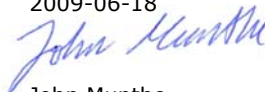


Marknära ozon i södra Sverige

Utveckling av en manual för
bedömning av överskridanden av
målvärden

Per Erik Karlsson, Håkan Pleijel, Gunilla Pihl Karlsson
Jenny Klingberg
B1860
Juli 2009

Rapporten godkänd:
2009-06-18



John Munthe
Avdelningschef

Sammanfattning

På uppdrag av Länsstyrelserna i O, N, M, G, F, K samt H län har IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborgs Universitet genomfört en studie av förekomsten av marknära ozon i södra Sverige, i första hand med inriktning på ovan nämnda län. Variationen i ozonförekomsten från kust och inåt landet har undersökts genom timvisa mätningar av ozonhalter och meteorologi med ett mobilt mätsystem i Skåne. Dessutom har kompletterande, månadsvisa mätningar bedrivits av medellufthalter av ozon och kvävedioxid samt temperatur. Vidare har de timvisa ozonmätningar som bedrivs vid Asa, SLU's försökspark strax norr om Växjö, utvärderats med avseende på jämförelser med andra timvisa ozonmätningar som bedrivs i södra Sverige. Slutligen har praktiskt inriktad manual utarbetats för att möjliggöra länsvisa, yttäckande bedömningar av den årliga ozonförekomsten i relation till förekommande målvärden.

Utvärderingen av mätningarna av ozonförekomsten från kust och inåt landet vid Smygehuk på Skånes sydkust komplicerades av en oväntat hög förekomst av NO₂. Höga NO₂-halter påverkar ozonmätningarna, eftersom en del av den sammanlagda nivån på oxidanter (O_x = O₃ + NO₂) förekommer som NO₂. Uppmätta genomsnittliga halter av NO₂ låg omkring 8 µg m⁻³ vid Smygehuk. Ett mönster med fallande NO₂-halter med stigande avstånd från sydkusten upprepade sig varje period. De höga NO₂-nivåerna förklaras av sjöfarten längs sydkusten.

För ozon, uppmätt med diffusiva provtagare, observerades en avtagande trend med växande avstånd från kusten mot inlandet norr om Smygehuk, vilket förklaras av den goda vertikala luftblandningen vid kusten, som effektivt kompenserar för deposition vid markytan, i kombination med en låg depositions hastighet för ozon över öppet vatten. Kusteffekt med avseende på ozon sträckte sig ca 8 km in över land.

Mätningar av timvisa ozonhalter och meteorologi med ett mobilt system på 0, 8 respektive 24 km avstånd från Smygehuk vid kusten visade under samtliga mätperioder på ozonhalter som överensstämde relativt väl med den permanenta EMEP-stationen Vavihill, belägen på Söderåsens sydsluttning. Detta var ett oväntat resultat. Det har tidigare antagits att den höga ozonförekomsten vid Vavihill beror på dess höga läge i förhållande till omgivande topografi. De platser som undersöktes inom innevarande projekt med det mobila mätsystemet i Skåne norr om Smygehuk ligger alla lågt belägna i förhållande till omgivande landskap och förväntades därför, med undantag av Smygehuk som är kustnära, ha en lägre ozonförekomst jämfört med Vavihill. Noggranna beräkningar av den relativa topografin, dvs hur högt platsen ligger i förhållande till omgivande topografi inom en radie av 3 km, visade att Vavihill inte såsom tidigare antagits ligger högt beläget i förhållande till den närmaste omgivningen. Utifrån detta resultat har vi omvärderat den höga ozonförekomsten vid Vavihill och gör nu istället antagandet att ozonmätningarna vid Vavihill representerar en generellt hög ozonförekomst över hela Skåne oberoende av topografi.

Mätningarna i Skåne gav således anledning till att revidera uppdelning och definitioner av olika kategorier av ozonförekomster för södra Sverige. Den höga men likartade ozonförekomsten vid alla hittills undersökta mätplatser i Skåne gjorde att hela Skåne betraktas som en ny, egen kategori med hög ozonförekomst över hela Skånes areal. Mätningarna av ozonförekomst och meteorologi från kusten vid Smygehuk och norrut mot inlandet visade att kusteffekten för ozonförekomst i denna typ av flackt jordbrukslandskap sträcker sig ca 8 km in från kustlinjen. Denna nya gräns för avgränsning av kusteffekten, 8 km, införs därför för de län där ett flackt jordbrukslandskap utgör en stor del av kustområdena, dvs för Hallands-, Blekinge- och Kalmar län. Vad gäller Skåne införs tills

vidare ingen särskild kustzon av två skäl. Dels har våra mätningar från Smygehuk visat att under vissa förhållanden, på grund av en hög förekomst av kväveoxid, är ozonförekomsten inte högre vid kusten jämfört med inlandet. Dels finns det för närvarande inga kustnära mätplatser i Skåne där ozonförekomsten permanent övervakas.

En analys av de timvisa ozonmätningarna med instrument vid Asa visar att de fyller en viktig funktion såsom representerandes ozonförekomst vid platser som ligger topografiskt relativt lågt i skogslandskapet och som är i större utsträckning påverkat av förorenade luftmassor från söder och öster, jämfört med en annan, lågt belägen mätplats för ozon i Västra Götalands inland.

En manual har utarbetats som avser att ge en länsvis, yttäckande bedömning av ozonförekomsten, uttryckt i form av de ozonindex som används inom miljö kvalitetsnormerna samt inom miljö kvalitetsmålet Frisk Luft. Metodiken baserar sig på en geografisk uppdelning på tre olika kategorier för ozonförekomst inom varje län, kustnära, låglänt i inlandet samt höglänt i inlandet, samt en fjärde kategori som omfattar hela Skåne. Manualen är direkt tillämpbar endast för landsbygds miljön, men tidigare mätningar tyder på att lägre ozonförekomst på grund av kemisk titrering med kväveoxid är begränsad till särskilt förorenade områden, såsom närheten till starkt trafikerade leder eller gaturum. Vad gäller de ozonindex som är integrerade över längre tidsintervall, såsom periodmedelvärde för ozonhalter sommartid samt AOT40 maj-juli, kommer årsvisa värden att erhållas för varje län och zon från det nystartade "Ozonmät nätet i södra Sverige", där alla ovan nämnda län deltar. Detta kommer inte att vara fallet för de ozonindex som beror av korta ozonepisoder, såsom det maximala en-timmars och 8-timmars medelvärdet. Istället anges för varje län och zon en mätstation med timvisa instrumentmätningar som kan anses vara representativ för länet och zonen ifråga. En bedömning av ozonförekomsten för respektive län och ozonklimatzon görs för året 2008.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
1 Inledning.....	5
2 Syfte.....	5
3 Bakgrund.....	6
3.1 Målvärden för marknära ozon.....	6
3.1.1 Nationella miljömål för ozon.....	6
3.1.2 Nationella miljö kvalitetsnormer för ozon.....	6
3.2 En teoretisk bakgrund för ozonhalter nära marken.....	7
3.2.1 Ozonets bildning och verkan.....	7
3.2.2 Faktorer som styr förekomsten av ozon nära marken.....	8
3.3 Tidigare studier och hypotes.....	10
4 Tillvägagångssätt.....	12
4.1 Övergripande strategi.....	12
4.2 Metodik - mobila mätsystemet.....	15
4.3 Metodik - diffusiva provtagare och enklare meteorologi.....	16
4.4 Övrig metodik.....	16
5 Mätningar i Skåne 2008.....	17
5.1 Översikt över mätningarna.....	17
5.2 Resultat från mätningar med diffusiva provtagare och enkla meteorologiska mätningar.....	18
5.3 Resultat från mätningar med ozoninstrument och meteorologi med ett mobilt mätsystem.....	24
5.3.1 Smygehamn.....	24
5.3.2 Brönnetorp.....	25
5.3.3 Ramnhult.....	26
5.3.4 En diskussion om mätningarna i Skåne 2008.....	27
5.3.5 En sammanfattning av mätningarna i Skåne 2008.....	29
6 Reviderade definitioner för olika kategorier av ozonförekomst.....	29
7 Analys av ozonmätningarna vid Asa.....	30
8 Manual.....	33
8.1 Manual Steg 1.....	34
8.2 Manual Steg 2.....	35
8.2.1 AOT40 och periodmedelvärde april - september.....	35
8.2.2 Maximala 1-timmars och 8-timmars medelvärdet.....	35
8.3 Manual steg 3.....	35
8.4 Sammanfattande kommentarer och bedömning av osäkerheter vad gäller manualen.....	36
8.5 En bedömning för 2008.....	37
9 Tack.....	37
10 Referenser.....	38

1 Inledning

På uppdrag av Länsstyrelserna i O, N, M, G, F, K samt H län har IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborgs Universitet genomfört en studie av förekomsten av marknära ozon i södra Sverige, i första hand med inriktning på ovan nämnda län.

Studien har bedrivits som tre olika delar. Variationen i ozonförekomsten från kust och inåt landet har undersökts genom timvisa mätningar av ozonhalter och meteorologi med ett flyttbart mätsystem, vilket har placerats vid tre olika platser från Smygehuk i Skåne och riktning norrut. Mätningarna har genomförts under ungefär en månads tid vid varje plats. Dessutom har kompletterande, månadsvisa mätningar bedrivits av lufthalter av ozon och kvävedioxid samt enklare meteorologiska parametrar på timbasis. Sistnämnda mätningar bedrevs vid total åtta platser från Smygehuk och norrut.

I den andra delen av projektet har de timvisa ozonmätningar som bedrivs vid Asa, SLU's försöksspark strax norr om Växjö, analyserats med avseende på jämförelser med andra timvisa ozonmätningar som bedrivs i södra Sverige. Ozonmätningarna vid Asa har finansierats av Luftvårdsförbunden i Jönköpings- och Kronobergs län, men finansieringen övergår 2009 till det nystartade Ozonmättnätet i södra Sverige. Avsikten var att klargöra vad ozonmätningarna vid Asa representerar i fråga om geografisk areal och lokalklimat.

I den tredje delen av projektet har en praktiskt inriktad manual tagits fram som skall kunna användas av tjänstemän och beslutsfattare för att göra en yttäckande bedömning av den årliga ozonförekomsten i ett helt län.

Ett uppstartsmöte genomfördes vid IVL i Göteborg med syfte att diskuteras och fastlägga projektets inriktning med deltagare från Länsstyrelsen i Skåne (Sigrid Ljungman, Karin Söderholm), Länsstyrelsen i Västra Götaland (Gunnar Barrefors), länsstyrelsen i Halland (Lars Stibe), IVL (Per Erik Karlsson, Gunilla Pihl Karlsson) samt Göteborgs Universitet (Håkan Pleijel, Jenny Klingberg, Kristin Piikki).

En betydande förändring som har skett, jämfört med när projektet planerades är uppstarten av "Ozonmättnätet i södra Sverige" (Piikki m. fl., 2008b). En stor del av den metodik som skulle ha ingått i ovan nämnda manual är nu redan framtagen och beskriven (Piikki m. fl., 2008b) och kommer att ingå i rapporteringen från det nya ozonmättnätet.

2 Syfte

Projektets syfte var

- att komplettera befintlig kunskap om ozonets variation i landskapet med mätningar som kvantitativt beskriver hur ozonförekomsten varierar från kusten mot inlandet.
- att utvärdera ozonmätningar med instrument i Asa strax norr om Växjö, med inriktning på vilka geografiska områden som mätningarna vid Asa kan antas representera
- att utarbeta en praktiskt inriktad manual som kan användas av tjänstemän och beslutsfattare för att göra en yttäckande bedömning av den årliga ozonförekomsten i ett

visst län i relation till förekommande målvärden inom miljö kvalitetsnormerna, EU's direktiv om ozon i luften samt inom miljö kvalitetsmålet Frisk Luft.

Manualen är inriktad på de sydliga länen och som ingångsdata för bedömningarna används förekommande ozonmätningar med instrument och diffusiva provtagare i kombination med mätningar av lufttemperatur. Det nystartade Ozonmättnätet i södra Sverige får en viktig roll i manualen. Resultaten i form av bättre uppföljning av marknära ozon gör det möjligt att göra bättre konsekvensanalyser av hälsoeffekter samt skördebortfallet för jordbruket i landsbygds miljön till följd av marknära ozon.

3 Bakgrund

3.1 Målvärden för marknära ozon

3.1.1 Nationella miljömål för ozon

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 vad gäller ozon till senast 2010. Generationsmål avser motsvarande typ av mål som delmålen, men skall vara uppfyllda på längre sikt, till ca 2020. De del- och generationsmål som för närvarande gäller för marknära ozon redovisas i Tabell 1. Målvärdena för ozon inom miljö kvalitetsmålet Frisk Luft är under omprövning.

Tabell 1. Del- och generationsmål i det svenska miljömålsarbetet som fortfarande gäller för marknära ozon inom miljö kvalitetsmålet 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-timmarsmedelvärdet bör ej överskrida $120 \mu\text{g m}^{-3}$. *	-**	Halter som inte bör överskridas är $70 \mu\text{g m}^{-3}$ som åttatimmarsmedelvärde 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

* Här finns ett förslag om ett reviderat delmål till skydd för hälsa. Halterna av marknära ozon skall inte överskrida $100 \mu\text{g/m}^3$ som åtta timmarsmedelvärde år 2015. Värdet beräknas som ett glidande medelvärde under de senaste tre åren och får överskridas högst 35 dagar per år.

** Här finns ett förslag om ett nytt delmål till skydd för växtligheten. Till år 2015 ska ozonhalten under växtsäsongen reduceras till en acceptabel exponering för att undvika skador på växtligheten, d.v.s. värdet på AOT40 april - september ska underskrida $20\,000 \mu\text{g m}^{-3}$ timmar. Delmålet ska beräknas som ett medelvärde över de senaste fem åren.

3.1.2 Nationella miljö kvalitetsnormer för ozon

Miljö kvalitetsnormer för utomhusluft i Sverige finns i förordningen SFS 2001:527 (Utfärdad: 2001-06-07, Ändring införd: t.o.m. SFS 2007:771). Dessa miljö kvalitetsnormer baserar sig i huvudsak på EU's direktiv om ozon i luften (2002/3/EG).

Här följer några olika utdrag ur miljö kvalitetsnormen 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.

Medelvärde skall avse ett dygnsvärde som beräknas på följande sätt. Ett åttatimmarsmedelvärde skall bestämmas för varje timme. Varje åttatimmarsmedelvärde bestäms som medelvärdet av de åtta senaste timmarnas uppmätta värden. Dygnsvärdet bestäms som det högsta av de under dygnet bestämda tjugofyra åttatimmarsmedelvärden. Det första åttatimmarsmedelvärdet avser tiden från kl. 17.00 det närmast föregående dygnet till kl. 1.00 det aktuella dygnet och det sista åttatimmarsmedelvärdet 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).

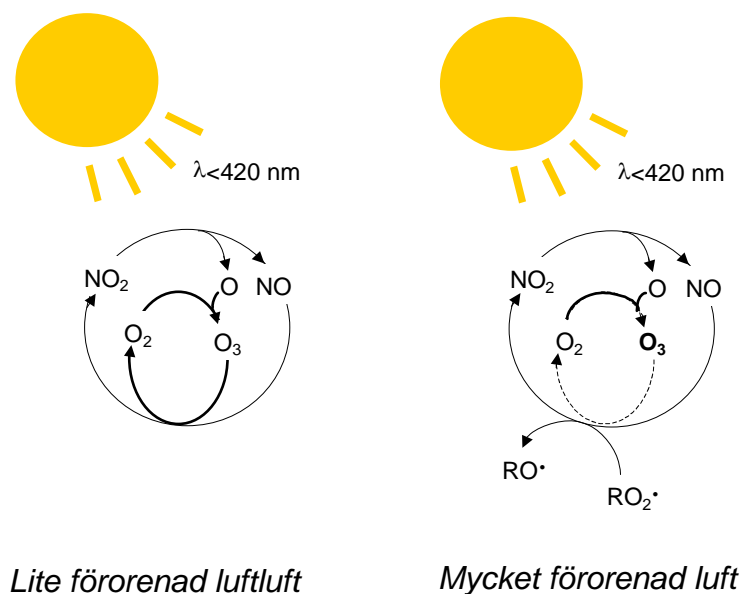
3.2 En teoretisk bakgrund för ozonhalter nära marken

3.2.1 Ozonets bildning och verkan

Ozon bildas nära marken genom komplicerade kemiska reaktioner som drivs av energin från solljuset (Figur 1). De viktigaste utgångsämnen för ozonbildning är kväveoxider (NO_x) och flyktiga organiska kolväten (VOC). Energin från solstrålningen slår sönder en molekyl av kvävedioxid (NO₂) och det bildas kvävemoxid samt en fri syreatom. Den fria syreatomen kan förena sig med syrgas (O₂) och bilda ozon (O₃). Den molekyl av NO som lämnats kvar kan dock reagera med ozon och återigen bilda syrgas och NO₂. I relativt ren luft är detta således reaktioner som snurrar runt hela tiden och det uppstår i varje tidpunkt relativt låga halter av ozon i luften. Höga ozonhalter uppstår i mer förorenad luft som både innehåller höga halter av NO₂ och flyktiga organiska kolväten (VOC). Från flyktiga organiska kolväten bildas det s.k. organiska radikaler (betecknat RO₂, i nedanstående figur). Dessa organiska radikaler kan reagera med NO i luften och

således föra bort NO molekylen från nedanstående reaktionsschema. Därmed finns det inte längre lika mycket NO kvar i luften som kan återbilda syrgas och NO₂. Det är vid dessa tillfällen som det uppstår mycket höga halter av ozon. Lite förenklat kan man säga att NO₂ utgör en katalysator för ozonbildning och förekomsten av VOC utgör ozonbildningens ”bränsle”. Nedanstående reaktionsschema klargör också hur kväveoxider kan bidra till både ökande och minskande halter av ozon. Kväveoxider släppt normalt ut från förbränningar och bil- och fartygsavgaser i form av NO. Relativt snabbt omvandlas dock NO till NO₂, ofta genom att förbruka ozon. Om det vid en viss plats finns en närhet till stora källor av NO, till exempel från fartygstrafik vid Skånes sydkust, kan dessa utsläpp bidra till att ozonhalterna där är lägre jämfört med inlandet. Om istället kväveoxiderna har släpps ut på större avstånd och redan oxiderats till NO₂, då kan kväveoxiderna istället bidra till högre ozonhalter, som över t ex hela Skåne. Det är således en komplicerad interaktion mellan kväveoxider och ozon.

Ozon är ett starkt oxiderande ämne som i luften är skadligt både för människors hälsa och för växtligheten. Ozon orsakar en för tidig dödlighet för ett betydande antal människor i Europa årligen. Ozonbelastningen i Sverige beräknas förorsaka ett betydande skördebortfall för svenskt jordbruk på i storleksordningen 5-15 % årligen och en nedsättning av skogens tillväxt med ca 2 %.



Figur 1. Illustration av några av de kemiska reaktioner som ger upphov till ozonbildning, i förhållandevis lite förorenad luft samt i mycket förorenad luft. Omritat efter Uddling (2004).

3.2.2 Faktorer som styr förekomsten av ozon nära marken

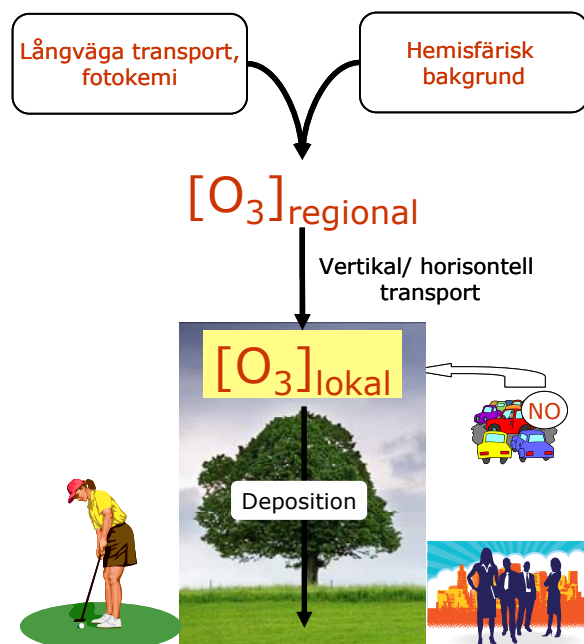
Koncentrationen av ozon i luften nära marken vid en viss plats och vid en viss tidpunkt i landsbygds miljön beror av ett flertal processer:

- Utsläpp av ozonbildande ämnen över 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 självt över land och vatten
- Depositionen av ozon mot mark, växtlighet och vatten. Ozon reagerar med de flesta ytor förutom teflon och rostfritt stål, och halterna minskar därför normalt i luftskikt nära marken.
- 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 processerna illustreras i Figur 2.

Ozonhalterna i luften nära marken beror starkt av det lokala klimatet. I kustnära områden är ozonhalterna relativt höga därför att nedtransporten av ozon från högre liggande luftlager är effektiv på grund av mycket vind och därmed omblandning av luften, samtidigt som depositionen av ozon mot vattenytor är relativt låg. När luftmassorna kommer in över land ökar depositionen på grund av att depositions-hastigheten mot mark och växtlighet är avsevärt högre jämfört med den mot vatten. Under dagtid är nedtransporten från högre liggande luftlager fortfarande hög, vilket gör att ozonhalterna förblir förhållandevis höga. Nattetid minskar emellertid nedtransporten av ozon kraftigt i samband med lufttemperaturinversioner och medföljande stabilisering av luftlagren. Detta gäller i synnerhet topografiskt lågt liggande områden (Karlsson m.fl., 2007a). Depositionshastigheten mot mark och växtlighet minskar även den, men inte i samma utsträckning. Resultatet kan bli att ozonhalterna nära marken blir mycket låga nattetid för topografiskt lågt liggande platser i inlandet. Ozonhalterna kan bli extra låga när inversionsförhållanden kombineras med utsläpp av NO från tätt trafikerade områden.



Figur 2. En förenklad illustration av några av de processer som är av betydelse för koncentrationerna av ozon nära marken. De processer som främst illustreras är den vertikala transporten av ozon från högre mot lägre liggande luftlager samt depositionen mot mark och växtlighet. Inverkan av utsläpp från trafiken i tätorter finns även illustrerad.

Ozonbildningen påverkas i viss mån av regionala utsläpp av ozonbildande ämnen. Vid nuvarande nivå är dock betydelsen av dessa utsläpp begränsad, t ex när det gäller Västra Götaland (Langner m.fl., 2004). Enligt EMEPs sammanställningar minskar utsläppen av ozonbildande ämnen på Europainivå (Gauss m.fl., 2008) och mellanårsvariationen är liten. Istället orsakas den stora mellanårsvariationen i ozonförekomst i Sverige av variationer i det storskaliga vädret över Europa, vilket i sin tur avgör hur mycket av utsläppen av ozonbildande ämnen över Europa som transporteras upp till våra breddgrader. (Andersson m.fl., 2006, Tang m.fl., 2009). Utsläppen av ozonbildande ämnen över hela norra halvklotet är sannolikt i ökande vilket medför att bakgrundshalterna av ozon ökar över hela norra halvklotet (Simmonds m. fl., 2004, Karlsson m. fl., 2007 c). Det har beräknats att ungefär en tredjedel av den ozonbildning som sker över södra Sverige beror av utsläpp av ozonbildande ämnen över Nordamerika och Sydostasien (Derwent m.fl., 2004).

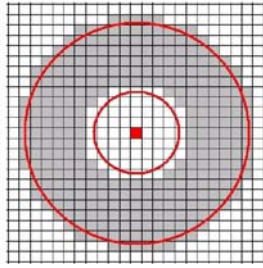
3.3 Tidigare studier och hypotes

Mätlokaler för ozon i landsbygdsmiljö runt om i södra och mellersta Sverige har indelats i tre olika kategorier för ozonförekomst beroende på geografiska förutsättningar, se Tabell 2 (Karlsson m.fl., 2004, Karlsson m. fl., 2007b). Som nämnts ovan påverkar den lokala meteorologin depositionen av ozon mot mark och vatten, såväl som den vertikala transporten av ozon från högre liggande luftlager mot luftlagren närmast marken. Olika ozonförekomst vid olika kategorier av platser bekräftades av resultaten från periodvisa mätningar av ozonhalter och meteorologi vid platser i landsbygdsmiljö runt om i Västra Götaland, Halland och Skåne (Karlsson m.fl., 2007a, Piikki m. fl., 2008a).

Tabell 2. Uppdelning i tre olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon i landsbygdsmiljö i södra och mellersta Sverige, s.k. kategorier för ozonförekomst (modifierad från Karlsson m.fl., 2004, 2007b).

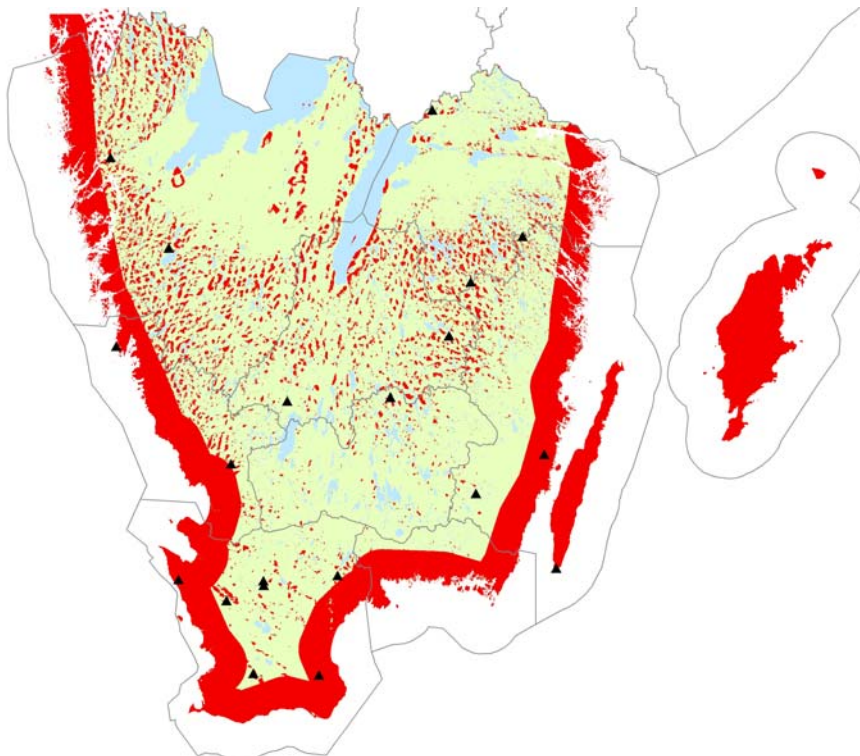
Benämning	Beskrivning	Ozonförekomst	Ingående mätlokaler
Kustnära	Mätlokaler som är belägna mycket nära kusten.	Frekventa överskridanden av målvärden	Rörvik/Råö, Aspvreten
Höglänta	Mätlokaler som är belägna utpräglat högt över angränsande landskap.	Frekventa överskridanden av målvärden	Vavihill, Norra Kvill
Låglänta	Mätlokaler som ej är belägna utpräglat högt över omgivande landskap. Detta innebär inte nödvändigtvis att dessa lokaler är belägna i ett slättlandskap.	Målvärden överskrids sällan	Östads Säteri, Asa, Grimsö

Begreppet lokal relativ topografi är väsentligt för de geografiska definitionerna av olika kategorier för ozonförekomst. Med relativ topografi avses hur en viss plats är belägen i topografien i relation till omgivande landskap inom ett visst avstånd. Ett exempel på hur den relativa topografien kan beräknas illustreras i Figur 3.



Figur 3. En illustration av begreppet relativ topografi och hur den kan beräknas. Den relativa topografin för den centrala rutan (rödmarkerad) beräknas som medelvärdet av höjd över havet för all rutor mellan 1 och 3 km (gråmarkerade) från den centrala rutan, jämfört med höjd över havet för den centrala rutan. Om medelvärdet för höjd över havet för omkringliggande rutor ligger mer än 20 m lägre än motsvarande värde för den centrala rutan, då räknas den centrala rutan till kategorin högt liggande områden i inlandet.

Utifrån mätningar vid sex platser i Västra Götalands län har detaljerade geografiska definitioner av respektive kategorier för ozonförekomst föreslagits, där **kustnära** definierats som platser inom 20 km från den sammanhängande kustlinjen, där **högt belägna platser** definierats som platser i inlandet som har en relativ topografi som medför att platsen ifråga ligger mer än 20 m över omgivande områden räknat som ett medelvärde i alla väderstreck och på ett avstånd mellan 1 och 3 km från platsen i fråga. (Karlsson m.fl., 2007b). **Lågt belägna platser** blir de platser i inlandet som inte uppfyller definitioner av högt belägna platser. Utifrån ovanstående definitioner har GIS-avdelningen vid Länsstyrelsen i Västra Götaland tagit fram en yttäckande karta över södra Sverige, som visas i Figur 4. GIS analysen visade att kategorierna för hög ozonförekomst, dvs kustnära och högt belägna områden i inlandet, omfattade ca 20 % av den totala arealen i Västra Götaland.



Figur 4. En illustration av de olika ozonklimat zonerna i södra Sverige. Kustnära platser och högt belägna platser i inlandet markeras rött. Lågt belägna platser i inlandet markeras med gulgrönt. Kartan har producerats av GIS avdelningen vid Länsstyrelsen i Västra Götaland utifrån följande definitioner: kustnära platser definieras som belägna inom 20 km från den sammanhängande kustlinjen; högt belägna platser definierats som platser i inlandet som ligger mer än 20 m över omgivande områden räknat som ett medelvärde i alla väderstreck och på ett avstånd upp till 3 km från platsen i fråga; lågt belägna är alla övriga platser. Svarta trianglar visas platser där ozonhalter mäts för närvarande med instrument eller diffusiva provtagare.

Det råder ett starkt samband mellan dygnsvariationerna i ozonhalter och dygnsvariationerna i lufttemperaturer (Piikki m. fl., 2008a). I en tidigare studie (Tabony, 1985) undersökte man sambanden mellan variationer i lufttemperaturen och den lokala topografin vid 145 olika platser i Storbritannien. Även i denna studie drog man slutsatsen att det var den lokala topografin inom 3 km avstånd från platsen som hade störst betydelse för temperaturvariationerna. En viktig slutsats som man drog i denna omfattande studie var att det exakta horisontella avståndet från platsen över vilka man beräknade den relativa topografin inte spelade så stor roll. Det var till och med lika bra att använda den relativa topografin för exakt 3 km avstånd ifrån platsen, som att använda det integrerade värdet för alla avstånd mellan 0 och 3 km. Det är anmärkningsvärt att två helt oberoende studier i skilda länder med olika klimatologi och baserat på två så vitt skilda parametrar som ozonhalter och lufttemperatur, ger samma värde för det avstånd inom vilket den lokala topografin spelar roll. Dock måste vi ändå ta i beaktande att ovan beskrivna definitioner av de geografiska förutsättningarna för respektive kategori för ozonförekomst är framtagna baserat på mätningar av ozonhalter och meteorologi vid olika platser i Västra Götaland och sålunda baserat på de klimat- och andra geografiska förutsättningar som råder där.

Vid en första analys av de sydliga länen Halland, Skåne och Blekinge, gjorde vi bedömningen att den viktigaste bristen i hittills uppnädd kunskap gäller variationen i ozonförekomst för flacka områden som sträcker sig över långa avstånd från kusten mot inlandet. Detta är vanligt förekommande i de sydliga länen men inte i Västra Götaland. Eftersom ozonförekomsten är som högst vid kusten är det viktigt att kvantitativt kunna beskriva hur den höga ozonförekomsten avtar inåt land. Mätresultat från sommaren 2007 (Piikki m. fl., 2008a) visade att ozonförekomsten vid Backåkra, öster om Ystad ca 1 km från kusten, var hög men dock inte lika hög som vid Nidingen, en ö ca 6 km utanför norra Hallands kust. Modelleringar av ozonhalterna med MATCH-modellen tyder på att ozonförekomsten är särskilt hög vid kusterna längs Kalmar län, Blekinge, Skåne, Halland samt Västra Götaland (Langner m. fl., 2004).

4 Tillvägagångssätt

4.1 Övergripande strategi

Som beskrivits ovan görs bedömningen att det saknas viktig kunskap om hur ozonförekomsten varierar i flacka områden från kusten och inåt landet såsom för jordbruksbygder i södra Sveriges kustland. Därför inleddes projektet med kompletterande mätningar av ozonhalter och meteorologi på timbasis med ett mätsystem placerat i en täckt släpkärra, samma mätsystem som använt under tidigare år (Karlsson m. fl., 2007a,b, Piikki m. fl., 2008). Tre mätplatser vid Smygehuk i Skåne användes, från kusten och norrut (Figur 5). Vid varje plats användes en mätperiod på minst fyra veckor, för att täcka in variationer i vädret (Tabell 3). Före och efter hela mätperioden placerades mätsystemet en vecka vid Vavihill, EMEPs mätstation på Söderåsen, för interkalibrering med de ozonmätningar som bedrivs där. Meteorologiska givare kalibrerades mot IVL's mätsystem vid Östads Säteri, före och efter hela mätperioden. Vid de två lokaler där det mobila mätsystemet inte var placerat mättes temperatur, relativ luftfuktighet, vindstyrka samt solinstrålning med ett något enklare system.

Tabell 3. Tidsperioder för mätningarna i Skåne 2008.

Mät-period	Datum	Antal dagar	Mobila systemets placering	Anmärkning
1	2-14 maj	12	Vavihill	Interkalibrering av mobila systemet
2	14 maj – 14 juni	31	Smygehuk	
3	14 juni – 13 juli	29	Brönnetorp	
4	13 juli – 12 aug	30	Ramnhult	
5	12 aug – 4 sep	23	Vavihill	Interkalibrering av mobila systemet
	11 sep och framåt		Östad	Interkalibrering av samtliga instrument



Figur 5. En karta med markerade mätplatser. Gula stjärnor markerar platser för mätningar med diffusiva provtagare och enklare meteorologi. Röda cirklar markerar platser för mätningar med det mobila systemet.

Tabell 4. Platser för meteorologiska mätningar med Tiny Tags samt lufthaltsmätningar med passiva dubbelprover av ozon samt NO₂. Numreringen med start vid värdet 2 sträcker sig från Smygehuk (nr 2) i riktning norrut och indikeras med stjärnor i Figur 7. Med relativ topografi avses det topografiska läget för mätplatsen ifråga relativt omgivande landskap inom en radie av 3 km. Ett negativt värde innebär att platsen höjer sig över omgivande landskap, ett positivt värde att platsen ligger lägre jämfört med omgivande landskap. Gränsen för att en plats skall räknas som högt belägen ligger vid -20 m.

Mät-plats nr	Namn	Long/lat	Avstånd från kust, km	Höjd över havet, m	Relativ topografi, m
1	Vavihill			150	-6
2	Smygehuks hamn	55° 20,266' 13° 21,484'	0	1	2
3	Östra Torp kyrka	55° 20,771' 13° 21,406'	Ca 1 km	5	0
4	Stora Isie	55° 21,438' 13° 20,685'	Ca 2km	15	-4
5	Hemmesdynge kyrka	55° 22,220' 13° 21,281'	Ca 4 km	20	-3
6	Brönnetorp	55° 24,615' 13° 21,204'	Ca 8 km	30	4
7	Stjärneholm	55° 29,299' 13° 27,257'	Ca 16 km	45	7
8	Ramnhult	55° 32,824' 13° 26,846'	Ca 24 km	75	-8
9	Gödelöv kyrka	55° 36,873' 13° 24,263'	Ca 31 km	45	6

Vid åtta mätplatser längs en linje från Smygehuk och norrut (inkluderat de tre platserna där mätningar bedrevs med det mobila systemet) samt Vavihill utfördes mätningar med diffusiva provtagare för ozon och NO₂ i månadsvisa perioder, kompletterat med enkla meteorologiska givare (Tiny Tags). Tidsperioderna för mätningarna redovisas i Tabell 3 och positionerna visas i Figur 5 samt Tabell 4. Den första perioden var bara 12 dagar och genomfördes under den period då det mobila mätsystemet stod vid Vavihill för interkalibrering. Avsikten med denna mätperiod var att ge ett underlag för beslut om vid vilka tre av de åtta platserna i Figur 5 som det mobila mätsystemet skulle placeras. Tyvärr blev denna mätperiod avvikande jämfört med övriga mätperioder under sommaren (se vidare nedan) vilket bidrog till att det mobila mätsystemet inte placerades vid någon mer plats riktigt nära kusten, förutom Smygehuk.

Ozondata från SLU's försöksspark i Asa inhämtades från Ola Langvall, SLU, och analyserades i relation till ozondata från den högt belägna mätplatsen Norra Kvill, på gränsen mellan Småland och Östergötland, i relation till Vavihill samt i relation till Östads Säteri, belägen lågt i landskapet i inlandet av Västra Götaland ca 45 km nordost om Göteborg.

5m:
Ozon
Vind hast. + riktning
1m:
Vind hast.
Luft temp. + relativ fukt
Temp diff., 1-5 m
Strålning

Mobilt mätsystem

Figur 6. En illustration av det mobila mätsystemet.

Tabell 5. Mätsystemen som används i det mobila systemet

Parameter	Utrustning	Kommentar
Ozonhalter i luft	UV instrument, Thermo Environmental	Instrumentet mäter kontinuerligt vid en punkt, d.v.s. inga växlingar mellan mätpunkter. Noggrannhet ca $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
Vindmätning, horisontell riktning och hastighet på 5 m över mark	Young. Wind Sentry anemometer & Vane	Skålkors och flöjel. Noggrannhet ca $\pm 0.1 \text{ m/s}$ (tröskelvärde för igångsättning ca 0.5 m/s), vindriktning ca 10° .
Vindmätning, horisontell hastighet på 1 m över mark	Young. Wind Sentry anemometer	Skålkors. Noggrannhet ca $\pm 0.1 \text{ m/s}$ (tröskelvärde för igångsättning ca 0.5 m/s).
Luft temperatur, relativ fuktighet	Rotronic Hygroclip S3 RH/T	Kalibreras mot utrustning på Östad, placerade i mekaniskt ventilerade strålningskydd. Noggrannhet ca $\pm 0.1^\circ\text{C}$.
Mätning av temperaturdifferens mellan 5 och 1 m	2 st. termoelement typ Koppar/ Konstantan	Placerade i mekaniskt ventilerade strålningskydd. Noggrannhet ca $\pm 0.1^\circ\text{C}$.
Ljusstrålning, mätt som PAR (photosynthetic active radiation)	LICOR	Kalibrerad av FDS Mätsystem i Skara mot nyligen inköpt globalstrålnings-mätare. Noggrannhet ca $\pm 20 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.
Logger GSM kommunikation		Telefonuppringning från IVL varje natt.
Logger	Campbell CR10	Befintlig

4.2 Metodik - mobila mätsystemet

Det mobila systemet för mätningar av ozonhalter och meteorologi på timbasis har beskrivits i tidigare rapporter (Karlsson m. fl., 2007a, Piikki m. fl., 2008a).

Det mobila mätsystemets utformning beskrivs i Tabell 5 samt i Figur 6. Ozoninstrument, logger, GSM kommunikation m.m. var placerade i en täckt släpkärra. Luftintaget för ozoninstrumentet samt de meteorologiska givarna satt på en mast 1 respektive 5 m över marknivån.

4.3 Metodik - diffusiva provtagare och enklare meteorologi

Mätningar med diffusiva provtagare på månadsbasis och enklare meteorologi på timbasis har beskrivits i tidigare rapporter (Karlsson m. fl., 2007a, Piikki m. fl., 2008a) och beskrivs i Tabell 6. På samtliga platser mättes även temperatur och luftfuktighet med Tinytag av modellen Tinytag Plus2 TGP-4500 eller Tinytag Plus TGP-1500. Tinytags var placerade i självventilerande strålningskydd. Temperatur och luftfuktighet lagrades var tionde minut och utifrån dessa resultat beräknades timmedelvärden. Mätosäkerheten för dessa instrument är 0.45 °C och +/- 3% relativ luftfuktighet.

4.4 Övrig metodik

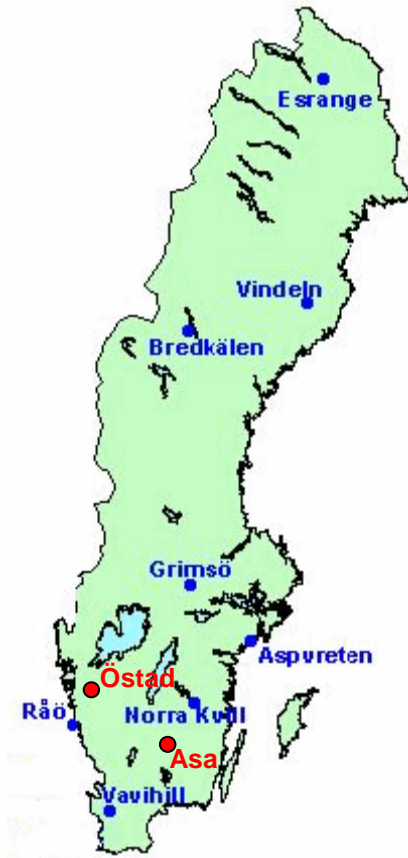
En översikt över platser där timvisa ozonhalter mäts med instrument inom den nationella miljöövervakningen samt i regi av IVL och SLU visas i Figur 7.

Ozondata från EMEP's mätstation vid Vavihill är framtagna inom den nationella Miljöövervakningen, finansierad av Miljöövervakningsenheten vid Naturvårdsverket. Dessa mätningar beskrivs på IVL's hemsida, www.ivl.se.

Ozonhalter har mätts vid Östads Säteri, 45 km nordost om Göteborg i regi av IVL och Göteborgs Universitet (Karlsson m. fl., 2004). Ozonhalter har mätts på 5 alternativt 9m över mark och ozoninstrument som använts har kalibrerats minst två gånger årligen. I olika perioder har ozon också mätts vid Asa försökspark, ca 20 km norr om Växjö i regi av Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. Sedan 2006 finansieras dessa mätningar av Luftvårdsförbunden i Jönköpings och Kronobergs län. Även här sker kalibrering vid två tillfällen per år.

Tabell 6. Mätssystemen som användes i samband med mätningar med diffusiva provtagare.

Parameter	Utrustning	Kommentar
Ozonhalter i luft	Diffusiva provtagare	Givarna var placerade 2 m över marken. Mätningarna skedde med dubbel provtagning och gav medelvärden över månadsvisa perioder. Noggrannhet ca ± 2 µg/m ³ .
Halter av NO ₂ i luft	Diffusiva provtagare	Givarna var placerade 2 m över marken. Mätningarna skedde med dubbel provtagning och gav medelvärden över månadsvisa perioder. Noggrannhet ca ± 2 µg/m ³ .
Vindmätning, horisontell hastighet på 1 m över mark	Young. Wind Sentry anemometer	Skålkors. Givarna var placerade 1 m över marken. Noggrannhet ca ± 0.1 m/s (tröskelvärde för igångsättning ca 0.5 m/s).
Luft temperatur, relativ fuktighet	Rotronic Hygroclip S3 RH/T	Givarna var placerade 1 m över marken i passivt ventilerade strålningskydd. Kalibreras mot utrustning vid Östads Säteri. Noggrannhet ca ± 0.1 °C.
Total solinstrålning,	Skye SKS 1110/S Silicon Cell Pyranometer	Noggrannhet ca ± 3%.
Logger	Campbell CR510	



Figur 7. En karta som visar positionerna för mätplatser för ozon i Sverige inom EMEP-systemet samt Östad (IVL) och Asa (SLU). Kartan visar situationen 2009.

5 Mätningar i Skåne 2008

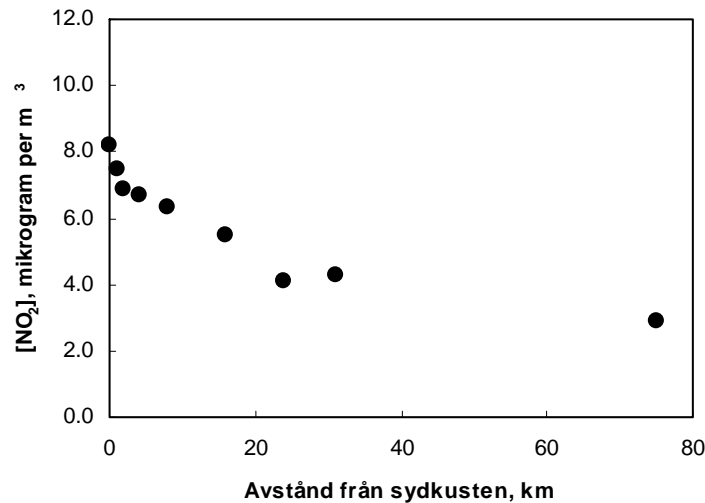
5.1 Översikt över mätningarna

Mätningar med diffusionsprovtagare (dubbelprovtagning) för NO₂ och ozon gjordes i en transekt åt NNO från sydkusten, med början i Smygehuks hamn (Figur 5) under fyraveckors perioder (den första perioden var endast 12 dagar) med start 2/5 och avslut 4/9 2008 (Tabell 3). Den främsta avsikten med dessa mätningar var att undersöka om den tendens till högre ozonhalter i kustområdet, jämfört med inland, som observerats i andra områden, även gäller vid sydkusten samt att försöka avgöra hur långt inåt land denna kusteffekt sträcker sig.

Vid tidigare mätningar av denna typ har vi rutinmässigt även mätt NO₂. Om NO₂-koncentrationerna är låga innebär det att den fotokemiska jämvikten är starkt förskjuten mot ozon (se Figur 1). Om betydande NO₂-halter observeras måste hänsyn till detta tas i bedömningen av ozonmätningarna, eftersom en del av den sammanlagda nivån på oxidanter (Ox = O₃ + NO₂) föreligger som NO₂. Detta är normalt fallet i urban miljö, men har aldrig varit fallet vid de mätningar som tidigare bedrivits på olika platser i landsbygds miljön i sydvästra Sverige under de senaste åren (Karlsson m. fl., 2007a, Piikki m. fl., 2008a). Halterna av NO₂ har då i de flesta fall legat lågt eller mycket lågt.

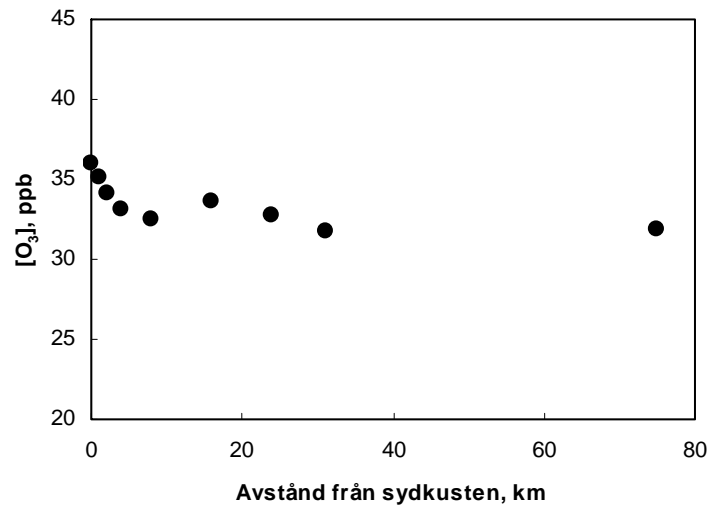
5.2 Resultat från mätningar med diffusiva provtagare och enkla meteorologiska mätningar

Som framgår av Figur 8 observerades genomsnittliga halter av NO₂ på omkring 8 µg m⁻³ vid Smygehamn, med en tydligt avtagande trend med ökat avstånd från kusten. Högst var NO₂-halterna under den första mätperioden (2/5 – 14/5), då halten i Smygehamn var 14 µg m⁻³. Mönstret med fallande NO₂-halter med stigande avstånd från sydkusten upprepade sig varje period. Den troliga förklaringen till de höga NO₂-nivåerna (som i genomsnitt var i paritet med dem som observerades vid Slottsskogen i Göteborg sommaren 2007) är sjöfart längs sydkusten. Det finns inga andra källor som kan förklara det observerade mönstret med minskande halter från kusten inåt land. Något förhöjda NO₂-halter jämfört med dem som erhållits vid mätningar i inlandet observerades också när mätningar gjordes på Nidingen (Piikki m. fl., 2008a), en ö utanför norra Hallands kust, som också är påverkad av sjöfart.



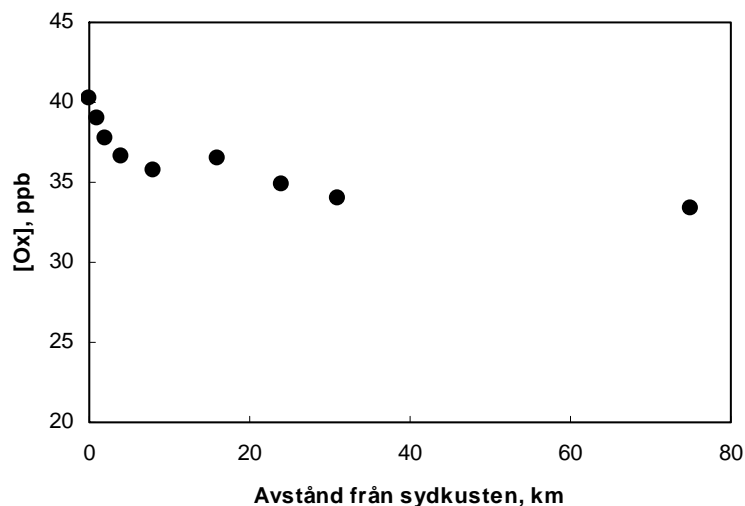
Figur 8. Variation i koncentrationen av NO₂ med ökat avstånd från Skånes sydkust. Genomsnitt av fem mätperioder 2/5 – 4/9 2008. Punkten längst till höger avser Vavihill.

För ozon observerades också en avtagande trend med växande avstånd från sydkusten (Figur 9), men i detta fall kan mönstret inte förklaras av emissioner från t ex fartygstrafik, eftersom ozon är en sekundär, fotokemiskt bildad förorening. Istället är det den goda vertikala luftomblandningen, som effektivt kompenserar för deposition vid markytan, i kombination med en låg depositionshastighet för ozon över öppet vatten, som förklarar kusteffekten. Mätningarna bekräftade således hypotesen om högre ozonhalter vid kusten och enligt mätningarna sommaren 2008 så sträcker sig denna effekt ca 8 km in över land.



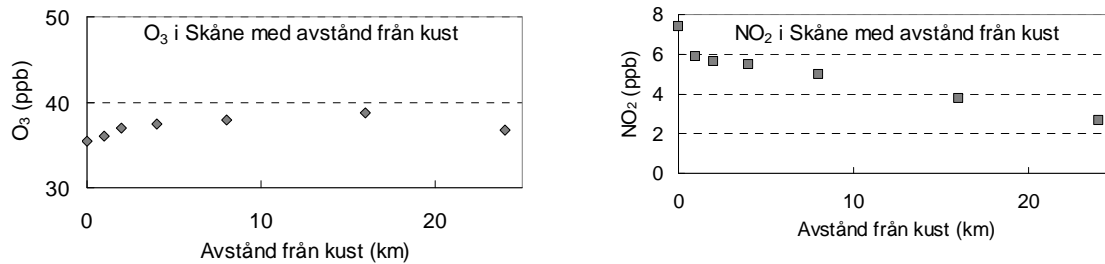
Figur 9. Variation in koncentrationen av ozon med ökat avstånd från Skånes sydkust. Genomsnitt av fem mätperioder 2/5 – 4/9 2008. Punkten längst till höger avser Vavihill. Ozonhalter anges som ppb. En ppb motsvarar ca $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Eftersom nivåerna av NO_2 inte var försumbara vid Sydkusten sommaren 2008 är det nödvändigt att se till den sammanlagda nivån på oxidanter. Utsläppen av kväveoxider sker främst i form av NO . Denna kommer till stor del att oxideras av ozon och då omvandlas till NO_2 . I frånvaro av betydande nivåer av kväveoxider hade ozonhalten alltså varit högre. Vid Smygehamn låg nivån av O_x drygt 4 ppb (ca $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) högre än nivån av ozon i genomsnitt under mätningarna sommaren 2008. Om man plottar koncentrationen av O_x mot avståndet från Sydkusten får man en bild som liknar den för ozon, på en något högre nivå och med en något tydligare kusteffekt (Figur 10).



Figur 10. Variation in koncentrationen av O_x ($= \text{O}_3 + \text{NO}_2$) med ökat avstånd från Skånes sydkust. Genomsnitt av fem mätperioder 2/5 – 4/9 2008. Punkten längst till höger avser Vavihill. En ppb motsvarar ungefär $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

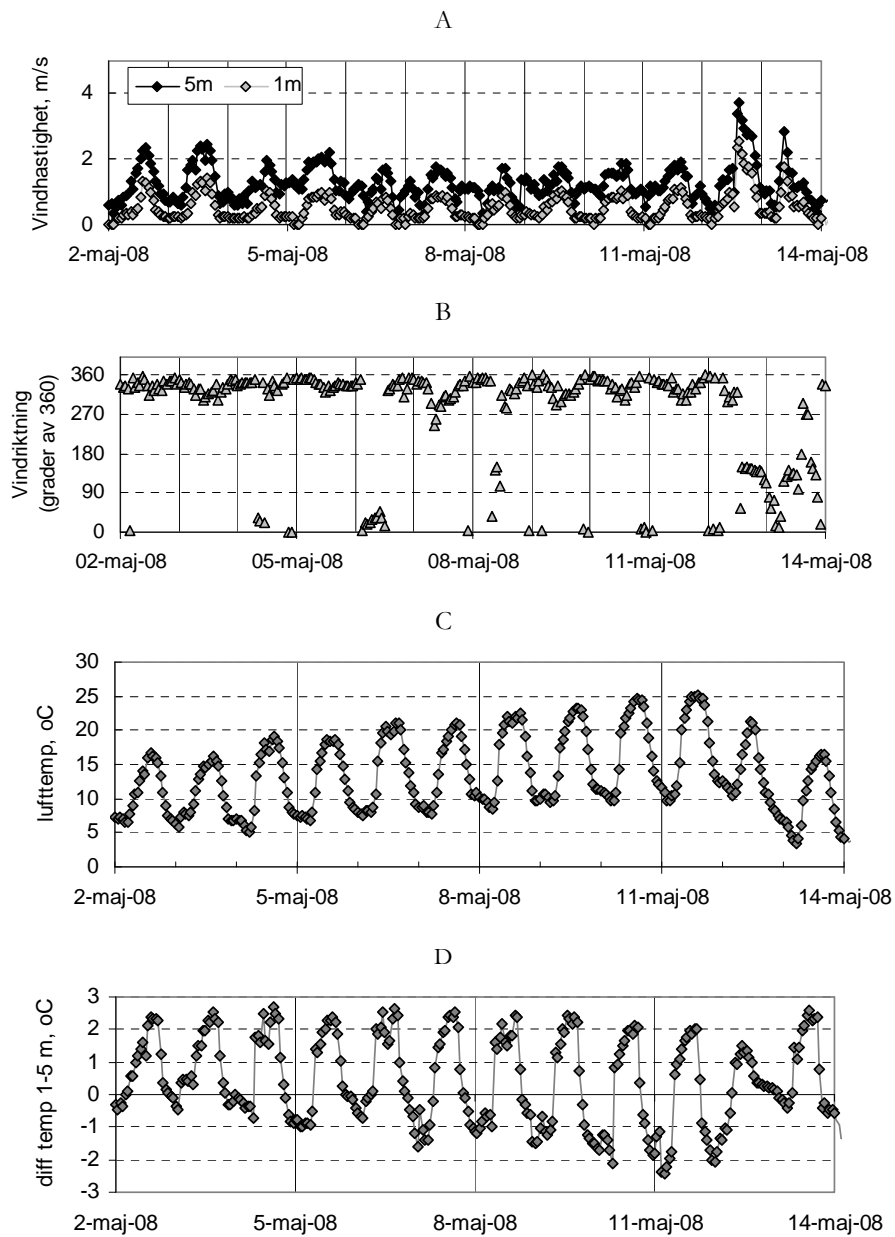
Som nämnts ovan uppmättes de högsta halterna av NO₂ under den första mätperioden (2/5 – 14/5). I Figur 11 visas de uppmätta medelhalterna av ozon och NO₂ för just denna period vid de olika mätplatserna. Som framgår av figurerna var halterna av NO₂ mycket höga närmast kustlinjen vid Smygehuk. För denna period var ozonhalterna lägre närmast kusten. Detta tyder på att halterna av NO_x var så höga närmast kusten att de resulterade i sänkta ozonhalter på grund av kemisk titrering med kvävemonoxid (NO). Detta fenomen uppmättes endast för denna första mätperiod, alla övriga perioder var ozonhalterna högre närmast kusten.



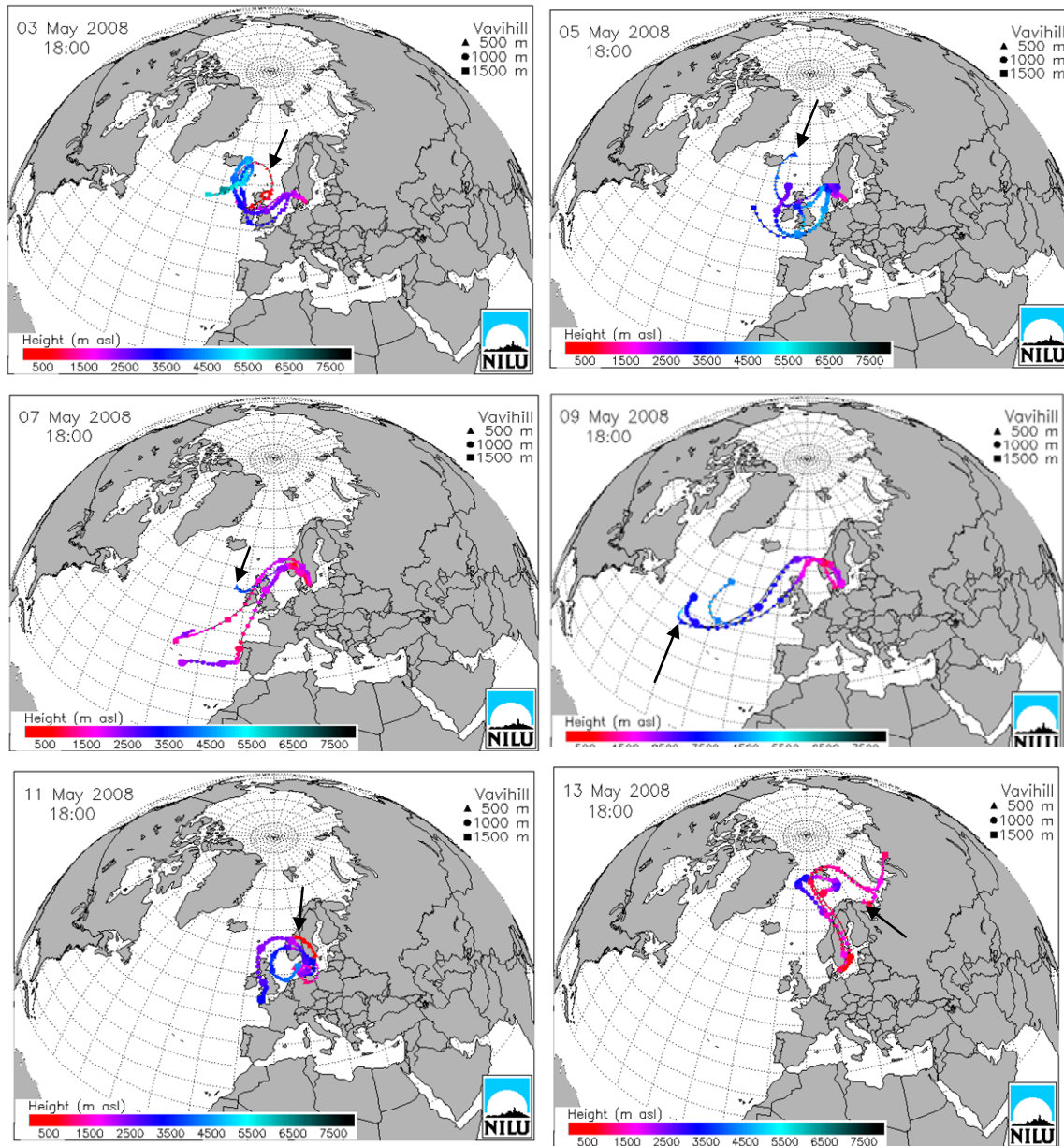
Figur 11. Variation i koncentrationen av ozon och NO₂ med ökat avstånd från Skånes sydkust för mätperioder 2/5 – 14/5 2008. Under denna period mättes ej lufthalter vid Gödelöv, 31 km från kusten. En ppb motsvarar ungefär två µg/m³ för både ozon och NO₂.

Eftersom de höga NO_x halterna vid kusten medförde lägre ozonhalter närmast kusten är det av vikt att avgöra hur vanligt förekommande denna situation är. Därför gjordes en ingående analys av de meteorologiska förhållandena och ursprunget för de luftmassor som befann sig över Skåne för perioden 2/5 – 14/5 2008. Eftersom det mobila systemet under perioden var placerat vid Vavihill, visar vi timvisa meteorologiska data för denna plats (Figur 12). Perioden var kraftigt högtrycksbetonad. Strålningsmätningarna visar att det vid Vavihill var molnfrött dagtid nästan alla dygn. Vindhastigheterna dagtid var låga och vindriktningen vid Vavihill var genomgående från nordväst. Nattetid var det vindstilla på 1 m höjd över marken medan det 5 m över marken var en viss vind även nattetid. Trots detta var det tydliga inversioner av lufttemperaturen nattetid på grund av utstrålningen från marken mot en klar himmel. De absoluta lufttemperaturerna varierade kraftigt under dygnet vilket också visar på den kraftiga utstrålningen nattetid.

Inom EMEP publiceras beräkningar av luftens ursprung (trajektorier) för alla EMEPs mätstationer för var 6:e timma (www.emep.int). Vi har samlat in dessa trajektorier för Vavihill under perioden 2/5 – 14/5 2008 och i Figur 13 visar vi dessa analyser för eftermiddagarna (kl 12-18) för varannat dygn under perioden. Det finns även trajektorier för en mätplats vid Tysklands Östersjökust, Zingst. För den undersökta perioden var trajektorierna för Zingst lika de för Vavihill, vilket tyder på att trajektorierna för Vavihill kan vara representativa även för Smygehuk. Trajektorierna visar att luften som anlände till Vavihill under perioden genomgående hade sitt ursprung från Atlanten eller från mer nordliga latituder. I vissa fall har luften passerat över Storbritannien men inte i något fall har luften sitt ursprung från det starkt förorenade kontinentala Europa. Rotationen medsols visar på högtrycksförhållanden och en noggrann granskning visar att det är tätt mellan symbolerna vilket i sin tur visar att luftmassorna har rört sig relativt långsamt. Det har således under perioden varit högtrycksförhållanden med relativt svaga rörelser hos luftmassorna vilket gjort att de kunnat ackumulera luftföroreningar från området runt Skåne och Danmark. Relativt låga vindhastigheter samt höga lufttemperaturer dagtid gör att det är stora möjligheter att det vid Smygehuk uppstod pålandsvind under dagtid på grund av sjöbris. Även om vindriktningen vid Vavihill i huvudsak var från nordväst under perioden är det troligt att en transport av NO_x från havet in mot land kunde ske vid Smygehuk under dagtid på grund av denna sjöbris.



Figur 12. Timvisa meteorologiska data uppmätta med det mobila systemet vid Vavihill under perioden 2/5 – 14/5 2008. A, vindhastighet 1 respektive 5 m över mark; B, Vindriktning 5 m över mark; C, Lufttemperatur 1 m över mark; D, Skillnad i lufttemperatur mellan 1 och 5 m över mark (negativt värde innebär kallare närmast marken).

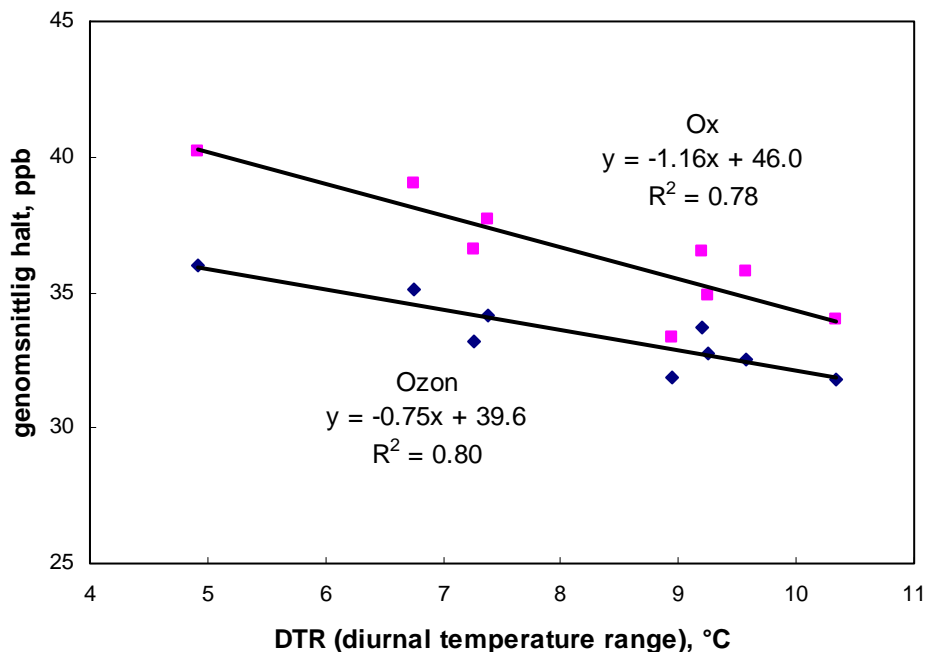


Figur 13. 3-dimensionella trajektorier för luftmassan som anländer vid angiven tidpunkt vid Vavihill. Kartor visas för eftermiddagen (medelvärde kl 12-18) för varannan dag mellan 3 och 13 maj 2008. Trianglar visar ursprunget för den luft som fanns mellan 0 och 500 m över mark vid ankomsten till Vavihill och färgen visar höjd över mark som luftmassan färdats på väg dit, med rött motsvarande 500 m, violett 1500 m och blått 2500 m över marknivå. Svarta pilar visar startpunkten för den luft som anlände till Vavihill mellan 0 och 500 m.

Enligt tidigare erfarenhet beror kusteffekten till stor del på de genomsnittliga ozonhalterna dygnsvariationen i ozon och dess koppling till dygnsvariation i temperatur. På kustnära lokaler faller temperaturen mindre nattetid än på inlandslokaler på grund av att vattenmassan fungerar som ett värmemagasin och att ytvattnet, som kyls av genom utstrålning, blandas om med djupare liggande, varmare vatten. Därmed utvecklas inte markinversion under natten lika lätt nära kusten som i

inlandet, vilket i sin tur gör att den vertikala omblandningen av luft under natten minskar i mindre grad vid kusten. Ozon som förbrukas genom deposition kan då ersättas med ozon från högre liggande luftlager och ozonhalten nära marken faller inte lika mycket.

För att testa hypotesen om kopplingen mellan ozon och dygnsvariationen i temperatur mättes temperaturen på samliga lokaler på timbasis med så kallade TinyTags. För varje dygn beräknades skillnaden mellan maximal och minimal temperatur och för varje mätperiod beräknades ett medelvärde av de dygnsvisa värdena av DTR (daily temperature range). Om hypotesen om att en mindre variation i temperatur under dygnet leder till högre genomsnittliga ozonhalter bör ett negativt samband erhållas mellan ozonhalt och DTR. Resultatet för mätningarna i sydvästra Skåne under 2008 visas i Figur 14.



Figur 14. Samband mellan halten av oxidant ($O_x = O_3 + NO_2$) respektive ozon och DTR, dvs den genomsnittliga skillnaden mellan maximal och minimal temperatur under dygnet. Resultatet för de månadsvisa mätningarna i sydvästra Skåne under 2008.

Det fanns ett negativt samband mellan såväl ozonhalt som halten av oxidant (O_x) med DTR, vilket alltså stöder hypotesen om kopplingen i mellan ozon och dygnsvariationen i temperatur. Korrelationen var något högre för ozon än för O_x . Det kan bero på att tillskottet till O_x av NO_2 beror av emissioner som inte har lika direkt koppling till temperaturen, medan å andra sidan även lokala variationer i inlandet mellan olika platser i inversionsbenägenhet och därmed låga ozonhalter nattetid fångas upp av DTR.

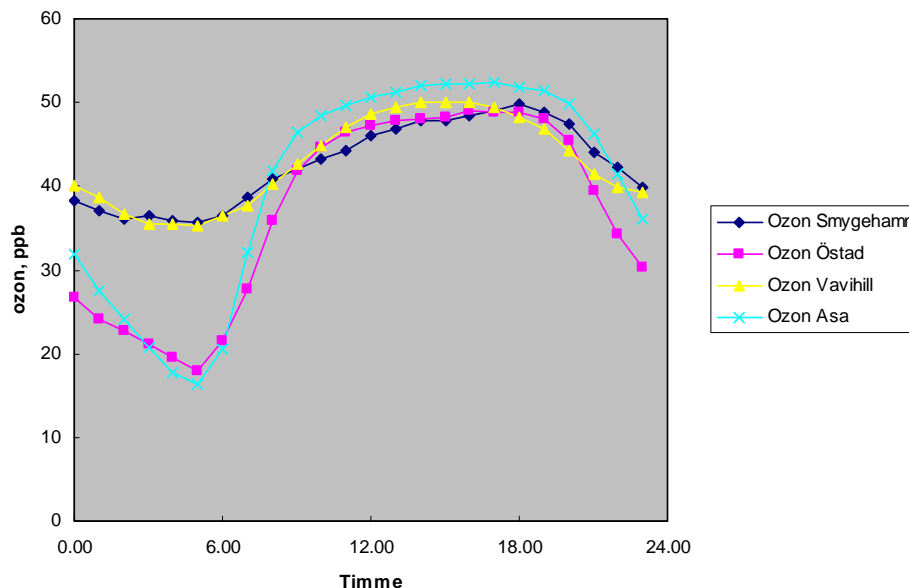
Man bör hålla i minnet att det finns ytterligare en aspekt av kusteffekten för ozon, nämligen den att ozondepositionen över vattenytor är mycket låg, vilket också gynnar höga genomsnittliga ozonhalter vid kusten. Detta har ingen direkt koppling till temperaturvariationerna. Det kan också finnas vädersituationer, t ex under våren, då dimma vid kusten påverkar de fotokemiska jämvikterna och därmed faktiskt leder till lägre ozonhalter än på en närbelägen plats i inlandet med solsken.

5.3 Resultat från mätningar med ozoninstrument och meteorologi med ett mobilt mätsystem

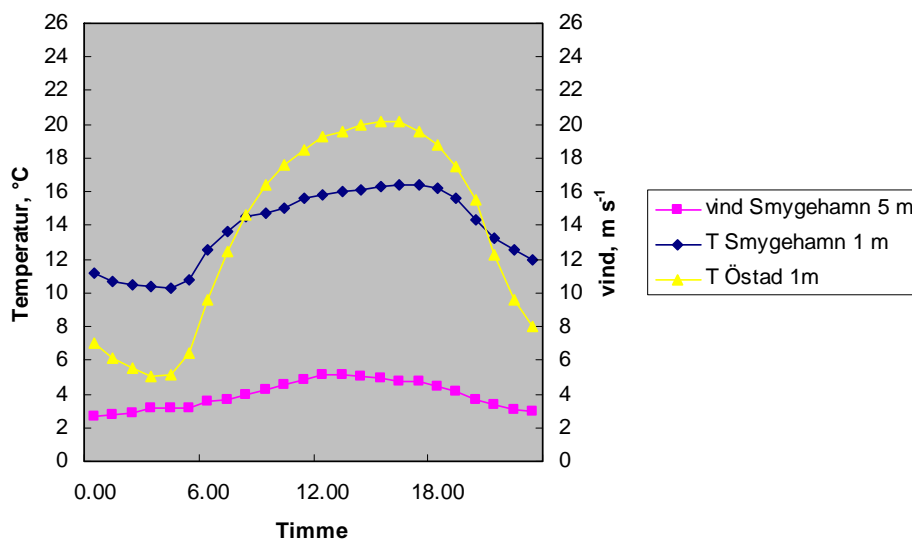
Det mobila mätsystemet för ozon med kontinuerligt registrerande instrument och kompletta meteorologiska mätningar sattes upp på tre ställen i den transekt som beskrivits under kapitel 5.1: vid Smygehamn (15/5 – 14/6) vid själva kusten, vid Brönnetorp (16/6 – 12/7) på 8 km avstånd från kusten samt vid Ramnhult (15/7 – 12/8) 24 km från kusten. För varje mätplats redovisas en medeldygnskurva för ozon. Denna jämförs med motsvarande observationer för Vavihill (Söderåsen, närmaste EMEP-station), Asa (inlandslokal i Kronobergs län) och Östads Säteri (inlandslokal i Västra Götaland). Dessutom redovisas medeldygn för temperatur (där jämförelse görs med Östad) och vind. Vind är ett enkelt mått på vertikal omblandning. Temperaturdynamiken under dygnet avspeglar stabiliseringen av gränsskiktet närmast jordytan under natten som starkt påverkar den vertikala transporten av ozon.

5.3.1 Smygehamn

Figur 15 visar ozonhalterna för den tid det mobila systemet var uppställt vid Smygehamn. Under denna period var ozonhalterna relativt höga, med genomsnittliga dygnsmaxima nära $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maximalt timmedelvärde var $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och maximalt 8-timmarsmedelvärde var $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Smygehamn. Vid såväl Vavihill som Smygehamn var dygnsvariationen i ozon begränsad och betydligt mindre än på inlandslokalerna. Detta tyder på relativt god luftomblandning över stora delar av Skåne under den aktuella perioden. Temperaturdynamiken skiljde sig betydligt mellan Smygehamn och Östads Säteri (Figur 16), vilket förklarar den stora skillnaden i dygnsvariationen i ozon mellan de båda platserna.



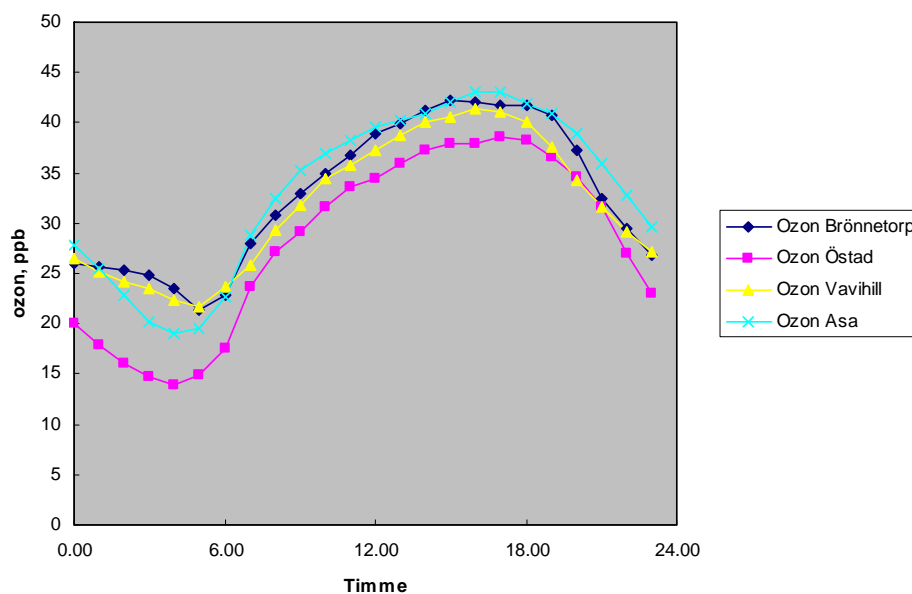
Figur 15. Ozonhaltens genomsnittliga dygnsvariation vid Smygehamn och tre andra platser i södra Sverige under perioden 15/5 – 14/6 2008. En ppb motsvarar två $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



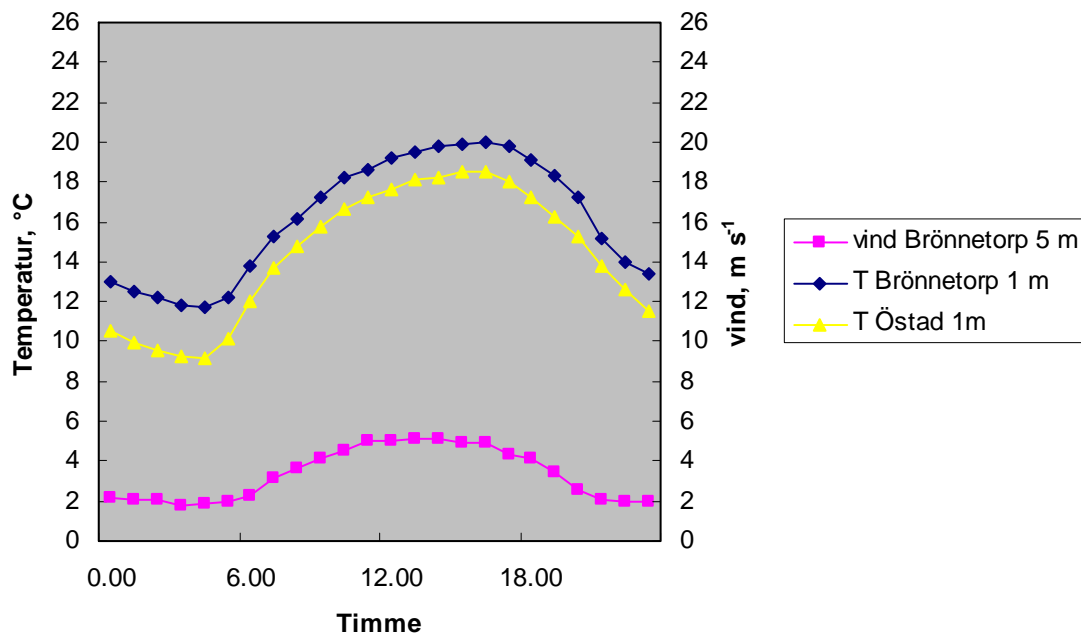
Figur 16. Temperaturs och vindhastighetens genomsnittliga dygnsvariation vid Smygehamn under perioden 15/5 – 14/6 2008 samt motsvarande temperatur för Östads Säteri.

5.3.2 Brönnetorp

I Figur 17 visas dygnsvariationen i ozon för den period då det mobila mätsystemet var uppställt vid Brönnetorp, ca 8 km från kustlinjen. Under denna period var ozonhalterna något lägre. Det maximala timmedelvärdet var $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och det maximala 8-timmarsmedelvärdet var $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Brönnetorp. Vavihill och Brönnetorp hade likartade ozonhalter. De skilde sig heller inte mycket från inlandslokalerna under denna period. Detta stämmer med den relativt begränsade dygnsvariationen i temperatur även vid Östads Säteri jämfört med perioden då det mobila systemet stod vid Smygehamn (Figur 18).



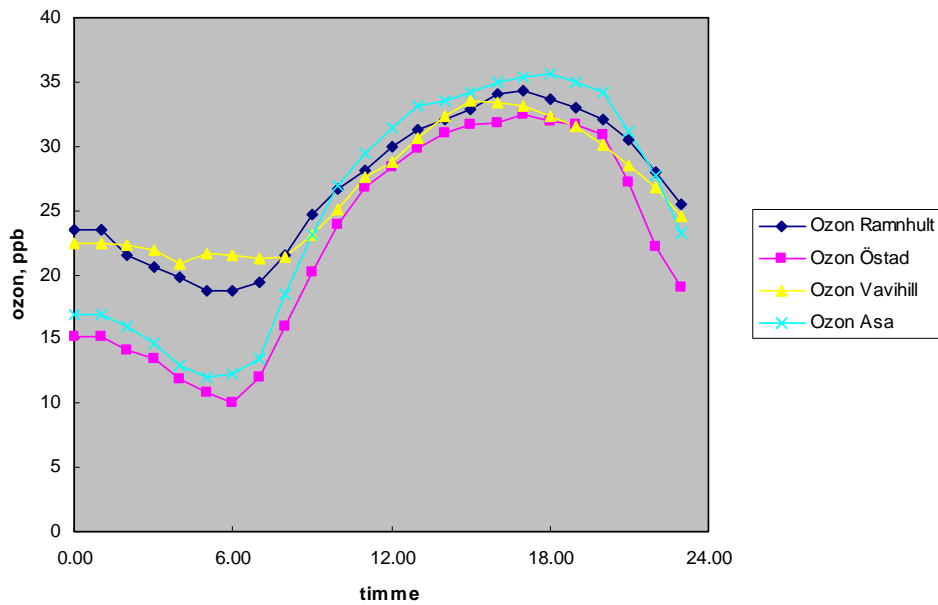
Figur 17. Ozonhaltens dygnsvariation vid Brönnetorp och tre andra platser i södra Sverige under perioden 16/6 – 12/7 2008. En ppb motsvarar två $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



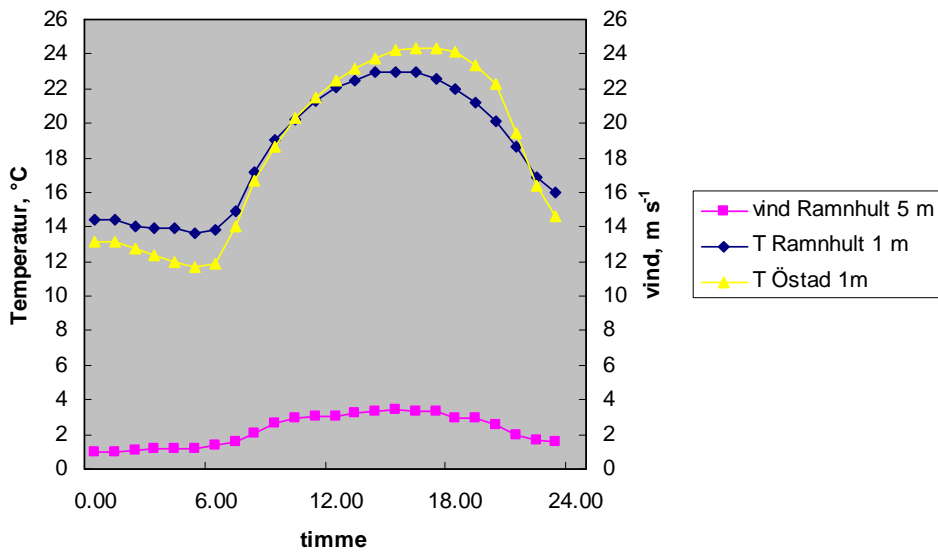
Figur 18. Temperaturs och vindhastighets variation vid Brönnetorp under perioden 16/6 – 12/7 2008 samt motsvarande temperatur för Östads Säteri.

5.3.3 Ramnhult

Även under den period då det mobila systemet var placerat vid Ramnhult, 24 km från kustlinjen, visade det stor likhet med Vavihill och låg något högre i ozonhalt än inlandslokalerna (Figur 19). Denna period var de genomsnittliga ozonhalterna ytterligare något lägre än de båda föregående perioderna. Maximalt timmedelvärde var 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och maximalt 8-timmarsmedelvärde var 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Ramnhult. Temperaturerna skilde sig obetydligt mellan Östad och Ramnhult (Figur 20).



Figur 19. Ozonhaltens dygnsvariation vid Ramnhult och tre andra platser i södra Sverige under perioden 15/7 – 12/8 2008. En ppb motsvarar två $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 20. Temperaturs och vindhastighetens variation vid Ramnhult under perioden 15/7 – 12/8 2008 samt motsvarande temperatur för Östads Säteri.

5.3.4 En diskussion om mätningarna i Skåne 2008

En kontroll av den relativa topografin för EMEPs mätplats Vavihill belägen på Söderåsen visade att den relativa topografin för denna plats var negativ (dvs att omgivande landskap ligger lägre än platsen ifråga, Tabell 4), men inte tillräckligt negativ (gräns -20 m) för att ur ozonsynpunkt räknas

som en högt belägen plats. I jämförelse med omgivande landskap inom en radie av 3 km är således Vavihill att räkna som lågt belägen. Naturliga temperaturinversioner och åtföljande nedgång av ozonhalter nattetid är förhållandevis vanligt förekommande vid Vavihill, vilket också visar att platsen inte ligger utpräglad högt i landskapet. Detta innebär att det tidigare antagandet om att ozonförekomsten vid denna plats är hög på grund av att den är högt belägen var felaktig. Istället får vi göra antagandet att ozonförekomsten generellt är högre i Skåne, jämfört med övriga län. Detta förklarar varför vi med de mobila instrumentmätningarna uppmätte lika höga ozonförekomster vid Brönnetorp och Ramnhult som vid Vavihill. Brönnetorp och Ramnhult ligger båda belägna lågt i landskapet (Tabell 4). Denna slutsats stöds vidare av Naturvårdsverkets sammanställning av den generella NO₂ förekomsten i den regionala bakgrundsluften i olika län (Tabell 7). Den höga NO₂ förekomsten kan ge upphov till en lokal ozonbildning i Skåne. Detta innebär att det sannolikt finns högt belägna och kustnära platser i Skåne med en högre ozonförekomst än den som uppmäts vid Vavihill. Eftersom NO_x både ger upphov till en kemisk förbrukning av ozon (NO) nära utsläppskällorna samt är ett utgångsämne för ozonbildning (NO₂) är relationen mellan NO_x och ozon komplex. Vid högre NO_x-nivå kommer en ej försumbar del av O_x att utgöras av NO₂. Om man då endast beaktar ozonhalten kan man få en uppfattning av oxidantnivån som lägre än den egentligen är.

Slutsatser:

- Skåne måste behandlas särskilt vad gäller de olika kategorierna för ozonförekomst eftersom ozonförekomsten är högre i Skåne, jämfört med övriga delar av södra Sverige, oberoende av lokalklimatologiska förhållanden.
- Det finns i dagsläget ingen permanent mätplats i Skåne som kan visa om det på utsatta platser förekommer högre ozonhalter än vad som uppmäts vid Vavihill.

Tabell 7. Exempel på regionala bakgrundshalter av NO₂ för olika län. Mätplats som är huvudsaklig utgångspunkt för bedömning anges inom parentes. Källa: Luftguiden, 2006.

Län (mätplats)	NO ₂ halt (µg/m ³)
Skåne (Vavihill)	4-11
Halland (Råö)	3-6
Jönköping (flera)	2-4
Gotland (Hoburgen)	2-3
Södermanland (Aspvreten)	3-6
Värmland (flera)	2-4

Mätningarna av ozon och NO₂ med diffusiva provtagare från kust mot inlandet från Smygehuk visade att ozonhalterna avtar från kusten och ett antal kilometer inåt land. Ozonmätningarna såväl som mätningarna av dygnsvariationer i lufttemperaturen tyder på att avgränsningen av kusteffekten ligger på ett avstånd runt 8 km från kustlinjen. Detta avviker från antagandet som gjordes vid tidigare studier i Västra Götaland, där gränsen sattes till 20 km (Karlsson m. fl., 2007a).

Slutsatser:

- Ozonhalterna vid Skånes sydkust är i de flesta fall högre vid kustlinjen jämfört med inlandet
- Vid flacka kustenområden avgränsas kusteffekten på ett avstånd ca 8 km från kustlinjen

Under den första mätperioden 2 – 14 maj 2008 var halterna av NO så höga närmast kustlinjen att det resulterade i en sänkning av ozonhalterna, jämfört med inlandet, genom en kemisk titrering med NO. Hur vanligt är detta fenomen? Vi uppmätte detta fenomen endast vid denna första mätperiod och inte vid någon av de övriga fyra mätperioderna fram till 2 september. Detta tyder på att det är

relativt ovanligt. Väder situationen under den första mätperioden 2 – 14 maj var kraftigt högtrycksbetonat med stor sannolikhet för pålandsvind dagtid på grund av sjöbris.

Slutsatser:

- Under vissa förhållanden kan mycket höga NO_x-halter vid kusten resultera i att ozonhalterna genom kemisk titrering med NO blir lägre vid kustlinjen jämfört med inlandet
- Detta är sannolikt relativt ovanligt

5.3.5 En sammanfattning av mätningarna i Skåne 2008

Mätningarna från kust till inland i Skåne visade att:

- Ozonhalterna avtar från kusten och ca 8 km inåt land
- Det finns även en tydlig gradient i NO₂ från kust mot inland som troligen beror på sjöfartens utsläpp
- Den icke försumbara halten av NO₂ måste vägas in när man bedömer ozongradienten
- Under vissa förhållanden kan höga NO_x halter resultera i lägre ozonhalter närmast kusten
- Det fanns ett starkt samband mellan den genomsnittliga dygnsvariationen i lufttemperaturer och den uppmätta månadsvisa ozonhalten för de platser som undersöktes
- Det mobila systemet hade under samtliga perioder ozonhalter som överensstämde relativt väl med dem som uppmättes vid EMEPs permanenta mätstation Vavihill på Söderåsen
- Vavihill ligger inte, som tidigare antagits, beläget utpräglat högt i jämförelse med det närmaste landskapet inom en radie av 3 km

6 Reviderade definitioner för olika kategorier av ozonförekomst

Mätningarna i Skåne under 2008 medför följande förändringar för indelningen av kategorier för ozonförekomsterna och dess definitioner:

- Skåne behöver betraktas som en egen kategori vad gäller ozonförekomsten.
- Definitionen av kustnära områden behöver för flacka områden i södra Sverige förändras till att avgränsas 8 km från kustlinjen, att jämföras med det tidigare använda värdet 20 km.

Frågan uppstår om ozonförekomsten i den nya kategorin för Skåne skall uppdelas i kust, höglänt, låglänt? Vi anser att Skåne i dagsläget inte skall delas upp av följande skäl:

- Arealen av höglänta områden i inlandet i Skåne, utifrån nu gällande definition, är relativt liten (Figur 4)
- Det finns i dagsläget inga platser med ozonmätningar som kan ge information om ozonförekomsten inom kategorierna kustnära eller högt belägen i inlandet
- Tillfälliga höga förekomster av NO i kustområdena kan medföra att ozonförekomsten inte är högre i dessa kustnäraområden jämfört med inlandet.

Inom det nyuppstartade Ozonmättnätet för södra Sverige har vi planerat att lägga in en ny mätplats vid Klintaskogen som ligger högt beläget på Rommeleåsen. Dessa mätningar kan framgent ge svar på om det förekommer högre ozonhalter, jämfört bl a med Vavihill.

Utifrån nyvunnen och tidigare kunskap föreslår vi en revidering av indelning och definitioner för olika kategorier för ozonförekomst för de olika länen, vilket redovisas i Tabell 8. Kategorier för ozonförekomst omfattar liksom tidigare endast landsbygdsmiljö och således ej tätbebyggda områden.

- Skåne definieras som en egen kategori omfattande all areal.
- Vi utgår från att flacka områden dominerar kustlinjerna inom länen Halland, Blekinge och Kalmar.
- Avgränsningen av kustzonen för Västra Götaland och Östergötland lämnas oförändrad vid 20 km från kustlinjen. Den större topografiska variationen för kustområdena i dessa län ger upphov till en större skrovlighet (eng roughness) på landskapsnivå, vilket ger en större turbulens och därmed i högre grad en transport av höga ozonhalter mot inlandet
- Vi ser ingen anledning att ändra definitionerna för relativ topografi.
- Vi antar tillsvi vidare att de stora sjöarna Vänern och Vättern inte medför någon kusteffekt på ozonförekomsten. Detta kommer att undersökas inom ett nytt projekt med mätningar vid Vänerns kust under sommaren 2009, finansierat av Länsstyrelsen i Västra Götaland.

Tabell 8. Nya definitioner av olika kategorier för ozonförekomst i de olika länen, baserat på ny information från mätningar i Skåne 2008. Kategorierna omfattar endast landsbygdsmiljö, ej tätorter.

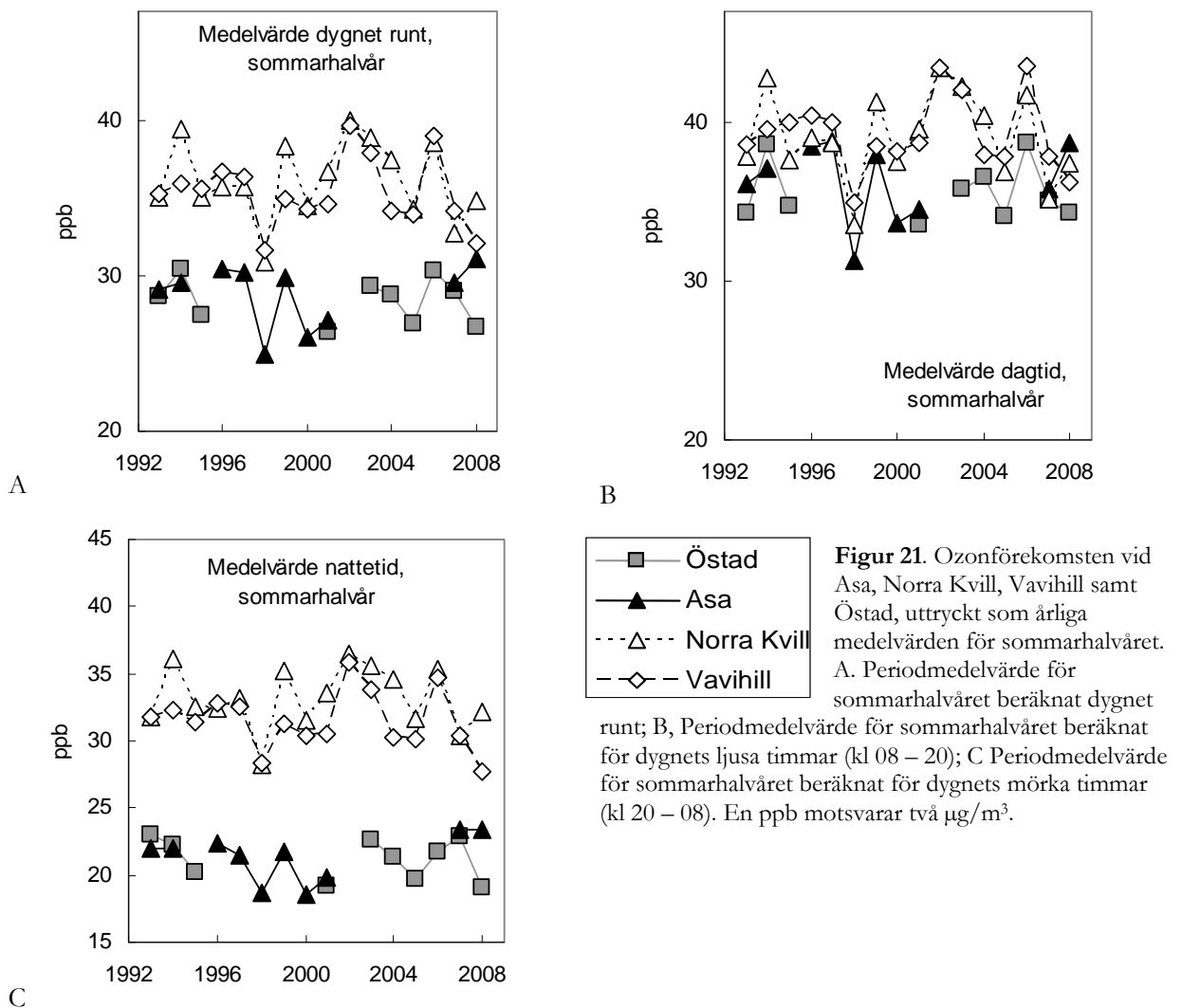
Län	Definition för kategori för ozonförekomst			
	Kustnära	Högt i inlandet	Lågt i inlandet	Skåne
Skåne	-	-	-	Alla arealer
Halland	Alla arealer inom 8 km från kustlinjen	Mer än 8 km från kustlinjen, relativ topografi >20 m	Mer än 8 km från kustlinjen, relativ topografi <20 m	-
Blekinge	Alla arealer inom 8 km från kustlinjen	Mer än 8 km från kustlinjen, relativ topografi >20 m	Mer än 8 km från kustlinjen, relativ topografi <20 m	-
Kalmar	Alla arealer inom 8 km från kustlinjen	Mer än 8 km från kustlinjen, relativ topografi >20 m	Mer än 8 km från kustlinjen, relativ topografi <20 m	-
Västra Götaland	Alla arealer inom 20 km från kustlinjen	Mer än 20 km från kustlinjen, relativ topografi >20 m	Mer än 20 km från kustlinjen, relativ topografi <20 m	-
Jönköping	-	Mer än 20 km från kustlinjen, relativ topografi >20 m	Mer än 20 km från kustlinjen, relativ topografi <20 m	-
Kronoberg	-	Mer än 20 km från kustlinjen, relativ topografi >20 m	Mer än 20 km från kustlinjen, relativ topografi <20 m	-

7 Analys av ozonmätningarna vid Asa

Ozonförekomsten vid Asa har jämförts med den vid Norra Kvill, belägen vid gränsen mellan Småland och Östergötland, med den vid Östads Säteri, belägen i Västra Götalands inland, 45 km nordost om Göteborg, samt den vid Vavihill, belägen på Söderåsens sydsluttning (Figur 21). På alla dessa platser mäts ozonhalterna timvis med instrument. Norra Kvill är beläget mycket högt i

landskapet och är därför sällan påverkat av nattliga temperaturinversioner. Vavihill ligger som nämnts ovan inte lika utpräglat högt i landskapet och mätplatsen är omgiven av skog. Vavihill är stundtals avsevärt påverkat av nattliga temperaturinversioner. Både Asa och Östads Säteri är belägna lågt relativt omgivande skogslandskap och påverkas starkt av nattliga temperaturinversioner.

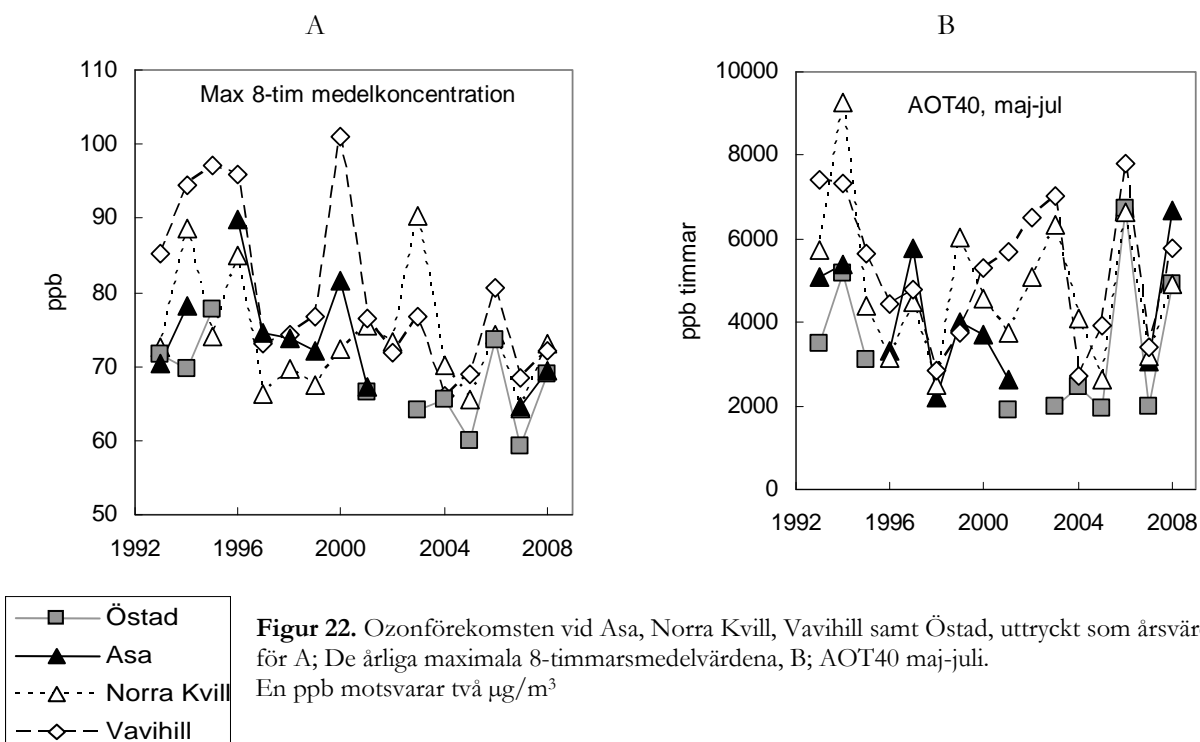
Ozonförekomsten beräknad som periodmedelvärde mellan 1 april och 30 sept visas, dels beräknat som medelvärde dygnet runt (Figur 21 A), dels dagtid (Figur 21 B), dels beräknat som medelvärde nattetid (Figur 21 C). Det framgår att den stora skillnaden mellan mätplatserna ligger i periodmedelvärden nattetid, där Asa och Östads ligger avsevärt lägre än Norra Kvill och Vavihill. Vad gäller sommarmedelvärden dagtid är skillnaderna mindre mellan Asa och övriga mätplatser, men vissa år ligger Asa, tillsammans med Östads, tydligt lägre än Norra Kvill och Vavihill. Resultatet blir att periodmedelvärden sommardag dygnet runt (Generationsmålet Frisk Luft <math>< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>) blir avsevärt lägre vid Asa och Östads, jämfört med Norra Kvill och Vavihill.



Vad gäller årligt maximalt 8-timmarsmedelvärde ligger Asa de flesta år tydligt lägre än Vavihill, men i jämförelse med Norra Kville växlar det mellan åren och för flera år är värdet högre vid Asa än vid Norra Kville (Figur 22). För de år som finns med överlappande data ligger Asa och Östad relativt lika, dock något högre vid Asa. Mönstret är ungefär detsamma för AOT40 maj-juli som för det maximala 8-timmarsmedelvärdet, men skillnaden mellan Asa och norra Kville är större, med högre värden vid Norra Kville jämfört med Asa.

Sammanfattningsvis är ozonförekomsten vid Asa starkt påverkad av samma lokalklimatologiska förhållanden som Östads Säteri, med en hög frekvens av nattliga temperaturinversioner vilket resulterar i låga ozonhalter på natten och morgonen. Detta påverkar de ozonindex som integrerar över långa tidsperioder såsom sommarmedelvärdet dygnet runt och AOT40 maj-juli. Värdet för dessa index blir för de flesta år lägre vid Asa, jämfört med Vavihill och Norra Kville och i samma storleksordning som för Östad. Det årliga, maximala 8-timmarsmedelvärdet beror av enstaka ozonepisoder och för detta index ligger värdena för Asa avsevärt högre än Östad, väl i nivå med Norra Kville, men fortfarande lägre än Vavihill.

Ozonmätningarna vid Asa fyller en viktig funktion såsom representerandes ozonförekomsten vid platser som ligger topografiskt relativt lågt i skogslandskapet och som är i större utsträckning är påverkade av förorenade luftmassor från söder och öster, jämfört med den andra lågt belägna skogliga mätplatsen, Östads Säteri.



8 Manual

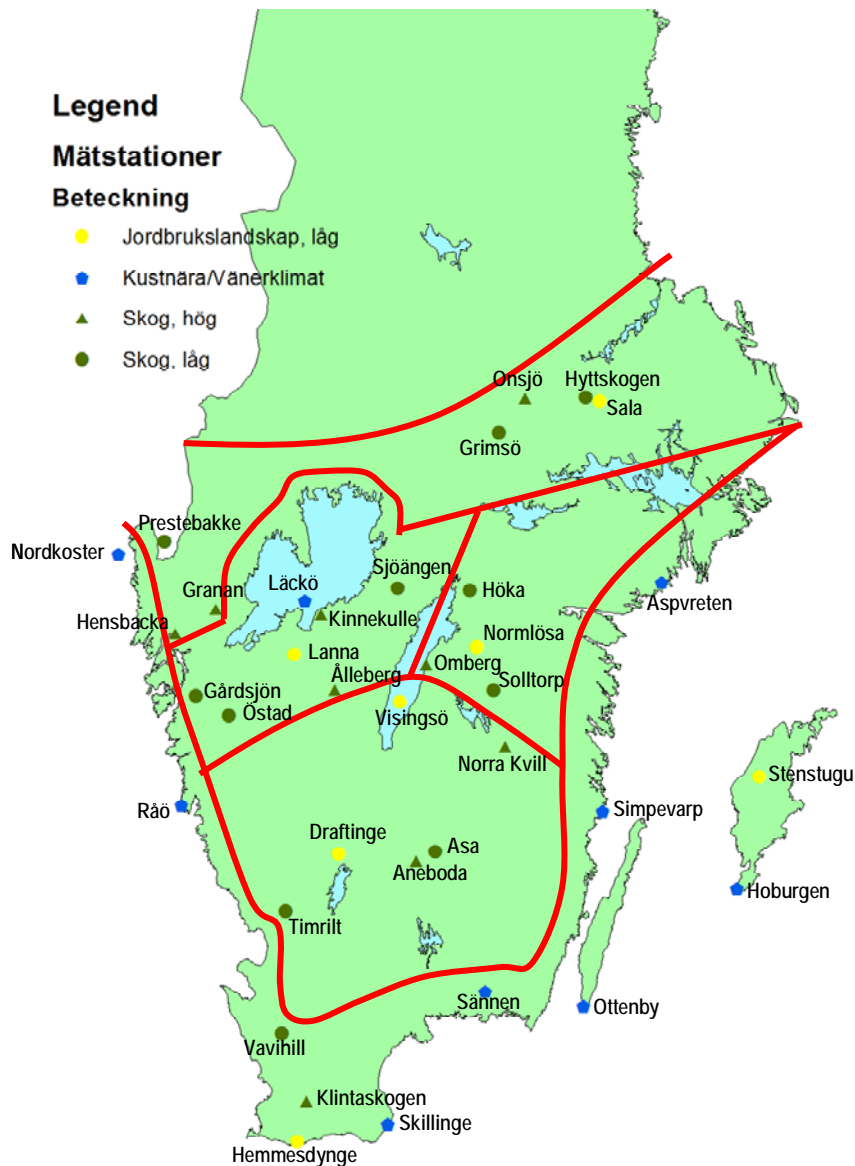
Manualen avser att ge en metod för yttäckande bedömningar av ozonförekomsten, uttryckt som de ozonindex som används inom miljö kvalitetsnormerna samt inom miljö kvalitetsmålet Frisk Luft.

Dessa ozonindex är för närvarande; det maximala 8-timmarsmedelvärdet, antalet dagar årligen då det maximala 8-timmarsmedelvärdet överskrider $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (60 ppb); det maximala 1-timmarsmedelvärdet, AOT40 maj-juli: periodmedelvärdet 1 apr – 30 sept samt den årliga maximala timmedelkoncentrationen. Sannolikt tillkommer inom miljö kvalitetsmålet Frisk Luft AOT40 apr-sept, medan periodmedelvärdet 1 apr – 30 sept kan komma att falla bort.

Efter att detta projekt planerades har det tillkommit ett gemensamt delprogram för ozonövervakning i södra Sverige, kallat Ozonmättnätet i södra Sverige (Pikki m. fl., 2008b). Mätprogrammets syfte är att på ett kostnadseffektivt sätt ge en heltäckande bild av ozonbelastningen i bakgrundsmiljön i södra Sverige (Västra Götalands län, Hallands län, Kalmar län, Skåne län, Blekinge län, Kronobergs län, Gotlands län, Jönköpings län, Västmanlands län och Östergötlands län). Övervakningen ska baseras på en metodik att uppskatta viktiga ozonindex från enkla ozonmätningar med diffusionsprovtagare och temperaturmätningar med Tinytags (robusta, batteridrivna mätare/loggrar för temperatur och luftfuktighet). Tillsammans med information från förekommande ozonmätningar med instrument på timbasis skall överskridanden av olika målvärden för ozon inom miljö kvalitetsnormerna och miljö kvalitetsmålet Frisk Luft kunna utvärderas. Inriktningen ligger i första hand på det ozonindex som beskriver inverkan av ozon på växtligheten (AOT40).

Södra Sverige har delats in i fem zoner baserat på klimatologi (en kustzon, en central zon som domineras av Smäländska höglandet, en västlig zon, en östlig zon och en nordlig zon; se Figur 23). Som underlag användes Riksförbundet Svensk Trädgårds zonkarta över Sverige, som baseras på antal frostdagar per år samt medeltemperaturen i januari (<http://www.odla.nu/metoder/zoner.shtml>), utbredningen av den södra lövskogsregionen, den biologiska norrlandsgränsen samt en vindkartering över Sverige, som gjorts av Uppsala universitet (<http://www.geo.uu.se/luva/default.aspx?pageid=13152&lan=0>). Det har eftersträvat att det i varje zon finns ozonmätningar i kustnära områden samt vid högt och lågt belägna platser i inlandet enligt ovan beskrivna definitioner.

I kustzonen finns inom den nationella miljöövervakningen tre stationer med kontinuerlig ozonregistrering, en på västkusten (Råö), en i Skåne (Vavihill) och en på ostkusten (Aspvreten) inom European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP). Aspvreten ligger utanför de län som omfattas av mätprogrammet men denna lokal kan anses representera ostkusten generellt och mätresultaten är fritt tillgängliga och kan användas i mätprogrammet. I den centrala zonen har SLU en mätstation med kontinuerlig ozonregistrering i Asa. Dessutom har EMEP en station med kontinuerligt registrerande instrument i Norra Kvill. Stationen i Norra Kvill ligger nära den östliga zonen och mätningarna bedöms representera höglänta skogsområden även i denna zon. I den västliga zonen finns kontinuerlig ozonregistrering under perioden april till september vid Östad Säteri, där en forskningsstation drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. I den Norra zonen finns kontinuerlig ozonregistrering i Grimsö, som ligger utanför de ingående länen men som kan anses representera låglänta skogsbevuxna platser även i Västmanland. Det finns även en EMEP-station i Norge mycket nära den svenska gränsen (Prestebakke), som är representativ för Dalsland. Det bör utredas om även de ozonmätningar med DOAS-teknik som görs i Norra Malma (Uppsala län) kan användas med tanke på datakvalitet och bakgrundshalter av kväveoxider. Norra Malma skulle i så fall kunna representera det låglänta jordbrukslandskapet i Västmanland.



Figur 23. Zonindelning och översikt över mätplatser inom det nystartade Ozonmättnätet i södra Sverige.

8.1 Manual Steg 1.

Länet måste karteras utifrån de geografiska definitionerna (Tabell 8) vad avser de tre (fyra med Skåne) olika kategorierna för ozonförekomst; kustnära; högt belägna i inlandet; lågt belägna i inlandet. Länsstyrelsen i Västra Götaland har utfört en preliminär kartering för södra Sverige (Figur 4) baserat på de tidigare definitionerna.

8.2 Manual Steg 2.

Information inhämtas vad gäller årets ozonförekomst för de olika zonerna och för respektive ozonindex.

8.2.1 AOT40 och periodmedelvärde april - september

Information om AOT40 maj-juli respektive apr-sept och periodmedelvärde april – september inhämtas från ozonmättnätet för södra Sverige för respektive län och zon. Metodiken finns översiktligt beskriven ovan samt i detalj i Pikki m. fl. (2008b).

8.2.2 Maximala 1-timmars och 8-timmars medelvärdet

Vad gäller det maximala 8-timmars- och 1-timmarsmedelvärdet samt antalet dagar under året som 8-timmarsmedelvärdet överskridit $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kan dessa ozonindex ej på samma sätt beräknas från månadsvisa medelvärden för ozonkoncentration i kombination med temperaturvariationen uppmäts med enkla meteorologiska givare. Ozonmättnätet för södra Sverige kan därför inte leverera dessa värden. Istället får dessa värden hämtas från mätplatser där ozonhalter mäts på timbasis med instrument. Man får då välja mätplatser som är relevanta för respektive län och zon. En förteckning över detta visas i Tabell 9.

Ozonförekomsten i den tätortsmiljön är relativt dåligt känd. Mätningar i Göteborgsområdet (Pikki m. fl., 2008a) tyder dock på att lägre ozonförekomst pga titrering av NO är begränsad till platser mycket nära tätt trafikerade leder. Även mätningar i Stockholmsområdet tyder på att sänkt ozonförekomst är begränsat till ett område nära stadskärnan (Johansson m. fl., 2006).

8.3 Manual steg 3.

Information inhämtas vad gäller antalet innevånare inom respektive zon vilket gör det möjligt att ange antal invånare som riskerat att ha utsatts för respektive värde för max 1- och 8-timmarsmedelvärde. Som tidigare nämnts är dock denna manual direkt tillämplig endast för landsbygdsmiljö, ej för tätorter.

Tabell 9. En översikt över de mätplatser som bör användas för att uppskatta maximalt 1- och 8-timmars medelvärde samt antal dagar med max 8-timmars medelvärde < 120 µg/m³ för respektive län och zon. Observera att mätningar vid dessa platser endast kan användas för att bedöma ozonförekomsten i landsbygdsmiljö.

Län	Zon	Mätplatser att använda	Anmärkning
Västra Götaland	Kust	Råö	Kusteffekt vid Vänern?
	Inland högt	Råö	
	Inland lågt	Östads Säteri	
Halland	Kust	Råö	medelvärde
	Inland högt	Råö	
	Inland lågt	Östads Säteri, Asa	
Skåne	Alla arealer	Vavihill	
Blekinge	Kust	Aspvreten	
	Inland högt	Norra Kvill	
	Inland lågt	Asa	
Kalmar	Kust	Aspvreten	
	Inland högt	Norra Kvill	
	Inland lågt	Asa	
Jönköping	Kust	-	Kusteffekt vid Vättern ?
	Inland högt	Norra Kvill	
	Inland lågt	Östads Säteri, Asa	
Kronoberg	Kust	-	medelvärde
	Inland högt	Norra Kvill	
	Inland lågt	Asa	

8.4 Sammanfattande kommentarer och bedömning av osäkerheter vad gäller manualen

Genom uppstarten av det nya ozonmättnätet för södra Sverige uppnås en omfattande analys och bedömning av de ozonindex som integreras över långa tidsperioder såsom ozonmedelhalter sommartid (ingår i generationsmålet för Frisk Luft) och AOT40 (maj-juli ingår i Miljökvalitetsnormen, april-sept är föreslagen att ingå som delmål inom Frisk Luft).

De största osäkerheterna vad gäller bedömning av ozonförekomsten i olika län och zoner ligger i bedömningar av överskridande av målvärden för de maximala entimmes- och åttatimmarsmedelvärdena (ingår både i miljökvalitetsnormen och som delmål inom Frisk Luft). Den absolut största bristen i dagslägen är att det saknas en permanent övervakningsstation med instrumentmätningar på timbasis som är applicerbar för kustnära och högt belägna platser i Skåne och Blekinge. Detta efter att vi fått omvärdera mätplatsen Vavihill, som inte längre ur ozonsynpunkt kan anses representera högt belägna platser i inlandet. De mätplatser som vi tvingas hänvisa till, i Tabell 8 ovan, för Blekinge, vad gäller kustnära och högt belägna platser, ligger långt från länet. Vid en eventuell uppdelning av Skåne i olika zoner erhålls samma problem. En högt belägen permanent mätplats t ex på Rommeleåsen i södra Skåne skulle hjälpa till att lösa detta problem. Även en kustnära mätplats inom Skåne eller Blekinge i ett område som inte är så starkt utsatt för fartygsemissioner av NO_x skulle vara värdefullt.

I övrigt gör vi bedömningen att de län som ingår i denna studie skall kunna göra en relativt bra bedömning av eventuella överskridanden av olika målvärden för ozon, dels med information från ozonmättnätet i södra Sverige, dels med information från förekommande instrumentmätningar enligt Tabell 9.

8.5 En bedömning för 2008

Inom uppdraget ingick att baserat på föreslagna metoder och manual göra en bedömning för respektive län för året 2008. Eftersom Ozonmättnätet i södra Sverige startar först 2009, måste även bedömningarna vad gäller AOT40 och sommarmedelvärde grunda sig på instrumentmätningar enligt Tabell 9. Bedömningen för 2008 visas i Tabell 10.

Tabell 10. Bedömningen av ozonförekomsten för 2008 i respektive län baserat på olika ozonindex som används som målvärden inom miljö kvalitetsnormerna och miljömålet Friskt Luft. Observera att bedömningarna av ozonförekomsten endast gäller landsbygdsmiljö. Enheten är µg/m³ respektive µg/m³*timma. -, ej relevant. Röd font indikerar överskridanden av miljö kvalitetsnormens delmål för 2010 vilket är samma som delmålet till 2010 inom Frisk Luft. Orange font indikerar överskridanden av miljö kvalitetsnormens delmål för 2020. Blå font indikerar överskridanden av generationsmålet för 2020 inom Frisk Luft. För AOT40 apr-sept finns ännu inget beslutat målvärde.

Län	Kategori ozonförekomst	max 8-tim	ant dagar max 8-t >120	max 1-tim	Periodmedel apr-sept	AOT40 maj-jul	AOT40 apr-sept
Västra Götaland	Kust	141	9	146	70	10733	14504
	Inland högt	141	9	146	70	10733	14504
Halland	Inland lågt	138	6	143	55	10086	13702
	Kust	141	9	146	70	10733	14504
Skåne	Inland högt	141	9	146	70	10733	14504
	Inland lågt	138	11	143	59	11733	16118
Blekinge	Alla arealer	144	7	155	64	11573	16434
	Kust	126	5	135	56	9508	13809
Kalmar	Inland högt	146	8	155	62	9787	15990
	Inland lågt	139	15	143	62	13380	18534
	Kust	126	5	135	56	9508	13809
Jönköping	Inland högt	146	8	155	62	9787	15990
	Inland lågt	138	11	143	59	11733	16118
	Kust	-	-	-	-	-	-
Kronoberg	Inland högt	146	8	155	62	9787	15990
	Inland lågt	139	15	143	62	13380	18534
	Kust	-	-	-	-	-	-

Ozonåret 2008 innebar överskridanden av olika målvärden vid i stort sett alla mätplatser i södra Sverige och variationen mellan mätplatser var ovanligt liten (jämför Figur 22). Ett annat år skulle värdena i Tabell 10 varierat i större grad mellan olika kategorier för ozonförekomst.

9 Tack

Vi vill tacka alla som hjälpt till att möjliggöra mätningarna i Skåne under 2008; Smygehuks hamn, Bo Lind; Östra Torps och Hemmesdyng kyrkor, Rickard Hansson, Annette Åberg; Stora Isie, Gunilla & Rolf Mårtensson; Brönnetorp, Ingvar Andersson, Mats Ingvarsson; Stjärneholm, Dick von Blixen Finecke; Ramnhult, Ingela Dejenfelt; Gödelövs kyrka, Hans Andersson, Kristian Lillö; Vavihill, Anna Tengberg.

10 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.
- Derwent, R.G., Stevenson, D.S., Collins, W.J., Johnson, C.E. 2004. Intercontinental transport and the origins of the ozone observed at the surface in Europe. *Atmospheric Environment* 38, 1891-1901.
- Gauss, M., Nyiri, A., Klein, H. 2008. Transboundary air pollution by main pollutants (S,N,O₃) and PM. The european Community. EMEP MSC-W Data Note 1/2008. ISSN 1890-0003.
- Johansson C., Lövenheim, B., Westerlund, K.G., och Jonson, T. 2006. Ozon – ny miljö kvalitetsnorm. Rapport från Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund 2006:6.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Danielsson, H., 2004. Marknära ozon, SO₂, NO₂ och sot vid Östads Säteri 1987-2003. IVL Rapport/report B1556.
- 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., Tang, L., Sundberg, J., Chen, D., Lindskog, A. and Pleijel, H. 2007c. Increasing risk for negative ozone impacts on vegetation in northern Sweden. *Environmental Pollution* 150, 96-106.
- Langner, J., Bergström, R., Klein, T. och Skagerström, M. 2004. Nuläge och scenarier för inverkan på marknära ozon av emissioner från Västra Götalands län. SMHI. Meteorologi, Nr. 117, 2004. Länsstyrelsen i Västra Götaland Rapport 2004:55.
- Piikki, K., Karlsson, P.E., Klingberg, J., Pihl Karlsson, G., Pleijel, H. 2008a. 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.
- Piikki K., Karlsson P. E., Pihl Karlsson G., Klingberg J., Pleijel H. 2008b. Mätprogram för marknära ozon i bakgrundsmiljön i södra Sverige med hänsyn till ozonets variation i landskapet. Rapport till Länsstyrelsen i Västra Götalands län.
- Luftguiden, 2006. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-0141-8.pdf>.
- Simmonds, P.G., Derwent, R.G., Manning, A.L., Spain, G., 2004. Significant growth in surface ozone at Mace Head, Ireland, 1987-2003. *Atmospheric Environment* 38, 4769-4778.
- Tabony, 1985. Relations between minimum temperature and topography in Great Britain. *Journal of Climatology* 5, 503-520.
- Tang, L., Chen, D., Karlsson, P.E., Gu, Y.-F., Ou, T. 2009. Synoptic circulation and its influence on spring and summer surface ozone concentrations in Southern Sweden. *Boreal Environment Research*, in press.
- Uddling, J. 2004. Uptake of ozone and its impact on silver birch. Akademisk avhandling Göteborgs Universitet. ISBN 91-628-6238-3.