande:

Filter på uteluften in utgörs av 3st hela moduler samt 3 ½ moduler av typ F7.

Filter på frånluftssidan är uppbyggt på samma sätt med 3 hela moduler och 3 ½-halvmoduler även här har man F7.

Filtertypen i CA01 utgörs av samma typ som LA01 d v s F7, skillnaden här är dock att man har 8 st helmoduler.

Inledande kontrollmätningar över ventilationsaggregaten inför uppstart av projektet

Yttre förhållanden:

Lufttemperatur +23°C
Lufttryck 1022 hPa
Vind SV 2-3 m/s
Väder klart

Luftflödet över LA01 uppmättes med hjälp av spårgasteknik till följande:

Uppmätt frånluftsflöde 1 277 l/s ± 77 l/s
Uppmätt tilluftsflöde 1 216 l/s ± 76 l/s
Tilluftstemperatur 22°C
Läckage vid roterande vvx uteluft till avluft uppmättes till 4,4 %
Läckage vid roterande vvx frånluft till tilluft uppmättes till 0 %
Kortslutningseffekt mellan avluft till uteluftsintag mättes till 0 %
vid rådande yttre förhållanden.

Uppmätta eleffekter för hela LA01 vid mätning över respektive fas:

(kabelmärkning 47,48,49 i skåp AC1)

Eleffekt 403 V/ 0,87A/ 0,60 kW/ Cos Φ 0,98

Vid mätningarna var tryckfallet över filter för tilluft 125 Pa

Vid mätningarna var tryckfallet över filter för frånluft 115 Pa

Luftflödet över CA01 uppmättes med hjälp av spårgasteknik till följande:

Uppmätt cirkulationsflöde 9 337 l/s ± 560 l/s
Tilluftstemperatur 16°C

Uppmätta eleffekter för hela CA01 vid mätning över respektive fas:

(kabelmärkning 50,51,52 i skåp AC1)

Eleffekt 403 V/ 20,3A/ 13,9 kW/ Cos Φ 1,00

Vid mätningarna var tryckfallet över filter för cirkulationsluft 153 Pa

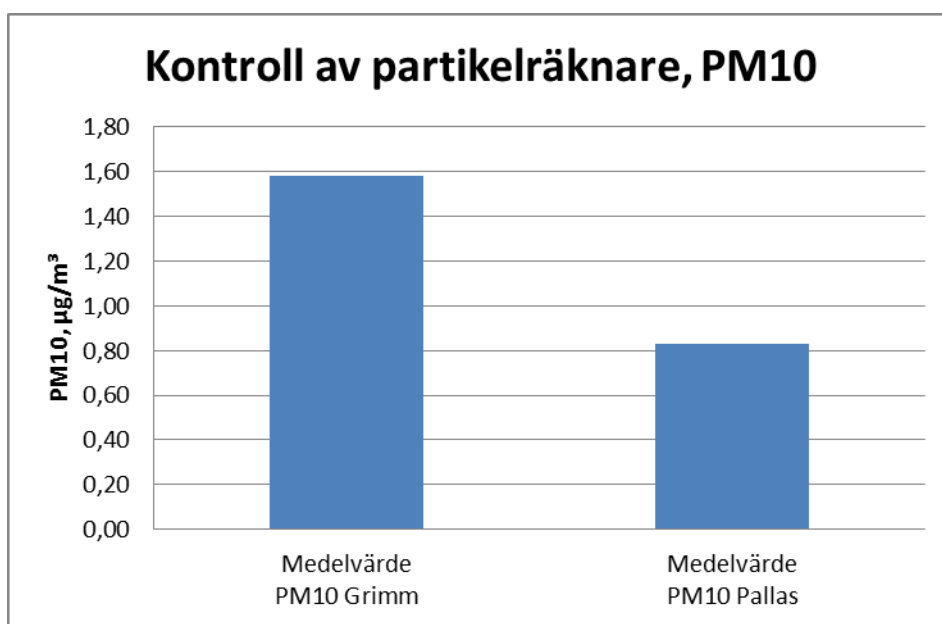
3.2 Använda instrument i projektet

3.2.1 Partikelräknare

I detta projekt har två olika fabrikat av partikelräknare använts, Pallas Fidas mobile och Grimm 1.109. Båda mätinstrumenten har tillhandahållits av Mann+Hummel Vokes Air.

I denna rapport är de värden som har räknats, korrigerade med hjälp av ett test som gjordes på Mann+Hummel Vokes Air i Svenljunga i augusti 2016. De två partikelmätarna/spektrometrarna, som användes i detta projekt, parallellkopplades mot uteluftsintaget på ett ventilationsaggregat och avvikelsen mellan instrumenten kontrollerades.

Pallas Fidas mobile-instrumentet bygger på en teknologi som har ett TÜV-godkännande för PM-mätningar och därför valdes det som referensinstrument. Mätvärdena från partikelmätaren Grimm 1.109, som placerades i Åkersberga, har därför justerats enligt referensmätningen mellan instrumenten. Jämförelsemätningen för PM10 enligt Figur 7 gav en justeringsfaktor på 0,62. Justeringsfaktorn för PM2,5 och PM1 blev 0,52.



Figur 7. Exempel på jämförelse mellan partikelmätare Pallas och partikelmätare Grimm för kalibrering av mätvärden.

3.2.2 Övriga instrument som använts i projektet

Övriga instrument som används vid genomförandet av detta projekt är bl a spårgasutrustning för att konstatera totalluftflödet genom ventilationsaggregaten, luftläckage över värmeväxlare och kortslutningseffekter samt bestämning av eleffektbehovet för fläktarna.

Följande utrustning har använts med spårbar kalibrering.

- Luftläckage och totalflöden uppmättes med hjälp av spårgasteknik enligt T9:2007 metod A4.
- Flödesmätare typ Bronkhorst M7203214A F201AV-70K-ABD-33-7
- Analysator typ IAQ-Calc7515 (pumpforcerad)
- Spårgas Biogen CO2 renhet 99,99%.
- Tryckmätare typ Swema 3000 md nr 671419

Mätningarna av totalflöden och läckagekontroll genomfördes som tre separata mätningar för varje mätpunkt. De mätningar som genomfördes vars resultat redovisas i tabell i bilagor till rapporten var följande:

- Totalluftflöde frånluft
- Totalluftflöde tilluft
- Läckagemätning uteluft till avluft
- Läckage mätning frånluft till tilluft
- Kortslutningsmätning mellan avluft till uteluft

I samband med luftflödesmätningar har 3 oberoende mätningar genomförts vid varje enskilt tillfälle då momentana mätningar utförts för att fastställa fortfarighetstillståndet.

Även eleffekten har bestämts av 3 oberoende mätningar, där effekten också bestämts fasvis för att fastställa riktigheten i mätvärdet. Dessutom har 2 separat effektmätare använts för att verifiera riktigheten i mätprocessen:

- Nanovip 26047 / CT1 14/ Eleffekter
- Nanovip 27477/ Eleffekter

3.3 Mätförfarande

Mätningarna för att verifiera partikelhalter med olika filtertyper genomförts under drygt en månads tid. Före första mätcykeln, mellan varje mätcykel och efter den sista mätcykeln gjordes som tidigare beskrivits momentana mätningar av olika slag.

1. Inledande mätningar genomfördes 2016-09-12
2. Uppstart partikelmätningar cykel 1 i Stora COOP i Danderyd 2016-09-26 samt Stora COOP Åkersberg 2016-09-27 .
 - i. Stora COOP Danderyd – mätningar sker före filterbyte för LA1 då det sitter F7- filter i tilluften och M5-filter i frånluften. Mätningar sker efter filterbyte då det sitter nytt F7 filter i tilluften och nytt M5 filter i frånluften.
 - ii. Stora COOP Åkersberga – mätningar sker i LA1 före filterbyte då både tilluft och frånluft har F7-filter. Mätningar efter filterbyte innebär nytt M5-filter i frånluften och nytt F7 i tilluften. Mätningar sker före filterbyte i CA01 med F7- filter. Mätningar efter filterbyte sker med nytt F7-filter.
3. Uppstart partikelmätningar cykel 2 i Stora COOP Danderyd och i Stora COOP Åkersberga 2016- 10-05.
 - i. Stora COOP Danderyd – mätningar i aggregat LA1 före filterbyte sker med F7-filter i tilluft och M5 i frånluft. Mätningar efter filterbyte sker med nytt M5-filter i tilluft och nytt M5-filter i frånluft.
 - ii. Stora COOP Åkersberga – mätningar sker före filterbyte i LA01 med F7-filter i tilluft och M5-filter i frånluften. Mätningar före filterbyte i

CA01 sker med F7-filter. Mätningar efter filterbyte i LA01 sker med nytt M5-filter i tilluft och nytt M5-filter i frånluft. I aggregat CA01 sker mätningar efter filterbyte med nytt M5-filter.

4. Uppstart partikelmätningar cykel 3 i Stora COOP Danderyd och Stora COOP Åkersberga 2016-10- 12.
 - i. Stora COOP Danderyd – mätningar sker före filterbyte i LA1 med M5-filter i tilluft och M5-filter i frånluft. Mätningar efter filterbyte sker med nytt F7-filter i tilluft och nytt M5-filter i frånluft.
 - ii. Stora COOP Åkersberga – mätningar före filterbyte för LA01 sker med M5-filter i tilluften och M5-filter i frånluften. Mätningar efter filterbyte i LA01 sker med nytt F7-filter i tilluften och nytt M5-filter i frånluften. Mätningar före filterbyte i CA01 sker med M5-filter och mätningarna efter filterbyte sker med nytt F7-filter.

5. Uppstart cykel 4 i Stora COOP Danderyd och Stora COOP Åkersberga 2016- 10-17
 - i. Stora COOP Danderyd – mätningar sker före filterbyte i LA1 med F7-filter i tilluft och M5-filter i frånluft. Mätningar efter filterbyte sker med nytt M5-filter i tilluft och nytt M5-filter i frånluft.
 - ii. Stora COOP Åkersberga – mätningar före filterbyte för LA01 sker med filter F7-filter i tilluften och M5-filter i frånluft. Mätningar efter filterbyte i LA01 sker med nytt M5-filter i tilluft och nytt M5-filter i frånluften. Mätningar före filterbyte i CA01 sker med F7-filter och mätningarna efter filterbyte sker med nytt M5-filter.

6. Avslutning partikelmätningar m.m. i Stora COOP Danderyd och Stora COOP Åkersberga 2016-10-26.
 - i. Stora COOP Danderyd – Mätningar före avslutning sker med M5-filter i tilluft och M5-filter i frånluft för LA1.
 - ii. Stora COOP Åkersberga – Mätningar sker före avslutning med M5-filter i tilluft och M5-filter i frånluft för LA01, samt före avslutande mätningar för CA01 med M5-filter.

Pallas Fidas mobile som har använts vid Stora Coop i Danderyd har samplats med ett intervall på 2 min. Grimm 1.109 som var placerad i Åkersberga har samplats med ett intervall på 10 min.

De filter som har använts i projektet är av typen Revo II M5 respektive Revo II F7 levererade av MANN+HUMMEL VOKES AIR och med uppmätt avskiljningsgrad för olika partikelstorlekar enligt Bilaga C.

4 Resultat

4.1 Jämförelse i PM-effektivitet mellan fält- och laboratoriemätningar

I samband med filterbyten gjordes ett antal kortar och förenklade fältmätningar av filtrens PM-avskiljning. Mätosäkerheten i fält blir givetvis mycket sämre än vid en laboratoriemätning. Mätningar med extra stor avvikelse från det förväntade är markerade med ljus orange i Figur 8.

Datum	Butik	Aggregat	Filterklass	Effektivitet		
				PM10	PM2.5	PM1
2016-09-27	Danderyd	LA1	F7	85%	64%	52%
2016-09-28	Danderyd	LA1	F7	58%	58%	53%
2016-09-28	Åkersberga	LA01	M5	28%	19%	15%
2016-09-28	Åkersberga	LA01	F7	88%	83%	75%
2016-09-28	Åkersberga	CA01	F7	93%	65%	27%
2016-10-20	Danderyd	LA1	M5	9%	4%	2%
2016-10-20	Danderyd	LA1	F7	58%	51%	45%
2016-10-20	Åkersberga	LA01	M5	17%	7%	3%
2016-10-20	Åkersberga	CA01	M5	41%	31%	27%
2016-10-20	Åkersberga	CA01	F7	63%	44%	36%
2016-10-20	Åkersberga	LA01	F7	80%	70%	66%
2016-10-26	Åkersberga	CA01	M5	15%	9%	12%
2016-10-26	Danderyd	LA1	M5	17%	8%	8%
Medel, M5				21%	13%	11%
Medel, F7				75%	62%	51%

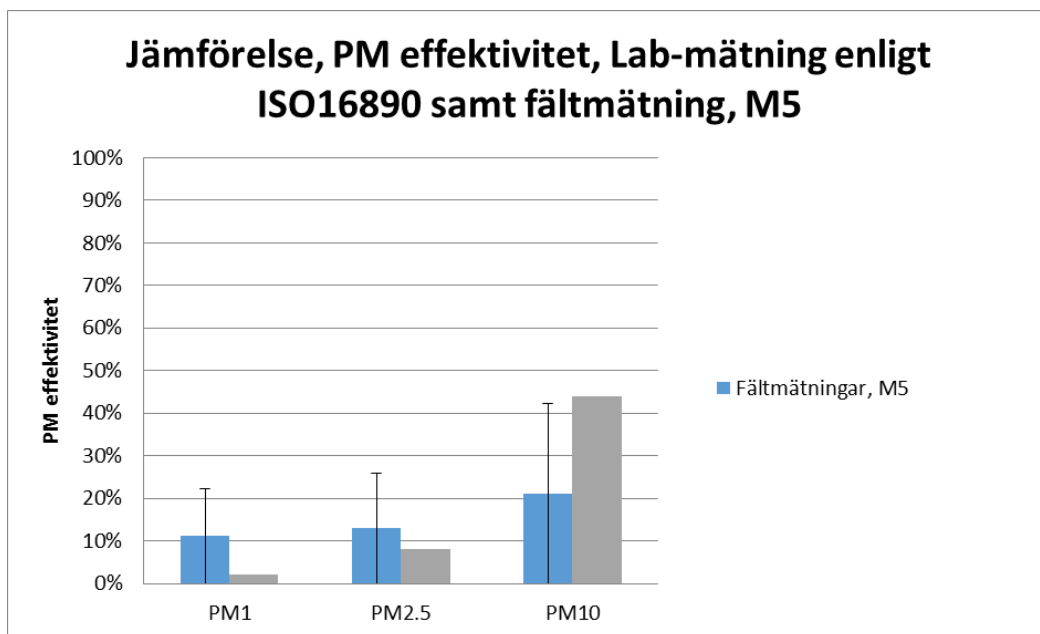
Figur 8. Fältmätningar på PM-effektiviteten på de olika filterkvaliteterna.

Detta kan jämföras med resultaten från en laboratoriemätning utförd av SP i Borås på slumpmässigt utvalda filter som använts i projektet. Mätningen utfördes enligt standard ISO/FDIS 16890-1:2016 [4] och standard ISO/FDIS 16890-2:2016 [5] med dubbla partikelräknare enligt avsnitt 9.3.4 - Testing sequence for dual OPC testing.

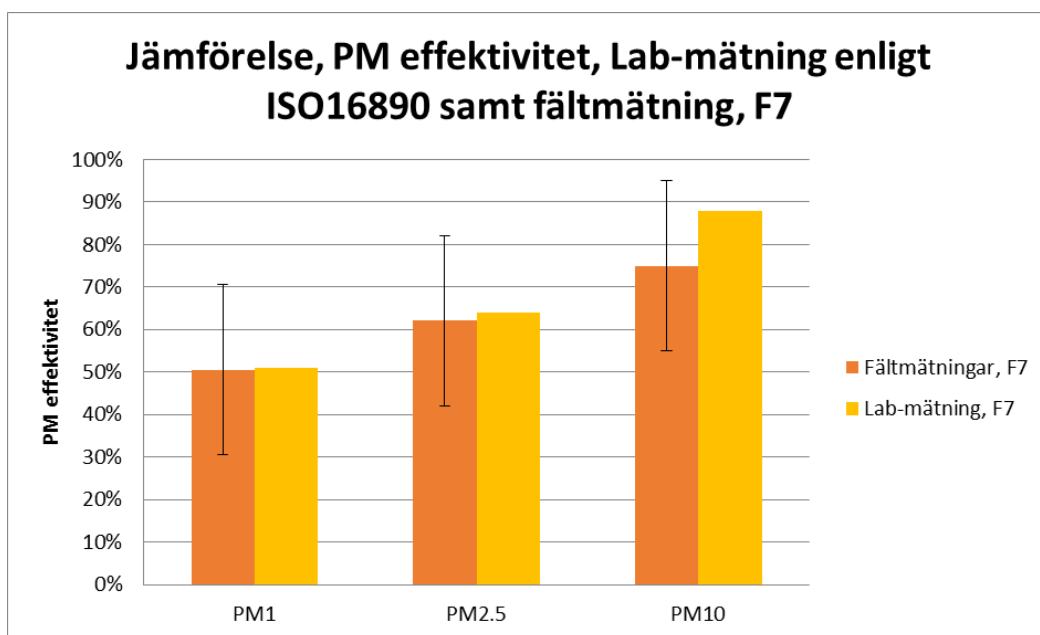
	PM10 (%)	PM2.5 (%)	PM1 (%)
Mätt filterklass M5	44	8	2
Mätt filterklass F7	88	64	51

Figur 9. Tabell över mätningar på SPs laboratorium i Borås.

Mer detaljerade resultat från laboratoriemätningen på SP redovisas i bilaga C.



Figur 10. Jämförelse mellan partikelhaltens avskiljning i fältmätningar och i laboriemätningar avseende filterkvalitet M5 (laboriemätning i grått).



Figur 11. Jämförelse mellan partikelhaltens avskiljning i fältmätningar och i laboriemätningar avseende filterkvalitet F7.

Med hänsyn taget till mätosäkerheten för fältmätningen (markerad i Figur 10 och 11) fås för F7-filtret god överensstämmelse mellan laboriemätningen och medelvärdet för fältmätningarna. För M5-filtret är överensstämmelsen sämre, men mätosäkerheten för fältmätningen är också mycket större. Dels beror detta på att partikelfördelningen är sådan att den innehåller ovanligt liten andel partiklar större än 2,5 µm. Men det finns också en indikation på att M5-filtrets avskiljning av PM1 i butikerna är högre än vad laboriemätningen visar. Detta stöds också av beräkningar av interna tillskott av partiklar i butikerna baserat på uppmätta partikelnivåer i ute- och frånluft, samt beräknade partikelnivåer i tilluften baserat på laboriemätningarnas resultat.

4.2 Analys av uppmätta partikelnivåer

En övergripande analys av samtliga mätvärdena för PM10, PM2,5 samt PM1 under hela mätperioden har gjorts för båda butikerna. Detta innebär ca 4 000 mätvärden per butik för uteluft, frånluft, frånluft med filter M5 och frånluft med filter F7.

Cykel, Filtertyp	Mätpunkt	PM10	PM2.5	PM1
Cykel 1, F7	Uteluft	2,4	1,8	1,2
	Frånluft	1,8	1,0	0,7
Cykel 2, M5	Uteluft	2,6	2,2	1,9
	Frånluft	2,8	2,1	1,8

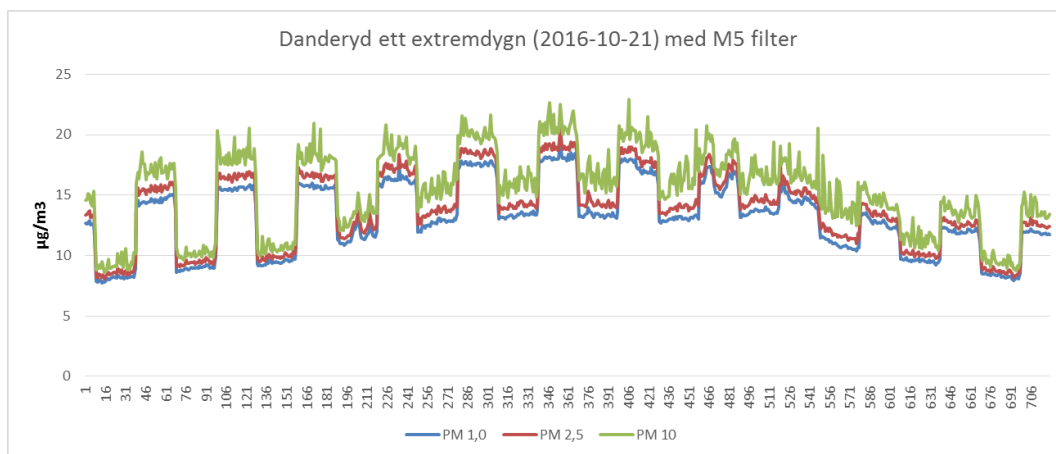
Figur 12. Sammanställning av medelvärden för Stora COOP Danderyd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cykel, Filtertyp	Mätpunkt	PM10	PM2.5	PM1
Cykel 1, F7	Uteluft	1,9	1,5	1,1
	Frånluft	2,8	2,2	1,9
Cykel 2, M5	Uteluft	2,0	1,6	1,4
	Frånluft	3,9	3,1	2,8

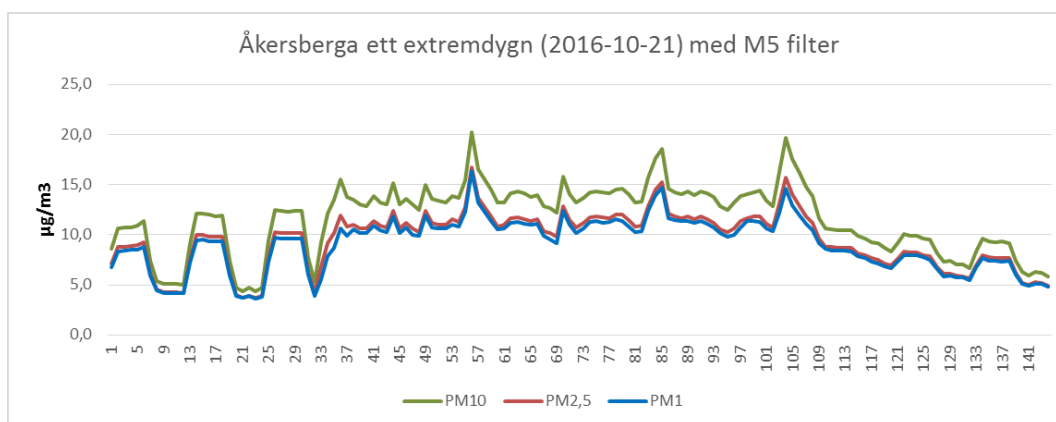
Figur 13. Sammanställning av medelvärden för Stora COOP Åkersberga ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Man kan då se att partikelnivåerna succesivt ökar under mätperioden och att F7-filtren har en mätbar inverkan för partikelhalten i frånluften. I Danderyd halveras PM1-nivåerna i frånluften jämfört med utelufts-nivåerna vid användning av F7-filter. I Åkersberga sker inte samma reduktion av PM1-nivåerna vid användning av F7-filter. Noterbart är dock att PM10 och PM2,5 i samtliga fall ligger långt under riktvärdet för årsmedelvärde i Sveriges miljömål till 2020.

I Figur 14 och Figur 15 visas uppmätta värden under det dygn under de fyra veckornas mätperiod med de högsta partikelhalterna. De högre timvärdena avser uteluften och de lägre värdena frånluften. I Åkersberga syns under dagen inte samma skillnad mellan uteluft och frånluft som i Danderyd. Partikelnivåerna i frånluften ligger alltså vid användning av M5-filter som högst på cirka hälften av riktvärdena i de svenska miljömålen till 2020. Något dygn med motsvarande höga utelufts-nivåer inträffade aldrig när F7-filter var installerade. Eftersom dygnet med de högsta partikelhalterna var samma för båda butikerna bedöms att källan till de förhöjda partikelhalterna inte är lokal, i alla fall inte i direkt anslutning till butikerna. I bilaga A och bilaga B redovisas ett större urval av diagram från olika mätperioder i de två butikerna.



Figur 14. Redovisning av dygn i Danderyd med högst partikelhalter

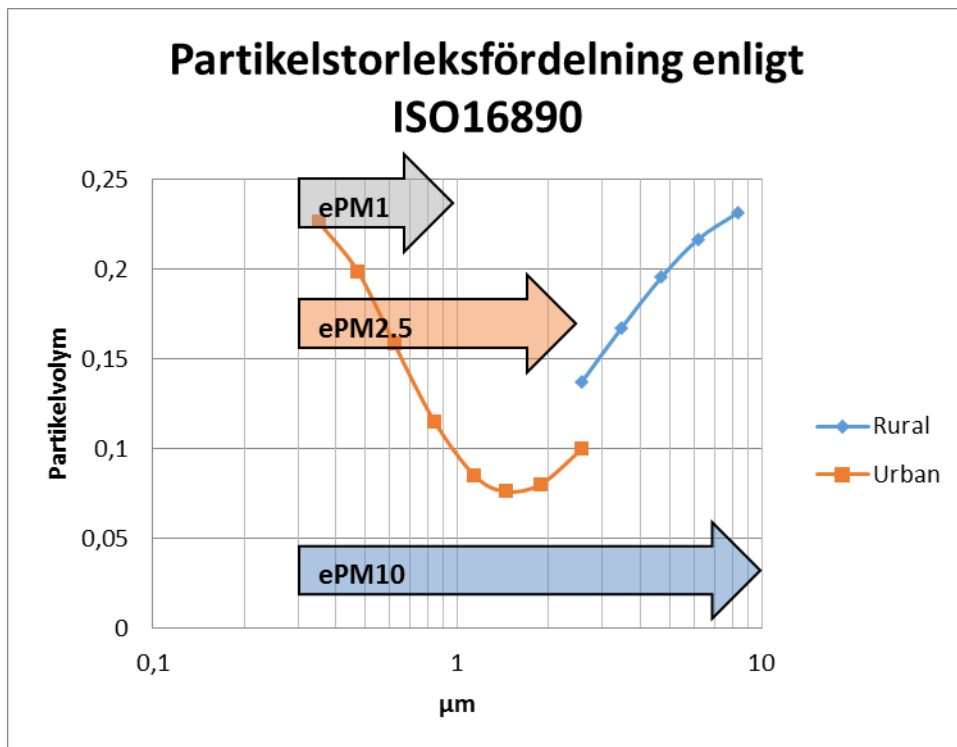


Figur 15. Redovisning av dygn i Åkersberga med högst partikelhalter

4.3 Beräkning av "internt" tillskott av partiklar

Baserat på uppmätta luftflöden och medelvärden för partikelnivåer i uteluft och frånluft, samt antagande om partikelavskiljning enligt SPs laboriemätningar kan man först beräkna vilka partikelnivåer det borde vara i tilluften och sedan utifrån det beräkna det "interna" tillskottet av partiklar som sker i butikerna. I detta tillskott ingår då även partiklar som tillförs via entréer och öppningar/otätheter i klimatskalet.

ISO16890 använder en binominalfördelad partikelstorleksfördelning som bygger på mätningar av luftkvalitet från olika delar av världen (Figur 16). Effektivitetsvärdet som erhålls från standarden, ePM_x, gäller därför under förutsättning att partikelstorleksfördelningen inte skiljer sig från standarden. Vid mätningarna i fält så varierade effektiviteten med upp till ± 20 procentenheter (Figur 8 och Figur 9). Dagar med stor andel stora partiklar ger exempelvis högre effektivitet för PM₁₀ och dagar med stor andel små partiklar ger en lägre effektivitet för PM₁₀ avskiljningen i fält.



Figur 16. Visar partikelstorleken fördelning enligt ISO16890

Enligt partikelstorleksfördelningen i ISO 16890 så är kvoten: $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}} = 67\%$

Under de mätningar som gjordes i Åkersberga och Danderyd så har motsvarande kvot varierat mellan 75-90 %, d.v.s. en större andel fina partiklar vilket ger en lägre uppmätt effektivitet i fält.

På grund av variationen mellan uppmätt effektivitet på laboratorium och verklig drift så kan tilluftskoncentrationen inte beräknas med en konstant faktor för respektive PM-storlek.

Då en så stor andel av totala partikelmassan består av PM1 vilken med ett F7-filter endast avskiljs med ca 50 % så blir avskiljningen med avseende på PM10 exempelvis inte så mycket högre för den aktuella partikelfördelningen. Man får därför först beräkna avskiljningen m.a.p. PM1 med faktor enligt resultaten från SPs laboriemätningar. Redan där finns dock en osäkerhet kring hur partikelstorleken fördelning i det verkliga fallet skiljer från det nominell (enligt Figur 16). För att beräkna PM2,5 innehållet i tilluften får man sedan ta skillnaden i partikelmassa mellan PM1 och PM2,5 uppströms filtret och multiplicera den med en faktor för avskiljningen i intervallet 1 till 2,5 µm.

Denna beräknade massa läggs sedan till PM1-värdet varvid PM2,5-värdet erhålls. På motsvarande sätt beräknas PM10-innehållet i tilluften.

För mätningarna i Åkersberga måste man dessutom beakta att andelen uteluft som tillförs tilluften blir dubbelfiltrerad medan den återcirkulerade andelen frånluft endast blir enkelfiltrerad, samt ta hänsyn till den mycket större andelen återcirkulerad luft.

Den övergripande luftkvalité som man bör dimensionera mot är den kvalité som mäts i frånluftskanalen¹. Det tillskott som vi får från människor och processer i lokalen samt infiltration genom öppningar/otätheter i klimatskalet är skillnaden mellan koncentrationen i tilluftskanalen (C_{down}) och koncentrationen i frånluftskanalen (PM_{xf}). Beräkning av tillskottet (PM_{xt}) kan göras enligt följande modell:

PM_{xf} mätt koncentration i frånluft - mätt koncentration i tilluft $PM_{xCdown} = PM_{xt}$ tillskott

Cykel/ filter	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	PM10f	PM10Cdown	PM10t	PM2.5f	PM2.5Cdown	PM2.5t	PM1f	PM1Cdown	PM1t
1/F7	1,8	0,69	1,11	1,0	0,67	0,37	0,7	0,62	0,11
2/M5	2,8	2,19	0,66	2,1	2,08	0,03	1,8	1,87	-0,08
3/F7	3,6	2,53	1,10	2,8	2,52	0,27	2,5	2,47	0,00
4/M5	7,7	8,57	-0,89	6,6	8,35	-1,73	6,2	7,95	-1,78

Figur 17. Tabell över tillskott av PM10, PM2.5 och PM1 från personer, processer och infiltration i Danderyd.

Cykel/ filter	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	PM10f	PM10Cdown	PM10t	PM2.5f	PM2.5Cdown	PM2.5t	PM1f	PM1Cdown	PM1t
1/F7	2,8	0,90	1,93	2,2	0,89	1,31	1,9	0,86	1,05
2/M5	3,9	2,96	0,98	3,1	2,78	0,34	2,8	2,56	0,26
3/F7	3,5	1,24	2,26	2,8	1,22	1,55	2,5	1,20	1,32
4/M5	6,6	5,48	1,11	5,4	5,21	0,17	5,1	5,00	0,11

Figur 18. Tabell över tillskott av PM10, PM2.5 och PM1 från personer, processer och infiltration i Åkersberga.

Eftersom avskiljningsgraden för M5-filtren enligt ovan är mycket osäkrare än för F7-filtren har dessa värden markerats med ljusrosa. I det följande antas därför bara internt tillskott beräknat med F7-filter vara någorlunda säkra. Det kan då konstateras att det interna tillskottet av partiklar i Danderyd är ca $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och att huvuddelen av detta är partiklar $> 2,5 \mu\text{m}$. Det interna tillskottet av partiklar $> 2,5 \mu\text{m}$ är ungefär lika stort i Åkersberga. Vidare kan konstateras att i Åkersberga sker dessutom ett internt tillskottet av mindre partiklar $< 2,5 \mu\text{m}$ på ca $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta beror troligen på att infartsvägen till parkeringen här passerar framför entrén. Tillskottet av PM10 från personer och processer i butiken samt via entré och andra otätheter blir i medeltal $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM10. Motsvarande värde blir för PM2.5 $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för PM1 blir $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4 Beräkning av årsmedelvärde PM_x i butik med olika filterklasser

Med utgångspunkt i ovanstående beräknade interna tillskott kan en bedömning av årsmedelvärde göras för PM_x i butikerna med olika filter klasser. Beräkning har endast gjorts för Åkersberga som har det största interna tillskottet av de två studerade butikerna.

Årsmedelvärdet för utomhusluften för mätområdet var för PM10 = $10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ samt för PM2.5 = $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6]. Vidare antas i det följande att utomhusluften har en nominell partikelfördelning enligt Figur 16 och att det interna tillskottet är enligt tabell i Figur 18. En beräkning av årsmedelvärdet i butiken kan då göras enligt följande modell:

PM_{xu} koncentration i uteluften - ePM_{xa} avskilt i tilluftsfilter + PM_{xt} tillskott i butiken = PM_{xf} i frånluften.

¹ Vid stora interna variationer i partikelhalt (eller andra föroreningar) bör man se över ventilationssystemet utformning snarare än att laborera med olika filterklasser.

Som framgår av tabellerna i Figur 19 och 20 så nås kravet avseende inomhusmiljö avseende PM10 och PM2.5 med både filterklass M5 och F7. Dock är marginalerna till kravnivåerna mindre med filterklass M5, särskilt gäller detta kravnivån för PM2,5. Några kravnivåer för PM1 är som tidigare nämnt inte fastställda.

	PM10 _u (µg/m ³)	1-ePM10 _a (%)	PM10 _t (µg/m ³)	PM10_f (µg/m³)	Krav² PM10 (µg/m³)
Filterklass M5	10,9	56	2,1	8,2	15
Filterklass F7	10,9	12	2,1	3,4	15

Figur 19. Tabell över beräkning av PM10 i frånluften beräknat på årsmedelvärde från lokala utomhus mätningar.

	PM2.5 _u (µg/m ³)	1-ePM2.5 _a (%)	PM2.5 _t (µg/m ³)	PM2.5_f (µg/m³)	Krav² PM2.5 (µg/m³)
Filterklass M5	7,7	92	1,4	8,5	10
Filterklass F7	7,7	36	1,4	4,2	10

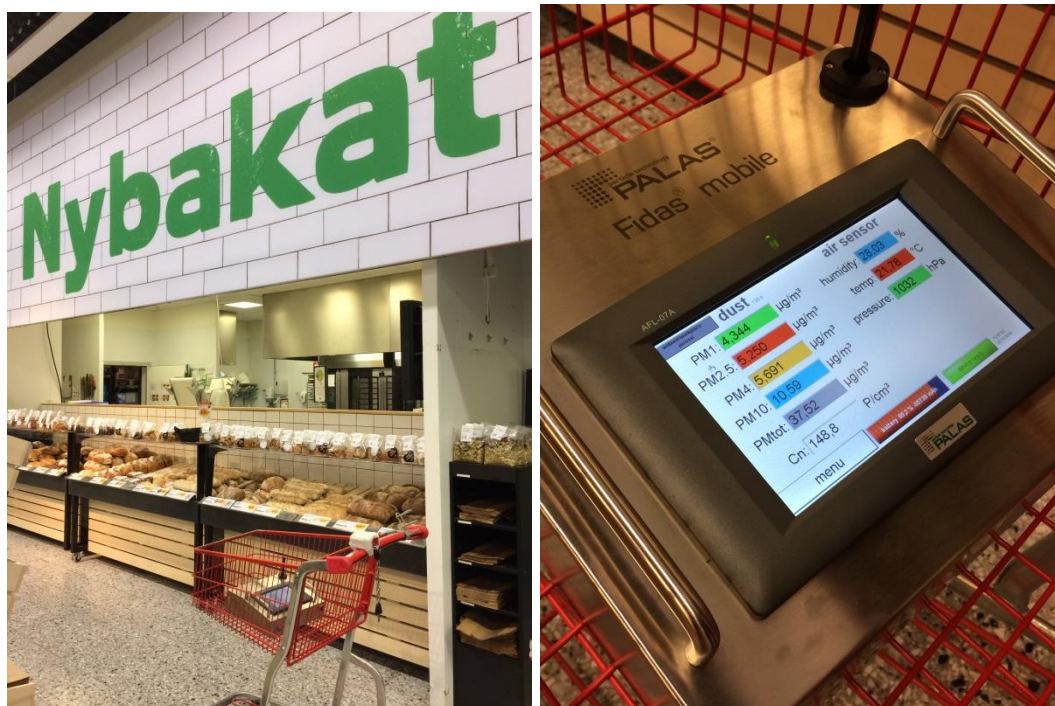
Figur 20. Tabell över beräkning av PM2.5 i frånluften beräknat på årsmedelvärde från lokala utomhus mätningar.

Att PM2,5-nivåerna är högre än PM10-nivåerna i av tabellerna i Figur 19 och 20 beror på att kvoten: $\frac{PM2.5}{PM10} = 71\%$, d.v.s. att antagandet om nominell partikelfördelning ej stämmer fullt ut för det aktuella mätområdet. Under våra mätningar har medelvärdet av kvoten varit ännu högre (83-88 %).

² Krav enligt "Precisering av Frisk Luft, Sveriges Miljömål"
BELIVS Innovationskluster

4.5 Kortvariga mätningar inne i butikerna

I samband med filterbyten gjordes vid tre tillfällen kortvariga mätningar på 8 olika platser inne i butikerna. Båda butikerna hade en snarlik utformning varför de olika platserna är belastningsmässigt jämförbara mellan de två butikerna. Samtliga mätdata presenteras för respektive butik i tabellform i bilaga A och bilaga B. Liksom för mätningarna på frånluften så är PM-nivåerna generellt något lägre i Danderyd än i Åkersberga. Detta beror som tidigare nämnts på att förbifarten till parkeringen passerar entrén i Åkersberga men till viss del sannolikt också på skillnader i ventilationssystemens utformning.



Figur 21. Bilder från partikelmätning inne i en av butikerna.

En viss tendens till lägre PM1- och PM2,5-nivåer kan noteras vid användning av F7-filter, men variationer mellan de olika mättillfällena och mätplatserna är av samma storleksordning eller större än skillnaden beroende på filterkvalitet. Inga av de momentana mätningarna, oavsett vilken filtertyp som var monterad, överskred det maximala årsmedelvärdet för PM2,5 enligt Sveriges miljömål. Variationerna mellan olika platser är relativt små men med en viss tendens till förhöjda värden i förbutiken, d.v.s. i anslutning till entréerna.

När det gäller PM10-nivåerna så är spridningen större mellan de olika platserna och i förbutikerna uppmäts i båda butikerna och vid flera tillfällen momentana värden som överskrider det maximala dygnsmedelvärdet för PM10 enligt Sveriges miljömål (max 25 µg/m³). För övriga mätplatser överskrids aldrig dygnsmedelvärdet, dock överskrids årsmedelvärdet för några platser vid något eller ett par tillfällen.

Det bör noteras att ovanstående jämförelser är gjorda mellan momentana värden och dygns-/årsmedelvärden. Detta innebär att de maximala dygnsmedelvärdena sannolikt aldrig överskrids oavsett använd filterkvalitet i ventilationssystemen och maximala årsmedelvärden bedöms aldrig överskridas.

4.6 Energi- och kostnadsbesparingspotential

I Stora COOP-butiken i Danderyd kan konstateras att eleffekten för ventilationsaggregatet som betjänar butiken minskar från ca 17,0 kW till ca 16,1 kW (beräknade medelvärden under perioden för samtliga mätningar) d.v.s. en minskning med ca 0,9 kW eller en minskning med 5 % av elanvändningen för fläktdrift. Detta ger på årsbasis med en beräknad drifttid på ca 5824 h/år, som avser drift dagtid, en elenergi minskning på ca 5 240 kWh/år, vilket motsvarar ca 5 240 kr/år med ett elenergipris på ca 1 kr/kWh.³

I Stora COOP Åkersberga kan konstateras även här att vi får en minskning på elenergi användningen. I Åkersberga har man elenergianvändningen till ventilationsaggregatet LA01 samt elanvändningen till cirkulationsaggregatet CA01.

I butiken kan konstateras att man har ställt in fasta luftflöden i DUC till aggregat LA01, men denna förbikopplas emellanåt. Vid t.ex. filterbyte kan konstateras att aggregat LA01 tillfälligt gått upp till ca 3 500 l/s och även gått på 1 250 l/s för både till- och frånluft tidvis. Inför varje filterbyte (cykel) och partikelmätningarna i butiken kan konstateras att tilluftsflöden legat på ca 1300 l/s för tilluften och ca 750-800 l/s för frånluften. Detta beror troligen på samkörning med andra frånluftsfläktar för bageri etc. I projektet har vi dock valt att enbart beräkna elenergiminskningen av det normala driftfallet som kunnat konstateras vid varje mättillfälle. Den verkliga energiminskningen kan dock vara betydligt högre då eleffektbehovet vid exempelvis 3 500 l/s ligger på 3-3,5 kW istället för nu ca 0,4 kW.

Den minskade elenergin för ventilationsaggregat LA01 kan konstateras gå från ca 0,41 kW till ca 0,36 kW eller en minskning med 12 % av elanvändningen för fläktdrift (baserat på medelvärden under hela perioden av mätningarna i de olika cyklerna). Detta innebär en minskad elenergi på ca 2 900 kWh/år med en drifttid på ca 5824 h/år, som avser drift dagtid.

Ventilationsaggregat CA01 får en större skillnad i eleffektbehovet baserat på vilken filtertyp som används. Eleffektbehovet minskar från ca 14,2 kW i genomsnitt till ca 12,6 kW d.v.s. en minskning med ca 1,6 kW eller en minskning med 11 % av elanvändningen för fläktdrift. Detta ger en minskad elenergianvändning på ca 9 000 kWh/år med aktuella drifttider 5824 h/år eller motsvarande ca 9 000 kr/år. Detta innebär att den minskade elenergin totalt för butiken i Åkersberga skulle hamna på ca 11 900 kr/år

Den totala minskade elenergianvändningen för respektive butik i detta projekt visar på en besparing motsvarande ca 5 200 kr/år till ca 11 900 kr/år. Den stora skillnaden beror delvis på skillnaden själva systemutformningen men huvudsakligen på befintlig användning av filtertyp. I den ena Danderyd användes ursprungligen F7-filter endast på uteluften, medan man i Åkersberga genomgående använde F7-filter, även i cirkulationsaggregatet.

I den tidigare förstudien omsattes resultaten till ca 6000 butiker i hela landet av denna storleksordning och man erhöll då en besparingspotential på ca 42 GWh. Detta skulle mer noggrant räknats om till ca 4000 butiker som sannolikt är ett mer rimligt värde enligt underlag i SCB och livsmedelsbranschen egna angivelser på butiksantal för olika butikskedjor. Detta skulle då innebära ca 28 GWh. Om motsvarande kalkylering skulle göras utifrån resultaten i detta projekt så erhålls ca 19 GWh till 47 GWh/år eller motsvarande ca 19-47 miljoner kronor per år. Den stora spridningen i besparingsintervall beror på osäkerhet i systemutformning och avseende befintlig användning av filtertyp, där de två studerade butikerna kan antas motsvara ytterligheterna.

³ Detta aggregat var från början bara utrustat med M5-filter på frånluftssidan. Många aggregat är utrustade med F7-filter även på frånluftssidan. Hade byte från F7 till M5 skett även på frånluftssidan så hade energi- och kostnadsbesparingarna blivit ungefär dubbelt så stora.

I detta fall har inte hänsyn tagits till den besparing som erhålls för lägre filterkostnad som lite grovt räknas till ca 100 kr per filter vilket skulle motsvara ca 800-1600 kr per år för anläggningen Stora COOP i Danderyd beroende på bytesintervall. För Stora COOP i Åkersberga handlar det om 1700-3400 kr per år. Om vi även skulle omsätta detta till antal butiker i landet och anta att alla har ungefär lika antal filter så skulle detta motsvara en kostnadsbesparing på ca 3-13 miljoner kronor per år.

Projektet visar att även vid mätningar under längre perioder så finns en besparingspotential för landets butiker om en lägre filterklass kan användas. Resultaten visar åter igen att det är av stor vikt att tänka igenom hur systemen utformas avseende ventilationen i butikerna och hur man ska filtrera på ett effektivt sätt både ur människors hälsosynpunkt och med avseende på energianvändning.

Det kan konstateras att man har relativt stora filterytor i samtliga dessa ventilationsaggregat som nu ingick i detta projekt. Detta innebar också att tryckfallen över filtren var förhållandevis låga. Detta kan påverka avskiljningsgraden en del då hastigheten genom filtren blir låga men också påverka eleffektbehovet markant då lågt tryckfall ger lägre eleffektbehov. Vid högre tryckfall över filtren så hade eleffektbehovet varit större vilket då också hade gett större effekt på den besparingspotential som hade kunnat ses mellan filterkvalitet M5 i förhållande till F7.

Viktiga parametrar vid utformning av ventilationsaggregaten kan sammanfattas till följande för att kunna utnyttjas effektivt:

- System utformas för det behov som krävs i lokalerna
- Systemen utformas med styrning för konstant tryck eller flöde
- System utformas så att större föroreningskällor behandlas separat t ex utsug från bageri delar etc., där partikelhalterna är höga.
- Valet av filter görs med anpassning till det verkliga förhållandet att klara gränsvärden för partikel halter såväl att avskilja partiklar i uteluften men även i frånluften.

4.7 Slutsatser

Enligt genomförda partikelmätningar i för Stora COOP Danderyd och Stora COOP Åkersberga framgår att det finns en skillnad i partikelhalterna mellan perioden med F7 och period med M5. Nivåerna är dock i båda fallen låga och spridningen i partikelhalt mellan olika platser i butiken är av samma storleksordning eller större än skillnaden mellan perioder med olika filterklass. Detta kan bero på flera saker men troligen ligger orsaken i att det alstras en hel del partiklar i själva butiken p.g.a. den verksamhet och aktivitet som förekommer här. Främst är det partiklar > 2,5 µm som alstras internt i butikerna. Därutöver sker i Åkersberga ett "internt" tillskott av partiklar < 2,5 µm, sannolikt från bilar som passerar entrén vid infart till parkeringen.

Mätningarna under en längre tid visar i vissa fall på enskilda korta förhöjda värden vilket dels beror på närliggande tillfälliga transporter. Det framgår klart att medelvärdet under längre tider ligger med god marginal under dygnsmedelvärdet i de svenska miljömålen vilka är < 10 µg/m³ för PM_{2,5} och < 15 µg/m³ för PM₁₀. Gränsvärden för PM₁ är ännu inte satta, men har ändå mätts i detta projekt, då sådana förväntas komma på sikt.

Under vissa perioder kan konstateras betydligt högre partikelhalter, vilka ibland kortvarigt överskrider gränsvärdet avseende dygns- och årsmedelvärdet. Dels kan detta bero på betydande mer aktivitet i butikerna samt med trafik utanför, då det är en klar skillnad mellan nattetid och dagtid. Vid portar och entréer kan också konstateras hela tiden ligga ett litet undertryck d.v.s. det drar in luft utifrån in i butiken. Entréerna ligger riktade mot parkeringsytor och tillfartsvägar vilket bidrar till ökade partikelhalter i närzonerna innanför entréerna. Lufthastigheterna in via portarna uppgår till ca 0,15 - 0,7 m/s i genomsnitt under hela perioden för cyklerna med filtertyperna för både Stora COOP butiken i Danderyd respektive Stora COOP butiken i Åkersberga.

Sammanfattningsvis av partikelmätningarna, som omfattat drygt 4 000 registreringar under en 4 veckorsperiod med omväxlande byte av filtertyp från F7 till M5 och åter till F7 o.s.v. i 4 veckovisa cykler, kan sägas att man ser en tydlig skillnad mellan filtertyp F7 och filtertyp M5 medavseende på tre uppmätta fraktioner av partiklar. Dock ligger nivåerna för PM10 och PM2,5 i samtliga fall under riktvärdena för års- och dygnsmedelvärde i Sveriges miljömål till 2020. En beräkning av årsmedelvärdet baserat på årsvärden för det aktuella mätområdet och med antagande om olika filterklassers avskiljningsgrad samt intern generering av partiklar visar också att riktvärdet för årsmedelvärde inte överskrids. Detta innebär att det i de aktuella butikerna i princip skulle kunna gå att Använda M5-filter istället för F7-filter utan att gränsvärdena avseende partiklar i de svenska miljömålen överskrids och därmed dra nytta av den minskade elanvändningen för ventilationsaggregaten som det minskade tryckfallet medför. De studerade butikerna bedöms representativa för ett stort antal likande butiker som ligger nära större trafikerade leder i utkanten av större svenska städer.

I mer utsatta miljöer, där kommunerna/städerna inte klarar att uppfylla miljömålen avseende uteluftens kvalitet, kan val av F7-filter ändå vara ett sätt att klara miljömålen avseende inomhusluftens kvalitet. För att få full effekt bör detta i så fall även kombineras med andra åtgärder såsom tätning av klimatskärmen, genomtänkta entrélösningar etc.

Beroende på systemutformning minskar elanvändningen för fläktdrift med mellan 5 % och 12 % vid byte från F7-filter till M5-filter i de studerade butikerna. Detta bedöms även vara ett representativt intervall för besparingspotentialen i andra liknande butiker. Den stora spridningen i besparingsintervall beror på osäkerhet i systemutformning och avseende befintlig användning av filtertyp, där de två studerade butikerna kan antas motsvara ytterligheterna. Besparingen beroende på M5-filtrens lägre inköpskostnad är väsentligt lägre än kostnadsbesparingen på grund av lägre energianvändning men ändå inte försumbar.

5 Litteraturreferenser

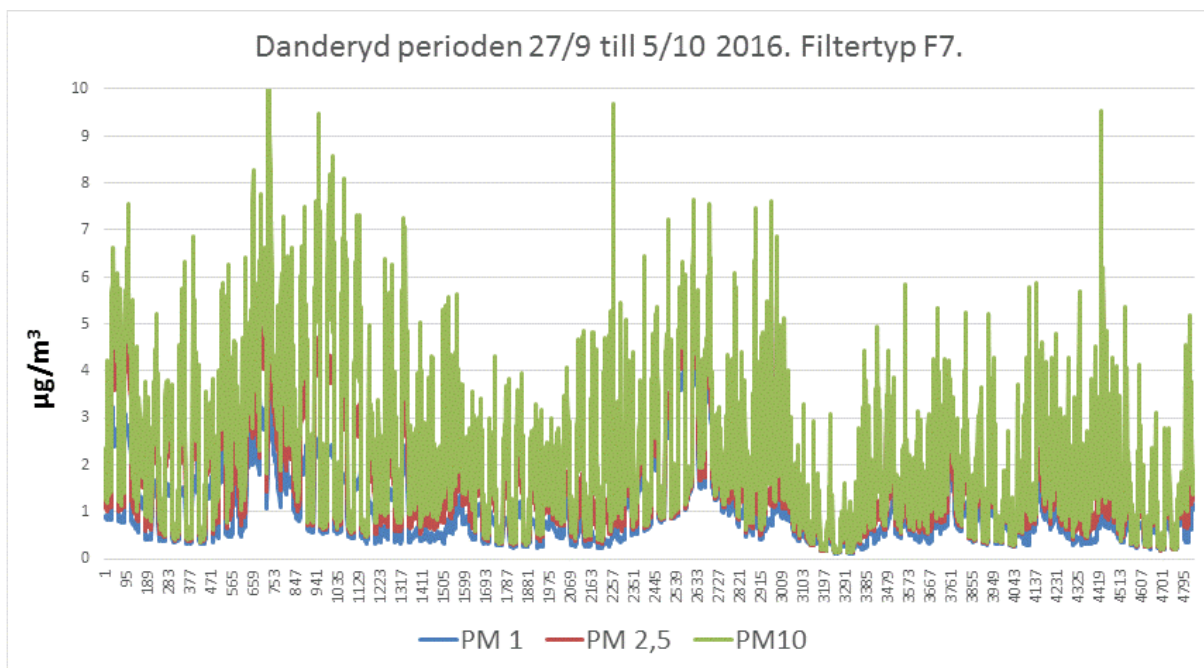
- [1] Larsson, R., Carlsson, T., Lindberg, U.; "Val av filter för ventilationssystem i butiker", Förstudierapport inom BELIVS, Projektnummer: BF11, 2015.
- [2] Johansson, C., m.fl.; "Relationerna mellan halterna av PM10, PM1 och sot i Sverige", Institutionen för tillämpad miljövetenskap, Stockholms universitet, SLB analys - Miljöförvaltningen i Stockholm, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg), ITM-rapport 153, 2007.
- [3] Socialstyrelsen, Institutet för Miljömedicin, Stockholms läns landsting (Miljömedicinska enheten); "Miljöhälsorapport 2001", 2001
- [4] ISO/FDIS 16890-1:2016 "Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)"
- [5] ISO/FDIS 16890-2: 2016 "Measurement of fractional efficiency and air flow resistance"
- [6] Tyrens; "Kompletterande utredning luftkvalitet – Östra Mörbylund", Danderyd, Slutrapport, 2016

Bilaga A. Mätresultat Stora COOP Danderyd

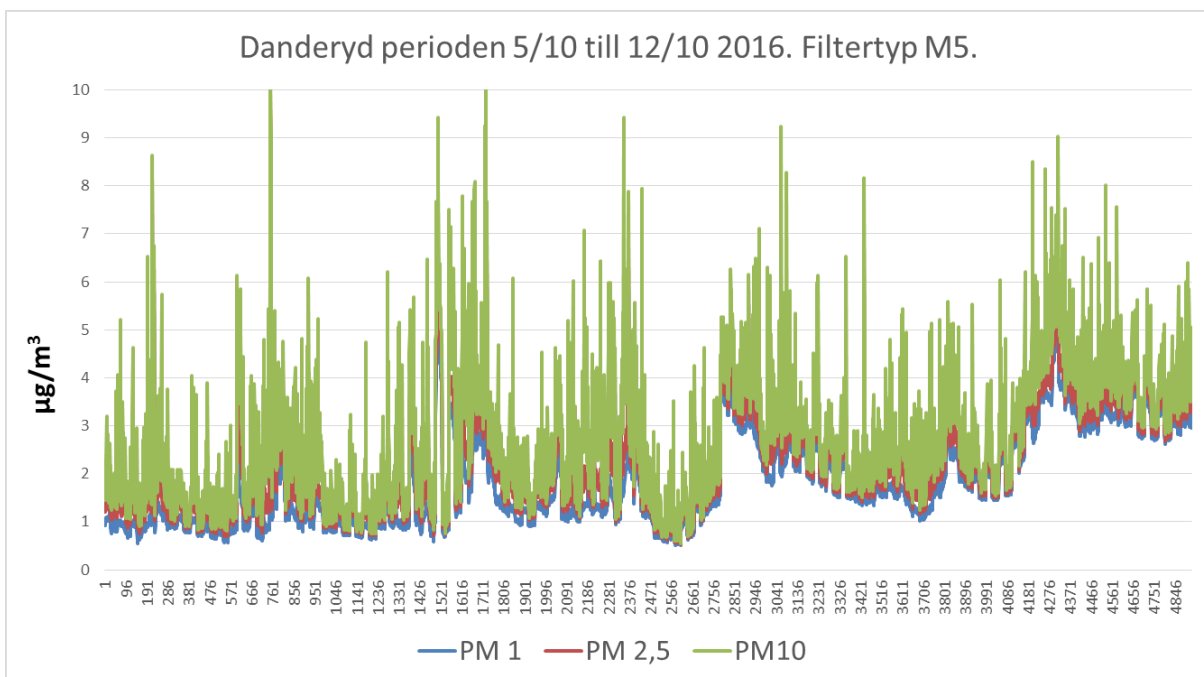
Benämning	Inledande mätningar	Uppstart cykel 1	Uppstart cykel 2	Uppstart cykel 3	Uppstart cykel 4	Avslutande mätningar
Datum	2016-09-12	2016-09-27	2016-10-05	2016-10-12	2016-10-20	2016-10-26
Projekterade flöden TF/FF	7550/5500 l/s					
Utetemperatur	+ 24°C	+ 18°C	+ 6°C	+ 7°C	+ 5°C	+ 3 °C
Luftryck	1022 hPa	1021 hPa	1039 hPa	1041 hPa	1018 hPa	1021 hPa
Vind	2-3 m/s SV	4 m/s S	7 m/s NO	3 m/s O	3-5 m/s O	2-3 m/s SV
Luftfuktighet	67 %	59 %	62 %	73 %	80 %	94 %
Väder/nederbörd	Klart / 0 %	Mulet / 0 %	Klart / 0 %	Mulet / 0 %	Mulet / 0%	Mulet / 0 %
Uppmätt luftflöde före filterbyte	TF=7 587±493 l/s	TF=7654±497 l/s	TF=7725±498 l/s	TF=7686±499 l/s	TF=7718±502 l/s	TF=7702±499 l/s
Uppmätt luftflöde efter filterbyte	FF=5389±319 l/s	FF=5527±359 l/s	FF=5484±356 l/s	FF=5478±356 l/s	FF=5531±360 l/s	FF=5522±343 l/s
Läckage vvx från-till luft	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Läckage vvx ute-till avluft	3,9 %	4,7 %	4,8 %	4,5 %	4,8 %	4,8 %
Kortslutning avluft till uteluft	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Filter tilluft före/efter	F7	F7 / F7	F7 / M5	M5 / F7	F7 / M5	M5 / F7
Filter frånluft före/efter	M5	M5 / M5	M5 / M5	M5 / M5	M5 / M5	M5
Spänning före/efter	397 V	397 V / 400 V	401 V / 396 V	398 V / 398 V	399 V / 400 V	398 V
Ström före/efter	25,7 A	25,7 A / 26,1 A	24,7 A / 24,3 A	23,4 A / 24,4 A	24,2 A / 23,1 A	23,4 A
Eleffekt före/efter	17, 6 kW	17,6 kW/ 18,0 kW	17,0 kW / 16,1 kW	16,2 KW / 16,9 KW	17,0 KW / 16,0 kW	16,2 kW
Cos φ före/efter	1,00	0,99 / 0,99	0,99/0,99	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00	1,00
Tryck före filterbyte	204 Pa /	63 Pa /163 Pa	86 Pa / 164 Pa	43 Pa / 164 Pa	84 Pa / 165 Pa	46 Pa / 164 Pa
filter/drift	39 Pa /	14 Pa / 66 Pa	15 Pa / 66 Pa	16 Pa / 67 Pa	16 Pa / 66 Pa	17 Pa / 66 Pa
Tilluft/frånluft		87 Pa / 164 Pa	47 Pa / 164 Pa	80 Pa / 164 Pa	46 Pa / 165 Pa	
Tryck efter filterbyte		15 Pa / 65 Pa	16 Pa / 65 Pa	16 Pa / 66 Pa	16 Pa / 66 Pa	
filter/drift						
Till/frånluft						
El effektivitet SFP	2,32 kW/m ³	2,30 / 2,37 kW/m ³	2,20 / 2,16 kW/m ³	2,11 / 2,22 kW/m ³	2,17 / 2,08 kW/m ³	2,10 kW/m ³
Partiklar butik vid olika platser PM1/PM2,5/PM10 före filterbyte						
Förbutik		2,8/ 5,6/ 25,8	0,8/ 3,1/ 21,9	3,6/ 8,2/ 40,1	3,2/ 5,3/ 27,4	
Grönsaker		2,1/ 3,1/ 9,8	0,5/ 0,9/ 2,5	2,9/ 3,8/ 7,3	2,6/ 2,7/ 7,0	
Chark/ost		2,2/ 2,9/ 6,2	0,5/ 0,9/ 2,6	2,8/ 3,8/ 6,7	2,7/ 3,0/ 7,1	
Middagsmat		2,1/ 2,9/ 8,6	0,5/ 1,0/ 3,1	2,9/ 3,6/ 5,9	2,8/ 2,7/ 5,0	
Nybakat		2,1/ 3,3/ 17,5	0,5/ 0,9/ 2,0	2,8/ 3,7/ 7,4	2,8/ 2,7/ 6,5	
Säsong		1,7/ 3,1/ 14,9	0,6/ 3,9/ 10,4	2,7/ 3,5/ 8,8	2,8/ 3,6/ 7,3	
Husdjur		2,2/ 3,1/ 9,6	0,5 / 0,8/ 1,3	2,8/ 4,3/ 14,3	2,9/ 4,1/ 10,1	
kassa		2,3/ 3,0/ 6,7	0,5/ 1,1/ 4,3	2,8/ 3,6/ 7,0	2,5/ 3,7/ 6,4	
Lufthastighet över entrédörr	0,14 – 0,46 m/s	0,12 - 0,51 m/s	0,15 – 0,67 m/s	0,18 – 0,70m/s	0,15 – 0,68 m/s	0,15 – 0,66 m/s
Undertryck		Undertryck	Undertryck	undertryck	undertryck	undertryck
%-öppen entrédörr vid olika dygnstider		Mellan 13-14, 40 - 50% av tiden Mellan 17-19, 70-80 % av tiden	Mellan 13-14, 40 - 50% av tiden Mellan 17-19, 70-80% av tiden	Mellan 13-14, 40 - 50% av tiden Mellan 17-19, 70-80% av tiden	Mellan 13-14, 40 - 50% av tiden Mellan 17-19, 70-80% av tiden	

Figur A1. Sammanställning av samtliga övriga mätningar utförda under de olika cyklerna för byte av filtertyp för Stora COOP Danderyd.

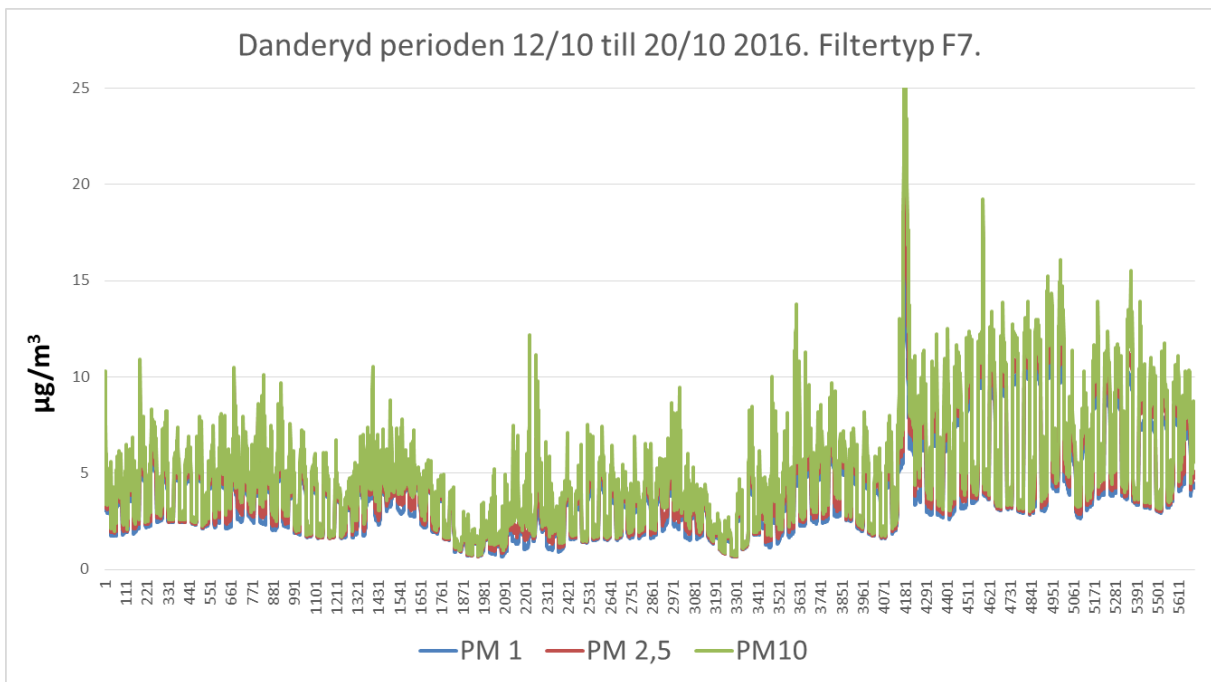
Figur A2, A3, A4 och A5 visar att under en längre tid kan inte någon större skillnad påvisas mellan M5 och F7 filtren, även om specifika enskilda värden kan sticka iväg vid vissa tillfällen.



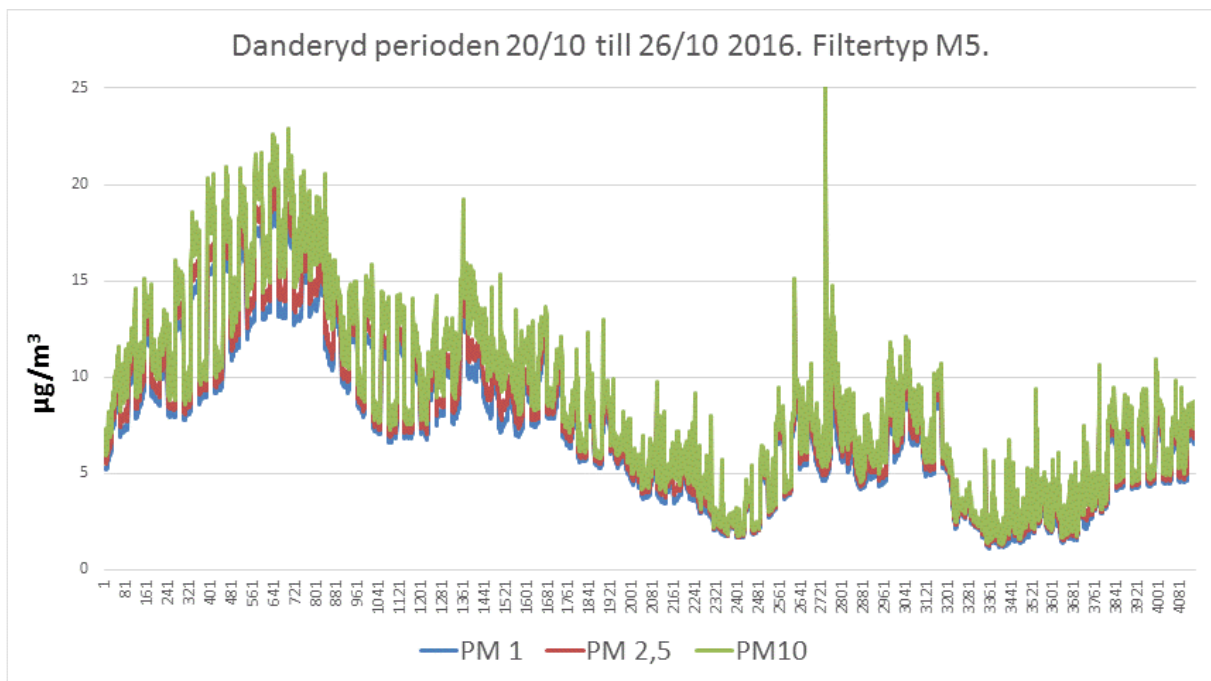
Figur A2. Mätningar partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Danderyd under perioden 27/9 till 5/10 2016. Alternerat mellan uteluft och frånluft. Filtertyp F7.



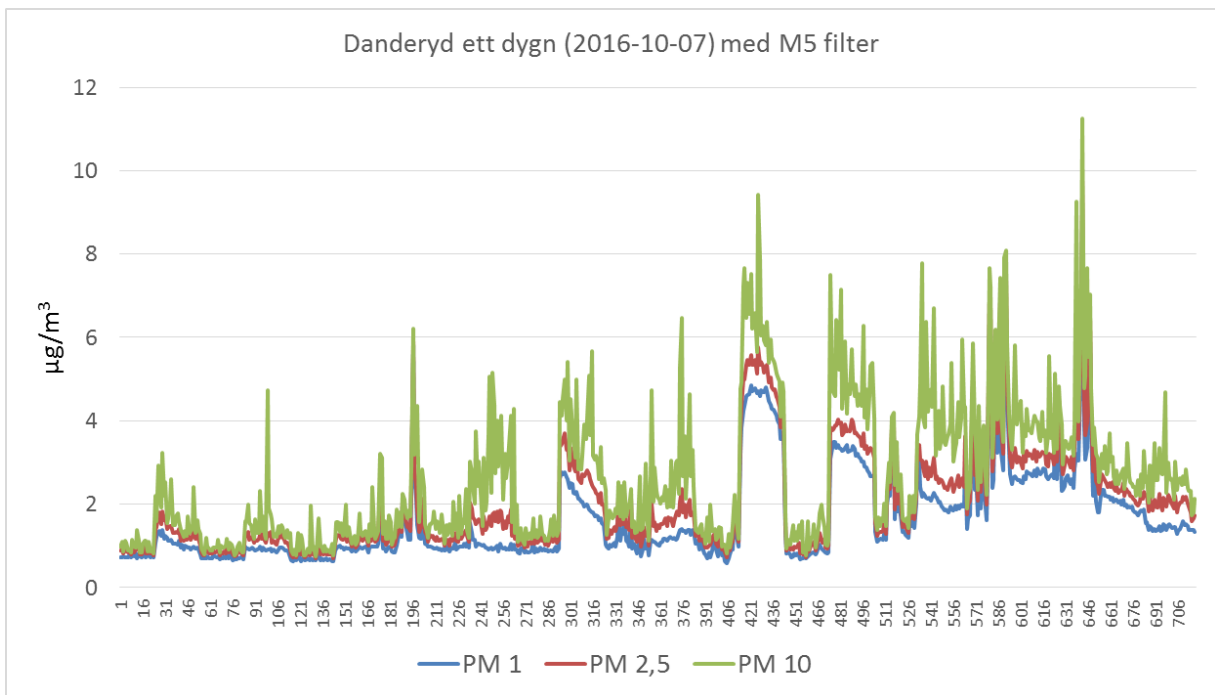
Figur A3. Mätningar partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Danderyd under perioden 5/10 till 12/10 2016. Alternerat mellan uteluft och frånluft. Filtertyp M5.



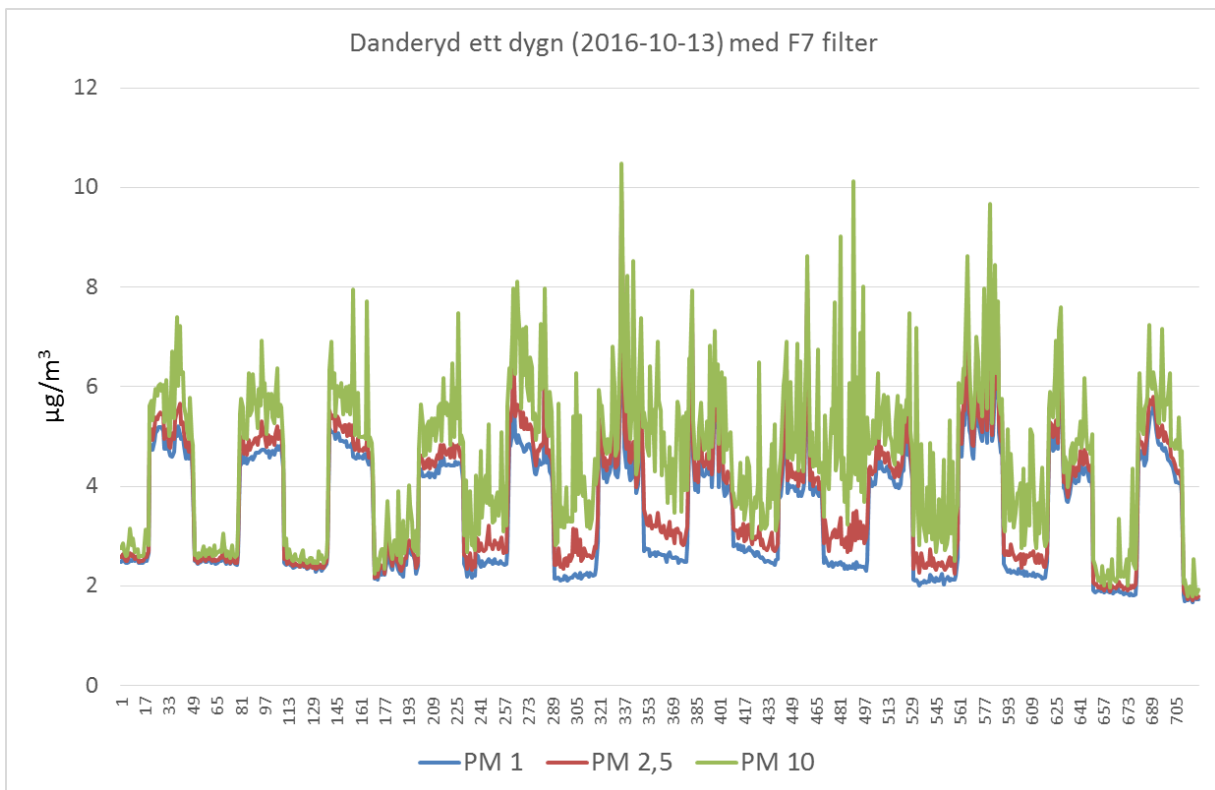
Figur A4. Mätningar partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Danderyd under perioden 12/10 till 20/10 2016. Alternat mellan uteluft respektive frånluft. Filtertyp F7.



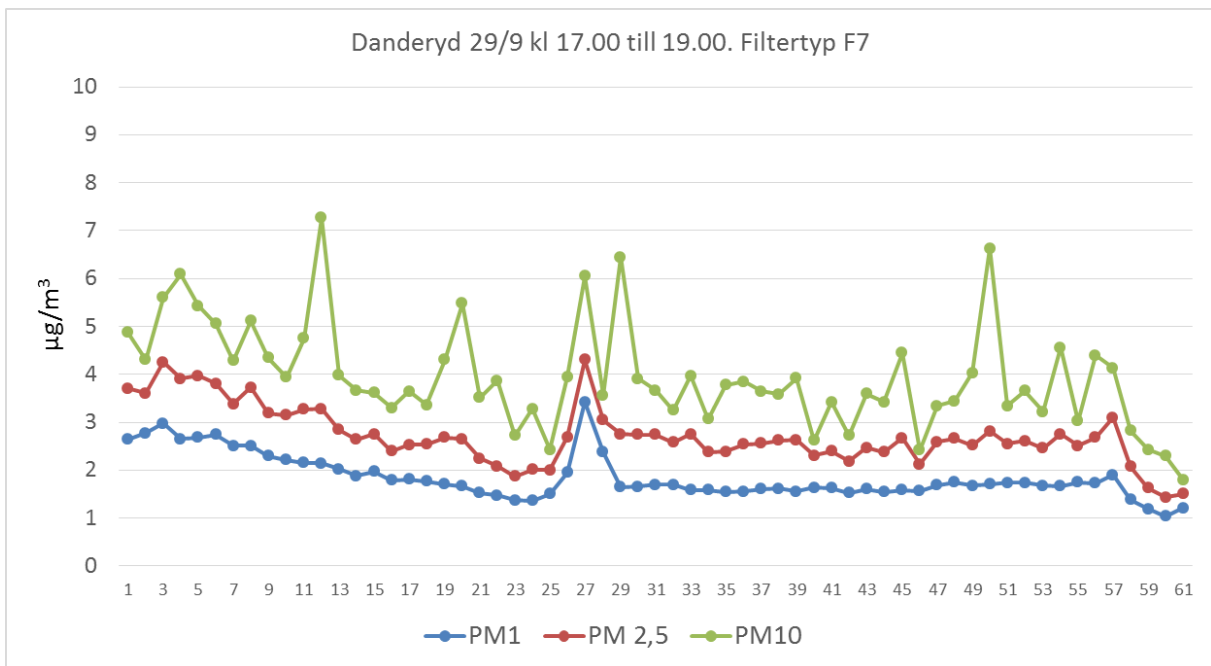
Figur A5. Mätningar partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Danderyd under perioden 20/10 till 26/10 2016. Alternat mellan uteluft respektive frånluft. Filtertyp M5.



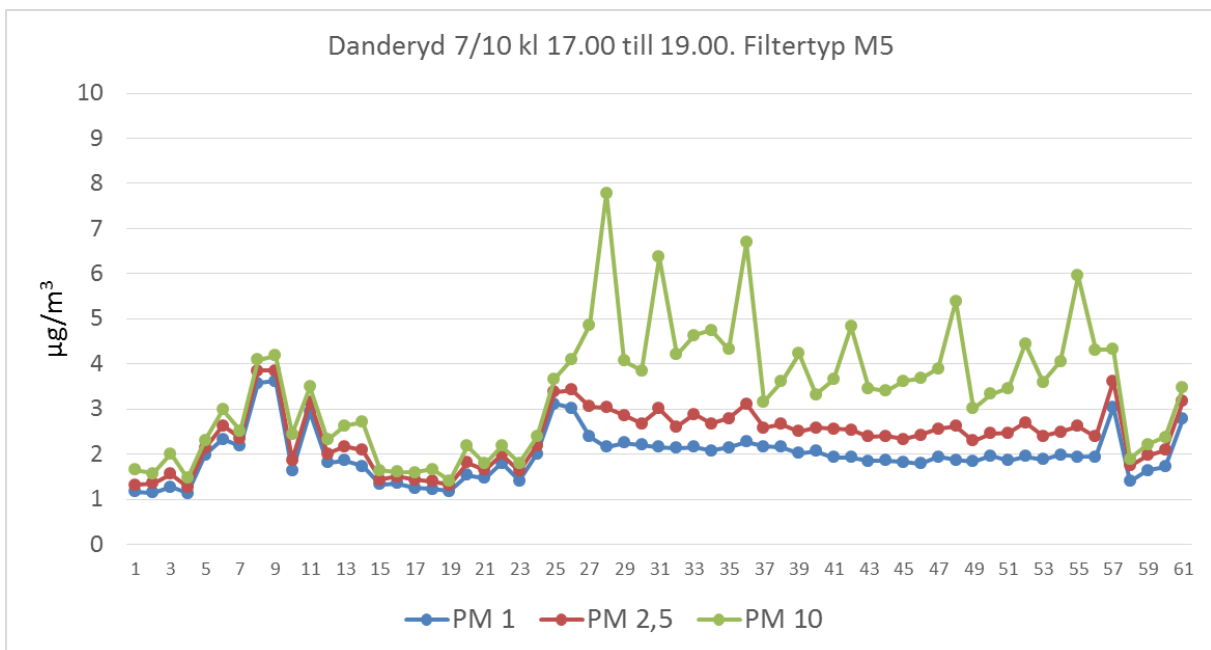
Figur A6. Visar partikelfördelningen under ett dygn med start kl 00 till 24 med M5- filter. Det märks en klar förhöjning av partikelhalterna senare på eftermiddagen.



Figur A7. Visar partikelfördelningen under ett dygn med start 00 till 24 med F7- filter. Även här ses tendensen till förhöjda partikelhalter senare på eftermiddagen.



Figur A8. Mätperiod 2 h (kl 17.00 till 19.00) 29/9 2016 under dagtid i Danderyd med filterttyp F7. Första timmen visar partikelhalten i uteluften och senare timmen partikelhalten i frånluften.



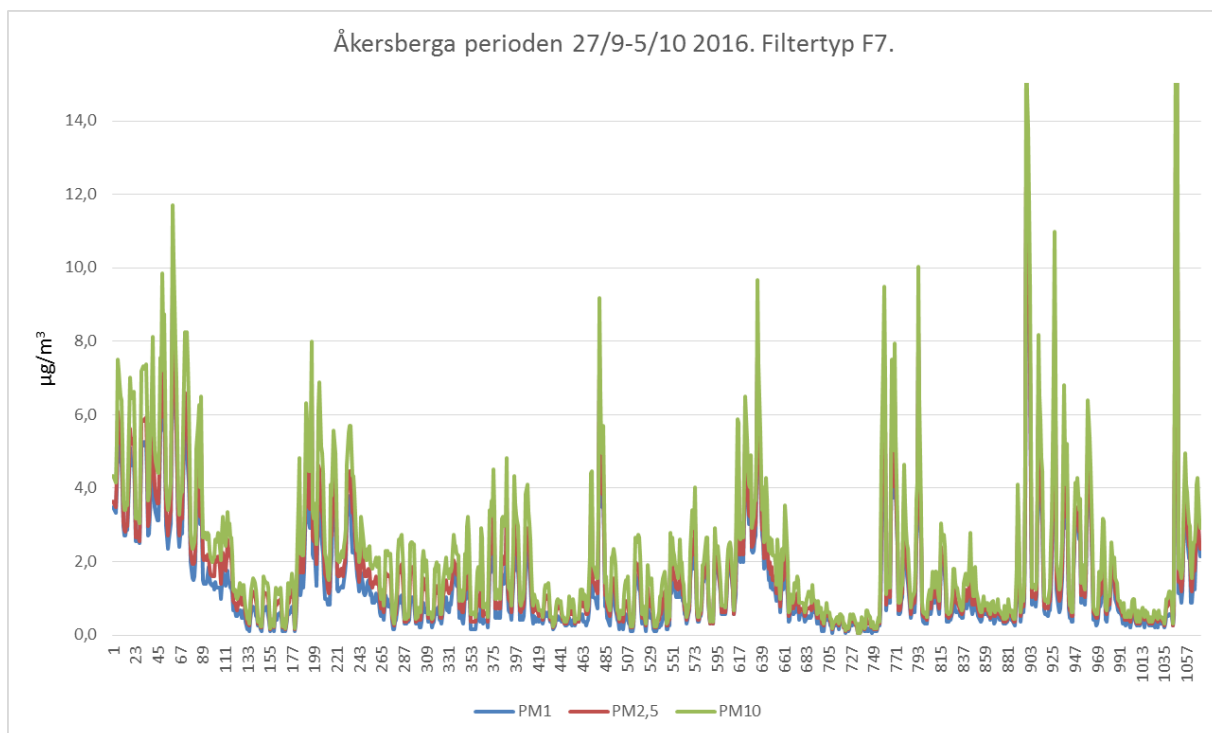
Figur A9. Mätperiod 2 h (kl 17.00 till 19.00) 7/10 2016 under dagtid i Danderyd med filterttyp M5. Första timmen visar partikelhalten i frånluften och senare timmen partikelhalten i uteluften.

Bilaga B. Mätresultat Stora COOP Åkersberga

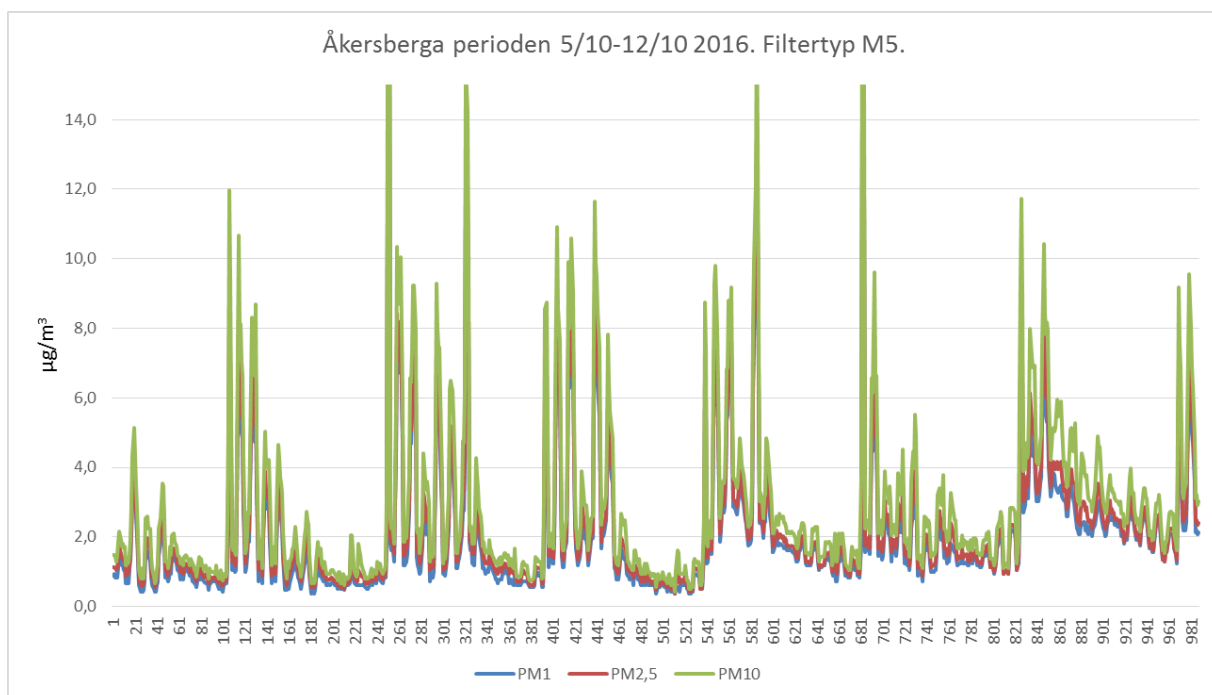
Benämning	Inledande mätningar	Uppstart cykel 1	Uppstart cykel 2	Uppstart cykel 3	Uppstart cykel 4	Avslutande mätningar
Datum	2016-09-12	2016-09-27	2016-10-05	2016-10-12	2016-10-20	2016-10-26
Projekterade flöden TF/FF LA01	1 250/1250 l/s					
Projekterat flöde CA01	9 050 l/s					
Utetemperatur	+ 23°C	+ 17°C	+ 8°C	+ 7°C	+ 6°C	+ 3 °C
Lufttryck	1022 hPa	1022 hPa	1042 hPa	1041 hPa	1018 hPa	1029 hPa
Vind	2-3 m/s SV	4 m/s S	7 m/s NO	3 m/s O	5 m/s O	4 m/s SV
Luftfuktighet	67 %	63 %	76 %	73 %	84 %	90 %
Väder/nederbörd	Klart / 0 %	Mulet / 0 %	Klart / 0 %	Mulet / 0 %	Mulet / 0%	Mulet / 0 %
LA01 -Uppmätt luftflöde före filterbyte Uppmätt luftflöde efter filterbyte	TF=1277±77 l/s FF=1216±79 l/s	TF=1380±90 l/s FF=802±52 l/s TF=1356±88 l/s FF=789±51 l/s	TF=1290±84 l/s FF=789±52 l/s TF=1276±83 l/s FF=830±54 l/s	TF=1303±90 l/s FF=794±50 l/s TF=1288±87 l/s FF=791±50 l/s	TF=1268±82 l/s FF=788±52 l/s TF=1251±81 l/s FF=759±49 l/s	TF=1241±81 l/s FF=735±48 l/s
CA01 uppmätt luftflöde Före filterbyte Efter filterbyte	TF= 9337±607 l/s	TF=9285±603 l/s TF=9276±602 l/s	TF=9200±598 l/s TF=9234±601 l/s	TF=9103±592 l/s TF=9087±591 l/s	TF=9201±598 l/s TF=9147±594 l/s	TF=9067±589 l/s
Läckage vxv från-till tilluft – LA01	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Läckage vxv ute- till avluft – LA01	4,7 %	5,6 %	5,8 %	5,7 %	5,3 %	5,4 %
Kortslutning avluft till uteluft – LA01	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Filter tilluft före/efter LA01	F7	F7 / F7	F7 / M5	M5 / F7	F7 / M5	M5
Filter frånluft före/efter LA01	F7	F7 / M5	M5 /M5	M5 / M5	M5 / M5	M5
Filter CA01 före/efter	F7	F7 / M5	F7 / M5	M5 / F7	F7 / M5	M5
Spänning före/efter LA01 Spänning CA01	403 V 403 V	403 V / 406 V 403 V / 406 V	400 V / 402 V 400 V / 401 V	401 V / 402 V 403 V / 402 V	400 V / 400 V 401 V / 400 V	401 V 400 V
Ström före/efter LA01 CA01	0,87 A 20,3 A	0,61 A / 0,59 A 20,2 A / 17,6 A	0,61 A / 0,57 A 21,2 A / 18,7 A	0,57 A / 0,63 A 18,3 A / 20,1 A	0,62 A / 0,56 A 19,9 A / 18,1 A	0,57 A 18,2 A
Eleffekt före/efter LA01 CA01	0,60 kW 13,9 kW	0,41 kW /0,40 kW 14,1 / 12,4 kW	0,40 kW / 0,34 kW 14,7 kW / 13,0 kW	0,36 kW / 0,42 kW 12,8 kW / 14,0 kW	0,41 kW / 0,36 kW 13,8 kW / 12,5 kW	0,35 kW 12,6 kW
Cos φ LA01 CA01	0,98/- 1,00	0,96 / 0,97 1,00/1,00	0,97 /0,89 1,00 / 1,00	0,95 / 0,95 1,00 / 1,00	0,95/0,95 1,00 / 1,00	0,95 1,00
Tryck före filterbyte filter/drift Tilluft/frånluft Tryck efter filterbyte filter/drift Till/frånluft CA01 filter/drift före efter byte	204 Pa / 39 Pa /	17 Pa /128 Pa 10 Pa / 42 Pa 21 Pa / 128 Pa 2 Pa / 40 Pa 77 Pa / 153 Pa 17 Pa / 153 Pa	24 Pa / 128 Pa 2 Pa / 40 Pa 10 Pa / 125 Pa 4 Pa / 47 Pa 95 Pa / 153 Pa 12 Pa / 152 Pa	12 Pa / 128 Pa 4 Pa / 47 Pa 29 Pa / 128 Pa 3 Pa / 48 Pa 12 Pa / 153 Pa 94 Pa / 152 Pa	52 Pa / 128 Pa 10 Pa / 66 Pa 13 Pa / 128 Pa 6 Pa / 48 Pa 95 Pa / 153 Pa 11 Pa / 152 PA	12 Pa / 128 Pa 6 Pa / 49 Pa 12 Pa / 153 Pa
El effektivitet SFP LA01 CA01	0,47 kW/m ³ 1,49 kW/m ³	0,30/0,30 kW/m ³ 1,52/1,34 kW/m ³	0,31/0,27 kW/m ³ 1,60/1,41 kW/m ³	0,29/0,33 kW/m ³ 1,41/1,54 kW/m ³	0,32/0,30 kW/m ³ 1,50/1,37 kW/m ³	0,31 kW/m ³ 1,49/1,39 kW/m ³
Partiklar butik PM1/PM2,5/PM10 före filterbyte Förbutik Frukt/Grönt Chark/ost Middagsmat gång4 Nybakat Barnet gång 15/16 Rent/fint gång 18 kassan		2,9/ 5,6/ 30,1 2,3/ 3,5/ 9,9 1,9/ 3,2/ 6,4 1,9/ 3,7/ 13,1 2,3/ 3,1/ 11,4 2,2/ 2,8/ 10,5 1,8/ 2,7/ 9,1 1,9/ 3,0/ 19,1	2,3/ 5,7/ 31,9 1,6/ 2,9/ 11,3 1,6/ 2,3/ 5,3 1,8/ 3,9/ 21,9 1,9/ 2,9/ 11,2 1,3/ 3,3/ 9,7 1,6/ 2,7/ 8,1 1,6/ 3,7/ 22,1	5,9/ 6,9/ 15,3 5,8/ 6,9/ 10,3 5,5/ 6,6/ 9,4 5,7/ 7,4/ 12,4 5,3/ 6,6/ 12,4 1,3/ 3,3/ 9,7 5,2/ 7,1/ 17,7 5,1/ 7,4/ 23,0	4,9/ 6,4/ 20,3 4,8/ 6,8/ 11,5 3,5/ 5,6/ 9,1 5,1/ 7,1/ 11,4 4,3/ 6,3/ 10,2 3,9/ 6,6/ 11,3 3,7/ 6,7/ 12,2 2,9/ 6,9/ 21,8	
Lufthastighet över entrédörr	0,14 – 0,46 m/s Undertryck	0,16-0,47 m/s Undertryck	0,15 – 0,59 m/s Undertryck	0,13 – 0,79m/s undertryck	0,15-0,62 m/s undertryck	0,22-0,78 m/s undertryck
Entrédörren %-öppenhet		KI 12-13, 40-50% KI 17-19, 70-75%	KI 12-13, 40-50% KI 17-19, 70-75%	KI 12-13, 40-50% KI 17-19, 70-75%	KI 12-13, 40-50% KI 17-19, 70-75%	

Figur B1. Sammanställning av samtliga övriga mätningar utförda under de olika cyklerna för byte av filtertyp för Stora COOP Åkersberga.

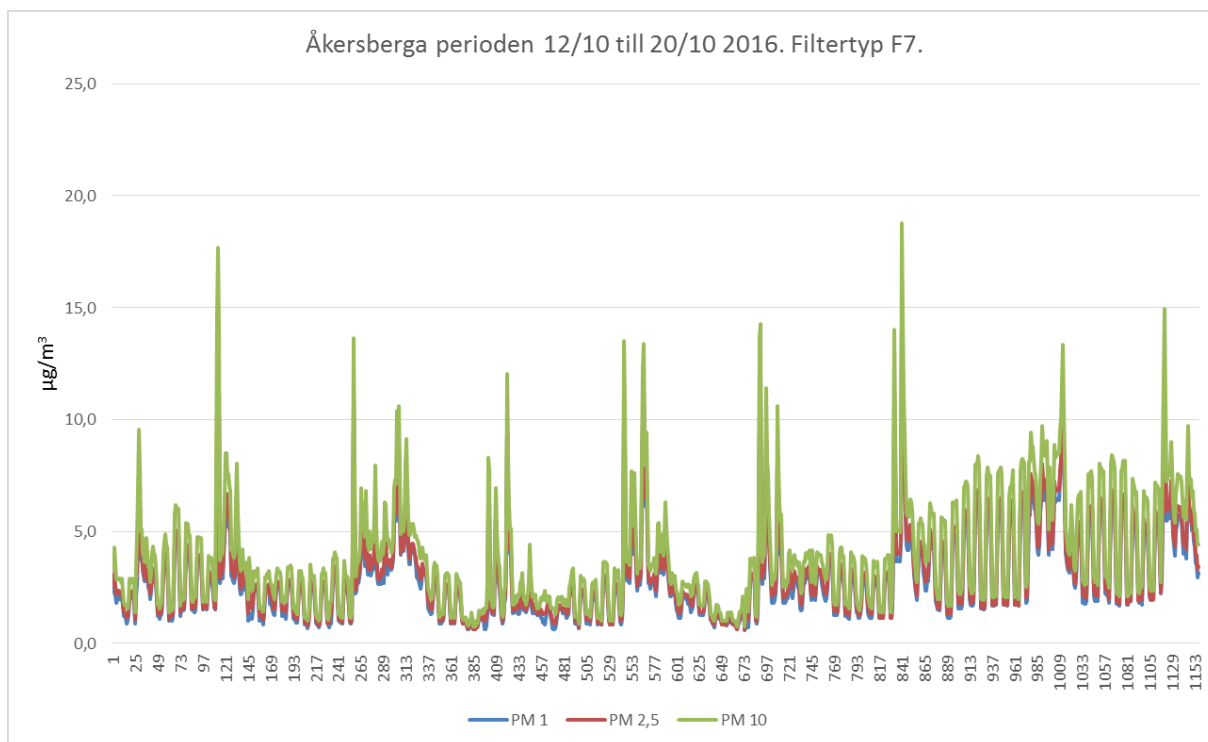
Figur B2, B3, B4 och B5 visar att under en längre tid kan inte någon större skillnad påvisas mellan M5 och F7 filtren, även om specifika enskilda värden kan sticka iväg vid vissa tillfällen.



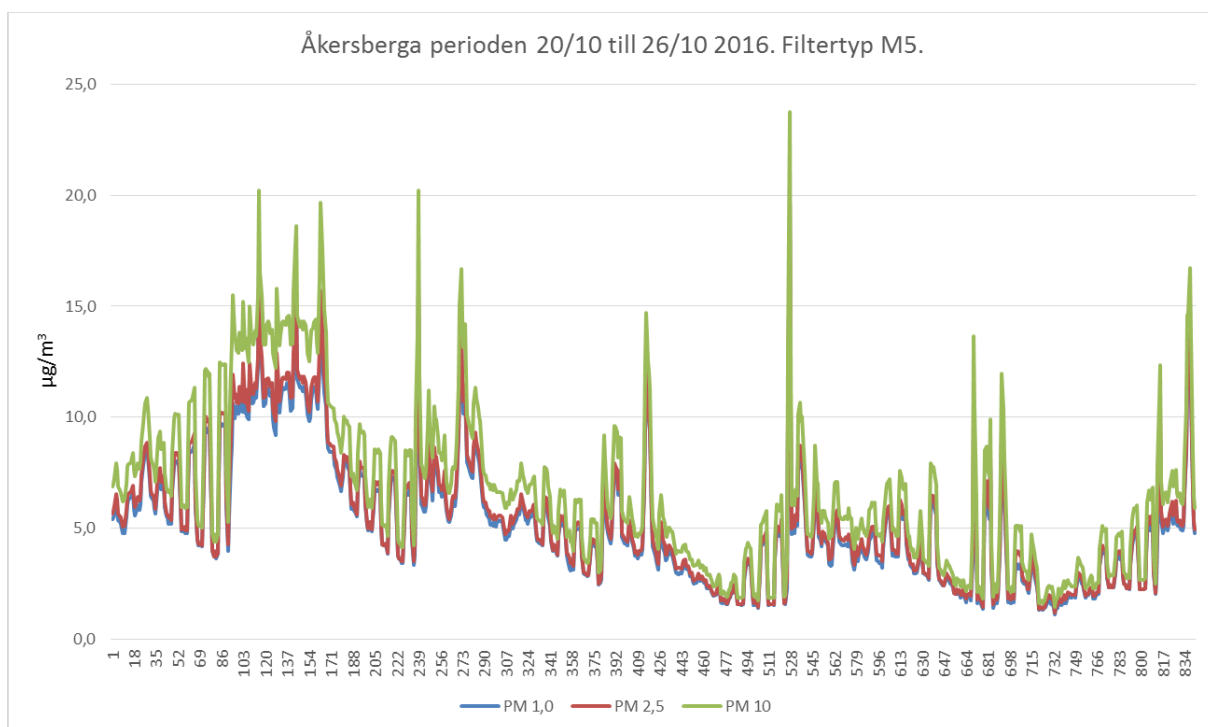
Figur B2. Mätningar partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Åkersberga för perioden 27/9 till 5/10 2016. Alternat frånluft respektive uteluft med filter typ F7.



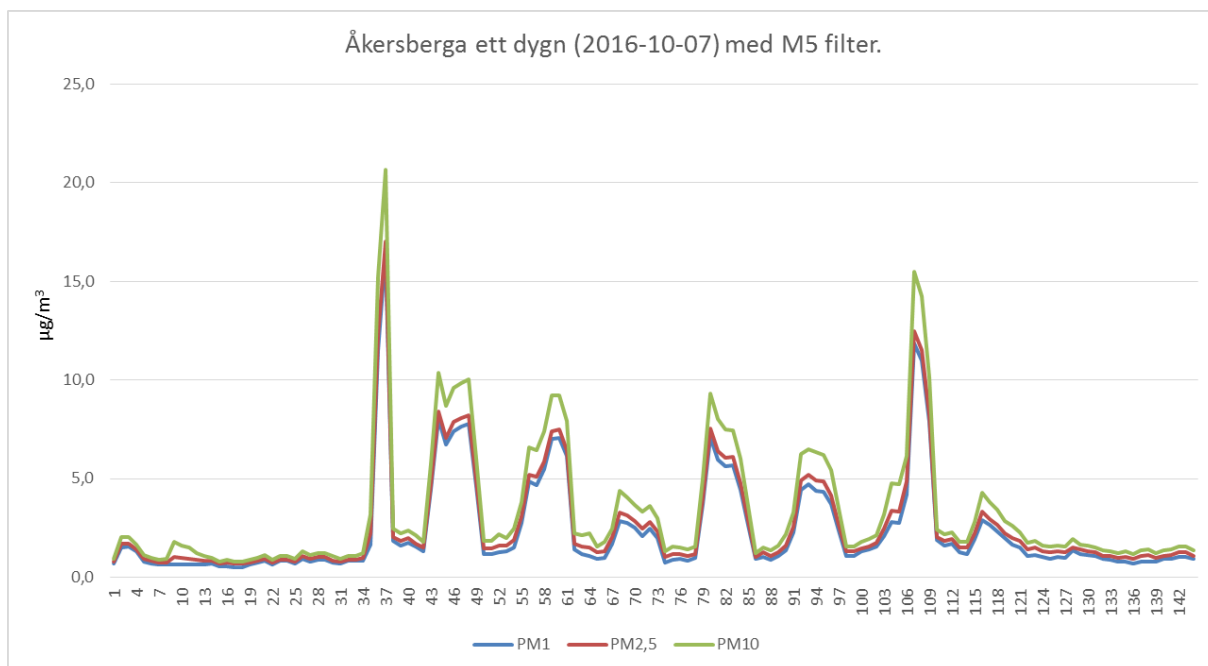
Figur B3. Mätningar av partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Åkersberga för perioden 5/10 till 12/10 2016. Alternat uteluft respektive frånluft med filtertyp M5.



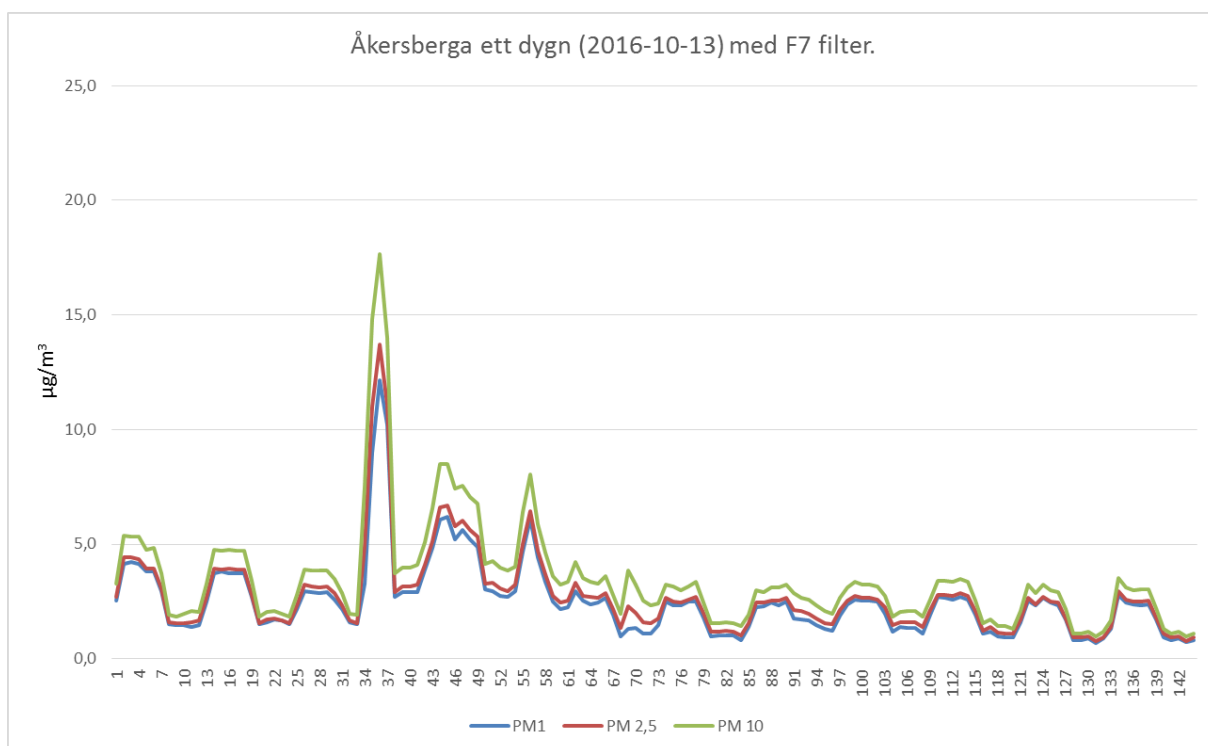
Figur B4. Mätningar av partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Åkersberga för perioden 12/10 till 20/10 2016. Alternaterat frånluft respektive uteluft med filtertyp F7.



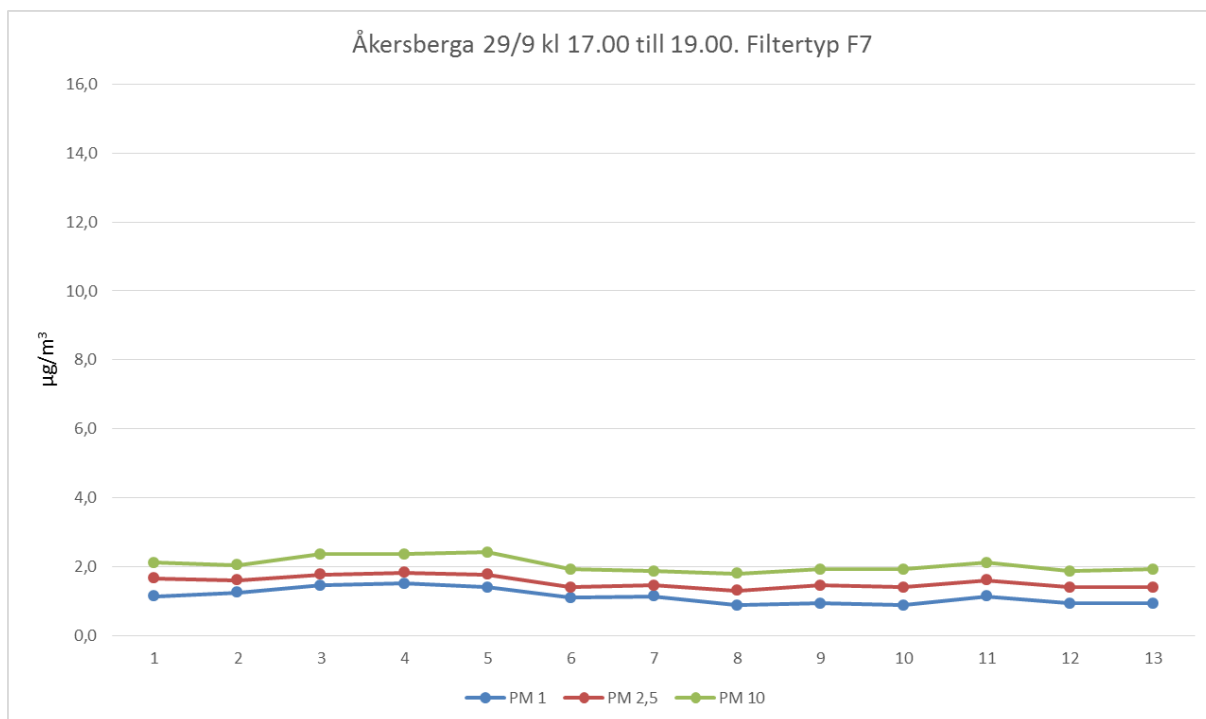
Figur B5. Mätningar av Partiklar PM1, PM2,5 och PM10 i Åkersberga för perioden 20/10 till 26/10 2016. Alternaterat frånluft respektive uteluft med filtertyp M5.



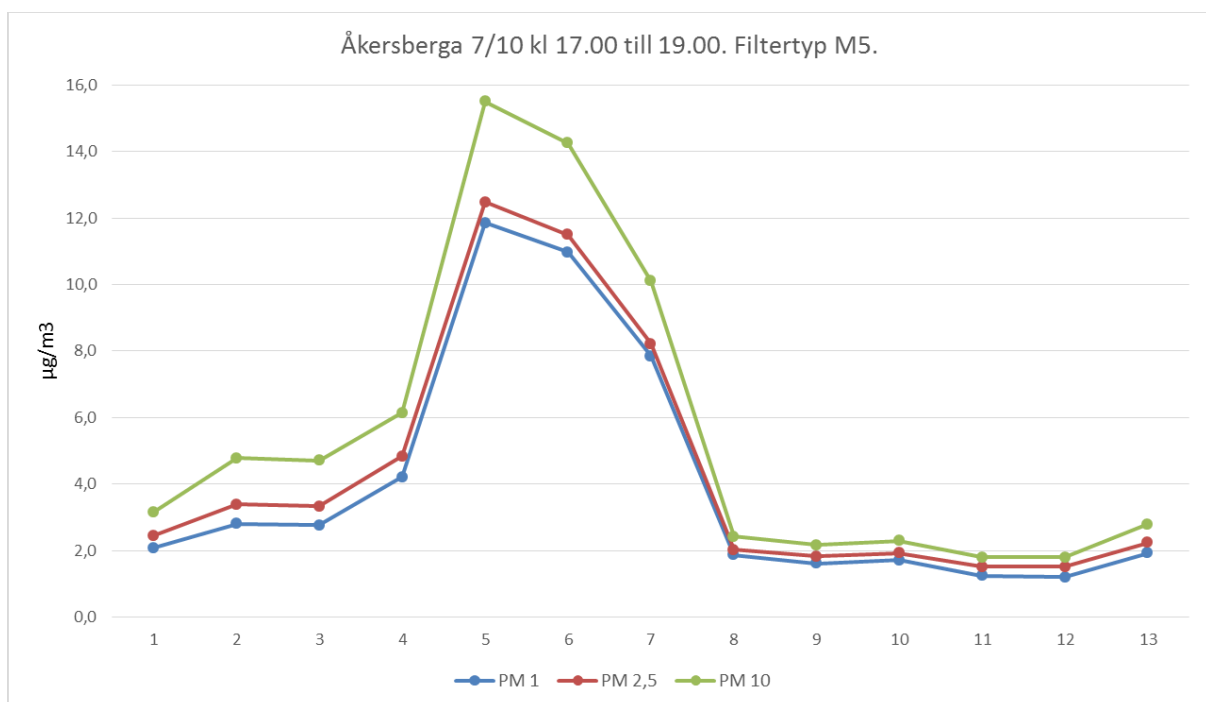
Figur B6. Visar partikelvärden för ett specifikt dygn för Åkersberga med M5 filter.



Figur B7. Visar partikelvärden för ett specifikt dygn för Åkersberga med F7 filter.



Figur B8. Mätningar av Partiklar PM1, PM2,5, och PM10 i Åkersberga för perioden 29/10 kl 17.00 till 19.00. Alternerat frånluft respektive uteluft med filtertyp F7. Första timmen avser partiklar i uteluften och andra timmen i frånluften.



Figur B9. Mätningar av Partiklar PM1, PM2,5, och PM10 i Åkersberga för perioden 7/10 kl 17.00 till 19.00. Alternerat frånluft respektive uteluft med filtertyp M5. Första timmen visar partikelhalten i frånluften och andra timmen i uteluften.

Bilaga C. Resultat från SPs laboratoriemätningar

I SP:s laboratorium uppmätta avskiljningsgrader och beräknade av filtreringseffektiviteter enligt ISO 16890

Filter	Indata																
	Tyckfall och flöde, Pa och m ³ /s						Effektivitet, % för storlek µm										
	0,38	0,47	0,71	0,94	1,18	0,35	0,47	0,62	0,84	KCL							
1. Åkersberga CA01 F7, 592x592x500	36	47	75	109	146	40,0	48,4	58,2	72,0	87,3	90,2	94,8	98,7	99,8	99,9	99,8	99,8
2. Åkersberga LA01 F7, 592x592x500	35	45	72	103	137	38,3	47,0	57,7	68,8	86,2	89,6	94,1	98,7	99,7	99,9	99,9	100,0
3. Åkerberga CA01 M5, 592x592x500	10	14	25	40	57	1,9	2,1	3,4	3,0	11,9	16,4	21,6	36,1	58,3	72,5	80,5	79,8
4. Åkerberga LA01 M5, 592x592x500	10	14	25	39	56	2,0	1,9	1,6	4,0	10,0	10,5	19,8	33,8	54,3	70,0	74,5	72,5
5. Danderyd Tilluft F7, 592x592x635	30	40	68	101	141	37,4	45,9	56,3	68,5	83,7	87,2	92,5	97,8	99,7	99,8	99,9	99,8
6. Danderyd Tilluft M5, 592x592x635	10	14	26	41	58	2,9	0,5	2,2	5,7	13,7	14,4	19,8	34,0	50,6	65,7	72,8	69,6

Filter	Filtreringseffektivitet enligt ISO16890		
	PM1	PM2.5	PM10
1. Åkersberga CA01 F7, 592x592x500	52,2	65,2	88,7
2. Åkersberga LA01 F7, 592x592x500	50,6	63,8	88,2
3. Åkerberga CA01 M5, 592x592x500	2,5	8,9	46,3
4. Åkerberga LA01 M5, 592x592x500	2,3	8,0	42,9
5. Danderyd Tilluft F7, 592x592x635	49,6	62,6	87,6
6. Danderyd Tilluft M5, 592x592x635	2,6	8,7	41,6

