

Seminarieuppsatser nr 160

# Analys av stadsluftens kvalitet med hjälp av geografiska informationssystem

Sara Odelius

---

2008

Centrum för Geobiosfärvetenskap

Naturgeografi och Ekosystemanalys

Lunds Universitet

Sölvegatan 12



# Analys av stadsluftens kvalitet med hjälp av geografiska informationssystem

Sara Odelius

Kandidatuppsats i Naturgeografi och Ekosystemanalys

Handledare: Karin Larsson

Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys

Lunds universitet, 2008

*Sara Odelius*

## **Abstract**

The main purpose of this thesis is to look at in what different ways GIS, Geographic Information System, is used in the study of air pollution and also in the study of how air pollutions affect human health. Interest was focused on four different pollutions, because of their damage to humans.

The background to why so many studies are conducted on the distribution of air pollution concentrations is the fact that they are a hazard to human health. Therefore governments and world organisations have put up guide lines on limiting concentrations. In Sweden there are 16-generation goals that have their finishing time in 2020. To be able to reach the goals by 2020 all 16 has a half way goal in 2010.

GIS is an important tool in the work surrounding air pollution surveillance. It is a visualisation tool and a tool to perform different modelling. There have been improvements in the use of satellite data as a tool in surveillance of airborne pollutions. Studies conducted through this data use still needs ground measurements to compare with but not close to what is normally needed. This is also a less expensive way of studying air pollutions; the biggest flaw is that only the coarsest particles are detectable.

Looking on the situation in Sweden in 2006, only four years until 2010, the prognoses are not looking optimistic for the four airborne pollutions studied in this thesis. Only the goal for sulphur dioxide is going to be reached. For the other three the way is still long.

**Keywords:** Geographic Information Systems (GIS), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), particles (PM10), ozone (O<sub>3</sub>) and sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>).

Handledare: **Karin Larsson**

Examensarbete 15 poäng i Naturgeografi. Hösten 2008. Seminarieuppsatser nr 160  
Institutionen för Naturgeografi och ekosystemanalys, Lunds universitet

*Sara Odelius*

## GIS som ett redskap för att se in i en möjlig framtid

Teknikutvecklingen har gått framåt med enorma steg under de senaste årtiondena. Forskningen inom luftföroreningar och ämnenas hälsoeffekter har dragit nytta av dessa framsteg bland annat genom användandet av Geografiska informationssystem (GIS). GIS är ett datorbaserat program som används för att ge rumslig fördelning av mätresultat, men även för att genomföra olika analyser.

Den rumsliga fördelningen sätter mätresultaten in i ett mer verkligt förhållande. Det möjliggör att man kan koppla ihop olika data och visa på hur de olika värdena kan korrelera. Detta är en viktig egenskap vid undersökningar där man studerar sambandet mellan befolkningshälsa och föroreningskoncentrationer i ett område.

Modelleringar som kan genomföras beror helt på vilken information som är tillgänglig. Genom att till exempel lägga in antal fordon, bränsleförbrukning, vägnätet och meteorologiska variabler kan man få en uppfattning av hur luftföroreningar släpps ut och sprids i det berörda området. Sådan information är viktig i samhällsplanerade syften för att få till en så bra stadsmiljö som möjligt.

Sveriges regering har antagit 16 miljömål med korresponderande delmål för att få ner nivåerna av de hälsofarliga luftföroreningarna. Utsläppen av kvävedioxid, partiklar och ozon har dock inte minskat i så stor utsträckning så att delmålen kan nås till 2010.

Fler insatser krävs för att få ner koncentrationerna av luftburna föroreningar till önskvärda nivåer och en av de största insatserna som krävs är att få till en attityd förändring hos allmänheten lika väl som hos industrichefer.

Nyckelord: Geografiska informationssystem (GIS), kvävedioxid (NO<sub>2</sub>), partiklar (PM<sub>10</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) och svavedioxid (SO<sub>2</sub>).

Handledare: **Karin Larsson**

Examensarbete 15 poäng i Naturgeografi. Hösten 2008. Seminarieuppsatser nr 160  
Institutionen för Naturgeografi och ekosystemanalys, Lunds universitet

## Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Metod.....	2
1.3 Syfte.....	2
1.3.1 Frågeställning.....	2
2. Miljömål.....	2
3. Luftföroreningar.....	3
3.1 Kväveoxider (NO <sub>x</sub> ).....	4
3.1.1 Allmän information.....	4
3.1.2 Påverkan på växter.....	5
3.1.3 Påverkan på människor.....	5
3.2 Partiklar (PM10).....	6
3.2.1 Allmän information.....	6
3.2.2 Påverkan hos växter.....	7
3.2.3 Påverkan på människor.....	7
3.3 Marknära ozon (O <sub>3</sub> ).....	8
3.3.1 Allmän information.....	8
3.3.2 Påverkan på växter.....	8
3.3.3 Påverkan på människor.....	8
3.4 Svaveldioxid (SO <sub>2</sub> ).....	9
3.4.1 Allmän information.....	9
3.4.2 Påverkan på växter.....	9
3.4.3 Påverkan på människor.....	9
4. Åtgärder.....	9
5. Hur ser det ut idag.....	11
6. GIS som ett verktyg inom spridningsmodellering och övervakning.....	12
6.1 Luftföroreningars rumsliga fördelning som underlag i planeringsarbeten I.....	12
6.2 Luftföroreningars rumsliga fördelning som underlag i planeringsarbeten II.....	13

6.3 Satellitdata som komplement till markmätning av luftföroreningar .....	15
7. GIS som ett verktyg för beräkningar av människors exponering och hälsoeffekter.....	16
7.1 Hälsoeffekter på grund av nylokalisering av sopförbränningsanläggning.....	16
7.2 Exponering av luftföroreningar i stadsmiljö .....	17
7.3 URBAN-modellen.....	18
8. Diskussion.....	20
9. Slutsats .....	22
10. Referenslista.....	23

# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har det stått mycket i media om hur vi människor påverkar vår omvärld genom vårt sätt att leva. Detta påverkar inte bara klimatet utan även människors hälsa på ett negativt sätt.

Denna studie handlar om hur luftburna ämnen som tillförs av oss människor kan ha en skadlig effekt på vår hälsa och därför på våra liv. Något som man kan ha i åtanke nästa gång man av lathet väljer bilen istället för cykeln när man ska iväg och handla mjölk.

Jag har valt ut fyra ämnen (kväveoxider, PM10, ozon och svaveldioxid) att skriva om, dessa är utvalda utifrån deras stora inverkan på vår hälsa. Studien ger en allmän introduktion om dessa ämnen och vilka effekter som kan ses på växter och människor.

På grund av ämnenas inverkan på vår hälsa och Sveriges natur har regeringen satt upp 16 miljömål med tillhörande delmål som ska vara uppnådda 2010. Men kommer dessa mål att nås till den utsatta tidpunkten? För att besvara denna fråga har jag tittat på hur det såg ut år 2006.

Övervakningen av luftföroreningar äger rum hela tiden världen över, det sker bland annat via mätningar och bearbetningar i geografiska informationssystem, GIS. Fördelarna med GIS är att luftburna ämnena får en rumslig fördelning vilket underlättar analysen.

I studier angående föroreningar i städer finns det flera sätt att gå tillväga, det beror på vilken infallsvinkel och användningsområde som man bestämmer sig för. Jag kommer kortfattat att redogöra för tre olika studier. Dessa undersökningar skiljer sig från varandra på så sätt att de två första tar upp hur man genom modeller och sammankopplingar i GIS kan få fram spridningsmönster. Den tredje studien tar upp den faktiska övervakningen av luftföroreningar.

Miljömålen och tillhörande styrmedel finns till för att ämnena påverkar människors hälsa. Utöver de nämnda studierna kommer jag att beskriva ytterligare tre som har tagit in exponeringen av människor för luftföroreningar i städer. En av dessa undersökningar har utförts av IVL Svenska miljöinstitutet och handlar om hur situationen ser ut i Sverige med huvudfokus på hälsoeffekter av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>).

Vid detaljerade undersökningar av människors exponering för luftföroreningar måste man behandla information om var t.ex. de bor och arbetar, för att kunna utföra exponeringsberäkningar. Då detta av integritetsskäl är känslig information krävs speciell prövning och strikta regler för användande. Oftast innebär dessa regler avpersonifiering av alla data.

## 1.2 Metod

Arbetet är en litteraturstudie över olika tillvägagångssätt inom GIS studier samt den problematik som kan uppstå när man ska övervaka människors exponering. I litteraturstudien ingick vetenskapliga artiklar och böcker om hälsoeffekter från olika luftföroreningar. Kompletterande information söktes även på Internet. I nästa steg inriktades sökandet till artiklar om studier i GIS.

## 1.3 Syfte

Syftet med denna kandidatuppsats är att genom en litteraturstudie beskriva hälsoeffekterna av luftföroreningar och hur geografiska informationssystem används inom denna forskning.

### 1.3.1 Frågeställning

- Har tillräckliga åtgärder satts in för att få ner utsläppen av de skadliga luftburna föroreningarna?
- Hur används GIS för att modellera och övervaka luftföroreningar i städerna?
- Hur används GIS för att studera människors exponering och möjliga samband mellan luftföroreningar och hälsoproblem?

## 2. Miljömål

År 1999 antog den Svenska regeringen 15 miljömål, som sedan 2005 utvidgades till 16 stycken. Miljömålen har till uppgift att bl.a. främja människors hälsa och värna om den biologiska mångfalden. *Frisk luft* (mål 2) är det miljömål som behandlar begränsandet av luftföroreningar så som kväveoxider, partiklar, ozon, svaveldioxid m.m. *Bara naturlig försurning* (mål 3) och *Ingen övergödning* (mål 7) anknyter också till utsläppen av kväveoxider och svaveldioxid. Miljömålen kallas för generationsmål vilket betyder "*Strävan är att vi till nästa generation ska ha löst de stora miljöproblemen*" (Naturvårdsverket 2008b). Ambitionen med generationsmålen är att de ska vara uppnådda 2020, man har dock satt 30 år till för de mål som rör klimatet (Naturvårdsverket 2008b). Tabell 1 visar miljömål Frisk luft (Naturvårdsverket, miljömål 2), vilket är miljömålet som rör utsläppen av de så kallade luftföroreningarna (Naturvårdsverket 2008f).



Tabell 1: Översikt över vilka nivåer föroreningarna inte bör överskridas för att nå generationsmålet Frisk luft 2020. (Naturvårdsverket, miljömål 2)

Förorening	Halt som inte bör överskridas (mikrogram/m <sup>3</sup> )	Medelvärdetid
Bensen	1	År
Bens[a]pyren	0,0001	År
Eten	1	År
Formaldehyd	10	Timme
Partiklar <10 mikrometer, PM 10	30	Dygn
	15	År
Sot	10	År
Ozon	80	Timme
	50	Sommarhalvåret (april-okt)
	70	Åttatimmarsmedelvärde

För att försäkra oss om att målen blir avklarade till 2020 framarbetades 16 delmål som ska vara nådda 2010.

Det finns även regionala miljömål, dessa är i de flesta fall desamma som regeringen antog, dock inte alltid. Ett av undantagen är Skåne där man bl.a. satt ett högre timmedelvärde för kvävedioxid på grund av den stora införseln av smutsig luft från kontinenten (Naturvårdsverket 2008h).

### 3. Luftföroreningar

Begreppet luftföroreningar är flitigt använt, men vad betyder ordet luftföroreningar. En definition är: ”alla ämnen som ändrar luftens naturliga sammansättning” (Luftvård, 1997). Men som med det mesta så är det främst de ämnena som kan orsaka skada på oss människor, både direkt och indirekt som väcker mest intresse (Luftvård, 1997).

När man pratar om luftföroreningar brukar man tala om två olika typer: primära eller sekundära luftföroreningar. Primära luftföroreningar är de luftföroreningar som behåller den formen som de släpps ut som, de undergår alltså ingen omvandling i atmosfären så. Sekundära luftföroreningar är sådana ämnen som bildas i atmosfären, utanför utsläppskällan så som ozon (Luftvård, 1997). Det är inte bara om det är primära eller sekundära luftföroreningar man studerar utan från vilken sorts källa de kommer ifrån: punkt-, linje-, yt-, eller diffusa källor. Det handlar också om i vilken skala man ser på utsläppen, väldigt lokalt som en skorsten eller om man ser på hela staden. Diffusa källor är något som inte kan klassas som någon av de andra t.ex. de jordpartiklar som snurrar upp i atmosfären när en åker plöjs (Luftvård, 1997).

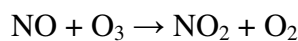
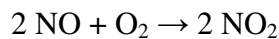
När man ser på luftföroreningarna i en stad och främst på var utsläppen sker, så finns det tre olika nivåer: marknivå, hustaksnivå eller höga skorstenar. Dessa olika nivåer har betydelse i

frågan om hur lätt föroreningarna transporteras bort från utsläppskällan. Utsläpp från marknivå har inte samma möjlighet att transporteras bort på grund av alla byggnader inne i städerna. Husens placeringar gör att det skapas virvlar i luften och detta gör att föroreningarna lättare stannar kvar. Här blir luften då stillastående och det kan leda till att koncentrationen kan vara dubbelt så hög på läsidan än vad den är på motsatta sidan av en väg. Även utsläpp från hustaksnivån kan bli fångade inne i staden, under perioder bildas inversion. Inversion skapar ett lock över staden och luften blir stillastående. Det är egentligen endast utsläpp från höga skorstenar som har den lättaste och snabbaste borttransporten av föroreningarna. De höga skorstenarna hamnar över möjliga inversions-skikt, här är vindhastigheten snabbare på grund av fri väg. Luftföroreningarna transporteras längre bort, det späds även ut mer innan de fälls ut i naturen. Det man kan hålla i huvudet är att detta är bra på lokala nivåer, direkt vid utsläppskällan, när det gäller inverkan på längre avstånd spelar vilken höjd utsläppen sker ingen större roll (Luftvård, 1997).

### 3.1 Kväveoxider (NO<sub>x</sub>)

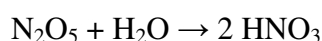
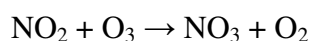
#### 3.1.1 Allmän information

När man pratar om kväveoxider talar man både om kväveoxid (NO) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>). Kväveoxid är det ämnet som oftast släpps ut men det reagerar med syre eller ozon och bildar då kvävedioxid (Luftvård, 1997).



Ser man till huvudsakliga utsläppskällor så har studier visat att den största källan för kväveoxider är bilavgaser (Faus-Kessler et al., 2008). Huvuddelen av det som släpps ut är kvävemoxid, kvävedioxiden står för mindre än 2 %, detta är dock när bilen är i rörelse. När en bil står på tomgång så består avgaserna av 10-20 % av kvävedioxid (Luftvård, 1997).

Reaktionen i atmosfären stannar inte vid att kvävemoxid reagerar och bildar kvävedioxid, kvävedioxiden reagerar sedan vidare och bildar salpetersyra (HNO<sub>3</sub>) (Luftvård, 1997):



Salpetersyran orsakar försurning i skog och mark, vilket leder till att marken lakas ut på näringsämnen och att giftiga metaller kan komma in i det naturliga omloppet. Även aluminium fälls ut och detta påverkar växterna eftersom att aluminium lätt binder till sig fosfor som är ett viktigt näringsämne för växterna (Luftvård, 1997).

Kvävedioxid influerar även koncentrationen av marknära ozon då kvävedioxid bidrar till att detta ämne bildas. Ytterligare en effekt av tillförsel av kväve är övergödning (Luftvård, 1997).

### 3.1.2 Påverkan på växter

Forskning har visat att kväveoxider har en inverkan på växter, det har också påvisats att kväveoxid och kvävedioxider inte har samma effekter. Stora mängder kväveoxid kan skada växternas utveckling, låga koncentrationer kan dock ha en motsatt effekt och fungera som gödning. Detta gäller främst i jordar som redan är kvävefattiga. Kvävedioxid har som sagt inte samma effekt på växter, man har faktiskt inte sett så stor effekt av kvävedioxid överhuvudtaget men vid vissa tillfällen har man iakttagit att höga koncentrationer av kvävedioxid har orsakat klorosis på bladen (Emberson, 2003). Detta är synligt som vita prickar på bladen, vilket indikerar att klorofyllet har försvunnit (Hopkins et al., 2004). I en studie gjord av Ashenden, et al (1978) framkom det att kvävedioxid tillsammans med svaveldioxid hade en skadlig effekt på växter även vid en så låg koncentrationsnivå som 0.15 ppm.

### 3.1.3 Påverkan på människor

I studier som fokuserar på kväveoxidernas påverkan på människors hälsa har man inte uppmärksammat någon direkt negativ inverkan. Vid mycket höga halter under en kortare tid, sådana som kan uppkomma i inneslutna arbetsmiljöer som gruvor, har man påvisat att kvävedioxid orsakar inflammatorisk reaktion i bronkiolerna (om är den yttersta och finaste delen av lungorna) och allmän nedsatt lungfunktion hos annars friska människor (Forsberg, 2001). Svårheten i att få fram resultat om kväveoxider och då främst kvävedioxids effekt på människors hälsa är att forskningen har inriktats mest på att mäta partiklars effekter. Det man kan observera när biltrafiken är den huvudsakliga källan för föroreningarna, är att koncentrationerna av partiklar, kvävedioxid och avgaskomponenter ökar i samma takt. Det man tycker sig ha sett är att antalet dödsfall ökar med 1.3% om 1-timmesmedelvärdet ökar med 50 µg/m<sup>3</sup> (Forsberg, 2001).

## 3.2 Partiklar (PM10)

### 3.2.1 Allmän information

Man kan klassificera partikelmått på många olika sätt (Forsberg, 2001), här använder jag uttrycken PM10 och PM2,5. Denna klassificering talar om storleken på partiklarna, mindre än 10µm (PM10) och mindre än 2.5 µm (PM2,5). PM2.5 ingår självklart som en delmängd i PM10, det är också den största delen (Marcazzan et al., 2001). I benämningen partiklar ingår många olika ämnen. I studien av Marcazzan, et al (2001) framgick tolv olika ämnen och tre olika grupper utifrån vilka huvudkällorna var både naturliga och antropogena (Marcazzan et al., 2001):

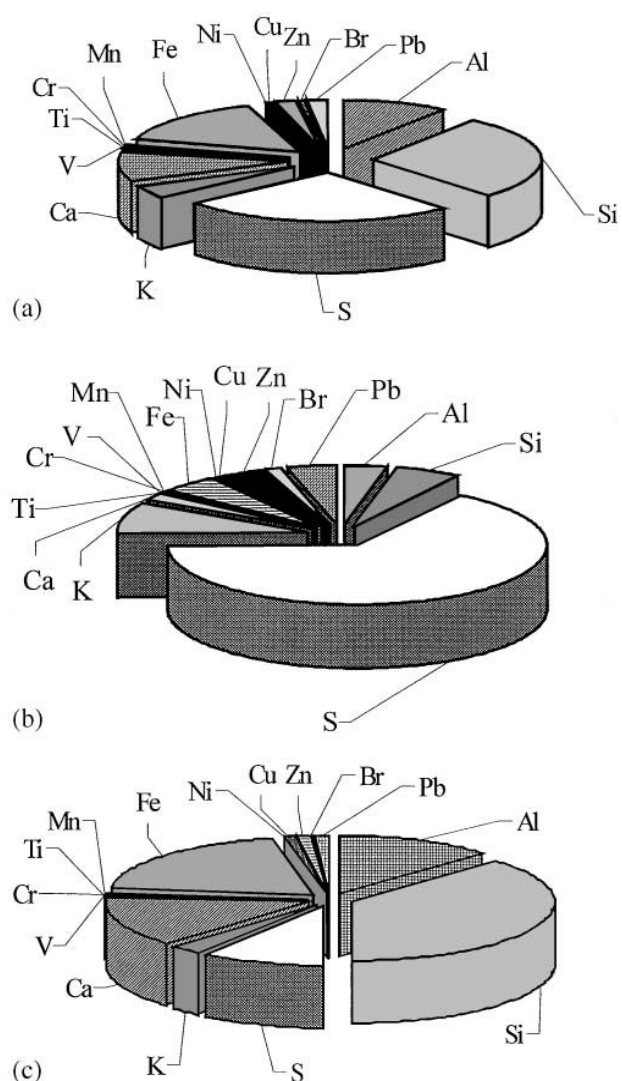


Figure 1: Översiktlig fördelningar av olika ämnen i a) PM10, b) PM2.5, c) PM(10-2.5) (Marcazzan et al., 2001) (med tillstånd från författare)

#### PM10

- Aluminium (Al), kisel (Si), titan (Ti), kalcium (Ca) → jordpartiklar
- Brom (Br), bly (Pb), koppar (Cu), järn (Fe) → bilavgaser
- Mangan (Mn), zink (Zn), kalium (K) och svavel (S) → huvudsakligen från industrier

#### PM2.5

- Aluminium (Al), kisel (Si), titan (Ti) → jordpartiklar
- Brom (Br), bly (Pb), kalium (K) → bilavgaser
- Svavel (S), järn (Fe), mangan (Mn), koppar (Cu), zink (Zn) → mänsklig påverkan

Men generellt tyder studier på att biltrafiken är den största källan till PM2.5 (Naturvårdsverket 2008a).

Dessa grupperingar innefattar dock inte alla ämnena vilket blir tydligt om man studerar figur 1.

Det finns även andra källor som inte tas upp här, andra områden där förbränning sker är energianvändning genom bl.a. vedeldning, arbetsmaskiner och slitage av vägar genom

användning av dubbdäck på icke snöbelagda vägbanor, även andra luftföroreningar kan bilda partiklar i atmosfären. I Skåne finns det även stora problem med att partiklar transporteras in från övriga Europa (Naturvårdsverket 2008k).

Ser man till Europa finns det en gradient från norr till söder med de högsta koncentrationerna funna i syd. Ämnena vars huvudkälla är jorden ökar oftast under sommarmånaderna på grund av att marken blir torrare och att partiklarna då inte är lika bundna och därför kan transporteras bort lättare (Marcazzan, et al., 2001).

### 3.2.2 Påverkan hos växter

Det skador som kan uppstå på växter är inte enhetligt för gruppen partiklar, utan det beror på vilken typ av ämne man studerar och dess kemiska sammansättning och därav vilken reaktionsförmåga den har (Emberson, 2003).

### 3.2.3 Påverkan på människor

Resultat från olika forskningsförsök visar att personer som har utsatts för partiklar från dieselavgaser och sedan gjort någon form av fysisk aktivitet har uppvisat inflammation i luftrören några timmar senare. Studier i Europa som har gjorts utifrån dagboksstudier visar inga tydliga stöd för symtom orsakade av partiklar hos barn. Förklaring till detta är att studierna har varat under så korta tidsperioder och då blir känsliga för andra symtom orsakade av andra luftvägssjukdomar. En studie i Ontario, Kanada, visar att antalet inläggningar på sjukhusen korrelerar med sulfatpartikelhalten (Forsberg et al., 2001). Detta är bara en i raden av studier som visar att en förhöjd halt av partiklar i luften ökar sjukhusinläggningarna för akuta luftvägsproblem. Studier har visat att med ökande halter av partiklar så har antalet dödsfall också ökat (Forsberg B., et. al., 2001), i Sverige har studier visat att partiklar orsakar 5000 förtida dödsfall årligen (Naturvårdsverket 2008k), men man har inte helt och hållet kunnat särskilja om det bara är partiklarna som spelar roll. Det man har sett är att när fossila bränslen är huvudkällan för partiklarna så har symtomen lika gärna eller delvis berott på svavelhalten i luften. Detta gäller även när partiklarna är så kallade sekundärt bildade, men då är det ozon som kan vara delvis inblandad (Forsberg et al., 2001). I en annan undersökning utförd i USA har man också sett i studier av vuxna astmatiker att förhöjda värden av luftföroreningar i samband med snabbverkande astmamedicin gjorde att luftfunktionsvärdena blev bättre än normalt (Forsberg et al., 2001).

### 3.3 Marknära ozon (O<sub>3</sub>)

#### 3.3.1 Allmän information

Marknära ozon har en lång livstid i atmosfären (Naturvårdsverket 2008a) och kan därför transporteras långa sträckor och kan även transporteras i höga koncentrationer (Fuhrer et al., 1997).

Marknära ozon har en säsongsbetonad koncentration med höga halter på våren innan växtsäsongen sätter igång (högst koncentrationer är det under april månad). I studier i norra Sverige har det framgått att växterna börjar sin växtsäsong tidigare än innan och därför så varar säsongen längre. Detta leder till att växten under längre tid kan blir utsatta för marknära ozonet och om växtsäsongen fortsätter att börja tidigare finns det en risk att växtsäsongen vid år 2020 kommer att starta redan i april (Karlsson et al., 2007).

Källor till marknära ozon är trafiksektorn som står för det flesta av luftföroreningarna, den andra stora källan är från energisektorn. Dessa är dock inte det enda eftersom även små utsläpp har betydelse, så som små arbetsmaskiner bl.a. gräsklippare. Även användandet av lösningsmedel har en roll i bildandet av marknära ozon (Naturvårdsverket 2008j).

#### 3.3.2 Påverkan på växter

Marknära ozon tar sig in i växterna genom den oljiga ytan på bladen (kuticula). Väl inne i växten reagerar ozonet med vätskan precis under stomata. Reaktionen skadar cytosolet i växtens celler vilket orsakar att membranet blir mer lättgenomträngligt. Man kan se på en växt att den har blivit skadad av marknära ozon via att klorosis bildas på bladen eller så drabbas bladen av necrosis, vävnad hos växten dör och bildar bronsfärgade fläckar. Dock är det inte alltid så här lätt att se skador orsakade av marknära ozon, ibland uppenbarar sig problemet i form av minskad skogsbiomassa (Emberson, 2003).

#### 3.3.3 Påverkan på människor

Hur starkt en människa reagerar på ozon är individuellt, vissa är mer känsliga mot ozon än andra. Det man har sett i flertalet studier är att ozon påverkar astmatiker lika väl som fullt friska personer och att en ökande ålder minskar känsligheten. Undersökningarna har visat är att vid fysisk aktivitet så är försökspersonerna mer känsliga för låga koncentrationer än om de är stillasittande. Enligt världshälsoorganisationen WHO's *Air Quality Guidelines* ser man en 10 % minskning i lungfunktionen vid exponering av 160 µg/m<sub>3</sub> ozon och detta hos det mest känsliga barn och vuxna. I studier rörande sambandet mellan ozonhalter och antal dödsfall har det framgått att ökande koncentrationer leder till ökande antal dödsfall. Som i en studie rörande sex europeiska städer där det framgick att om det maximala 1-timmesmedelvärdet per dygn ökade med 50 µg/m<sub>3</sub> så ökade antalet dödsfall med 3 % (Forsberg et al., 2001).

### 3.4 Svaveldioxid (SO<sub>2</sub>)

#### 3.4.1 Allmän information

Koncentrationerna av svaveldioxid har minskat dramatiskt efter stora åtgärder för att reducera de svavelrika oljorna (Naturvårdsverket 2008d). Svaveldioxiden bildas under förbränning av fossila bränslen genom oxidation av svavel (Luftvård, 1997). Anledning till det kraftfulla tagen mot utsläppen av svaveldioxid är att svavel är den främsta källa till att marker försuras (Naturvårdsverket 2008c).

Svaveldioxid är ett ämne som kan bli mer skadligt när det verkar tillsammans med andra. Som tidigare nämnts så krävs mindre koncentrationer om svaveldioxid och kvävedioxid reagerar tillsammans (Ashenden et al., 1978), det gäller även för samverkan mellan tungmetaller och svaveldioxid (Zvereva et al., 2008). Men som för kvävedioxid är svaveldioxid inte bara av ondo, då det kommer som ett välkommet tillskott i marker med underskott på svavel (Emberson, 2003).

#### 3.4.2 Påverkan på växter

Svaveldioxid har två vägar in i en växt. Svaveldioxiden kan ta sig in via stomata eller så fälls den ut på ytan av bladet som sulfiter. Sulfiterna reagerar med kuticula på bladens yta och denna reaktion skadar vaxet så att den inte längre har samma skyddande förmåga och nu kan svaveldioxiden ta sig in i växten via de skadade områdena. Som för några av de andra nämnda föroreningarna så ser man svavelangreppet i form av klorosis på bladen. Man ser det även i form av att mångfalden minskar och att växter blir korta (Emberson, 2003).

#### 3.4.3 Påverkan på människor

Svaveldioxid påverkar människors luftvägar genom att reagera med receptorer i det autonoma nervsystemet som orsakar sammandragning av luftvägarna. Svaveldioxid har en starkare effekt hos personer med astma eller kroniska lungsjukdomar. Studierna går isär om huruvida ökade svaveldioxidhalter kan kopplas till ökat antal dödsfall (Forsberg et al., 2001).

## 4. Åtgärder

Styrmedel fungerar från ett top-down perspektiv, med detta menas från de styrandes perspektiv och kan enligt Statens Energimyndighet (2007) delas in i fyra delar:

- *”Administrativa styrmedel: regleringar, gränsvärden för utsläpp, krav på bränsleval och energieffektivitet, långsiktiga avtal och miljöklassning.*
- *Ekonomiska styrmedel: skatter, bidrag, subventioner, pant, handel med utsläppsrätter och handel med certifikat.*
- *Information: upplysning, rådgivning och opinionsbildning.*
- *FUD: Forskning, Utveckling och Demonstration.”*

Det behövs förbättringar inom många områden för att målet *Frisk luft* ska nås bl.a en attitydförändring. Större krav ställs på biltrafiken och energisektorn. Inom biltrafiken så har större krav på avgasrening ökat men denna åtgärd har inte varit tillräckligt efter som antalet bilar har ökat stort. Det räcker inte med att bilens utsläpp minskar, även infrastruktursplaneringen måste förändras. Även den småskaliga vedeldningen i villor måste ändras från småskalig eldning av ved till bl.a. träpellets, eller att man helt går över till fjärrvärme. Internationella åtgärder måste bli starkare inom biltrafiken, energisektorn och sjöfarten (Naturvårdsverket, 2000).

I en rapport av Naturvårdsverket (2000) efterlyser Sveriges samtliga kommuner följande åtgärder för att möjliggöra jobbet med att nå miljömålet *Frisk luft*:

- Tydliggöra länsstyrelsens roll.
- Ekonomiska styrmedel.
- Tidsbegränsning för skrotning av miljöbelastade bilar.
- Fler regler för användning av tvåtaktsmotorer.
- Utsläppskrav på arbetsmaskiner och fordon.
- Bättre avgasrening även för arbetsmaskiner.
- Statligt finansierad samverkansfunktion för hållbara transporter.
- Lagkrav på miljögodkända vedpannor och ackumulatortankar.
- Bidrag eller skattereduktioner till dem som miljöanpassar sin panna.
- Krav på överlåtelseförbud av icke miljögodkända pannor.
- Utbyggnad av fjärrvärmenätet.

Åtgärder som är specifikt för energisektorn tog fram av Statens energimyndighet 2007, i rapporten framkom fyra prioriterade områden där mer insatser ska sättas in: "*effektiva transporter, dynamiska minimieffektivitetskrav för energianvändande utrustning, energianvändarnas beteende i frågor om energieffektivitet och energibesparingar, energiteknik och energiinnovationer samt energibesparingar i byggnader*". Andra områden där stor tyngdpunkt finns är inom utvecklingen av förnybara energikällorna så som vindkraftverk.

Inom sjöfarten finns det regler som reglerar svavel- och kväveoxidutsläppen, dessa regler tros skärpas efter att nya resultat visas. Ett led i att få ner i alla fall kvävdioxid är att alla fartyg ska ha avgasrenare, detta är dock inte gällande över allt vilket leder till att företag kan utlandsregistrera fartyg och då endast köra efter deras lättare regler. Sjöfartsverket håller för närvarande på med att utreda användandet av handel med utsläppsrätter för att ytterligare få ner utsläppen av svavel- samt kvävedioxid. Andra åtgärder som håller på och tas fram är användandet av olika avgifter och andra ekonomiska incitament. Några förslag som ligger för utredning inom EU är införandet av avgasrenare i fritidsbåtar (Sjöfartsverket, 2007).

I Vägverkets (2007) framkom det fyra punkter som prioriteras när det kommer till att nå miljömål nummer 2, *Frisk luft*:



1. *”Renar fordon och arbetsmaskiner*
  - *Skärpta avgaskrav för tunga fordon och arbetsmaskiner, och även för personbilar.*
  - *Snabbare utbyte av äldre fordon i fordonsparken.*
  - *Bättre efterkontroll av avgasrening.*
  - *Upphandlingskrav och resepolicy.*
2. *Mindre mängd slitagepartiklar*
  - *Minskad dubbdäcksanvändning i tätorter med höga partikelhalter på grund av vägtrafiken, genom information och bättre vintervägunderhållning*
  - *Akutåtgärder för att klara MKN (dammbindning/hastighetsnedsättning)*
  - *Fortsatt satsning på FUD om effektiva åtgärder.*
3. *Minskad exponering*
  - *Fokus på var människor vistas.*
  - *Samverkan och stöd till sektorn.*
  - *Bevakning av luftkvalitet i planer och program och motverka minskad ventilation i tätorter.*
4. *Transporteffektivt samhälle.”*

Andra insatser som har gjort i bl.a. Stockholm är införandet av trängselskatter, detta för att få ner mängden bilar inne i centrum.

## **5. Hur ser det ut idag**

Hur ser det nu ut i Sverige idag, kommer vi att klara av att nå delmålen?

Delmålet för kväveoxider kommer inte att nås till 2010. 2006 låg värdena på 174 000 ton och det beräknas ligga på 154 000 ton år 2010 detta är 6 000 ton över delmålet (Naturvårdsverket 2008b). Här skiljer sig Skåne från genomsnittet och låg 2006 redan på 21 500 ton, vilket är 500 ton under delmålet för 2010 (naturvårdsverket 2008i).

Delmålet för kvävedioxid ligger på timmedelvärde på 60 µg/m<sup>3</sup> och ett årsmedelvärde på 20 µg/m<sup>3</sup>. Dessa på värden ska underskridas år 2010. Dessa mål kommer inte att nås till 2010 (Naturvårdsverket 2008g). Här skiljer sig även Skåne från genomsnittet och ligger under delmålet förutom på väldigt trafikerad gator. Men detta tror man sig kunna åtgärda i tid och på så sätt ändå nå delmålen 2010 (Naturvårdsverket 2008h).

Halterna som ska underskridas 2010 är ett dygnsmedelvärde på 35 µg/m<sup>3</sup> och ett årsmedelvärde på 20 µg/m<sup>3</sup>. Idag överskrids delmålet på flera platser och detta är en trend som pekar på att hålla i sig, vilket leder till att man inte tror sig kunna sätta in tillräckligt med åtgärder för att nå delmålet 2010 (Naturvårdsverket 2008g).

Halterna av marknära ozon flerdubblades från 1940-talet fram till 1990-talet då det stabiliserades. De extrema perioderna med väldigt höga ozonhalter minskar, dock ökar bakgrundshalten. Internationella åtgärder som är insatta kommer inte att ha tillräckligt stor

effekt för att delmålet 2010 ska nås (Naturvårdsverket, marknära ozon). Halten som inte får överskridas 2010 är 120 mikrogram/m<sup>3</sup> och detta är ett åtta timmars medelvärde (Naturvårdsverket 2008g).

Enligt delmålet ska halterna av svaveldioxid vara nere på 50 000 ton 2010, detta mål är redan avklarad. År 2006 låg halterna av svaveldioxid på 39 000 ton och om den positiva trenden håller i sig kommer vi 2010 vara nere på 33 000 ton (Naturvårdsverket 2008b). Det som kan rubba denna framtidsplan är sjöfarten som man måste hålla ett vakande öga på (Naturvårdsverket 2008g).

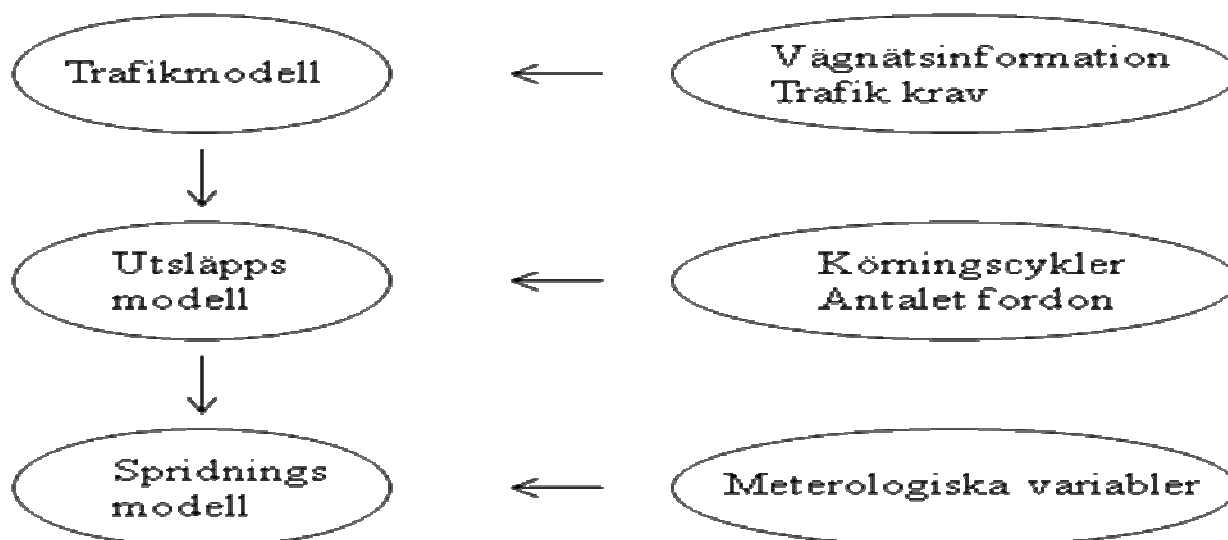
## **6. GIS som ett verktyg inom spridningsmodellering och övervakning**

Det finns inte ett sätt att gå tillväga på när det kommer till användandet av GIS inom studier av luftföroreningar. Allt hänger på vilket syfte som studien har, om det är att få fram hur dagsläget i en stad ser ut eller om det är i ett mer samhällsplanerarna syfte.

### **6.1 Luftföroreningars rumsliga fördelning som underlag i planeringsarbeten I**

Målet med studien utförd av Gualtieri och Tartaglia (1998) var att ta fram ett system som kan hjälpa till vid lokala beslut för att dra ner på luftföroreningar som tillförs av biltrafiken. Grunden till detta system av tre modeller (trafikmodell, utsläppsmodell och spridningsmodell), vilka är byggda på matematiska modeller och flertalet databaser så som vägnäten, trafik kraven, körningscyklerna, antalet bilar i omlopp och meteorologisk data. Strukturen som studien är uppbyggda på kan ses i figur 2.

Trafikmodellen är uppbyggd på vägnätets information och trafik kraven vilket är inlagt som ett O-D matris (origin-destination) alltså start och slutmål för transportererna inom samma område. Utifrån denna information tar modellen fram trafikflödena inom vägnätet och vilka den generella medelhastigheten är med hjälp av transportdata. När trafik modellen är klar kan uppbyggnaden av utsläppsmodellen påbörjas. Ytterligare information behövs i form av körningscykler och antalet fordon som finns inom området, till detta har även olika utsläppsfaktorer lagts in så som ålder på bilarna, bränsletyper och vikt. Även meteorologisk data finns att tillgå, dessa variabler är solinstrålning, vind hastighet och riktning, atmosfärsstabilitet och lufttemperaturer. Information arrangeras för att kunna representera en rad olika meteorologiska scenarier utifrån vilka krav som ställs. Det är denna information som används vid uppbyggnad av spridningsmodell.



Figur 2: Modellstrukturen. (inspirerad av figur 1 i Gualtieri G. och Tartaglia M., 1998)

En av de största fördelarna med att använda GIS är möjligheten att sammankoppla olika data. Till trafikmodellen finns därav information om antalet vägar, längden på vägarna och topografin inom området.

Meteorologiska variabler är dock inte det enda som behövs för att kunna bygga upp en spridningsmodell, man måste även ta hänsyn till vilka luftföroreningar man modellerar och vilka geomorfologiska egenskaper som finns i området. På grund av att man hanterar föroreningar som finns inne i städerna men även de som kan förekomma lite mer på landsbygden så används två olika modeller för att simulera spridningen. I områden som kantas av hus använder man sig av en gaturumsmodell medan man använder en gaussisk spridningsmodell för vägavsnitt som går igenom mer öppna marker (Gualtieri och Tartaglia, 1998).

## 6.2 Luftföroreningars rumsliga fördelning som underlag i planeringsarbeten II

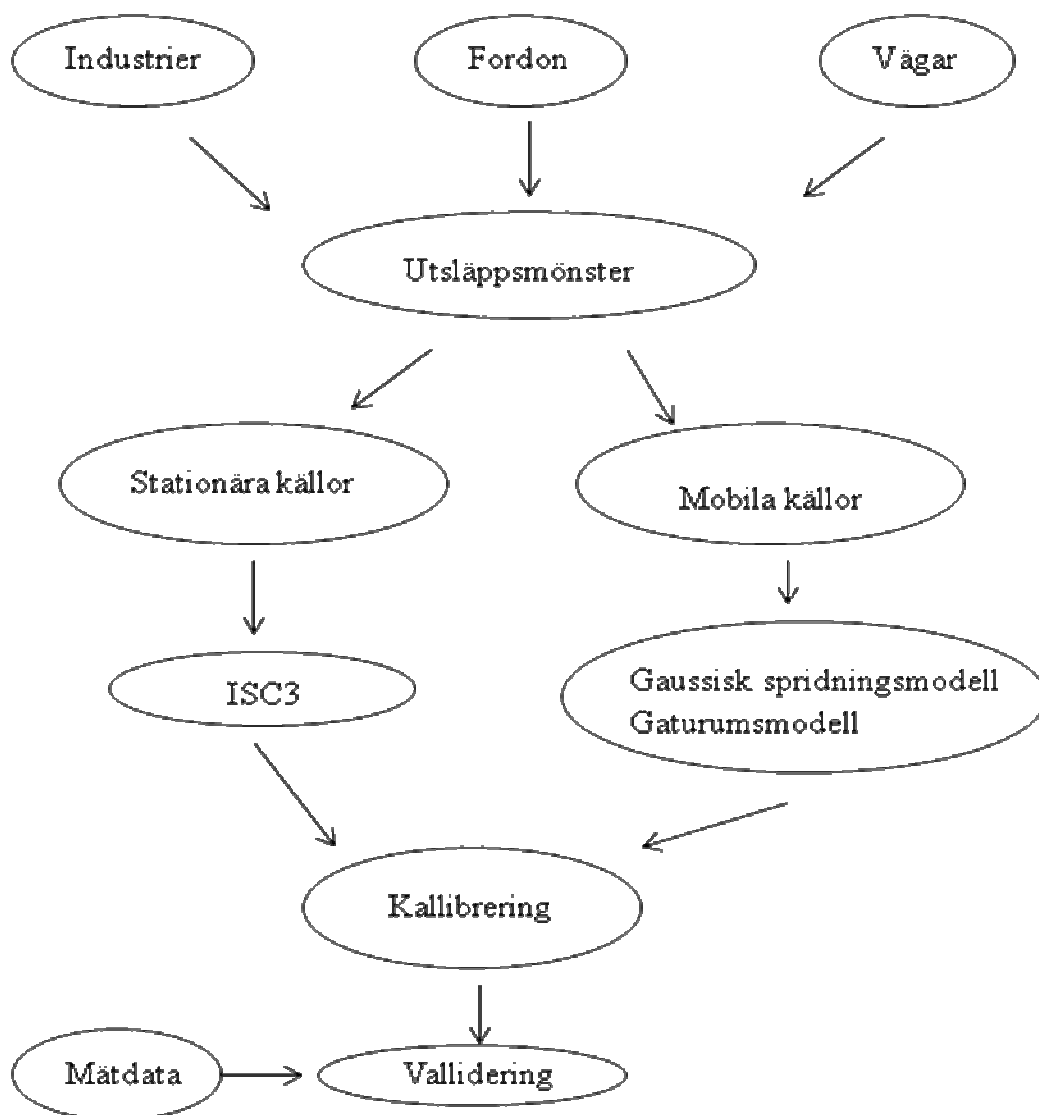
I en studie av Puliafito et al. 2003 utförd i staden Mendoza, Argentina, var målet att skapa ett verktyg med hjälp av GIS där man kan lägga in existerande data och system för att utvärdera en stadens luftföroreningar, den kommer även att kunna användas i studier som studerar hur en stad kan komma att påverkas av t. ex. en ny fabrik.

Information om industrier läggs som ett punktskikt, vägar och fordon representeras som ett linjeskikt med tillkommande information om längd, bredd och antal fordon (även information om hur många människor det finns per bil läggs in). Vägarna klassas i tre olika grupper utifrån trafikintensitet, variation över dygnet och vilken den huvudsakliga användning vägarna har:

- a) primära vägar (huvudvägar)
- b) sekundära vägar (lite mindre vägar)
- c) vägar inne i bostadsområden

Information om tillväxthastigheten i staden finns också att tillgå.

Utifrån informationen skattas utsläppsmönster utifrån av utsläppsfaktorer. Man räknar även ut den omgivande föroreningskoncentrationen. Informationen som framkommer delas in i två olika grupper, en som fokuserar på mobila källor (fordon) och en som fokuserar på stationära källor (industrier), detta för att räkna ut de enskilda emissionerna för de två grupperna (se figur 3).



Figur 3: Modellstruktur (inspirerad av figur 2 i Puliafito et al. 2003)

För att beräkna utsläppen från industrin kan man använda sig av ISC3 (Industrial Source Complex), vilket är en gaussisk spridningsmodell för flera källor. För att lyckas med programmet måste man bl.a. tala om, utsläppsflöden och hastighet, ungefärliga positionen och temperaturen på utsläppen. Information om den lokala meteorologiska situationen behövs också läggas in, med mätvärden inhämtade över flera år. Utsläppen från biltrafiken modellerades genom att använda ett så kallad bottom-upperspektiv. Modellering utförs genom att man räknar antal bilar på huvudlederna, medelhastigheten på vägarna och utsläppsfaktorer. Utsläppsfaktorerna får man ifrån att se på olika typer av bränsle, fordons typer, ålder på fordonen och deras kraft. För att vara säker på att modellen ger en korrekt bild kontrollerar man den genom att utföra en ny modell denna gång med ett topp-nerperspektiv. Här använde man sig bl.a. av de årliga utsläppen, medelavståndet som fordonen har avklarat och den årliga bränsleförbrukningen (Puliafito et al., 2003).

Alla vägar ser inte likadana ut och beroende på karaktären på vägen beräknas utsläppen med hjälp av två olika tillvägagångssätt. Vid vägar som inte har några hinder som hus eller liknande använde man sig av en gaussisk spridningsmodell men för vägar inne i städerna där gatorna är kantade av hus, använde man en gaturumsmodell på grund av den turbulens som bildas. Efter att man nu har räknat ut de enskilda utsläppen slår man ihop de olika utsläppskällorna och lägger in industriutsläppen som bakgrundkoncentration till fordonsutsläppen. För att försäkra sig om att koncentrationsnivå är rätt, utför man en kalibrering där beräkningarna görs om genom att använda resultat från andra studier.

När kalibreringen är utförd jämförs de beräknade nivåerna med faktiska uppmätta värdena i staden. Om värdena inte stämmer överens går man tillbaka till steg två (se figur 3) och börjar kontrollera sina beräkningar. Stämmer jämförelsen går man vidare och producerar kartor över hur situationen ser ut nu och simuleringar olika scenarier (Puliafito et al., 2003).

### 6.3 Satellitdata som komplement till markmätning av luftföroreningar

Studierna som har beskrivits ovan tar upp modellering men inte något om mätningar eller den faktiska övervakningen. Studien som beskrivs nedan tar in denna aspekt (Soharabinia och Khorshiddoust, 2007).

I stället för att använda dyra markmätningar undersöks det om satellitbilder kan användas för övervakning av luftföroreningar i städer (krävs fortfarande någon form av markmätning för komplementering och kontroll av information). Skillnaden är att man i satellitmätningar får den totala mängden föroreningar, medan man i markmätningar får mängden av de enskilda ämnena.

Två satelliter som är i omlopp, Terra och Aqua, har utrustats med en MODIS sensor (moderate resolution imaging spectro-radiometer) för att mäta bl.a. moln, land och havs temperaturer och aerosoler. Satelliterna passerar båda två ekvatorn, men vid två olika tider, Terra passerar ekvatorn vid 10:30 lokaltid medan Aqua passerar vid 13:30 lokaltid. Denna

tidsskillnad gör att de två satelliterna ger mätningar från olika delar av dygnet, Terra ger mätningar från morgonen medan Aqua ger värden från den varmaste tidpunkten på dagen.

All information som Terra och Aqua inhämtar analyseras av NASA. Här igenom framkommer information om atmosfären så som aerosoler. Informationen finns för hela jorden och för varje dag. Genom detta kan man genom att ha koordinaterna för den specifika platsen få fram dess specifika information. Filerna som kan laddas ner innehåller både textfiler, tabeller och diagram. Efter att satellitdatan var tillagd, med en upplösning på 10 km, lades markmätningen in i punktform.

Det negativa med att använda information från satellit data är att endast de allra grövsta partiklarna i luften blir synliga och de mindre hälsofarligare föreningarna förbises.

I studien har man använt GIS för att visualisera luftföroreningarna uppmätta både med hjälp av satellit och markmätningar (Soharabinia och Khorshiddoust, 2007).

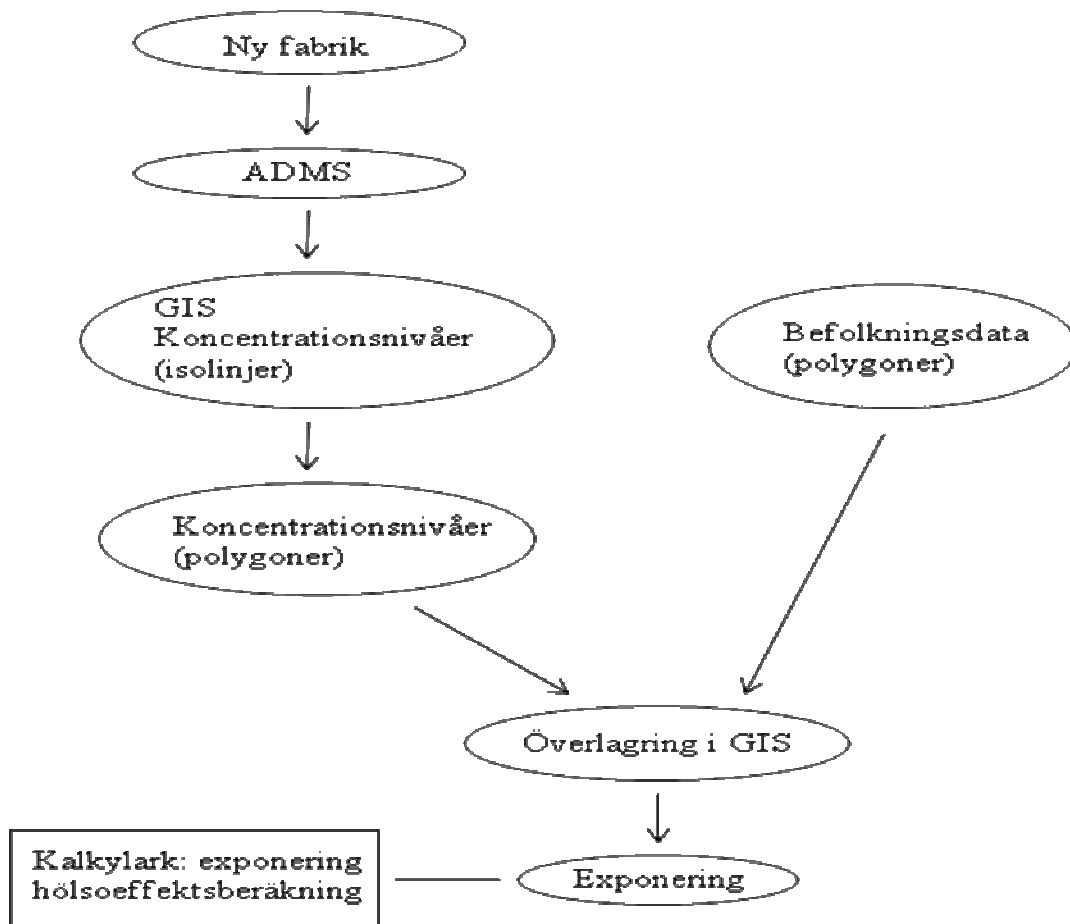
## **7. GIS som ett verktyg för beräkningar av människors exponering och hälsoeffekter**

Till skillnad mot de studier som beskrivits tidigare tar de studier som presenteras nedan in antal människor samtidigt som luftföroreningskoncentrationerna representeras och härigenom räknas eller uppskattas hälsopåverkan.

### **7.1 Hälsoeffekter på grund av nylokalisering av sopförbränningsanläggning**

Syftet i studie av Mindell och Barrowcliffe (2008) var att skatta eventuella hälsoeffekter utifrån en planerad ny sopförbränningsanläggning.

De förväntade utsläppen lades in som källa i en atmosfärisk spridningsmodell (ADMS), vilken beräknar den förväntade koncentrationsökningen utifrån fabriken i form av konturlinjer. Dessa läggs sedan in i ett GIS-program (se figur 4), där konturlinjerna kan göras om till polygoner som tilldelas var sitt koncentrationsvärde. En befolkningsdatabas också i polygoner som delar in populationen i 3 olika åldersgrupper: 0-14, 15-64 och 65+, lades även in i GIS-programmet.



Figur 4: Modellstruktur för studein av Mindell och Barrowcliffe (2008)

En överlagring mellan dessa två skikt genomförs för att möjliggöra en exponeringsberäkning, dvs. hur många personer som utsätts för en given koncentrationsökning. Resultatet kan också användas för att snabbt kunna visualisera PM10-koncentration i förhållande till invånarantalet inom området. Mindell och Barrowcliffe studerade specifikt PM10 koncentrationen och vilken ökning invånarna i staden skulle utsättas för. Sammanlänkat till GIS modellen finns ett kalkylark innehållande information om uppskattningar av olika hälsoeffekter som resultat av PM10 förändringar. Utifrån detta kunde sedan skattningar göras över vilken ökning av negativa hälsoeffekter som skulle kunna uppkomma i det berörda området (Mindell och Barrowcliffe, 2008).

## 7.2 Exponering av luftföroreningar i stadsmiljö

Man kan angripa studierna om människors utsatthet för luftföroreningar på olika sätt, en väg är att ha ett mikroklimatologiskt tillvägagångssätt som i en studie av Jenson (1998). Målet med denna studie var att:

- a) Utveckla en modell för att se på utsattheten genom att sammanlänka information från OSPM (Danish Operational Street Pollution Model) gaturumsmodell, befolkning information, digitala kartor i GIS.
- b) Utföra en luftkvalitetsutvärdering.
- c) Användas i planering av infrastruktur.

Koncentrationshalterna som används är uträknade med hjälp av OSPM, vilket redovisar beräkningarna i form av timvis rådande koncentrationsnivåer. Resultatet får man fram genom att se till de timvisa tillskotten från trafiken, vägstrukturer, den urbana bakgrundskoncentrationen och de rådande meteorologiska förhållandena. Tillskottet från trafiken räknas ut via att beräkna antalet tunga fordon som kör på sträckorna tillsammans med vilka hastigheter som finns på de olika vägsegmenten uträknat för varje timme, antalet kallstarter samt emissions faktorer tillsammans med dygnsmedeltrafik.

Staden är indelad i tre mikroklimatzoner: bostadsområde, arbetsplatser och gator. Det är utifrån dessa områden som exponeringen sedan beräknas. Databaserna som man har tillgång till kan inte sammankopplas för att beräkna den totala exponeringen för en enskild person. Undersökningen beräknar exponeringen på en individ nivå i förhållande till hemadressen, denna personliga exponeringsberäkning är inte möjlig i arbetsmiljösammanhang. Här sker beräkningarna i förhållande till alla som jobba inom samma byggnad. Exponeringen som beräknas i gaturumsmiljö är inte heller på individnivå, utan precis som för jobbarbetsplatsen är det en uträkning för en population och den sammanlagda tiden som spenderas i gaturummet. Modellen kan nu användas för att längre fram användas för att utvärdera luftkvaliteten i staden samt i planarbete inom infrastruktur (Jenson, 1998).

### 7.3 URBAN-modellen

I Sverige har man under de senaste 20 åren studerat de urbana luftföroreningskoncentrationerna i förhållande till dess hälsoeffekter. Denna studie har utförts genom ett samarbete mellan IVL, Svenska miljöinstitutet och en tredjedel av de små och medelstora svenska städer. Utifrån dessa resultat har en empirisk modell (URBAN-modellen) tagits fram. Modellen används till att utvärdera luftkvaliteten och kan användas i områden där uppmätta värden saknas. När man först utvecklade URBAN-modellen användes den som ett verktyg för att övervaka luftföroreningarna så att de inte överskred nationella gränsvärden. Genom en vidareutveckling kan modellen nu även få fram spridningsmönster i ett område. Detta är möjligt genom att meteorologisk information lagts in. Det är med denna vidareutvecklade URBAN-modellen som denna studie har genomförts med målet att beräkna kvävedioxidexponeringen i Sverige (Sjöberg et al., 2007).

En logaritmisk modell räknar ut kvävedioxidutsläppen med antagandet att kvävedioxidutsläppen är direkt proportionerliga till antalet invånare i en stad. Uträkningen gäller endas inom ett begränsat område. För att uträkningen ska kunna appliceras för hela landet använder man sig av en geografisk spridningsmodell vilken bygger på kunskap om invånardensiteten över landet .



Genom den observerade bakgrundskoncentrationen kan man i URBAN-modellen räkna fram ett koncentrationsmönster av kvävedioxid. Man kan även räkna fram utbredning av luftföroreningar inne i städerna. I denna uträkning utgår man ifrån att det finns en gradient i staden som minskar ju längre från stadens kärna man kommer.

För att räkna ut den totala exponeringen jämför man förhållandet mellan de uppmätta koncentrationerna och populationsutbredning. Detta talar dock bara om hur många människor som utsätts för en viss koncentration av kvävedioxid. För att få fram hälsoeffekter använder man sig av en exponering-respons funktion (denna används både på kort- och långtidsexponering) tillsammans med det beräknade kvävedioxidkoncentrationen som invånaren utsätts för.

De regionala bakgrundskoncentrationerna är beräknade genom att mätvärden från 73 olika områden interpoleras och presenteras i ett 1x1 km rutnät. Man beräknar koncentrationen för två månaders medelvärde, detta för att få med säsongförändringar och för att kunna använda sig av så många områden som möjligt. Totalt sett så blir det sex stycken kartor med två månaders interpolerade värden. Från dessa sex kartor beräknar man sedan en karta som representerar det årliga bakgrundskoncentrationen i Sverige.

Genom beräkningar via bakgrunds nätverket räkna man ut hur stort inflytande den regionala bakgrundskoncentrationen har på lokal nivå. Denna uträkning dras från den lokala kvävedioxidhalten för att få fram värden på hur mycket de regionala bakgrundsföroreningarna bifogar på lokal nivå. Detta för att det är endast denna halt som blir klassificerade.

Beroende på hur stor staden är så ser spridningsmönstren olika ut. Man fann att antalet invånare i staden var starkt korrelerad till stadens storlek. På grund av denna skillnad i storlek mellan städerna fick man använda olika metoder för att få fram de varierande mönstren mellan städerna (Sjöberg et al., 2007).

När man har fått fram en karta över hur spridningen av kvävedioxidkoncentrationen i urbana områden ser ut lägger man in den tillsammans med kartan för bakgrundskoncentrationen och får då fram en slutlig karta över kvävedioxidkoncentrationen i Sverige. Denna karta jämförs med populationsnätverkskartan och exponeringen inom varje enskilt område i nätverket uppskattas.

Befolkningsdata som används i denna studie kommer från EEA (European Environment Agency) och visar Sveriges befolknings mängd 2001, vilket var 8 899 724 invånare.

Man använder sig av ett 1x1 km rutnät och delar in befolkningen i tre grupper utifrån var de bor i förhållande till markanvändningen:

- 60 % bor i tätorter (här utgår man ifrån att densiteten avtar ju längre bort från stadens kärna man kommer).
- 35 % bor på öppna landskapsmarker, så som jordbruksmarker.
- 5 % bor i skogsmarker.

En del av syftet med URBAN-modells rapporten är att se på hur människor påverkas av luftföroreningarna. För att kunna genomföra en hälsoeffektsutvärdering använder man sig av en exponering-respons funktionen och av relevant befolkningsdata. Utifrån detta skriver man ihop en hälsoeffektsfunktion, vilken består av fyra huvudkomponenter:

$y_0$  = base-line rate

pop. = antalet påverkade individer

$\beta$  = exponering-respons funktion

$x$  = uppskattad exponering

Detta ger tillsammans ekvationen:  $y = (y_0 \times \text{pop})(e^{\beta x} - 1)$

Siffrorna som används under benämningen base-line rate är 903/10 000 och 2 602/10 000 samt 1 010/10 000, dessa siffror talar om att utav 10000 inlagda personer var 903 inlagda för andningsbesvär orsakat av luftburna föroreningar och 2 602 var inlagda för hjärt-kärlsjukdomar orsakade av luftburna föroreningar samt utav 10 000 rapporterade dödsfall vara 1 010 orsakade av luftburna föroreningar.

För att få fram exponering-respons funktionen genomfördes en litteraturstudie. Fyra olika artiklar (Sjöberg et al., 2007) framkom vilka alla hade ett forskningsupplägg och exponeringsdata som gav en exposure-respons funktion för förhållandet mellan långtidsexponering för kvävedioxid och dödlighet.

Man gjorde även en uträkning för korttidsexponering, här talar man om sjukhusinläggningar och inte dödsfall. Dock var det svårare att hitta en exponering-respons funktion, detta p.g.a att det inte finns direkta studier om endast kvävedioxid vad gäller sjukhusinläggningar för andningsbesvär. Det var dock lättare att hitta studier omkring exponering-respons funktionen angående sjukhusinläggningar för hjärt-kärlsjukdomar (Sjöberg et al., 2007).

## 8. Diskussion

Det finns likheter mellan de fyra ämnena (kväveoxider, partiklar, ozon och svaveldioxid) som tas upp i arbetet. Ser man till dess effekter på växter så är det skador på blad i form av nedbrytning av klorofyll eller till och med nedbrytning av vävnad. Alla av dem tar sig in via stomata och genom detta kommer de rakt in i växten. Dock är dessa två effekter lätta att se och därav kan insatser för att förbättra sättas in snabbare. Detta är inte fallet när man ser till bl.a. ozon som inte behöver lämna några direkt synliga tecken utan skadan blir mer tydlig efterhand då mängden biomassa minskar.

Ämnena har inte bara en negativ effekt på växter utan även på oss människor. De effekter som man ser är att alla påverkar våra lungor. Påverkan sker på olika nivåer eftersom de olika föroreningarna kommer olika långt in i lungorna och påverkar därav olika delar. I de flesta fall så har personer som redan lider av nedsatt lungfunktion genom astma eller annan kronisk

lungsjukdom mer besvär av de luftburna ämnena. I undersökningar av marknära ozon har det framkommit att det inte verkar finnas någon koppling till redan nedsatt lungfunktion. Skillnaden är helt individuell och det har även framgått att man blir mer tolerant ju äldre man blir. Alarmerande är att dessa fyra ämnen inte bara påverkar våra lungor och därav vår fysiska förmåga utan det också har visats att dödligheten ökar då koncentrationen av dessa ämnen ökar.

Utifrån forskningen av olika luftburna föroreningar som man befärar ha en negativ effekt på oss människor, kan man konstatera att det är ett komplicerat område med många olika förhållanden som påverkar. Det man kan se som en övergripande bild av forskningen kring hälsoeffekterna av luftföroreningar är att det är svårt att särskilja mellan olika ämnen i studier utförda i städer, detta på grund av att ämnena samverkar inne i städerna. Resultat från studier i städerna är mer indikationer på olika ämnens effekter. Dock finns det resultat för det enskilda ämne rörande dess skadliga nivåer, vilka har tagits fram i kontrollerade laborationsmiljöer, vilket inte representerar förhållandena i verkligheten.

De luftburna ämnenas negativa hälsoeffekter på oss människor gör att politikerna har agerat och satt upp ett antal miljömål varav nummer 2, Frisk Luft, rör de fyra ämnena som behandlas i uppsatsen. Ser man hur vi ligger till att faktiskt klara av de delmål som har satts upp för att klara av huvudmålen ser det inte bra ut. Delmålen för tre utav fyra ämnen (kväveoxider, partiklar och marknära ozon) kommer inte att nås till 2010. Det som är den positiva är att delmålet för svaveldioxid redan är nått och den neråtgående trenden verkar hålla i sig. Det som man måste se upp för och som är det svarta fåret i miljöarbetet är båttrafiken. I Sverige finns regler som styr båttrafiken precis som det finns för biltrafiken, företagen kan dock komma undan detta genom att utlandsregistrera sina fartyg. Fartygen är då bara tvungna att följa detta lands regler och regelverken är inte lika hårda i andra länder.

Övervakning av luftföroreningskoncentrationer sker genom att mätresultat samlas in och läggs in i GIS för att sedan fördela de över staden. Den faktiska mätningen behöver inte ske med dyra markmätningar. Nu börjar man undersöka om satellitdata kan användas som informationsbas för luftburna föroreningar. Satellitdata är ett bra alternativ till undersökningar i svåråtkomliga områden. Det som är negativt med att använda satellitdata är att man med denna metod endast får den totala mängden och endast de grövsta partiklarna som är möjliga att detektera.

Spridningsmodellering av luftföroreningar inne i städer kan inte angripas helt homogent. Stadens gator är kantade av hus och bildar något som man kan likna vid en dal. Luften som befinner sig inne i denna dal blir mer turbulent än luft som finns ut i det öppna åkerlandskapet. För den mindre turbulenta luften kan man använda sig av en gaussisk spridningsmodell, vilket bygger på att föroreningen är som störst precis vid utsläppskällan och sedan avtar enligt normalfördelningen. För luften inne i städerna använder man sig av en gaturumsmodell. Denna tar hänsyn till bl.a. virvlar som kan bildas. Vad använder man då GIS till i dessa modelleringar? GIS fungerar som en sammankopplande länk mellan de olika modeller och skapar en helhet och en rumslig fördelning. Inne i GIS kan man även sedan koppla till olika attributdata för ytterligare information.

Två studier har redovisats som använder både gaussisk spridningsmodell och gaturumsmodell; Gualtieri och Tartaglia (1998) samt Soharabinia och Khorshiddoust (2007). En skillnad mellan studierna är att Gualtieri och Tartaglia endas tar in biltrafiken medan Soharabinia och Khorshiddoust även tar in industrins påverkan. Den sistnämnda studien kalibrerar och validerar även sina resultat, vilket är viktigt för att skapa en modell som stämmer överens med verkligheten.

När man utvidgar modellerna till och även innefatta människor, så måste man först utgå från samma principer som studierna ovan. Man måste få fram hur situationen ser ut i staden, hur meteorologin ser ut för att därav kunna uppsatta hur föroreningar sprids. Till detta lägger man sedan till hur många människor som bor inom ett speciellt område och hur de är utspridda. Genom att göra en överlagring så får man fram antal människor på en yta tillsammans med koncentrationsnivån inom samma område. Det som blir det svåra och som kräver att man går varsamt framåt är att man nu kommer hantera information om människor.

SCB, Statistiska Centralbyrån, har hand om hanteringen av befolkningsdata i Sverige, det utför mängder av olika statistiska beräkningar. Personnummer används flitigt i Sverige och dessa nummer kan koppla samman en person med adresser genom att samköra persondata med Lantmäteriets databaser. På grund av att man kan härifrån få tag på privat information så som ekonomi och hälsa, är användandet hårt reglerat. För att undkomma problematiken med kan man gå tillväga på två olika sätt, vilka båda tar bort en helt individuella aspekt. Man kan använda sig av så kallad statistiska areor, vilket delar in ett område utifrån hushåll eller postnummer densitet. Ett annat tillväga gångsätt är att dela in området i ett rutnät.

Det finns olika tillvägagångssätt för att jobba med data på en mer individuell nivå, som i en studie av Stroh (2006) där man använde sig av två olika dataset. I dataset 1 använde de sig av koordinatsystem för hushållen, huset representeras av en punkt som har korresponderade attributdata som talar om antalet i hushållet, kön och ålder. I data set 2 representerade man delar in ett område i ett rutnät med 1 km x 1 km rutor och alla individer placerades i mitten av denna ruta. Till denna punkt länka man information i form av kön, födelseår, födelseland, inkom från föregående år, utbildningsnivå och civilstånd (Stroh, 2006).

Även om båda dessa sätten avpersonifierar uppgifterna relativt mycket finns det fortfarande så passa många uppgifter att det inte är svårt att ta reda på mer. Därför så är användandet av sådana här uppgifter satta under strikt uppsyn och ska tas igenom ett etiskt råd, där var fall prövas individuellt.

## **9. Slutsats**

Kvävedioxid, partiklar, ozon och svaveldioxid har alla negativa effekter på människor i form av bland annat inflammerade luftrör. Ämnen har även en negativ inverkan i växtriket med klorosis och minskad mångfald som vanliga tecken.

Utvecklingen av GIS har gjort att övervakningen av luftföroreningar har blivit lättare. GIS är ett viktigt redskap i övervakningen, viktigt är även att det blir lätt att belysa ifall något inom

stadsplaneringen som behöver ändras eller om placering av nybyggnationer behövs omprövas. I studierna i denna uppsats används GIS som en hjälp för att sammankoppla information som har framtagits genom modeller utförda utanför GIS. Detta gör att GIS används likadant i både studier rörande spridningsmodellering och studier rörande hälsoeffekter.

Åtgärderna som har satts in har inte varit tillräckliga för att delmålen till 2010 ska nås. Nya insatser planeras för att få igång arbetet på allvar. Utöver att de stora företagen rättar sig efter nya regler som sätts in är det viktigt att inte glömma bort det enskildes ansvar. Det är viktigt att sprida kunskaper för att försöka skapa en attitydförändring och ett förändrat beteende.

## 10. Referenslista

Ashenden T. W., Mensfield T. A. (1978) Extreme pollution sensitivity of grasses when  $SO_2$  and  $NO_2$  are present in the atmosphere together. *Nature*, 273: 5658, ss. 142-143.

Emberson L., Ashmore M., Frank M (2003). *Air Pollution Impacts on Crops and Forests, A Global Assessment*. Imperial College press.

Faus-Kessler T., Kirchner M., Jakobi G. (2008). Modelling the decay of concentrations of nitrogenous compounds with distance from roads. *Atmospheric Environment*, 42: 19, ss. 4589-4600.

Forsberg B., Bylin G. (2001). Uteboken, En bok för alla som bryr sig om en hälsosam utomhusmiljö. Naturvårdsverket Förlag.

Gualtieri G., Tartaglia M., (1998). Predicting urban traffic air pollution: A GIS framework. *Transportation research part D-transport and environment*, 3: 5, ss. 329-336.

Hopkins W.G., Hüner N.P.A., (2004). *Introduction to plant physiology*. Wiley, John Wiley & Sons, Inc.

Jenson S.S., (1998). Mapping human exposure to traffic air pollution using GIS. *Journal of hazardous materials* 61: 1-3, ss. 385-392.

Karlsson P. E., Tang L., Sundberg J., Chen D., Lindskog A., Pleijel H. (2007) Increasing risk for negative ozone impacts on vegetation in northern Sweden. *Environmental Pollution*, 150: 1, ss. 96-106.

Luftvård, 6 upplagan (1997). Avdelningen för tillämpad miljövetenskap, Göteborgs universitet.

Marcazzan G. M., Vaccaro S., Valli G., Vecchi R. (2001). Characterisation of PM10 and PM2.5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy). *Atmospheric Environment*, 35: 27, ss. 4639-4650.

Mindell J., Barrowcliffe R., (2008). Linking environmental effects to health impacts: a computer modelling approach for air pollution. *Journal of epidemiology and community health*, 59: 12, ss. 1092-1098.

Naturvårdsverket, 2000. Bilaga 2, Regionalt miljöarbete. Underlag till fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet Frisk luft,

Puliafita E., Guevara M., Puliafita C., (2003). Characterization of urban air quality using GIS as a management system. *Environmental Pollution* 122: 1, ss. 105-117.

Sjöberg K., Haeger-Eugensson M., Forsberg B., Åström S., Hellsten S. Och Tang L. 2007. Quantification of population exposure to nitrogen dioxide in Sweden 2005. IVL Svenska miljöinstitutet.

Sjöfartsverket, 2007. Sjöfartsverkets underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålen (FU-08) Rapportering enligt miljömålsrådets riktlinjer.

Soharabinia M., Khorshiddoust A. M., (2007). Application of satellite data and GIS in studying air pollutants in Tehran. *Habitat International*, 31: 2, ss. 268-275.

Statens energimyndighet, 2007. Energi som miljömål.

Stroh E., 2006. The use of GIS in exposure-response studies. A regional study of air pollution and noise in southern Sweden. **Licent....?** thesis, Department of Physical Geography and Ecosystem Analysis, Lunds University.

Vägverket, 2007. Fördjupningsdokument miljö – Frisk luft.

Zvereva E. L., Toivonen E., Kozlov M. V. (2008). Changes in species richness of vascular plants under the impact of air pollution: a global perspective. *Global Ecology and Biogeography*, 17: 3, ss. 305-319.

Internet adresser:

Naturvårdsverket 2008a, symtom (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Luftkvalitet/Halsan-paverkas/Vanliga-symptom/> 2008-10-19

Naturvårdsverket 2008b, delmål 3 (Elektronisk) Tillgänglig:  
[http://miljomal.nu/nar\\_vi\\_malen/miljomalen/delmal3.php#3](http://miljomal.nu/nar_vi_malen/miljomalen/delmal3.php#3) (2008-10-19)

Naturvårdsverket 2008c, svaveldioxid (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://miljomal.nu/Pub/Indikator.php?MmID=3&InkID=Sva-37-NV&LocType=CC&LocID=SE> 2008-10-19

Naturvårdsverket 2008d, bakgrund (Elektronisk) Tillgänglig:  
[http://www.miljomal.nu/om\\_miljomalen/bakgrund.php](http://www.miljomal.nu/om_miljomalen/bakgrund.php) (2008-10-19)

Naturvårdsverket 2008e, miljömål 2 (Elektronisk) Tillgänglig:  
[http://miljomal.nu/om\\_miljomalen/miljomalen/mal2.php#luft\\_1](http://miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal2.php#luft_1) (2008-10-19)

Naturvårdsverket 2008f, miljömålen (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/>  
(2008-10-19)

Naturvårdsverket 2008g, delmål 2 (Elektronisk) Tillgänglig:  
[http://miljomal.nu/nar\\_vi\\_malen/miljomalen/delmal2.php#2](http://miljomal.nu/nar_vi_malen/miljomalen/delmal2.php#2) (2008-10-19)

Naturvårdsverket 2008h, Frisk luft Skåne län (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://miljomal.nu/Pub/RegUpp.php?MmID=2&LocType=Lan&LocID=12> (2008-10-19)

Naturvårdsverket 2008i, Bara naturlig försurning Skåne län (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://miljomal.nu/Pub/RegUpp.php?MmID=3&LocType=Lan&LocID=12> (2008-10-20)

Naturvårdsverket 2008j, marknära ozon (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://miljomal.nu/Pub/Indikator.php?MmID=2&InkID=Ozo-27-NV&LocType=CC&LocID=SE> (2008-10-20)

Naturvårdsverket 2008k, partiklar (Elektronisk) Tillgänglig:  
<http://miljomal.nu/Pub/Indikator.php?MmID=2&InkID=Par-222-NV&LocType=CC&LocID=SE> 2008-10-20

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND.

Serien startade 1985. Uppsatserna är även tillgängliga på <http://www.geobib.lu.se/>

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.

Report series started 1985. Also available at <http://www.geobib.lu.se/>

90. Poussart, J-N., (2002): Verification of Soil Carbon Sequestration - Uncertainties of Assessment Methods.
91. Jakubaschk, C., (2002): Acacia senegal, Soil Organic Carbon and Nitrogen Contents: A Study in North Kordofan, Sudan.
92. Lindqvist, S., (2002): Skattning av kväve i gran med hjälp av fjärranalys.
93. Göthe, A., (2002): Översvämningskartering av Vombs ängar.
94. Lööv, A., (2002): Igenväxning av Köphultasjö – bakomliggande orsaker och processer.
95. Axelsson, H., (2003): Sårbarhetskartering av bekämpningsmedels läckage till grundvattnet – Tillämpat på vattenskyddsområdet Ignaberga-Hässleholm.
96. Hedberg, M., Jönsson, L., (2003): Geografiska Informationssystem på Internet – En webbaserad GIS-applikation med kalknings- och försurningsinformation för Kronobergs län.
97. Svensson, J., (2003): Wind Throw Damages on Forests – Frequency and Associated Pressure Patterns 1961-1990 and in a Future Climate Scenario.
98. Stroh, E., (2003): Analys av fiskrättsförhållandena i Stockholms skärgård i relation till känsliga områden samt fysisk störning.
99. Bäckstrand, K., (2004): The dynamics of non-methane hydrocarbons and other trace gas fluxes on a subarctic mire in northern Sweden.
100. Hahn, K., (2004): Termohalin cirkulation i Nordatlanten.
101. Lina Möllerström (2004): Modelling soil temperature & soil water availability in semi-arid Sudan: validation and testing.
102. Setterby, Y., (2004): Igenväxande hagmarkers förekomst och tillstånd i Västra Götaland.
103. Edlundh, L., (2004): Utveckling av en metodik för att med hjälp av lagerföljdsdata och geografiska informationssystem (GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne.
104. Schubert, P., (2004): Cultivation potential in Hambantota district, Sri Lanka
105. Brage, T., (2004): Kvalitetskontroll av servicedatabasen Sisyla
106. Sjöström., M., (2004): Investigating Vegetation Changes in the African Sahel



1982-2002: A Comparative Analysis Using Landsat, MODIS and AVHRR  
Remote Sensing Data

107. Danilovic, A., Stenqvist, M., (2004): Naturlig förnyring av skog
108. Materia, S., (2004): Forests acting as a carbon source: analysis of two possible causes for Norunda forest site
109. Hinderson, T., (2004): Analysing environmental change in semi-arid areas in Kordofan, Sudan
110. Andersson, J., (2004): Skånska småvatten nu och då - jämförelse mellan 1940, 1980 och 2000-talet
111. Tränk, L., (2005): Kadmium i skånska vattendrag – en metodstudie i föroreningsmodellering.
112. Nilsson, E., Svensson, A.-K., (2005): Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Luang Phrabang Province, Lao PDR. A Minor Field Study.
113. Svensson, S., (2005): Snowcover dynamics and plant phenology extraction using digital camera images and its relation to CO<sub>2</sub> fluxes at Stordalen mire, Northern Sweden.
114. Barth, P. von., (2005): Småvatten då och nu. En förändringsstudie av småvatten och deras kväveretentionsförmåga.
115. Areskoug, M., (2005): Planering av dagsutflykter på Island med nätverkanalys
116. Lund, M., (2005): Winter dynamics of the greenhouse gas exchange in a natural bog.
117. Persson, E., (2005): Effect of leaf optical properties on remote sensing of leaf area index in deciduous forest.
118. Mjöfors, K., (2005): How does elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration affect vegetation productivity?
119. Tolleback, E.,(2005): Modellering av kväveavskiljningen under fyra år i en anlagd våtmark på Lilla Böslid, Halland
120. Isacson, C., (2005): Empiriska samband mellan fältdata och satellitdata – för olika bokskogsområden i södra Sverige.
121. Bergström, D., Malmros, C., (2005): Finding potential sites for small-scale Hydro Power in Uganda: a step to assist the rural electrification by the use of GIS
122. Magnusson, A., (2005): Kartering av skogsskador hos bok och ek i södra Sverige med hjälp av satellitdata.
123. Levallius, J., (2005): Green roofs on municipal buildings in Lund – Modeling potential environmental benefits.
124. Florén, K., Olsson, M., (2006): Glacifluviala avlagrings- och erosionsformer i sydöstra Skåne – en sedimentologisk och geomorfologisk undersökning.
125. Liljewalch-Fogelmark, K., (2006): Tågbuller i Skåne – befolkningens exponering.
126. Irminger Street, T., (2006): The effects of landscape configuration on species richness and diversity in semi-natural grasslands on Öland – a preliminary study.
127. Karlberg, H., (2006): Vegetationsinventering med rumsligt högupplösande

- satellitdata – en studie av QuickBirddata för kartläggning av gräsmark och konnektivitet i landskapet.
- 128 Malmgren, A., (2006): Stormskador. En fjärranalytisk studie av stormen Gudruns skogsskador och dess orsaker.
- 129 Olofsson, J., (2006): Effects of human land-use on the global carbon cycle during the last 6000 years.
- 130 Johansson, T., (2006): Uppskattning av nettoprimärproduktionen (NPP) i stormfällan efter stormen Gudrun med hjälp av satellitdata.
- 131 Eckeskog, M., (2006): Spatial distribution of hydraulic conductivity in the Rio Sucio drainage basin, Nicaragua.
- 132 Lagerstedt, J., (2006): The effects of managed ruminants grazing on the global carbon cycle and greenhouse gas forcing.
- 133 Persson, P., (2007): Investigating the Impact of Ground Reflectance on Satellite Estimates of Forest Leaf Area Index
- 134 Valoczi, P. (2007): Koldioxidbalans och koldioxidinnehållsimulering av barrskog I Kristianstads län, samt klimatförändringens inverkan på skogen.
- 135 Johansson, H. (2007): Dalby Söderskog - en studie av trädarternas sammansättning 1921 jämfört med 2005
- 137 Kalén, V. (2007): Analysing temporal and spatial variations in DOC concentrations in Scanian lakes and streams, using GIS and Remote Sensing
- 138 Maichel, V. (2007): Kvalitetsbedömning av kväveretentionen i nyanlagda våtmarker i Skåne
- 139 Agardh, M. (2007): Koldioxidbudget för Högestad – utsläpp/upptag och åtgärdsförslag
- 140 Peterz, S. (2007): Do landscape properties influence the migration of Ospreys?
- 141 Hendrikson, K. (2007): Småvatten och groddjur i Täby kommun
- 142 Carlsson, A. (2008): Antropogen påverkan i Sahel – påverkar människans aktivitet NDVI uppmätt med satellit.
- 143 Paulsson, R. (2008): Analysing climate effect of agriculture and forestry in southern Sweden at Högestad & Christinehof Estate
- 144 Ahlstrom, A. (2008): Accessibility, Poverty and Land Cover in Hambantota District, Sri Lanka. Incorporating local knowledge into a GIS based accessibility model.
- 145 Svensson T. (2008): Increasing ground temperatures at Abisko in Subarctic Sweden 1956-2006
- 146 af Wåhlberg, O. (2008): Tillämpning av GIS inom planering och naturvård - En metodstudie i Malmö kommun.
- 147 Eriksson, E. och Mattisson, K. (2008): Metod för vindkraftslokalisering med hjälp av GIS och oskarp logik.
- 148 Thorstensson, Helen (2008): Effekterna av ett varmare klimat på fenologin hos

- växter och djur i Europa sedan 1950.
- 149 Raguz, Veronika (2008): Karst and Waters in it – A Literature Study on Karst in General and on Problems and Possibilities of Water Management in Karst in Particular.
  - 150 Karlsson, Peggy (2008): Klimatförändringarnas inverkan på de svenska vägarna.
  - 151 Lyshede, Bjarne Munk (2008): Rapeseed Biodiesel and Climate Change Mitigation in the EU.
  - 152 Sandell, Johan (2008): Detecting land cover change in Hambantota district, Sri Lanka, using remote sensing & GIS.
  - 153 Elgh Dalgren, Sanna (2008): vattennivåförändringar I Väner och dess inverkan på samhällsbyggnaden I utsatta städer
  - 154 Karlgård, Julia (2008): Degrading peat mires in northern Europe: changing vegetation in an altering climate and its potential impact on greenhouse gas fluxes.
  - 155 Dubber, Wilhelm and Hedbom, Mari (2008) Soil erosion in northern Loa PDR – An evaluation of the RUSLE erosion model
  - 156 Cederlund, Emma (2009): Metodgranskning av Klimatkommunernas lathund för inventering av växthusgasutsläpp från en kommun
  - 157 Öberg, Anna (2009): GIS-användning i katastrofdrabbade utvecklingsländer
  - 158 Marion Früchtl & Miriam Hurkuck (2009): Reproduction of methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions
  - 159 Florian Sallba (2009): Potential of a Post-Classification Change Detection Analysis to Identify Land Use and Land Cover Changes. A Case Study in Northern Greece