



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Marknära ozon, SO₂, NO₂ och sot vid Östads Säteri 1987-2003



Per Erik Karlsson Håkan Pleijel Helena Danielsson

B 1556

Mars 2004



Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address Box 47086, SE-402 58 Göteborg	Projekttitel/Project title Sammanställning och analys av ozonhalter m.m. vid Östads Säteri 1987-2003
Telefonnr/Telephone 031-7256200	Uppdragsgivare/Client Länsstyrelsen i Västra Götaland Miljöskyddsenheten Gunnar Barrefors
Rapportförfattare/author Per Erik Karlsson, Håkan Pleijel, Helena Danielsson	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Marknära ozon, SO ₂ , NO ₂ och sot vid Östads Säteri 1987-2003.	
Sammanfattning/Summary IVL Svenska Miljöinstitutet AB har tillsammans med Göteborgs Universitet bedrivit experimentell forskning kring inverkan av luftföroreningar på växtligheten vid Östads säteri sedan 1987. Östads säteri är beläget i Alingsås kommun vid sjön Mjörn, ca 45 km nordost om Göteborg. Den experimentella verksamheten har främst varit inriktad på inverkan av marknära ozon på skördavkastning hos vete samt inverkan på tillväxten hos gran och björk. I samband med experimenten har mätningar gjorts av halterna i omgivningsluften av olika gasformiga luftföroreningar, främst ozon, NO ₂ och SO ₂ , samt sot. I föreliggande rapport har dessa mätningar sammanställts och olika medelvärden samt ackumulerade ozonexponerings index beräknats. Dessa har jämförts med motsvarande medelvärden och ackumulerade index ifrån relevanta omkringliggande mätlokaler i södra Sverige.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren/Keywords Marknära ozon, kvävedioxid, svaveldioxid, sot, gasformiga luftföroreningar, Västra Götalands län, Östads säteri	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report B1556	
Beställningsadress för rapporten /Ordering address e-post: publikationsservice@ivl.se Hemsida: www.ivl.se Fax: 08-598 563 90 Brev: IVL, Publikationsservice, Box 210 60, S-100 31 Stockholm	

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet AB har sedan 1987 tillsammans med Göteborgs Universitet bedrivit experimentell forskning kring inverkan av luftföroreningar på växtligheten vid Östads säteri, beläget i Alingsås kommun vid sjön Mjörn, ca 45 km nordost om Göteborg. Den experimentella verksamheten har främst varit inriktad på forskning kring inverkan av marknära ozon på jordbruksgrödor och unga träd. I samband med experimenten har halterna i omgivningsluften av olika gasformiga luftföroreningar mätts i olika perioder, framförallt av ozon, NO₂ och SO₂. I föreliggande rapport har dessa mätningar sammanställts och olika exponeringsindex och gränsvärden har beräknats, vilka är relevanta bl a för EU's ozondirektiv och Sveriges nationella miljömål. Dessa värden har jämförts med motsvarande värden från andra mätlokaler i södra Sverige och Norge. Mätperioderna har varit knutna till den experimentella verksamheten och är därför inte kontinuerliga. Detta har gjort det svårt att räkna på tidstrender förutom för några sommarmånader, där dataförekomsten har varit god genom åren. Medelvärden och analyser i denna rapport gäller endast för luftkvaliteten i landsbygdsmiljö och således ej för urbana miljöer.

Halterna av SO₂, NO₂ samt sot i omgivningsluften vid Östads säteri har mätts under åren 1987, 1992-1996, samt 2003 (sot endast 1987 och 1992), först med våt-kemiska metoder och senare med passiva provtagare. Halterna av sot var generellt mycket låga. Dygns-medelvärden för halterna i luften vid Östad var vintertid som högst 25 µg m⁻³ för NO₂ och 12 µg m⁻³ för SO₂. Vecko-medelvärden var vintertid som högst 14 µg m⁻³ för NO₂ och 10 µg m⁻³ för SO₂. Årsmedelvärden för de två år, 1994 och 1995, där kompletta mätvärden fanns tillgängliga året runt, var ca 2 µg m⁻³ för SO₂ och ca 5 µg m⁻³ för NO₂, vilket är långt under de delmål som anges inom det nationella miljömålet Frisk Luft. Halterna av SO₂ var mycket lika vid Östads säteri och den kustnära mätstationen Rörvik/Råö, söder om Göteborg, under åren 1993-1995. Däremot var halterna av NO₂ var klart högre vid Rörvik/Råö, jämfört med Östad, främst under månaderna april-juli. Det fanns en tendens till att halterna av SO₂ och NO₂ vid Östad som medelvärden under månaderna juli-augusti har minskat under perioden 1987 – 2003, särskilt för NO₂.

En jämförelse av ozonhalterna under dagtid mellan en mätpunkt 9 m över ett kornfält vid Östads säteri och en mätpunkt 13 m över ett kalhygge vid Antens Kapell, 5 km norr om Östad, visade på mycket lika halter. Utgående ifrån dessa mätningar samt ifrån en jämförelse med övriga mätstationer runt om i södra Sverige och Norge där ozon mäts på tim-basis, samt slutligen ifrån en studie ifrån 1997 där ozonhalter mätts på månads-basis med diffusiva provtagare runt om i Väst-Sverige, har en hypotes om ozonbelastningens geografiska fördelning formulerats. Vi föreslår att den relativa ozonbelastningen i

landsbygdmiljö i Västra Götalands län beror till största delen på avståndet till kusten samt på en lokals relativa topografi, dvs höjd över omgivande landskap. Kustnära områden och höglänta områden i inlandet tenderar till att ha en relativt hög ozonbelastning, medan mer låglänta områden i inlandet har en lägre ozonbelastning. Ozonbelastningen vid Östads säteri är således troligen mer representativt för låglänta områden i Västra Götalands läns inland, jämfört med den kustnära mätstationen Rörvik/Råö söder om Göteborg.

Det målvärde inom EU's direktiv om ozon i luften som börjar att gälla år 2010 för att skydda människors hälsa anger att den maximala, rullande 8-timmars medelhalten inte skall överskrida 60 ppb mer än under 25 dagar per år. Detta målvärde har i medeltal under de två senaste åren 2002 och 2003 överskridits vid Rörvik/Råö, vilket troligen representerar ozonbelastningen i kustnära områden, samt höglänta områden i inlandet i Västra Götalands län. Vid Östads säteri är detta målvärde långt ifrån att överskridas under samma period, vilket troligen indikerar att detta målvärde ej överskrids i låglänta områden i Västra Götalands läns inland. Det långsiktiga målet inom EU's direktiv för att skydda människors hälsa, att 8-timmars medelhalten aldrig skall överskrida 60 ppb, överskreds troligen i landsbygdmiljö inom hela Västra Götalands län under de flesta år sedan 1993. Antalet dagar per år med överskridande var dock troligen lågt i låglänta områden i inlandet.

Målvärdet inom EU-direktivet för att skydda vegetationen, att AOT40 ej skall överskrida 9000 ppb timmar under perioden maj-juli, överskreds vid Rörvik/Råö år 2002. AOT40 var även högt vid Rörvik/Råö år 2003. Däremot har detta målvärde varit långt ifrån att överskridas vid Östads säteri under perioden 1993-2003. Det långsiktiga målet inom EU-direktivet för att skydda vegetationen mot ozon, att AOT40 ej skall överskrida 3000 ppb timmar under maj-juli, överskreds vid Rörvik/Råö under alla år sedan 1993. Vid Östads överskreds detta långsiktiga mål under ca hälften av alla år med täckande mätningar sedan 1993.

Det delmål som anges för marknära ozon inom det nationella miljömålet Frisk Luft och som skall vara uppfyllt 2010, är identiskt med EU-direktivets långsiktiga mål och överskreds således i hela Västra Götalands län under de allra flesta år. Alla de generationsmål som anges inom miljömålet Frisk Luft för marknära ozon och som skall vara uppfyllda 2020, överskreds också i hela länet. För några av generationsmålen var överskridandet mycket stort.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
Innehållsförteckning.....	3
1. Inledning.....	5
2. Bakgrund	5
3. Syfte.....	6
4. Beskrivning av fältstationen vid Östads Säteri samt mätlokalen vid Antens Kapell	6
5. Teknisk beskrivning av mätningarna	8
6. Beskrivning av gällande gränsvärden och miljömål för ozon, NO ₂ och SO ₂	9
6.1. EUs ozondirektiv	9
6.2. Konventionen om långväga transporterade luftföroreningar (LRTAP) inom UNECE	10
6.3 Nationella miljömål	10
7. Mätningar av SO ₂ , NO ₂ samt sot vid Östads säteri	12
7.1 Dygnsvisa mätningar	12
7.2 Vecko-provtagningar	12
7.3 Halter på månadsbasis	12
7.4 Halter på årsbasis.....	16
8. En jämförelse av mätningarna av SO ₂ och NO ₂ vid Östad och Rörvik/Råö.....	17
9. Mätningar av ozonhalter vid Östads säteri och Antens Kapell	20
9.1. En jämförelse av olika mätpunkter för ozon inom Östads säteri.....	20
9.2. En jämförelse mellan ozonmätningar vid Östads säteri och Antens Kapell.....	20
9.3 Mätningar av ozon vid Östads säteri i relation till olika kritiska nivåer och målvärden	23
9.4 En jämförelse av ozonmätningar vid Östads säteri och Rörvik/Råö	24
10. En jämförelse av ozonmätningarna vid Östad med ozonmätningar vid andra mätstationer i södra Sverige och Norge	25
11. Tidstrender för ozonhalter vid Östads säteri och Rörvik/Råö.....	27
12. En jämförelse med tidigare undersökningar vad gäller ozonhalter i västra Sverige.	28

13. En utvärdering av ozonbelastningen för människors hälsa samt för vegetationen i landsbygdsmiljö inom Västra Götalands län.....	31
13.1. Allmänt	31
13.2. Relation till EU-direktivet om ozon i luften.....	32
13.3. Relation till nuvarande och framtida kritiska nivåer för ozon inom LRTAP konventionen.....	34
13.4. Relation till de nationella miljömålen	35
13.5. Vilken inverkan kan ozon ha på vegetationen i Västra Götaland län?	36
14. Referenser.....	38
Bilagor:.....	38

1. Inledning

Marknära (troposfäriskt) ozon är den gasformiga luftförorening som tillmäts störst betydelse vad gäller direkt inverkan på vegetationen i Europa. Även i Sverige har marknära ozon stor betydelse, tillsammans med markförsurande ämnen samt kväve-nedfall ifrån luften. Marknära ozon i södra Sverige har bedömts minska skördeutfallet hos jordbruksgrödor med 5-10 % årligen och ger varje år synliga bladskador på en ozonkänslig klon av vitklöver som används som bioindikator för ozonpåverkan på Europeisk nivå inom konventionen om långväga transporterade luftföroreningar (LRTAP). Det finns även tydliga indikationer på att ozon negativt kan påverka tillväxten hos flera viktiga trädslag, såsom gran och björk.

Marknära ozon bildas ur kväveoxider och kolväten i närvaro av solljus. Huvuddelen av de kväveoxider och kolväten som ger upphov till ozonbildning i Sverige är långväga transporterade ifrån kontinentala Europa samt från Storbritannien. Dessutom sker en global transport av dessa ämnen över norra hemisfären. Bakgrundshalterna av ozon över norra hemisfären förutsågs fortsätta att öka (Johnson *et al.*, 2001) på grund av ökande luftutsläpp i utvecklingsländer, bl a i Asien.

Halterna av marknära ozon i luften övervakas i Europa inom EMEP (<http://www.emep.org>). Sverige har sju officiella EMEP-stationer i landsbygdsmiljö, där ozonhalterna mäts med kontinuerligt registrerande instrument på tim-basis. Dessutom finns ytterligare en EMEP-station, Prestebakke, strax över gränsen mellan Dalsland och Norge. Det är således ett glest nätverk för ozonmätningar i landsbygdsmiljö i Sverige. Det finns indikationer på att de lokala variationerna ozonbelastningen kan vara relativt stora. Skillnaderna i ozonhalter beror främst på depositionen av ozon mot mark och vegetation, i relation till nedtransporten av ozon ifrån högre luftlager. En omfattande utredning i Storbritannien (PORC, 1997) identifierade avståndet till kusten samt höjd över havet som två viktiga faktorer för lokal variation i ozonförekomst.

2. Bakgrund

Sedan 1987 har IVL Svenska Miljöinstitutet och Botaniska Institutionen vid Göteborgs Universitet gemensamt bedrivit experimentell forskning vid Östads säteri kring inverkan av marknära ozon på växter. I samband med experimenten har halterna av ozon i omgivningsluften mätts på olika höjd över marken. Dessutom har även andra luftföroreningar mätts, såsom SO₂, NO₂ och sot. Omfattande meteorologiska mätningar har genomförts under de flesta år. Slutligen har under 1989 och 1990 gjorts mätningar av ozon och meteorologi i skogsmiljö vid en närliggande lokal vid Antens Kapell.

Alla dessa mätningar har ett stort värde ur ett miljö-övervaknings perspektiv. Genom föreliggande uppdrag har möjlighet givits att sammanställa och utvärdera dessa historiska miljödata. Alla mätdata och analyser i denna rapport gäller halter i omgivningsluften i landsbygdsmiljö. Urban luftkvalitet behandlas ej i denna rapport.

3. Syfte

Arbetet har syftat till att ta fram:

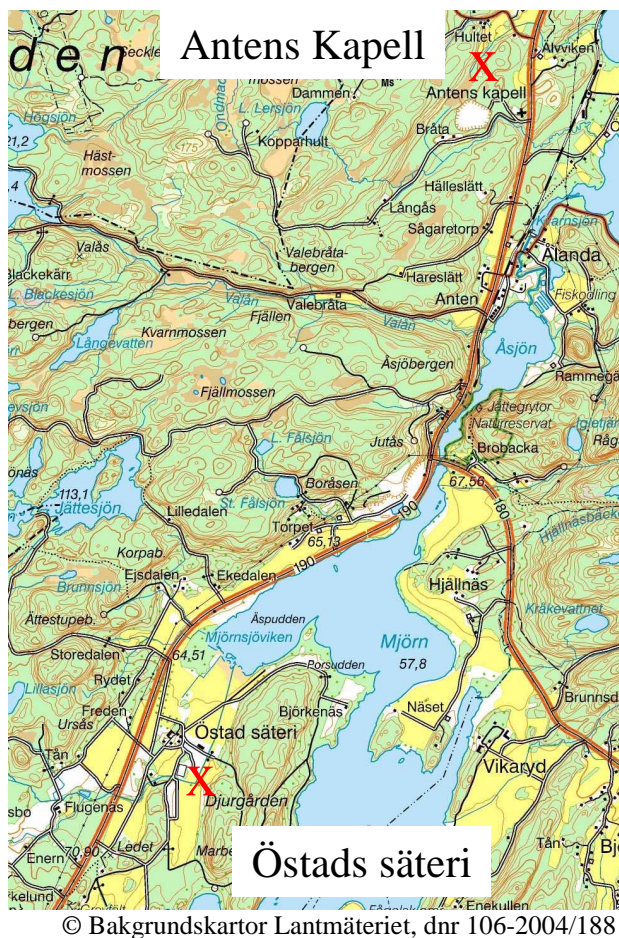
- En dokumentation av ozonhalterna vid Östads Säteri sedan 1987 främst under sommarhalvåret.
- En dokumentation av de övriga luftföroreningar som mätts vid Östads Säteri under olika tidsperioder sedan 1987.
- En uppskattning av ozonbelastningen i Västra Götalands län i förhållande till andra delar av landet.
- En uppskattning av eventuella långsiktiga förändringar av ozonbelastningen i Västra Götalands län.
- En uppskattning av ozonbelastningens betydelse för vegetationen i Västra Götalands län

4. Beskrivning av fältstationen vid Östads Säteri samt mätlokalen vid Antens Kapell

Östads säteri är beläget ca 45 km nord-ost om Göteborg (57 54 00 N, 12 24 00 E, 62 m över havsnivå, Figur 1), vid sjön Mjörns västra strand. Egendomen Östads säteri omfattar ca 5000 hektar med mestadels skog, blandat med en del åkermark. Rakt väster om försöksområdet ligger ett stort skogsområde, Risveden.

Mätlokalen vid Antens Kapell ligger ca 5 km norr om Östads säteri (100 m över havsnivå, se Figur 1). Mätningarna gjordes utanför och innanför ett vindexponerat skogsbryn i kanten av ett kalhygge 3 m och 13 m över marknivå. Skogen bestod av 60 år gammal granskog med 18-20 m höga träd.

En detaljerad beskrivning av fältstationen Östad samt av Antens Kapell återfinns i Bilaga 1.



Figur 1. Karta med mätlokaler vid Östads Säteri och Antens Kapell markerade med röda kryss.



Figur 2. Översiktsbild ifrån försöksområdet vid Östads säteri, 1999, taget ifrån SO mot NV. Till vänster ses försöksområdet "Östad-skog" och till höger "Östad-grödor". I bilden indikeras mätpunkterna för Östad-grödor 9m över mark (G9m), Östad-grödor 1m över mark (G1m), Skog 5/9m över mark (S9m) samt Skog 1m över mark (S1m). Fältkamrarna inom försöksområdet Östad-skog står i rader i nord-sydlig riktning.

5. Teknisk beskrivning av mätningarna

Mätningarna vid Östads säteri kan generellt delas upp mellan de två experimentella försöksområden som använts under åren, försöksområde "Östad-skog" i söder och försöksområde "Östad-grödor" i norr, se figur 2. Försöksområdena har haft separata system, både vad gäller givare för klimatvariabler, instrument för att mäta halter av luftföroreningar samt loggrar för datainsamling. Mätintervall har varierat över åren, men har generellt överförts till tim-basis. Ozonhalter har under de flesta år mätts med instrument på två olika höjder över marknivå på vardera försöksområdet. Halter av NO₂, SO₂ och sot mättes under de första åren med en våt-kemisk metod. Sedan 1994 mättes SO₂ och NO₂ med passiva, diffusiva provtagare. Meteorologiska mätningar har för det mesta gjorts på samma nivåer som ozonmätningarna och mätts och lagrats i samma loggersystem. För ytterligare detaljer, se Bilaga 1.

Mätningar av ozon och meteorologi har huvudsakligen skett i samband med experimentell verksamhet, vilket i fallet grödeforskningen vanligtvis omfattar perioden maj – september. Vad gäller skogsforskning har experimenten vanligtvis varit fleråriga, vilket innebär att mätningar skett året runt. I denna rapport redovisas emellertid huvudsakligen mätningar från perioden april – september. Under mätperioderna förekommer databortfall bl a beroende på instrumenthaveri eller fel på datainsamlings-systemet. Olika ozonexponerings index har beräknats över olika tidsperioder. För en viss tidsperiod accepterades databortfall om den understeg 15 %. Under de experimentella perioderna har sannolikheterna för höga ozonhalter vid Östad bevakats via övriga ozonmätstationer. Om sannolikheten för höga ozonhalter vid Östad förelegat, så har stora ansträngningar gjorts för att få igång eventuella felande ozonmätningar vid Östad. Man kan därför anta att perioder med databortfall i större utsträckning omfattar perioder med låga ozonhalter än vad som skulle vara fallet utifrån slumpen. Data-tillgänglighet för olika månader och mätpunkter redovisas i Bilaga 2.

Ozondata ifrån Asa, ca 20 km norr om Växjö, har erhållits ifrån SLU's skogliga försökspark vid Asa, genom Prof. Göran Örlander och Fil Dr Ola Langvall. Dessa mätningar görs 5 m över marknivå och kalibreras regelbundet på samma sätt som EMEPs mätstationer. Ozondata ifrån EMEPs mätstationer i Sverige är framtagna inom den nationella Miljöövervakningen, finansierad av Miljöövervakningsenheten vid Naturvårdsverket. IVL driver 6 av de totalt sju stationer som ingår i programmet. Dessa mätningar, samt även mätningarna av SO₂, NO₂ och sot som bedrivs vid Rörvik/Råö, beskrivs på IVL's hemsida, www.ivl.se. Ozondata ifrån den Norska mätstationen Prestebakke användes ej före 1997, eftersom den har framkommit problem med denna station vad gäller kalibreringar före denna tidpunkt (Solberg, S., personlig kommunikation)

6. Beskrivning av gällande gränsvärden och miljömål för ozon, NO₂ och SO₂

6.1. EUs ozondirektiv

Ifrån september 2003 gäller ett nytt EU-direktiv om ozon i luften (2002/3/EG). Man använder sig av två typer av ozonindex, ett maximalt, rullande 8-timmars medelvärde dagligen för att skydda människors hälsa och ett AOT40 för skydd av växtligheten. Vidare anger man målvärden som skall utvärderas med start 2010, samt även långsiktiga mål, som skall uppnås 2020. Målvärdena anges i tabell 1. Målvärdena anger att det maximala, rullande 8-timmars medelvärdet inte får överskrida 60 ppb (1 ppb motsvarar ca 2 µg/m³) under mer än 25 dagar per år i medeltal under tre år. AOT40 dagtid under perioden maj-juli får ej överskrida 9000 ppb h. De långsiktiga målen är att det maximala 8-timmars medelvärdet inte någon gång skall överskrida 60 ppb samt att AOT40 inte något år skall överskrida 3000 ppb h.

Tabell 1. Målvärden och långsiktiga mål som anges inom EU's direktiv (2002/3/EG) om ozon i luften.

Målvärde för 2010		Långsiktigt mål	
Hälsa	Vegetationen	Hälsa	Vegetationen
Max 8-timmars medelvärde <60 ppb *	AOT40, <9000 ppb timmar, medelvärde under 5 år **	Max 8-timmars medelvärde <60 ppb ***	AOT40, 3000 ppb timmar ** ***

* värdet får ej överskridas under mer än 25 dagar per kalenderår, i medeltal över 3 år.

** "Accumulated exposure Over a Threshold 40 ppb. Beräknas utifrån tim-värden från maj till juli, mellan kl 8 och kl 20 mellaneuropeisk tid dagligen. Från varje tim-värde subtraheras 40 ppb. Om resultatet är >0 så ackumuleras detta värde. AOT40 uttrycks antingen som ppb timmar eller som ug/m³ timmar 1 ppb motsvarar ca 2 ug/m³.

*** värdet får ej överskridas

6.2. Konventionen om långväga transporterade luftföroreningar (LRTAP) inom UNECE

FN's konvention om långväga transporterade luftföroreningar, LRTAP (www.unece.org/env/lrtap/), etablerades 1979 och har för närvarande 79 deltagande länder och organisationer. Åtta överenskommelser om olika utsläppsbegränsningar har tillkommit sedan konventionen bildades. De länder som deltar i konventioner har att ta ställning till om de godtar (ratificerar) överenskommelserna och, om så är fallet, följa de utsläppsbegränsningar som beslutats. Dock finns inga juridiska möjligheter att "straffa" de länder som inte lyckas med sina åtaganden.

De kritiska nivåer som för närvarande gäller för ozons inverkan på vegetationen inom konventionen baserar sig, liksom EU-direktivet, på AOT40 dagtid. För jordbruksgrödor, samt för naturlig vegetation, gäller en kritisk nivå på 3 000 ppb timmar ackumulerat under perioden maj-juli. För träd gäller en kritisk nivå på 10 000 ppb timmar ackumulerat under perioden april-september. Värdena gäller som medelvärden under en 5 års period.

De ovan beskrivna kritiska nivåerna inom CLRTAP är för närvarande i en revisionsprocess och för jordbruksgrödorna vete och potatis finns förslag på nya kritiska nivåer baserade på mängden ozon tas upp in i bladen, s k ozonflux. För träd och naturlig vegetation är förslaget att AOT40 bibehålls. Den kritiska nivån för naturlig vegetation kvarstår, medan värdet för träd sänks ifrån AOT40 10 000 ppb timmar till AOT40 5 000 ppb timmar, ackumulerat dagtid april-september. Förslagen kan i sin helhet studeras på Internet, <http://www.icpmapping.org>.

6.3 Nationella miljömål

Riksdagen har 1999 fattat beslut om femton övergripande nationella miljökvalitetsmål. Marknära ozon samt gas-formigt NO₂ och SO₂ behandlas i miljömålet "frisk luft". Det beslut man fattat lyder:

"Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Miljökvalitetsmålet innebär:

- Halterna av luftföroreningar överskrider inte fastställda lågrisknivåer för cancer, överkänslighet och allergi eller för sjukdomar i luftvägarna
- Halterna av marknära ozon överskrider inte de gränsvärden som satts för att hindra skador på människors hälsa, djur, växter, kulturvärden och material.
- Inriktningen är att miljökvalitetsmålet skall nås inom en generation."

I den av riksdagen senare antagna propositionen 2000/2001:130 "Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier" har målformuleringen kopplad till miljö kvalitetsmålet utvecklats ytterligare i form av s.k. del- och generationsmål. Delmålen avser förorenings- och utsläppsmål som skall vara uppfyllda till senast 2010. Generationsmål avser motsvarande typ av mål som delmålen, men på längre sikt, till ca 2020. De del- och generationsmål som för närvarande gäller för marknära ozon redovisas i tabell 2 nedan. Det är troligt att en revidering av generationsmålet för skydd av vegetationen kommer att ske. De mål för marknära ozon som satts inom det nationella miljömålet Frisk Luft är avsevärt strängare, jämfört med EU direktivet (2002/3/EG) om ozon i luften.

Tabell 2. Del- och generationsmål i det svenska miljömålsarbetet som f n gäller för marknära ozon inom miljömålet Frisk Luft. En uppdelning har gjorts av vad som kan vara relevant för människors hälsa respektive vegetationen. 1 ppb är ca 2 ug/m³.

Delmål 2010		Generationsmål 2020	
Hälsa	Vegetation	Hälsa	Vegetation
Det maximala 8-timmars medelvärdet bör ej överskrida 60 ppb	-	Halter som inte bör överskridas är 35 ppb som åttatimmars medelvärde och 40 ppb som timmedelvärde.	Halter som inte bör överskridas är 25 ppb som medelvärde för sommarhalvåret

Delmålen för gasformig svaveldioxid och kvävedioxid i omgivningsluften som satts inom det nationella miljömålet Frisk Luft visas i tabell 3.

Tabell 3. Delmål i det svenska miljömålsarbetet som f n gäller för gasformig svaveldioxid och kvävedioxid i omgivningsluften.

Ämne	Delmål
Svaveldioxid	Halten 5 µg/m ³ för svaveldioxid som årsmedelvärde skall vara uppnådd i samtliga kommuner 2005.
Kvävedioxid	Halterna 20 µg/m ³ som årsmedelvärde och 100 µg/m ³ som timmedelvärde för kvävedioxid skall i huvudsak vara uppnådda år 2010.

7. Mätningar av SO₂, NO₂ samt sot vid Östads säteri

7.1 Dygnsvisa mätningar

Mätningar av SO₂, NO₂ samt sot vid Östads säteri finns från olika år med olika tidsupplösning. Mätmetodikerna beskrivs i Bilaga 1.

Mätningar på dygnsbasis finns från åren 1987 och 1992 (Figur 3). Under vintern 1992-1993 kunde dygnsmedelvärdena för NO₂ gå upp mot 25 µg m⁻³ och motsvarande värden för SO₂ var upp mot 12 µg m⁻³. Dygnsvärdena för NO₂ och SO₂ var under sommarhalvåret generellt lägre. Halterna av NO₂ tenderade till att vara högre under sensommaren 1987, jämfört med 1992. Halterna av SO₂ tenderade å andra sidan till att vara högre under sommaren 1992, jämfört med 1987. Dygnsmedelvärdena för sot under förvintern 1992-93 var mycket låga, nära detektionsgränsen på ca 1 µg m⁻³. Däremot var värdena för sot högre under perioden juli-september 1987, upp emot 8 µg m⁻³.

7.2 Vecko-provtagningar

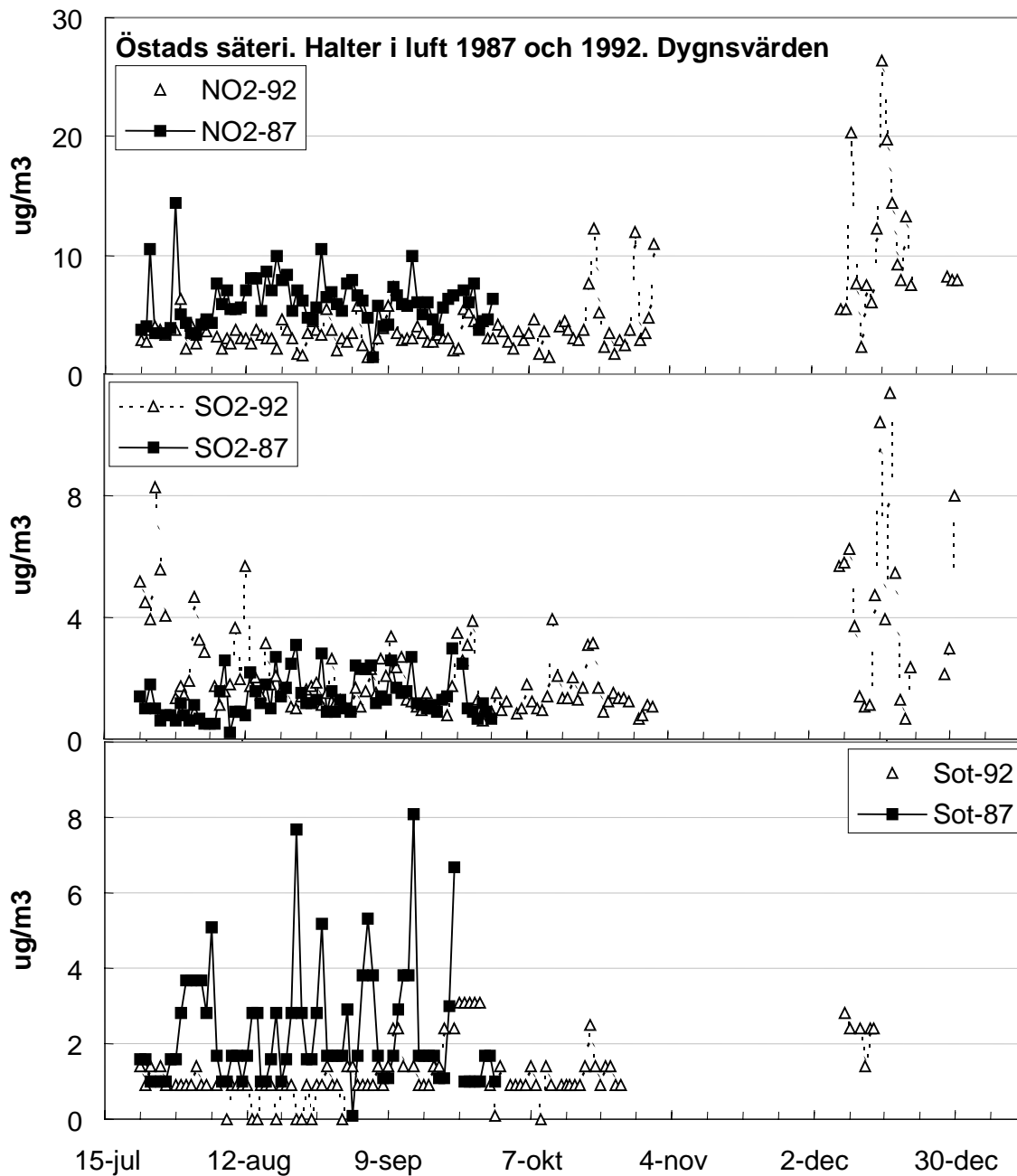
Dygnsmätningarna som beskrivits ovan, aggregerades och inkluderades i analysen tillsammans med vecko-provtagningar.

Vecko-medelvärden av NO₂, SO₂ samt sot redovisas i figur 4 för året 1987 samt åren 1992-96. Halterna av NO₂ var som förväntat högst vintertid, runt 10-12 µg m⁻³. Sommarvärdena för NO₂ 1987 ligger tydligt över övriga år. Vädret sommaren 1987 var dock mycket speciellt med låga temperaturer och mycket regn. Därför får man utvärdera denna skillnad i NO₂-halter under sommaren med försiktighet. SO₂-värdena visar också en viss årstidsvariation, dock i mindre utsträckning än NO₂. Veckovisa värden för SO₂ var under åren upp mot 8-10 µg m⁻³. Skälen till de höga SO₂-halterna i november 1993 måste utvärderas ytterligare. Halterna av sot på veckobasis var under både 1987 och 1992 mycket låga, under 4 µg m⁻³. Eftersom halterna av sot var så låga, så behandlas de inte ytterligare.

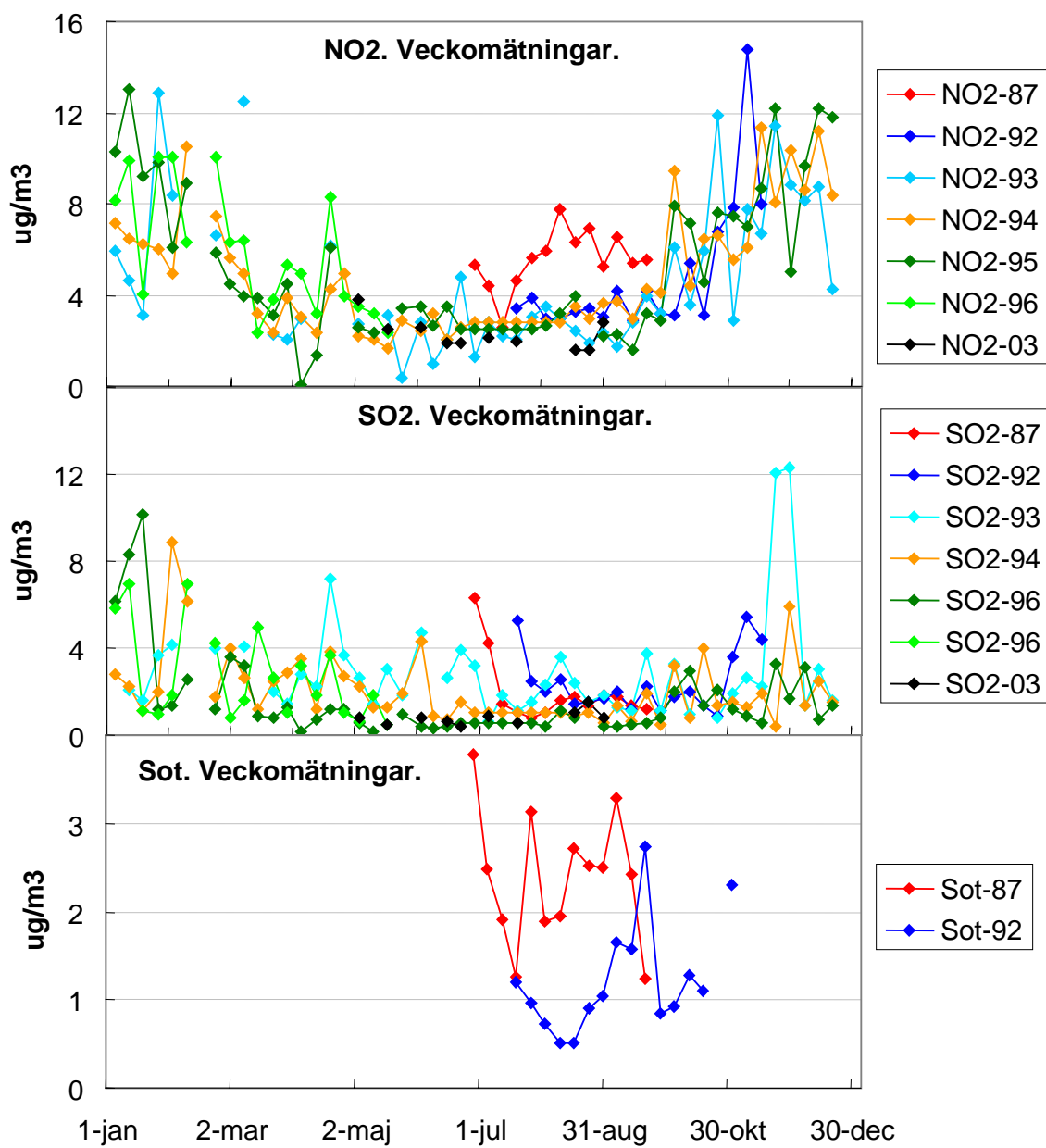
7.3 Halter på månadsbasis

Mätningarna på dygns- och veckobasis har aggregerats till månadsmedelvärden. Eftersom veckornas avgränsningar inte alltid sammanfaller med månadernas

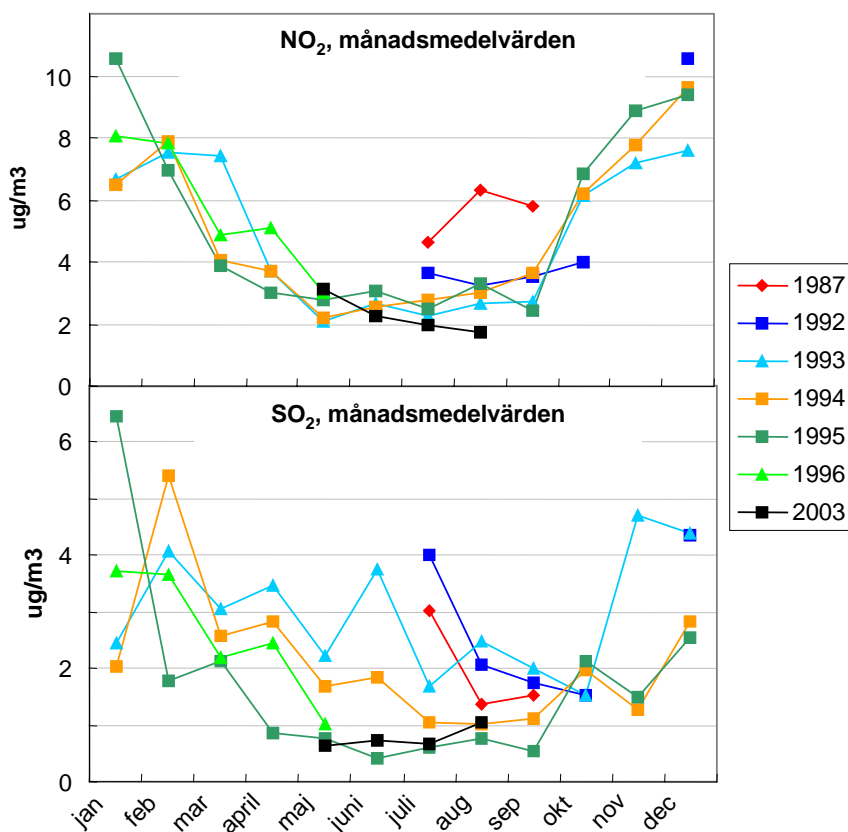
avgränsningar, innebär detta att avgränsningarna per månad för Östad data är ungefärliga. Den största avvikelserna blir dock endast tre dagar.



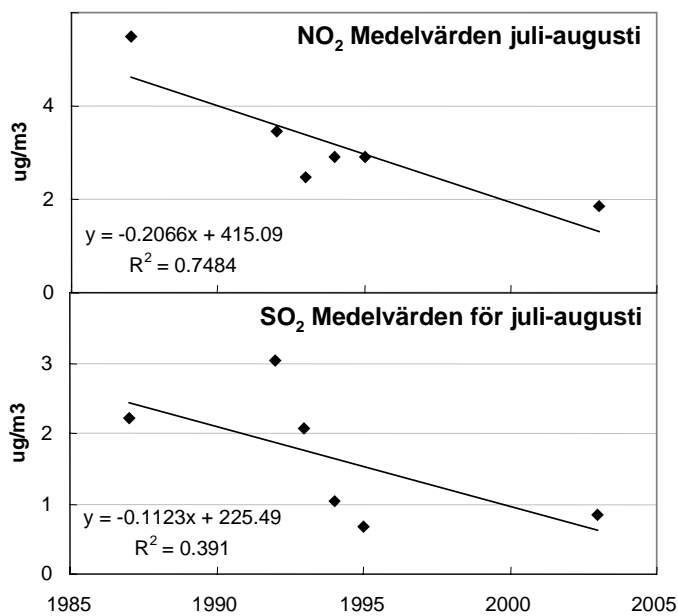
Figur 3. Mätningar på dygnsbasis av NO₂ (överst), SO₂(mitten), samt sot (nederst) vid Östads säteri, ifrån åren 1987 och 1992.



Figur 4. Mätningar på vecko-basis av NO₂ (överst), SO₂ (mitten), samt sot (nederst) vid Östads säteri, ifrån åren 1987 och 1992-1996, samt 2003. Mätningar i omgivningsluft på 1-3 m höjd.



Figur 5. Halterna på månadsbasis av NO₂ (överst) och SO₂ (underst) för Östads säteri, ifrån åren 1987 och 1992-1996, samt 2003. Mätningar i omgivningsluft på 1-3 m höjd.



Figur 6. Tidstrender för medelvärden för SO₂ och NO₂ under månaderna juli-augusti vid Östads säteri.

Halterna på månadsbasis av NO₂ och SO₂ för Östads säteri redovisas i figur 5. Det finns en framträdande årstidsvariation för både SO₂ och NO₂ på månadsbasis, om än tydligast för NO₂. Halterna av SO₂ varierar i större utsträckning under sommarhalvåret, jämfört med NO₂ halterna. En jämförelse av halterna av NO₂ och SO₂ under sensommaren för åren 1987, 1992-1995 samt 2003 tyder på att halterna har minskat (figur 6). Särskilt tydligt är detta för halterna av NO₂. Detta stämmer väl överens med andra rapporter om att NO₂ halter i omgivningsluft i landsbygdsmiljö har minskat under senare år (Lövblad *et al.*, 2003). Under vinterhalvåret finns inte tillräckligt med mätningar för att en tidstrend mellan olika år skall kunna analyseras.

7.4 Halter på årsbasis

För åren 1994-1995 finns i stort sett kompletta mätningar av SO₂ och NO₂ året runt. Från dessa vecko-baserade mätningar har års medelvärden beräknats. Årsmedelhalterna 1994 och 1995 var 2.1 och 1.6 µg m⁻³ för SO₂ och 5.0 och 5.3 µg m⁻³ för NO₂. Dessa värden är långt under de delmål i det svenska miljömålsarbetet som f n gäller för gasformigt svaveldioxid och kvävedioxid i omgivningsluften (tabell 3).

Slutsatser:

Dygns-medelvärden för SO₂ och NO₂ vid Östads säteri var relativt höga vintern 1992-93, med halter upp mot 25 µg m⁻³ för NO₂ och 12 µg m⁻³ för SO₂. Halterna av sot var låga.

Vecko-medelvärden för NO₂ visade en utpräglad årstidsvariation med halter upp mot 14 µg m⁻³ under vintern och betydligt lägre sommartid. Veckomedelvärden för SO₂ visade en mindre utpräglad årstidsvariation med halter upp mot 10 µg m⁻³ under vintertid.

Månads-medelvärden för NO₂ visade också en utpräglad årstidsvariation, medan den för SO₂ var mindre tydlig. Det fanns en tendens till att månads-medelvärden, speciellt för NO₂, under månaderna juli-aug har minskat under perioden 1987 – 2003.

Års-medelvärden för de två år, 1994 och 1995, där kompletta mätvärden för Östads säteri fanns tillgängliga, låg runt 2 µg m⁻³ för SO₂ och runt 5 µg m⁻³ för NO₂. Dessa värden är långt under de delmål som anges inom det nationella miljömålet Frisk Luft.

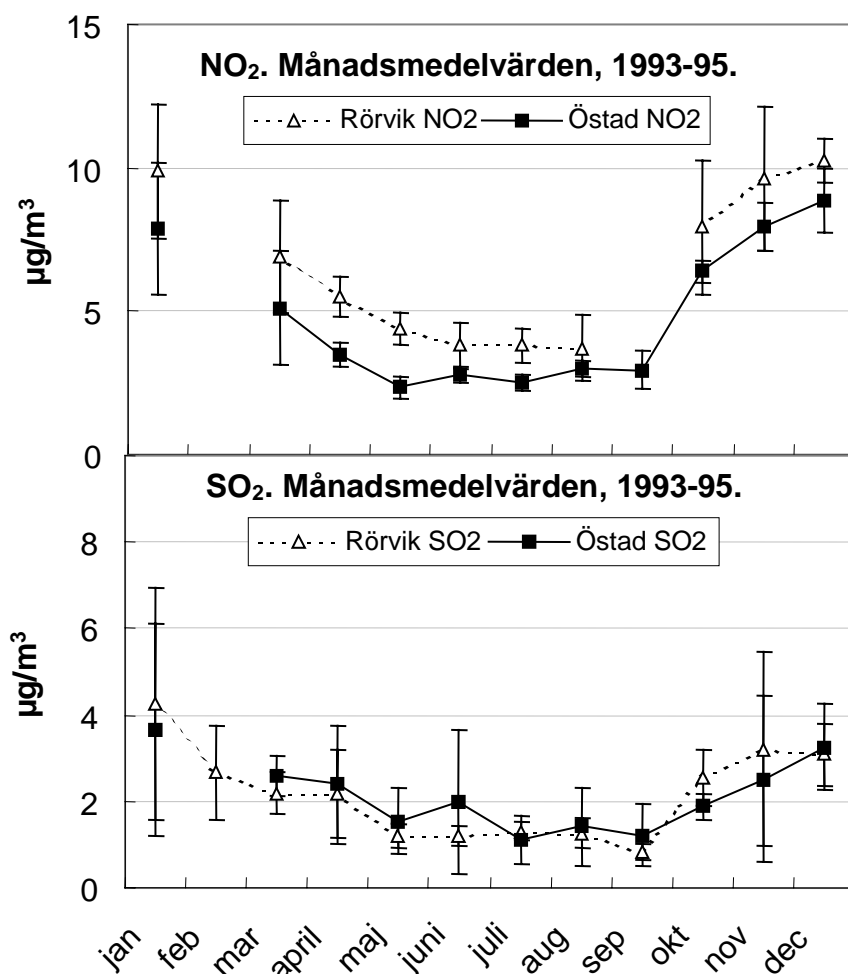
8. En jämförelse av mätningarna av SO₂ och NO₂ vid Östad och Rörvik/Råö

Halterna av SO₂ och NO₂ har sedan lång tid tillbaka mätts vid Rörvik/Råö på dygnsbasis. Detta ger en möjlighet till jämförelse av halterna i omgivningsluften vid Rörvik/Råö och Östad för de tre år, 1993-1995, då mätningarna vid Östad var relativt kompletta. Månads-medelvärdena från Rörvik/Råö beräknas ifrån dygnsmätningar och överensstämmer därför exakt med månadernas avgränsningar. Som nämnts ovan baseras beräkningarna av månads-medelvärden ifrån Östad för SO₂ och NO₂ på vecko-provtagningar och dessa vecko-provtagningar sammanfaller därför ej exakt med månads-avgränsningar. Förskjutningarna är dock högst tre dagar och dessutom slumpvisa, vilket gör att detta kan bedömas som försumbart för en jämförelse mellan Östad och Rörvik/Råö under tre år.

Månadsvärden för halterna av NO₂ och SO₂, vid Östads säteri och Rörvik/Råö, beräknade som medelvärden över de tre åren 1993-1995, visas i Figur 7. Halterna är mycket lika mellan Östad och Rörvik/Råö vad gäller SO₂, medan halterna för NO₂ är högre vid Rörvik/Råö för månaderna april – juli. Övriga månader går det inte att uttala sig om det föreligger en skillnad i halterna av NO₂, eftersom spridningen i värden mellan åren då är större.

Slutsats:

Halterna av SO₂ var mycket lika vid Östads säteri och Rörvik/Råö under åren 1993-1995. Månads-medelvärden för NO₂ under åren 1993-95 var dock högre vid Rörvik/Råö, jämfört med Östad, under månaderna april-juli. Det förefaller som att mätningarna av SO₂ vid Rörvik/Råö kan representera även områden i landsbygdsmiljö i Västra Götalands läns inland. Vad gäller NO₂ förefaller det som om halterna avtar ifrån kusten inåt landet. En möjlighet är dock att NO₂-halterna vid Rörvik/Råö vid nordliga vindar påverkas av plymen ifrån Göteborgs-området.



Figur 7. En jämförelse av månads-medelvärde för NO₂ och SO₂ mellan Rörvik och Östads, där medelvärden för varje månad beräknats över de tre åren 1993-1995. Staplarna anger en standardavvikelse över och en standardavvikelse under medelvärdet. Medelvärden har endast medtagits när månads-medelvärden funnits för alla tre åren. Enskilda månadsvärden har endast medtagits då mätvärden funnits för minst tre av de fyra ingående vecko-värden.

Tabell 4. En jämförelse av de fyra olika mätpunkter för ozon som använts inom försöksområdet på Östads säteri. Kvoter anges dels mellan skogs- och grödeområdena för mätningar på samma höjd över mark, dels mellan mätningar på olika höjd inom samma försöksområde.

Medelvärde dygnet runt, juni-aug (ppb)							
	Skog_1m	Skog_5m	Grödor_1m	Grödor_9m	Kvoter mellan skog/grödor 1 m mätthöjd	Kvoter mellan olika mätthöjder Kvot 1/5m skog Kvot 1/9m grödor	
1993	24.5		21.3	25.9	1.15		0.82
1994	29.8	31.0		32.4		0.96	
1995	25.3	26.0	24.7	29.7	1.03	0.97	0.83
1996			25.2	31.1			0.81
1997	23.9			25.7			
1998	22.5		22.3	25.7	1.01		0.87
1999	26.4						
2000			23.3	25.6			0.91
2001	24.6	25.6				0.96	
2002	20.3	21.9				0.93	
2003	25.5	27.8				0.92	

AOT40, juni-aug (ppb h)							
	Skog_1m	Skog_5m	Grödor_1m	Grödor_9m	Kvoter mellan skog/grödor 1 m mätthöjd	Kvoter mellan olika mätthöjder Kvot 1/5m skog Kvot 1/9m grödor	
1993	915		754	984	1.35		0.77
1994	5489	4906		5913		1.12	
1995	2517	2072	1860	3514	1.35	1.21	0.53
1996			2064	4184			0.49
1997	2569			2391			
1998	207		130	380	1.59		0.34
1999	1963						
2000			1581	2085			0.76
2001	1126	1107				1.02	
2002	195	272				0.72	
2003	1447	1487				0.97	

Maximalt 8-timmars medelvärde, juni-aug (ppb)							
	Skog_1m	Skog_5m	Grödor_1m	Grödor_9m	Kvoter mellan skog/grödor 1 m mätthöjd	Kvoter mellan olika mätthöjder Kvot 1/5m skog Kvot 1/9m grödor	
1993	56.5		55.3	57.3	1.02		0.97
1994	73.8	69.8		76.2		1.06	
1995	63.6	60.9	65.0	68.0	0.98	1.04	0.96
1996			66.6	71.1			0.94
1997	62.6			65.3			
1998	52.2		49.9	55.2	1.05		0.90
1999	59.0						
2000			84.6	88.5			0.96
2001	66.4	66.5				1.00	
2002	43.9	45.7				0.96	
2003	56.9	56.6				1.00	

Maximalt 1-timmars medelvärde, juni-aug (ppb)							
	Skog_1m	Skog_5m	Grödor_1m	Grödor_9m	Kvoter mellan skog/grödor 1 m mätthöjd	Kvoter mellan olika mätthöjder Kvot 1/5m skog Kvot 1/9m grödor	
1993	58.6		59.9	60.7	1.02		0.99
1994	78.2	76.2		80.7		1.03	
1995	71.3	72.1	70.2	74.9	1.02	0.99	0.94
1996			73.4	78.2			0.94
1997	71.7			72.9			
1998	67.5		64.6	70.4	1.04		0.92
1999	65.6						
2000			96.8	100.4			0.96
2001	87.5	87.8				1.00	
2002	53.3	60.5				0.88	
2003	60.8	63.0				0.97	

9. Mätningar av ozonhalter vid Östads säteri och Antens Kapell

9.1. En jämförelse av olika mätpunkter för ozon inom Östads säteri

Som beskrivits ovan, har ozon mätningarna vid Östads säteri under åren skett huvudsakligen på två mät höjder inom respektive två försöksområden. Mätningarna har skett med två olika system, med skilda ozoninstrument, meteorologiska givare och insamlingssystem för data. Bl a har längderna på teflonslangarna som använts för luftinsamling varierat. Dessutom kan depositionshastigheterna mot marken ha varierat beroende på växtligheten. Sannolikt har jordbruksgrödorna vissa år utgjort en starkare sänka för ozon, jämfört med marken inom försöksområdet skog. Förekomsten av fyra parallella mätpunkter har även varit värdefullt när det gäller kvalitetssäkringen av data, eftersom eventuella tekniska fel med en viss mätpunkt relativt lätt kunnat upptäckas. Därför har det varit viktigt att jämföra de fyra förekommande mätpunkterna för ozon, tabell 4.

Ozonindex som ackumuleras under långa tidsperioder då jordbruksgrödorna vanligtvis utvecklat ett kraftigt bestånd, såsom AOT40 för juni-augusti, har avsevärt lägre värden på 1 m höjd över marknivån i försöksområdet grödor vid Östads säteri jämfört med försöksområdet skog, under de tre år då fullständiga jämförelser kunnat göras. Ozonindex som beräknas över kortare tidsperioder, såsom maximalt 1-timmars medelvärde eller maximalt 8-timmars medelvärde uppvisar mindre skillnader. Kvoterna i höjddled mellan olika mätpunkter inom samma försöksområde visar avsevärda skillnader, främst mellan 1 m och 9 m inom grödeområdet, med högre värden på högre höjder.

9.2. En jämförelse mellan ozonmätningar vid Östads säteri och Antens Kapell

Parallella mätningar av ozonhalter på olika höjder över ett kornfält på Östads säteri och på olika höjder över ett kalhygge framför (avseende förhärskande vindriktning) ett skogsbryn med en intilliggande vuxen granskog genomfördes 1989 och 1990 nära Antens Kapell. En jämförelse av mätningarna på 9 m över mark över kornfältet och mätningarna 13 m över mark över kalhygget för en 27-dagars period i juli 1989, visade på mycket lika halter under dagtid (Figur 8 och 9). Vissa nätter kunde skillnaden vara stor då det uppstod inversion över kornfältet men inte över kalhygget. Beräknad AOT40 var mycket lika dagtid, däremot avsevärt lägre över kornfältet nattetid (Tabell 5).

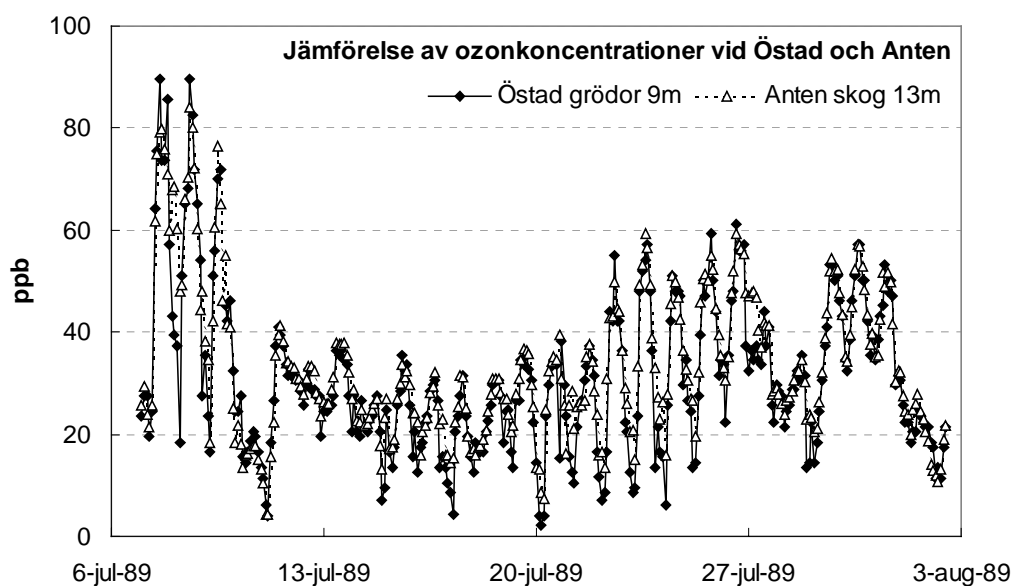
Slutsatser:

Ozonindex som spänner över långa tidsperioder då jordbruksgrödor vanligen har kraftiga bestånd, såsom AOT40 för juni-augusti, har under tre jämförbara år lägre värden på 1 m höjd i försöksområdet grödor vid Östads säteri jämfört med värden ifrån 1 m höjd inom försöksområdet skog. Detta beror troligen på en större deposition till grödefältet, jämfört med mot marken vid försöksområdet Östadskog. Det har troligen också stor betydelse att försöksområdet skog hade en större skrovlighet, jämfört med grödefältets försöksområde. Kvoterna i höjdled visar på en avsevärd skillnad, främst mellan 1 m och 9 m på grödesidan, med högre värden på högre höjd över marken. Eftersom ozonhalter på 1 m höjd är i stor utsträckning beroende av depositions hastigheten mot mark och växtlighet, bör ozonindex ifrån 5 m resp 9 m över mark vid Östad användas vid jämförelser med andra mätstationer.

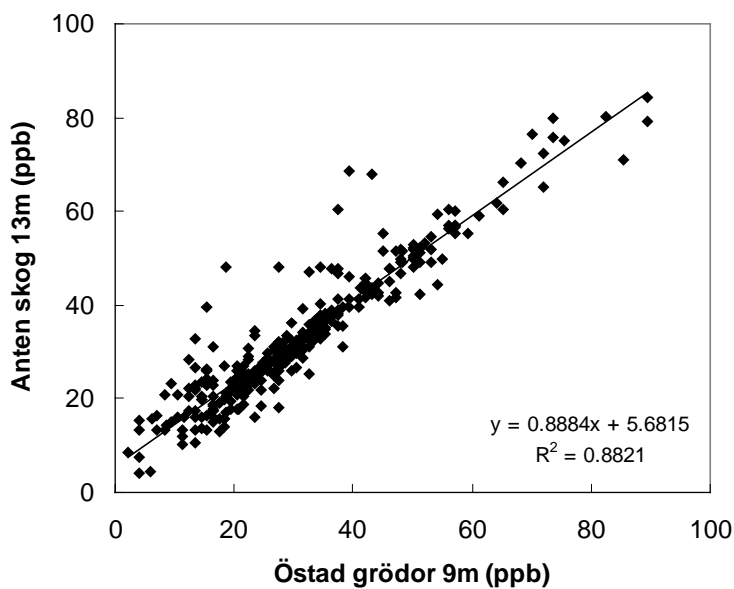
Ozonhalterna under dagtid var mycket lika vid jämförelse mellan 9 m över ett kornfält vid Östads säteri och 13 m över ett kalhygge vid Antens Kapell, på ett avstånd av 5 km. Ozonklimatet vid Östads säteri representerar således inte någon ytterlighet vad gäller deposition etc., utan kan antas vara representativt för icke-höglänta områden i Västra Götalands läns inland.

Tabell 5. En utvärdering av ozonhalterna 9 m över ett kornfält vid Östads säteri och 13 m över mark vid ett kalhygge framför en skogsfront med vuxna granar vid Antens Kapell. Beräkningen är gjort för 2-timmars medelvärden av ozonkoncentrationer för 27 dagar i juli 1989. Från Pleijel et al., 1995.

	AOT40 (grödefältet på Östad i % av skogslokalen vid Antens Kapell)
Dagtid	98
Nattetid	21
Dag och natt	90



Figur 8. En jämförelse av ozonhalterna 9 m över ett kornfält vid Östads säteri och 13 m över mark vid ett kalhygge framför en skogsfront med vuxna granar vid Antens Kapell. 2-timmars medelvärden av ozonkoncentrationer för 27 dagar i juli 1989.



Figur 9. Korrelationen mellan ozonhalterna 9 m över ett kornfält vid Östads säteri och 13 m över mark vid ett kalhygge framför en skogsfront med vuxna granar vid Antens Kapell. Beräkningen är gjort för 2-timmars medelvärden av ozonkoncentrationer för 27 dagar i juli 1989. Omarbetad ifrån Pleijel et al. (1995).

9.3 Mätningar av ozon vid Östads säteri i relation till olika kritiska nivåer och målvärden

Olika ozonindex redovisas för de tre sommarmånaderna juni tom augusti, detta för att dessa månader har störst täckning vid Östad genom åren. Ozonhalterna kan dock ofta vara mycket höga under maj månad, vilket gör att nedan angivna värden för perioden juni-augusti kan underskatta överskridanden för ozonindex som skall beräknas över hela året, alternativt sommarhalvåret.

Nedan visas ozonmätningarna vid de fyra olika mätpunkterna vid Östads säteri, uttryckt som olika ozonindex aktuella för olika kritiska nivåer och målvärden (Figur 10). Mätningarna på 5 m höjd vid EMEP-stationen vid Rörvik/Råö har tagits med som jämförelse.

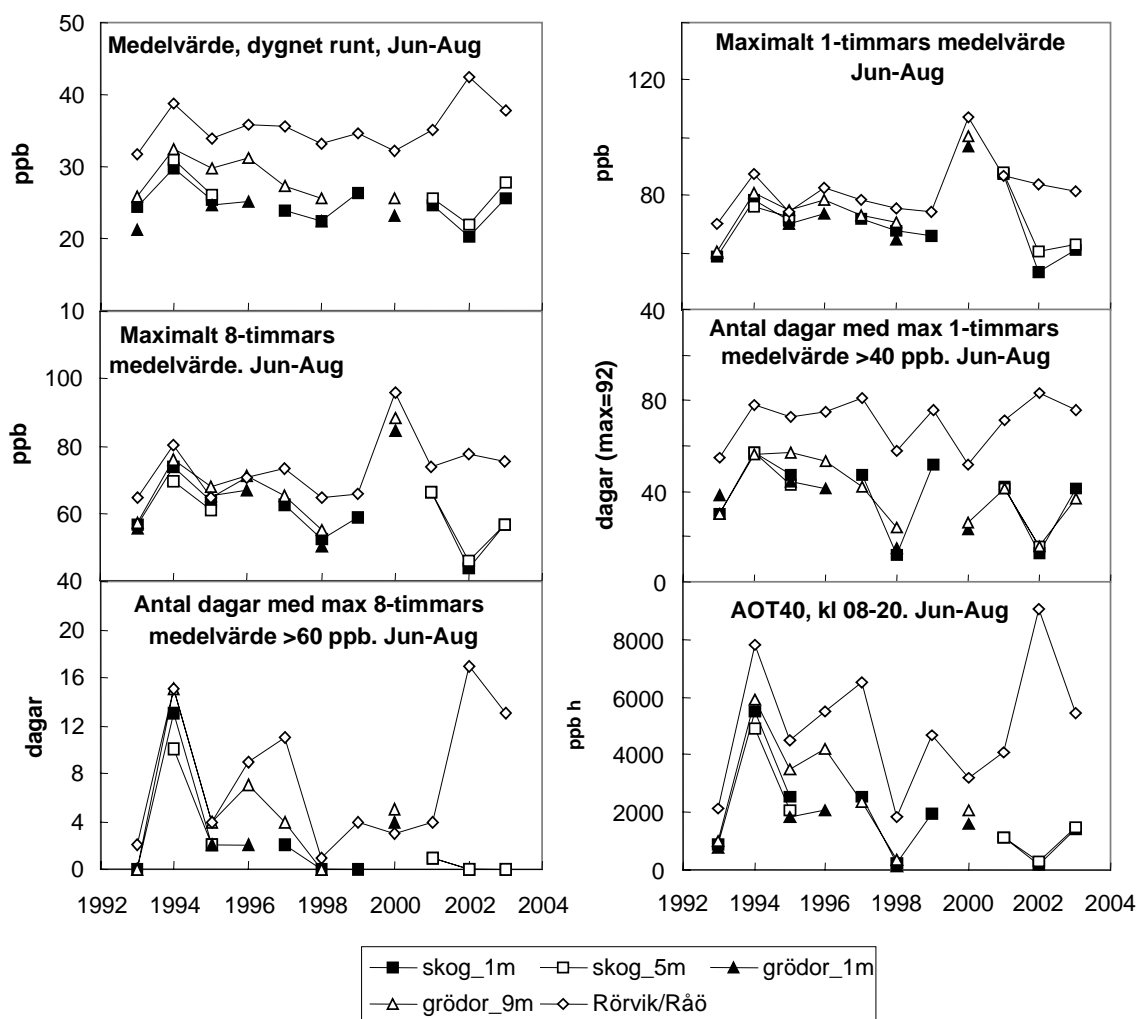
Ozonhalterna vid Östads säteri överskrider under flera år de långsiktiga mål som satts upp i EU's ozondirektiv. Det maximala värdet för rullande 8-timmars medelvärden överskred 60 ppb (=120 µg m⁻³) under flera år under 1990-talet och början av 2000-talet, oberoende av mätthöjd. Antalet dagar per år som det överskrids vid Östad visar dock en minskande trend på senare år. Det långsiktiga mål för AOT40 under tre månader som satts upp i EU-direktivet, 3000 ppb h, överskreds år 1994 för alla mätthöjder, men för några andra år under 1990-talet endast för de övre mätthöjderna 5 m och 9 m. Det bör noteras att de tremånaders-värden som redovisas här omfattar juni-augusti, medan EU's direktiv anger maj-juli. Ozonhalterna i maj är vanligtvis något högre.

De generationsmål för ozon som anges i Sveriges nationella miljömål, utöver 8-timmars medelvärdet, överskrids regelbundet vid Östads säteri. En-timmars medel ozonkoncentrationen 40 ppb (80 µg m⁻³) överskrids mellan 20 och 60 dagar per år under juni-augusti. Medelvärdet för ozonhalten dygnet runt under juni-augusti överskrider 25 ppb (50 µg m⁻³) under flera år, dock främst på de övre mätthöjderna.

Slutsatser:

Ozonhalterna vid Östads säteri under sommarmånaderna juni-augusti under perioden 1993 – 2003 överskrider flera av de kritiska nivåer och målvärden som satts upp i EU's direktiv, i luftkonventionen LRTAP samt i de nationella miljömålen.

Överskridandena är i viss mån beroende av mätthöjden.



Figurer 10. Olika ozonexponerings-index beräknade ifrån mätningar av ozonkoncentrationer i omgivningsluft på olika höjder vid Östads säteri under perioden 1993-2003. För jämförelse är värdena för mätningar ifrån EMEP-stationen Rörvik/Råö inkluderade. Mätstationen flyttades ifrån Rörvik till Råö 1 januari 2002. Maximalt, rullande 8-timmars medelvärde har beräknats så som beskrivs i EU's ozondirektiv.

9.4 En jämförelse av ozonmätningar vid Östads säteri och Rörvik/Råö

Skillnaderna i värdena för de olika ozonexponerings-index är avsevärda mellan Östads säteri och Rörvik/Råö (Figur 10), med tanke på det relativt korta avståndet, mindre än 70 km. Medelvärdet dygnet runt under juni-augusti ligger konstant högre vid Rörvik/Råö, jämfört med Östads säteri. Störst är skillnaderna för de ozonindex som involverar tröskelvärden, såsom AOT40, antalet dagar som 8-timmars medelvärdet överskrider 60 ppb samt antalet dagar som en-timmars medelvärdet överskrider 40 ppb. Generellt för alla

olika ozonindex verkar skillnaderna mellan Östad och Rörvik/Råö öka under årens lopp och särskilt stora är skillnaderna 2002 och 2003.

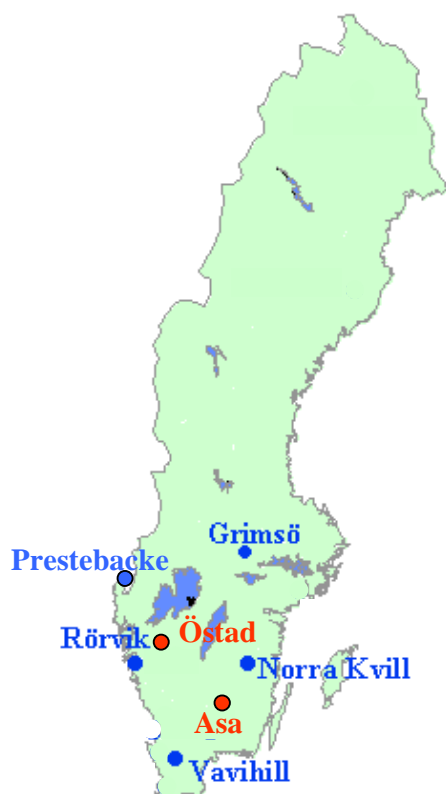
10. En jämförelse av ozonmätningarna vid Östad med ozonmätningar vid andra mätstationer i södra Sverige och Norge

I detta avsnitt jämförs ozonmätningarna vid Östad och Rörvik/Råö med andra relevanta mätstationer för marknära ozon i södra Sverige och Norge (Figur 11). Vid jämförelserna används de ozonexponerings-index som används i EU's ozondirektiv, nämligen antal dagar som maximala, rullande 8-timmars medelkoncentration överskrider 60 ppb under året, samt AOT40 under ljusa timmar under maj-juli. Dessutom visas även AOT40 för perioden april-september, det ozonindex som används för inverkan på träd inom luftkonventionen LRTAP. Som jämförelse har även medelvärdet dygnet runt under sommarmånaderna april-september medtagits. I dessa jämförelser används medelvärden från Östad för mätningar 5 m och/eller 9 m över mark. EU's målvärden gällande det maximala 8-timmars medelvärdet skall beräknas över hela året. Ifrån Östad finns i de flesta fall mätvärden endast för april–september. Detta förefaller inte vara någon betydande felkälla eftersom en granskning av mätvärden ifrån Rörvik/Råö visade att det under åren 1990 – 2003 endast förekommit 2 dagar i mars månad (den månad under vinterhalvåret som kan ha högst ozonhalter) med 8-timmars medelvärden högre än 60 ppb. Eftersom exponeringsperioderna omfattar månaderna april-maj, så är det färre år ifrån Östad som kan användas vid dessa jämförelser. Under år 2002 saknas data ifrån Östad för april och halva maj månad. För perioden juni-augusti detta år, samt även för åren 2001 och 2003, är likheterna mycket stora för olika ozonindex mellan Östad och Grimsö. Därför används ozondata ifrån Grimsö för att fylla ut saknade data i april och maj 2002.

I detta avsnitt framförs en hypotes att ozonbelastningen vid olika lokaler i södra Sverige i stort kan beskrivas genom avståndet ifrån kusten, samt genom hur högt och ”exponerat” en lokal ligger, jämfört med topografin i omgivande landskap. Vi definierar tre kategorier av mätlokaler för marknära ozon, vilka beskrivs i tabell 6. Denna uppdelning utgör givetvis en generalisering och gränserna mellan de olika kategorierna är flytande.

Tabell 6. Definition av tre olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon i södra Sverige och Norge

Benämning	Beskrivning	Ingående mätlokaler
Kustnära	Mätlokaler som är belägna mycket nära kusten. Hur avgränsningen ser ut mot inlandet går ännu ej att beskriva kvantitativt.	Rörvik/Råö
Höglänta	Mätlokaler som är belägna utpräglat högt över angränsande landskap. Inte heller detta går ännu att beskriva kvantitativt.	Vavihill, Norra Kvill
Låglänta	Mätlokaler som ej är belägna utpräglat högt över omgivande landskap. Detta innebär inte nödvändigtvis att dessa lokaler är belägna i ett slättlandskap.	Östad, Asa, Grimsö, Prestebakke



Figur 11. Lokaler i södra Sverige och södra Norge där ozonhalter mäts på tim-basis på 5 m höjd över marken med instrument. Vavihill, Rörvik/Råö, Norra Kvill, Prestebakke samt Grimsö utgör mätstationer inom EMEP systemet, Östad och Asa är mätstationer som opereras av respektive IVL och SLU.

Mätningarna vid Östad, Asa, Grimsö samt i viss mån Prestebakke, representerar ozonklimatet i södra Skandinaviens inland, i låglänta, ”skyddade” områden som är relativt långt ifrån kusten och som inte ligger topografiskt högt över omgivande landskap. Mätningarna vid Rörvik/Råö, Vavihill samt Norra Kvill representerar däremot områden som är antingen kustnära eller belägna topografiskt högt över omgivande landskap. De höga ozonhalterna vid kustnära områden förklaras genom den låga ozondepositionen mot vattenytor, samt med att inversioner nattetid förekommer relativt sällan. De höga ozonhalterna vid topografiskt högt belägna områden förklaras av den goda kontakten med och påfyllning av ozon ifrån den fria troposfären. En konsekvens av ovan nämnda hypotes blir att mätningarna vid Östads säteri troligen är mer representativa för större delen av Västra Götalands läns inland, som till största delen består av relativt låglänt terräng, jämfört med mätningarna vid Rörvik/Råö.

Vad gäller antal dagar under året som den maximala, rullande 8-timmars medelkoncentrationen överskrider 60 ppb, så är det en stor skillnad mellan Östad och den kustnära mätstationen Rörvik/Råö under de sex år då det finns täckande mätningar, förutom 1993 (Figur 12). Antalet dagar med överskridande är betydligt lägre vid Östad, jämfört med Rörvik/Råö. De sista två åren 2002 och 2003 är skillnaden mycket stor. Om även år 2004 blir ett år med höga ozonhalter vid Rörvik/Råö, så riskerar EU's ozondirektivs målvärde att överskridas vid denna mätstation, medan ozonnivåerna vid Östads säteri ligger långt under dessa värden. Antal dagar med överskridande av 8-timmars medelvärdet vid Östad tenderar till att följa värdena ifrån Grimsö och Asa, samt i viss mån Prestebakke. Tyvärr finns inte ozondata ifrån Asa för åren 2002 och 2003, vilket inte gör det möjligt att avgöra huruvida denna mätstation följer övriga låglänta mätstationer under dessa år.

Även vad gäller AOT40 för perioden maj-juli ligger Östad betydligt under Rörvik/Råö. Även här tenderar värdena för Östad att följa de för Grimsö och Asa, medan värdena för Rörvik/Råö följer värdena för Vavihill och Norra Kvill. Ännu tydligare blir skillnaderna vad gäller AOT40 för perioden april-september (Figur 12).

11. Tidstrender för ozonhalter vid Östads säteri och Rörvik/Råö

Eftersom mellanårsvariationen i ozonbelastning är mycket stor kan tidstrender analyseras endast för långa tidsserier. De månader då det finns mest ozondata från Östad är juli och augusti. Därför analyseras tidstrender endast för månads-medelvärden för dessa månader. Mätningar på 9 m, alternativt 5 m, mätthöjd används för Östad.

Det finns en tydlig nedgång i månads-medelvärdena, beräknade dygnet runt, sedan början av 1990-talet för både juli och augusti för Östad, men inte för Rörvik/Råö,

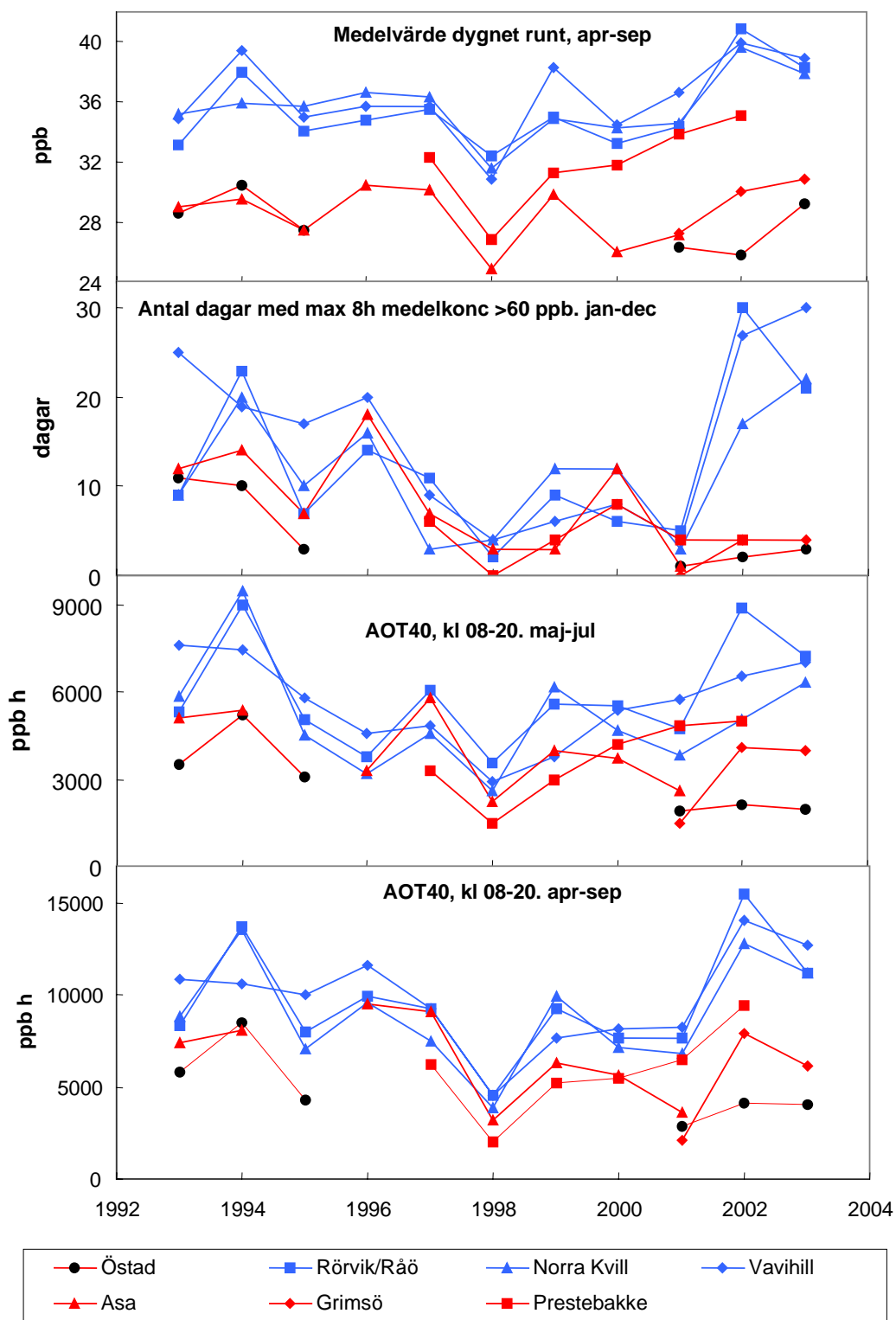
(Figur 13). Även den maximala 8-timmars medelkoncentrationen tenderar att minska vid Östad för månaden juli men inte för augusti. Vad gäller AOT40 går det inte att urskilja något tydligt mönster, eftersom mellanårsvariationen är för stor. Dock har värdena varit mycket låga under de senaste 3-4 åren. De storskaliga förändringarna av ozonbelastningen över Europa anses vara att antalet episoder med mycket höga halter tenderar till att minska medan bakgrundshalterna ökar (NEGTAP, 2001).

12. En jämförelse med tidigare undersökningar vad gäller ozonhalter i västra Sverige.

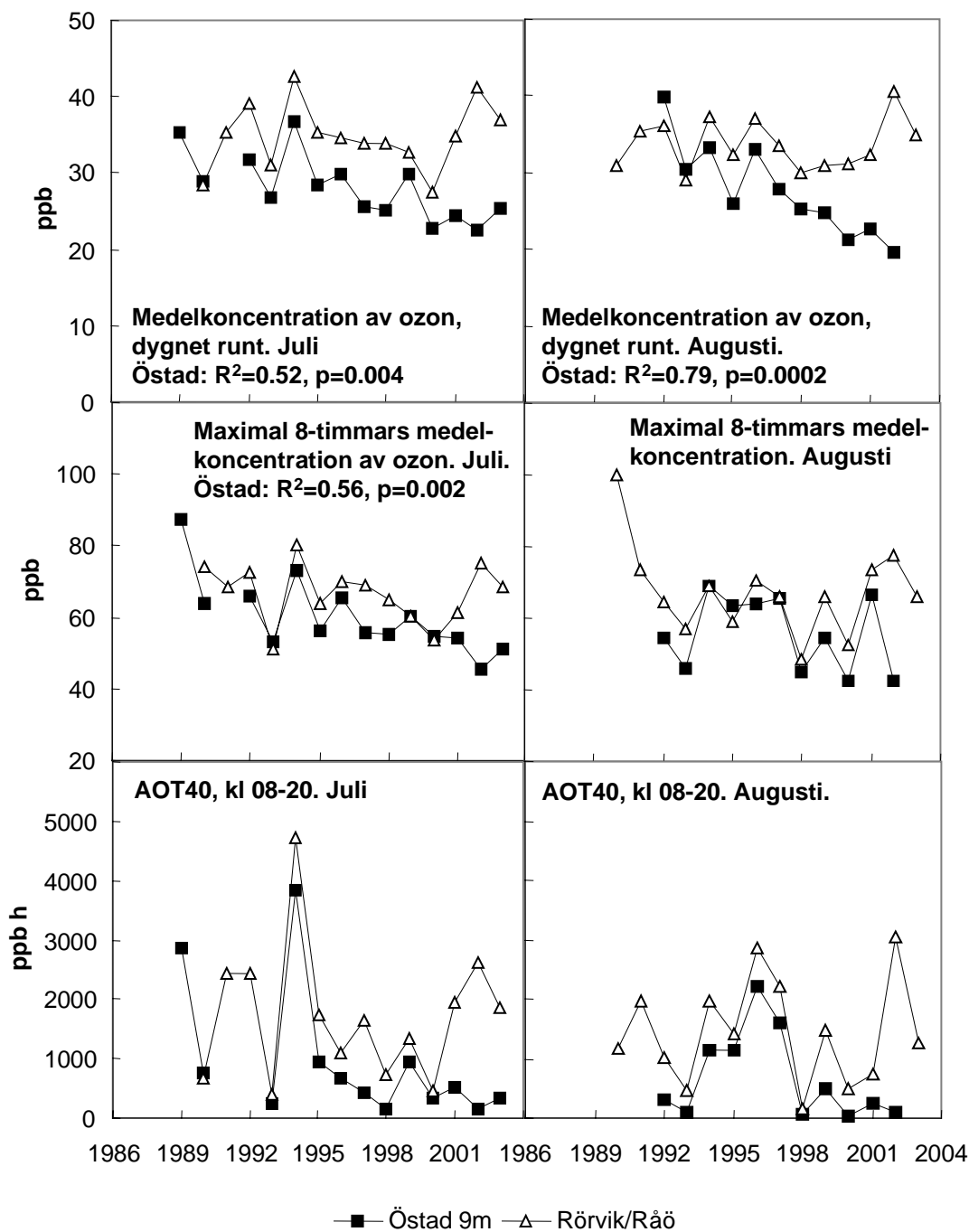
Sommaren 1997 genomförde IVL mätningar av marknära ozon i Göteborgsregionen på uppdrag av Göteborgsregionens Luftvårdsprogram (Sjöberg *et al.*, 1998). Mätningarna gjordes månadsvis med diffusiva provtagare under perioden maj – augusti vid totalt 25 mätpunkter. Mätpunkterna fördelade sig mellan Ödsmål i norr, Fjärås i söder samt Vårgårda i öster. Flera mätpunkter låg ute i havsbandet, på Tjörn, Rörö, och Styrso. Dessutom jämfördes också med instrumentmätningar vid Rörvik och Östad. I instruktionerna vid utsättning av de diffusiva provtagarna angavs att de skulle sättas upp på en öppen plats, ca 3 m över marknivå, på avstånd ifrån träd och ej i några svackor.

Medelvärden för ozonkoncentrationer under perioden maj-augusti låg klart högst för mätpunkterna i havsbandet, Tjörn, Rörö, Styrso samt Rörvik, i jämförelse med de flesta mätpunkter i inlandet. Denna undersökning bekräftar således hypotesen att ozonhalterna är högre i kustnära områden, jämfört med inlandet. Emellertid var halterna höga också vid några få punkter i inlandet. Dessa punkter kan utifrån angivelse på kartor misstänkas ligga i höglänt terräng. Detaljerade uppgifter om mätpunkternas placering finns dock endast för tre mätpunkter i Alingsås kommun. Mätpunkterna Tillfällan och Bommeklev ligger i kuperad, höglänt terräng, nästan 200 m ö h, medan mätpunkten Glossbo ligger i ett slättlandskap nära Nossebro, 85 m ö h. Mätvärden för dessa punkter visas i figur 14, tillsammans med mätvärden ifrån Rörvik och Östad.

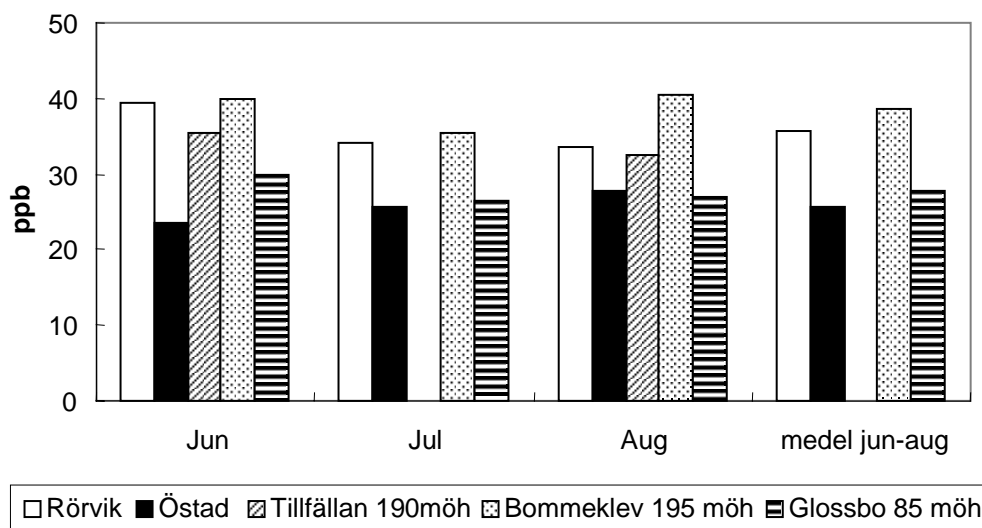
I figur 14 framgår att mätvärdena från de mätpunkter som ligger i höglänt terräng följer mätvärdena ifrån Rörvik, medan mätpunkten i låglänt terräng följer mätvärdena ifrån Östad. Dessa resultat indikerar att ozonnivåerna vid kustnära områden och i högt belägna områden i inlandet tenderar till att följa varandra, medan ozonnivåerna i lågt belägna områden i inlandet ligger avsevärt lägre.



Figur 12. En jämförelse av olika ozonindex mellan Östads och andra mätstationer. Värden ifrån kategorin höglänta eller kustnära platser anges med blå symboler. Värden ifrån kategorin ej höglänta eller ej kustnära platser anges med röda (Östads svarta) symboler.



Figur 13. Månadsmedelvärde, maximalt flytande 8-timmars medelvärde samt AOT40 ljusa timmar under månaderna juli och augusti vid Östad och Rörvik/Råö. För Östad används mätvärden endast ifrån 5 m och 9 m över mark. Statistisk information ifrån linjär regressionsanalys anges i de fall regressionerna var statistiskt signifikanta.



Figur 14. Månads-visa mätningar av ozon med diffusiva provtagare vid tre mätpunkter i Alingsås kommun under jun-aug 1997 (Sjöberg et al., 1998). Bommeklev och Tillfällen ligger i höglänt terräng, medan Glossbo ligger i låglänt terräng. För jämförelse har motsvarande medelvärden från ozonmätningar med instrument ifrån Rörvik och Östad medtagits. Eftersom mätvärde saknas för Tillfällen i juli är denna mätpunkt inte medelvärdesbildad.

Vid en undersökning 1987-89 mättes ozonhalter med instrument runt Stenungsund (Sjöberg och Grennfelt, 1990). Året 1989 mättes ozonhalterna vid Billströmska folkhögsskolan på Tjörn, ca 15 km SV om Stenungsund, samt på taket av dåvarande Svenshögens sjukhus, ca 15 m över marknivå. Betydligt högre månadsmedelvärden för ozonkoncentration, såväl som antal tim-värden >60 ppb, uppmättes vid Svenshögen och Billströmska, jämfört med Östad, för juli månad 1989. Dessa mätningar kompliceras dock av en möjlig lokal ozonbildning på grund av lokala utsläpp ifrån petrokemi-industrin i Stenungsund.

13. En utvärdering av ozonbelastningen för människors hälsa samt för vegetationen i landsbygdsmiljö inom Västra Götalands län

13.1. Allmänt

Analysen i denna rapport har klart visat på den stora skillnaden i ozonbelastning mellan den kustnära mätstationen vid Rörvik/Råö, på Onsalahalvön söder om Göteborg, och den låglänta inlandsstationen vid Östads säteri, 45 km NO om Göteborg. Belastningen

är avsevärt lägre vid Östad. Jämförande mätningar vid Antens kapell ca 5 km NO om Östad, visar att den låga ozonbelastningen vid Östad inte är unik, utan förmodligen representativ för låglänta områden i Västra Götalands inland. Detta stöds av att Östad uppvisar ett mönster i ozonbelastningen som liknar det vid mätstationerna Asa och Grimsö, samt i viss mån Prestebakke. Stationerna i Asa och Grimsö är belägna i ett skogslandskap och de ligger inte topografiskt högt i landskapet, såsom mätstationerna Norra Kvill och Vavihill gör. Skillnaderna mellan kustnära, låglänta och höglänta områden stöds vidare av en tidigare studie där ozonhalter mätts med passiva provtagare som visat att höglänta områden i Västra Götalands läns inland kan ha ozonbelastningar motsvarande den vid kustnära områden, medan låglänta områden uppvisar lägre halter.

13.2. Relation till EU-direktivet om ozon i luften

EU-direktivets målvärde för skydd av människors hälsa ligger i farozonen för att överskridas vid Rörvik/Råö, då 8-timmars medelkoncentrationerna överskridit 60 ppb (120 µg/m³) under mer än 25 dagar i medeltal under åren 2002 och 2003. Under motsvarande år överskreds 8-timmars medelvärdet 60 ppb i medeltal mindre än fem dagar per år vid Östad, vilket är långt under målvärdet.

En inventering av alla tillgängliga mätperioder vid Östads säteri under perioden 1993 – 2003 visar att det maximala, rullande 8-timmars medelvärdet för ozonkoncentrationer överskred EU-direktivets långsiktiga mål för skydd av människors hälsa, 60 ppb, vid minst ett tillfälle varje år, förutom 1998 och 2002. År 2002 saknas ozonmätningar under maj månad, då alla kringliggande mätstationer uppmätte höga ozonhalter med 8-timmars medelvärden överskridande 60 ppb. Således är det troligt att 8-timmars medelvärdet 60 ppb har överskridits vid Östads säteri under alla år sedan 1989, med undantag av 1998. År med mätperioder som täcker sommarhalvåret visar dock att antalet dagar per år då 8-timmars medelvärdet överskred 60 ppb inte är särskilt många. Vid Rörvik/Råö överskreds 8-timmars medelvärdet 60 ppb även 1998. Även vid kringliggande mätstationer i Vavihill, Asa och Prestebakke har maximala 8-timmars medelvärdet 60 ppb överskridits under alla år då mätningar funnits, ifrån 1993, förutom Grimsö 2001 och Prestebakke 1998.

EU-direktivets målvärde för skydd av vegetationen, AOT40 9000 ppb timmar under maj-juli, överskreds vid Rörvik/Råö 2002 och var relativt nära att överskridas även 2003. Detta målvärde för skydd av vegetationen har aldrig överskridits vid Östads säteri under de år då täckande mätningar funnits för perioden maj-juli, vilket är 7 år av 11 sedan 1991. Vad gäller övriga mätstationer i södra Sverige, har detta målvärde sedan 1993 endast överskridits vid Norra Kvill 1994.

EU's långsiktiga mål för skydd av vegetationen mot ozonskador, AOT40 3000 ppb timmar under maj-juli, har sedan 1993 överskridits under 3 utav totalt 6 år, då täckande

mätningar funnits vid Östad. Vid Rörvik/Råö har detta långsiktiga mål överskridits under alla år sedan 1993. Vid övriga mätstationer i södra Sverige har detta långsiktiga mål för skydd av vegetationen sedan 1993 överskridits under de flesta åren, t ex vid Asa under sju år av nio och vid Grimsö under två år av tre.

Slutsatser:

Det målvärde inom EU's direktiv om ozon i luften som börjar att gälla år 2010 för att skydda människors hälsa, har i medeltal under de två senaste åren 2002 och 2003 överskridits vid Rörvik/Råö, vilket troligen representerar ozonbelastningen i kustnära områden, samt troligen även höglänta områden i inlandet i Västra Götalands län. Vid Östads säteri är detta målvärde långt ifrån att överskridas, vilket troligen indikerar att detta målvärde ej överskrids i låglänta områden Västra Götalands läns inland. Var gränsen går mellan kustnära och inland är för närvarande inte möjligt att avgöra.

Det långsiktiga målet inom EU's direktiv för att skydda människors hälsa överskrids troligen inom hela Västra Götalands län under de flesta år. Antalet dagar per år med överskridande är dock troligen lågt i låglänta områden i inlandet.

Målvärdet inom EU-direktivet för att skydda vegetationen har också överskridits, år 2002 vid Rörvik/Råö. Däremot har detta målvärde varit långt ifrån att överskridas vid Östad, samt vid övriga mätstationer som representerar inlandslokaler i södra Sverige och som ej ligger topografiskt högt över kringliggande landskap.

Det långsiktiga målet inom EU-direktivet för att skydda vegetationen mot ozon överskrids vid Rörvik/Råö under alla år sedan 1993. Vid Östad överskrids detta långsiktiga mål under hälften av alla år med täckande mätningar sedan 1993. Utifrån dessa mätningar, tillsammans med mätningar ifrån övriga representativa mätstationer i södra Sverige och Norge, kan man dra slutsatsen att det långsiktiga målet för att skydda vegetationen ifrån ozonskador överskrids i Västra Götalands län under alla år sedan 1993 i kustnära områden och under många, men ej alla, år i inlandet.

13.3. Relation till nuvarande och framtida kritiska nivåer för ozon inom LRTAP konventionen

Nuvarande kritiska nivåer för ozon som används inom LRTAP-konventionen använder samma värden för jordbruksgrödor och naturlig vegetation som EU direktivet använder som långsiktigt skydd för vegetationen.

Den kritiska nivå för skog som används inom LRTAP-konventionen, 10000 ppb timmar, har inte överskridits på Östad under de sex år som det funnits täckande mätserier. Vid Rörvik/Råö däremot har nivån sedan 1993 överskridits under tre av totalt elva år. Även vid de högt belägna mätstationerna Vavihill och Norra Kvill har nivån överskridits under flera år. Däremot har nivån inte överskridits vid stationer som inte ligger topografiskt högt, såsom Asa, Grimsö samt Prestebakke.

Nya förslag till kritiska nivåer för vegetationen är f n under utarbetning inom LRTAP konventionen. För jordbruksgrödorna vete och potatis kommer dos-respons-funktioner för ozons inverkan att grunda sig på mängd ozon som tas upp in i bladen. Detta är dock fortfarande under utveckling.

Vad gäller skog, så kommer den kritiska nivån även framgent att grunda sig på AOT40 ljusa timmar. Dock föreligger ett förslag om att sänka den kritiska nivån till 5000 ppb timmar, ackumulerat mellan 1 april – 30 september. Denna nya nivå har vid Östad överskridits vid två utav totalt sex år med täckande mätserier. Vid alla andra mätstationer är andelen år med överskridanden högre eller mycket högre.

Slutsatser:

Den kritiska nivån för ozons inverkan på jordbruksgrödor och naturlig vegetation som för närvarande gäller inom konventionen LRTAP, är identisk med det långsiktiga målet för att skydda vegetationen inom EU-direktivet och överskrids alla år i kustnära områden och de flesta år i inlandet inom Västra Götalands län.

Den kritiska nivån för ozons inverkan på skog som för närvarande gäller inom konventionen LRTAP, överskrids troligen aldrig i inlandet men vissa år i kustnära områden i länet.

Den föreslagna nya kritiska nivån för skog inom luftkonventionen överskreds i länet under i stort sett alla år i kustnära områden och under ca en tredjedel av åren i inlandet.

13.4. Relation till de nationella miljömålen

Det delmål som för närvarande gäller inom miljömålet Frisk Luft för ozon fram till 2010 är identiskt med det långsiktiga målet inom EU-direktivet för ozon i luften, dvs att maximalt, rullande 8-timmars medelvärde för ozonkoncentrationen aldrig skall överstiga 60 ppb. Som redovisats ovan överskreds detta delmål förmodligen i hela Västra Götalands län under alla år sedan 1993, förutom 1998.

Det maximala 8-timmars medelvärdet överskred generationsmålet 35 ppb med stor marginal under alla år sedan 1993, både vid Östad och vid Rörvik/Råö. Under månaderna juni till augusti överskreds 8-timmars medelvärdet 35 ppb mellan 21 och 73 dagar vid Östad och mellan 71 och 88 dagar vid Rörvik/Råö, detta av totalt tillgängliga 92 dagar under denna tremånaders period. Det maximala en-timmars värdet för ozon under månaderna juni-augusti ligger vid Östad under åren sedan 1993 mellan 53 och 107 ppb. En-timmars värdet 40 ppb överskreds räknat per år mellan 12 och 57 dagar vid Östad och mellan 52 och 83 dagar vid Rörvik/Råö under sommarmånaderna juni-augusti.

Generationsmålet att medelkoncentrationen under sommarmånaderna, räknat både dag och natt, inte skall överskrida 25 ppb, överskreds med bred marginal vid Rörvik/Råö under alla år sedan 1993, räknat över månaderna juni-augusti. Vid Östad överskred medelkoncentrationen under juni-augusti 25 ppb under de flesta år på 9 m alternativt 5 m mätthöjd. På mätthöjden 1 m överskreds detta värde endast under tre år av de totalt elva år som hade tillräcklig täckning för mätningarna. Mätdata som täcker perioden april – september för Östad är tillgängligt för betydligt färre år. Medelkoncentrationen under månaderna april – september överskred dock värdet 25 ppb under alla de sex år de tillräckligt omfattande mätningar fanns tillgängliga. Dock är överskridandet de flesta år relativt litet.

Slutsatser:

Det delmål som anges för marknära ozon inom miljömålet Frisk Luft och som skall vara uppfyllt 2010, att maximala, rullande 8-timmars medelkoncentrationen av ozon ej skall överskrida 60 ppb, överskreds i landsbygdsmiljö i hela Västra Götalands län under de flesta år sedan 1993.

Alla de generationsmål som anges inom miljömålet Frisk Luft och som skall vara uppfyllda 2020, överskreds också i hela länet. För några av generationsmålen var överskridandet mycket stort.

13.5. Vilken inverkan kan ozon ha på vegetationen i Västra Götaland län?

För närvarande pågår ett intensivt arbete inom ramen för det Mistra-finansierade ASTA-programmet (Abatement Strategies for Transboundary Air pollution, <http://asta.ivl.se>), med syfte att göra uppskattningar av hur stora skördebortfall som kan uppträda till följd av ozon i södra Sverige. De grödor där det finns bäst underlag för en bedömning är vete och potatis. Studien, som även kommer att behandla ekonomiska aspekter, är ännu inte slutförd, men redan nu kan en del allmänna slutsatser redovisas.

Genom att använda de metoder och dos-respons samband som utvecklats i den Europeiska LRTAP-konventionen, delvis baserade på vår egen forskning, i kombination med observationer av klimat och ozonhalter på Östad har vi funnit att typiska skördeförluster orsakade av ozon ligger kring 5 % för såväl vete som potatis. Enstaka år då ozonhalterna är särskilt höga och förhållandena för ozon-upptag till bladen samtidigt är goda genom att torka inte råder och luftfuktigheten är måttligt hög, kan de uppskattade förlusterna uppgå till ca 10 %. Dessa förutsättningar kan vara uppfyllda uppskattningsvis var tionde år, exempelvis 1994. Det förekommer också år då ozonhalterna är mycket låga. Då kan skadorna på jordbruket bedömas vara nära noll.

Rent allmänt kan sägas att det sydsvenska klimatet genom en förhållandevis hög humiditet, i kombination med klart förhöjda ozonhalter jämfört med naturliga bakgrundshalter, utgör förutsättningar för relativt stora ozonskador. I vissa områden i Europa, där ozonhalterna är högre än i södra Sverige, är klimatet torrare och ozon-upptaget i förhållande till halt blir där mindre.

Det är vidare uppenbart, baserat på de försök som gjorts med olika typer av klöver (rödklöver, vitklöver, subklöver) som bioindikator på Östad och andra platser i Västra Götalandsregionen, att halterna av ozon är tillräckligt höga för att ge upphov till synliga bladskador på välvattnat, krukodlat växtmaterial som exponeras för omgivningsluften. Detta visar att potentialen för relativt allvarliga växtskador finns genom ozon i luften. Det är dock svårt att överföra observationer baserade på bioindikatorer till skördeförluster eller andra variabler av mer direkt agronomiskt intresse. Även när det gäller skador på bioindikatorer är det uppenbart att mellanårsvariationen i skador är stor. En treårig studie visade t ex att 1994 med höga ozonhalter var skadorna relativt stora, 1992 måttliga och 1993, då ozonhalterna var mycket låga under experimentperioden, var de mycket små.

Utifrån resultaten ifrån ett fyra års experiment med unga granar som exponerades för olika halter av ozon i fältkammare vid Östads säteri, föreslog Skärby et al. (1999) att en årlig ozonbelastning på AOT40 10000 ppb timmar skulle kunna reducera tillväxthastigheten hos gran med 1 %. Om denna begränsning gäller för tillväxten under

hela trädets levnad skulle detta resultera i en minskning i den avverkade stamvolymen på ca 10 %. Kostnaderna för detta blir ca 10000 SEK per hektar avverkad skog i södra Sverige, beroende på om den avverkade skogen skulle blivit timmer eller massaved. En motsvarande nedsättning av tillväxthastigheten för unga björkar har beräknats till ca 2 % (Karlsson, opublicerat).

Vid Östad har AOT₄₀, april-september, under åren legat mellan 5000 och 10000 ppb timmar, medan det vid Rörvik/Råö legat mellan 5000 och 15000 ppb timmar. Det beräknade kostnaden för ozonets negativa inverkan på tillväxten hos gran i Västra Götalands län skulle således ligga mellan 5000 och 15000 SEK per hektar avverkad granskog.

Forskningen sedan 1999 har inte kunnat ta fram något bättre underlag för att beräkna ozonets negativa inverkan på skogens tillväxt och sedemera avverkning. En kritisk fråga är om vuxna träd påverkas på ett liknande sätt, jämfört med de unga träd som vanligtvis används i fältkammarexperiment. Forskning pågår dock inom det ovan nämnda ASTA-programmet.

Betydelsen av marknära ozon för biodiversiteten vad gäller växter i Västra Götalands län är i stort sett okänd. Experiment har gjorts i fältkammare vid Östads säteri för att testa ozonkänsligheten hos 27 olika, naturligt förekommande örter (Pleijel och Danielsson, 1997, Danielsson et al., 1999). En art som uppvisade synliga bladskador och vars ovanjordiska tillväxt reducerades i höga ozonhalter var fjälltimotej, *Phleum alpinum*. Detta är intressant i relation till denna arts utbredningsområde som sträcker sig ifrån fjällkedjan söderut ungefär till Vänerens norra strand. Denna arts utbredningsområde beror givetvis främst på klimatet, men den kan inte uteslutas att höga ozonhalter, som ju förekommer främst i södra Sverige, har påverkat denna arts utbredningsområde negativt.

14. Referenser

- Danielsson, H., Gelang, J. och Pleijel, H.. 1999. Environmental and Experimental Botany 42, 41-49.
- Johnson, C.E., Stevenson, D.S., Collins, W.J. & Derwent, R.G. 2001. Role of climate feedback on methane and ozone studied with a coupled Ocean-Atmosphere-chemistry model. Geophysical Research Letters 28, 1723-1726.
- Lövblad et al., 2003. Trends in Swedish Background Air 1980-2000. IVL Rapport U 702.
- NEGTA, 2001. Transboundary Air Pollution: Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone in the UK. Report of the National Expert Group on Transboundary Air Pollution. DEFRA, London.
<http://www.edinburgh.ceh.ac.uk/negta/>
- Pleijel, H. och Danielsson, H. 1997. New Phytologist 135, 361-367.
- PORG, 1997. Ozone in the United Kingdom. Fourth Report of the Photochemical Oxidant Review Group 1997. ISBN 1-870393-30-9.
- Sjöberg, K & Grennfelt, P. 1990. Ozonmätningar kring Stenungsund 1989. IVL Rapport L89/377.
- Sjöberg, K., Kindbom, K. & Boström, C.-Å. 1998. Ozonmätningar i Göteborgsregionen sommaren 1997. IVL Rapport 112.
- Skärby, L., Selldén, G., Wallin, G., Karlsson, P.E., Sutinen, S., Ottosson, S., Medin, E.L., & Rantfors, M. 1999. Ozons effekter på skogsträd. I (Pleijel, H., ed) Marknära ozon – ett hot mot växterna. (Pleijel, H., ed), Naturvårdsverkets Rapport 4969.

Bilagor:

Bilagor kan erhållas av författaren.

Bilaga 1. Teknisk beskrivning av mätningarna av ozon och meteorologi vid Östads säteri

Bilaga 2. Redovisning av data tillgänglighet för ozonmätningar vid Östads säteri

Bilaga 3. Värden för olika ozonindex vid Östads säteri i tabellform.

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)
IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden
IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt
IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O.Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 8 598 563 00
Fax: +46 8 598 563 90

P.O.Box 470 86, SE-402 58 Göteborg
Dagjämningsgatan 1, Göteborg
Tel: +46 31 725 62 00
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult
Aneboda, Lammhult
Tel: +46 472 26 77 80
Fax: +46 472 26 77 90

www.ivl.se