

IMM
—
Institute of Environmental Medicine
Institutet för miljömedicin



**Karolinska
Institutet**

Genomgång och strategisk utvärdering av HÄMI-serien Cancerframkallande ämnen i tätortsluft

Författare

Anneli Julander

Lena Palmberg

Genomgång och strategisk utvärdering av HÄMI-serien Cancerframkallande ämnen i tätortsluft

<p>Rapportförfattare Anneli Julander och Lena Palmberg Enheten för integrativ toxikologi Institutet för miljömedicin Karolinska Institutet</p>	<p>Utgivare Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet</p> <p>Postadress Box 210, 171 77 Solna</p> <p>Telefon 0000-000 000 000</p>
<p>Rapporttitel och undertitel Genomgång och strategisk utvärdering av HÄMI-serien "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft".</p>	<p>Beställare Naturvårdsverket 106 48 Stockholm</p> <p>Finansiering Nationell miljöövervakning</p>
<p>Nyckelord för plats Malmö, Göteborg, Lindsberg, Stockholm, Umeå</p>	
<p>Nyckelord för ämne Utvärdering, Cancerframkallande ämnen, Tätortsluft, HÄMI</p>	
<p>Tidpunkt för insamling av underlagsdata 2019-2020</p>	
<p>Sammanfattning</p> <p>Institutet för Miljömedicin har av Naturvårdsverket fått i uppdrag att genomföra en strategisk utvärdering av HÄMI-serien "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft". För att genomföra utvärderingen har vi studerat samtliga mät rapporter som publicerats inom projektet, gjort litteratursökning gällande vetenskapligt publicerade artiklar och grå litteratur, samt genomfört en semi-strukturerad intervju med samtliga utförare inom projektet. Utvärderingen har framförallt fokuserat på: lokalisering och omfattning av ingående städer, antal och urval av individer som ska ingå i studien, kvalitetssäkring av analysmetodik och jämförbarheten av analyser vid olika laboratorier, synligheten av projektet som helhet och en genomgång av möjliga nya ämnen och provtagningsmetoder som skulle kunna ingå. Baserat på detta ges ett fåtal rekommendationer för seriens utveckling och revidering. Våra slutsatser kan sammanfattas som att det finns goda förutsättningar för att synliggöra projektet bättre genom att sammanställa och publicera tidstrendsanalyser och populärvetenskapliga rapporter på NV's hemsida. Dessutom bör NV överväga vikten av slumpartat urval av tvärsnittsbefolkningen vid rekrytering av deltagare då deltagarfrekvensen systematiskt minskat till ca 30%, alternativt bör man införa viktningssatser så att deltagarnas svar följer den nationella proportionen av befolkningen, vilket är av särskild vikt för rökning. Vidare bör nyttan av upprepade mätningar sättas i förhållande till möjlighet att med dessa resurser utföra pumpad provtagning för black carbon (sot) för att få tidsupplöst information om förbränningspartiklar genererade av trafik, istället för att fortsätta mäta NO₂, vilket inom projektet inte visat sig vara den proxy som man önskat för trafikrelaterade luftföroreningar. Inkludering av black carbon medger att en annan viktig faktor för befolkningens hälsa kan mätas, även om den ännu inte är klassad som cancerframkallande av IARC.</p>	

1. Bakgrund

Inom den hälsorelaterade miljöövervakningen (HÄMI) har serien "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft" pågått sedan år 2000. Mätningar i serien har gjorts i fem olika städer (Göteborg, Lindesberg, Malmö, Stockholm och Umeå) enligt ett rullande schema mellan städerna. Mätningarna utförs under hösten i en stad per år. Hittills har studien genomförts tre gånger i varje stad.

Undersökningen bygger på personburen provtagning för att mäta den personliga exponeringen för bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kväveoxider med diffusionsprovtagare. Under en period i projektet ingick även pumpad provtagning av fina partiklar (PM_{2,5}) i deltagarnas hem och efterföljande analys av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) exempelvis bens(a)pyren. Deltagarna i studien är vuxna individer (20 till 50 år) rekryterade genom ett slumpat urval ur allmänbefolkningen.

I undersökningen ingår även stationära utomhusmätningar av samma ämnen som i de personburna mätningarna samt PM_{2,5}. Utomhusmätningarna ska omfatta minst fem veckor och utföras under samma period som de personburna mätningarna.

Syftet med programmet har varit att: beskriva allmänbefolkningens exponering för några väsentliga cancerframkallande luftföroreningar, ge underlag för förbättrad riskvärdering för allmänheten, kvantifiera hur olika potentiella källor till luftföroreningar påverkar allmänbefolkningens exponering både inomhus och utomhus, samt att kunna jämföra personlig exponering med halter av samma ämnen i urban tätortsluft. Dessutom ska resultaten användas för att följa upp och utvärdera det nationella miljömålet Frisk luft.

2. Syfte

Utvärderingens syfte har sammanfattats i överenskommelsen 215-19-010, mellan Naturvårdsverket (NV) och Institutet för miljömedicin (IMM), Karolinska Institutet och är "...att utvärdera mätmetoder, ämnen i luften och upplägg av serien "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft" samt att ge rekommendationer för seriens utveckling och revidering".

För att uppfylla syftet i utvärderingen har NV formulerat sex punkter med frågeställningar som bör beaktas:

- Omfattning av städer/kommuner
- Antal och urval av individer
- Kvalitetssäkring och jämförbarhet av mätningar
- Nya användningsområden för serien
- Eventuella nya ämnen och provtagningsmetoder/-utrustning
- Rekommendationer för seriens utveckling och revidering

3. Utförande

För att uppnå syftet inom utvärderingsuppdraget har vi läst samtliga mätrapporter som publicerats inom projektet, gjort litteratursökning gällande vetenskapligt publicerade artiklar och grå litteratur, samt genomfört en semi-strukturerad intervju med samtliga utförare inom projektet närvarande vid ett möte. Inför den gemensamma intervjun, fick samtliga kliniker möjlighet att först gå igenom de frågor som kom att diskuteras på intervjun genom ett utskick via e-post i god tid innan mötet. Vid intervjun 2020-09-17 deltog utförare från Göteborg, Örebro (utför mätningar i Lindesberg), Stockholm och Umeå. Utförare från Malmö deltog inte.

4. Sammanfattning av studiedesign och genomförda mätningar

Mätningar inom projektet påbörjades år 2000 i Göteborg och har sedan pågått i ett rullande schema mellan städerna Umeå, Malmö, Stockholm och Lindesberg. Städerna är utvalda för att representera större tätorter belägna i kustområden och en mindre ort belägen i inlandet. På detta sätt bör orterna täcka in en representativ del av Sveriges befolkning.

Varje år rekryteras 40 personer i åldrarna 20 till 50 år som är bosatta i staden. För utförlig beskrivning av rekryteringsprocess, se metodhandboken (1) och enskilda rapporter från mätserien (bilaga 1). Deltagarfrekvensen har minskat systematiskt från ca 70% till 30%, vilket gör att mer tid får läggas på att rekrytera personer. Från och med mätomgång 4 (2019) har åldersspannet höjts till 60 år.

Inom studien har cancerframkallande ämnen i luft mätts personburet, stationärt inomhus i vardagsrum och utomhus på två stationära mätstationer, varav minst en har representerat urban bakgrund (1). I tabell 1 finns en sammanställning av typer och antal av mätningar inom projektet. 2019 gjordes en intern utvärdering av HÄMI-projektet som presenterades i en rapport från Göteborgs Universitet (2). I rapporten finns en sammanställning över de mätningar som gjorts och även tidstrendsdiagram över hur ämnena som ingår i mätningen har fluktuerat mellan år och städer, samt jämförelse med halterna för miljö kvalitetsnormer och miljömål.

De ämnen som har mätts personburet sedan starten är följande: bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid. Samtliga har mätts med passiva diffusionsprovtagare som bärs av deltagaren i ett halsband under 7 dygn. Halsbandet tas av under natten för att underlätta för deltagarna. Från och med 2005 adderades provtagning av fina partiklar (PM_{2,5}) som stationär mätning inomhus i vardagsrum hos deltagarna och stationär mätning utomhus. Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) har sedan analyserats från de insamlade partiklarna. Gruppen PAH:er består av ett stort antal individuella ämnen och fokus i projektet har främst legat på bens(a)pyren (BaP), vilket är klassat som cancerframkallande för människa av International Agency for Research on Cancer (IARC). BaP står för hälften av den cancerframkallande effekten av PAH i tätortsluft (3). Från och med mätomgång 4 kommer de fina partiklarna och PAH:er inte att mätas stationärt inomhus hos deltagare i studien. Detta eftersom både de uppmätta värdena av PM_{2,5} och BaP har visats ligga långt under miljö kvalitetsmålets precisering för PM_{2,5} och även under lågrisknivån för BaP för långtidseffekter, vilket medför att användbarheten av resultaten i förhållande till priset på analyserna är relativt högt (Filip Norlén, NV, personlig kommunikation, juni 2020).

Utomhusmätningarna har skett för samma ämnen och samma typer av provtagare som används i de personburna mätningarna, dvs bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kvävedioxid, PM_{2,5} och PAH på två olika platser i städerna. Mätningarna har utförts under 5 veckor, i samband med att personburen provtagning pågår inom projektet. Vanligtvis har mätningarna inte startats samtidigt, vilket kan medföra att det är svårare att se en korrelation till de personburna mätningarna. Inom projektet gjordes försök att starta mätningarna samtidigt, med detta gav inte ett entydigt svar om korrelationen blev bättre.

Inom projektet har man även testat att mäta andra ämnen, exempelvis: acetaldehyd (år 2000-2003), ozon (år 2000, 2015) och sot (black carbon) med efterföljande analys av organisk och oorganisk kol (år 2009). Dock har inga av dessa ämnen fortsatt att mätas kontinuerligt efter genomförd testomgång.

Tabell 1. Sammanfattande tabell över antal mätningar inom varje mätperiod. Adapterad efter metodhandbok, version 1:3 2018-12-20 (1).

Ämnen	Personburna (diffusion)*		Stationärt inomhus (pumpad provtagning)		Stationärt utomhus (diffusion & pumpad)
	Antal prover	Antal personer	Antal prover	Antal personer	Antal prover
Bensen	60	40	-	-	10
Formaldehyd**	60	40	-	-	10
1,3-butadien	60	40	-	-	10
NO ₂	60	40	-	-	10
PM _{2.5} + PAH***	-	-	20	20	Minst 10

*20 av de 60 proverna kommer från en upprepad mätning på 20 individer.

**sedan 2012 ingår ej upprepad mätning pga. liten inom-individvarians, vilket ger 40 prover

***sedan 2019 ingår ej denna mätning då informationsvärde i förhållande till pris inte motiverar mätningen.

5. Semistrukturerad intervju med utförare

Syftet med projektet "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft" är formulerat i metodhandboken (1) och nedan sammanfattat i fyra punkter.

- Undersöka allmänbefolkningens exponering för några väsentliga cancerframkallande luftföroreningar (genomsnittlig exponering och inom- och mellanindividvarians)
- Ge underlag för förbättrad riskvärdering för allmänbefolkningen
- Försöka kvantifiera potentiella källor till luftföroreningar (exempelvis rökvanor och trafik)
- Jämföra personlig exponering med halter utomhus i urban bakgrundsluft

Dessutom utförs mätningarna för att "kunna värdera miljömålet Frisk luft" (1).

Trots detta föreligger bland utförarna ändå en viss osäkerhet kring syftet med mätningarna, och eftersom syftet är avgörande för hur rekrytering och mätningar bör utföras på ett representativt sätt behöver detta förtydligas. Nedan har vi försökt beskriva vari osäkerheten ligger.

Projektet ligger under Naturvårdsverkets programområde hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI) och är där det enda återkommande projektet som mäter luftföroreningar. Mätningarna är utformade efter syftet och ger således en tvärsnittsexponering för allmänbefolkningen som kan jämföras med kända lågriskvärden för olika cancerframkallande ämnen. Det är dock svårt att påvisa olika källors inflytande på exponeringen, exempelvis hur mycket som kommer från inomhusluft och utomhusluft, personens egna rökvanor eller vistelsetid i trafik, på grund av att passiva mätare används vilka inte ger tidsupplöst information. Viss jämförelse kan dock göras för totalhalten för varje ämne genom jämförelse med dagboksanteckning från deltagare om deras rörelsemönster under de dygn då mätningarna har pågått.

Mätningarna ska även användas för att värdera personlig tvärsnittsexponering i förhållande till Sveriges miljömål "Frisk luft" enligt metodhandboken (1). Ett konstaterande som görs av både utförare inom projektet och av utredningsansvariga är att miljömålet relaterar till föroreningar i utomhusluft. Med den mätstrategi som valts inom HÄMI-projektet (personburen mätning) har det framkommit att personerna som deltar i mätningarna tillbringar mer än 80% av sin tid inomhus, mestadels i bostaden men även på arbetsplatser. I och med detta, uppstår en kontrovers då halter ska jämföras med miljömål och miljö kvalitetsnormer som är satta för utomhusluft.

Inom projektet utförs även utomhusmätningar på två platser varav minst en plats ska representera urban bakgrundsluft. Vid dessa mätningar används samma typ av passiva provtagare som för de personburna mätningarna. Dessa mätningar kan med fördel användas för att jämföra med miljömål och miljö kvalitetsnormer för utomhusluft, men de korrelerar sällan med de personburna mätningarna, främst för att de två typerna av mätningar inte har startats samtidigt. Dock framgår det tydligt från samtliga rapporter att den personliga exponeringen är högre än vad som uppmäts i urban bakgrundsluft för bensen, 1,3-butadien och formaldehyd, men inte för NO₂ (2).

Ytterligare en faktor som diskuterades mycket under intervjun är den successivt sjunkande deltagarfrekvensen inom projektet och hur detta påverkar det slumpmässiga urvalet och representativiteten för allmänbefolkningen. Beroende på syftet med studien kan deltagare rekryteras på olika sätt, som är mer eller mindre känsliga för representativitet. Detta beskrivs mer ingående med olika exempel under de kommande rubrikerna i utredningen.

6. Omfattning av städer och kommuner

I studien ingår fem olika städer, som ska representera Sveriges befolkning. I de städer som ingår inom programmet finns det en Arbets- och miljömedicinsk klinik (AMM) lokaliserad, eller i fallet Lindesberg inom ett rimligt avstånd, vilket har underlättat att mätningar i städerna utförs av utbildad personal inom området luftföroreningar.

Det är uppenbart från Sveriges geografi att det saknas områden i inlandsdelarna av norra Sverige, exempelvis finns ingen del norr om Umeå representerad. Befolkningsmässigt så täcker sannolikt de valda städerna in större delen av den svenska befolkningen, men att inte ha med någon mindre ort i exempelvis Dalarna, Härjedalen, Jämtland, Norrbotten, Lappland eller på Gotland kan ses som en nackdel med studien. Dock ska detta ställas i relation till vilken information som kan förväntas tillkomma från att inkludera orter i dessa regioner som i nuläget inte är representerade.

Ett av skälen till att inkludera en mindre ort i Norrlands inland skulle kunna vara att få mer data för specifika källor som tex småskalig vedeldning och förbränningspartiklar. Dock finns det redan goda underlag framtagna inom olika projekt som påvisar att vid småskalig vedeldning ökar exponeringen för exempelvis bensen (4) och att vedeldningen står för 80% av utsläppen av bens(a)pyren i Sverige (5).

Inom HÄMI-projektet tillkom en mindre ort i inlandet 2005, Lindesberg, med hypotesen att det förekommer mer småskalig vedeldning på denna ort. Dessutom har Lindesberg ett geografiskt läge som är längre från kusten och därmed kan ha ett klimatförhållande som skiljer sig från de större städerna som ingår i projektet. Dock har man inte kunnat se någon skillnad i bensenhalter mellan hushåll med vedeldning och annan uppvärmning i Lindesberg på grund av att antalet deltagare är så litet.

En annan källa till exponering är förbränningspartiklar från trafik. Det bör dock inte vara någon större skillnad i exponeringsbilden för olika typer av cancerframkallande ämnen i förhållande till fordonsparken i Norrlands inland än i exempelvis Umeå eller de andra deltagande städerna. Dock finns ett inslag som skulle kunna ge upphov till skillnader, vilket är den ökande trafiken från skottrar (pers. komm. Bertil Forsberg, Umeå Universitet), men det är en väldigt liten del av befolkningen som exponeras för skoteravgaser om vi ser till hela Sveriges befolkning. Ur detta perspektiv blir det viktigare att ha bra kontroll på exponering för förbränningspartiklar i exempelvis storstäder, där en större del av befolkningen bor.

7. Antal och urval av individer

7.1 Rekrytering och urval

Inom projektet rekryteras deltagare genom en slumpmässig metod. Utdrag görs för stadsrelevanta områden som ska inkluderas (på postnummerbasis), och dessutom finns ett ålderskriterium att ta hänsyn till (20-50 år). Personer kan uteslutas ur studien om de inte längre bor på den adress som finns angiven i SPAR-databasen (statens personalregister). Personerna kontaktas sedan brevlades med uppföljande telefonsamtal (1).

I början av projektet var detta en bra metod och studien hade hög deltagarfrekvens, generellt i storleksordningen 60 till 80%. Sedan 2009 har deltagarfrekvensen minskat och är nu nere på 30%, vilket kan ifrågasätta om mätunderlaget är representativt. I metodhandboken (1) står att ambitionen bör vara att ha över 50% deltagande.

Vid intervjun med utförarna diskuterades denna fråga i förhållande till samtliga aspekter av projektet. Utförarna beskriver stora svårigheter att få tag i deltagare, framförallt eftersom det är väldigt svårt att komma i kontakt med personer via telefon, något som ökat genom åren. När man väl har etablerat kontakt är det oftast inga problem att få deltagare att medverka i studien och att även ställa upp på en andra mätomgång.

I mätomgång 4, som startades av Göteborg 2019, höjde man inklusionsåldern till 60 år och lät personer svara på brevet via epost. Detta hade inte så stor inverkan på den totala deltagarfrekvensen, men utföraren upplever att de fick lite fler svar via epost än brevledes. Detta kan vara bra att erbjuda vid framtida rekrytering. Man testade även att skicka ett sms till deltagarna innan man ringde upp dem, för att se om det skulle medföra fler positiva svar till att delta i studien. Man såg dock ingen effekt av detta på deltagarfrekvensen.

Frågan om hur man ska rekrytera deltagare till studien, hänger även ihop med syftet för mätprogrammet och delvis med vilken typ av mätutrustning som används. Om syftet med studien är tvärsnittsexponering för allmänbefolkning, bör rekrytering fortsätta att utföras enligt den metod som nu används. Dock får man då förhålla sig till risken att deltagarfrekvensen sjunker ytterligare de kommande åren. För att få bättre representativitet inom projektet skulle man kunna göra som vid arbetet med Miljöhälsoenkäten från Folkhälsomyndigheten, där svaren viktas i förhållande till den nationella proportionen av befolkningen.

Om syftet istället var att identifiera källor till exponering för cancerframkallande ämnen genom personburen provtagning, kan man välja ut personer till deltagande genom mer riktade insatser och inte ur befolkningsdatabaser. Denna metod ändrar studiedesignen som hittills använts inom projektet, vilket kommer påverka tidstrendsanalyserna för exponeringen av cancerframkallande ämnen. Dock ska man komma ihåg att med den gällande rekryteringen och krympande deltagarfrekvensen får man en viss selektion inom projektet. I och med att det ser annorlunda ut över tid och mellan städer, påverkas möjligheten att jämföra mätvärdena som samlas in i studien (se exemplet med rökarna nedan).

Ytterligare en fråga som diskuterades var att byta till en longitudinell design, dvs att rekrytera personer som deltar under en längre tidsperiod i studien. Då kan man följa individer över tid och deras personliga exponering. Med en sådan design får man ofta en åldrande studiepopulation, vilket kan motverkas av att ersätta det äldsta segmentet med yngre deltagare vid varje mätning. Med en sådan design, skulle man möjligen kunna komma upp till totalt 60 deltagare, utan att påverka deltagarfrekvensen i negativ riktning, eftersom man varje år endast ska rekrytera 10-20 nya personer i ett ålderssegment. En risk med denna design är att man får ett bortfall, pga att människor i studien flyttar eller är ovilliga att delta vid upprepade tillfällen. Därför lämpar sig denna typ av design bäst om man har kortare intervall mellan mätningarna eller att man ändrar vikten av att ha inklusionskriteriet om var i staden personerna bor.

7.2 Antal individer

Inom programmet har man valt att mäta på 40 personer i varje stad, då det är en stor arbetsinsats som krävs för att rekrytera detta antal personer. Utförarna håller med om att det egentligen är för få personer för att kunna dra statistiskt relevanta slutsatser inom varje mätomgång. Det går däremot bra att efter några mätomgångar göra en vetenskaplig analys av materialet, vilket har gjorts 2014 för de två första mätomgångarna i alla 5 städer (Hagenbjörk-Gustafsson et al 2014). Att rekrytera fler personer än 40 deltagare skulle vara bra, men då kommer deltagarfrekvensen att gå ned ytterligare. Inom den design som är vald för rekrytering är det svårt att se hur ytterligare personer skulle kunna rekryteras utan att tappa representativitet både åldersmässigt och geografiskt.

7.2.1 Exempel på problematik som uppkommer med få deltagare

Vid varje mätkampanj i alla städer utvärderas skillnaden i exponering mellan rökare och icke-rökare och de statistiska spridningsmått för dessa två grupper presenteras. Det föreligger sällan någon statistisk signifikant skillnad mellan grupperna, eftersom antalet rökare är få i varje omgång, men värt att notera är att de ofta har något högre medelvärden för bensen och 1,3-butadien än icke-rökarna.

Vi väljer att ta upp detta exempel eftersom det under projektets gång har diskuterats om rökare ska inkluderas eller inte i studien. I snitt har man haft ca 6 rökare med i studien (spridning 2 till 14) per år (tabell 2). Att utesluta rökare skulle leda till att fler personer måste rekryteras, vilket varit svårt, och att man även frångår att det ska vara ett tvärsnitt av allmänbefolkningen. Därför har man bestämt att låta rökarna vara med i studien. Dock har man vissa år haft fler rökare med i studien än vad som finns i genomsnittsbefolkningen, vilket kan ge upphov till skeva estimat för tvärsnittsexponeringen. Ser vi till hela mätperioden har det varit 14% rökare med i studien, då rikssnittet 2018 är 7% rökare i Sveriges befolkning (6). Den sista mätomgången (2012-2016) överensstämmer väl med rikssnittet, då antalet rökare utgjorde 8% (tabell 2). Hur rökarnas exponering bidrar till tvärsnittsexponeringen i tidstrendsanalyserna bör beaktas i framtida sammanställningar av materialet.

Tabell 2. Sammanställning av antal rökare i individuella städer och per mätomgång under perioden 2001 till 2016, från individuella mätrapporter (bilaga1).

Stad	År	Rökare/Alla Deltagare	Rökare (%)
Göteborg	2001	14/40	35,0
Umeå	2002	4/40	12,5
Stockholm	2003	4/40	10,0
Malmö	2003	13/40	32,5
Lindesberg	2005	5/40	12,5
Mätomgång 1	2001-2005	40/200	20,0
Göteborg	2006/07	7/36	19,4
Umeå	2007	3/40	7,5
Malmö	2008	10/41	24,3
Stockholm	2009	5/40	12,5
Lindesberg	2010	5/40	12,5
Mätomgång 2	2006-2010	30/197	15,2
Göteborg	2012	5/40	12,5
Umeå	2013	2/40	5,0
Malmö	2014	3/42	7,1
Stockholm	2015	3/40	7,5
Lindesberg	2016	4/40	10,0
Mätomgång 3	2012-2016	17/202	8,4

Ett annat problem som framkommit ur mätrapporterna och intervjun med utförarna är hur känslig studien är för vad deltagarna gör på sin fritid. Om en person har en udda hobby kan detta leda till ovanligt höga halter för något av de ingående ämnena som mäts, vilket påverkar medexponeringen i gruppen. Detta kan i sin tur leda till att slutsatserna haltar om allmänbefolkningens exponering. Till viss del kan detta korrigeras genom att studera de dagböcker som deltagarna får fylla i under mätveckan. Dock ställer det stora krav på personerna som utvärderar data, att uppmärksamma extremvärden bland de 40 deltagarna och speciellt studera deras dagböcker för att hitta en trolig källa. Det är relativt lätt om det är en eller två extremer men om det är fler personer än så blir de betydligt svårare att identifiera.

7.3 Upprepade mätningar

Ett vanligt problem då man utför luftmätningar är att lufthalter ofta fluktuerar mellan dagar då mätning utförs. Därför har man i programmet valt att mäta med passiva provtagare under en hel vecka för att utjämna denna källa till variation. Ytterligare ett känt faktum är att lufthalterna även kan variera inom och mellan olika personer som deltar i studien, vilket kan beskrivas av inom- och mellanindividsvarians. För att kunna bestämma vilken av dessa komponenter som bidrar mest till förklaringsgraden av exponeringen, utförs en upprepad mätning på hälften av deltagarna i studien (n=20). I tabell 3 har vi sammanställt hur stor andel av varianskomponenten som kan förklaras med inom-individsvariansens (förklaringsgrad i procent) från de siffror som rapporterats i samtliga mätrapporter (bilaga 1). Baserat på data om inom-individsvariansen kan beslut fattas om det är värdefullt att fortsätta med upprepad mätning av vissa ämnen. I projektet användes data på detta sätt, då det beslutades att inte längre utföra upprepade mätningar av formaldehyd vid start av mätomgång 3 år 2012.

Tabell 3. Rapporterad förklaringsgrad (%) för inom-individsvarians under åren 2000 till 2016, för bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och NO₂. Insamlade med hjälp av personburna passiva provtagare för 20 deltagare vid 2 mättillfällen per deltagare.

Stad	År	Förklaringsgrad (%) för inom-individsvarians			
		Bensen	1,3-butadien	formaldehyd	NO ₂
Göteborg	2000	58	ip	10	ip
Umeå	2001	15	13	18	25
Stockholm	2003	24	20	50	32
Malmö	2003	19	15	8	38
Lindesberg	2005	10	13	10	23
Göteborg	2006/07	39	31	5	na
Umeå	2007	17	11	36	24
Malmö	2008	84*	45*	28	72**
Stockholm	2009	15	27	15	30
Lindesberg	2010	1	18	46	31
Göteborg	2012	48	15	ip	77
Umeå	2013	-	50	ip	70
Malmö ^a	2014	-	-	ip	-
Stockholm	2015	7	0,07	ip	8
Lindesberg	2016	33	20	ip	46
Medelvärde		28,5	21,4	22,6	39,7

^a rapport presenterar bara sigmavärden, ej omräknat till %.

*Samtliga 7 värden som sticker ut för bensen kan förklaras: 5 förklaras med rökning/passiv rökning, resterande med bilpendling/trafikmiljö. Rökning är även förklaringen till de 4 värden för 1,3-butadien som var förhöjda.

** NO₂-variabilitet kan inte förklaras genom rökning eller trafik, dock har 6 deltagare gasspis, möjligen kan detta ha påverkat NO₂ inom-individvariabilitet. De sex hade högre NO₂ värden än resterande deltagare
ip = inte provtaget

Vid intervjun diskuterades hur man bör förhålla sig till inom-individsvariansen för de övriga ämnen. Som framgår av tabell 3, är inte förklaringsgraden för inom-individsvarians mycket större för bensen och 1,3-butadien än för formaldehyd. Dock har man valt att fortsätta mäta dessa ämnen. För NO₂, framgår tydligt att det finns en stor inom-individsvarians, vilket skulle kunna berättiga upprepade mätningar. NO₂ är även det ämne inom projektet som har den tydligaste variationen mellan städerna. I den vetenskapliga publikationen, baserad på resultatet från de två första mätomgångarna i samtliga städer, påvisas att just exponeringen för NO₂ har mycket att göra med vilken stad du bor i och att de tydligaste punktkällorna var rökning, passiv rökning samt om deltagarnas bostad hade en

gasspis (7). Eftersom det är främst dessa källor som framkommit kan det diskuteras om det är värt att fortsätta med en upprepade provtagning av NO₂, då det verkar vara andra källor än trafiken som ger upphov till halterna. Nämnas bör att inom projektet mäts NO₂ främst som en proxy för förbränningspartiklar från trafikmiljö (1).

Om upprepade mätningar utgår frigörs resurser till att utföra andra typer av mätningar alternativt fler utomhusmätningar. Däremot är det osannolikt att frigörelse av resurser skulle påverka rekryteringsprocessen.

7.4 Inklusions- och exklusionskriterier

Att sätta kriterier för antal rökare respektive icke-rökare, hushåll med gasspis, antal boende i villa kontra flerbostadshus etc., skulle kunna vara en väg att gå för att hindra bias och selektion i materialet med sjunkande deltagarsiffror (se exemplet med rökare ovan där inkluderade personer inte motsvarar frekvensen rökare i landet). Troligen ger sådana kriterier inte så mycket rent statistiskt eftersom grupperna kommer att förbli för små till följd av att endast 40 personer deltar i varje omgång. Dessutom ökar risken att deltagarfrekvensen går ner ytterligare då fler personer kommer behöva kontaktas för att nå de 40 deltagarna.

Gällande åldersintervallet i studien (20-50 år, från 2019: 20-60 år) bör man överväga att höja åldern för deltagande ytterligare och låta den följa pensionsåldern, för att öka urvalet till studien. Grundargumentet i metodhandboken (1) för inkludering av deltagare är "åldersgränserna syftar till att omfatta personer i yrkesverksam ålder." Generellt i vetenskapliga studier från Sverige brukar yrkesverksam ålder definieras som 18 till 67 år. Mätprogrammet har under samtliga år haft ett snävt intervall gällande ålder vilket resulterat i medelålder på deltagarna har för kvinnor varierat mellan 32 och 38 år och för männen mellan 32 och 39 år, vilket kan anses snävt sett ur ett yrkesverksamt åldersperspektiv.

8. Kvalitetssäkring och jämförbarhet av mätningar

Då olika laboratorier har använts inom projektet för analyser av samma ämnen är det viktigt att dessa utför jämförande analyser av certifierade kontrollprover och prover insamlade på de använda provtagarna inom projektet.

En sådan jämförelse gjordes 2008, då det uppmärksammades att ett systematiskt mätfel eventuellt fanns för analyser utförda för bensen och 1,3-butadien. Vid tidpunkten analyserades ämnena av två laboratorier: Fenix Environmental i Umeå och Arbets- och miljömedicin i Göteborg. För att utreda det eventuella felet genomfördes en liten studie med 12 dubbelprover, blankar och NMI-kontrollprover som innehöll certifierad mängd av de båda ämnena (8).

Gällande NMI-kontrollproverna för bensen förelåg ingen skillnad i analyserna mellan laboratorierna. Vidare fanns ingen skillnad mellan laboratorierna för bensen då den uppmätta halten var under 1 µg/m³. När halten var högre visade analyserna från Umeå ca 15% lägre halter än motsvarande prover analyserade i Göteborg.

Gällande analyserna för 1,3-butadien, så finns det en skillnad mellan laboratorierna; rapporterade halter från Umeå låg ca 20% högre än rapporterade halter från Göteborg. Detta gällde även för NMI-kontrollproverna. Det bör påtalas att skillnaden på 20% inte är att betrakta som anmärkningsvärd då halterna är mycket låga (ca 5 ng), enligt rapportförfattarna.

Detta bör sättas i förhållande till att de uppmätta värdena inom projektet ligger i intervallet <0,1-52µg/m³ för bensen och <0,03-6,5µg/m³ för 1,3-butadien vilket är högre än de halter där jämförelserna har gjorts.

2010 började AMM i Örebro att analysera bensen och 1,3-butadien för de prover som insamlats i Lindesberg, vilka tidigare analyserats i Umeå. Därför genomfördes en ny jämförelse mellan AMM Örebro och AMM Göteborg (9). Totalt samlades 10 dubbelprover in, varav fyra av dubbelproverna kom från stationär provtagning och 6 av dem kom från personburen provtagning. Undersökningen visade på skillnader i totalhalt av ämnena på mellan 8 och 18% (Tabell 4).

Tabell 4. Absoluta skillnaden i % för analyser utförda vid AMM Göteborg och AMM Örebro för 10 dubbelprover insamlade under mätperioden september till december 2016 i Lindesberg.

Ämne	Personburna (n=6)	Alla prover (n=10)
Bensen	15,7	17
1,3-butadien	8,4	18,3

AMM Göteborg analyserar alla bensen och 1,3-butadienprover från Umeå, Stockholm, Göteborg och Malmö, medan AMM Örebro genomför analyserna från Lindesberg. Detta, att prover från fyra orter analyseras på ett laboratorium och den femte ortens prover på ett annat laboratorium kan påverka möjligheten att få en rättvisande bild av exponeringsnivåerna.

Det finns en styrka i att två laboratorier har kunskap och utrustning för att göra dessa typer av analyser, eftersom de kan hjälpa varandra om något händer med utrustningen. Dock bör man då hamna i ett snävare intervall på skillnader mellan laboratorierna. Det finns en möjlig orsak till skillnaden mellan laboratorierna, vilket inte har att göra med deras analysskicklighet. När man använder diffusionsprovtagare finns alltid en risk att två provtagare som hänger precis bredvid varandra, kan ackumulera olika mängd av samma ämne. Detta beskrivs som ett provtagningsfel, som kan vara betydligt större än 20%. Sett från denna vinkel, är en skillnad i halter på mellan 8 och 17% inte särskilt stor, men ändå något som skulle kunna undvikas om ett laboratorium genomförde samtliga analyser av respektive ämne. Alternativt bör fler jämförande kontrollprover analyseras av de laboratorier som utför analyserna inom projektet, i motsvarande koncentrationsintervall som de uppmätta halterna i de personburna proverna. På så sätt kan en korrektionsfaktor beräknas vilken kan användas för att justera mätvärdena.

8.1 Ackreditering/certifierade metoder

För analys av NO₂, vilken utförs i Umeå, finns ingen ackrediterad metod. Dock har man validerat metoden och publicerat dessa data i en vetenskaplig artikel (10).

Gällande analys av formaldehyd vid AMM i Örebro har laboratoriet varit ackrediterade sedan 1997, dock är man det inte för bensen och 1,3-butadien. Vid AMM i Göteborg har man varit ackrediterad för formaldehyd, men är det inte sedan några år tillbaka, eftersom det handlar om en kostnadsfråga i förhållande till hur många analyser som utförs per år. Man arbetar dock fortfarande med samma metod och upparbetning av prover som vid tiden för ackrediteringen. Samtliga laboratorier använder vedertagna metoder för att utvärdera sina metoder internt, vilket borgar för god kvalitet i analys säkerhet.

Gällande mätningar av fina partiklar (PM_{2,5}) har AMM i Göteborg gravimetriskt bestämt mängden partiklar på filter enligt metod ISO/CD 15767, som är en internationell standard för ändamålet. Vid analys av PAH:er används en internstandard med isotopinmärkta PAH:er, vilka kan särskiljas från de PAH:er som samlats från luften i provet. Detta är tillsammans med användning av

kvantifieringsstandarder och blankprover den vedertagna metoden för analys med högupplösande gaskromatografi kopplad till en masspektrometer (HRGC-MS).

Samtliga laboratoriers analyser av ingående ämnen genomförs med adekvata metoder, som är vedertagna inom respektive område, och ger tillförlitliga data till projektet.

9. Nya användningsområden av delprogrammet

I vårt utredningsuppdrag ingår att genomföra en undersökning om hur materialet från mätprogrammet används och hur det skulle kunna användas för att möjliggöra bättre synbarhet.

9.1 Nuvarande användningsområden och informationsplatser

Vid intervjun med utförarna har det framkommit att de använder resultatet av sina egna mätningar som underlag för kommunikation med kommuner och länsstyrelser på förfrågningar om tvärsnittsexponering för befolkningen i den egna regionen. I Göteborg används även materialet i det miljömedicinska arbetet inom kliniken. Samtliga utförare använder även materialet vid olika typer av undervisningssituationer. Nationellt presenteras data på den återkommande HÄMI-konferensen där det oftast finns med representanter för kliniker, länsstyrelser och kommuner, samt forskare från olika universitet. Från programmet har en vetenskaplig artikel publicerats på data insamlad under år 2000 till 2008, dvs efter två genomförda mätomgångar i alla 5 städer (7).

Om man tittar på hemsidan för HÄMI, finns länk till Luftföroreningar – exponeringsstudier, och där finns vidare en länk till "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft". Denna länk leder dock endast till metodhandboken för hur mätningarna inom projektet ska utföras, och inte till någon form av sammanställd statistik för exponeringsstudierna. Här finns en klar förbättringspotential för NV genom att på liknande sätt som för de övriga HÄMI-projekten, kunna länka till IMM:s hemsida. På denna sida skulle sammanfattande statistik finnas i form av tidstrendsanalyser från mätningarna. Det är dock bra att NV har länkar på sin hemsida till de enskilda rapporterna från samtliga mätningar som har genomförts.

9.2 Nya användningsområden

Nedan följer förslag på olika sätt att bättre utnyttja de data som har samlats in under snart 20 års tid inom projektet. Om data sammanställs på systematiskt sätt och publiceras på NV's hemsida, bör synligheten för projektet öka som helhet.

9.2.1 Populärvetenskapliga sammanställningar

Synligheten skulle öka markant om man gör en svensk populärvetenskaplig sammanställning av den vetenskapliga publikationen (7). Detta skulle kunna vara en enkel väg att gå för att sprida materialet från mätningarna och att göra det mer tillgängligt för myndigheter, kommuner och länsstyrelser. Den vetenskapliga artikeln i sig är välskriven men det krävs stor kunskap om statistik för att verkligen kunna tolka resultaten i den. En populärvetenskaplig sammanställning skulle med fördel kunna finnas på NV's hemsida.

På samma sätt kan man göra en sammanställning vart 5e år då en mätomgång är klar. Vi har tidigare i rapporten diskuterat att antalet deltagare i varje stad är för litet för att kunna göra korrekta statistiska analyser av exponeringsfaktorer och personliga rörelsemönster. Om sammanställningen görs efter 5 år, medför detta att man kan göra analyserna för 200 personer, vilket medger sambandsanalyser och förbättrar användbarheten för beställaren, och till viss del minskar behovet av att utförarna behöver sammanställa enskilda mätrapporter med statistisk utvärdering för endast 40 deltagare.

Arbetet kan med fördel utföras av biostatistiker som inte är involverad i själva mätprogrammet. Då kan även hänsyn tas till viktning av svar och faktorer som kan påverka resultatet. Det är dock av vikt att någon som kan denna typ av exponering deltar och samarbetar med biostatistikern så att rätt analyser genomförs och data tolkas rätt.

9.2.2 Löpande tidstrendsanalyser

I andra HÄMI-projekt över metaller och organiska miljögifter i biologiska prover från människor, sammanställs data löpande till tidtrendsanalyser som publiceras på IMM:s hemsida. Detta skulle kunna vara en bra idé att även utföra detta för de mätningar som utförts av "Cancerframkallande ämnen i tätortsluft" och borde relativt enkelt kunna göras på redan inrapporterade data från de mätningar som finns i dagsläget. Detta medför dock att data sammanställs i en databas, och beroende på vilka parametrar som ska användas, kan etikprovning komma att behöva genomföras.

9.2.3 Ny vetenskaplig sammanställning

Man bör även överväga att skriva en ny artikel som även inkluderar mätomgång 3. Man bör inför en sådan sammanställning beakta hur man ska förhålla sig till att det i början av projektet har förekommit år då rökarna varit fler än i genomsnitt i Sverige. Likaså bör man inför en sådan utvärdering även fundera över om det behövs faktorer för att räkna om värden för de laboratorier som systematiskt över/underskattar halter. Om en ny vetenskaplig publikation ska genomföras, bör man parallellt planera för att ta fram en populärvetenskaplig rapport på svenska.

10. Nya ämnen och provtagningsmetoder/-utrustning

Enligt WHO är luftföroreningar cancerframkallande för människan. Det finns ett antal olika föroreningar som lämpar sig att mäta inom ett monitoreringsprogram. Inom HÄMI-programmet har man valt att fokusera på tvärsnittsexponeringen för allmänbefolkningen, och att denna ska skattas genom personburen provtagning med passiva mätare. Vid diskussion med utförarna framkom att pumpad provtagning hittills har undvikits på grund av att det är svårt att genomföra en pumpad provtagning över en hel vecka och det finns ett flertal logistiska problem som i så fall behöver lösas. Samtidigt framkom att om man skulle beräkna hur många cancerfall som tillkommer från exempelvis bensen eller 1,3-butadien jämfört med PM_{2,5} är det troligt att PM_{2,5} genererar betydligt fler fall. Därför har utförarna själva identifierat att PM_{2,5} skulle vara värdefullt att mäta personburet, men att detta inte gjorts hittills på grund av att pumparna väger mycket, har hög ljudnivå och behöver laddas efter ca 8 timmar.

I vår utredning har vi därför fokuserat på andra typer av mätningar som skulle kunna ge information liknande den som erhålls från PM_{2,5}. Vi är medvetna om att vi har fokuserat på just pumpad provtagning i första hand, eftersom det är den hittills bästa metoden att få ett mått på partikelexponering för allmänbefolkning. Ytterligare en fördel med de metoder som vi tagit upp är att de ger en realtidsinformation så att vistelser i olika miljöer i mätningen kan särskiljas. Om dessa kombineras med dagboksanteckningar kan man utvärdera om bidraget kommer från utomhusmiljöer eller inomhusmiljöer.

10.1 Black carbon

Man har tidigare inom HÄMI-projektet diskuterat möjligheten att mäta black carbon (BC), sot på svenska, vilket är en del av innehållet i PM_{2,5}. BC bildas främst då ofullständig förbränning sker av fossilt bränsle eller biomassa (11). BC-partiklarnas storlek ligger vanligtvis i intervallet 0,01-1µm, vilket gör att de har en stor ytarea. Detta kan i sin tur medföra att BC partiklar kan bli bärare av andra

ämnen som bildas vid förbränning. Partikelstorleken medger även att de kan nå längre ned i luftvägsträdet.

Då BC genereras vid förbränning av bränslen har de flesta personburna exponeringsstudierna genomförts för att studera effekt av vistelse i trafik (12-13). Det är relativt enkelt att mäta BC personburet, då det endast krävs ett instrument (aethalometer, MicroAeth Model AE51, AethLabs, San Francisco, USA) som väger ca 280g. Dock är instrumentet relativt dyrt att köpa in, ca 80000 kr per instrument, och det krävs även förbrukningsmaterial i form av filter. Dessa filter behöver bytas med jämna mellanrum för att inte bli överbelastade, vilket påverkar den optiska mätningen av BC. Eftersom instrumentets teknik bygger på att mäta förändringar i ljus (scattering och absorption vid 880nm), blir det extra viktigt att ta hänsyn till hur mycket partiklar som finns på filtret. Det finns dock vedertagna ekvationer för att korrigera för detta. Just nu pågår en snabb utveckling av dessa instrument, då det finns ett stort intresse för att mäta BC, vilket har medfört att många olika versioner av pumpar finns att tillgå.

Att inkludera BC-mätningar i Hämi-projektet skulle kunna ge ett mått på en fraktion av de fina partiklarna i tätortsluft, som är knutna till flera hälsoeffekter i epidemiologiska studier. De har visats att daglig variation i BC-halter är associerade med hjärtinfarkt (14-15), ökad risk för mortalitet (16) och inläggningar på sjukhus (17-19). BC har dock inte klassificerats som carcinogen av IARC.

Ytterligare en möjlighet från denna typ av mätning vore om det kan utvecklas en metod för att extrahera PAH:er från de filter som används i instrumentet vilket skulle kunna ge ett mått på den personliga exponeringen. Dock skulle detta kräva ett omfattande metodologiskt arbete och det är inte säkert att det genererar mervärde för Naturvårdsverkets syften.

Vid intervjun med utförarna, diskuterade vi fördelar och nackdelar med BC-mätning. En av fördelarna är att denna mätning ger information i realtid, vilket betyder att man kan få reda på när topparna i exponeringen förekommer. Om detta kombineras med deltagarnas dagböcker bör det gå att ta reda på källor till exponeringen, dvs om inomhus- eller utomhusexponering är störst. Dessutom, framkom att man troligen skulle kunna fasa ut NO₂-mätningarna inom projektet. NO₂ är inte cancerframkallande i sig, utan är med som en proxy för trafikgenererade förbränningspartiklar. Med BC-mätning får man det direkta värdet av förbränningspartiklar, vilket är en fördel.

Nackdelar med BC-mätning är att det är en pumpad provtagning med ett väldigt dyrt instrument, vilket hittills endast används inom forskningssyften, där god kontroll finns på deltagarna. Att börja använda detta instrument på deltagarna inom HÄMI-projektet skulle kunna vara möjligt, men flera logistiska problem behöver först lösas, såsom hur filter i pumpen ska bytas, hur ofta den behöver laddas, hur pumpen ska placeras och bäras av deltagaren och hur distribution av pump till deltagaren sker.

Erfarenhet finns dock hos utförarna för denna typ av mätningar. Ett möjligt alternativ skulle kunna vara att utvärdera denna typ av mätning i en hel mätomgång i de fem städerna, men då till att börja med under ett dygn vid den upprepade provtagningen av 20 personer. Styrkan med detta är att man då redan har träffat personerna vid ett tillfälle innan och de har redan lärt sig att föra dagbok, samt att hantera de passiva mätarna.

Eftersom mätarna är dyra och representerar en relativt ny mätmetod, vore det värdefullt om beställaren, i detta fall NV, skulle kunna köpa in, underhålla och kalibrera dessa pumpar och skicka ut dem till utförarna då mätning ska genomföras. Detta skulle säkerställa att inte olika varianter av pumpar används, vilket i sin tur skulle minska mätosäkerheten och öka jämförbarheten inom projektet.

10.2 PAH

Om intresse föreligger för att ersätta den stationära mätningen inomhus av PM_{2,5} och efterföljande PAH analys, med enbart en passiv provtagare för att få mått på bens(a)pyren och andra PAH:er finns det validerade metoder att tillgå som använder sig av PUF-PAS provtagare (20-23). De har använts både i inomhusmiljö, omgivningsmiljö och i arbetsmiljö, varför kunskapsbanken är stor gällande dessa typer av provtagare. En fördel med dessa provtagare är att de är passiva och därmed inte behöver någon pump, vilket underlättar personburen provtagning. Vidare är de små och lätta vilket medger att de kan fästas på det halsband som deltagarna i studien bär. Ytterligare en fördel är att kunskapen om dessa typer av provtagare finns både vid AMM i Göteborg och AMM i Lund. Provtagarna visar även lovande resultat för inte bara provtagning av gasfas utan även för partikelbundna PAH:er (20). Den genomgående nackdelen är att uppberedning av prover på laboratoriet är tidskrävande och därmed kostsam.

10.3 Ultrafina- och nanopartiklar

För att mäta ultrafina partiklar (UFP) och nanopartiklar (NP) finns ett flertal instrument. Gemensamt för samtliga är att de är relativt stora och tunga, vilket medför att de bäst lämpar sig för stationär provtagning, alternativt att en person skuggar försökspersonen och bär mätaren i handen. Dock finns några mindre instrument som kan användas för personburen provtagning (NanoTracer och DiSCmini). Dessa typer av små bärbara instrument är batteridrivna och håller vanligtvis i upp till 8h på en laddning. Det finns fortfarande endast ett begränsat antal vetenskapliga studier som jämför dessa provtagare mot varandra och mot större instrument som ger säkrare mätvärden. De data som hittills har presenterats för jämförelse mellan de små provtagarna visar att de generellt varierar $\pm 30\%$ i mätresultatet för medelstorlek på partiklar, jämfört med standardmetoden SMPS (Scanning motility particle sizers). För antal partiklar, dvs partikelkoncentration, är mätosäkerheten $\pm 50\%$ jämfört med standardprovtagaren CPC (Condensation particle counter) (24). Det har i flera jämförelser framkommit att även om de små bärbara mätarna ska kunna mäta upp till 700nm, så verkar de prestera bäst i storleksordningen 20-300nm (25-27).

Att mäta ultrafina- och nanopartiklar inom HÄMI-projektet kommer med samma logistiska problem som för att utföra annan typ av pumpad provtagning. Dessa problem är definitivt lösbara men kommer att kräva större insatser för utförarna liknande de beskrivna under BC-mätningar. Dessutom finns ytterligare ett problem med mätningar av ultrafina- och nanopartiklar vilket är att det saknas riskestimater och lågrisknivåer för dessa i förhållande till människors hälsa. Så i ett monitoreringsprogram blir det svårt att veta vad insamlad data ska användas till, annat än att utgöra ett värdefullt bidrag på personlig exponering som kan utvärderas i efterhand.

11. Rekommendationer för seriens utveckling och revidering

Vid denna genomgång av projektet har det framkommit några punkter som bör beaktas för fortsatta mätningar. Projektet har problem med sjunkande deltagarfrekvensen, vilket riskerar att påverka representativiteten för allmänbefolkningens tvärsnittsexponering. Det går heller inte att göra en bortfallsanalys, då utförarna inte får tag i de personer som blir tillfrågade att delta. Vi rekommenderar därför att NV bestämmer sig för hur viktigt det är med ett slumpvist urval från befolkningsregister för monitoreringsprogrammet. Ett alternativ kan vara att öppna upp för att rekrytera genom riktade insatser, vilket möjliggör att studera faktorer till exponering istället för en tvärsnittsexponering.

Vidare bör en plan finnas för hur man inom projektet ska reglera antalet inkluderade rökare, då många av de ämnen som man mäter finns i cigarettrök och att vissa år har antalet rökare i studien varit högre än riksgenomsnittet. Detta känns angeläget för att möjliggöra jämförelse över tid och mellan städerna, för att utesluta att de observerade skillnaderna inte beror på antalet inkluderade rökare.

Vi rekommenderar vidare, gällande analys av de ämnen som ingår i mätningarna, att ett laboratorium ansvarar för samtliga mätningar för ett ämne, för att minimera variationen mellan laboratorier som framkommit under studiens gång. Detta görs redan inom projektet då det gäller NO₂-analyserna som enbart utförs av Umeå Universitet. Om NV anser att detta inte är genomförbart, bör det årligen genomföras jämförelsestudier mellan laboratorierna där man använder både certifierade referensmaterial med den koncentrationshalt av ämnen som uppmätts inom projektet, och även insamlade dubbelprover från relevanta miljöer. På detta sätt kan korrektionsfaktorer tas fram vilka kan användas inom projektet för att jämföra ut eventuella skillnader i analysen mellan de olika laboratorierna.

NO₂ är det enda ämne som uppvisar en hög inom-individvarians som skulle kunna motivera fortsatt upprepad mätning. Dock har det i den vetenskapliga sammanställning visats att just för NO₂ är det den personliga exponeringen för rökning, passiv rökning och om gasspis finns i hemmet som är de största källorna till NO₂-halterna, och inte förbränningspartiklar från trafik som var hypotesen för att mäta NO₂. Därför är det inte motiverat att fortsätta med upprepad mätning för detta ämne. Även för bensen och 1,3-butadien påvisades att det framförallt var mellan-individvarians som var dominerande alternativt mellan-stadvarians (7), så är det heller inte motiverat att fortsätta med dessa mätningar i upprepad form. Frågan diskuterades ingående med utförarna vid den semi-strukturerade intervjun.

Ett förslag som bör beaktas är att istället för upprepad mätning av de passiva mätarna, utföra en pumpad provtagning av black carbon tillsammans med en NO₂-mätning med passiv provtagare, för att utvärdera både hur väl dessa stämmer överens, och för att utvärdera lämplighet och genomförbarhet av pumpad provtagning med realtidsinformation för utvärdering av förbränningspartiklar. Detta bör då genomföras i alla städer innan slutsatser om lämplighet för denna typ av mätning kan utvärderas helt. I detta sammanhang skulle NV även kunna överväga att utvärdera användandet av en passiv provtagare (PUF-PAS) för monitorering av PAH:er personburet.

Ytterligare en aspekt till mätprogrammet skulle kunna vara att utföra mätningar i alla städer under ett år. På detta vis kan man undvika/minimera eventuella årsvariationer orsakade av klimatfaktorer i tidstrendsanalyserna. Inom denna utvärdering har det inte ingått att specifikt titta på denna fråga, men det är ändå något som vi anser är av vikt och som på sikt kan behöva utredas med tanke på de pågående klimatförändringarna.

12. Referenser

1. Naturvårdsverket (2018) Metodhandbok hälsorelaterad miljöövervakning – cancerframkallande ämnen i tätortsluft, version 1:3 2018-12-20
2. Johannesson S. (2019) Hälsorelaterad miljöövervakning – Cancerframkallande ämnen i tätortsluft, Utvärderingsuppdrag mätningar utförda 2000 - 2016, Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs Universitet
3. Naturvårdsverket (2008) Miljökvalitetsnormer för arsenik, kadmium, nickel och bens(a)pyren. Rapport 5882, ISBN 978-91-620-5882-1.pdf, datum 20200928
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5882-1.pdf?pid=3481#:~:text=Regeringen%20har%20gett%20Naturv%C3%A5rdsverket%20i,direktiv%202004%2F107%2FEG>.
4. Statens Energimyndighet (2003) småskalig vedeldning – Energimyndighetens analys och förslag till åtgärder. ER 23:2003, ISSN 1403–1892.
5. Naturvårdsverket (2019) Utsläpp av bens(a)pyren till luft från småskalig vedeldning. Sveriges officiella statistik, datum 2020-09-28
<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Bensapyren-utslapp-till-luft-fran-ved/>
6. Folkhälsomyndigheten (2020) Daglig Tobaksrökning, datum 2020-09-28
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/folkhalsorapportering-statistik/tolkad-rapportering/folkhalsans-utveckling/resultat/levnadsvanor/tobaksrokning-daglig/>
7. Hagenbjörk-Gustafsson A. et al (2014) Determinants of personal exposure to some carcinogenic substances and nitrogen dioxide among the general population in five Swedish cities. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, vol 24:437-443
8. Sällsten G. och Johannesson S. (2008) Jämförelse av provtagare för personburen exponering för bensen och 1,3-butadien. Sakrapport NV nr 215 0816. Göteborgs Universitet
9. Andersson L. et. al., (2011), Cancerframkallande ämnen i tätortsluft - Lindesberg 2010/2011, Arbets- och miljömedicinska kliniken, Universitetssjukhuset i Örebro
10. Hagenbjörk-Gustafsson A. et. al. (2010) Field validation of the Ogawa diffusive sampler for NO₂ and NO_x in a cold climate. *J Environ Monit* vol 12: 1315–1324.
11. Janssen N.A.H. et al., (2012) Health effects of black carbon, WHO Regional Office for Europe, datum 20200929
https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf?ua=1
12. Meritt AS. et al., (2019) Personal exposure to black carbon in Stockholm, using different intra-urban transport modes. *Science of the Total Environment* vol 674:279-287
13. Zhou H. et al., (2020) Personal black carbon exposure and its determinants among elderly adults in urban China. *Environment International* vol 138:105607
14. Bhaskaran K. et al., (2009) Effects of air pollution on the incidence of myocardial infarction. *Heart* vol 95:1746-1759

15. Peters A. et al., (2004) Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *New England Journal of Medicine* vol 351:1721-1730
16. Ostro B. et al., (2005) The risks of acute exposure to black carbon in southern Europe: results from the MED-PARTICLES project. *Occupational and Environmental Medicine* vol 72:123-129
17. Bell M.L., et al., (2014) Associations of PM_{2.5} constituents and sources with hospital admissions: analysis of four counties in Connecticut and Massachusetts (USA) for persons \geq years of age. *Environmental Health Perspectives* vol 122:13-144
18. Luben T.J. et al., (2017) A systematic review of cardiovascular emergency department visits, hospital admissions and mortality associated with ambient black carbon. *Environment International* vol 107:154-162
19. Janssen N.A.H. et al., (2011) Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM₁₀ and PM_{2.5}. *Environmental Health Perspectives* vol 119:1691-1699
20. Strandberg B. et al., (2018) Evaluation of polyurethane foam passive air sampler (PUF) as a tool for occupational PAH measurements. *Chemosphere* vol 190:35-42
21. Shoeib M. och Harner T. (2002) Characterisation and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants. *Environmental Science and Technology* vol 36:4142-4151
22. Jawad F. et al., (2004) Passive air sampling of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated naphthalenes across Europe. *Environmental Toxicology and Chemistry* vol 23:1355-1364
23. Bohlin P. et al., (2008) Observations on persistent organic pollutants in indoor and outdoor air using passive polyurethane foam samplers. *Atmospheric Environment* vol 42:7234-7241
24. Todea AM. et al., (2017) Inter-comparison of personal monitors for nanoparticles exposure at workplaces and in the environment. *Science of the Total Environment* vol 605-606:929-945
25. Bau S. et al., (2015) A laboratory study of the performance of the handheld diffusion size classifier (DiSCmini) for various aerosols in the 15-400nm range. *Environmental Science Processes Impacts*, vol 17:261-269
26. Mills JB. et al., (2013) Comparison of the DiSCmini aerosol monitor to a handheld condensation particle counter and a scanning mobility particles sizer for submicrometer sodium chloride and metal aerosols. *Journal of Occupational and environmental Hygiene* vol 10:250-258
27. Asbach C. et al., (2012) Comparability of portable nanoparticle exposure monitors. *Annals of Occupational Hygiene* vol 56:606-621

Mätrapporter i serien som ingått i utvärderingen – Bilaga 1

1. Sällsten G *et. al.* (2001) Miljöövervakningsprojekt: Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – personlig exponering, individrelaterade stationära mätningar och bakgrundsmätningar i Göteborg 2000, Yrkes- och miljömedicin, Göteborg.
2. Modig L. *et. al.* (2002) Cancerframkallande ämnen tätortsluft - Umeå 2001, Yrkesmedicin Umeå Universitet
3. Kruså M, *et. al.* (2004) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft Stockholm 2002/2003, Rapport från Arbets- och miljömedicin, 2004:3, ISSN 1651-0321
4. Friman K, *et. al.* (2004) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft-Malmö 2003, Yrkes- och miljömedicinska kliniken i Lund
5. Andersson L, *et. al.* (2006) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft - Lindesberg 2005/2006, Yrkes- och miljömedicinska kliniken, Universitetssjukhuset i Örebro
6. Johannesson S, *et. al.* (2008) Personburen exponering för organiska ämnen och partiklar kopplad till stationära mätningar i Göteborg 2006, Arbets- och miljömedicin Göteborg
7. Hagenbjörk-Gustafsson A, *et. al.* (2008) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft -Personlig exponering och bakgrundsmätningar i Umeå 2007, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporter 2008:4, ISSN 1654-7314
8. Bergendorf U, *et. al.* (2010) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – Personlig exponering och bakgrundsmätningar i Malmö 2008, Rapport 1/2010, Arbets- och miljömedicin, Lund
9. Yazar M, *et. al.* (2009) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft 2009, Institutet för Miljömedicin 2009, Karolinska Institutet
10. Andersson L, *et. al.*, (2011), Cancerframkallande ämnen i tätortsluft - Lindesberg 2010/2011, Arbets- och miljömedicinska kliniken, Universitetssjukhuset i Örebro
11. Johannesson S, *et. al.* (2013), Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – Göteborg 2012, Sahlgrenska Akademin, Göteborgs Universitet
12. Hagenbjörk-Gustafsson A, *et. al.* (2014) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft -Personlig exponering och bakgrundsmätningar i Umeå 2013, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporter 2014:2
13. Stroh E, *et. al.* (2015) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – Personlig exponering och bakgrundsmätning i Malmö 2014, Rapport nr 19/2015, Arbets- och miljömedicin Lund
14. Sagán, I och Lohmus Sundström M, (2015), Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – Personlig exponering och bakgrundsmätning i Stockholm 2015, Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet
15. Mannerling A och Hagström K (2017), Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – Lindesberg 2016, Rapport nr 17RS5701-1, Region Örebro Län, Arbets- och miljömedicin

Karolinska Institutet är ett av världens ledande medicinska universitet med visionen att på ett avgörande sätt bidra till att förbättra människors hälsa. I Sverige står Karolinska Institutet för den enskilt största andelen medicinsk akademisk forskning och har det största utbudet av medicinska utbildningar. Varje år utser Nobelförsamlingen vid Karolinska Institutet mottagare av Nobelpriset i fysiologi eller medicin.



**Karolinska
Institutet**

Karolinska Institutet
171 77 Stockholm
Telefon 08-524 800 00
ki.se