

Metaller i luftburna partiklar i Landskrona 2017



Adam Kristensson, Lunds universitet
Wouter Prosper, Lunds universitet
Jan Pallon, Lunds universitet
Emilie Feuk, Landskrona stad
Dimitra Alikioti, Landskrona stad
Patrik Nilsson, Lunds universitet



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright Adam Kristensson

LTH | Avdelningen för kärnfysik | Lunds universitet

ISBN 978-91-7895-161-1

ISBN digital 978-91-7895-162-8

http://www.nuclear.lu.se/fileadmin/nuclear/Aerosol/Landskrona_rapport_2019.pdf

Tryckt i Sverige av Adam Kristensson, Lunds universitet
Lund 2019

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Förord	5
Sammanfattning	6
1. Inledning och syfte	8
2. Sammanfattning av tidigare resultat i Landskrona	10
3. Metodik	11
3.1. Mätplatser	11
3.2. Experimentuppställning	13
3.3. PIXE-analys	15
3.4. Meteorologisk analys	16
3.4. Käll/receptormodellering	17
4. Halter av metaller och grundämnen i Landskronaluften	18
4.1. Stadshuset grovfraktionen	18
4.2. Stadshuset finfraktionen	19
4.3. Lundåkrahamnen grovfraktionen	20
4.4. Lundåkrahamnen finfraktionen	21
4.5. Jämförelse med tidigare mätningar grovfraktion	22
4.6. Jämförelse med tidigare mätningar finfraktion	25
5. Resultat från källtilldelning	28
5.1. Ämnen under eller kring detektionsgränsen	28
5.2. Generell samverkan mellan markörer i grovfraktionen	29
5.3. Generell samverkan mellan markörer i finfraktionen	30
5.4. Källtilldelning Stadshuset grovfraktionen	31
5.5. Källtilldelning Stadshuset finfraktionen	35
5.6. Källtilldelning Lundåkrahamnen grovfraktionen	39
5.7. Källtilldelning Lundåkrahamnen finfraktionen	43
6. Referenser	46

Tack till personal vid Lundåkrahamnen som gav oss tillstånd till att mäta vid hamnen och som hjälpte till att installera oss på plats.

Förord

Syftet med denna undersökning är att mäta metallkoncentrationerna i svävande stoft (atmosfäriska aerosolpartiklarna) i Landskrona och eventuellt kunna lokalisera källorna.

Landskrona har under lång tid haft problem med höga koncentrationer av tungmetaller, främst bly, i luften. Svävande stoftundersökning har genomförts 1977, 1988, 2003 och 2008. Genom denna tidsserie vill vi inte bara kunna bedöma nuläget utan även kunna följa utvecklingen med syfte att detektera eventuella förändringar. Mätningen är även av stor betydelse ur hälsoskyddssynpunkt, eftersom det rör sig om relativt små partiklar som, när de andas in, kan ge upphov till skador i andningsvägarna. De allra minsta partiklarna kan via lungorna hamna i blodomloppet och anrika miljöfarliga ämnen i blodet.

Samordnade recipientkontrollen

Landskornas svävande stoftundersökning är en del av den samordnade recipientkontrollen för luft som bekostas av ett antal verksamheter med emissioner av stoft till luften. I den samordnade recipientkontrollen mäts fallande stoft på sex platser årligen. Svävande stoft mäts varje femte år på två mätstationer och utförs under en sex veckors period. Mätningarna visar i vilken grad luften påverkas genom lokala stoftutsläpp men visar även bakgrundsbelastningen från regionala och kontinentala emissioner. Det är i första hand svävande stoft som kan transporteras över långa avstånd, eftersom partiklarna är små och därför kan hålla sig kvar i luftmassorna under lång tid.

Mätningarna, som visar miljötillståndet i luftmassorna med avseende på stoftpartiklar, kan utgöra incitament för att begränsa stoftutsläppen. Över tiden kan de visa om miljöförbättringar på olika verksamheter kan leda till sänkta stofthalter och därmed minska riskerna för en negativ påverkan på människors hälsa och på miljön. Analyserna av stoftet omfattar ett specifikt antal metaller och andra grundämnen av betydelse som kan påverka hälsa och miljö. Enligt miljöbalken ska den som bedriver miljöfarlig verksamhet, genom undersökning-ar/utredningar, kontrollera utsläppens miljöpåverkan. Förorenaren ska vidta skyddsåtgärder i enlighet med resultaten från utredningen. Ett annat syfte med en samordnad recipientkontroll är att sänka kostnaderna för utredning av utsläppens miljöpåverkan, för den enskilda verksamheten.

Som resultat av de kontinuerliga undersökningarna av fallanden stoft, har det konstaterats att Landskrona har en fortsatt hög belastning av metaller jämfört med en, av lokala utsläpp, opåverkad referenslokal på Söderåsen, Hallahus. Det är därför av stor betydelse att mätningarna fortsätter för att kunna bedöma den framtida miljöbelastningen och effekten av eventuella miljöåtgärder eller ändrade utsläppsvillkor för industrier och andra verksamheter.

Emilie Feuk, Landskrona Stad



Sammanfattning

Mellan 16 februari och 22 mars 2017 genomfördes 24 mätningar av finfraktionen (PM_{2.5}) och grovfraktionen (PM₁₀ – PM_{2.5}) av grundämnen i luftburna partiklar på mätstationerna i Stadshuset och Lundåkrahamnen i Landskrona. Detta gjordes som ett led i att kontrollera luftkvaliteten i Landskrona stad, särskilt med tanke på industrierna i Landskrona, som tidigare har givit höga halter av framförallt metaller i luften för åren 1977, 1988, 2003, och 2008. Bägge mätstationerna representerar urbana bakgrundsstationer, där Stadshusets mätningar är i trafikmiljö, medan Lundåkrahamnens mätningar är i industriområde.

Flertalet ämnen kunde detekteras med PIXE-analysmetoden; Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Pb. V och As låg mestadels under detektionsgränsen. Ga, Ge, Se, Rb, Y, Zr, Pd, Cd, och Sn var aldrig detekterbara.

För grovfraktionen både vid Stadshuset och Lundåkrahamnen har mätningar under år 2008 generellt gett de lägsta partikelhlaterna. Förutom detta år har det rent generellt varit en nedåtgående trend för halterna för följande ämnen sedan 1977; K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Zn, och Pb. Nästan oförändrade halter har observerats för Al, Si, S, Cu, och Br. Halterna av Cl och Cr har rent av gått upp. Det bör dock nämnas att Cl kommer från den naturliga källan havssprej, varför halterna av Cl och andra naturliga ämnen mer beror på meteorologiska förutsättningar än minskningar i mänskliga utsläpp.

För finfraktionen har vi nedåtgående trend sedan 1977 för; S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, och Pb. Oförändrade halter för Cr, och uppåtgående trend för Cl.

P mättes för första gången både i grov- och finfraktion. Detta ämne kan till exempel komma från jordstoftpartiklar, samt från havet (övergödning). Men, ingen vidare korrelation kunde skönjas med jordstoftpartiklar och havssprejpartiklar. Ämnet har betydelse för bördiga jordar och övergödning, varför det är viktigt att fortsätta mäta detta ämne.

Käll/receptor-modellering har utförts för att beräkna källtilldelningen. PMF-modellen kördes med en lätt polarisering av källorna (FPEAK-paramter = 0.5) och för grovfraktion och finfraktion för sig, och de två stationerna var och en för sig. Det gjordes alltså 4 olika PMF-körningar.

Resultaten visade att vi i princip har 7 olika källor för partiklar och grundämneselement i Landskrona;

1. Havssprej
2. Jordstoftpartiklar
3. Pb-källa
4. Fe/Zn-källa
5. Cr/Ni-källa
6. Cu/Zn-källa
7. Åldrad källa

Havssprej både i Stadshuset och Lundåkrahamnen utgörs av grova partiklar med Cl, Br som främsta ämnen. Även finfraktionen innehåller en hög halt Cl och Br, vilket förmodligen beror på att även finfraktionen innehåller en relativt hög andel grova partiklar. Högsta halterna är förknippade med havsluft västerifrån.

Jorstoftpartiklar karakteriseras av elementen Si, K, Ca, Ti, och Fe, vilka är typiska för jordskorpan. Framförallt grova partiklar ger höga halter av dessa ämnen, men även finfraktionen kan innehålla en andel grova partiklar liksom havssprejkällan.

Pb-källan är förknippad med vindar från Boliden-Bergsoe-fabriken, vilket den även har varit för föregående mätningar, både vid Stadshuset och Lundåkrahamnen, såväl i fin- som i grovfraktionen.

Fe/Zn-källan är vid några tillfällen associerad med vindar från hamnområdet eller Scandust, för både grov- och finfraktionen i Stadshuset och Lundåkrahamnen. Det går dock inte att härleda denna källa till specifik aktivitet i detta område i Landskrona. En del av Fe/Zn-källan samvarierar med jordsoftekällan, vilket bevisar att en del av Fe och Zn kommer från jordstoft. Detta är väntat eftersom jordskorpan även innehåller dessa element.

Liknande resonemang gäller för Cr/Ni-källan. Vi kan dessutom inte utesluta att Cr/Ni i finfraktionen dessutom kommer från långdistanstransport av fossila förbränningspartiklar, eftersom fossil olja ofta innehåller Cr och Ni.

Återigen gäller liknande resonemang för Cu/Zn-källan. Dessutom är det möjligt att en del Cu/Zn-damm och fina partiklar möjligen härstammar från färgborttagning från småbåtar och målning.

Den sista källan är en långdistanstransporterad källa innehållandes S, framförallt i finfraktionen. Denna kommer från kondensation av svaveldioxid eller svavelsyra under långdistanstransport under flera timmar eller dygn (sekundär källa), eller direkt under förbränning av fossila bränslen (primär källa). Man kan förvänta sig att denna källa har minskat i och med regleringen av sulfatinnehållet i sjöfartsbränslet sedan 2015 i Östersjön och Nordsjön, eller generellt bättre rening av S från kolkraftverk eller andra industrier med förbränningsprocesser sedan konventionen om gränsöverskridande luftföroeningar (CLRTAP) kom igång ordentligt på 80-talet. En svag trend är synlig. Å andra sidan kan variationer i S bero på variationer i meteorologiska förhållanden, och inte enbart på grund av utsläppsminskningar.

1. Inledning och syfte

Luftburna partiklar från mänskliga aktiviteter har i epidemiologiska undersökningar visat sig ha allvarliga hälsoeffekter vid inandning när de fastnar i lungorna. Uppskattningsvis 432 000 människor dör för tidigt i Europa varje år på grund av luftburna partiklar uppmätt som PM2.5 (total partikelmassa av partiklar mindre än 2.5 µm i diameter) (EEA, 2017). I Sverige uppskattas cirka 3700 människor dö en förtida död på grund av långdistanstransporterade luftföroreningspartiklar uppmätta som PM2.5, cirka 900 av partiklar från vedförbränning, 215 av grova partiklar från vägdam, samt 2850 personer från biltrafik lokalt (effekter av kvävedioxid och partiklar tillsammans) (Gustafsson med flera 2018).

För att begränsa partiklars hälsoeffekter, har gränsvärden införts först på EU-nivå (air quality limit values) och sedan på nationell nivå i Sverige genom så kallade Miljökvalitetsnormer (MKN, Tabell 1.1). MKN är lagbindande. Sveriges regering strävar efter att vår närmiljö inte ska ge befolkningen hälsoeffekter. Av denna anledning har man satt strängare gränsvärden för partiklar via de så kallade Miljömålen (Tabell 1.1). Dessa är dock inte lagbindande, utan en målsättning att uppnå inom en generation. Våra lufthalter i Sverige, särskilt södra Sverige ligger ofta kring eller över gränsvärdena för Miljömålen, vilket alltså ger de hälsoeffekter som Gustafsson med flera-studien (2018) belyser. Dessutom har man inte bevisat att det finns ett gränsvärde, under vilket det inte uppstår negativa hälsoeffekter (WHO, 2013).

Tabell 1.1. Miljökvalitetsnormer (MKN) och miljömål för PM10 (fraktionen partiklar mindre än 10 µm i diameter) och PM2.5 (mindre än 2.5 µm i diameter), och metallhalter i luften.

MKN	Enhet	Dygnsmedelvärde	Årsmedelvärde
PM10	µg m ⁻³	50 ¹	40
PM2.5	µg m ⁻³		25
Pb	ng m ⁻³		500
As	ng m ⁻³		6 ²
Ni	ng m ⁻³		20 ²
Cd	ng m ⁻³		5 ²
Miljömål			
PM10	µg m ⁻³	35	20
PM2.5	µg m ⁻³	20	12

Vissa partiklar anses mer toxiska än andra partiklar, särskilt svårflyktiga partiklar och sotpartiklar från biltrafik och partiklar som innehåller metaller. As, Cd, Cr, och Ni är bevisligen cancerogena

¹ 90-percentil-värde

² Endast målsättning

via inandning eller när vi får in de via maten (IARC, 2012). Pb är sannolikt cancerogent, medan Hg möjligtvis är cancerogent (IARC, 2006, respektive IARC, 1993). Dessa ämnen och även Mn, Zn, och Cu har även en flora av andra hälsoeffekter hos människan som listas bland annat i Suvarapu och Baep (2017). De allvarliga hälsoeffekterna av metallpartiklar har föranlett de strängare gränsvärdena i Tabell 1.1 jämfört med PM2.5 och PM10.

Syftet med denna studie är att mäta koncentrationen av metaller i partiklar i Landskronaluften, dels i finfraktionen (PM2.5) och i grovfraktionen (PM10 – PM2.5) i stadsmiljö och i Lundåkrahamnen intill Landskronas industriområde. Grova och fina partiklar anses utgöra olika hälsorisker, varför denna uppdelning görs.

Halterna av metaller i partiklar jämförs med tidigare mätningar från 1977, 1988, 2003 och 2008, för att undersöka förändringar i luftkvaliten i Landskrona.

Slutligen utförs en käll/receptormodellering med hjälp av uppmätta halter för att bestämma metallhaltens bidrag från olika källor. Särskilt Scandust och Boliden-Bergsöe vid industriområdet är av speciellt intresse historiskt sett på grund av höga halter av Zn, Cr, Mn, och Fe, respektive Pb förknippade med dessa industrier (Swietlicki, med flera, 2008). Även utvecklingen för metallerna Pb, Cr, och Ni, vilka kommer från biltrafiken i staden och från långdistanstransporterade förbränningspartiklar är av intresse.

Rapporten är en uppföljning och mer utförlig beskrivning av situationen i Landskrona från examens-arbetesrapporten i ämnet skriven på engelska (Prosper, 2017).

2. Sammanfattning av tidigare resultat i Landskrona

Man har tidigare upptäckt att Landskrona påverkas av flertalet olika lokala och långdistanstransporterade källor som ger ett bidrag till halterna av metaller i partiklar.

Lokal förbränning, särskilt från biltrafiken kan ge ett relativt högt bidrag av partiklar och metaller i finfraktionen. Tidigare var bly en viktig metall från denna lokala källa under 1977 och 1988 års mätningar, men i och med lågblyad bensin infördes 1992 och helt blyfri bensin 2000, så har Pb legat helt under detektionsgränsen från den lokala biltrafikkällan under mätningarna 2003 och 2008 (Swietlicki, med flera, 2008).

Den lokala Scandust-fabriken vid varvsområdet har tidigare förknippats som en källa med höga halter av Cu och Zn från pressfilterkaka (Swietlicki, med flera, 2008; Nilsson, med flera, 2003). Även en Cr, Ni, och Zn-rik källa har identifierats som antas bero på upparbetat stoft vid Scandust (Nilsson, med flera, 2003). Både metallhalter i fin- och grovfraktion har påverkats.

Den lokala Boliden-Bergsoe-fabriken vid industriområdet har bevisligen gett upphov till höga halter av Pb i luften, även här både i fin- och grovfraktion, både i 2003 och 2008 års mätningar (Swietlicki, med flera, 2008; Nilsson, med flera, 2003).

En långdistanstransport-källa har identifierats med framförallt V, Ni, och S i finfraktionen. Denna kommer från oljeförbränning från andra länder, samt lokal och närregional båttrafik, som förknippas med högsvavligt bränsle och smörjolja, innehållandes metallerna V och Ni (Swietlicki, med flera, 2008; Nilsson, med flera, 2003). Det är också delvis en generell långdistanstransportkälla, där svaveldioxidutsläpp från industrier och energiproduktion och utsläpp från havet omvandlas till sulfat i luften eller i partiklar under långdistanstransport.

En annan långdistanstransport-källa är havssprej, vilken härrör från vindgenererad produktion av luftburna partiklar vid vågbrytning, som innehåller Cl, och Br, Sr, samt även S i grovfraktion, samt en hel del Cl och Br i finfraktionen (Nilsson, med flera, 2003). Medan halten Vi, Ni, och S torde ha minskat i oljeförbränningskällan i och med införandet av lågsvavligt bränsle och andra alternativ inom sjöfarten i Östersjön sedan Januari 2015, så är havssprejkällan en naturlig källa, som påverkas av väder och vind.

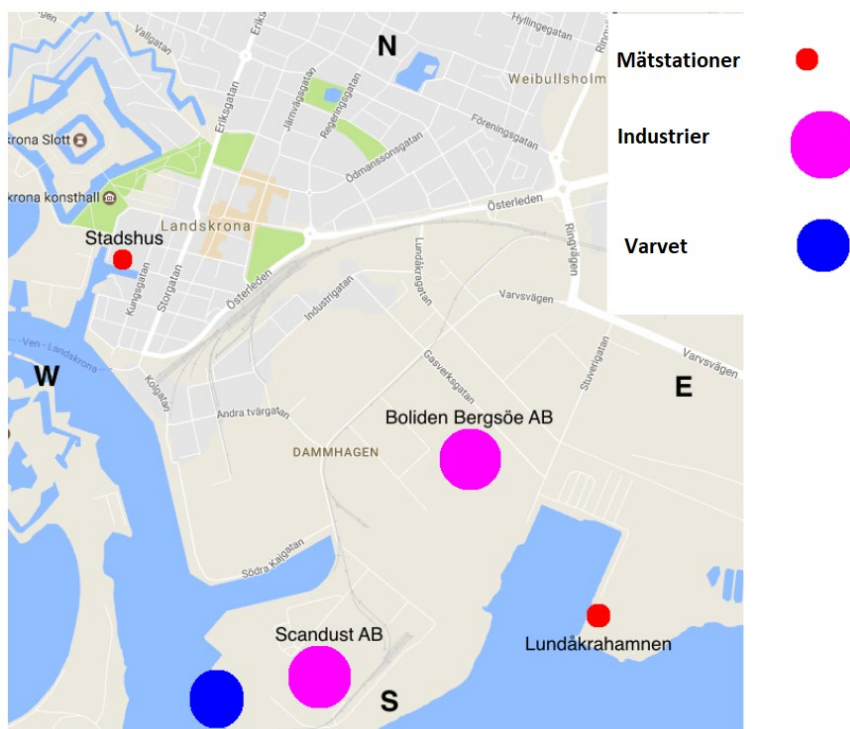
Jordstoftkällan är en betydande källa för metaller i partiklar i både fin- och grovfraktion (Swietlicki, med flera, 2008). Dessa partiklar kommer från uppvirvlat damm, som har relativt okänt ursprung. Kristensson (2005) indikerar att partiklarna kommer från åkrarna. Det är förmodligen efter vårplöjningen, som marken ligger särskilt bar, och kan ge ifrån sig damm från jordskorpan. Ifall vissa lantbrukare har förberett marken genom höstplöjning ligger marken bar ända fram till vårsådden. Då, är det ännu större risk att sådant jorddamm kan spridas under en längre tid. Även mycket långt transporterat damm från ökenområden och från vägdamn från närliggande städer kan ge ett högt bidrag, men dessa bidrag går i nuläget inte att kvantifiera.

Lokala punktkällor såsom Scandust och Boliden-Bergsoe påverkar i normala fall en mäplats mindre ofta, eftersom vinden måste komma från punktkällan till mätplatsen, medan långdistans-källor oftast påverkar under längre perioder, och även vid skiftande vindar.

3. Metodik

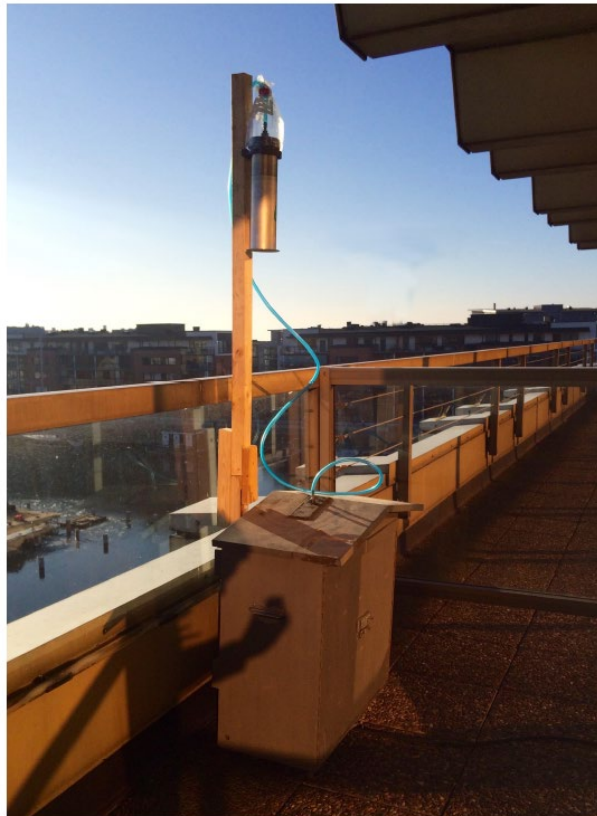
3.1. Mätplatser

Två mätplatser har använts (Figur 3.1), en på balkongen på våning 5, som vätter åt söder i Stadshuset (Figur 3.2), vilket representerar urban bakgrundsmiljö vid trafikerade gator, och på marknivå vid hamnen i Lundåkra (Figur 3.3), som också representerar urban bakgrundsmiljö, men istället vid industrier. Mätplatserna är desamma som vid mättillfällena 2003 och 2008. Under 1977 och 1988 gjordes dock inte mätningar vid Lundåkrahamnen.



Figur 3.1. Placering av mätstationerna i Stadshuset och Lundåkrahamnen, samt placering av Boliden-Bergsöe- och Scandust-fabrikerna och Varvsområdet.

Vid mättillfället pågick intensiv byggnadsaktivitet 50 m söder om mätplatsen i Stadshuset, vilket kan ha påverkat mätningar i Stadshuset vid sydliga vindar. Lundåkrahamnen är belägen vid industriområdet söder om centrum där Boliden Bergsöe AB och Scandust AB har sina verksamheter. Mätplatsen var intill småbåtshamnen, med Scandust VSV om mätplatsen, och Boliden-Bergsöe NV om mätplatsen. Det pågick inte mycket aktivitet vid småbåtshamnen under mättillfället förutom några båtar som blev målade. Aktiviteterna under mättillfället (15 februari – 22 mars 2017) vid Scandust var avstängda på grund av läckage till naturen. Detta kan kanske ha gett lägre metallhalter från Scandust än tidigare år. Vi känner dock inte till om utomhus-Zn-slamdeponin var övertäckt eller inte, och om den därmed dammade eller inte.



Figur 3.2. Mätplatsen i Stadshuset, på plan 5 och Stadshusets balkong vettandes mot sydsidan.

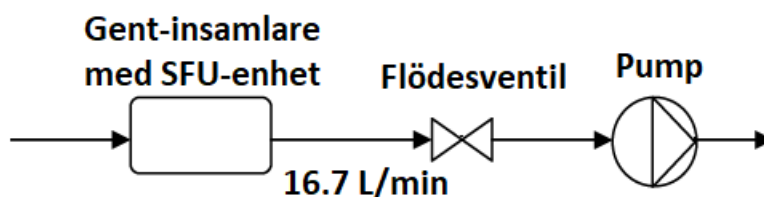


Figur 3.3. Mätplatsen vid småbåtshamnen i Lundåkrahamnen med Boliden-Bergsoeskorstenen i bakgrunden.

3.2. Experimentuppställning

Mätningarna utfördes mellan 15 februari och 22 mars. Luftburna partiklar samlades in på filter vid de bägge mätplatserna för vidare analys med PIXE i kärnfysiklaboratoriet, vid Lunds universitet.

I stadshuset pumpades luften genom en Gent typ av insamlare via en impaktorplatta, som sepererade partiklar mindre än $10\ \mu\text{m}$ i aerodynamisk diameter (PM10) med 50 % effektivitet (Figur 3.4) (Hopke, med flera, 1997). Impaktorplattan var belagd med Apiezon vakum-fett för att förhindra bortstudsning av partiklar från plattan. Fettet är fritt från Si, för att förhindra att det påverkar PIXE-analysens resultat.



Figur 3.4. Experimentuppställning i Stadshuset monterat i ställningen, som visas i Figur 3.2.

Flödet av partiklar mindre än $10\ \mu\text{m}$ i diameter fortsatte genom Stacked Filter Unit (SFU) filter-enheten inuti Gent-insamlaren, där partiklarna samlades in på filter (Figur 3.5). Det första filtret (underst i Figur 3.5) var ett Nuclepore polykarbonat-membran-filter med porstorleken $8\ \mu\text{m}$. Detta filter släppte igenom partiklar mindre än $2.2\ \mu\text{m}$ i diameter med 50 % effektivitet. Därmed samlades partiklar i storleksfraktionen, PM10 - PM2.2 in på detta filter, dvs grovfraktionen. Partiklar mindre än $2.2\ \mu\text{m}$ i diameter fastnade sedan på nästföljande filter i SFU-enheten, ett Nuclepore polykarbonat-membran-filter med porstorleken $0.4\ \mu\text{m}$. Här samlades alltså PM2.2-fraktionen in, det vill säga finfraktionen.



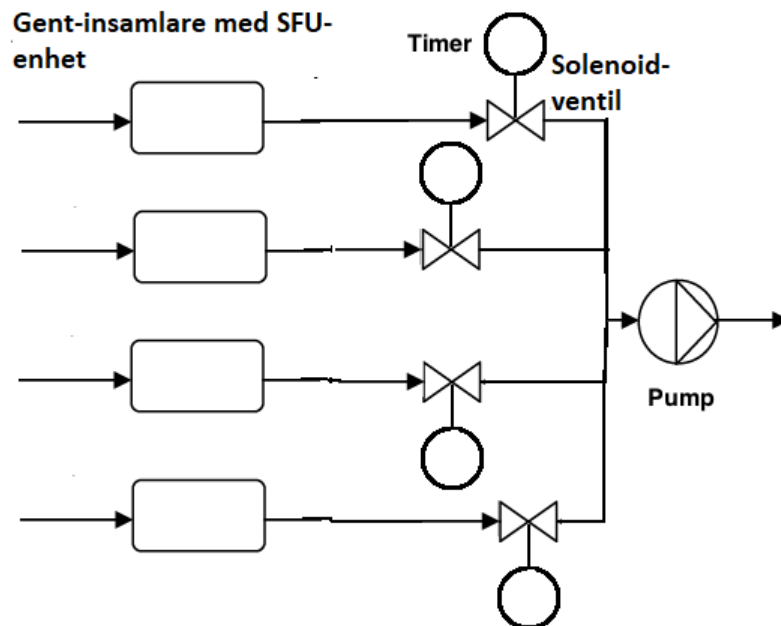
Figure 3.5. En SFU-enhet (flödet uppåt i bilden).

Luften fortsatte sedan vidare genom en flödesventil, där luften tvingades genom ett liten varierbar hålöppning med ljudets hastighet, genom vilket volymsflödeshastigheten hölls i det närmaste konstant. Genom att variera hålöppningens storlek, kunde man reglera flödet till 16.7 L/min.

Hela detta flöde drevs slutligen av pumpen vid slutet av flödessystemet.

Filerproven vid stadshuset samlades in under ett dygns tid, mellan 10:00 - 09:59, förutom vid helger, då provperioden var fredag 10:00 – måndag 09:59.

Liknande flödessystem användes även vid Lundåkrahamnen, men här hade man 4 stycken Gent-insamlare parallellt, med vilka man bytte filter automatiskt en gång om dagen tack vare solenoidventiler, som styrdes med en timer (Figur 3.6). Eftersom utrustningen bara innehöll 4 stycken insamlare, var man tvungen att byta filter var 4:e dag.



Figur 3.6. Experimentuppställning i Lundåkrahamnen, monterat i ställningen som visas i Figur 3.3.

Gent-insamlarna täcktes med plastflaska över SFU-enheten för att förhindra vattenläckage såsom visas i Figur 3.2 och 3.3. Efter insamling togs SFU-enheterna från både Stadshusets balkong och Lundåkrahamnen in i ett av Stadshusets kontor, där filter monterades ner, och sattes in i petri-skålar beklädda med ljusskyddande aluminiumfolie. De sattes därefter in i en av frysarna i Kärnfysiks aerosollab. Nya filter sattes in i SFU-enheterna på kontoret. Allt detta ska egentligen göras i ett damm-fritt rum, varför en viss kontaminering är trolig.

Tyvärr var hålöppningen inte justerbar genom solenoidventilerna i Lundåkrahamnen, och hålen var lite mindre än i Stadshuset, varför det högsta flödet som kunde uppnås i detta system var 14.3 L/min. Därför mättes i realiteten inte exakt PM10 respektive PM2.2 i detta system. Dessutom sjönk flödet kontinuerligt under provtagningen, ju mer filtret sattes igen av partiklar. Flödena som från början under provtagningen var 16.7 L/min i Stadshuset och 14.3 L/min i Lundåkrahamnen sjönk så lågt som till 15.9 respektive 13.4 L/min i medeltal på de två stationerna när flödena mättes vid början och slutet av provtagningen. Detta motsvarar en PM10-fraktion, som egentligen ligger mellan PM10 och PM11.7 μm diameter (Prosper 2017). Motsvarande problem finns för PM2.2-fraktionen, vilket snarare i realiteten liknar PM2.5. Med andra ord är PM-fraktionerna lite annorlunda än föregående år i denna analys, men vi kommer ändå referera till fraktionerna som PM10 respektive PM2.5.

3.3. PIXE-analys

Particle induced X-ray emission (PIXE, Johansson och Johansson, 1976) är en metod som använder sig utav en protonstråle som beskjuts på ett provmål, där innerskals-elektronerna från provämnet atomer skjuts ut från atomen. Vakansen från det inre elektronskalet fylls då igen med en elektron från ett yttre elektronskal varvid en för atomens karakteristisk röntgenstråle med viss energi sänds ut. Genom att samla in ett energispektrum med röntgendetektor, kan man bestämma vilka element som atomen innehåller. Intensiteten bestämmer atomens koncentration. Denna jonstråleanalys är icke-destruktiv, det vill säga förstör inte provet, och element från Al till U kan kvantifieras. Det är en av de mest känsligaste metoderna som existerar, varför de lämpar sig mycket väl för prover med små halter med hög tidsupplösning som vid mätningarna i Landskrona.

Innan PIXE-analys kunde genomföras i jonstrålelaboratoriet vid Avdelningen för kärnfysik, var man tvungen att montera filterna. Fin- och grovprover monterades i en och samma batch för att undvika differenser i kontaminering under handhavande vid olika tillfällen. PIXE-uppställningen i laboratoriet beskrivs närmare av Prosper (2017). Energispektra analyserades med GeoPIXE. Det resulterade i ett värde för varje metall i ng per cm² jonstrålebestrålad yta, C_A , och en osäkerhet i halten, ΔC_A . Luftvolymkoncentrationen, C_V , korrigerat för blanken kunde sedan beräknas genom;

$$C_V = \frac{(C_A - C_B) \cdot A}{V}, \quad (1)$$

Där C_B , är blankprovets koncentration given i ng cm⁻²,

A är luftexponerad filteryta, och

V totala volymen af luft som passerat genom filtret under provtagningstiden.

Det togs blankprover några gånger för varje mätstation och fin- och grovfraktionen, för att korrigera för halter från ämnen som finns på filterna från början, och de som hade fastnat på filterna vid handhavandet. Blankfilter var monterade i SFU-enheterna, för att efterlikna kontaminering i fält, utan att provta luft genom filterna. Tyvärr visade det sig att blankproverna inte var konsekventa i sina halter. De hade förmodligen blivit kontaminerade av någonting utöver det man kan förvänta sig vid normalt handhavande. Så, blankarna kunde inte användas. Istället användes lägsta uppmätta värdet för varje element som det uppskattade blankvärdet. Kravet var att det skulle vara minst en faktor 2 gånger över detektionsgränsen för ämnet i fråga. Blankvärdet är en kompromiss, som kanske ledde till systematiska fel. Förmodligen blev värdena något underskattade för element som ofta låg kring detektionsgränsen, medan de kunde vara överskattade för element som i normalfallet låg mycket högt över detektionsgränsen, men där ett fåtal prov visade relativt låga halter. Detta är mycket olyckligt, och försämrar noggrannheten i analysen. Av denna anledning sattes C_B osäkerhet, ΔC_B till att vara hela 60 % av blankvärdet.

Totala felet i uppskattad koncentration, ΔC_V beräknades med hjälp av felfortplantningsformeln applicerad på formel (1);

$$\Delta C_V = \sqrt{\left(\frac{A}{V}\right)^2 \cdot \Delta C_A^2 + \left(-\frac{A}{V}\right)^2 \cdot \Delta C_B^2 + \left(\frac{(C_B - C_A) \cdot A}{V^2}\right)^2 \cdot \Delta V^2}, \quad (2)$$

Där ΔV är uppskattat fel i volymen.

GeoPIXE uppskattar ett värde på varje element, trots att några av elementen kan ligga kring eller under detektionsgränsen. En annan metod som kan användas för att få ett värde på ett element som ligger under detektionsgränsen, är att tillsätta ett slumpmässigt värde mellan 0 och detektionsgränsen. Även om detta värde är mer objektivt, är det faktiskt möjligt att det värdet som kom från GeoPIXE faktiskt är närmare det reella värdet, varför vi behöll det.

Många prover som låg under eller kring detektionsgränsen blev negativa efter blankkorrektionen, eftersom vi valde blankvärdena till att ligga högre än 2 gånger över detektionsgränsen.

3.4. Meteorologisk analys

I kapitel 4 och 5 i rapporten användes 1-timmens meteorologidata för att undersöka vilken förhärskande vindriktning som rådde vid varje dygns mätning. Data hämtades från SMHI och stationerna i Malmö och Helsingborg, samt från bakåtrajektorier från 100, 500, och 3000 m höjd. Trajektorierna skapades i HYSPLIT-modellen (Draxler och Hess, 1997), där också luftmassans ursprung kontrollerades.

Luftmassans ursprung var inte mycket intressant att studera i denna rapport. Däremot hade den lokala vindriktningen stor betydelse för att utröna varifån de lokala källorna kom ifrån i Landskrona-mätningarna. Under ett dygns mätning kunde vindarna skifta avsevärt, då märkte vi denna dag som en dag med skiftande vindar. Vid stabila väderlägen märktes dagen med den vindriktning som rådde. Om vinden hade skiftat ungefär lika mycket inom en begränsad vindsektor, valdes medelvindriktningen ut som den förhärskande under det dygnets mätningar. Oftast var valen av förhärskande vindriktning baserat på SMHI och HYSPLIT-data något subjektiv, eftersom vindarna varierade på ett komplicerat sätt, då det inte gick att välja ut den förhärskande vindriktningen med en specifik metod.

3.4. Käll/receptormodellering

Käll/receptor-modeller är multivariata statistiska modeller, som använder kemiska och fysiska karakteristiska data av källan (källprofil) och mätningar vid receptorn för att identifiera och kvantifiera källors bidrag till halterna uppmätta vid receptorstationen (Kristensson, 2015). Receptor-koncentrationer är summan av produkterna av källprofilerna och källbidragen, enligt:

$$x_{ij} \cong \sum_{k=1}^p a_{ik} f_{kj}, \quad (3)$$

Där x_{ij} är de uppmätta halterna vid receptorstationen av förorening i ($i = 1, m$) under mättillfälle j ($j = 1, n$). Parametern p motsvarar antal källor ($k = 1, p$) som är betydelsefulla för käll/receptor-modellen. Källprofilvektorn ($a_{1k}, a_{2k}, \dots, a_{mk}$) innehåller massfraktionerna a_{ik} av förorening i i källa k . f_{kj} är massbidraget från källa k under mättillfälle j .

Positive Matrix Factorization (PMF, Paatero, 1997) är ett multivariat faktoranalys-verktyg, som tar hänsyn till att olika källor har olika icke-variabla källprofiler, men där modellerade halter av x_{ij} tillåts variera. Modellen räknar själv ut källprofilerna och källbidragen utifrån dessa premisser genom att ta hänsyn till mätdata och deras osäkerheter. PMF är konstruerad att inte ta för stor hänsyn till extremvärden eller värden nära detektionsgränsen och tillåts inte producera icke-negativa källbidrag och halter.

I denna studie används US EPA (USAs Naturvårdsverk) PMF modell (US-EPA, 2018).

4. Halter av metaller och grundämnen i Landskronaluft

4.1. Stadshuset grovfraktionen

Vid Stadshuset gjordes 24 mätningar från 16 februari till och med 22 mars av både grov- och finfraktion. Vid grovfraktions-mätningarna i Stadshuset kunde följande ämnen identifieras från GeoPIXE-analysen; Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, och Pb, Tabell 4.1. För varje ämne räknades det ut en medelhalt, standardavvikelse, 10-percentil, median och 90-percentil ut enligt Tabell 4.1. Lägg märke till att vissa värden var lägre än blankvärdet, för de prover som låg under eller kring detektionsgränsen. Därmed är halten negativ.

P, Ti, Mn, Sr, och Pb ligger relativt ofta under detektionsgränsen. För V och As låg värdena mestadels under detektionsgränsen, varför inga värden för dessa ämnen presenteras i Tabell 4.1. Följande ämnen låg aldrig eller nästan aldrig över detektionsgränsen enligt GeoPIXE: Ga, Ge, Se, Rb, Y, Zr, Pd, Cd, Sn.

Tabell 4.1. Halter (ng/m³) av grundämneselement uppmätta för grovfraktionen vid Stadshuset för 24 olika mätningar, från 16 februari till och med 22 mars 2017.

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Sr	Pb
Medel	41	221	12.1	140	1690	58	180	6.0	4.0	1.42	127	0.66	13.9	11.5	3.0	0.64	4.4
Std	45	151	14.6	95	1510	31	140	6.3	2.9	1.99	135	0.60	55	26	3.5	0.85	9.7
10-perc	-15.6	50	-1.68	38	193	25	52	-1.00	0.89	-0.74	9.5	-0.130	0.051	0.94	0.48	-0.139	-0.37
Median	40	205	7.1	120	1540	59	155	5.3	3.7	1.21	92	0.63	1.38	4.3	2.1	0.41	1.09
90-perc	91	390	37	270	3700	95	340	12.2	7.4	4.2	230	1.34	8.9	13.8	8.6	1.88	16.6

4.2. Stadshuset finfraktionen

För Stadshuset finfraktionen kunde följande ämnen identifieras från GeoPIXE-analysen; Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, och Pb, Tabell 4.2. För varje ämne räknades det ut en medelhalt, standardavvikelse, 10-percentil, median och 90-percentil ut enligt Tabell 4.2. Lagg märke till att vissa värden var lägre än blankvärdet, för de prover som låg under eller kring detektionsgränsen. Därmed är halten negativ.

P, Ti, Mn, och Pb ligger relativt ofta under detektionsgränsen. För V, As och Sr låg värdena mestadels under detektionsgränsen, varför inga värden för dessa ämnen presenteras i Tabell 4.2. Följande ämnen låg aldrig eller nästan aldrig över detektionsgränsen enligt GeoPIXE: Ga, Ge, Se, Rb, Y, Zr, Pd, Cd, Sn.

Tabell 4.2. Halter (ng/m³) av grundämneselement uppmätta för finfraktionen vid Stadshuset för 24 olika mätningar, från 16 februari till och med 22 mars 2017.

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
Medel	40	80	10.2	360	720	67	44	0.97	4.8	0.41	51	1.08	1.97	9.8	0.94	3.9
Std	33	60	19.4	470	900	64	27	3.4	3.4	1.61	43	0.74	6.0	13.0	2.0	8.7
10-perc	5.7	7.1	-6.6	64	69	30	12.7	-1.34	1.56	-1.13	8.7	0.20	-0.57	1.07	-0.96	-0.55
Median	33	83	-0.45	210	340	47	43	-0.0164	4.0	-0.072	35	1.15	0.33	3.9	0.20	0.164
90-perc	72	161	41	710	1930	116	83	4.2	8.6	2.9	108	1.99	3.6	27	3.5	9.0

4.3. Lundåkrahamnen grovfraktionen

Vid Lundåkrahamnen gjordes 24 mätningar från 16 februari till och med 22 mars av både grov- och fin-fraktion. Vid grovfraktions-mätningarna i Lundåkrahamnen kunde följande ämnen identifieras från GeoPIXE-analysen; Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, och Pb, Tabell 4.3. För varje ämne räknades det ut en medelhalt, standardavvikelse, 10-percentil, median och 90-percentil ut enligt Tabell 4.3. Lägga märke till att vissa värden var lägre än blankvärdet, för de prover som låg under eller kring detektionsgränsen. Därmed är halten negativ.

P, Ti, Mn, och Pb ligger relativt ofta under detektionsgränsen. För V, As och Sr låg värdena mestadels under detektionsgränsen, varför inga värden för dessa ämnen presenteras i Tabell 4.3. Följande ämnen låg aldrig eller nästan aldrig över detektionsgränsen enligt GeoPIXE: Ga, Ge, Se, Rb, Y, Zr, Pd, Cd, Sn.

Tabell 4.3. Halter (ng/m^3) av grundämneselement uppmätta för grovfraktionen vid Lundåkrahamnen för 24 olika mätningar, från 16 februari till och med 22 mars 2017.

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
Medel	55	230	9.8	270	1660	68	143	6.2	6.4	2.1	127	1.35	2.8	7.2	3.0	21
Std	128	380	17.6	370	1930	80	188	20	11.2	5.1	200	3.65	5.9	15.1	4.4	88
10-perc	1.15	14.4	-5.3	36	29	10.6	15.5	-2.3	2.4	-0.73	14.2	0.01	-0.24	-1.75	-0.64	-3.0
Median	22	146	1.88	114	1040	32	72	1.15	3.9	0.32	54	0.66	0.39	1.66	1.30	-2.1
90-perc	73	330	31	490	4900	137	320	10.4	7.0	5.6	260	1.30	6.3	18.3	9.7	6.1

4.4. Lundåkrahamnen finfraktionen

För Lundåkrahamnen finfraktionen kunde följande ämnen identifieras från GeoPIXE-analysen; Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, och Pb, Tabell 4.4. För varje ämne räknades det ut en medelhalt, standardavvikelse, 10-percentil, median och 90-percentil ut enligt Tabell 4.4. Lägga märke till att vissa värden var lägre än blankvärdet, för de prover som låg under eller kring detektionsgränsen. Därmed är halten negativ.

P, Mn och Pb ligger relativt ofta under detektionsgränsen. För Ti, V och As låg värdena mestadels under detektionsgränsen, varför inga värden för dessa ämnen presenteras i Tabell 4.4. Följande ämnen låg aldrig eller nästan aldrig över detektionsgränsen enligt GeoPIXE: Ga, Ge, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Pd, Cd, Sn.

Tabell 4.4. Halter (ng/m^3) av grundämneselement uppmätta för finfraktionen vid Lundåkrahamnen för 24 olika mätningar, från 16 februari till och med 22 mars 2017.

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
Medel	29.97	93.50	11.18	333.27	421.40	68.39	26.40	4.49	0.35	60.14	1.22	0.07	11.06	1.91	13.56
Std	36.86	117.43	22.24	278.40	713.25	49.87	36.38	4.13	1.43	33.64	0.95	1.04	9.24	1.99	52.09
10-perc	3.17	17.41	-7.50	34.66	0.49	11.49	0.12	0.69	-1.12	19.83	0.05	-0.95	3.49	0.08	-2.16
Median	15.45	59.91	-0.08	236.01	147.19	51.99	16.10	3.39	0.08	64.17	1.19	-0.20	8.12	1.44	-0.47
90-perc	91.53	139.93	39.80	750.35	1069.47	133.63	56.36	10.67	2.42	93.85	2.59	1.69	24.99	4.48	5.76

4.5. Jämförelse med tidigare mätningar grovfraktion

I Tabeller 4.5-4.9 och Figurer 4.1 och 4.2, presenteras medelhalter för olika år för Stadshuset, Lundåkrahamnen, samt för Vavihill år 2000, som är en bakgrundsstation på Söderåsen. Vavihill ligger långt från lokala föroreningskällor, sånär som på enstaka hushåll i närheten som möjligtvis påverkar halterna vid vedeldning och i sällsynta fall skogsmaskiner vid skogsavverkning.

2017 togs 24 mätningar vid både Stadshuset och Lundåkrahamnen mellan 16 februari och 22 mars. 2008 togs 33 filterprover vid Stadshuset mellan 1 april och 19 maj, och 37 prover vid Lundåkrahamnen mellan 3 april och 16 maj. 2003 års mätningar skedde under en 5-veckors period under våren. 1988 års mätningar är från 4 veckor under vinter och vår, och 1977 års mätningar är från 16 dagar utspridda över ett halvt år. Vavihillmätningarna utfördes under nästan ett halvårstid januari till maj 2000.

Tabell 4.5. Medelhalterna (ng/m³) i grovfraktion uppmätta vid Stadshuset 1977, 1988, 2003, 2008 och 2017, och vid bakgrundsstationen Vavihill vid Söderåsen 2000.

	Bakgrund	Stadshuset	Stadshuset	Stadshuset	Stadshuset	Stadshuset
	2000	1977	1988	2003	2008	2017
Al			139	217.2	49.8	41
Si	90.1		529	843.2	192.7	220
P						12.1
S	107	200	278	225.8	39.4	140
Cl	575	340	259	960.1	38.6	1690
K	44.4	120	139	147.8	46.7	58
Ca	58.2	460	338	512.7	125.6	183
Ti	3.8	46	22	30.1	9.55	6
V		3.6		1.8	0.38	
Cr	0.9	1.7	3.8	1.4	4.26	4.1
Mn	1.6	8	7.7	7.1	6.16	1.42
Fe	42.1	400	241	193.6	149.2	127
Co	0.3				0.53	
Ni	0.2	2.3	1.2	0.9	1.14	0.66
Cu	0.5	11	3	6	2.19	13.9
Zn	1.8	39	18	15.7	11.2	11.5
Ga				0.2		
As				5.6	0.2	
Se	0.2			0.6	0.21	
Br	1.9	5	2.9	2.4	0.39	3
Rb				1.1	0.5	
Sr	0.4			1.8	0.57	0.64
Zr				0.7	0.18	
Sn				98.8	0.51	
Pb	1.2	120	25	44.4	7.04	4.4

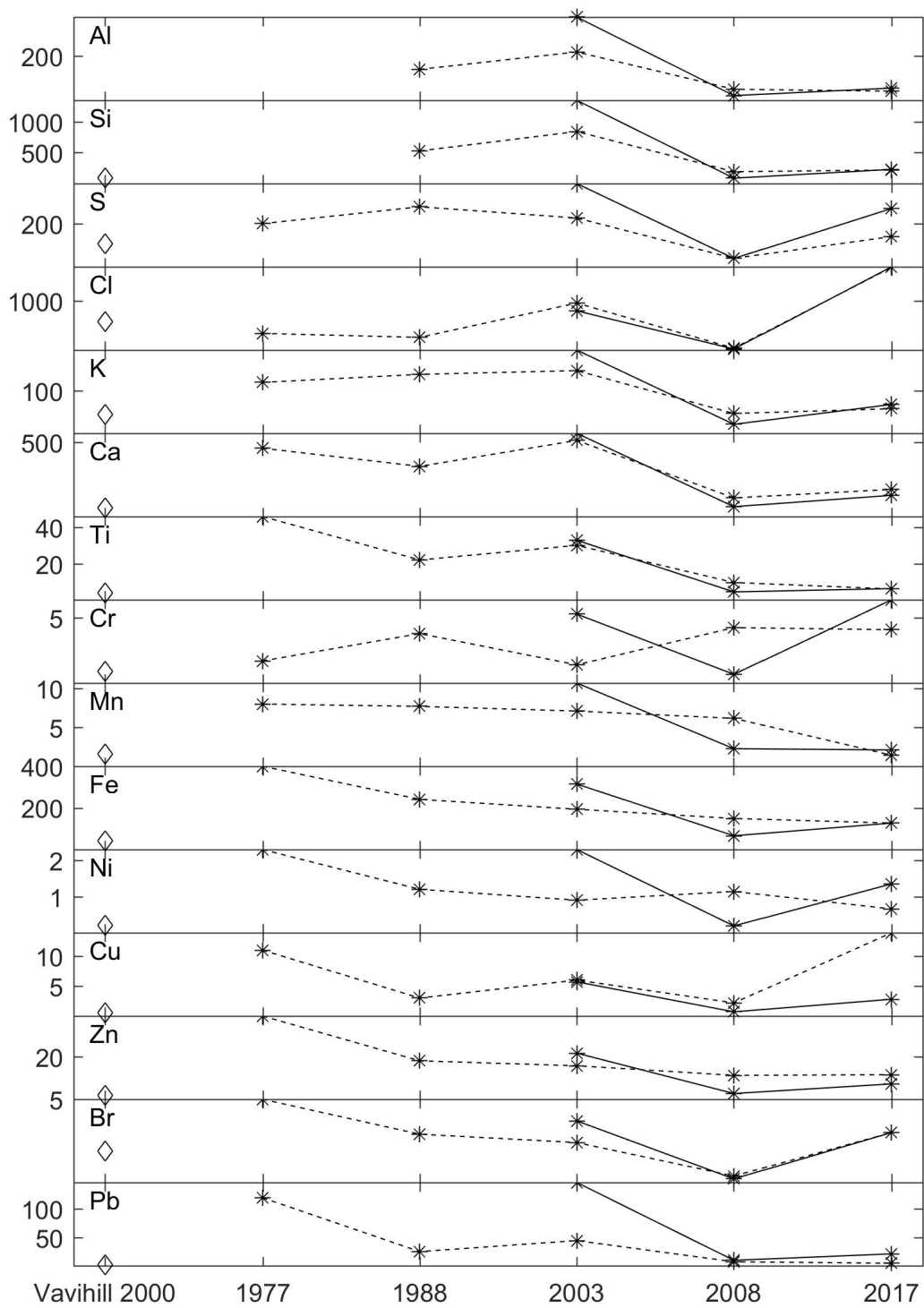
Halterna 2017 i grovfraktionen har för de flesta ämnen sjunkit sedan starten av mätningarna 1977 i centrum och sedan 2003 i Lundåkrahamnen, på grund av till exempel högre krav av rening från

bilavgaser och effektivare bränslemotorer (Tabeller 4.5 och 4.6). Undantaget är år 2008, vilket var det renaste året, förutom för vissa metaller. Det visade sig att även naturliga källor såsom havssprej och jordstoftspartiklar bidrog mindre under det året. Halterna av metaller från havssprejpartiklar och jordstoftpartiklar har generellt förståeligt nog inte konsekvent minskat sedan 1977 års mätningar. Halterna av dessa ämnen beror väldigt mycket på meteorologin det aktuella året, varifrån vindarna kom, och vilken säsong som mätningarna gjordes. Under våren är halterna jordstoftpartiklar till exempel högre än under vintern (Kristensson, 2005).

Tabell 4.6. Medelhalterna (ng/m^3) i grovfraktion uppmätta vid Lundåkrahamnen 2003, 2008 och 2017, och vid bakgrundsstationen Vavihill vid Söderåsen 2000.

	Bakgrund	Lundåkrahamnen	Lundåkrahamnen	Lundåkrahamnen
	2000	2003	2008	2017
Al		373.7	21.3	55
Si	90.1	1348.3	87.6	230
P				9.8
S	107	385.3	38.9	270
Cl	575	801	21.8	1700
K	44.4	196.2	21.2	68
Ca	58.2	560.5	66.6	143
Ti	3.8	32.9	4.36	6.2
V		2.5	0.17	
Cr	0.9	5.3	0.67	6.4
Mn	1.6	10.7	2.26	2.1
Fe	42.1	314.5	66.1	127
Co	0.3	4	0.08	
Ni	0.2	2.3	0.19	1.35
Cu	0.5	5.7	0.7	2.8
Zn	1.8	21.6	2.69	7.2
As		10.2	0.14	
Se	0.2		0.09	
Br	1.9	3.7	0.22	3.0
Rb		1.6	0.24	
Sr	0.4	2.8	0.2	
Sn		113	0.91	
Pb	1.2	147	9.61	21

Pb-halterna har sjunkit avsevärt från 1977 års mätningar vid Stadshuset, vilket beror på successivt borttagande av Pb från fordonsbränsle. Även sedan 2003 års mätningar har Pb-halterna minskat vid Lundåkrahamnen. Vi vet dock inte om det beror på att reningen från Boliden-Bergsoe har blivit bättre, eller om det oftare var vindar från Boliden-Bergsoe under 2003.



Figur 4.1. Medelhalterna (ng/m³) av grovfraktion uppmätta vid Stadshuset 1977, 1988, 2003, 2008 och 2017 (streckad linje), vid Lundåkrahamnen 2003, 2008 och 2017 (heldragen linje), samt vid Vavihill 2000.

4.6. Jämförelse med tidigare mätningar finfraktion

För finfraktionen gäller ungefär samma trender som för grovfraktionen, eftersom även havssprej och jordstoft delvis bidrar till partiklar mellan cirka 0.5 µm och 2.5 µm diameter i finfraktionen. Så, det är delvis samma källor i finfraktionen. Halterna av flera tunga metaller har minskat kraftigt från 1977 års mätningar. Det tyder på att reningen av inudstriförbränning och fordonsbränsle har blivit avsevärt bättre, även om vi inte har belägg för att det är det som har orsakat de lägre halterna för år 2017 jämfört med år 2003 och 2008. Det är framförallt i finfraktionen som förbränning är mest påtaglig.

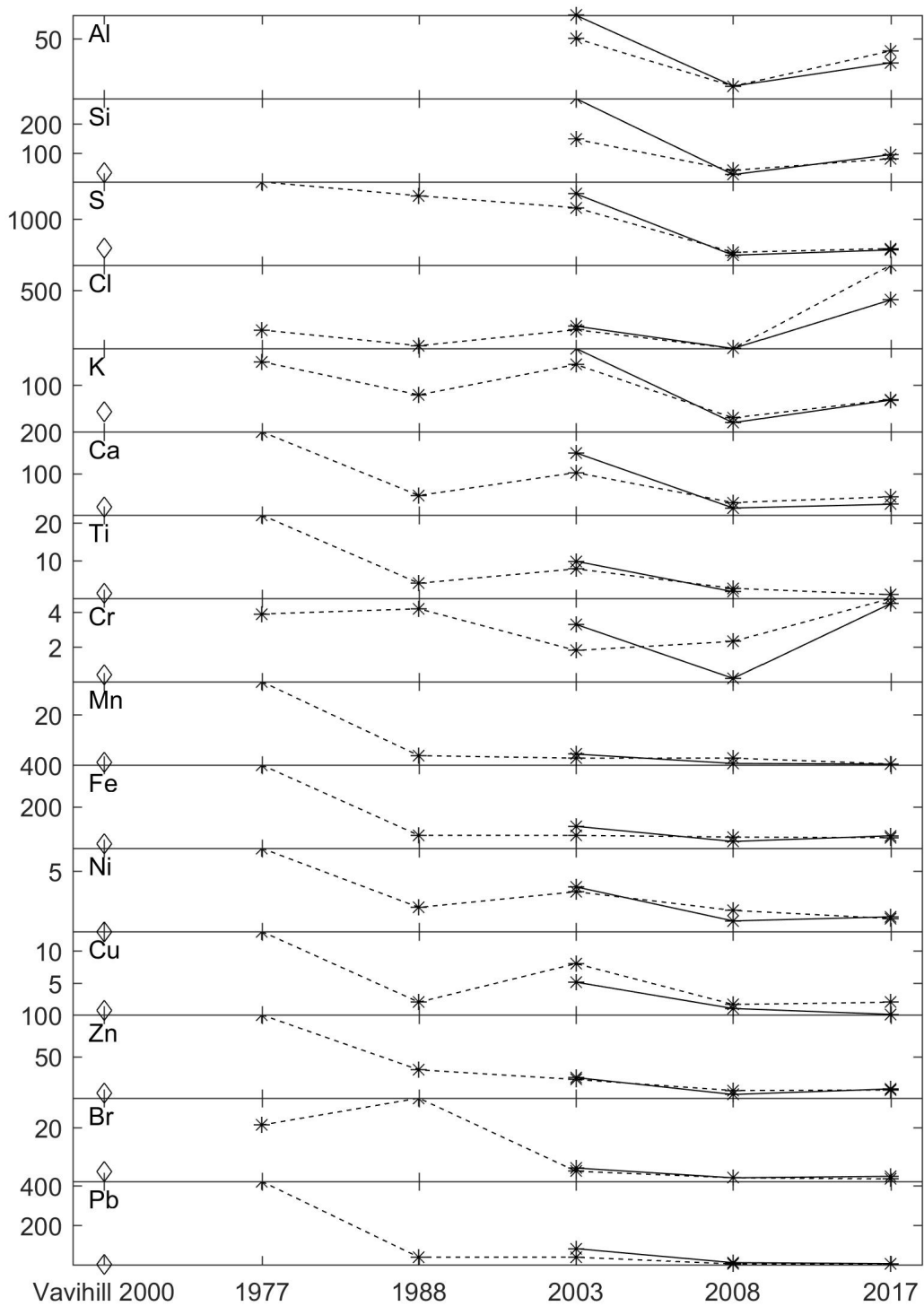
S i finfraktionen har minskat betydligt sedan 1977. Det beror bland annat på bättre rening från industri-förbränning och oljeförbränning och fossil kolförbränning sedan undertecknandet av Konventionen av gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP) och en skärpning av utsläppsgränserna kontinuerligt sedan 80-talet. Även S har minskat i sjöfartsbränslet i Nordsjön och Östersjöns så kallade "SECA" (sulphur emission control area)-områden.

Tabell 4.7. Medelhalterna (ng/m³) i finfraktion uppmätta vid Stadshuset 1977, 1988, 2003, 2008 och 2017, och vid bakgrundsstationen Vavihill vid Söderåsen 2000.

	Bakgrund	Stadshuset	Stadshuset	Stadshuset	Stadshuset	Stadshuset
	2000	1977	1988	2003	2008	2017
Al				50.4	10.4	40
Si	31.3			147	39.9	80
P						10.2
S	372	1800	1500	1241	277.8	360
Cl		160	24	162	0.2	720
K	43.1	150	79	144	29.9	69
Ca	19.2	200	47	102	30	44
Ti	1.3	22	4	7.8	2.65	0.97
V	0.4	13	3	9.3	2.64	
Cr	0.4	3.9	4.2	1.8	2.32	4.8
Mn	1	33	3.7	2.7	2.71	0.41
Fe	20.4	400	62	61.9	53.8	51
Ni	0	6.9	2	3.3	1.75	1.08
Cu	0.7	13	1.98	8	1.62	1.97
Zn	6.1	100	34	22.4	9.17	9.8
As				3.9	0.2	
Se	0.3			0	0.13	
Br	3.7	21	31	3.8	1.36	0.94
Sr				0.4	0.1	
Sn				35.9	0.04	
Pb	2.9	420	38	38.1	4.15	3.9

Tabell 4.8. Medelhalterna (ng/m³) i finfraktion uppmätta vid Lundåkrahamnen 2003, 2008 och 2017, och vid bakgrundsstationen Vavihill vid Söderåsen 2000.

	Bakgrund	Lundåkrahamnen	Lundåkrahamnen	Lundåkrahamnen
	2000	2003	2008	2017
Al		69.8	10.5	30
Si	31.3	287.2	25.2	94
P				11.2
S	372	1541.6	216.2	330
Cl		192.7	0.1	420
K	43.1	178.4	19.5	68
Ca	19.2	149.4	17	26
Ti	1.3	9.8	1.76	
V	0.4	10.3	1.67	
Cr	0.4	3.3	0.19	4.5
Mn	1	4.3	0.6	0.4
Fe	20.4	105.4	32.7	60
Ni	0.8	3.7	0.88	1.22
Cu	0.7	5.1	0.99	0.1
Zn	6.1	24.7	4.42	11.1
As		7.2	0.26	
Se	0.3	0.7	0.09	
Br	3.7	5	1.36	1.9
Sr		2.8	0.03	
Sn		47.7	0.25	
Pb	2.9	81.1	10.4	5.8



Figur 4.2. Medelhalterna (ng/m³) av finfraktion uppmätta vid Stadshuset 1977, 1988, 2003, 2008 och 2017 (streckad linje), vid Lundåkrahamnen 2003, 2008 och 2017 (heldragen linje), samt vid Vavihill 2000.

5. Resultat från källtilldelning

5.1. Ämnen under eller kring detektionsgränsen

Innan det är dags för käll/receptor-modellering, är det viktigt att särskilja ämnen som är lämpliga att använda som käll-markörer, och ämnen som inte är lämpliga, eftersom några av halterna ligger under detektionsgränsen. Det är också viktigt att identifiera vilka ämnen och markörer som relaterar till varandra för att få erfarenhet inför käll/receptor-modelleringen.

Som nämnts i kapitel 4.1-4.4 är några av ämnena genomgående kring eller under detektionsgränsen både i mätningarna i Stadshuset och i Lundåkrahamnen och både i grov- och finfraktion, så dessa kommer inte att användas i käll/receptor-modelleringen. Dessutom har vi några ämnen, som ligger både kring och under såväl som över detektionsgränsen. Dessa ämnen är Al, P, Ti, V, Mn, Sr, As, och Pb. Eftersom halterna av Al, Ti, och Mn samvarierar med halten av andra markörer för mineralpartiklar, såsom Si, Fe, och Ca, så behövs inte dessa ämnen för att identifiera mineralpartikelkällan. Käll/receptormodelleringen kan dessutom bli felaktig på grund av några halter under detektionsgränsen. Därför tas inte Al, Ti, och Mn med i käll/receptor-modelleringen. Däremot är det förstås viktigt att kartlägga deras halter ur ett hälsoperspektiv i Landskrona, såsom görs i kapitel 4.1-4.4. Situationen är likartad för Sr, som är spårämne för havspray-partiklar liksom Cl och Br. Därför tas inte Sr heller med i modelleringen.

Pb är också ofta under detektionsgränsen, men detta ämne är viktigt för hälsoeffekter av aerosolpartiklar och fokus för denna studie, varför vi ändå tar med det i modelleringen, även om det kan försämra noggrannheten i källtilldelningen.

P samvarierar inte med något annat ämne, kan förstöra käll/receptormodelleringen på grund av att några värden ligger under detektionsgränsen, och har inte några kända hälsoeffekter. Därför tas det inte upp i modelleringen. Dock bra att veta att P har sina egna källor i atmosfären, som inte verkar samvariera med något annat ämne i nämnvärd omfattning. P har höga halter vid enstaka tillfällen. Därför är medelvärdet högt, medan medianvärdet är lågt för alla mätplatser och bägge fraktioner (Tabeller 4.1-4.4). Det är viktigt att kartlägga halterna och källorna till P, eftersom det kan handla om övergödning av haven och förluster av P från jordskorpan, som är viktigt för jordens bördighet.

5.2. Generell samverkan mellan markörer i grovfraktionen

Det finns några ämnen som tydligt samvarierade med varandra i grovfraktionen (PM10 – PM2.5) både vid Stadshuset och i Lundåkrahamnen, nämligen Si, K, Ca, och Fe. Dessa är markörer för mineralpartiklar eller så kallade jordstoftpartiklar. Det verkar inte vara någon särskild vindriktning associerad med dessa ämnen, vilket är förväntat då dessa mineralpartiklar kan härstamma från jordbruksfält i alla vindriktningar, det vill säga Danmark, Tyskland, Skåne, Halland, Småland, Blekinge och Polen, eller från torr- och ökenområden i till exempel Spanien, Ryssland eller Sahara. Dessutom kan de härstamma från asfaltslitage på våra vägar. Det relativa bidraget från de olika mineralpartikelkällorna är okänt. Under tiden som byggnationer pågick cirka 50 m SSV om Stadshuset, kanske även mineralpartiklar från byggnationerna bidrog till halterna i Landskrona stad. Dock är halterna i Stadshuset inte högre än i Lundåkrahamnen, vilket skulle tyda på att stadens byggnation inte bidrog mycket till halterna.

Vi förväntar oss låga halter av små nanopartiklar från förbränning, eftersom grovfraktionen är för partiklar större än 2.5 µm i diameter. Förbränning kan dock bidra genom att gaser från förbränning kondenserar på existerande icke-förbränningspartiklar. Därigenom kan dessa innehålla ämnen från förbränning, även om de ursprungliga inte är från förbränning. Ett sådant exempel är svavel från till exempel svaveldioxid och svavelsyra, som kondenserar på existerande partiklar. S korrelerar delvis med andra långdistanstransporterade källor, vilket tyder på att det är en markör för långdistanstransporterat sulfat från tidigare förbränning över kontinenten. Dels korrelerar det med jordstoftmineraler, och dels med Cr och Ni som förmodligen också kommer från förbränning. Sulfat kan också komma från havet indirekt via oxidation av gasformigt DMS från plankton (non-sea-salt sulphate) och via primära emissioner av havssalt-partiklar (sea-salt sulphate). Det samvarierar i viss mån med Cl och Br, vilket tyder på att havet bidrar till halten av S.

Cl och Br samvarierar och är markörer för havssalt-partiklar. Dessutom är västliga vindar från havet vanliga tillsammans med höga halter Cl och Br.

Cu och Zn samvarierar. Varifrån dessa ämnen kommer är inte helt känt. Den högsta halten vid Lundåkrahamnen inträffar vid SV vindar, vilket tyder på Scandust eller hamnområdet som källa. Även Cr och Ni och Fe är höga vid detta tillfälle. Scandust har en Zn-damm-deponi. Kanske dammar det från den. Visserligen pågick inte aktivitet vid Scandust under mätningarnas gång. Å andra sidan kan Zn-deponin ändå damma på grund av vind över det öppna deponiområdet. Någon enstaka gång är det östliga vindar med relativt höga halter Cu och Zn. Det finns privata båtar uppe på land öster om mätstationen vid Lundåkrahamnen. Gammal båtfärg kan eventuellt flagna från båtarna eller skrubbas bort för hand, eller så kan dessa ämnen komma från färsk båtmålning. Prosper (2017) har registrerat viss aktivitet med båtmålning under mätperioden. Något förhöjda halter förknippas med VSV vindar vid Stadshuset, vilket tyder på källor från centrala hamnen.

Cr och Ni samvarierar. Från tidigare rapporter är det känt att det förmodligen kommer från Scandust. Det stämmer också med förhärskande vindriktning vid höga halter och sydvästliga till västliga vindar vid Lundåkrahamnen. Å andra sidan var aktiviteterna vid Scandust vid mättillfället måttliga på grund av nedstängningen av fabriken mellan januari och april 2017.

Pb har tidigare knutits till aktiviteterna vid Boliden-Bergsoe. Det är troligt att så även är fallet nu, eftersom höga halter uppmäts vid västliga till nordliga vindar för mätningar i Lundåkrahamnen och vid sydliga vindar för mätningar i Stadshuset.

Slutligen bör nämnas att K verkar samvariera något med markörer från flera olika källor, Ca (från mineralpartiklar), Br (från havssalt-partiklar), och S (från långdistanstransporterad förbränning, havssalt-partiklar och DMS oxidation). Detta är förväntat, och K kan även vara markör för ytterligare källor, till exempel vedeldning.

5.3. Generell samverkan mellan markörer i finfraktionen

Ämnena i grovfraktionen påverkar även finfraktionen, eftersom även partiklar kring och under 2.5 μm i diameter i den så kallade finfraktionen innehåller en stor andel partiklar från grovfraktionen. Grovfraktionen bidrar ända ner till cirka 0.5 μm i diameter.

S som är markör för långdistanstransporterad kondenserad partikel i grovfraktionen och havssalt-partiklar och DMS kan även vara det i finfraktionen. Det kan även vara markör för partiklar emitterade direkt vid förbränning i finfraktionen, och kan vara både långdistanstransporterade och från lokala förbränningskällor. Eftersom S i finfraktionen både i staden och i hamnen verkar korrelera i viss mån med till exempel K, Ni, Cr, Cu, och Zn kan det eventuellt indikera en förbränningskälla som innehåller en del S, eller att S är långdistanstransporterat från ungefär samma områden som förbränningspartiklarna.

Cr, Fe, Ni, Zn, Cu, och Pb korrelerar tidvis med varandra i Stadshusets finfraktion och är också förknippat med sydliga till sydvästliga vindar, vilket knyter dessa ämnen till centrala hamnen, hamnområdet, Scandust och/eller Boliden-Bergsoe. De sistnämnda källorna ligger lite längre från Stadshuset, varför de kan påverka på en och samma gång vid sydliga eller nära sydliga vindar. Det finns också tillfällen med sydöstliga vindar när Pb definitivt kommer från Boliden Bergsoe-området. Den här gången är det kanske inte väldigt troligt att Cu och Zn har med båtfärg att göra, eftersom man kan tro att båtfärgens påverkan enbart är lokal för privata småbåtar i Lundåkrahamnen och inte kan påverka halterna i Stadshuset i nämnvärd omfattning.

K korrelerar återigen med många olika ämnen, till exempel med Br, som i sin tur överraskande nog inte samverkar i stor grad med Cl. Detta är överraskande, eftersom Cl och Br bägge tros härstamma från havssalt-partiklar. Kanske har de ibland inte samma källa i finfraktionen i Landskrona? Br i Sverige kan nämligen delvis härstamma från förbränning och mineralpartiklar (Kristensson, 2005).

Slutsatserna från kapitel 5.2 och 5.3 baseras delvis på analyser från uppmätta data och har inget att göra med den riktiga källtilldelningen som görs i kapitel 5.4 och 5.5. Resultaten från källtilldelningen kan komma att bli annorlunda än förväntat från denna preliminära analys.

5.4. Källtilldelning Stadshuset grovfraktionen

Käll/receptormodelleringen utfördes separat för Stadshuset och Lundåkrahamnen, och även fin- och grovfraktionen, eftersom vi märkte att det fanns vissa ämnen som inte samvarierade mellan de olika mätplatserna och fraktionerna. Det gav för många källor och dåligt fungerande käll/receptormodell vid en ihopslagning. Därför bestämdes det att modelleringen skulle göras för Stadshuset och Lundåkrahamnen för sig och med fraktionerna separerade. Olika källor korrelerade rätt så väl med varandra på grund av de härstammade från liknande vindriktningar. Men, vi visste på förhand att källorna skulle vara olika, varför vi tvingade modellen att separera källorna längre från varandra, det vill säga vi tvingade fram en polarisering. Det gjordes genom att sätta FPEAK-parametern i modelleringen till högre än 0.

Från mätningarna vid Stadshuset i Landskrona centrum och käll/receptormodelleringen ser man att det i princip finns sex källor som bidrar till metaller och andra grundämnen i luftburna partiklar i grovfraktionen (Figur 5.1, Figur 5.2, och Tabell 5.1):

1. Långdistanstransporterade havssprejpartiklar
2. Lokala, närregionala och långdistanstransporterade jordstoftpartiklar
3. Fe/Zn-källa
4. Pb-källa
5. Cr/Ni-källa
6. Cu/Zn-källa

Vid den aktuella käll/receptormodelleringen användes en polarisering av källor med FPEAK-parameter i PMF-modellen lika med 0.5.

Tabell 5.1. Det genomsnittliga absoluta bidraget ($ng\ m^{-3}$) till halterna av olika ämnen i Stadshuset grovfraktionen för varje källa enligt PMF-modellen. Dessa kan också användas som källprofil i annan käll/receptor-modellering. I tabellen anges även andelen av den modellerade totalhalten i % av den uppmätta halten.

	Havet	Jordstoft	FE_Zn	Pb	Cu_Zn	Cr_Ni	modellsumma	Modell/mätning (%)
Si	0	74	0	13.6	0	136	224.2	101
S	66	60	0	4.0	2.9	1.84	134.6	96
Cl	1650	0	0	44	0	0	1693.0	100
K	23	22	0.72	3.6	0	9.6	58.8	101
Ca	0	178	0	0	4.7	0	183.1	100
Cr	0.97	0	0	0	0.026	2.4	3.4	85
Fe	0	38	86	3.8	0	0	127.9	101
Ni	0.070	0.100	0.0196	0	0	0.44	0.6	96
Cu	0	0	0	0	13.9	0	13.9	100
Zn	0	0	7.3	0	4.4	0	11.6	101
Br	3.0	0	0	0	0.0094	0.048	3.1	101
Pb	0	0	0	4.4	0	0	4.4	101

Havssprejkällan domineras av Cl och Br (Tabell 5.1). Även S, som möjligtvis härstammar från "sea-salt sulphate" är med i denna källa. Källan är anrikad med Cr, vilket vi tror kommer från industriområdet eller förbränning från långdistanstransport. Detta kan även vara anledningen till att S korrelerar med denna källa. Sprejkällan bidrar frekvent till relativt höga halter av Cl och (och

inte enbart vid enstaka tillfällen) (Figur 5.2), eftersom det är en långdistanstransportkälla. Högsta halterna är från V vindar, det vill säga havet (Figur 5.2).

Jordstoftkällan innehåller som väntat Si, K, Ca, Fe, och Ni (Tabell 5.1). Jordskorpan innehåller även Cr, Cu, Zn, Br, och Pb. Men, eftersom de andra källorna som innehåller dessa ämnen dominerar över jordstoftkällan för dessa element, så har modellen valt att inte tillsätta dessa ämnen till jordstoftkällan, utan bara till de andra källorna, delvis på grund av $FPEAK=0.5$. Jordstoftkällan bidrar ofta till halterna i Landskrona (och inte enbart vid enstaka tillfällen), eftersom det delvis är en långdistanstransportkälla (Figur 5.2).

Fe/Zn-källan har måttliga halter för nästan alla vindriktningar, och samvarierar något med jordstoftkällan vid flera tillfällen (Figur 5.2). Alltså, ska det vara en del av jordstoftkällan. Jordskorpan innehåller ju dessa element, som nämnts i stycket ovan. Vid tre tillfällen är halterna av Fe och Zn mycket höga, vilket tyder på en betydande lokal källa, framförallt vid SSV vindar (Figur 5.2). Kanske kommer dessa höga halter från hamnområdet, eller från Scandust. Dessa höga värden samvarierar något med Cr/Ni- och Cu/Zn-källan också (Figur 5.2), vilket tyder på en lokal metallkälla från detta område.

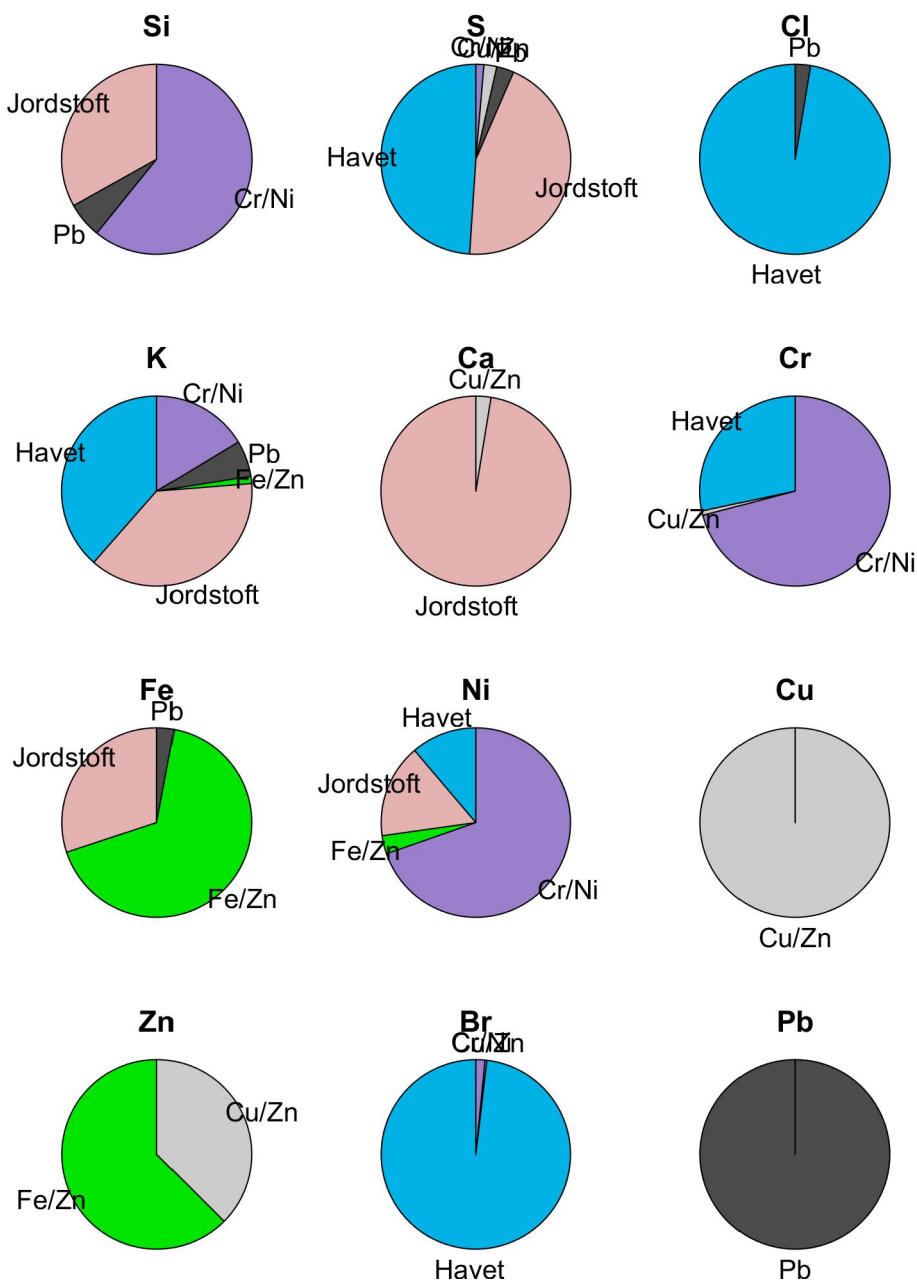
Höga halter Pb i Pb-källan (Figur 5.1) kommer sannolikt från Boliden-Bergsoe. Det är höga halter Pb vid SÖ vindar från Boliden-Bergsoe (Figur 5.2). Det är även höga halter under SV vindar. Man måste dock tänka på att vinden tidvis kan ha kommit från en mer SÖ riktning även om SV vindar dominerade under de två provtagningstillfällena med vindar från SV. Pb-källan är anrikad med andra ämnen, vilket antingen beror på att även andra ämnen släpps ut från Boliden-Bergsoe, eller att Pb-källan delvis samvarierar med andra källor.

Måttliga Cu/Zn-halter i Cu/Zn-källan (Figur 5.1) kommer sannolikt från centrala hamnområdet i Landskrona (SV vindar, se Figur 5.2), men från okänd lokal källa inom centrala hamnområdet, se diskussion i kapitel 5.2. Höga halter däremot verkar komma från SSV-dominerade vindar. Även om Scandust och hamnområdet ligger mer åt S, så kan vindarna tidvis vara från S, även om de mestadels är SSV, och partiklarna kan alltså komma från hamnen och Scandust.

Halterna av Cr och Ni i Stadshuset är lägre än i Lundåkrahamnen för Fe/Zn-källan, vilket tyder på att staden inte genererar nämnvärt med dessa partiklar i grovfraktionen (jämför Tabell 5.1 med 5.3). Cr och Ni skulle annars kunna vara markörer för förbränningspartiklar, även från långdistanstransport. Å andra sidan, är förbränningspartiklar mest i finfraktionen. Vid tre tillfällen med relativt höga halter av Cr och Ni, samvarierar dessa med Fe/Zn-källan, vilket tyder på en hamnområdes- eller Scandust-källa. Källan samvarierar även något med jordstoft-källan, vilket tyder på att åtminstone delar av Cr och Ni kommer från jordstoft. Källan är också kraftigt anrikad med Si, som kommer från jordstoft.

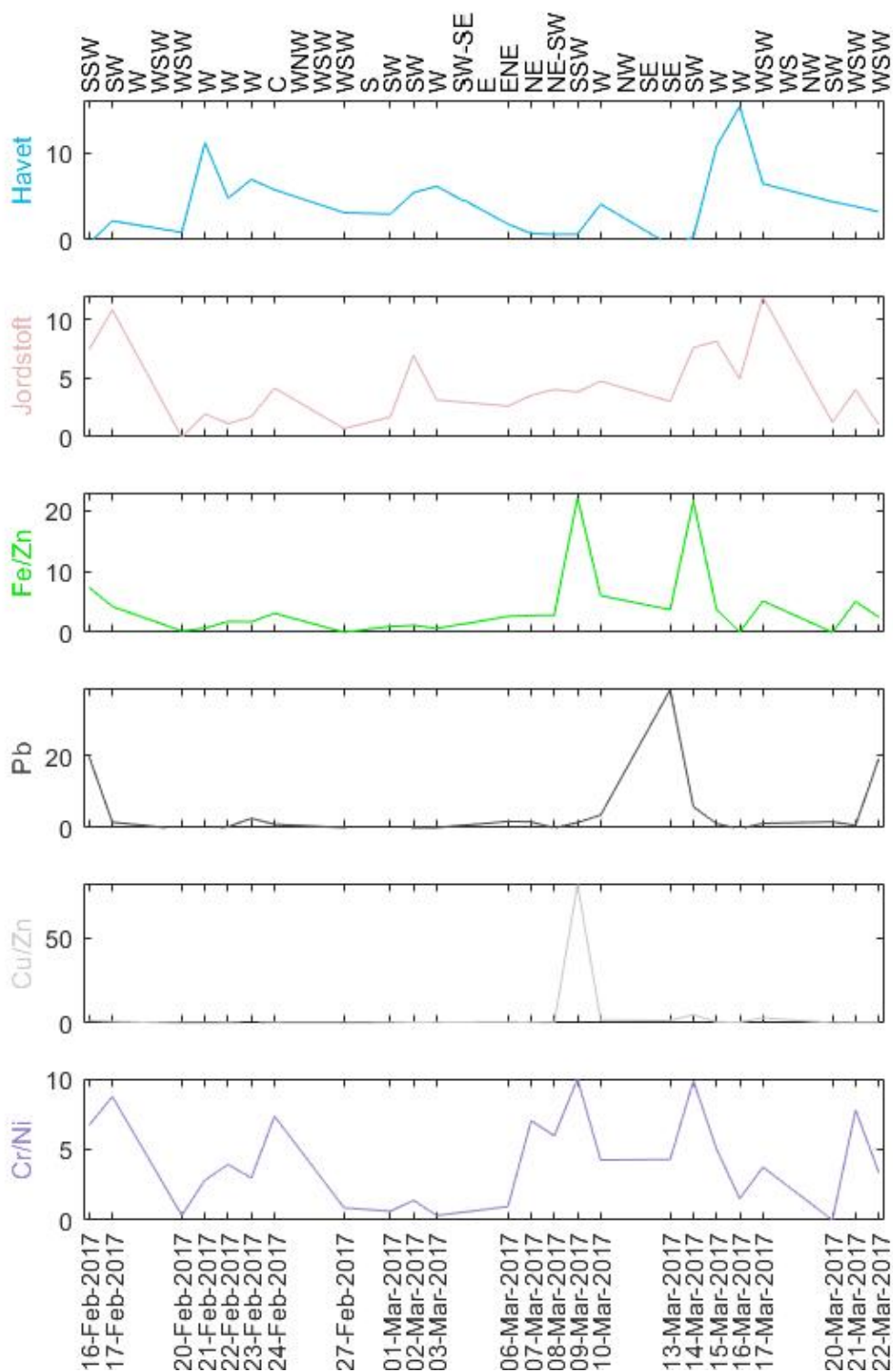
Eftersom Cr och Ni-källan egentligen verkar vara en del av Fe/Zn-källan och jordstoftkällan, provade vi även att köra PMF-modellen med 5 källor istället för 6. Tyvärr, gav en körning med enbart 5 källor mycket sämre modelleringsresultat, varför vi var tvungna att ge upp det försöket.

Tilldelningen av Cr mellan olika källor är trots allt inte tillräcklig, enbart 85 % av uppmätt halt fångas av PMF-modellen (Tabell 5.1). Hade behövts en sjunde källa för att fånga halterna av Cr tillräckligt väl. Men, PMF med 7 källor gav inte någon mening. Modellerade halter av alla andra ämnen är tillräckligt precisa, och ligger kring 100 % av uppmätt värde (Tabell 5.1).



Stadshuset grovfraction

Figur 5.1. Relativa bidraget till halterna av de 12 olika ämnena i käll/receptormodelleringen av Stadshuset grovfractionen från de 6 olika källorna; 1. Havspartiklar, 2. Jordstoftpartiklar, 3. Fe/Zn-källan, 4. Pb-källan, 5. Cr/Ni-källan, och 6. Cu/Zn-källan.



Figur 5.2.. Relativa bidraget i % under olika dagar för var och en av källorna från PMF-modellen för Stadshuset grovfraktion. Totala bidraget under hela perioden från en källa är 100 %. Överst i grafen förhärskande vindriktning de olika dagarna. Märk att alla måndagsprover är insamlade fredag morgon till och med måndag morgon. Vindriktning C = varierande.

5.5. Källtilldelning Stadshuset finfraktionen

Källtilldelningen för finfraktionen i Stadshuset återfinns i Tabell 5.2, Figur 5.3 och Figur 5.4. Följande källor bidrog till halterna vid en FPEAK-parameter satt till 0.5:

1. Långdistanstransporterade havssprejpartiklar
2. Lokala, närregionala och långdistanstransporterade jordstoftpartiklar
3. Fe/Zn-källa
4. Pb-källa
5. Cu/Zn-källa
6. Cr/Ni-källa
7. Åldrade partiklar-källa

Tabell 5.2. Det genomsnittliga absoluta bidraget ($ng\ m^{-3}$) till halterna av olika ämnen i Stadshuset finfraktionen för varje källa enligt PMF-modellen. Dessa kan även användas som källprofil i käll/receptor-modellering. I tabellen anges även andelen av den modellerade totalhalten i % av den uppmätta halten.

	Havet	Jordstoft	FE_Zn	Pb	Cu_Zn	Cr_Ni	Åldrad	Mod-sum	Mod/mätning (%)
Si	0	33	0	0	0	48	0	81	100
S	0	0	0	0	0	0	370	370	103
Cl	721	0	0	0	0	0	0	721	100
K	16.5	0	41	9.5	0	0	0.151	67	98
Ca	9.6	35	0	0	0	0	0	44	101
Cr	0	0	0	0	0	4.8	0	4.8	101
Fe	0	24	15.9	0.0105	4.7	7.3	0	52	101
Ni	0	0.146	0.065	0	0.097	0.75	0	1.06	98
Cu	0	0	0	0	2.1	0	0	2.1	107
Zn	0	0	8.7	0	1.5	0	0	10.2	103
Pb	0	0	0	4.0	0	0	0	4.0	104

Finfraktionen vid Stadshuset innehöll liksom grovfraktionen också en havssprejkälla, som bidrog till halterna av Cl och Br. Br ingick dock inte i PMF-modellering på grund av för många värden under detektionsgränsen, utan vi såg att Br samvarierade med Cl. Även K ingår i källan (Tabell 5.2).

Eftersom även PM2.5-fraktionen innehåller grova partiklar, märktes ett högt bidrag till olika ämnen även för jordstoftkällan. Karakteristiska element för denna källa är Si, Ca, Fe och Ni (Tabell 5.2). Precis som för grovfraktionen saknas några element i jordstoftkällan, det vill säga K, Cr, Cu, Zn och Pb (Tabell 5.2). Dessa ämnen ingår också i jordskorpan och borde återfinnas i jordstoftkällan. Som nämndes för grovfraktionen i Kapitel 5.4., kan deras avsaknad i jordstoftkällan bero på att dessa ämnen tydligare fördelas till andra källor.

Liksom tidigare finns här en Fe/Zn-källa med måttliga halter för olika vindriktningar, och delvis samvariation med jordstoftkällan, vilket skulle tyda på att en del av Fe och Zn kommer från jordstoft (Figur 5.4). Två dagar är halterna högre av Fe och Zn vid SSV till SV förhärskande vindriktningar (Figur 5.4). Möjligtvis härstammar luften delvis från hamnområdet eller Scandust i detta fall. Det är inte samma dagar som Fe och Zn är som högst i grovfraktionen.

Pb-källan visar höga halter av Pb samma dagar som för grovfraktionen, där källan troligen är Boliden-Bergsoe (Figur 5.4).

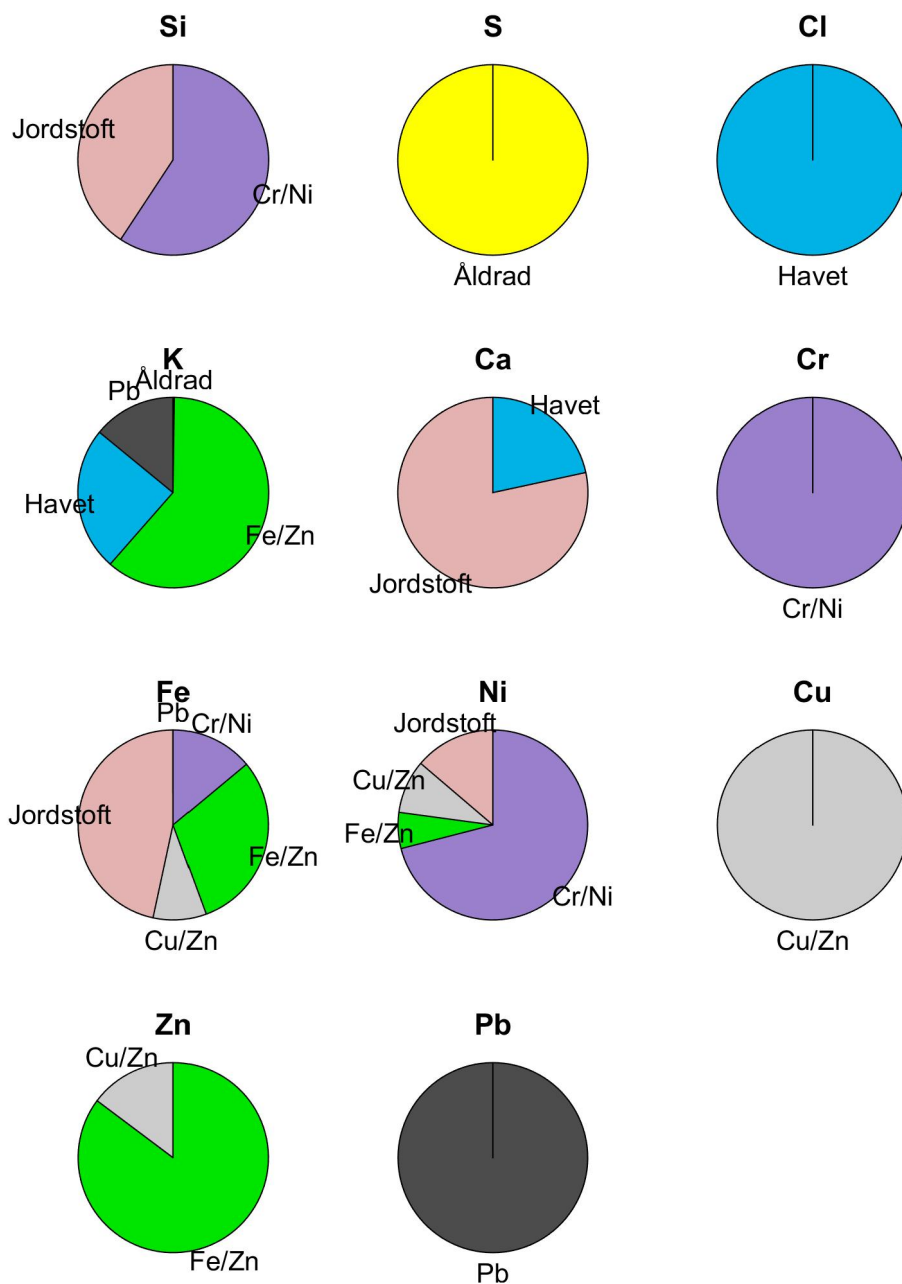
Cu/Zn-källan visar även den höga halter vid samma tidpunkt som för grovfraktionen.

Cr/Ni-källan samvarierar delvis med jordstoftkällan och är anrikad med Si och Fe, varför en del av Cr och Ni säkert kommer från denna källa (Tabell 5.2). En fossil förbränningskälla kan inte uteslutas som en delförklaring till halterna av Cr och Ni. Högsta halterna uppmäts samtidigt som Fe/Zn-källan, varför den andra delen av denna källa förmodligen härstammar från Fe/Zn-källan. Detta är liknande den situation som var för grovfraktionen.

En ytterligare, 7:e källa uppträder i finfraktionen jämfört med grovfraktionen, nämligen åldrade partiklar från långdistanstransport. S är det dominerande ämnet här. Denna källa är väntad för finfraktionen, eftersom svaveldioxid eller sulfat under långdistanstransport kan komma att kondensera (fastna på) existerande nanopartiklar under långdistanstransport, eller att det är förbränningspartiklar från till exempel kolkraft eller sjöfart som innehåller S.

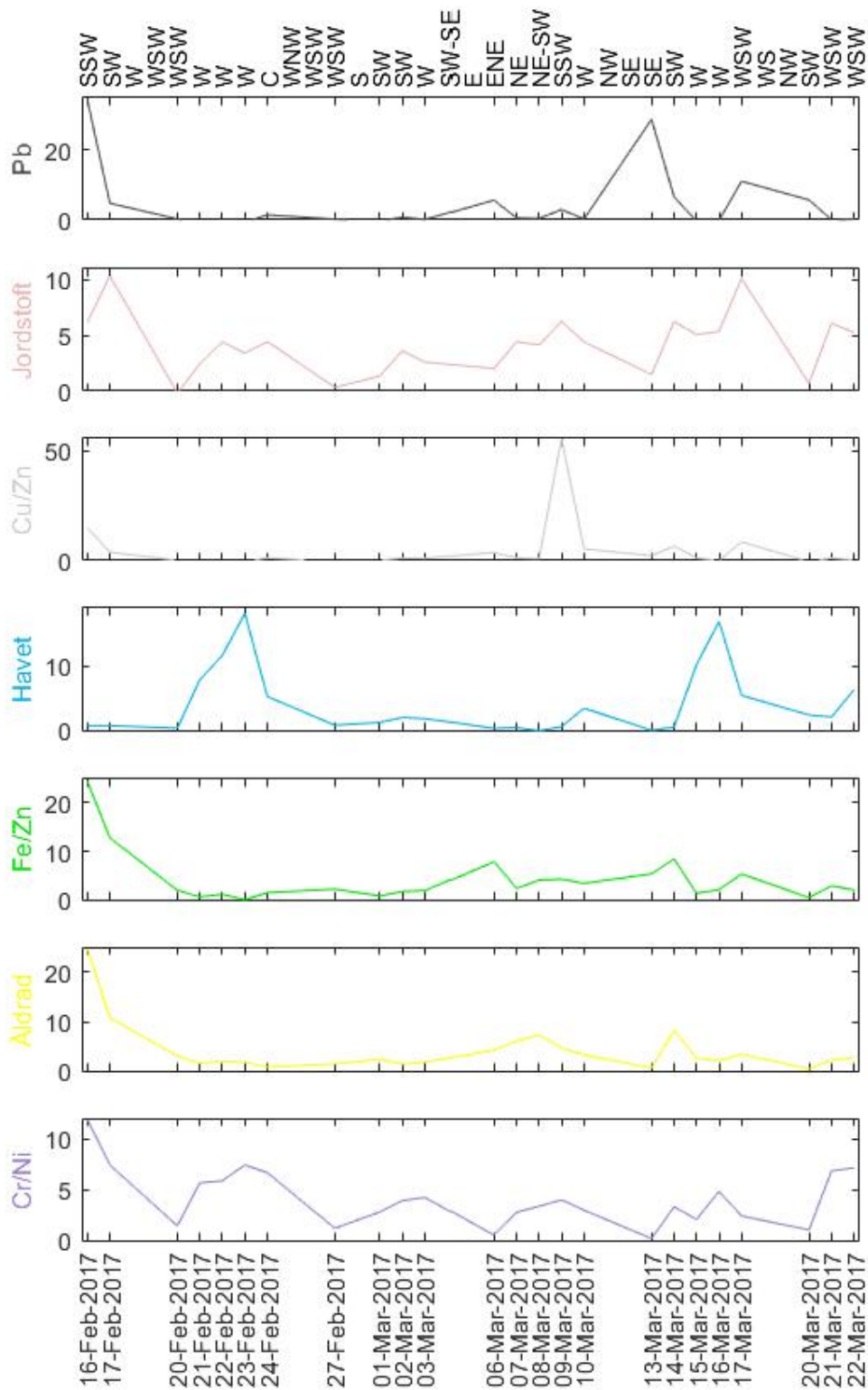
Modellen var tillfredsställande på att bestämma modellerade halter i jämförelse med uppmätta halter (Tabell 5.2).

Pb
 Jordstoff
 Cu/Zn
 Fe/Zn
 Cr/Ni
 Havet
 Åldrac



Stadshuset finfraktion

Figur 5.3. Relativa bidraget till halterna av de 11 olika ämnena i käll/receptormodelleringen av Stadshuset finfraktionen från de 7 olika källorna; 1. Pb-källan, 2. Jordstoffpartiklar, 3. Cu/Zn-källan, 4. Havet, 5. Fe/Zn-källan, 6. Åldrac-källan, och 7. Cr/Ni-källan.



Figur 5.4. Relativa bidraget i % under olika dagar för var och en av källorna från PMF-modellen för Stadshuset finfraktion. Totala bidraget under hela perioden från en källa är 100 %. Överst i grafen förhärskande vindriktning de olika dagarna. Märk att alla måndagsprover är insamlade fredag morgon till och med måndag morgon. Vindriktning C = varierande.

5.6. Källtilldelning Lundåkrahamnen grovfraktionen

Även för grovfraktionen i Lundåkrahamnen gjordes en PMF-körning med FPEAK-parameter 0.5, vilket passade bäst för de aktuella data (Figur 5.5, Figur 5.6, Tabell 5.3). 6 källor identifierades enligt:

1. Långdistanstransporterade havssprejpartiklar
2. Cr/Ni-källa
3. Cu/Zn-källa
4. Lokala, närregionala och långdistanstransporterade jordstoftpartiklar
5. Åldrade partiklar-källa
6. Pb-källa

Tabell 5.3. Det genomsnittliga absoluta bidraget ($ng\ m^{-3}$) till halterna av olika ämnen i Lundåkrahamnen grovfraktion för varje källa enligt PMF-modellen. Dessa kan också användas som källprofil i käll/receptor-modellering. I tabellen anges även andelen av den modellerade totalhalten i % av den uppmätta halten.

	Havet	Cr/Ni	Cu/Zn	Jordstoft	Åldrad	Pb	Mod-sum	Mod/mätning (%)
Si	1.23	110	53	59	0	7.9	230	100
S	0	0	0	0	270	0	270	101
Cl	1600	0	0	0	0	50	1700	100
K	18.4	9.9	7.0	12.2	19.3	1.87	69	101
Ca	37	0	0	110	0	0	143	100
Cr	0	6.4	0	0	0	0	6.4	99
Fe	0	22	27	61	9.3	7.6	127	100
Ni	0	1.26	0	0	0	0.0102	1.27	93
Cu	0	0	2.8	0	0	0.075	2.9	103
Zn	0.91	0	5.2	1.89	0	0	8.0	112
Br	2.7	0	0	0.33	0.149	0	3.2	106
Pb	0	0	0	0	0	21	21	100

Havskällan i grovfraktionen Lundåkrahamnen har ungefär samma källbidrag som i grovfraktionen i Stadshuset, vilket tyder på att mätningarna i grovfraktionen stämmer överens. Havskällans styrka i Landskrona är oberoende av om vi befinner oss i Stadshuset eller Lundåkrahamnen, eftersom det är en långdistanstransporterad källa.

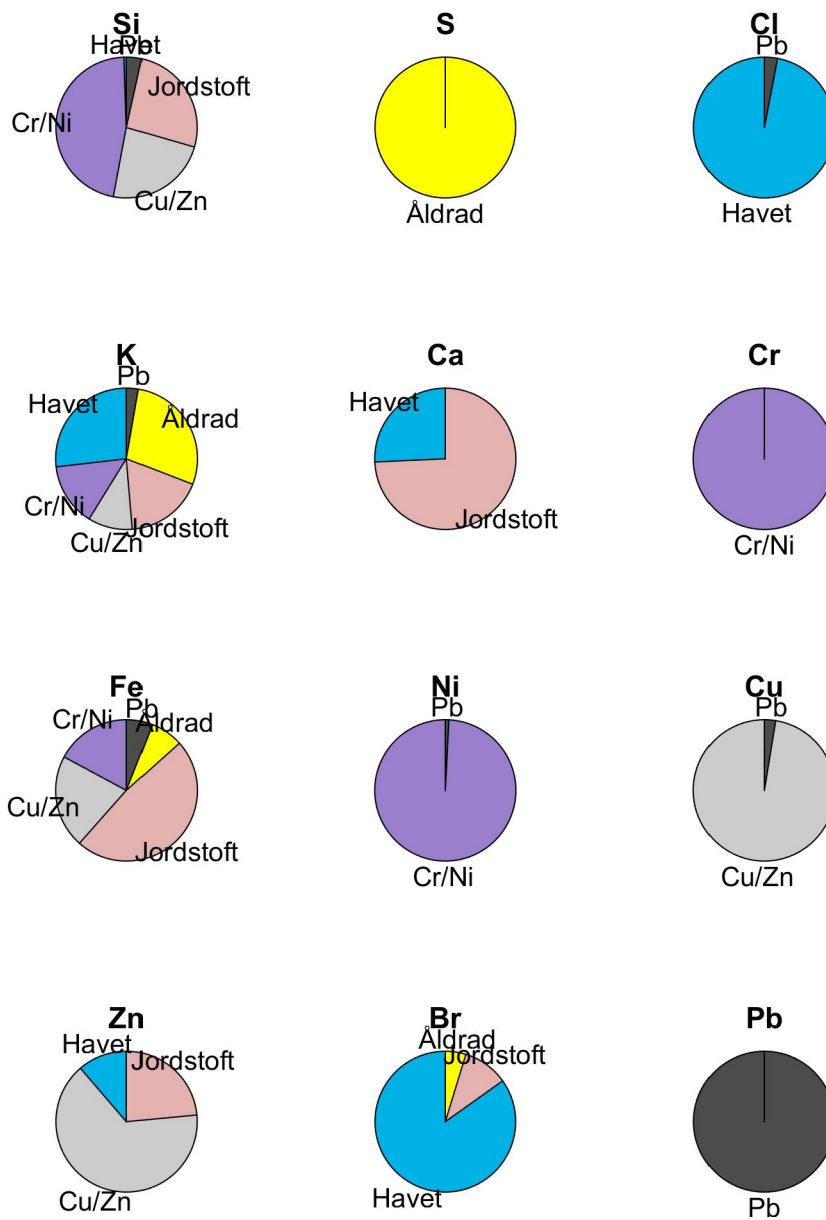
Den högsta halten från Cr/Ni-källan är för den 14:e mars med vindar från Scandust och hamnområdet (Figur 5.5). Även stora bidrag i Cu/Zn-, Jordstoft, och åldrad källan bidrog mycket då. Även om åldrad-källan i normala fall är indikativ för en långdistanstransportkälla, så tyder vindriktningen och de höga metallhalter på att det ändå är en lokal aktivitet som föranlett höga halter av de flesta ämnena förutom Cl, Br, och Pb. Även vid Stadshuset var halterna relativt höga, men ändå mycket lägre än vid Lundåkrahamnen. Detta tyder återigen på en lokal källa. Fe/Zn saknas som en egen källa, vilket stöder vår förra hypotes för Stadshuset, att Cr/Ni egentligen inte är en egen källa, utan samvarierar med jordstoft-källan, och en källa som innehåller Fe, Zn, och Ni. Fe, och Ni är anrikade i Cr/Ni-källan. Även Cu/Zn-källan samvarierar något med Cr/Ni-källan.

Cu/Zn- och Jordstoftkällan beter sig ungefär som Cr/Ni-källan, dvs ett mycket högt värde 14 mars, och samvarier något med varandra och med Cr/Ni-källan andra dagar.

Källan som vi kallar "Åldrad-källan" är den enda som innehåller något S. I Stadshuset så innehöll Havskällan S, som vi tolkar som "sea-salt sulphate". Eftersom vi förväntar oss mest S från förbränning i finfraktionen och inte grovfraktionen, så är det möjligt att denna åldrad-källa egentligen inte är en åldrad-källa, utan att det är en havssprejkälla. Det är nog också en del av samma källor som ger höga halter av Cr, Ni, Cu, Zn, och Fe på grund av samvariationen med dessa ämnen. Men, vi fortsätter att kalla källan för Åldrad, eftersom vi definierar Åldrad-källan som dominerad av S, och vi vill inte införa för många definitioner av nya källor.

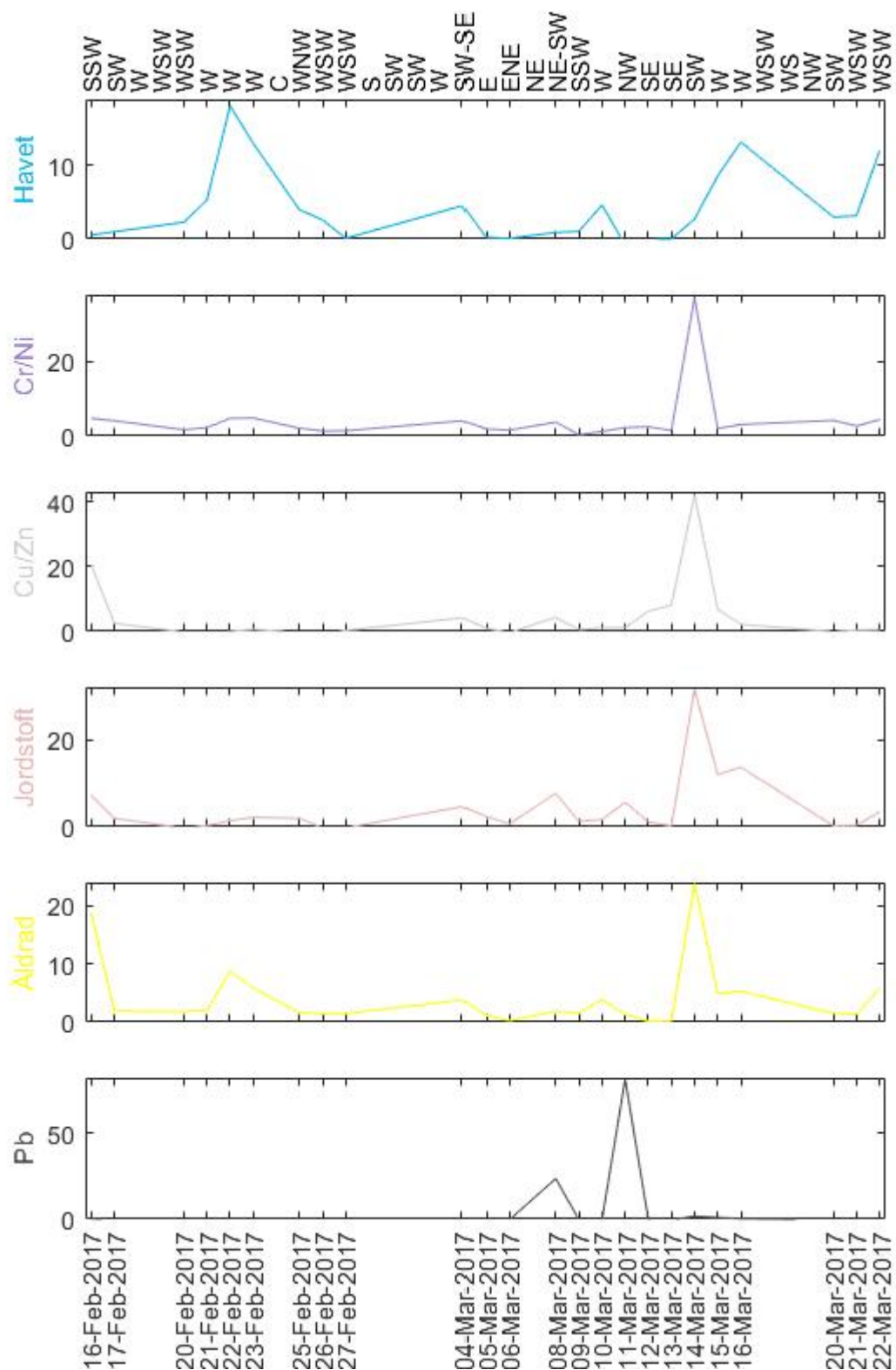
Pb-källan uppträder vid NW vindar ungefär. Detta och tidigare diskussioner om Stadshusets mätningar styrker tron att det är Boliden-Bergsoe som ger höga halter Pb både i Stadshuset och i Lundåkrahamnen.

Modellen var tillfredsställande på att bestämma modellerade halter i jämförelse med uppmätta halter (Tabell 5.3).



Lundåkrahamnen grovfraktion

Figur 5.5. Relativa bidraget till halterna av de 12 olika ämnena i käll/receptormodelleringen av Lundåkrahamnen grovfraktionen från de 6 olika källorna; 1. Havspartiklar, 2. Cr/Ni-källan, 3. Cu/Zn-källan, 4. Jordstoftpartiklar, 5. Åldrad-källan, och 6. Pb-källan.



Figur 5.6. Relativa bidraget i % under olika dagar för var och en av källorna från PMF-modellen för Lundåkrahamnen grovfraktion. Totala bidraget under hela perioden från en källa är 100 %. Överst i grafen förhärskande vindriktning de olika dagarna. Vindriktning C = varierande.

5.7. Källtilldelning Lundåkrahamnen finfraktionen

Även för finfraktionen i Lundåkrahamnen gjordes en PMF-körning med FPEAK-parameter 0.5, vilket passade bäst för de aktuella data (Figur 5.7, Figur 5.8, Tabell 5.4). 5 källor identifierades enligt:

1. Långdistanstransporterade havssprejpartiklar
2. Pb-källa
3. Lokala, närregionala och långdistanstransporterade jordstoftpartiklar
4. Åldrade partiklar-källa
5. Cr/Ni-källa

Tabell 5.4. Det genomsnittliga absoluta bidraget ($ng\ m^{-3}$) till halterna av olika ämnen i Lundåkrahamnen finfraktion för varje källa enligt PMF-modellen. Dessa kan också användas som källprofil i käll/receptor-modellering. I tabellen anges även andelen av den modellerade totalhalten i % av den uppmätta halten.

	Havet	Pb	Jordstoft	Åldrad	Cr/Ni	Mod-sum	Mod/mätning (%)
Si	0	4.0	22	0	54	81	86
S	0	0	0	330	0	330	100
Cl	430	0	0	0	0	430	101
K	7.1	0.44	59	0	0	67	98
Ca	18.6	1.64	3.6	2.0	0	26	98
Cr	0.00	0	0	0	4.4	4.4	98
Fe	5.0	4.4	16.3	0	34	60	99
Ni	0.065	0	0.185	0.0144	0.99	1.26	103
Zn	0	0	9.8	0	1.07	10.9	98
Br	0.64	0.034	1.05	0.28	0	2.0	105
Pb	0	13.5	0	0	0	13.5	99

Havskällan innehåller Cl och Br som förväntat, dock lite lägre halter än för finfraktionen i Stadshuset (Tabell 5.4). Källan är anrikad med några metaller (Tabell 5.4).

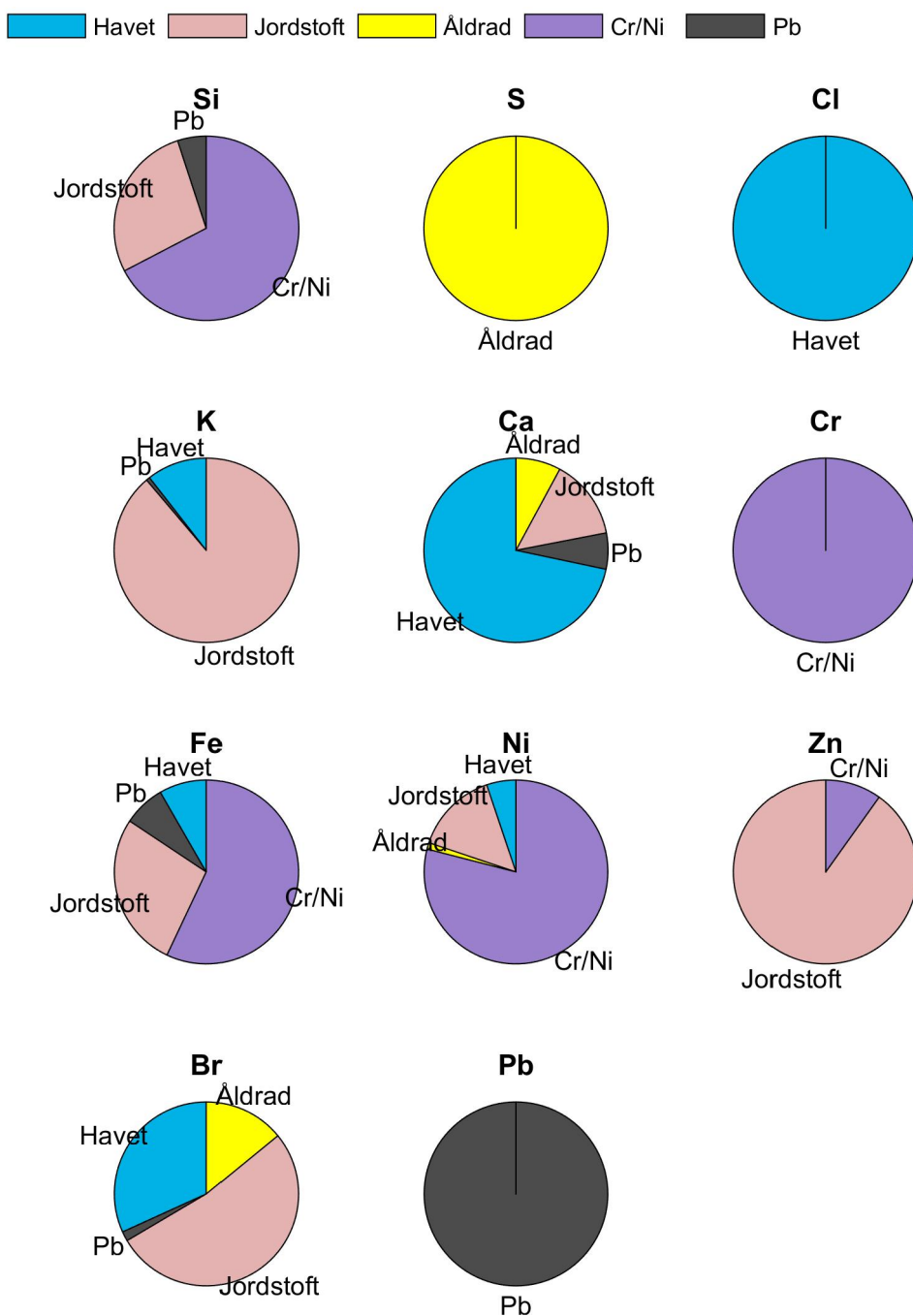
Pb-källan innehåller allt Pb, och är högt samma dagar som för grovfraktionen (Figur 5.8).

Jordstoftkällan innehåller det Fe och Zn som är komponenter i de separata Fe/Ze och Cu/Zn källorna i Stadshusets källtilldelning (Tabell 5.4). En körning med 6 källor i Lundåkrahamnen gav inte uppdelningen i dessa källor vid analysen. Å andra sidan saknades Cu i denna PMF-körning, på grund av för låga halter. Det tyder på att dessa källor inte framträder lika starkt i finfraktionen, vilket egentligen inte är oväntat, eftersom man kan tro att det är grovt damm som ger dessa metaller från Scandust- och hamnområdet, eller från jordstoft.

Åldrad-källan framträder med likartad halt av S som i Stadshuset (Tabell 5.4), vilket styrker att detta är en långdistanstransportkälla för finfraktionen.

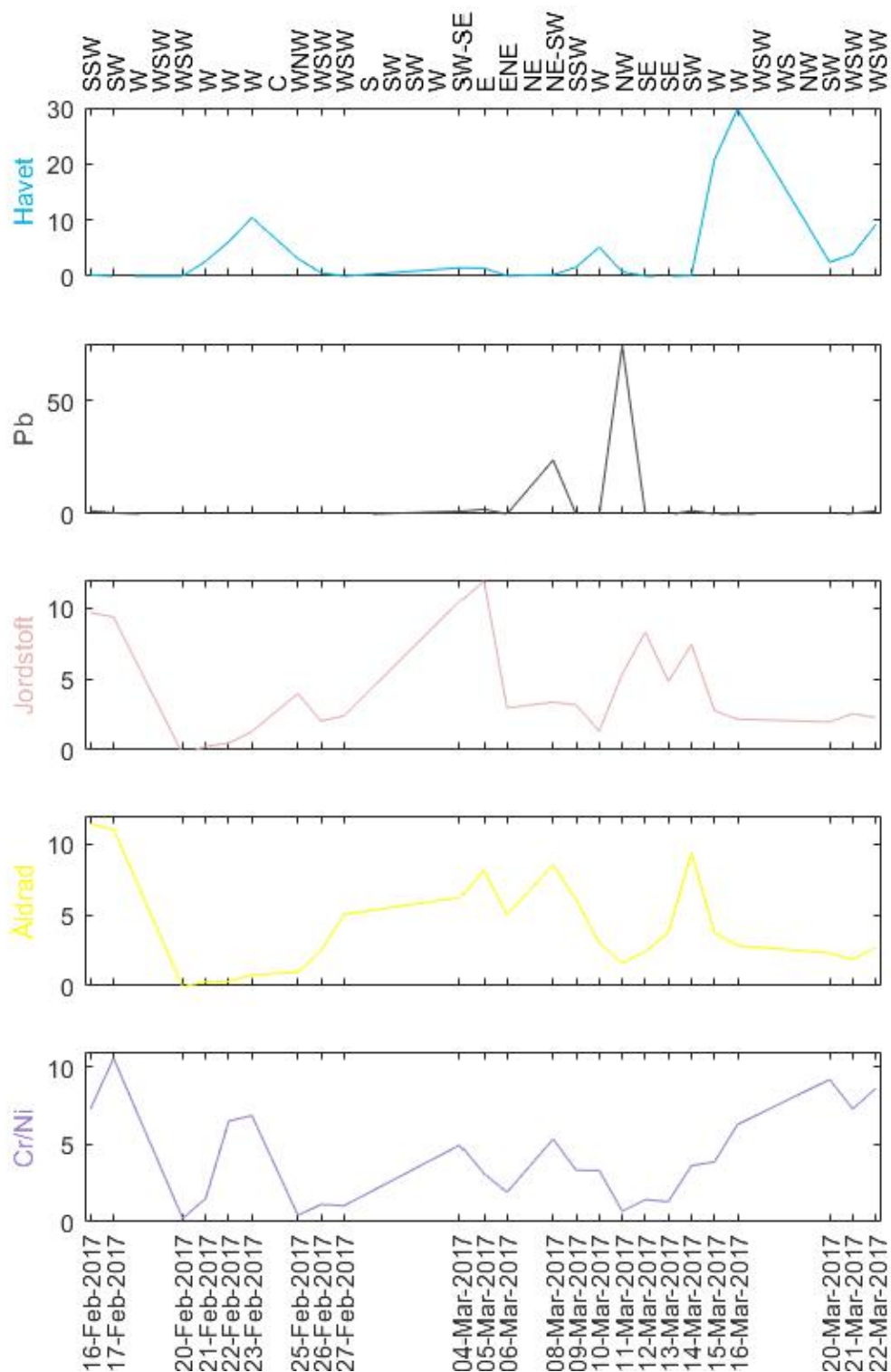
Cr/Ni samvarierar något med jordstoft-källan (Figur 5.8) och är anrikad med Si (Tabell 5.4), liksom för Stadshuset (Tabell 5.2). Men, vi kan inte utesluta bidrag från långdistanstransporterad fossil förbränningskälla.

Alla ämnen är väl modellerade, förutom Si, där modellen ger ett lite för lågt haltbidrag från de olika källorna tillsammans (Tabell 5.4).



Lundåkrahamnen finfraktion

Figur 5.7. Relativa bidraget till halterna av de 11 olika ämnena i käll/receptormodelleringen av Lundåkrahamnen finfraktion från de 6 olika källorna; 1. Havspartiklar, 2. Jordstoftpartiklar, 3. Åldrad-källan, 4. Cr/Ni-källan, och 5. Pb-källan.



Figur 5.8. Relativa bidraget i % under olika dagar för var och en av källorna från PMF-modellen för Lundåkrahamnen finfraktion. Totala bidraget under hela perioden från en källa är 100 %. Överst i grafen förhärskande vindriktning de olika dagarna. Vindriktning C = varierande.

6. Referenser

Draxler, R. R., och Hess, G. D., 1997. An Overview of the HYSPLIT4 Modelling System for Trajectories, Dispersion and Deposition. In Australian Meteorological Magazine.

European Environment Agency, 2015. Premature deaths attributable to air pollution. <https://www.eea.europa.eu/media/newsreleases/many-europeans-still-exposed-to-air-pollution-2015/premature-deaths-attributable-to-air-pollution> (senast besökt 3 oktober, 2018).

Gustafsson, M., med flera, 2018. Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts. IVL report no. C317, Umeå University, Sweden, June 2018.

Hopke, P. K., med flera, 1997. TECHNICAL NOTE. Characterization of the Gent Stacked Filter Unit PM₁₀ sampler. Aerosol Science and Technology, 27, 726-735.

IARC, 1993. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Beryllium, Cadmium, Mercury and exposures in the glass manufacturing industry. Volume 58. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/index.php> (senast besökt 3 oktober, 2018).

IARC, 2006. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Inorganic and organic lead compounds. Volume 87. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/index.php> (senast besökt 3 oktober, 2018).

IARC, 2012. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Arseni, metals, fibres, and dusts. A review of human carcinogens. Volume 100C. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/index.php> (senast besökt 3 oktober, 2018).

Johansson, S. A. E., och Johansson, T. B., 1976. Analytical application of particle induced X-ray emission. Nuclear Instrument Methods, 137, 473-516.

Kristensson, A., 2005. Aerosol Particle Sources Affecting the Swedish Air Quality at Urban and Rural Level. Doktorsavhandling. Avdelningen för kärnfysik, Fysiska institutionen, LTH. ISBN 91-628-6573-0, LUTFD2/(TFKF-1032)/1-54/(2005).

Paatero, P., 1997. "Least squares formulation of robust non-negative factor analysis". *Chemom. intel. lab. systems*, 37, 23-35.

Prosper, W., 2017. The Metal Content in Airborne Particles in Landskrona. Master Thesis. Course: PHYM01. Department of Physics, Lund University, Lund, Sweden.

Suvarapu, L. N., och S.-O., 2017. Determination of heavy metals in the ambient atmosphere: A review. *Toxicology and Industrial Health*, 33, 79-96.

Swietlicki, E., med flera, 2008. Metaller i svävande stoft i Landskrona – koncentrationer och källor. Rapport LUTFD2/(TFKF-3101)/1-28/(2009), Lunds universitet, Lund, Sverige, Maj 2009.

United States Environmental Protection Agency, 2018. Positive Matrix Factorization Model for environmental data analyses. <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses> (senast besökt 1 september, 2018).