



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

# Marknära ozon och meteorologi i Västra Götaland 2010

För Länsstyrelsen i Västra Götaland och  
Naturvårdsverket

Rapportnr: 2012:13

ISSN: 1403-168X

Rapportinnehåll: Per Erik Karlsson, Håkan Pleijel, Inst. för väst och miljövetenskaper, GU och Gunilla Pihl Karlsson  
Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Miljöskydds-enheten

*Rapporten finns som pdf på [www.lansstyrelsen.se/vastragotaland](http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland) under Publikationer/Rapporter.*

# Innehållsförteckning

<b>FÖRORD</b> .....	<b>4</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>5</b>
<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2. BAKGRUND</b> .....	<b>6</b>
2.1.    OZONETS BILDNING OCH VERKAN.....	6
2.2.    FAKTORER SOM STYR FÖREKOMSTEN AV OZON NÄRA MARKEN .....	7
<b>3. SYFTE</b> .....	<b>9</b>
<b>4. MÅLVÄRDEN FÖR OZON</b> .....	<b>9</b>
4.1.    NATIONELLA MILJÖKVALITETSMÅL FÖR OZON .....	9
4.2.    NATIONELLA MILJÖKVALITETSNORMER FÖR OZON.....	10
<b>5. BESKRIVNING AV FÄLTSTATIONEN VID ÖSTADS SÄTERI SAMT METODIK</b> .....	<b>11</b>
5.1.    TEKNISK BESKRIVNING AV MÄTNINGARNA.....	11
5.2.    ÖSTADSMÄTNINGARNAS BETYDELSE FÖR ANDRA OZONÖVERVAKNINGSAKTIVITETER .....	13
5.3.    STATISTISKA METODER FÖR TRENDANALYSER .....	14
<b>6. OZONHALTER VID ÖSTADS SÄTERI, RÅÖ OCH PRESTEBAKKE 2010</b> .....	<b>14</b>
6.1.    OZONINDEX FRÄMST AVSEDDA FÖR ATT UPPSKATTA INVERKAN PÅ MÄNNISKORS HÄLSA .....	16
6.3.    OZONINDEX FRÄMST AVSEDDA FÖR ATT UPPSKATTA INVERKAN PÅ VÄXTLIGHETEN .....	18
<b>7. METEOROLOGISKA MÄTNINGAR VID ÖSTADS SÄTERI 2010</b> .....	<b>18</b>
<b>8. TIDSTRENDER FÖR OZONFÖREKOMST OCH METEOROLOGI VID ÖSTADS SÄTERI OCH RÅÖ/RÖRVIK</b> .....	<b>19</b>
8.1.    TRENDER FÖR ÅRSVISA OZONINDEX VID ÖSTAD SÄTERI OCH RÅÖ/RÖRVIK .....	20
8.2.    TRENDER FÖR MÅNADSVISA OZONMEDELHALTER VID ÖSTAD SÄTERI OCH VID RÅÖ .....	20
8.3.    TRENDER VAD GÄLLER METEOROLOGI VID ÖSTADS SÄTERI .....	25
<b>9. DISKUSSION KRING LOKALA VARIATIONER I OZONFÖREKOMSTEN I VÄSTRA GÖTALANDS LÄN</b> .....	<b>27</b>
<b>10. SAMMANFATTANDE SLUTSATSER VAD GÄLLER OZONFÖREKOMSTEN I VÄSTRA GÖTALANDS LÄN</b> .....	<b>29</b>
<b>11. REFERENSER</b> .....	<b>30</b>
<b>BILAGA 1.</b> .....	<b>31</b>

## Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet AB och Göteborgs universitet har sedan 1987 i olika omgångar mätt ozonhalterna i luften nära marken vid Östads Säteri, i Alingsås kommun, ca 45 km nordost om Göteborg. Parallellt med ozonmätningarna har mätningar bedrivits av olika meteorologiska parametrar. Efter 2004 har mätningarna vid Östads Säteri bedrivits huvudsakligen i syfte att övervaka ozonförekomsten i Västra Götalands inland men även i syfte att undersöka sambanden mellan lokal och regional ozonförekomst under olika vädersituationer. Dessa analyser har tillämpningar för ozonövervakningen i hela landet. Sedan 2009 utgör mätningarna vid Östads Säteri en viktig basstation i det, av olika Länsstyrelser i södra Sverige, nystartade gemensamma delprogrammet "Ozonmättnätet i södra Sverige".

Mätningarna under 2010 har finansierats med medel främst från Länsstyrelsen i Västra Götalands län (diarienummer 502-5122-2010) men även från Naturvårdsverket (avtal 211 1030).

## Sammanfattning

I denna rapport redovisas mätningarna av ozonhalter och meteorologi vid Östads Säteri för perioden 1 april – 30 september 2010. Mätningarna har sammanställts och exponeringsindex och målvärden har beräknats. Dessa är relevanta bl. a. för Sveriges nationella miljö kvalitetsmål och miljö kvalitetsnormer. Förekomsten av ozon jämförs med mätstationen Råö, belägen på Onsalahalvön söder om Göteborg samt med mätningar vid Prestebakke, en mätstation i Norge strax över gränsen från Dalsland. Trender för ozonförekomst i Västra Götaland sedan 1993 har analyseras och diskuteras med avseende på förändrade emissioner av ozonbildande ämnen samt förändringar i klimatet.

Ozonbelastningen i Västra Götaland fram till och med 2010 kan beskrivas enligt följande:

- Nu gällande miljö kvalitetsnorm för ozon, som är ett "börvärde" till skydd för människors hälsa, överskreds under 2010 vid alla tre mätplatserna Råö, Prestebakke och Östads Säteri.
- Nu gällande miljö kvalitetsnormen till skydd för växtligheten från 2010 överskreds den inte vid någon mätplats.
- Den miljö kvalitetsnorm som gäller från 2020 till skydd för växtligheten överskreds vid Råö men ej vid Östad eller Prestebakke. Målvärdet från 2020 har överskridits nästan varje år sedan mätningarna startade vid Råö men mer sällan vid Östads Säteri och Prestebakke.
- De nya målvärden för ozon inom miljö kvalitetsmålet *Frisk Luft*, som skall uppnås till år 2020, överskreds kraftigt vid alla mätplatser 2010, liksom under flertalet tidigare år.
- Två viktiga ozonindex som avser att spegla ozonets inverkan på människors hälsa; det maximala 8-timmarsmedelvärdet respektive det maximala 1-timmarsmedelvärdet, uppvisar en statistiskt säkerställd minskning vid Råö över perioden 1990-2010. Detta tyder på att människors exponering för ozon i kustnära områden inom Västra Götalands län, utanför de större tätorterna, har minskat under denna period.
- Ozonindex som avser att skydda växtligheten, AOT40, uppvisar ingen statistiskt säkerställd förändring över tiden vid någon av mätlokalerna.
- Den tidigare ökande skillnaden i månadsmedelvärden för ozonhalter dagtid mellan Östads Säteri och Råö har under 2000-talet reverserat och skillnaderna blir allt mindre. Vad gäller ozonhalter nattetid är dock skillnaden mellan Råö och Östad fortsatt stor.
- Lufttemperaturinversion nattetid under månaden juni (2002-2010) är den enda statistiskt säkerställda meteorologiska förändringen vid Östads Säteri under mätperioden. Eftersom meteorologiska mätningar ej bedrivs vid Råö är det svårt att dra slutsatser om hur detta har påverkat ozonförekomsten vid Östads Säteri jämfört med Råö.

# 1. Inledning

Sedan 1987 har IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborgs universitet gemensamt bedrivit experimentell forskning kring inverkan av marknära ozon på växtligheten vid Östads Säteri, 45 nordost om Göteborg i Alingsås kommun. I samband med experimenten har halterna av ozon i omgivningsluften mätts under olika perioder. Omfattande meteorologiska mätningar har genomförts under flertalet år. Resultaten från dessa tidigare mätningar har tidigare redovisats i en rapport till Länsstyrelsen i Västra Götalands län (Karlsson m.fl., 2004).

På senare år har den experimentella verksamheten avslutats, men mätningarna av ozonhalter och meteorologi har fortsatt, främst motiverat utifrån miljöövervakningsaspekter. Mätningarna har främst inriktats på ozonövervakning i Västra Götalands län, men mätningarna har även använts för interkalibrering med ett mobilt mätsystem för ozonhalter och meteorologi, som placerats vid olika platser i landskapet i södra Sverige (Karlsson m.fl. 2007a,b, 2009, Piikki m.fl., 2008), samt med det gemensamma delprogrammet ”Ozonmättnätet i södra Sverige”.

Parallella mätningarna av ozonhalter och meteorologi ger möjligheter till forskning och utveckling vad gäller att förklara variationer i den lokal och regionala ozonförekomsten nära marken mellan relativt närliggande platser, främst relaterat till geografiska förutsättningar och olika vädersituationer (Sundberg m.fl., 2006, Klingberg, 2011). Detta möjliggör information om hur ozonhalterna nära marken kan förändras i ett framtida förändrat klimat. Det bidrar även till kompletterande information vad gäller ozonövervakningen i landet som helhet vilket gör att mätningarna vid Östads Säteri även har ett nationellt intresse.

Ozonmätningarna vid Östads Säteri har främst jämförts med ozonmätningarna vid Råö, beläget vid kusten på Onsalahalvön strax söder om Göteborg. Mätningarna vid Råö ingår i den nationella ozonövervakningen som finansieras av Naturvårdsverket och drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet. Då Östads Säteri och Råö ligger relativt nära varandra (ca 70 km) är det troligt att dessa platser ofta påverkas av samma luftmassor. Generellt antas ozonhalterna vara högst i kustnära områden och en jämförelse mellan ozonhalterna vid Råö och Östads Säteri kan ge information om i vilken grad ozonhalterna varierar beroende på olika geografiska förutsättningar och under olika väderförhållanden. Ozonmätningarna vid Östads Säteri och Råö jämförs även med mätdata från en norsk mätstation som är relevant för västra Sverige, Prestebakke, belägen i sydöstra Norge strax innanför norska gränsen från Dalsland.

I denna rapport redovisas mätningar av ozon och meteorologi vid Östads Säteri för perioden 1 april – 30 september 2010 och sätts i relation till tidigare års mätningar.

## 2. Bakgrund

### 2.1. Ozonets bildning och verkan

Ozon bildas nära marken genom en serie kemiska reaktioner som drivs av energin från solljuset. De viktigaste utgångsämnen för ozonbildning är kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) och flyktiga organiska kolväten (VOC). Ozon är ett starkt oxiderande ämne som i luften är skadligt både för människors hälsa och för växtligheten. Ozon orsakar en förtidig död för ett betydande antal människor i Europa årligen (Royal Society, 2008). Hos växter bryts klorofyll och proteiner ner, strukturer som är nödvändiga för att upprätthålla viktiga processer såsom t.ex. fotosyntesen. I Sverige bedöms dagens ozonexponering ge skördeförstuster i jordbruket och minskad virkesproduktionen i skogen motsvarande cirka 300 miljoner SEK årligen (Karlsson m.fl., 2005,

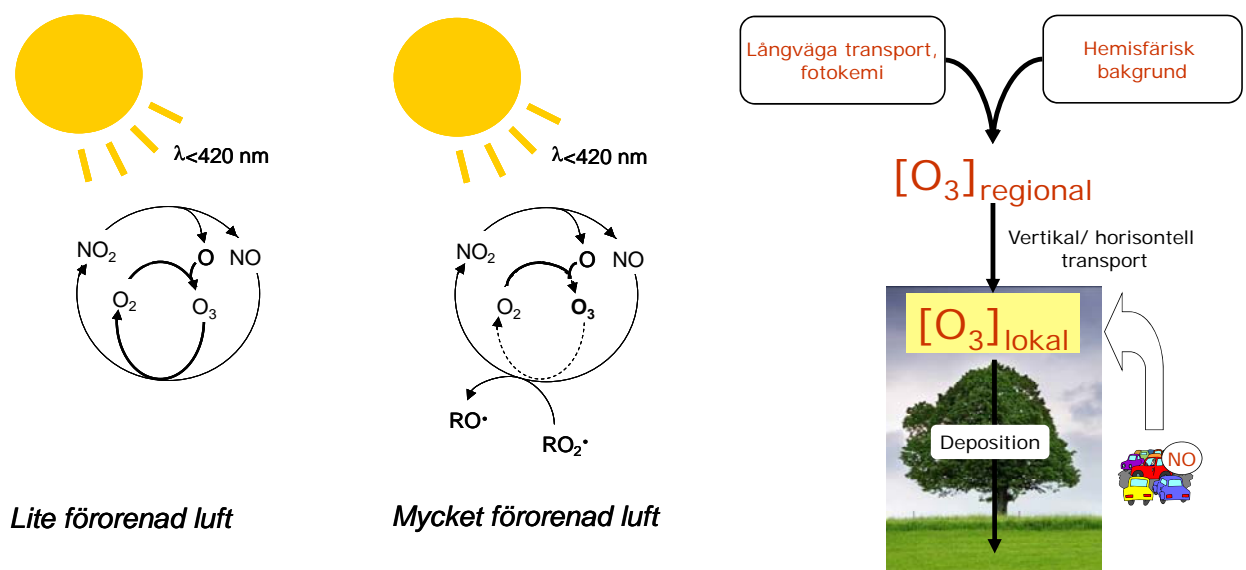
2006). Marknära ozon anses vara den luftförorening som orsakar störst skador på växtligheten i Europa, och globalt sett är ozonets påverkan på jordbruksgrödors avkastning och skördeprodukternas kvalitet en viktig aspekt av den framtida livsmedelssäkerheten (Ashmore m.fl., 2006).

## 2.2 Faktorer som styr förekomsten av ozon nära marken

Koncentrationen av ozon i luften nära marken vid en viss plats och vid en viss tidpunkt i landsbygds miljön är det samlade resultatet av flera olika processer:

- utsläpp av ozonbildande ämnen i Sverige, i Europa och över hela norra halvklotet
- bildningen av ozon genom kemiska reaktioner utgående från ozonbildande ämnen, drivet av energin från solljuset
- den långväga, horisontella transporten av ozonbildande ämnen och av ozon över land och vatten
- depositionen av ozon mot mark, växtlighet och vatten
- den vertikala transporten av ozon från högre liggande luftlager mot luftlagren närmast marken
- nedbrytning av ozon genom kemiska reaktioner med vissa ämnen, framför allt kvävemonoxid

Några av dessa processer illustreras i Figur 1.



**Figur 1.** Två illustrationer av några av de kemiska reaktioner och andra depositionsprocesser som är av betydelse för koncentrationerna av ozon nära marken. Den vänstra figuren visar kemiska reaktioner viktiga för ozonbildningen i lite och mycket förorenad luft. Sistnämnda situation resulterar i höga ozonhalter. De processer som är av betydelse för depositionen av ozon och den lokala ozonkoncentrationen visas i den högra figuren, vilka främst är den vertikala transporten av ozon från högre mot lägre liggande luftlager samt depositionen mot mark och växtlighet.

Ozonhalterna är höga i kustnära områden eftersom nedtransporten av ozon från högre liggande luftlager är effektiv på grund av mycket vind, samtidigt som ozondepositionen mot vattenytan är låg. In över land ökar depositionen av ozon mot marken på grund av att depositions hastigheten är högre mot mark och växtlighet. Under dagen är dock luften in över land förhållandevis turbulent och nedtransporten av ozon från högre liggande luftlager är effektiv, vilket gör att ozonhalterna förblir förhållandevis höga in över land. Under natten kan nedtransporten av ozon från högre liggande luftlager minska kraftigt, i samband att luftlagren stabiliseras under lufttemperaturinversioner. Även depositions hastigheten av ozon mot mark och växtlighet minskar något nattetid, men resultatet blir att det ozon som försvinner genom deposition mot marken inte ersätts fullt ut genom den vertikala nedtransporten från högre luftlager. Följden blir att ozonhalterna nära marken kan bli mycket låga nattetid vid lågt liggande, vindskyddade platser i inlandet (Karlsson m.fl., 2007a). Ozonhalterna nattetid kan bli extra låga om inversionsförhållanden kombineras med höga utsläpp av kväveoxid (NO) från t.ex. trafiken.

Ozonbildningen i Västra Götaland påverkas i viss mån av lokala och regionala utsläpp av ozonbildande ämnen. Vid nuvarande utsläppsnivåer är dock betydelsen av dessa utsläpp begränsad (Langner m.fl., 2004). Utsläppen av ozonbildande ämnen i Europa minskar enligt EMEPs sammanställningar (Nyiri m.fl., 2009), vilket förväntas leda till att både antalet och storleken på s.k. ozonepisoder minskar (Solberg m. fl., 2005). Ozonepisoder är korta perioder på några dagar med mycket höga ozonhalter.

Mellanårsvariationen vad gäller Europas utsläpp av ozonbildande ämnen är relativt liten. Istället orsakas den stora mellanårsvariationen i ozonförekomst i södra Sverige av variationer i det storskaliga vädret över Europa. Det storskaliga vädret avgör hur mycket av utsläppen av ozonbildande ämnen över Europa som transporteras med vindarna till våra breddgrader. (Andersson m.fl., 2007, Tang m.fl., 2009).

Mätlokaler för ozon i landsbygdsmiljö runt om i södra och mellersta Sverige har indelats i tre kategorier beroende på geografiska förutsättningar (Tabell 1, Karlsson m.fl., 2004, Karlsson m.fl., 2007b). Att ozonförekomsten varierar vid de olika kategorierna av platser har bekräftats genom periodvisa mätningar av ozonhalter och meteorologi vid rurala platser i Västra Götaland (Karlsson m.fl., 2007a, Klingberg, 2011). Ytterligare mätningar visade att ozonförekomsten i Skåne är genomgående relativt högt, oberoende av geografiska förutsättningar, vilket gör att de Skåne får betraktas som ett område som är genomgående högt förorenat av ozon (Karlsson m. fl., 2009).



**Tabell 1.** Uppdelning av mätlokaler i tre olika kategorier för marknära ozon i landsbygdsmiljö i södra Sverige (modifierad från Karlsson m.fl., 2004, 2007b, 2009).

Benämning	Beskrivning	Ozonförekomst	Ingående mätlokaler
Kustnära	Mätlokaler som är belägna mycket nära kusten.	Frekventa över-skridanden av målvärden	Rörvik/Råö, Aspvreten
Höglänta	Mätlokaler som är belägna utpräglat högt över angränsande landskap..	Frekventa över-skridanden av målvärden	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.	Målvärden överskrids sällan	Östads Säteri, Asa
Skåne	Alla områden, oberoende av geografiska förutsättningar	Frekventa över-skridanden av målvärden	Vavihill

### 3. Syfte

Syftet med mätningarna vid Östads Säteri och efterföljande analys har varit:

- Att mäta och dokumentera ozonhalterna vid Östads Säteri under sommarhalvåret 2010, i relation till de olika ozonindex som används inom de svenska miljömålen och miljö kvalitetsnormerna.
- Att mäta och dokumentera meteorologiska data vid Östads Säteri under sommarhalvåret 2010.
- Att uppskatta ozonbelastningen under år 2010 vid Östads Säteri i förhållande till andra närliggande mätstationer med kontinuerligt registrerande instrument, Råö och Prestebakke.
- Att uppskatta långsiktiga förändringar av ozonbelastningen i Västra Götalands län.
- Att göra en ingående analys av skillnaderna i förekomsten ozonepisoder, mycket höga ozonhalter, vid för Västra Götalands län relevanta mätlokaler.

## 4. Målvärden för ozon

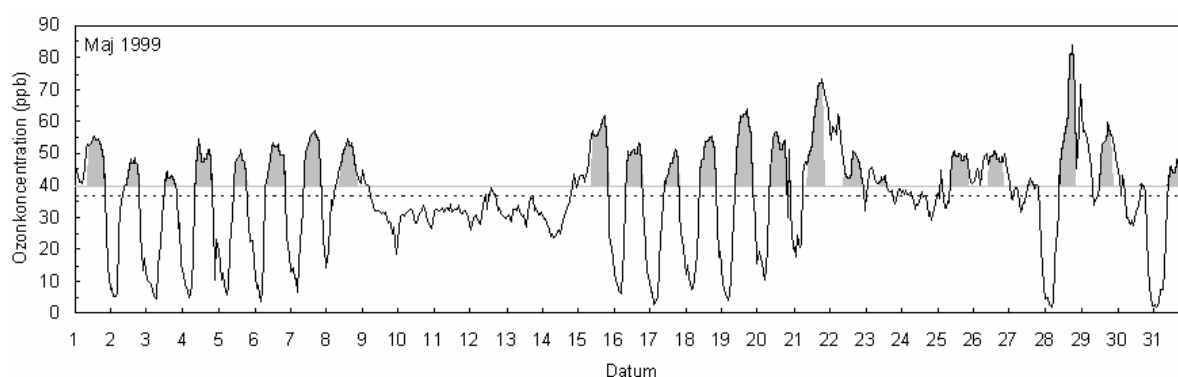
### 4.1 Nationella miljö kvalitetsmål för ozon

Den 22 juni 2010 beslutade Riksdagen om betydande förändringar av Miljömålssystemet (<http://www.riksdagen.se/webbnav/?nid=3120&doktyp=betankande&bet=2009/10:MJU25>), utifrån regeringens proposition 2009/10:155 ”Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete”. I propositionen ges riktvärden inom Miljömålet *Friske Luft* som anger att marknära ozon inte skall överstiga  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beräknat som ett 8-timmarsmedelvärde,  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beräknat som ett timmedelvärde samt  $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{timmar}$  beräknat som ett AOT40-värde under

perioden från och med april till och med september. Detta skall uppnås inom en generation, vilket anges till år 2020.

Exponeringsindex AOT 40 avser värde för summerade överskridanden av 40 ppb (ca 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ozon under en viss tidsperiod. Exponeringsindex AOT 40 uttrycks i mikrogram per kubikmeter luft gånger timme och beräknas på följande sätt. Under perioden t.ex (1 maj - 31 juli) varje år skall det för varje timme mellan kl. 8.00 och 20.00 beräknas ett timmedelvärde för ozonhalten. Varje timmedelvärde bestäms som skillnaden mellan den koncentration av ozon som överstiger 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  luft och 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  luft. Skillnaderna summeras först per dag och därefter periodvis.

Beräkningar av AOT40 illustreras i Figur 2, exempel från en mätserie av ozonhalter 1 m över marknivån vid Östads Säteri under maj 1999.



**Figur 2.** Ozonhalten mätt på 1 m höjd vid Östads Säteri, som ligger i ett låglänt jordbrukslandskap i Västra Götalands län. De streckade linjen visar medelvärdet för perioden. Den grå linjen visar tröskelvärdet 40 ppb och den skuggade arean representerar överskridandet av 40 ppb under dagtid (AOT40). För perioden i figuren var AOT40 = 2 409 ppb-timmar. En ppb motsvarar ca 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 4.2 Nationella miljö kvalitetsnormer för ozon

Miljö kvalitetsnormer för utomhusluft i Sverige finns i förordningen SFS 2010:477 (Utfärdad: 2010-05-27). Dessa miljö kvalitetsnormer baserar sig i huvudsak på EU:s direktiv om ozon i luften (2008/50/EG, 2002/3/EG). I Tabell 2 redovisas MKN och skillnaderna jämfört med direktivets krav kommenteras.

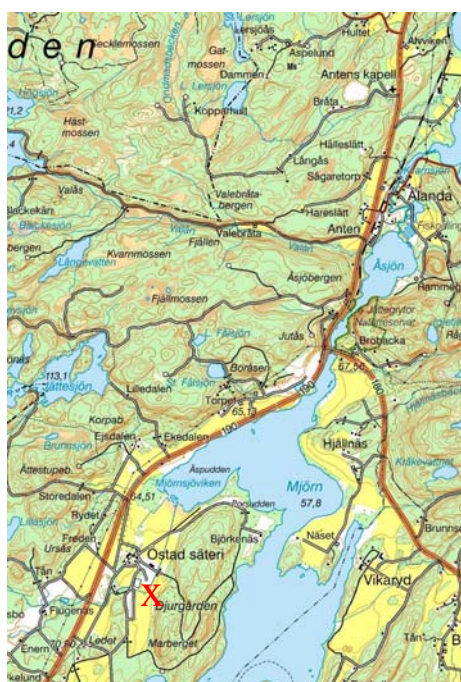
**Tabell 2. Miljö kvalitetsnormer för ozon.**

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

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

## 5. Beskrivning av fältstationen vid Östads Säteri samt metodik

Östads Säteri är beläget ca 45 km nordost om Göteborg (57° 54' N, 12° 24' Ö, 62 m över havsnivån, Figur 3), vid sjön Mjörns västra strand. Egendomen omfattar ca 5000 hektar med mestadels skog, blandat med en del åkermark. Rakt väster om försöksområdet ligger ett stort skogsområde, Risveden.



**Figur 3.** Karta med mätloken vid Östads Säteri markerat med ett rött kryss.  
© Bakgrundskartor Lantmäteriet, dnr 106-2004/188

### 5.1 Teknisk beskrivning av mätningarna

Mätningar av ozonhalter i omgivningsluften och meteorologiska parametrar sker vid Östads Säteri över ett öppet fält. Fältet är svagt sluttande åt sydost. Avståndet till högre växtlighet är minst 50 meter. En detaljerad beskrivning av de olika mätningarna vid Östads Säteri ges i Tabell 3.

**Tabell 3.** En översikt över de mätsystem som använts vid Östads Säteri 2010.

Parameter	Utrustning	Kommentar
Ozonhalter i luft	UV instrument, Thermo Environmental.	Instrumentet mäter kontinuerligt vid en punkt, 5m över marknivå. Noggrannhet ca $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ozoninstrumentet kalibrerades vid två tillfällen under året, i april och september..
Vindmätning, horisontell riktning och hastighet 9 m över marknivå	Young, Wind Sentry anemometer & Vane	Skålkors. Noggrannhet ca $\pm 0.1 \text{ m/s}$ (tröskelvärde för igångsättning ca $0.5 \text{ m/s}$ ), vindriktning ca $10^\circ$ .
Luft temperatur, relativ fuktighet	Rotronic, Hygroclip	Givare är placerade i mekaniskt ventilerade strålningsskydd. Noggrannhet ca $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Kalibrering före och efter mätsäsongen. Temperaturen har kalibrerats genom att givaren placerats i en plexiglasbehållare tillsammans med en termometer, certifierad till $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Fuktigheten har kalibrerats genom att givarna placerats i därför avsedda behållare. I behållaren placeras en duk som indränks med saltlösningar. Behållare, duk samt saltlösningar köps från ROTRONIC AG. Den relativa fuktigheten kalibreras vid 80 % och vid 35 %.
Mätning av temperatur- differens mellan 9 och 1 m	2 st. termoelement typ Koppar/ Konstantan	Placerade i mekaniskt ventilerade strålningsskydd. Noggrannhet ca $\pm 0.1^\circ\text{C}$ .
Ljusstrålning, mätt som PAR (photosynthetic active radiation)	LICOR, Model Li-190SA, LiCor, Lincoln, NE, USA	Kalibrerad av FDS Mätsystem i Skara mot en globalstrålnings mätare. Noggrannhet ca $\pm 20 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Givarna mäter fotosyntetiskt aktivt ljus, vilket uttrycks i $\mu\text{mol kvanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Vid fullt solljus mitt på sommaren uppmäts värden på ca $1500 \mu\text{mol kvanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . En faktor 2 kan användas för att konvertera mellan globalstrålning, uttryckt i $\text{W m}^{-2}$ , och fotosyntetiskt aktivt ljus.
Logger, GSM kommunikation	Campbell CR10, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA	Ozonhalterna mäts 16 gånger per timma med ett luftintag placerat 5 m över marknivå och alla individuella mätvärden loggas. Meteorologiska parametrar mäts varje minut men endast timmedelvärden loggas. Varje natt överförs data till en centraldator på IVL Svenska Miljöinstitutet.

Olika ozonexponeringsindex har beräknats över olika tidsperioder. I denna rapport accepterades databortfall endast om det understeg 15 % för en viss tidsperiod.

Ozondata från EMEPs mätstationer i Sverige är framtagna inom den nationella Miljöövervakningen, finansierad av Miljöövervakningsenheten vid Naturvårdsverket. IVL ansvarar för 7 av de totalt 8 stationer som ingick i programmet 2010. Dessa mätningar beskrivs på IVL's hemsida, [www.ivl.se](http://www.ivl.se). Observera att mätstationen vid Rörvik flyttades ca 3 km till Råö 2002-01-01. Mätningarna av ozonhalter vid Prestebakke, strax innanför norska gränsen från Dalsland finansieras av Statens Forurensningstilsyn (SFT) i Norge och preliminära data för 2010 används med tillstånd från Tor Johannesen. Data har erhållits från NILU.

Figur 4 visar positionen för de för Västra Götaland relevanta platser där ozonhalter mäts på timbasis med instrument.



**Figur 4.** Karta som visar positionen för de platser av relevans för Västra Götalands län där ozonhalter mäts på timbasis med instrument.

En översikt över datatillgänglighet för ozon- och meteorologiska mätningar för perioden 1 april – 30 september 2010 visas i Tabell 4. Datatillgängligheten 2010 var genomgående god, förutom mätningarna av temperaturskillnader mellan 1 och 9 m över mark som var ur funktion under delar av juli månad.

**Tabell 4.** En översikt över databortfall vad gäller timvärden för ozon och meteorologi vid Östad under perioden 1 april – 30 september 2010.

	% saknade timvärden				
	Ozon	Lufttemperatur/ RH	Difftemp	Vind	Strålning
apr - sep	0	0	8	0	0
apr	0	0	0	0	0
maj	0	0	6	0	0
jun	0	0.3	0	0	0
jul	0	0.3	48	0	0
aug	0	0	0	0	0
sep	0	0	0	0	0

## 5.2 Östadsmätningarnas betydelse för andra ozonövervakningsaktiviteter

Förutom tidigare nämnda syften med mätningarna av ozonhalter och meteorologi vid Östads Säteri, har de även haft en stor betydelse som referensmätningar och för kalibreringar av mätningar med ett mobilt mätsystem för ozonhalter och meteorologi, vilket använts under en lång rad år vid olika platser runt om i södra Sverige (Karlsson m. fl., 2007a, 2009, Piikki m. fl., 2008). Mätningarna av ozon och meteorologi vid Östads Säteri fungerar även som en viktig referens- och kalibreringsstation för det Gemensamma delprogrammet ”Ozonmättnätet i södra Sverige” som startades 2009.

I de alternativ som har föreslagits av Sjöberg m. fl. (2010) vad gäller framtida nationell ozonövervakning, i relation till kraven i EU’s direktiv (2008/50/EG), förutsätts att

ozonmätningar vid Östads Säteri fortsätter som en av mätlokalerna i kategorin landsbygd för zonen södra Sverige.

### 5.3 Statistiska metoder för trendanalyser

Analys med s.k. Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta, kontinuerliga trender (Mann, 1945). Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod. Mann-Kendall kan användas på små dataset från fyra värden. Det är viktigt att inse att Mann-Kendall påvisar kontinuerligt pågående förändringar. Om det under en viss tidsperiod sker en stor förändring i början men att värdena därefter ligger relativt konstant, kommer detta inte att resultera i en statistiskt signifikant trend med Mann-Kendall analys.

Förändringar över tiden har betraktats som statistiskt säkerställda när risken för att förändringen har varit orsakad av slumpvisa variationer är mindre än 1 på 20 (d.v.s.  $p < 0.05$ ).

## 6. Ozonhalter vid Östads Säteri, Råö och Prestebakke 2010

- Miljökvalitetsnormen för ozon som gäller från 2010 till skydd för människors hälsa överskreds under 2010 vid Råö, Prestebakke och Östads Säteri.
- Miljökvalitetsnormen till skydd för växtligheten som gäller från 2010 överskreds inte vid någon mätplats.
- Miljökvalitetsnormen till skydd för växtligheten som skall gälla från 2020 överskreds vid Råö men ej vid Östad eller Prestebakke.
- Det nya målvärde som används inom miljömålet *Frisk Luft*, AOT40 dagtid 1 april – 30 september, överskreds under 2010 vid Råö men ej vid Östads Säteri eller Prestebakke.

Ozonhalter och olika ozonindex, beräknade från mätningar vid Östads Säteri under sommarhalvåret 2010, redovisas i Tabell 5 och 6.

**Tabell 5.** En sammanställning av ozonmätningar vid Östads Säteri 1 april – 30 september 2010. Timvisa ozonmätningar 5 m ovan mark. Ett antal olika ozonindex för att beskriva inverkan av ozon på människors hälsa redovisas, vilka används inom EU's direktiv om ozon i luften, inom de Svenska miljö kvalitetsnormerna (MKN) samt inom det nationella miljömålet *Friske Luft* (se kapitel 4 ovan). Tangering eller överskridande av MKN redovisas med understrukna siffror i tabellen nedan.

	Glidande 8-timmarsmedelvärde, $\mu\text{g m}^{-3}$			Timmedelvärde, $\mu\text{g m}^{-3}$			Periodmedelvärde, $\mu\text{g m}^{-3}$		
	Max-värde	Antal dagar med max värde >120 $\mu\text{g m}^{-3}$	Antal dagar med max värde >70 $\mu\text{g m}^{-3}$	Max-värde	Antal dagar med max värde >180 $\mu\text{g m}^{-3}$	Antal dagar med max värde >80 $\mu\text{g m}^{-3}$	Dyg-net runt	Kl 20-08 (natt)	Kl 08-20 (dag)
apr - sep	<u>139</u>	4	107	149	0	87	54.8	41.1	68.5
apr	104	0	28	114	0	25	65.5	52.3	78.6
maj	97	0	27	106	0	19	58.6	43.7	73.6
jun	<u>123</u>	1	17	128	0	13	54.4	38.5	70.3
jul	<u>139</u>	3	22	149	0	22	60.3	43.3	77.4
aug	92	0	10	99	0	7	46.7	35.7	57.7
sept	77	0	3	88	0	1	43.1	32.9	53.4

**Tabell 6.** En sammanställning av ozonmätningar vid Östads Säteri 1 april – 30 september 2010. Ett antal olika ozonindex redovisas vilka används för att beskriva inverkan av ozon på växtligheten inom EU's direktiv om ozon i luften, inom Sveriges miljö kvalitetsnormer (MKN) samt inom miljö kvalitetsmålen. AOT40 dagtid har beräknats baserat både på astronomiskt uträknad tidpunkt för solens upp och nedgång samt mellan klockslagen 08:00 – 20:00. Tangering eller överskridande av MKN (till 2010 respektive 2020) redovisas med understrukna siffror i tabellen nedan.

	AOT40, $\mu\text{g m}^{-3}$ timmar	
	Astronomiska ljusa timmar	kl 08-20
apr - sep	<u>7075</u>	<u>6917</u>
maj-jul	<u>5357</u>	<u>5131</u>
apr	<u>1561</u>	<u>1629</u>
maj	917	918
jun	1193	1149
jul	3247	3064
aug	136	136
sept	21	21

Ozonförekomsten i södra Sverige var under 2010, liksom under de föregående två åren, relativt låg jämfört med flertalet föregående år. Medelvärdet dygnet runt för ozonhalten 5 m över mark i omgivningsluften vid Östads Säteri för perioden 1 april – 30 september var  $55 \mu\text{g/m}^3$ . Motsvarande värde för Råö var  $69 \mu\text{g m}^{-3}$ . Vid Prestebakke var motsvarande halt  $60 \mu\text{g/m}^3$ .

I Kapitel 6.1 och 6.2 diskuteras olika ozonindex för att uppskatta inverkan på människors hälsa respektive växtligheten.

## 6.1. Ozonindex främst avsedda för att uppskatta inverkan på människors hälsa

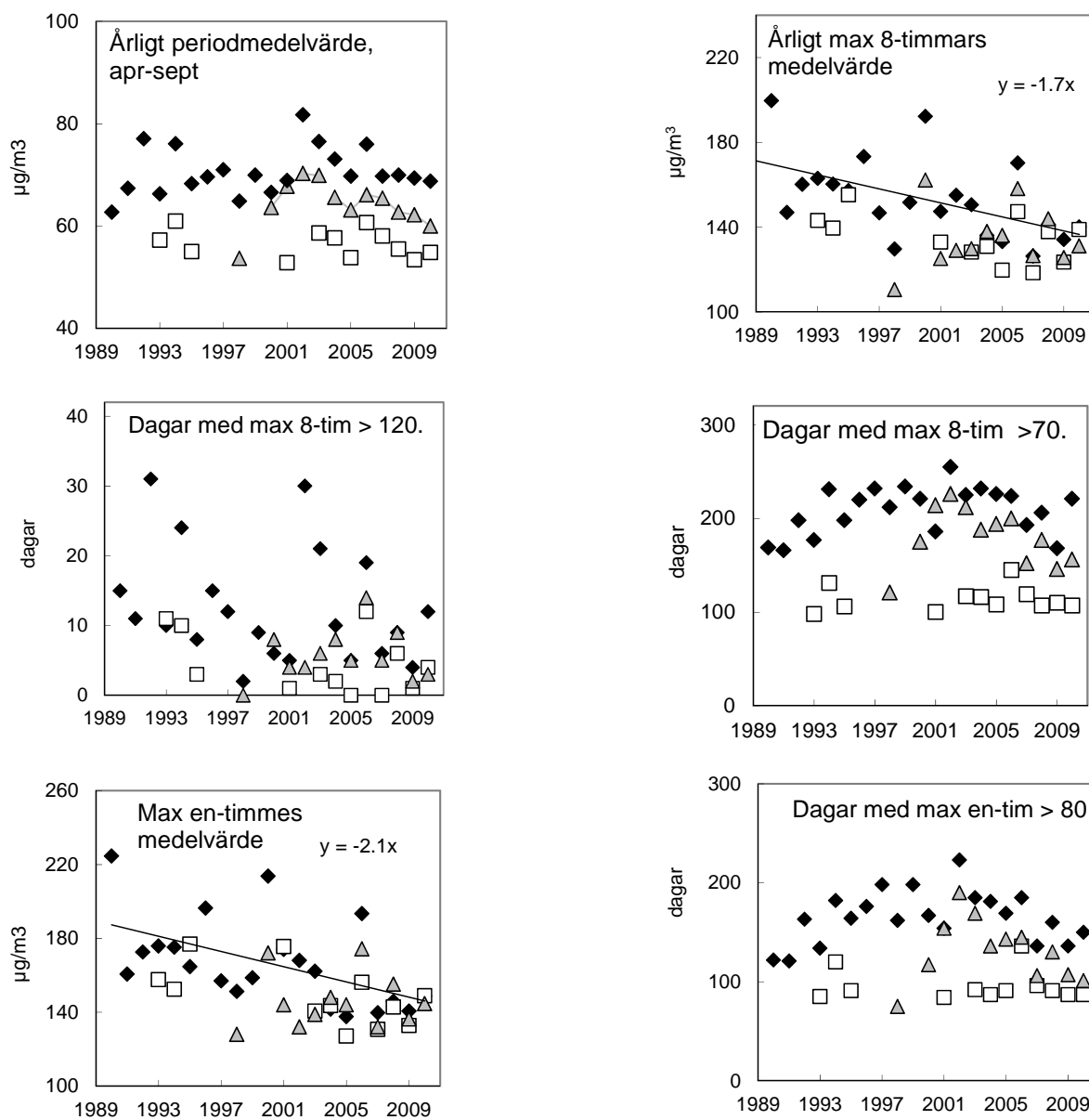
I Figur 5 visas tidsutvecklingen sedan 1990 av olika ozonindex vid Östads Säteri och vid Rörvik/Råö, tillsammans med motsvarande värden från Prestebakke. Data för Prestebakke 2010 är preliminära. Det maximala 8-timmarsmedelvärdet för ozon vid Östad för året 2010 var  $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Motsvarande värde för Råö var  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Således uppmättes både vid Råö och vid Östads Säteri ozonhalter över den miljö kvalitetsnorm (MKN) som gäller från 2010,  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , och som avser ozonets inverkan på människors hälsa. Det dagliga maximala 8-timmarsmedelvärdet för ozon överskred målvärdet på  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  under 12 dagar vid Råö och 4 dagar vid Östad under 2010. Det maximala 8-timmarsmedelvärdet för ozonkoncentrationen vid Prestebakke var under året  $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket även det överskred MKN.

Det maximala timmedelvärdet för ozonhalterna vid Östad under 2010 var  $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Samma maximala värde uppmättes även för Råö,  $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det maximala timmedelvärdet för ozon skall enligt de nuvarande målvärdena inom miljömålet *Frisk Luft* ej överskrida  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket det gör under 87 dagar vid Östad och under 150 dagar vid Råö. Vid Råö överskrids således detta riktvärde under de flesta dagar under sommarhalvåret.

Skillnaderna vad gäller de maximala 1-timmars och 8-timmarsmedelvärdena var liten mellan de tre platserna Östads Säteri, Råö och Prestebakke. Detta har även varit fallet under de senaste tre åren. Den minskande skillnaden vad gäller ozonhalter vid Östads Säteri och Råö diskuteras vidare under kapitel 8.2 och 9 nedan.

Sammanfattningsvis överskreds MKN för ozon till skydd för människors hälsa vid Östad och Råö samt vid Prestebakke. Föreslagna riktvärden inom miljökvalitetsmålet *Frisk Luft* överskreds kraftigt både vid Östad och vid Råö samt vid Prestebakke, liksom vid flertalet tidigare år.





**Figur 5.** Olika ozonindex som i första hand beskriver inverkan på människors hälsa, uppmätta vid Östads Säteri, Råö samt vid Prestebakke i SÖ Norge under åren fram t.o.m. 2010. Målvärdet inom miljökvalitetsnormen är att det årliga maximala 8-timmars medelvärdet ej skall överskrida  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (överst till höger). Målvärdet som gäller från år 2010 inom EU's direktiv om ozon i luften tillåter överskridande under 25 dagar årligen, räknat som ett medelvärde över tre år. De heldragna trendlinjerna avser Råö. Förändringarna var statistiskt signifikanta vad gäller nedgången i max 8-timmars och max 1-timmes medelvärden vid Råö, enligt Mann-Kendall analys. Inga andra förändringar var i närheten av statistiskt signifikans.

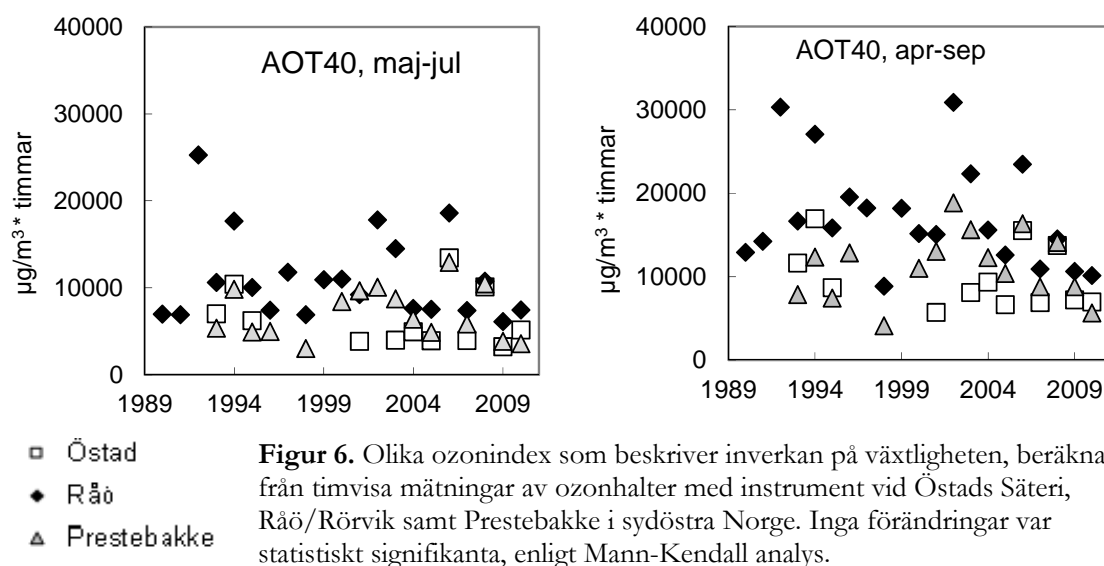
- Östads
- ◆ Råö
- △ Prestebakke
- Linear (Råö)

### 6.3. Ozonindex främst avsedda för att uppskatta inverkan på växtligheten

I Figur 6 visas tidsutvecklingen sedan 1990 av olika ozonindex till skydd för växtligheten vid Östads Säteri och vid Rörvik/Råö, tillsammans med värden från Prestebakke.

AOT40 dagtid under månaderna maj-juli 2010 vid Östads Säteri var 5100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar, vid Råö 7400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar och vid Prestebakke 3600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar. MKN för ozon som gäller från år 2010 till skydd för växtligheten överskreds inte vid någon mätplats. MKN för ozon som gäller från år 2020 till skydd för växtligheten, 6000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar, överskreds vid Råö men inte vid Östad eller Prestebakke.

AOT40 dagtid under april – september används i de nya målvärdena inom miljömålet *Friske Luft*, men är också ett värde som skall rapporteras till EU inom EU direktivet. Värdet för AOT40 april - september vid Östads Säteri för år 2010 var 6900  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar, vilket är under det nya målvärdet inom miljö kvalitetsmålen, 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar. Motsvarande AOT40 dagtid under april – september vid Råö var 10100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar, vilket var precis över målvärdet. Vid Prestebakke var värdet 5600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar.



## 7. Meteorologiska mätningar vid Östads Säteri 2010

Medelvärden och summeringar per månad och för sommarhalvåret för olika meteorologiska mätningar vid Östads Säteri visas i Tabell 7 och 8. Dessa värden kommenteras inte vidare i denna rapport.

**Tabell 7.** Meteorologiska data ifrån Östad 2010. Lufttemperatur, VPD (luftens vattenångtrycksdeficit) samt ljus är uppmätta 1 m över mark, vind är mätt 9 m över mark. Avg, medelvärde; 24h, 24-timmars; VPD, luftens partiella vattenångtrycksdeficit. För beräkningar dagtid används kl 08-20, för nattetid 20-08.

	Lufttemperatur				Luft VPD *		Ljus **	Vindhastighet ***				
	24h avg	24h max	24h min	Avg 08-20 dag	Avg 20-08 natt	24h avg	Avg 08-20 dag	Avg 08-20 dag	24h avg	24h max	Avg 08-20 dag	Avg 20-08 natt
apr – sep	11.8	29.1	-5.9	14.7	8.9	0.3	0.6	593	330	7.1	2.2	1.0
apr	5.5	17.5	-5.9	8.9	2.1	0.3	0.5	556	301	6.4	2.8	1.1
maj	9.7	23.5	-4.1	12.8	6.7	0.3	0.6	622	354	7.1	2.5	1.1
jun	13.4	25.4	2.6	16.8	10.0	0.4	0.7	805	459	5.0	2.2	0.8
jul	16.5	29.1	4.7	19.7	13.3	0.5	0.8	707	397	5.3	2.0	0.7
aug	14.9	23.8	2.6	17.1	12.8	0.3	0.4	481	261	5.9	1.8	1.0
sep	10.5	18.5	-1.1	12.9	8.2	0.2	0.4	388	205	6.5	2.1	1.2

\* Luftens partiella vattenångtrycksdeficit anges som hPa.

\*\* Ljus anges som fotosyntetiskt aktivt ljus ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Vid klart väder när solen står som högst mitt i sommaren är maximalt värde ca  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

\*\*\* Vindhastighet anges som m/s.

**Tabell 8.** Meteorologiska data ifrån Östad 2010. Vindriktning dagtid, 9 m över marknivå.

	Vindriktning (antal timmar inom vindsektorer *)							
	0 - 45	45 - 90	90 - 135	135 - 180	180-225	225 - 270	270 -315	315-360
apr – sep	544	120	56	275	523	469	97	102
apr	73	5	11	53	87	78	27	25
maj	137	36	11	24	45	69	23	27
jun	92	16	8	56	82	77	23	6
jul	34	6	7	53	129	116	10	17
aug	87	20	10	51	92	88	5	18
sep	121	37	9	38	88	41	9	9

\* gradtal utav max 360 grader, beräknat endast för dagtid (08:00 – 19:59, svensk normaltid)

## 8. Tidstrender för ozonförekomst och meteorologi vid Östads Säteri och Råö/Rörvik

- Periodmedelvärden för ozonhalter vid Råö/Rörvik under sommaren har legat stabilt mellan åren 1990 och 2010. Inte heller vid Östad eller Prestebakke syns någon förändring över tiden.
- De maximala 8-timmars- och 1-timmarsmedelvärdena för Rörvik/Råö visar signifikant minskande trender, ca  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  årligen. Vid Östad och Prestebakke var dessa ozonindex inte i närheten av statistisk signifikans.
- Ozonindex baserade på AOT40 uppvisade inte någon statistiskt säkerställd förändring över tiden vid någon av mätlokalerna.

Eftersom mellanårsvariationen vad gäller ozonförekomst är stor kan tidstrender endast analyseras för långa tidsserier. Hela tidsserier (21 år, 1990-2010) som inkluderar hela sommarhalvåret finns endast för Råö/Rörvik. En förutsättning är dock att flytten från Rörvik till Råö inte påverkade ozonmätningarna. För enskilda månader finns långa tidsserier även för Östads Säteri. Därför analyseras tidstrender både årsvis och månadsvis.

## **8.1. Trender för årsvisa ozonindex vid Östad Säteri och Råö/Rörvik**

Medelvärdena för ozonhalter under perioden 1 april – 30 september, beräknade dygnet runt, har legat relativt konstant vid alla de tre mätplatserna under perioden 1990-2010 (Figur 5).

De maximala 8-timmars- och 1-timmesmedelvärdena för Rörvik/Råö minskar signifikant över perioden 1990-2010 (Figur 5). Minskningen ligger runt  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  årligen för 8-timmars- respektive 1-timmesmedelvärden. Vid Östads Säteri och Prestebakke var varken förändringar i 8-timmars- eller 1-timmesmedelvärden nära statistisk signifikans. Förändringar i antalet dagar årligen då det maximala 8-timmarsmedelvärdet överskrider  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  var inte signifikant vid någon mätplats. En analys med Man-Kendall visade att nedgången i 8-timmars- och 1-timmesmedelvärdena för Rörvik/Råö inte var statistiskt säkerställd om endast data från och med 2001 inkluderades. Detta kan dock bero på att variationen då blir stor i förhållande till antalet datavärden.

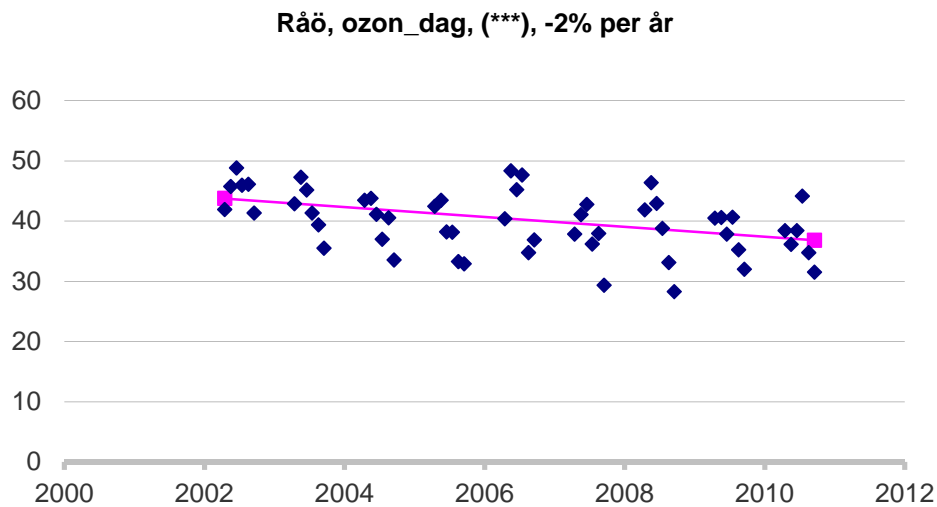
De ozonindex som beräknas till skydd för växtligheten baserade på AOT40 uppvisade inte någon statistiskt säkerställd förändring över tiden vid någon av mätlokalerna (Figur 6). Ozonindex som beräknas ackumulerat över ett tröskelvärde, såsom AOT40, får generellt en högre variation, jämfört med olika medelvärden.

Skillnaderna i beräknade ozonindex mellan de tre mätplatserna Råö, Östad och Prestebakke tenderar till att bli allt mindre, i synnerhet de tre senaste åren (Figur 5 och 6).

## **8.2. Trender för månadsvisa ozonmedelhalter vid Östad Säteri och vid Råö**

På grund av att mätlokalen Råö/Rörvik flyttades 1 januari 2002 och att Seasonal-Kendall-analysen i princip endast kan användas för att bedöma kontinuerliga förändringar över tiden i avsaknad av trendbrott, redovisas statistiska analyser av förändringar vad gäller månadsvisa ozonmedelhalter vid Råö och Östad i det följande endast för perioden 2002-2010.

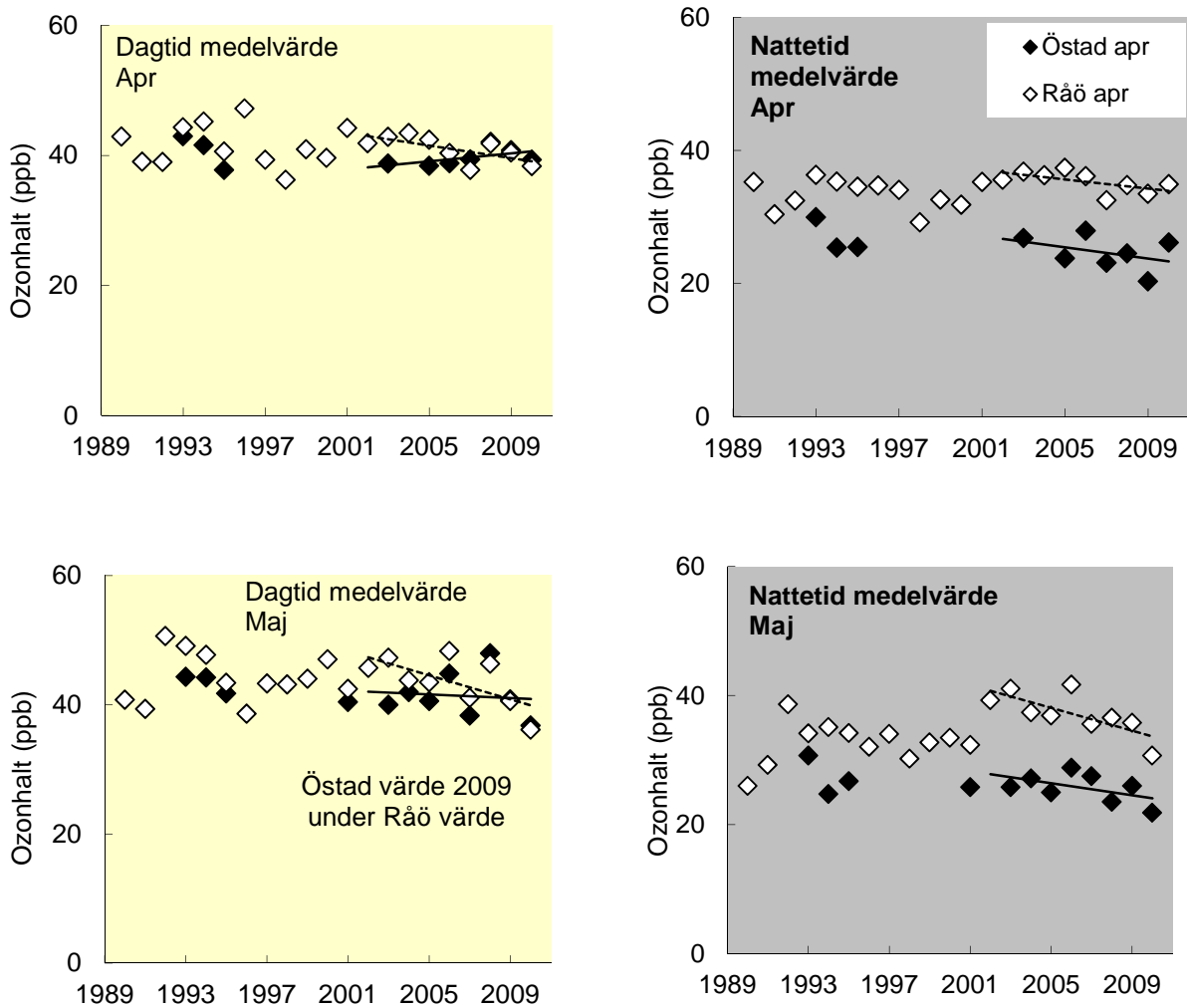
Analyserna är uppdelade på ozonhalter dagtid (kl. 08-20) och nattetid (kl. 20-08). Seasonal-Kendall-analyser av tidstrender har gjorts dels för ozonhalterna vid respektive mätplats, dels för skillnaden i ozonhalter mellan Råö och Östads Säteri. Ozonmätningar för månaden april saknas för Östads Säteri för de första åren under perioden 2002-2009. Detta gör att en övergripande trendanalys med alla månader inte kan göras för Östad och inte heller för skillnaderna mellan Östad och Råö. Däremot går denna analys bra för Råö. Resultaten för Råö vad gäller ozonhalter dagtid visas i Figur 7. Nedgången i månadsvisa medelvärden för ozonhalter dagtid vid Råö var signifikant och minskningen beräknades till 2 % per år.



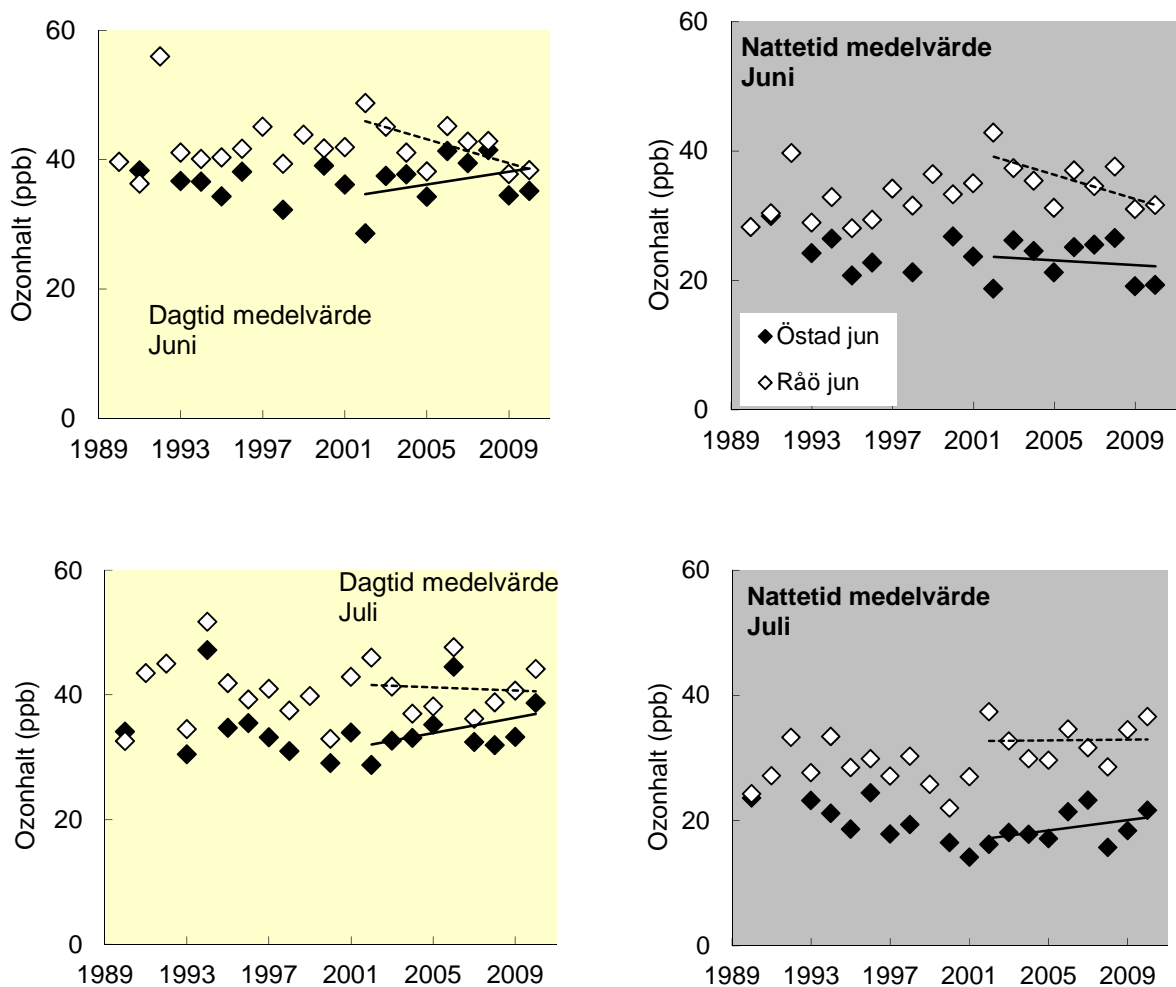
Figur 7. Trendanalys av alla månadsmedelvärden för ozonhalter dagtid vid Råö, för månaderna april – september. Statistiska förändringar har beräknats med Seasonal-Kendall analys,  $p=0.0002$ .

Månadsmedelvärdena för ozonhalter vid Östads Säteri och Rörvik, beräknade dag- och natttid (Figur 8, 9 och 10), uppvisade för vissa månader divergerande trender under 1990-talet, med ökande månadsmedelhalter vid Rörvik, medan de tenderade till att minska vid Östads Säteri. Detta gällde främst sommarmånaderna juni, juli och augusti. Eftersom det saknas många månadsvärden för Östads Säteri under denna period blir en statistisk trendanalys inte meningsfull. Dessa trender har tenderat till att reverseras under 2000-talet, efter det att mätningarna flyttats från Rörvik till Råö.

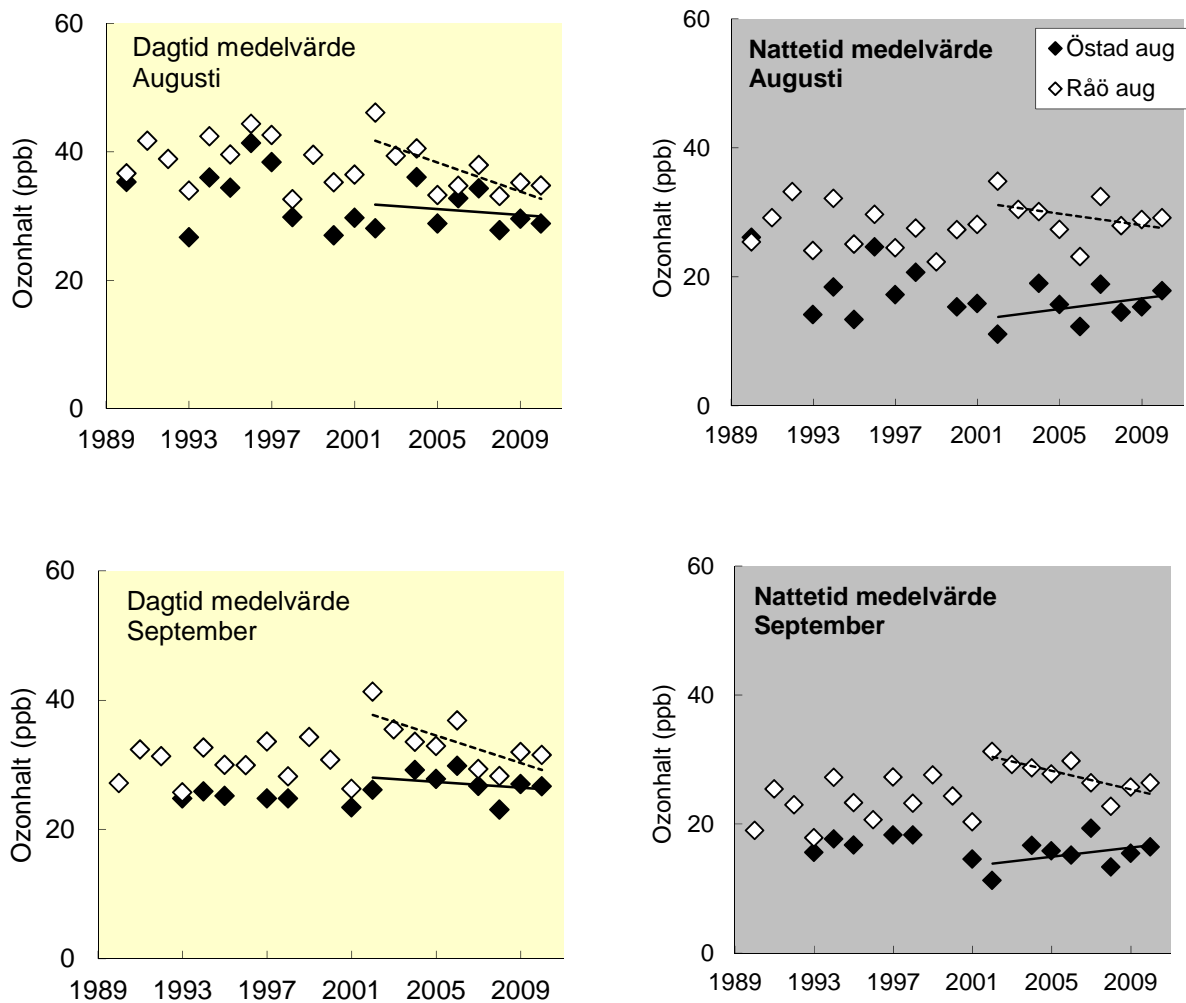
En separat analys av trender efter 1 januari 2002, tyder på att skillnaderna i ozonförekomst mellan Östad och Råö under denna period minskade. Förändringarna i skillnaden vad gäller månadsvisa ozonmedelhalter dagtid mellan Östad och Råö under perioden 2002-2009 är dock ännu så länge statistiskt säkerställda endast vad gäller månaderna april och juni. Vad gäller ozonhalter natttid är skillnaden mellan Rörvik/Råö och Östad fortsatt stor, men ozonförekomsten natttid tenderar till att minska både vid Östad och vid Rörvik/Råö för de flesta månader.



**Figur 8.** Månadsmedelvärden för ozonkoncentrationer vid Östads Säteri (fyllda romber) och Råö (ofyllda romber) fram t.o.m. 2010, uppmätta med ozoninstrument på timbasis, för april och maj. Figurerna i vänstra kolumnen anger ozonmedelkoncentrationer dagtid (kl. 08-20), högra kolumnen anger medelkoncentrationer natttid (kl. 20-08). Angivna linjer är trendlinjer för Råö (streckat) och för Östad (heldraget). Trendlinjer ges för perioden 2002-2010 och har baserats på linjär regression. Notera att ozonmätningarna flyttades från Rörvik till Råö 2002-01-01. Följande trender över perioden 2002-2010 är statistiskt signifikanta enligt Seasonal-Kendall analys: Minskande ozonhalter vid Råö natttid i maj; Minskande skillnad i ozonhalter mellan Råö och Östad dagtid i april.



**Figur 9.** Månadsmedelvärden för ozonkoncentrationer vid Östads Säteri (fyllda romber) och Råö (ofyllda romber) fram t.o.m. 2010, uppmätta med ozoninstrument på timbasis, för juni och juli. Figurerna i vänstra kolumnen anger ozonmedelkoncentrationer dagtid (kl. 08-20), högra kolumnen anger medelkoncentrationer nattetid (kl. 20-08). Angivna linjer är trendlinjer för Råö (streckat) och för Östads (heldraget). Angivna linjer är trendlinjer för Råö (streckat) och för Östads (heldraget). Trendlinjer ges för perioden 2002-2010 och har baserats på linjär regression. OBS ozonmätningarna flyttades från Rörvik till Råö 2002-01-01. Följande trender över perioden 2002-2010 är statistiskt signifikanta enligt Seasonal-Kendall-analys: Minskande skillnad i ozonhalter mellan Råö och Östads dagtid i juni.



**Figur 10.** Månadsmedelvärden för ozonkoncentrationer vid Östads Säteri (fyllda romber) och Råö (ofyllda romber) fram t.o.m. 2010, uppmätta med ozoninstrument på timbasis, för augusti och september. Figurerna i vänstra kolumnen anger ozonmedelkoncentrationer dagtid (kl. 08-20), högra kolumnen anger medelkoncentrationer nattetid (kl. 20-08). Angivna linjer är trendlinjer för Råö (streckat) och för Östads (heldraget). Trendlinjer har baserats på polynomfunktioner för att möjliggöra eventuella icke-linjära relationer. Angivna linjer är trendlinjer för Råö (streckat) och för Östads (heldraget). Notera att ozonmätningarna flyttades från Rörvik till Råö 2002-01-01. Följande trender över perioden 2002-2010 är statistiskt signifikanta enligt Seasonal-Kendall-analys: Minskande ozonhalter vid Råö nattetid i september;

**Den tidigare ökande skillnaden i månadsmedelvärde för ozonhalter dagtid mellan Östads Säteri och Rörvik/Råö har under 2000-talet minskat. Vad gäller ozonhalter nattetid är dock skillnaden mellan Rörvik/Råö och Östads fortsatt stor.**

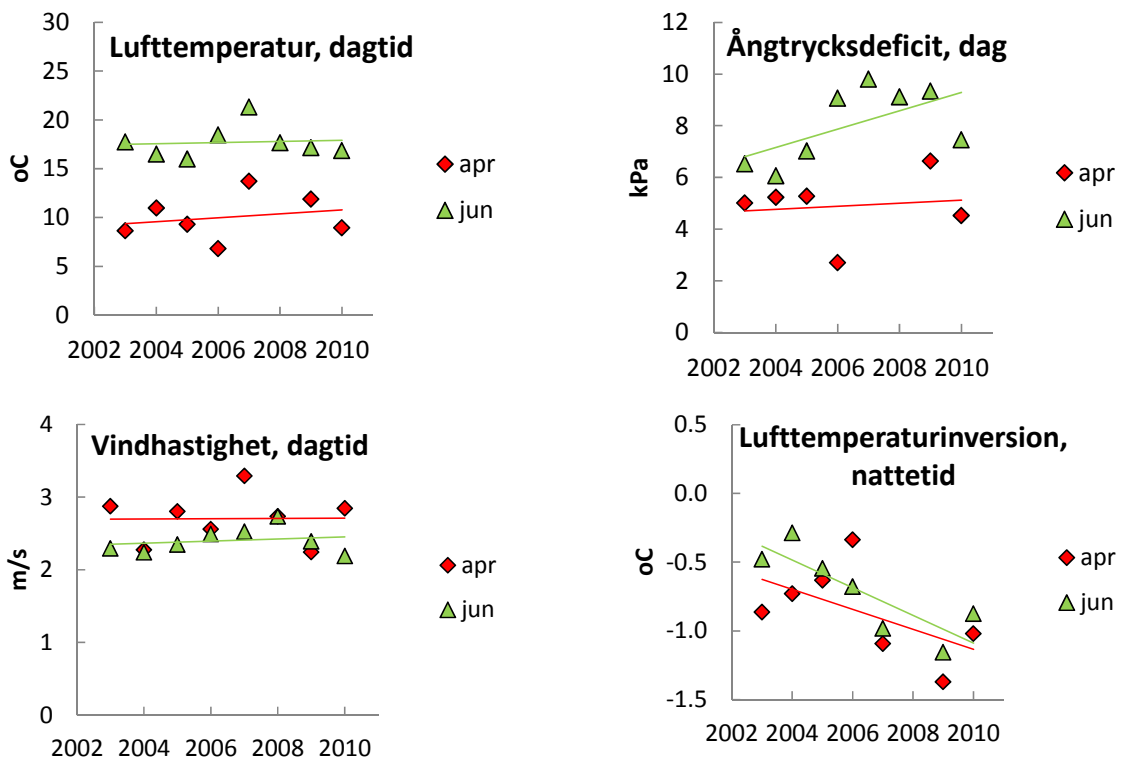


### 8.3. Trender vad gäller meteorologi vid Östads Säteri

Med tanke på de minskande skillnaderna i ozonförekomst dagtid mellan Råö och Östads Säteri under perioden 2001-2010 har analyser av tidstrender vad gäller förändringar i meteorologiska parametrar vid Östads Säteri koncentrerats till denna period i årets rapport (dock finns ej fullständiga meteorologiska mätningar för Östad 2001). Eftersom förändringarna i den relativa ozonförekomsten vid Östad och Råö i första hand gäller ozonhalterna dagtid under månaderna april och juni, koncentreras även den meteorologiska analysen till värden dagtid (kl. 08:00 – 19:59) för dessa månader, men i några fall analyseras även meteorologiska parametrar nattetid (kl. 20:00 – 07:59).

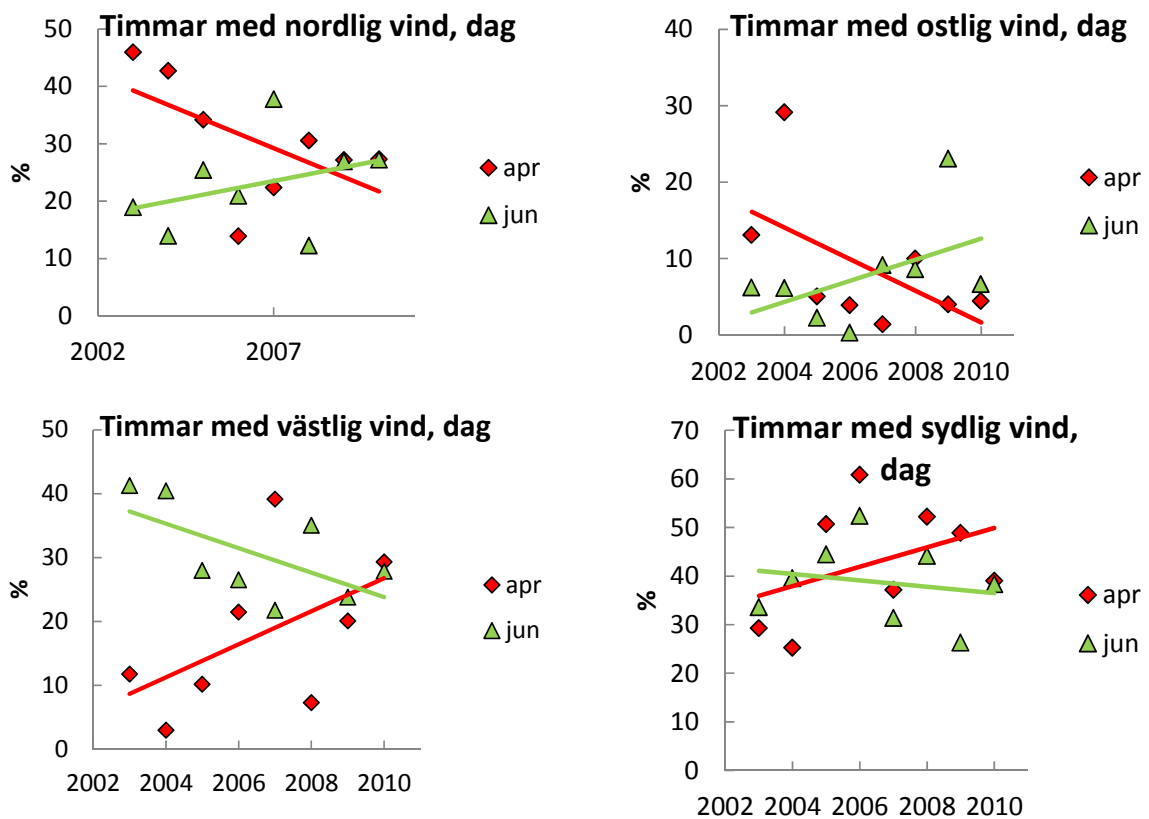
Tyvärr finns inte meteorologiska mätningar representativa för Råö. De närmaste relevanta mätningar som drivs i SMHI's regi finns vid Göteborg/Säve samt vid Falkenberg. Meteorologiska mätningar bedrivs även vid Nidingen, men inte heller dessa bedöms som relevanta för Råö. Därför analyseras endast meteorologi vid Östads Säteri.

Analyserna visar inte på några meteorologiska förändringar vid Östads Säteri dagtid för månaderna april och maj (Figur 11). Dock har temperaturdifferenserna nattetid i vertikalled mellan 1 och 9 m blivit mera negativa (d.v.s. större skillnad, kallare vid marken, statistiskt signifikant endast för månaden juni). Detta tyder på att vädret i juni över tiden i allt större utsträckning präglats av molnfria nätter med nattliga lufttemperaturinversioner, med åtföljande stabilisering av luftskiktet närmast marken. Detta är vanligt under högtrycksbetonat väder. Tang m. fl., (2009) har visat att höga ozonhalter över södra Sverige ofta förknippas med högtrycksbetonat väder. Det är dock svårt att se hur detta har kunnat bidra till en minskande skillnad i ozonförekomst mellan Råö och Östads Säteri.



**Figur 11.** Medelvärden för april och juni 2010 för olika meteorologiska parametrar vid Östads Säteri. Medelvärden redovisas separat för dagtid (kl. 08:00 – 19:59) och nattetid (kl. 20:00 – 07:59). Luftens fuktighet uttrycks som ångtrycksdeficit, där ett högre värde innebär torrare luft. Lufttemperaturinversionen uppmätt som temperaturskillnad i vertikalled mellan 1 och 9 m över mark (negativt värde om kallast närmast marken), övriga parametrar 1 m över mark. Färgen på trendlinjerna följer färgen för symbolerna. Lufttemperaturinversion nattetid för juni minskade signifikant mellan 2002-2010 enligt Mann-Kendall-analys.

Vindriktningen under dagtid vid Östad har i viss mån förändrats under perioden 2002-2010, för april med en ökande andel sydliga och västliga vindar, medan för juni en ökande andel nordliga och östliga vindar. Dessa förändringar var dock inte statistiskt signifikanta.



**Figur 12.** En sammanställning av månadsvisa värden för vindriktning vid Östads Säteri, uppmätt 9 m över marknivån över öppet fält. Y-axeln visar % av den totala tiden dagtid, då vindriktningen befunnit sig inom respektive vindsektor. Observera att det kan ha förekommit vindstilla förhållanden då värden på vindriktning exkluderats. Det totala antalet timmar kan därför ha varit något olika mellan perioderna. Värden redovisas endast för dagtid (kl. 08:00 – 19:59). För år med kompletta mätningar har även ett medelvärde för perioden juni-augusti beräknats. Även trendlinjen ges i förekommande fall för medelvärdet juni-augusti. Nordlig 315-45 grader; östlig 45-135 grader; sydlig 135-225 grader; västlig 225-315 grader. Följande trender över perioden 1993-2010 var statistiskt signifikanta (eller i närheten av signifikans) enligt Mann-Kendall-analys: ingen.

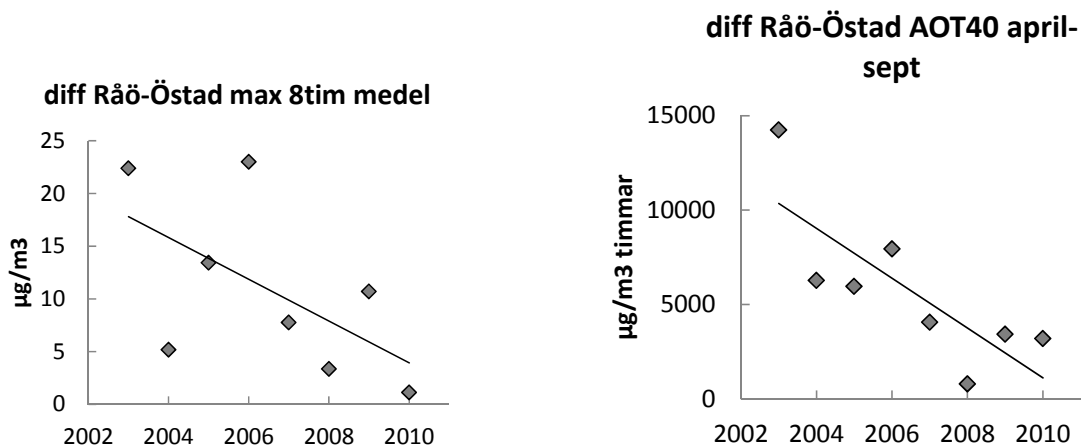
Den enda statistiskt säkerställda meteorologiska förändringen vid Östads Säteri under perioden 2002-2010 var en ökande lufttemperaturinversion nattetid under månaden juni. Det finns en del som tyder på att vindförhållandena under månaderna april och juni har förändrats under perioden, dock i olika riktningar för de olika månaderna.

## 9. Diskussion kring lokala variationer i ozonförekomsten i Västra Götalands län

EU's direktiv ställer olika krav på övervakningen av marknära ozon, beroende på om det finns kompletterande information om den geografiska variationen i ozonförekomst eller ej. Det har tidigare föreslagits att ozonhalterna nära marken i det svenska landskapet varierar beroende på avstånd till kust samt beroende på placering i den lokala topografin (Karlsson m.fl., 2004, 2007b, 2009, Klingberg, 2011). De långa tidsserierna med mätningar av ozonhalter och meteorologi vid Östads Säteri och vid Råö (meteorologi endast vid Östad) ger möjligheter till ingående analyser

av hur ozonförekomsten varierar mellan kust och inland och under vilka förhållanden som dessa skillnader blir särskilt stora.

Mätningar sedan början av 1990-talet tyder på att skillnaderna i ozonförekomst mellan Råö och Östads Säteri har haft ett icke-linjärt förlopp över tid, med ökande skillnader (högre vid Råö) fram tills i början av 2000-talet och därefter minskande skillnader. I Figur 13 visas hur skillnaderna mellan Råö och Östads Säteri har minskat över tiden sedan 2003 vad gäller några viktiga ozonindex. Vi avser att i nästa års rapport återkomma med en mer ingående analys av orsakerna till de minskande skillnaderna i ozonförekomst.



**Figur 13.** Skillnaden mellan Råö och Östads säteri (Råö subtraherat med Östad) vad gäller årliga värden för maximalt 8-timmarsmedelvärde samt för AOT40 april-september. Trendlinjer har gjorts med linjär regression.

Den statistiskt säkerställda minskningen av de maximala 8-timmars- och 1-timmarsmedelvärden vid Råö/Rörvik är ett viktigt resultat. Detta är den enda mätlokal inom den nationella ozonövervakningen i Sverige där en nergång av dessa ozonindex är statistiskt säkerställd. Det faktum att mätstationen vid Rörvik/Råö flyttades 1 januari 2002 skapar dock en viss osäkerhet vad gäller analysen av trender för dessa mätplatser. Som visats ovan (Figurerna 8, 9 & 10) förefaller dock flytten i första hand ha påverkat de ozonhalter som uppmäts på natten, troligen genom skillnader i luftens stabilitet nattetid. Den minskande ozonförekomsten vid Råö, i synnerhet vad gäller höga ozonhalter, tyder på att de minskande utsläppen av ozonbildande ämnen från Europa förefaller vara av större betydelse för ozonförekomsten i södra Sverige jämfört med de ökande bakgrundshalterna av ozon.

- Nedgången i de maximala 8-timmars- och 1-timmars ozonmedelvärdena vid Råö tyder på att minskningen av Europas utsläpp av ozonbildande ämnen är av större betydelse för förekomsten av höga ozonhalter i södra Sverige, jämfört med ökande bakgrundshalter av ozon.
- Skillnaderna i beräknade ozonindex mellan de tre mätplatserna Råö, Östad och Prestebakke tenderar till att bli allt mindre, i synnerhet de tre senaste åren, vilket även det möjligen kan förklaras av minskade transporter av ozonbildande ämnen från kontinentala Europa.

## 10. Sammanfattande slutsatser vad gäller ozonförekomsten i Västra Götalands län

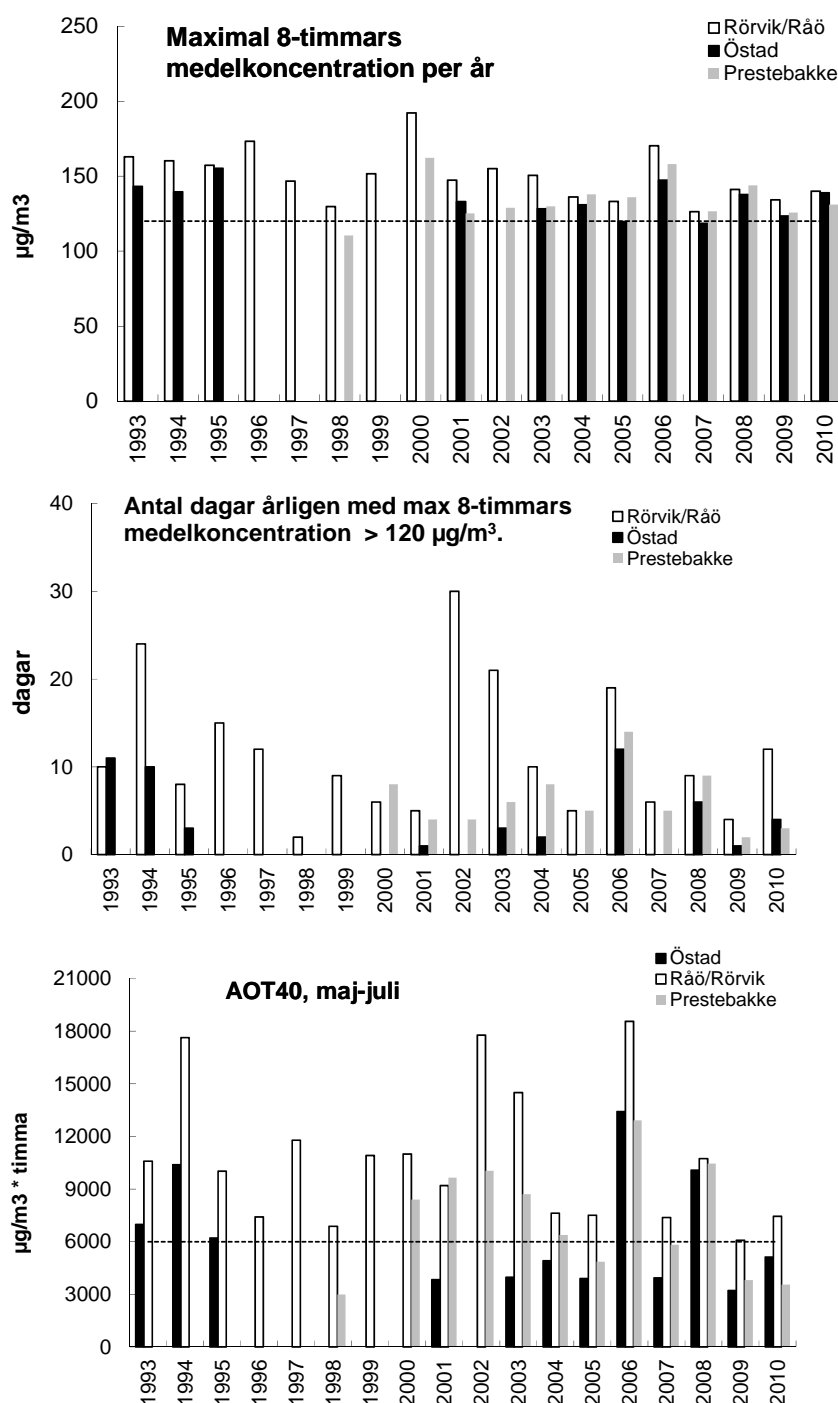
- Miljö kvalitetsnormen för ozon som gäller som ett "bör" -värde från 2010 till skydd för människors hälsa överskreds under 2010 vid alla tre mätplatserna Råö, Prestebakke och Östads Säteri.
- Miljö kvalitetsnormen till skydd för växtligheten som gäller från 2010 överskreds inte vid någon mätplats
- Miljö kvalitetsnormen till skydd för växtligheten som gäller från 2020 överskreds vid Råö men ej vid Östad eller Prestebakke.
- Föreslagna riktvärden inom miljö kvalitetsmålet *Frisk Luft* överskreds kraftigt 2010 både vid Östad, Råö samt vid Prestebakke, liksom under flertalet tidigare år.
- Två viktiga ozonindex för ozonets inverkan på människors hälsa, det maximala 8-timmarsmedelvärdet respektive det maximala 1-timmarsmedelvärdet, uppvisar en statistiskt säkerställd minskning vid Rörvik/Råö över perioden 1990-2010. Detta tyder på att människors exponering för höga ozonhalter i kustnära områden inom Västra Götalands län, utanför de större tätorterna, har minskat under denna period. I Inlandet, representerat av mätningarna vid Östads Säteri, kan motsvarande minskning ännu ej säkerställas statistiskt.
- Ozonförekomsten, uttryckt som maximalt 8-timmarsmedelvärde, ligger fortfarande under de flesta år över det målvärde som anges inom Miljö kvalitets-normerna till skydd för människors hälsa i hela Västra Götaland.
- Ozonindex som används till skydd för växtligheten, AOT40, uppvisar ingen statistiskt säkerställd förändring över tiden vid någon av mätlokalerna.
- Det målvärde som anges inom Miljö kvalitetsnormerna till skydd för växtligheten och som skall vara uppnått 2020 överskreds nästan varje år vid Råö men mer sällan vid Östads Säteri och Prestebakke.
- Den tidigare ökande skillnaden i månadsmedelvärden för ozonhalter dagtid mellan Östads Säteri och Rörvik/Råö har under 2000-talet reverserat och skillnaderna blir allt mindre. Vad gäller ozonhalter nattetid är dock skillnaden mellan Rörvik/Råö och Östad fortsatt stor.
- Den enda statistiskt säkerställda meteorologiska förändringen vid Östads Säteri under perioden 2002-2010 var en ökande lufttemperaturinversion nattetid under månaden juni.

## 11. Referenser

- Andersson, C., Langner, J. and Bergström, R., 2007. Inter-annual variation and trends in air pollution over Europe due to climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis. *Tellus* 59B: 77–98.
- Ashmore M., Toet S., Emberson L. 2006. Ozone –a significant threat to future world food production. *New Phytologist* 170: 201-204.
- 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.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Belhaj, M., Danielsson, H., Dahlin, B., Andersson, M., Hansson, M., Munthe, J., Grennfelt, P. 2005. Economic assessment of the negative impacts of ozone on the crop yield and forest production. A case study of the Estate Östads Säteri in southwestern Sweden. *Ambio*, 34, 32-40.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Danielsson, H., Belhaj, M., Andersson, M., Hellsten, S. 2006. En ekonomisk utvärdering av inverkan av marknära ozon på växtligheten i Sverige i relation till föreslagna miljömål. IVL Rapport B 1678.
- Karlsson P-E., Pihl-Karlsson G., Pleijel H., Sundberg, J. 2007a. Mätningar av ozon nära marken i landsbygdsmiljö i Västra Götalands län. IVL Rapport U 2063.
- Karlsson P-E., Pihl-Karlsson G., Pleijel H., Sundberg, J. 2007b. En bedömning av ozonbelastningen i landsbygdsmiljön i Västra Götalands län IVL Rapport U 2064.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Pihl Karlsson, G., Klingberg, J. 2009. Marknära ozon i södra Sverige. Utveckling av en manual för bedömning av överskridanden av målvärden. IVL Rapport B1860.
- Klingberg, 2011. The Influence of Climate on Ozone Risk for Vegetation. Avhandling. Naturvetenskapliga fakulteten, Göteborgs Universitet. ISBN 978-91-85529-47-6.
- 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.
- Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.
- Nyíri, A., Gauss, M. & Klein, H. 2009. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O<sub>3</sub>) and PM. MSC-W Data Note 1/2009.
- Piikki, K., Karlsson, P.E., Klingberg, J., Pihl Karlsson, G., Pleijel, H. 2008. Mätningar av marknära ozon och meteorologi vid kustnära och urbana miljöer i Halland, Skåne och Västra Götalands län. Rapport till Länsstyrelsen i Västra Götalands län.
- Royal Society, 2008. Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications, Science Policy, Report 15/08, October 2008, <http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=31506>
- Sjöberg, K., Karlsson, P.E., Haeger-Eugensson, M. 2010. Förslag till nationellt övervakningsprogram för marknära ozon. Rapport till Naturvårdsverket. IVL Rapport U 2325.
- Solberg S. Derwent R. G., Hov Ø., Langner J., Lindskog A. 2005. European abatement of surface ozone in a global perspective. *Ambio* 34: 47-53.
- Sundberg J, Karlsson P E, Schenk L and Pleijel H. 2006. Variation in ozone concentration in relation to local climate in south-west Sweden, *Water Air and Soil Pollution* 173:339-354
- Tang, L., Karlsson, P.E., Gu, Y., Chen, D., Grennfelt, P. 2009. Synoptic weather types and long-range transport patterns for ozone precursors during high-ozone events in southern Sweden. *Ambio*, 8, 459-464

## Bilaga 1.

En särskild jämförelse mellan Östads Säteri, Råö/Rörvik och Prestebakke, för de ozonindex som ingår i miljö kvalitetsnormerna, anpassad för publicering på Länsstyrelsen hemsida.



**Figur B1.** Olika ozonindex som används som grund för miljö kvalitetsnormerna för ozon nära marken, beräknade från timvis mätningar av ozonhalter med instrument vid Östads Säteri, Råö/Rörvik samt vid Prestebakke redovisade för de år då data finns tillgängliga. Horisontella linjen i övre diagrammet indikerar den miljö kvalitetsnorm som gäller från 2010 till skydd för människors hälsa. Horisontella linjen i nedre diagrammet indikerar den miljö kvalitetsnorm som gäller från 2020 till skydd för växtligheten.



**LÄNSSTYRELSEN**  
**VÄSTRA GÖTALANDS LÄN**