

Klimaendringer, luftforurensning og astma og allergi

SAMMENDRAG

Modellberegninger tilsier at de globale klimaendringene vil fortsette gjennom det 21. århundre. Komponenter i luftforurensningen som ozon og sotpartikler bidrar til klimaendringer, og klimaendringer kan bidra til økt luftforurensning, for eksempel høyere ozonnivåer. Både klimaendringer og luftforurensning kan føre til økt forekomst av negative helseutfall, deriblant allergi og astma.

Temperaturøkningen kan føre til forlenget og mer intens pollen-sesong, samt større utbredelse av eksisterende og kanskje nye pollen-produserende planter. Luftforurensninger kan påvirke allergisiteten av kjente allergener og kan forsterke kroppens reaksjoner på allergener. Klimarelaterte endringer i eksponering for luftforurensning ute og inne vil også direkte kunne påvirke sykelighet og utvikling av astma og allergi.

Den mulige betydningen av klimaendringer og luftforurensning for insidens, prevalens og alvorlighetsgrad av luftveisallergier og astma belyses i denne artikkelen.

UNNI CECILIE NYGAARD

forsker, Avdeling for miljøimmunologi, Divisjon for miljømedisin, Nasjonalt folkehelseinstitutt.

PER E. SCHWARZE

avdelingsdirektør, Avdeling for luftforurensning og støy, Divisjon for miljømedisin, Nasjonalt folkehelseinstitutt.

KONTAKTADRESSE:

Unni Cecilie Nygaard
Nasjonalt folkehelseinstitutt
Avdeling for miljøimmunologi
Pb 4404 Nydalen, 0403 Oslo
unni.cecilie.nygaard@fhi.no

UNNI CECILIE NYGAARD OG PER E. SCHWARZE, *Nasjonalt folkehelseinstitutt, Oslo*

FNs klimapanel har konkludert med at det har skjedd en menneskeskapt påvirkning av klimaet, særlig de siste 50 årene. Ulike klimascenarioer er beregnet for Norge, hvor det lave estimatet for temperaturendringer gir en oppvarming på 2,3 grader fram mot år 2100, mens det høye gir en oppvarming på 4,6 grader (1). Denne temperaturøkningen forventes å gi ulike konsekvenser, som økt vinterneðbør, men mindre snø og is, mer ekstremvær, lengre vekstsesong, og endret utbredelse av skadedyr. Siden Norge er et langstrakt land med store lokale klimaforskjeller, vil klimaendringene slå svært ulikt ut i de forskjellige landsdelene.

Konsekvensene av de forventede klimaendringene i Norge utredes av Klimatilpasningsutvalget, som ble opprettet av den norske regjering i 2008. Som bakgrunnsmateriale for effekter på helse ble Folkehelseinstituttet bedt om å skrive rapporten «Helsekonsekvenser av klimaendringer i Norge» (2). Denne artikkelen er basert på de delene av denne rapporten som er relevante for astma og allergi, samt nyere vitenskapelig litteratur. Klimascenarioene som legges til grunn stammer fra bakgrunnsrapporten «Klima i Norge 2100» (1).

Luftforurensninger og klimaendringer

Luftforurensninger innendørs og utendørs har helsemessig stor betydning. Ca. 300 000 for tidlige dødsfall årlig i Europa tilskrives luftforurensninger (3), i hovedsak grunnet negative effekter på hjerte-kar-systemet, luftveier og lunger. Tiltak mot luftforurensninger reduserer helseeffektene (4). Blant de viktigste

luftforurensninger er svevestøv (partikler), ozon og nitrogenoksider.

Klimaendringer og luftforurensning har lenge blitt ansett som to adskilte problemområder og derfor har man i utredninger av tiltak sett på dem adskilt. Imidlertid vil luftforurensninger påvirkes av klimaendringer og klimaendringer ha betydning for luftforurensningen.

Luftforurensningskomponenter som nitrogenoksider og flyktige organiske forbindelser (foruten metan) bidrar til ozondannelsen som øker med økende temperaturer. Ozon er selv en klimagass som kan bidra til klimaforandringer. Partikler synes å kunne både fremme og redusere oppvarming, avhengig av sammensetning: sulfater, nitrater og organiske stoffer synes å redusere innstrålingen, mens sotpartikler absorberer strålingen og fremmer dermed oppvarming (5). Liten luftutskiftning i sammenheng med økte temperaturer kan føre til økte nivåer av svevestøv og nitrogenoksider, og økte temperaturer har sammenheng med økte ozonnivåer.

Ozonnivåene varierer forskjellig i Sør- og Nord-Norge. En økning i temperatur i nordområdene vil kunne føre til en endring i det mønsteret som ozonnivåene viser der, men det er uklart om og i tilfelle hvilke helsemessige konsekvenser det vil kunne ha. Temperaturøkninger vil også kunne føre til endringer i folks luftevaner med mer åpne vinduer og dører, og endret adferd med mer oppholdstid utendørs. Dette vil kunne føre til mer eksponering for forurensning fra utendørskilder, inkludert ozon, men bedre utlufting av forurensning fra og mindre eksponering for innendørs kilder. Innenluften inneholder en rekke forurensningskomponenter som



Observasjoner frem til i dag viser at økte temperaturer har bidratt til å forlenge de ulike pollensesongene i Europa. I Norge er vekstsesongen estimert til å bli to til fire uker lenger i 2021 – 2050 enn i dag.

er forskjellig fra de man finner i uteluft og som også kan ha betydning for folks helse (se også nedenfor). Den relative betydningen av komponenter fra utendørs og innendørs kilder er ikke avklart. Hetebølgen i Europa i 2003 viste en samvariasjon mellom temperatur og ozon, og begge faktorene bidro til økt forekomst av dødelighet. Slike episoder kan øke i omfang i framtiden.

Mange forskjellige komponenter er absorbert til partikler, blant dem organiske stoffer og allergener (se nedenfor). Endringer i temperatur og oksidant/nitrogenoksidnivå vil føre til endringer i sammensetningen av partiklene og dermed deres reaktivitet. Om vinteren vil en reduksjon i forekomsten av kaldstart av kjøretøy/motorer også kunne endre partikkelsammensetningen og størrelsesfordelingen, i tillegg til mengden partikler. Hvordan det vil kunne påvirke folks helse er foreløpig uklart.

Klimaendringer vil også kunne påvirke mengden svevstøv som skyldes veislitasje og strøing. Økt fuktighet i veibanen, men mindre snø og is, vil kunne føre til økt slitasje på veibanen, særlig på grunn av piggdekkbruk. Det kan over tid gi økte veistøvedepoter og dermed flere episoder med høye svevestøvnivåer på vinteren og tidlig på våren. For å hindre en slik utvikling vil vintervedlikeholdet måtte tilpasses endrede klimaforhold og vei-

dekkets sammensetning må optimaliseres.

Nivåene av nitrogenoksider (NO_x) har vist fallende tendenser i de senere år på grunn av bruk av katalysator. Imidlertid synes nivåene av nitrogendioksid (NO_2), som har størst helsemessig betydning av nitrogenoksidene, ikke å ha endret seg, de har snarere økt. Det ventes at det vil ta flere år før også NO_2 -nivåene begynner å falle, når nye EURO-krav til utslipp fra biler begynner å virke.

Pollenallergi

Man antar at i overkant av 20% av den norske befolkningen lider av mer eller mindre alvorlig pollenallergi – noe som tilsvarer ca. 900 000 nordmenn (6). I dag starter pollensesongen om våren, med pollen fra tresortene bjørk, or og hassel og fortsetter utover sommeren med gress- og burotpollen. Pollensesongene varierer fra sted til sted, og generelt er det mindre pollen i kyststrøkene og på høyfjellet. Pollen, eller proteiner fra disse, pustes inn i luftveiene og fester seg dessuten til klær, hud, hår og øyne. For de fleste individer er dette uproblematisk, men allergikere vil oppleve symptomer som rennende, kløende og tett nese og kløende, røde og hovne øyne. Dette kan også utløse eller forverre astma.

Mange personer med sterk pollenallergi, spesielt bjørkepollenallergikere,

opplever at de får ubehag i munn og svelg ved å spise rå frukt, bær og grønnsaker. Omkring 80% av alle bjørkepollenallergikere kan få reaksjon på en matvare – oftest nøtter, peanøtter eller rå gulrøtter, epler og pærer. Dette skyldes kryssreaksjoner, dvs. at en del av allergenet (proteinet) i pollen er til forveksling lik et protein i den enkelte matvaren. Noen pollenallergikere får reaksjoner på mat kun i pollensesongen mens andre kan ha symptomer hele året. Symptomene kan øke og spre seg til flere organer og i verste fall kan anafylaktisk sjokk oppstå, men dette er meget sjelden hos oss i Nord-Europa (7).

Forlenget pollensesong

Et varmere klima kan utvide vekstsesongen, og blomstring og løvspring kan komme tidligere eller vare lenger enn før, noe som allerede ser ut til å være tilfelle. Observasjoner frem til i dag viser at økte temperaturer har bidratt til å forlenge de ulike pollensesongene i Europa (8). For spredning av bjørkepollen, som er et av de viktigste pollenallergenene i Norge, har man i flere europeiske land sett at sesongen starter tidligere med økende gjennomsnittstemperaturer, mens sesongen starter senere i Kevo (Nord-Finland) hvor det har blitt kaldere vårer (9). Pollenregistreringer i de ulike landsdelene i Norge gir også en

indikasjon i retning av tidligere start på pollensesongene, særlig i sesongene etter 1997 (FIG 1) (10, 11).

Tidligere pollensesong er også rapportert for andre allergenbærende planter, som burot og gress, men er avhengig av region (12, 13). I Sør-Sverige har hassel ved enkelte anledninger startet blomstring allerede i desember (14). Andre planter ser ut til å få en lengre blomstringssesong med økende temperaturer, spesielt de arter som blomstrer senere på sommer og høst (15, 16). Vekstsesongen i Norge er estimert til å bli 2–4 uker lenger i 2021–2050 enn i dag, med de største endringene på Vestlandet og i Nord-Norge (17). De relativt konsistente observasjoner av forlenget pollensesong frem til i dag gir grunn til å forvente at pollenallergikere fremover vil bli plaget over en større periode av året.

Pollen – utbredelse, mengde og allergenitet

Ved fortsatt utvikling mot et varmere klima vil man vente en spredning av arter til nye deler av landet, og spesielt en større utbredelse av løvtrær. Pollen fra trær og ambrosia spres med vinden over store områder, illustrert ved at pollenvarslene i Finland melder at 30% av alt registrert bjørkepollen er importert via fjernspredning fra Russland, og observasjon av bjørkepollen i Trondheim før pollensesongen der har startet. Klima og vær vil også påvirke lang- og mellom-



Høyere temperaturer vil kunne føre til introduksjon av nye arter med allergenbærende pollen, som for eksempel Beiskambrosia. Planten er allerede den vanligste årsaken til allergisymptomer på sensommeren i land som Ungarn og Frankrike. I varme år er den i stand til å frø seg også i de sørligste områdene av Sverige.

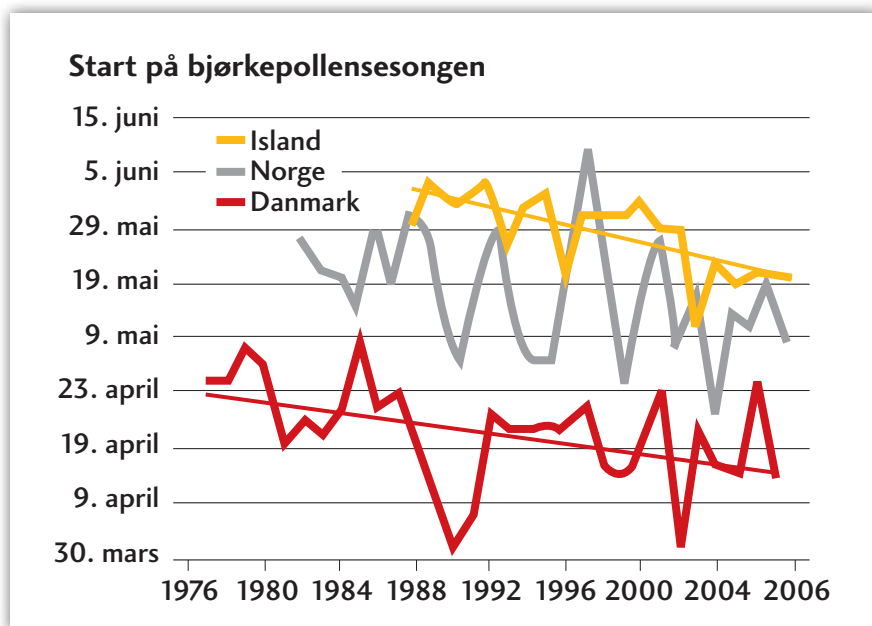
distansetransport av pollen. Det er sannsynlig at økt utbredelse både i Norge og i andre nordeuropeiske land grunnet klimaendringer vil kunne bidra til økt mengde og utbredelse av pollen i større deler av Norge.

Høyere temperaturer vil også kunne føre til introduksjon av nye arter med allergenbærende pollen, som for eksempel den uønskede Beiskambrosia

(*Ambrosia artemisiifolia*, common ragweed). Utbredelsen av Beiskambrosia har ekspandert kraftig i sentral-Europa, og i varme år er den i stand til å frø seg også i de sørligste områdene av Sverige (18). Planten er allerede den vanligste årsaken til allergisymptomer på sensommeren i land som Ungarn og Frankrike (18). Beiskambrosiapollen fremkaller ofte en kraftig rhinokonjunktivitt, og ser ut til å være i stand til å forårsake astma oftere enn øvrige pollenallergier (18). Den har en stor pollenproduksjon, hovedsakelig i august og september, og kan dermed bidra til å forlenge pollensesongen for mange allergikere. Beiskambrosia importeres blant annet som en forurensning i fuglefrø og dyrefor, vekster er observert i Norge, men den kan foreløpig ikke sette frø i vårt klima. Dette kan imidlertid endre seg i et varmere klima, eller ved at planten danner en mer herdig variant. Det er derfor stor sannsynlighet for at pollen fra Beiskambrosia om få år kan føre til allergier også i Norge (19). Sterke allergier mot Beiskambrosia vil sannsynligvis også introdusere kryssreaksjoner mot matvarer som for eksempel banan, agurk og melon (20).

I tillegg ser mengde pollen per plante og mengde allergener per pollen ut til å kunne påvirkes av temperatur og mengde

FIGUR 1. Sesongstart for spredning av bjørkepollen i Danmark, Island og Norge. Figuren er hentet fra rapporten «Signs of Climate Change in Nordic Nature» (11).



CO₂ i luften. Antall hassel-, bjørk- og gresspollen i lufta har økt de siste 30 år, og har vært satt i sammenheng med klimaendringene (Danmark, Sveits, Norge; (16, 22). For bjørk vet vi at dette delvis skyldes en klar økning i utbredelsen av bjørketrær. Årsakene til økt utbredelse er redusert hogst og gjengroing av tidligere beite- og slåttmarker, samt at klimaendringene gjør at tregrensa for løvskog, med bjørka i front, kryper høyere til fjells (22). I tillegg antyder studier at også en økt pollenproduksjon per individ (bjørketre) på grunn av gunstigere værforhold kan bidra til økning i bjørkepollen. Høyere allergenitetthet i bjørkepollen som følge av høyere temperaturer har vært observert (23). I eksperimentelle studier med ambrosia ga høyere temperaturer og CO₂-innhold i lufta økt biomasse og økt produksjon av pollen, og høyere temperaturer ga også større tetthet av allergener per pollen-korn (24–27). Pollenallergenisitet er forbundet med allergenkonsentrasjoner, og både allergenisitet og pollenkonsentrasjon er av betydning for helseeffekter i sensibiliserte individer.

Luftforurensning, pollenallergi og astma

Luftforurensning kan i seg selv være med å forsterke luftveislager og -sykdommer

som allergi, astma og KOLS. Kortvarig eksponering for partikler og ozon, og muligens også for nitrogenoksid, kan gi økt sykkelighet hos astmatikere (28). Enkelte studier antyder også at langtidseksponeringer, og eksponeringer tidlig i livet, gir forhøyet risiko for utvikling av astma (29, 30). Som nevnt ovenfor forventer man klimarelaterte endringer i eksponering og sammensetning av luftforurensningsfaktorer som partikler, nitrogenoksid og ozon, men det er ikke avklart hvordan disse endringene vil kunne påvirke astmatikeres helse.

Luftforurensning kan også påvirke både mengden og aktiviteten av pollenallergenene. Studier har vist at pollen i områder med høy luftforurensning uttrykker en større mengde allergene proteiner sammenlignet med mindre forurensede områder (8). Faktorer som partikler, nitrogenoksid og ozon kan også øke frigjøringen av pollenallergener fra pollen-kornene, og gjør dermed allergenene mer tilgjengelige for inhalasjon ned i lungene (31, 32). Allergener bindes til forbrenningspartikler, og inhalasjon av denne kombinasjonen kan bidra til å forsterke allergiske responser (33, 34). Hvorvidt klimarelaterte endringer i luftforurensning vil bidra i denne sammenheng, er ikke avklart.

Nitrogenoksid og ozon kan også bidra til nitrering av for eksempel bjørkeallergener som øker allergenets aktivitet (35, 36). Den antatte økningen i ozonivåer vil slik kunne bidra til økt allergenisitet av pollen.

Ekstremvær

Flere steder i verden har man sett en sammenheng mellom tordenstormer under pollensesongen og utbrudd av astmaepidemier blant pollenallergikere (37, 38). Under tordenstormer vil uvanlig store mengder pollen-korn virvles opp, og i regnskyll som følger med stormen vil pollen «vaskes» ned fra luften, pollen-kornene sprekke og vannløselige allergener frigjøres. Disse allergenene kan inhaleres fritt og kan trenge lenger ned i luftveiene enn de store pollen-kornene som vanligvis stopper i de øvre luftveiene. Det har også vært foreslått at tordenstormer kan fremme oppvirling og spiring av sopp-spore, som for eksempel *Alternaria* (oppsummert i (39)). Personer med allergi mot pollen, eller muggsopp-spore, men som så langt ikke har hatt astmasymptomer, kan under slike forhold oppleve sitt første astma-anfall. Også astmatikere som ikke går på medisiner vil ha høyere risiko for alvorlige astmaanfall.

Forekomsten av denne værtypen er

Luftforurensning og klimaendringer henger sammen. Svevestøv, ozon og nitrogenoksider er faktorer som i seg selv kan være med å forsterke luftveislager. De kan også påvirke mengden og aktiviteten av pollenallergenene.



heldigvis lite vanlig hos oss, og dette fenomenet er heller ikke ansvarlig for et stort antall av astmaanfall. Men med ekstremvær som følge av klimaendringene, kan imidlertid problemstillingen med værrelaterte astma-epidemier også bli aktuell her i Norge.

Faktorer i innemiljøet

For hele landet er det beregnet en økning i nedbør på mellom 5 og 30% i årsgjennomsnitt, samt flere dager med store og intensive nedbørsmengder (1). Det vil imidlertid være store forskjeller avhengig av sesong og geografi, og selv om Sør- og Østlandet kan få mindre sommernedbør, er det forventet en nedbørsøkning både høst, vinter og vår. Høyere temperaturer og økte nedbørsmengder vil sannsynligvis gi større luftfuktighet utendørs, flere oversvømmelser og kortere oppvarmingsperioder ved mildere vintre, noe som til sammen kan føre til en høyere innendørs luftfuktighet og flere fuktskader.

På grunn av vårt tempererte klima er forekomsten av middallergener generelt lav i Norge i forhold til mange andre land (40, 41), men varierer med område og årstid. Den viktigste begrensende faktor for midd er luftfuktighet, som må være over 45% for at den skal trives godt (42). En økning i innendørs temperatur og luftfuktighet over denne kritiske grensen vil kunne gi økt forekomst av husstøvmidd. Allergi for husstøvmidd og andre middarter er godt dokumentert, og det er et viktig allergen på verdensbasis. Der det finnes høy forekomst av midd, er allergi for midd relativt vanlig i den atopiske del av befolkningen og er en alvorlig risikofaktor for astma (43). Forhøyet luftfuktighet og temperatur innendørs vil slik kunne gi en omfattende økning i forekomst av husstøvmidd, med et økende antall allergikere plaget med middallergi som resultat.

Med mer nedbør, ekstremvær og flomskader kan risikoen for å oppleve fuktproblemer i norske innemiljøer, i hjem, skoler og på arbeidsplasser bli større, noe avhengig av forekomsten av bygningsfeil. På den annen side vil varmere klima redusere forekomsten av kuldebroer og fuktansamling der (44). Befolkningsstudier viser en sammenheng mellom fuktproblemer i bygg og økt forekomst av luftveislager, hovedsakelig hoste, piping i brystet og astma hos de

eksponerte (44). Den biologiske forklaringen på sammenheng mellom fukt og helseeffekter er ikke avklart, men muggvekst i bygninger med fukt og vannskader kan spille en rolle. Høye konsentrasjoner av muggsopp-sporer eller -komponenter i innelufta kan forverre astma, enkelte individer kan bli allergiske mot muggsoppene i seg selv, og det finnes også indikasjoner på at muggsoppkomponenter kan øke sensibiliseringen mot andre allergener (husdyr, pollen; 45). Fuktrelatert forverring av luftveislager og allergisk sykdom kan tenkes å bli en mer aktuell problemstilling ved de forventede klimaendringene.

Positive effekter for astmatikere?

Man kan også tenke seg mulige positive effekter av klimaendringene for pasienter med luftveisallergier. Høyere temperaturer reduserer de negative effekter av kald luft hos pasienter med astma og rhinitt (46). Varmere vintre kan også redusere frekvensen av luftveisinfectionsjoner, og dermed gjøre pasientene mindre mottagelige for negative effekter av disse (47).

Oppsummering

Klimaendringene vil sannsynligvis resultere i, hovedsakelig negative, helseeffekter, spesielt i lavinntektsland (47). Hvilke konsekvenser klimaendringene vil ha på insidens, prevalens og alvorlighetsgrad av astma og luftveisallergier er usikre (15). Studier frem til i dag gir grunn til å tro at den videre utviklingen i klimarelaterte faktorer kan resultere i lengre pollensesong, økt pollenproduksjon og allergenisitet, og endret utbredelse av allergenproduserende planter. Det er imidlertid mangel på datasett som er egnet til å påvise sammenhenger mellom klimaendringer og astma og allergiske sykdommer. Det er likevel sannsynlig at høyere allergentetthet, over lengre perioder, vil bidra til forhøyet risiko for utvikling av luftveissymptomer hos sensibiliserte individer, og en forverring hos allerede symptomatiske pasienter (48). Klimarelaterte endringer i eksponering for luftforurensning ute og inne vil også kunne påvirke sykkelighet og utvikling av astma og allergi. På den annen side kan mildere klima gi positive konsekvenser for astmatikere, ved å redusere negative effekter av kald luft og luftveisinfectionsjoner.



Høyere temperaturer og større nedbørsmengder kan føre til høyere innendørs luftfuktighet. Økt forekomst av husstøvmidd kan bli en konsekvens.

Referanser

1. Hanssen-Bauer I, Drange H, Førland EJ, Roald LA, Børshem KY, Hisdal H, Lawrence D, Nesje S, Sandven A, Sorteberg S, Sundby K, Vasskog og Ådlandsvik B. Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing. Norsk klimasenter, 2009. Tilgjengelig på: <http://nou-klimatilpassing.no/enkel.aspx?m=57528>
2. Ottesen P, Alexander J, Krogh T, Lassen J, Lund V, Nafstad P, Nygaard UC, Schwarze PE, Utkilen H, Aamodt G. Helsekonsekvenser av klimaendringer i Norge. 2010. Tilgjengelig på: <http://nou-klimatilpassing.no/hoved.aspx?m=57498&amid=3227442>
3. WHO. The world health report. 2002. Tilgjengelig på: <http://www.who.int/whr/2002/en/>
4. Pope CA, III, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med* 2009; 360: 376–86.
5. European Environment Agency (EEA). Impacts of Europe's changing climate. Report 2, 2004.
6. Nyttig å vite om Pollenallergi - NAAFs faktaark [Norges Astma- og Allergiforbund]. Oppdatert 14. sept 2009; sitert 6. okt 2009. Tilgjengelig på: www.naaf.no/no/Fakta/Pollen/Pollenallergi

7. Nyttig å vite om Kryssreaksjoner – NAAF's faktaark [Norges Astma- og Allergiforbund]. Oppdatert 23. mai 2007; sitert 28. okt 2009. Tilgjengelig på: http://naaf.no/no/Fakta/Pollen/Faktaark_kryssreaksjoner_revidert_21_juni_2006/
8. Bartra J, Mullol J, del CA, Davila I, Ferrer M, Jauregui I, et al. Air pollution and allergens. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2007; 17 Suppl 2: 3–8.
9. Emberlin J, Detandt M, Gehrig R, Jaeger S, Noland N, Rantio-Lehtimäki A. Responses in the start of *Betula* (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. *Int J Biometeorol* 2002; 46: 159–70.
10. Ramfjord H. Tidsmessige variasjoner i start på blomstringssesongen i noen norske regioner over de seinere år, belyst ved registrering av pollenspresning i luft [Direktoratet for naturforvaltning]. Oppdatert 14. mai 2004; sitert 6. okt 2009. Tilgjengelig på: <http://www.dirnat.no/multimedia.ap?id=20315>
11. Signs of Climate Change in Nordic Nature. Norden - Nordic Council of Ministers; 2009. 551. Tilgjengelig på: <http://www.norden.org/sv/publikationer/publikationer/2009-551>
12. Stach A, Garcia-Mozo H, Prieto-Baena JC, Czarnecka-Operacz M, Jenerowicz D, Silny W, et al. Prevalence of *Artemisia* species pollinosis in western Poland: impact of climate change on aerobiological trends, 1995–2004. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2007; 17: 39–47.
13. Emberlin J, Mullins J, Corden J, Jones S, Millington W, Brooke M, et al. Regional variations in grass pollen seasons in the UK, long-term trends and forecast models. *Clin Exp Allergy* 1999; 29: 347–56.
14. Dahl A. Klimatförändringar och pollenallergi. *Allergi i Praxis* 2007; nr. 1: 14–20.
15. Huynen M, Menne B. Phenology and Human Health: Allergic Disorders. 2003. WHO report no. EUR/03/5036791.
16. Shea KM, Truckner RT, Weber RW, Peden DB. Climate change and allergic disease. *J Allergy Clin Immunol* 2008; 122: 443–53.
17. Skaugen TE, Tveit OE. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021–2050. *Climate Research* 2004; 26: 221–32.
18. Dahl A, Strandhede S, Wihl J. Ragweed – An allergy risk in Sweden? *Aerobiologia* 1999; 15: 293–7.
19. Ramfjord H. Beiskambrosia. En ny allergenspreder i Norge? *Allergi i Praxis* 2003; nr. 1: 44–6.
20. Bassett C, Bragin I. Ragweed and oral allergy syndrome [AAAAA]. Oppdatert 2007; sitert 28. oktober 2009. Tilgjengelig på: <http://www.aaaai.org/patients/advocate/2007/fall/ragweed.asp>
21. Ziska LH, Epstein PR, Schlesinger WH. Rising CO₂, climate change, and public health: exploring the links to plant biology. *Environ Health Perspect* 2009; 117: 155–8.
22. Brun N. Bjørkeskogens utbredelse – et pollenproblem. *Allergi i Praxis* 2006; nr. 2: 23–4.
23. Ahlholm JU, Helander ML, Savolainen J. Genetic and environmental factors affecting the allergenicity of birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* [Orl.] Hamet-ahiti) pollen. *Clin Exp Allergy* 1998; 28: 1384–8.
24. Ziska LH, Caulfield FA. Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Australian Journal of Plant Physiology* 2000; 27: 893–8.
25. Wayne P, Foster S, Connolly J, Bazzaz F, Epstein P. Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. *Annals of Allergy Asthma & Immunology* 2002; 88: 279–82.
26. Rogers CA, Wayne PM, Macklin EA, Muilenberg ML, Wagner CJ, Epstein PR, et al. Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO₂ on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen production. *Environmental Health Perspectives* 2006; 114: 865–9.
27. Singer BD, Ziska LH, Frenz DA, Gebhard DE, Straka JG. Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration. *Functional Plant Biology* 2005; 32: 667–70.
28. WHO. Air quality Guidelines Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen, Denmark 2006.
29. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London SJ, Islam T, Gauderman WJ, et al. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet* 2002; 359: 386–91.
30. Clark NA, Demers PA, Karr CJ, Koehoorn M, Lencar C, Tamburic L, et al. Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma. *Environ Health Perspect* 2010; 118: 284–90.
31. Motta AC, Marliere M, Peltre G, Sterenberg PA, Lacroix G. Traffic-related air pollutants induce the release of allergen-containing cytoplasmic granules from grass pollen. *Int Arch Allergy Immunol* 2006; 139: 294–8.
32. Behrendt H, Becker WM, Fritzsche C, Sliwa-Tomczok W, Tomczok J, Friedrichs KH, et al. Air pollution and allergy: experimental studies on modulation of allergen release from pollen by air pollutants. *Int Arch Allergy Immunol* 1997; 113: 69–74.
33. Ormstad H, Johansen BV, Gaarder PI. Airborne house dust particles and diesel exhaust particles as allergen carriers. *Clin Exp Allergy* 1998; 28: 702–8.
34. Braback L, Forsberg B. Does traffic exhaust contribute to the development of asthma and allergic sensitization in children: findings from recent cohort studies. *Environ Health* 2009; 8: 17.
35. Franze T, Weller MG, Niessner R, Poschl U. Protein nitration by polluted air. *Environ Sci Technol* 2005; 39: 1673–8.
36. Gruijthuisen YK, Grieshuber I, Stocklinger A, Tischler U, Fehrenbach T, Weller MG, et al. Nitration enhances the allergenic potential of proteins. *Int Arch Allergy Immunol* 2006; 141: 265–75.
37. D'Amato G, Liccardi G, Frenguelli G. Thunderstorm-asthma and pollen allergy. *Allergy* 2007; 62: 11–6.
38. Suphioglu C. Thunderstorm asthma due to grass pollen. *Int Arch Allergy Immunol* 1998; 116: 253–60.
39. Marks GB, Bush RK. It's blowing in the wind: new insights into thunderstorm-related asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2007; 120: 530–2.
40. Bertelsen RJ, Instanes C, Granum B, Lodrup Carlsen KC, Hetland G, Carlsen KH, et al. Gender differences in indoor allergen exposure and association with current rhinitis. *Clin Exp Allergy* 2010;
41. Dotterud LK, Van TD, Kvammen B, Dybendal T, Elsayed S, Falk ES. Allergen content in dust from homes and schools in northern Norway in relation to sensitization and allergy symptoms in schoolchildren. *Clin Exp Allergy* 1997; 27: 252–61.
42. Hart BJ. Life cycle and reproduction of house-dust mites: environmental factors influencing mite populations. *Allergy* 1998; 53: 13–7.
43. Plattsmills TAE, Deweck AL. Dust Mite Allergens and Asthma – A Worldwide Problem. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1989; 83: 416–27.
44. WHO. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. ISBN 9789289041683. 2009.
45. Douwes J, Pearce N. Invited commentary: is indoor mold exposure a risk factor for asthma? *Am J Epidemiol* 2003; 158: 203–6.
46. D'Amato G, Cecchi L. Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases. *Clin Exp Allergy* 2008; 38: 1264–74.
47. Ayres JG, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Dey R, Ebi KL, Helms PJ, et al. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 2009; 34: 295–302.
48. Cecchi L, D'Amato G, Ayres JG, Galan C, Forastiere F, Forsberg B, et al. Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* 2010; 65: 1073–81. ●