Tungmetaller och PAH:er vid branden i Kagghamra, Botkyrka

Analyser av filterprover tagna i Söderängstorp och Tegelvreten 28 januari – 26 april 2021

Sanna Silvergren

Utfört på uppdrag av Botkyrka kommun

SLB-analys, september 2021

SLB 40:2021

Uppdragsnummer	2021010
Daterad	2021-09-02
Handläggare	Sanna Silvergren 076-122 87 54
Status	Granskad av Christer Johansson

Förord

Denna utredning är genomförd på uppdrag av Botkyrka kommun av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Rapporten har sammanställts av Sanna Silvergren. Max Elmgren, Billy Sjövall, Peter Strömberg och Magnus Brydolf har bidragit till genomförandet av mätningarna.

Uppdragsgivare för utredningen är Botkyrka kommun [1].

Innehåll

Sammanfattning ... 1
Inledning ... 3
Syfte ... 3
Mätningar ... 4
Mätplatser ... 4
Instrument ... 6
Analyser ... 6
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) ... 6
Tungmetaller ... 6
PFAS ... 7
Provtagningsdatum och analys ... 7
Bakgrund ... 10
Branden ... 10
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) ... 11
Tungmetaller ... 12
Resultat ... 13
PAH ... 13
Uppmätta halter i relation till miljökvalitetsnorm ... 15
Tungmetaller ... 16
Uppmätta halter i relation till miljökvalitetsnormer ... 19
Referenser ... 20
Bilagor ... 21
Bilaga 1. Mätresultat tungmetaller samt detektionsgränser ... 21
Bilaga 2. Fullständiga mätresultat PAH:er samt detektionsgränser ... 23

Sammanfattning

Syfte

Denna utredning har genomförts med syftet att undersöka förekomst av tungmetaller och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i rök från en avfallsbrand som uppstått i Kagghamra, Botkyrka under slutet av år 2020. Utifrån resultaten görs en bedömning om brandutsläppen kan ha orsakat överskridanden av gränsvärden för utomhusluft. Utifrån resultaten är det även möjligt utvärdera risken för långsiktiga hälsoeffekter som brandröken kan ha haft på människor som bor och vistas i brandens närområde. En utvärdering av hälsoeffekter ingår dock inte inom ramen för denna rapport.

Mätningar

Under cirka tre månader stod en filterprovtagare i Söderängstorp respektive Tegelvreten, vilket är två orter som ligger inom ca 1 km från brandplatsen. Utöver filterprovtagarna ställde SLB-analys upp flertalet andra mätinstrument på samma platser vars resultat har kunnat användas i utvärderingen. Mätningarna har innefattat partiklar (PM10, PM2.5, PM1), sot (black carbon) och kväveoxider (NO och NO_2). I Söderängstorp fanns även en meteorologimast. Filterprovtagarna samlade partiklar dygnsvis på filter från 28 januari (Tegelvreten) respektive den 29 januari (Söderängstorp). Provtagningen avslutades 26 april. Övriga mätparametrar startade tidigast 22 januari och avslutades senast 2 maj 2021.

De PAH:er som analyserades i filterextrakt är:

Naftalen, Acenaftylen, Acenaften, Fluoren, Fenantren, Antracen, Fluoranten, Pyren, Benso(a)antracen, Krysen, Benso(b)flouranten, Benso(k)flouranten, Bens(a)pyren, Dibenso(a,h)antracen, Benso(ghi)perylen, Indeno(cd)-pyren.

Av PAH:erna är det Bens(a)pyren som regleras enligt regelverket för miljökvalitetsnormer. Årsmedelhalten måste vara under 1,0 ng/m^3 för att normen ska klaras. Normen är uttryckt som en målsättningsnorm.

De tungmetaller som analyserades från partiklar på filter är:

Nickel (Ni), Kadmium (Cd), Koppar (Cu), Vanadin (V), Arsenik (As), Bly (Pb), Kobolt (Co), Krom (Cr), Mangan (Mn), Zink (Zn), Kvicksilver (Hg).

Av tungmetallerna är det bly, kadmium, arsenik och nickel som regleras enligt regelverket för miljökvalitetsnormer. Årsmedelhalten måste vara under 500 ng/m^3 (bly), 5 ng/m^3(kadmium) 6 ng/m^3 (arsenik), 20 ng/m^3 (nickel) för att respektive norm ska klaras. För bly är normen ett gränsvärde och för de andra är normen uttryckt som en målsättningsnorm.

Resultat

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

Förhöjda halter av PAH:er förekom då höga halter av partiklar uppmättes då brandröken varit kraftig på mätplatsen. Halterna sjönk både då branden täcktes och minskade ytterligare senare under våren, delvis eftersom utsläppen från småskalig vedeldning vanligen minskar under den perioden.

Uppmätta halter under perioden 28 januari – 26 april var i spannet 0,05–8,7 ng/m^3 för bens(a)pyren. Majoriteten av perioden var halterna i den nedre delen av spannet. Miljökvalitetsnormen är 1,0 ng/m^3 i medeltal per kalenderår. I regional bakgrund utanför Uppsala uppmäts årligen i medeltal ca 0,02 ng/m^3. Baserat på uppmätta halter bedöms branden i Kagghamra inte kunna orsaka överskridande av normerna vid mätstationerna Tegelvreten och Söderängstorp. Enskilda dygn under brandperioden med öppen brand och kraftig rök har halterna varit avsevärt förhöjda gentemot normala förhållanden vilket sannolikt motsvarar förhållandena i regionala bakgrundsmiljöer, dvs ungefär som utanför Uppsala.

Tungmetaller

Förhöjda halter av tungmetaller förekom då höga halter av partiklar uppmättes på mätplatsen, men alla tungmetallerna har inte förekommit i brandröken i någon betydande utsträckning. Kvicksilver, nickel och krom detekterades i mycket små mängder i samtliga prover. Tungmetallhalterna var på låga nivåer för alla ämnen efter att branden täcktes. De allra mest fluktuerande halterna (spannet max-min) var i särklass för bly men också koppar, kadmium och även arsenik varierade, vilket tyder på att dessa metaller fanns i avfallet som brann.

Uppmätta halter under perioden 29 januari – 26 april var i spannet 0,02–7,3 ng/m^3 för kadmium, 0,61–1000 ng/m^3 för bly, 0,21–10,0 ng/m^3 för Arsenik 0,63–1,0 ng/m^3 för nickel. Miljökvalitetsnormerna är 5 ng/m^3 (kadmium), 500 ng/m^3 (bly), 6 ng/m^3 (arsenik) samt 20 ng/m^3 (nickel). Alla gränsvärden anges som medeltal per kalenderår.

I regional bakgrund utanför Uppsala uppmäts årligen i medeltal ca 0,02 ng/m^3(kadmium), ca 0,7 ng/m^3(bly), ca 0,13 ng/m^3(arsenik), ca 0,21 ng/m^3(nickel).

Baserat på uppmätta halter bedöms branden i Kagghamra inte kunna orsaka överskridande av normerna vid mätstationerna Tegelvreten och Söderängstorp. Enskilda dygn under brandperioden med öppen brand och kraftig rök har avsevärt förhöjda halter uppmätts.

Inledning

Den 23 december år 2020 uppstod en brand i en avfallshög med byggavfall i Kagghamra i Botkyrka kommun. I januari år 2021 fick SLB-analys i uppdrag att etablera två fasta mätstationer i orterna Söderängstorp och Tegelvreten. Mätplats Söderängstorp var belägen ca 1 km sydväst om brandplatsen och mätplats Tegelvreten ca 1 km nordost om brandplatsen.

Syfte

Denna utredning har genomförts med syftet att undersöka förekomst av tungmetaller och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i rök från en avfallsbrand som uppstått i Kagghamra, Botkyrka under slutet av år 2020. En bedömning görs huruvida brandutsläppen kan ha orsakat överskridanden av miljökvalitetsnormer för utomhusluft. Utifrån resultaten är det även möjligt utvärdera risken för långsiktiga hälsoeffekter som brandröken kan ha haft på människor som bor och vistas i brandens närområde. En utvärdering av hälsoeffekter ingår dock inte inom ramen för denna rapport.

Mätningar

Under cirka tre månader stod en filterprovtagare på vardera platsen i Söderängstorp och Tegelvreten, vilket är två orter som ligger inom ca 1 km från brandplatsen i Kagghamra. Utöver filterprovtagarna ställde SLB-analys upp flertalet andra mätinstrument på samma platser vars resultat har kunnat användas i utvärderingen. Mätningarna har innefattat partiklar (PM10, PM2.5, PM1), sot (black carbon) och kväveoxider (NO och NO_2). I Söderängstorp fanns även en meteorologimast som uppmätte vindriktning och vindhastighet.

Filterprovtagarna samlade upp partiklar (PM10) dygnsvis på filter från 28 januari (Tegelvreten) respektive den 29 januari (Söderängstorp). Provtagningen avslutades på natten den 26 april. Övriga mätparametrar startade tidigast 22 januari och avslutades senast 2 maj 2021. För dessa finns data med 15 minuters tidsupplösning som sedan kunnat beräknas till dygnsmedelvärden och periodmedel baserat på filteranalysernas tidsupplösning.

Mätplatser

Mätplatsernas placering framgår av Figur 1. Uppställningen av instrument och mätskåp syns i Figur 2 och Figur 3.

Figur 1. *Mätplatsernas geografiska placering (utmärkta med +).*

Figur 2. *Mätplatsen i Tegelvreten på Dappens backe 2. Filterprovtagaren står till vänster och övrig utrustning finns inne i det gröna mätskåpet till höger.*

Figur 3. *Mätplatsen i Söderängstorp på Söderängstorpsvägen 1182.*

Instrument

Partikelprover insamlades med hjälp av en Leckel SEQ 47/50 (Sven Leckel, Ingenieurbüro GmbH, Berlin, Tyskland) som en filterprovtagare som bland annat används som referensprovtagare för PM10-mätningar. Instrumentet har ett kontrollerat flöde (16,67 liter/minut) samt kylning för provtagna filter, för att undvika avdunstning.

Mätningar av partikelhalter PM10 och PM2,5 gjordes med Grimm EDM 180 medan mätningar av NO_2 och NO_x gjordes med Environnement SA Modell AC31M. Mätningarna av sot gjordes med Aethalometer AE33.

Alla instrumenten mätte kontinuerligt under perioden med tidsupplösning på 15 minuter förutom filterprovtagaren som bytte filter vid midnatt varje dygn. I efterföljande analyser av filterextrakt har varierande antal filter slagits samman till provsvar från 1 och uppemot 29 stycken.

För provtagningen användes teflonfilter (47 mm diameter, Zeflour, Pall laboratory). Blankfilter fraktades till och från mätstationerna men placeras bland provtagna filter i instrumentet, vilket betyder att de behandlades på samma sätt som provfilter, förutom att ingen luft pumpades genom filtret.

Analyser

Filterprovtagarna användes för att samla in luftburna partiklar med en diameter mindre än 10 mikrometer (PM10) som sedan analyserades kemiskt. Det flesta av partikelproverna på filtren skickades för analys hos IVL (Svenska Miljöinstitutet) [3, 4, 5, 6].

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

Analyserna utfördes av IVL som har ett ackrediterat laboratorium för analys av polycykliska aromatiska kolväten (PAH). Bestämning av PAH:er i luftburna partiklar analyserades enligt IVL:s metod A20 Vätskekromatografisk bestämning av PAH. Filter har extraherats med lösningsmedel och upprenats på kiselgel och analyserats på HPLC-FL. Fyra av de totalt 16 PAH som analyserades omfattas inte av ackrediteringen.

De PAH:er som analyserades i filterextrakt är:

Naftalen, Acenaftylen, Acenaften, Fluoren, Fenantren, Antracen, Fluoranten, Pyren, Benso(a)antracen, Krysen, Benso(b)flouranten, Benso(k)flouranten, Bens(a)pyren, Dibenso(a,h)antracen, Benso(ghi)perylen, Indeno(cd)-pyren.

Tungmetaller

Bestämning av tungmetaller i partiklar luft analyserades enligt IVL:s metod ICP-MS metod SS-EN 14902:2005. IVL har ackreditering även för analys för alla tungmetaller utom kvicksilver.

De tungmetaller som analyserades i filterprover är:

Nickel (Ni), Kadmium (Cd), Koppar (Cu), Vanadin (V), Arsenik (As), Bly (Pb), Kobolt (Co), Krom (Cr), Mangan (Mn), Zink (Zn), Kvicksilver (Hg).

PFAS

Utöver analyser av tungmetaller och PAH:er skickades ett fåtal prover till Stockholms Universitet till en forskare som ämnade att analysera om det förekom PFAS (per- och polyfluorerade alkylsubstanser) i rökpartiklarna. Dessa analyser ingår dock inte i denna rapport eftersom de inte var färdigställda.

Provtagningsdatum och analys

177 stycken dygnsprover fanns att fördela mellan olika analyser. 88 från Söderängstorp och 89 från Tegelvreten. Utöver dessa fanns 14 blankfilter som använts för att undersöka om det förekom kontaminering av proverna under transport eller förvaring.

Under den inledningsvis öppna branden förekom det enskilda dygn med höga eller låga partikelhalter vid de två mätplatserna beroende på väder och framförallt vindriktning, dvs om luft transporterades från brandplatsen till mätplatsen. Prover som tagits under dygn med mycket höga halter av partiklar (PM2.5 och sot) analyserades enskilt för antingen tungmetaller (inkl. kvicksilver) eller PAH:er. Åtta av dygnsfiltren med måttlig eller liten rökpåverkan överlämnades till forskare vid Stockholms Universitet för analys av PFAS (resultat finns ej i denna rapport). Av de återstående partikelprover som tagits under öppen brand med vid liten rökpåverkan vid mätstationen har de flesta slagits samman till två samlade prov för PAH:er med separation mellan mätplatserna. Utifrån de mindre rökpåverkade prover togs även ett fåtal stickprov som analyserades med avseende på tungmetaller (ej kvicksilver). Efter drygt tre veckors provtagning var branden helt täckt och den synliga rökutvecklingen mycket liten. Under mars och april togs två filter ut från varje mätplats varje månad, dvs fyra dygnsfilter från Tegelvreten och fyra från Söderängstorp. Filterna som valdes var jämnt fördelade under perioden mars-april. Dessa filter lades samman två och två månadsvis för respektive mätplats vilket resulterade i fyra analyser av tungmetaller under mars-april. De återstående proverna lades samman för analys av PAH med separation mellan mätplatserna under perioderna februari, mars respektive april. Anledningen till att tungmetallerna analyserats som stickprov är att metodiken försvårar sammanslagning av prover.

En sammanställning av analysernas fördelning finns i Tabell 1 nedan. Sammanlagt utfördes 13 metallanalyser och 12 PAH-analyser på provtagna filter.

Tabell 1. *Datum, plats och analys som utförts på varje filter [3, 4, 5, 6]. Bokstaven M motsvarar analys av tungmetaller, P är mätserien för PAH:er. Siffran som följer anger vilket mätvärde i serien. Samma siffra (och bokstav) innebär alltså att dessa filter slagits samma och resulterat i ett analyssvar.*

Datum	Söderängstorp			Tegelvreten		
	Metaller	PAH	PFAS	Metaller	PAH	PFAS
2021-01-28	Ingen provtagning				P7	
2021-01-29			x	M8		
2021-01-30			x		P8	
2021-01-31		P1		M9		
2021-02-01		P2			P9	
2021-02-02	M1				P7	
2021-02-03		P1			P7	
2021-02-04			x	M10		
2021-02-05	M2			M11		
2021-02-06			x			x
2021-02-07	M3				P7	
2021-02-08		P3			P7	
2021-02-09	M4				P7	
2021-02-10			x		P7	
2021-02-11			x		P7	
2021-02-12		P1			P7	
2021-02-13		P1			P7	
2021-02-14		P1			P7	
2021-02-15	M5				P7	
2021-02-16		P1			P7	
2021-02-17			x		P7	
2021-02-18		P1			P10	
2021-02-19		P4			P10	
2021-02-20		P4			P10	
2021-02-21		P4			P10	
2021-02-22		P4			P10	
2021-02-23		P4			P10	
2021-02-24		P4			P10	
2021-02-25		P4			P10	
2021-02-26		P4			P10	
2021-02-27		P4			P10	
2021-02-28		P4			P10	
2021-03-01	M6				P11	
2021-03-02		P5			P11	
2021-03-03		P5			P11	
2021-03-04		P5			P11	
2021-03-05		P5			P11	
2021-03-06		P5			P11	
2021-03-07		P5			P11	
2021-03-08		P5			P11	
2021-03-09		P5			P11	
2021-03-10		P5			P11	
2021-03-11				M12		
2021-03-12		P5			P11	
2021-03-13		P5			P11	
2021-03-14		P5			P11	
2021-03-15		P5			P11	
2021-03-16		P5			P11	
2021-03-17		P5			P11	

2021-03-18	M6				P11	
2021-03-19		P5			P11	
2021-03-20		P5			P11	
2021-03-21		P5			P11	
2021-03-22		P5			P11	
2021-03-23		P5			P11	
2021-03-24		P5			P11	
2021-03-25		P5			P11	
2021-03-26		P5		M12		
2021-03-27		P5			P11	
2021-03-28		P5			P11	
2021-03-29		P5			P11	
2021-03-30		P5			P11	
2021-03-31		P5			P11	
2021-04-01		P6			P12	
2021-04-02	M7				P12	
2021-04-03		P6			P12	
2021-04-04		P6			P12	
2021-04-05		P6			P12	
2021-04-06		P6			P12	
2021-04-07		P6			P12	
2021-04-08		P6			P12	
2021-04-09		P6			P12	
2021-04-10		P6			P12	
2021-04-11		P6		M13		
2021-04-12		P6			P12	
2021-04-13		P6			P12	
2021-04-14		P6			P12	
2021-04-15		P6			P12	
2021-04-16	M7				P12	
2021-04-17		P6			P12	
2021-04-18		P6			P12	
2021-04-19		P6			P12	
2021-04-20		P6			P12	
2021-04-21		P6			P12	
2021-04-22		P6			P12	
2021-04-23		P6			P12	
2021-04-24		P6			P12	
2021-04-25		P6			P12	
2021-04-26		P6		M13		

Bakgrund

Branden

Ett bild tagen i Kagghamra-området vid ogynnsamma meteorologiska förhållanden (inversion) och öppen brand ses nedan, Figur 4. Följande sammanfattning av branden i Kagghamra har saxats i delar från Naturvårdsverkets hemsida (Kopierad 9 juli 2021 från hemsidan https://www.naturvardsverket.se/Nyheter-och-pressmeddelanden/Nyhetsbrev/Tillsynsnytt/Artiklar-2021/Detta-har-hant-i-Kagghamra/)

Verksamheten NMT Think Pink AB har under ca 15 år haft en verksamhet med syfte att mellanlagra mer än 1000 ton och högst 10 000 ton avfall på en fastighet i Kagghamra som ligger i södra delen av Botkyrka kommun. Anmälan som företaget skickade in till kommunens miljö- och hälsoskyddsnämnd 2007 beskriver att företaget ska sortera och återvinna rivningsvirke och byggavfall i återvinningsbara fraktioner. Detta avfall skulle sedan flisas och återvinnas. Under åren har verksamheten vuxit och fler avfallsfraktioner som plast och papper har förvarats på anläggningen. Avfallet har samlats in på anläggningar på andra platser i kommunen och i andra kommuner. Sedan har företaget eller dess dotterbolag flyttat avfall mellan dessa platser. Bland annat för att undvika att omfattas av regeln i miljöbalken om att avfall max får ligga tre år på samma plats. När avfall förvaras längre än tre år på samma plats betraktas det inte som mellanlager utan som deponi och blir då tillståndspliktig verksamhet.

Tillsynsmyndigheten har bedrivit en aktiv och regelbunden tillsyn på verksamheten genom åren, men avfallshanteringen har vuxit och mängden avfall har ökat från den ursprungliga anmälan. Enligt de mätningar som har gjorts så förvarades 10 000 ton (beräknat utifrån en avfallskvot om 0,225 ton/kbm) i Kagghamra under 2020 då företaget gick i konkurs.

I början av november 2020 uppstod en brand i avfallshögen och den släcktes av räddningstjänsten. Strax innan jul uppstod en ny brand i avfallet och denna brand gick inte att släcka med vatten. Den rök som bildades från avfallet provtogs och visade på hälsoskadliga ämnen som bensen och andra flyktiga kolväten. Dessutom innehöll röken hälsoskadliga partiklar som spreds över ett stort område i Nynäshamns kommun och Botkyrka kommun. Lukten från brandröken kunde kännas in till centrala Stockholm som ligger ca 45 km bort.

Räddningstjänsten bedömde att det fanns risk för skred och att mer vatten på branden skulle orsaka ännu mer rökbildning. Därför valde räddningstjänsten att täcka hela högen med ca 1-2 meter sand som på kort sikt ska stoppa rökutvecklingen och på lång sikt ska kväva elden. Hela högen var täckt med sand den 20 februari och rökutvecklingen har nu slutat. Nuvarande status (september 2021) är att avfallshögen ligger på platsen och övervakas så att inte nya öppna bränder uppstår.

Figur 4. *Brandrök som spridits i brandens närområde under öppen brandhärd.*

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

PAH bildas vid ofullständig förbränning, framför allt vid förbränningsprocesser där temperaturen är låg. En process som kan ge betydande PAH-utsläpp är förbränningen i vissa motorer, främst dieselmotorer av äldre typ. Vedeldning är en annan typ av förbränning som bidrar till PAH-utsläpp. Halterna av PAH i regional bakgrund är högst under den kalla årstiden, vilket bl.a. beror på större emissioner från framför allt småskalig vedeldning [7, 10].

Inom miljöövervakningen bestäms tolv enskilda PAH-föreningar som är vanligt förekommande i miljön, s.k. summa 12. Bens(a)pyren är inkluderat i dessa tolv, men redovisas ofta separat eftersom carcinogeniciteten hos bens(a)pyren har studerats ingående. Även andra PAH är cancerframkallande, men vid hälsoriskbedömning av cancerrisker vid inhalation av allmän utomhusluft används i många fall enbart bens(a)pyren som en indikator för hälsoeffekten av olika blandningar av PAH.

Miljökvalitetsnormen för bens(a)pyren ingår i Luftkvalitetsförordningen (2010:477) [2]. Normen är en så kallad målsättningsnorm eller börnorm vilket innebär att det ”ska eftersträvas” att 1,0 ng/m^3 som årsmedelvärde klaras. Det finns även en lågrisknivå (tillika miljömål) med definitionen att halterna inte ska överskrida lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål. Lågrisknivåerna sätts med hänsyn till känsliga grupper och innebär att halten av bens(a)pyren inte överstiger 0,1 ng/m^3 beräknat som ett årsmedelvärde. Miljökvalitetsmålen med preciseringar anger en långsiktig målbild för miljöarbetet och ska vara vägledande för myndigheter, kommuner och andra aktörer.

Tungmetaller

Metaller finns naturligt i miljön, men människan har bidragit till att öka halterna. Införandet av blyfri bensin och katalysatorer i nya bilar har varit framgångsrika åtgärder för att minska utsläppen. Idag kan bly förekomma som förorening i den blyfria bensinen samt i fordonens bromsbelägg [9]. Industrier är generellt en viktig källa till utsläpp av tungmetaller idag. I områden med mycket gruv- och metallindustri kan skogsmarken lokalt ha starkt förhöjda halter av tungmetaller [8].

Vad gäller befolkningens exponering för metaller sker detta till övervägande delen via föda och dricksvatten. Endast några enstaka procent av exponeringen sker normalt via luften. Höga halter av vissa metaller kan leda till cancer och andra sjukdomar. Kadmium påverkar exempelvis fosterutvecklingen, njurarnas funktion och skelettet. Bly påverkar barns utveckling, nervfunktioner och intelligens.

I Luftkvalitetsförordningen (2010:477) anges miljökvalitetsnorm för bly [2]. Till skydd för människors hälsa ska halten 0,5 µg/m^3 som årsmedelvärde följas [2]. I Luftkvalitetsförordningen (2010:477) anges miljökvalitetsnormer för arsenik, kadmium och nickel. Till skydd för människors hälsa ska dessa ”eftersträvas” vara uppfyllda. De genomsnittliga (under ett kalenderår) halterna är för arsenik 6 ng/m^3, kadmium 5 ng/m^3 och nickel 20 ng/m^3 [2]. För kvicksilver anges inget mål, men mätningar rekommenderas.

Resultat

PAH

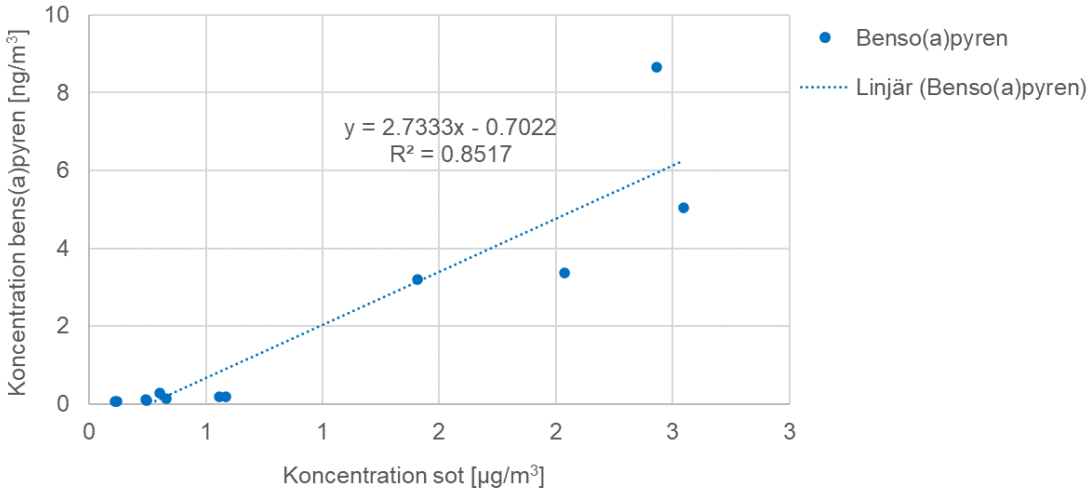
I Tabell 2 redovisas uppmätta halter av benso(a)pyren och summan av alla uppmätta PAH:er från filter som provtagits vid mätstationerna Tegelvreten och Söderängstorp. Det framgår även medelhalterna av PM2.5 samt sot under samma mätperioder. Fullständiga mätresultat för samtliga PAH:er finns i Bilaga 2. Analyser har dels gjorts för individuella dygn men också sammanslagna i olika perioder med olika egenskaper gällande brandens förlopp. Sammanslagningar gjordes för filter där kontinuerligt uppmätta partikelhalter påvisade att rökutvecklingen var liten eller att brandröken inte färdats mot mätstationen i någon större utsträckning. I de viktade medelhalter som presenteras i Tabell 2 har medelvärden beräknats för samtliga dygnprover som ingått i PAH-analysen. De dygn då filter använts för metall eller PFAS-analys har därmed exkluderats i medelvärdesbildningen av sot och PM2.5. Medelhalter för samtliga dygn under mätperioden presenteras även i löptexten.

Det man kan notera är att andelen bens(a)pyren av sot är mycket högre då de högsta bens(a)pyren-halterna uppträder, vilket kan ses i Tabell 2. För att undersöka huruvida samband fanns mellan kontinuerligt uppmätta partiklar (PM2.5 och sot) gjordes grafer med halten av bens(a)pyren som funktion av sot respektive PM2.5. Starkast samband vid linjär regression noteras för halterna av sot och bens(a)pyren, se Figur 5 nedan. Eftersom halterna av sot och PAH:er samvarierar och minskar i och med täckningen av branden påvisar detta att branden i Kagghamra haft en betydande inverkan på de uppmätta höghaltsdygnen och att PAH:er fanns i brandröken. En minskning av halterna av bens(a)pyren skedde under februari efter brand täckts fram till april. Detta är den typiska årscykeln som uppträder eftersom PAH:er också släpps ut via småskalig vedförbränning som generellt minskar under våren.

Tabell 2. *Mätresultat för bens(a)pyren (B(a)P) och summan av alla PAH:er som analyserats i filterprover fördelade över mätperiod och mellan mätstationer. Mätresultat av PM2.5 och sot finns även för samma provtagningsperiod samt viktade medel.*

Namn i mätserie tabell 1	Mätstation	Datum eller period	PM2.5	Sot	B(a)P	Σ PAH	B(a)P/Sot
			µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/µg
P1	Söderängstorp	Jan-feb Öppen brand	5,8	304	0,27	3,09	0,89
P2	Söderängstorp	2021-02-01	91,7	2546	5,0	118,3	1,96
P3	Söderängstorp	2021-02-08	79,2	2433	8,7	117,2	3,58
P4	Söderängstorp	Feb Täckt brand	12,4	584	0,19	3,21	0,33
P5	Söderängstorp	Mar	6,2	246	0,093	1,92	0,38
P6	Söderängstorp	Apr	3,0	110	0,053	1,22	0,48
P7	Tegelvreten	Jan-feb Öppen brand	4,3	328	0,14	2,63	0,43
P8	Tegelvreten	2021-01-30	56,2	1405	3,2	44,4	2,28
P9	Tegelvreten	2021-02-01	84,2	2036	3,4	48,5	1,67
P10	Tegelvreten	Feb Täckt brand	10,7	556	0,19	3,25	0,34
P11	Tegelvreten	Mar	5,2	240	0,11	1,83	0,46
P12	Tegelvreten	Apr	2,5	117	0,058	1,38	0,50
Medel (viktat)	Söderängstorp	Hela mätperioden PAH	8,3*	317*	0,30	5,24	
Medel (viktat)	Tegelvreten	Hela mätperioden PAH	7,0*	316*	0,19	3,14	

*Provtagningsdygn då metaller eller PFAS analyserats på filtren har exkluderats. Medelhalt för samtliga mätvärden presenteras i löptexten i avsnitt om PAH respektive tungmetaller.



Figur 5. *Sambandet mellan uppmätta halter av bens(a)pyren samt sot. Linjär regression har gjorts för mätpunkterna.*

Uppmätta halter i relation till miljökvalitetsnorm

Av PAH:er är det endast bens(a)pyren som regleras gentemot normgränsvärden, se Tabell 3. Eftersom analyser av bens(a)pyren gjorts under en begränsad period av år 2021, ca 3 månader, görs en bedömning om risk finns att överskridande av gränsvärdet för bens(a)pyren skett på grund av branden. Resterande period av året då branden täckts men inga mätningar av PM2.5 pågått antas ha en medelhalt i nivå med regional bakgrundshalt som presenteras i Tabell 3. Detta förutsätter att branden inte blossar upp under resterande tid på året. Under den cirka en månad långa perioden i början av året, då avfallsbranden pågick men inga mätningar av PM2.5 var påbörjade går det inte att skatta hur stora utsläppen av bens(a)pyren varit. Den enskilt största faktorn som påverkar den bedömda årsmedelhalten i Söderängstorp och Tegelvreten är meteorologin, då särskilt vindriktningen och eventuella inversionsförhållanden under enskilda dygn. För att räkna ut ett maximalt värde i beräknat haltintervall har dock ett extremt antagande gjorts. Under januari förmodas halterna ha varit den maximalt påträffade halten av bens(a)pyren, 8,7 ng/m^3. Det skulle motsvara förhållanden med konstant kraftig rök under inledningen av januari månad vid bägge mätstationerna.

Medelhalten av alla mätvärden av sot var 422 ng/m^3 vid Söderängstorp under 23 jan-2 maj 2021 samt 322 ng/m^3 vid Tegelvreten perioden 26 januari- 2 maj 2021. Baserat på dessa ovan specificerade antaganden beräknas årsmedelhalter av bens(a)pyren att hamna i intervallet 0,1–0,7 ng/m^3 vid både Söderängstorp och Tegelvreten för år 2021. Halterna bedöms sannolikt hamna i den nedre delen av intervallet. Årsmedelhalten av bens(a)pyren bedöms sammanfattningsvis inte riskera att överskrida gränsvärdet på grund av branden i Kagghamra. Enskilda dygn har halterna varit kraftigt förhöjda gentemot normala förhållanden i regionala bakgrundsmiljöer som området kring Söderängstorp och Tegelvreten skulle kunna klassas som.

Tabell 3. *Miljökvalitetsnorm för bens(a)pyren samt medel av årsmedelhalter åren 2018, 2019 och 2020 vid en regional bakgrundsstation utanför Uppsala.*

Ämne	Normvärde (ng/m^3)	Tid för medelvärde	Uppmätt i regional bakgrund 2018–2020*
Bens(a)pyren	1,0	1 kalenderår	0,02

*Norunda, utanför Uppsala

Tungmetaller

I Tabell 4 redovisas uppmätta halter av tungmetaller från filter som provtagits vid mätstationerna Tegelvreten och Söderängstorp. Det framgår även halterna av PM2.5 samt sot vid samma mätperioder. Det bör noteras att blankfilter (filter som genomgått samma procedur som övriga förutom att ingen luft passerat igenom) påvisade höga värden av framförallt zink. Detta beror sannolikt på att innehållet i filtermaterialet som använts ger en signal för den metallen. Det kan också bero på kontaminering. Överlag uppmättes förhållandevis låga blankvärden. Dessa blankvärden har inte dragits av från analyssvaren för proverna eftersom stickprov av blankar gjorts och blankvärden inte finns för varje filterbyte av 14 prover. Det skulle generera negativa halter för vissa analyssvar konstaterades emellertid vid utvärderingen. Resultaten från analys av blankfilter finns i Bilaga 1. Observera att analys av två filter ger dubbelt blankfilterbidrag om blankvärde dras av.

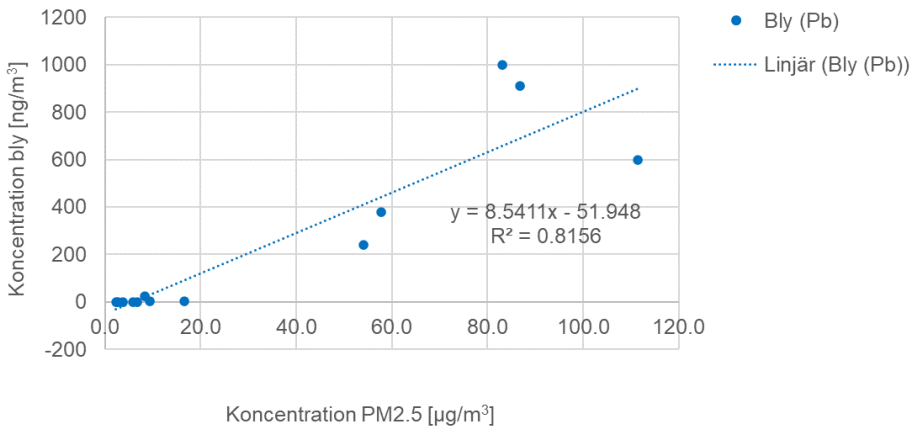
I Tabell 4 går det att utläsa huruvida höga halter av sot eller PM2.5 uppmätts under perioden för tungmetallanalys. Utifrån detta kan man göra antagandet huruvida brandröken inte färdats mot mätstationen i någon större utsträckning eller om rökutvecklingen varit liten (efter branden täcktes). Det framgår från mätresultaten att höga halter av tungmetaller främst fanns då höga halter av partiklar uppmättes vid mätplatserna, men att inte alla tungmetaller har förekommit i brandröken i en betydande omfattning. Kvicksilver, nickel och krom detekterades i mycket små mängder i samtliga prover. Tungmetallhalterna var på låga nivåer för alla ämnen efter att branden täcktes. De allra mest fluktuerande halterna (spannet max-min) var i särklass för bly men också koppar, kadmium och även arsenik, vilket tyder på att dessa metaller fanns i avfallet som brann. Maximal uppmätt blyhalt var ungefär en faktor 1500 gånger högre än den lägsta uppmätta blyhalten. För kobolt, mangan, vanadin och zink varierande halterna relativt litet mellan prover med och utan mycket brandrök, där maximal uppmätt halt var ungefär en faktor 10 gånger högre än den lägsta uppmätta halten.

För att undersöka huruvida samband fanns mellan kontinuerligt uppmätta partiklar (PM2.5 och sot) gjordes grafer med halten av varje tungmetall som funktion av sot/PM2.5. För många av metallerna sågs måttligt korrelerande halter, möjligen på grund av ojämn fördelning i avfallslagringen, de frigörs under olika förhållanden av temperatur i branden eller att haltbidrag tillkommit från andra källor än avfallsbranden i relativt stor utsträckning. Starkast samband vid linjär regression kunde utrönas mellan halterna av PM2.5 och kadmium/bly/arsenik, vilka kan ses i Figur 6, Figur 7, samt Figur 8 nedan. Precis som för bens(a)pyren ses förhållandevis hög andel av många av tungmetallerna per massa partiklar vid tillfällena med de högsta metallhalterna. Detta gäller kadmium, koppar, zink, arsenik, bly, kobolt och mangan.

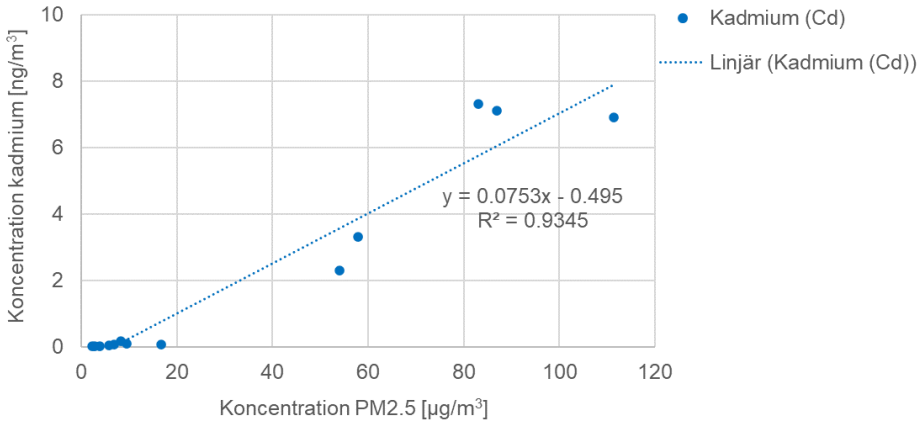
Tabell 4. *Mätresultat för samtliga tungmetaller som analyserats i utvalda filterprover fördelade över mätperiod och mellan mätstationer. Mätresultat av PM2.5 och sot finns även för samma provtagningsperiod.*

Namn i mätserie Tabell 1	Mätstation	Datum	Samman-slaget med filter	PM2.5	Sot	Hg	Ni	Cd	Cu	V
				µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
M1	Söderängstorp	2021-02-02	-	54,1	1229	0,034	<1	2,3	120	0,38
M2	Söderängstorp	2021-02-05	-	9,5	361		<1	0,09	3,3	0,16
M3	Söderängstorp	2021-02-07	-	86,9	1217	0,05	<1	7,1	610	0,44
M4	Söderängstorp	2021-02-09	-	83,0	1882	0,05	<1	7,3	370	0,9
M5	Söderängstorp	2021-02-15	-	6,8	496		<1	0,06	1,5	0,92
M6	Söderängstorp	2021-03-01	2021-03-18	3,8	173		0,81	0,025	1,9	0,48
M7	Söderängstorp	2021-04-02	2021-04-16	2,8	82		<1	0,023	4,6	0,35
M8	Tegelvreten	2021-01-29	-	5,9	312		<1	0,04	2,1	0,50
M9	Tegelvreten	2021-01-31	-	111,4	2372	0,040	<1	6,9	280	0,41
M10	Tegelvreten	2021-02-04	-	8,3	251	0,021	<1	0,18	10	0,13
M11	Tegelvreten	2021-02-05	-	57,8	1480		<1	3,3	150	0,23
M12	Tegelvreten	2021-03-11	2021-03-26	16,7	567		0,63	0,056	4,4	0,86
M13	Tegelvreten	2021-04-11	2021-04-27	2,3	102		1	0,010	1,5	0,31

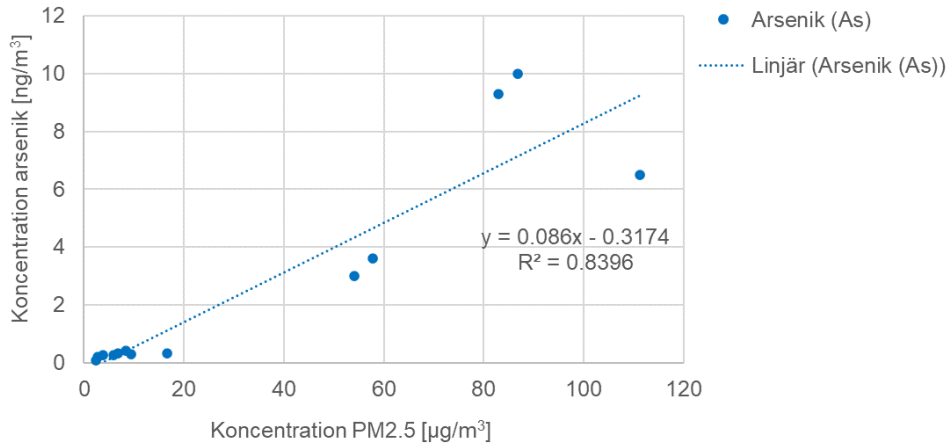
Namn i mätserie Tabell 1	Mätstation	Datum	Samman-slaget med filter	As	Pb	Co	Cr	Mn	Zn
				ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
M1	Söderängstorp	2021-02-02	-	3,0	240	0,071	5,2	4,5	500
M2	Söderängstorp	2021-02-05	-	0,30	4,1	0,029	5,0	1,6	160
M3	Söderängstorp	2021-02-07	-	10	910	0,12	4,9	12	1600
M4	Söderängstorp	2021-02-09	-	9,3	1000	0,14	7,1	11	1200
M5	Söderängstorp	2021-02-15	-	0,31	0,92	0,063	6,3	3,0	200
M6	Söderängstorp	2021-03-01	2021-03-18	0,25	0,67	0,071	4,6	2,5	170
M7	Söderängstorp	2021-04-02	2021-04-16	0,21	0,71	0,056	4,4	2,1	160
M8	Tegelvreten	2021-01-29	-	0,25	1,0	0,019	5,0	0,84	180
M9	Tegelvreten	2021-01-31	-	6,5	600	0,098	5,7	6,9	780
M10	Tegelvreten	2021-02-04	-	0,40	23	0,018	5,4	1,1	200
M11	Tegelvreten	2021-02-05	-	3,6	380	0,050	6,2	4,6	550
M12	Tegelvreten	2021-03-11	2021-03-26	0,31	1,7	0,035	4,0	2,0	140
M13	Tegelvreten	2021-04-11	2021-04-27	0,08	0,33	0,033	4,2	1,4	140



Figur 6. *Sambandet mellan uppmätta halter av bly samt PM2.5. Linjär regression har gjorts för mätpunkterna.*



Figur 7. *Sambandet mellan uppmätta halter av kadmium samt PM2.5. Linjär regression har gjorts för mätpunkterna.*



Figur 8. *Sambandet mellan uppmätta halter av arsenik samt PM2.5. Linjär regression har gjorts för mätpunkterna.*

Uppmätta halter i relation till miljökvalitetsnormer

Av tungmetaller är det nickel, kadmium, arsenik samt bly som regleras gentemot normgränsvärden, se Tabell 5. Eftersom analyser av tungmetaller gjorts för olika stickprov kan risken för överskridanden av gränsvärden endast bedömas. För nickel, där inga analyser varit i närheten normgränsvärdet (som avser medelvärde för helt kalenderår), är bedömning att det är extremt osannolikt att överskridande skulle ske på grund av branden.

I bedömningen kring övriga tungmetaller med specificerade normgränsvärden: bly, arsenik, kadmium, görs antagandet att sambandet mellan PM2.5 och tungmetaller är konsekvent under perioden som PM2.5 uppmätts (ca 3 månader under år 2021). Resterande period av året då branden täckts men inga mätningar av PM2.5 pågått antas ha en medelhalt i nivå med regional bakgrundshalt som presenteras i Tabell 5. Detta förutsätter att branden inte blossar upp under resterande tid på året. Under den cirka en månad långa perioden i början av året, då avfallsbranden pågick men inga mätningar av PM2.5 var påbörjade går det inte att skatta hur stora utsläppen av tungmetaller varit. Den enskilt största faktorn som påverkar den bedömda årsmedelhalten i Söderängstorp och Tegelvreten är dock meteorologin, då särskilt vindriktningen och eventuella inversionsförhållanden under enskilda dygn. För att räkna ut ett maximalt värde i bedömt haltintervall har ett extremt antagande gjorts att det under hela perioden under januari då PM2.5 inte uppmätts varit den maximalt påträffade halten av varje tungmetall (bly=1000 ng/m^3, arsenik= 10 ng/m^3, kadmium=7,3 ng/m^3). Det skulle motsvara förhållanden med konstant kraftig rök under inledningen av månaden vid bägge mätstationerna.

Medelhalten av PM2.5 var 11,7 µg/m^3 vid Söderängstorp under 23 jan-2 maj 2021 samt 8,0 µg/m^3 vid Tegelvreten perioden 26 januari- 2 maj 2021. Baserat på dessa ovan specificerade antaganden beräknas årsmedelhalter av kadmium troligen hamna i intervallet 0,1–0,6 ng/m^3 vid både Söderängstorp och Tegelvreten, arsenik beräknas till 0,3–0,9 ng/m^3 och bly beräknas varit 20–80 ng/m^3 under år 2021. Sammantaget bedöms normgränsvärden för samtliga tungmetaller inte riskera att överskridas på grund av avfallsbranden i Kagghamra. Enskilda dygn kan däremot ha varit kraftigt förhöjda gentemot normala förhållanden i regionala bakgrundsmiljöer som området kring Söderängstorp och Tegelvreten skulle kunna klassas som.

Tabell 5. *Miljökvalitetsnorm för olika tungmetaller samt medel av årsmedelhalter åren 2018, 2019 och 2020 vid en regional bakgrundsstation utanför Uppsala.*

Metall	Normvärde (ng/m^3)	Tid för medelvärde	Uppmätt i regional bakgrund 2018–2020*
Bly	500	1 kalenderår	0,70
Kadmium	5	1 kalenderår	0,02
Arsenik	6	1 kalenderår	0,13
Nickel	20	1 kalenderår	0,21

*Norunda, utanför Uppsala

Referenser

1. Botkyrka kommun –Samhällsbyggnadsförvaltningen, Munkhättevägen 45, 147 85 Tumba
2. Förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft, Luftkvalitetsförordning (2010:477). Miljödepartementet 2010, SFS 2010:477.
3. IVL Svenska miljöinstitutet. Förenklad rapport 21-0104_2
4. IVL Svenska miljöinstitutet. Förenklad rapport 21-0104
5. IVL Svenska miljöinstitutet. Förenklad rapport 21-0104_2_Metall
6. IVL Svenska miljöinstitutet. Förenklad rapport 21-0104_2_PAH
7. Miljökvalitetsnormer för arsenik, kadmium, nickel och bens(a)pyren. Naturvårdsverket rapport 5882, 2008.
8. Tungmetaller i skogsmark - Naturvårdsverket (naturvardsverket.se), september 2021.
9. Kartläggning av arsenik-, kadmium- och nickelhalter i Stockholm och Uppsala län samt Gävle och Sandviken kommun. Jämförelser med miljökvalitetsnormer, SLB-analys, LVF-rapport 2008:25.
10. Halter av PAH:er i Stockholms och Gävleborgs län. Uppmätta samt modellerade halter. Bidrag från vedeldning och trafik., SLB-analys, SLB-rapport 46:2019.

SLB- och LVF-rapporter finns att hämta på: *www.slb.nu*

Bilagor

Bilaga 1. Mätresultat tungmetaller samt detektionsgränser

I Bilaga 1 redovisas uppmätta halter i blankfilter som från mätstationerna vid Söderängstorp respektive Tegelvreten, se Tabell B1, samt mätmetodens begränsning i lägsta uppmätbara halt, dvs detektionsgränsen, se Tabell B2. Blankfilter behandlas på exakt samma sätt som provtagningsfilter förutom att ingen luft har pumpats genom filtret. Varje gång filterprovtagaren fylls på (ca var 14:e dag) sätts ett blankfilter ut samtidigt på varje mätstation. Dessa blankfilter bidrar med en osäkerhet i uppmätta halter som beror på mätmetoden, val av filter, analysmetod samt kontaminering. Eftersom ingen luft dragits genom filtret ger analysen ingen koncentration utan en extraherad mängd material. För att kunna jämföras med uppmätta halter har även motsvarande mängder i provtagningsfiltren angetts som spann minimum-maximum. Halter beräknas utifrån mängder genom att dividera med provtagningsvolym, tex om 240 ng av ämnet X har detekteras på ett filter där 24 m^3 luft har pumpats i genom ger det en koncentration av 10 ng/m^3.

***Tabell B1**. Mätresultat för samtliga tungmetaller i blankfilteranalyser samt min-max som hittats i provtagningsfilter som jämförelse. Observera att ingen luft dragits genom blankfilter och att analysen ger en extraherad mängd material och inte en koncentration. Enheten är nanogram per analys.*

	Hg	Ni	Cd	Cu	V	As	Pb	Co	Cr	Mn	Zn
Filter	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
Blank öppen brand Söderängstorp	<0,5	<25	<0,2	<15	<1,5	<1,5	<7	<0,4	100	<1,5	4700
Blank täckt brand Tegelvreten	-	<25	<0,20	<15	<1,5	<1,5	<7	<0,4	100	3,4	3400
Min	<0,5	<25	0,47	37	3,2	3,6	16	0,43	120	20	3800
Max	1,2	39	180	15000	41	250	24000	3,4	220	280	37000

***Tabell B2.** Detektionsgränser för de analyserade tungmetallerna. Enheten är nanogram per analys.*

Tungmetall	Enhet	Detektionsgräns
Kvicksilver (Hg)	ng/analys	0,5
Nickel (Ni)	ng/analys	<25
Kadmium (Cd)	ng/analys	<0,20
Koppar (Cu)	ng/analys	<15
Vanadin (V)	ng/analys	<1,5
Arsenik (As)	ng/analys	<1,5
Bly (Pb)	ng/analys	<7
Kobolt (Co)	ng/analys	<0,4
Krom (Cr)	ng/analys	<6
Mangan (Mn)	ng/analys	<1,5
Zink (Zn)	ng/analys	<80

Bilaga 2. Fullständiga mätresultat PAH:er samt detektionsgränser

I Bilaga 2 framgår uppmätta halter av samtliga PAH:er som analyserats från filterprover vid Söderängstorp respektive Tegelvreten, se Tabell B3.

I Bilaga 2 redogörs även hur mycket av ämnena som observerats i blankfilter som behandlats på exakt samma sätt som provtagningsfilter förutom att ingen luft har pumpats genom filtret, se Tabell B4. Varje gång filterprovtagaren fylls på (ca var 14:e dag) sätts ett blankfilter ut samtidigt på varje mätstation. Dessa blankfilter bidrar med en osäkerhet i uppmätta halter som beror på mätmetoden, val av filter, analysmetod samt kontaminering. Eftersom ingen luft dragit genom filtret ger analysen ingen koncentration utan en extraherad mängd material. För att kunna jämföras med uppmätta halter har även motsvarande mängder i provtagningsfiltren angetts som spann minimum-maximum. Halter beräknas från mängder genom att dividera med provtagningsvolym, tex om 2400 ng av ämnet X har detekteras på ett filter där 24 m^3 luft har pumpats i genom ger en koncentration av 100 ng/m^3.

I Bilaga 2 redovisas slutligen mätmetodens begränsning i lägsta uppmätbara halt, dvs detektionsgränsen (LOD), se Tabell B5. Dessutom anges kvantifieringsgräns en i analyserna (LOQ). Kvantifieringsgränsen motsvarar den mängd som behövs för att får en acceptabel repeterbarhet och noggrannhet i resultaten.

Tabell B3. *Mätresultat för samtliga PAH:er för analyser som gjorts vid Kagghamrabranden. Blankvärden har inte dragits av från analyserad halt. Se tabell B4.*

Namn i mätserie Tabell 1	Nafta-lene	Antra-cen	Ace-naften	Fluoren	Fena-ntren	Fluor-anten	Pyren	Benso(a)-antracen	Krysen	Benso(b)-fluoranten	Benso(k)-fluoranten	Benso(a)-pyren	Dibenso(ah)-antracen	Benso(ghi) perylen	Indeno(1, 2,3)pyren	ΣPAH
	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
P1	0,38	0,043	0,048	0,095	0,32	0,21	0,30	0,091	0,26	0,31	0,13	0,27	0,062	0,32	0,26	3,09
P2	0,74	0,88	0,110	0,17	2,3	20	22	27	25	5,8	2,4	5,0	0,52	3,1	3,1	118,3
P3	1,1	0,35	0,120	0,21	1,3	22	18	22	21	8,1	3,8	8,7	0,93	5,4	4,8	117,2
P4	0,33	0,047	0,046	0,11	0,42	0,38	0,42	0,090	0,17	0,28	0,12	0,19	0,057	0,28	0,28	3,21
P5	0,38	0,04	0,053	0,10	0,29	0,18	0,25	0,022	0,072	0,10	0,045	0,093	0,028	0,15	0,12	1,92
P6	0,25	0,034	0,045	0,078	0,22	0,10	0,18	0,0065	0,038	0,046	0,020	0,053	0,015	0,081	0,057	1,224
P7	0,41	0,042	0,057	0,11	0,30	0,19	0,27	0,026	0,10	0,29	0,089	0,14	0,053	0,28	0,25	2,63
P8	0.59	0.14	0.083	0,12	0,56	5,7	6,3	10	9,2	3,0	1,3	3,2	0,34	1,9	1,6	44,4
P9	0.41	0.24	0.084	0,10	0,58	4,7	5,4	12	11	3,8	1,6	3,4	0,40	2,2	2,2	48,5
P10	0.43	0.053	0.049	0,12	0,48	0,38	0,40	0,092	0,18	0,27	0,11	0,19	0,054	0,22	0,24	3,25
P11	0.30	0.04	0.045	0,084	0,27	0,17	0,24	0,024	0,072	0,11	0,051	0,11	0,031	0,15	0,13	1,83
P12	0.30	0.038	0.051	0,087	0,24	0,11	0,20	0,0069	0,041	0,050	0,022	0,058	0,016	0,092	0,067	1,377

Tabell B4*. Mätresultat för samtliga PAH:er i blankfilteranalyser samt min-max som hittats i provtagningsfilter som jämförelse. Observera att ingen luft dragit genom blankfilter och att analysen ger en extraherad mängd material och inte en koncentration. Flera blankfilter ger ett större blankbidrag till uppmätt mängd.*

Filter	Nafta-lene	Antra-cen	Ace-naften	Fluoren	Fena-ntren	Fluor-anten	Pyren	Benso(a)-antracen	Krysen	Benso(b)-fluoranten	Benso(k)-fluoranten	Benso(a)-pyren	Dibenso(ah)-antracen	Benso(ghi) perylen	Indeno(1, 2,3)pyren	ΣPAH
	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
1 blank Tegelvreten under öppen brand	16	1,2	<2	2,8	7	3	5	<0,3	1	1	0	1	<0,2	1	1	16
9 sammanslagna blankar	59	7,5	9,7	17	49	18	38	0,35	5,5	3,7	1,5	6,4	1,7	9,2	4,9	232
Min i provfilter	10	3	8	2	13	18	38	0,4	6	4	1	6	2	9	5	127
Max i provfilter	270	28	37	67	200	370	390	500	460	140	64	150	22	110	92	2901

Tabell B5. *Detektionsgränser samt kvantifieringsgränserna för de olika analyserade PAH:erna. Enheten är nanogram per analys.*

PAH	Enhet	Detektionsgräns LOD	Kvantifieringsgräns LOQ
Naftalene	ng/analys	1,5	5
Acenaften	ng/analys	0,6	2
Antracen	ng/analys	0,04	0,15
Fluoren	ng/analys	0,3	1
Fenantren	ng/analys	1,5	4,9
Fluoranten	ng/analys	0,4	1,2
Pyren	ng/analys	0,5	1,3
Benso(a)antracen	ng/analys	0,3	1
Krysen	ng/analys	0,15	0,55
Benso(b)fluoranten	ng/analys	0,2	0,7
Benso(k)fluoranten	ng/analys	0,1	0,4
Benso(a)pyren	ng/analys	0,15	0,5
Dibenso(ah)antracen	ng/analys	0,2	0,5
Benso(ghi)perylen	ng/analys	0,3	1
Indeno(1,2,3)pyren	ng/analys	0,6	2

SLB-analys, Miljöförvaltningen i Stockholm.
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm.
www.slb.nu