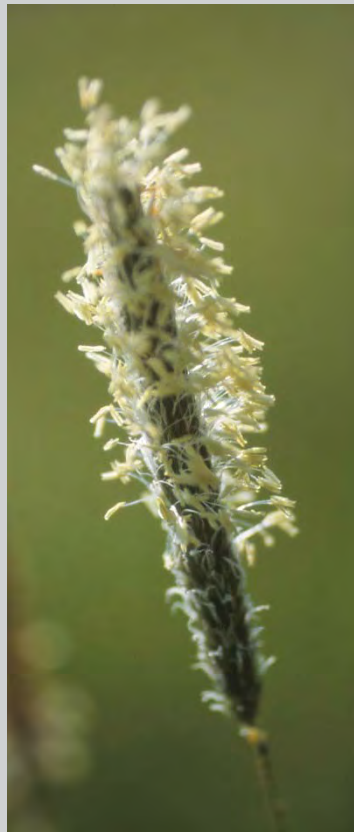




LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Pollen luftföroreningar och väderlek

– bidrar alla till behovet av allergiläkemedel



Rapportnr: 2014:07

ISSN: 1403-168X

Författare: Åslög Dahl¹, Maria Grundström¹, Sara Janhäll² och Håkan Pleijel¹

¹Institutionen för biologi och miljövetenskaper, Göteborgs universitet

²VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Projektdeltagare: Katrina Envall (projektledare), Gudrun Törnström, Hillevi Upmanis, Länsstyrelsen Västra Götalands län. Peter Groth, Region Skåne. Anna-Carin Olin, Susanna Lohman, Arbets- och miljömedicin, Göteborgs universitet. Susanne Dahlberg, Länsstyrelsen Skåne.

Omslagsfoto: Sven-Olov Strandhede

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland under Publikationer/Rapporter.

Förord

En viktig del i vårt miljömålsarbete är att följa miljötillståndet, bl.a. inom ramen för den hälsorelaterade miljöövervakningen. Syftet med detta projekt har varit att visa om besvär för pollenallergiker ökar vid samtidig förekomst av allergiframkallande pollen och olika luftföroreningar – i detta fall ozon, kvävedioxid och partiklar. Resultaten visar att det finns ett samband, och att det går att ta fram ett index som tar hänsyn till både pollenhalter och luftföroreningar. Detta skulle i sin tur kunna vara ett viktigt underlag för förbättrad information till pollenallergiker, som därmed skulle kunna minska sina besvär. Väderförhållandena är av stor betydelse för förekomsten av både pollen och luftföroreningar. Vissa vädertyper har ofta både höga halter av pollen och luftföroreningar och risken för besvär är då särskilt hög och bör vägas in i informationen.

Projektet har finansierats av Naturvårdsverket och Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Författarna ansvarar för rapportens innehåll och behöver inte representera Länsstyrelsens ståndpunkt.

Katrina Envall



Miljö kvalitetsmålet Frisk luft



Hälsorelaterad miljöövervakning

Illustrationer
Tobias Flygar

Sammanfattning

Pollenallergiker kan få ett bättre liv om de får information om tillståndet i luften. Det är till och med deras medborgerliga rättighet, enligt EU-direktiv, att få det. Därmed kan de förebygga symptom och planera sina aktiviteter. Avsikten med vår rapport är att bidra till underlaget för sådan en information, och att belysa hur de allergiska symptomen varierar med miljöfaktorer. Informationen bör innehålla en rapport om situationen innevarande dag. Vi ger ett förslag på hur den kan uttryckas i form av ett luftkvalitetsindex. Dessutom bör informationen innehålla en prognos för de kommande dagarna.

Pollenallergi, inklusive allergisk astma, är ett vanligt problem i vårt samhälle. Var fjärde till femte person är drabbad. Under sommarhalvåret bidrar allergin inte bara till att allergikerna får symptom från ögon och näsa, utan också till en totalt sett sänkt livskvalitet (Kiotseridis et al. 2013a, b). Ett flertal studier visar att vind/reningar också påverkar luftvägarna. De kan orsaka en inflammation som kan förstärka allergiska besvär och som kan sänka tröskeln för att den skall uppstå. Våra resultat visar att ozon, kvävedioxid och partiklar bidrar till behovet av allergiläkemedel, när halterna överskrider ett visst tröskelvärde.

Myndigheter med ansvar för miljö och folkhälsa på statlig, regional och kommunal nivå bör garantera att det finns förutsättningar för att förmedla informationen till allmänhet och sjukvård. Pollenövervakning saknas i flera regioner. I de fall sådan övervakning finns, är expertisen på området och nödvändig infrastruktur inte långsiktigt tryggade. Verksamheten har hittills aldrig garanterats mer än ett år i taget. Detta innebär en ständig risk för bristande kontinuitet, att kompetens skall gå förlorad, och att underlaget till informationen är otillräcklig. I rapporten vill vi visa att allergibesvär beror av en kombination av faktorer, och bara kan förstås genom samarbete mellan experter från olika ämnesdiscipliner. Det är myndigheternas uppgift att tillhandahålla förutsättningar för att kompetens inom dessa områden kan samordnas.

Föreliggande rapport är resultatet av ett regionalt utvecklingsprojekt i regi av länsstyrelserna i Västra Götaland och Skåne, inom ramen för programområde J. Utgåva 2014.

1. Hur sambandet mellan miljöfaktorer och allergiska besvär analyserats

Vi har analyserat hur pollen och luftföroreningar påverkat behovet av allergiläkemedel i Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012. Underlaget utgörs av uppgifter om daglig receptförskrivning och försäljning ("över disk") av receptfria antihistaminer, mätt i dygnsdoser (Defined Daily Dose). Detta är läkemedel som huvudsakligen används mot allergiska åkommor. Analyserna har genomförts i form av regression (GAM, Generalized Additive Model), som ofta används inom epidemiologiska studier. Resultaten ger en kvantifiering av hur behovet av antihistaminer är relaterad till koncentrationen av pollen och luftföroreningar. Varje pollenkorn, eller varje mikrogram av luftföroreningen, bidrar till ett bestämt antal dygnsdoser, som erhålls genom dessa uträkningar.

2. Hur luftkvaliteten kan presenteras i form av ett index

Resultaten av analyserna kan användas för att ta fram ett index, som anger hur stor försäljningen är en viss dag, i förhållande till när det inte finns några besvärsframkallande komponenter i luften. Det beräknas genom att summera effekterna av de olika komponenterna. I indexet har vi valt att använda effekten på försäljning över

disk, eftersom den är tydligare när man beräknar effekten på förskrivning av recept. Ett besök på apotek sannolikt mer spontant än ett besök hos läkare.

Förutsättningen för att effekten av en viss förorening skall ingå i beräkningen av indexet, är att den har en signifikant effekt i regressioner där både pollen och föroreningen i fråga ingår. Koncentrationen måste också överstiga ett visst tröskelvärde, då den verkligen bidrar till en ökning av försäljningen. Ozonkoncentrationer under ca 80 mg m^{-3} leder till att det säljs mer läkemedel. Däremot stiger försäljningen, så fort det över huvudtaget finns allergiframkallande pollen i luften.

Luftkvalitetsindexet varierade mellan 0 och ca 95 % i Göteborg, och mellan 0 och ca 100 % i Malmö. Värdet på index var 20 % eller lägre i drygt 90% procent av fallen i Göteborg och i 84% av fallen i Malmö. I kurvor som visar variationen från lägst till högst uppmätta index gick det att identifiera två brytpunkter, där kurvans lutning drastiskt ändrades, vid 20% och 50% - samma nivåer för båda städerna. De kan användas för definiering av var de nedre gränserna för stor, respektive mycket stor risk för besvär kan läggas, om man vill uttrycka sig i riskkategorier. Gränsen mellan liten och måttlig risk bör ligga vid 0 %.

3. Effekten av olika allergiframkallande pollenslag

Resultaten av de olika analyserna visar som förväntat, att björk- och gräspollen har den största effekten på receptförskrivning och försäljning. Dessutom förlänger björksläktingarna hassel, al och bok den besvärliga perioden för björkallergiker. Förekomsten av storskaliga jordbruksmarker i Skåne-regionen medför också att gräspollen har en något större betydelse än björkpollen i denna region. Göteborgs-regionen präglas av igenväxande odlings- och betesmarker, där björk är ett av de vanligaste träden. Därmed påverkas dess invånare i större utsträckning av pollen från björk. I resultaten från Malmö var effekten av al och hassel inte signifikanta, men det beror sannolikt på att de vissa år börjat blomma så tidigt att den största delen av säsongen inte omfattats av vår studieperiod. Däremot har bok som väntat en mycket större effekt än i Göteborg, eftersom boken är ett mycket vanligare träd i Skåne. Att inte ek och gråbo ger något signifikanta utslag i våra analyser visar att uppgifterna om läkemedelsanvändning och som också avspeglar människors beteende, inte ger all den information man behöver. Björkpollenallergiker kan reagera på ekpollen, och minst 15% av befolkningen får besvär av gråbopollen, i en del fall svåra.

4. Effekten av kväveoxider, ozon och partiklar

Vi inkluderade luftföroreningarna kväveoxid, kvävedioxid, ozon och PM_{10} i studien. Halterna av kväveoxider är lägre i Malmö än i Göteborg, och endast dygnsmaximum, inte dygnsmedelvärdet, av kvävedioxid gav ett signifikant utslag. Därför ingår inte heller detta ämne i Malmö-indexet, vilket möjligen kan justeras. Däremot var effekten av dygnsmaximum av det löpande åttatimmarsmedelvärdet av ozon, liksom dygnsmedelvärdet av PM_{10} , tydlig på båda orterna. Det maximala bidraget av ozon till index var 13,8% på båda orterna och av partiklar ca 15% (14,9% i Göteborg och 15,6% i Malmö). Kvävedioxid bidrog maximalt med 21,5% i Göteborg.

Olika fraktioner av partiklar skiljer sig i sina effekter på hälsan, på grund av att de har olika innehåll och på grund av att de tränger olika långt ner i andningsorganen. Storleksfraktionen PM_{10} har i flera epidemiologiska studier visat sig vara associerad med sjukdomar i andningsorganen, men det varit önskvärt att urskilja också partiklar av mindre storlek. Det finns emellertid inte lika många mätserier av dem.

5. Väderlekens betydelse för koncentrationen av pollen och luftföroreningar

I syftet att utveckla möjligheten att göra goda prognoser, har vi också försökt identifiera risksituationer, då sannolikheten är hög för halterna av pollen och luftföroreningar samtidigt skall bidra till förvärrade besvär. Därför har vi studerat sambandet mellan den storskaliga väderlekssituationen, definierad med Lambs vädertypssystem, och förekomsten av olika pollenslag och luftföroreningar. Detta är en metod att klassificera luftmassors rörelser och cirkulation över visst geografiskt område. Värdertyperna har sitt namn efter om det är hög- eller lågtryck, och efter den geostrofiska (s. 18) vindens riktning. De lokala meteorologiska förhållandena varierar på ett karakteristiskt sätt inom varje vädertyp, och metoden kan användas för att systematiskt beskriva den komplexa situation som påverkar pollenutsläpp och förutsättningar för luftföroreningsförekomst. Det framgår tydligt av våra resultat, att pollenhalter och bland luftföroreningar särskilt partiklar, skiljer sig mycket i de olika värdertyperna. Sannolikheten för transport från näraliggande, respektive avlägsna områden i ett visst väderstreck skiljer sig också mellan värdertyper. Det senare ingår inte i föreliggande analys, men bör finnas med i ett fortsatt arbete.

6. Identifiering av risksituationer då pollen och luftföroreningar förekommer samtidigt

Det var framför allt de värdertyper som oftare gav lite nederbörd och mer vindstilla väderförhållanden, som kunde associeras med att pollen och luftföroreningar förekom i höga koncentrationer samtidigt, och som därför kunde betraktas som risksituationer under pollensäsongen. Under björkpollensäsongen förekom risksituationer i Göteborg framförallt, men inte uteslutande, under högtryck och i värdertyper med en ostlig komponent, till viss del också i sydlig och nordlig vädertyp. I Malmö var det framförallt de ostliga, sydliga och sydostliga värdertyperna som kunde förknippas med förhöjd risk för exponering för björkpollen tillsammans med luftföroreningar. Under gräspollensäsongen var det framför allt under högtryck och under ostliga, sydlig och sydvästlig vädertyp som det fanns en risk för att gräspollen och luftföroreningar skulle uppträda samtidigt i Göteborg. I Malmö var det samma värdertyper, men med en viss betoning på sådana som har ett ostligt inslag. Emellertid var frekvenserna av höga halter lägre i Malmö. Speciellt tydligt var detta för partiklar och kvävedioxid.

Ett något oväntat resultat var att antalet receptbelagda doser oftare var högre under dagar med lågtryck (L) än dagar med högtryck (H), trots att tillfällena med samtida överskridanden av pollen och luftföroreningar var fler under högtryck. Detta kan antagligen delvis förklaras med att människor förmodligen är mindre benägna att uppsöka läkare när det är vackert väder som det är vid högtryck. Likaså förskrevs ett oväntat högt antal recept i värdertyper med en nordlig eller en västlig komponent. Slutsatsen är att även vädret i sig påverkar människans beteende och benägenhet att uppsöka sjukvård.

Innehållsförteckning

	sida
1. Inledning	7
2. Bakgrund	11
2.1. Pollenets effekt på hälsan	11
2.2. Vilka pollenslag kan ge allergiska problem?	14
2.3. Luftföroreningar och hälsopåverkan	15
2.3.1. Kväveoxider	15
2.3.2. Ozon	15
2.3.3. Partiklar	16
2.4. Väderlekens betydelse för pollen- och luftföroreningshalter	17
2.4.1. Enskilda meteorologiska variabler	17
2.4.2. Kategorisering av väderlekssituationen (Lamb's vädertyper)	18
3. Material och metoder	19
3.1. Belastningen av pollen är inte densamma i Malmö och Göteborg	19
3.2. Pollenslag som beaktats i den här studien	19
3.2.1. Björkpollen	19
3.2.2. Björkrelaterade pollen	19
3.2.3. Gräspollen	20
3.2.4. Andra allergena pollen	20
3.2.5. Barrträdspollen	20
3.3. Så mäts pollen	20
3.4. Så mäts luftföroreningar	21
3.5. Vilka läkemedelsdata har använts?	22
3.6. Statistisk analys	22
3.7. Vad analysen säger om relativ risk/ökning av förskrivning och försäljning	24
3.8. Visualisering av hälsoeffekter vid en viss luftkvalitetssituation	25
3.9. Metod och beräkningar vid vädertypsanalys	26
4. Resultat	28
4.1. Belastningen av allergena pollen i Malmö och Göteborg	28
4.2. Variation i pollensäsongens intensitet	28
4.3. Variation i luftföroreningshalter	28
4.4. Effekter av pollen och luftföroreningar, var för sig, på försäljning och förskrivning av antihistaminer	28
4.4.1. Effekter av enskilda pollenslag på försäljning och förskrivning av antihistaminer	31
4.4.2. Effekten av två pollenslag i kombination på försäljning och förskrivning av antihistaminer	31
4.4.3. Effekten av enskilda luftföroreningar på försäljning och förskrivning av antihistaminer	32
4.5. Effekten av en kombination av pollen och luftföroreningar på försäljning och förskrivning av antihistaminer	38

4.5.1. Pollen och kväveoxider	38
4.5.2. Pollen och ozon	38
4.5.3. Pollen och partiklar	38
4.5.4. Sammanfattningsvis	39
4.6. Vädertypernas koppling till lokal meteorologi och luftkvalitet	39
4.6.1. Vädertypernas koppling till enskilda meteorologiska variabler.	39
4.6.2. Överskridanden av tröskelvärden för vindhastighet, fuktighet och nederbörd.	42
4.6.3. Vädertypernas koppling till medelhalter av björk- eller gräspollen.	46
4.6.4. Vädertypernas koppling till luftföroreningshalter.	48
4.6.5. Vädertypernas frekvens under björk-, respektive gräspollenssäsongen	49
4.6.6. Identifiering av risksituationer - vädertypernas inverkan på överskridanden av gränsvärden/tröskelvärden	49
4.6.7. Samvariation mellan pollen och luftföroreningar i olika vädertyper.	53
4.7. Vädertypernas koppling till läkemedelsförsäljning.	56
4.7.1. Björkpollenssäsongen	56
4.7.2. Gräspollenssäsongen	56
4.7.3. Sammanfattningsvis	59
4.8. Hur kan luftkvaliteten presenteras?	59
4.8.1. Ett index som beskriver hur mycket luftens innehåll belastar allergiker	59
4.8.2. Indexnivåernas variation i Göteborg och Malmö 2006-2012.	84
4.8.3. Förslag på identifiering av tröskelvärden.	62
5. Diskussion	86
5.1. Pollenallergiker behöver stöd för att kunna hantera sin sjukdom.	66
5.2. Förhållanden som påverkar allergikern i tid och rum	64
5.3. Omgivningsfaktorer som påverkar allergikerns situation	65
5.4. Hur vädertyperna skiljer sig från varandra	66
5.5. Hur uppträder luftföroreningar?	66
5.6. Samtidig förekomst av pollen och luftföroreningar.	67
5.7. Effekten av pollen och luftföroreningar på behovet av antihistaminer.	68
5.8. Antihistaminbehov i situationer då risken för höga pollen- och luftföroreningshalter sammanfaller.	69
5.9. Att demonstrera sambandet mellan luftens innehåll och hälsoeffekter med ett index.	69
6. Referenser	71
Appendix 1. Beskrivning av luftkvalitetssituationen under pollenssäsongen åren 2006-2012 i Göteborg och Malmö.	77
Appendix 2. Vädertyp, halter av enskilda pollen och luftföroreningar och antihistaminbehov för varje dag under pollenssäsongen åren 2006-2012 i Göteborg och Malmö.	92

Faktaruta 1. Vad är allergi?	7
Faktaruta 2. Den allergiska reaktionen.	8
Faktaruta 3. Vad är pollen?	9
Faktaruta 4. Vad innebär inflammation?	11
Faktaruta 5. Oxidativ stress.	13
Faktaruta 6. Kväveoxider	13
Faktaruta 7. Marknära ozon	14
Faktaruta 8. Partiklar.	15

1. Inledning

Både det kemiska och det biologiska innehållet i luften påverkar människors hälsa och livskvalitet (Klein et al. 2012). Ändå är det framför allt de kemiska komponenterna som traditionellt beaktats när ”luftkvalitet” har definierats. Först på senare tid har det funnits ett intresse av att ta reda på om luftföroreningar och bioaerosoler samverkar med avseende på hälsoeffekter, och att utveckla informationssystem där sådana gemensamma effekter beaktas. Föreliggande rapport redovisar resultatet av ett regionalt utvecklingsprojekt i regi av länsstyrelserna i Västra Götaland och Skåne, inom ramen för Naturvårdsverkets programområde Hälsorelaterad Miljöpåverkan. Den har utförts inom Göteborg och Malmö, två stora städer där invånarna ofta utsätts för luftföroreningar. Resultatet visar att både pollen, partiklar, kväveoxider och ozon påverkar behovet av allergiläkemedel, var för sig och tillsammans, och hur mycket de olika faktorerna bidrar med. I rapporten ges förslag till hur den totala luftkvaliteten kan presenteras visuellt i form av ett index. Det omfattar också under vilka vädertyper det är särskilt stor risk för samverkande effekter, vilket är väsentligt vid utfärdandet av prognoser.

Luftburna pollen och andra bioaerosoler ger allergier och astma, vilka i dagsläget drabbar 15–20% av befolkningen i västvärlden. Pollenallergi leder till en allmän sjukdomskänsla, besvär från ögon och näsa, sänkt koncentrationsförmåga, dålig nattsömn och humörsvängningar. Den medför en betydande sänkning av livskvaliteten och en kostnad för samhället. Astma är tre gånger så vanligt bland allergiker som bland icke-allergiker. Några studier indikerar att bioaerosoler också kan ha effekt på andra sjukdomstillstånd, t.ex. kronisk obstruktiv luftvägssjukdom (KOL, Hanigan & Johnston 2007). Luftföroreningar från trafik och industri påverkar luftvägarna, främst genom att orsaka en inflammation som kan sänka tröskeln för den allergiska reaktionen (Klein et al. 2012).

Faktaruta 1: Vad är allergi?

Allergi innebär att man reagerar på normalt förekommande ämnen i omgivningen så kallade allergener, vilka oftast är proteiner och glykoproteiner. Reaktionen innebär att så kallade IgE-antikroppar, som har förmåga att binda till allergenerna och som finns i slemhinnorna, bildas i överskott. Förmågan att bilda IgE-antikroppar förmodas ha bidragit till överlevnaden i försvaret mot inälvsparasiter. Varje IgE-antikropp har förmågan att binda till ett speciellt allergen. Några binder till exempel till ett visst protein som finns i björkpollen, vissa andra till ett protein som produceras i saliven och i talgkörtlar hos katter, etc.

Människor kan ta kontroll över sin egen situation, om de har tillgång till information om miljöfaktorer som på kort sikt kan påverka den egna hälsan och livskvaliteten. Det är möjligt att agera förebyggande och undvika exponering, vilket är mycket viktigt för en allergiker (Bousquet et al. 2001). Det finns ännu inte någon lagstiftning som säkrar tillgången till pollenprognoser som är giltiga i den egna regionen. Det är emellertid redan möjligt att tillämpa ett existerande regelverk för hur miljöinformation till allmänheten skall spridas (Klein et al. 2012). Flera EU-direktiv¹ identifierar den enskildes rätt till kunskap om negativa förändringar i omgivningen, så att hen kan göra något för att skydda sig. Behovet av integrerade prognoser för samtidig förekomst av pollen och luftföroreningar har på senare år lyfts fram i flera sammanhang, t ex i ett gemensamt uttalande från en konferens där representanter

1 ”Directive on public access to environmental information” (2003/4/EC), ”Directive on public participation in relation to environmental decisions” (2003/35/EC) och ”Directive on the re-use of public sector information” (2003/98/EC).

från forskarnätverk och från Världsmeteorologiorganisationen WMO deltog, (www.chemicalweather.eu 2009) och i vetenskapliga publikationer (t ex Klein et al. 2012).

Är underlaget för att ta fram sådan information tillgängligt i Sverige? Ja, luftföroreningar övervakas kontinuerligt i de flesta större tätorter eftersom det finns miljö kvalitetsnormer som regleras i Miljöbalken, och som inte får överskridas, eller som endast får överskridas i viss utsträckning. De kan behöva kompletteras, t ex med uppgifter om partiklar i de minsta storleksklasserna. När det gäller pollen ser det annorlunda ut. Det finns ett antal pollenmätstationer i landet, varav några fungerat i 40 år, och vars resultat ingår i utfärdandet av pollenprognoser. Men fortfarande är landet inte tillfredsställande täckt, och alla har inte tillgång till polleninformation som är giltig i den egna regionen. Resultaten från en mätstation är endast representativa för ett område med en radie av 5-7 mil från stationen, förutsatt att detta omfattar relativt enhetlig vegetation, topografi och markanvändning. Finansieringen av inte långsiktigt tryggad. För majoriteten av stationerna gäller ettårskontrakt och verksamheten är mycket konjunkturkänslig. Trots att det totala innehållet i luften påverkar människors hälsa, faller pollenlaboratoriernas tjänster ofta ”mellan stolarna” med avseende på myndigheternas ansvar, och bollas mellan dem som har ansvar för folkhälsa och dem som har ansvar för miljön. För att en integrerad luftkvalitetsinformation skall bli verklighet måste myndigheterna samarbeta, och det är också genom deras försorg informationen bör göras allmänt tillgänglig.

Faktaruta 2: Den allergiska reaktionen

När nässlemhinnan eller ögonens bindehinna hos en allergiker kommer i kontakt med ett allergen, tränger allergenet in genom ytterskiktet. Där binds allergenmolekylerna till rörliga celler, som presenterar dem för vita blodkroppar längre ner i slemhinnan, vilka sätter igång en reaktion från immunförsvaret. Resultatet är att det bildas många IgE-antikroppar som kan binda till just detta allergen. Tillsammans binder allergenet och antikropparna sedan till receptorer på ytan av celler som kan frigöra biologiskt aktiva ämnen så kallade mediatorer. Det är dessa ämnen som framkallar de typiska allergiska symptomen och som framkallar inflammation.

En av de mediatorer som framkallar den akuta reaktionen inom några minuter efter exponeringen, är histamin. Detta ämne gör kärlväggarna mer genomsläppliga för vita blodkroppar och för proteiner. Andra mediatorer är lipider, bland andra leukotriener och prostaglandiner. Leukotrienerna bidrar till muskel-sammandragning och slembildning, och prostaglandinerna till en ökad genomsläpplighet av plasma från blodkärl till vävnader. Båda bidrar till ett inflöde av vita blodkroppar till slemhinnan och till den så kallade sen-reaktionen, som inträffar sex till åtta timmar efter exponeringen. Vid bestående eller upprepad exponering för allergenet kan sen-reaktionen leda till en kronisk allergisk inflammation.

En allergisk inflammation skiljer sig från annan inflammation på det sätt den uppstår, och på vilka celler och signalmolekyler som är inblandade. Den karakteriseras bland annat av ett inflöde av en sorts vita blodkroppar som kallas eosinofiler, som kan frisätta toxiska ämnen. De toxiska ämnena har ursprungligen sannolikt en viktig funktion i försvaret mot parasiter och patogener, men de skadar också den drabbade personens egna vävnader.

Den som får myndigheternas uppdrag att prognosticera pollenförekomst bör ha en biologisk utbildning med en viss specialisering mot det som kallas aerobiologi,

Faktaruta 3: Vad är pollen?

Pollenkornet är en liten hanlig individ, som bildas ur en spor. Hos blomväxter består den av tre celler. Två av dessa utgör växtens motsvarighet till djurens sädesceller. Den tredje och största cellen är en vegetativ cell. Inom gruppen nakenfröiga växter, däremot, till exempel tall, gran, cypress och japansk ceder, finns det 5-9 vegetativa celler i pollenkornet.

Den vegetativa cellen hos ett blomväxtpollen är rik på cytoplasma och innehåller, förutom många olika cellorganeller, upplagsnäring i form av stärkelsekorn eller oljedroppar. Upplagsnäringen behövs i samband med att pollenet gror med en pollenslang. De hanliga könscellerna är inbäddade i den vegetativa cellen. De är fattiga på cytoplasma och har endast få cellorganeller.

Medan pollenkornet utvecklas, bildar den vegetativa cellen en vägg, intinet, som huvudsakligen består av kolhydrater. När pollenkornet tar upp vätska, t.ex. på märket hos en pistill, gror det med en pollenslang, vars vägg utgörs av intinet, och de båda könscellerna förs ut i slangen tillsammans med den vegetativa cellens kärna.

Dessutom har pollenkornet en yttervägg, exinet, som lagras utanpå intinet. Det bildas av material från tapetceller, som klär insidan av det mikrosporangium i ståndarknappen där pollenet bildas. Materialet består av sporopollenin, en plast-liknande förening som är ett av de mest stabila och motståndskraftiga ämnen som finns i organismvärlden. Sporopolleninets kemiska sammansättning är inte fullständigt känd, men det består bland annat av fenolföreningar och karotenoid-estrar.

Pollen sprids med insekter eller med vind. Det är huvudsakligen vindspridda pollen som kan ha stor betydelse som orsak till pollenallergi, eftersom de finns i inandningsluften.

vetenskapen om hur bioaerosoler bildas, sprids och deponeras i luften. Prognoserna grundar sig på information från regionens pollenmätstation, kunskap om de växter som bildar allergent pollen, information om de olika pollenbildande växternas status och väderleksprognoser. Väderleksprognoserna omfattar både lokala förhållanden och risken för införsel av pollen från andra delar av Europa. För att prognoser som också omfattar förekomsten av luftföroreningar skall kunna utfärdas, krävs också insatser från expertis inom detta område.

Luftkvalitetsinformationen måste vara lätt att förstå, och kan till exempel presenteras i form av ett index där de enskilda miljöfaktorernas bidrag till de olika miljöfaktorerna summeras och visualiseras (Cairncross et al 2007, Sicard et al. 2011a, b, Wong et al. 2012). Bidragen kan tas fram genom tillämpning av statistiska modeller, som visar effekten av dessa faktorer på olika uttryck för ohälsa. Indexet bör presenteras tillsammans med rekommendationer för lämpliga åtgärder vid olika nivåer. I den här rapporten redovisar vi ett försök att ta fram ett sådant index, utifrån analyser av hur luftburna pollen och några luftföroreningar påverkar förskrivningen och över-disk-försäljningen av antihistaminer. Antihistaminer är läkemedel som är vanliga i behandlingen av allergi och allergisk astma.

Det är viktigt att känsliga personer varnas i god tid. Informationen bör omfatta en prognos för hur det blir under de närmaste dagarna. Vi har därför försökt identifiera risksituationer, då det är sannolikt att besvären blir svåra. I detta syfte har vi studerat sambandet mellan den regionala väderlekssituationen, definierad med Lambs vädertyppsystem, och höga halter av olika pollenslag och luftföroreningar. Detta system kan användas för att dela in väderleksförhållanden i ett begränsat antal olika vädertyper, som var och en karakteriseras av sina speciella villkor för hur pollen

och luftföroreningar uppträder och kan förväntas samverka.

Rapporten inleds med en genomgång av den biologiska och kemiska bakgrunden till antagandet att pollen och luftföroreningar var för sig och tillsammans bidrar till allergiska och andra luftvägsbesvär.

2. Bakgrund

2.1. Pollenets effekt på hälsan

Den primära orsaken till pollenallergi är att en del av de *proteiner* som pollenet innehåller har förmåga att tränga igenom mänskliga slemhinnor. Proteinerna läcker ut genom mikroporer i pollenets yttervägg (*exinet*) när pollenet kommer i kontakt med fukt, till exempel när det hamnar på den fuktiga nässlemhinnan. Inuti slemhinnan kommer de i kontakt med celler som är aktiva i immunförsvaret. Hos många människor kan resultatet bli en överproduktion av antikroppar som följs av en allergisk reaktion. Sådana proteiner kallas *allergener*.

Faktaruta 4: Vad innebär inflammation?

Inflammation är en försvarsreaktion och kroppens svar på att en vävnad angrips, eller drabbas av en mekanisk skada. Den innebär att blodkärlen vidgas, blodgenomströmningen ökar och att blodplasma och vita blodkroppar läcker ut från kärlen till vävnaden ifråga. Vid kronisk inflammation bryts den skadade vävnaden ner, samtidigt som den ersätts genom en läkningsprocess.

Lyckligtvis är det endast en minoritet av pollenkornets proteiner som orsakar allergi. Totalt sett har drygt 9 300 olika proteinfamiljer identifierats i organismvärlden. Bara 28 av dem innehåller allergener, och av de ungefär 25 000 olika proteinsträngar som är aktiva under pollenets livstid, är det inte många som är allergiframkallande.

Vad är det då som gör att ett protein kan orsaka allergi? En betydelsefull egenskap förefaller på vilket ställe i pollenet som proteinet bildas, och en annan att det läcker ut så snabbt när det kommer in i näsan att man inte hinner snyta eller nysa ut det innan det börjar tränga in i slemhinnan (Knox och Heslop-Harrison, 1970; Singh et al., 1991; Vrtala et al. 1993; de Weerd et al. 2002). Några av de mest allergena proteinerna läcker ut inom mindre än en minut. Det måste också vara tillräckligt litet (10-70 kDa, Knox och Suphiolgu 1996) för att komma in, och det måste ha flera ytor (*epitoper*) som har rätt struktur för att binda till antikroppar. Den biologiska funktion som allergenet har i växtens och pollenets eget liv varierar. Sex stycken av de 28 allergeninnehållande proteingrupperna är aktiva i samband med sjukdomar och parasitangrepp. Man säger att de är patogenes-relaterade. Elva stycken är enzymer av olika slag, t.ex. sådana som bidrar till spjälkning av proteiner och kolhydrater. Bland de övriga finns bland annat proteiner som har till funktion att transporterar andra ämnen i cellerna, liksom sådana som ger struktur eller som styr någon särskild process. Proteinets roll hos moderplantan behöver inte ha ett tydligt samband med den allergiframkallande egenskapen. Men i några fall är det sannolikt att en sådan koppling finns. Pollen kan innehålla proteaser, enzymer som bryter ned andra proteiner. Ämnen som utsöndras från cypress, gräs, björk och påsklilja har visat bända isär tätt förenade cellväggar. (Runswick et al., 2007). Proteiner som t.ex. expansiner, vilka utgör en av de viktigaste gräsallergengrupperna, kan leda till skador på cellväggar. Dessa egenskaper bidrar till att allergenet lättare kommer i kontakt med celler som är verksamma i immunförsvaret (Herbert et al. 1995). Teoretiskt sett kan proteaser i pollen bidra till en förstärkt allergisk reaktion, även när de själva inte är allergener som binder antikroppar (Motta et al. 2006; Behrendt et al. 1997; Rogerieux et al. 2007). Så kan det t ex vara med vissa proteaser i pollen från familjen Cupressaceae (Gunawan 2008). Samma pollenallergen kan finnas hos många olika arter. Under evolutionens gång har det vanligen inträffat små genetiska förändringar, *mutationer*, som medför

skillnader i ordningsföljden hos aminosyror. Hur stora skillnader det finns mellan ett visst protein hos två olika arter beror av hur länge sedan det var som deras gemensamma ursprungsform levde. Hos två närbesläktade arter är proteiner av samma funktion ofta mycket lika. Därför reagerar 80-90 % av alla björkpollenallergiker på motsvarande protein hos hassel, trots att det från början är björkpollenet som har framkallat allergin. Detta kallas *korsreaktivitet*. Flera varianter av ett allergen kan också finnas inom en och samma art.

När pollenkorn kommer i kontakt med fukt frisätter de också lipider som påverkar immunförsvaret. (Traidl-Hoffman et al. 2002, Plötz et al. 2004). Lipiderna liknar de prostaglandiner och leukotriener som bland annat fungerar som mediatorer i den allergiska reaktionen i människokroppen (Faktaruta 2) och har liknande effekt. De framkallar således en *inflammation* (Faktaruta 3) och kan bidra till att känsliga personer utvecklar överkänslighet för pollenallergener som de tidigare inte reagerat på (Schober and Behrendt 2008; Traidl-Hofmann et al. 2009). Även icke-allergiker kan känna sig påverkade av inflammationen när pollenhalterna är höga. Lipiderna kallas Pollen-Associated Lipid Mediators (PALMS).

När pollen i experimentella studier utsattes för luftföroreningar, t.ex. för flyktiga organiska ämnen, läckte lipiderna ut i större mängd än när de inte exponerats för sådana substanser (Huss-Marp et al. 2008).

Det finns ett visst enzym i pollenet som bidrar till frisättningen av *reaktiva syreföreningar* i kontakt med vätska (Faktaruta 5). Det har identifierats i pollen från olika delar av växtsystemet, t ex från barrträdsfamiljen Cupressaceae och från björk, amarant, malörtsambrosia och gräs. Däremot skiljer sig olika pollen med avseende på var i pollenet som enzymet är aktivt. Effekten på den människa som får pollenet i ögon och näsa varierar därför sannolikt också med vilket pollenslag det är fråga om. Hos gräs och malörtsambrosia är enzymet aktivt i anslutning till det plasmamembran som finns innanför pollenväggen, och dessutom i cytoplasman. Hos båda pollenslagen, liksom hos björk, har det också lokaliserats till små partiklar som kan frisättas i samband med att pollenet går sönder i fuktig miljö, eller när det groor (se nedan; Bacsı et al. 2006).

Enzymet i fråga har visat sig kunna ge upphov till *oxidativ stress* (Faktaruta 5) i slemhinnans ytterskikt redan några få minuter efter exponering (Boldogh et al. 2005, Dharajiya et al. 2007, Bacsı et al. 2005), vilket kan leda till inflammation (Csillag et al. 2010, Dharajiya et al. 2007).

I samband med att ett pollenkorn tar upp fukt eller vatten kan det gå sönder. När detta sker, frisätts *partiklar* av olika slag, främst från den vegetativa cellens cytoplasma. Endast färskt pollen frisätter småpartiklar. Olika pollenslag har olika benägenhet att brista (Taylor 2007). Hos gräspollen, som är ett av de sköraste pollenslagen, sker det under fuktiga förhållanden ibland redan i ståndarknappen.

En stor del av partiklarna utgörs av oregelbundna fragment av cellinnehållet, av varierande storlek. I cytoplasman hos flera pollenslag finns det också *stärkelsekorn* som varierar i storlek från att vara mindre än en mikrometer till några få mikrometer i diameter. De fungerar som näringsupplag som kan utnyttjas i samband med att pollenet groor. Om pollenet går sönder, kan de komma ut i omgivningen. På ytan av stärkelsekornen finns det ofta pollenallergen. Eftersom de tycks kunna finnas i utomhusluften, är det sannolikt att de bidrar till allergiska reaktioner. Den ringa storleken är betydelsefull, eftersom den innebär att kornet, till skillnad från intakta pollen, är tillräckligt litet för att tränga in i de nedre luftvägarna, där de kan orsaka astma. Effekten förstärks av att de också är bärare av det enzym som leder till bildning av reaktiva syreföreningar (se ovan och Faktaruta 5).

Faktaruta 5: Oxidativ stress

Under andningsprocessen i cellens mitokondrier reagerar luftens syre med glukos andra kolhydrater i en process som leder till energifrisättning. I samband med detta bildas *reaktiva syreföreningar*, som kännetecknas av att de har ett underskott på en elektron. De reagerar med andra ämnen genom att "ta" elektroner från dem och uppnår därmed stabilitet. De molekyler som får lämna ifrån sig elektronerna skadas. Man säger att de *oxideras*. De fria radikalerna anses spela en roll i uppkomsten av ett flertal sjukdomar och också vara en orsak till att vi åldras. De sägs också ha positiva effekter, genom att vara aktiva i olika signalsystem, t.ex. sådana som reglerar hjärtrytmen vid stress. De har en funktion i immunförsvaret genom att de bidrar till att eliminera sjukdomsalstrande organismer. Ett antal olika enzym främjar bildning av fria syreföreningar, bland annat så kallade NAD(P)H-oxidaser (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-oxidase). De medverkar till bildning av superoxider, som är fria syreradikaler och som är mycket reaktiva.

Kroppsegna antioxidanter, liksom sådana som vi får i oss med födan, skyddar kroppen mot de skadliga effekterna av de bildade radikalerna genom att förse dem med de elektroner de saknar. I en frisk vävnad finns det en balans mellan uppkomst och eliminering av fria radikaler. Om balansen rubbas, och det blir ett överskott på de fria radikaler, uppstår så kallad *oxidativ stress*, som kan leda till celledöd och skador på vävnader. Det kan till exempel hända, om vi får i oss giftiga ämnen som har oxidativ effekt, det vill säga som "stjäl" elektroner från atomer i t.ex. proteiner, lipider och DNA och därigenom påverkar dessa molekylers funktion på ett negativt sätt. *Antioxidanter* motverkar de oxiderande ämnena genom att förse dem med de saknade elektronerna, och skyddar på så vis andra molekyler.

Faktaruta 6: Kväveoxider

Kväveoxider, NO_x, är ett samlingsnamn för kvävemoxid, NO, och kvävedioxid, NO₂, NO bildas främst vid förbränning, t.ex. i trafiken, där det utgör en stor del av utsläppen (Janhäll et al. 2004). I luften reagerar sedan NO med ozon, varvid NO₂ bildas. I solljus går reaktionen åt motsatt håll, och NO₂ sönderdelas av solen till NO och ozon. Ozon kan sedan återigen reagera med NO och bilda NO₂ och cirkeln är sluten. Reaktionen störs när organiska ämnen reagerar med ozon och bryter kedjan, så att NO₂ återbildas från NO utan att ozon förbrukas. Det kan leda till att ozonet ackumuleras i luften (Brimblecombe 1996).

Nära förbränningskällan utgör alltså halten av NO en högre andel av kväveoxiderna, medan en hög andel NO₂ indikerar att avgaserna har funnits i luften under en längre tid (Janhäll & Hallqvist 2005).

När luften undersöks med hjälp av immunologisk teknik, har man i flera studier funnit att andelen luftburna och från pollenkornen fria allergener ökat efter kraftiga regnväder (Bellome et al 2002; Schäppi et al. 1996; Moreno Grau et al. 2006; Wang et al. 2009). I samband med kraftiga åskväder kan kraftiga uppåtvindar lyfta pollen och sporer till hög höjd, där de fragmenteras, sannolikt som ett resultat av i kontakt med elektriska fält. Fragmenten rasar sedan tillsammans med kall luft ner till marknivå, där de antas bidra till den ökade mängd astmaanfall som iakttagits i samband med sådan väderlek (e.g. Pulimood et al. 2007).

Det är inte bara pollenet som kan bidra med de partiklar i luften som är av växtursprung. Några av dem i luften kan ha sitt ursprung i ståndarknapparna, där pollenet

Faktaruta 7: Marknära ozon

Marknära ozon, O₃, bildas när flyktiga organiska ämnen, kväveoxider och atmosfäriskt syre reagerar med varandra under inverkan av solljus. Det gör att halterna är som högst under soliga vår- och sommardagar. Utsläpp av kväve-monoxid (som dominerar utsläppen av kväveoxider) reagerar snabbt med ozon vilket gör att halterna är lägre i stadsluft än ute på landet. I varma länder utgör ozonet huvuddelen av så kallad ”summer smog”, och en stor del av det ozon som påverkar luftkvaliteten i Sverige har bildats på den europeiska kontinenten, och transporterats hit (Guerova et al. 2006). Halterna av kväveoxider och kolväten i den hittransporterade luften påverkar också ozonhalterna här. Allt detta sammantaget gör att ozonhalten är högre söderut och nära kusten, då depositionen av ozon är lägre över vatten.

bildas. I samband med att pollenets yttervägg, exinet, bildas från de tapetceller som klär sporgömmets insida, bildas också hos många växter små sfäriska strukturer av sporopollenin (Faktaruta 3), som kallas Ubish bodies eller *orbiculae*. Dessa, som bara är några få µm i diameter är vattenavstötande. och stöter också ifrån sig pollenet. Deras funktion är sannolikt att underlätta att pollenet frigörs från mikrosporangieväggen genom att reducera van der Waals-krafter (Taylor et al. 2007). När ståndarknapparna öppnar sig, kan *orbiculae* komma ut i luften, precis som pollenet gör. Liksom stärkelsekorn kan *orbiculae* ha allergena proteiner bundna till sin yta (El-Ghazaly et al. 1995, Suarez-Cervera et al. 2003.)

2.2 Vilka pollenslag kan ge upphov till allergiska problem?

Alla pollen ger inte upphov till pollenallergi. Det är flera villkor som måste vara uppfyllda för att ett visst pollen skall orsaka bekymmer för många människor. Förutsättningarna identifierades redan 1931 av H. Thommen (i Frenz 2001): Pollenet måste innehålla ämnen som kan ge allergi. Det måste spridas med vinden, och det måste produceras i stor mängd av en växtart som är vanligt förekommande. Pollenkornet måste också ha egenskaper som gör att det kan spridas över stora ytor. Detta är villkor som uppfylls av pollen från björk och dess närmaste släktingar, av gräs och av gråbo. Sälg och viden är exempel på arter som också kan ge problem, men främst om man befinner sig alldeles i närheten av växten. Malörts-ambrosia kan bli mycket besvärlig, om den etablerar sig i Sverige i framtiden. Den har alla de ”rätta egenskaperna”, men den är ännu inte tillräckligt vanlig för att vara i nivå med björk och gräs.

Det finns många andra växter som bildar pollen som innehåller allergener, men är insekts- eller självpollinerade, för lågväxande eller inte tillräckligt vanliga för att pollenet skall bli allmänt spritt. De kan ge upphov till allergier om någon t.ex. av yrkesmässiga eller andra skäl exponeras för stora mängder av pollenet, såsom personer som arbetar med sockerbetsodling eller i blomsteraffär. Pollenet blir dock inte ett allmänt problem för atopiker. Andra växter har pollen som inte tycks innehålla tillräckligt mycket av allergena proteiner. Brännässla är ett exempel på en växt som bildar mycket och väl spritt pollen under hela sommaren, men som endast i undantagsfall utgör ett stort problem för allergiker.

Faktaruta 8: Partiklar

är ett samlingsnamn för alla luftföroreningar som inte är i gasfas. Detta gör att det är svårt att beskriva partiklar som ett entydigt begrepp. Partiklarna är de fasta och flytande ämnen i luften som är i storleksordningen 1 nanometer upp till 1 millimeter. Partiklar mäts på olika sätt. Det vanligaste är att alla partiklar mindre än en viss storlek vägs, och att mängden uttrycks i g m^{-3} . De partiklar som är tillräckligt små för att komma in i andningsvägarna kallas PM. PM står för Particulate Matter, eller PartikelMassa. I princip motsvarar PM_{10} partiklar mindre än $10 \mu\text{m}$ i diameter. Partiklar i storleksintervallet $2.5\text{--}10 \mu\text{m}$ kallas grova, och utgörs bland annat av jord, sand, en del biologiskt material och annat stoft som virvlar upp från marken, och av partiklar som bildas när bildäck nöter mot underlaget eller från slitage av bromsbelägg. Vid inandning kommer de inte längre än till de delar av andningsvägarna som leder luften, det vill säga svalget, luftstrupen och bronkerna. För att kunna bedöma effekten av finare partiklar som kan längre ner i lungorna, har man också infört måttet $\text{PM}_{2.5}$ vilket omfattar de partiklar som är mindre än $2,5 \mu\text{m}$ i diameter och kallas fina. Bland dem särskiljer man ultrafina partiklar, som är mindre än $0,1 \mu\text{m}$ i diameter. De är oftast förbränningspartiklar (t.ex. trafik, skogsbränder) och kan även vara resultatet av reaktioner mellan gaser i luften. De ultrafina partiklarna är så små att de inte nämnvärt påverkar PM_{10} och $\text{PM}_{2.5}$ -mått. Men de utgör närmare 80% av antalet partiklar, och hanteras därför vanligen genom att de räknas ("particle number concentration", uttryckt som antal per m^{-3}), då antalet anses ha betydelse för hur hälsan påverkas. De är instabila, och kan koagulera och kondenseras till större partiklar, i storleksordningen $0,1\text{--}1$ mikrometer i diameter. Dessa kan utgöra 50% av partikelmassan.

I de nämnda storleksklasserna ingår också partiklar av biologiskt ursprung, till exempel svampsporer, hyffragment, bakterier, virus och fragment från pollen och andra växtdelar (s. 8). Pollen är också partiklar, men flesta intakta luftburna pollenkorn, och alla som är vanligt förekommande i Sverige, är större än $15 \mu\text{m}$ och är alltså för stora för att omfattas av någon av de tidigare nämnda storleksklasserna.

2.3 Luftföroreningar och hälsopåverkan

2.3.1. Kväveoxider

Både kväveoxid och kvävedioxid retar luftvägarna och kan bidra till oxidativ stress. Inandning av kvävedioxid ökar känsligheten för allergen (d'Amato et al. 2002). Ett antal studier visar att kvävedioxid kan öka risken för allergisk sensibilisering och förvärra astmasymptom (Svartengren et al. 2000; Tunnicliffe et al. 1994; Strand et al. 1998; Barck et al. 2002; Lagorio 2006). Ghosh et al. (2012) fann ett samband mellan kväveoxider i omgivningsluften, bronkit och infektioner i de högre luftvägarna hos barn.

Då hälsoeffekter i epidemiologiska studier tillskrivits kväveoxider, kan det i stället röra sig om effekter av andra komponenter i trafikavgaser, till exempel ultrafina partiklar, som också bildas vid förbränning (Seaton och Dennekamp 2003).

2.3.2 Ozon

Ozon är en gas med starkt *oxiderande* förmåga (Faktaruta 5). När man andas in ozon, absorberas ungefär 40–60% i näsan. Resten tränger längre ner och påverkar såväl de övre som de nedre luftvägarna (D'Amato et al. 2005). Slemhinnan i luftvägarna täcks av en tunn vätskefilm ("respiratory tract lining fluid"), som innehåller

ler antioxidanter. Den utgör en del av ”den första försvarslinjen” i immunförsvaret. I vätskan reagerar ozonet med vattenmolekylerna och bildar hydroxyl-(OH-)radikaler, som är ännu kraftfullare oxidanter. Om antioxidanterna i vätskelagret förbrukas, kommer ozonet och OH-radikalerna att bilda sekundära oxidationsprodukter tillsammans med proteiner, lipider och andra molekyler i slemhinnan. Detta leder i sin tur till *inflammation* (Faktaruta 4) i luftvägarna. Inflammationen innebär bland annat bildning av reaktiva syreföreningar från kroppsegna vita blodkroppar (neutrofiler och makrofager). De sekundära oxidationsprodukterna bidrar tillsammans med de reaktiva syreföreningarna till vävnadsskador som kan läkas, men som vid långvarig eller kraftig exponering kan ge upphov till ärrbildning och kroniska skador (Bosson 2007). Vävnadsskadorna får till följd att allergen och toxiner i inandningsluften lättare tränger igenom epitelet, vilket ytterligare förstärker inflammationen, som tenderar att vara av allergisk typ (Faktaruta 4). Den ökade genomsläpligheten ökar risken för att utveckla en allergi. Skadorna sänker också reaktionsröskeln hos den som redan är allergisk, så att det krävs lägre doser för att kliniska symptom, t.ex. astmabesvär, skall uppträda. (Molfino et al. 1991; Forsberg et al. 2000; Gent et al. 2003; Trasande et al. 2005). studier är sambandet mellan ozonkoncentration och den negativa hälsoeffekterna inte linjärt, utan risken ökar allt snabbare, ju högre halterna är.

en djurstudie fann man att främmande ämnen ur luftvägarna eliminerades långsammare med hjälp av slem och cilierörelser, ju högre halter av ozon som djuren exponerades för (Schlesinger och Driscoll 1987). Det innebär att den som andas in allergena bioaerosoler, kommer att exponeras för de allergena ämnena under längre tid. Ozon bidrar också till att öka känsligheten mot ospecifika irriteranter. Fysisk ansträngning leder till effekterna av ozon blir starkare (Forsberg et al. 2003).

2.3.3 Partiklar

”Partiklar” är ett mycket vitt begrepp som omfattar fasta och flytande ämnen av alla sorter och i många storlekskategorier. Därför kan det finnas anledning att inte bara generalisera kring partiklar i allmänhet, utan att också se till vilka de är och vad de har för egenskaper (European Community Respiratory Health Survey II Final Report).

När man jämför de olika storleksklasserna med avseende hälsoeffekter, handlar det dels om vilka organ som de kommer i kontakt med, dels om att de olika klasserna i stor utsträckning skiljer sig med avseende på ursprung och innehåll. Därför har det börjat ställas krav på att inte bara halterna av PM₁₀ (grova partiklar), som i dagsläget främst är det som mäts av samhällets miljövårdande organ skall bevakas, utan att man också bör uppmärksamma de mindre storleksklasserna. Partikelstorleken avgör hur långt ner i andningsvägarna partiklarna kommer. Fysikaliska egenskaper, som hur lätt de går sönder och hur mycket vätska de kan suga upp, påverkar också effekten på människokroppen. Antalet framhävs som ett bättre mått på de minsta partiklarna, eftersom det är ett mått på den stor yta partikelyta som luftvägarnas vävnader kommer i kontakt med (Granum & Løvik 2001).

De finaste partiklarna har på senare tid omtalats som mest farliga för hälsan, eftersom de kan tränga långt ner i alveolerna, där syreutbytet sker. Ju mindre partikeln är, desto svårare är den att bli av med genom till exempel cilierörelser i andningsvägarna. De finare partiklarna har störst benägenhet att skapa *oxidativ stress* (FR), både genom mekanisk påverkan och på grund av att de innehåller metaller och andra ämnen, som leder till frisättning av fria syreradikaler (Faktaruta 5). Ultrafina partiklar är så små att de kan tränga in i celler och cellorganeller, t.ex. mitokondrier, där de kan ge upphov till strukturella skador, och in i utrymmet mellan cellerna (*interstitium*; Eggleston 2009). Till exempel kan partiklar som bildas vid förbränning av diesel, vilka bland annat består av polycykliska, aromatiska kolväten, feno-

ler och av andra toxiska föreningar, tränga igenom luftvägarnas yttersta skikt. På så vis kommer de i kontakt med celler som tillhör immunförsvaret. Dieselpartiklar har visats kunna samverka med björkpollenallergen hos allergiker. Tillsammans ger de en signifikant ökad aktivering av basofila celler, vilka har en nyckelroll i uppkomsten av akuta allergiska symptom (Lubitz et al., 2010). En dieselpartikelexponering som föregår exponering för allergen kan alltså förstärka en allergisk reaktion, och den underlättar också sensibilisering hos den som inte redan är allergisk.

De grova partiklarna stannar i de övre delarna av andningsorganen. De har också en mycket mindre total yta som kan komma i kontakt med luftvägarnas epitel än de fina partiklarna, men är likväl inte harmlösa. Flera studier visar att de kan ha korttidseffekter på hälsan (Brunekreef och Forsberg 2005) och att de i än större utsträckning är relaterade till andningsbesvär och till astma än vad de mindre partiklarna är. Detta kan ha ett samband med att grova partiklar oftare är associerade med bakterier (Heinrich et al. 2003). Ämnen i bakteriernas cellvägg, endotoxiner, aktiverar vita blodkroppar i kroppens första försvarslinje, vilket kan bidra till en inflammation. Dessutom utgörs en hel del av de grova partiklarna av svampsporer under sommarhalvåret (Desprès et al. 2012). Svampsporer och svamphyffragment förekommer i alla storleksfraktioner, men allergiframkallande sporer relativt sett mest i den grova. Nästan en tredjedel av alla personer som lider av allergisk astma reagerar på allergiframkallande svampar (Denning et al. 2006), vilket är ungefär tio gånger så många jämfört med befolkningen i allmänhet. Biologiskt aktiva partiklar kan ha stora effekter på allergiker och astmatiker även när de förekommer i låga koncentrationer och utgör en proportionellt sett liten del av den totala massan av partiklar i luften. Förekomsten av en viss biologisk partikel kan variera mycket från dag till dag, utan att det märks särskilt mycket på den totala partikelmassan (Egglestone 2009). Om avsikten är att mäta den allergiframkallande effekten, bör man använda sig av immunologiska metoder (t ex Fernando-Gonzales et al 2013).

2.4 Väderlekens betydelse för pollen- och luftföroreningshalter

2.4.1. Enskilda meteorologiska variabler

Väderleken kan ha en direkt effekt på luftvägssjukdomar, t ex förekomsten av astma. Den påverkar också luftkvaliteten indirekt. Meteorologiska variabler har en stark koppling både till förekomst av luftföroreningar och av pollen. Vid höga vindhastigheter tenderar lokalt emitterade föroreningar att minska i koncentration på grund av att vinden späder ut halterna. Vi vet exempelvis att koncentrationen av NO₂ varierar mycket med rådande vindhastigheter (Jones et al., 2012). Vid sydliga vindar är de flesta föroreningshalter i Sverige högre än vid nordliga, i och med att föroreningar transporteras in från kontinenten. Vindstilla situationer ger höga halter av lokala föroreningar, då omblandningen med renare luft från omgivningen begränsas. Detta är också fallet när det är inversion, dvs. då omblandningen vertikalt i luften begränsas (Janhäll et al 2006, Grundström et al., in prep.) Reaktionerna i luften påverkas också av vädret, då solstrålning ger förhöjda ozonhalter (Klingberg et al. 2012).

För ozon är förhållandet något mer komplext. Höga vindhastigheter kan faktiskt gynna höga koncentrationer, eftersom ozonet då kan blandas ned från övre luftlager och föras in från andra regioner. Det kan också leda till att vertikal transport av ozon kompenserar för depositionen vid markytan, och därmed höjer ozonhalten i marknära luftlager.

Partiklar är känsliga för nederbörd och vind. Regn tenderar att minska partikelhalterna genom våtdeposition, och på så sätt försvinner partiklar ur luften.

Våta marker och vägbanor gör också att de inte virvlar upp och blir luftburna en andra gång, vilket kan ske under torra och blåsiga förhållanden.

Pollen är också partiklar, även om de är för stora för att ingå i PM₁₀. Förekomsten av pollen i luften beror delvis på villkoren för att ståndarknapparna öppnar sig och släpper ut pollen (Dahl et al. 2013), vilket främst beror av instrålning och av ångtrycksdeficit, dels på vilka meteorologiska förhållanden som råder under själva spridningen av pollenet, bort från plantan (e.g. Michel et al. 2010; Sofiev et al. 2013). Pollenspridningen gynnas av torrt väder, måttliga vindhastigheter och hög termisk turbulens, det vill säga att solen värmer upp luften nära markytan, så att den blir lättare, kan stiga uppåt och föra med sig sitt innehåll av partiklar till nivåer där det sprids effektivt i sidled. Nederbörd minskar pollenhalterna markant, även om de ofta ökar alldeles i början av ett regnväder då pollen i högre luftlager förs nedåt. Likaså kan mycket friktionsturbulens sänka pollenhalterna (Faegri och Iversen 1989) genom att pollenet kastas ned mot marken eller upp till högre luftlager.

Hittills har studier av i vilken utsträckning som det finns en samvariation mellan höga halter av luftföroreningar och pollen under olika vädersituationer saknats.

2.4.2. Kategorisering av väderlekssituationen (Lamb's vädertypssystem)

Det finns många studier av sambandet mellan enskilda meteorologiska variabler och pollenhalter, och ett antal som härleder förekomsten av fjärrtransporterat pollen till sin ursprungskälla. Pollensituationen bestäms emellertid inte av en enda variabel, utan av hur de kombineras. Det finns alltså ett behov av att göra jämförelsen med en hel väderlekssituation. Lamb's vädertypssystem kan användas i detta syfte. Dessa vädertyper beräknas från den geostrofiska vindens rörelser och beskriver hur luftmassan rör sig eller cirkulerar över en viss geografisk plats. Detta geostrofiska flöde uppstår på grund av att två motsatta krafter verkar på luftmassan. Den ena är Corioliskraften, vilken uppstår genom jordens rotation kring sin egen axel. Den andra är tryckkraftsgradienten, vilken uppstår mellan låg- och högtryck, eftersom luften alltid rör sig från områden med lågt tryck i riktning mot områden med högt tryck (Robinson and Henderson-Sellers, 1999). När dessa två krafter står i balans, sägs det geostrofiska flet hos luftmassan uppstå, och beskriver då om luftmassan cirkulerar medurs (högtryck) eller moturs (lågtryck), eller om den rör sig från en specifik riktning (nord, nordost, ost osv.).

Men att en viss vädertyp råder, innebär inte bara ett visst beteende hos det geostrofiska flödet. De lokala meteorologiska förhållandena varierar på ett karakteristiskt sätt inom varje vädertyp, t ex hur mycket nederbörd som förekommer, eller hur vanligt det är med omständigheter som gynnar pollenspridning eller ozonbildning. Dessa lokala förhållanden, t ex vindstyrka och nederbörd, kan emellertid skilja sig mellan årstider och år. Det beror framförallt på att temperaturen i Sverige varierar starkt under året. Ett högtryck på sommaren är varmt på grund av den starka solinstrålningen som då faller in mot jordytan. På vintern är dock solinstrålningen mycket begränsad och den värme som genereras vid jordytan försvinner ut i rymden då det oftast är molnfritt i denna vädertyp. Detta gör att avkylningen förstärks under högtryck på vintern. Varm luft orsakar termisk turbulens och därmed bättre omblandning än vad kall tung luft gör. Den senare ger ofta dålig luftkvalitet just på grund av att omblandningen är begränsad. Den västliga vädertypen kan innehålla mer eller mindre fukt, och framför allt är den nederbördsrik under hösten och vintern.

3. Material och metoder

3.1 Belastningen av pollen på befolkningen i Malmö och Göteborg

Landskap, vegetation och markanvändning skiljer sig mellan Malmö- och Göteborgsregionen. Malmö omges framför allt av ett öppet och storskaligt jordbrukslandskap i den nemoral zonen, där naturligt förekommande skogar domineras av ädla och för svenska förhållanden värmeälskande lövträd, t ex bok. Göteborgstrakten ligger huvudsakligen i samma zon, men närmare gränsen till den nemoboreala zonen, där det också finns ett naturligt inslag av barrträd. I regionen utgörs stora ytor av igenväxande odlings- och betesmarker med mycket björk och andra ”triviala” trädslag. Befolkningen exponeras därför för olika proportioner av allergena pollenslag. Påverkan av fjärrtransporterade pollen skiljer sig sannolikt också.

3.2 Pollenslag som beaktats i den här studien.

I denna studie har pollenslag som anses ha stor betydelse för allergiker beaktats, men även sådana vars bidrag till symptom ännu inte är väl känt.

3.2.1. Björkpollen.

Att björkpollen är en av de två vanligaste orsakerna till pollenallergi i Nordeuropa beror bland annat på att björkar är så vanliga och på att de bildar så mycket pollen. Ett enda hanhänge av de tusentals som kan produceras på ett träd kan bilda fem miljoner pollenkorn, och alldeles intill blommande träd kan koncentrationer på 30 – 50 000 pollenkorn per kubikmeter luft uppmätas. Blomningsintensiteten hos björk kan variera mycket mellan olika år (Fig. 2), och bestäms av föregående års blomningsintensitet, liksom av de väderleksförhållanden som rådde under vår och försommar under året före blomningen (Dahl & Strandhede 1996).

Lokalt producerat björkpollen brukar börja uppträda i mitten eller slutet av april. Normalt brukar björkpollenhaltens årsmaximum infalla inom en tiodagersperiod efter blomningsstart. I södra Sverige bidrar två arter, vårtbjörk (*Betula pendula*) och glasbjörk (*B. pubescens*). Vårtbjörk börjar i allmänhet blomma någon vecka före glasbjörken. Pollenkurvan har ofta två toppar, en högre som sannolikt kan hänföras till vårtbjörkspollen och en lite lägre, som framför allt utgörs av glasbjörkspollen. Det är inte ovanligt med fjärrtransporterat björkpollen, under tidig vår framför allt från ser eller sydöst, och efter det att den lokala blomningen i Sydsverige är över, främst från norr, där det finns stora förekomster av björk som på grund av det kallare klimatet blommar senare.

3.2.2. Björkrelaterade pollen

Det finns en mycket hög grad av korsreaktivitet (se sid 12) mellan björk och dess närmaste släktingar. Ungefär 80 % av björkpollenallergikerna reagerar på pollen från hassel (*Corylus avellana*) och al (*Alnus* spp.), som blommar på vintern och förvåren. Dessutom är sannolikheten stor att de också reagerar på pollen från bok (*Fagus sylvatica*) och ek (*Quercus robur* och *Q. petraea*), men det är inte klart hur stor betydelse dessa släkten har för allergiker i Skandinavien. Bokblomningen startar någon vecka efter björkblomningen, och ekblomningen först när björkblomningen lider mot sitt slut. Blomningsintensiteten hos ek och i ännu högre grad hos bok varierar mellan år, liksom den hos björk.

3.2.3. Gräspollen

Poaceae (gräsfamiljen) omfattar i Sverige cirka 150 arter. Endast ett femtiotal av dessa är tillräckligt vanliga och tillräckligt stora pollenproducenter för att vara väl representerade i pollenregistreringen. Pollen från olika gräsarter liknar varandra till utseendet. I pollenrapporterna skiljer man dem inte åt. Bland majoriteten av dem som förekommer i Sverige är korsreaktiviteten är mycket hög, på grund av att olika gräsarter innehåller likartade allergen (Andersson och Lidholm, 2003).

Gräspollenssäsongens början beror på temperaturförhållanden och fuktighet under hela våren och försommaren. Den varierar från år till år. Många olika arter med olika ekologi avlöser varandra under säsongen. Gräspollenkurvan brukar visa en följd av toppar, som representerar olika arters blomningsmaxima och variationer i väderlek. Dessa faktorer överlappar och förstärker varandra i skiftande grad, beroende på vilka väderförhållanden som råder. Tidpunkten för pollenmaximum kan infalla när som helst från början av juni till mitten av juli.

3.2.4. Andra allergena pollen

I denna rapport har bara björk och de björkrelaterade pollenslagen, gräs och gråbo (*Artemisia vulgaris*) beaktats då de utgör de mest betydande allergena pollenslagen. Gräspollen kan påverka resultaten under björksäsongen, medan såväl björk, ek och bok kan påverka resultaten i början av grässäsongen och gråbo under hög- och eftersommar.

3.4.5. Barrträdspollen

Bland dem som inte betraktas som allergena finns en (*Juniperus communis*), gran (*Picea abies*) och tall (*Pinus sylvestris*), som samtliga bidrar med stora mängder pollen under senvår och försommar; gran något mindre i Göteborg och Malmö då dessa orter ligger utanför granens naturliga utbredningsområde. Teoretiskt sett kan de bidra med rent mekanisk irritation som kan uppfattas som en allergisk effekt. Vid ett möte med det europeiska pollennätverket COST ES0603 i februari 2011 framfördes (Karatzas, muntligen) att det finns ett samband mellan höga tallpollenhalter och personer som uppger ögonirritation ("känsla av främmande kropp i ögat") i uppgifter lämnade till den webbaserade "Pollen Diary" (www.pollendiary.com).

Den nordeuropeiska enen *Juniperus communis* har alltså inte identifierats som något allergiproblem. Men dess pollen innehåller proteiner som är mycket lika de allergener som finns hos släktingarna cypress (*Cupressus*), som orsakar stora allergiproblem i Medelhavsområdet, japansk ceder (*Cryptomeria japonica*), det största allergiproblemet i Japan, och allergiframkallande enar i Nordamerika (*Juniperus* spp.). Medlemmar av familjen Cupressaceae har också pollenkorn vars yta är beströdd med sporopolleninkorn (Faktaruta 3), som är tillräckligt små för att kunna ingå i PM (Wang 2009). Det finns alltså skäl till att ta med den i en sådan här studie.

Under en period då både gräs och björk har mindre betydelse men då barrträd utgör en stor del av den totala mängden pollen tycks förskrivningen av antihistaminer som är fokus här ändå tycks variera (t.ex. mellan 10 maj och 9 juni år 2009). Därför har barrträden också tagits med i den här studien (Appendix 2, Fig. 1-12)

3.3. Så mäts pollen

För registrering av luftburet pollen används i Sverige "Burkard Seven-Day Recording Volumetric Spore Trap". En eldriven fläkt suger in en konstant luftström genom ett slitsformat munstycke. Mängden luft är tio liter per minut, vilket ungefär motsvarar den mängd luft som en människa i vila andas in. Innanför munstycket

sitter en trumma som är 20 mm bred och som är belagd med en utbytbar tejp. Luftströmmen, som sugts in genom munstycket, träffar den del av tejpens som sitter omedelbart bakom munstycket. Trumman är kopplad till ett urverk, som roterar 2 mm per timme och under en timme exponeras således två mm av tejpens. På ett dygn roterar trumman 48 mm och i loppet av 7 dygn exakt ett varv.

Luftens innehåll av pollen, sporer, damm, sot och andra partiklar fastnar successivt på tejpens. Enligt fabrikanter fastnar ungefär 70 % av de pollenkorn som förekommer i luften. Någon justering med hänsyn till detta förhållande görs inte vid någon av pollenstationerna i landet.

För varje dygn analyseras 12 tvärband, vilket innebär att en analys av pollenkoncentrationen görs i varje tvåtimmarsintervall under dygnet. Totalt analyseras under dygnet på detta sätt innehållet i ca 1 kubikmeter luft. De analyserade pollenmängderna sammanräknas och omräknas till mängden pollen per kubikmeter luft och dygn.

3.4. Så mäts luftföroreningar

Till skillnad från hur fallet är med pollen, regleras registrering av vissa luftburna föroreningar i Miljöbalken (MKN-förordningen). Tillgången på mätdata från dessa är således ganska god, även om antalet mätpunkter med långa tidsserier är relativt litet. De ämnen som mäts regelbundet av myndigheter är ozon, kvävedioxid, kväveoxid, svaveldioxid och partiklar i form av PM₁₀ och PM_{2.5}, då de ingår i den lagstadgade miljöövervakningen. Det finns mycket stöd för att ultrafina partiklar har stor betydelse för hälsan, men de ingår inte. I de preliminära rapporter vi gjort framgick att halterna av svaveldioxid numera är för låga för att ha någon generell effekt på allergibesvär, och därför har också de uteslutits.

Rådata för luftföroreningar föreligger som timmedelvärden. I den här studien har vi använt dygnsmedelvärden och dygnsmaximumvärden, eftersom de tidsmässigt motsvarar de dygnssummor som används för pollen. Undantag är ozon, där vi använt dygnets maximumvärde av det rullande åttatimmarsmedelvärdet eftersom detta används i en viktig luftkvalitetsstandard för hälsoeffekter.

Luftföroreningsdata från Göteborg kommer från "Femman", miljöförvaltningens huvudmätstation som är placerad på Femmanhusets tak i Östra Nordstan i centrala Göteborg (57 42'N 11 58'O), på cirka 30 meters höjd över marken. Avståndet till pollenmätstationen vid Östra sjukhuset är cirka åtta km. Uppgifterna från Malmö kommer från mätstationen på Rådhusets tak, cirka 20 meter över marken. Rådhuset ligger vid Stora Torg i centrala Malmö, (55 42'N, 13 00'O), och avsnittet till Skånes Universitetssjukhus, där pollenfällan står, är ungefär 3 km.

Gasformiga luftföroreningar mäts med olika standardiserade direktvisande instrument av olika fabriker. Ozon mäts med absorption av ultraviolett ljus (Unor), svaveldioxid med fluorescens av ultraviolett ljus (Unor), medan kväveoxiderna mäts med kemiluminiscens (Tecan).

Partikelhalten mäts med hjälp av en TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance). I luftintaget skiljs de större partiklarna bort enligt en väldefinierad storleksfördelning, som är anpassad för att efterlikna de partikelstorlekar som kan tränga in i en människas andningsvägar. De som passerar genom ett selektivt intag som med 50 % effektivitet skiljer av partiklar med en diameter av 10 mikrometer omfattas av storleksfraktionen PM₁₀. De partiklar som ingår i fraktionen fastnar på ett filter som sitter på en oscillerande glasstav. Allteftersom partikelmassan på filtret ökar, dämpas svängningsfrekvensen. Genom att registrera förändringarna kan man kontinuer-

ligt beräkna partikelmängden i luften. För att mäta både PM₁₀ och de mindre partiklarna PM_{2,5} behövs alltså två instrument.

3.5. Vilka läkemedelsdata har använts?

En DDD, eller daglig dos, är den förmodade genomsnittliga dygnsdosen då läkemedlet används av vuxen vid medlets huvudindikation, fastställd av WHO. I denna studie har vi använt uppgifter dels om hur många sådana dygnsdoser antihistaminer som förskrivits per vardag under undersökningsperioden, dels om hur många dygnsdoser av receptfria antihistaminer som försålts under vardagarna under samma period. Antihistaminer är läkemedel som är vanliga i behandlingen av allergi och allergisk astma. Därutöver används de mot Ménières sjukdom, en sjukdom i innerörat, som endast cirka fyra promille av befolkningen lider av.

Läkemedel klassificeras i grupper och tilldelas koder, allt efter indikation, i det så kallade ATC-systemet, som på rekommendation av WHO används internationellt för rapportering av förskrivning och försäljning. Vårt underlag har levererats av Socialstyrelsen (förskrivning) respektive av Apotekens servicebolag AB (försäljning av receptfria läkemedel). De undersökta antihistaminerna omfattar ATC-koderna R01AC01, R01AC02, R01AD01, R01AD02, R01AD05, R01AD09, R03DC03, R06AA02, R06AD02, R06AE07, R06AX13, R06AX22, R06AX26 och R06AX27, inkluderande både män och kvinnor i åldern 10-64 år i Göteborg. I denna rapport betecknas både förskrivning av receptbelagda, och försäljning av receptfria läkemedel med termen "AF", där "H" står för antihistamin och "F" endera står för förskrivning eller försäljning. Indexen R (recept) respektive ÖD (över disk, en översättning av det engelska uttrycket "over the counter") anger om det är frågan om förskrivning eller försäljning av receptfria läkemedel.

3.6. Statistisk analys

En regression beskriver hur en variabel, t ex läkemedelsförskrivning, påverkas då en eller flera andra variabler förändras, t ex luftens pollen- och ozonhalt. Den förstnämnda variabeln kallas effektvariabel, eller beroende variabel, och de variabler som påverkar den kallas förklaringsvariabler, eller oberoende variabler. Regressionskoefficienten, estimatet, som beräknas i en regressionsmodell visar den tänkta linjens lutning. I en modell med endast en förklaringsvariabel visar den hur mycket som effektvariabeln i genomsnitt ökar som resultat av att förklaringsvariabeln ökar med en enda enhet. I vårt fall visar den till exempel hur mycket varje enskilt björkpollen per kubikmeter luft bidrar till förskrivningen eller försäljningen av antihistaminer.

Ofta används linjär regression, där sambandet mellan variablerna då antas korrekt kunna beskrivas med en rät linje. Biologiska och medicinska samband, t ex relationen mellan pollen och hälsokriterier (Tobias et al. 2004; Erbas et al. 2007), är emellertid ofta icke-linjära. En förutsättning för att den traditionella linjära regressionen skall få användas är också att effektvariabeln är normalfördelad.

"Generalized Linear Models (GLM)" har utvecklats ur linjära modeller, men kan i viss mån användas även om sambandet mellan beroende och oberoende variabler är icke-linjärt. Sambandet mellan effektvariabeln och en eller flera förklaringsvariabler uttrycks genom en länkfunktion, som transformerar data så att de inte kan anta orimliga värden, t ex negativa värden av antalet dödsfall. De undersökta datavärdena är inte alltid normalfördelade, till exempel varken pollen- eller luftföroreningshalter. GLM har vidareutvecklats till Generalized Additive Models (GAM, Hastie och Tibshirani 1995). GAMs har bland annat fördelen av att det går att reducera "störande" variation i en förklaringsvariabel som förmodas ha inflytande på den

faktor man är intresserad av. I vårt fall kan t ex utomhustemperaturen ha effekt på allergiska besvär, både genom att den påverkar utsläppet av pollen och genom att den påverkar nässlemhinnan. Om vi då huvudsakligen är intresserade av hurvida ozonkoncentrationen bidrar till försäljningen av antihistaminer, betraktar vi temperaturen som en ”confounder”, det vill säga en ”förvirrare”, som kan ge upphov till felaktiga slutsatser om ozonets effekter. Det är i GAM möjligt att med en hjälpfunktion minska temperaturens bidrag hur försäljningen påverkas. Den kurva som beskriver sambandet mellan ozon och försäljning blir då slätare och jämnare än vad den var förut. Man känner inte till alla förvirrande faktorer. De brukar få representeras av en tidsvariabel, som också slätas ut, oftast så att man tillåter säsongsbetingad variation att vara kvar.

En utslätad (”smoothed”) kurva kallas med ett engelskt uttryck för en ”spline”, vilket ursprungligen är beteckningen på en böjbar linjal som använts för att mäta bukande bräddor vid båtbyggen. Graden av utslätning bestäms av hur många frihetsgrader man väljer.

I en additiv modell provar man om den totala effekten på hälsan är summan av de enskilda faktorernas effekt, och om alla de testade faktorerna bidrar till slutresultatet. Idealet vore snarare att kunna testa om det finns en statistisk interaktion som styrker de resultat från medicinska och biologiska studier som kan användas som argument för att en biologisk interaktion existerar. Statistisk och biologisk interaktion är inte identiska begrepp. Den statistiska interaktionen har en klar matematisk definition, där den totala effekten är produkten, inte summan av de enskilda effekterna. Det kan emellertid vara svårt att definiera utgångskriterierna på ett korrekt sätt (Rothman 2002), och därför väljer man ofta additiva modeller.

Vi använder en variant av GAM (”quasi-poisson”) som tillåter att spridningen i materialet är större än vad som teoretiskt förväntas vid ”vanlig” Poissonfördelning. En Akaike-analys (se t ex Greven and Kneib 2009), modifierad till ”pseudo-akaike” vilket har rekommenderats i quasi-poissonanalyser, har genomförts för att hitta den mest ekonomiska kombinationen av oberoende variabler. Antalet frihetsgrader i utslätningen av confounder-variablerna har valts med hjälp av känslighetsanalys, jämförelse av GCV-poäng och för vad som ger den minsta möjliga autokorrelationen. Vanligen gav 5*7 frihetsgrader det bästa resultatet. Siffran 7 härrör det från det antal år som inkluderats i studien. I de fall autokorrelation inte kunde undvikas, har lagvariabler testats i modellen.

Modeller som inkluderar en förklaringsvariabel (det vill säga ett pollenslag eller en luftförorening) ser ut så här

$$DDD = x_i + s(\text{tid}, df=5*7) + s(T_{\max}, df=5*7)$$

och sådana som inkluderar två förklaringsvariabler så här:

$$DDD = x_i + x_{ii} + s(\text{tid}, df=5*7) + s(T_{\max}, df=5*7)$$

där DDD är förskriften eller försåld ”defined daily dose” av antihistaminer, ”x” är koncentrationen av den eller de förklaringsvariabel ”i” och ”ii” som är i fokus för analysen och ”s” står för ”spline”. Tid är dagnummer från analysens början och T_{\max} dygnsmaximum för utomhustemperaturen.

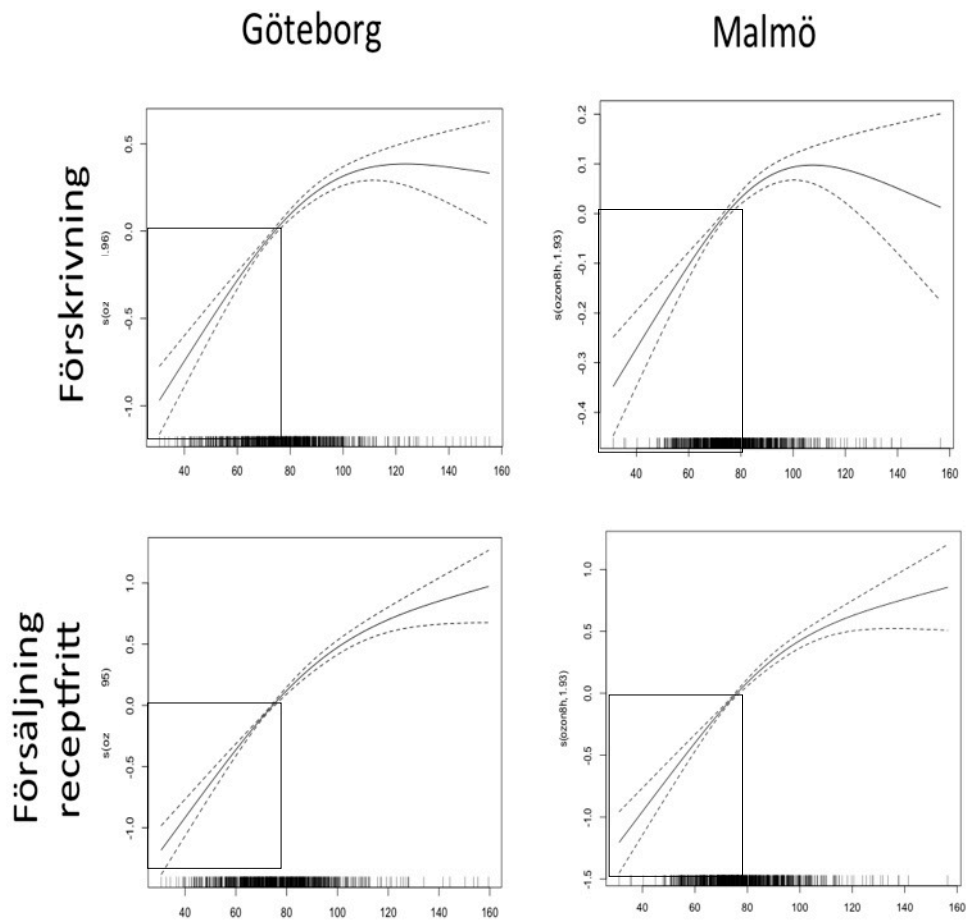


Fig 1. Exempel på hur den relativa förändringen av antihistaminförskrivning (övre raden) och -försäljning (nedre raden) varierar med ozonkoncentrationen, uttryckt som en spline (3 frihetsgrader). Vid värden över ca 80mikrogram per luft är det fråga om en reell ökning. Under denna koncentration är effekten sannolikt inte signifikant. De båda räta linjerna markerar skärningspunkten.

3.7. Vad analysen säger om relativ risk/ökning av förskrivning och försäljning

I miljömedicinska sammanhang är man intresserad av hur mycket måttet på ett visst hälsokriterium ökar med exponeringen för en viss miljöfaktor. Man kan till exempel beräkna hur mycket antalet akutintag på grund av astma ökar med ökad koncentration av en viss luftförorening, till exempel ozon. Ett mått som används är "relativ risk", i detta fall risken att drabbas av astma för den som exponerats för en viss ozonkoncentration, jämfört med hur stor risken för de personer som inte exponerats för ozon är.

Med hjälp av estimat/regressionskoefficienter som erhållits ur en GLM (Generalized Linear Model) eller en GAM (Generalized Additive Model) kan den relativa risken (RR) beräknas som

$$e^{\beta_1 x_{ij}}$$

Tabell 1. Tröskelvärden som använts i de olika analyserna, för de aktuella pollenslagen och för de kemiska föroreningarna.

Pollenslag/ luftförorening	Nedre tröskelvärde Index(värdetyp)	Övre tröskelvärde Index
<i>Alnus</i>	0	200
<i>Corylus</i>	0	35
<i>Betula</i>	0(50)	1500
Poaceae	0(30)	200
<i>Quercus</i>	0	200
<i>Fagus</i>	0	300
NO2	20(40)	55
O3	80	120
PM10	30	45
PM10max	50	90

Termen β är regressionskoefficienten. I vårt fall betecknar termen "i" ett visst pollenslag eller en viss luftförorening som använts som oberoende variabel i en sådan modell, och termen "xij" utgör koncentrationen (x) av "i" vid tidpunkten "j". Även om behovet av antihistaminer är uttryck för något negativt, nämligen att många lider av allergi, är "risk" kanske inte rätt benämning för ökad försäljning eller förskrivning och vi väljer i stället för att använda "RR", att använda förkortningen "RÖ" för relativ ökad antihistaminförskrivning eller -försäljning. Om RÖ är lägre än 1 eller exakt 1, bidrar inte den oberoende variabeln till ökad försäljning.

En GAM där dygnets björkpollenkoncentration används som oberoende variabel, och den beroende variabeln är försäljning av receptfria antihistaminer i Göteborg, ger estimatet 0,0004067. En koncentration av 100 björkpollen skulle då ge RÖ = 0,04067 och AF är cirka 1,04, det vill säga en fyraprocentig ökning av försäljningen jämfört med situationen då det inte finns björkpollen i luften.

3.8. Visualisering av hälsoeffekter vid en viss luftkvalitetsituation

När information om luftens innehåll skall presenteras för allmänheten är det en fördel om den är lätt att förstå. De olika pollenslagens och/eller luftföroreningar som förekommer en viss dag, och deras förväntade och sammanlagda korttidseffekt på hälsan kan uttryckas i form av ett index (Sicard et al. 2011, 2012, Wong et al. 2012). Indexet uttrycker hur mycket hälsoeffekterna förväntas öka, i förhållande till när det inte finns någon belastning av de påverkande faktorerna, och bygger i vårt fall på resultaten av GAM-analyserna. I exemplet ovan bidrar björkpollenkoncentrationen med en ökning på 4%. Samtidigt kanske ozonhalten bidrar med en ökning på 3% och partikelhalten med 2%. Detta innebär att index blir 4+3+2%, det vill säga 9%. Försäljningen av receptfria läkemedel ökar med 9%, jämfört med när det inte finns några pollen och när luftföroreningarna inte överskrider gränsvärdet.

Om hälsoeffekten uttrycks som RÖ, kan summan matematiskt skrivas så här:

$$\sum_{i=1, \dots, p} (e^{\beta_i x_{ij}} - 1) \times 100\%$$

där p betecknar alla de olika pollenslag och föroreningar som vi beaktat. Storleken på det relativa bidraget från varje komponent kan visas grafiskt (Fig.22, 23, Appendix 1, Fig.1-12).

I beräkningen av hälsoeffekter och i identifieringen av risksituationer har vi använt ett nedre tröskelvärde för effekten av luftföroreningarna. Endast den koncentration

som överskrider det i denna studie beräknade gränsvärdet användes i beräkningen av luftföroreningarnas bidrag. Tröskelvärdet har identifierats genom att plotta variationen i den enskilda föroreningens koncentration mot RÖ. ”Bruset” i variationen har reducerats genom att lägga till en så kallad splinefunktion, med ett litet antal frihetsgrader. Splinefunktionen tar bort den variation som beror på andra faktorer än den luftförorening man är intresserad av. Kurvans lopp antyder att effekten är negativ vid koncentrationer som underskrider en viss nivå, vilket verkar orealistiskt (Fig. 1). I stället har vi tolkat det som att sådana koncentrationer inte har någon signifikant effekt på förskrivning eller försäljning av antihistaminer. Till exempel bidrar ozon positivt till AF först då maximum av åttatimmars-medelvärdet passerar 80 mikrogram per kubikmeter luft. 80 mikrogram m^{-3} är också högsta tillåtna koncentration per timme i regeringens miljömål för frisk luft (Gippert & Pleijel 2009).

Om vi till exempel skall beräkna effekten av värdet $92 \mu g m^{-3}$, räknar vi ut hur mycket detta värde överskrider tröskelvärdet $80 \mu g m^{-3}$. I det här fallet är det $12 mg m^{-3}$ som skall multipliceras med RÖ (relativ ökning av läkemedelsförsäljningen per mikrogram) för ozon = 0,003. Ökningen är i detta fall 0,036, det vill säga 3,6%.

De olika pollenslagen ger positiva bidrag så fort halten överskrider noll, vilket stämmer med erfarenheten av hur symptomen uppträder. Formen på kurvorna, och den pollenkoncentration vid vilken kurvan planar ut upptill stämmer med studier av pollenhalt och symptom (Åberg et al. 2011, Kiotseridis et al. 2013b). Denna utplanningsnivå sätts i samtliga fall som ett övre gränsvärde; värden över denna nivå kan betraktas som ”mycket höga”.

I väderleksanalyserna användes de nedre tröskelvärdena $80 \mu g m^{-3}$ för $ozon_{8hmax}$, $30 \mu g m^{-3}$ för PM_{10} och $40 \mu g m^{-3}$ för NO_2 samt för björkpollen till $50 pollen/m^{-3}$ och gräspollen till $10 pollen/m^{-3}$. Luftföroreningshalterna är här angivna som dygnsmedelvärden och pollenhalterna är dygnssummor.

De faktiskt uppmätta pollen- och luftföroreningsdata som ligger till grund för ett index måste vara tillförlitliga, liksom de prognoser som görs med bland annat dessa data som grund. Mätmetoderna skall vara kvalitetssäkrade och analytikerna ha en adekvat utbildning.

3.9. Metod och beräkningar för vädertypsanalys

Varje enskild geografisk region kan sägas ha en speciell väderleksprofil, som bestäms av vilka synoptiska (storskaliga, ~1000 km) cirkulationssystem som har störst inflytande (Lamb 1950), och som styr variationer i det lokala klimatet (Chen 2000, Achberger *et al.* 2006). Denna meteorologiska variation kan klassificeras med hjälp av Lambs vädertypssystem (LWT, Lamb Weather Type, se s. 18), genom att vädret på en plats delas in i ett antal kategorier (Chen, 2000). Metoden bygger på att lufttrycksdata från 16 olika punkter (tagna från ”NCEP/NCAR Reanalysis database” 2.5×2.5 graders tryckfält) centrerade över en geografisk plats (i denna studie över Göteborg och Malmö) används till att beräkna den geostrofiska vindens cirkulationsmönster eller vindriktningsmönster. Beräkningen är baserad på ett antal objektiva regler, som anger gränserna för vad som skall klassificeras som atmosfärisk cirkulation och vad som skall klassificeras som vindriktning (Jenkinson & Collison, 1977). Denna klassificeringsmetod har vanligtvis 27 vädertyper, men i denna studie har dessa komprimerats till 10 vädertyper, där två stycken karakteriseras som cirkulation, antingen medurs (H = anticyklon, högtryck) eller moturs (L = cyklon, lågtryck) och 8 st. med en huvudsaklig vindriktningskomponent (NO, O, SO, S, SV, V, NV och N).

För både Göteborg och Malmö har varje vädertyp kategoriserats baserat på meteorologi (nederbörd, relativ luftfuktighet, vindhastighet, temperatur, solinstrålning och lufttryck), luftföroreningar (ozon, partiklar och kvävedioxid) samt björk- och

gräspollen. Medelvärden har tagits fram för samtliga variabler inom varje vädertyp för att på så sätt karaktärisera den enskilda vädertypen. Frekvenser i antalet överträdelser av tröskelvärden har också analyserats för varje vädertyp för att på så vis identifiera om någon eller några vädertyper oftare har dagar med överskridanden, och därför innebär en förhöjd risk för exponering, detta har benämnts som risksituationer. Dessutom skall tilläggas att björk- och gräspollenssäsonger inom vädertypsanalyserna har definierats som alla dagar då pollenslaget varit större än noll.

4. Resultat

4.1 Belastningen av allergena pollen i Malmö och Göteborg

Ett grovt sätt att demonstrera hur den lokala profilen för pollenallergenbelastning i Malmö och Göteborg är att jämföra medelvärden för de olika pollenslagens års- och maxvärden (Tabell 2). Värdena är beräknade från 1989, då trenden mot ett varmare klimat blir tydlig i våra historiska data. Björk och ek har vanligen högre värden i Göteborg, medan det finns mer av bok- och gräspollen i Malmö.

4.2. Variation i pollensäsongens intensitet

Årssumman för pollen varierade mellan olika år hos samtliga analyserade pollenslag (Fig. 2), liksom längden på pollensäsongen och storleken på säsongsmaximum. Hos al och hassel har blomningen ibland redan börjat när pollenfällan satts igång. Detta gäller särskilt Malmö, men diagrammen avspeglar också en faktisk variation i blomningsintensitet. Träden har generellt stora skillnader i pollenproduktion mellan år. Malmöområdet och Göteborgsområdet är inte helt i fas med varandra i detta avseende. Så t ex var årssummorna för ek höga två år i rad (2008, 2009) i Malmö, men inte i Göteborg där årssumman för 2009 var betydligt lägre än 2008. Förutom biologiska och meteorologiska omständigheter under de pollenbildande blommornas anläggning ett eller flera år före det år då pollen sprids, påverkar också förekomsten av fjärrtransport årssummans storlek hos gräs. Årssummorna för gräs varierar också kraftigt och beror av årsmånen under pollenspridningsåret. Fjärrtransport är mindre vanlig när det gäller gräspollen.

Tabell 2. Pollenindex (årssummans) och årsmaximas medelvärden för några olika pollenslag vid pollenmätstationerna i Göteborg och Malmö 1989-2012.

	Medelvärde pollenindex		Medelvärde årsmaximum	
	Göteborg	Malmö	Göteborg	Malmö
Al (<i>Alnus</i>)	756	592	129	133
Björk (<i>Betula</i>)	12066(9305*)	5939	1888	1194
Bok (<i>Fagus</i>)	76	572	16	135
Ek (<i>Quercus</i>)	1342	1190	297	211
Gräs (<i>Poaceae</i>)	1756	2532	142	171

4.3. Variation i luftföroreningshalter

Halterna av kväveoxider (NO, NO₂) och partiklar (PM₁₀) är vanligen högst under vinter och tidig vår, medan ozonhalterna (O₃) är högst under sommaren. Kväveoxid- och partikelbelastningen varierar också under olika år (Fig. 3). En mer utförlig kommentar till mellanårsvariationen följer i avsnitt 4.5 och Appendix 1.

4.4. Effekter av pollen och luftföroreningar, var för sig, på förskrivning och försäljning av antihistaminer

Analyserna gjordes för att ta reda på hur mycket behovet av antihistaminer påverkas av koncentrationen av pollen och luftföroreningar, och om kombinationen av de båda faktorerna har en större effekt än de enskilda faktorerna har var för sig.

I tabellerna i detta stycke redovisas hur stor förskrivningen av receptbelagda läkemedel (AF^R), och försäljningen av receptfria läkemedel (AF^{ÖD}) kommer att vara, om koncentrationen av pollen eller en viss luftförorening ökar med tio enheter, alltså 10 pollenkorn eller 10 mikrogram, jämfört med hur AF^R och AF^{ÖD} är utan exponering.

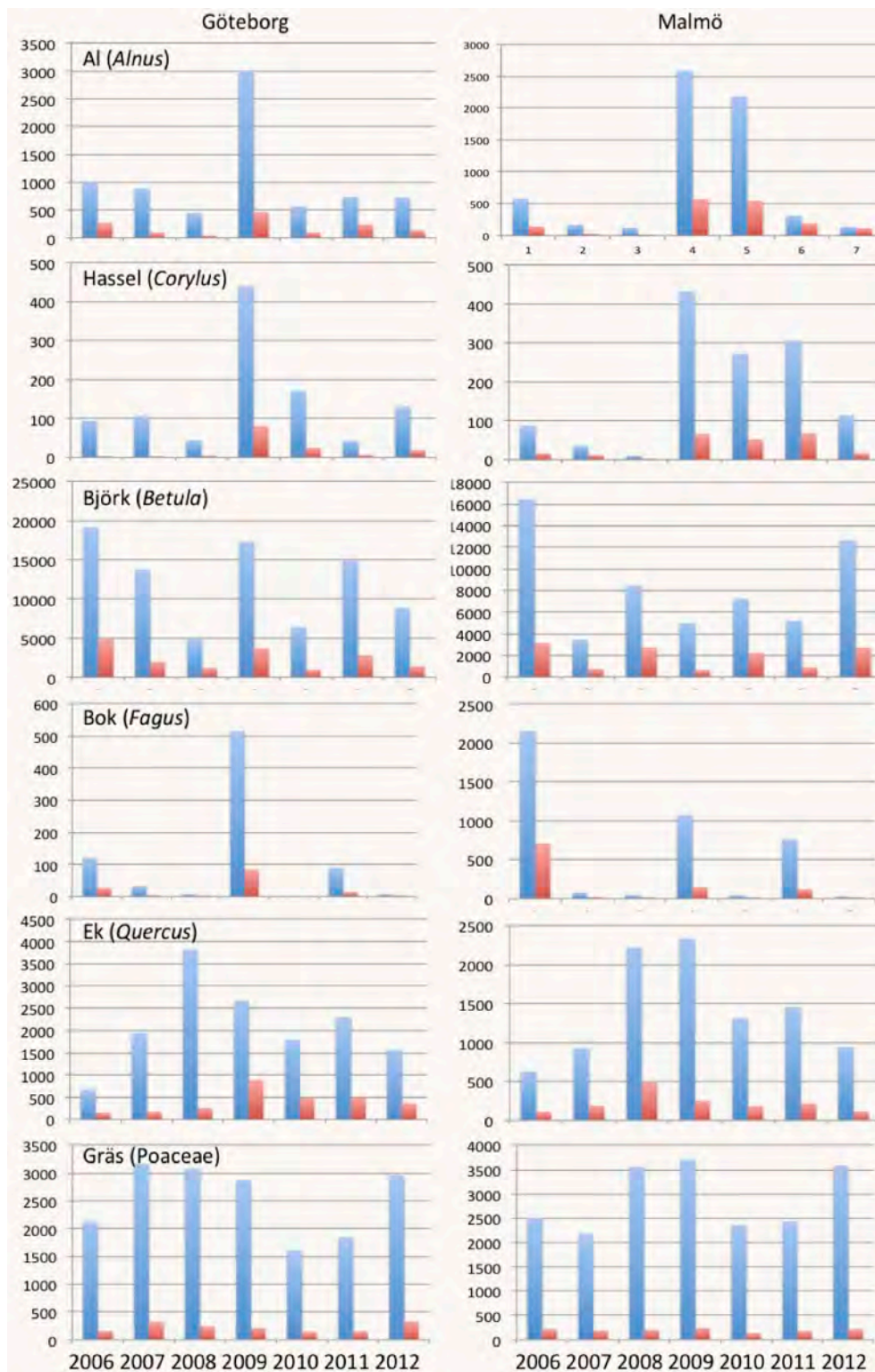


Fig. 2. Pollenindex (årssummor, blå staplar) och dygnsmaximum (röda staplar) för några olika pollenslag vid mätstationerna i Göteborg och Malmö. Notera att skalan på den lodräta axeln skiljer sig mellan städer och pollenslag.

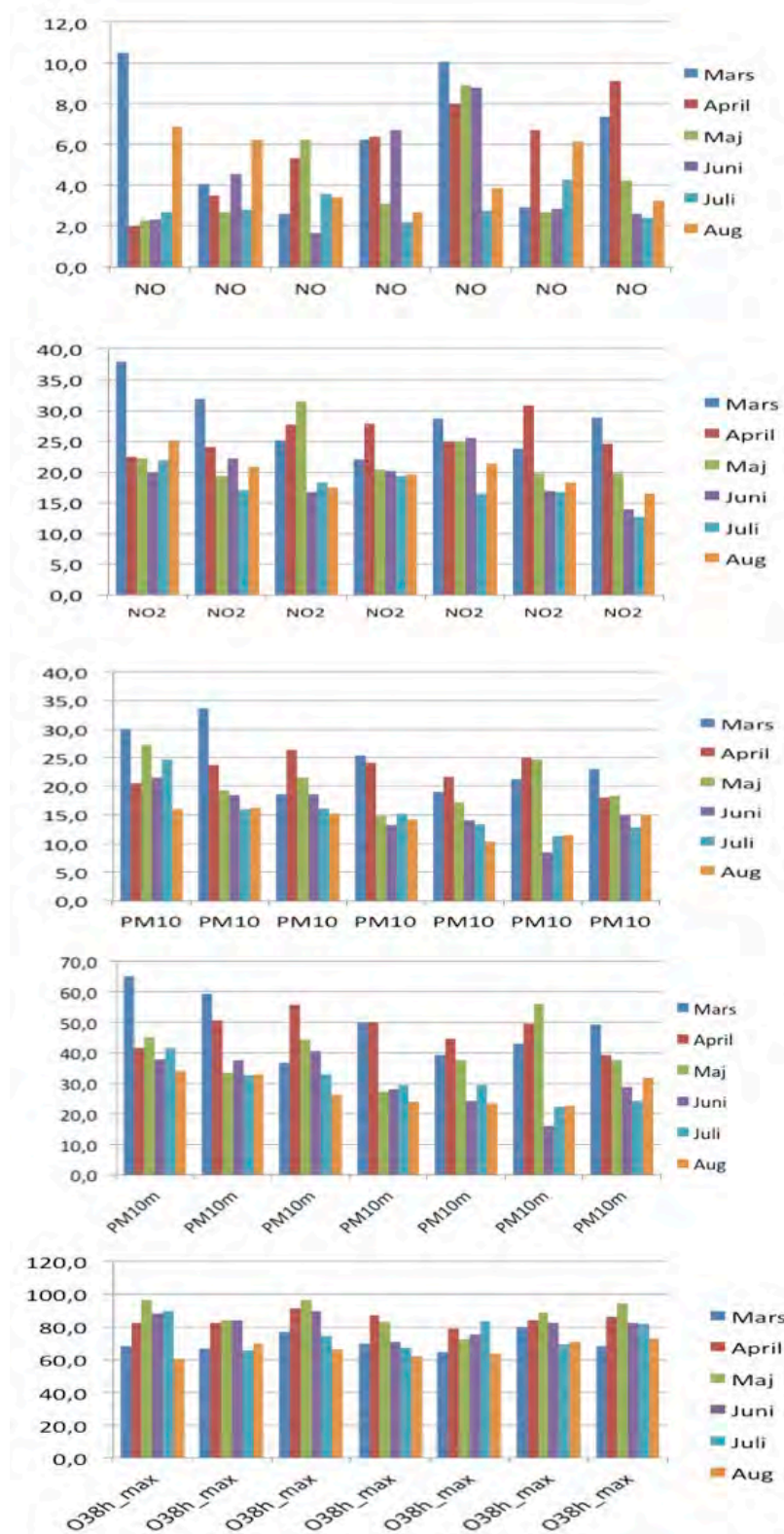


Fig. 3. Luftföroreningar (NO, NO₂, PM₁₀, PM₁₀_{max} och O₃) från mätstationen Femman i Göteborg under sju år.

I Tabell 3 kan vi läsa, att försäljningen av receptfri medicin är 1,004 gånger högre när björkpollenhalten (*Betula*) är 10 pollenkorn m^{-3} , än vad den är när det inte finns några björkpollen alls i luften. Det innebär att den relativa ökningen (RÖ) av försäljningen i detta fall är 4 promille högre än om det inte finns några pollen. Vid en koncentration av 20 björkpollen m^{-3} kommer den att vara 1,008 gånger högre än vad den är i en björkpollenfri luft.

Storleken på den relativa risken/ökningen som en enskild förklarande variabel bidrar med är beroende av variabelns skala. Det går alltså inte att jämföra hur mycket per AF ökar med en ökning av 10 enheter för t ex björkpollen (1,004) med hur motsvarande ökning är för 10 enheter av ozon (1,03). Siffrorna måste multipliceras med respektive koncentration (pollen m^{-3} , respektive mikrogram m^{-3}) först.

4.4.1. Effekten av enstaka pollenslag på förskrivning (AF^R) och försäljning ($AF^{ÖD}$) av antihistaminer.

Al (*Alnus*) och hassel (*Corylus*).

Hasselpollen påverkade AF^R och $AF^{ÖD}$ i Göteborg, medan al endast hade en signifikant effekt på $AF^{ÖD}$. I resultaten från Malmö fanns ingen signifikans för något av pollenslagen.

Björk (*Betula*).

Effekten av björk är trestjärnigt signifikant med avseende på såväl AF^R som på $AF^{ÖD}$ i från båda orterna.

Bok (*Fagus*).

Effekten av bokpollen är trestjärnigt signifikant i Malmö, både med avseende på AF^R och på $AF^{ÖD}$. I Göteborg finns en svagare signifikant effekt med avseende på båda AF-varianterna.

Gräs (*Poaceae*).

Effekten av gräspollen var av mycket hög signifikans, både på AF^R och på $AF^{ÖD}$ i både Malmö och Göteborg.

Övriga testade pollenslag.

Ekpollen (*Quercus*) hade inte någon signifikant påverkan överhuvud taget. Det gäller också när resultaten från några enstaka år med en intensiv ekpollensäsong analyserades.

Inte heller fanns någon effekt av (*Pinus*), enpollen (*Juniperus*) och gråbopollen (*Artemisia*).

4.4.2 Effekten av två pollenslag i kombination på förskrivning och försäljning av antihistaminer

Björk (*Betula*) och bok (*Fagus*).

I resultaten från Malmö hade båda pollenslagen effekt på såväl AF^R som på $AF^{ÖD}$ när de användes tillsammans som förklarande variabler i modellen. I resultaten från Göteborg var effekten på AF^R för bokpollen endast nästan signifikant ($p=0,0615$).

Björk (*Betula*) och gräs (*Poaceae*).

Effekten av båda pollenslagen var trestjärnigt signifikant i samtliga kombinationer.

Övriga kombinationer av pollen.

Då ekpollen kombinerades med björk- eller gräspollen hade det inte någon effekt. Gräspollen kombinerades också med enpollen, men inte heller enpollen gav något utslag.

Tabell 3. Relativ ökning (RÖ) av daglig förskrivning (recept, AF^R) och försäljning (receptfritt över disk, AF^{ÖD}), av antihistaminer vid en ökning av ett enstaka pollenslag, eller av två pollenslag i kombination, med 10 pollenkorn/m⁻³ luft. Data är från Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012.

	Göteborg	Malmö
Enstaka pollenslag		
Alnus	Göteborg	Malmö
RÖ ^R	1,004 ^{nära}	-
RÖ ^{ÖD}	1,06*	-
Corylus	Göteborg	Malmö
RÖ ^R	1,03*	-
RÖ ^{ÖD}	1,07**	-
Betula		
RÖ ^R	1,002±0,003***	1,005±0,004**
RÖ ^{ÖD}	1,004±0,002***	1,006±0,003***
Fagus		
RÖ ^R	1,01*±0,01*	1,01±0,01***
RÖ ^{ÖD}	1,06±0,003*	1,02±0,02***
Poaceae		
RÖ ^R	1,01±0,003***	1,02±0,002***
RÖ ^{ÖD}	1,02±0,003***	1,04±0,004***
Två pollenslag tillsammans		
Betula RÖ ^R	1,001±0,003***	1,002±0,002***
Fagus RÖ ^R	1,003nära ±0,02	1,02±0,001**
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,003***	1,005±0,003***
Fagus RÖ ^{ÖD}	-	1,02±0,002***
Betula RÖ ^R	1,001±0,0003***	1,001±0,0002***
Poaceae RÖ ^R	1,02±0,003***	1,02±0,002***
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,0003***	1,005±0,0003***
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,02±0,002***	1,04±0,003***

4.4.3 Effekten av enskilda luftföroreningar på förskrivning och försäljning av antihistaminer

Dygnsmedelvärdet av kväveoxid hade endast en signifikant effekt på AF^{ÖD} i Göteborg. Dygnsmaximum hade en signifikant effekt på AF^{ÖD} i Göteborg och en nära signifikant effekt på AF^{ÖD} i Malmö. (p=0,0634).

Kvävedioxid (NO₂).

Dygnsmedelvärdet av kvävedioxid hade en signifikant effekt på AF^{ÖD} i Göteborg. När i stället dygnsmaximum beaktades, fanns en mycket hög signifikant effekt på AF^{ÖD} både i Göteborg och i Malmö. Effekten av dygnsmaximum på AF^{ÖD} var lägre än den av dygnsmedelvärdet i Göteborg

Tabell 4. Relativ ökning (RÖ) av daglig förskrivning (recept, AF^R) och försäljning (receptfritt över disk, AF^{ÖD}) av antihistaminer vid en ökning av kväveoxider, ozon eller partiklar (PM10) med 10 mikrogram/ m⁻³ luft. Tabellen visar RÖ en viss dag, om exponeringen för ozon eller partiklar sker denna dag eller under de en-tre närmast föregående dagarna. Data är från Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012.

	Göteborg	Malmö
NO dygnsmedel		
RÖ ^R	-	-
RÖ ^{ÖD}	1,003±0,01**	-
NO dygnsmaximum		
RÖ ^R	-	-
RÖ ^{ÖD}	1,004±0,002*	1,02±0,007
NO₂ dygnsmedel		
RÖ ^R	-	-
RÖ ^{ÖD}	1,06±0,06***	-
NO₂ dygnsmaximum		
RÖ ^R	-	-
RÖ ^{ÖD}	1,03±0,03***	1,004±0,008***
Ozon åttatimmarsmaximum		
RÖ ^R	1,02±0,007**	1,02±0,004***
RÖ ^{ÖD}	1,03±0,007***	1,10±0,009***
PM10 dygnsmedel		
RÖ ^R	-	1,02±0,004**
RÖ ^{ÖD}	1,09±0,04***	1,1±0,007***
PM10 dygnsmaximum		
RÖ ^R	1,01±0,004**	1,01±0,004***
RÖ ^{ÖD}	1,04±0,004***	1,07±0,007***

Ozon (O).

Dygnsmaximum av det löpande åttatimmarsmedelvärdet av ozon hade en tvåstjärnigt signifikant effekt på AF^R i Göteborg. I övriga tre kombinationer var effekten trestjärnig (Tabell 4).

Tabell 5. Relativ ökning (RÖ) av daglig förskrivning (recept, AF^R) och försäljning (receptfritt över disk, AF^{ÖD}) av antihistaminer då koncentrationen av pollen och av ozon, respektive partiklar (PM₁₀) samtidigt ökade med 10 enheter/m³. "Belastningen" av de båda faktorerna tillsammans är (RÖ^{pollen} * koncentrationen^{pollen}) en viss dag + (RÖ^{luftförorening} * koncentrationen^{luftförorening}) samma dag eller 1-3 dagar tidigare, förutsatt att luftföroreningshalten överskrider ett visst tröskelvärde. Data är från Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012.

	RÖ ⁺	RÖ ^h
Ozon		
åttatimmarsmaximum		
Göteborg		
dag 0	1,02±0,007*	1,04±0,008***
dag -1	-	-
dag -2	-	-
dag -3	-	1,03±0,008**
Malmö		
dag 0	-	1,03±0,01**
dag -1	-	1,06±0,01***
dag -2	-	1,03±0,01*
dag -3	1,02±0,005***	1,04±0,01***
PM10 dygnsmedel		
Göteborg		
dag 0	-	1,05±0,02***
dag -1	-	-
dag -2	-	-
dag -3	1,02±0,001 ^{nära}	1,03±0,01***
Malmö		
dag 0	-	1,06±0,07***
dag -1	1,02±0,009*	1,06±0,07***
dag -2	-	1,04±0,08-***
dag -3	1,03±0,009***	1,03±0,08-***

Värdet på det löpande åttatimmarsmedelvärdets dygnsmaximum av ozon (O₃^{8h max}) från ett visst datum (skattningsdagen) kombinerades med motsvarande värden från de tre föregående dagarna (Tabell 5). Resultaten blev dock inte entydiga. I Göteborg visade det sig finnas en effekt på AF^{ÖD} av halten också tre dagar tillbaka, men den var svagare än effekten av halten under själva skattningsdagen. I Malmö hade halten tre dagar tillbaka effekt på AF^R, medan alla fyra dagarnas halter hade signifikant effekt på AF^{ÖD}. Starkast signifikans hade betydelsen av halterna en, respektive tre dagar tillbaka.

Tabell 6. Relativ ökning (RÖ) av daglig förskrivning (recept, AF^R) och försäljning (receptfritt över disk, AF^{ÖD}) av antihistaminer då koncentrationen av pollen och av kväveoxider samtidigt ökade med 10 enheter/m⁻³. Då koncentrationen av pollen och kväveoxider samtidigt förekommer i luften, kan de ha additiva effekter. Då så är fallet, är detta markerat i tabellen med en skuggning. "Belastningen" av de båda faktorerna tillsammans är (RÖ^{pollen} * koncentrationen^{pollen}) + (RÖ^{kväveoxid} * koncentrationen^{kväveoxid}), förutsatt att kväveoxidhalten överskrider ett visst tröskelvärde. Data är från Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012.

kombination	Göteborg	Malmö
Pollen och kväveoxid		
<i>Betula</i> RÖ ^R	1,001***±0,0003	1,001***±0,0002
NO RÖ ^R		
<i>Betula</i> RÖ ^{ÖD}	1,004±0,0003***	1,005±0,0004***
NO RÖ ^{ÖD}	1,04±0,001***	
Poaceae RÖ^R		
NO RÖ ^R		
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,002±0,004***	1,01±0,001***
NO RÖ ^{ÖD}	1,04±0,01**	
Pollen och kvävedioxid		
dygnsmedelvärde		
<i>Betula</i> RÖ ^R	1,0001±0,0003***	1,0002±0,0002***
NO ₂ RÖ ^R		
<i>Betula</i> RÖ ^{ÖD}	1,004±0,004***	1,006±0,004***
NO ₂ RÖ ^{ÖD}	1,05±0,01***	
Poaceae RÖ^R		
NO ₂ RÖ ^R		
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,02±0,004***	1,04±0,006***
NO ₂ RÖ ^{ÖD}	1,04±0,01***	
dygnsmaximum		
<i>Betula</i> RÖ ^R	1,001±0,0003***	1,005±0,006***
NO ₂ RÖ ^R		
<i>Betula</i> RÖ ^{ÖD}	1,004±0,004***	1,006±0,006***
NO ₂ RÖ ^{ÖD}	1,05±0,005***	1,03±0,008***
Poaceae RÖ^R		
NO ₂ RÖ ^R		
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,02±0,004***	1,04±0,04***
NO ₂ RÖ ^{ÖD}	1,02±0,005***	1,03±0,08***

Tabell 7. Relativ ökning (RÖ) av daglig förskrivning (recept, AF^R) och försäljning (receptfritt över disk, AF^{ÖD}) av antihistaminer då koncentrationen av pollen innevarande dag och av ozon, innevarande dag eller tre dagar innan, samtidigt ökar med 10 enheter/ m⁻³. Då pollen och partiklar samtidigt förekommer i luften, kan de ha additiva effekter. Då så är fallet, är detta markerat i tabellen med en skuggning. Belastningen av de båda faktorerna tillsammans en viss dag är (RÖ^{pollen} * koncentrationen^{pollen}) + (RÖ^{ozon} * koncentrationen^{ozon}), förutsatt att ozonhalten överskrider ett visst tröskelvärde. Data är från Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012.

kombination	Göteborg	Malmö
Pollen och ozon		
<i>dygnets maximala 8-timmarsmedelvärde av ozon</i>		
Betula RÖ ^R	1,009±0,0003**	1,001±0,0002***
ozon RÖ ^R	-	1,02±0,004**
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,0003***	1,005±0,0003***
ozon RÖ ^{ÖD}	1,01±0,006 ^{±ära}	1,05±0,009***
Poaceae RÖ ^R	1,02±0,003***	1,02±0,002***
ozon RÖ ^R	1,01±0,007*	1,02±0,004***
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,04±0,004***	1,04±0,004***
ozon RÖ ^{ÖD}	1,04***	1,07±0,009***
<i>dygnets maximala 8-timmarsmedelvärde av ozon för tre dagar sedan</i>		
Betula RÖ ^R	1,001±0,0003***	1,004±0,0002***
ozon RÖ ^R	1,003±0,006**	1,02±0,05***
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,0003***	1,005±0,0003***
ozon RÖ ^{ÖD}	1,01±0,006***	1,06±0,008***
Poaceae RÖ ^R	1,01±0,003***	1,02±0,002***
ozon RÖ ^R	1,01±0,006*	1,03±0,003***
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,01±0,003***	1,04±0,004***
ozon RÖ ^{ÖD}	1,01*	1,07±0,008*

Partiklar

(PM₁₀).

Dygnsmedelmassan av PM₁₀ hade tvåstjärnigt signifikant effekt på AF^R i Malmö och trestjärnigt signifikant effekt på AF i båda städerna. Också dygnsmaximum hade en tvåstjärnigt signifikant effekt AF^R i Göteborg, trestjärnigt signifikant effekt på i AF^R Malmö och på AF^{ÖD} på båda orterna (Tabell 4). Effekten av dygnsmedelvärdet var då högst.

När dygnsmedelvärdena från skattningsdagen och de tre föregående dagarna kombinerades, hade halten tre dagar före skattningsdagen störst effekt på AF^R i Malmö, medan själva skattningsdagen hade störst effekt på AF^{ÖD} på båda orterna (Tabell 5). Alla fyra dagarna bidrog till AF^{ÖD} i Malmö, medan endast skattningsdagen och dagen 3 dagar tillbaka gjorde det i Göteborg.

Tabell 8. Relativ ökning (RÖ) av daglig förskrivning (recept, AF^R) och försäljning (receptfritt över disk, AF^{ÖD}), av antihistaminer då koncentrationen av pollen innevarande dag och av partiklar, innevarande dag eller tre dagar innan, samtidigt ökar med 10 enheter/ m⁻³, innan i de fall som bidragen från båda faktorerna var signifikanta, är detta markerat med skuggning och en omgivande ram. "Belastningen" av de båda faktorerna tillsammans en viss dag är (RÖ^{pollen} * koncentrationen^{pollen}) + (RÖ^{partiklar} * koncentrationen^{partiklar}), förutsatt att partikelhalten överskrider ett visst tröskelvärde. Data är från Göteborg och Malmö under perioden 2006-2012.

kombination	Göteborg	Malmö
Pollen och PM10		
<i>dygnsmedelvärde av PM10</i>		
Betula RÖ ^R	1,001***±0,0003	1,001±0,0002***
PM10 RÖ ^R	-	-
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,0003***	1,005±0,0004***
PM10 RÖ ^{ÖD}	1,04±0,001***	1,05±0,02*
Poaceae RÖ ^R	1,01±0,003***	1,02±0,0002***
PM10 RÖ ^R	-	1,02***
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,01±0,004***	1,04±0,004***
PM10 RÖ ^{ÖD}	1,09±0,009***	1,09±0,01***
<i>dygnsmedelvärde av PM10 för tre dagar sedan</i>		
Betula RÖ ^R	1,001±0,0003***	1,002±0,0002***
PM10 RÖ ^R	-	1,02±0,007***
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,0003***	1,008±0,0003***
PM10 RÖ ^{ÖD}	1,03±0,001**	1,03±0,02*
Poaceae RÖ ^R	1,01±1,003***	1,02±0,002***
PM10 RÖ ^R	-	1,02±0,007*
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,02±0,01***	1,04±0,007***
PM10 RÖ ^{ÖD}	1,09±0,01***	1,1±0,02***
<i>dygnsmaximum av PM10</i>		
Betula RÖ ^R	1,001±0,003***	1,005±0,004***
PM10 RÖ ^R	1,01±0,004**	1,05±0,007***
Betula RÖ ^{ÖD}	1,004±0,002***	1,005±0,004***
PM10 RÖ ^{ÖD}	1,03±0,004***	1,05±0,007***
Poaceae RÖ ^R	1,01±0,003***	1,04±0,004***
PM10 RÖ ^R	1,01±0,04*	1,06±0,007*
Poaceae RÖ ^{ÖD}	1,02±0,003***	1,04±0,004***
PM10 RÖ ^{ÖD}	1,03±0,004***	1,07±0,007***

4.5. Effekten av en kombination av pollen och luftföroreningar på förskrivning och försäljning av antihistaminer.

4.5.1. Pollen och kväveoxider (NO_x).

Effekten av dygnsmedelvärdet av kvävemonoxid (NO) på AF^{ÖD} var mycket starkt signifikant i kombination med björkpollen (*Betula*), och starkt signifikant i kombination med gräspollen (Poaceae) i Göteborg, men inte i Malmö (Tabell 6).

Även effekten av dygnsmedelvärdet av kvävedioxid (NO₂) på AF^{ÖD} var mycket starkt signifikant i kombination med båda dessa pollenslag, men endast i Göteborg (Tabell 6). I dessa kombinationer bidrog dygnsmaximum, däremot, med mycket stark signifikans på båda orterna.

4.5.2. Pollen och ozon(O₃).

I kombination med björkpollen (*Betula*) visade sig ozon ha en starkt signifikant effekt på AF^R och en mycket stark effekt på AF^{ÖD} i Malmö. I Göteborg var effekten av ozonvärdet på AF^{ÖD} i denna kombination endast nära signifikans (p<0,07) medan det inte fanns någon påvisbar effekt på AF^R (Tabell 7).

Ett liknande förhållande råder när ozonhalten tre dagar före skattningsdagen kombineras med björkpollen, men i detta fall är effekten mycket starkt signifikant både med avseende på AF^R och på AF^{ÖD} i Malmö, starkt signifikant i Göteborg med avseende på AF^R, och mycket starkt signifikant med avseende på AF^{ÖD}.

Effekten av ozon i kombination med gräspollen (Poaceae) är signifikant i alla kombinationer, oavsett om man använder värdet från skattningsdagen eller från dagen tre dagar före skattningsdagen. Effekten på AF^R är i Göteborg endast enstjärnig, medan den är trestjärnig i Malmö. Effekten av skattningsdagens koncentration på AF^{ÖD} är högre än effekten av koncentrationen tre dagar tillbaka.

I det andra fallet, det vill säga för ozonexponering med tre dagars eftersläpning, är effekten på båda effektvariablerna svagare i Göteborg än i Malmö.

4.5.3. Pollen och partiklar (PM₁₀).

När dygnsmedelvärdet på PM₁₀-halten under skattningsdagen kombineras med i björkpollen (*Betula*), är effekten signifikant med avseende på AF^{ÖD} på båda orterna. I Göteborg rör det sig om en mycket stark effekt (Tabell 8).

Om man istället analyserar effekten av exponering för PM₁₀ tre dagar före skattningsdagen i kombination med björkpollen i Göteborg visar den sig också ha en signifikant effekt på AF^{ÖD}, men inte lika stark. I Malmö finns det en signifikant effekt av partiklar från tre dagar före skattningsdagen både på AF^R och AF^{ÖD}.

Effekten av skattningsdagens dygnsmedelvärde av PM₁₀ i kombination med gräspollen på AF^R, är mycket starkt signifikant i Malmö, och signifikant om värdet från tre dagar före skattningsdagen används. I Göteborg kan ingen effekt påvisas, varken om man använder koncentrationen av PM₁₀ under skattningsdagen eller tre dagar före exponering. När det gäller effekten på AF^{ÖD} är effekten av dygnsmedelvärdet av PM₁₀ mycket stark både i Göteborg och Malmö, oavsett om man använder skattningsdagens koncentration eller den som rådde tre dagar tidigare. Effekten av dygnsmaximum för PM₁₀, i kombination med björkpollen, på AF^R och AF^{ÖD} är däremot starkt, eller mycket starkt signifikant på båda orterna. För gräspollen är signifikansen av partiklarnas betydelse för AF^R lägre, men finns där likväl.

4.5.5 Sammanfattningsvis

kan sägas, att den receptfria försäljningen av antihistaminer i allmänhet ger tydligare effekter på RÖ, än vad förskrivningen av recept gör. För de enskilda pollenslagen är något högre i Malmö än i Göteborg. Ett undantag för al (*Alnus*) och hassel (*Corylus*), som inte ger signifikanta värden på RÖ i Malmö. Inte heller dygnsmedelvärden för kvävedioxid ger något utslag i Malmö, som det gör i Göteborg. Däremot finns det en effekt av värden på dygnsmaximum. Ozon och PM₁₀ ger signifikanta utslag i båda städerna, med aningen starkare effekt i Malmö. I båda fallen finns det en eftersläpningseffekt, men om exponering under skattningsdagen har större effekt än exponering en eller flera dagar tillbaka varierar. Såväl björk- som gräspollen och de tre olika kemiska luftföroreningarna hade signifikanta additiva effekter i olika kombinationer. Bokpollen bidrar till AF tillsammans med björk.

4.6. Vädertypernas koppling till lokal meteorologi och luftkvalitet

4.6.1. Vädertypernas koppling till enskilda meteorologiska variabler

Nederbörd

Nederbörd minskar alltid pollenhalterna i luften, och en stunds regn kan åtminstone tillfälligt tvätta ur luften helt och hållet. Mängden nederbörd varierade tydligt mellan de olika vädertyperna i Göteborg L, SV och S (Fig. 4a) medan minst regn föll i H, NO, NV och N. Mängden skilde sig också något mellan säsongerna. Detta var tydligast i den lågtryckspräglade vädertypen, då nederbördsmängden var nästan dubbelt så stor under gräspollenssäsongen (6 mm dygn⁻¹) som under björkpollenssäsongen (3 mm dygn⁻¹). I den sydliga vädertypen (S) regnade det i stället något mer under björkpollenssäsongen jämfört med under gräspollenssäsongen. Dock var skillnaden inte särskilt stor. Värt att poängtera är också att variationen i nederbördsmängd var stor mellan dagar i vädertyperna O, SO, SV, V och L. Det kan alltså regna väldigt mycket vissa dagar och mindre under andra.

I Malmö såg mönstret annorlunda ut (Fig. 4b). Nederbörden varierade inte lika mycket mellan vädertyperna. Den vädertyp då det i genomsnitt regnade mest var L, följt av NO. Minst nederbörd föll i vädertyperna H och NV. Skillnader mellan säsongerna observerades för vädertyp NO och S, där mest nederbörd föll under gräspollenssäsongen. Samma vädertyper hade också störst variation i förekomst av nederbörd.

Relativ luftfuktighet

Mogna ståndarknappar spricker vanligen upp och släpper ut pollen då luftfuktigheten är låg. Den relativa luftfuktigheten i Göteborg varierade mellan vädertyperna. Högst luftfuktighet observerades i L, V, SV och S, medan mer torra förhållanden

Tabell 9. De vädertyper (Lamb's weather types, Chen 2000) som förekommer i Västsverige och Skåne och vad de har för meteorologisk karaktär.

Vädertyp	Förklaring	Luftmassans rörelse	Luftmassans meteorologiska karaktär (under sommarhalvåret)
H	Högtryck	Roterar medurs	Vindstill, varm, molnfri
NO	Nordost	Rör sig från nordostlig riktning	Vindstill, torr, kall
O	Öst	Rör sig från östlig riktning	Varierad vindhastighet, varm
SO	Sydost	Rör sig från sydostlig riktning	Varierad vindhastighet, varm
S	Syd	Rör sig från sydlig riktning	Varierad vindhastighet, varm
SV	Sydväst	Rör sig från sydvästlig riktning	Blåsig, nederbördsrik
V	Väst	Rör sig från västlig riktning	Blåsig, nederbördsrik
NV	Nordväst	Rör sig från nordvästlig riktning	Blåsig, nederbördsrik
N	Nord	Rör sig från nordlig riktning	Måttlig vindhastighet, kall
L	Lågtryck	Roterar moturs	Vindstill, nederbördsrik, kall, molnig

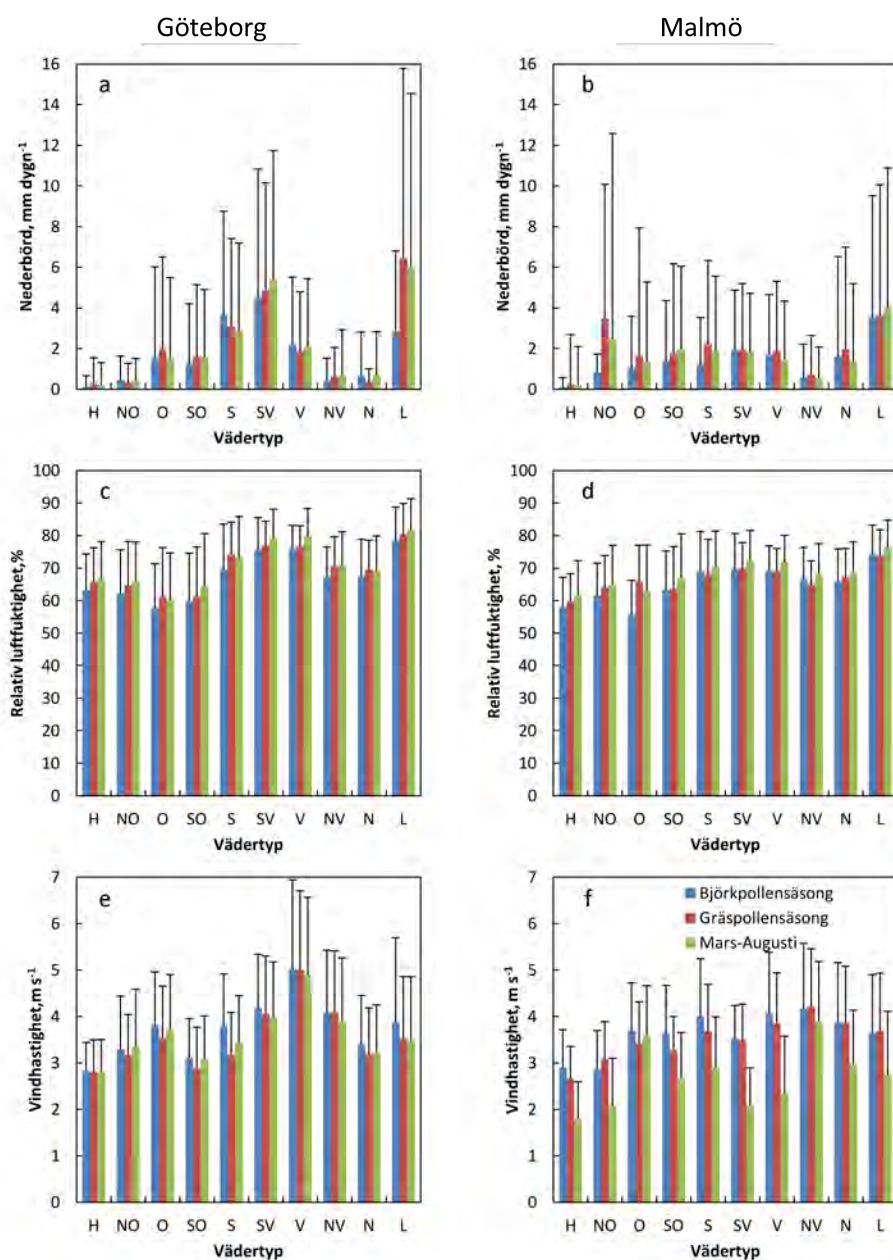


Fig. 4. Genomsnittlig nederbörd (a, b), relativ luftfuktighet (c, d) och vindhastighet (e, f) i olika vädertyper i Göteborg och Malmö (dygnsmedelvärden och standardavvikelse). Blå staplar visar värden från björkpollenssäsongen, röda från gräspollenssäsongen och gröna från månaderna mars – augusti under åren 2006 – 2012. Pollenssäsongen är definierad som alla dygn då summan av ett visst pollensslag var större än noll.

var vanliga i O och SO, liksom i NO och H (Fig. 4c). Generellt kan sägas att luftfuktigheten var något högre under gräspollenssäsongen jämfört med björkpollenssäsongen. Men skillnaderna var i regel mycket små, och mindre än skillnaden mellan vädertyper.

I Malmö var det i allmänhet torrare jämfört med Göteborg med något lägre nivåer på luftfuktigheten (Fig. 4d). Vädertyp L hade högst relativ luftfuktighet, medan vädertyp O under björkpollenssäsongen hade lägst. Vädertyp H var annars den vädertyp som hade lägst relativ luftfuktighet.

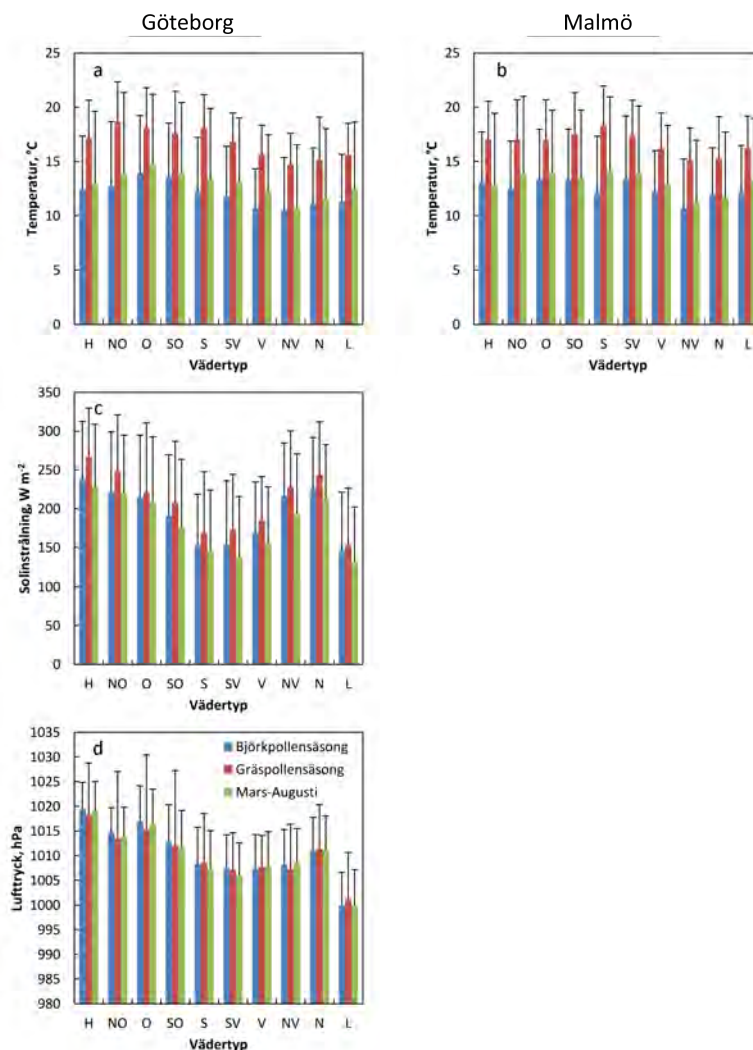


Fig. 5. Genomsnittlig temperatur (a, b), solinstrålning (c) och lufttryck (d) för olika vädertyper i Göteborg och Malmö (dygnsmedelvärden och standardavvikelse; Malmö endast temperatur). Blå staplar visar värden under björkpollenssäsongen, röda staplar under gräspollenssäsongen och gröna staplar från månaderna mars – augusti under åren 2006 – 2012. Pollenssäsongen är definierad som alla dygn då summan av ett visst pollenslag var större än noll.

Vindhastighet (u)

Pollensspridningen beror av hur mycket det blåser. Om det inte blåser alls, lättar pollenet i mindre utsträckning från ståndarknapparna. Om det blåser för mycket, späds pollenkoncentrationen i luften ut genom att turbulensen vanligen är hög. Den blåsigaste vädertypen i Göteborg blev som förväntat den västliga (V). Även SV, NV och O var delvis ganska blåsig (Fig. 4e). Mer vindstilla var det i H ($u < 3 \text{ m s}^{-1}$) och SO, vilka också varierade minst med avseende på vindhastighet. Under björkpollenssäsongen förekommer vindhastigheter i genomsnitt något högre än under gräspollenssäsongen, vilket är väntat eftersom stormar och lågtryckssystem normalt klingar av under sommarmånaderna och är som starkast under vinterhalvåret.

I Malmö varierade vindhastigheterna i allmänhet mindre mellan vädertyperna (Fig. 4 f), och något lägre vindhastigheter jämfört med Göteborg. H var den mest vindstilla vädertypen ($u < 3 \text{ m s}^{-1}$) och NV den blåsigaste ($u > 4 \text{ m s}^{-1}$).

Temperatur

Värme bidrar till luftens pollenkoncentration på flera sätt, dels till hur ståndarknapparna mognar och spricker upp, dels till att lyfta pollenet till höga höjder så att det också sprids horisontellt över stora områden. I Göteborg var de kallaste vädertyperna V, NV, N och L och de varma vädertyperna NO, O, S och SO (Fig. 5a). Luftmassor ifrån sydliga och ostliga riktningar är generellt varmare än luftmassor från nordliga och västliga riktningar eftersom solinstrålningen är svagare i norr och luften från havet i allmänhet sval. Luft som härstammar från kontinentala områden är i allmänhet varmare under sommarhalvåret eftersom uppvärmningen över landytor är snabb, jämfört med den relativt långsamma uppvärmningen av luft ovanför havsytor. Temperaturen i Malmö (Fig. 5b) visar ungefär samma mönster som i Göteborg, men även i detta fall är skillnaderna mindre mellan vädertyperna. NV hade den lägsta medeltemperaturen medan S hade den högsta. Temperaturen var också högre under gräspollenssäsongen i båda städerna, eftersom denna sträcker sig över de varma sommarmånaderna, medan björkpollenssäsongen infaller under våren.

Solinstrålning i Göteborg

Den soligaste vädertypen var H, följd av N och NO under gräspollenssäsongerna (Fig. 5c). Minst solljus hade S, SV, V och L vilket troligtvis beror på att dessa vädertyper oftare representerar lågtrycksbetonat väder och därmed också mycket moln. Minst solinstrålning hade vädertyperna SV och L, vilket förklaras av att under dessa förhållanden förs lågtrycksområden in från Atlanten, och ger hög molnighet.

Luftryck i Göteborg

Luftrycket i Göteborg var som förväntat mycket högt under vädertyp H och lägst under L (Fig. 5d). Sydliga och västliga vädertyper (S, SV, V, NV) tenderade vara mer lågtrycksbetonade, vilket beror på att lågtrycksområden ofta härstammar från Atlanten och följer med västliga vindar in över Sverige. Nordliga och ostliga vädertyper (N, NO, O, SO) tenderade vara mer högtrycksbetonade, vilket beror på att luftmassor som härstammar från norr eller Sibirien i öst är områden som ligger i så kallade högtryckszoner.

4.6.2 Överskridanden av tröskelvärden för vindhastighet, fuktighet och nederbörd

En analys gjordes av vilka väderleksförhållanden som dominerar i varje vädertyp, med avseende på nederbörd, luftfuktighet och vindstyrka. Därför klassificerades varje dygn under studieperioden efter om förhållandena över- eller underskrider ett visst gränsvärde. Detta gränsvärde valdes efter hur försäljning och förskrivning av antihistaminer påverkas i förhållande till väderleken. Antihistaminbehovet ökade i ett visst intervall av varje variabel, och gränsvärdet sattes i brytpunkten till detta intervall.

Björkpollenssäsongen i Göteborg

Under björkpollenssäsongen i Göteborg regnade det oftast i vädertyp S, SV, V och L. H, NO, O, SO, NV och N var de torraste vädertyperna, då det var relativt vanligt att det inte regnade alls (Fig. 6a). Vädertypen H utmärkte sig genom att det var uppehåll under 92 % av tiden. Vädertyp SV var till största delen regnig (frekvens = 80 %).

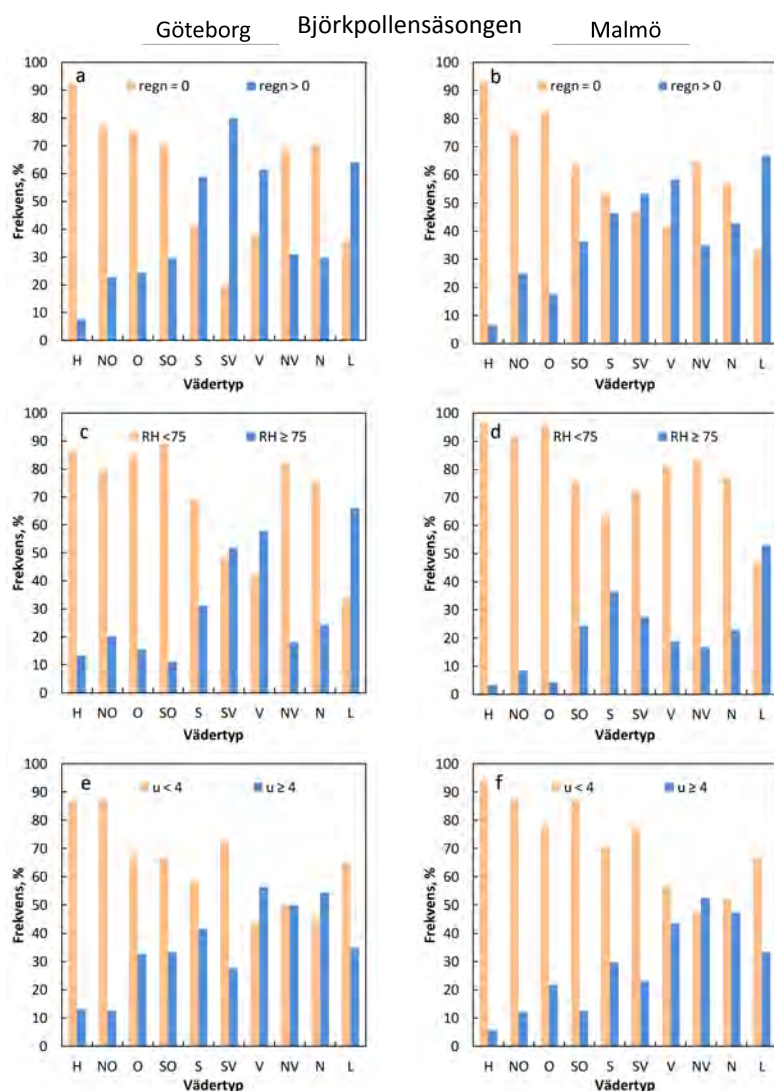


Fig. 6. . Frekvenser av tillfällena med under- och överskridanden av gränsvärden (a,b) för nederbörd (nederbörd > 0 mm och nederbörd = 0), (c,d) relativ luftfuktighet (RH < 75 % och RH > 75 %) och (e, f) vindhastighet ($u < 4$ m/s och $u > 4$ m/s) i situationer då dygnssumman av björkpollen (*Betula*) är större än 50 pollen m^{-3} under olika vädertyper i Göteborg och Malmö under åren 2006 - 2012. Pollensäsongen är definierad som dagar då ett visst pollenslag var större än noll. Vädertyperna H, NO, O och SO var oftast nederbördsfria, torra och vindstilla i båda städerna under björkpollensäsongen, medan vädertyperna S (Göteborg), SV, V och L ofta var nederbördsrika. Vädertyperna, V, NV och N var oftare blåsigare än vad andra vädertyper var.

Den relativa luftfuktigheten (RH) visade ett liknande mönster. I vädertyperna H, NO, O, SO, S, NV och N var det vanligast att luftfuktigheten låg under 75 %, medan den i större utsträckning låg över i SV, V och L i ($\text{RH} \geq 75 \%$). I SV var låg luftfuktighet ($\text{RH} < 75 \%$) emellertid nästan lika vanligt som hög. (Fig. 6c).

Låga vindhastigheter var vanligare än höga i vädertyperna H, NO, O, SO, SV, S och L. Frekvenserna av höga vindhastigheter ($u \geq 4 \text{ m s}^{-1}$) och låga ($u < 4 \text{ m s}^{-1}$) skilde sig relativt mycket i alla vädertyper utom SV i och NV. Störst skillnad observerades för H, som till 86 % var relativt vindstilla. Höga vindhastigheter förekom framför allt i V, NV och N.

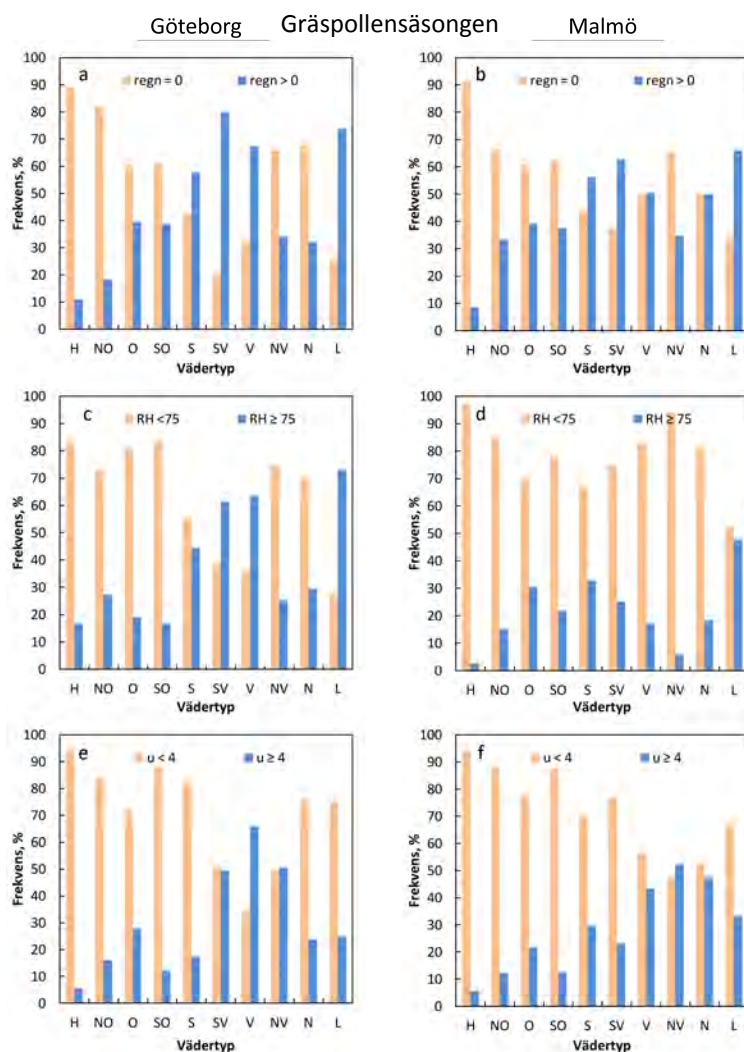


Fig. 7. Frekvenser av tillfällen med under- och överskridanden av gränsvärden för (a,b) nederbörd (nederbörd > 0 mm och nederbörd = 0), (c,d) relativ luftfuktighet (RH < 75 % och RH > 75 %) och (e, f) vindhastighet (u < 4 m/s och u > 4 m/s) i situationer då dygnssumman av gräspollen (Poaceae) är större än 10 pollen m⁻³ under olika vädertyper i Göteborg och Malmö under åren 2006 - 2012. Pollenssäsongen är definierad som dagar då ett visst pollenslag var större än noll. Vädertyperna H, NO, O och SO var relativt nederbördsfria, torra och vindstilla i båda städerna under gräspollenssäsongen, medan vädertyperna S, SV, V, N (Malmö) och L var ganska nederbördsrika. De flesta vädertyperna var oftare vindstilla under sommarsäsongen än under våren, med undantag för vädertyperna NV och V i Göteborg och NV i Malmö, vilka hade fler tillfällen med höga vindhastigheter.

Björkpollenssäsongen i Malmö

I Malmö var nederbördsfria dygn (regn = 0) under björkpollenssäsongen vanligast i vädertyperna H, NO, O, SO, S och NV och N. Frekvenserna av regnfria och regniga dygn skilde sig mest i H, NO och O (Fig. 6b). Högst frekvens av nederbörd observerades i vädertyperna SV, V och L, men även i SO, S, NV och N var regn relativt vanligt.

Liknande mönster observerades för relativ luftfuktighet, fast här var skillnaderna i frekvens mellan hög ($RH \geq 75\%$) och låg luftfuktighet ($RH < 75\%$) större (Fig. 6d). I alla vädertyper utom i L dominerade dygn med låg luftfuktighet, och särskilt i H, NO och O var det mycket sällsynt med en luftfuktighet över 75%. Höga och låga vindhastigheter varierade ganska tydligt mellan vädertyperna. Högst frekvens av låga vindhastigheter ($u < 4 \text{ m s}^{-1}$) observerades framförallt i H, NO och SO men också i O, SO, SV och L var låga vindhastigheter relativt vanliga. Höga ($u \geq 4 \text{ m s}^{-1}$) var mer vanliga i vädertyperna S, V, NV och N men låga (vindhastigheter $u < 4 \text{ m s}^{-1}$) var nästan lika vanliga.

Gräspollenssäsongen i Göteborg

Under gräspollenssäsongen i Göteborg var vädertyperna i allmänhet mer regnrika, framförallt S, SV, V och L. Men också under O och SO hade var frekvensen av regndagar hög under denna säsong (Fig. 7a). I vädertyperna H, NO, O, S, NV och N var det relativt vanligt med regnfria dagar, och som förväntat var SV, V och L nederbördsrika.

Den relativa luftfuktigheten följde ungefär samma mönster, med torra förhållanden ($RH < 75\%$) oftare i H, NO, O, SO, NV och N och fuktiga förhållanden i SV, V och L (Fig. 7c).

Vindstilla förhållanden observerades för H, NO, O, SO, S, N och L och skillnaden i frekvens mellan stilla och blåsiga förhållanden var stor (Fig. 7e). Vindhastigheter över 4 m s^{-1} dominerade i SV, V och NV. I vädertyperna SV och NV var emellertid vindstilla och blåsiga förhållanden ungefär lika vanliga.

Gräspollenssäsongen i Malmö

De vädertyper som hade högst frekvens av regnfria dagar i Malmö under gräspollenssäsongen var H, NO, O, SO och NV (Fig. 7b). För H var skillnaden i frekvens mellan regniga och regnfria dagar mycket stor. Vädertyperna S, SV, V, N och L och till viss del också NO, O och SO hade relativt hög frekvens av regniga dagar.

Luftfuktigheten i Malmö var oftare lägre än 75% i samtliga vädertyper, i minst 70% av alla dygn. (Fig. 7d).

Vindhastigheter över 4 m s^{-1} var vanligast i vädertyperna V, NV, N och L. I vädertyperna H, NO, O, SO, S, SV och L var det vanligast med låga vindhastigheter (Fig. 7e). Endast NV hade fler dagar med höga vindhastigheter än med låga.

Sammanfattningsvis kan sägas att vädertyperna H, NO, O, SO och N hade liknande meteorologisk karaktär. De var samtliga relativt vindstilla och torra vädertyper i Göteborg. N var dock något mer blåsig under björkpollenssäsongen. Vädertyperna S, SV, V och L var nederbördsrika. Samtidigt var V oftare blåsig, medan S, SV (under björkpollenssäsongen) och L var relativt vindstilla. Vädertyp NV var både vindstilla och blåsig, men oftast relativt torr. Dagar med nederbörd var också fler under gräspollenssäsongen, eftersom regnmängderna då ökade i vädertyperna O och SO. Ett liknande vädertypsmönster gäller också i Malmö där vädertyperna H, NO, O och SO hade likartad meteorologisk karaktär och var relativt vindstilla och torra. S, SV, V, och L var nederbördsrika. Av dem var S, SV och L vindstilla, medan V oftast var blåsig. I NV och N förekom både blåsigt och vindstilla väder. Dock var NV oftast torr, medan N hade mer nederbörd under gräspollenssäsongen än under björkpollenssäsongen.

Det bör understrykas att det förekom viss variation i de olika meteorologiska variablerna för alla vädertyper. Det kan exempelvis komma lite nederbörd under

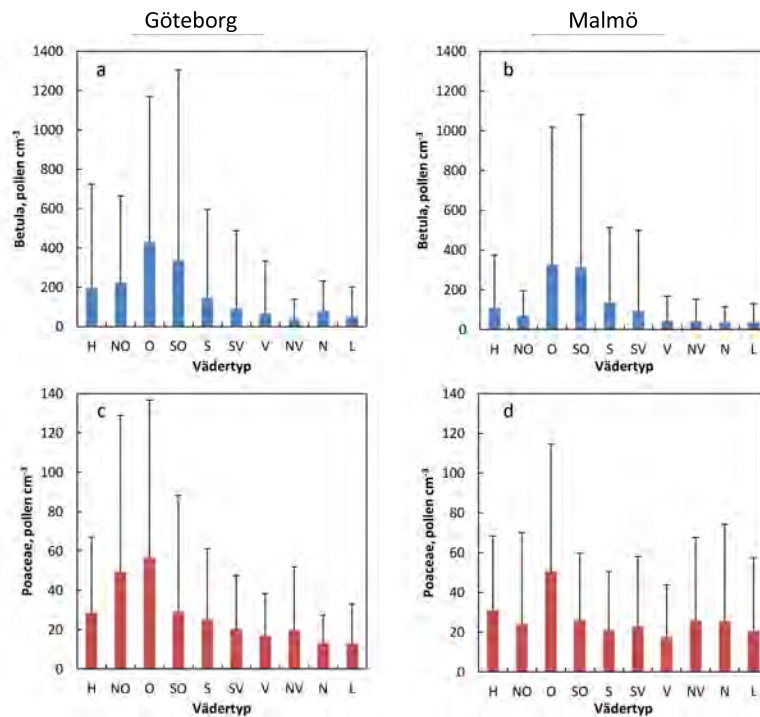


Fig. 8. Genomsnittliga halter av björkpollen (a, b), gräspollen (c, d) (dygnsmedelvärde och standardavvikelse) i olika vädertyper i Göteborg och Malmö. Pollenssäsongen är definierad som dagar då ett visst pollenslag var större än noll. I både Göteborg och Malmö var björkpollenhalterna högst under vädertyperna O och SO. Höga gräspollenhalter observerades under vädertyperna NO och O i Göteborg, och i Malmö framförallt under vädertyp O.

högtrycksbetonat väder (vädertyp H), men detta är mycket ovanligt. Det kan ibland vara svårt att klassificera den typiska meteorologiska karaktären hos en viss vädertyp. Exempelvis var NV under björkpollenssäsongen i Malmö ganska variabel och det var ungefär lika vanligt med blåsiga dagar som med vindstilla dagar. I vädertyp N var det lika vanligt med nederbörd som med regnfria dygn under gräspollenssäsongen.

4.6.3. Vädertypernas koppling till medelhalter av björk- och gräspollen

Genomsnittshalten av björkpollen var i Göteborg klart högst i vädertyperna O och SO under studieperioden. Även i H, NO och S var halterna relativt höga (Fig. 8a). De lägsta halterna av björkpollen observerades i V, NV och L. Detta kan förklaras både av att omständigheterna inte gynnar pollenspridning under dessa vädertyper och av att det är endast ca 2 mil från pollenmätstationen till havet i väster. Därför finns det färre trädbestånd i väster och nordväst än i inlandet åt öster. Ett mycket likartat mönster observerades för Malmö (Fig. 8b) där högst halter registrerades i SO och O men till viss del också i S och SV. De lägsta halterna fanns i V, NV, N och L.

Gräspollenhalterna i Göteborg var som högst i vädertyperna O och NO, tätt följda av H, SO och S (Fig. 8c). De lägsta halterna observerades i V, N och L. I Malmö var gräspollenhalterna allra högst i O och H (Fig. 8d). Medelhalterna var lägst i S, V och L.

Generellt varierade förekomsten av pollen mycket mellan vädertyperna, tydligare än vad övriga studerade variabler gjorde. Sambandet mellan förekomst och väder-

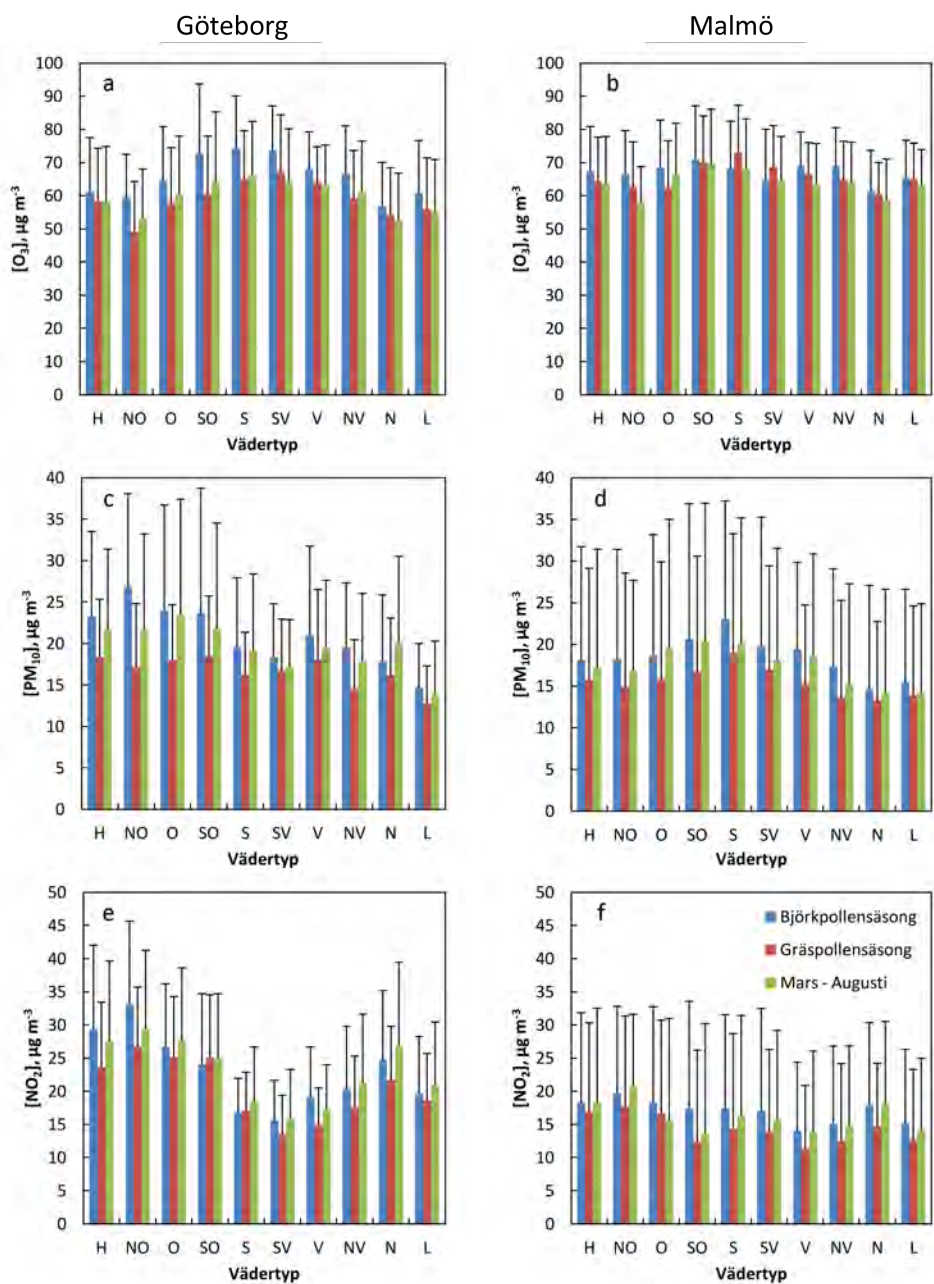


Fig. 9. Genomsnittliga halter av ozon (a, b), partiklar (c, d) och kvävedioxid (d) (dygnsmedelvärden och standardavvikelse) för olika vädertyper i Göteborg och Malmö. Blå staplar visar värden från björkpollensäsongen, röda från gräspollensäsongen och gröna från månaderna mars – augusti under åren 2006 – 2012. Pollensäsongen är definierad som dagar då ett visst pollenslag var större än noll. I båda städerna tenderar samtliga föroreningar vara högre under björkpollensäsongen, med undantag för ozon i Malmö, som förekom i högsta halter under gräspollensäsongen och i vädertyperna S och SV. Mönstret för hur PM₁₀ och NO₂ varierade mellan olika vädertyper skilde sig också mellan städerna.

typ var också likartat mellan Göteborg och Malmö och relativt likartat även vid jämförelse av förekomst av björkpollen och gräspollen, även om vissa skillnader förekom.

4.6.4. Vädertypernas koppling till luftföroreningshalter

Ozon

Dygnsmedelhalterna av ozon i Göteborg varierade något mellan vädertyperna och var höga i SO, S, SV och V. De var generellt också högre under björkpollenssäsongerna (Fig. 9a). NO, N och L hade lägst dygnsmedelhalter. I Malmö var medelhalterna för ozon något högre än i Göteborg. Detta är förväntat på grund av att det i Malmö är närmare till det kontinentala Europa, där ozonhalterna ofta är högre på grund av större utsläpp av ozonbildande ämnen (Fig. 9b). Variationen i ozonhalter mellan vädertyperna var något mindre i Malmö än i Göteborg. Högst halter observerades i SO och S och lägst halter i NO och N. Bortsett från vädertyperna S och SV, hade samtliga vädertyper något högre halter under björkpollenssäsongerna än under gräspollenssäsongerna. För S och SV var halterna emellertid något högre under gräspollenssäsongerna.

Partiklar - PM₁₀

PM₁₀-halterna i Göteborg var generellt mycket höga under björkpollenssäsongerna och särskilt i vädertyperna H, NO, O och S (Fig. 9c). Då var också variationen mellan vädertyper mest tydlig. Under gräspollenssäsongerna varierade halterna mindre. Lägst halter observerades för vädertyp L.

I Malmö varierade PM₁₀-halterna mindre mellan vädertyperna, och halterna var generellt lägre jämfört med Göteborg (Fig. 9d). Högre halter observerades under björkpollenssäsongerna. De högsta halterna observerades i SO och S men även SV och V hade höga halter. Lägst halter observerades för N och L.

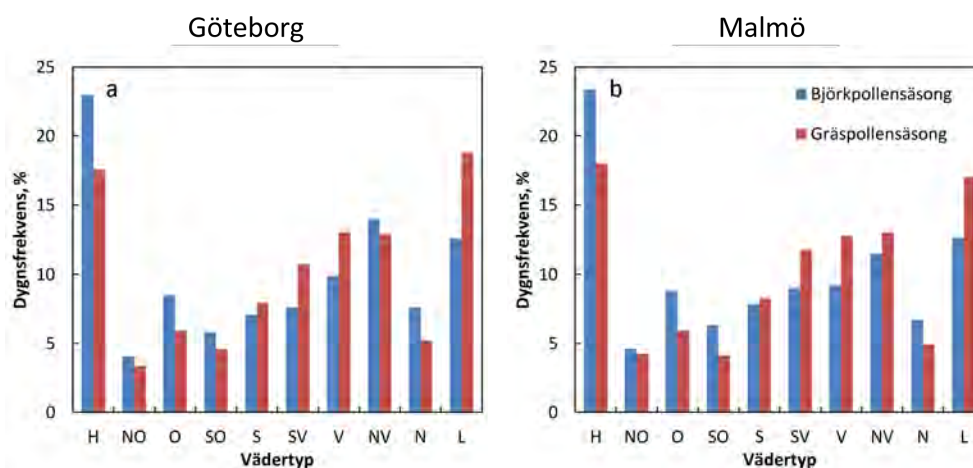


Fig. 10. Frekvenser av dygn i olika vädertyper under björk- och gräspollenssäsongen i (a) Göteborg och (b) Malmö under åren 2006 – 2012. Antalet dygn då en viss vädertyp rådde skilde sig signifikant (χ^2 -test) i samtliga fall för både Göteborg och Malmö. De allra vanligaste vädertyperna var H, V, NV och L. Under björkpollenssäsongen var det oftare högttrycksväder (vädertyp H) än under gräspollenssäsongen, då lågttrycksväder istället var vanligare.

Kvävedioxid

Halterna i kvävedioxid (NO₂) kontrasterade mer mellan vädertyper i Göteborg i jämförelse med ozon och partiklar (Fig. 9e). Högst halter observerades i vädertyperna H, NO, O, SO och N. Lägst halter observerades i S, SV och V.

I Malmö var halterna lägre än i Göteborg och skillnaderna mellan vädertyperna var små (Fig. 9f). Under gräspollenssäsongen observerades högst halter framförallt i NO och lägst i V. I båda städerna var NO₂ halterna generellt högre under björkpollenssäsongen vilket kan förklaras av att den infaller tidigare under året, då nivåerna av lokalt emitterade luftföroreningar vanligen är högre

4.6.5. Vädertypernas frekvens under björk- respektive gräspollenssäsongen

Göteborg hade totalt 566 dagar med björkpollen under den studerade perioden och vädertyp H (23 %) var då den absolut vanligaste (Fig. 10a), följt av NV (14 %), L (12,5 %) och V (9,9 %). Minst vanliga var NO (4 %), SO (5,8 %), och N (7,6 %). Dagar med gräspollen var något fler än dagar med björkpollen, totalt 745 under den studerade perioden. De vanligaste vädertyperna med gräspollen var L (18,8 %), H (17,6%), V (13 %) och NV (12,9 %) och de minst vanliga NO (3,4 %), SO (4,6 %) och N (5,2 %). I Malmö såg mönstret likartat ut (Fig. 10b). Dock förekom en liten skillnad i frekvensen hos olika vädertyper jämfört med Göteborg. Antalet dagar med björkpollen i Malmö var något mindre på totalt 522 dagar. Vädertyp H (23,6 %) var den allra vanligaste, följt av L (12,5 %) och NV (11,5 %), minst vanliga var vädertyperna NO (4,6 %), SO (6,1 %) och N (6,9 %). Det totala antalet dagar med gräspollen var högre i Malmö (776 dagar totalt) och de vanligaste vädertyperna var H (18,4 %), L (17,4 %) och NV (12,9 %), V (12,8 %) och SV (11,5 %), medan NO (4,1 %), SO (4,1 %) och N (4,8 %) tillhörde de mest ovanliga.

4.6.6. Identifiering av risksituationer - vädertypernas inverkan på överskridanden av gränsvärden/tröskelvärden

I denna del av studien har vi undersökt om tröskelvärdena för björk- eller gräspollen och luftföroreningar oftare överskrider i någon eller några vädertyper än i andra. Detta skulle i så fall tyda på att risken för allergibesvär är större i sådana situationer.

För att identifiera sådana situationer, använde vi oss av de tröskelvärden som identifierats genom att grafiskt uppskatta relationen mellan en viss luftförorening och RÖ^R och RÖ^{OD}, (se metoddelen, s. 25; Fig 1). RÖ^R och RÖ^{OD} får ett positivt värde då luftföroreningshalten når ett visst tröskelvärde. Under tröskelvärdet bidrar alltså inte luftföroreningen i fråga till en ökad försäljning eller förskrivning. Tröskelvärdet för björkpollen har satts till 50 m⁻³, vilket är i mitten av intervallet för måttliga besvär (11-100 pollen m⁻³). och för gräspollen till 10 pollen m⁻³, vilket motsvarar det nedre värdet för måttliga besvär.

Pollen och luftföroreningar under björkpollenssäsongen i Göteborg

Höga ozonhalter (O₃^{8h max} > 80 µg m⁻³) och björkpollenhalter (*Betula* > 50 pollen m⁻³) visade sig vara mer vanliga i vädertyperna H, O och SO. Vid ostliga (O) och sydostliga (SO) vädertyper översteg både ozon och *Betula* de tröskelvärden då ozon börjar bidra till AF^R och AF^{OD} mer än 30% av tiden (Fig. 11a). Den lägsta frekvensen med båda dessa kriterier uppfyllda återfanns i vädertyperna N och L. Höga partikelhalter (PM₁₀^{max} > 30 µg m⁻³) i kombination med höga björkpollenhalter var relativt vanliga i vädertyperna H, NO, O och SO (Fig. 11c), men skillnaderna mot de andra vädertyperna var inte så stora (Fig. 11c). Lägst frekvens då situationer då tröskelvärdet för PM₁₀ överskreds återfanns i V, NV och L, men skillna-

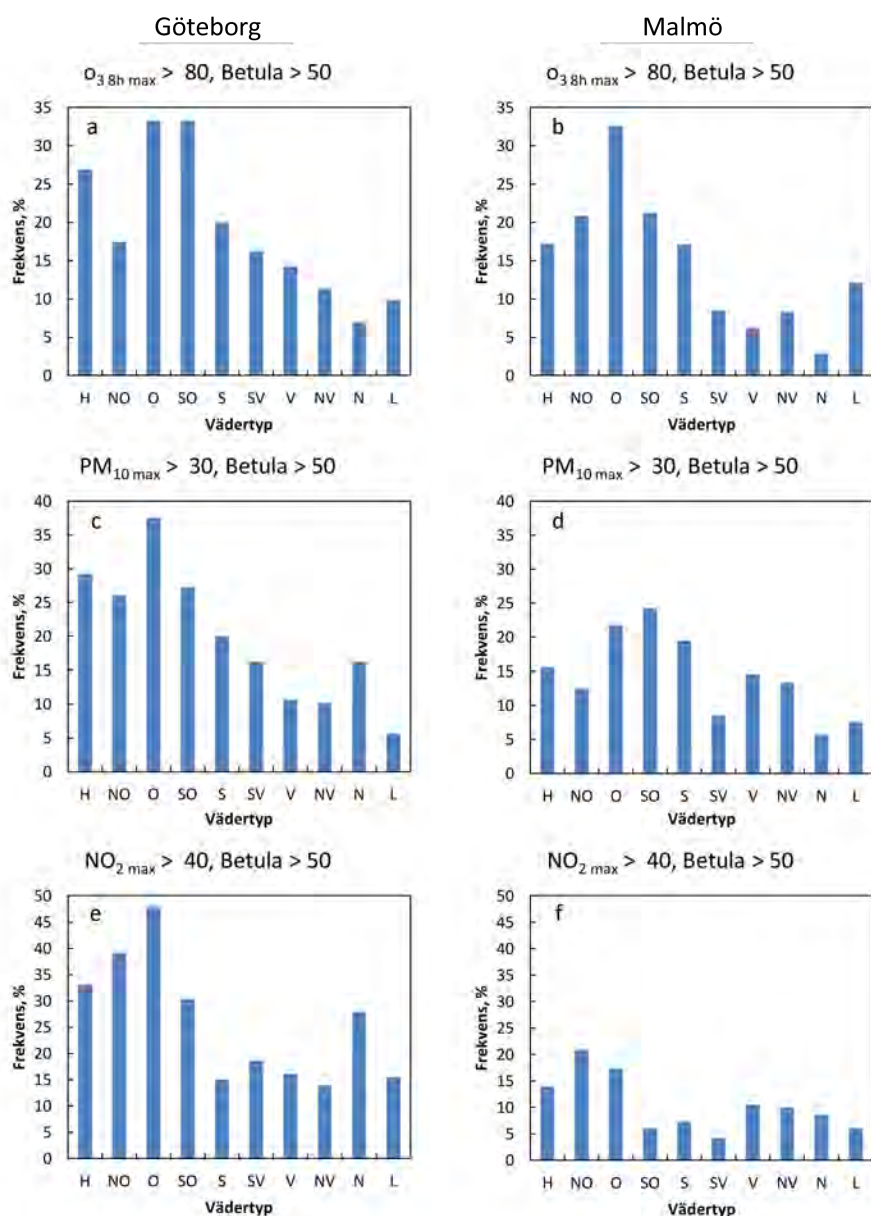


Fig. 11. Frekvenser av tillfällen då tröskelvärden överskreds för (a, b) ozon ($O_{3\ 8h\ max} > 80\ \mu\text{g}\ \text{m}^{-3}$), (c,d) partiklar ($PM_{10\ max} > 30\ \mu\text{g}\ \text{m}^{-3}$) och (e, f) kvävedioxid ($NO_{2\ max} > 40\ \mu\text{g}\ \text{m}^{-3}$) i situationer då dygnssumman av björkpollen (*Betula*) är större än 50 pollen m^{-3} under olika vädertyper i Göteborg och Malmö. Pollenssäsongen är definierad som dagar då ett visst pollenslag var större än noll. Antalet samtidiga överskridanden av sådana tröskelvärden skilde sig signifikant (χ^2 -test) mellan vädertyper i samtliga fall för både Göteborg och Malmö. I Göteborg överskreds tröskelvärden oftast i vädertyperna H, NO, O och SO. I Malmö observerades ett liknande mönster, men med tillägg av vädertyp S.

derna mellan högsta och lägsta frekvens var större för PM_{10} än de var för ozon och NO_2 . En tydlig variation mellan vädertyperna gick även att urskilja i frekvensen av samtidigt överskridande björkpollenhalter som höga halter av kvävedioxid ($NO_{2\ max} > 45\ \mu\text{g}\ \text{m}^{-3}$). Vädertyperna H, NO och O hade högst frekvens av dessa tillfällen, men frekvensen var till viss del också hög i vädertyperna SO och N (Fig. 11 e). Mer än 40 % av tiden överskreds tröskelvärdena under vädertyp O. Minst vanliga var sådana tillfällen i vädertyperna S, SV, V, NV och L.

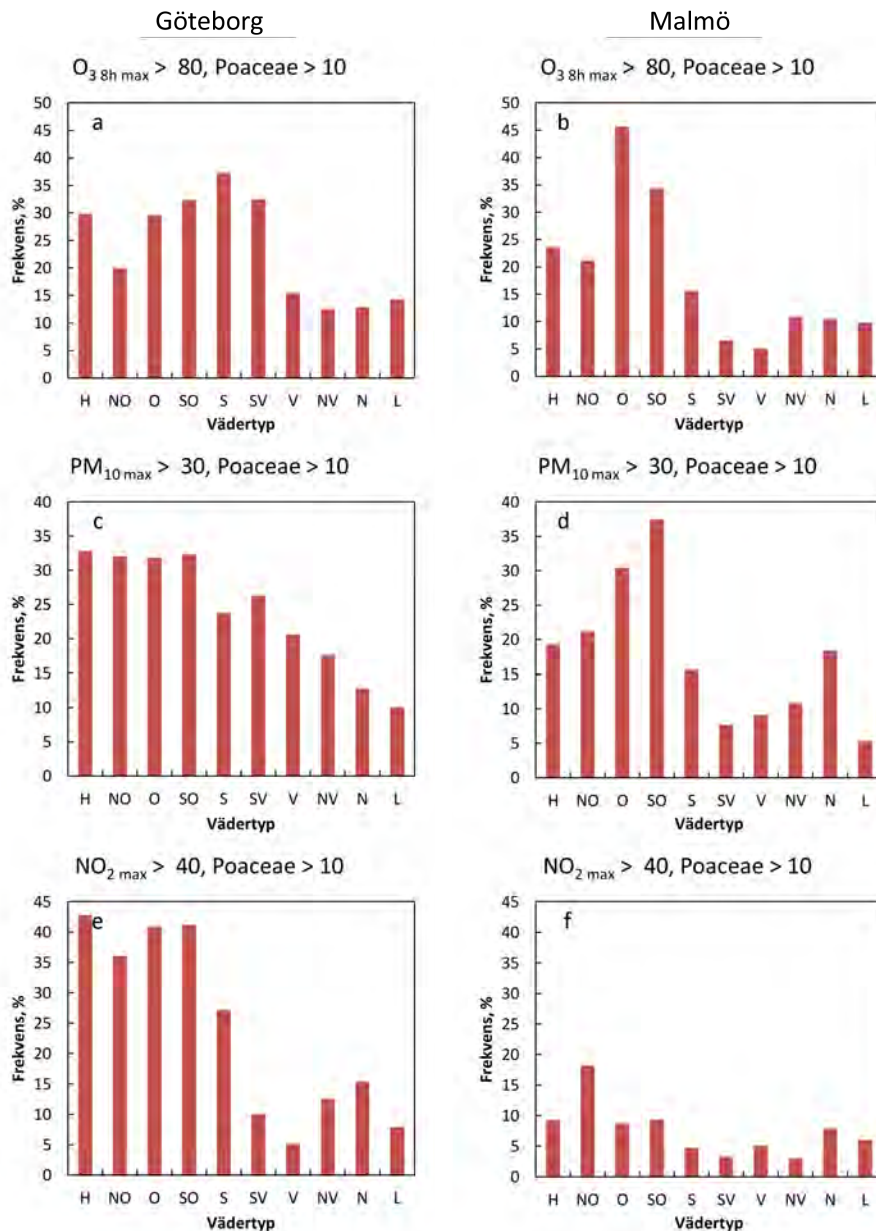


Fig. 12. Frekvenser av tillfällen då tröskelvärden överskreds för (H,b) ozon ($O_{3\ 8h\ max} > 80\ \mu g\ m^{-3}$), (c,d) partiklar ($PM_{10\ max} > 30\ \mu g\ m^{-3}$) och (e, f) kvävedioxid ($NO_{2\ max} > 40\ \mu g\ m^{-3}$) i situationer då dygnssumman av gräspollen (Poaceae) är större än 10 pollen m^{-3} under olika vädertyper i Göteborg och Malmö under åren 2006 - 2012. Pollensäsongen är definierad som dagar då ett visst pollenslag var större än noll. Antalet samtidiga överskridanden av sådana tröskelvärden skilde sig signifikant (χ^2 -test) i samtliga fall för både Göteborg och Malmö. I Göteborg var det i vädertyperna H, NO, O och SO men även S och SV som samtidiga överskridanden var vanligast. I Malmö var det framförallt i O och SO som sådana överskridanden skedde.

Pollen och luftföroreningar under björkpollenssäsongen i Malmö

I Malmö var mönstret relativt likt det i Göteborg. Det var generellt sett mindre vanligt att tröskelvärdena överskreds, och också mindre variation mellan vädertyperna med undantag för hur ozon uppträdde. Höga ozonhalter (O_3 8hmax $> 80 \mu\text{g m}^{-3}$) i kombination med överskridande björkpollenhalter (*Betula* $> 50 \text{cm}^{-3}$) förekom i frekvens i vädertyperna H, NO, O, SO och S och i relativt låga frekvenser i SV, V, NV och N (Fig. 11b). Partikelhalterna $PM_{10}^{\text{max}} > 30 \mu\text{g m}^{-3}$ var höga i O, SO och S, samt i viss mån också i H, NO, V och NV, men lägre i SV, N och L. (Fig. 11d). Kvävedioxid och björkpollen var oftare höga samtidigt i vädertyp H, NO och O. I resterande vädertyper var frekvenserna i allmänhet låga. Den lägsta frekvensen observerades i SV (3% av tiden, Fig. 11).

Sammanfattningsvis - under björkpollenssäsongen i Göteborg var det framförallt i vädertyperna H, NO, O, SO, och till viss del också i S och N, som tröskelvärden för luftföroreningar och björkpollen överskreds på samma gång. Det innebär att risken för förvärrade symptom är hög i dessa vädertyper. I de vädertyper då sådana situationer är ovanliga är risken givetvis inte obefintlig, men inte lika stor.

I Malmö var det framförallt vädertyperna NO, O, SO och S som kunde förknippas med samtidig hög exponering för luftföroreningar och björkpollen. Även i vädertyperna H, V och NV var det i vissa fall relativt vanligt.

Pollen och luftföroreningar under gräspollenssäsongen i Göteborg

Under gräspollenssäsonger i Göteborg var det oftare samtidigt höga ozonhalter som måttliga till höga halter av gräspollen i vädertyperna SO, S och SV samt H och O (Fig. 12 a). V, NV, N och L hade färre tillfällen med dessa situationer. Höga halter av PM_{10} var generellt vanliga och, framför allt i i vädertyperna H, NO, O, SO (frekvens $> 30\%$) och lägst i N och L (Fig. 12 c). Samtidigt höga NO_2 -halter och måttliga till höga gräspollenhalter varierade tydligt mellan vädertyperna (Fig. 12 e). Relativt höga frekvenser (frekvens $> 35\%$) observerades i vädertyperna H, NO, O och SO. Få tillfällen med höga halter observerades för SV, V, NV, N och L.

Pollen och luftföroreningar under gräspollenssäsonger i Malmö

Mönstret i Malmö liknade det i Göteborg, men risksituationer uppträdde i färre vädertyper. Många tillfällen med höga ozon- och måttliga till höga gräspollenhalter samtidigt (Fig. 12b) observerades framförallt i vädertyperna O och SO. Det minsta antalet tillfällen återfanns framförallt i i vädertyperna SV och V men antalet var lågt också i NV, N och L. Tillfällen med höga partikelhalter $PM_{10}^{\text{max}} > 30 \mu\text{g m}^{-3}$ samtidigt som halterna av gräspollen var måttliga till höga var också exceptionellt vanliga i vädertyperna O och SO (Fig. 12d). Frekvenserna var också relativt höga i vädertyperna H, NO, S och N medan tillfällena var färre i SV, V NV och L. Höga halter av NO_2 samtidigt med måttliga till höga halter av gräspollen var relativt ovanliga, jämfört med sådana tillfällen med ozon och partiklar (Fig. 12f). De högsta frekvenserna observerades framförallt i vädertyp NO (17%) men i samtliga resterande vädertyper var det ganska ovanligt ($< 10\%$).

Sammanfattningsvis var det vädertyperna H, NO, O, SO, S och delvis också SV (ozon och partiklar) som var förknippade med en förhöjd risk för samtidig exponering av gräspollen och luftföroreningar i Göteborg. I Malmö var en sådan risk förknippad med samma vädertyper med stor betoning på O och SO. Höga halter var dock inte lika vanliga i Malmö. Speciellt tydligt var detta för kvävedioxid. Partiklar följde till viss del olika mönster i de båda städerna.

4.6.7. Samvariation mellan pollen och luftföroreningar i olika vädertyper

Samvariation kunde ibland observeras då både pollen och halter samtidigt över-skred tröskelvärdena. Analysen har delats in i två grupper, där vädertyperna H, NO, O, SO och S har ingick den i ena gruppen och SV, V, NV, N och L ingick i den andra gruppen. Denna indelning är något godtycklig, men är gjord efter hur vädertyperna kunde associeras med höga, respektive låga frekvenser av samtidigt förhöjda pollen- och luftföroreningshalter (Fig. 11 och Fig. 12).

Björkpollen och ozon

Ozon och björkpollen (*Betula*) samvarierade i vädertyperna H, NO, O, SO och S (Fig. 13a). Förklaringsgraden var mycket hög i dessa situationer ($R^2 = 0,26$) och sambandet var signifikant. För vädertyperna SV, V, NV, N och L var halterna för både ozon och björkpollen mycket lägre (Fig. 13c), sambandet svagare ($R^2 = 0,04$) och icke signifikant. Detta tyder på att höga halter av både *Betula* och ozon gynnas av de meteorologiska förhållanden som H, NO, O, SO och S medför. Även björk-

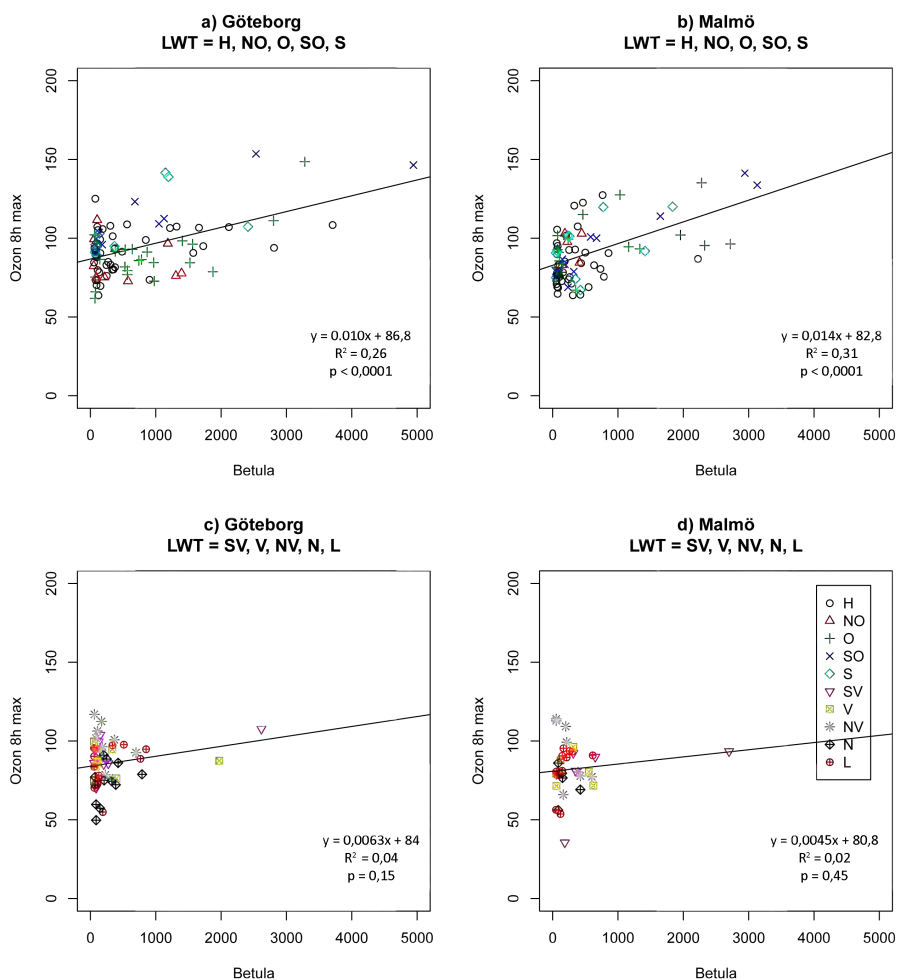


Fig. 13. Sambandet mellan ozon och björkpollen (*Betula*) för vädertyperna H, NO, O, SO och S (H, b) och för vädertyperna SV, V, NV, N och L (b, d) i Göteborg och Malmö under åren 2006 - 2012. Alla observationer då björkpollen understeg 50 pollen m^{-3} och dygn $^{-1}$ har tagits bort ur sambandet. Det tydligaste resultatet är att dygn med förhöjda halter av *Betula* och ozon framförallt inträffade under vädertyperna H, NO, O, SO och S och att samvariationen är mycket starkare i dessa vädertyper än i andra.

beståndens geografiska fördelning har en betydelse för i vilka vädertyper de högre halterna förekommer i. I Malmö var sambandet starkare mellan björkpollen och ozon för vädertyperna H, NO, O, SO och S, med högre förklaringsgrad ($R^2 = 0,31$), jämfört med Göteborg (Fig. 13b). För vädertyperna SV, V, NV, N och L var sambandet sämre ($R^2 = 0,02$) och icke signifikant.

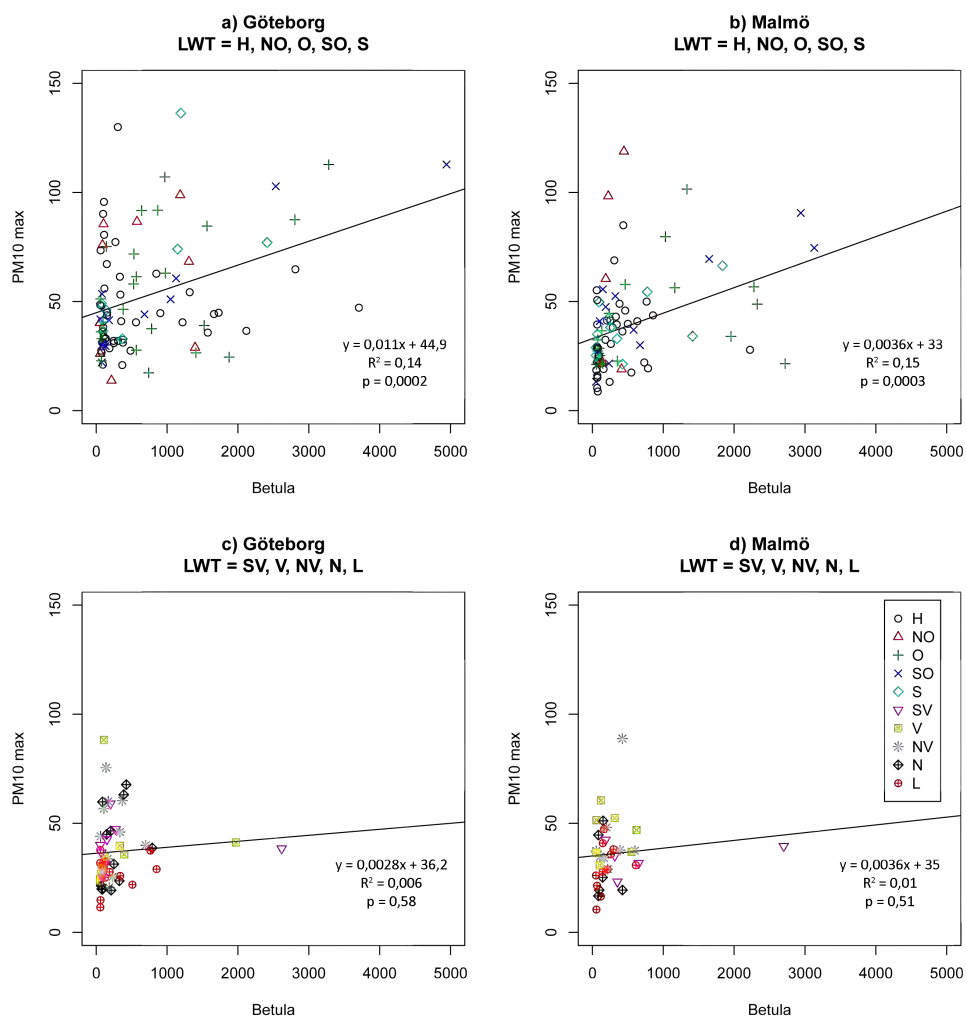


Fig. 14. Sambandet mellan partiklar (PM_{10}^{max}) och björkpollen (*Betula*) för vädertyperna H, NO, O, SO och S (H, b) och för vädertyperna SV, V, NV, N och L (b, d) i Göteborg och Malmö under åren 2006 - 2012. Alla observationer då björkpollen understeg 50 pollen m^{-3} och $\text{dygn}^{-1} \cdot \text{dygn}^{-1}$ har tagits bort ur sambandet. Det tydligaste resultatet är att dygn med förhöjda halter av *Betula* och PM_{10} framförallt inträffade under vädertyperna H, NO, O, SO och S.

Björkpollen och partiklar

Björkpollenhalternas samband med partiklar var klart starkare under vädertyperna H, NO, O, SO och S ($R^2 = 0,14$), än i vädertyperna SV, V, NV, N och L ($R^2 = 0,006$) i Göteborg (Fig. 14a och 14c). I Malmö var sambandet något starkare än i Göteborg för vädertyperna H, NO, O, SO och S med en högre förklaringsgrad ($R^2 = 0,15$) (Fig. 14b). För vädertyperna SV, V, NV, N och L observerades inget samband ($R^2 = 0,01$; $p = 0,50$). Värt att notera är också att variationen i partiklar (PM_{10}) var ganska hög för vädertyperna H, NO, O, SO och S i båda städerna. Detta beror på att partiklarna härstammar från många olika källor, vars bidrag till koncentrationen varierar mycket. Vädertyperna SV, V, NV, N och L uppvisade inte samma variation (Fig. 14d). Detta beror förmodligen till stor del på att nederbörd (vilken är relativt vanlig i SV, V, N och L) medför att pollen och partiklar deponeras på marken. Det kan också bero på att villkoren för pollenutsläpp är sämre i dessa vädertyper.

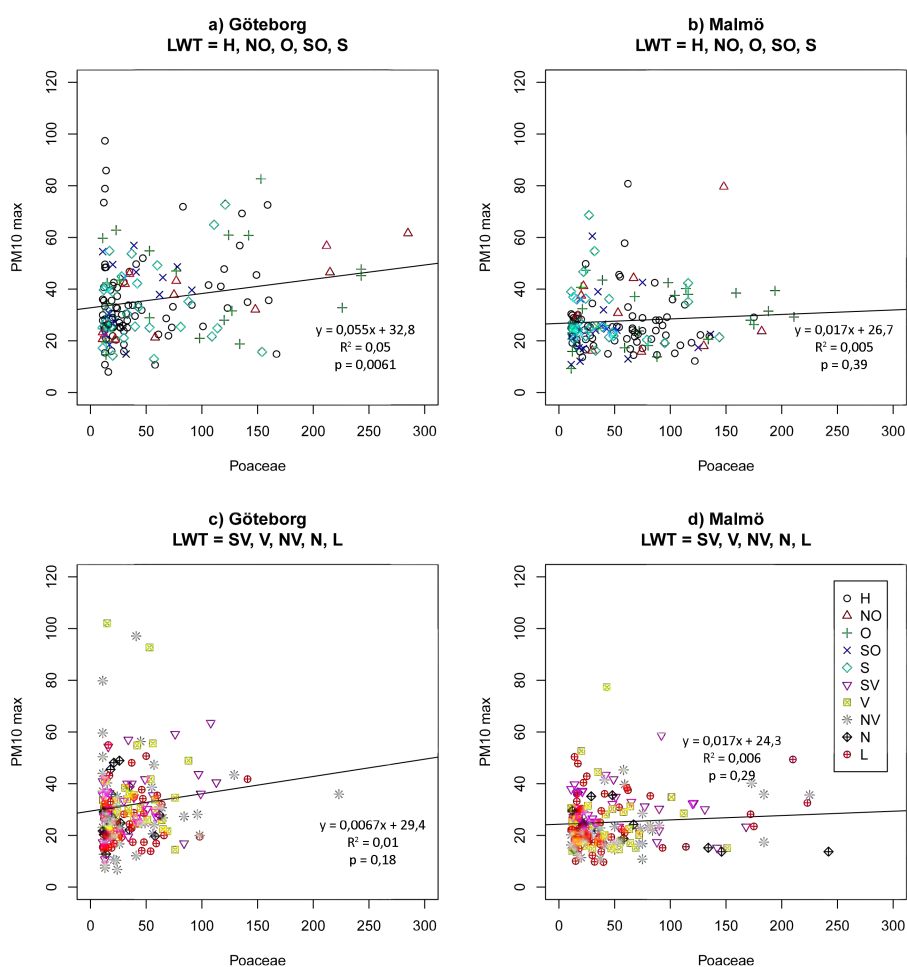


Fig. 15. Sambandet mellan ozon och gräspollen (Poaceae) i vädertyperna H, NO, O, SO och S (H, b) och i vädertyperna SV, V, NV, N och L (b, d) i Göteborg och Malmö under åren 2006 - 2012. Alla observationer då gräspollen understeg $10 \text{ pollen m}^{-3} \text{ dygn}^{-1}$ har tagits bort ur sambandet. Det tydligaste resultatet är att dygn med måttliga-höga halter av Poaceae och PM_{10} framförallt inträffade under vädertyperna H, NO, O, SO och S i Göteborg. I Malmö observerades ingen variation mellan de två vädertypsgrupperna.

Gräspollen och partiklar

Sambandet mellan gräspollen (Poaceae) och partiklar i Göteborg var svagt ($R^2 = 0,05$). I vädertyperna H, NO, O, SO och S var dock både gräspollen- och partikelhalterna relativt höga (Fig. 15a). I vädertyperna SV, V, NV, N och L fanns inget samband ($R^2 = 0,01$; Fig. 15c). I Malmö var motsvarande samband sämre för H, NO, O, SO och S ($R^2 = 0,005$; Fig. 15b). För vädertyperna SV, V, NV, N och L var sambandet något starkare ($R^2 = 0,006$) jämfört med Göteborg.

Det gjordes även motsvarande analyser av sambandet mellan kvävedioxid och pollen i olika vädertyper men dessa analyser visade ingen tydlig samvariation. Inte heller fanns det någon sådan för gräspollen och ozon.

4.7 Vädertypernas koppling till läkemedelsförsäljning

Vissa vädertyper är alltså associerade med att en förhöjd risk för att pollen och luftföroreningar skall överskrida tröskelvärden samtidigt. Därför gjorde vi en analys av behovet av antihistaminer i sådana situationer. Vid denna analys har AF^R och AF^{OD} per dygn beräknats för varje enskild vädertyp, då tröskelöverskridanden har skett. Genomsnittligt AF^R och AF^{OD} har också beräknats i dessa situationer, men utan hänsyn till vilken vädertyp som rådde, för att enkelt visa vilka vädertyper som bidrar till försäljning under eller över genomsnittet.

4.7.1. Björkpollenssäsongen

AF^R och AF^{OD} per dygn var högst under situationer med överskridanden av både björkpollen och luftföroreningar i vädertyperna NO, O, SO och S i Göteborg (Fig. 16 a, c och d). Vid överskridanden av ozontröskelvärdet var AF^R även över genomsnittet under vädertyperna N och L (Fig. 16a). För överskridanden av partiklar var så fallet även i vädertyperna V och N, och för kvävedioxid även i V och L (Fig. 16 b och d).

I Malmö var AF generellt lägre än i Göteborg vilket till stor del beror på att folkmängden inte är lika stor. Under vädertyperna NO och S låg AF^R oftast högst under situationer med överskridanden av tröskelvärden. AF^R låg över genomsnittet vid överskridanden av tröskelvärdet för ozon och björkpollen under vädertyperna NO, O, SO, S, V och N (Fig. 16b), vid överskridande av tröskelvärdena för partiklar och björkpollen under vädertyperna NO, O, S och L (Fig. 16d); och vid överskridande av tröskelvärdena för kvävedioxid och partiklar under NO, O, SO, S och L (Fig. 16f). AF^{OD} per dygn var över genomsnittet under NO, O, SO och S. De vädertyper som då AF^{OD} var lägst var framförallt H, SV, V, NV, N och L i Göteborg. AF^R var minst i H, SV, NV samt V. I Malmö observerades ett liknande resultat, där H, SV, V, NV och N innebar låga försäljningstal. Som redan nämnts, var AF^R högre än genomsnittligt vid höga ozonsituationer under V och N.

4.7.2 Gräspollenssäsongen

Vid höga luftföroreningshalter i Göteborg varierade AF^R och AF^{OD} per dygn mellan vädertyperna, mycket beroende på vilken luftförorening som överskreds, men AF^R och AF^{OD} följde inte samma mönster. För överskridanden av tröskelvärdet för ozon (Fig. 17) låg AF^R över genomsnittet under vädertyperna H, NO, O, SO, N (högst) och L. AF^{OD} var istället över genomsnittet i H, NO, O (högst), SO, NV och N. Värt att notera är också att AF^{OD} var dubbelt så stor under vädertyp O jämfört som i vädertyperna SV, V och NV. Vid höga partikelhalter och kvävedioxidhalter var mönstret likartat för receptbelagda antihistaminer. Dock låg även AF^{OD} över genomsnittet även i vädertypen NV (kanske ett samband med förekomst partiklar och kvävedioxid; Fig. 17c och 17e) och V (kvävedioxid; Fig. 17e).

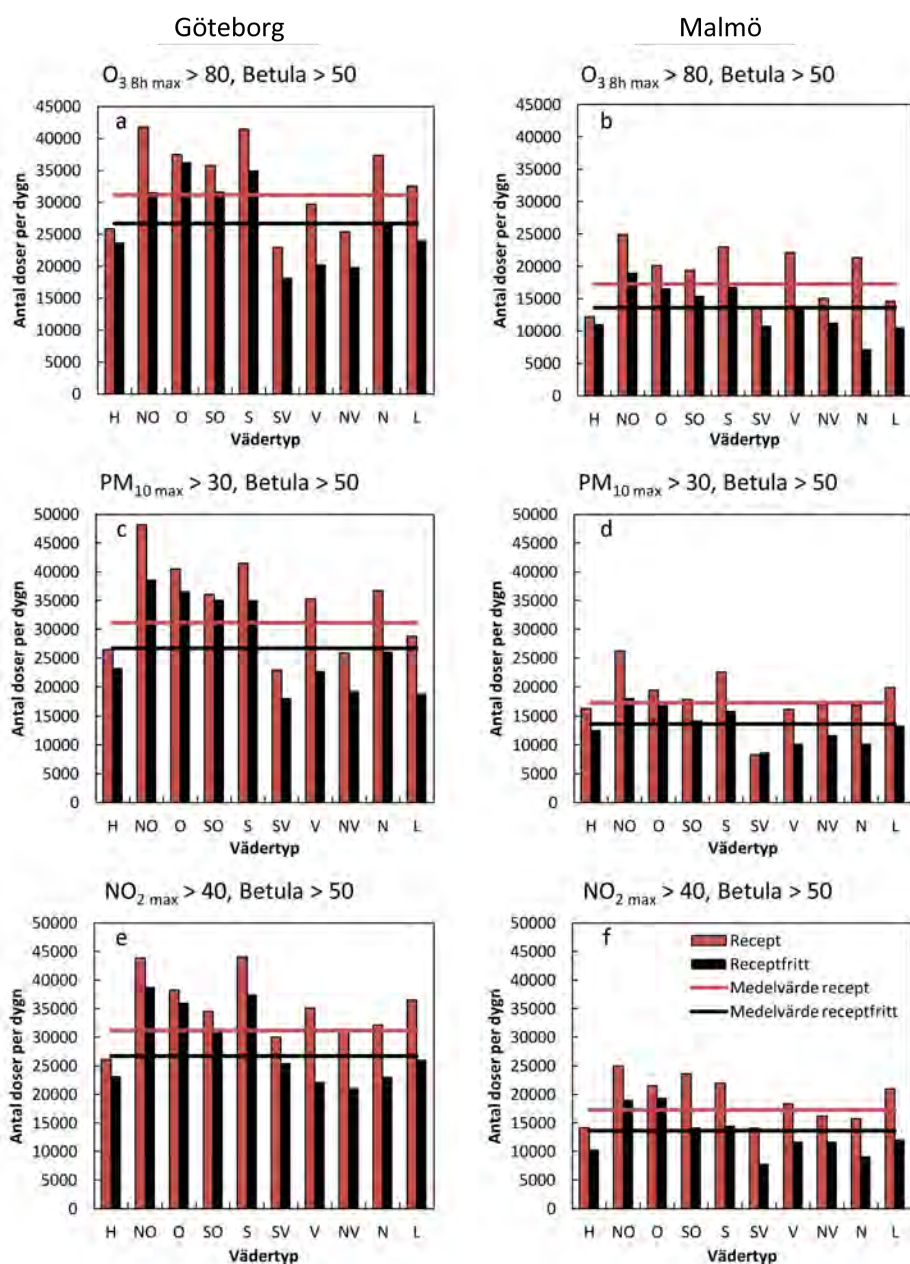


Fig. 16. Antalet sålda doser per dygn av receptbelagda (AF^R : röda staplar) och receptfria (AF^{OD} : svarta staplar) antihistaminer under björkpollensäsongen när tröskelvärdena överskreds för (H, b) ozon (O_3 $8h$ $max > 80 \mu g m^{-3}$), (c, d) partiklar (PM_{10} $max > 30 \mu g m^{-3}$) och (e, f) kvävedioxid (NO_2 $max > 40 \mu g m^{-3}$), i situationer då dygnssumman av björkpollen (*Betula*) är större än 50 pollen m^{-3} under olika vädertyper i Göteborg och Malmö. I både Göteborg och Malmö bidrog vädertyperna NO, O, SO och S mest till antalet förskrivna eller sålda doser. Under dessa vädertyper låg AF^R eller AF^{OD} på eller över genomsnittet.

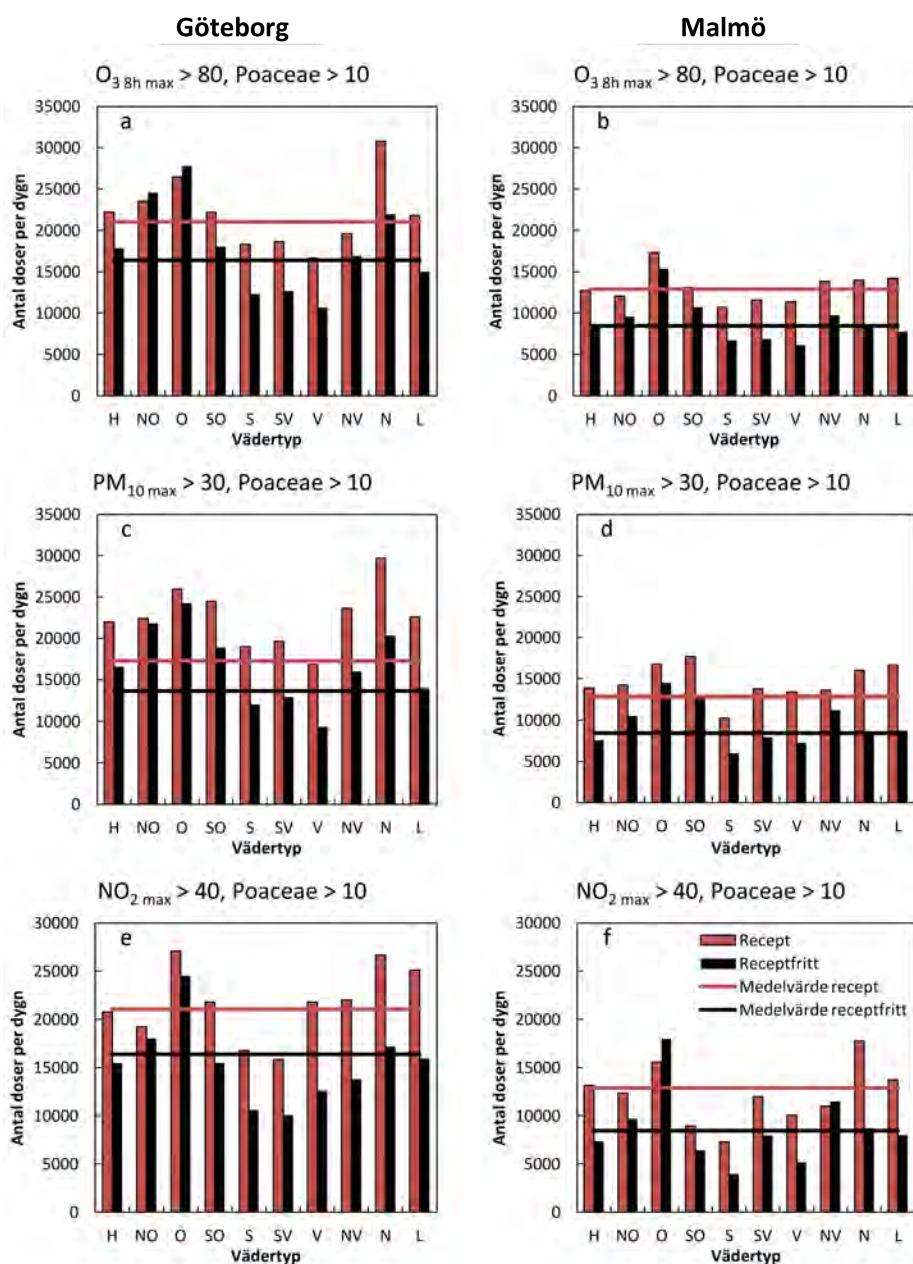


Fig. 17. Antalet sålda doser per dygn av receptbelagda (AF^R : röda staplar) och receptfria (AF^0 : svarta staplar) antihistaminer under gräspollensäsongen när då tröskelvärden överskreds för (H, b) ozon ($O_3\ 8h\ max > 80\ \mu g\ m^{-3}$), (c, d) partiklar ($PM_{10\ max} > 30\ \mu g\ m^{-3}$) och (e, f) kvävedioxid ($NO_2\ max > 40\ \mu g\ m^{-3}$) i situationer då dygnssumman av gräspollen ($Poaceae$) är större än 10 pollen m^{-3} under olika vädertyper i Göteborg och Malmö. I både Göteborg och Malmö bidrog vädertyperna NO, O, SO, N och L mest till antalet förskrivna eller sålda doser. Under dessa vädertyper låg varken AF^R eller AF^0 alltid över genomsnittet.

I Malmö var det i vädertyperna O, NV, N och L som AF^R och AF^{OD} låg över genomsnittet för under situationer med höga ozonhalter. Samma vädertyper, med tillägget av SO, gällde för situationer med höga partikelhalter och vid höga kvävedioxidhalter var det H, O, N och L som låg över genomsnittet. För receptfria antihistaminer var mönstret något annorlunda. Vädertyperna NO, O, SO och NV gav försäljning över genomsnittet under överskridanden av ozon och partikeltröskel. För överskridanden av kvävedioxid var det vädertyperna NO, O och NV som gav försäljning över genomsnittet. I regel förekom lägst dygnsförsäljning under vädertyperna S, SV och V, för både AF^R och AF^{OD} i både Malmö och Göteborg. Ett undantag var AF^R då situationer med höga kvävedioxidhalter rådde under vädertyp V i Göteborg.

4.7.3 Sammanfattningsvis

var det under björkpollensäsongen vädertyperna NO, O, SO och S som innebar högst värden på AF^R och AF^{OD} i båda städerna, under situationer med överskridanden av både pollen och luftföroreningar. I vissa analyser gav även vädertyperna V, N och L värden över genomsnittet. Under gräspollensäsongen var det oftast vädertyperna O, SO, N och i viss mån också L som gav dem höga värden i båda städerna. Även SV, V och NV kunde bidra till värden som låg över genomsnittet för vissa luftföroreningar, med undantag för ozon. Höga ozonhalter ($O_3^{8h\max} > 80 \mu g m^{-3}$) i kombination med överskridande björkpollenhalter ($Betula > 50 m^{-3}$) var vanliga i vädertyperna H, NO, O, SO och S och relativt ovanliga i SV, V, NV och N (Fig. 11b). Partikelhalterna ($PM_{10}^{max} > 30 \mu g m^{-3}$) var höga i O, SO och S, samt i viss mån också H, NO, V och NV, men lägre i SV, N och L. (Fig. 11d). Kvävedioxidhalterna och björkpollenhalterna var höga samtidigt och oftare i vädertyp H, NO och O. I resterande vädertyper var överskridanden relativt ovanliga. Mest sällan förekom de i SV (3% av tiden) (Fig. 11f).

4.8. Hur kan luftkvaliteten presenteras?

4.8.1 Ett index som beskriver hur mycket luftens innehåll belastar allergiker

Det ser ut som att allergiska besvär under en viss dag beror av hur mycket det finns av de olika besvärsframkallande faktorerna i luften. Därför är information som gör det möjligt att minska besvären värdefull. Informationen bör vara lätt att förstå, och behöver inte vara detaljrik. Den kan framställas i form av ”liten, måttlig eller hög risk för besvär” eller liknande.

Närvaron av besvärsframkallande komponenter i luften kan beskrivas i form av ett index, som anger hur mycket besvären förväntas öka i förhållande till en nivå när luften är ”frisk”. I vår studie har vi använt behovet av antihistaminer som mått på besvär. Det kommer alltid att finnas ett sådant behov, även utan besvärsframkallande pollen i luften, eftersom det också finns allergier som beror på pälsdjursepitel, kvalster och andra faktorer som inte är säsongsberoende. Sådana allergiers bidrag till försäljning av receptfri medicin (AF^{OD}) kan sägas utgöra en basnivå, ett ”nolläge” för vårt index (Fig. 19). Vi väljer just AF^{OD} snarare än AF^R , eftersom AF^{OD} har en högre upplösning i förhållande till variationen av de olika luftkomponenterna och troligen i högre grad avspeglar momentana reaktioner på upplevelsen av besvär.

När koncentrationen av björkpollen ökar med ett pollenkorn per kubikmeter luft, innebär det att försäljningen av receptfria antihistaminläkemedel ökar med 0,4 promille i Göteborg (Tabell 3). Om den siffran multipliceras med det totala antalet pollen per kubikmeter, erhålls ett mått på hur stor *belastning* som björkpollenhalten just den dagen utgör. (Fig. 18). Belastningen innebär att AF^{OD} ökar med en viss procent, som läggs ovanpå basnivån ((Fig. 20). Tillkommer t ex en förhöjd halt av

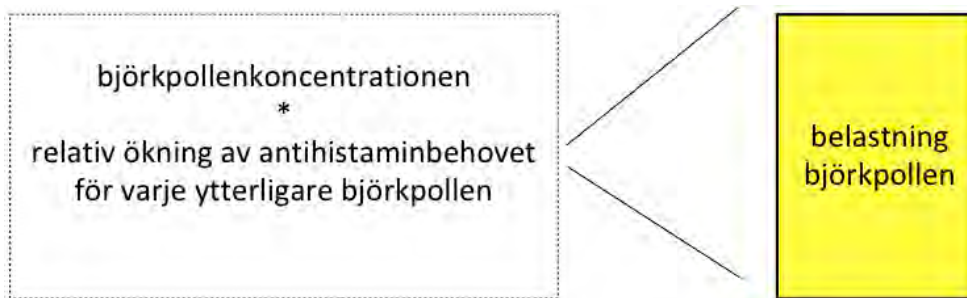


Fig. 18. Belastningen från något som framkallar besvär i luften kan uttryckas som koncentrationen (i detta fallet av björkpollen) multiplicerat med hur mycket en enhet (i detta fallet ett pollenkorn) bidrar till hur försäljningen av receptfria antihistaminer ökar jämfört med när luften är ren från sådana faktorer.

ozon, multiplicerar vi dagens koncentration av ozon med 1,003, eftersom vi vet att varje extra mikrogram över tröskelvärdet bidrar med 3 promilles ökning av AF^{OD} (Tabell 4). Resultatet visar hur stor belastning som ozonhalten utgör, vilket innebär att AF^{OD} ökar ytterligare (Fig. 21).

Den tyngd som respektive luftkomponent lägger på allergikern kan illustreras som en sten, och den totala belastningen under en viss dag som en stapel av de olika stenarna (Fig. 22). Stapelns höjd visar hur stor belastningen är. Höjden kan översättas till hur stor AF^{OD} är i förhållande till försäljningens basnivå då luften är frisk, uttryckt i procent. Detta är vårt index. Ett index på 26% innebär alltså att försäljningen är 26% högre än när det inte finns något i utomhusluften, som framkallar besvär.

Indexets variation under en viss tidsperiod kan visas i form av ett stapeldiagram (Fig. 23, Appendix 1, Fig. 1-7), där varje stapel representerar en viss dag. Om luftens faktiska innehåll inte anses intressant för den som mottar informationen, kan staplarna vara enfärgade. Men om man vill visa vad som orsakat svängningar i besvärens svårighetsgrad, kan bidraget från varje enskild komponent illustreras med en viss färg. Den färgade delen motsvarar en av stenarna i den stapel som beskrivits ovan. Det går att se vad det som gjorde situationen så besvärlig under en enskild episod, som till exempel då brandrök från ryska skogsbränder, blandade med extremt höga björk- och pollenmängder, drog in över södra Sverige i maj 2006, samtidigt som det också fanns bokpollen i luften. Det går också att visa att besvären under sommaren 2009 inte bara berodde på gräspollen, utan också på kvävedioxid, ozon och partiklar. (Fig. 4.8.4).

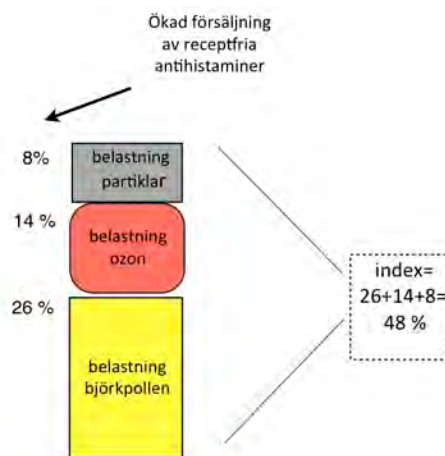
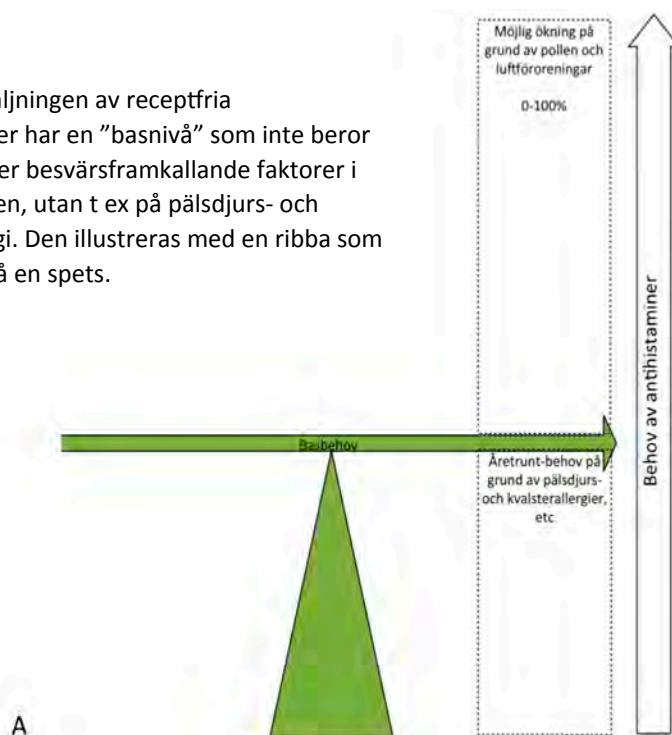


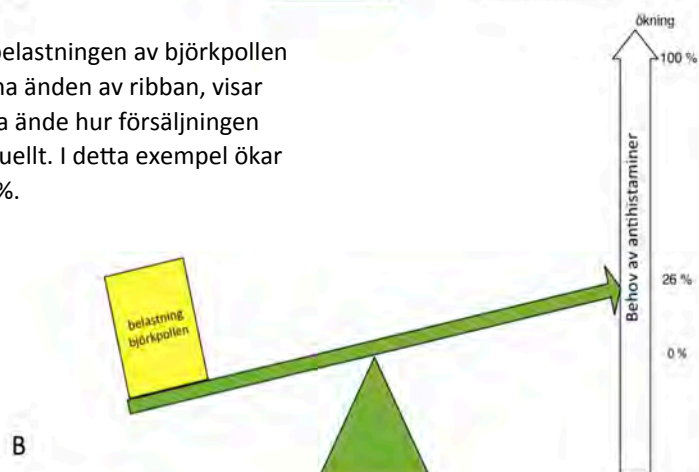
Fig. 22. Belastningen från olika besvärsframkallande faktorer i luften kan illustreras med olikfärgade stenar, som staplas på varandra. Höjden av stapeln motsvarar den totala belastningen = så mycket som försäljningen av receptfria antihistaminer ökar jämfört med när luften är ren från sådana faktorer.

Fig. 19. Försäljningen av receptfria antihistaminer har en "basnivå" som inte beror av allergi- eller besvärframkallande faktorer i utomhusluften, utan t ex på pälsdjurs- och kvalsterallergi. Den illustreras med en ribba som balanserar på en spets.



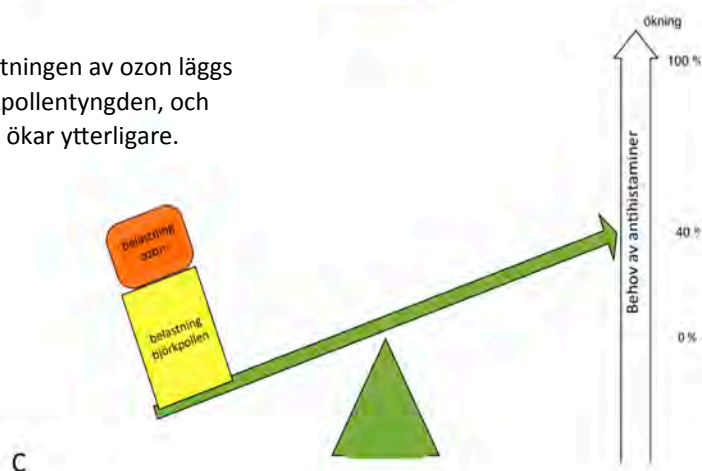
A

Fig. 20. När belastningen av björkpollen tynger ner ena änden av ribban, visar ribbans andra ände hur försäljningen ökar procentuellt. I detta exempel ökar den med 20 %.



B

Fig. 21. Belastningen av ozon läggs ovanpå björkpollentyngden, och försäljningen ökar ytterligare.



C

4.8.2 Indexnivåernas variation i Göteborg och Malmö 2006-2012

Det index som beräknats på detta sätt varierade mellan 0 och 95 %, i Göteborg under perioden 2006-2012 och i mellan 0 och 100% i Malmö. Det betyder, att försäljningen av receptfria antihistaminer ibland är dubbelt så hög som under förhållanden med då luftens innehåll är ”harmlost”.

Det vanligaste förhållandet, drygt 90% av dagarna i Göteborg och 84% av dagarna i Malmö, var att värdet på index var under eller lika med 20%. Det maximala bidraget av ozon till AF^{ÖD} var 13,8% på båda orterna och av partiklar 14,9% i Göteborg och 15,6% i Malmö. Kvävedioxid bidrog maximalt med 21,5% i Göteborg, men räknades inte med i index från Malmö eftersom medelvärdet inte hade något signifikant bidrag till AF^{ÖD}. (Tabell 5).

RÖ^{ÖD} för gräspollen är högre i Malmö (1,006) än i Göteborg (1,004), vilket indikerar en starkare reaktion hos allergikerna i Malmö. Därför ger samma gräspollenkoncentration olika utslag på index i de båda städerna.

4.8.3 Förslag på identifiering av tröskelvärden

I informationssystem som vänder sig till allmänheten, och där man vill varna för risken för ökade besvär används ofta olika nivåer, som motsvarar hur stor risken är. I dagens pollenvarningar talas t ex om låga, måttliga eller höga besvär, vilket anses motsvara den genomsnittliga besvärsnivån hos allergiker i ett visst intervall av pollenkoncentration. Kiotseridis et al. (2013b) föreslog att man i information till barn kan använda sig av en motsvarighet till trafikljus, där grönt betyder liten risk, gult måttlig risk och rött hög risk för förvärrade allergisymptom. Gränserna mellan

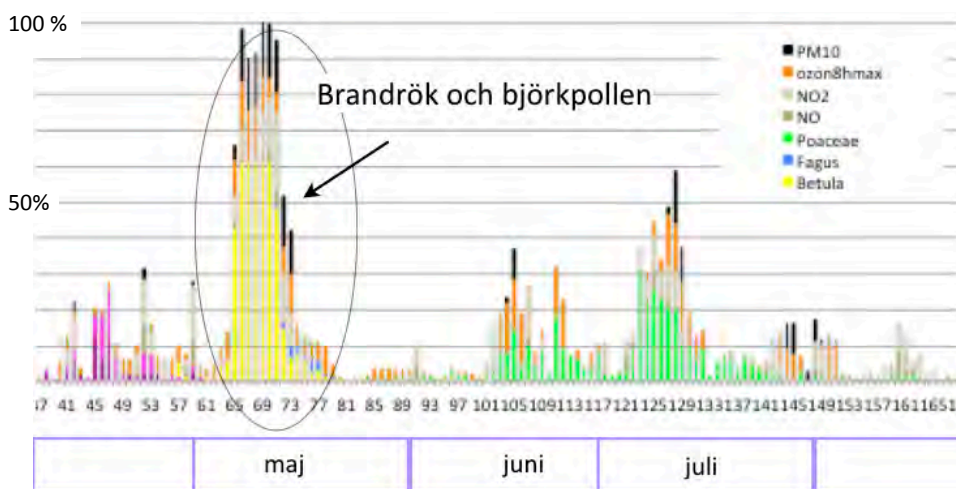


Fig.23. Dagliga indexvärden under våren och sommaren 2006 i Göteborg. Varje enskild stapel representerar hur mycket försäljningen av receptfria antihistaminer är förhöjd en viss dag, jämfört med när halterna av besvärsframkallande faktorer i luften är låga eller obefintliga. Violet illustrerar belastningen av al- och hasselpollen (*Alnus* och *Corylus*), gult björkpollen (*Betula*), blått bokpollen (*Fagus*) och grönt gräspollen (*Poaceae*). Grått illustrerar belastningen av kväveoxider, rött ozon och svart partiklar. Under den inringade perioden låg ett moln av brandrök från ryska skogsbränder över hela Nordeuropa. Vid denna tid blommade björken intensivt i Ryssland, så att molnet också kom att innehålla extrema björkpollenhalter. I Göteborg resulterade detta bland annat i en fördubbling av antihistaminförsäljningen, vilket visas med att indexvärdet var nära 100% under några dagar.

de olika färgerna identifierades efter brytpunkter i en kurva som visar hur symptomens styrka varierar med pollenhalten.

Om indexnivåerna under samtliga dagar under studieperioden 2006-2012 sorteras i storleksordning i ett stapeldiagram, bildar staplarnas toppar en kurva med tre brytningspunkter (Fig. 24). Förslagsvis kan ett system med fyra nivåer användas. När indexvärdet är noll, är risken för besvär liten, medan indexvärde som är större än noll definitionsmässigt innebär att besvär kan uppträda. Mellan noll och 20 % innebär således måttlig risk, 20-50% hög risk och >50% mycket hög risk.

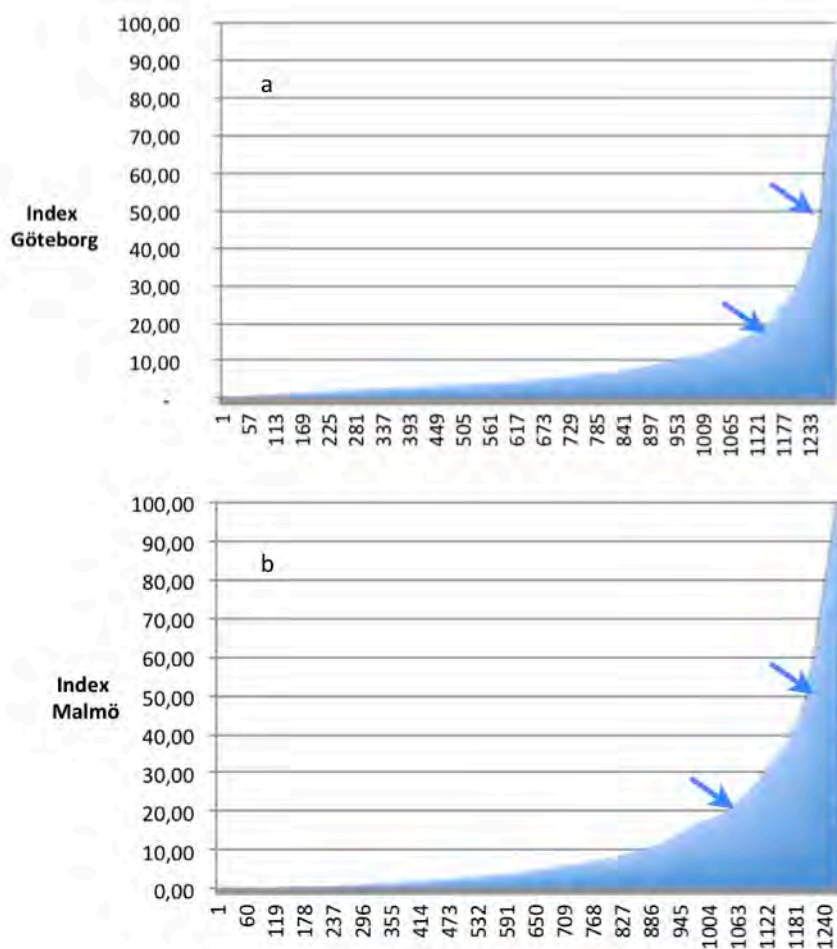


Fig. 24. Fördelningen av indexvärden i H) Göteborg och b) i Malmö. Pilarna indikerar lämpliga tröskelnivåer om man vill ange hur mycket luftkvaliteten är påverkad av pollen och luftföroreningar t ex i kategorierna "liten, måttlig, hög, mycket hög risk för besvär"., och som kan fungera på båda orterna.

5. Diskussion

5.1 Pollenallergiker behöver stöd för att kunna hantera sin sjukdom.

Pollenallergi är ett vanligt problem i vårt samhälle. Var fjärde till femte person är drabbad. Under sommarhalvåret bidrar allergin inte bara till att allergikerna får symptom från ögon och näsa, utan också en totalt sett sänkt livskvalitet med humörsvängningar, nedsatt prestationsförmåga och dålig sömn.

Det är angeläget att förstå hur sjukdomen varierar med miljöfaktorer. Med en sådan kunskap kan samhället bistå allergikerna med instrument som hjälper dem att förebygga symptom. Alla människor har rätt att känna till tillståndet i omgivningsluften och hur det står till med växter, djur och mikroorganismer i miljön, om det finns en risk att tillståndet medför en risk för negativa hälsoeffekter. Det innebär bland annat om det finns risk för luftföroreningar och för allergiframkallande pollen. Rätten framhålls i EU-direktiv (2003/4/EC, Karatzas et al. 2013). Informationen bör vara så aktuell som möjligt och gälla *innevarande dag*, och dessutom en *prognos* för hur situationen förväntas utvecklas under de närmast kommande dagarna. Därigenom kan känsliga personer förebygga besvär i god tid, undvika onödig exponering för de allergiframkallande ämnena och planera sina olika aktiviteter. Myndigheter med ansvar för miljö och folkhälsa, från statlig till regional och kommunal nivå, ansvarar för att det finns möjlighet att ta fram och leverera sådan information är tillgodosedda.

Inte alla Sveriges invånare har tillgång till kunskap om den aktuella pollensituationen. Pollenövervakning saknas i flera regioner. I de fall sådan övervakning finns, är expertisen på området och nödvändig infrastruktur inte långsiktigt tryggade. Verksamheten har hittills aldrig garanterats mer än ett år i taget. Detta innebär en ständig risk för att kompetens skall gå förlorad, och att det inte alltid finns ett bra underlag för att prognosmodeller skall fungera (Klein et al. 2012, COST ES0602 2009).

Allergibesvär beror av en kombination av faktorer, och kan bara förstås genom samarbete mellan experter från olika discipliner. I vår studie vill vi peka på att såväl det biologiska som det kemiska innehållet i luften har betydelse, liksom det rent fysiska vädret. Det är myndigheternas uppgift att skapa förutsättningar för att kompetens inom dessa områden kan samordnas.

5.2. Förhållanden som påverkar allergikern i tid och rum

Allergikernas situation påverkas av koncentrationen av allergiframkallande pollen i luften. Även om pollenhalten är den primära orsaken till symptom, är det rimligt att tänka sig att luftföroreningar kan förstärka och försvåra besvär. Både pollenförekomst och koncentrationen av föroreningar styrs av väderleksförhållanden. I den här studien är utgångspunkten att söka indikationer på hur luftföroreningar bidrar till allergisk inflammation, och att försöka förstå under vilka väderleksförhållanden som risken för förstärkta symptom föreligger.

Våra resultat visar att ozon, kvävedioxid och partiklar bidrar till behovet av allergiläkemedel, när halterna överskrider ett visst tröskelvärde. Vi har också kvantifierat effekterna. Vi har gjort ett förslag på hur man kan konstruera ett riskindex, som kan användas när risken för besvär förmedlas till allmänheten. Därtill har vi identifierat under vilka väderleksförhållanden som riskerna är högst, både i relation till storskaliga vädersystem och till enskilda meteorologiska variabler.

5.3 Förhållanden som påverkar pollensituationen i tid och rum

Exponeringen för olika pollenslag skiljer sig mellan olika regioner, bland annat beroende på den lokala vegetationens sammansättning och på den dominerande markanvändningen. Sydvästra Skåne domineras av öppen jordbruksmark. Göteborgsregionen präglas av igenväxande odlings- och betesmarker, där björk är ett av de vanligaste träden. Därför är björkpollenhalterna högre i Göteborg, medan Malmöluften ofta har högre halter av gräs, gråbo och t ex rapspollen.

Pollensituationen ändrar sig under säsongen, allt eftersom de relevanta växterna blommar. Läran om växters och djurs årsrytmer kallas fenologi. Pollenkalendern och mängden producerat pollen skiljer sig mellan olika år, eftersom både årsrytmen och produktiviteten styrs av vilka temperatur- och nederbördsförhållanden som rått under föregående veckor, månader och t o m år. Det faktiska pollenutsläppet och hur väl pollenet sprids, beror också av meteorologi, men av mera kortvariga förhållanden, som om det t ex är torrt och lagom mycket vind under en viss dag.

Det har bokstavligen skrivits hundratals vetenskapliga artiklar om sambandet mellan enskilda meteorologiska variabler och pollenförekomst. Emellertid är resultaten av sådana analyser svåra att applicera i prognosmodeller (Jamason et al., 1997), eftersom varje situation präglas av en kombination av många faktorer. Vädersituationen bestäms inte av en enskild meteorologisk variabel, utan av flera tillsammans. När en viss luftmassa dominerar inom en region, har den bestämda egenskaper med avseende på fuktighet, tryck, temperatur, vindriktning och vindhastighet. Både pollenförekomsten och koncentrationen av luftföroreningar har olika grader av samband med dessa faktorer. Det behövs alltså ett verktyg för att klassificera olika vädertyper, efter hur väderleksförhållandena kombineras på olika sätt inom ett geografiskt område. Vi har använt Lamb's vädertypsystem som framgångsrikt har använts i Skandinavien för att studera hur ett antal olika fenomen påverkas av vädret (Chen 2000; Tang & Chen 2009).

Tio olika vädertyper har identifierats för södra Sverige, utefter tryckförhållanden och olika cirkulationsindex, som visar hur luftmassan rör sig. Flera av vädertyperna har fått sitt namn efter riktningen hos den geostrofiska vinden, som uppstår då luften rör sig från högre till lägre tryck i atmosfären och som också påverkas av jordens rotation. Namnsättningen kan leda till en överdriven fokusering på vad denna vindriktning betyder för luftmassans innehåll av transporterat pollen och luftföroreningar. Luftmassans meteorologiska egenskaper är sannolikt ännu viktigare. Ståndarknapparna där pollenet bildas spricker lättare upp när luften är torr än när den är fuktig. Om det inte blåser alls, stannar pollenet i ståndaren. Om det å andra sidan blåser mycket, späds pollenkoncentrationen ut. "Lagom" vindhastighet ger de bästa förutsättningarna för höga pollenhalter. Regn tvättar luften ren från pollen.

Det pollen som registreras vid en viss mätstation har olika ursprung. Pollenet från en vindpollinerad växt kan med avseende på spridningsavståndet delas upp i tre olika fraktioner (Faegri & Iversen 1989). Det mesta, nära två tredjedelar, beräknas genom tyngdkraftens inverkan falla till marken i närheten av faderplantan, inom några tiotals meter eller mindre. Uppskattningsvis nära en tredjedel sprids upp till några hundratals meter bort, parallellt med vegetationens ytskikt. De sista 4-5 procenten utgör den tredje fraktionen. Den omfattar pollen som lyfts över trädtopparna, och som får en regional till storskalig spridning. Särskilt då luften runt växten värms upp vid stark solinstrålning, kan uppåtstigande varmluft föra med sig pollenet till hög höjd där det sedan kan föras i sidled över mer eller mindre stora avstånd. Det är rimligt att tänka sig, att en liten del av det pollen som registreras vid mätstationen i Göteborg har sitt ursprung längre åt norr, öster och sydost i Sverige.

Det kan också ha sitt ursprung längre bort. Någon eller några gånger per år inträffar det att fjärrtransporterat pollen kommer in över Sverige, t ex från Sydost- eller Centraleuropa, eller från Ryssland (Sofiev et al. 2013; Sikoparija et al. 2013; Appendix 1, Fig. 1). Vid sådana episoder kan det utgöra en betydande del av allt det pollen som registreras vid en viss mätstation.

Den relativa betydelsen av närproducerat och långtransporterat pollen varierar mellan regioner och har hittills varit svår att uppskatta, eftersom det inte går att se på pollenet varifrån det kommer. Ursprunget kan härledas genom att luftströmmarnas ursprung spåras bakåt i tiden vid så kallad trajektorieanalys (e.g. Sikoparija et al. 2013). Eftersom det är troligt att närproducerat pollen dominerar vid de flesta tillfällena, bör lokala väderleksförhållanden tillskrivas stor vikt då man gör prognoser. Vilken vädertyp som råder påverkar också sannolikheten för att pollen och/eller luftföroreningar skall transporteras över större avstånd (Lin 2005).

5.4 Hur vädertyperna skiljer sig från varandra

Vädertyperna varierade mest tydligt sinsemellan med avseende på nederbörd, vindhastighet och temperatur, framförallt i Göteborg. I Malmö verkade variationen vara mindre. Generellt är västliga väderlekstyper ofta relaterade till hög luftfuktighet, nederbörd och mer eller mindre kraftig blåst (Fig. 4, 5). Vädertyper med en östlig komponent utmärker sig oftare för torra förhållanden, låga vindhastigheter och uppehållsväder. Nordlighet medför som väntat oftare låga temperaturer, medan sydlighet vanligen innebär värme. Högtryck innebär oftast sol, medan lågtryck medför molnighet och nederbörd.

Vädertypernas egenskaper skilde sig mellan Göteborg och Malmö, framförallt med avseende på nederbörd. I Göteborg regnade det mer i genomsnitt per dygn i de sydliga och sydvästliga vädertyperna (S och SV) och i Malmö var det framförallt lågtryck (L) och nordöstlig vädertyp (NO) som utmärkte sig i detta avseende. Förklaringen är delvis i var städerna ligger. Göteborg har hav närmare i sydväst, varifrån lågtryckssystem ofta transporteras in över Sverige från Atlanten. Malmö har närmare till hav i nordost, varifrån luftmassor som för med sig fukt som avdunstat från Östersjön förmodligen kommer.

5.5 Hur uppträder luftföroreningar?

Halterna av luftföroreningar skiljer sig mellan städerna, och har ett starkt samband med trafikbelastningen i respektive region. De högre NO₂ halterna i Göteborg förklaras av att belastningen är högre än i Malmö (SMHI, 2012), med både fler och större utsläpp av NO_x. Den flackare topografin i Malmö bidrar också till att inversion är ovanligare, och att ventilationen därmed är bättre. Detta leder också till lägre halter av NO₂. Även partikelhalterna var högre i Göteborg än i Malmö, på grund av den mer omfattande trafiken.

Luftföroreningshalterna skiljer sig också mellan årstider. Under sommaren är halterna av PM₁₀ och NO₂ lägre än under våren, eftersom trafiken inte är lika intensiv. På våren är vägbanor och gator fulla av vintergrus, vilket även detta leder till en vårtopp av PM₁₀.

Några av ”partikeltopparna” i våra data (Appendix 2) är samtidiga med pollentoppar, och kan åtminstone delvis orsakas av innehållet av brustna pollenkorn, av småpartiklar från ståndarknapparna eller av andra växtderivat (sid. 9). Såväl icke-allergiframkallande som allergena växter kan bidra med luftburna småpartiklar. Åtminstone en partikeltopp i Göteborg 2011 uppträdde samtidigt som en topp i tallblomningen.

Ozon tenderar att ha fler episoder på våren och försommaren (Pausata et al. 2012), men antalet episoder varierar givetvis från år till år. I denna studie var ozonhalterna generellt högre under björkpollenssäsongen, vilken varar under vårmånaderna april och maj.

5.6. Samtidig förekomst av pollen och luftföroreningar

Våra resultat indikerar att kväveoxider, ozon och partiklar bidrar till behovet av antihistaminer, som är vanliga allergiläkemedel. Resultaten från experiment på laboratorier tyder på att luftföroreningar kan förstärka allergisk inflammation och sänka tröskeln för att den kan uppstå (Klein et al. 2012). Därtill visar ett antal epidemiologiska studier att hälsoeffekter kan bli resultatet av luftföroreningar och pollen i kombination (Lierl och Hornung 2003; Dales et al. 2004; Low et al. 2006; Feo Brito et al. 2007; Ghosh et al. 2010; Peden och Reed 2010).. Det finns alltså anledning att reda på i vilka situationer som det finns en risk för att halterna av pollen och av luftföroreningar skall vara höga samtidigt.

I våra resultat var det framför allt de vädertyper som oftare gav lite nederbörd och mer vindstilla väderförhållanden, som kunde associeras med att pollen och luftföroreningar förekom i höga koncentrationer samtidigt, och som därför kunde betraktas som risksituationer under pollenssäsongen. Under björkpollenssäsongen var dessa väderförhållanden i Göteborg oftare representerade i vädertyperna H, NO, O och SO (Tabell 8), och i Malmö oftare i O, SO och S. Under gräspollenssäsongerna var det i Göteborg H, NO, O, SO, S och SV och i Malmö H, NO, O, SO, S och SV. Värt att notera är, att trots att NO, O och SO tillhörde de ovanliga vädertyperna under både björk- och gräspollenssäsongen. var dessa nästan alltid förknippade med det allra högsta antalet tillfällen av tröskelöverskridanden, Att S och SV har betydelse kan tyckas motsägelsefullt, eftersom dessa vädertyper klassificeras som mer nederbördsrika, men det finns även tillfällen när de inte medför någon nederbörd. Vid sådana tillfällen är risken för besvär också förhöjd, även om de är ovanliga.

Att luftföroreningshalterna ofta överskrider tröskelvärdena i samma vädertyper som pollen, tyder på att de till viss del gynnas (eller missgynnas) av likartade meteorologiska faktorer. Detta gäller framförallt för partiklar, som har mer gemensamt med pollen än med gaser (pollen är stora partiklar). Partikelförekomst är starkt negativt relaterad till nederbörd, liksom förekomsten av pollen är. Koncentrationen av ozon och kvävedioxid har inte något tydligt samband med nederbörd, utan beror i större utsträckning på vilka vindhastigheter som råder, något som också påverkar koncentrationen av pollen. Ozon, som är en förorening med regional spridning, kan både gynnas och missgynnas av höga vindhastigheter. Ozonbildande ämnen, t ex NO₂, späds ut vid god luftomblandning (Jones et al., 2010) vilket därmed begränsar den fotokemiska ozonbildningen. Samtidigt kan den vertikala transporten öka så att ozon från högre luftlager kan ”fylla på tomrummet” efter ozon som har som deponerats (Stohl et al., 2003). I vädertyperna SV och V var höga vindhastigheter relativt vanliga. Därför var de associerade med relativt höga ozonhalter, trots att de också hade inte innebar särskilt mycket solljus och att ozonbildningen därmed var begränsad.

Ozonhalterna var i regel höga i vädertyp S i Malmö. Emellertid var det då inte vanligt med höga gräspollenhalter, varför kriteriet att båda koncentrationerna skulle överskrida tröskelvärden samtidigt inte uppfylldes särskilt ofta. I Göteborg var gräspollenhalterna i regel högre i motsvarande vädertyp, vilket resulterade i mycket att samtida överskridanden av ozon och gräspollen var mycket vanligare.

5.7. Effekten av pollen och luftföroreningar på behovet av antihistaminer

Vi har använts oss av uppgifter om behovet av antihistaminer som uttryck för styrkan av allergiska besvär, eftersom de har varit lätt tillgängliga och eftersom de torde omfatta behandlingen av både svåra och lindriga tillstånd. Majoriteten av de studier av korttidseffekter av pollen och luftföroreningar som hittills genomförts har fokuserat på akutintag och hospitalisering på grund av astma. Men även mindre dramatiska allergiska tillstånd ger sänkt livskvalitet, sjukdomskänsla, humörsvingningar och sämre förmåga att prestera goda resultat i studier och i arbetslivet. Många allergiker kommer överhuvudtaget inte till läkare, ännu mindre till en specialist (Maurer & Zuberbier 2007).

Den statistiska modell vi använt, "Generalized additive model" (GAM) har kritiserats för att resultaten blir så olika i olika regioner och städer att de inte går att generalisera (Bell et al., 2007). En styrka med vår studie torde vara att vi analyserat två olika uppsättningar av data från vardera två städer, och fått indikationer på att befolkningen har en likartad reaktionsnorm när det gäller t ex ozon i båda städerna (Fig. 1). De skillnader i effekt som vi har funnit mellan städerna när det gäller kvävedioxid är rimliga, med hänsyn till skillnaderna i koncentration. När det gäller pollen, är skillnaderna mer svårtolkade. Gräspollen till exempel, förefaller ge ett större utslag i Malmö (Tabell 3; t ex Appendix 1, Fig. 2), vilket både kan vara ett resultat av att koncentrationen är högre än i Göteborg och av att belastningen av björkpollen ofta är mindre i Malmö, så att efterfrågan på läkemedel därför inte är lika mättad när gräspollenssäsongen startar. Många allergiker reagerar både på björk- och gräspollen.

Om pollen och luftföroreningar samtidigt har effekt på hälsan, kan det kallas för samverkan eller interaktion. Ordet interaktion har emellertid olika betydelse för forskare från olika ämnesdiscipliner. Ur strikt statistisk bemärkelse är det emellertid inte korrekt att tala om interaktion, om det faktiskt inte är det som analyserats. I föreliggande studie är det endast förekomsten av additiva effekter som har behandlats, och inte *statistisk interaktion*, vilket avser att effekterna av två eller flera miljöfaktorer är multiplikativa. Statistisk interaktion kan vara svår att påvisa (Rothman 2002). Med kunskap om de biologiska effekterna av luftföroreningar (Molfino et al. 1991, Peden 1995, Bosson 2007), är det ändå rimligt att tänka sig att effekten är ett resultat av en *biologisk* samverkan. Till exempel ger en hög koncentration av ozon och partiklar i inandningsluften upphov till inflammation och skador på andningsvägarnas slemhinneepitel, som i sin tur medför att de allergena ämnena lättare kommer i kontakt med celler som tillhör immunförsvaret.

Uppgifterna om förskrivning och försäljning av antihistaminer ger bara indirekt information om akuta symptom på allergi. Av de personer som söker läkare för att få recept, hör sannolikt en del till den grupp som lider av så svåra besvär att de måste börja behandlingen tidigt under pollenssäsongen. Andra gör det kanske när varningar om ökade pollenhalter dyker upp i media. Den överensstämmelse som ändå finns med "pollentoppar" visar att en inte obetydlig andel söker läkare först då besvären uppträder. Som man skulle kunna förvänta, är överensstämmelsen med pollenhalterna bäst för försäljning av receptfri medicin än för förskrivning av recept. De som förlitar sig på receptfria preparat är sannolikt fler, och de agerar troligen mer spontant och mindre planerat än många av dem som besöker läkare för sina allergibesvär och får receptbelagda mediciner utskrivna.

Förekomsten av björk- och gräspollen är, som förväntat det som bäst förklarar såväl förskrivning som försäljning av antihistaminer. De analyserade luftföroreningarna tycks också ge ett påtagligt bidrag - i några situationer med en 15-20-procentig ökning av den receptfria försäljningen.

De nära släktingarna till björk, nämligen al, hassel och bok ger också tydliga utslag, även om vi i denna studie inte alltid fått med hela pollensäsongen av de två förstnämnda, som blommar tidigt. Hela 80-90 % av björkpollenallergikerna i Sverige reagerar på björkrelaterade arter (Eriksson et al. 1984). Ek är också björkrelaterad. I vår studie får vi en positiv, men likväl icke-signifikant effekt av dess pollen. Kanske har björkpollenallergikerna redan köpt sina läkemedel när ekpollensäsongen börjar. Något liknande kanske också gäller gråbopollen, som inte visar någon effekt i våra resultat. Ungefär 15 % av befolkningen bildar antikroppar gråbopollen (Heinzerling et al. 2005), men gråbo börjar blomma först i början eller mitten av juli, då de allergiker som är känsliga för flera sorters pollen bör vara försedda med läkemedel. Ytterligare ett par omständigheter tillkommer, som kan förklara att effekten inte syns i resultaten. Om pollenfällan är placerad på en hög byggnad, är svårare att få ett bra mått på gråbopollenkoncentrationen än när det gäller andra pollenslag. Det beror på att pollenkornen har en extra tjock vägg. Det ger en högre densitet, så att de inte stiger uppåt i samma utsträckning som till exempel gräspollen, som släpps ut på samma höjd (Spieksma et al., 2000). Våra resultat skall inte tolkas som att gråbopollen är harmlöst. De icke-signifikanta effekterna av vissa pollenslag, och särskilt av gråbo, visar att ett index som bygger enbart på uppgifter om försålda läkemedel behöver kompletteras med uppgifter om sambandet mellan pollenhalter och faktiska symptom.

5.8. Antihistaminbehov i situationer då risken för höga pollen- och luftföroreningshalter sammanfaller

Den dagliga försäljningen och förskrivningen av antihistaminer var allra störst i vädertyperna NO, O, SO och S, både i Göteborg och i Malmö, i samband med situationer då höga pollen- och luftföroreningshalter uppträdde samtidigt. Detta var förväntat, eftersom det var just i dessa vädertyper, som sådana situationer var vanliga. Ett något oväntat resultat var att förskrivningen i samtliga sådana situationer (med någon enstaka avvikelse) oftare var högre under dagar med lågtryck (L) än dagar med högtryck (H), trots att tillfällena med samtida överskridanden av pollen och luftföroreningar var fler under högtryck. Detta kan antagligen delvis förklaras med människors beteende. De är förmodligen mindre benägna att uppsöka läkare när det är vackert väder som det är vid högtryck. Liknande oväntade resultat observerades för ozon- och pollenöverskridanden i vädertyperna N och L i Göteborg och V och N i Malmö; vädertyperna NV, N och L i Göteborg och N och L i Malmö för partikel- och pollenöverskridanden; samt vädertyperna V, NV och N i Göteborg och N i Malmö för kvävedioxid- och pollenöverskridanden. I samtliga ovan nämnda situationer överskreds tröskelvärdena relativt sällan i dessa vädertyper, men ändå var förskrivningen hög. Slutsatsen är att de vädertyper som gav flest överskridanden av tröskelvärdena för pollen och luftföroreningar kunde associeras med höga försäljnings- och förskrivningssiffror för antihistaminer, men att även vädret i sig påverkar människans beteende och benägenhet att uppsöka sjukvård. Speciellt tydligt blev detta under gräspollensäsongen i Göteborg (och fenomenet syns även i data från Malmö) där kall (N) eller lågtrycksbetonad väderlek var associerad med en ökad förskrivning, trots att det innebar lägre halter av både pollen och luftföroreningar, och färre tillfällena av tröskelöverskridanden.

5.9. Att demonstrera sambandet mellan luftens innehåll och hälsoeffekter med ett index

Det relativa bidraget från de olika komponenterna kan göras åskådligt genom en grafisk presentation av beståndsdelarna i ett luftkvalitetsindex. Sådana index, som skapas genom att man adderar effekten från olika luftföroreningar, har först tagits fram av Cairncross et al. (2007), Sicard et al. (2011, 2012) och Wong et al. (2012). Enligt dessa författare är det bäst att summera effekten av varje enskild luftkompo-

nent, så som den framgår av i enkla regressioner, där luftkomponenten i fråga utgör den enda förklarande (oberoende) variabeln. I multipla regressioner, där flera förklaringsvariabler inkluderas i samma analys, är det större risk för att korrelation mellan de olika aerosolerna leder till felaktiga resultat. Kritiker har menat, att effekten av de enskilda variablerna överdrivs i enkla regressioner. Så t ex får index ett värde över noll när luftföroreningshalten överskrider tröskelvärdet, trots att det inte finns något pollen i luften och det sannolikt inte är någon risk för en allergisk reaktion. Vi har valt att följa de ovan nämnda författarnas exempel, eftersom det innebär att man inte behöver ändra effektmåttens storlek under säsongens lopp. Vi har dock använt multipla regressioner för att komma fram till vilka komponenter (pollen och luftföroreningar) som ger signifikanta resultat när de kombineras i samma analys.

I avsnitt 5.1. ovan diskuterades myndigheternas roll i att förse allergiker med information om den rådande luftkvalitetssituationen. Ett index av den här typen kan vara en del av sådan information. och publiceras på miljöövervakande myndigheters hemsidor på Internet, i anslutning till annan luftkvalitetsinformation, och i media. Riskvarningen bör kombineras med en prognos, så att känsliga personer kan förebygga besvär i god tid, undvika onödig exponering och planera sina olika aktiviteter. Underlaget bör tas fram i samarbete mellan personer med kompetens inom luftens biologi, inom luftföroreningar och inom meteorologi. Myndigheterna bör göra ett sådant samarbete möjligt. effekten inte syns i resultaten. Om pollenfällan är placerad på en hög byggnad, är svårare att få ett bra mått på gråbopollenkoncentrationen än när det gäller andra pollenslag. Det beror på att pollenkornen har en extra tjock vägg. Det ger en högre densitet, så att de inte stiger uppåt i samma utsträckning som till exempel gräspollen, som släpps ut på samma höjd (Spiexma et al, 2000). Våra resultat skall inte tolkas som att gråbopollen är harmlöst. De icke-signifikanta effekterna av vissa pollenslag, och särskilt av gråbo, visar att ett index som bygger enbart på uppgifter om försålda läkemedel behöver kompletteras med uppgifter om sambandet mellan pollenhalter och faktiska symptom.

Slutsatsen är att de vädertyper som gav flest överskridanden av tröskelvärden för pollen och luftföroreningar kunde associeras med höga försäljnings- och förskrivningssiffror för antihistaminer, men att även vädret i sig påverkar människans beteende och benägenhet att uppsöka sjukvård. Speciellt tydligt blev detta under gräspollenssäsongen i Göteborg (och fenomenet syns även i data från Malmö) där kall (N) eller lågtrycksbetonad väderlek var associerad med en ökad förskrivning, trots att det innebar lägre halter av både pollen och luftföroreningar, och färre tillfällen av tröskelöverskridanden.

6. Referenser

- Achberger, C, Chen, D, Alexandersson, H 2006. The surface winds of Sweden during 1999-2000. *International Journal of Climatology*, 26, 159-178.
- Andersson K, Lidholm J 2003. Characteristics and immunobiology of grass pollen allergens. *International Archives of Allergy and Immunology* 130, 87-107.
- Bacsi A, Choudhury BK, Dharajiya N, Sur S, Boldogh I. 2006. Subpollen particles, Carriers of allergenic proteins and oxidases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 118, 844-850.
- Bacsi A, Dharajiya N, Choudhury BK, Sur S, Boldogh I. 2005. Effect of pollen-mediated oxidative stress on immediate hypersensitivity reactions and late-phase inflammation in allergic conjunctivitis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 116, 836-843.
- Barck C, Sandstrom T, Lundahl J, Hallden G, Svartengren M, Strand V, et al. 2002. Ambient level of NO₂ augments the inflammatory response to inhaled allergen in asthmatics. *Respiratory Medicine* 96, 907-917.
- Behrendt H, Becker WM, Fritzsche C, Sliwa-Tomczok W, Tomczok J, Friedrichs KH, et al. 1997. Air pollution and allergy: experimental studies on modulation of allergen release from pollen by air pollutants. *International Archives of Allergy and Immunology* 113, 69-74.
- Boldogh I, Bacsi A, Choudhury BK, Dharajiya N, Alam R, Hazra TK, et al. 2005. ROS generated by pollen NADPH oxidase provide a signal that augments antigen-induced allergic airway inflammation. *Journal of Clinical Investigations* 115, 2169-79.
- Bosson, J. 2007. Ozone and diesel exhaust airway signalling, Inflammation and pollutant interactions. *Umeå University Medical Dissertations. New series* 1097.
- Bousquet, J, Van Cauwenberge, P, & Khaltaev, N. (2001). Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol*, 108 (5 Suppl), S147 - S334.
- Brimblecombe, P 1996. *Air Composition and Chemistry*. Cambridge University Press.
- Brunekreef, B, & Forsberg, B. (2005). Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *European Respiratory Journal*, 26, 309-318.
- Cairncross, E. K, John, J, Zunckel, M 2007. A novel air pollution index based on the relative risk of daily mortality associated with short-term exposure to common air pollutants. *Atmospheric Environment*, 41, 8442-8454.
- Chen, D 2000. A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study." *International Journal of Climatology* 20, 1067-1076.
- Csillag A, Boldogh I, Pazmandi K, Magyarics Z, Gogolak P, Sur S, et al. 2010. Pollen-induced oxidative stress influences both innate and adaptive immune responses via altering dendritic cell functions. *Journal of Immunology*, 184, 2377-2385.
- D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Cazzola M. 2002. Respiratory allergic diseases induced by outdoor air pollution in urban areas. *Monaldi Archives of Chest Disease*, 57, 161-163.
- D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Holgate S. 2005. Environmental risk factors and allergic bronchial asthma. *Clinical and Experimental Allergy*, 35, 1113-1124.

- Dahl, Å, Strandhede, SO 1996. Predicting the intensity of the birch pollen season. *Aerobiologia*, 12, 97-106.
- Dahl, Å, Galán, C, Hajkova, L, Pauling, A, Sikoparija, B, Smith, M, Vokou, D 2013. The onset, course and intensity of the pollen season. In Sofiev, M, Bergmann, KC, (red). *Allergenic pollen. A review of the production, release, distribution and health impacts*. Springer Science+Business Media, Dordrecht.
- Dales, RE, Cakmak, S, Judek, S, Dann, T, Coates, F, Brook, JR, Burnett, RT. 2004. Influence of outdoor aeroallergens on hospitalization for asthma in Canada. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 113, 303-306.
- Denning, D. W, O'Driscoll, B. R, Hogaboam, C. M, Bowyer, P, & Niven, R. M. (2006). The link between fungi and severe asthma: a summary of the evidence. *Eur Respir J*, 27, 615-626.
- Desprès, V. R, J. Alex Huffman, et al. 2012. Primary biological aerosol particles in the atmosphere: A review. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 64.
- de Weerd NA, Bhalla, PL, Singh, MB. 2002 Aeroallergens and pollinosis: Molecular and immunological characteristics of cloned pollen allergens. *Aerobiologia*, 18, 87-106.
- Desqueyroux H, Pujet JC, Prosper M, Squinazi F, Momas I 2002. Short-term effects of low-level air pollution on respiratory health of adults suffering from moderate to severe asthma. *Environmental Research*, 89, 29-37.
- Dharajiya N, Choudhury BK, Bacsı A, Boldogh I, Alam R, Sur S 2007. Inhibiting pollen reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate oxidase-induced signal by intrapulmonary administration of antioxidants blocks allergic airway inflammation. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119, 646-53.
- Eggleston PA 2009. Complex interactions of pollutant and allergen exposures and their impact on people with asthma. *Pediatrics*, 123 Suppl 3, S160-167.
- El-Ghazaly G, Takahashi Y, Nilsson S, Grafstrom E, Berggren B. 1995. Orbicules in *Betula pendula* and their possible role in allergy. *Grana* 34, 300-304.
- Erbas, B, Chang, J. H, Dharmage, S, Ong, E. K, Hyndman, R, Newbigin, E, & Abramson, M. (2007). Do levels of airborne grass pollen influence asthma hospital admissions? *Clinical and Experimental Allergy*, 37, 1641-1647.
- Eriksson, N. E, Wihl, J. A, Arrendal, H, & Strandhede, S. O. (1984). Tree pollen allergy. II. Sensitization to various tree pollen allergens in Sweden. A multi-centre study. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 39, 610-617.
- Faegri, K, Iversen, J 1989. *Textbook of pollen analysis*. 4th ed. by Faegri, K, Kaland, PE, Krzywinski, K. Jon Wiley and Sons, London.
- Feo Brito, F, Mur Gimeno, P, Martínez, C, Tobías, A, Suárez, L Guerra, F, Borja, JM, Alonso. AM 2007. Air pollution and seasonal asthma during the pollen season. A cohort study in Puertollano and Ciudad Real (Spain). *Allergy* 62,1152-1157.
- Fernández-González, M, Guedes, A, Abreu, I, & Rodríguez-Rajo, F. J. (2013). Pla a_1 aeroallergen immunodetection related to the airborne Platanus pollen content. *Science of the Total Environment*, 463-464, 855-860.
- Forsberg, B, Modig, L, Svanberg, PA, Segerstedt, B 2003. *Hälsokonsekvenser av ozon- en kvantifiering av det marknära ozonets korttidseffekter på antalet sjukhusinläggningar och dödsfall i Sverige*. Rapport på uppdrag av Statens Folkhälsoinstitut.
- Frenz DA 2001. Interpreting atmospheric pollen counts for use in clinical allergy: allergic symptomology. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 86, 150-157.

- Galan I, Tobias A, Banegas JR, Aranguéz E 2003. Short-term effects of air pollution on daily asthma emergency room admissions. *European Respiratory Journal* 22, 802-808.
- Gent JF, Triche EW, Holford TR, Belanger K, Bracken MB, Beckett WS, et al. 2003; Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *Journal of the American Medical Association* 290, 1859–1867.
- Ghosh, D, Chakraborty, P, Gupta, J, Biswas, A, Gupta-Bhattacharya, S. 2010. Asthma-related hospital admissions in an Indian megacity: role of ambient aeroallergens and inorganic pollutants. *Allergy*, 65, 795-796.
- Ghosh, D, Chakraborty, P, Gupta, J, Biswas, A, Roy, I, Das, S, Gupta-Bhattacharya, S 2012. Associations between pollen counts, pollutants, and asthma-related hospital admissions in a high-density Indian metropolis. *Journal of Asthma*, 49(8), 792-799.
- Gippert, L, Pleijel H 2009. *Har miljö kvalitetsnormer förbättrat utomhusluften?* Naturvårdsverket.
- Granum B, Løvik M 2002. The effect of particles on allergic immune responses. *Toxicological Sciences* 65, 7-17.
- Greven, Sonja and Kneib, Thomas, "On the Behaviour of Marginal and Conditional Akaike Information Criteria in Linear Mixed Models" (November 2009). *Johns Hopkins University, Dept. of Biostatistics Working Papers. Working Paper 202.*
<http://biostats.bepress.com/jhubiostat/paper202>, tillgänglig 22 oktober 2013.
- Grundström, M, Linderholm, HW, Klingberg, J, Pleijel, H 2011. Urban NO₂ and NO pollution in relation to the North Atlantic Oscillation NAO. *Atmospheric Environment*, 45, 883-888.
- Guerova, G, Bey, I, Attié, JL, Martin RV, Cui, J, Sprenger, M 2006. Impact of transatlantic transport episodes on summertime ozone in Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 2057-2072.
- Gunawan H, Takai T, Ikeda S, Okumura K, Ogawa H 2008. Protease activity of allergenic pollen of cedar, cypress, juniper, birch and ragweed. *Allergology International* 57, 83-91.
- Hastie, T. and Tibshirani, R 1995. Generalized additive models for medical research. *Encyclopaedia for Biostatistics* 4, 187-196
- Hauser M, Roulias A, Ferreira F, Egger M 2010. Panallergens and their impact on the allergic patient. *Allergy, Asthma, and Clinical Immunology* 18, 6, 1.
- Heinrich, J, Pitz, M, Bischof, W, Krug, N, & Borm, PJA 2003. Endotoxin in fine (PM_{2.5}) and coarse (PM_{2.5-10}) particle mass of ambient aerosols. A tempo-spatial analysis. *Atmospheric Environment*, 37, 3659-3667.
- Herbert CA, King CM, Ring PC, Holgate ST, Stewart GA, Thompson PJ, Robinson C1 1995. Augmentation of permeability in the bronchial epithelium by the house dust mite allergen *Der p 1*. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology* 12, 369-378.
- Huss-Marp J, Brockow K, Darsow U, Pfab F, Kramer U, Ring J, et al. 2008. Exposure of grass pollen to volatile organic compounds enhances skin prick test reactivity. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 18, 408-409.
- Jamason, PF, Kalkstein, LS & Gergen, PJ 1997. A synoptic evaluation of asthma hospital admissions in New York City. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 156, 1781-1788.
- Janhäll, S, Hallquist, M 2005. A novel method for determination of size-resolved, submicrometer particle traffic emission factors. *Environmental Science and Technology*, 39, 7609-7615.

- Jenkinson, AF, Collison, BP 1977. An initial climatology of gales of the North Sea. *Synoptic Climatology Branch Memorandum*, 62.
- Jones, AM, Harrison, RM, Baker, J 2010. The wind speed dependence of the concentrations of airborne particulate matter and NO_x. *Atmospheric Environment* 44, 1682-1690.
- Just J, Ségala C, Sahraoui F, Priol G, Grimfeld A, Neukirch F 2002. Short-term health effects of particulate and photochemical air pollution in asthmatic children. *European Respiratory Journal* 20,899-906.
- Karatzas, KD, Riga, M, Smitt, M 2013. Presentation and dissemination of pollen information. In Sofiev, M, Bergmann, KC, (red). *Allergenic pollen. A review of the production, release, distribution and health Impacts*. Springer Science+Business Media, Dordrecht
- Klingberg J, Danielsson H, Simpson D, Pleijel, H, 2008. Comparison of modelled and measured ozone concentrations and meteorology for a site in south-west Sweden: Implications for ozone uptake calculations. *Environmental Pollution* 155, 99-111.
- Klingberg, J, Karlsson, PE, Pihl Karlsson, G, Hu, Y, Chen, D, Pleijel, H 2012. Variation in ozone exposure in the landscape of southern Sweden with consideration of topography and coastal climate. *Atmospheric Environment*, 47, 252-260.
- Knox RB, Heslop-Harrison J. 1970. Pollen-wall proteins, localization and enzymic activity. *Journal of Cell Science* 6, 1-27.
- Knox RB, Suphioglu C 1996. Environmental and molecular biology of pollen allergens. *Trends in Plant Science* 1, 156-164.
- Lagorio S, Forastiere F, Pistelli R, Iavarone I, Michelozzi P, Fano V, et al. 2006. Air pollution and lung function among susceptible adult subjects: A panel study. *Environmental Health* 5, 11.
- Lierl, MB, Hornung, RW 2003. Relationship of outdoor air quality to pediatric asthma exacerbations. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 90, 28-33.
- Low, RB, Bielory, L, Qureshi, AI, Dunn, V, Stuhlmiller, DF, Dickey, DA 2006. The relation of stroke admissions to recent weather, airborne allergens, air pollution, seasons, upper respiratory infections, and asthma incidence, September 11, 2001, and day of the week. *Stroke*, 37, 951-957.
- Lubitz, S, Schober, W, Pusch, G, Effner, R, Klopp, N, Behrendt, H, Buters JH 2010. Polycyclic aromatic hydrocarbons from diesel emissions exert proallergic effects in birch pollen allergic individuals through enhanced mediator release from basophils. *Environmental Toxicology* 252. 188-197.
- Maurer, M, Zuberbier T 2007. Undertreatment of rhinitis symptoms in Europe: Findings from a cross-sectional questionnaire survey. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology* 62, 1057-1063.
- Michel, D, Rotach, MW, Gehrig, R, & Voigt, R. (2010). Experimental investigation of micrometeorological influences on birch pollen emission. *Arbeitsberichte der MeteoSchweiz*, 230.
- Molfino, NA, Wright, SC, Katz, I, Tarlo, S, Silverman, F, McClean, PA, Szalai, JP, Raizenne, M, Slutsky, AS, Zamel, N 1991, Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen responses in asthmatic subjects. *Lancet* 338, 199-203.
- Motta AC, Marliere M, Peltre G, Sterenberg PA, Lacroix G 2006. Traffic-related air pollutants induce the release of allergen-containing cytoplasmic granules from grass pollen. *International Archives of Allergy and Immunology* 139, 294-298.
- Pausata, FSR, Pozzoli, L, Vignati, E, Dentener, FJ 2012. North Atlantic Oscillation and tropospheric ozone variability in Europe: model analysis and measurements intercomparison. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 12, 6357–6376.

- Peden, D, Reed, CE 2010. Environmental and occupational allergies. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 125(2 Suppl 2), S150-160.
- Peden, DB, Setzer, RW Jr, Devlin, RB 1995. Ozone exposure has both a priming effect on allergen-induced responses and an intrinsic inflammatory action in the nasal airways of perennially allergic asthmatics. *American Journal of Critical Care Medicine* 15, 1336-1345.
- Plötz SG, Traidl-Hoffmann C, Feussner I, Kasche A, Feser A, Ring J, et al. 2004. Chemotaxis and activation of human peripheral blood eosinophils induced by pollen-associated lipid mediators. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 113, 1152-60.
- Robinson, PJ, Henderson-Sellers, A 1999. *Contemporary climatology*. Pearson Education Limited, Harlow.
- Rogerieux F, Godfrin D, Senechal H, Motta AC, Marliere M, Peltre G, et al. 2007. Modifications of *Phleum pratense* grass pollen allergens following artificial exposure to gaseous air pollutants (O₃), NO₂, SO₂). *International Archives of Allergy and Immunology* 143, 127-134
- Rothman, KJ 2002. *Epidemiology, an introduction*. Oxford University Press, Oxford.
- Runswick S, Mitchell T, Davies P, Robinson C, Garrod DR 2007. Pollen proteolytic enzymes degrade tight junctions. *Respirology* 12, 834-842.
- Schäppi GF, Monn C, Wuthrich B, Wanner HU. 1996. Direct determination of allergens in ambient aerosols: methodological aspects. *International Archives of Allergy and Immunology* 110, 364-370.
- Schober W, Behrendt H 2008. Einfluss von Umweltfaktoren auf die Allergieentstehung. (Influence of environmental factors on allergy development). *HNO* 56, 752-758.
- Schober, W, Lubitz, S, Belloni, B, Gebauer, G, Lintelmann, J, Matuschek, G, Weichenmeier, I, Eberlein-König, B, Buters, J, Behrendt, H. 2007. Environmental polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) enhance allergic inflammation by acting on human basophils. *Inhalation Toxicology* 19, Suppl 1: 151-156.
- Schlesinger, RB, Driscoll, KE 1987. Mucociliary clearance from the lungs of rabbits following single and intermittent exposures to ozone. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 20, 125-134.
- Seaton, A Dennekamp, M 2003. Hypothesis: Ill health associated with low concentrations of nitrogen dioxide - an effect of ultrafine particles? *Thorax* 58, 1012-1015.
- Sicard, P, Lesne, O, Alexandre, N, Mangin, A, Collomp, R 2011. Air quality trends and potential health effects - Development of an aggregate risk index. *Atmospheric Environment*, 45, 1145-1153.
- Sicard, P, Talbot, C, Lesne, O, Mangin, A, Alexandre, N, & Collomp, R 2012. The Aggregate Risk Index: An intuitive tool providing the health risks of air pollution to health care community and public. *Atmospheric Environment*, 46, 11-16.
- Singh MB, Hough T, Theerakulpisut P, Avjioglu A, Davies S, Smith PM, Taylor P, Simpson RJ, Ward LD, McCluskey J, Puy R and Knox RB 1991, Isolation of cDNA encoding a newly identified major allergenic protein of rye-grass pollen: Intracellular targeting to the amyloplast. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 88, 1384-1388.
- SMHI 2012. Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Uppföljning av miljö kvalitetsmålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter. *Meteorologi* 150, 2012.
- Sofiev, M, Belmonte, J, Gehrig, R, Izquierdo, R, Smith, M, Dahl, Å, Siljamo, P 2013. Airborne pollen transport. In Sofiev, M, Bergmann, KC (red.); *A re-*

- view of the production, release, distribution and health impacts. Springer Science+Business Media, Dordrecht.
- Spieksma, FTM, Van Noort, P, Nikkels, H 2000. Influence of nearby stands of *Artemisia* on street-level versus roof-top-level ratio's of airborne pollen quantities. *Aerobiologia* 16, 21-24.
- Stohl, A, Bonasoni, P, Cristofanelli, P, Collins, W, Feichter, J, Frank, A, Forster, C, et al. 2003. Stratosphere-troposphere exchange: A review, and what we have learned from STACCATO, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 108, 8516,.
- Strand V, Svartengren M, Rak S, Barck C, Bylin G. 1998. Repeated exposure to an ambient level of NO₂ enhances asthmatic response to a nonsymptomatic allergen dose. *European Respiratory Journal* 12, 6-12.
- Suarez-Cervera M, Takahashi Y, Vega- Maray A, Seoane-Camba JA 2003 Immunocytochemical localization of *Cry j 1*, the major allergen of *Cryptomeria japonica* (Taxodiaceae) in *Cupressus arizonica* and *Cupressus sempervirens* (Cupressaceae) pollen grains. *Sexual Plant Reproduction* 16, 9–15
- Svartengren M, Strand V, Bylin G, Jarup L, Pershagen G 2000. Short-term exposure to air pollution in a road tunnel enhances the asthmatic response to allergen. *European Respiratory Journal* 15, 716-724.
- Tang, L, Chen, D 2009. Synoptic circulation and its influence on spring and summer surface ozone concentrations in southern Sweden. *Boreal Environment Research* 14, 889-902.
- Taylor, PE, Jacobson, KE, House, JM, Glovsky MM 2007. Links between pollen, atopy and the asthma epidemic. *International Archives of Allergy and Immunology* 144, 162-170.
- Traidl-Hoffmann C, Kasche A, Jakob T, Huger M, Plotz S, Feussner I, et al. 2002. Lipid mediators from pollen act as chemoattractants and activators of polymorphonuclear granulocytes. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 109, 831-838.
- Traidl-Hoffmann, C, Jakob T, Behrendt, H 2009. Determinants of allergenicity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 123, 558-566.
- Tobias, A, Galan, I, Banegas, JR 2004. Non-linear short-term effects of airborne pollen levels with allergenic capacity on asthma emergency room admissions in Madrid, Spain. *Clinical and Experimental Allergy* 34, 871-878.
- Trasande L, Thurston GD 2005. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 115, 689–699.
- Tunnicliffe WS, Burge PS, Ayres JG. 1994. Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. *Lancet* 344, 1733–1736.
- Vagaggini, B, Taccola, M, Cianchetti, S, Carnevali, S, Bartoli, ML, Bacci, E, et al. 2002. Ozone exposure increases eosinophilic airway response induced by previous allergen challenge. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166, 1073-1077.
- Vrtala S, Grote M, Duchene M, van Ree R, Kraft D, Scheiner O, Valenta R 1993a, Properties of tree and grass pollen allergens: reinvestigation of the linkage between solubility and allergenicity. *International Archives of Allergy and Immunology* 102, 160–169.
- Wang Q, Nakamura S, Gong X, Kurihara K, Suzuki M, Sakamoto K, et al. 2009. Contribution of airborne fine particles containing *Cryptomeria japonica* pollen allergens to airborne organic carbonaceous aerosols during a severe pollination episode. *New Forest* 14. 65-76.
- Wong, TW, Tam, WWS, Yu, ITS, Lau, AKH, Pang, SW, Wong, AHS (2013). Developing a risk-based air quality health index. *Atmospheric Environment*, 76, 52-58.

Appendix 1

Beskrivning av luftkvalitetsituationen under pollenssäsongen åren 2006-2012, i Göteborg och Malmö

Säsongen 2006.

Vårvinter

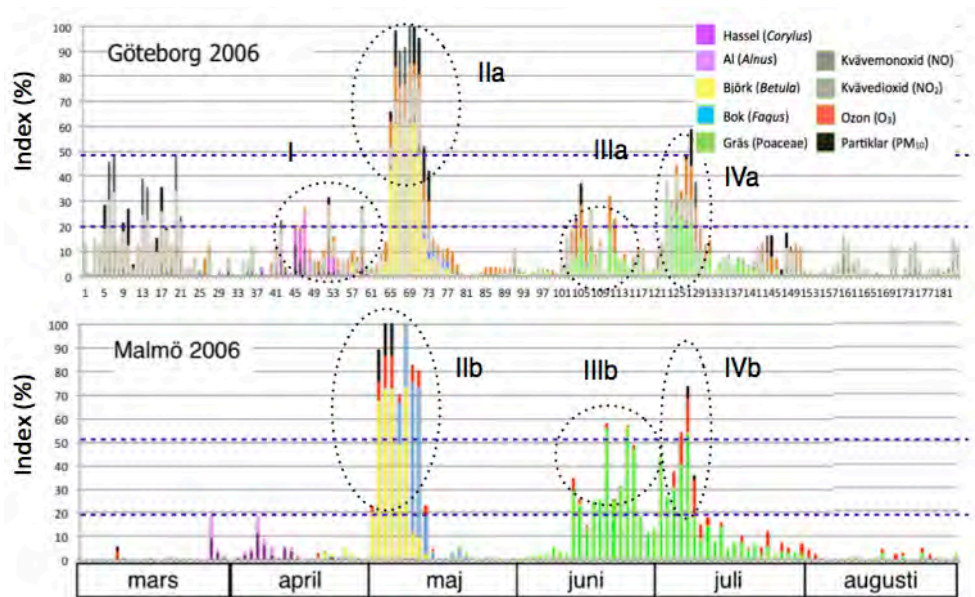
Våren kom sent detta år. Mars månad var en av de kallaste sedan 1901, och snön smälte av sent. Första veckan i mars var lågtrycksbetonad (L), men därefter följde perioder med högtryck (H) med relativt vindstilla dagar, vilka varvades med dagar av både västliga och östliga vädertyper (SO, O, NO, NV, SV och V). April månad präglades av lågtryck (L) och västliga vädertyper (SV, V, NV). Det regnade ganska mycket, och vädret var blåsigt.

Såväl **al** som **hassel** blomnade sparsamt i både Göteborg och Malmö. Hasselns pollenssäsong började i Göteborg inte förrän den 26 mars, och maximumdatum inföll den 15 april. Alens blomning var måttlig. Den lokala blomningen började 2 april och maximumdatum inföll först den 16 april, då luftkvalitetsindex under några dagar steg till en hög risknivå (App. Fig. 1, episod I).

I Göteborg var **ozonhalterna** låga, medan **partikelhalterna** och **kvävedioxidhalterna** var relativt höga. Både partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂) överskred miljö kvalitetsnormen för dygnsmedelvärde (PM₁₀ > 50 µg m⁻³, NO₂ > 60 µg m⁻³) vid tre tillfällen under mars månad. Dessa tillfällen dominerades av stabila luftmassor från norr och öst (N, NO och O) men också av högtryck (H). Den första partikel- och kvävedioxidtoppen skedde faktiskt under sista dagen av en längre period med lågtryck, vilket förmodligen då inte längre förde med sig någon nederbörd. Vid ozontoppen i april bidrog främst ozon till den höga risknivån (Fig. 1, episod I). I Malmö var halterna för samtliga luftföroreningar relativt låga. Under mars var nederbörds mängderna var begränsade, och halterna av både kvävedioxid och partiklar var höga. Regnet under april sänkte partikelhalterna.

Vår

Björkens pollenssäsong startade den 20 april, och den lokala blomningen först runt den 27 april. Det betyder att det pollen som kom under den första veckan var fjärrtransporterat. De biologiska förutsättningarna indikerade att det skulle bli en relativt måttlig blomning i södra och sydvästra Sverige. Men i slutet av april och början av maj härjade svåra **skogsbränder** i västra Ryssland efter en period av värme och svår torka, samtidigt som björkarna i detta område blomnade ovanligt intensivt. I början av maj fördes luftmassor som innehöll föroreningar av många olika slag, tillsammans med mycket stora mängder **björkpollen** västerut över hela Europa, och nådde ända till Spetsbergen och Island (Sofiev et al. 2013). Episoden präglades av torra, relativt varma och östliga vädertyper (SO, O, NO) och varade tolv dagar. I Göteborg och Malmö uppmättes under några dagar i början av maj mycket höga halter av björkpollen, med ett maximum den 7 maj i Malmö och den 9 maj i Göteborg. I Malmö förstärktes denna situation av ovanligt höga koncentrationer av **bokpollen**, med ett maximum den 11 maj ovanligt sent. I Göteborg började den lokala bokblomningen och **bokpollenssäsongen** den 10 maj. Under toppen den 16 maj registrerades endast 27 pollen. **Ekens** blomning var mycket sparsam i båda regionerna, och den eventuella effekten torde vara ringa i jämförelse med vad björk- och bokpollen ställde till med. Den sena våren bidrog till att också **gräsblomningen** startade ovanligt sent. Ett av de tidigaste vårgräsen av betydelse, ängskavle (*Alopecurus pratensis*) började i Göteborg blomma först den 7 maj. Pollenssäsongen startade 17 maj i Göteborg och den 18 maj i Malmö.



App.1 Fig. 1. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollensäsongen 2006 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mått på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - IV beskrivs i texten.

Luftmassan under den nämnda skogsbrandsepisoden i maj har analyserats på sitt kemiska innehåll (Saarikoski et al. 2007). Extremt höga **ozon-** och **partikelhalter** registrerades i både Göteborg och Malmö (Fig. 2, III a). Åttatimmarsmaximum för ozon var som högst $153,6 \mu\text{g m}^{-3}$. Miljökvalitetsnormen för partiklar ($\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g m}^{-3}$) överskreds i Göteborg och nästan i Malmö. I Göteborg var också halterna av NO_2 relativt höga, men normen överskreds inte.

Sommar

Slutet av maj och början av juni var kalla och präglades av lågtryck (L), nordliga och västliga vädertyper (N, NV, V och SV), men andra veckan i juni rådde högsommarvärme och högtryck (H). Under fortsättningen av juni föll en del nederbörd, främst som störtkurar, och de allra sista dagarna etablerade sig ett högtryck från kontinenten den med sol och värme över större delen av landet. Juli hade många dagar med högtryck och ett begränsat antal dagar med regn. Det var den varmaste julimånaden i Skåne sedan mätningarna inleddes i mitten av 1800-talet. Augusti avslutades med lågtrycksbetonat väder i båda städerna och mycket regn föll i Malmö.

Gräspollenmaximum i Malmö inföll redan den 18 juni och först den 1 juli i Göteborg. I båda städerna var det på det hela taget en jämförelsevis måttlig gräsblomning, möjligen på grund av den kyliga vårvintern (Dahl et al. 2013).

Julivädret ledde till att halterna av **ozon** var relativt höga under vissa perioder i både Göteborg och Malmö. Det innebar att indexvärdet steg till en hög, och vid några

tillfällen mycket hög risknivå vid några tillfällen (Fig x, III och IV), som i Göteborg förstärktes av **kvävedioxid** och **partiklar**. I Göteborg var samtliga luftföroreningshalter däremot låga under augusti, likaså i Malmö med något högre ozonhalter och lägre partikel- och kvävedioxidhalter än i Göteborg.

Säsongen 2007.

Vårvinter

I motsats till föregående år blev vårvintern år 2007 ovanligt varm. Medeltemperaturavvikelsen var fyra grader över den normala i mars och dygnsmedeltemperaturen understeg aldrig noll. Även föregående höst och vinter hade varit milda. Vädertyperna var lågtrycksbetonade och västliga (L, V och NV) under en längre period i mars, vilket gav många blåsiga dagar i båda städerna, samt nederbörd i Göteborg men nästan ingen i Malmö.

Den första **hasselblomningen** iaktogs i Göteborg redan 15 december. Sannolikt har en del av hasselpollenet inte registrerats, eftersom pollenregistreringen startar först då alen blommar eller senast den 1 mars. Den lokala blomningen av **klibbal** började den 4 mars i Göteborg. Blomningen var relativt sparsam. Såväl al- som hasselpollenssäsongen var över i slutet av mars.

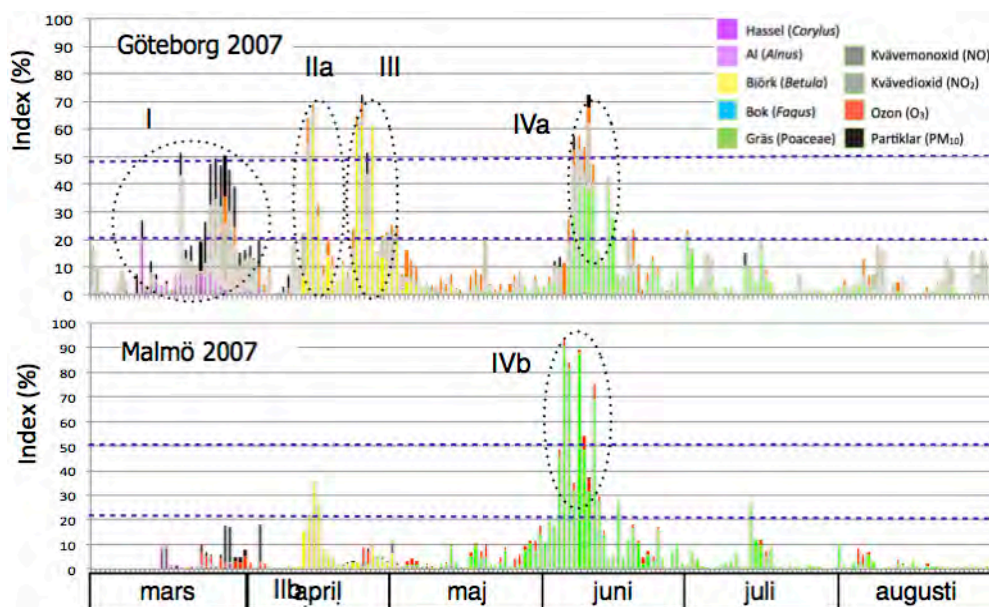
I Göteborg var luftföroreningshalterna relativt låga i början på mars men under sista veckan rådde stabilt högtryck samtidigt som mycket höga **kvävedioxidhalter** registrerades, vilka överskred normen ($\text{NO}_2 > 60 \mu\text{g m}^{-3}$) fyra dagar i rad under vädertyperna H, O och S. Tillsammans med partiklar bidrog det, i kombination också med alpollen, till en hög indexnivå (Fig. 2, episod I). Halterna av kvävedioxider höll sig relativt höga ända in i april i Göteborg. Malmö hade en tydlig partikeltopp runt 20 mars. Annars var luftföroreningshalterna relativt låga. Efter den regniga inledningen kom den torra, dvs partikelrika, våren igång i slutet av mars och halterna av partiklar var höga hela sista veckan i mars och in i april. Dock användes en del partikelbindande medel (CMA) för att begränsa uppvirvlingen av partiklar från vägbanorna. Detta begränsade halterna under april. Ozonhalten överskred tröskelvärdet i slutet av mars.

Vår

Även april var varm med en medeltemperatur som var tre grader över den normala. Längre perioder av högtrycksväder (H) förekom i april och början på maj som växades med lågtryck och västliga vädertyper (L, SV, V, V) då det föll en del regn, främst i Göteborg under april månad, men också i Malmö under maj månad.

Björkblomningen startade ovanligt tidigt, och det första blommande trädet i Göteborgsområdet, visserligen i ett gynnsamt läge, iaktogs redan den 4 april. I Göteborg var blomningsintensiteten något över medel. Pollenssäsongen varade mellan 13 april och 15 maj. Björkpollenkurvan har två toppar (Fig. 2, episod IIa, III), då index nådde en mycket hög risknivå. De skiljs åt av ett lågtryck med riklig nederbörd. Den andra toppen (episod III) utgör säsongens maximum, med nära 2000 pollen/ m^3 , inträffade den 16 maj. I Malmö var blomningen mycket sparsam, med studieperiodens lägsta årssumma, men åtminstone under ett par dagar steg index till en hög risknivå (Fig. 2, episod IIb). Pollenssäsongen startade redan 7 april och varade till 10 juni. I båda städerna var också såväl **bok-** som **ekblomningen** sparsam. **Gräspollenssäsongen** startade den 2 maj. Blomning av vårgräset ängskavle noterades ha startat i Göteborg före den 17 april.

Ozonhalterna nådde i Göteborg en relativt hög topp i början på april och följdes av tre ytterligare toppar, samtidigt som **kvävedioxidhalterna** då var relativt låga. Ozonet bidrog till den mycket höga indexnivån i samband med björkmaximum (Fig. 2, episod IIa). Under den senare toppen bidrog vid ett tillfälle också **partik-**



App.1 Fig. 2. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollenssäsongen 2007 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mått på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - IV beskrivs i texten.

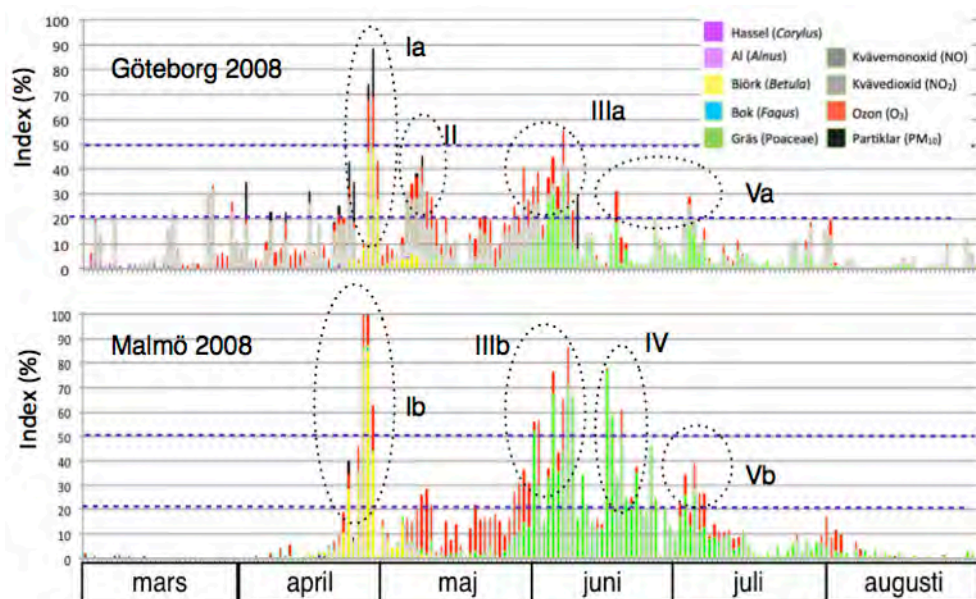
Iar. I Malmö var kvävedioxid- och partikelhalterna relativt höga i början, mitten och slutet av april.

Sommar

Juni inleddes med en värmebölja där vädertyperna framförallt var ostliga (SO, O och NO), och södra Götaland hade ett temperaturöverskott med drygt 2.5 grader. När värmeböljan var slut, slog vädret om till lågtrycksbetonat väder som fördes in västerifrån och vädertyperna L, NV, V, SV var mycket vanliga under resten av sommaren med en del inslag av högtryck och ostliga vädertyper. Det föll ovanligt mycket regn i Göteborg medan i Malmö något lägre. Nederbördsmängden var under juni 250% av den normala, och även juli var relativt regnig.

I Göteborg inföll **gräspollenmaximum** den 15 juni med det dittills högst uppmätta värdet (324 pollen/m³) sedan mätningarna startade 1975. Det blev därstädes den intensivaste gräspollenssäsongen under studieperioden. I Malmö, däremot, blev det periodens sparsammaste säsong (Fig. 2, episod IVb). Trots detta nådde index en mycket hög risknivå vid flera tillfällen, ibland förstärkt. Gräspollenssäsongen den 27 april och maximum inföll redan den 5 juni (186 pollen/ m³). Den svåraste gräspollenperioden var över i slutet av juni, även om små "toppar" förekom även senare.

Regnet begränsade också **partikelhalterna** under sommaren i Göteborg, medan **kvävedioxiderna** var mycket höga under värmeböljan, vilket kan ha berott på det vindstilla vädret. Under sommaren var **ozontopparna** i regel lägre än jämfört med våren. Den högsta ozontoppen kom i juni i samband med värmeböljan, och därefter var nivåerna i regel lägre. Samtliga luftföroreningar bidrog till att indexnivån nådde



App.1 Fig. 3. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollenssäsongen 2008 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mätt på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - V beskrivs i texten.

mycket höga värden (Fig. 2, episod IVa). I Malmö var partikel- och kvävedioxidhalterna mycket låga under större delen av sommaren. Kvävedioxidhalterna nådde en topp som varade under ett par dagar i slutet värmeböljeperioden i juni, men var därefter relativt låga. Ozonhalterna hade två toppar under samma period och var därefter relativt låga, med tre lägre toppar i juni, juli och augusti.

Säsongen 2008.

Vårvinter

Under januari var medeltemperaturen 3,5-4 grader, och under februari medeltemperaturen 5 grader över den normala i sydvästra Sverige. Även mars var mildare än normalt, men inte lika mycket. Vädertyperna var oftast västliga eller lågtrycksbetonade (SV, V, NV och L) under större delen av denna månaden vilket resulterade i många dagar med högre vindhastigheter och nederbörd både i Göteborg och Malmö.

Hasseln började blomma i början av januari, och blomningen var i stort sett över redan i slutet av februari. **Klibbalen** började blomma den 7-9 februari i Göteborg, och pollenssäsongen varade 7 februari till 22 mars. I Malmö varade pollenssäsongen till den 11 mars. En stor del av blomningen skedde alltså utanför vår studieperiod.

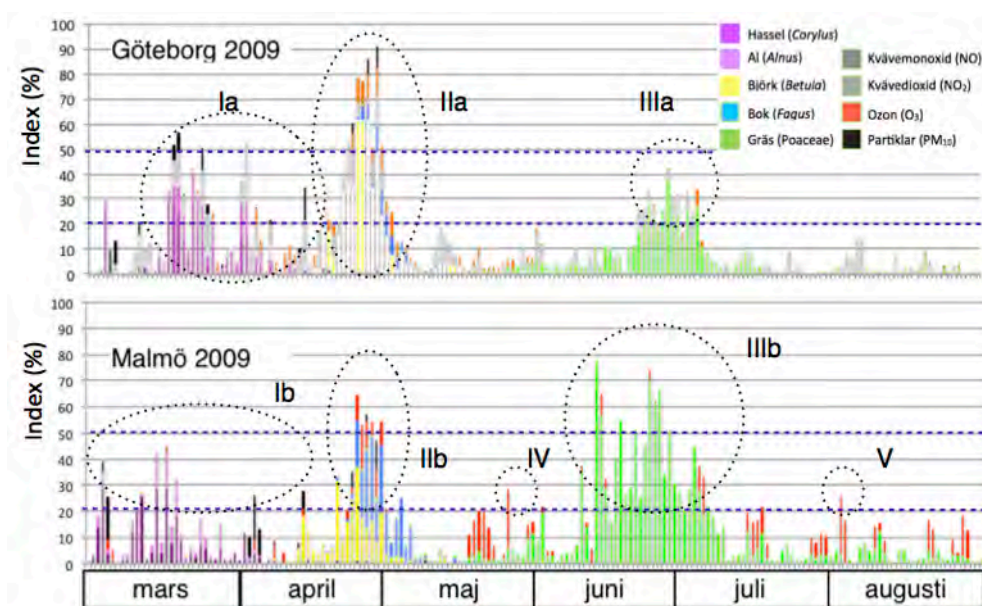
I Göteborg var luftföroreningarna måttliga under de två första veckorna i mars.

Kvävedioxiden hade ett par toppar under dagar då det var mer vindstilla och i slutet på månaden överskreds miljökvalitetsnormen ($\text{NO}_2 > 60 \mu\text{g m}^{-3}$) under vädertyp N. I Malmö var luftföroreningshalterna generellt ganska låga.

Vår

April månad inleddes till större delen av lågtrycksbetonat väder med nederbörd som följd för att sedan stabiliseras till mer högtrycksbetonat väder (vädertyp H, NO och O) med ett par torrare dagar i mitten och slutet på månaden. Maj månad präglades av stabila dagar med högtryck och ostliga vädertyper (H, NO, O och S=). I Göteborg regnade det endast den 1 och 2 maj medan Malmö hade tre dagar med relativt stora regnmängder.

Trots att även april var varmare än normalt, startade den lokala blomningen av **björk** i Västsverige först runt den 20 april. Pollenssäsongen började emellertid redan den 8 april och i Göteborg den 11 april, vilket innebär att en del fjärrproducerat pollen bör ha förts in över vårt område. I Göteborg inföll maximum den 29 april i sydostlig vädertyp med 1194 pollen/m³, vilket också sammanföll med höga halter av ozon och partiklar, så att indexnivån nådde en mycket hög nivå (Fig. 3, episod Ia). Blomningen var i övrigt sparsam. Maximum inföll i Malmö den 28 april med 2700 pollen/m³, och gav tillsammans med ozon en av studieperiodens högsta indexvärden (Fig. 3, episod Ib). Det kan inte uteslutas att en del av det björkpollen som registrerats under episod I var fjärrtransporterat. **Bokarna** producerade ytterst lite pollen i båda regionerna. Däremot blommade eken mycket intensivt. Den första lokala blomningen i Göteborg noterades den 28 april, men pollenssäsongen varade mellan 9 maj och 30 maj. Maximum, med 892 pollen/m³ inföll den 12 maj. I Malmö varade säsongen mellan 29 april och 25 maj, och maximum, 496 pollen/m³, registrerades den 11 maj. **Gräspollenssäsongen** började den 4 maj i Malmö och



App.1 Fig. 4. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollenssäsongen 2009 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mått på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - V beskrivs i texten.

den 7 maj i Göteborg. Den första blommande ängskavlen iakttoogs redan den 24 april i Göteborg.

Partikelhalterna i Göteborg ökade under april månad och nådde en topp i slutet på månaden för att därefter återigen minska. **Kvävedioxidhalterna** var relativt höga under både april och maj med en mycket hög topp under stabilt högtrycksväder i andra veckan på maj då miljökvalitetsnormen överskreds ($\text{NO}_2 > 60 \mu\text{g m}^{-3}$). Tillsammans med ozon och björkpollen gav det en hög risknivå på index (Fig. 3, episod II). Under april var **ozonhalterna** måttliga, men ozontoppen i slutet på månaden utgjorde säsongmaximum (dygnsmedelvärde $122,7 \mu\text{g m}^{-3}$), vilket innebär att miljökvalitetsnormen för åttatimmarsmedelvärdet ($\text{O}_3(8\text{h}) > 120 \mu\text{g m}^{-3}$) överskreds och tillsammans med gräspollen att indexvärdet nådde en hög risknivå (Fig. 3 episod IIIa). I Malmö observerades samtidigt säsongmaximum för **ozon** (dygnsmedelvärde $100,4 \mu\text{g m}^{-3}$) under vädertyp S (Fig. 3, **episod IIIb**). **Partikel** och **kvävedioxidhalterna** var låga till måttliga under våren och den högsta NO_2 -toppen observerades i mitten på april medan partikeltoppen observerades i slutet av månaden.

Sommar

Juni inleddes med varma luftmassor från sydost och var något torrare än vad som är normalt. Från mitten av juni t.o.m. augusti dominerades vädret av lågtryck och luftmassor ifrån väst (L, SV, V, NV). Ett par dagar med högtryck och ostliga vädertyper (H, NO, O och SO) observerades också periodvis.

Gräspollenmaximum inföll redan den 7 juni i Göteborg och den 17 juni i Malmö. En vecka in i juli blev det svalare och molnigare med ett flertal passerande regnområden, men flera episoder med relativt höga gräspollenhalter inträffade (episoderna IIIa, V) i Malmö mer sammanhängande (**episod IIIb, IV, Vb**). Årssumman av gräs var den näst högsta under studieperioden i både Göteborg och Malmö.

Kvävedioxidhalterna var relativt höga i början på juni i Göteborg, men minskade sedan och hade ett par mindre toppar i juli och augusti. **Partikelhalterna** var också mycket låga under sommaren men med en extremt hög topp i mitten på juni då också miljökvalitetsnormen överskreds ($\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g m}^{-3}$) under vädertyp V.

Ozonhalterna var också relativt höga i juni men avtog sedan under resten av säsongen. De bidrog tillsammans med gräspollen till en hög, vid något tillfälle mycket hög risknivå (**episod IIIa, Vb**). I Malmö observerades de högsta halterna av samtliga **luftföroreningar alldeles i början av juni, med en hög topp av ozon, som till sammans med gräspollen gav en mycket hög risknivå (episod IIIb) och relativt höga toppar av kvävedioxid och partiklar**. Under juli månad var halterna av kvävedioxid och partiklar mycket låga för att i augusti återigen stiga något. Efter ozontoppen i juni avtog ozonhalterna under resten av säsongen, men ett par toppar observerades i juli (episod Vb) och augusti då dygnsmedelhalterna låg över $80 \mu\text{g m}^{-3}$.

Säsongen 2009

Vårvinter

Hela senhösten 2008 och vintern 2008/09 var något varmare än normalt. Under mars månad varierade vädret ganska mycket från dag till dag. Ett par dagar med lågtryck och ett par med högtryck varvades med sydliga, västliga och nordliga vädertyper (SNO, S, SV, V, NV och N).

Ingen blomning av **al** och **hassel** finns rapporterad under januari och hälften av februari. Men när den startade, blev det inledningen på ett besvärligt år för dem som reagerar på björk- och björkrelaterade pollen. Såväl al som hassel hade sin intensivaste blomning sedan mätningarna på Östra sjukhuset började år 1979. Pollensä-

songen för hassel började den 24 februari i Malmö och den 12 mars i Göteborg. Maximum inträffade den 17 respektive 24 mars. I Göteborg uppmättes då 81 pollen/m³, vilket är ovanligt mycket för att vara hassel. Även alpollynsäsongen startade den 24 februari i Malmö, men först den 17 mars i Göteborg.

I Göteborg var **ozon-** och **kvävedioxidhalterna** måttliga, likaså **partikelhalterna** med undantag för en reellt hög topp (dygnsmedelvärde 39,1 µg m⁻³) i början av mars Malmö såg mönstret ungefär likadant ut fast med en mycket högre partikeltoppen i början av mars (48,3 µg m⁻³). Tillsammans med hassel- och alpollyn bidrog dessa luftföroreningar till att höja indexvärdet till en hög risknivå (Fig. 4, **episod I**), och vid ett tillfälle i Göteborg till mycket hög risk.

Vår

April månad präglades av högtryck och ostliga vädertyper (H, SO och NO) och ett par dygn med sydliga och västliga luftmassor (S, SV och V). Det var relativt torrt och vindstilla i både Göteborg och Malmö med endast ett fåtal dagar med nederbörd. Maj månad var desto mer nederbördsrik och vädertyperna var ofta västliga (SV, V och NV) med en längre period av högtryck och syd- och ostliga luftmassor (H, O, SO och S) i mitten på maj.

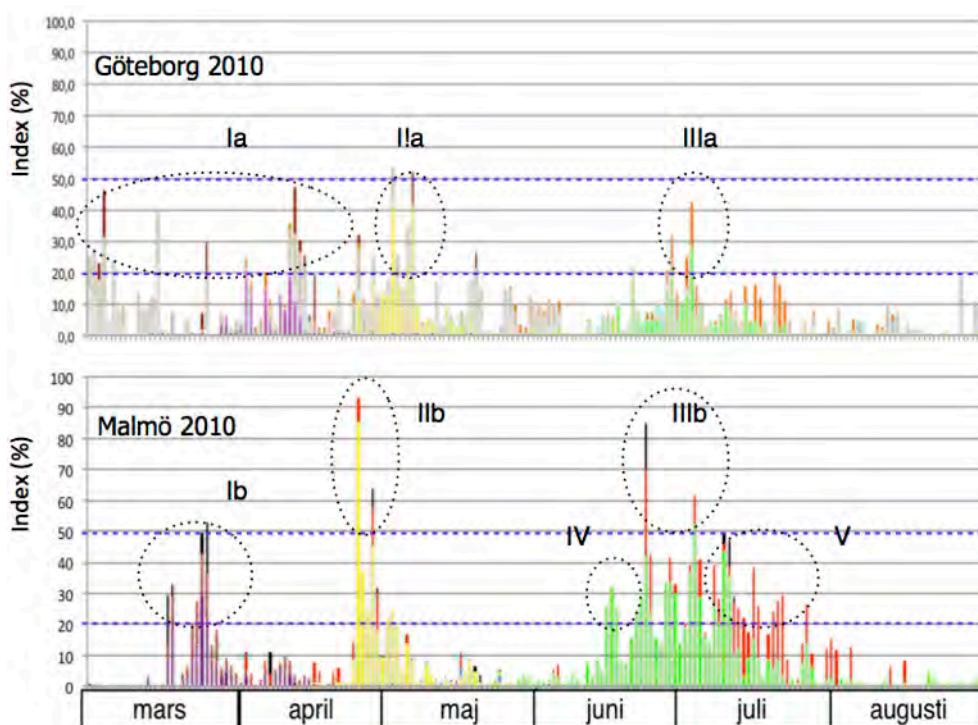
Björkblomningen (*Betula*) var mycket intensiv i Göteborg. Pollensäsongen började redan den 7 april, troligen med fjärrtransporterat pollen, men den lokala blomningen började den 16 april. Årsmaximum (3707 pollen/m³) inföll den 25 april. Björkblomningen var däremot mycket sparsam i Malmö. Björkpollensäsongen började där mellan 7 april. Även **bok** (*Fagus*) slog blomningsrekord i Göteborg och blomningen var också intensiv i Malmö. Blomningen sammanföll med björkblomningen och bidrog särskilt i Malmö till en mycket hög risknivå på index. Maximum för bok inföll den 30 april (Göteborg) (Fig. 4, **episod IIa, b**). Till skillnad från övriga björkrelaterade pollenslag hade **eken** inte något rekordår i Göteborg och inte något särskilt imponerande årsmaximum, jämfört med år 2008. Ekpollensäsongen började den 25 april och var slut den 17 maj. Det först registrerade pollenet bör ha varit fjärrtransporterat, eftersom ekblomningen i Sydsverige startade i månadsskiftet april-maj. Maximum inföll den 26 april, alltså mitt under den intensivaste björkblomningen. I Malmö var däremot ekpollensäsongen den intensivaste under studieperioden. Även här började ekpollensäsongen tidigt, den 21 april, och varade till 18 maj. Säsongens högsta värde uppmättes den 9 maj. **Gräs** (*Poaceae*) började blomma den 26 april, men första perioden med måttliga värden inträffade först i slutet av maj.

I Göteborg var **kvävedioxidhalterna** relativt höga i april med en topp (48,2 µg m⁻³) i mitten av månaden samtidigt som **partikeltoppen** (43,3 µg m⁻³). Två **ozontoppar** kom i slutet på april och början av maj vilka översteg 80 µg m⁻³ under vädertyp H och S. Ozonet bidrog till de mycket höga risknivåerna (Fig. 4, **episod II**). I maj var både partikel- och kvävedioxidhalterna relativt låga med undantag i mitten av maj då de hade en relativt hög topp (38,8 µg m⁻³) igen. I Malmö nådde ozonhalterna över 100 µg några dagar i slutet av maj, och bidrog den 24 maj till att i kombination med gräspollen höja index till en hög risknivå (Fig. 4, **episod IV**).

Sommar

Vädret präglades av nord- till nordvästliga vädertyper under en stor del av juni, vilken var något kallare än normalt i Malmö, men ungefär normal i Göteborg. Temperaturen steg i slutet av månaden då vädret slog om till högtryck och luftmassor från ost till nordost. Därefter blev det svalare och regnigare under många dagar i Göteborg och under ett något mindre antal dagar i Malmö.

Gräspollenmaximum inföll den 13 juni i Malmö och 4 juli i Göteborg. I båda städerna varade den intensivaste perioden fram till och med den första tredjedelen av juli, då vädret var varmt. Därefter sjönk halterna, i samband med övergången till



App.1 Fig. 5. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollenssäsongen 2010 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mått på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - V beskrivs i texten.

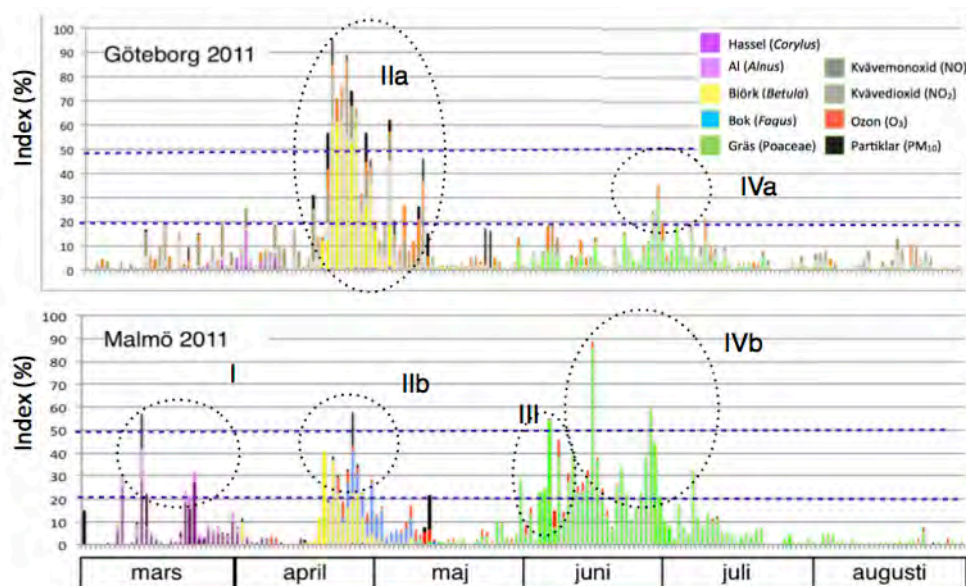
regnigt väder. Det var den intensivaste gräspollenssäsongen i Malmö under studieperioden (Fig. 4, **episod IIIb**) och där nådde index vid några tillfällen upp till en mycket hög risknivå, medan det i Göteborg endast blev höga värden.

I Göteborg var samtliga luftföroreningar relativt låga eller måttliga under somarmånaderna. Efter en ganska hög **kvävedioxidtopp** i början på juni var det i Malmö också rätt låga halter av **partiklar** och kvävedioxid i juni och juli. **Ozonhalterna** var under sommaren generellt högre i Malmö än i Göteborg, där dygnsmedelvärdet under ett dygn i augusti översteg $80 \mu\text{g m}^{-3}$ i samband med att luftmassan kom söderifrån. bidrog ozon till en hög risknivå (Fig. 4, **episod V**).

Säsongen 2010

Vårvinter

Vintern 2009/10 var bister med en februari som var kallare än normalt. Mars inledes med en ganska kall period och växlade mellan nordliga och västliga vädertyper (N, NV och V) samt ett par dygn med högtryck.



App.1 Fig.6. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollenssäsongen 2011 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mätt på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - V beskrivs i texten.

Den första lokala blomningen av **hassel** i Göteborg iaktogs den 16 mars, men majoriteten av bestånden kom i blom först i början av april. Hasselpollenssäsongen började den 29 mars till 17 april. Färre pollen registrerades än under föregående år, men det var ändå den näst intensivaste blomningen under studieperioden. Maximum inträffade den 12 april. **Alens** blomning var blygsam. Pollenssäsongen började den 19 mars, vilket också var maximumdatum, och den var över den 17 april. I Malmö varade hasselpollenssäsongen mellan 18 mars och 18 april och var av en måttlig intensitet. Alens pollenssäsong varade mellan den 16 mars och 17 april, med maximum den 24 mars, då både hassel- och alpollen bidrog till en hög risknivå på index (Fig. 1, **episod Ib**).

I början av mars var **kvävedioxid**- och **partikelhalterna** mycket höga i Göteborg, med många tillfällen av höga toppar. Miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid ($\text{NO}_2 > 60 \mu\text{g m}^{-3}$) överskreds vid ett tillfälle under vädertyp NV. Dessa luftföroreningar bidrog i kombination med alpollen till att indexvärdena indikerade en hög risknivå (Fig.x, **episod Ia**). I Malmö var kvävedioxidhalterna måttliga med en topp i mars. Partikelhalterna var ganska höga i slutet av mars med två höga toppar varav en överskred normen ($\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g m}^{-3}$) då luftmassan kom från söder. Vid detta tillfälle bidrog också partiklar till det höga riskvärdet under episod Ib.

Vår

April inleddes med ganska variabelt väder och hade två kortare perioder med högt tryck (H) och en längre period med västliga vädertyper (SV, V och NV). Maj månad präglades av en lång period med nordliga och västliga vädertyper (N, NV, V och SV).

Björkpollenssäsongen startade den 7 april med en period då fjärrtransporterade pollen registrerades i måttliga halter. Det innebär att al- och björkpollen förekom samtidigt under cirka 10 dagar. Den lokala blomningen började först den 19 april. Maximum (977 pollen/m³) inföll den 3 maj, då index nådde en hög risknivå, och en nästan lika hög topp inträffade den 7 maj (969 pollen/m³. Fig. 1, **episod IIa**). Björkpollenssäsongen var över den 23 maj. I Malmö var antalet uppmätta björkpollen något över medelvärdet. Björkpollenssäsongen varade mellan 13 april och den 7 juni. Den 25 april uppmättes så mycket som 2225 pollen m⁻³ i högtrycksväder, vilken förstärktes av ozon och som innebar en mycket hög risknivå. Mycket av detta pollen kan ha varit fjärrtransporterat (Fig. 1, **episod IIb**). **Boken** blommade inte alls i Göteborg år 2010, och mycket sparsamt i Malmö. **Ekens** pollenssäsong startade den 16 - 17 maj och var slut den 6 juni i båda städerna. Maximum inföll den 23 maj i Göteborg och den 27 maj i Malmö. **Gräspollenssäsongen** var den lindrigaste under studieperioden, kanske på grund av den relativt sena våren. Den startade den 23 maj i Malmö och den 25 maj i Göteborg.

I Göteborg var **kvävedioxidhalterna** måttliga till höga med ett antal toppar som oftast inföll på dagar med högtryck (H) eller ostliga till nordostliga vädertyper (N, NO och O). De bidrog till den första toppen under episod IIa. **Partikelhalterna** var också relativt höga under våren med en hög topp i slutet på april (49 µg m⁻³) under relativt blåsiga västliga vindförhållanden. **Ozonhalterna** var måttliga och hade en topp i början på april. Både partiklar och ozon bidrog till den andra toppen under episod IIa. I Malmö var halterna generellt lägre med en hög partikeltoppar i april och en relativt hög topp av kvävedioxid i mitten på maj. Ozonhalterna hade en längre period av relativt höga halter under de två sista veckorna i april och första veckan i maj. Ozon bidrog till toppen i **episod IIb** (Fig. 1).

Sommar

Temperaturen i juni var normal, och det var lite torrare än vanligt. Vädret växlade oftast mellan högtryck, lågtryck och västliga vädertyper. Under juli inträffade ett par perioder med högtryck och luftmassor från söder som förde med sig en del regn. Augusti dominerades av lågtryck och mycket nederbörd.

Huvuddelen av **gräspollenet** registrerades runt månadskiftet juni/juli, då det rådde en värmebölja. Gräspollenmaximum uppmättes den 29 juni (113 pollen/m³) i Göteborg och 4 juli (135 pollen/m³) i Malmö. Den intensivaste perioden varade till mitten av juli, även om gräspollen som vanligt registrerades i låga halter sommaren ut.

I Göteborg var partikelhalterna låga under sommarsäsongen. Kvävedioxidhalterna var relativt låga i juli och ökade igen i augusti. Ozon hade två höga toppar (O₃ > 100 µg m⁻³) i juli, vilka utgjorde säsongsmaximum, och inträffade under två fina sommardagar (vädertyp H). Vid dessa tillfällen höjdes indexvärdet till hög risknivå (Fig. 6, **episod IIIa**). I Malmö var kvävedioxidhalterna relativt låga under sommaren. Ozonhalterna var relativt höga under sommaren. Ozon och partiklar hade höga åttatimmarsmaxima respektive ett högt dygnsmedelvärde den 23 juni och 24 juni. Båda dessa föroreningar förstärkte effekten av gräspollenmaximum, och skapade en mycket hög risknivå den 23 juli (Fig. 6, **episod IIIb**). Detta inträffade under ett högtryck.

Säsongen 2011

Vårvinter

Februari växlade mellan milda och kalla temperaturer, medan mars fick ett knappt temperaturöverskott. Den meteorologiska våren började den 5-9 mars. Mars månad dominerades av högtryck och västliga vädertyper (H, NV, V och SV).

Den lokala hasselblomningen började den 11 mars i Göteborg. Men de flesta hasslar kom i blom senare och den mycket svaga hasselpollenssäsongen började först den 30 mars. Den var slut den 11 april. I Malmö var blomningen intensivare, och pollenssäsongen varade mellan 8 mars och 10 april. Alpollenssäsongen i Göteborg var relativt måttlig och svagare än under föregående år, men med ett för pollenslaget rätt högt maximum på 242 pollen/m³. Den lokala blomningen började den 23 mars. Det inträffade under pollenssäsongens första dag, den 4 april. Slutdatum inföll den 13 april, Alpollenssäsongen. i Malmö var den näst intensivaste under studieperioden. Den varade fram till den 10 april. Maximum inföll den 13 mars med 192 pollen/m³, då index nådde en hög risknivå (Fig. 7, **episod I**). Sannolikt var det pollen som registrerats under början av mars fjärrtransporterat, då inga rapporter om blomning finns från Skåne förrän från slutet av månaden. Den 22-23 mars var indexvärdena höga, på grund av al- och hasselpollen i kombination.

I Göteborg var **partikel-** och **kvävedioxidhalterna** relativt låga till en början men ökade under två sista veckorna av månaden. **Ozonhalterna** var relativt höga med ett par toppar över 80 µg m⁻³ vilka framförallt skedde under högtrycksväder. I Malmö var däremot halterna av NO₂ och PM₁₀ mycket högre, framförallt för partiklar där miljö kvalitetsnormen överskreds två dagar i rad i mitten på mars (PM₁₀ > 50 µg m⁻³) när luftmassorna kom från söder och öster (vädertyperna S och O). Det bidrog till att indexvärdet nådde en hög risknivå (App Fig. 7, **episod I**).

Vår

Vårvädret dominerades i början på april av västliga vädertyper med en del nederbörd. Från mitten av april och fyra veckor framåt skedde en stabilisering med många dagar av högtryck och luftmassor ifrån öster (H, NO och O).

Björkpollenssäsongen i Göteborg startade den 18 april och var ur allergisynpunkt svårare än genomsnittligt, men inte lika intensiv som under 2009. Maximumdatum inföll den 22 april (2810 pollen/m³) och slutdatum den 31 maj. I Malmö var säsongen sparsam. Troligen var även i detta fall en hel del pollen fjärrtransporterat, eftersom säsongen började redan den 31 mars och den första blomningen i Skåne rapporterades först den 18 april. Det högsta värdet uppmättes den 22 april (855 pollen/m⁻³). I Göteborg var **bokblomningen** lindrig. Bokpollenssäsongen i Malmö var den näst intensivaste under studieperioden. Den lokala blomningen började den 20 april, och pollen säsongen varade mellan den 21 april och 17 maj. Det högsta värdet på 123 pollen/m³ registrerades den 30 april. Effekten av björkblomningen förefaller att ha förstärkts av bokpollen, som bidrog indexvärdet låg på höga värden i flera dagar (Fig. 5, episod IIb). **Eken** iaktogs blomma den 24 april i Malmö. Årssumman låg nära medelvärdet. Pollenssäsongen varade mellan den 27 april och den 1 juni. Maximum registrerades den 10 maj (217 pollen/m³) I Göteborg var ekpollenssäsongen intensivare än under föregående år. Det första blommande trädet noterades den 20 april, men pollenssäsongen varade mellan 9 maj och 25 maj. Maximum inföll den 11 maj. **Gräspollenssäsongen** startade den 6 maj i Malmö och den 12 maj i Göteborg. Vårgräset ängskavle iaktogs blomma den 23 april i Göteborg.

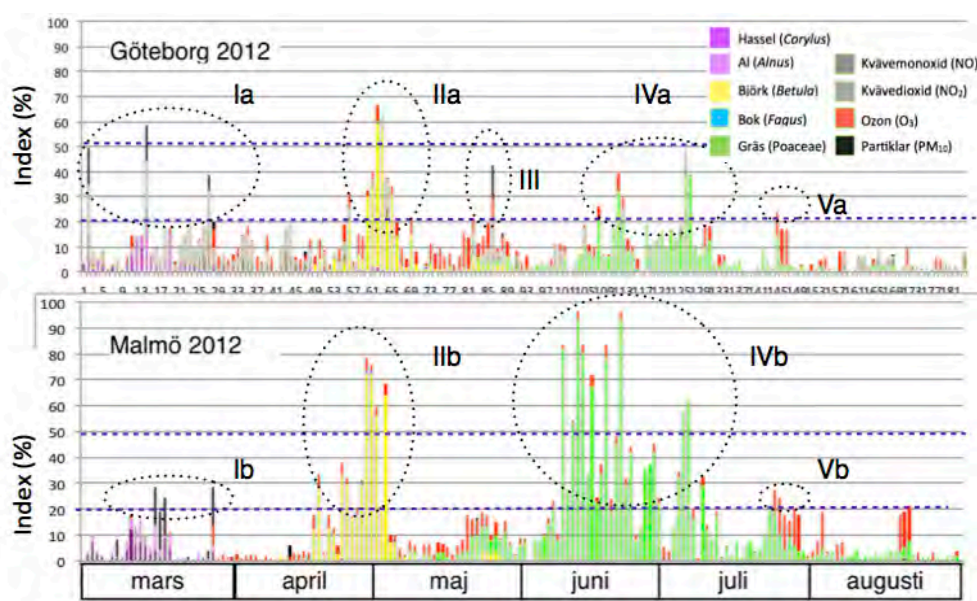
Under högtrycksperioden i senare hälften av april och första hälften av maj var **kvävedioxid-** och **partikelhalterna** extremt höga i Göteborg. **Ozon** nådde också sitt maximum (96,5 µg m⁻³) för säsongen under samma period. Därför låg indexvärdet på mycket höga värden under flera dagar under björkblomningen (episod IIa). Även i Malmö var halterna av kvävedioxid och partiklar relativt höga och miljö kvalitetsnormen för PM₁₀ överskreds (PM₁₀ > 50 µg m⁻³) en dag i slutet

på april, då halten adderade till index (Fig. 5, episod IIb). För ozon observerades tre toppar ($O_3 > 100 \mu\text{g m}^{-3}$) under det stabila högtrycksvädret.

Sommar

Det regnade mycket under sommaren år 2011, som dominerades av lågtrycksbetonade eller västliga vädertyper (L, NV, V och SV) med ett par kortare perioder av högtryck och ostliga till sydliga luftmassor (H, NO, O och SO). Sommaren var normal med avseende på temperatur i Skåne, medan Göteborgsregionen hade ett litet temperaturöverskott. Under hela sommaren föll mer än dubbelt så mycket regn som vanligt i Skåne och en och en halv gång så mycket i Göteborgstrakten.

Gräspollenmaximum i Göteborg inträffade 29 juni (Fig. 7, episod IVa), men i Malmö redan den 15 juni. i Göteborg var det värst för gräspollenallergiker under månadsskiftet juni-juli, då en kort period med höga indexvärden registrerades. I Malmö var både juni och juli besvärliga för gräspollenallergiker. En topp med höga indexvärden inträffade den 27 juni, och orsakades av gräspollen ensamt eller i kombination med ozon (**episod III**). Under episod IVb stod gräspollen på egen hand för att höja index till hög eller mycket hög risknivå.



App.1 Fig.7. Dagliga nivåer av ett index som visar den sammanlagda belastningen från pollen och luftföroreningar på allergiska besvär under pollenssäsongen 2012 i Göteborg och Malmö. Index bygger på "General Additive Model"-analyser som visar effekten på försäljning av receptfria antihistaminer. I index ingår estimat (mätt på relativ försäljningsökning) från GAM-analyserna, multiplicerade med dygnssummor av pollen och luftföroreningar. Kväveoxider ingår i index från Göteborg, men inte i Malmö. De streckade, lodräta linjerna markerar gränsen mellan måttlig och hög risk (indexvärde 20 %) respektive mellan hög och mycket hög risk för allergiska besvär (indexvärde 50%). De inringade staplarna representerar episoder, då indexvärdet överskrider dessa tröskelvärden. Episoderna I - V beskrivs i texten.

.Luftföroreningshalterna var under sommaren generellt relativt låga i både Göteborg och Malmö eftersom det rådde nederbördsrika och tidvis blåsiga väderförhållandena. I augusti ökade emellertid **kvävedioxid-** och **partikelhalterna**. I Göteborg bidrog ozon något till höga värden under episod IVa. I Malmö nådde ozon sitt maximum ($112,7 \mu\text{g m}^{-3}$) för säsongen i början på juni när luftmassor fördes in med sydlig vind, då indexvärdet nådde höga värden (Fig. 7, episod III).

Säsongen 2012.

Vårvinter

Mars dominerades av nordlig till västliga vädertyper (N, NV, V och SV) med korta perioder av högtryck.

Den först iakttagna blommande **hasselbusken** iakttoogs i Göteborg redan 11 december 2011, medan den första rapporten från Skåne är från 14 januari 2012. Hasselpollenssäsongen i Göteborg varade mellan 9 februari och 19 mars. Maximum registrerades den 15 mars (19 pollen/m³). I båda regionerna bör mycket av blomningen således ha inträffat utanför studieperioden. Årssumman av **alpollen** var relativt låg. Den lokala blomningen startade 27 februari i Göteborg. Pollenssäsongen inföll mellan 2 mars och 8 april med ett maximum den 20 mars (141 pollen/m³). I Malmö varade säsongen mellan 16 mars och den 7 april, med högst registrerade värde den 16 mars.

Kvävedioxid- och **partikelhalterna** var vid ett par tillfällen (2 och 13 mars) mycket höga i Göteborg i samband med dagar då högtryck rådde. Detta bidrog till att indexvärdet nådde höga nivåer (Fig. 7, **episod Ia**). Likadant var det i Malmö med två mycket höga partikeltoppar i mitten på mars då miljö kvalitetsnormen överskreds ($\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g m}^{-3}$, 16-18 mars), och en i slutet på månaden (28 mars; Fig. 8, **episod Ib**).

Vår

April och maj bjöd på varierat väder med perioder av både torra högtryck och nederbördsrika lågtryck (H och L), och dygn där samtliga vädertyper som har en vindriktningsskomponent var representerade. I månadsskiftet april och maj varade en längre period av ostliga förhållanden (O och NO) och i slutet på maj en lång period av högtrycksväder (H) med varma temperaturer.

Den lokala blomningen av björk började i slutet av april i Göteborgsområdet och runt 21 april i Skåne. Pollenssäsongen varade i Göteborg mellan den 21 mars och 9 juni, och omfattar således en hel del fjärrtransporterat pollen. Det högsta pollenantalet i Göteborg uppmättes den 2 maj (1407 pollen/m³). Indexvärdet nådde då en mycket hög risknivå under ett par dagar, och en hög nivå under några dagar före och efter toppen (Fig. 8, **episod IIa**). Årssumman ligger runt genomsnittet. I Malmö varade björkpollenssäsongen mellan 9 april och 1 juni. Den högsta koncentrationen registrerades den 30 april. Årssumman var betydligt högre än genomsnittet, och högre än i Göteborg. Index låg på mycket höga värden under flera dagar (Fig. 8, **episod IIb**). Endast några få bokpollen registrerades. Ekens blomning var sparsam på båda orterna, särskilt i Malmö. Den lokala blomningen började den 3 maj. Pollenssäsongen inföll mellan den 11 maj och 9 juni. Maximal koncentration registrerades den 11 maj med 488 pollen/m³, vilket utgör en tredjedel av årssumman. Gräspollenssäsongen började den 15 maj i Göteborg och den 8 maj i Malmö.

I Göteborg sjönk halterna av **kvävedioxid** och **partiklar** under april och maj, men under den stabilare väderperioden i början av maj observerades först en mindre, och i slutet på månaden en högre topp av kvävedioxid, tillsammans med partiklar (25 maj, Fig. 8, **episod III**). Vid det senare tillfället steg index till mycket höga

värden, trots att gräspollenhalterna fortfarande var låga och björkblomningen i princip över. Under samma period ökade **ozonhalterna** och ett par toppar observerades, med halter över 80 µg m⁻³. Den senare inträffade också den 25 maj (Fig. 8, **episod III**). I Malmö var halterna måttliga av både partiklar och kvävedioxid. Två toppar i april och tre toppar i maj observerades för partiklar. Kvävedioxiden hade en topp i mitten på april och en i början på maj.

Sommaren

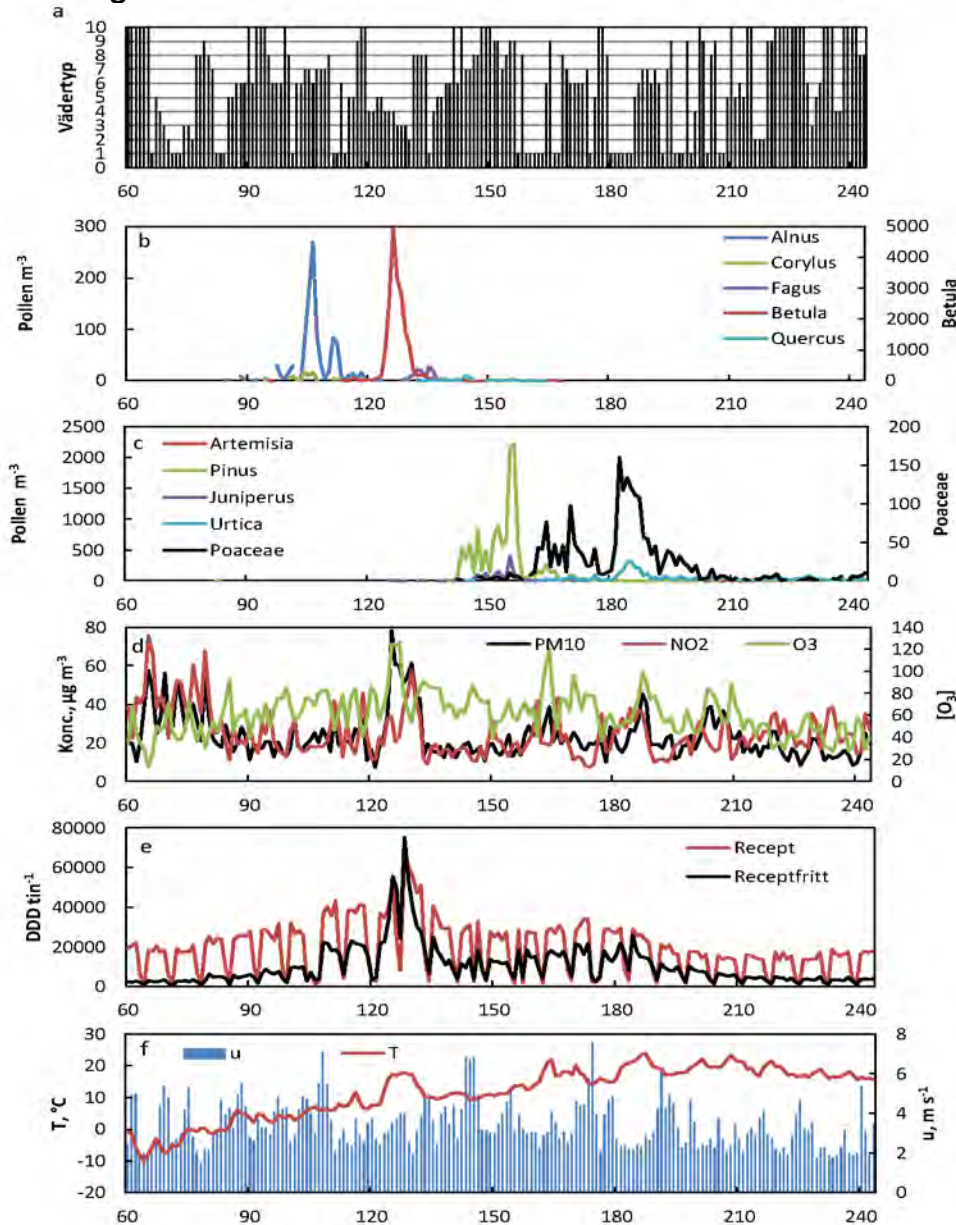
blev mycket nederbördsrik. Början av juni och mitten på juli dominerades av kalla lågtryck med ett par dagar av högtryck och luftmassor från söder och sydost men också ifrån väst. Medeltemperaturen låg 1,5°-2,0° under den normala för juni. Juli var mer normal i temperaturavseende, men liksom under juni regnade det mycket. Augusti hade en längre period med fint sensommarväder, därefter slog vädret om till mer kyliga västliga vädertyper.

Trots det fuktiga vädret var 2012 det tredje intensivaste **gräspollenåret** under studieperioden i båda regionerna. Den högsta pollenkoncentrationen, 335 pollen/m⁻³, uppmättes i Göteborg den 5 juli och utgör också "all-time-high" sedan mätningarna startad, men indexvärdet nådde aldrig mer än höga värden. I Malmö inföll pollentoppen redan den 12 juni (223 pollen/m⁻³) Index nådde en mycket hög risknivå vid flera tillfällen under juni och juli, huvudsakligen beroende på de höga gräspollenhalterna (Fig. 8, **episod IVb**). Det mesta pollenet registrerades i Malmö under senare hälften av juni, medan det i Göteborg registrerades under första hälften av juli.

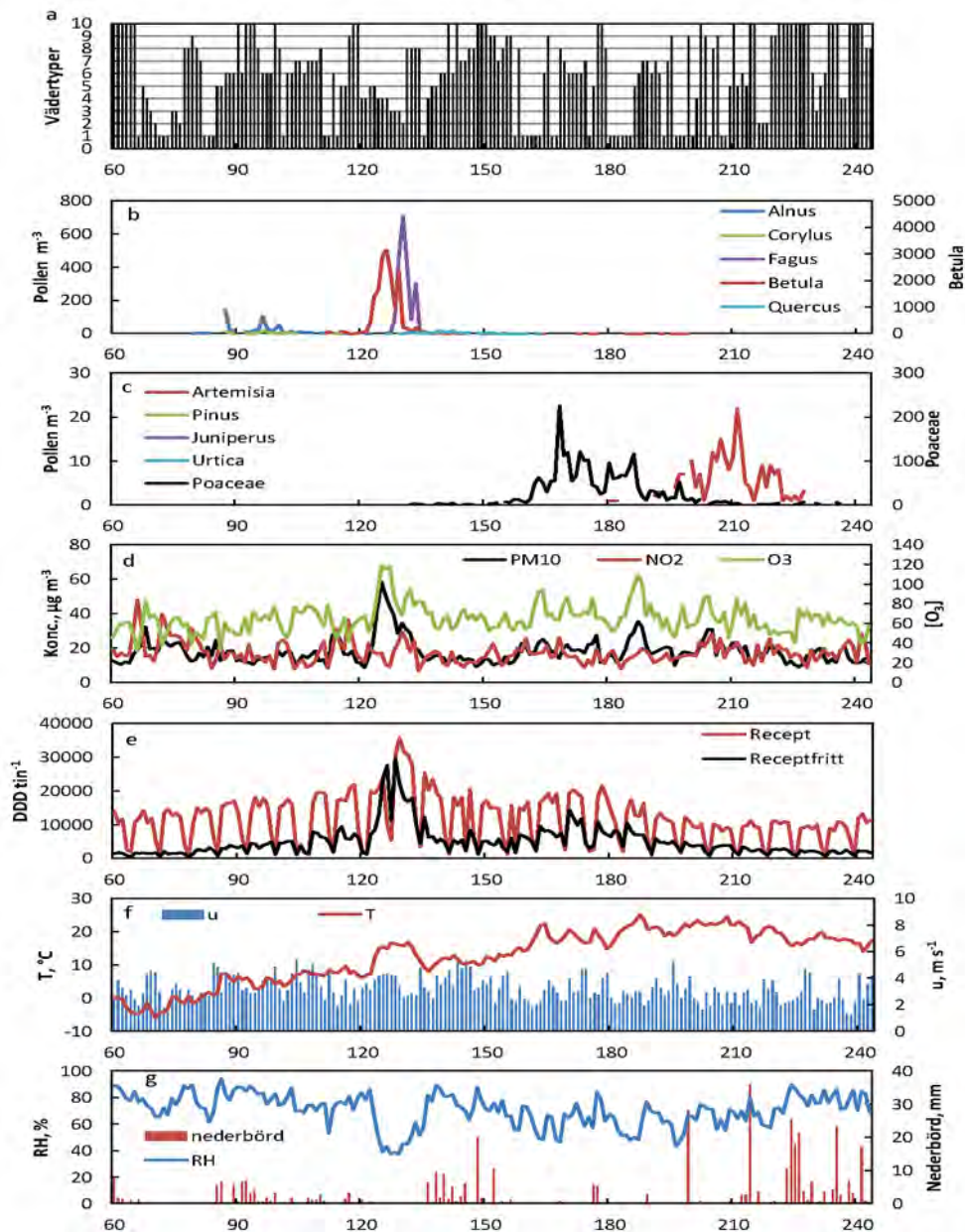
I Göteborg observerades **ozonmaximum** (123,4 µg m⁻³) under ett dygn i slutet på juli. Det bidrog till att indexvärdet översteg tröskeln till hög risknivå (episod Va). Samma episod gav åttatimmarsmaxima >100 µg m⁻³ för ozon fem dagar i rad i Malmö, med en hög indexnivå under två dagar (**episod Vb**). **Partikel-** och **kvävedioxidhalterna** var förhållandevis låga under juli månad i båda städerna.

Appendix 2.

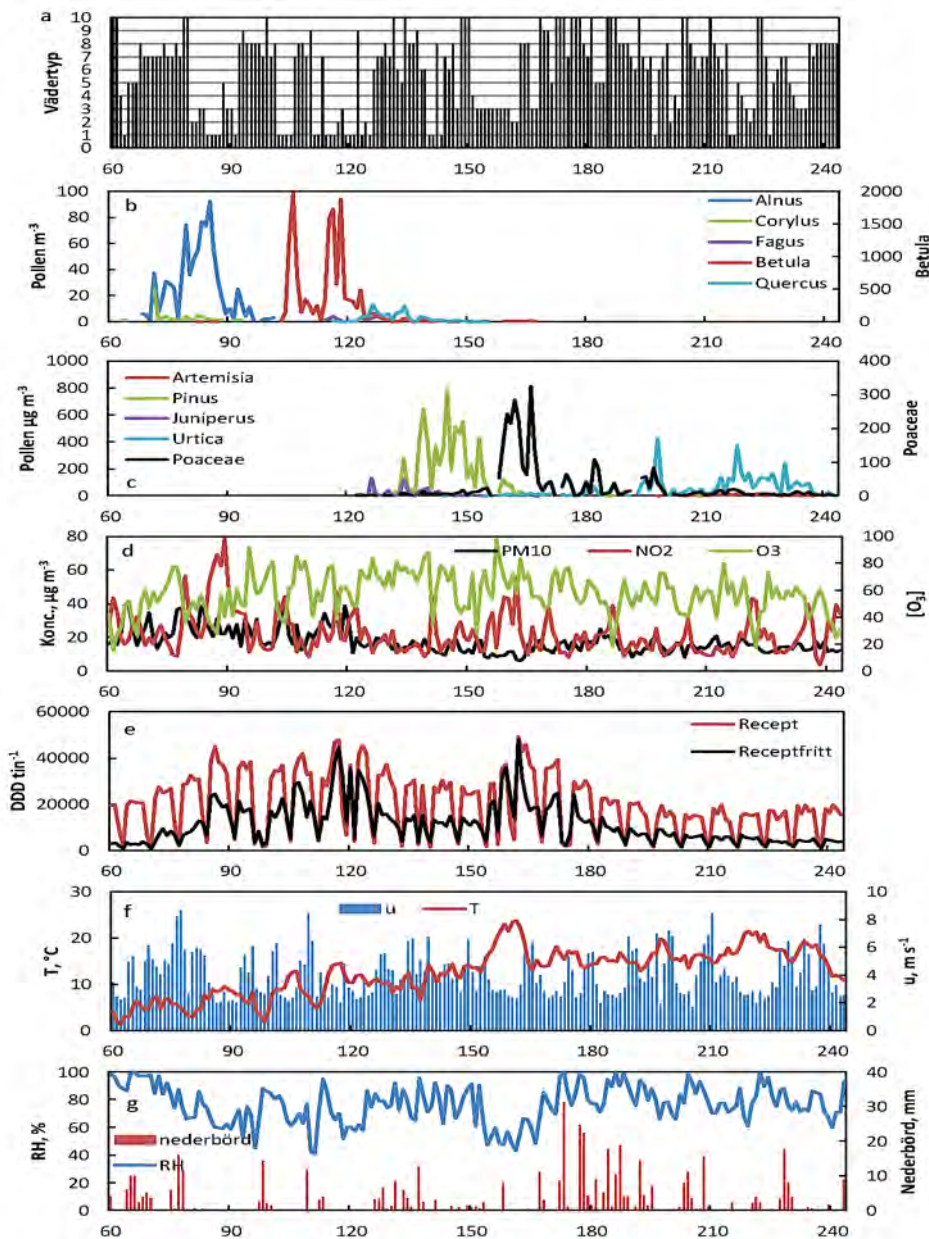
Vädertyp, halter av enskilda pollen och luftföroreningar och antihistaminbehov för varje dag under pollenssäsongen åren 2006-2012 i Göteborg och Malmö.



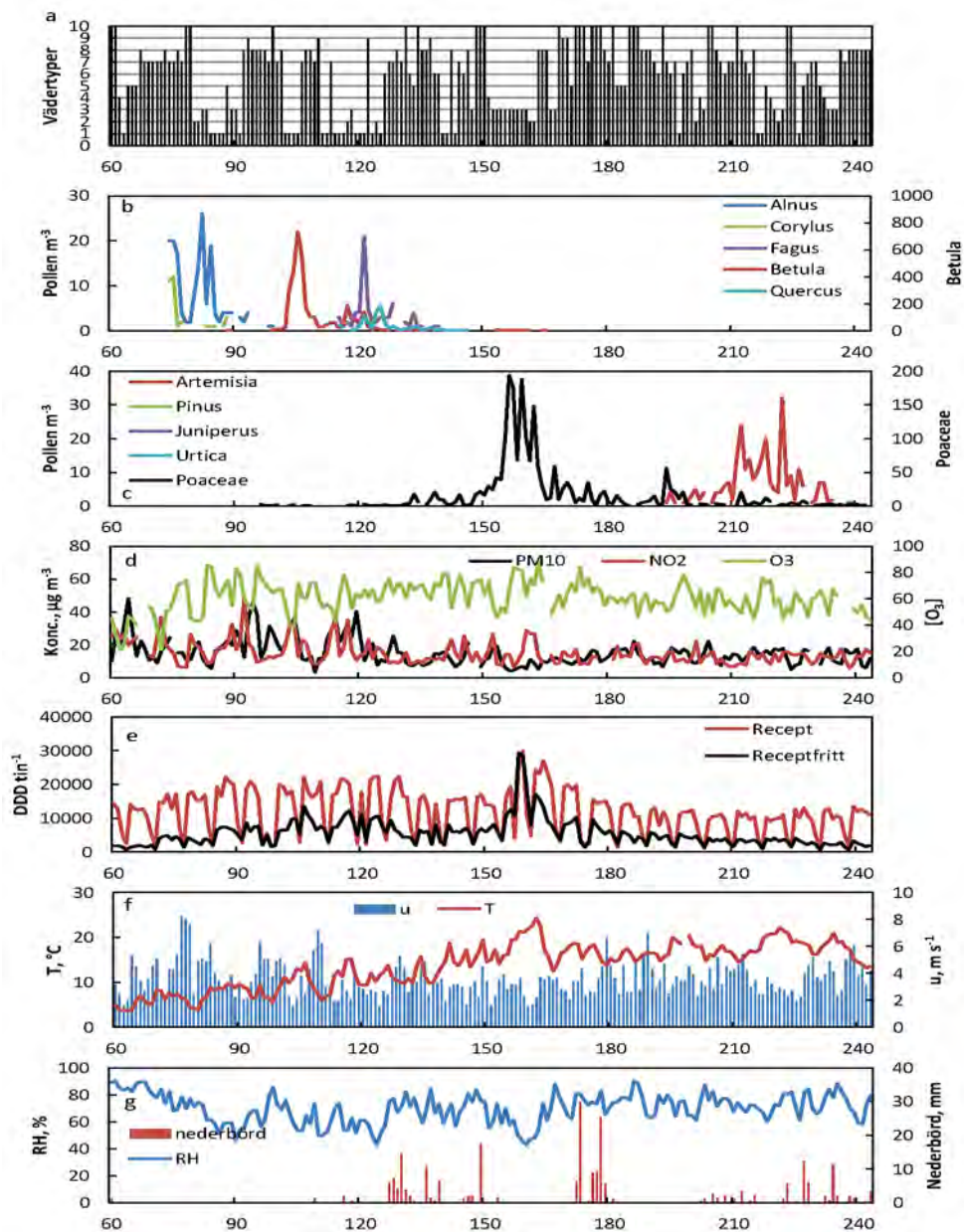
App.2 Fig.1. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2006 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD tin^{-1} (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u). Pollendata kommer från mätstationen vid Östra sjukhuset, Göteborg. Luftföroreningsdata från mätstationen Femman, Göteborgs centrum.



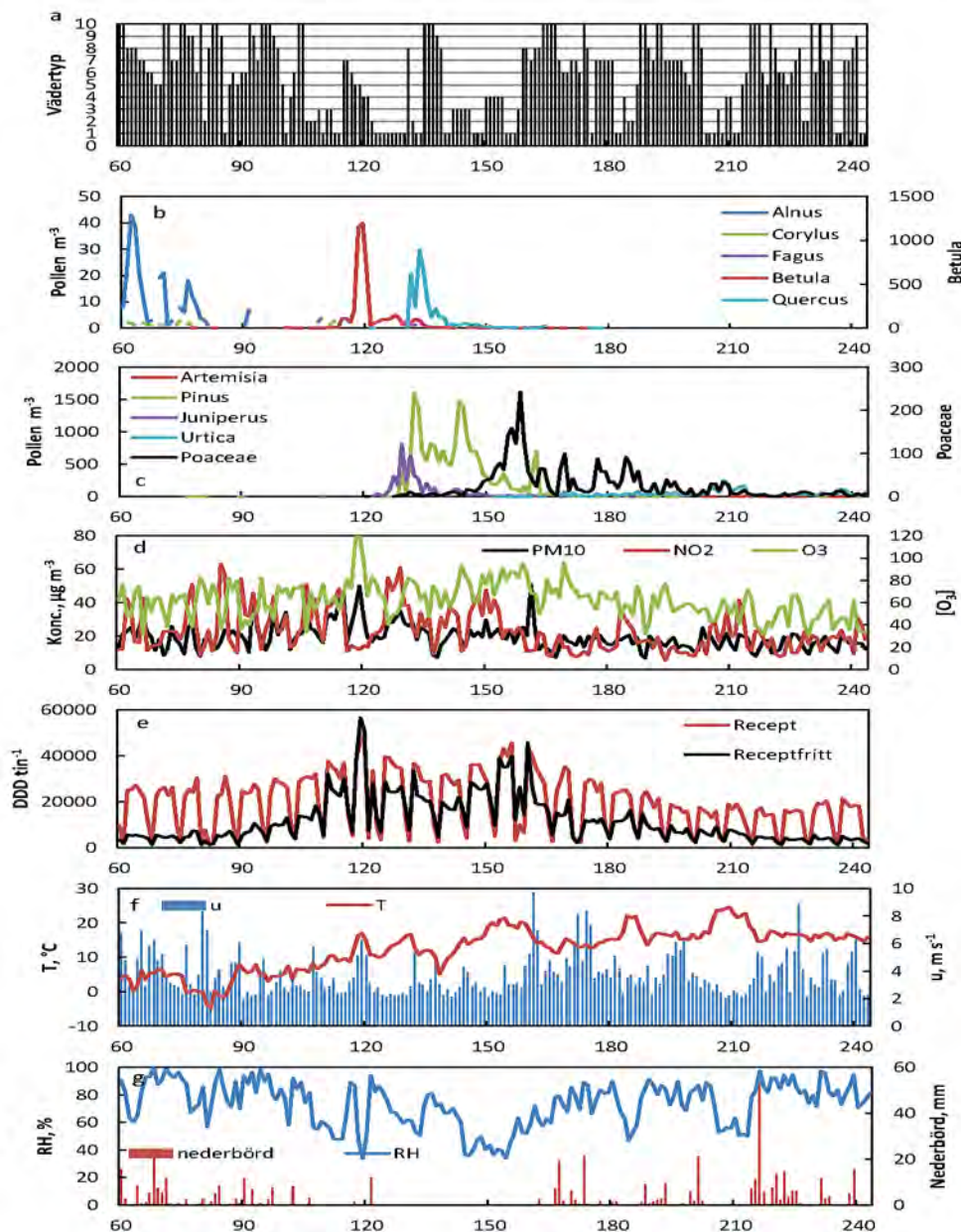
App.2 Fig.2. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2006 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD tin^{-1} (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av ygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföroreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum.



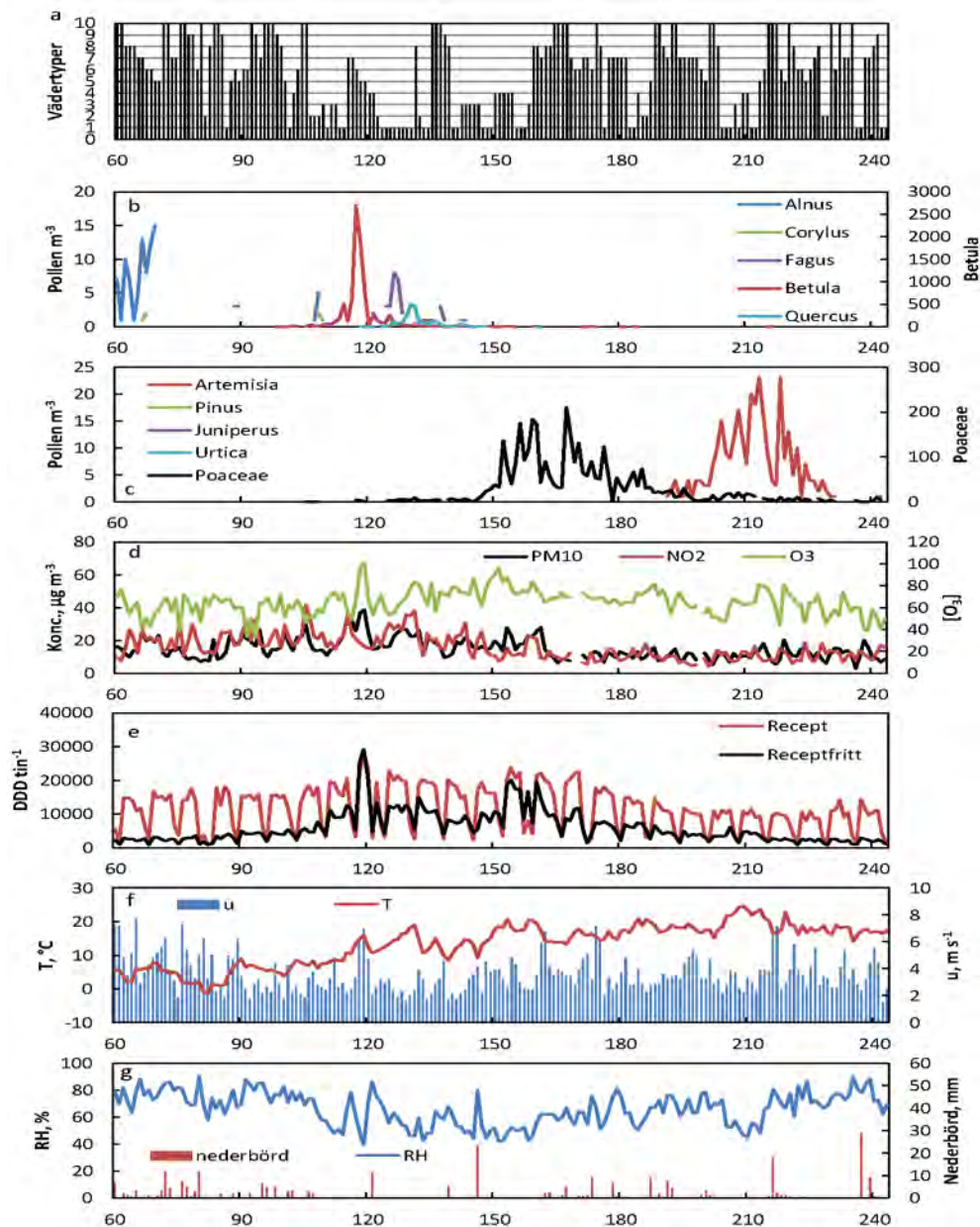
App.2 Fig 3. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2007 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), L gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (Poaceae), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂) och ozon (O₃) e) Dygnssummor för DDD tin⁻¹ (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen vid Östra sjukhuset, Göteborg. Luftföroreningsdata från mätstationen Femman, Göteborgs centrum.



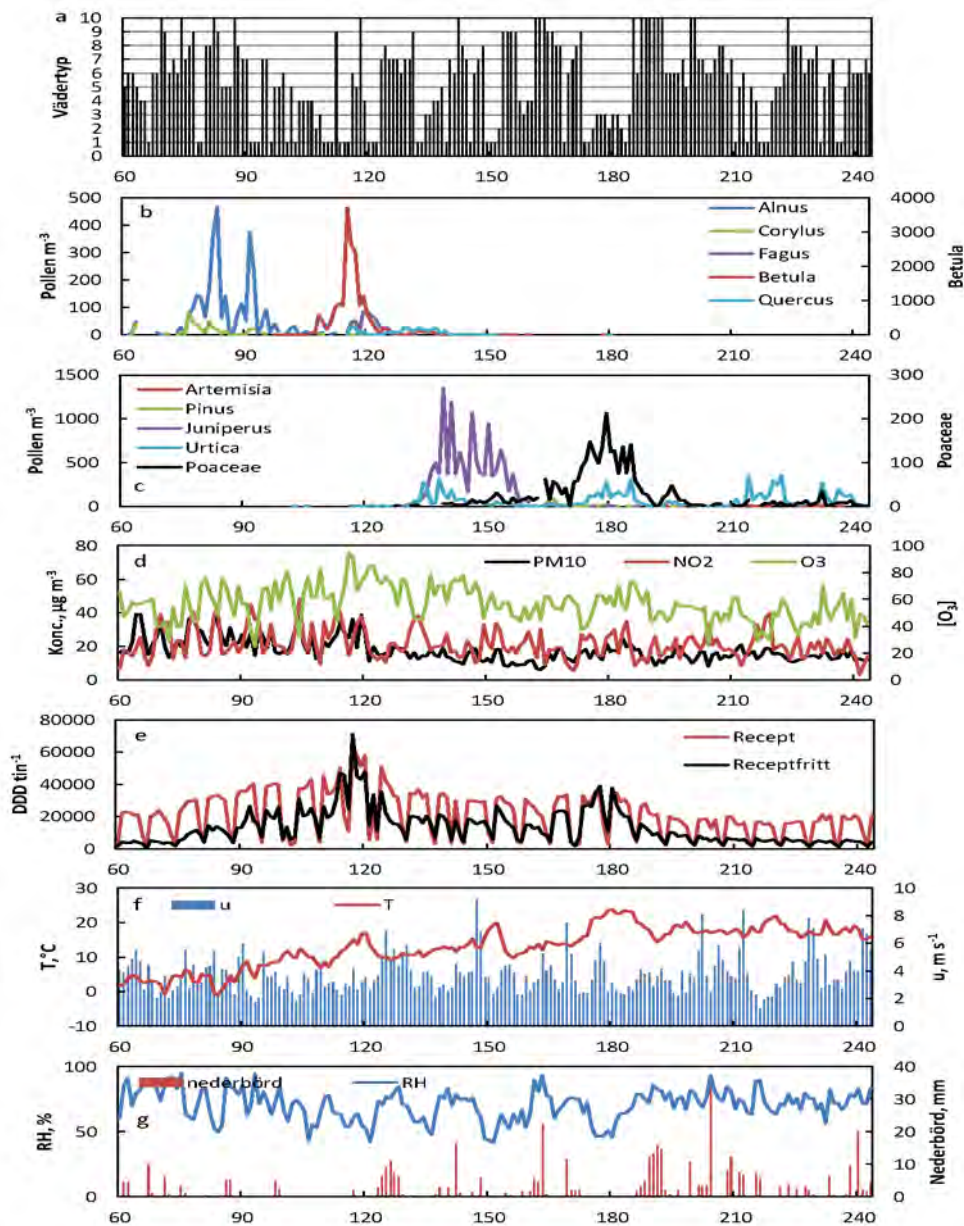
App.2 Fig.4. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2007 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföroreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum



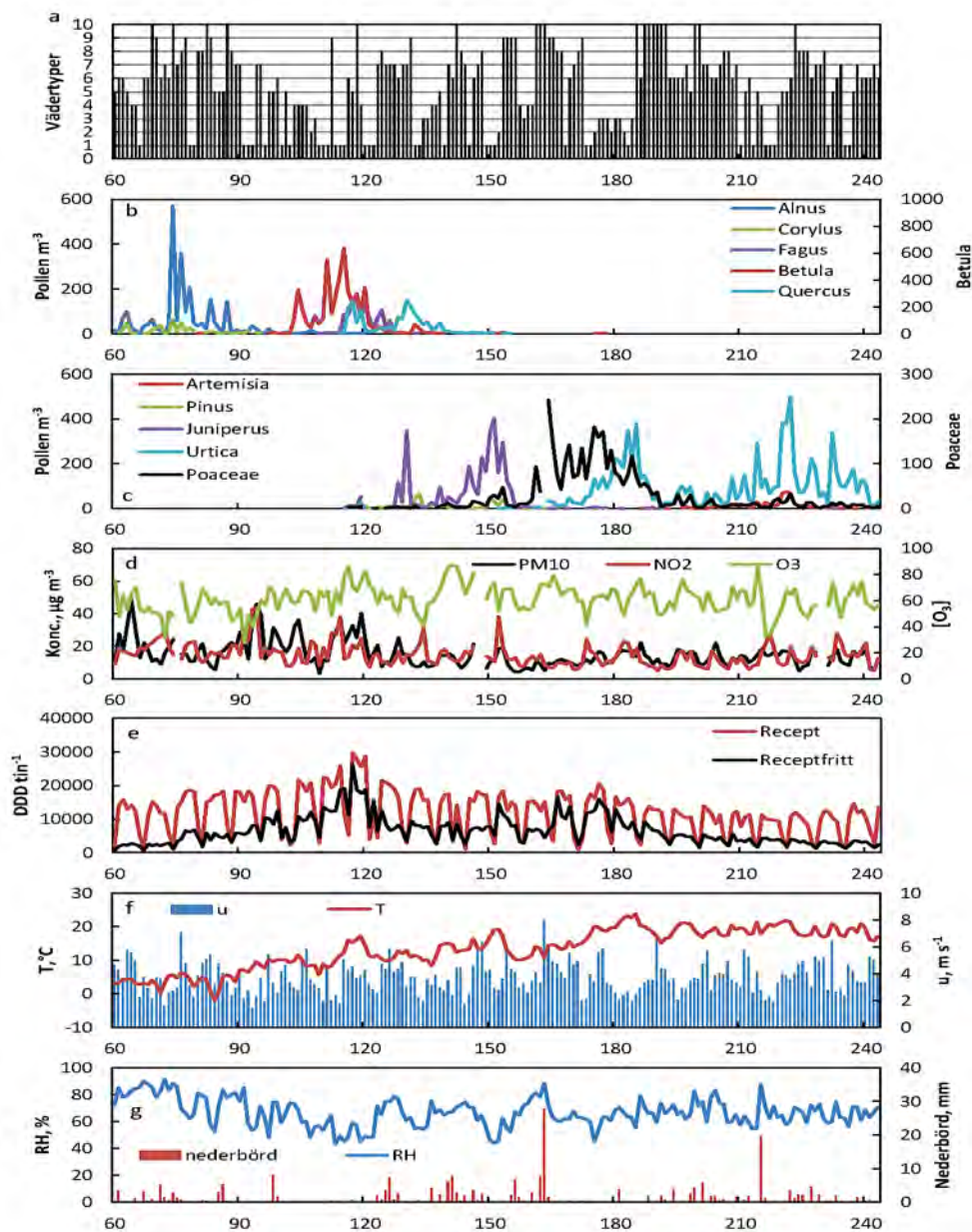
App.2 Fig.5. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2008 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (Poaceae), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂) och ozon (O₃) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstation vid Östra sjukhuset, Göteborg. Luftföroreningsdata från mätstationen Femman, Göteborgs centrum.



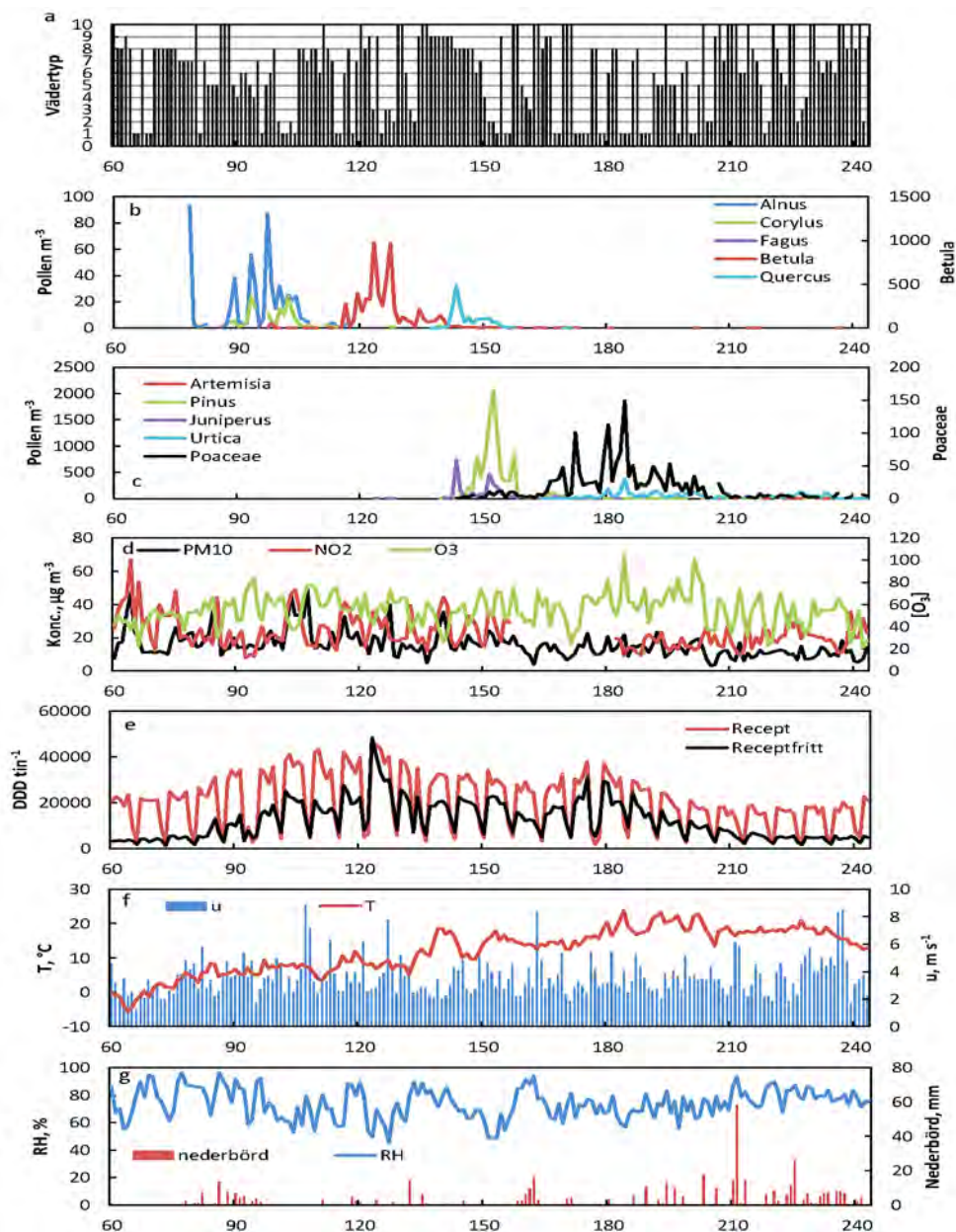
App.2 Fig.6. Pollensäsongen 1 mars - 31 augusti 2008 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföroreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum.



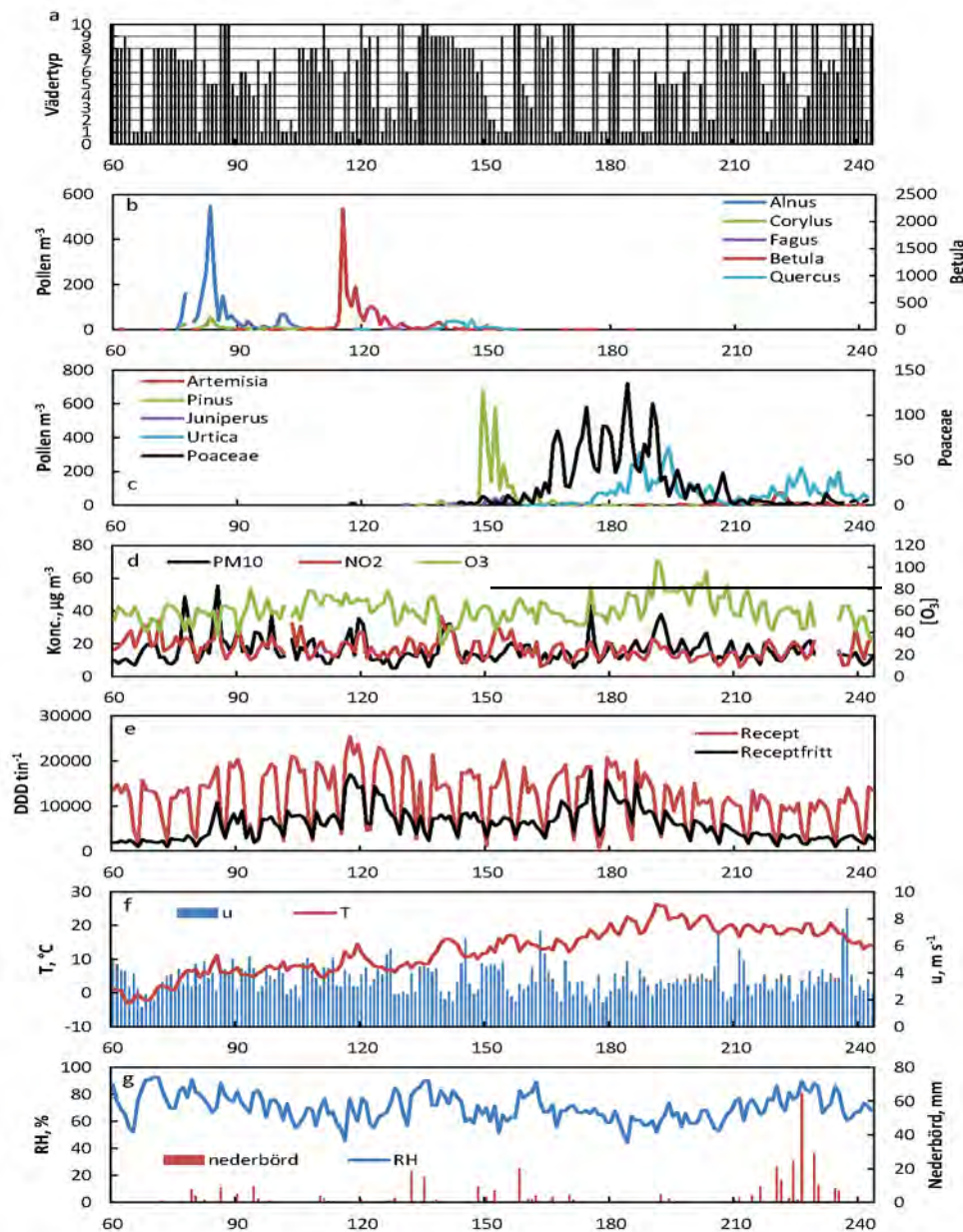
App.2 Fig.7. Pollensäsongen 1 mars - 31 augusti 2009 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (Alnus), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (Poaceae), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂) och ozon (O₃) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen vid Östra sjukhuset, Göteborg. Luftföroreningsdata från mätstationen Femman, Göteborgs centrum.



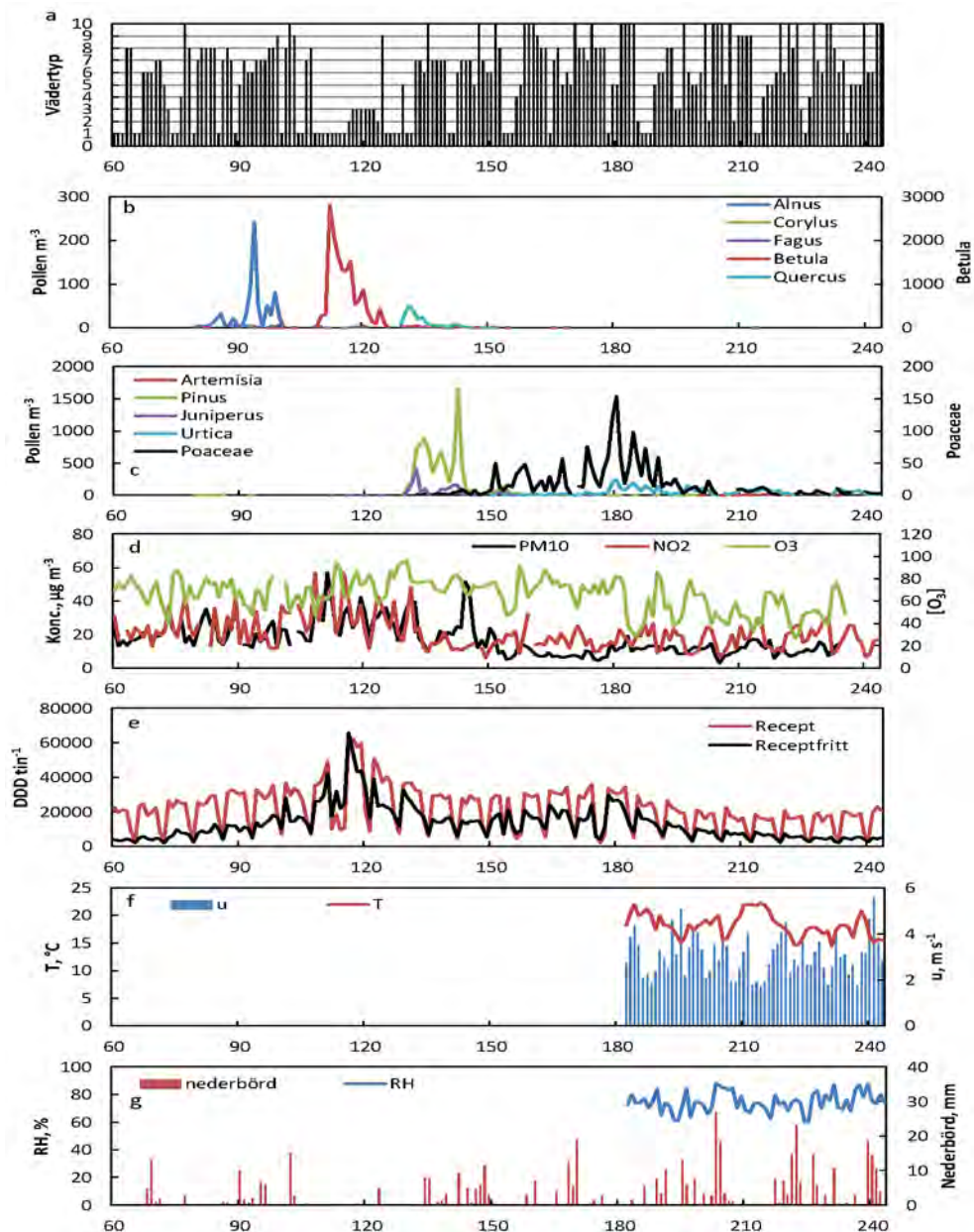
App.2 Fig.8. Pollensäsongen 1 mars - 31 augusti 2009 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (Poaceae), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂) och ozon (O₃) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum.



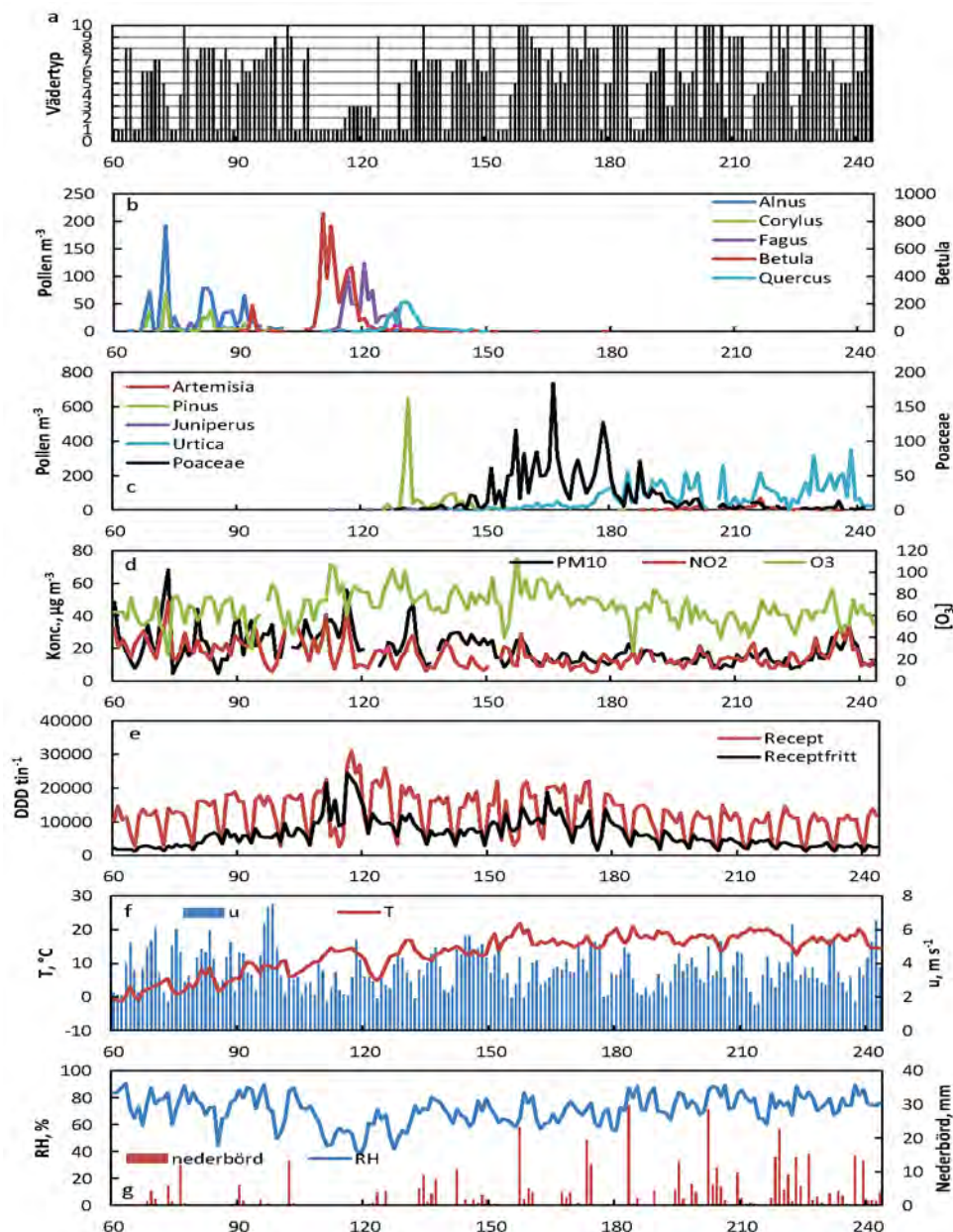
App.2 Fig.9. Pollensäsongen 1 mars - 31 augusti 2010 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (Poaceae), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂) och ozon (O₃) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstation vid Östra sjukhuset, Göteborg. Luftföroreningsdata från mätstationen Femman, Göteborgs centrum.



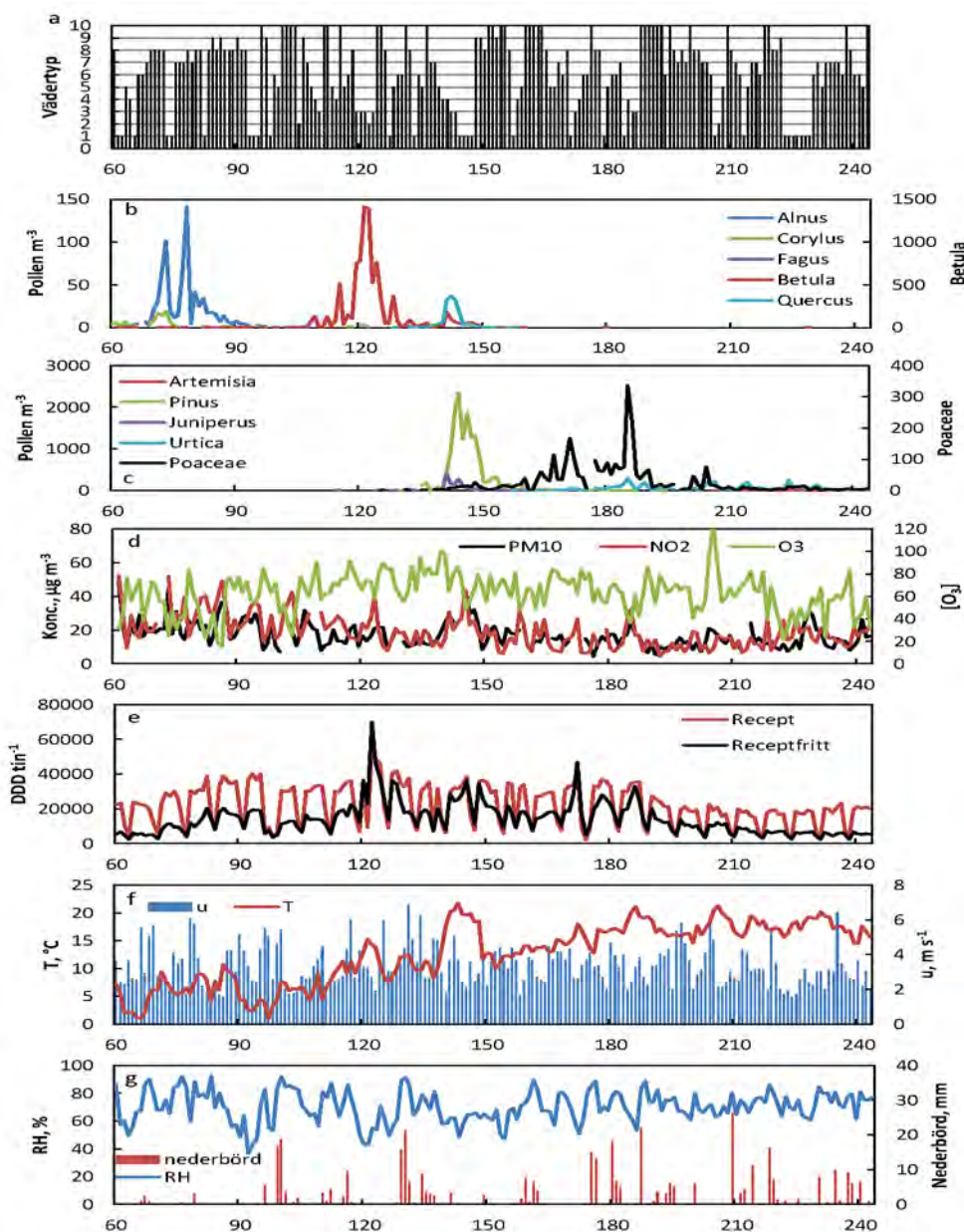
App.2 Fig. 10. Pollensäsongen 1 mars - 31 augusti 2010 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum.



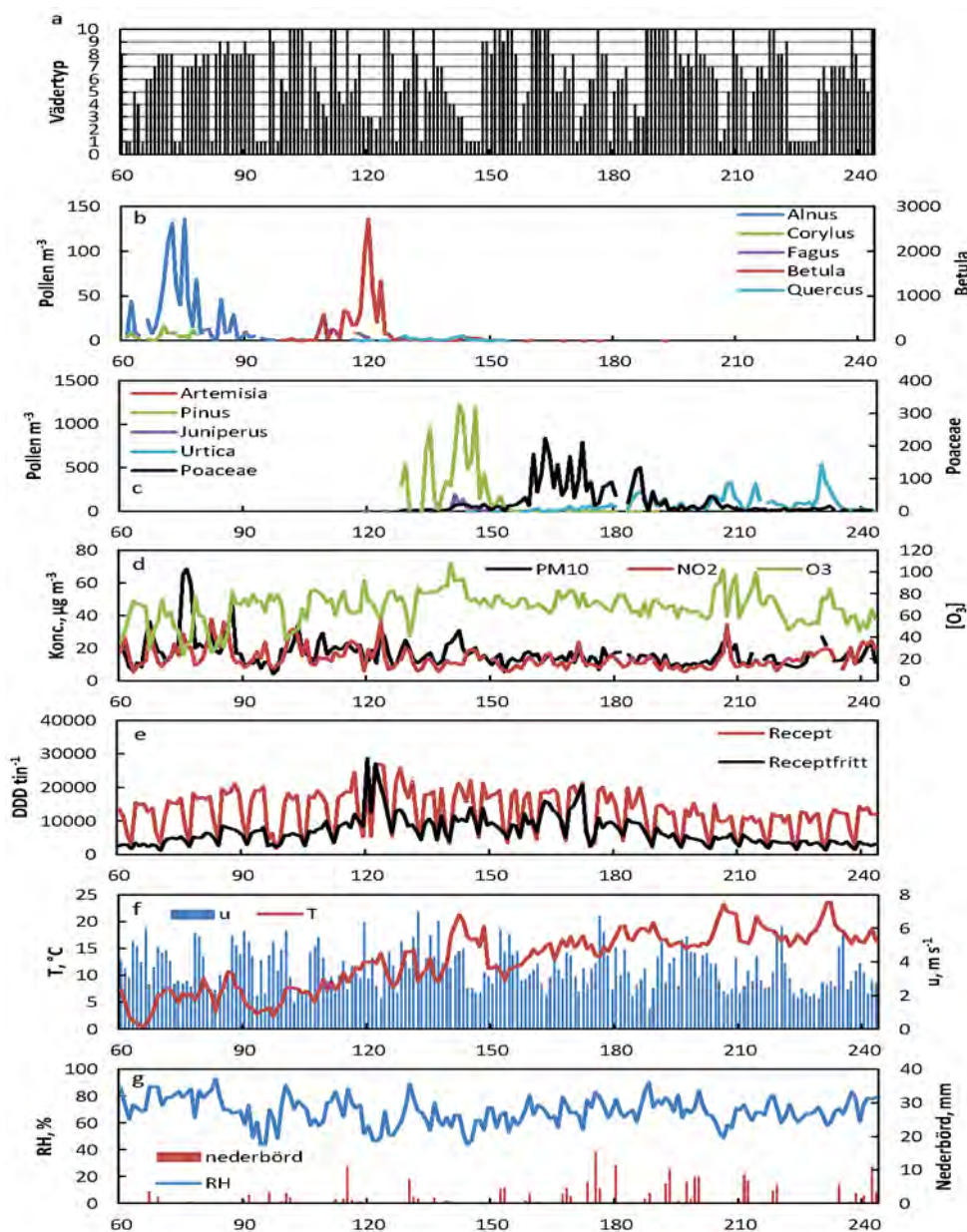
App.2 Fig.11. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2011 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen vid Östra sjukhuset, Göteborg. Luftföroreningsdata från mätstationen Femman, Göteborgs centrum.



App.2 Fig.12. Pollensäsongen 1 mars - 31 augusti 2011 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = E, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/ tin^{-1} (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum



App.2 Fig.13. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2012 i Göteborg H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/tin-1 (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföroreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum.



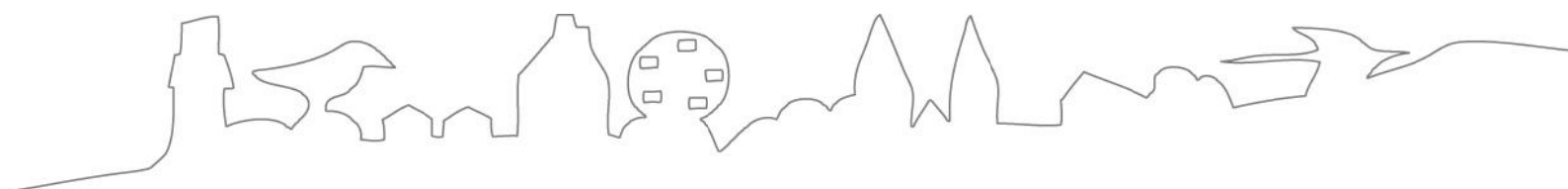
App.2 Fig.14. Pollenssäsongen 1 mars - 31 augusti 2012 i Malmö H) Vädertyper (1 = H, 2 = NE, 3 = O, 4 = SO, 5 = S, 6 = SV, = SV, 7 = V, 8 = NV, 9 = N, 10 = L), b) dygnssummor för al (*Alnus*), hassel (*Corylus*), bok (*Fagus*), björk (*Betula*) och ek (*Quercus*), c) gråbo (*Artemisia*), tall (*Pinus*), en (*Juniperus*), nässla (*Urtica*) och gräs (*Poaceae*), d) dygnsmedelvärden för partiklar (PM_{10}) och kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) e) Dygnssummor för DDD/ tin⁻¹ (defined daily dose) för receptbelagda och receptfria antihistaminer, f) dygnsmedelvärden av temperatur (T) och vindhastighet (u) och g) dygnsmedelvärden av relativ luftfuktighet (RH) och nederbörd. Pollendata kommer från mätstationen på Skånes Universitetssjukhus. Luftföreningsdata från mätstationen Rådhuset, Malmö centrum.



Foto: Göran Åhman

För att mäta pollenhalter används en pollenfälla. Den är en meter hög och har ett munstycke där luften sugs in med ungefär samma hastighet som hos en människa som andas i viloläge (10 liter per minut). Luftens innehåll fastnar på en klibbig tape som är monterad på en roterande trumma innanför munstycket. Efter exponeringen klipps den exponerade delen av tapen i delar som motsvarar ett dygn. Varje del studeras i mikroskop. Alla pollenkorn räknas och identifieras. Ungefär 30 olika pollenslag förekommer regelbundet.

Bilden är från Femmanhusets tak i centrala Göteborg.



vti



GÖTEBORGS UNIVERSITET



GAC



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN



Länsstyrelsen
Skåne