

# Referenslaboratoriets rekommendation angående användning av det standardiserade amerikanska insuget för mätning av PM10 i Sverige

---

## Rekommendation

Med avseende på underlaget som beskrivs i detta dokument rekommenderar Referenslaboratoriet för tätortsluft – mätningar (Reflab – mätningar) att Naturvårdsverket fattar beslut om att:

1. Alla mätningar av PM10 för kontroll av miljökvalitetsnormerna för utomhusluft skall genomföras med instrument som har det standardiserat amerikanska insuget för PM10 eller ett med samma egenskaper.
2. Vid kontroll av ett instruments likvärdighet mot referensmetoden skall både instrumentet vars likvärdighet kontrolleras och referensmetoden vara utrustat med det standardiserade amerikanska insuget för PM10.

## Bakgrund - PM10 och de olika insugen

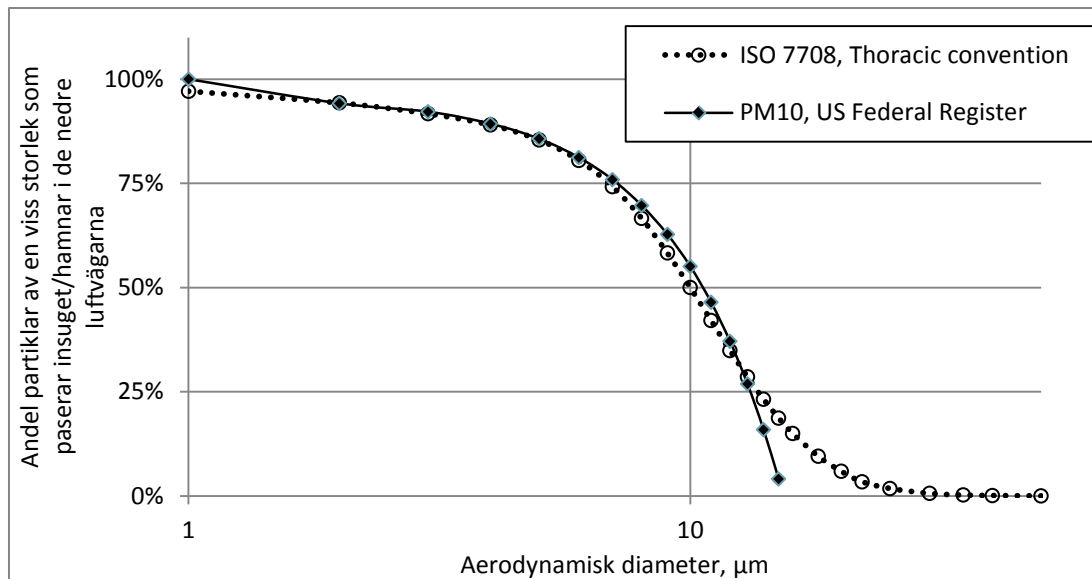
Ett av de mest använda måtten på halten av partiklar i luften är PM10. I EU-direktivet om luftkvalitet och renare luft i Europa (Direktiv 2008/50/EG) anges ett antal gränsvärden för PM10. I direktivet anges att den luft som människor vistas stadigvarande i skall vara lägre än dessa gränsvärden.

PM10 brukar populärt beskrivas som partiklar mindre än  $10\ \mu\text{m}^1$ . Detta är dock inte korrekt. Begreppet PM10 kommer ursprungligen från USA. Tanken är PM10-fraktionen skall motsvara den torakala fraktionen, d.v.s. den fraktion av de luftburna partiklarna som vid inandning passerar struphuvudet och kommer in i de nedre luftvägarna. Andelen av en viss partikelstorlek som kommer ned i de nedre luftvägarna på en person beror på många saker, t.ex. personens ålder, om man andas genom munnen eller näsan med mera. För att det skall vara möjligt att genom provtagning på ett enhetligt sätt bedöma ev. hälsoeffekter av partiklar har den torakala fraktionen och flera andra fraktioner definierats i en internationell överenskommelse som finns angiven i två standarder, ISO 7708 och EN 481.

I figur 1 nedan visas hur stor andel av en viss storlek av partiklar som passerar struphuvudet enligt standarden respektive skall provtas av en PM10-provtagare enligt bestämmelserna i US Federal Register. Av kurvan för den torakala fraktionen ser man t.ex. att nästan 100 % av partiklar med storleken  $1\ \mu\text{m}$  passerar struphuvudet, och i stort sett inga större än  $50\ \mu\text{m}$ . Man kan också observera att 50 % av partiklar som har storleken  $10\ \mu\text{m}$  passerar struphuvudet. Det är detta faktum som gett upphov till namnet PM10.

---

<sup>1</sup> Att en partikel har storleken  $x\ \mu\text{m}$  betyder i detta sammanhang att den har samma aerodynamiska egenskaper som en sfärisk partikel med densiteten 1 och diametern  $x\ \mu\text{m}$ .



**Figur 1. Avskiljningskurva för det amerikanska insuget jämfört med den torakala fraktionen som definierat i standarden ISO 7708**

Som framgår av figur 1 överensstämmer PM10 och den torakala fraktionen inte helt. Av praktiska skäl är det svårt att konstruera provtagare så att de får samma egenskaper som den mänskliga andningsapparaten.

Enligt EU-direktivet 2008/50/EG skall kontrollen av PM10 i första hand göras med mätningar. Dessa mätningar skall göras med den metod, referensmetod, som finns angiven i direktivet och som beskrivs i en internationell standard.

Referensmetoden för PM10 beskrivs i den europeiska standarden CEN 12341. Den första versionen av standarden utkom 1998 och ersattes 2012 med en nyare version.

Principen för referensmetoden är att luften med partiklar sugas in i en partikelseparator, där PM10-fraktionen separeras från övriga partiklar. PM10-fraktionen insamlas sedan på ett filter. Filtret vägs före och efter provtagningen och då den provtagna volymen mäts kan medelhalten under provtagningsperioden bestämmas. Provtagningstiden är ett dygn i referensmetoden

I standarden från 1998 anges mycket exakt hur partikelseparatorn, dvs. PM10-insuget, skall konstrueras och vid vilket flöde provtagningen skall göras för att bara PM10-partiklar ska provtas. I standarden finns också en hänvisning i en tabell till den definition av PM10 som gäller i USA. Detta ger intrycket att den partikelseparator, dvs. insuget, som beskrivs i standarden provtar PM10 enligt den amerikanska definitionen.

I en studie i Berlin 1999<sup>2</sup> observerades dock att provtagning med det europeiska insuget inte gav samma resultat som provtagning med ett insug som provtar PM10 enligt den amerikanska definitionen.

Det amerikanska insuget gav högre halter än det europeiska insuget. Skillnaden mellan dygnsmedelvärdena varierade från några procent upp till mer än 15 procent beroende på sammansättningen av partiklarna. Uppenbarligen har det europeiska insuget inte samma

<sup>2</sup> PM10 FIELD STUDIES (BERLIN APRIL - NOVEMBER 1999), A. Febo, P. Bruno, M. Giusto and I. Allegrini, National Research Council - Institute for Atmospheric Pollution, Rome & E. De Saeger, JRC, Ispra

egenskaper som det amerikanska och överensstämmer därför inte eller med definitionen för den torakala fraktionen.

Anledningen till att man i den europeiska standarden valt ett insug som inte följer den amerikanska PM10-definitionen och därmed är mer skilt från den torakala fraktionen är okänd.

#### Likvärdiga metoder och jämförande tester med referensmetoden

Vid kontroll av PM10-halten kan enligt EU-direktivet 2008/50/EG förutom referensmetoden vilken annan metod som helst användas under förutsättning att de ger likvärdiga resultat som referensmetoden. Likvärdigheten skall visas på det sätt som anges i ett EU-dokument "Guidance for the Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods"<sup>3</sup>.

För PM10 skall likvärdigheten för en instrumenttyp visas genom att två exemplar av instrumentet som mäter parallellt med referensmetoden under olika förhållanden (olika årstider, olika sammansättning av partiklarna) skall ge samma resultat som referensmetoden antingen direkt eller efter omräkning med en kalibreringsfunktion. Kalibreringsfunktionen måste vara stabil på så sätt att den kan användas på alla platser och förhållanden där instrumentet är tänkt att användas.

En nackdel med referensmetoden för PM10 är att den inte ger direktvisning av halten; det kan ta mer än två veckor innan man får resultat för en viss dag. Bland annat på grund av detta har många andra typer av instrument än referensmetoden använts runtom i Europa och i Sverige.

I vilken mån dessa instrument är likvärdiga med referensmetoden har undersökts under många olika mätkampanjer i Europa. Många av de instrument som testats är tillverkade i USA, tex. TEOM, Sharp och BAM. Vid dessa tester har de amerikanska instrumenten ofta testats i sitt originalutförande, d.v.s. med det amerikanska insuget medan referensmetoden har haft det europeiska insuget. Detta trots resultaten från studien i Berlin och det råd som författarna till rapporten från studien gav:

*"In measurement campaigns carried out to determine the equivalence of PM10 methods among themselves and versus the reference method it is therefore essential to have a prior knowledge of the degree of equivalence of the various sampling heads and fractionator devices. Without such information, the data obtained could be affected by deviations due to differences in fractionator device performances and any subsequent evaluation of equivalence would be impaired. As a result if differences in the performance of the fractionator devices has been highlighted, the most suitable approach to achieve effective harmonization of measurement methods (and thus to implement the Air Quality Daughter Directive) is to modify the devices so as to make them equivalent amongst themselves and versus the reference method"*

Anledningen till att författarnas mycket relevanta råd; att insug med samma egenskaper bör användas vid jämförande tester; mestadels har ignorerats är okänd. I de flesta fall beror det troligen på att skillnaden mellan de två insugen inte var känd av de som genomfört testerna.

#### Likvärdiga metoder och jämförande tester i Sverige

I Sverige är det Naturvårdsverket som godkänner mätmetoder för att kontrollera halterna av PM10. Som stöd för sina beslut använder Naturvårdsverket den bedömning Reflab - mätningar gör. Reflab - mätningar grundar i allmänhet sina bedömningar på andra europeiska länders, främst Tysklands och

---

<sup>3</sup> <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf>

Englands, bedömningar. Tyskland och England, som är betydligt större länder än Sverige, har resurser att genomföra det omfattande testprogram som krävs.

Skillnaden mellan de amerikanska och europeiska insugen för PM10 är inte särskilt stora i de flesta miljöer och inte i de miljöer som använts vid testerna som ligger till grund för de tyska och engelska godkännandena. På grund av detta har de inte haft någon stor inverkan på resultaten vid de olika testerna och skillnaden mellan de testade instrumenten och referensinstrumenten har varit liten och därmed har de testade instrumenten godkänts.

I Sverige används idag instrument med både europeiskt och amerikanskt insug vid övervakning av PM10, se tabellen nedan.

<u>Instrument</u>	<u>Insug</u>	<u>Anmärkning</u>
Grimm EDM 180	Europeiskt	Insuget samlar in i stort sett alla partiklar mindre än 32 µm. Vid beräkning av halten inkluderas dock bara de partiklar som motsvarar det europeiska insugets avskiljningskurva
Opsis SM200	Europeiskt	
Sharp 5030	Amerikanskt	
TEOM 1400AB	Amerikanskt	
TEOM FDMS	Amerikanskt	
TEOM 1405F	Amerikanskt	
IVL PModel S10	Amerikanskt	Instrumentet använder ett specialtillverkat insug, men med samma egenskaper som det amerikanska insuget

Alla instrument i listan ovan, utom IVL PModel S10, är godkända i Sverige.

Det framgår av tabellen att de flesta instrumenttyperna som används i Sverige är utrustade med det amerikanska insuget. Några av dessa instrument är de instrument som i dagsläget används i störst utsträckning i Sverige. Detta inkluderar instrumentet TEOM 1400 AB, vilket används i många av de mest belastade gatumiljöerna i Sverige och de flesta överskridandena av gränsvärdet för dygn har därmed uppmätts med TEOM 1400 AB.

#### Upptäckta skillnader mellan insugen

Under åren 2007 och 2009 gjordes några mindre studier på Hornsgatan i Stockholm där en referensprovtagare med ett europeiskt PM10-insug mätte parallellt med en TEOM 1400 AB utrustat med ett amerikanskt insug. Studierna gjordes som ett samarbete mellan Reflab - mätningar och Stockholms stad.

Det var redan tidigare känt att TEOM 1400 AB ofta undervärderar halten av PM10 på grund av avdunstning av en del lättflyktiga ämnen från partiklarna under provtagning med instrumentet<sup>4,5</sup>. Resultaten från dessa studier visade dock att TEOM 1400 AB gav högre värden än referensprovtagaren; stick i stäv med i stort sett alla jämförande mätningar som gjorts. Reflab - mätningar förstod vid det tillfället inte orsaken till detta avvikande resultat. Resultatet från studien i Berlin 1999, se sidan 3, var då inte känd.

<sup>4</sup> Allen, G. and R. Reiss (1997). "Evaluation of the TEOM Method for Measurement of Ambient Particulate Mass in Urban Areas." Journal of the Air & Waste Management Association, 47: 682-689

<sup>5</sup> Charron, A., R. M. Harrison, S. Moorcroft and J. Booker (2004). "Quantitative interpretation of divergence between PM10 and PM2.5 mass measurement by TEOM and gravimetric (Partisol) instruments, Atmospheric Environment, Volume 38, Issue 3, January 2004, Pages 415-423

Ungefär år 2011 presenterades en studie<sup>6</sup> som precis som den i Berlin visade att det amerikanska insuget ger högre värden än det europeiska insuget i miljöer där PM10-fraktionen domineras av grova partiklar, d.v.s. med en aerodynamisk diameter nära 10 µm. Då detta kunde förklara resultaten från Hornsgatan 2007 och 2009, där den grova fraktionen utgör en stor del av PM10, bestämde Reflab - mätningar att studera skillnaden mellan de två insugen mer i detalj. Detta gjordes dels under en stor undersökning vid Essingeleden i Stockholm under våren 2012 och en mindre på Hornsgatan under våren 2013.

Undersökningen på Hornsgatan 2013 var bara inriktad mot att studera skillnaden mellan de två insugen. Mätningarna pågick från den 1 mars t.o.m. den 10 maj. Under denna period var vädret ovanligt kallt och torrt vilket gav höga halter av PM10. Detta var gynnsamt för denna studie, om än inte ur luftföroreningssynpunkt.

Normalt använder Stockholms stad en specialbyggd TEOM 1400 AB vid stationen på Hornsgatan. Den växlar periodiskt mellan provtagning av PM10 och PM2.5<sup>7</sup>, d.v.s. ett instrument kan användas för två fraktioner. Under studie våren 2013 utrustades instrumentet istället för samtidig provtagning av PM10 med ett amerikanskt och ett europeiskt insug. Under perioden bestämdes också PM2.5 med en annan typ av instrument. Därigenom kunde andelen PM2.5 av PM10 beräknas och användas som ett mått på PM10-fraktionens grovhet. Ju lägre andel PM2.5, desto grövre partiklar.

Eftersom TEOM 1400 AB kan ge värden med god tidsupplösning kan man t.ex. studera dygnsvariationen av PM10. I Figur 2 visas dels dygnsvariationen av PM10 med de två insugstyperna, dels kvoten PM2.5/PM10 som ett mått på PM10-fraktionens grovhet.

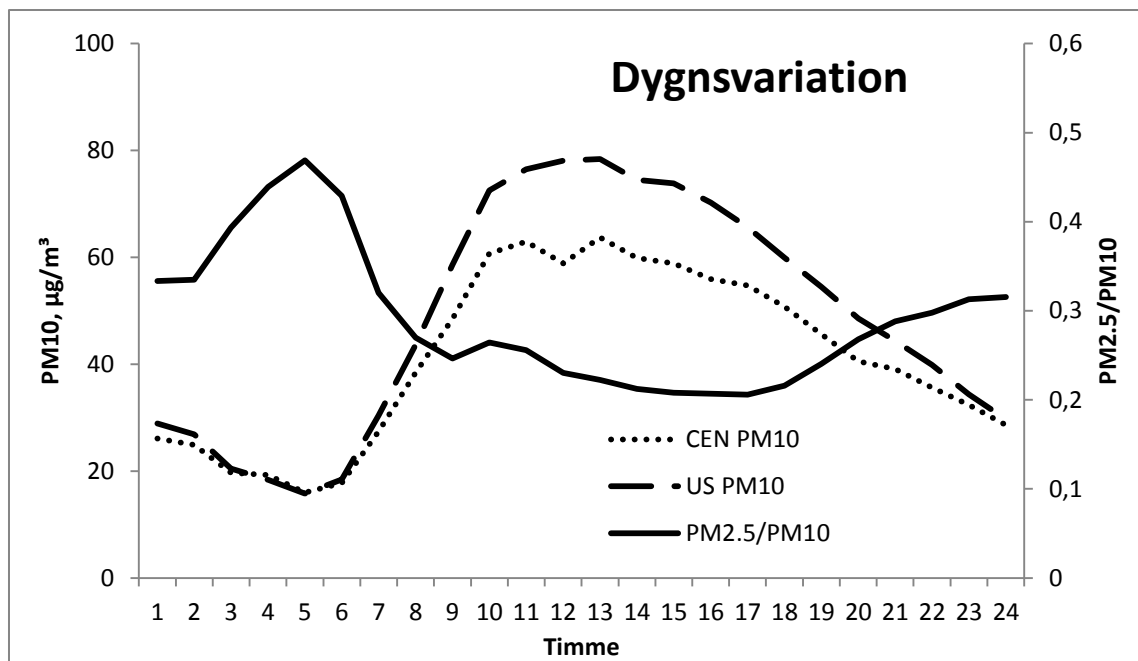
PM10-halten är betydligt högre mitt på dagen då trafiken är intensivare än under resten av dygnet. Det framgår med all önskvärd tydlighet också att det amerikanska insuget ger högre halter än det europeiska insuget under större delen av dygnet och speciellt stor är skillnaden mitt på dagen då andelen grova partiklar av PM10 samtidigt är som störst (kvoten PM2.5/PM10 når sitt lägsta värde (cirka 0,2) under dygnet).

Man kan också notera att det nästan inte är någon skillnad alls mellan de två insugstyperna tidigt på morgonen, då halterna är de lägsta under dygnet och då PM2.5-andelen är som störst under dygnet, kvoten PM2.5/PM10 är omkring 0,45.

---

<sup>6</sup> Pavlos Panteliadis, Department of Air Quality, Municipal Health Service Amsterdam, The Netherlands, personal communication. (2011)

<sup>7</sup> PM2.5 är populärt uttryck alla partiklar mindre än 2.5 µm. Detta är precis som för PM10 inte helt korrekt, men PM2.5 är alltid en delmängd av PM10.



Figur 2. Dygnsvariation av PM10 provtaget med två typer av insug, CEN PM10 och US PM10, och kvoten PM2.5/PM10. Resultat från Hornsgatan i Stockholm, våren 2013

Ett av gränsvärdena för PM10 är att antalet dygn då medelhalten är över  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  får vara högst 35 under ett kalenderår. Antalet överskridanden under kampanjen på Hornsgatan våren 2013 beroende på använt insug framgår av tabellen nedan.

Insug	Uppmätta halter med TEOM 1400 AB*
Europeiskt	20
Amerikanskt	32

\* Data har korrigerats för förluster av lättflyktiga ämnen enligt den så kallade "Volatile Correction Method" (VCM), i enlighet med Naturvårdsverkets beslut om godkännande för TEOM 1400 AB<sup>8</sup>

Kampanjens resultat visar tydligt att det amerikanska insuget leder till betydligt fler överskridanden, 60 % fler i detta fall, under perioder då många grova partiklar finns i luften. Eftersom de flesta överskridanden som mäts upp i Sverige sker under vårsäsongen, när grova partiklar (vägdamm från dubbdäcksanvändning) dominerar PM10-fraktionen, kan valet av insug därmed i vissa fall vara avgörande för om miljö kvalitetsnormerna klaras eller inte.

Syftet med undersökningen på Essingeleden var i första hand att kontrollera att de instrument vars svenska godkännanden baserats på de engelska och tyska resultaten också uppfyllde kraven för godkännande i den typ av gatumiljö med en stor andel av grova partiklar i PM10-fraktionen där de flesta svenska överskridandena av gränsvärdena för PM10 sker. Undersökningen utformades också så att skillnaden mellan de två insugstyperna kunde studeras. Resultaten från den delen av undersökningen visade på samma sätt som studien på Hornsgatan att det amerikanska insuget vid de flesta tillfällen ger högre värden än det europeiska insuget. Skillnaden mellan insugen blev på samma sätt som vid undersökningen på Hornsgatan större ju större andelen grova partiklar var av PM10-fraktionen.

<sup>8</sup> [http://www.aces.su.se/reflab/dokument/NVs\\_beslut\\_om\\_godk%C3%A4nnande\\_TEOM.pdf](http://www.aces.su.se/reflab/dokument/NVs_beslut_om_godk%C3%A4nnande_TEOM.pdf) och bilaga 1 <http://www.aces.su.se/reflab/dokument/Bilaga%20I%20-%20Reflabs%20rekommendation%20TEOM.pdf>

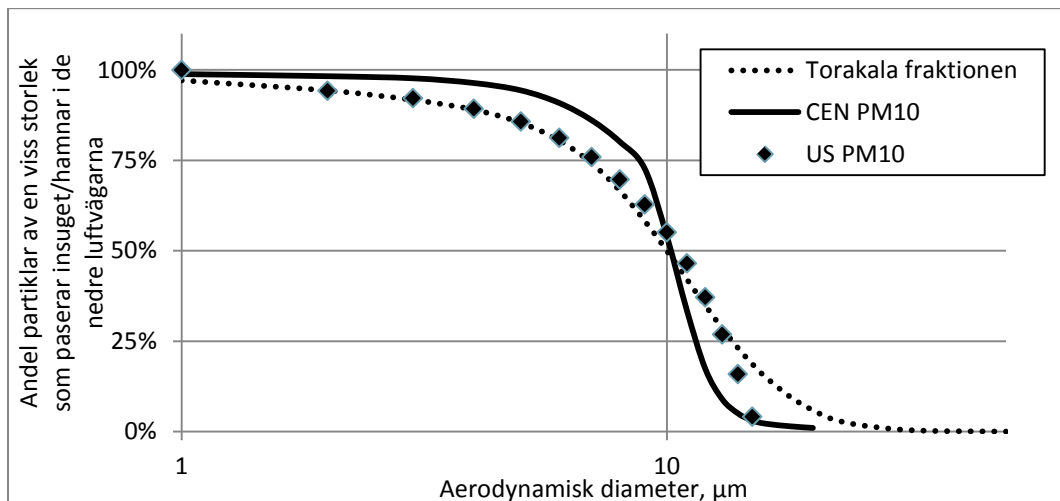
Det är svårt att uppskatta hur stor skillnaden mellan resultat uppmätta på andra platser och tidpunkter kan ha varit med instrument utrustat med ett amerikanskt insug jämfört med instrument utrustat med ett europeiskt insug. Detta eftersom det beror på hur stor andel av PM10 som är grova partiklar. Denna information saknas i de allra flesta fall.

#### Bedömning om vilket insug som ska användas

För att resultat som har uppmätts med en viss instrumenttyp skall kunna bli likvärdiga med resultat från den europeiska referensprovtagaren med ett europeiskt insug i alla tänkbara miljöer, skulle instrumentet behöva utrustas med samma typ av insug.

Men det finns starka skäl att inte använda det europeiska insuget i Sverige, utan att behålla det amerikanska insuget:

1. Avskiljningskurvan<sup>9</sup> för det europeiska insuget skiljer sig markant från definitionen för den torakala fraktionen, se figuren nedan. Avskiljningskurvan för det amerikanska insuget överensstämmer betydligt bättre med definitionen. Kurvan för det europeiska insuget är betydligt brantare än kurvan för det amerikanska insuget. Varför man inom EU bestämt sig för denna kurva istället för att ha ett insug vars egenskaper mer liknar definitionen för den torakala fraktionen är oklart. Valet verkar inte vara resultatet av något övervägande utan mer av tanklöshet. Med en strikt tolkning kan det ifrågasättas om det europeiska insuget verkligen provtar PM10. För att kunna bedöma partiklarnas hälsofarlighet bör det vara en fördel att ha ett PM10-insug vars egenskaper relativt väl överensstämmer med hur luftburna partiklar deponeras i de mänskliga luftvägarna. Detta argument anses vara särskilt relevant för Sverige eftersom de högsta halterna av PM10 som förekommer beror i stort på de grövre partiklarna, som inte provtas lika effektivt med det europeiska insuget.



Figur 3. Avskiljningskurvor för det amerikanska och europeiska insuget jämfört med den torakala fraktionen

2. För att alla PM10-mätningar i Sverige skall kunna jämföras med varandra bör de provtas samma sak. Då de allra flesta instrument, ca 70 – 80 %, som mäter PM10 i Sverige använder antingen det amerikanska insuget eller ett insug med samma egenskaper, skulle ett byte till

<sup>9</sup> Data för avskiljningskurvan för det europeiska insuget har tagits fram från en figur ur standarden EN 12341:2014 – Ambient air Standard gravimetric for the determination of the PM10 or PM2.5 mass concentration of suspended particulate matter

det europeiska insuget göra att det blir mycket svårt att jämföra historiska PM10-data med data som noteras efter bytet. Detta eftersom en omräkning kräver kunskap om andelen grova partiklar i PM10-fraktionen. Denna kunskap saknas i de allra flesta fall. Svårigheten att jämföra historiska data med data efter ett byte skulle i sin tur också göra det svårt att värdera effekten av åtgärder som sätts in för att minska halten PM10.

3. Vid beslut om användning av det amerikanska insuget i Sverige, kommer de instrument som nu använder det europeiska insuget få problem med att jämföra med historiska data. Men eftersom detta gäller för ett mindre antal instrument än om det europeiska insuget införs som nationell standard är det ändå att föredra.

Enligt EU:s krav måste ett instruments likvärdighet med den europeiska referensmetoden kontrolleras med jämna mellanrum. Det europeiska insuget är en viktig del av instrument som mäter enligt referensmetoden. Men som beskrivits ovan är det inte meningsfullt att jämföra resultaten från två instrument om de inte provtar samma sak (vilket de inte säkert gör om de inte har samma typ av insug). Därför behöver instrument som mäter enligt referensmetoden modifieras och utrustas med ett amerikanskt insug för PM10, innan instrumenten kan användas för att kontrollera likvärdigheten av andra instrument. Detta är tekniskt inga problem.