



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Rapport 2006:27

# Marknära ozon och meteorologi vid Östads säteri 2005





# Marknära ozon och meteorologi vid Östads säteri 2005



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN  
Rapport 2006:27

PRODUKTION Länsstyrelsen i Västra Götalands län | Miljöskyddsenheten | Tel. 031- 60 50 00

FÖRFATTARE Per Erik Karlsson | IVL | Box 5302 | 400 14 Göteborg | Tel. 031 - 725 62 00

RAPPORT Länsstyrelsens rapportserie 2006:27 | IVL:s rapportserie U 1838

ISSN 1403-168X

Hämta rapporten på [www.o.lst.se](http://www.o.lst.se) under rubriken Publikationer/Rapporter

# Innehållsförteckning

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sammanfattning.....                                                                                     | 2  |
| 1. Inledning och bakgrund.....                                                                          | 3  |
| 2. Syfte.....                                                                                           | 3  |
| 3. Beskrivning av fältstationen vid Östads Säteri.....                                                  | 3  |
| 4. Teknisk beskrivning av mätningarna .....                                                             | 4  |
| 5. En sammanställning av gällande nationella målvärden, miljömål och miljökvalitetsnormer för ozon..... | 6  |
| 5.1 Nationella miljömål.....                                                                            | 6  |
| 5.2 Nationella miljökvalitetsnormer.....                                                                | 6  |
| 6. Ozonhalter vid Östads Säteri 2005 .....                                                              | 6  |
| 6.1. Periodmedelvärden .....                                                                            | 7  |
| 6.2. Beräknade ozonindex främst avsedda för att uppskatta inverkan på människors hälsa.....             | 7  |
| 6.3. Beräknade ozonindex främst avsedda för att uppskatta inverkan på växtligheten.....                 | 9  |
| 7. Meteorologiska mätningar vid Östads Säteri 2005 .....                                                | 14 |
| 8. Tidstrender för ozonhalter vid Östads Säteri och Rörvik/Råö.....                                     | 14 |
| 8.1. Minskade periodmedelvärden vid Östad Säteri.....                                                   | 15 |
| 8.2. Förändringar i överskridanden av miljökvalitetsnormerna vid Östads Säteri .....                    | 15 |
| 8.3. Hypoteser som kan förklara nedgången i ozonförekomst vid Östads Säteri.....                        | 15 |
| 8.3.1. Hypotes 1; minskade emissioner av ozonbildande ämnen från Göteborgs regionen.....                | 15 |
| 8.3.2. Hypotes 2; en förändring av klimatologin i Västra Götaland.....                                  | 19 |
| 8.3.3. Hypotes 3; lokala förändringar runt Östads Säteri.....                                           | 19 |
| 8.3.4. Sammanfattning av hypoteser .....                                                                | 19 |
| 9. Referenser.....                                                                                      | 20 |

## Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet AB och Göteborgs Universitet har sedan 1987 under olika perioder mätt halterna av ozon i luften nära marken vid Östads Säteri, beläget i Alingsås kommun vid sjön Mjörn, ca 45 km nordost om Göteborg. Parallellt har även olika meteorologiska parametrar mätts. I denna rapport redovisas mätningarna av ozonhalter och meteorologi för perioden 1 april – 30 september 2005. Dessa mätningar har sammanställts och olika exponeringsindex och målvärden har beräknats, vilka är relevanta bl a för Sveriges nationella miljömål och miljökvalitetsnormer.

Ozonbelastningen var under 2005, liksom tidigare år, avsevärt lägre vid Östads Säteri, jämfört med ozonbelastningen vid mätstationen Råö, belägen på Onsalahalvön söder om Göteborg.

Miljökvalitetsnormen för ozon till skydd för människors hälsa tangerades vid Östads Säteri detta år. Under de flesta föregående år har denna miljökvalitetsnorm överskridits vid Östad. Miljökvalitetsnormen till skydd för växtligheten överskreds ej vid Östads Säteri under 2005, vilket är i likhet med de senaste fyra åren. Periodmedelhalten för ozon 1 april – 30 september vid Östad var fortsatt över det generationsmål som satts inom miljömålet Frisk Luft. Detta gäller även det maximala en-timmas medelvärdet.

Det målvärde som används inom LRTAP konventionen till skydd för skogen, AOT40 dagtid 1 april – 30 september, överskreds ej vid Östad 2005. Detta innebär att detta målvärde ej överskridits under de senaste fem åren.

För månaderna juni, juli och augusti finns sedan 1993 en relativt komplett tidsserie med mätningar av ozonhalter i luften vid Östads Säteri. En jämförelse mellan perioderna 1993-1996 och 2001-2005 visar tydligt att ozonbelastningen vid Östads Säteri har minskat under dessa månader. Minskningen i månadsmedelhalter ligger i storleksordningen 20 – 30%. En motsvarande minskning av ozonbelastningen kan inte ses vid den kustnära mätstationen vid Råö, söder om Göteborg. Den minskade ozonbelastningen vid Östads Säteri skulle kunna vara ett resultat av minskade emissioner av ozonbildande ämnen från Göteborgsregionen, alternativt från hela södra Sverige. Ytterligare en alternativ eller kompletterande förklaring skulle kunna vara en förändring i klimatet under perioden, som i sin tur skulle kunna påverka depositionen av ozon vid Östads Säteri, alternativt när luften rör sig från kusten mot Östad. Orsakerna bakom den minskade ozonförekomsten vid Östads Säteri måste utredas ytterligare.

## 1. Inledning och bakgrund

Ozon bildas nära marken genom en serie komplicerade kemiska reaktioner som drivs av energin från solljuset. De viktigaste utgångsämnen för ozonbildning är kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) och flyktiga organiska kolväten (VOC). Huvuddelen av de kväveoxider och kolväten som ger upphov till ozonbildning i Sverige är långväga transporterade ifrån kontinental Europa samt från Storbritannien. Lokala svenska utsläpp av kväveoxider och kolväten till luften har dock också betydelse (Langner m. fl., 2004, Klein m. fl., 2004). Marknära ozon är den gasformiga luftförorening som tillmäts störst betydelse vad gäller direkt inverkan på växtligheten i Europa. Även i Sverige har marknära ozon stor betydelse, tillsammans med markförsurande ämnen samt kväve-nedfall ifrån luften (Pleijel, 1999).

Sedan 1987 har IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborgs Universitet gemensamt bedrivit experimentell forskning vid Östads Säteri kring inverkan av marknära ozon på växtligheten. I samband med experimenten har halterna av ozon i omgivningsluften mätts under olika perioder och på olika höjd över marken. Omfattande meteorologiska mätningar har genomförts under de flesta år. Resultaten ifrån dessa mätningar har redovisats i en tidigare rapport till Länsstyrelsen i Västra Götalands län (Karlsson m. fl., 2004).

Denna rapport redovisar mätningar av ozon och meteorologi vid Östads Säteri för perioden 1 April – 30 September 2005. Vidare jämförs dessa mätningar med tidigare historiska mätdata från Östads Säteri, samt med mätdata ifrån andra mätstationer för ozon i Sverige och sydöstra Norge. Alla mätdata och analyser i denna rapport gäller halter i omgivningsluften i landsbygdsmiljö. Urban luftkvalitet behandlas ej i denna rapport.

## 2. Syfte

Arbetet har syftat till:

- Att mäta och dokumentera ozonhalterna vid Östads Säteri under sommarhalvåret 2005, i relation till de olika ozonindex som används inom de svenska miljömålen och miljökvalitetsnormerna.
- Att mäta och dokumentera meteorologiska data vid Östads Säteri
- Att uppskatta ozonbelastningen under år 2005 vid Östads Säteri i förhållande till den vid Råö, på Onsalahalvön strax söder om Göteborg.
- Att uppskatta eventuella långsiktiga förändringar av ozonbelastningen vid Östads Säteri.

## 3. Beskrivning av fältstationen vid Östads Säteri

Östads Säteri är beläget ca 45 km nordost om Göteborg (57 54 00 N, 12 24 00 E, 62 m över havsnivån, 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.



© Bakgrundskartor Lantmäteriet, dnr 106-2004/188

Figur 1. Karta med mätlokalen vid Östads Säteri markerat med ett rött kryss.

## 4. Teknisk beskrivning av mätningarna

Ozonhalter har under 2005 mätts med ozoninstrument, Model 49, Thermo Environmental Instruments Inc. Franklin, MA, USA, på 5 m över marknivå över ett öppet fält. Ozoninstrumentet kalibrerades vid tre tillfällen under året, 05-03-22, 05-07-20 samt 05-11-28.

Olika ozonexponerings index har beräknats över olika tidsperioder. För en viss tidsperiod accepterades ett databortfall om den understeg 15 %. Datatillgänglighet för olika månader redovisas i Tabell 1.

Ozondata från EMEPs mätstationer i Sverige är framtagna inom den nationella Miljöövervakningen, finansierad av Miljöövervakningsenheten vid Naturvårdsverket. IVL driver 7 av de totalt 8 stationer som ingår i programmet. Dessa mätningar beskrivs på IVL's hemsida, [www.ivl.se](http://www.ivl.se). De halter som redovisas för EMEPs mätstationer för året 2005 är ännu preliminära och kommer att justeras utifrån kalibreringar mm. Dessa justeringar brukar dock vanligen vara små.



Luftens temperatur och fuktighet har mätts med givare från ROTRONIC AG, Basserdorf, Schweiz. Givarna har varit placerade i mekaniskt ventilerade strålningsskydd. Dessa givare har kalibrerats före och efter mätsäsongen. Temperaturen har kalibrerats genom att givaren placerats i en plexiglasbehållare tillsammans med en termometer, certifierad till  $\pm 0.1$  C. Behållaren har skyddats mot instrålning mha reflekterande aluminiumfolie. Olika temperaturer har erhållits genom att placera behållaren i rumstemperatur respektive olika utomhustemperatur. Givarna har fått jämviktas vid nya temperaturer i minst två timmar. Fuktigheten har kalibrerats genom att givarna placerats i därför avsedda behållare. I behållaren placeras en duk som indränks med speciella saltlösningar. Behållare, duk samt saltlösningar avsedda för kalibreringar av just dessa givare köps från ROTRONIC AG. Den relativa fuktigheten kalibreras vid 80 och 35%.

Ljuset har mätts med givare från LICOR (Model Li-190SA, LiCor, Lincoln, NE, USA). Givarna mäter fotosyntetiskt aktivt ljus, vilket uttrycks i  $\mu\text{mol kvanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Givarna har för år 2005 kalibrerats av FDS Mätteknik i Skara, mot en nyinköpt, kalibrerad globalstrålemätare. En faktor 2 kan användas för att konvertera mellan globalstrålning, uttryckt i  $\text{W m}^{-2}$ , och fotosyntetiskt aktivt ljus. Temperaturgradienten mellan 1 och 9 m över mark har mätts med hjälp av termoelement (Koppar/ Konstantan) placerade i ventilerade strålningsskydd. Vindhastighet och riktning har mätts med givare (skålkors samt flöjel) från Young (Wind Sentry Anemometer & Vane). Dessa givare har ej kalibrerats. Dock har vindriktning kontrollerats med kompass.

Ozonhalterna mäts 32 gånger per timma och alla individuella mätningar loggas. Meteorologiska parametrar mäts varje minut men endast tim-medelvärden loggas. Alla data registreras på en logger, Model CR10, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA. Varje natt överförs data till en centraldator på IVL.

En översikt över datatillgänglighet för ozon- och meteorologiska mätningar för perioden 1 april – 30 september 2005 visas i tabell 1. Täckningen för temperatur- respektive vindmätningarna är representativa för de meteorologiska mätningarna. Mätningarna av vindriktning representerar ett specialfall, eftersom dessa värden har strukits när mätningarna av vindhastighet visade noll. Tröskelvärdet för att vindmätaren skall ge utslag är ca  $0.5 \text{ m s}^{-1}$ .

Tabell 1. En översikt över datatillgänglighet vad gäller tim-värden för ozon-, temperatur- samt vindmätningar under perioden 1 april – 30 september 2005.

|           | % saknade tim-värden |            |        |
|-----------|----------------------|------------|--------|
|           | Ozon                 | Temperatur | Vind * |
| apr - sep | 1                    | 0          | 0      |
| apr       | 0                    | 2          | 0      |
| maj       | 6                    | 0          | 0      |
| jun       | 0                    | 0          | 0      |
| jul       | 1                    | 0          | 0      |
| aug       | 0                    | 0          | 0      |
| sep       | 0                    | 0          | 0      |

\* Vid vindstilla förhållanden har värden för vindriktning exkluderats. Detektionsgränsen för vindmätaren är ca  $0.5 \text{ m s}^{-1}$ .

## 5. En sammanställning av gällande nationella målvärden, miljömål och miljökvalitetsnormer för ozon

### 5.1 Nationella miljömål

I den av riksdagen antagna propositionen 2000/2001:130 "Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier" anges 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.

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 anses relevant för människors hälsa respektive växtligheten.

| Delmål 2010                                                                     |              | Generationsmål 2020                                                                                                                  |                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hälsa                                                                           | Växtligheten | Hälsa                                                                                                                                | Växtligheten                                                                                 |
| Det maximala 8-timmars medelvärdet bör ej överskrida $120 \mu\text{g m}^{-3}$ . | -            | Halter som inte bör överskridas är $70 \mu\text{g m}^{-3}$ som åttatimmars medelvärde och $80 \mu\text{g m}^{-3}$ som timmedelvärde. | Halter som inte bör överskridas är $50 \mu\text{g m}^{-3}$ som medelvärde för sommarhalvåret |

### 5.2 Nationella miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer för utomhusluft i Sverige finns i förordningen SFS 2001:527 (Utfärdad: 2001-06-07, Ändring införd: t.o.m. SFS 2004:661). Dessa miljökvalitetsnormer baserar sig i huvudsak på EU's direktiv om ozon i luften (2002/3/EG).

Här följer några olika utdrag ur miljökvalitetsnormen som är relevanta för ozonets inverkan på människors hälsa och på vegetationen:

9 a § Till skydd för människors hälsa och i den utsträckning som det är möjligt med hänsyn till hur ozonbildande ämnen transporteras i luften och bildar ozon, skall det eftersträvas att ozon efter den 31 december 2009 inte förekommer i utomhusluft med mer än i genomsnitt 120 mikrogram per kubikmeter luft.

Genomsnittsvärdet skall avse ett dygnsvärde som beräknas på följande sätt. Ett åttatimmars-genomsnitt skall bestämmas för varje timme. Varje åttatimmarsgenomsnitt bestäms som medelvärdet av de åtta senaste timmarnas uppmätta värden. Dygnsvärdet bestäms som det högsta av de under dygnet bestämda tjugofyra åttatimmarsgenomsnitten. Det första åttatimmars-genomsnittet avser tiden från kl. 17.00 det närmast föregående dygnet till kl. 1.00 det aktuella dygnet och det sista åttatimmarsgenomsnittet avser tiden från kl. 16.00 det aktuella dygnet till kl. 24.00 samma dygn. Förordning (2004:661).

9 b § Till skydd för växtligheten och i den utsträckning som det är möjligt med hänsyn till hur ozonbildande ämnen transporteras i luften och bildar ozon, skall det eftersträvas att ozon inte förekommer i utomhusluft

1. från och med den 1 januari 2010 till och med den 31 december 2019 med mer än 18 000 mikrogram beräknat enligt exponeringsindex AOT 40 och bestämt som ett genomsnittligt värde under en femårsperiod,
2. efter den 31 december 2019 med mer än 6 000 mikrogram beräknat enligt exponeringsindex AOT 40.

Exponeringsindex AOT 40 avser värde för summerade överskridanden av en viss halt ozon under en viss tidsperiod. Exponeringsindex AOT 40 uttrycks i mikrogram per kubikmeter luft gånger timme och beräknas på följande sätt. Under perioden från och med den 1 maj till och med den 31 juli varje år skall det för varje timme mellan kl. 8.00 och 20.00 bestämmas ett timmedelvärde för ozonhalten. Varje timmedelvärde bestäms som skillnaden mellan den koncentration av ozon som överstiger 80 mikrogram per kubikmeter luft och 80 mikrogram per kubikmeter luft. Skillnaderna summeras först för varje dag och sedan till en totalsumma för hela perioden. Förordning (2004:661).

## 6. Ozonhalter vid Östads Säteri 2005

Olika ozonindex beräknade från mätningarna av ozon vid Östads Säteri och Råö (preliminära data) under sommarhalvåret 2005 visas i Tabell 3 samt i Figurerna 2 och 3, tillsammans med värden från övriga mätlokaler i södra och mellersta Sverige samt sydöstra Norge. En särskilt jämförelse mellan Östads Säteri och Råö/Rörvik av de ozonindex som ingår i miljökvalitetsnormerna, visas i Figur 4.

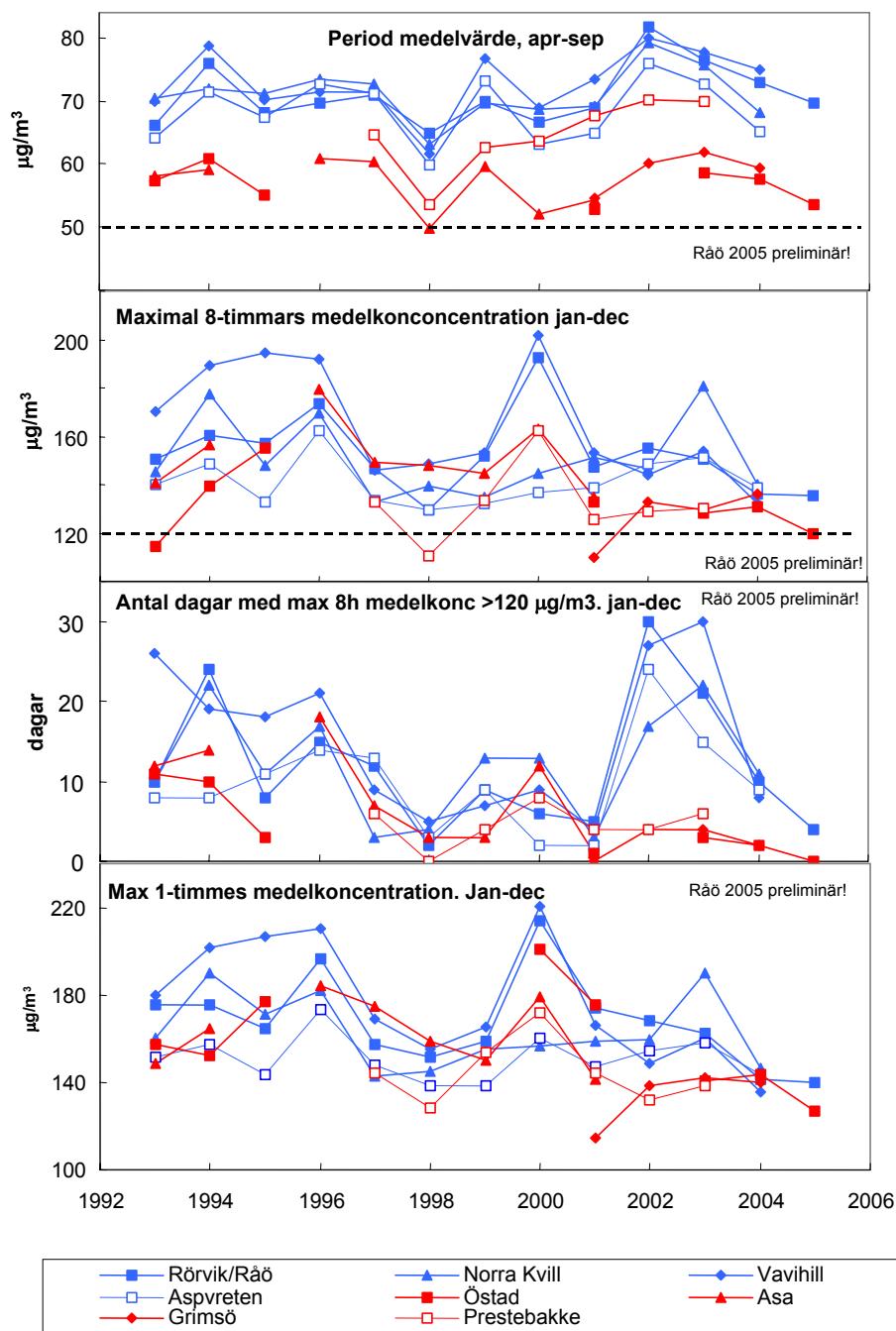
### 6.1. Periodmedelvärden

Medelvärdet dygnet runt för ozonhalten 5 m över mark i omgivningsluften vid Östads Säteri för perioden 1 april – 30 september 2005 var  $54 \mu\text{g m}^{-3}$ , vilket liksom tidigare år var betydligt under motsvarande preliminära värde för Råö,  $70 \mu\text{g m}^{-3}$ . Båda dessa värden överskrider det generationsmål för ozon som anges under det nationella miljömålet Frisk Luft,  $50 \mu\text{g m}^{-3}$ . En analys av tidstrender för månadsmedelvärden görs i sektion 8 nedan.

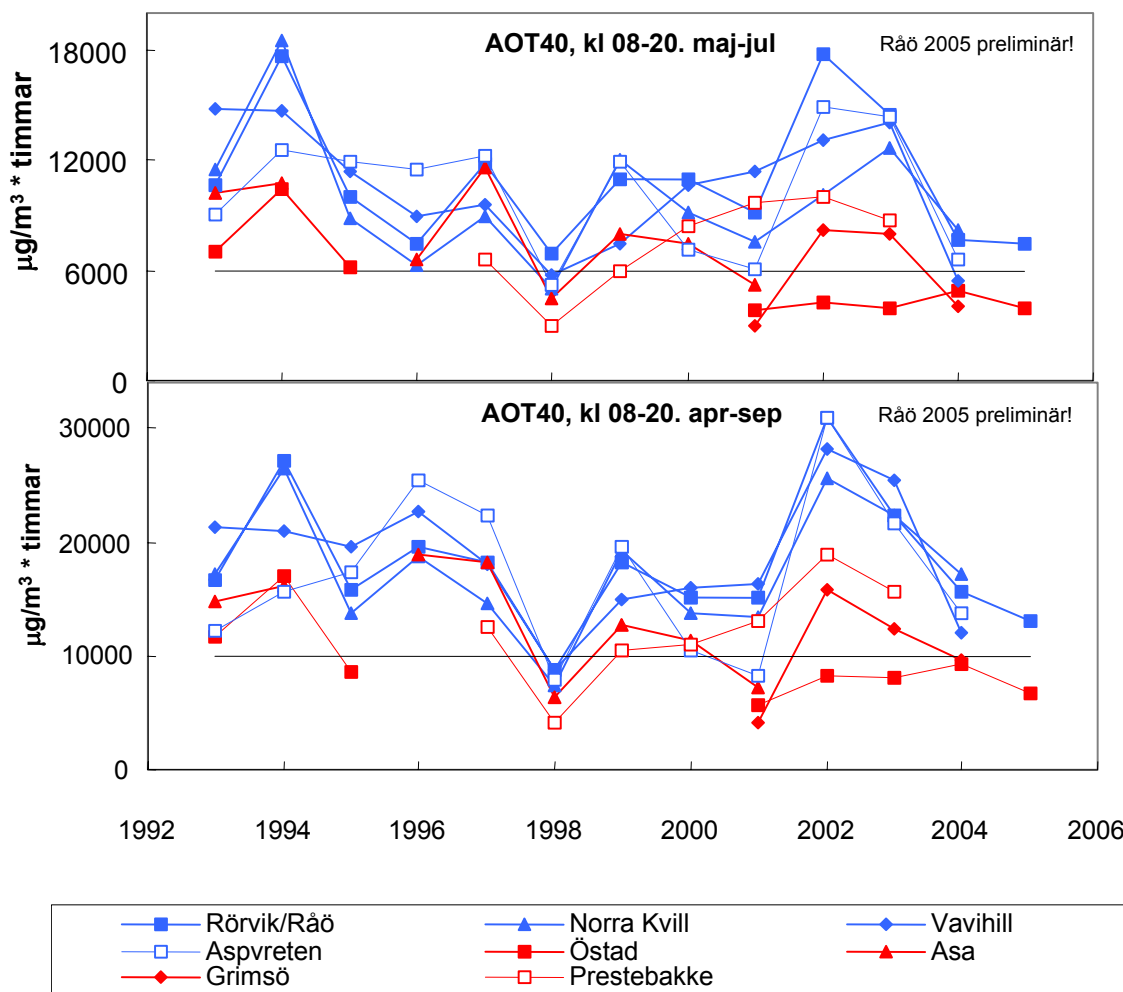
### 6.2. Beräknade ozonindex främst avsedda för att uppskatta inverkan på människors hälsa

Det maximala glidande 8-timmars medelvärdet för ozon vid Östad för året 2005 var  $120 \mu\text{g m}^{-3}$ . Motsvarande preliminära, maximala glidande 8-timmars medelvärde för Råö var  $136 \mu\text{g m}^{-3}$ . Således överskreds miljökvalitetsnormen vad avser ozonets inverkan på människors hälsa vid Råö och tangerades vid Östad. Denna miljö-kvalitetsnorm har överskridits vid Östad och Råö under alla tidigare år med tillgängliga mätdata sedan 1993, förutom vid Östad 1993. Det dagliga maximala glidande 8-timmars medelvärdet för ozon vid Råö överskred  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  endast under fyra dagar 2005.

Det maximala timmedelvärdet för ozonhalterna vid Östad var under 2005  $128 \mu\text{g/m}^3$ . Motsvarande preliminära värde för Råö var  $140 \mu\text{g m}^{-3}$ . Det maximala timmedelvärdet för ozon skall enligt de nuvarande generationsmålen inom miljömålet Frisk Luft ej överskrida  $80 \mu\text{g m}^{-3}$ , vilket det gör med bred marginal vid både Östad och Råö. En-timmes medelvärdet  $80 \mu\text{g m}^{-3}$  överskreds vid Östads Säteri under hälften av alla dagar mellan 1 April och 30 september 2005.



Figur 2. Olika ozonindex som i första hand beskriver inverkan på människors hälsa, beräknade från mätningar av ozonhalter med instrument på tim-basis vid Östads Säteri samt vid övriga mätlokaler i södra och mellersta Sverige samt i SÖ Norge. Den horisontella linjen i översta diagrammet indikerar värdet för generationsmålet inom Frisk Luft. Den horisontella linjen i näst översta diagrammet indikerar det värde som gäller inom miljö kvalitetsnormen från 2010 till skydd för människors hälsa. Blå symboler representerar mätlokaler som ligger antingen nära kusten eller som ligger beläget topografiskt högt, relativt det närbelägna landskapet. Denna typ av lokaler har i en tidigare studie (Karlsson m fl., 2004) föreslagits ha en relativt hög ozonförekomst. Röda symboler representerar lokaler i inlandet som ligger topografiskt lågt relativt det omgivande landskapet. Dessa lokaler har föreslagits ha en relativt låg ozonförekomst.



Figur 3. Olika ozonindex som beskriver inverkan på växtligheten, beräknade från mätningar av ozonhalter med instrument på tim-basis vid Östads Säteri samt vid övriga mätlokaler i södra och mellersta Sverige samt i SÖ Norge. Horisontella linjen i övre diagrammet indikerar den miljö kvalitetsnormen som gäller efter 2020 till skydd för växtligheten. Horisontella linjen i undre diagrammet indikerar det målvärde som används inom LRTAP konventionen till skydd för skogen. Blå symboler representerar mätlokaler som ligger antingen nära kusten eller som ligger beläget topografiskt relativt högt, relativt det närbelägna landskapet. Denna typ av lokaler har i en tidigare studie (Karlsson m fl., 2004) föreslagits ha en relativt hög ozonförekomst. Röda symboler representerar lokaler i inlandet som ligger topografiskt lågt relativt det omgivande landskapet. Dessa lokaler har föreslagits ha en relativt låg ozonförekomst.

### 6.3. Beräknade ozonindex främst avsedda för att uppskatta inverkan på växtligheten

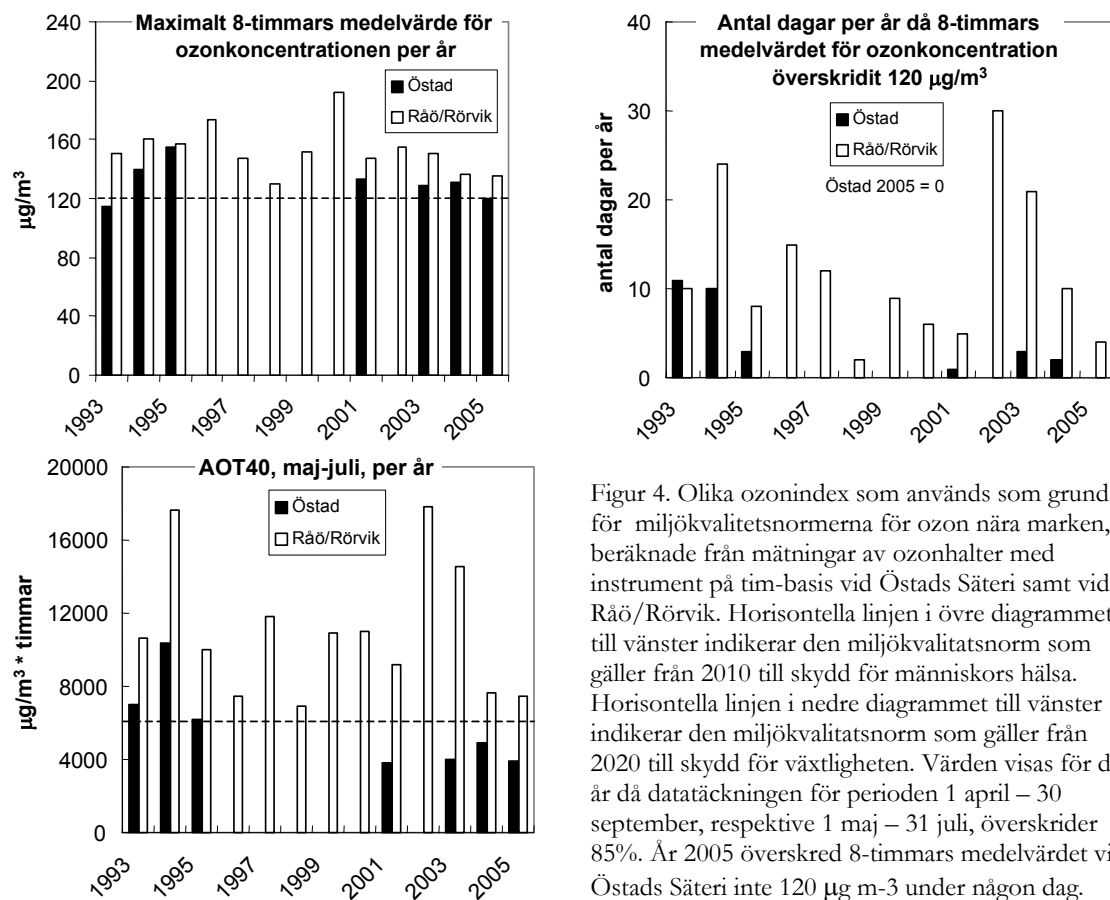
AOT40 dagtid under månaderna maj-juli var vid Östads Säteri 3900  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar. Detta gör att miljö kvalitetsnormen för ozon som gäller från år 2020 till skydd för växtligheten ej överskreds vid Östads år 2005, liksom inte

heller under de föregående fyra åren. Motsvarande preliminära värde för Råö var 7490  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar, vilket var över miljökvalitetsnormen.

AOT40 dagtid under april – september används inom LRTAP konventionen till skydd för skogsträd, men är också ett värde som skall rapporteras till EU inom EU direktivet. Detta värde var vid Östads Säteri för år 2005 6620  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar. Detta är under det nya målvärde som används inom LRTAP konventionen, 10000  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar. Motsvarande AOT40 dagtid under april – september vid Råö var 12970  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar, vilket är över det nya målvärdet inom LRTAP konventionen.

**Slutsatser:**

- **Ozonbelastningen var under 2005, liksom tidigare år, betydligt lägre vid Östads Säteri, jämfört med Råö.**
- **Miljökvalitetsnormen för ozon som gäller från 2010 till skydd för människors hälsa tangerades vid Östads Säteri detta år. Miljökvalitetsnormen till skydd för växtligheten som gäller från 2020 överskreds ej, i likhet med de senaste 4 åren.**
- **Periodmedelvärdet april – september vid Östad var fortsatt betydligt över det generationsmål som gäller inom miljömålet Frisk Luft. Detta gäller även det maximala en-timmas medelvärdet.**
- **Det målvärde som används inom LRTAP konventionen för att skydda skogen, AOT40 dagtid 1 april – 30 september, överskreds ej vid Östad under 2005.**



Figur 4. Olika ozonindex som används som grund för miljö kvalitetsnormerna för ozon nära marken, beräknade från mätningar av ozonhalter med instrument på tim-basis vid Östads Säteri samt vid Råö/Rörvik. Horisontella linjen i övre diagrammet till vänster indikerar den miljö kvalitetsnorm som gäller från 2010 till skydd för människors hälsa. Horisontella linjen i nedre diagrammet till vänster indikerar den miljö kvalitetsnorm som gäller från 2020 till skydd för växtligheten. Värden visas för de år då datatäckningen för perioden 1 april – 30 september, respektive 1 maj – 31 juli, överskrider 85%. År 2005 överskred 8-timmars medelvärdet vid Östads Säteri inte 120 µg m-3 under någon dag.

Tabell 3. En sammanställning av ozonmätningarna i omgivningsluften vid Östads Säteri 1 april – 30 september 2005. Ozonhalter anges i  $\mu\text{g m}^{-3}$  och AOT40 som  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar. Sammanställningen grundar sig på tim-visa mätningar 5 m ovan mark. Ett antal olika ozonindex redovisas som används inom EU's direktiv om ozon i luften, inom LRTAP konventionen samt inom det nationella miljömålet Frisk Luft. AOT30 och AOT40 dagtid har beräknats baserat både på astronomiskt uträknad tidpunkt för solens upp och nedgång samt mellan klockslagen 08:00 – 20:00. Den sistnämnda principen är den som gäller för EU's ozondirektiv samt för de svenska miljökvalitetsnormerna. Enligt miljökvalitetsnormerna skall det glidande 8-timmars medelvärdet ej överstiga 120  $\mu\text{g m}^{-3}$  från år 2010. AOT40 dagtid (kl 08-20) skall enligt miljökvalitetsnormerna ej överskrida 18 000  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar från år 2010 och ej överskrida 6000  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar från år 2020. Tangering eller överskridande av miljökvalitetsnormerna redovisas med röda siffror i tabellen nedan.

|           | Glidande 8-timmars medelvärde |                                                     |                                                    |                                                     | 1-timmars medelvärde |                                                     |                                                    | Periodmedelvärde |                 |                | AOT30                      |          | AOT40                      |          |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|
|           | Max värde                     | Antal dagar med max värde $>120 \mu\text{g m}^{-3}$ | Antal dagar med max värde $>70 \mu\text{g m}^{-3}$ | Antal dagar med max värde $>120 \mu\text{g m}^{-3}$ | Max värde            | Antal dagar med max värde $>120 \mu\text{g m}^{-3}$ | Antal dagar med max värde $>80 \mu\text{g m}^{-3}$ | Dygnet runt      | Kl 20-08 (natt) | Kl 08-20 (dag) | Astro-nomiska ljusa timmar | Kl 08-20 | Astro-nomiska ljusa timmar | Kl 08-20 |
| apr - sep | 120                           | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 127                  | 0                                                   | 0                                                  | 54               | 39              | 68             | 26974                      | 26192    | 6590                       | 6622     |
| apr       | 116                           | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 124                  | 0                                                   | 0                                                  | 62               | 48              | 77             | 6670                       | 6942     | 1932                       | 2040     |
| maj       | 120                           | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 127                  | 0                                                   | 0                                                  | 66               | 50              | 81             | 8112                       | 7544     | 2114                       | 2096     |
| jun       | 111                           | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 118                  | 0                                                   | 0                                                  | 56               | 43              | 69             | 4254                       | 3874     | 898                        | 848      |
| jul       | 101                           | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 111                  | 0                                                   | 0                                                  | 52               | 34              | 70             | 4766                       | 4602     | 982                        | 960      |
| aug       | 91                            | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 101                  | 0                                                   | 0                                                  | 45               | 31              | 58             | 1640                       | 1656     | 248                        | 248      |
| sep       | 114                           | 0                                                   | 0                                                  | 0                                                   | 126                  | 0                                                   | 0                                                  | 43               | 31              | 54             | 1530                       | 1576     | 416                        | 430      |



Tabell 4. Meteorologiska data ifrån Östad 2005. Lufttemperatur, VPD (luftens vattenångtrycksdeficit) samt ljus är mätta 1 m över mark, vind är mätt 9 m över mark. Avg, medelvärde; 24h, 24-timmars; VPD, luftens partiella vattenångtrycksdeficit (kPa).

|           | Lufttemperatur |         |         |                | Luft VPD      | Ljus ** | Vindhastighet |                |               | Vindriktning (antal timmar inom vindsektorer ***) |         |          |           |           |           |           |           |     |  |
|-----------|----------------|---------|---------|----------------|---------------|---------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------------------------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|--|
|           | 24h avg        | 24h max | 24h min | Avg 20-08 natt | Avg 08-20 dag | 24h avg | 24h max       | Avg 20-08 natt | Avg 08-20 dag | 0 - 45                                            | 45 - 90 | 90 - 135 | 135 - 180 | 180 - 225 | 225 - 270 | 270 - 315 | 315 - 360 |     |  |
| apr – sep | 12.1           | 30.1    | -5.3    | 9.1            | 15.1          | 0.35    | 1.5           | 6.6            | 0.9           | 2.2                                               | 663     | 108      | 101       | 742       | 1515      | 477       | 158       | 208 |  |
| apr       | 5.7            | 17.4    | -5.3    | 2.2            | 9.3           | 0.32    | 2.0           | 5.6            | 1.2           | 2.8                                               | 224     | 14       | 15        | 117       | 180       | 42        | 21        | 20  |  |
| maj       | 9.6            | 20.7    | -1.6    | 6.8            | 12.4          | 0.33    | 1.8           | 5.2            | 1.0           | 2.5                                               | 75      | 16       | 15        | 141       | 296       | 116       | 14        | 30  |  |
| jun       | 13.0           | 23.9    | 0.9     | 10.0           | 16.0          | 0.41    | 1.6           | 6.6            | 1.0           | 2.3                                               | 100     | 19       | 14        | 133       | 199       | 95        | 38        | 69  |  |
| jul       | 16.9           | 30.1    | 5.8     | 13.6           | 20.2          | 0.50    | 1.3           | 4.5            | 0.6           | 1.9                                               | 141     | 26       | 30        | 87        | 235       | 77        | 40        | 28  |  |
| aug       | 15.1           | 26.4    | 4.9     | 12.5           | 17.6          | 0.31    | 1.2           | 4.1            | 0.7           | 1.7                                               | 56      | 14       | 12        | 133       | 322       | 88        | 28        | 41  |  |
| sep       | 12.1           | 24.1    | -0.9    | 9.4            | 14.8          | 0.24    | 1.4           | 5.9            | 0.9           | 1.9                                               | 67      | 19       | 15        | 131       | 283       | 59        | 17        | 20  |  |

\* % saknade tim-värden

\*\* Ljus anges som fotosyntetiskt aktivt ljus ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )

\*\*\* gradtal utav max 360 grader, beräknat dygnet runt

## 7. Meteorologiska mätningar vid Östads Säteri 2005

Medelvärden och summeringar per månad och för sommarhalvåret för olika meteorologiska mätningar vid Östads Säteri visas i Tabell 4. En analys av sambanden mellan väder och ozonförekomst vid Östads Säteri har påbörjats. Resultaten bedöms dock ännu så länge alltför ofullständiga för att presenteras i denna rapport. Vi avser att återkomma med detta vid i nästa års rapport.

## 8. 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 Östads Säteri är juni, juli och augusti. Därför analyseras tidstrender endast för månads-medelvärden för dessa månader.

Tabell 5. En jämförelse av perioderna 1993-1996 och 2001-2005 vad gäller ozonförekomst vid Östads Säteri och vid Råö/Rörvik under månaderna juli och augusti. Värden anges i  $\mu\text{g m}^{-3}$  samt  $\mu\text{g m}^{-3}$  timmar.

|                                                  | Östads |      |       |      | Rörvik/ Råö |      |       |      |
|--------------------------------------------------|--------|------|-------|------|-------------|------|-------|------|
|                                                  | Juli   |      | Aug   |      | Juli        |      | Aug   |      |
|                                                  | Medel  | S.d. | Medel | S.d. | Medel       | S.d. | Medel | S.d. |
| <b>Periodmedelvärde</b>                          |        |      |       |      |             |      |       |      |
| 1992-1996                                        | 61     | 9    | 61    | 7    | 72          | 10   | 68    | 8    |
| 2001-2005                                        | 49     | 3    | 46    | 7    | 72          | 6    | 69    | 9    |
| <b>Dagar med max 8-tim medelvärde &gt;60 ppb</b> |        |      |       |      |             |      |       |      |
| 1992-1996                                        | 2.4    | 4.1  | 2.1   | 1.7  | 4.3         | 4.7  | 2.0   | 2.4  |
| 2001-2005                                        | 0.0    | 0.0  | 0.3   | 0.5  | 2.8         | 3.0  | 1.5   | 1.7  |
| <b>AOT40 kl 08-20</b>                            |        |      |       |      |             |      |       |      |
| 1992-1996                                        | 2835   | 3270 | 2286  | 1735 | 3906        | 3803 | 3302  | 1954 |
| 2001-2005                                        | 654    | 336  | 558   | 496  | 3226        | 1604 | 2774  | 2386 |

S.d., Standard avvikelse

## **8.1. Minskade periodmedelvärden vid Östad Säteri**

Det finns en tydlig nedgång i månads-medelvärdena för ozonhalter vid Östads Säteri, beräknade dygnet runt, sedan början av 1990-talet för både juli och augusti. Vid Rörvik/Råö ses inte motsvarande nedgång (Figur 5 och Tabell 5). Detta gäller både för månadsmedelvärden beräknade dygnet runt och för de beräknade för dagtid. För månaden juni ökar periodmedelvärden över tiden vid Råö, medan det vid Östad är en nedgång, som dock förefaller mindre jämfört med månaden augusti.

## **8.2. Förändringar i överskridanden av miljökvalitetsnormerna vid Östads Säteri**

Under första hälften av 1990-talet överskred den maximala, glidande 8-timmars medelkoncentrationen  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  under relativt många dagar under juni-augusti årligen vid Östad. Sedan 2001 har detta inträffat vid Östads Säteri under endast en dag. Motsvarande nedgång kan inte ses vid Råö/ Rörvik. Även AOT40 vid Östad förefaller ha minskat, även om mellanårsvariationen är stor. Inte under någon månad under de senaste fem åren har den månatliga AOT40 överskridit  $2000 \mu\text{g m}^{-3}$  timmar. Inte heller för detta ozonindex ses någon nedgång vid Rörvik/ Råö.

## **8.3. Hypoteser som kan förklara nedgången i ozonförekomst vid Östads Säteri**

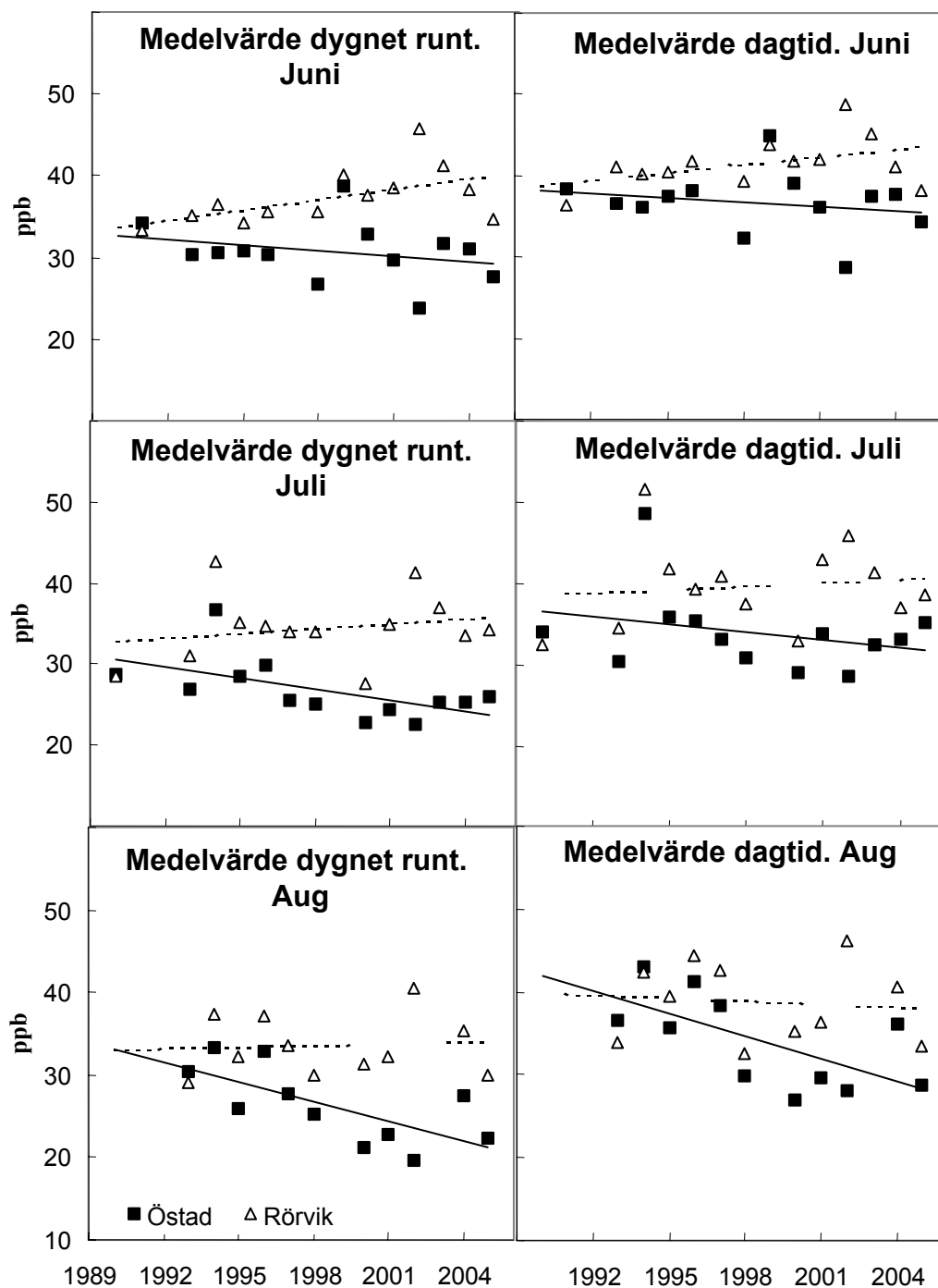
Vi kan formulera tre olika hypoteser för att förklara varför det skett en nedgång i ozonförekomsten sedan första hälften av 90-talet vid Östads Säteri, men ej vid Råö/ Rörvik.

1. Nedgången av ozonförekomsten vid Östads Säteri beror på minskade emissioner av ozonbildande ämnen från Göteborgsregionen, alternativt från hela södra Sverige, under perioden.
2. Nedgången av ozonförekomsten vid Östads Säteri beror på förändringar av klimatologin under perioden, som i sin tur påverkat depositionen av ozon mot marken vid luftens transport ifrån kusten mot inlandet, alternativt lokalt vid Östad.
3. Det har under perioden skett någon lokal förändring av t ex markanvändningen inom området vid Östads Säteri, som i sin tur har påverkat den lokala depositionen av ozon mot marken, alternativt påverkat de lokala emissionerna av ozonförbrukande ämnen t ex kvävemonoxid..

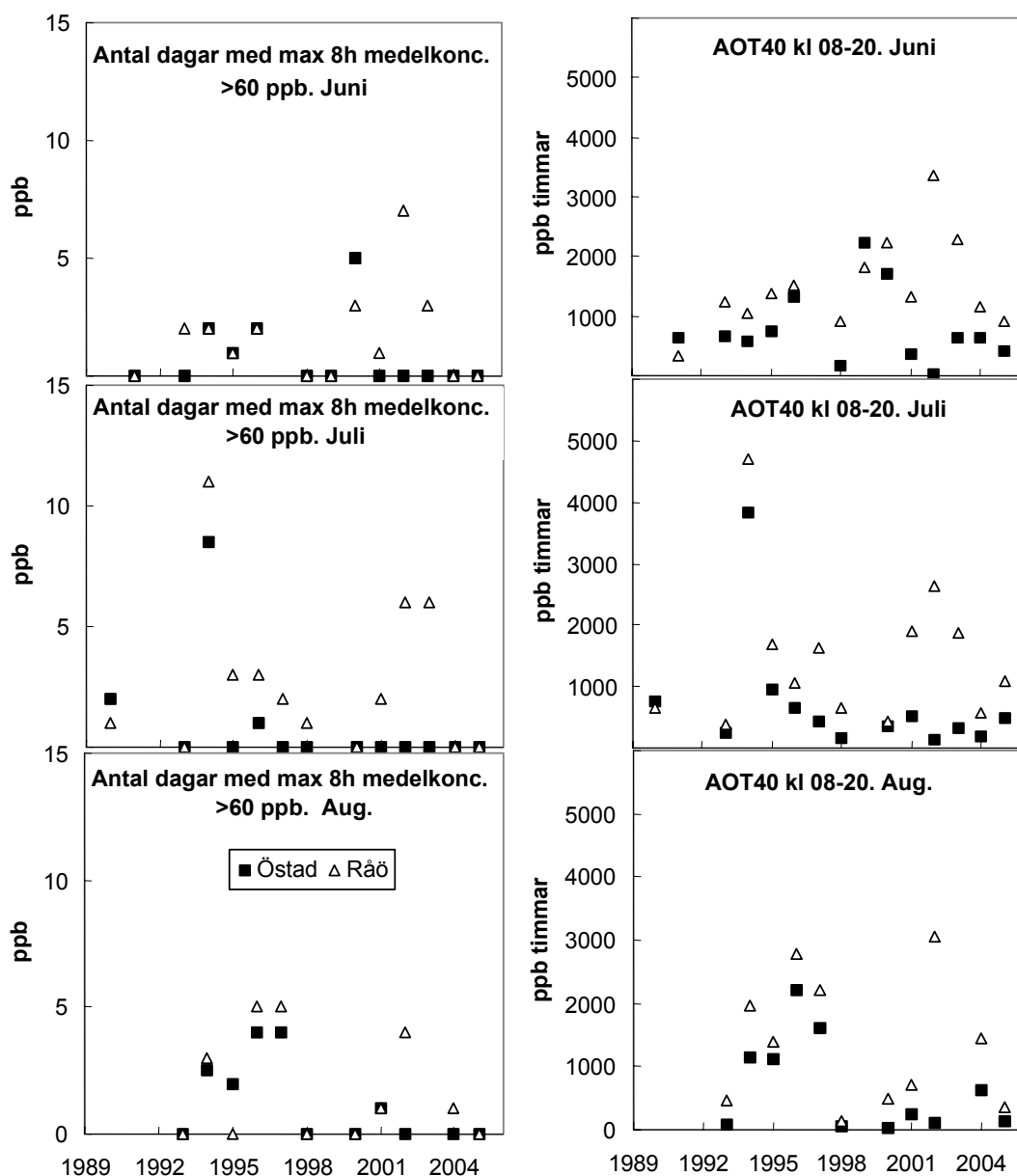
### **8.3.1. Hypotes 1; minskade emissioner av ozonbildande ämnen från Göteborgs regionen/ södra Sverige**

Ozonbildningen påverkas främst av förekomsten av kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) samt flyktiga organiska kolväten (VOC). Det finns mycket som tyder på att utsläppen av VOC från Göteborgsområdet har minskat avsevärt sedan början av 1990-talet. Frisch (2003) har gått igenom äldre bestämmingar av VOC-utsläpp från Preems raffinaderier i Göteborg. För året 1992 anges utsläppen av VOC från Preem raff Göteborg till 5360 ton VOC/år (sid 28), för året 1995 till 4410 ton och för året 1999 till 3980 ton VOC/år. I en rapport (Kihlman m fl. 2005) redovisas det uppmätta utsläppet från Preems

raffinaderier i Göteborg för året 2004 till 2700 ton/år (sid 33). Utsläppen av VOC har alltså minskat med 2000 - 3000 ton under perioden 1992 - 2004 för Preem i Göteborg.



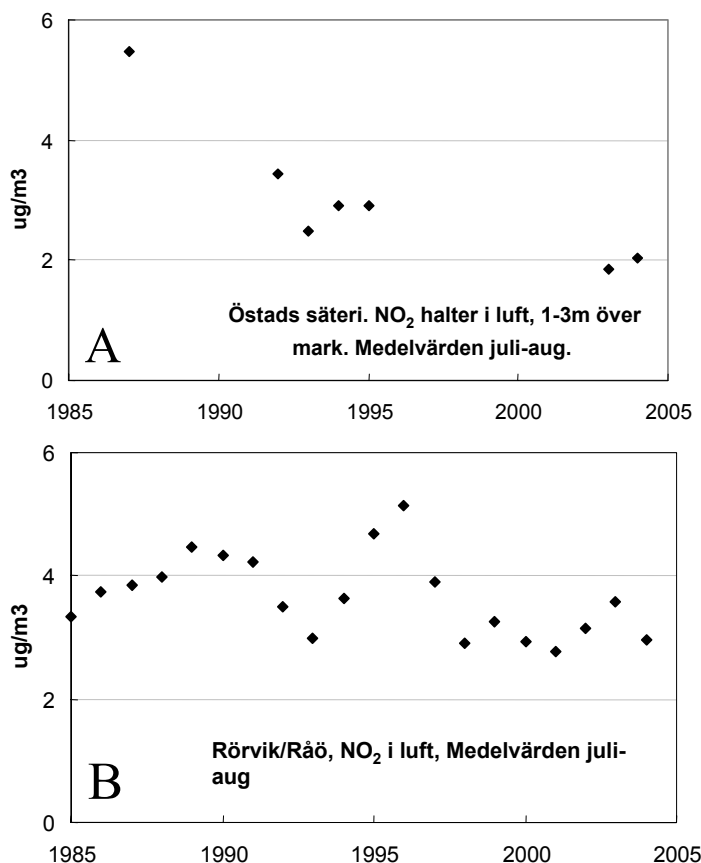
Figur 5. Månadsmedelvärden för ozonkoncentrationer dygnet runt samt för dagtid (kl 08-20), för månaderna juni, juli och augusti vid Östads Säteri (fyllda kvadrater) och Rörvik/Råö (öppna trianglar). Endast de månader då det finns data för både Östad och Råö har inkluderats. Trendlinjer har medtagits som illustration och skall inte tolkas som statistiska regressionsanalyser. Ozonhalterna anges i ppb (1 ppb = 2 ug m<sup>-3</sup>).



Figur 6. Antal dagar per månad med maximalt 8-timmars medelvärde överskridande 60 ppb samt AOT40 ljusa timmar per månad under månaderna juni, juli och augusti vid Östads Säteri (fyllda kvadrater) och Rörvik/Råö (öppna trianglar). Endast de månader då det finns data för både Östad och Råö har inkluderats. Ozonhalterna anges i ppb (1 ppb = 2  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).

Enligt miljöförvaltningens miljörapport för 2004 har utsläppen av VOC i Göteborg minskat från ca 21 000 ton/år 1992 till 13 600 ton/år 2004. När det gäller utsläpp av  $\text{NO}_x$  anger miljöförvaltningen att utsläppen 1992 var 16 000 ton/år medan de 2004 var nere i 9 500 ton/år. Det stämmer således att emissionerna av ozonbildande ämnen från Göteborgsområdet har minskat betydligt under perioden.

En indikation på förekomsten av  $\text{NO}_x$  ges ifrån mätningar av  $\text{NO}_2$  i luften vid Östads Säteri och vid Råö/ Rörvik (Figur 7). Det finns relativt få år med mätningar av  $\text{NO}_2$  under månaderna juli-augusti vid Östads Säteri, men förekommande mätningar indikerar en minskning av  $\text{NO}_2$  halterna med ca 30 % sedan början av 1990-talet. Medelhalterna för månaderna juli-augusti vid Råö/ Rörvik uppvisar en stor mellanårsvariation, vilket gör eventuella trender svårbedömda. En viss nedgång kan eventuellt skönjas.



Figur 7. Halter av  $\text{NO}_2$  i luften vid Östads Säteri (A) och vid Råö/Rörvik (B). Halterna vid Östads Säteri är mätta 1-3 m över öppet fält på veckobasis med passiva provtagare. Halterna vid Råö/Rörvik är mätta 5 m över mark vid EMEPs mätstation på dygnsbasis. Mätningarna redovisas som medelvärden över månaderna juli-augusti.

Modelleringar av ozonhalter i Västra Götaland har gjorts med MATCH modellen för året 1999 (Langner m fl., 2004) utifrån olika utsläppsscenarios för Västra Götaland. Modelleringen av ett scenario med minskade utsläpp av både  $\text{NO}_x$  och VOC visar att ozonhalterna minskar först en bit in i inlandet från kusten räknat och att minskningen börjar bli betydande ungefär där Östad är beläget.

Ozonhalter har under olika perioder mätts vid Asa försökspark, strax norr om Växjö. Landskapet vid mätstationen, som drivs av SLU, påminner mycket det vid Östads Säteri. Med de vindriktningar som råder, måste risken för att ozonmätningarna vid Asa påverkas av emissioner av ozonbildande ämnen från något närliggande tätbebyggt område bedömmas som liten. Tillgången till ozondata för månaderna juli och augusti över årens lopp är för Asa mer fragmentarisk och variabel, jämfört med

Östad. Det finns dock en svag indikation för att periodmedelhalterna för dessa månader minskat något även vid Asa. Detta skulle i så fall tala emot att den minskade ozonförekomsten vid Östad är orsakad av minskade emissioner från Göteborgsområdet. En viktig aspekt i detta är frekvensen varmed Göteborgspolymer träffar Östad. För närvarande har vi ingen information om detta, men detta borde relativt lätt kunna modelleras.

### **8.3.2. Hypotes 2; en förändring av klimatet i Västra Götaland**

Klimatet är mycket viktig för ozonförekomsten vid Östads Säteri, där nattliga temperaturinversioner är mycket vanliga sommartid. Vad gäller förändringar i klimatologin under perioden, som skulle kunna påverka ozondepositionen vid och omkring Östads Säteri, har vi ännu inte mycket relevant information. Det har gjorts meteorologiska mätningar vid Östads Säteri under olika perioder sedan 1987, men dessa mätningar är endast sammanställda och granskade bakåt i tiden tom 2001. Det faktum att nedgången för månaderna juli och augusti förefaller ungefär lika stora vad gäller periodmedelvärden beräknade för dagtid, jämfört med periodmedelvärden beräknade dygnet runt, tyder dock på att nedgången i ozonförekomst vid Östads Säteri inte beror på förändringar i frekvensen nattliga temperaturinversioner.

En ytterligare möjlighet är att granska meteorologiska data ifrån Säve och Landvetten för motsvarande perioder för att finna relevant information.

### **8.3.3. Hypotes 3; lokala förändringar runt Östads Säteri**

Det har skett en förändring av verksamheten vid Östads Säteri under perioden, från jordbruk till hästverksamhet. Ett stall med islandshästar har etablerats under perioden. Tidsförloppet för när detta ägde rum är f n oklart. Emellertid bedömer vi det som högst osannolikt att denna verksamhet skulle producera sådana mängder kvävemonoxid att detta skulle påverka ozonförekomsten vid Östads Säteri. En stark indikation på att nedgången av ozonförekomst vid Östad inte är av lokal karaktär kommer från mätningar av ozon och meteorologi med ett flyttbart system under sommaren 2005. Dessa mätningar visade att ozonförekomst och meteorologi var relativt lika mellan Östad och en lokal strax öster om Alafors i Götaälvdalen. Motsvarande mätningar vid SLU's försöksstation vid Lanna, på Varaslätten, visade också stora likheter i ozonförekomst jämfört med Östads Säteri.

### **8.3.4. Sammanfattning av hypoteser**

Det är osannolikt att minskningen av ozonförekomsten vid Östads Säteri är orsakad av lokala förändring t ex av markanvändning. Det finns mycket som tyder på att emissionerna av ozonbildande ämnen från Göteborgsregionen har minskat avsevärt under perioden. I vad mån denna emissionsminskning kan ge upphov till minskad ozonförekomst i den storleksordning som vi ser för Östads Säteri återstår att utreda. Förmodligen har minskade emissioner av ozonbildande ämnen ifrån hela södra Sverige en betydelse i detta sammanhang. Ett förändrat klimat skulle sannolikt kunna påverka ozonförekomsten vid Östad i betydande utsträckning. Om klimatet har förändrats i det inre av Västra Götaland under denna period har vi f n ingen information om.

**Slutsatser:**

- En jämförelse mellan femårsperioderna 1992-1996 och 2001-2005 visar tydligt att ozonbelastningen vid Östads Säteri har minskat under månaderna juni, juli och augusti.
- Minskningen i månadsmedelhalter ligger i storleksordningen 20 – 30% för månaderna juli och augusti, medan den är mindre för juni.
- En motsvarande minskning i ozonbelastningen kan inte ses vid den kustnära mätstationen vid Råö, söder om Göteborg.
- Den minskade ozonbelastningen vid Östads Säteri kan eventuellt vara ett resultat av minskade emissioner av ozonbildande ämnen ifrån Göteborgsregionen, alternativt hela södra Sverige.
- En alternativ eller kompletterande förklaring skulle kunna vara en förändring i klimatet under perioden, som i sin tur skulle kunna påverka transporten av ozon i förhållande till depositionen.

## 9. Referenser

- Frisch, L. 2003. Fugitive VOC-emissions measured at oil refineries in the province of Västra Götaland i south west Sweden. Länsstyrelsen i Västra Götalands län Rapport 2003:56.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Danielsson, H., 2004. Marknära ozon, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> och sot vid Östads Säteri 1987-2003. IVL Rapport/report B1556.
- Kihlman, M, Melqvist, J., Samuelson, J. 2005. RR Report (Göteborg) No 1, 2005. ISSN 1653 333X.
- Klein, H., Wind, P., van Loon, M. 2004. Transboundary air pollution by main pollutants (S,N,O<sub>3</sub>) and PM. EMEP MSC-W Data Note 1/2004. ISSN 0804-2446.
- 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
- Pleijel, H. 1999. Marknära ozon – ett hot mot växterna., Naturvårdsverkets Rapport 4969.







LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

[www.o.lst.se](http://www.o.lst.se)

