

Förslag till nationellt övervakningsprogram för marknära ozon

För Naturvårdsverket

Karin Sjöberg

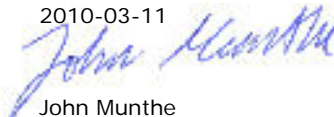
Per Erik Karlsson

Marie Haeger-Eugensson

2010-03-08

Arkivnummer: U2325

Godkänd av:
2010-03-11



John Munthe
Forskningschef

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
1 Inledning.....	7
2 Beskrivning av luftkvalitetsdirektivet.....	7
2.1 Allmänt.....	7
2.2 Målvärden och långsiktiga mål.....	8
2.2.1 Målvärden.....	8
2.2.2 Långsiktiga mål.....	9
2.2.3 Informationströsklar.....	9
2.2.4 Jämförelse med miljökvalitetsnormer.....	9
2.3 Krav på övervakning.....	9
2.3.1 Antal mätstationer.....	9
2.3.2 Klassificering av mätstationer.....	10
2.3.3 Övervakning av ozonbildande ämnen.....	11
2.4 Krav på åtgärder.....	11
2.5 Naturliga källor till luftföroreningar.....	11
3 Krav på övervakning i Sverige.....	11
3.1 Zonindelning.....	11
3.2 Mätstationer för ozon.....	12
3.3 Ozonbildande ämnen.....	13
4 Övervakning i Sverige idag.....	15
4.1 Mätmetoder för ozon.....	15
4.2 Mätningar av ozon på timbasis.....	16
4.2.1 UV-absorptionsinstrument (referensmetod).....	16
4.2.2 DOAS-instrument.....	18
4.3 Mätningar av ozon på månadsbasis.....	18
4.4 Yttäckande utvärdering av ozonförekomst.....	19
4.5 Övervakning av ozonbildande ämnen.....	19
5 Nuvarande situation i relation till informations-trösklar, målvärden och långsiktiga mål för ozon.....	20
5.1 Överskridanden av informationströsklar.....	20
5.2 Överskridanden av målvärden och långsiktiga mål.....	20
5.2.1 Landsbygdsmiljö.....	21
5.2.2 Tätorter.....	23
5.2.3 Konsekvenser av eventuella överskridanden i Sverige.....	25
6 Förslag till reviderat nationellt övervakningsprogram för marknära ozon.....	26
6.1 Alternativ 1: Baserat på direktivets krav, utan någon kompletterande information....	26
6.2 Alternativ 2: Baserat på direktivets krav, med användning av kompletterande information.....	28
6.3 Alternativ 3: Minimnivå för tillräcklig information, uppfyller ej direktivets krav.....	31

7	Eventuell revision av mätprogram i andra EU-länder.....	40
7.1	Danmark	40
7.2	Norge.....	40
7.3	Finland.....	40
7.4	Storbritannien.....	40
8	Diskussion och slutsatser	41
9	Referenser	43
Bilaga 1	Zonindelning i Sverige.....	45
Bilaga 2	Geografisk variation i ozonhalt.....	46
Bilaga 3	Metodik för en yttäckande utvärdering av ozonförekomsten	56

Sammanfattning

På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet genomfört en utredning avseende antal mätstationer för övervakning av ozon i Sverige i relation till de krav som anges i EG-direktivet om luftkvalitet och renare luft i Europa (2008/50/EG). I utredningen har

- sammanställts de krav på övervakning som föreskrivs m.a.p. antal mätstationer;
- inventerats nuvarande nätverk för övervakning av ozonhalter i Sverige;
- utretts möjligheterna att minska stationsantal och sett över möjligheterna att kombinera olika mätmetoder och spridningsmodeller;
- bedömts kvaliteten och konsekvenserna avseende den information om ozonförekomsten som kan erhållas utifrån olika ambitionsnivåer i övervakningen;
- översiktligt studerats eventuellt framtagna mätprogram i Storbritannien, Danmark, Norge och Finland;
- getts 3 olika förslag på ett framtida nationellt övervakningsprogram för marknära ozon, dels utifrån direktivets krav, dels med hänsyn tagen till förekomsten av ozon i Sverige.

Inom direktivet eftersträvar man en yttäckande bedömning av exponeringen av befolkning och ekosystem för luftföroreningar. Om något tröskelvärde för larm och information överskrids så bör allmänheten få information om riskerna för exponering. Detta kräver kännedom om vilket geografiskt område ett visst uppmätt överskridande vid en viss mätplats representerar.

Fasta mätningar är obligatoriska i zoner och tätbebyggelse där de långsiktiga målen för ozon överskrids. Dessa kan kompletteras med beräkningsmodeller och/eller indikativa mätningar för att möjliggöra en utläsning av en geografisk fördelning utifrån punktmätningar.

En sammanställning av förekommande mätdata slår fast att överskridande av tröskeln för information till allmänheten om höga ozonhalter (timvärden högre än $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sällan uppmäts i Sverige. Under de senaste fem åren har det inträffat vid tre tillfällen. De målvärden som gäller för ozon har aldrig överskridits. Däremot överskrids de långsiktiga målen som anges inom ozon-direktivet (där målet till skydd för människors hälsa motsvarar den svenska miljö kvalitetsnormen) så gott som årligen i alla zoner och tätbebyggelse i Sverige. Eftersom de långsiktiga målen överskrids är fasta mätningar, alternativt kompletterande utvärderingsmetoder, obligatoriska i alla zoner i Sverige.

Ozon övervakas idag, med den referensmetod (UV-instrument), som krävs enligt EU-direktivet vid 2 platser i kategorin landsbygd och 9 platser i kategorin bakgrunds nivå landsbygd. Kvävedioxid mäts vid 1 plats i den förstnämnda och vid 8 av platserna i den senare kategorin, och flyktiga organiska föreningar (NMVOC) samt kväveoxider mäts i taknivå (ej i överensstämmelse med direktivets krav) i taknivå i en tätort. Därutöver mäts ozon och kvävedioxid i taknivå i ett flertal tätorter i landet. Inte heller dessa platser sammanfaller med direktivets krav på placering av mätpunkter.

Tre olika förslag till ett nationellt övervakningsprogram för marknära ozon redovisas i rapporten. EU-direktivets krav på övervakning i bakgrundsmiljö landsbygd är i dagsläget uppfyllda avseende

såväl ozon som ozonbildande ämnen. Noteras bör dock att staten, via Naturvårdsverket, endast har rådighet över 8 av de 9 stationer som krävs.

Enligt **Alternativ 1**, som utgår från direktivets krav utan användande av någon kompletterande information, behöver Sverige, för att uppfylla kraven, inrätta ytterligare 18 fasta kontinuerliga mätstationer för ozon. Av dessa ska totalt minst 12 placeras i förortsområden inom respektive zon, 4 i landsbygdsmiljö och 2 i tätort. Vidare krävs kontinuerliga mätningar av kvävedioxid på 12 stationer, varav 8 i förorter, i zon 1-6. **Fördelen** med detta alternativ är att direktivets krav uppfylls. **Nackdelen** är det stora antalet stationer som krävs, utan att det ger särskilt mycket mer information.

I **Alternativ 2** tas hänsyn till möjligheten att använda kompletterande information. För att uppfylla EU-direktivets krav behövs då ytterligare 8 fasta kontinuerliga mätstationer för ozon, varav 7 i förortsområden inom respektive zon och 1 i landsbygdsmiljö. Jämfört med de krav som redovisats för Alternativ 1 medför användning av kompletterande utvärderingsmetoder att kravet på antalet provtagningspunkter för kvävedioxid minskar med 2 stationer, till totalt 10 stationer, varav 7 i förorter, i zon 1-6. För Alternativ 2, med ett reducerat antal mätstationer, krävs att det också finns tillgång till kompletterande information. Om kompletterande utvärderingsmetoder tillämpas måste dessa, enligt direktivet, kunna användas för en yttäckande utvärdering av eventuella överskridanden av målvärden och informationströsklar. **Fördelen** med detta alternativ är att antalet mätstationer kan minskas jämfört med Alternativ 1. **Nackdelen** är att kravet på att upprätta ett stort stationer i bl.a. förorter kvarstår, samt att det i dagsläget ännu inte finns några tillförlitliga metoder för att generera tillräckligt omfattande kompletterande information för att detta alternativ ska vara möjligt att tillämpa med syfte att uppfylla de krav som ställs i direktivet.

I både alternativ 1 och 2 skulle den befintliga mätstationen för NMVOC i taknivå i Göteborg, för att uppfylla kraven, behöva flyttas till en förortsmiljö. Då skulle även den samordningsvinst som man idag gör med mätningarna av kväveoxider som Göteborgs kommun genomför, gå förlorad.

Generellt kan sägas att direktivet i huvudsak har utarbetats och anpassats till de relativt höga luftföroreningsnivåer som råder i stora delar av kontinental och södra Europa samt i södra Storbritannien. I dessa områden är det på grund av betydande lokala emissioner av ozonbildande ämnen en relativt stor skillnad i ozonförekomst mellan tätorter, förorter, landsbygd samt bakgrundsnivå landsbygd. Ozonförekomsten i Sverige beror däremot i huvudsak på långväga transport av ozonbildande ämnen och forskning har visat att skillnaderna i ozonförekomst mellan förorter, landsbygd och bakgrundsnivå landsbygd är relativt små. Således kan en viss, enstaka mätplats i Sverige i vissa fall anses representera flera olika kategorier av mätplatser såsom t ex förorter, landsbygd och bakgrundsnivå landsbygd.

Alternativ 3 utgår från resonemanget ovan om variationen i ozonförekomst i Sverige, och utgör en miniminivå för att erhålla tillräckligt god information om befolkningsexponering och belastning i landsbygdsmiljö, men uppfyller inte till fullo alla de krav som ställs enligt direktivet. För att täcka in områden där övervakning saknas idag föreslås här komplettering med en station per zon (totalt 6 stationer); högalpin miljö (zon 1) respektive tätbefolkade områden i förorter (zon 2-6). Vid utvärdering av ozonförekomst bör i detta alternativ även mätdata genererade med andra mätmetoder/andra placeringar användas. Avseende övervakningen av ozonbildande ämnen föreslås utökning med en mätpunkt för kväveoxider i förortsmiljö/landsbygd i södra Sverige (zon 3, 5 eller 6). Mätningar av NMVOC bör samlokaliseras med dessa utökade mätningar kväveoxider samt ges en förbättrad tidsmässig täckning.

Modellering av ozonförekomsten har pågått i många år, men hittills har de modellerade halterna uppvisat relativt dålig överensstämmelse med mätningar, speciellt vid hög tidsupplösning. För att modellerna skall kunna återge ozonbelastningen med god geografisk upplösning krävs också att även mindre dalgångar kan visualiseras (ca 1x1 km). För användning av modeller för övervakning av informationströsklar krävs modellering i "nära real-tid" för prognosticering, och de modeller som finns tillgängliga idag är inte tillräckligt tillförlitliga för detta ändamål.

Fördelen med detta alternativ är att antalet mätstationer begränsas avsevärt, vilket ger en mer kostnadseffektiv övervakning, då ytterligare mätningar ej bedöms ge något betydande informationstillskott. **Nackdelen** är, liksom för Alternativ 2, att direktivets krav inte uppfylls och att det i dagsläget saknas tillräckligt väl utvecklade modellverktyg för att ge en tillfredsställande bild av ozonsituationen i landet.

Om ovan nämnda modelltillämpningar kan utvecklas vidare så att resultat med tillfredsställande precision kan erhållas och att modellerna kan användas för mer rutinmässigt bruk, bör dessa verktyg, i kombination med en mätomfattning enligt förslaget alternativ 3 och övrig pågående mätverksamhet, kunna ge en fullgod yttäckande bild av ozonhalterna i Sverige, både vad gäller tröskelvärden i realtid, målvärden och långsiktiga mål.

En inventering av strategierna för ozonövervakning i Norge, Danmark, Finland samt Storbritannien visar att inga av dessa länder tänker utnyttja möjligheten att ersätta någon av nuvarande platser för ozonmätningar med instrument, med annan information t ex genom modellering.

1 Inledning

På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet genomfört en utredning avseende antalet mätstationer för marknära ozon i Sverige i relation till de krav som anges i EG-direktivet om luftkvalitet och renare luft i Europa (2008/50/EG).

Syftet med utredningen har varit att dokumentera dels de krav på övervakning som ställs enligt direktivet, dels förutsättningarna för att eventuellt kunna minska antalet mätstationer genom att använda indikativa mätningar och modellberäkningar. Mer specifikt har vi

- sammanställt de krav på övervakning som föreskrivs enligt direktivet med avseende på antal mätstationer;
- inventerat nuvarande situation beträffande övervakning av ozonhalter i Sverige;
- utrett möjligheterna att minska stationsantalet samt att kombinera olika mätmetoder och spridningsmodeller i övervakningen;
- bedömt kvaliteten och konsekvenserna avseende den information om tillståndet som kan erhållas utifrån olika ambitionsnivåer i övervakningen;
- översiktligt studerat eventuellt framtagna reviderade mätprogram i Storbritannien, Danmark, Norge och Finland;
- gett 3 olika förslag på ett framtida nationellt övervakningsprogram för marknära ozon.

2 Beskrivning av luftkvalitetsdirektivet

2.1 Allmänt

I december 2007 beslutades om införandet av ett nytt luftkvalitetsdirektiv som därefter publicerades den 11 juni 2008 (2008/50/EG). Direktivet är en följd av "sjätte miljöhandlingsprogrammet" som bl.a. syftar till att reducera luftföroreningar till nivåer som inte är skadliga vare sig för människors hälsa eller för ekosystemen (EC, 2002). Det nya direktivet syftar till att såväl förbättra övervakningen (bland annat genom att införa reglering av PM_{2.5}) som att göra lagtexten enklare och tydligare.

Direktivet ersätter det tidigare luftkvalitetsdirektivet (96/62/EG) samt tre tillhörande dotterdirektiv (1999/30/EG; 2000/69/EG; 2002/3/EG) som reglerat övervakningen av luftkvaliteten. Man strävar efter en gemensam metodik för att övervaka och bedöma luftkvaliteten över Europa, och att erhålla en yttäckande bedömning av exponeringen av befolkning och ekosystem för luftföroreningar, med hjälp av olika modelleringstekniker.

Nedan redovisas citat ur några av de skäl som anges i direktivets text (2008/50/EG) som förklaring till att direktivet antagits:

Skäl 5

”Vid utvärderingen av luftkvaliteten bör hänsyn tas till storleken på den befolkning och de ekosystem som exponeras för luftföroreningarna.”

Skäl 6

”Beräkningsmodeller bör när så är möjligt användas för att koncentrationernas geografiska fördelning ska kunna utläsas ur punktdata. Detta skulle kunna tjäna som underlag för beräkningen av den kollektiva exponeringen hos befolkningen i ett område.”

Skäl 7

”Luftkvaliteten kan också utvärderas med hjälp av andra metoder än mätningar och det är därför nödvändigt att fastställa kriterier för användningen av sådana metoder och för deras noggrannhet.”

Skäl 10

”Växtligheten och de naturliga ekosystemen löper störst risk att skadas av luftföroreningar utanför stadsområdena. Vid bedömning av denna risk och iakttagandet av kritiska nivåer för skydd av växtligheten bör uppmärksamheten därför inriktas på platser som ligger utanför bebyggda områden.”

Skäl 14

”Användningen av kompletterande utvärderingsmetoder bör även göra det möjligt att minska det erforderliga minimiantalet fasta provtagningspunkter.”

I direktivet slår man fast att nuvarande målvärden och långsiktiga mål till skydd för människors hälsa, växtligheten och ekosystemen bör förbli oförändrade. Vidare anges att om något tröskelvärde för larm och information överskrids så bör allmänheten få information om riskerna för exponering. Detta kräver kännedom om vilket geografiskt område ett visst uppmätt överskridande vid en viss mätplats representerar.

2.2 Målvärden och långsiktiga mål

2.2.1 Målvärden

Det målvärde som gäller för ozon till skydd för människors hälsa är att ozonkoncentrationen, som ett glidande 8-timmarsmedelvärde, inte får överskrida $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under mer än 25 dygn årligen, räknat som ett medelvärde över 3 år. Målvärdet ska vara uppnått till 1 januari 2010.

Motsvarande målvärde till skydd för växtligheten är att AOT40¹ under maj-juli inte får överskrida $18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{timmar}$ som ett medelvärde över fem år. Målvärdet ska vara uppnått till 1 januari 2010.

¹ AOT40 (uttryckt i $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) beräknas genom att man summerar skillnaden mellan timkoncentrationer över $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (=40 ppb) och $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ varvid man endast använder de timvärden som uppmätts mellan kl. 8.00 och 20.00 medeleuropeisk tid (MET) varje dag.

2.2.2 Långsiktiga mål

Det långsiktiga målet är för hälsa att det maximala medelvärdet för ozonkoncentrationen, som ett glidande 8-timmarsmedelvärde, inte någon gång skall överskrida $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I direktivet finns inget bestämt datum då detta senast ska vara uppnått.

För växtlighet skall på lång sikt AOT40-värdet för perioden maj-juli inte någon gång överskrida $6\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{timmar}$. I direktivet finns inget bestämt datum då detta ska vara uppnått.

2.2.3 Informationströsklar

Vid halter överstigande $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timmedelvärde skall, enligt EG-direktivet, larm utgå till allmänheten. Tröskelvärdet för information anges till $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timmedelvärde.

2.2.4 Jämförelse med miljökvalitetsnormer

EG-direktivet har i svensk lagstiftning införts i form av miljökvalitetsnormer (MKN) i Miljöbalkens 5:e kapitel. I Tabell 1 redovisas MKN och skillnaderna jämfört med direktivets krav kommenteras. Kraven för information till allmänheten och hur normen ska följas upp följer i övrigt direktivet.

Tabell 1 Miljökvalitetsnormer för ozon.

	MKN (börnorm)	Skall eftersträvas	Skillnad mot EG-direktivet
Glidande 8-timmarsmedelvärde	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	efter 31 december 2009	MKN ”tillåter” inga överskridanden
AOT40 (maj-juli)*	$18\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{timmar}^{**}$	från 1 januari 2010	
AOT40 (maj-juli)*	$6\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{timmar}$	efter 31 december 2019	EG-direktivet anger inget årtal för uppfyllande

*) kl. 08-20 medeleuropeisk tid; **) som ett medelvärde över 5 år

2.3 Krav på övervakning

2.3.1 Antal mätstationer

Enligt direktivet är fasta mätningar obligatoriska i zoner och tätbebyggelse där de långsiktiga målen för ozon eller utvärderingströsklarna för andra luftföroreningar överskrids. Vidare anges krav på antalet fasta mätpunkter i respektive zon eller tätbebyggelse beroende på befolkningens mängd och/eller areal. För att kunna göra en yttäckande utvärdering av eventuella överskridanden av målvärden och informationströsklar, samt uppskatta befolkningens exponering, kan man också använda beräkningsmodeller.

I zoner och tätbebyggelse där information från provtagningspunkter för fasta mätningar kompletteras med information från modellberäkningar och/eller indikativa mätningar, får antalet provtagningspunkter reduceras, under förutsättning att följande villkor är uppfyllda:

- a) De kompletterande metoderna måste ge så mycket information att det är möjligt att utvärdera luftkvaliteten med avseende på målvärden, långsiktiga mål samt tröskelvärden för information och för larm.
- b) Antalet provtagningspunkter som ska upprättas, och de andra metodernas rumsliga upplösning, måste räcka till för att ozonkoncentrationen ska kunna bestämmas i enlighet med angivna datakvalitetsmål, och resultaten måste kunna utvärderas med avseende på den befolkning som kan exponeras för nivåer som överskrider gränsvärdet till skydd för människors hälsa.
- c) I varje zon eller tätbebyggelse måste det finnas minst en provtagningspunkt per två miljoner invånare eller en provtagningspunkt per 50 000 km², beroende på vilket som ger flest provtagningspunkter. Dock måste det finnas minst en provtagningspunkt i varje zon eller tätbebyggelse.
- d) Kvävedioxid måste mätas vid alla återstående provtagningspunkter utom vid bakgrundsstationerna på landsbygd

I zoner och tätbebyggelse där de långsiktiga målen uppnås kan antalet stationer minskas till en tredjedel. Om man använder kompletterande utvärderingsmetoder kan man även samordna antalet mätstationer med grannzoner, för att på så sätt inte behöva mäta i alla zoner.

I direktivet anges vidare att det, i genomsnitt för samtliga zoner, måste finnas en station per 50 000 km² som representerar bakgrunds nivå i luften på landsbygd. Om de långsiktiga målen uppnåtts sänks kravet till 1 station per 100 000 km².

2.3.2 Klassificering av mätstationer

Fyra olika kategorier av mätplatser finns definierade i enlighet med Tabell 2. Valet av mätplats placering styrs av i vilken typ av zon som ozonhalten skall övervakas. I direktivet finns även en detaljerad beskrivning av hur provtagningsutrustningen skall placeras.

Tabell 2 Mätplatskategorier (2008/50/EG, Bilaga VIII)

Typ av station	Kriterier för val av mätplats
Tätort	Platser med god luftcirkulation, ej direkt påverkan av närliggande lokala källor såsom trafik, öppna områden (ex. parker, torg), allmän exponering.
Förort	Gärna på läsidan av den centrala tätbebyggelsen, på visst avstånd från områden med största utsläppen, i tätbebyggelsens utkanter där de högsta ozonnivåerna kan förekomma.
Landsbygd	I öppna områden (ej högre bergstoppar), eventuellt mindre bostadsområden, tillräckligt avstånd från lokala utsläpsskällor och vägar, exponering på subregional nivå.
Bakgrunds nivå landsbygd	I områden minst 20 km från tätbebyggelse och industriområden, exponering på regional nivå. Placering där lokalt förstärkta marknära inversionsförhållanden kan uppstå, samt högre bergstoppar, bör undvikas.

Vid jämförelse av val av mätplats för övriga luftföroreningar som omfattas av direktivet kan den mätplatskategori som här anges som "tätort" anses representera mätning i den urbana bakgrundsluften. Kategorin "landsbygd" kan jämföras med kriterierna för övervakning av bakgrunds nivåer till skydd för människors hälsa, medan "bakgrunds nivå landsbygd" motsvarar kraven för övervakning till skydd av växtlighet och naturliga ekosystem. Placering av mätutrustningen ska ske enligt samma kriterier som för övriga komponenter.

2.3.3 Övervakning av ozonbildande ämnen

Även halten av kvävedioxid skall, då de långsiktiga målen överskrids, övervakas kontinuerligt vid minst 50 % av de ozonprovtagningsspunkter som krävs. Här regleras inte i vilka av mätpunktskategorierna som övervakning skall ske. Vid bakgrundsstationer på landsbygden får andra mätmetoder användas. Om man tillämpar möjligheten att reducera antalet mätstationer för ozon (se kapitel 2.3.1 ovan) måste kvävedioxid mätas vid alla återstående provtagningsspunkter utom vid bakgrundsstationer på landsbygden. I det fall de långsiktiga målen uppnås ställs inga krav på mätning av kvävedioxid.

Däremot skall, i samtliga fall, halten av ozonbildande ämnen, kväveoxider (NO och NO₂) och lämpliga flyktiga organiska föreningar (VOC) mätas vid minst en av de provtagningsspunkter i landet som upprättats i enlighet med kraven i direktivet. Rekommenderade VOC att övervaka anges i direktivet (2008/50/EG). Mätmetoden för VOC är valfri. I direktivet anges inga krav på tidsomfattning av dessa mätningar. NO och NO₂ skall mätas kontinuerligt, med samma kvalitetskrav som för ozon.

2.4 Krav på åtgärder

Om de angivna målvärdena och/eller de långsiktiga målen överskrids ställs också krav på att åtgärder, som inte medför oproportionerliga kostnader, måste vidtas genom upprättande av åtgärdsprogram och luftkvalitetsplaner.

2.5 Naturliga källor till luftföroreningar

Enligt direktivet ges möjlighet att räkna bort halter av luftföroreningar som beror på emissioner från naturliga källor. Detta måste fastställas "med tillräcklig säkerhet". Vad gäller ozon skulle detta framför allt gälla naturlig avgång av flyktiga organiska kolväten från växtligheten.

3 Krav på övervakning i Sverige

3.1 Zonindelning

Som utgångspunkt för kravet på antalet lokaler med fasta stationer används begreppet zoner. En zon definieras enligt EG-direktivet (2008/50/EG) som "del av en medlemsstats territorium som har avgränsats av medlemsstaten i avsikt att utvärdera och säkerställa luftkvaliteten". Vidare definieras tätbebyggelse som "zon som utgör ett tätortsområde med mer än 250 000 invånare eller, om befolkningen uppgår till högst 250 000 invånare, med en viss befolkningstäthet per km² som fastställs av medlemsstaterna".

I Tabell 3 redovisas den zonindelning för luftkvalitetsövervakning som tagits fram av Naturvårdsverket (Bilaga 1). I tabellen har uppgifterna avseende invånarantal uppdaterats och arealen (inkl. vattenareal) lagts till.

Tabell 3 Zonindelning i Sverige (Bilaga 1) med uppdaterade uppgifter avseende invånarantal.

Zon	Område	Ingående kommuner/ län	Typ av zon	Antalet invånare år 2007 (miljoner invånare) ¹	Yta (km ²) landareal/ totalareal (inkl. vattenareal)
1	Norra Sverige	Norrbottnen (BD), Västerbotten (AC), Västernorrland (Y), Jämtland (Z), Dalarna (W), Gävleborg (X)	Övriga zoner	1.43	271 849 / 292 645
2	Mellansverige	Värmland (S), Örebro län (I), Västmanland (U), Uppsala (C), Stockholms län utom zon 4 (AB), Södermanland (D), Östergötland (E)	Övriga zoner	2.08	59 601 / 69 689
3	Södra Sverige	Västra Götaland utom zon 5 (O), Jönköpings län (F), Kalmar län (H), Gotland (I), Kronoberg (G), Halland (N), Blekinge (K), Skåne utom zon 6 (M)	Övriga zoner	2.78	73 804 / 82 198
4	Stockholms tätortsområde	Kommunerna Botkyrka, Danderyd, Ekerö, Haninge, Huddinge, Järfälla, Lidingö, Nacka, Salem, Sollentuna, Solna, Stockholm, Sundbyberg, Täby, Tyresö, Upplands Väsby, Vallentuna, Vaxholm, Österåker	Tätbebyggelse	1.68	2 903 / 2 765 ²
5	Göteborgs tätortsområde	Kommunerna Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal, Partille, Öckerö.	Tätbebyggelse	0.74	1 892 / 2 013
6	Malmös tätortsområde	Kommunerna Burlöv, Lomma, Lund, Malmö, Staffanstorps, Vellinge.	Tätbebyggelse	0.48	912 / 927
Totalt				9.18	411 000 / 450 000

1) Befolkningsstatistik per 31/12 2007 (www.scb.se); 2) Tidigare angiven landareal felräknad

3.2 Mätstationer för ozon

Utifrån den zonindelning som redovisas i avsnitt 3.1 ovan har i Tabell 4 sammanställts de krav på mätomfattning avseende ozon som åligger Sverige, beroende på förekommande haltnivåer. Här har förutsatts att ingen kompletterande information, i form av modellberäkningar och/eller indikativa mätningar, finns att tillgå. I zoner med tätbebyggelse skall mätpunkterna placeras i tätort (öppna områden, ex. parker och torg) och förort. I övriga zoner skall mätpunkterna placeras i förort och landsbygd.

Sveriges landareal, den areal som anges i zonindelningen, uppgår till 411 000 km², vilket avrundat innebär ett krav på totalt 8 mätstationer i bakgrundsmiljö på landsbygd. I direktivet anges inte vilken areal som avses. Vi har i denna utredning utgått från den totala arealen (450 000 km² inkl. vattenarealen), vilket medför att det krävs ytterligare en bakgrundsstation.

Kraven på mätlokaler i Sverige i de fall de långsiktiga målen överskrids kan summeras för alla zoner av typen övrig till 14, varav minst 8 i förort, och för tätorter till 6 varav minst 4 i förort. Därutöver tillkommer 9 stationer som ska representera bakgrundsnivå landsbygd. Allt som allt summerar detta upp till ett krav på 29 mätlokaler, varav minst 12 i förort. Om de långsiktiga målen uppnås blir kraven för landet 13 stationer, varav 6 i förort.

Tabell 4 Krav på stationsantal för kontinuerlig övervakning av ozon i de 6 zonerna samt i bakgrundsmiljö på landsbygd.

Zon	Område	Där de långsiktiga målen överskrids	Där de långsiktiga målen uppnås
		Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om ingen annan information finns	Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om ingen annan information finns
1	Norra Sverige	3 (2)	1 (1)
2	Mellansverige	5 (3)	2 (1)
3	Södra Sverige	6 (3)	2 (1)
4	Stockholms tätortsområde	3 (2)	1 (1)
5	Göteborgs tätortsområde	2 (1)	1 (1)
6	Malmös tätortsområde	1 (1)	1 (1)
	Bakgrundsnivå landsbygd	9 ¹⁾	5 ¹⁾
	Summa	29 (12)	13 (6)

1) Antalet baseras på totalareal inkl. vattenytor, avrundat till närmsta heltal.

3.3 Ozonbildande ämnen

Kvävedioxid skall mätas vid minst 50 % av mätplatserna för ozon i en zon, vilket för Sveriges del innebär ett krav på totalt 17 stationer om de långsiktiga målen överskrids och 9 stationer om målen uppnås. Mätningarna ska vara kontinuerliga, utom vid bakgrundsstationer på landsbygden där andra mätmetoder får användas.

Kraven på övervakning av kvävedioxid redovisas i Tabell 5 nedan, i de fall de långsiktiga målen för ozon överskrids, utifrån antagandet att samma fördelning av stationer inom respektive mätplatskategori gäller för kvävedioxid som för ozon. Antalet mätplatser för kvävedioxid är angivna utifrån kraven för ozon i Tabell 4 ovan och en minst 50 %-ig täckning av mätplatserna för ozon.

Tabell 5 Krav på stationsantal för kontinuerlig övervakning av kvävedioxid i de 6 zonerna samt i bakgrundsmiljö på landsbygd, där de långsiktiga målen för ozon överskrids.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav i förort), om ingen annan information finns
1	Norra Sverige	2 (1)
2	Mellansverige	3 (2)
3	Södra Sverige	3 (2)
4	Stockholms tätortsområde	2 (1)
5	Göteborgs tätortsområde	1 (1)
6	Malmös tätortsområde	1 (1)
	Bakgrundsnivå landsbygd	5 ¹⁾
	Summa	17 (8)

1) Kontinuerlig övervakning ej krav, andra mätmeter får användas.

Utöver ovan angivna krav på övervakning av ozon och kvävedioxid måste Sverige vid en av provtagningspunkterna i tätorts- eller förortsområden tillhandahålla mätdata avseende koncentrationer av ozonbildande ämnen; kväveoxider (NO och NO₂) och lämpliga flyktiga organiska föreningar (NMVOC). Därmed ”ersätts” då en av mätstationerna för NO₂ i Tabell 5 ovan. NO och NO₂ skall mätas kontinuerligt, på samma sätt som ozon. För NMVOC är mätperioden valfri, men mätning bör ske i tillräcklig omfattning för att bl.a. möjliggöra analys av trender av ozonbildande ämnen, kontrollera åtgärder samt bidra till kunskapen om spridning. Övervakning bör därför ske någorlunda jämnt fördelat över året.

4 Övervakning i Sverige idag

4.1 Mätmetoder för ozon

Det är främst följande tre mätmetoder som används för övervakning av marknära ozon i luft i Sverige idag:

- UV-absorptionsfotometri
- DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy)
- Diffusionsprovtagare

UV-absorptionsfotometri är den metod som anges som referensmetod för ozon enligt direktivet. Både detta instrument och DOAS ger mätdata med minst timupplösning, medan diffusionsprovtagare ger medelvärden för längre tidsperioder (minst ett par dagar).

UV-absorptionsfotometri (referensmetoden, kallas i fortsättningen UV-absorption) fungerar genom att luft sugas från en enstaka mätpunkt in i en mätkyvett där en stråle med UV-ljus passerar, varvid absorptionen mäts. Luft sugas även in i en parallell referenskyvett där ozon har filtrerats bort med aktivt kol. Vanligtvis växlas luften mellan mät- och referenscell för att uppnå maximal noggrannhet. Detta gör risken minimal för interferens med andra ämnen som skulle kunna absorbera ljus i UV-området. Nackdelarna är att ozon endast mäts i en punkt, samt att hygien i de slangar som används för att samla in luften måste vara mycket god. Slangarna måste vara av teflon och smuts gör att ozon försvinner.

DOAS-tekniken mäter ljusabsorptionen för en ljusstråle som går över relativt långa avstånd. Det är en fördel att ozonet mäts i en större luftmassa. Problemet kan vara närvaron av andra ämnen i luften som interfererar med ozonmätningen. Det finns indikationer på att tidiga mätningar med DOAS skulle ha överskattat ozonhalterna (Lövblad m.fl., 2004). Metoden är ej definierad som likvärdig med referensmetoden.

Diffusionsprovtagare innehåller ett filter som är impregnerat med ett ämne som reagerar med ozon. Efter exponering analyseras filtret med hjälp av jonkromatografi. Denna provtagare ger ett medelvärde av ozonkoncentrationen under den period då den exponerats, minst ett par dagar. De stora fördelarna med denna teknik är att kostnaderna per provtagare är relativt låg, samt att den kan placeras var som helst då den inte kräver tillgång till el. Det är därför en mycket användbar teknik för att erhålla mätdata med en god geografisk täckning. Metoden är ej likvärdig med referensmetoden.

4.2 Mätningar av ozon på timbasis

4.2.1 UV-absorptionsinstrument (referensmetod)

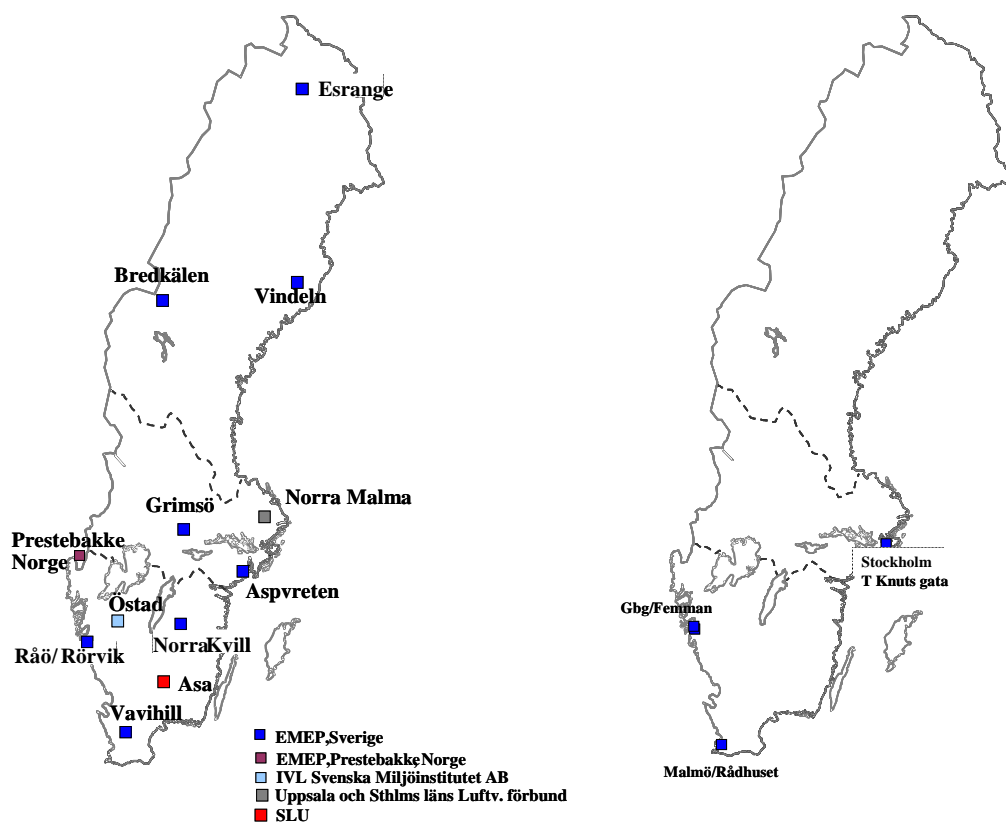
Inom ramen för den nationella miljöövervakningen (som finansieras av Miljöövervakningsenheten vid Naturvårdsverket) sker övervakning av marknära ozon med kontinuerligt registrerande UV-absorptionsinstrument i regional bakgrundsluft vid totalt 8 stationer inom det s.k. EMEP-programmet². IVL driver 7 av dessa, medan en station sköts av Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM) vid Stockholms Universitet. Instrumenten kalibreras tre gånger per år. Dessa mätningar beskrivs ytterligare på IVL's hemsida, www.ivl.se.

Ozonövervakning i regional bakgrundsluft sker också vid Östads Säteri, 45 km nordost om Göteborg i regi av IVL och Göteborgs Universitet. Länsstyrelsen i Västra Götaland och Naturvårdsverket finansierar gemensamt mätningarna. Ozonmätningarna vid Östads Säteri bedrivs hittills endast sommartid, april – september. Ozoninstrumenten kalibreras minst två gånger årligen. I olika perioder har ozon också mätts vid Asa försökspark, ca 20 km norr om Växjö i regi av Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. Sedan 2006 finansieras dessa mätningar av det s.k. Ozonmättnätet i södra Sverige. Detta mättnät finansieras i sin tur av ett antal länsstyrelser i södra och mellersta Sverige. Även här sker kalibrering vid två tillfällen per år. Inom verksamheten för Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund mäts ozon över öppet fält vid Norr Malma, strax utanför Norrtälje samt vid Märsta, ca 8 km nordväst om Uppsala. Den sistnämnda mätplatsen är dock påverkad av NO_x-utsläpp från E4 och har därför inte bedömts lämplig att ta med i sammanställningen över tillgängliga mätstationer. (Johansson m. fl., 2006).

I storstadsområdena sker, genom miljöförvaltningen i respektive kommun, ozonmätningar i taknivå (ej helt likvärdigt med definitionen för placering i tätort enligt direktivet) centralt i respektive stad; vid Torkel Knutsonsgata på Södermalm i Stockholm, på Femmanhuset i Göteborg samt på Rådhuset i Malmö. I Malmö finns även en mätstation i gaturum, där man bland annat mäter ozon.

En översikt av de mätstationer där ozonövervakning med kontinuerligt registrerande UV-absorptionsinstrument sker idag (år 2007), och som använts i den här redovisade datautvärderingen, ges i Figur 1 samt i Tabell 6 och Tabell 7. Resultatredovisning erhålles i form av timmedelvärden. Data har inhämtats från IVLs datavårdskap (www.ivl.se/miljodata), förutom för stationerna Asa (Langvall, 2008) och Östad (Karlsson, 2008).

² EMEP – European Monitoring and Evaluation Programme – är ett europeiskt samarbete inom FN:s konvention för gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP).



Figur 1 Kartor som visar platser där ozonhalterna i luften mäts med UV-absorptionsinstrument med timupplösning i regional bakgrundsluft (vänstra figuren) och tätort (tagnivå, högra figuren). I figuren presenteras även en av de norska EMEP-stationerna.

Tabell 6 Beskrivning av stationer i landsbygdsmiljö, där ozonhalterna mäts med UV-absorptionsinstrument (referensmetod) på timbasis. Datatillgängligheten anges för de granskade data som ingår i den databas som utgjort grund för beräkningarna i denna rapport.

Station	Måthöjd över marken (m)	Höjd över havet (m)	Klassificering enligt direktiv 2008/EG/50	Datatillgänglighet
Asa	5	180	Bakgrunds nivå landsbygd	1993-2001, 2007
Aspvreten	5	20	Bakgrunds nivå landsbygd	1993-2006
Bredkälén	5	380	Bakgrunds nivå landsbygd	2005-2007
Esrange	5	475	Bakgrunds nivå landsbygd	1993-2007
Grimsö	5	132	Bakgrunds nivå landsbygd	2001-2007
Norra Malma	3	20	Landsbygd	1997-2007
Norra Kvill	5	261	Bakgrunds nivå landsbygd	1990-2007
Råö / Rörvik	5	10	Bakgrunds nivå landsbygd	1990-2007
Vavihill	5	175	Bakgrunds nivå landsbygd	1990-2007
Vindelén	5	225	Bakgrunds nivå landsbygd	1990-2007
Östads Säteri	5	62	Bakgrunds nivå landsbygd	1993-95, 2002-2007

Tabell 7 Beskrivning av stationer i tätort (taknivå och gaturum), där ozonhalterna mäts med kontinuerligt registrerande UV-absorptions-instrument på timbasis. Datatillgängligheten anges för de granskade data som ingår i den databas som utgjort grund för beräkningarna i denna rapport.

Station	Mät höjd över marken (m)	Klassificering enligt direktiv 2008/EG/50	Datatillgänglighet
Göteborg (Femman)	30	Tätort (taknivå)	1990-2007
Malmö (Rådhuset)	25	Tätort (taknivå)	1998-2007 (ej 2003)
Malmö (Dalaplan)	3	Tätort (gaturum)	2006-2007
Stockholm (Torkel Knutsonsgatan)	20	Tätort (taknivå)	1999-2007

4.2.2 DOAS-instrument

Utöver ovan angivna mätningar övervakas ozon med DOAS-instrument på timbas i taknivå respektive gaturum i ett antal tätorter. I Tabell 8 anges de kommuner varifrån mätdata från 2007 erhållits till det nationella datavärdskapet för luft. Resultat från dessa stationer används inte i denna rapport för utvärdering av ozonsituationen.

Mätmetoden inte är godkänd som ekvivalent till referensmetoden, men mätdata bör kunna användas som kompletterande information. Dock överensstämmer ingen av provtagningspunkterna med direktivets kriterier för val av mätplats (öppna områden, ex. parker och torg), och endast en mätstation finns i förortsmiljö (upphörde under 2008).

Tabell 8 Kommuner (utöver de som anges i Tabell 7) varifrån ozondata på timbasis för 2007 rapporterats till det nationella datavärdskapet (www.ivl.se).

Gaturum i tätort	Taknivå i tätort	Övriga placeringar
Jönköping	Borås	Malmö Rosengård (förort) ¹
Mölnadal (över E6)	Botkyrka, Alby	
Skellefteå	Eskilstuna	
Malmö, Bergsgatan ²	Falun	
	Göteborg Järntorget	
	Halmstad	
	Helsingborg	Helsingborg (över sundet)
	Landskrona	
	Lund	
	Norrköping	
	Oxelösund	

1) Mätningarna upphörde 2008-10-01.

2) Mätningarna påbörjades april, 2009.

4.3 Mätningar av ozon på månadsbasis

Övervakning av ozon med diffusiva provtagare i bakgrundsluft sker på månadsbasis inom Luft- och nederbördskemiska nätet (www.ivl.se) och inom Krondroppsnätet (Pihl Karlsson m.fl., 2009). Även vissa kommuner inom Urban-mättnätet mäter, företrädesvis under sommarhalvåret, i både bakgrunds- och tätortsmiljö (Persson et al., 2009). Eftersom dessa mätningar endast ger medelvärden över en längre period kan de inte direkt användas för att bedöma överskridanden av de målvärden som anges för ozon i direktivet. Inga mätdata redovisas här, men även dessa data bör kunna användas som kompletterande information för att erhålla en bättre uppfattning om den geografiska täckningen vid utvärdering av ozonsituationen.

Metodutveckling pågår för att möjliggöra en omräkning av månadsvisa periodmedelvärden till de ozonindex som används inom direktivet, det vill säga månadsvisa värden för maximala glidande 8-timmars medelvärden och AOT40. Metoden grundar sig på den dygnsvisa variationen i ozonhalter vid olika platser i landskapet, vilket i sin tur till stor del är orsakat av skillnader i luftlagrens omblandning, i synnerhet nattetid (Karlsson m.fl., 2007a; Piikki m. fl, 2008). Meteorologiska mätningar vid mätplatsen kan användas för att indikera dygnsvariationen i ozonhalter, eftersom det finns en stark samvariation mellan dygnsvariationen i lufttemperatur och ozonhalt. Metodiken har varit relativt framgångsrik vad gäller AOT40. Maximala 8-timmarsmedelvärden är dock svårare att uppskatta, då det räcker med en enstaka ozonepisod under mätperioden för att detta värde skall bli högt.

4.4 Yttäckande utvärdering av ozonförekomst

För utvärdering av luftkvaliteten kan, förutom indikativa mätningar, även modellberäkningar användas. Resultat från dessa ger också information om koncentrationernas geografiska fördelning.

Beräkningar används idag inte rutinmässigt för ozonövervakning i Sverige. En GIS-baserad metodik för en yttäckande bedömning av ozonförekomst har testats för Västra Götalands län (se avsnitt 3:1, Bilaga 3). Det är en förhållandevis enkel metod, men ger sannolikt stora osäkerheter i resultaten. Modellberäkningar för ozon har genomförts under många år, men ett problem är den relativt dåliga överensstämmelsen med mätningar, speciellt vid hög tidsupplösning (timbas).

En närmare beskrivning av ovan nämnda beräkningsmetoder återfinns i Bilaga 3.

4.5 Övervakning av ozonbildande ämnen

Kväveoxider (kvävedioxid och kväveoxid) övervakas med referensmetoden (kemiluminescens) parallellt med ozon på de mätstationer i tätorter som redovisas i Tabell 7. DOAS-instrument används för registrering av flera komponenter, förutom ozon (se Tabell 8) bland annat kvävedioxid. Mätningarna sker i regi av respektive kommun.

I bakgrundsmiljö (se Tabell 6) mäts kvävedioxid på dygnsbasis vid 4 av mätplatserna (Aspvreten, Bredkålen, Råö och Vavihill) och på månadsbasis vid ytterligare 4 platser (Esränge, Grimsö, Norra Kivill och Vindeln). Dessa mätningar sker inom ramen för den nationella miljöövervakningen. I Norra Malma mäts kväveoxider (NO₂ och NO) med referensmetoden.

Mätningar av flyktiga organiska föreningar (NMVOC, ca 30 komponenter) genomförs på timbasis under totalt 6 veckor per år, jämnt fördelat över året (1 vecka varje jämn månad) vid en tätortsstation i taknivå (Femman i Göteborg). Denna verksamhet finansieras av Naturvårdsverkets miljöövervakningsenhet. Vid samma station bedriver Göteborgs kommun, timvis övervakning av kväveoxider (både kväveoxid och kvävedioxid).

5 Nuvarande situation i relation till informations-trösklar, målvärden och långsiktiga mål för ozon

Nedan redovisas nuvarande situation avseende ozonhalten i Sverige i relation till informationströsklar, målvärden och långsiktiga mål. I vissa fall presenteras resultat även från EMEP-stationen Prestebakke i Norge, där data har inhämtats från www.emep.int. I Bilaga 2 återfinns en sammanställning av faktorer som påverkar ozonförekomsten över Sverige samt hur halterna varierar geografiskt i landsbygds- respektive tätortsmiljöer.

5.1 Överskridanden av informationströsklar

Halter över den larmnivå som anges i EG-direktivet (2008/50/EG), 240 µg/m³, har aldrig uppmätts vid någon av de mätstationer som används för övervakning i Sverige.

Antalet överskridanden av informationströskelvärdet årligen visas i Tabell 9. Under de senaste fem åren (2003-2007) har det inträffat tre överskridanden, ett under 2003 vid Norra Kvill, samt två under 2006 vid Aspvreten respektive Råö. De sistnämnda inträffade vid olika tillfällen under sommarhalvåret.

Tabell 9 Antal dagar årligen med överskridanden av informationströskeln för ozon vid ett antal mätplatser runt om i Sverige. Ozonmätningar sker med UV-instrument. Tom ruta innebär att mätningar ej utförts detta år eller att data ej fanns tillgängliga till utvärderingen.

År	Östads Säteri	Råö/Rörvik	Asa	Norra Kvill	Grimlö	Vavihill	Aspvreten	Vindeln	Esränge	Norr Malma
1990		1		2		1		0		
1991		0		0		0		0	0	
1992		0		2		3	0	0	0	
1993	0	0	0	0		0		0	0	
1994	0	0	0	2		1		0	0	
1995	0	0		0		2	0	0	0	
1996		1	2	1		4	0	0	0	
1997		0	0	0		0	0	0	0	0
1998		0	0	0		0	0	0	0	0
1999		0	0	0		0	0	0	0	0
2000		2	0	0		2	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002		0		0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0		1 (18 sep)	0	0	0	0	0	0
2004	0	0		0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0		0	0	0	0	0	0	0
2006	0	1 (6 juli)		0	0	0	1 (6 maj)	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0		0	0	

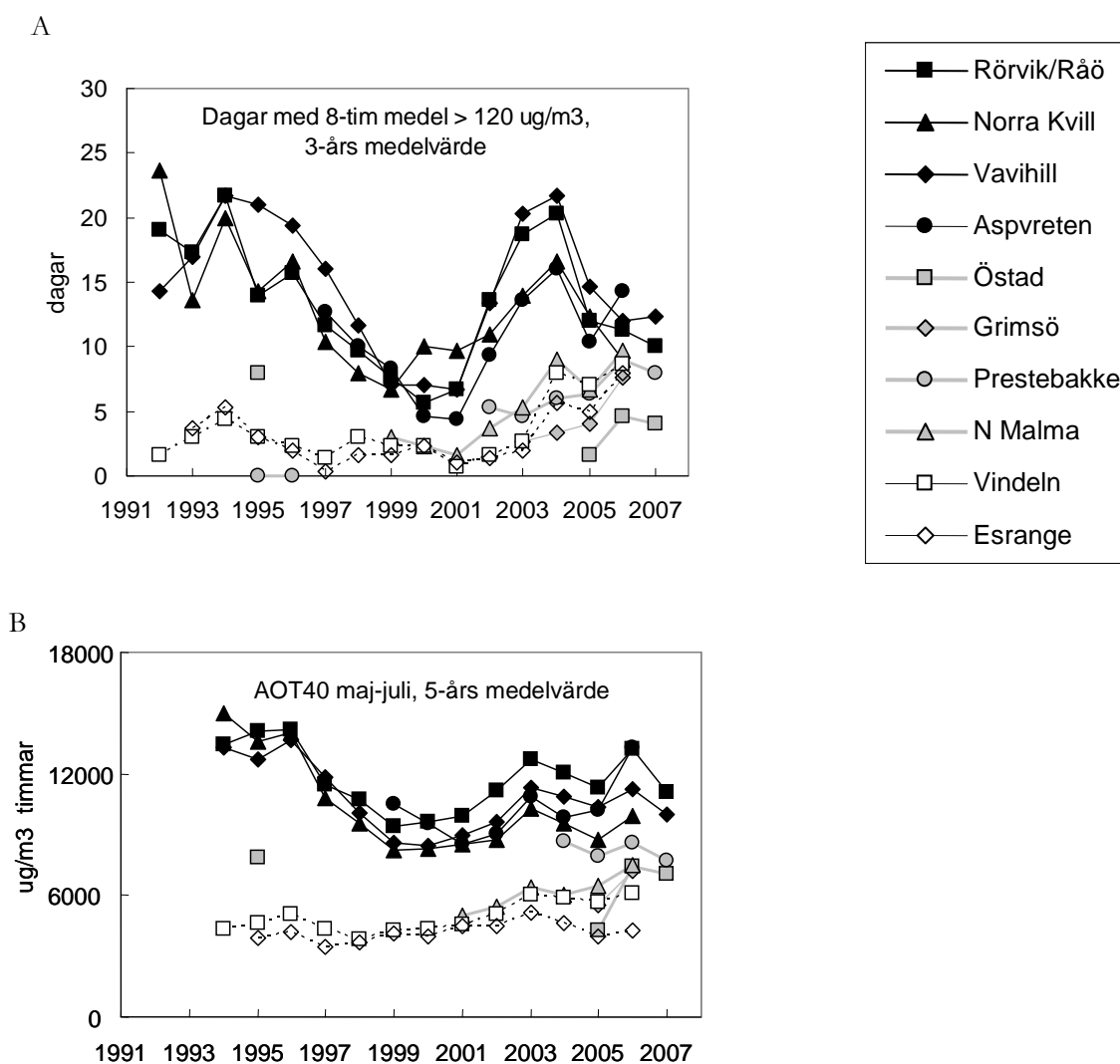
5.2 Överskridanden av målvärden och långsiktiga mål

Utifrån de ozondata som finns tillgängliga kan konstateras att uppsatta målvärden till skydd för människors hälsa och växtligheten hittills inte har överskridits i Sverige. Däremot har de långsiktiga målen under de senaste fem åren överskridits i samtliga svenska övervakningszoner. De krav på ozonövervakning som anges för zoner där de långsiktiga målen överskrids är därför relevanta för Sverige.

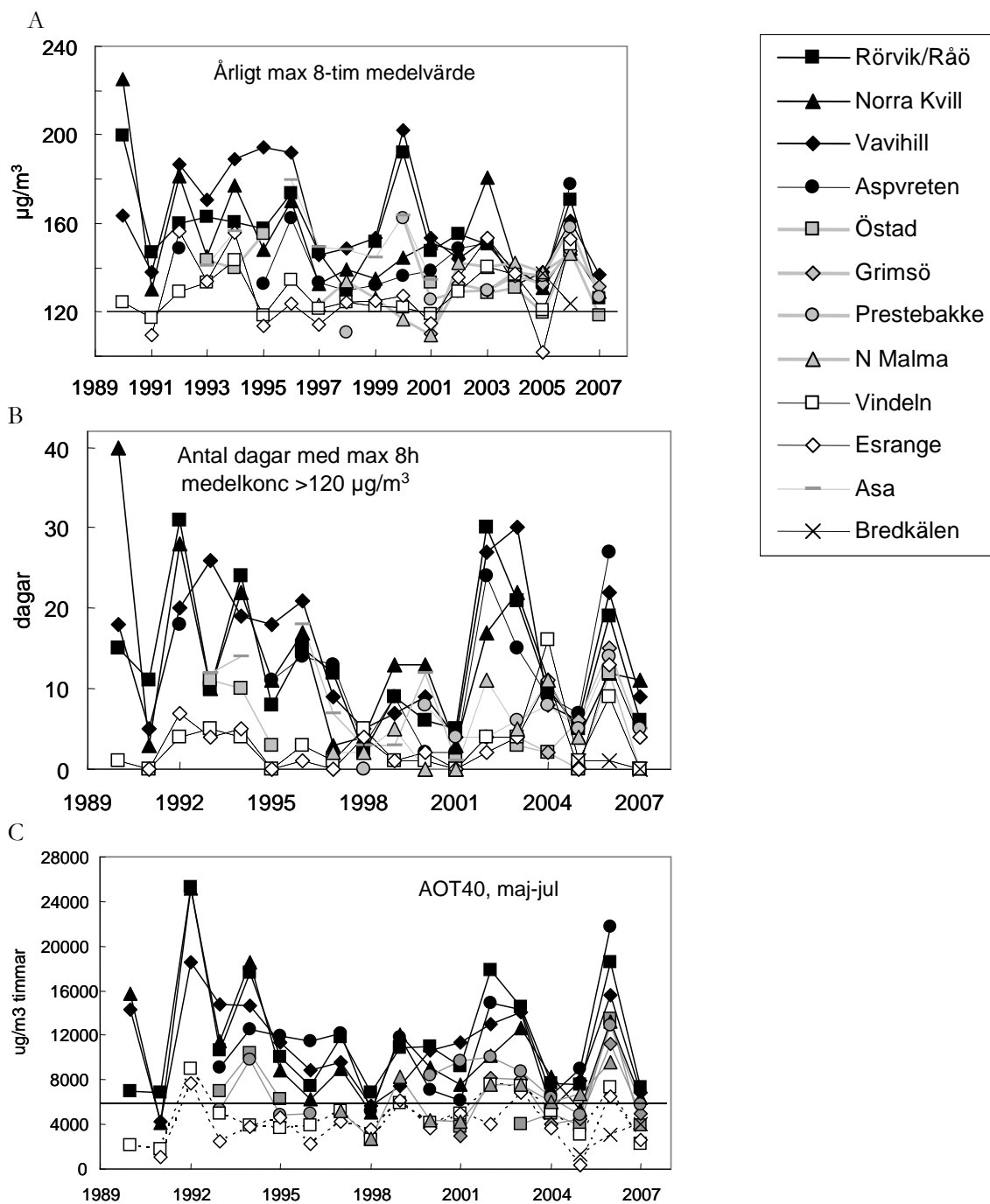
5.2.1 Landsbygdsmiljö

Antal dagar med glidande 8-timmarsmedelvärden $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ samt AOT40-värden för olika mätplatser i landsbygdsmiljö i Sverige, beräknat med den metod som anges för målvärden, visas i Figur 2. I Figur 3 visas motsvarande värden, utvärderade enligt de kriterier som anges för långsiktiga mål, samt högsta glidande 8-timmarsmedelvärde årligen.

Av Figur 2 framgår att EU:s målvärden aldrig har överskridits. Vissa år i början av 1990-talet och under första hälften av 2000-talet förekom dock drygt 20 dagar årligen då det maximala 8-timmarsmedelvärdet överskred $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid flera av mätstationerna. EU:s långsiktiga målvärden (dessa motsvarar MKN) som anges inom ozondirektivet överskrids dock så gott som årligen i landsbygdsmiljön i södra Sverige och vissa år även i norra Sverige, se Figur 3.



Figur 2 Ozonsituationen i relation till angivna målvärden till skydd för A) människors hälsa (25 dagar) och B) växtlighet ($18\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ timmar) i landsbygdsmiljö i Sverige. Redovisat år anger slutår i medelvärdesberäkningen.



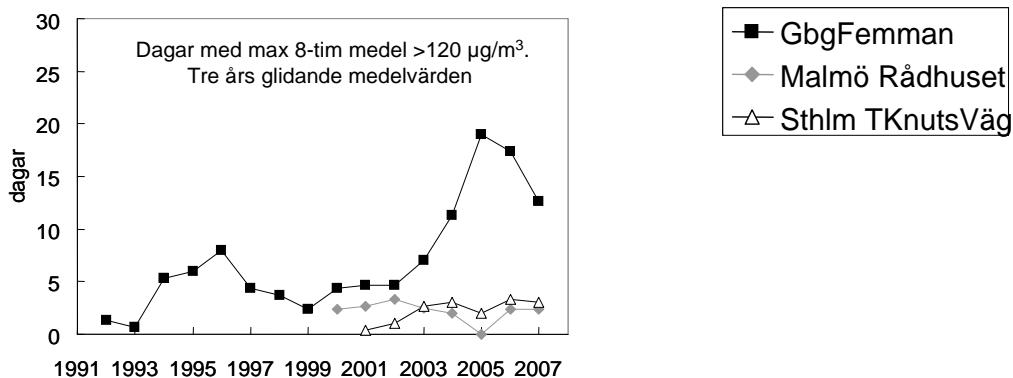
Figur 3 Ozonsituationen i relation till angivna långsiktiga mål till skydd för A, B) människors hälsa och C) växtligheten i landsbygdsmiljö i Sverige. Målet för hälsa anges dels som A) det årliga maximala 8-timmarsmedelvärdet, dels som B) antal dagar årligen då detta medelvärde överskred $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Horisontella linjer i figurerna A och C anger de långsiktiga målen.

5.2.2 Tätorter

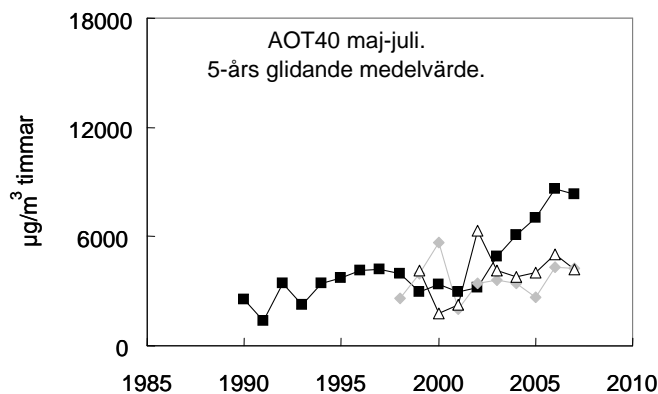
Antal dagar med glidande 8-timmarsmedelvärden $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ samt AOT40-värden för olika mätplatser i tätortsmiljö i Sverige, beräknat med den metod som anges för målvärden, visas i Figur 4. I Figur 5 visas motsvarande värden, utvärderade enligt de kriterier som anges för långsiktiga mål, samt högsta glidande 8-timmarsmedelvärde årligen.

Av Figur 4 framgår att målvärdena aldrig har överskridits. De långsiktiga målen (motsvarar MKN) som anges inom ozondirektivet till skydd för människors hälsa överskrids så gott som årligen i zon 5 (Göteborg tätortsområde), men mer sällan i zon 6 (Malmö) och zon 4 (Stockholm), se Figur 5. Överskridanden av 8-timmarsmedelvärdet $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ har dock blivit mer frekvent i Stockholmsområdet under senare år. Anledningen till ökande ozonförekomst kan, enligt t.ex. Johansson m.fl., 2006, vara minskade utsläpp av kväveoxid från trafiken och därmed en minskad kemisk nedbrytning av ozon i tätorter. Även en nyligen genomförd studie för Göteborg visade att den ökande andelen dieselbilar under senare år i kombination med skärpta avgaskrav har resulterat i en ökande andel NO_2 av NO_x i dieselavgaserna till följd av skärpta avgaskrav (Haeger-Eugensson et al., (2010).

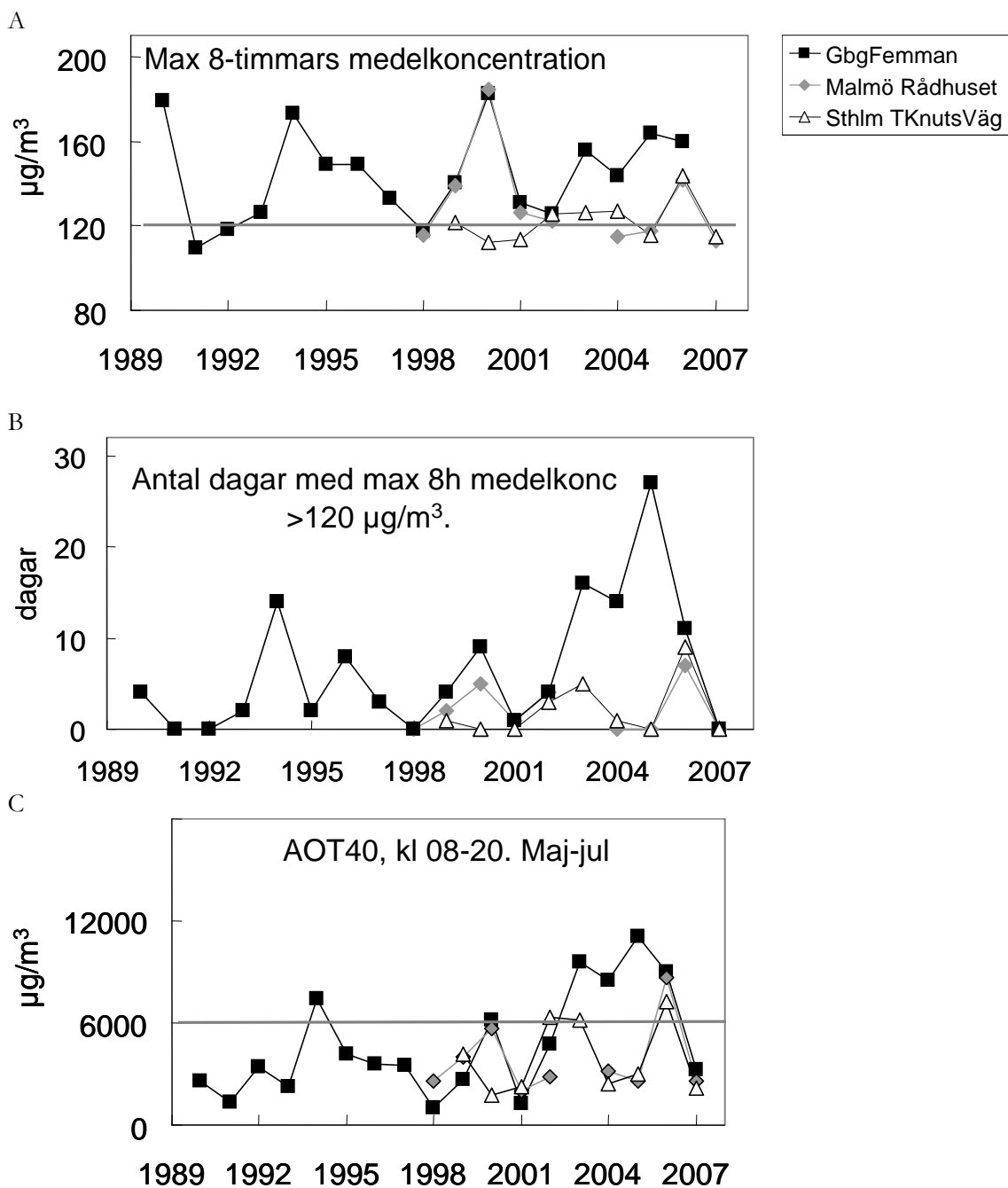
A



B



Figur 4 Ozonsituationen i relation till angivna målvärden till skydd för A) människors hälsa (25 dagar) och B) växtlighet ($18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ timmar) i de tre zonerna med tätbebyggelse i Sverige. Redovisat år anger slutår i medelvärdesberäkningen. *Malmö hade ett stort databortfall i juni och juli 2003 och detta år ingår därför inte i beräkningarna för 2004. Detta var ett år med mycket hög ozonförekomst vid många andra mätstationer. Värden beräknas dock även för de tidsperioder där året 2003 ingår, eftersom det i direktivet anges att minimiantalet år som krävs för att beräkna ozonexponeringen under en period är ett år för skydd av människors hälsa och tre år till skydd för växtligheten (AOT40).*



Figur 5 Ozonsituationen i relation till angivna långsiktiga mål till skydd för A, B) människors hälsa och C) växtligheten i de tre zonerna med tätbebyggelse i Sverige. Målet för hälsa anges dels som A) det årliga maximala 8-timmarsmedelvärdet, dels som B) antal dagar årligen då detta medelvärde överskred 120 µg/m³. Vertikala linjer i figurerna A och C anger de långsiktiga målen.

5.2.3 Konsekvenser av eventuella överskridanden i Sverige

EU:s målvärden för ozon har inte överskridits i Sverige, men däremot den svenska miljökvalitetsnormen för ozon som är en så kallad ”bör-norm”. För att en ”bör-norm” ska anses vara överträdd krävs dels att värdet för normen överskrids, men samtidigt att överskridandet beror på *”verksambeter eller åtgärder som varaktigt och i betydande omfattning motverkar möjligheterna att inte överskrida föroreningsnivån och att rimliga åtgärder inte vidtagits för att undvika att föroreningsnivån överskrids”*. Detta har inneburit att trots att normen för ozon har överskridits i Sverige har bedömningen gjorts att den inte är överträdd, vilket medför att det inte finns något krav på åtgärdsprogram i dagsläget.

Eftersom de långsiktiga målen överskrids är fasta mätningar, eventuellt i kombination med kompletterande utvärderingsmetoder, obligatoriska i alla zoner i Sverige. Dessutom behöver Sverige *”utarbete och genomföra kostnadseffektiva åtgärder i syfte att uppnå de långsiktiga målen”* (citrat från direktivet).

6 Förslag till reviderat nationellt övervakningsprogram för marknära ozon

Avgång av flyktiga organiska kolväten från växtlighet kan ses som en naturlig källa som har betydelse för ozonbildningen i bakgrundsmiljön på avstånd från antropogena källor. En viktig förutsättning för en sådan ozonbildning är emellertid närvaron av kväveoxider, vilka huvudsakligen kommer från antropogena källor. Mängden NMVOC styr ozonbildningen i förorenade miljöer, men i förhållandevis oförorenade miljöer kommer halten av kvävedioxiderna att vara drivkraften för ozonbildningen (Simpson, 1995). Det är därför inte relevant att räkna bort naturliga emissioner av NMVOC i Sverige. Detta har varit utgångspunkten för förslaget nedan.

Eftersom de långsiktiga målen för ozon överskrids är fasta mätningar, eventuellt i kombination med kompletterande utvärderingsmetoder, obligatoriska i alla zoner i Sverige.

Generellt kan sägas att direktivet i huvudsak har utarbetats och anpassats till de relativt höga luftföroreningsnivåer som råder i stora delar av kontinentala och södra Europa samt i södra Storbritannien. I dessa områden är det på grund av betydande lokal ozonbildning relativt stor skillnad i ozonförekomst mellan tätorter, förorter, landsbygd samt bakgrunds nivå landsbygd. Ozonförekomsten i Sverige beror däremot i huvudsak på långväga transport av ozonbildande ämnen, och forskning har visat att skillnaderna i ozonförekomst mellan förorter, landsbygd och bakgrunds nivå landsbygd är relativt små. Således kan en viss, enstaka mätplats i Sverige i vissa fall anses representera flera olika kategorier av mätplatser såsom t ex förorter, landsbygd och bakgrunds nivå landsbygd.

Istället är det olika geografiska förutsättningar som spelar stor roll för ozonförekomsten i Sverige, såsom avstånd från kust samt placering i den lokala topografin. Dessa faktorer nämns inte i direktivet, sannolikt därför att de för flertalet övriga länder inte spelar samma stora roll. Flertalet övriga länder har en generellt högre nivå av ozonbildande ämnen som ger upphov till en lokal ozonbildning, vilket maskerar inverkan av ovan nämnda geografiska förutsättningar.

I detta avsnitt redovisas 3 olika förslag till ett nationellt övervakningsprogram för marknära ozon, där det första utgår från direktivets krav utan någon kompletterande information och det andra tar hänsyn till möjligheten att använda kompletterande information. Det tredje alternativet utgår från resonemanget ovan om variationen i ozonförekomst i Sverige och utgör en miniminivå för att erhålla tillräckligt god information om exponering av såväl befolkningen som växtlighet, men uppfyller inte alla de krav som ställs enligt direktivet.

6.1 Alternativ 1: Baserat på direktivets krav, utan någon kompletterande information

I Tabell 10 nedan finns en sammanställning av de i direktivet angivna kraven samt befintliga mätstationer i de olika zonerna tolkat strikt utifrån direktivets krav.

Av tabellen framgår att det i zonerna 1-3 (övriga zoner) endast finns två (Norr Malma, zon 2; Östads Säteri, zon 3) av de nuvarande mätstationerna som uppfyller de krav som definieras i direktivet (2008/50/EG) för kategorin landsbygd. Övriga mätplatser som finns i zonerna 1-3 faller enligt vår tolkning inom kategorin bakgrunds nivå landsbygd. Inte heller i zonerna 4-6

(tätbebyggelse) uppfylls kraven. Här finns en station per zon, men mätningarna sker i taknivå i tätort, vilket inte överensstämmer med definitionen för de mätplatskriterier som anges i direktivet.

Beträffande bakgrundsmiljö på landsbygd finns det i dagsläget minst 9 stationer som uppfyller kriterierna; Esrange, Vindeln, Bredkålen, Grimsö, Norra Kvill, Aspvreten, Vavihill, Råö samt Asa. Således uppfyller Sverige för närvarande kraven vad gäller antalet bakgrundsstationer i landsbygdsmiljö.

Sammanfattningsvis behöver Sverige, för att uppfylla EU-direktivets krav på övervakning, inrätta ytterligare 18 fasta kontinuerliga mätstationer för ozon. Av dessa ska totalt minst 12 placeras i förortsområden inom respektive zon, 4 i landsbygdsmiljö och 2 i tätort. Noteras bör också att staten, via Naturvårdsverket, endast har rådighet över 8 av stationerna i kategorin ”bakgrundsnivå landsbygd”.

Tabell 10 Krav på stationsantal i Sverige enligt direktivet samt nuvarande fasta mätlokaler avseende kontinuerliga ozonmätningar (endast med referensmetod) i de 6 övervakningszonerna och bakgrundsnivå på landsbygd.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om ingen annan information finns	Nuvarande mätlokaler med ozonmätningar (referensmetod)	Behov av ytterligare stationer (varav minst i förort)
1	Norra Sverige	3 (2)	-	3 (2)
2	Mellansverige	5 (3)	1 (landsbygd; <i>Norr Malma</i> ¹⁾)	4 (3)
3	Södra Sverige	6 (3)	1 (landsbygd; <i>Östads Säteri</i> ²⁾)	5 (3)
4	Stockholms tätortsområde	3 (2)	-	3 (2)
5	Göteborgs tätortsområde	2 (1)	-	2 (1)
6	Malmös tätortsområde	1 (1)	-	1 (1)
	Bakgrundsnivå landsbygd	9	9 (<i>Vavihill</i> ³⁾ , <i>Råö</i> ³⁾ , <i>Asa</i> ⁴⁾ , <i>Norra Kvill</i> ³⁾ , <i>Aspvreten</i> ³⁾ , <i>Grimsö</i> ³⁾ , <i>Esrange</i> ³⁾ , <i>Vindeln</i> ³⁾ , <i>Bredkålen</i> ³⁾)	0
Summa		29	11	18
	tätort	2	0	2
	förort	12	0	12
	landsbygd	6	2	4
	bakgrund landsbygd	9	9	0

1) Finansieras av Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund

2) Finansieras av Västra Götalands län och Naturvårdsverket

3) Finansieras inom ramen för den nationella miljöövervakningen vid Naturvårdsverket

4) Finansieras av Ozonmät nätet i södra Sverige (se avsnitt 4.2.1)

Ozonbildande ämnen

Det antal provtagningspunkter för kvävedioxid som krävs enligt direktivet, 50 % av de där ozon mäts, redovisas i Tabell 11. Mätningar sker idag vid en station på landsbygd i zon 4 samt vid stationerna i kategorin bakgrunds nivå landsbygd. I detta alternativ skulle kontinuerliga mätningar behövas på 11 stationer, varav 8 i förorter, i zon 1-6.

Även flyktiga organiska föreningar (NMVOC) ska mätas vid en av de provtagningspunkter där kväveoxider (NO och NO₂) övervakas. Detta sker idag i taknivå vid en station i Göteborg (Femman, taknivå), vilket inte överensstämmer med definitionen för de mätplatskriterier som anges i direktivet.

Tabell 11 Krav på stationsantal för kontinuerlig övervakning av kvävedioxid, parallellt med ozonmätning, i de 6 zonerna samt i bakgrundsmiljö på landsbygd, där de långsiktiga målen för ozon överskrids.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav i förort), om ingen annan information finns	Nuvarande mätlokaler med kvävedioxid-mätningar (referensmetod)	Behov av ytterligare stationer (varav minst i förort)
1	Norra Sverige	2 (1)	-	2 (1)
2	Mellansverige	3 (2)	1 (landsbygd; <i>Norr Malma</i> ²⁾)	2 (2)
3	Södra Sverige	3 (2)	-	3 (2)
4	Stockholms tätortsområde	2 (1)	-	2 (1)
5	Göteborgs tätortsområde	1 (1)	-	1 (1)
6	Malmös tätortsområde	1 (1)	-	1 (1)
	Bakgrunds nivå landsbygd	5 ¹⁾	8 ³⁾	0
	Summa	17 (8)		11 (8)

1) Kontinuerlig övervakning ej krav, andra mätmetoder får användas.

2) Finansieras av Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund.

3) Vid 4 stationer mäts med impregnerat glasfiberfilter på dygnsbas; vid 4 stationer mäts med diffusionsprovtagare på månadsbas.

Fördelen med detta alternativ är att direktivets krav uppfylls. **Nackdelen** är det stora antalet stationer som krävs, utan att det ger särskilt mycket mer information.

6.2 Alternativ 2: Baserat på direktivets krav, med användning av kompletterande information

I det fall att annan information (beräkningsmodeller och/eller indikativa mätningar) utnyttjas kan antalet provtagningspunkter med fasta kontinuerliga mätningar reduceras. Till följd av att det i detta fall ställs ett minimikrav i relation till areal alternativt befolkningens mängd så ökar dock kravet på antal mätstationer i zon 1 (från 3 till 6 stationer) om man använder kompletterande information för övervakningen. I förslaget nedan har därför valts att för zon 1 inte använda kompletterande information. Kravet på antalet mätstationer blir för Sveriges del då 7 stationer för zoner av typen övrig (zon 1-3), varav minst 4 i förort, medan det för tätorter (zon 4-6) blir 3 varav alla måste vara i

förort., se Tabell 12. Kraven på mätningar av bakgrunds nivå landsbygd kvarstår, dvs. 9 platser. Totalt för landet blir det minsta antalet mätlokaler som krävs, om annan information utnyttjas maximalt, 19, varav minst 7 i förort.

För att uppfylla EU-direktivets krav behövs ytterligare 8 fasta kontinuerliga mätstationer för ozon, varav 7 i förortsområden inom respektive zon och 1 i landsbygdsmiljö. Staten, via Naturvårdsverket, har dock endast rådighet över 8 av stationerna i kategorin bakgrunds nivå landsbygd.

Tabell 12 Krav på stationsantal för kontinuerlig övervakning av ozon i de 6 zonerna samt i bakgrundsmiljö på landsbygd om kompletterande information utnyttjas.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om annan information finns	Nuvarande mätlokaler med ozonmätningar (referensmetod)	Behov av ytterligare stationer (varav i förort)
1	Norra Sverige ¹⁾	3 (2)	-	3 (2)
2	Mellansverige	2 (1)	1 (landsbygd; <i>Norr Malma</i> ²⁾)	1 (1)
3	Södra Sverige	2 (1)	1 (landsbygd; <i>Östads Säteri</i> ³⁾)	1 (1)
4	Stockholms tätortsområde	1 (1)	-	1 (1)
5	Göteborgs tätortsområde	1 (1)	-	1 (1)
6	Malmös tätortsområde	1 (1)	-	1 (1)
	Bakgrunds nivå landsbygd	9	9 (<i>Vanibill</i> ⁴⁾ , <i>Räö</i> ⁴⁾ , <i>Asa</i> ⁵⁾ , <i>Norra Kivill</i> ⁴⁾ , <i>Aspvreten</i> ⁴⁾ , <i>Grimso</i> ⁴⁾ , <i>Esränge</i> ⁴⁾ , <i>Vindeln</i> ⁴⁾ , <i>Bredkälén</i> ⁴⁾)	0
Summa		19	11	8
	tätort	0	0	0
	förort	7	0	7
	landsbygd	3	2	1
	bakgrund landsbygd	9	9	0

- 1) I artikel 10, punkten 3c, anges villkoret att "i varje zon eller tätbebyggelse måste det finnas minst en provtagningspunkt per två miljoner invånare eller en provtagningspunkt per 50 000 km², beroende på vilket som ger flest provtagningspunkter". Det innebär således ett krav på 6 stationer för zon 1 om kompletterande information används. För denna zon föreslås därför att denna möjlighet ej tillämpas.
- 2) Finansieras av Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund
- 3) Finansieras av Västra Götalands län och Naturvårdsverket
- 4) Finansieras inom ramen för den nationella miljöövervakningen vid Naturvårdsverket
- 5) Finansieras av Ozonmätandet i södra Sverige (se avsnitt 4.2.1)

Ozonbildande ämnen

Jämfört med de krav som redovisats för Alternativ 1 i avsnitt 6.1 ovan så medför användning av kompletterande utvärderingsmetoder att kravet på antalet provtagningspunkter för kvävedioxid minskar med 2 stationer, varav 1 i förort, se Tabell 13. Mätningar sker idag vid en station på landsbygd i zon 4 samt vid stationerna i kategorin bakgrunds nivå landsbygd. I detta alternativ skulle kontinuerliga mätningar behövas på 9 stationer, varav 7 i förorter, i zon 1-6.

Kravet på att mäta flyktiga organiska ämnen i en provtagningspunkt kvarstår, varför även NMVOC ska mätas vid en av de stationer där kväveoxider (NO och NO₂) övervakas. Detta sker idag i taknivå vid en station i Göteborg (Femman, taknivå), vilket inte överensstämmer med definitionen för de mätplatskriterier som anges i direktivet.

Tabell 13 Krav på stationsantal för kontinuerlig övervakning av kvävedioxid, parallellt med ozonmätning, i de 6 zonerna samt i bakgrundsmiljö på landsbygd, där de långsiktiga målen för ozon överskrids.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav i förort), om annan information finns	Nuvarande mätlokaler med kvävedioxid-mätningar (referensmetod)	Behov av ytterligare stationer (varav minst i förort)
1	Norra Sverige	3 (2)		3 (2)
2	Mellansverige	2 (1)	1 (landsbygd; <i>Norr Malma</i> ²⁾)	1 (1)
3	Södra Sverige	2 (1)		2 (1)
4	Stockholms tätortsområde	1 (1)		1 (1)
5	Göteborgs tätortsområde	1 (1)		1 (1)
6	Malmös tätortsområde	1 (1)		1 (1)
	Bakgrunds nivå landsbygd	5 ¹⁾	8 ³⁾	0
	Summa	15 (7)		9 (7)

1) *Kontinuerlig övervakning ej krav, andra mätmetoder får användas*

2) *Finansieras av Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund*

3) *Vid 4 stationer mäts med impregnerat glasfiberfilter på dygnsbas; vid 4 stationer mäts med diffusionsprovtagare på månadsbas.*

Tillgång till övrig information

För Alternativ 2, med ett reducerat antal mätstationer, krävs att det också finns tillgång till kompletterande information. Om kompletterande utvärderingsmetoder tillämpas måste dessa, enligt direktivet, kunna användas för en yttäckande utvärdering av eventuella överskridanden av målvärden och informationströsklar.

De kompletterande utvärderingsmetoder som idag finns tillgängliga för utvärdering av målvärden (8 timmars medelvärden + AOT40) och prognostisering av informationströsklar i Sverige är ännu ej direkt tillämpbara med tillräckligt god tillförlitlighet och kommer sannolikt att kräva ytterligare några års utvecklingsarbete.

Även de mätningar som finns i tätorter, men inte uppfyller direktivets krav på mätplatsplacering och/eller referensmetod, bör också kunna användas som kompletterande information.

Framtida möjligheter att tillämpa detta alternativ diskuteras vidare i kapitel 8, ”Diskussion och slutsatser”.

Fördelen med detta alternativ är att antalet mätstationer kan minskas jämfört med Alternativ 1. **Nackdelen** är att kravet på att upprätta ett stort stationer i bl.a. förorter kvarstår, samt att det i dagsläget ännu inte finns några tillförlitliga metoder för att generera tillräckligt omfattande kompletterade information för att detta alternativ ska vara möjligt att tillämpa med syfte att uppfylla de krav som ställs i direktivet.

6.3 Alternativ 3: Miniminivå för tillräcklig information, uppfyller ej direktivets krav

Detta alternativ uppfyller inte fullt ut de krav som ställs enligt direktivet, utan utgör ett förslag till övervakningsprogram för ozon, där mätdata från pågående mätverksamhet i zonerna av kategorin ”tätbebyggelse” ingår i utvärderingen. För att erhålla en bättre bild av den geografiska variationen på landsbygd föreslås en komplettering av övervakningen i ”övriga zoner”. Förslaget har tagits fram i beaktande av följande utgångspunkter:

- Nedsättning av ozonhalten genom en kemisk reaktion med NO är begränsad till de centrala delarna av tätorterna. Närliggande regionala bakgrundstationer i landsbygdsmiljö kan därmed anses representativa för förhållandena även i subregional landsbygd och förort, både för tätortszoner och för zoner av typen övrig. Detta innebär att man då skulle kunna använda de tillgängliga regionala bakgrundstationerna också för utvärdering av miljömål och informationströsklar för dessa mätpunktskategorier.
- Det kan dock förekomma att ozonhalten kan vara något lägre i miljöer närmre tätorterna, vilket då kan innebära att haltnivåerna, och därmed effektbedömningen, i vissa fall riskerar att överskattas. Ozonförekomsten kan variera avsevärt på relativt korta geografiska avstånd. Ozonförekomsten är hög i kustnära och höglänta områden, framför allt i södra och mellersta Sverige, medan den är avsevärt lägre i låglänta områden. För att möjliggöra en god yttäckande bedömning bör det i varje zon, av kategorin ”övrig zon”, finnas minst en mätplats som är kustnära eller höglänt och minst en mätplats som är låglänt (se vidare i Bilaga 2).
- De aspekter som givits i de två punkterna ovan vad gäller geografiska variationer i ozonförekomst gäller eventuellt inte för de mest förorenade områdena av södra Sverige, framför allt Skåne. Höga NO_x-emissioner i regionen, inklusive Köpenhamnsområdet samt sjöfarten, kan sannolikt ge upphov till en lokal ozonbildning i större utsträckning jämfört med övriga delar av Sverige.. Det kan därför behövas ett tätare stationsnät i denna del av landet, men enklare mätmetoder än referensmetoden och annan kompletterade information kan vara tillräckligt.
- De tätortsstationer som är placerade i taknivå har antagits vara representativa för den urbana bakgrunden.

Nuvarande mätplatser inom respektive geografiskt område

Utifrån ovan beskrivna ”utgångspunkter” samt de resonemang som förs för respektive zon nedan sammanfattas i Tabell 14 nuvarande fasta mätplatser för ozonmätningar (referensmetod) i relation till EU-direktivets krav. För zonerna 4-6 har de tätortsstationer som är placerade i taknivå antagits vara representativa för den urbana bakgrunden. Här har även lagts in en bedömning av de geografiska kategorier som täcks in, baserat på diskussionen i Bilaga 2.

Minsta antalet mätlokaler, om ingen annan information finns, uppfylls då i zon 1. I zon 2 saknas en mätplats och i zon 3 saknas två mätplatser. I samtliga av zonerna 4-6 saknas en mätplats i förort.

Tabell 14 Nuvarande mätlokaler för ozon (med UV-absorptionsinstrument) inom det geografiska området för olika zoner.

Kursiverade mätlokaler anger att mätningarna ej bedrivs inom den nationella miljöövervakningen.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om ingen annan information finns	Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om annan information finns	Nuvarande mätlokaler med ozonmätningar (referensmetod)	Geografiska kategorier som täcks in (<i>se vidare Bilaga 2</i>)
1	Norra Sverige	3 (2)	6 (3)	1. Esrange 2. Vindeln 3. Breckälven	Ej definierat
2	Mellan-sverige	5 (3)	2 (1)	1. Norra Kivill 2. Aspvreten 3. Grimsö 4. <i>Norr Malma</i>	1. Höglänt 2. Kustnära 3. Låglänt, skogslandskap 4. Låglänt, öppet fält
3	Södra Sverige	6 (3)	2 (1)	1. Vavihill 2. Råö 3. <i>Asa</i> 4. <i>Östads Säteri</i>	1. Höglänt 2. Kustnära 3. Låglänt, skogslandskap 4. Låglänt, skogslandskap
4	Stockholm	3 (2)	1 (1)	2 (tätort; <i>Torkel Knutsonsgatan, Stockholm</i> samt förort: <i>Norr Malma</i>)	Ej relevant
5	Göteborg	2 (1)	1 (1)	1 (tätort; <i>Femmanbuset, Göteborg</i>)	Ej relevant
6	Malmö	1 (1)	1 (1)	1 (tätort; <i>Rådhuset, Malmö</i>)	Ej relevant

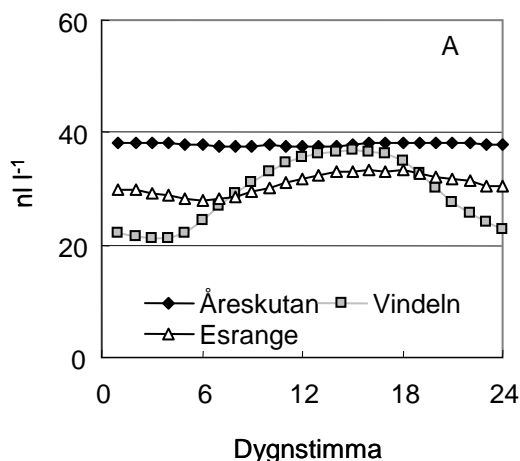
Zon 1, Norra Sverige

Zonen har i strikt mening inga mätplatser som uppfyller direktivets definitioner av mätplatser i landsbygd eller förort. Emellertid bedöms det ytterst osannolikt att ozonförekomsten i landsbygden eller förorterna till de tätorter som finns i denna zon skiljer sig från ozonförekomsten vid de tre mätstationerna som finns för bakgrundsnivå landsbygd inom zonen. En bedömning blir därför att mätstationerna för ozon som finns i denna zon ger en tillfredsställande information. Zonen är geografiskt mycket stor, men ändå relativt väl intäckt geografiskt i nuläget.

En miljö som dock för närvarande inte är intäckt vad gäller ozonförekomst är den högalpina miljön i fjällvärlden. Placering av en mätplats i denna miljö motiveras av följande:

- Det är väl känt från högalpina mätningar i Alperna att ozonförekomsten ökar med höjden över havet.
- Dygnsvariationen i ozonhalt är mycket liten i högt belägna miljöer, t.ex. Åreskutans topp till skillnad mot andra nordliga mätplatser såsom Esrange och Vindeln, se Figur 6. Eftersom det i nordligaste Sverige sommartid är ljus dygnet runt kan växtligheten genom sina klyvöppningar ta upp ozon även på natten, vilket gör att nattliga ozonhalter kan ha stor betydelse. Det finns dock så vitt vi känner till inga studier av ozonkänsligheten hos fjällväxter.
- Mätningar av ozonhalter månadsvis med diffusiva provtagare inom Krondroppsnetet vid två mycket nordliga platser, Palovare och Nikkaluokta har visat att månadsmedelhalten under vissa månader på senvintern och våren kan överskrida $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid dylika höga månadsmedelhalter är det mycket sannolikt att det maximala 8-timmarsmedelvärdet någon gång överskridit det långsiktiga målet på $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Slutligen har det konstaterats att bakgrundshalterna av ozon ökar i norra Sverige, vilket har särskild betydelse för ozonförekomsten i fjällvärlden.

Sammanfattningsvis kan konstateras att antalet befintliga mätstationer i zon 1 bör ge tillräckligt med information för uppföljning av ozonförekomst och eventuella åtgärdsbehov. Dock föreslås att övervakningen utökas med en mätstation i högalpin miljö i fjällvärlden.



Figur 6 Medelhalter för ozonkoncentration per dygnstimma beräknat för 1 april – 30 september 1993 för Åreskutans topp (1400 m. ö. h) samt för Esrange och Vindeln (Karlsson m. fl., 2007b).

Zon 2, Mellansverige

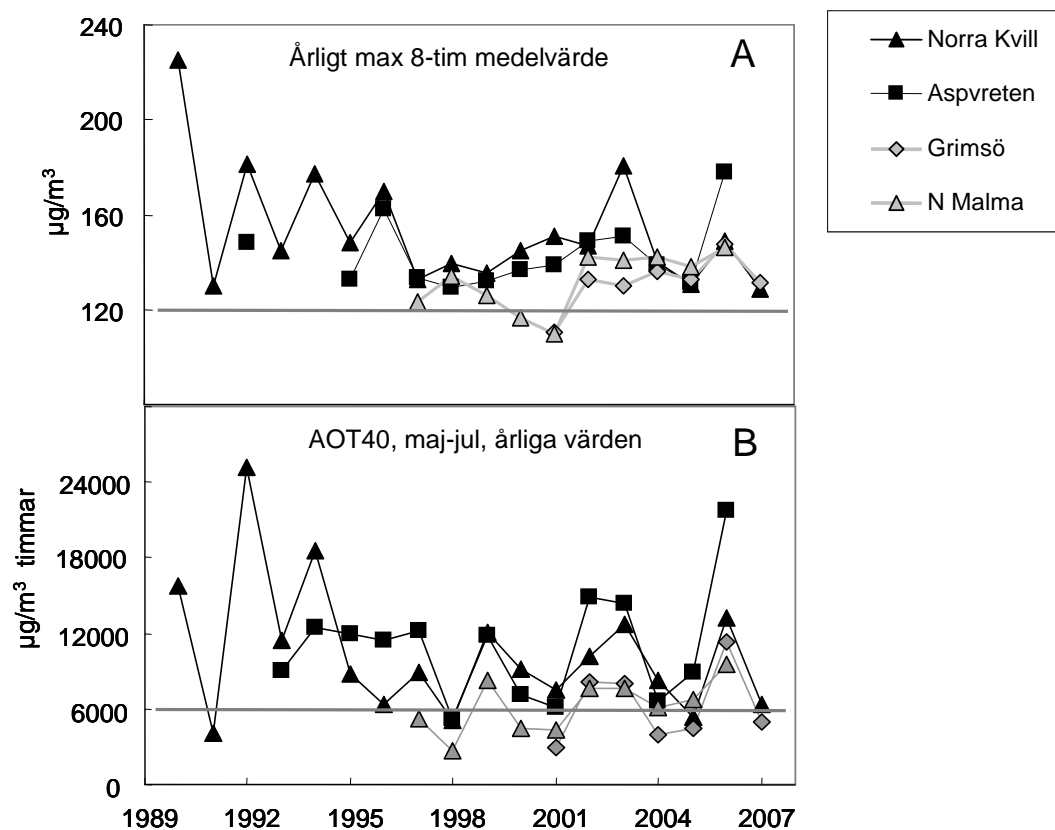
Det saknas i nuläget mätstationer som uppfyller kraven för landsbygd respektive förort, förutom mätplatsen Norr Malma (landsbygd). Den största befolkningstätheten i denna zon ligger runt Mälardalen och i Stockholmsområdet. Med tanke på att den dominerande vindriktningen är sydvästlig skulle man förvänta att den största risken för ozonbildning på grund av lokala emissioner skulle vara i de nordöstra delarna av zonen. Förutom för dessa områden skulle man kunna hävda att ozonförekomsten i landsbygd och bakgrunds nivå landsbygd sannolikt inte skiljer sig åt. Mätplatserna Grimsö, Aspvreten och Norra Kivill skulle därmed kunna räknas som landsbygdsstationer och därmed räknas till zonen. Därtill kommer Norr Malma.

Ozonsituationen, med avseende på de långsiktiga målen, vid de fyra befintliga mätplatserna inom det geografiska området för zon 2 visas i Figur 7. Av figuren framgår att ozonförekomsten vid de båda låglänta mätplatserna Grimsö/Norr Malma är relativt lika, både vad gäller maximalt 8-timmarsmedelvärde och AOT40. Grimsö ligger beläget i skogslandskapet, medan Norr Malma ligger på ett öppet fält. Förutom Grimsö är samtliga mätstationer i zonen placerade i de östra delarna, och Grimsö representerar därmed en betydande areal av zon 2. Även mätplatserna Aspvreten och Norra Kivill uppvisar ofta en samvariation i ozonhalt. Dock har det vid de totalt 3 tillfällen då tröskeln för information till allmänheten överskridits i Sverige under de senaste fem åren observerats ett i Aspvreten och ett i Norra Kivill och de inträffade inte samtidigt. Detta visar på betydelsen av att ha ett någorlunda stort antal mätplatser.

Enligt den analys om variationer av ozonhalter i tätorter som redovisas i Bilaga 2 är nedsättning av ozonhalter, genom en kemisk reaktion med NO, begränsad till de centrala delarna av tätorterna. Därför görs bedömningen att behovet av information om situationen i tätorter för denna zon kan tillgodoses av de mätningar som finns inom zonen i bakgrunds nivå landsbygd. Detta stöds av den slutsats som drogs av Johansson m. fl., 2006, att ozonförekomsten var relativt lika i Stockholmsregionen, utanför centrala Stockholm, och att observerade ozonhalter inte beror av var den regionala bakgrundsstationen ligger i förhållande till Stockholm och den rådande vindriktningen.

Inom zonen finns således fyra mätplatser som kan anses kan vara representativa för kategorierna landsbygd och förort inom de områden där de är belägna. Emellertid saknas en mätplats i förhållande till vad som anges i kraven från direktivet (Tabell 14). Eftersom zonen är tätbefolkad föreslås därför ytterligare en fast mätplats för ozonmätningar (med referensmetod), och denna borde då företrädesvis ligga i en förort i lä (i förhållande till förhärskande vindriktning) för något av de större befolkningscentra som ligger i Mälardalen/Uppsala.

Sammanfattningsvis föreslås att antalet mätplatser i zon 2 utökas med en station, företrädesvis i en förort i lä för något av de befolkningscentra som ligger i Mälardalen/Uppsala.



Figur 7 Ozonsituationen i relation till långsiktiga målvärden (indikerat med heldragen horisontell linje) till skydd för A) människors hälsa och B) växtligheten vid de fyra mätplatser i zon 2.

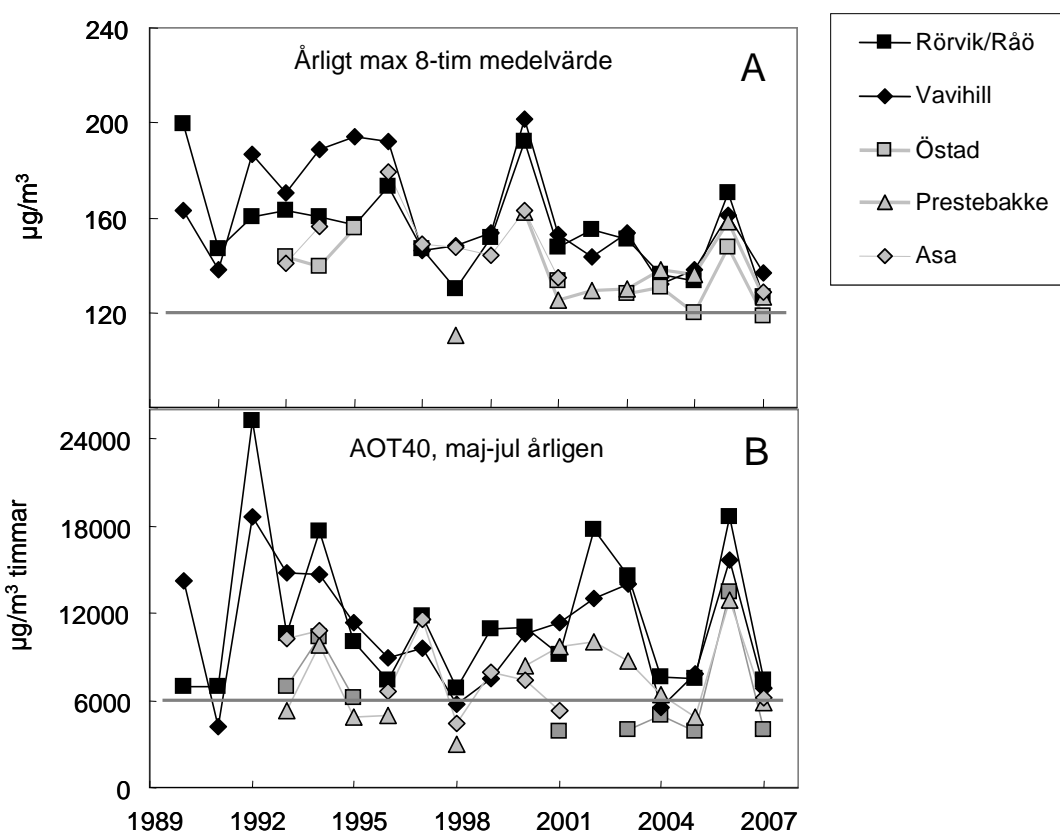
Zon 3, Södra Sverige

Förutom mätplatsen Östads Säteri (landsbygd) saknas, liksom för tidigare zoner, i nuläget mätstationer som uppfyller kraven för landsbygd respektive förort. Liksom resonemanget ovan för zon 1 respektive 2 kan de befintliga mätstationerna som finns inom zonen anses representera både landsbygd och förort. I zonen saknas, utifrån sammanställningen i Tabell 14, i nuläget 2 mätplatser jämfört med kravet på minsta antalet mätlokaler om ingen annan information finns.

Man skulle kunna räkna in de ozonmätningar som bedrivs vid Prestebakke i Norge³, strax innanför gränsen från Dalsland. Dessa mätningar bör vara representativa för de nordvästra delarna av zon 3. Ozonsituationen, med avseende på de långsiktiga målen, vid de fyra befintliga mätplatserna i zon 3 samt vid Prestebakke, visas i Figur 8 nedan. Data för Prestebakke har i denna utvärdering använts från och med 1997, eftersom det före denna tidpunkt var problem med denna station vad gäller kalibreringar (Solberg, 2003). Östads Säteri och Asa är låglänt belägna mätplatser som enligt metodiken som beskrivits i Bilaga 2 skulle ha en låg ozonförekomst, medan Råö är kustnära med en hög ozonförekomst. Vavihill är utifrån en lokal-topografisk definition lågt beläget. Erfarenheter från ozonmätningar runt om i Skåne har emellertid indikerat att ozonförekomsten i Skåne är hög, oberoende av topografisk belägenhet i landskapet (Karlsson m. fl., 2009). Mätplatsen Vavihill har

³ Övervakningen genomförs av NILU och ingår även i EMEP-mättnätet (www.emep.int). Mätningarna sker med UV-instrument (160 m.ö.h., 2 meter över mark). Mätstationens placering framgår av Figur 1.

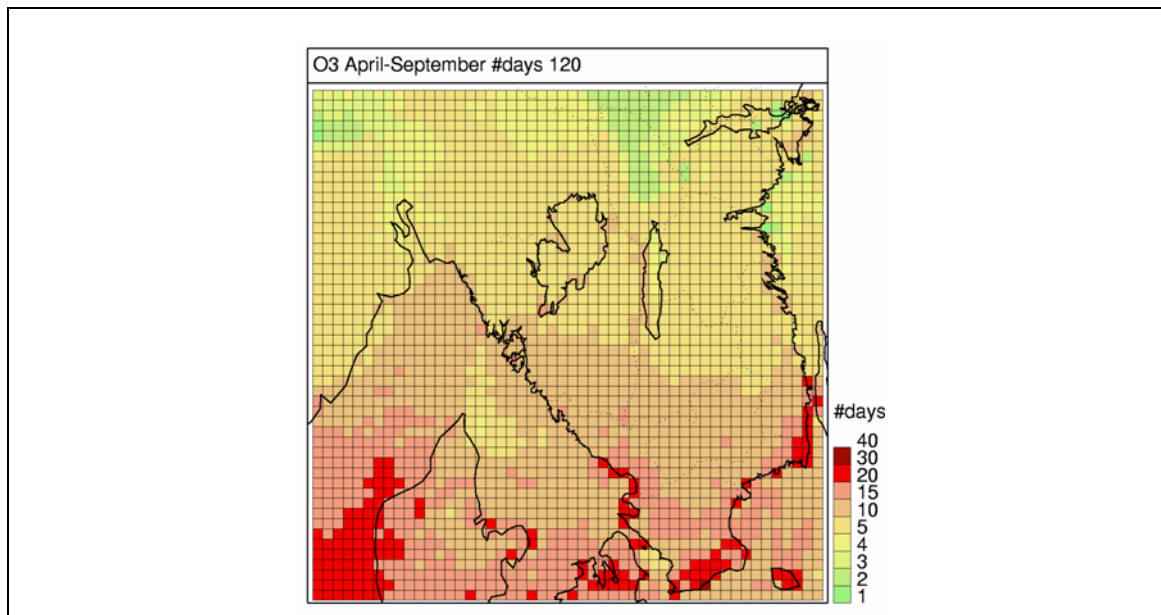
därför också en hög ozonförekomst. Jämfört med zon 2 är variationerna större och skillnaderna mellan dessa geografiska kategorier inte lika tydliga för de målvärden som direktivet föreskriver. Ozonförekomsten vid Prestebakke uppför sig lite intermediärt mellan kategorierna låglänt och kustnära/höglänt. Den större variationen i zon 3 jämfört med zon 2 kan bero på att halterna av ozonbildande ämnen är högre, liksom den fotokemiska aktiviteten som ger upphov till lokal ozonbildning. Ozonförekomsten beror då i större utsträckning på hur de förorenade luftmassorna rör sig över landet.



Figur 8 Ozonsituationen i relation till långsiktiga målvärden (indikerat med heldragen horisontell linje) till skydd för A) människors hälsa och B) växtligheten vid de fyra mätplatser i zon 3 samt Prestebakke i Norge.

Som tidigare beskrivits utgör Skåne sannolikt den del av Sverige där det är störst risk för ozonbildning på grund av lokala utsläpp av ozonbildande ämnen (Skåne och Köpenhamn samt utsläpp från fartydstrafiken). Detta visas bl a av en modellering av ozonförekomsten som gjordes av SMHI med MATCH-modellen för året 1999, med en särskilt hög geografisk upplösning, se Figur 9 (Langner m.fl., 2004).

Mot bakgrund av att ozonförekomsten i Skåne är så hög och att det helt saknas fasta ozonmätningar för Malmö tätortsområdes förorter (se nedan), föreslås att antalet fasta mätplatser i zon 3 utökas med en mätplats i en förort till någon av de större tätorterna i zonen, företrädesvis i de östra delarna av Skåne.



Figur 9 Beräknat antal dagar för vilka ozonhalten någon gång överstiger $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ($60 \text{ ppb}(\text{v})$) räknat som 8-h-medelhalt för året 1999. Från Langner m. fl., 2004.

Sammanfattningsvis föreslås att antalet mätplatser i zon 3 utökas med en mätplats i en förort till någon av de större tätorterna i zonen (företrädesvis i Skåne) samt att mätdata från Prestebakke används vid utvärderingen.

Zon 4, Stockholms tätortsområde

Inom zonen krävs minst 3 mätplatser (varav minst 2 i förort), om ingen annan information finns, men i nuläget finns endast en mätpunkt i urban bakgrund (taknivå). Norr Malma kan anses representera förortsområden i norra delen av Stockholms tätortsområde. I tillägg föreslås ytterligare en station i ett förortsområde i södra eller östra delen av zonen.

Sammanfattningsvis föreslås att antalet mätplatser i zon 4 utökas med en mätstation i ett förortsområde.

Zon 5, Göteborgs tätortsområde

Inom zonen krävs minst 2 mätplatser (varav minst 1 i förort), om ingen annan information finns, men i nuläget finns endast en mätpunkt i urban bakgrund (taknivå). Ytterligare en station föreslås i ett förortsområde i östra delen av zonen.

Sammanfattningsvis föreslås att antalet mätplatser i zon 5 utökas med en station i en förort.

Zon 6, Malmös tätortsområde

Inom zonen krävs minst 1 mätplats som skall vara placerad i ett förortsområde, om ingen annan information finns. I nuläget finns en mätpunkt i urban bakgrund (taknivå), så kravet för denna zon är inte uppfyllt med den stationen. Övervakningen i zonen föreslås att utökas med en mätplats i Malmö's östra förorter.

Sammanfattningsvis föreslås att antalet mätplatser i zon 6 utökas med en station i en förort.

Bakgrundsnivå landsbygd

Beträffande bakgrundsmiljö på landsbygd finns det i dagsläget 9 stationer (vilket motsvarar kravet) som uppfyller kriterierna; Esrangle, Vindeln, Bredkålen, Grimsö, Norra Kvill, Aspvreten, Vavihill, Råö samt Asa. 8 stationer finansieras inom ramen för den nationella miljöövervakningen vid Naturvårdsverket (se även avsnitt 4.2.1). Dessa stationer har ovan bedömts vara representativa även för landsbygd/förortsområden, vilket medför att dessa mätstationer i Alternativ 3 får dubbla funktioner.

Sammanfattningsvis uppfyller Sverige för närvarande kraven vad gäller antalet bakgrundsstationer i landsbygdsmiljö.

Sammanfattning avseende antal ozonstationer i Alternativ 3

I Tabell 15 nedan sammanfattas förslaget till förändring beträffande antalet mätstationer för övervakning av ozonhalten i luft. Utgångspunkten har varit direktivets grundkrav, utan hänsyn till möjligheten att använda kompletterande information.

Tabell 15 Sammanfattande förslag (Alternativ 3) till förändring av övervakningen avseende ozon.
Kursiverade mätlokaler anger att mätningarna ej bedrivs inom den nationella miljöövervakningen.

Zon	Område	Minsta antalet mätlokaler (varav minst i förort), om ingen annan information finns enligt direktivet	Nuvarande mätlokaler med ozonmätningar med UV-absorptionsinstrument Samma stationer föreslås representera såväl bakgrundsmiljö som landsbygd/förort	Förslag till förändring jämfört med antalet befintliga ozonstationer (varav i förort)
1	Norra Sverige	3 (2)	1. Esrangle 2. Vindeln 3. Bredkålen	+ 1 station i högalpin miljö i fjällvärlden
2	Mellan-Sverige	5 (3)	1. Norra Kvill 2. Aspvreten 3. Grimsö 4. <i>Norr Malma</i>	+ 1 station i förort lä om Mälardalen/Uppsala
3	Södra Sverige	6 (3)	1. Vavihill 2. Råö 3. <i>Asa</i> 4. <i>Östads Säteri</i>	+ 1 station i förort till någon av de större tätorterna (<i>företreädesvis i Skåne</i>)
4	Stockholm	3 (2)	1. <i>tätort; Torkel Knutsonsgatan, Stockholm</i> 2. <i>förort; Norr Malma</i>	+ 1 station i förort i södra eller östra delen av zonen
5	Göteborg	2 (1)	1. <i>tätort; Femmanbusset, Göteborg</i>	+ 1 station i förort i östra delen av zonen
6	Malmö	1 (1)	1. <i>tätort; Rådhuset, Malmö</i>	+ 1 station i förort i östra delen av zonen
	Bakgrundsnivå landsbygd	8	1. Vavihill 2. Råö 3. <i>Asa</i> 4. Norra Kvill 5. Aspvreten 6. Grimsö 7. Esrangle 8. Vindeln 9. Bredkålen	Ingen utökning föreslås
Totalt		28 (12)	14 (1)	6 (5)

Ozonbildande ämnen

I zon 1 och 2 mäts kvävedioxid vid minst 50% av de totala antalet mätpunkter som föreslås. Däremot uppfylls inte direktivkravet på att mätningarna ska ske kontinuerligt, då de metoder som används utgörs av dygns- alternativt månadsprovtagning.

Om man ska uppfylla direktivkravet avseende antalet mätpunkter för ozonbildande ämnen så bör i zon 3 mätning av kvävedioxid ske vid ytterligare en plats om mätningarna utökas med en ozonstation.

I zonerna 4-6 mäts redan idag kväveoxider (NO och NO₂) med referensmetod vid de urbana mätstationerna i taknivå, samt vid en station på landsbygd i zon 4. Mätningarna bör kompletteras med en station i förortsmiljö/landsbygd i södra Sverige (zon 3, 5 eller 6), då mätningar med hög tidsupplösning i en sådan miljö saknas där.

NMVOC mäts vid stationen i taknivå i zon 5 (Göteborg) under totalt 6 veckor per år, där även kväveoxider (NO och NO₂) mäts. Omfattningen avseende mätningarna av NMVOC bör revideras för att ge en förbättrad tidsmässig täckning samt samlokaliseras med den station i södra Sverige som föreslås ovan för komplettering avseende kväveoxider. Inom ramen för ett forskningsprojekt genomfördes mätningar av NMVOC var fjärde timme under perioden februari 1989 – oktober 1990 vid Rörvik (nära nuvarande Råö-stationen) söder om Göteborg. Resultaten visade på en säsongsvariation med höga halter under vintern och lägre halter sommartid. Ozonhalterna var generellt anti-korrelerade till koncentrationen av NMVOC (Lindskog m.fl., 1994)

Sammanfattningsvis föreslås mätningarna av ozonbildande ämnen utökas med en mätpunkt för kväveoxider i förortsmiljö/landsbygd i zon 3, 5 eller 6. Övervakningen av NMVOC bör samlokaliseras med dessa mätningar samt ges en förbättrad tidsmässig täckning.

Fördelen med Alternativ 3 är att antalet mätstationer begränsas avsevärt, vilket ger en mer kostnadseffektiv övervakning då ytterligare mätningar ej bedöms ge något betydande informationstillskott. **Nackdelen** är, liksom för Alternativ 2, att direktivets krav inte uppfylls och att det i dagsläget saknas tillräckligt väl utvecklade modellverktyg för att ge en tillfredsställande bild av ozonsituationen i landet.

7 Eventuell revision av mätprogram i andra EU-länder

7.1 Danmark

I Danmark finns inga planer på att utnyttja möjligheten att reducera antalet mätstationer genom att ersätta mätstationer för ozon med modellering och/eller någon indikativ mätmetod (Torp, 2008).

7.2 Norge

I Norge pågår en diskussion kring detta, och det är Statens Forurensningstillsyn (SFT) som ansvarar för hur detta skall hanteras. Det lutar dock åt att man inte kommer att dra ner på antalet mätstationer, eftersom det redan är ett geografiskt relativt glest mätnät (Solberg, 2008).

7.3 Finland

Finland rapporterar för närvarande ozondata från totalt 16 mätstationer (8 bakgrundsstationer, 8 tätortsstationer) till EU. Man har ännu inte diskuterat hur man skall förhålla sig till det reviderade direktivet, men har i dagsläget inga planer på att starta mer reguljära modellberäkningar (Lahtinen, 2008).

7.4 Storbritannien

I Storbritannien använder man redan idag modeller i utvärderingen av ozonsituationen för det tredje dotterdirektivet. Flertalet mätstationer startades innan det direktivet infördes. Det reviderade direktivet har inte orsakat några större förändringar, man kommer att starta mätningar på ytterligare 2-3 platser för att uppfylla kraven. Däremot har man, på grund av förändrade krav för andra föroreningar, lagt ner en del mätstationer (där bl.a. ozon mätts) inom det nationella övervakningsnätet (Dixon, 2008)

8 Diskussion och slutsatser

Utifrån de krav som ställs med avseende på antalet mätstationer, då ingen annan information är tillgänglig, saknas i Sverige tillfredställande ozonövervakning i samtliga 6 zoner. Utifrån **Alternativ 1** behövs ytterligare 18 mätstationer för ozon för att uppfylla kraven på övervakning enligt direktiv 2008/50/EG. Av dessa ska 12 stationer placeras i förortsområden, en miljö där mätningarna i stort sett saknas helt idag. Det behövs också en omfattande utökning av antalet mätplatser för kvävedioxid, totalt 12 stationer. Alternativ 1 medför en utökning av övervakningen, och därmed kostnader, som inte bedöms stå i proportion till den ytterligare information som detta mätprogram skulle medföra.

Genom att använda kompletterande information för ozonövervakningen kan kravet på en utökning av antalet mätstationer för ozon sänkas till 8 (varav 7 i förort) enligt **Alternativ 2**. I detta fall används inte möjligheten att återropa kompletterande information för zon 1, då det skulle medföra krav på ytterligare 3 stationer (varav 1 i förort). Kvävedioxid skulle behöva mätas på ytterligare 10 stationer jämfört med idag. Dock bedöms det i dagsläget inte finnas tillräckligt omfattande kompletterande information för zonerna 2-5 för att detta alternativ ska vara möjligt.

I både alternativ 1 och 2 skulle mätstationen för NMVOC, för att uppfylla kraven, behöva flyttas till en förortsmiljö. Då skulle även den samordningsvinst som man idag gör med mätningarna av kväveoxider som Göteborgs kommun genomför, gå förlorad.

Inget av de länder i Europa som kontaktas inom ramen för denna utredning har i nuläget för avsikt att reducera antalet befintliga fasta mätstationer för ozon till förmån för andra utvärderingsmetoder till följd av det nya direktivet. I vissa fall används dock redan modeller i viss utsträckning som ett verktyg i övervakningen.

I tätorter (urban bakgrund) sker en del övervakning som inte uppfyller direktivets krav på mätplatsplacering och mätmetoder. I landsbygdsmiljö sker en relativt omfattande övervakning på månadsbasis. Enklare mätmetoder (av typen diffusionsprovtagare) kan ge ytterligare underlag för en god geografisk spridning.

Såsom omnämnts ovan (se avsnitt 4.3) finns det goda möjligheter till en framtida tillämpning av diffusionsprovtagare, då man också utifrån månadsvisa medelhalter av ozon kan uppskatta månadsvisa värden för AOT40. Det är mer osäkert vad gäller tillämpning av diffusionsprovtagare för övervakning i relation till målvärden och långsiktiga mål för 8-timmarsmedelvärden. I södra Sverige har övervakning av ozon med diffusionsprovtagare, i kombination med temperaturmätningar, gett mycket tillfredställande resultat för uppskattning av AOT40-nivåer. En motsvarande koncept kan sannolikt också utformas även för norra Sverige. För att erhålla information om maximala 8-timmarsmedelvärden krävs sannolikt modellberäkningar. För att kunna ge information om tröskelvärden på timbasis krävs prognosmodeller. Här pågår utveckling med hjälp av MATCH-modellen, men metoden är ännu inte tillräckligt tillförlitlig.

Generellt kan sägas att direktivet i huvudsak har utarbetats och anpassats till de relativt höga luftföroreningsnivåer som råder i stora delar av kontinentala och södra Europa samt i södra Storbritannien. I dessa områden är det på grund av betydande lokala emissioner av ozonbildande ämnen en relativt stor skillnad i ozonförekomst mellan tätorter, förorter, landsbygd samt bakgrundsnivå landsbygd. Ozonförekomsten i Sverige beror däremot i huvudsak på långväga

transport av ozonbildande ämnen, och forskning har visat att skillnaderna i ozonförekomst mellan förorter, landsbygd och bakgrundsnivå landsbygd är relativt små. I **Alternativ 3** ges förslag på ett övervakningsprogram ”anpassat” till svenska förhållanden.

För svensk del tycks den sänkning i ozonhalt som sker i närheten av trafikmiljöer, genom reaktion med den NO som emitteras där, vara begränsad till de mest centrala delarna av tätorten. De studier som gjorts baseras på förhållandena i Göteborg och Stockholm (se Bilaga 2), och skillnaden i haltnivå mellan bakgrundsmiljö på landsbygd och tätortsmiljö bör vara ännu mindre i övriga tätorter. Således bör det därför vara möjligt att betrakta de regionala bakgrundsstationerna på landsbygd i Sverige som representativa även för förorts- och landsbygdsmiljöer.

För att täcka in områden där övervakning saknas idag föreslås i Alternativ 3 komplettering med en station per zon (totalt 6 stationer); högalpin miljö (zon 1) respektive tätbefolkade områden i förorter (zon 2-6). Vid utvärdering av ozonförekomst bör i detta alternativ även mätdata genererade med andra mätmetoder/andra placeringar användas. Avseende ozonbildande ämnen föreslås utökning med en mätpunkt för kväveoxider i förortsmiljö/landsbygd i södra Sverige (zon 3, 5 eller 6). Övervakningen av NMVOC bör samlokaliseras med dessa mätningar samt ges en förbättrad tidsmässig täckning.

Modellering av ozonförekomsten har pågått i många år, men hittills har de modellerade halterna uppvisat relativt dålig överensstämmelse med mätningar, speciellt vid hög tidsupplösning. För att modellerna skall kunna återge ozonbelastningen med god geografisk upplösning krävs också att även mindre dalgångar kan visualiseras (ca 1x1 km).

Det nya ozondirektivet lägger en stor vikt vid att befolkningens exponering för höga ozonhalter skall beskrivas på ett korrekt, yttäckande sätt utifrån de punktmätningar som bedrivs. För användning av modeller för övervakning av informationströsklar krävs modellering i ”nära real-tid” för prognostisering, och de modeller som finns tillgängliga idag är inte tillräckligt tillförlitliga för detta ändamål.

Om ovan nämnda modelltillämpningar kan utvecklas vidare så att resultat med tillfredsställande precision kan erhållas och att modellerna kan användas för mer rutinmässigt bruk, bör dessa verktyg, i kombination med en mätomfattning enligt förslaget alternativ 3 och övrig pågående mätverksamhet, kunna ge en fullgod yttäckande bild av ozonhalterna i Sverige, både vad gäller tröskelvärden i realtid, målvärden och långsiktiga mål.

9 Referenser

- Dixon, Janet (2008). Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra) i Storbritannien, personlig kommunikation.
- EC (2002). "The Sixth Community Environment Action Programme", Decision No 1600/2002/EC, Council of 22 July 2002 OJ L 242, 10.9.2002, p. 1.
- Rådets direktiv 96/62/EG av den 27 september 1996 om utvärdering och säkerställande av luftkvaliteten.
- Rådets direktiv 1999/30/EG av den 22 april 1999 om gränsvärden för svaveldioxid, kvävedioxid och kväveoxider, partiklar och bly i luften.
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2000/69/EG av den 16 november 2000 om gränsvärden för bensen och kolmonoxid i luften.
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2002/3/EG av den 12 februari 2002 om ozon i luften.
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2008/50/EG av den 21 maj 2008 om luftkvalitet och renare luft i Europa.
- Haeger-Eugensson, M., Moldanova, J., Ferm, M., Jerksjö, M., Fridell, E. (2010). On the increasing levels of NO₂ in some cities – the role of primary emissions and shipping. IVL Report B 1886. Preliminär version, Mars 2010.
- Johansson C., Lövenheim, B., Westerlund, K.G., och Jonson, T. 2006. Ozon – ny miljö kvalitetsnorm. Rapport från Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund 2006:6.
- Karlsson P-E., Pihl-Karlsson G., Pleijel H., Sundberg, J. 2007a. En bedömning av ozonbelastningen i landsbygds miljön i Västra Götalands län IVL Rapport U 2064.
- Karlsson, P.E., Tang, L., Sundberg, J., Chen, D., Lindskog, A. and Pleijel, H. 2007b. Increasing risk for negative ozone impacts on vegetation in northern Sweden. Environmental Pollution 150, 96-106.
- Karlsson, P-E. (2008). IVL Svenska Miljöinstitutet. Personlig kommunikation.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Pihl Karlsson, G., Klingberg, J. (2009). Marknära ozon i södra Sverige. Utveckling av en manual för bedömning av överskridanden av målvärden. IVL Rapport B1860.
- Lahtinen, Tarja (2008). Miljödepartementet i Finland, personlig kommunikation.
- Langner, J., Bergström, R., Klein, T. och Skagerström, M. 2004. Nuläge och scenarier för inverkan på marknära ozon av emissioner från Västra Götalands län. SMHI. Meteorologi, Nr. 117, 2004. Länsstyrelsen i Västra Götaland Rapport 2004:55.
- Langvall, O. (2008). SLU:s försökspark, ASA. Personlig kommunikation.
- Anne Lindskog, Jana Moldanova (1994). The influence of the origin, season and time of the day on the distribution of individual NMHC measured at Rörvik, Sweden, Atmospheric Environment, 28, Pages 2383-2398.
- Lövblad, G., Sjöberg, K., Svanberg, P.-A. 2004. Tillbakablick över luftkvalitetsmätningar i svenska tätorter. IVL Rapport B 1574.

- Persson, K. et al. 2009. Luftkvaliteten i Sverige 2008 och vintern 2008/09 – Resultat från mätningar inom Urbanmättnätet. IVL Rapport B 1868.
- Pihl Karlsson G., Akselsson C., Hellsten S. & Karlsson P.E. (2009). Utveckling av Krondroppsnetet utifrån regionala och nationella behov. Del 1. IVL Rapport. U 2695.
- Piikki, K., Karlsson, P.E., Klingberg, J., Pihl Karlsson, G., Pleijel, H. 2008. mätningar av marknära ozon och meteorologi vid kustnära och urbana miljöer i Halland, Skåne och Västra Götalands län. rapport till Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Kommer att bli en publikation i Västra Götalands läns rapportserie.
- Simpson, D. 1995. Biogenic emissions in Europe. 2. Implications for ozone control strategies. Journal of Geophysical Research 100, 22891-22906.
- Solberg, S., 2003. Monitoring of boundary layer ozone in Norway from 1977 to 2002. NILU OR 85/2003, Norwegian Institute for Air Research, P.O. Box 100, No-2027 Kjeller, Norway. URL: <http://www.nilu.no/data/inc/leverfil.cfm?id=6297&tyoe=6>.
- Solberg, Sverre (2008). Norsk Institutt for Luftforskning, personlig kommunikation.
- Tang, L., Chen, D., Karlsson, P.E., Gu, Y.-F., Ou, T. 2008: Synoptic circulation and its influence on spring and summer surface ozone concentrations in Southern Sweden. Submitted to Boreal Environment Research.
- Torp, Ulrik (2008). Miljöstyrelsen i Danmark, personlig kommunikation.

Bilaga 1 Zonindelning i Sverige

1 december, 2004 (Utdrag aktuellt 20 sept 2005)

Internationell rapportering

Zonindelning i Sverige och stationer per zon

Tabell 1: Förslag till zonindelning för Sverige

Zon 1 Norra Sverige: länen Norrbotten (BD), Västerbotten (AC), Västernorrland (Y), Jämtland (Z), Dalarna (W), Gävleborg (X). Befolkning mars 2004 = 1 435 000 personer. Yta = 271 849 km².

Zon 2 Mellan Sverige: länen Värmland (S), Örebro län (T), Västmanland (U), Uppsala (C), Stockholms län utom tätortsområdet för zon 4 (AB), Södermanland (D), Östergötland (E). Befolkning mars 2004 = 2 041 000 personer. Yta = 59 601 km².

Zon 3 Södra Sverige: länen Västra Götaland utom tätortsområdet för zon 5 (O), Jönköpings län (F), Kalmar län (H), Gotland (I), Kronoberg (G), Halland (N), Blekinge (K), Skåne utom tätortsområdet för zon 6 (M). Befolkning mars 2004 = 2 736 000 personer. Yta = 73 804 km².

Zon 4 Stockholms tätortsområde: Kommunerna Botkyrka, Danderyd, Ekerö, Haninge, Huddinge, Järfälla, Lidingö, Nacka, Salem, Sollentuna, Solna, Stockholm, Sundbyberg, Täby, Tyresö, Upplands Väsby, Vallentuna, Vaxholm, Österåker. Befolkning mars 2004 = 1 604 000 personer. Yta = 2 903 km².

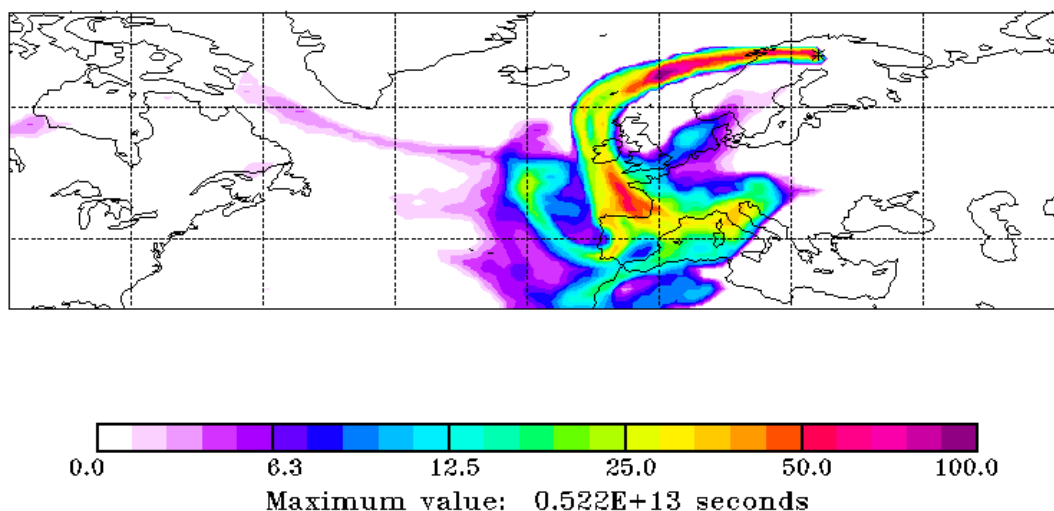
Zon 5 Göteborgs tätortsområde: Kommunerna Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal, Partille, Öckerö. Befolkning mars 2004 = 713 000 personer. Yta = 1 892 km².

Zon 6 Malmös tätortsområde: Kommunerna Burlöv, Lomma, Lund, Malmö, Staffanstorp, Vellinge. Befolkning mars 2004 = 453 000 personer. Yta = 912 km².

Bilaga 2 Geografisk variation i ozonhalt

Det är viktigt att ha en någorlunda yttäckande övervakning av ozonförekomsten i landet. Ett exempel på detta visas i Figur 2:1, där långväga transport av ett luftpaket från Medelhavsområdet gav upphov till ett timmedelhalter av ozon på över $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Esrange, strax utanför Kiruna, under några dagar i april 2003. Så pass höga halter är relativt sällsynta i dessa områden.

Utan en mätplats vid Esrange hade det, om ozonhalterna blivit ännu något högre i april 2003, varit mycket svårt att informera allmänheten om eventuella ozonhalter över informations-tröskelvärdet. Denna luftmassa hade å andra sidan kunnat ta en något sydligare bana och då passerat över Vindeln eller Breckälven.

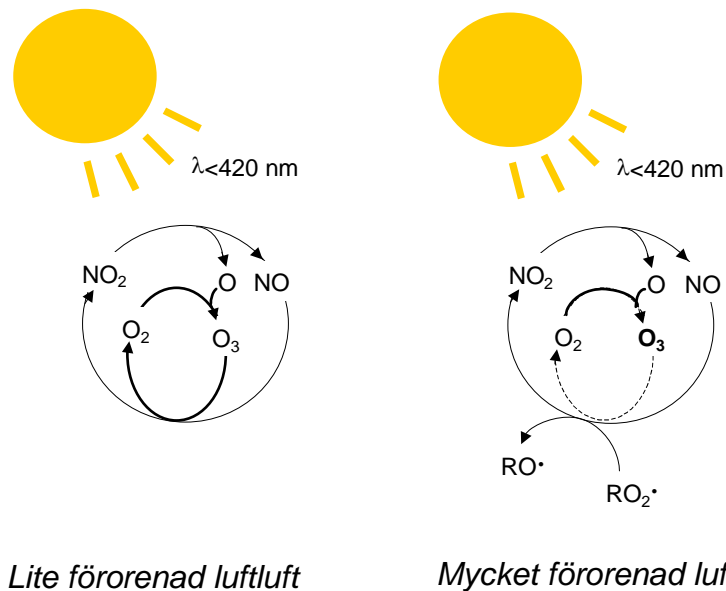


Figur 2:1 Uppehållstiden under de senaste 20 dagarna hos den luftmassa som anlände till Esrange, strax utanför Kiruna, 20 April 2003 och där gav upphov till ozonhalter $> 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lindskog m. fl. (2006). Figuren visas att luften hade sitt ursprung från södra Europa.

2:1 Faktorer som påverkar ozonförekomsten över Sverige

Ozon bildas i luften nära marken genom en serie komplicerade kemiska reaktioner som drivs av energin från solljuset. Utgångsämnen för ozonbildning är framför allt kväveoxider (NO_x) och flyktiga organiska kolväten (NMVOC). Ozonbildningens kemi illustreras i Figur 2:2. Kvävedioxidmolekyler (NO_2) splittras av solljuset till kvävemoxid (NO) samt en syreatom (O). Denna syreatom reagerar med syrgas (O_2) och bildar ozon (O_3). Om luften inte är alltför förorenad kommer dock en andel av ozonmolekylerna att reagera med NO och återigen bilda NO_2 och O_2 . Således är halterna av ozon ett nettoresultat av bildning och nedbrytning. Om luften är förorenad kan dock andra ämnen reagera med NO och ta bort NO från ovan beskrivna reaktionsschema. Det är när detta inträffar som det uppstår riktigt höga ozonhalter. Den viktigaste ämnesgruppen som

kan reagera med NO är olika radikaler (RO₂) med ursprung från flyktiga organiska kolväten (NMVOC), men även kolmonoxid (CO) och metan (CH₄) spelar en roll i dessa komplicerade reaktioner.



Figur 2:2 Illustration av några av de kemiska reaktioner som ger upphov till ozonbildning, i förhållandevis lite förorenad luft samt i mycket förorenad luft. Omritat efter Uddling (2004).

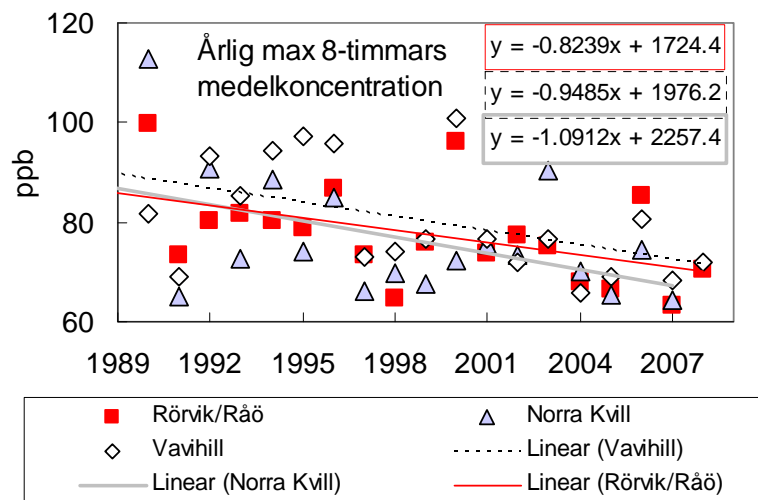
Den horisontella transporten av ozonbildande ämnen, men även av ozon självt, kan ske över mycket långa avstånd. Andersson m.fl. (2006) har visat att förekomsten av ozon över Sverige varierade betydligt, beroende på mellanårsvariationen i den storskaliga meteorologin och därmed variationen i transporten av ozonbildande ämnen från kontinentala och södra Europa till Sverige. Detta visar att den stora variationen i den storskaliga meteorologin mellan olika år i sin tur ger upphov till stora variationer i ozonförekomsten i Sverige, även om utsläppen av ozonbildande ämnen i Europa kan antas variera relativt lite mellan närliggande år.

För att lättare förstå hur ozon förekommer i tid och rum kan det vara bra att försöka generalisera ozonförekomsten i olika kategorier:

- **Förindustriell bakgrund.** Före industrialiseringens början förekom ozon inte i högre halter än ca 20 µg/m³ (Pleijel, 1999; Voltz & Kley, 1988).
- **Nuvarande bakgrund.** Antropogena aktiviteter har medfört att halterna av ozonbildande ämnen är förhöjda över hela norra halvklotet, alltså även över t.ex. Nordpolen och Atlanten. Nuvarande bakgrundshalter av ozon är således de lägsta halter som förkommer för närvarande när luftmassan över Sverige har sitt ursprung från de lägst förorenade områdena på norra halvklotet. Ozonhalterna i bakgrundsluften ökar med ca 1 µg/m³ årligen (Monks m. fl., 2003; Simmonds m. fl., 2004).
- **Förhöjda halter.** Förhöjda halter uppstår när luftmassan över Sverige har sitt ursprung från mer förorenade områden i Europa, men där transporten av luftmassan inte skett som ett väl sammanhållet luftpaket. Utsläpp av ozonbildande ämnen inom Sverige har en begränsad inverkan på dessa förhöjda ozonhalter. SMHI har med MATCH-modellen visat att en sänkning av utsläppen av ozonbildande ämnen från Göteborgsområdet med i storleksordningen 50%

resulterade i en minskning av ozonhalterna in över landet med några få $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Langner m. fl., 2004). Mer eller mindre förhöjda ozonhalter förekommer över Sverige under större delen av sommarhalvåret, förutom då luftmassorna har sitt ursprung från de lägst förorenade områdena på norra halvklotet (jfr ovan). Eftersom det är energin från solljuset som driver de fotokemiska processerna bakom ozonbildningen har vi sällan förhöjda halter under vinterhalvåret

- **Episoder.** Korta perioder där en väl sammanhållen, långväga transport av en luftmassa med höga halter av ozonbildande ämnen från mycket förorenade områden, t ex Medelhavsområdet, ger upphov till mycket höga ozonhalter. Frekvensen av episoder förväntas minska i framtiden genom de beslut om utsläpps begränsningar av ozonbildande ämnen som har tagits inom Europa (Solberg m. fl., 2005). Detta framgår av tidsutvecklingen vad gäller den årliga maximala 8-timmarsmedelvärdet vid tre mätplatser i södra Sverige (Figur 2:3). Det årliga maximala 8-timmarsmedelvärdet är starkt beroende av förekomsten av ozonepisoder.



Figur 2:3 Tidsutvecklingen vad gäller det årliga maximala 8-timmarsmedelvärdet vid tre mätplatser i södra Sverige (opublicerade data från IVL's databas). 1 ppb motsvarar $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2:2 Geografisk variation i ozonhalt

2:2:1 Landsbygdsmiljö

Under en lång rad år har forskning bedrivits vid IVL och Göteborgs Universitet kring den geografiska variationen i ozonförekomst i olika delar av landskapet. Denna forskning har i huvudsak finansierats av olika länsstyrelser i södra Sverige (Karlsson m. fl., 2004a, 2004b, 2007a, 2007b, Piikki m. fl., 2008). Forskningen har visat att ozonhalterna kan variera kraftigt på relativt korta geografiska avstånd.

Koncentrationen av ozon i luften nära marken vid en viss plats och vid en viss tidpunkt i landsbygdsmiljö är beroende av flera olika processer, varav de viktigaste är de storskaliga utsläppen av ozonbildande ämnen, den storskaliga meteorologin över Europa samt den lokala meteorologin vid mätplatsen. Den lokala meteorologin påverkar depositionen av ozon mot mark och vatten, såväl som den vertikala transporten av ozon från högre liggande luftlager mot luftlagren närmast marken. Ozonhalterna i luften nära marken i kustnära områden är vanligtvis relativt höga därför att

nedtransporten av ozon från högre liggande luftlager är effektiv på grund av högre vindhastigheter, och därmed betydande vertikal luftomblandning, samtidigt som depositionen av ozon mot vattenytor är relativt låg. När luftmassorna kommer in över land ökar depositionen på grund av att depositionshastigheten mot mark och växtlighet är avsevärt högre jämfört med den mot vatten. Under dagtid är nedtransporten från högre liggande luftlager fortfarande tillräckligt hög, vilket gör att ozonhalterna förblir relativt höga en bit från kusten. Nattetid minskar emellertid nedtransporten av ozon kraftigt i samband med lufttemperatur-inversioner och medföljande stabilisering av luftlagren. Resultatet kan bli att ozonhalterna blir mycket låga nattetid för topografiskt lågt liggande platser i inlandet.

Baserat på ovan beskrivna processer har ozonförekomsten vid olika platser i landskapet i södra Sverige delats upp i tre olika geografiska kategorier (gällande för landsbygdsmiljö), Tabell 2:1. Den geografiska skillnaden i ozonförekomst är mycket viktig för uppföljning av direktivet i Sverige, och minst en mätning i respektive geografiska kategori bör finnas representerad i vardera övrig zon.

Tabell 2:1 Definition av tre olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon i landsbygdsmiljö i södra Sverige, modifierad från Karlsson m. fl., 2004b. Observera att uppdelningen inte inkluderar mätningar i tätortsmiljön.

Benämning	Representerar	Skillnad i ozonhalter mellan dag och natt	Frekvens överskridanden av målvärden
Kustnära	Mätlokaler belägna mycket nära kusten.	Relativt liten	Hög
Höglänta	Mätlokaler belägna utpräglat högt över angränsande landskap.	Relativt liten	Hög
Låglänta	Mätlokaler som ej är belägna utpräglat högt över omgivande landskap.	Stor	Låg

Samtliga geografiska kategorier för ozonförekomst finns representerade inom zonerna södra (zon 3) och mellersta (zon 2) Sverige (se Alternativ 3 i huvudrapporten). Ozonförekomsten är relativt lika i kustnära respektive höglänta områden (Karlsson m. fl., 2007a). Ozonförekomsten är däremot mycket olika i kustnära/höglänta områden jämfört med låglänta områden. Följaktligen bör det i vardera av zonerna södra- och mellersta Sverige, finnas minst en mätplats som är kustnära eller höglänt och minst en mätplats som är låglänt.

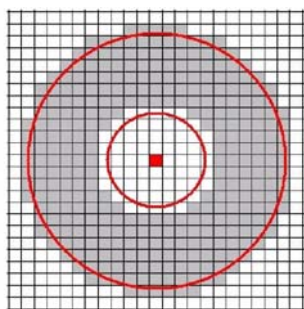
I norra Sverige (zon 1) är ozonvariationen såväl över dygnets timmar som mellan olika geografiska områden mindre än i övriga delar av landet. Detta beror sannolikt på en lägre fotokemisk aktivitet, vilket i sin tur beror på såväl en mindre stark solinstrålning som en gradient av avtagande koncentrationer av ozonbildande ämnen mot norr. Uppdelningen av ozonförekomsten i olika geografiska kategorier är ännu inte utprovad för norra Sverige, men det är sannolikt att den inte är lika relevant i de norra områdena. De ovan beskrivna kategorierna behöver därför inte täckas in på samma sätt med olika mätplatser i norra Sverige. Istället behöver den stora geografiska arealen i norra Sverige täckas in på så sätt att möjliggöra observationer av sällsynt förekommande höga ozonhalter som beror på en långväga transport av välsammanhängande luftpaket från kontinentala och södra Europa.

Baserat på ett fortsatt metodutvecklingsarbete, finansierat av Länsstyrelsen i Västra Götaland, har kvantitativa, geografiska definitioner för de olika ozonkategorierna tagits fram (Karlsson m.fl., 2007a,b):

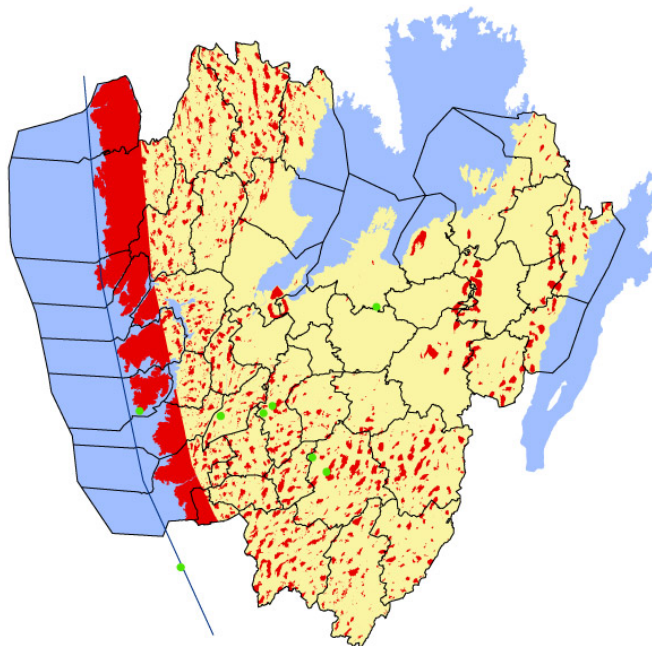
- Kustnära områden med en hög ozonförekomst, definierade som områden belägna inom 20 km från den sammanhängande kustlinjen, oberoende av topografin;
- Höglänta områden i inlandet, med en hög ozonförekomst, definierade som områden belägna längre än 20 km från den sammanhängande kustlinjen, där punkten i fråga ligger mer än 20 m över omgivande områdets topografi, som medelvärde i alla fyra väderstreck och som ett medelvärde för området på upp till 3 km's avstånd platsen ifråga, se Figur 2:4;
- Lågt belägna områden i inlandet, med en låg ozonförekomst, definierade som områden belägna längre än 20 km från den sammanhängande kustlinjen och med en topografi där omgivande områden ligger mindre än 20 m lägre än omgivande områdets topografi enligt ovanstående definition.

Baserat på ovanstående definitioner har GIS-avdelningen vid Västra Götalands län tagit fram en karta med en yttäckande bedömning av ozonförekomsten i Västra Götaland, Figur 2:5. Totalt sett är det ca 20 % av den totala arealen landsbygdsmiljö i Västra Götalands län där risken för en hög ozonförekomst är större än i övriga delar.

Ovanstående definitioner är framtagna specifikt för de förhållanden som råder i Västra Götaland. Under 2008 tog IVL tillsammans med Göteborgs Universitet, med finansiering från ett antal länsstyrelser i södra Sverige, att ta fram metodik för att möjliggöra en yttäckande bedömning utifrån punktvisa mätningar inom de olika ozonkategorierna, för flera län i södra Sverige. Utifrån mätningar av ozonhalter vid ett flertal platser runt om i Skåne drogs slutsatsen att ozonförekomsten i Skåne är hög i alla områden, oberoende av ovan nämnda kriterier (Karlsson m. fl., 2009).



Figur 2:4 Illustration av hur den relativa topografien beräknats. Den relativa topografien för den centrala rutan (rödmarkerad) beräknas som medelvärdet av höjd över havet för alla rutor mellan 1 och 3 km (gråmarkerade) från den centrala rutan, jämfört med höjd över havet för den centrala rutan. Om medelvärdet för höjd över havet för omkringliggande rutor ligger mer än 20 m lägre än motsvarande värde för den centrala rutan, räknas den centrala rutan till kategorin högt liggande områden i inlandet.



Figur 2:5 En karta som illustrerar den geografiska omfattningen av de olika kategorierna för ozonförekomst inom Västra Götalands län.

Röd färg betecknar kustnära och högt belägna områden med en stor risk för hög ozonförekomst. Gul färg betecknar lågt belägna platser i inlandet med en mindre risk för hög ozonförekomst. Gröna prickar visar platser vid vilka mätningar utförts utifrån vilka metopdiken tagits fram.

2:2:2 Tätortsmiljö

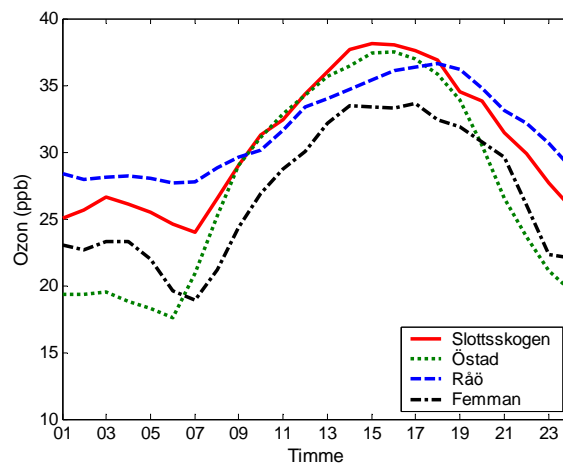
Generellt är ozonförekomsten lägre i tätorter jämfört med i landsbygdsmiljö på grund av att kväveoxid, som släpps ut bl a från trafiken, reagerar med ozon och gör att ozonhalterna minskar. Omfattningen av denna effekt på ozonhalterna i tätorter är dock inte väl känd.

Ozonövervakningen i de tre svenska zonerna med tätbebyggelse sker med UV-absorptionsinstrument, i taknivå, 20-30 m över marknivå., vilket inte fullt ut överensstämmer med direktivets krav.

En temporär kampanj med mätningar i och kring Göteborgs tätortsområde.

Under en månads tid sommaren 2007 bedrevs parallella mätningar av ozonhalter med timupplösning vid flera platser i Göteborgsområdet (Piikki m.fl., 2008), i ett projekt finansierat gemensamt av ett flertal länsstyrelser i södra Sverige. I Figur 2:6 visas hur ozonkoncentrationerna varierar som medelvärde per dygnstimma för mätningar vid Femman-husets tak ca 30 m över marknivå i centrala Göteborg, vid parkområdet Slottskogen 5 m över marknivå, vid bakgrundsstationen Råö 5 m över marknivå beläget vid kusten 30 km söder om Göteborg samt vid bakgrundsstationen Östads Säteri 5 m över marknivå beläget topografiskt låglänt i inlandet ca 45 km nordost om Göteborg. Mätningen i Slottskogen skedde 5 m över marknivå, relativt långt från närmaste tätt trafikerade vägar.

Dagtid var ozonkoncentrationerna ungefär desamma vid alla mätplatserna, förutom vid Femmanhusets tak där den var något lägre, sannolikt på grund av närheten till NO_x-utsläpp. En tydlig minskning av ozonkoncentrationen kunde ses vid Femman vid tiden för morgonrusningstrafiken. Östad uppvisade de lägsta ozonkoncentrationerna nattetid. Ofta förekommande nattliga inversioner på Östad gör att ozonet förbrukas vid marken genom deposition utan att något nytt tillförs från ovanliggande luftlager. På natten var ozonkoncentrationen högst vid Råö som hade en mer utjämnad dygnsvariation. Resultaten baseras på endast en månads mätningar och måste därför behandlas med försiktighet. Dessa mätningar tyder dock på att ozonförekomsten i vissa miljöer i urban bakgrund dagtid kan vara väl så höga som vid närliggande mätplatser för regional bakgrund (Råö och Östad).



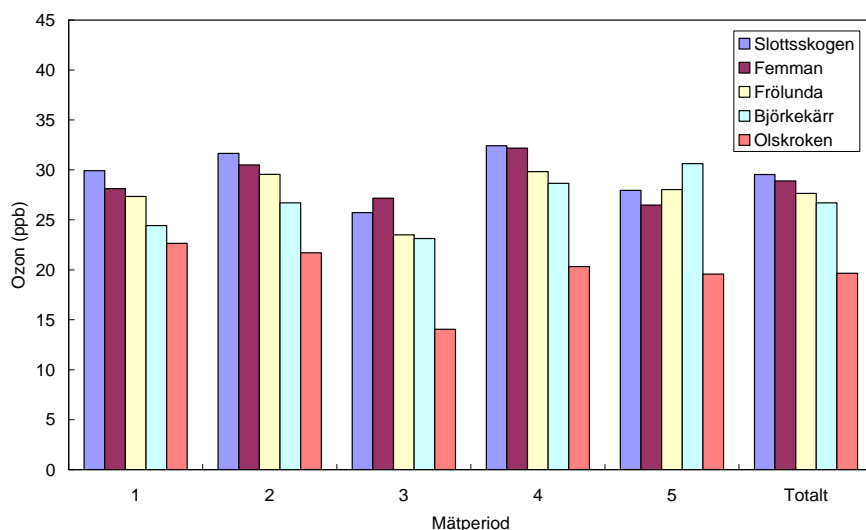
Figur 2:6 Ozonhalternas variation under ett medeldygn för perioden 25 juli till 28 augusti 2007 för Slottsskogen, Östads Säteri, Råö och Femman. Tiden är angiven som svensk normaltid (vintertid). 1 ppb motsvarar ungefär 2 µg/m³. Från Piikki m. fl., 2008.

Inom ovan nämnda studie mättes även ozonförekomsten med diffusionsprovtagare på veckobasis på ett ytterligare 3 ställen i Göteborgs tätort. Parallellt mättes även NO, NO₂ samt flera meteorologiska parametrar. Mätplatserna Frölunda och Björkekärr var belägna i bostadsområden inte direkt invid starkt trafikerade vägar, medan mätplatsen Olskroken var placerad vid en av de mest trafikerade platserna som finns i Göteborgsområdet, Tingstadsmotet.

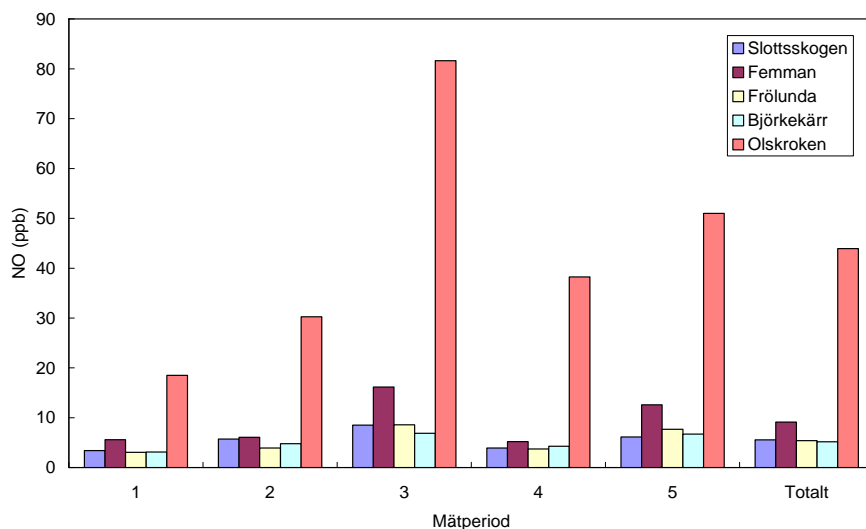
Resultaten i Figur 2:7 visar att ozonhalterna som veckomedelvärde var högst i Slottsskogen, följt av Femmanhusets tak. Ozonhalterna var något lägre i bostadsområdena Frölunda och Björkekärr, medan de var avsevärt lägre vid den starkt trafikerade mätplatsen Olskroken. Halterna av NO visade omvänt mönster med de klart högsta halterna vid Olskroken.

Sammanfattningsvis visade dessa mätningar att kraftiga nedsättningar av ozonhalter, på grund av reaktion med NO, i huvudsak är begränsade till i närheten av starkt trafikerade vägar. En viss nedsättning finns även vid ej trafiknära bostadsområden samt vid centralt belägna mätplatser i taknivå. Ozonförekomsten i större parker verkar ligga i nivå med närliggande mätstationer för regional bakgrundsnivå.

A



B



Figur 2:7 Medelhalter av A) O₃ och B) NO för enskilda veckor samt hela mätperioden (25 juli – 28 augusti 2007) vid de fem mätplatserna i Göteborgs tätort. Från Piikki m. fl., 2008.

Tillfällig kampanj med mätningar i och kring Stockholms tätortsområde.

Stockholm och Uppsala läns luftvårdsförbund har genomfört en studie (Johansson m.fl., 2006) där man jämförde ozonmätningar vid en öppen plats vid Resarö skola, ca 20 km nordost om centrala Stockholm, med mätningar dels i taknivå vid Torkel Knutsonsgatan i centrala Stockholm, dels vid Norr Malma 70 km nordost om Stor-Stockholm. Resultaten från denna studie visade att ozonförekomsten var relativt lika mellan Resarö och Norr Malma, medan den var lägre vid den centralt belägna Torkel Knutsonsgatan. Man drog slutsatsen av ozonförekomsten var relativt lika i Stockholmsregionen, utanför centrala Stockholm, och att ozonhalterna inte beror av var den regionala bakgrundsstationen ligger i förhållande till Stockholm och den rådande vindriktningen. En

lokal ozonbildning orsakad av utsläpp från Stockholms-regionen verkar således inte spela någon roll för de ozonhalter som uppmäts i området, vilket förklaras av att ozonbildningen tar en viss tid och att luftmassan därmed hinner förflyttas från regionen.

Övergripande slutsatser om ozonförekomsten i tätortsområden

- Mätningarna av ozonhalter i olika delar av tätortsområdena Stockholm och Göteborg tyder på att betydande nedsättningar av ozonhalter, genom en kemisk reaktion med NO, är begränsad till de centrala delarna av tätorterna.
- Närliggande regionala bakgrundstationer för ozonmätning skulle därmed kunna användas för att representera ozonförekomsten i de yttre delarna av tätortsområdena, dvs förorterna, för de zoner som definierats som tätbebyggelse såväl som att representera förortsområden inom zoner av typen övrig.

2:3 Referenser

- Andersson, C., Langner, J., Bergström, R., 2006. Inter-annual variation and trends in air pollution over Europe due to climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis. *Tellus B* 59 (1), 77-98.
- Johansson C., Lövenheim, B., Westerlund, K.G., och Jonson, T. 2006. Ozon – ny miljö kvalitetsnorm. Rapport från Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund 2006:6.
- Karlsson, P-E, Pleijel, H, Haeger-Eugensson M, Chen D och Tang L 2004a: "Lokal variation av ozon exponering i jordbruks- och skogslandskap i Sverige". IVL Rapport U 935.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Danielsson, H., 2004b. Marknära ozon, SO₂, NO₂ och sot vid Östads Säteri 1987-2003. IVL Report B1556.
- Karlsson P-E., Pihl-Karlsson G., Pleijel H., Sundberg, J. 2007a. En bedömning av ozonbelastningen i landsbygdsmiljön i Västra Götalands län IVL Rapport U 2064.
<http://www.lansstyrelsen.se/NR/rdonlyres/63AA6174-7234-4F82-8A7B-E47D452A9E35/152921/rapport200793.pdf>
- Karlsson, P-E., Tang, L., Sundberg, J., Chen, D., Lindskog, A. and Pleijel, H. 2007b. Increasing risk for negative ozone impacts on vegetation in northern Sweden. *Environmental Pollution* 150, 96-106.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Pihl Karlsson, G., Klingberg, J. (2009). Marknära ozon i södra Sverige. Utveckling av en manual för bedömning av överskridanden av målvärden. IVL Rapport B1860.
- Langner, J., Bergström, R., Klein, T. och Skagerström, M. 2004. Nuläge och scenarier för inverkan på marknära ozon av emissioner från Västra Götalands län. SMHI. Meteorologi, Nr. 117, 2004. Länsstyrelsen i Västra Götaland Rapport 2004:55.
- Monks P.S, Rickard, A.R., Dentener, F., Jonson, J.E., Lindskog, A., Roemer, M., Schuerbach, E., Friedli, T.K. and Solberg, S., 2003. TROTREP Synthesis and Integration Report, EU contract EVK2-CT-1999-00043. URL: <http://atmos.chem.le.ac.uk/trotrep/>

- Piikki, K., Karlsson, P.E., Klingberg, J., Pihl Karlsson, G., Pleijel, H. 2008. mätningar av marknära ozon och meteorologi vid kustnära och urbana miljöer i Halland, Skåne och Västra Götalands län. rapport till Länsstyrelsen i Västra Götalands län.
<http://www.lansstyrelsen.se/NR/rdonlyres/0E52C38B-69AF-44A9-935E-A636B9387987/152922/rapport2008101.pdf>
- Pleijel, H. (ed.) 1999. Marknära ozon – ett hot mot växterna, Naturvårdsverket Rapport 4969.
- Simmonds, P.G., Derwent, R.G., Manning, A.L., Spain, G., 2004. Significant growth in surface ozone at Mace Head, Ireland, 1987-2003. *Atmospheric Environment* 38, 4769-4778.
- Solberg, S., Bergström, R., Langner, J., Laurila, T., Lindskog, A., 2005. Changes in Nordic surface ozone episodes due to European emission reductions in the 1990s. *Atmospheric Environment* 39, 179-192.
- Uddling, J. 2004. Uptake of ozone and its impact on silver birch. Akademisk avhandling Göteborgs Universitet. ISBN 91-628-6238-3.
- Volz, A., Kley, D. 1988. Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature* 332, 240-242.

Bilaga 3 Metodik för en yttäckande utvärdering av ozonförekomsten

3:1 GIS-baserade metoder

En GIS-baserad metodik, liknande den som beskrivits i Bilaga 2 till denna rapport för Västra Götalands län (Karlsson m. fl., 2007a), skulle kunna användas för att göra en yttäckande bedömning av befolkningens exponering för ozon i alla zoner av typen övrig zon, förutom möjligen zon 1, Norra Sverige. Förutsättningarna är att det görs ozonmätningar med tim-upplösning vid minst en mätplats av den geografiska kategorin kustnära eller höglänt samt en mätplats av kategorin låglänt i inlandet. Vidare måste det verifieras att de geografiska definitionerna av de olika kategorierna som tagits fram för Västra Götalands län också gäller för övriga län i zonerna södra och mellersta Sverige. De årliga mätresultat som erhålls från de olika kategorierna vad gäller överskridanden av olika målvärden och långsiktiga mål skulle kunna användas tillsammans med ett GIS-verktyg för att bedöma andelen av befolkningen samt andelen av växtligheten som utsätts för dessa ozonnivåer. Fördelen med denna metodik är att den är relativt enkel och inte kräver komplicerade modeller. Nackdelen är att metoden sannolikt är relativt osäker. Hur osäker den är kan inte bedömas i nuläget, utom möjligtvis för Västra Götalands län, utan detta kräver ytterligare analyser.

3:2 Modellering

Ozonmodellering har i många år genomförts för såväl Sverige som Europa. Problemet har dock hittills varit att de modellerade halterna har haft relativt dålig överensstämmelse med mätningar, speciellt vid hög tidsupplösning. Det har även varit svårt för modellerna återge halterna nattetid, eftersom dessa inte på ett fullständigt sätt kunnat återge den vertikala strukturen i gränsskikten (inversioner och blandningsskiktets tjocklek m.m.). Detta har lett till att ozonhalterna ofta överskattats under natten och även under- eller överskattats dagtid till följd av över- alternativt underskattad beräknad tjocklek på gränsskiktet.

Forskning har visat att det förekommer stora skillnader i ozonhalter beroende på topografi och markanvändning (Karlsson m.fl. 2004). För att modellerna skall kunna återge detta krävs att gridupplösningen är så bra att även mindre dalgångar visualiseras (ca 1x1 km).

Om ovanstående förutsättningar kan inkluderas i modellen kan sannolikt detta verktyg användas för att, i kombination med mätdata på representativa platser, ge en fullgod yttäckande bild av ozonhalterna i Sverige.

För användning av modeller för övervakning av informationströsklar krävs modellering i ”nära realtid” för prognostisering, och de modeller som finns tillgängliga idag är inte tillräckligt tillförlitliga för detta ändamål.

TAPM-modellen (The Air Pollution Model) inkluderar topografi, markanvändning samt långväga intransport m.m. och har testats för svenska förhållanden med avseende på hur ozonhalten återges i olika skalor. Modellen kan på ett bra sätt fånga den haltnedgång som sker under natten vid inversioner samt ökningen i halt dagtid till följd av ökad turbulens från högre luftlager (Tang m.fl.,

2009). Den klarar även av att ge en differentiering över ytan till följd av topografiska effekter samt varierande vegetationstäckning (Karlsson m.fl., 2004; Karlsson m.fl., 2007b).

MATCH-fotokemimodell är en vidareutveckling av den MATCH-version som bl.a. används inom den nationella miljöövervakningen för försurnings- och övergödningsproblematiken (Langner et al., 1998; Andersson et al., 2007). Inom systemet MAQS (MATCH Air Quality Forecast and Information System) beräknas dagligen prognoser av halter av marknära ozon med hjälp av fotokemimodellen. Resultaten presenteras i form av en enkel karttjänst (www.airviro.smhi.se/MATCH-AQ/maqs/aq/). MAQS är i nuläget ett utvecklingsverktyg (Engardt et al., 2009).

En närmare beskrivning av ovan nämnda modeller återfinns nedan.

3:2:1 Beskrivning TAPM-modellen

För spridningsberäkningarna har TAPM (The Air Pollution Model) används, vilket är en prognostisk modell utvecklad av CSIRO i Australien. För beräkningarna i TAPM behövs indata i form av meteorologi från storskaliga synoptiska väderdata, topografi, markbeskaffenhet indelat i 31 olika klasser (t.ex. is/snö, hav olika tätortsklasser m.m.), jordart havstemperatur, markfuktighet mm. Topografi, jordart och markanvändning finns automatiskt inlagd i modellens databas med en upplösning av ca 1x1 km men kan förbättras ytterligare genom utbyte till lokala data. Utifrån den storskaliga synoptiska meteorologin simulerar TAPM den marknära lokalspecifika meteorologin ner till en skala av ca 1x1 km utan att behöva använda platspecifika meteorologiska observationer. Modellen kan utifrån detta beräkna ett tredimensionellt vindflöde från marken upp till ca 8000 m höjd, lokala vindflöden så som sjö- och landbris, terränginducerade flöden (t.ex. runt berg), omlandsbris samt kalluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd mm beräknas horisontellt och vertikalt.

Med utgångspunkt från den beräknade meteorologin beräknas halter för olika föroreningsparametrar timme för timme inkluderande, förutom dispersion, även kemisk omvandling av SO₂ och partikelbildning, fotokemiska reaktioner (bl.a. NO_x, O₃ och kolväte) i gasfas samt våt- och torrdeposition. Man kan även själv definiera den kemiska nedbrytnings- samt depositions hastigheter på ett eller flera ämnen i modellen.

Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogena ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al., 2002). I spridningsberäkningarna kan både punkt, linje- och areakällor behandlas. Resultatet av spridning av föroreningar såväl som meteorologin presenteras dels i form av kartor, dels i form av diagram och tabeller både som årsmedelvärden och olika percentiler (dygn respektive timmedelvärden).

Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden dels i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Mer detaljer om modellen kan erhållas via www.dar.csiro.au/TAPM.

3:2:2 Beskrivning MATCH-modellen

Den grundläggande spridningsmodellen MATCH, som ligger till grund för såväl Europa-modellen, Sverigemodellen, som länsmodellerna, är en tredimensionell Eulersk spridningsmodell (Robertson et al., 1999). MATCH inkluderar fysikaliska och kemiska processer som styr utsläpp, atmosfärisk transport och spridning, kemisk omvandling samt våt- och torrdeposition av olika föroreningar i luft. Modellen tar hänsyn till horisontell och vertikal advektionen. För beräkningar krävs en mängd meteorologiska indata hämtat från meteorologiska väderprognosmodeller.

I MATCH-Sverige finns databaser i 5x5 km gridupplösning avseende topografi, markskrovlighet och fysiografi/markanvändning. Fysiografidatabasen innehåller information om markanvändningen i varje beräkningsruta uppdelat i ett antal klasser. Modellen för Europa skalan har en indelning med 4 klasser medan den för Sverigeskalan använder 10 klasser. Markanvändningen används för beräkning av turbulensen, torrdepositionen samt för beräkningen av biogena utsläpp av kolvätet isopren. Den beräknade våtdepositionen är proportionell mot nederbördsintensiteten.

De sk. sänkprocessernas (torr- våtdeposition) varierar under dels året, dels dygnet dels vid olika väderförhållanden och olika nederbördsintensitet erhålls en stor variation i värdena för depositions hastighet och uttvättningskoefficient för varje ämne som studeras. Så kan t ex torrdepositionshastigheten för ozon variera från 0 (över vatten) till 1.0 cm/s (över land vid kraftig turbulens under sommardagar). Liknande variationer förekommer även för andra ämnen.

3:3 Referenser

Andersson, C., Langner, J. and Bergström, R. (2007). Interannual variation and trends in air pollution over Europe due to climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis. *Tellus* 59B, 77-98. doi: 10.1111/j.1600-0889.2006.00196.x

Chen m.fl. (2002). "Application of TAPM in Swedish West Coast: validation during 1999-2000". IVL-rapport L02/51.

Engardt, M., Jonsson, Å., Sjöberg, K. and Klein, T. (2009). The MATCH Air Quality Forecast and Information System MAQS. For the Swedish EPA 2009-09-17.

Karlsson, P-E, Pleijel, H, Haeger-Eugensson M, Chen D och Tang L 2004: "Lokal variation av ozon exponering i jordbruks- och skogslandskap i Sverige". IVL Rapport U 935.

Karlsson P-E., Pihl-Karlsson G., Pleijel H., Sundberg, J. 2007a. En bedömning av ozonbelastningen i landsbygdsmiljön i Västra Götalands län IVL Rapport U 2064.

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

Langner, J., Bergström, R. and Pleijel, K. (1998). European scale modeling of sulfur, oxidised nitrogen and photochemical oxidants. Model development and evaluation for the 1994 growing season. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, RMK No. 82, 71 pp. (with errata).

Pun, B K. Wu S-Y and Seigneur C. 2002: "Contribution of Biogenic Emissions to the Formation of Ozone and Particulate Matter in the Eastern United States" *Environ. Sci. Technol.*, 36 (16), 3586 - 3596, 2002.

Robertson, L., Langner, J. and Engardt, M. 1999. An Eulerian limited-area atmospheric transport model. *J. Appl. Meteor.* 38, 190-210.

Tang, L., Karlsson, P-E., Gu, Y., Chen, D., Grennfelt, P. (2009). Synoptic Weather Types and Long-range Transport Patterns for Ozone Precursors during High-ozone Events in Southern Sweden. *Ambio Volume XXXVIII Number 8, December 2009.*