



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Förslag till mätprogram för marknära ozon i bakgrundsmiljön i södra Sverige med hänsyn till ozonets variation i landskapet

Förslag till:

Mätprogram för marknära ozon i bakgrundsmiljön i södra Sverige med hänsyn till ozonets variation i landskapet

Piikki K.¹, Karlsson P. E.², Pihl Karlsson G.², Klingberg J.¹, Pleijel H.¹



¹ Institutionen för växt- och miljövetenskaper, Göteborgs universitet

² IVL Svenska Miljöinstitutet AB



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

IVL Svenska
Miljöinstitutet

Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	3
1.1	Förekomst och effekter av marknära ozon	3
1.2	Att uppskatta ozonindex baserat på enkla ozon- och temperaturmätningar.....	4
1.3	Mätprogrammets syfte.....	4
2	Mätprogrammets relation till nationell ozonövervakning	5
3	Utgångspunkter för ett bra mätprogram	5
4	Förslag till mätprogram	8
5	Instruktioner för mätningarna	15
6	Utvärdering av mätresultaten.....	15
7	Kostnader för det föreslagna mätprogrammet.....	16
8	Metodutvärdering för månadsmedelvärden	16
9	Förslag till kontinuerlig metodutvärdering.....	19
10	En möjlig vidareutveckling av mätprogrammet.....	19
11	Referenser.....	19

Bilagor

Instruktioner för provtagning med diffusionsprovtagare.....	21
Instruktioner för provtagning med Tinytags.....	23
Exempel på årlig resultatredovisning.....	25
Beräkningsförfaranden för ozonindex.....	27

1 Bakgrund

1.1 Förekomst och effekter av marknära ozon

Ozon (O_3) som förekommer i den marknära troposfären inandas av människor och diffunderar in i växters blad. Väl inne i organismerna löser sig ozonet i den vätska som omger cellerna och fria radikaler bildas.

De fria radikaler och reaktiva syrederivat som bildas vid ozonexponering ger skador på cellernas struktur (membransystem). Hos växter bryts klorofyll och proteiner som är nödvändiga för fotosyntesen ner. Ozonupptag till bladen leder därför bl. a. till minskad fotosyntes och förtidigt åldrande, med konsekvenser för produktiviteten i jord- och skogsbruk. I Sverige bedöms dagens ozonexponering ge skördeförluster i jordbruket och minskad virkesproduktionen i skogen som motsvarar cirka 56 miljoner € årligen (Karlsson m.fl., 2005). Tidigare orsakade svaveldioxid (SO_2) växtskador över stora områden men på grund av de utsläppsminskningar som gjorts sedan 1970-talet tros svaveldioxidens effekter på vegetationen numera nästan ha upphört och på sin höjd vara av mer lokal karaktär (Pleijel, 2007). Sedan ett par decennier tillbaka anses istället marknära ozon vara den luftförorening som orsakar störst skador på vegetationen i Europa och globalt sett är ozonets påverkan på grödors avkastning och skördeprodukternas kvalitet en viktig aspekt av den framtida livsmedelssäkerheten (Ashmore m.fl., 2006).

Hos människor ger ozon först irritation av ögon och slemhinnor. Exponering för högre halter ger huvudvärk och andningssvårigheter, speciellt hos personer med astma. Näst efter partiklar, är ozon den förorening som orsakar mest skador på människors hälsa. I Sverige anses ungefär 2800 sjukhusinläggningar årligen bero på ozonrelaterade andningsbesvär och ungefär 1730 dödsfall per år bedöms ske för tidigt på grund av ozonexponering (Forsberg m.fl., 2003).

Förutom negativa effekter på vegetationen och på människors hälsa, innebär ozonets starka oxidationsförmåga att många material bryts ner. Organiska material såsom plast, gummi, bomull och färgämnen är särskilt känsliga. Ozonets effekter på material leder till ekonomiska förluster och nedbrytning av kulturarv (Pleijel, 2007)

Ozonepisoder, d.v.s. en kraftigt förhöjd ozonhalt under någon eller några dagar uppstår ibland sommartid beroende vädersituation, lokal ozonbildning och långväga ozontransport. På grund av utsläppsbegränsningar i Europa har ozonepisoderna avtagit i styrka under 1990-talet (Solberg m.fl., 2005; Jenkin, 2008). Under samma tidsperiod har bakgrundshalten av ozon (d.v.s. de lägre percentilerna av ozonhaltens frekvensfördelning på platser som inte är nämnvärt påverkade av inhemska utsläpp) ökat i Europa (Solberg m.fl., 2005; Jenkin, 2008). Bakgrundshalten kommer sannolikt att fortsätta öka under lång tid framöver (Prather m.fl., 2003; Vingarzan, 2004). Redan idag ligger norra halvklotets bakgrundshalt av ozon (25-45 ppb, $\sim 50-90 \mu g m^{-3}$) på en nivå som kan skada växtligheten.

I sin andra fördjupade utvärdering av miljömålen bedömde Miljömålsrådet att delmålet för marknära ozon i miljö kvalitetsmålet *Frisk Luft* kommer att bli mycket svårt att nå till 2020, även om ytterligare åtgärder vidtas (Miljömålsrådet, 2008). Att nå delmålet för marknära ozon är en av de största svårigheterna med att uppfylla miljö kvalitetsmålet *Frisk Luft*. I den fördjupade utvärderingen föreslås ett nytt särskilt delmål för marknära ozon till skydd för växtligheten och det tidigare delmålet för marknära ozon föreslås revideras och enbart gälla människors hälsa. Det föreslagna delmålet till skydd för växtligheten är att exponeringsmättet AOT40¹ (april-september)

¹ AOT40 (accumulated ozone exposure above a concentration threshold of 40 ppb) är ozonhaltens timvis summerade överskridande över tröskelkoncentrationen 40 ppb ($\sim 80 \mu g m^{-3}$) för en definierad period, exempelvis april-september.

inte får överskrida 10 000 ppb-timmar, som ett medelvärde för de senaste fem åren. Måläret är 2015.

1.2 Att uppskatta ozonindex baserat på enkla ozon- och temperaturmätningar

I den fria troposfären är ozonhalten styrd av storskaliga (regionala) processer, men nära marken, där människor vistas, där vegetationen finns och där mätningarna görs, är både ozonkoncentrationens medelvärde och dygnsvariation kraftigt påverkad av lokala förhållanden. Den lokala topografin, markanvändningen (skog/öppet landskap) och närheten till stora vattenmassor påverkar luftomblandningen och depositions hastigheten. Även halterna av kväveoxider ($\text{NO} + \text{NO}_2 = \text{NO}_x$) kan ha stor betydelse för ozonkemin. Sundberg m.fl. (2006) undersökte medelkoncentrationen av ozon och temperaturens dygnsvariation på olika typer av lokaler i Västra Götaland. Studien visade att en höglänt skogsyta hade högre ozonkoncentration både jämfört med en låglänt skogsbevuxen plats och en låglänt öppen plats. Skillnaden var störst i jämförelsen med den öppna platsen. På de två låglänta platserna förekom kraftigare nattliga temperaturinversioner än på den i upphöjda platsen. Vid temperaturinversioner är luften stabilt skiktad och omblandningen mycket begränsad, vilket kan ge en kraftig sänkning av ozonkoncentrationen nattetid på grund av att ozon deponeras snabbare än det tillförs från högre luftlager. På höglänta platser är luftomblandningen ofta god vilket ger en starkare koppling till ovanliggande mer ozonrika luftlager. Sundberg m.fl. (2006) uppmätte också högre medelkoncentrationer av ozon nära kusten, förmodligen på grund av en mindre koncentrationssänkning nattetid, som skulle kunna förklaras av god luftomblandning i kombination med liten depositions hastighet till vattenytor.

Ozonhaltens dygnsvariation är avgörande för de ozonindex som anges i miljö kvalitetsnormer och EUs luftkvalitetsdirektiv, t.ex. AOT40 och det maximala 8-timmarsmedelvärdet. Att använda diffusionsprovtagare för att mäta ozon är enkelt och billigt. Man får dock inte ut tidsupplöst information, vilket krävs för att direkt kunna beräkna AOT40. Baserat på mätdata från Skåne, Halland och Västra Götalands län har en metodik tagits fram för att uppskatta AOT40 genom att använda ozondata från diffusionsprovtagare kombinerat med information om ozonhaltens variabilitet (Piikki m.fl., 2008). Man kan antingen använda tabellvärden för ozonhaltens variabilitet på olika typer av lokaler (höglänta, låglänta eller kustnära) eller utnyttja att det finns ett samband mellan temperaturens och ozonhaltens dygnsvariationer. Det sistnämnda kräver att temperaturen mäts med timupplösning. Om periodmedelvärden för ozonhalter mäts i kombination med temperatur ger det en bättre precision i AOT40-uppskattningen. Korrelationen mellan uppmätt AOT40 med kontinuerligt registrerande instrument och uppskattat AOT40 från diffusionsprovtagning för veckovisa perioder är 88%, när ozonhaltens variabilitet baseras på temperaturmätningar och 63%, när tabellvärden används (Piikki m.fl., 2008). Att uppskatta andra ozonindex, såsom det maximala 8-timmarsmedelvärdet utifrån mätningar med diffusiva provtagare i kombination med temperaturmätningar är betydligt svårare, men det kan vara möjligt på sikt att ta fram en metodik för en riskbedömning för om målvärdet för 8-timmarsmedelvärdet överskrids under månaden.

1.3 Mätprogrammets syfte

Mätprogrammets syfte är att på ett kostnadseffektivt sätt ge en heltäckande bild av ozonbelastningen i bakgrundsmiljön i södra Sverige (Västra Götalands län (O), Hallands län (N), Kalmar län (H), Skåne län (M), Blekinge län (K), Kronobergs län (G), Gotlands län (I), Jönköpings län (F), Västmanlands län (U) och Östergötlands län (E)). Området täcker in den södra zonen för inrapportering till EU (Östergötland och Västmanland ligger dock i zonen för mellansverige) och ligger huvudsakligen söder om den biologiska norrlandsgränsen, vilket kan vara viktigt för sambandet mellan ozondynamiken och temperaturdynamiken. Att övervaka ozonförekomsten i urbana miljöer är ett kommunalt ansvar och ozonbelastningen i urbana och

periurbana områden, där kväveoxidnivåerna ofta är kraftigt förhöjda och påverkar ozonhalten, avses inte mätas eller utvärderas i det föreslagna mätprogrammet.

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 miljökvalitetsnormerna och miljökvalitetsmålet *Friske Luft* kunna utvärderas. Inriktningen ligger i första hand på det ozonindex som beskriver inverkan av ozon på växtligheten (AOT40).

2 Mätprogrammets relation till nationell ozonövervakning

Enligt Naturvårdsverkets ”Riktlinjer för regionala miljöövervaknings-program 2009-2014” (NV, 2007) skall den regionala miljöövervakningen bidra till att förtäta den nationella miljöövervakningen när så behövs för att t.ex. tillgodose rapporteringskraven till EU. På uppdrag av Naturvårdsverket utreder IVL Svenska Miljöinstitutet kraven på antal mätstationer för övervakning av ozon i Sverige i relation till vad som anges i EG-direktivet om luftkvalitet och renare luft i Europa (EG, 2008) (Karlsson m.fl., pågående arbete). Eftersom de långsiktiga målvärdena i EU-direktivet överskrids i alla zoner i Sverige ställer direktivet krav på övervakning med kontinuerligt registrerande instrument. Antalet mätplatser specificeras i relation till areal och folkmängd. Emellertid lämnas en möjlighet till reduktion av antalet mätplatser om annan information finns.

För att återopla annan information ställs följande krav:

- a) De kompletterande metoderna måste ge så mycket information att det är möjligt att utvärdera luftkvaliteten med avseende på målvärden, långsiktiga mål samt tröskelvärden för information och för larm.
- b) Antalet provtagningspunkter som ska upprättas, och de andra metodernas rumsliga upplösning, måste räcka till för att ozonkoncentrationen ska kunna bestämmas i enlighet med de angivna datakvalitetsmål och resultaten måste kunna utvärderas med avseende på den befolkning som kan exponeras för nivåer som överskrider gränsvärdet till skydd för människors hälsa.

Med hänsyn till de krav som ställs i punkterna ovan är det tveksamt om månadsvisa mätningar med diffusiva provtagare i kombination med temperaturmätning skulle kunna återoplas som en annan information, utifrån de formella krav som ställs i EU-direktivet, för att minska kraven på kontinuerliga ozonmätningar i Sverige. Metoden ger begränsad information om överskridanden av det maximala 8-timmars medelvärdet för ozon och kan definitivt inte användas för att utvärdera ozonförekomsten med avseende på tröskelvärden för information och för larm.

Således har det mätprogram som föreslås sin huvudsakliga tillämpning för regional miljöövervakning och mindre betydelse för den nationella övervakningen av ozon.

3 Utgångspunkter för ett bra mätprogram

Södra Sverige har grovt delats in i fem zoner baserat på klimatologi (en kustzon, en central zon som domineras av Småländska höglandet, en västlig zon, en östlig zon och en nordlig zon; se Figur 1). 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>).

I kustzonen finns 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 relativt generellt och mätresultaten är fritt tillgängliga och kan användas i mätprogrammet. I den centrala zonen har SLU en viktig 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 norra 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.

Utöver mätstationerna med kontinuerligt registrerande instrument har i varje zon valts ut ett antal mätplatser, som tillsammans ska representera alla lokaltyper (hela arealen) i zonen. Faktorer som har betydelse för ozon- och temperaturdynamiken är närheten till stora vattenmassor (hav eller sjöar av Vänerns storlek), hur upphöjd platsen är i relation till det omgivande landskapet, vegetationen/markanvändningen i det omgivande landskapet samt halterna av NO_x . De olika lokaltyper som ligger till grund för mätprogrammet presenteras i Tabell 1. Definitionerna av höglänta och låglänta platser baseras på en rapport av Karlsson m.fl., (2007). Ozonhalten (och lufttemperaturen) är starkt påverkad av luftomblandningen. När en luftmassa rör sig över landskapet och passerar över ytor med olika skrovlighet, exempelvis från en skrovlig skog till ett betydligt slätare sådesfält, tar det en viss sträcka (s.k. fetch) innan luftmassans egenskaper (turbulens, vindprofil m.m.) har anpassats till de nya förhållandena. Först påverkas luften närmast marken, sedan fortplantas förändringen uppåt. Därför har övervägande öppet landskap inom en radie av 1 km satts som kriterium för platser som ska representera jordbrukslandskapet.

För att maximera samordningsvinsten har i första hand EMEP-tytor, Krondroppsnetets öppet fält-tytor, ytor inom ICP *Integrated Monitoring* (ICP IM) och Nederbördskemiska nätet övervägts som mätplatser. Där någon lokaltyp i zonen inte representeras av en sådan mätplats har det kompletterats med förslag på mätningar vid SMHIs mätplatser med automatstationer. I några fall har det föreslagna mätprogrammet kompletterats med platser som ligger bra till geografiskt men som i dagsläget helt saknar ozon- och temperaturmätningar.

Bland krondroppsytorna finns en överrepresentation av skogsytor, särskilt av sådana som ligger lågt i landskapet. Där det finns flera tänkbara alternativ inom ett område har den yta valts som är mest utpräglad höglänt, låglänt eller kustnära eller som bedöms vara mest representativ för ett större område, d.v.s. minst påverkad av lokala förhållanden. Exempelvis fanns tre krondroppsytor som (utöver EMEPs ozonövervakning i Grimsö) skulle kunna representera låglänt skog i Västmanland (Hyttskogen, Kvisterhult och Skästa). Av dessa valdes Hyttskogen för att den hade något högre värde för relativ topografi och den ligger längst ifrån urban miljö

(Skästa ligger 6 km nordväst om Västerås) och stora sjöar (Kvisterhult ligger 6 km norr om Hjälmarén). Ingen yta inom krondroppsnetet befanns dock vara direkt olämplig för mätningar av marknära ozon.

Tabell 1 Lokaltyper enligt Karlsson et al. (2007), baserade på vegetation, relativ topografi² och närhet till kust.

Lokaltyp	Kriterier
Kustnära platser	Mindre än 20 km från kusten.
Låglänta platser i jordbrukslandskap	Mer än 20 km från kusten, Mindre än 20 m högre än landskapet på en radie av 3 km, d.v.s. relativ topografi > -20 m Omgivande landskapet inom en radie av 1 km är övervägande öppet.
Låglänta skogsbevuxna platser	Mer än 20 km från kusten, Mindre än 20 m högre än landskapet på en radie av 3 km, d.v.s. relativ topografi > -20 m Omgivande landskapet inom en radie av 1 km är övervägande skogsbevuxet.
Höglänta skogsbevuxna platser	Mer än 20 km från kusten, Mer än 20 m högre än landskapet på en radie av 3 km, d.v.s. relativ topografi < -20 m Omgivande landskapet inom en radie av 1 km är övervägande skogsbevuxet.

När det gäller kustzonen förväntas bakgrundshalterna av kväveoxider och ozon vara högre i Skåne län än i zonen i övrigt och förekomsten av höga ozonhalter mellan ost- och västsidan. Dessutom kan Gotland, som ligger långt ut i havet, ha en annorlunda ozondynamik jämfört med zonen i övrigt. Därför finns de olika lokaltyperna representerade i var och en av dessa subzoner (Ostkust, Västkust, Skåne och Gotland).

I den västra zonen har en extra mätplats lagts in nära Vänern (Läckö), eftersom Vänern förväntas påverka lokalklimatet och ozondynamiken på liknande sätt som havet gör vid kusterna. Även om lokalklimat är likartat vid kust och en stor sjö såsom Vänern, kan det finnas andra skillnader, främst det faktum att jonstyrkan i havsvatten är betydligt högre än i sötvatten. Det är känt att depositionen av ozon till havsvatten i viss mån är beroende av vattnets kemiska sammansättning. Det är möjligt att även ozonmätningarna Visingsö, som ska representera jordbruksmark i den centrala zonen, är påverkad på liknande sätt av Vättern. Det finns dock inga stora

² Relativ topografi är ett mått på hur upphöjd platsen är i relation till det omgivande landskapet. För att bestämma den relativa topografin beräknas först medelvärden av altituden på de fyra punkter som ligger på 3 km avstånd från mätplatsen i nordlig, sydlig östlig och västlig riktning. Den relativa topografin är skillnaden mellan den beräknade medelaltituden och mätplatsens altitud.

sammanhängande jordbruksområden i den centrala zonen utöver odlingslandskapet runt södra Vättern.

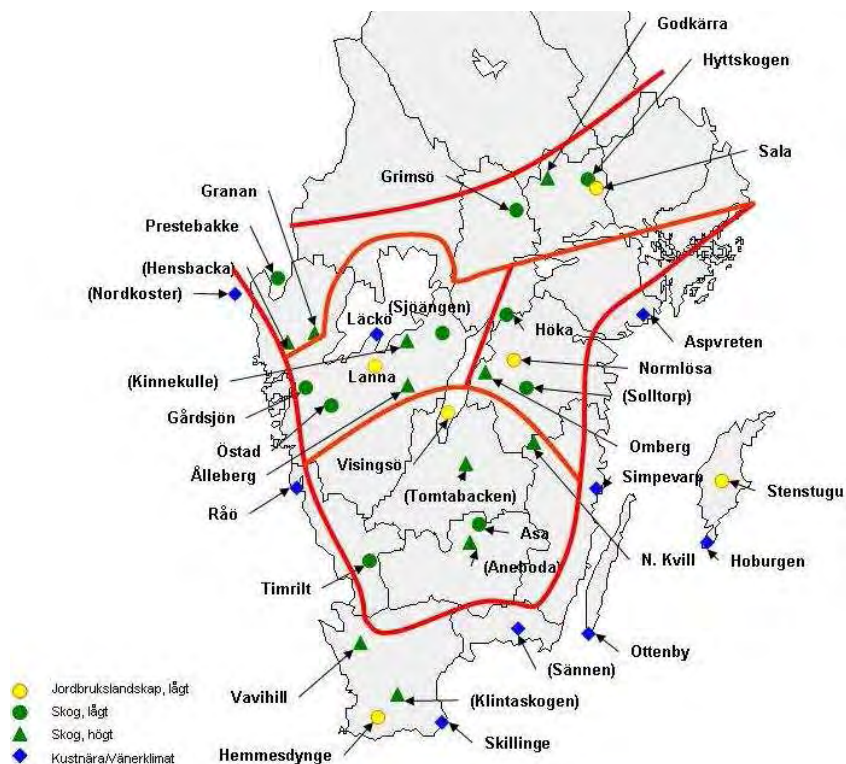
4 Förslag till mätprogram

För att ge en heltäckande bild av ozonbelastningen i bakgrundsmiljön i södra Sverige bör ozonhalt och temperatur mätas på de platser som anges i Figur 1 och Tabell 2. Där det inte redan pågår ozonmätningar bör diffusionsprovtagare sättas upp. Tinytags bör sättas upp för temperaturregistrering på samtliga mätplatser utom på Östad säteri, där temperaturen redan registreras på lämplig höjd. På vissa mätplatser pågår visserligen temperaturmätningar men på alltför hög höjd över marken (1,8 m på SMHIs stationer och 1,7 m i Asa). På de platser där ozonhalten mäts timvis behövs inte temperaturmätningar för att bestämma AOT40.

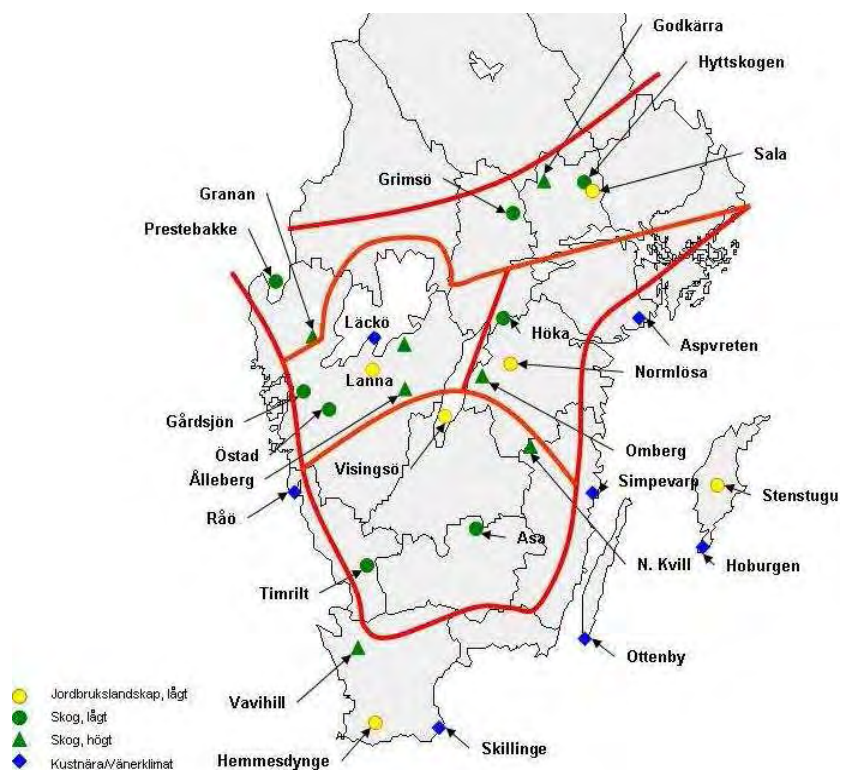
Temperaturen bör ändå mätas på dessa platser för att möjliggöra fortsatt metodutvärdering (se avsnitt 8). Mätningarna bör pågå från och med mars till och med september. För att kunna beräkna AOT40 för uppföljning av målvärden räcker det med mätningar under april-september men det kan vara värdefullt att även mäta även under mars månad; Man har under senare år observerat att ozonhalterna i mars tenderat att stiga, samtidigt som klimatförändringarna innebär att vegetationsperioden börjar tidigare på året. Bäst precision får man om diffusionsprovtagarna byts ofta, förslagsvis var fjortonde dag. För ett begränsat mätprogram kan mätplatserna inom parentes utelämnas (Figur 1b). Dessutom kan provtagningstiden ökas till 1 månad. En ny utvärdering av metoden för mätningar på månadsbasis presenteras i avsnitt 8.

Nära tätorter eller lokala utsläppskällor kan förekomsten av kväveoxider påverka luftens ozonhalt (se exempelvis Sundberg m.fl., 2006). I södra Sverige, särskilt i Skåne, är NO₂-halten förhöjd även i bakgrundsmiljön. Det beror till stor del på att förorenade luftmassor som kommer in söderifrån. I Skåne är den regionala bakgrundshalten av NO₂ 4-11 µg m⁻³, vilket kan jämföras med 3- 6 µg m⁻³ i Hallands län och 2-4 µg m⁻³ i Jönköpings län och Gotalands län (Naturvårdsverket, 2006). På de mätplatser som ligger i Skåne rekommenderas att mätningarna kompletteras med diffusionsprovtagning av NO₂. Eftersom mätprogrammet syftar till att ge en heltäckande bild av ozonförekomsten i bakgrundsmiljön i södra Sverige och inte omfattar tätortsmiljöer eller andra områden med betydande lokal påverkan, är troligen NO₂-förekomsten av mindre betydelse på de flesta av de övriga valda mätplatserna.

a) Optimalt mätprogram



b) Begränsat mätprogram



Figur 1. Zonindelning och översikt över mätplatserna. Figur a visar ett optimalt mätprogram. Platserna som anges inom parentes är de som i första hand kan utelämnas om man vill genomföra ett begränsat mätprogram. Detta begränsade mätprogram visas i Figur b.

Tabell 2. Mätplatser som föreslås ingå i ett gemensamt mätprogram för ozon för Länsstyrelserna i Västra Götalands (O), Hallands (N), Kalmar (H), Skåne (M), Blekinge (K), Kronobergs (G), Gotlands (I), Jönköpings (F), Västmanlands (U) och Östergötlands (E). Platser som anges inom parentes är de som i första hand ska utelämnas ifall man önskar genomföra ett mätprogram med ett begränsat antal mätplatser. ---, mätningar saknas.

Zon	Plats	RT90 koordinater	Representation	Typ av mätplats	Pågående ozonmätningar
Kustzon	Stenstugu	6388946; 1657854	Inre Gotland	SLU	---
	Aspvreten	6521359; 1591534	Kustnära, ostlig	ITM, SU	Timvis, även meteorologi. Belägen i D-län.
	Hoburgen	6313014; 1642795	Kustnära, Gotland	EMEP, SMHI	Diffusionsprovtagare månadsvis fr.o.m. januari 2009
	Råö	6369820; 1266110	Kustnära, västlig	EMEP	Timvis + diffusionsprovtagare månadsvis
	Ottenby	6233050; 1538550	Kustnära, ostlig	Krondroppsnätet, SMHI	Diffusionsprovtagare månadsvis
	Skillinge	6152464; 1405982	Kustnära, sydlig	SMHI	---
	Simpevarp	6365555; 1551432	Kustnära, nordostlig	OKG	---
	Hemmesdynge	6140581; 1344577	Låglänt öppet, sydlig	Hemmesdynge kyrka	---
	Vavihill	6214197; 1334449	Höglänt, skog	EMEP	Timvis + diffusionsprovtagare månadsvis
	(Klintaskogen)	6168000 1351000 Alternativt: 6168399; 1351745	Höglänt, skog (mer utpräglad höglänt jämfört med Vavihill)	Krondroppsnätet (krondroppsyta) Alternativt Rommeleklint	---
	(Sännen)	6242390; 1472068	Kustnära, sydostlig	Nederbördskemiska nätet	Diffusionsprovtagare månadsvis
	(Nordkoster)	6540578; 1223521	Små öar i havet	SMHI	---

Tabellen fortsätter på nästa sida.

Tabell 2. Fortsättning från föregående sida.

Zon	Plats	RT90 koordinater	Representation	Typ av mätplats	Pågående ozonmätningar
Central zon	Norra. Kvill	6409425; 1485865	Höglänt skog	EMEP	Timvis
	Asa	6338069; 1438133	Låglänt skog	SLU	Timvis, även meteorologi
	Visingsö	6439783; 1414683	Låglänt öppet	Krondroppsnetet	---
	Timrilt	6297714; 1337097	Låglänt skog (övergångszon från Västkusten)	Krondroppsnetet	Diffusionsprovtagare månadsvis
	(Tomtabacken)	6374176; 1419802	Höglänt skog (Götalands högsta punkt)	SMHI	---
	(Aneboda)	6331453; 1425304	Höglänt skog.	ICP IM	---

Tabellen fortsätter på nästa sida.

Tabell 2. Fortsättning från föregående sida.

Zon	Plats	RT90 koordinater	Representation	Typ av mätplats	Pågående ozonmätningar
Västlig zon	Östad	6430421; 1298593	Låglänt skog	IVL	Timvis, även meteorologi under sommarhalvåret.
	Gårdsjön	6443115; 1276573	Låglänt skog	ICP IM	Diffusionsprovtagare månadsvis. Även meteorologi
	Ålleberg	6447939; 1370214	Höglänt skog	Segelflygets Veteransällskap/ Svenska Segelflygförbundet Ålleberg	---
	Läckö	6508715; 1350024	Vänerklimat	Läckö slott	---
	Lanna	6472209; 1342967	Låglänt öppet (Västgötslätten)	SLU	---
	(Kinnekulle)	6499655; 1360821	Höglänt skog i kombination med Vänerklimat	Kinnekullegården	---
	(Sjöängen)	6519600; 1413862	Låglänt skog	Nederbördskemiska nätet	Diffusionsprovtagare månadsvis

Tabellen fortsätter på nästa sida.

Tabell 2. Fortsättning från föregående sida.

Zon	Plats	RT90 koordinater	Representation	Typ av mätplats	Pågående ozonmätningar
Ostlig zon	Normlösa	6477150; 1466360	Låglänt, öppen (Östgötaslätten)	Normlösa kyrka	---
	Höka	6515900; 1461800	Låglänt skog	Krondroppsnetet	Diffusionsprovtagare månadsvis
	Omberg, Hjässan	6465429; 1432220	Höglänt skog	Sveaskog	---
	(Solltorp)	6447750; 1477750	Låglänt skog	Krondroppsyta	---

Tabellen fortsätter på nästa sida.

Tabell 2.. Fortsättning från föregående sida.

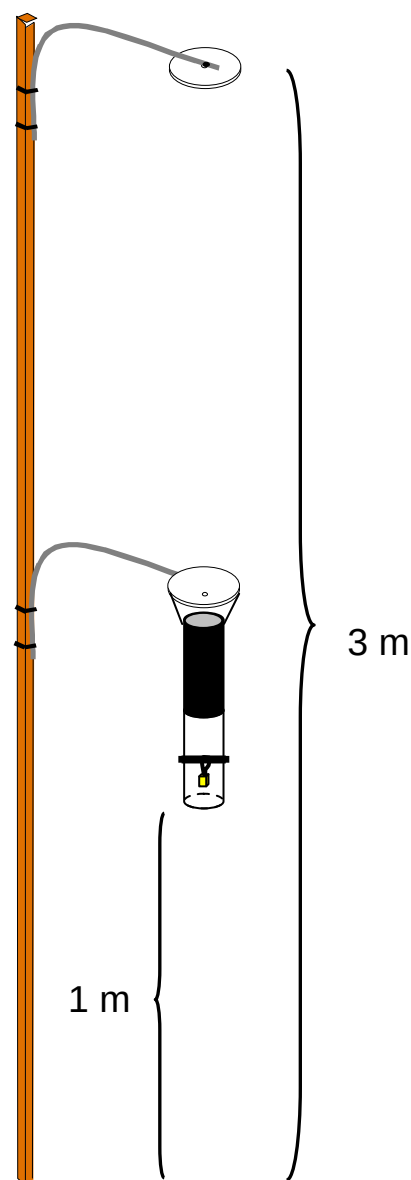
Zon	Plats	RT90 koordinater	Representation	Typ av mätplats	Pågående ozonmätningar
Nordlig zon	Granan	6503000; 1290000	Höglänt skog, västlig	Nederbördskemiska nätet	Diffusionsprovtagare månadsvis
	(Hensbacka)	6486550; 1262400	Höglänt skog, västlig	Krondroppsnetet	Diffusionsprovtagare månadsvis
	Grimsö	6623196; 1481262	Låglänt skog, östlig	EMEP	Timvis
	Godkärra	6645700; 1498400	Höglänt skog, östlig	Krondroppsnetet	---
	Hyttskogen	6647200; 1540240	Låglänt skog, östlig	Krondroppsnetet	Diffusionsprovtagare månadsvis
	Sala	6644450; 1549544	Låglänt öppet, östlig	SMHI	---
	Prestebakke	6549889; 300889	Låglänt skog, västlig	EMEP	Timvis

Detaljerade instruktioner för provtagning med passiva diffusionsprovtagare samt Tinytags utomhus redovisas i Bilaga 1 respektive Bilaga 2.

De är viktigt att man gör en inspektion på alla lokaler där mätningar föreslagits för att förvissa sig om bästa möjliga förutsättningar. Man har då även möjlighet att sätta upp själva mätutrustningen samt instruera den lokala provtagaren på plats.

Kompletterande mätningar med NO₂ bör göras om man förväntar sig förhöjda NO₂-halter. Det kan vara i områden nära en stor tätort eller om det förekommer en utsläppskälla lokalt. Ett sådant område är t.ex. Skåne där det finns risk för påverkan från Köpenhamns- och Malmöregionen, från sjöfarten runt Skånes kust samt i viss mån kontinenten (Avsnitt 4).

Inför samt efter varje mätsäsong bör samtliga Tintytags samkalibreras med en redan tidigare kalibrerad temperaturgivare.



Figur 2. Generell skiss över provutrustningen.

Baserat på mätresultat och insamlade data kan AOT40 (april-september) beräknas för de olika lokaltyperna inom varje zon/subzon. Ett exempel på hur resultaten skulle kunna redovisas ges i Bilaga 3. I en tidigare rapport på uppdrag av länsstyrelserna i M, N och O län (Piikki m.fl., 2008) jämfördes olika metoder att uppskatta ozonindex baserat på långtidsmedel av ozonhalten i kombination med temperaturmätningar på timbasis eller schablonvärden för ozonhaltens variabilitet. Den metod som rekommenderas är relativt enkel men uppskattar ändå AOT40 med bra precision. Metoden, som Tuovinen (2002) lade grunden till, utgår ifrån att ozonhaltens timmedelvärden är normalfördelade. Baserat på normalfördelningens parametrar (medelvärde och standardavvikelse), kan sedan AOT40 eller AOT-värden med andra tröskelkoncentrationer beräknas. Medelvärdet erhålls från diffusionsprovtagaren och standardavvikelsen kan beräknas

med ett statistiskt samband mellan ozonhaltens och temperaturens variationer. Inför var je års utvärdering bör ett nytt samband tas fram baserat på historiska data och innevarande års mätningar. Sambandet bör kalibreras med hänsyn till mätprogrammets design, bland annat beroende på om ozonmätningarna gjorts på två-veckorsbasis eller månadsvis. En detaljerad beskrivning av Tuoviniens metod ges i Bilaga 2.

7 Kostnader för det föreslagna mätprogrammet

Kostnaderna för det föreslagna mätprogrammet består av flera olika delkostnader:

- Uppstartskostnad. När mätprogrammet startar bör lokalerna besökas för att möjliggöra en detaljerad besiktning av själva mätplatsen. Då bör även mätutrustningen sättas upp och den lokala provtagaren instrueras. Dessutom ska sambandet mellan ozonhaltens och temperaturens variationer kalibreras för den valda mätdesignen.
- Utrustning – engångskostnad. Inköp av Tinytag och strålningsskydd samt kostnad för utrustning att hänga upp mätutrustningen på, se
- Figur 2 ovan.
- Kalibreringskostnad. Tinytags måste programmeras och samkalibreras mot en i förväg kalibrerad temperaturgivare före samt efter varje mätsäsong. Vidare bör batterier etc bytas inför varje ny mätsäsong.
- Passiva provtagare för marknära ozon samt eventuellt för kvävedioxid. Antalet provtagare beror på om man väljer att påbörja mätsäsongen i mars eller april och om man väljer att mäta på tvåveckors- eller månadsbasis.
- Utvärderingskostnad. Resultatbearbetning (inklusive uppdatering av sambandet mellan ozonhaltsvariation och temperaturvariation), rapportering samt löpande metodvalidering bör ske efter varje mätsäsong.

När det gäller mer specificerade kostnader för mätprogrammet kontakta gärna IVL Svenska Miljöinstitutet AB och Institutionen för växt- och miljövetenskaper, Göteborgs universitet för detta.

8 Metodutvärdering för månadsmedelvärden

Det föreslagna mätprogrammet grundar sig till stor del på sambandet mellan temperaturens och ozonhaltens dygnsvariationer. Om man antar att alla timvärden för ozonkoncentrationen under en viss tidsperiod är normalfördelade och om man känner till medelvärdet och standardavvikelsen för alla koncentrationsvärdena, kan man räkna ut AOT40 med en god precision (Tuovinen m.fl., 2002; Piikki m.fl., 2008). Metoden fungerar relativt väl även om värdena inte är perfekt normalfördelade (Tuovinen m.fl., 2002). Medelvärdet för ozonkoncentrationerna fås utifrån mätningar med diffusionsprovtagare under perioden. Denna mätmetod ger dock ingen information om variationen, standardavvikelsen, av ozonkoncentrationer runt medelvärdet. Istället kan man använda enkla temperaturmätningar med en hög tidsupplösning för att få information om variationen av ozonkoncentrationer under perioden, eftersom det finns en samvariation mellan ozonkoncentrationernas och temperaturens variationer över dygnet. Piikki m.fl., (2008) visade på en stark samvariation vad gäller standardavvikelsen för timvisa ozonkoncentrationer och dygnets temperaturvariation för veckovisa perioder för flera olika typer av mätplatser, både kustnära och högt respektive lågt belägna platser i inlandet. Man visade också att det gick att beräkna veckovisa värden för AOT40 utifrån medelvärden för ozon samt information om ozonvärdenas standardavvikelse från parallella temperaturmätningar.

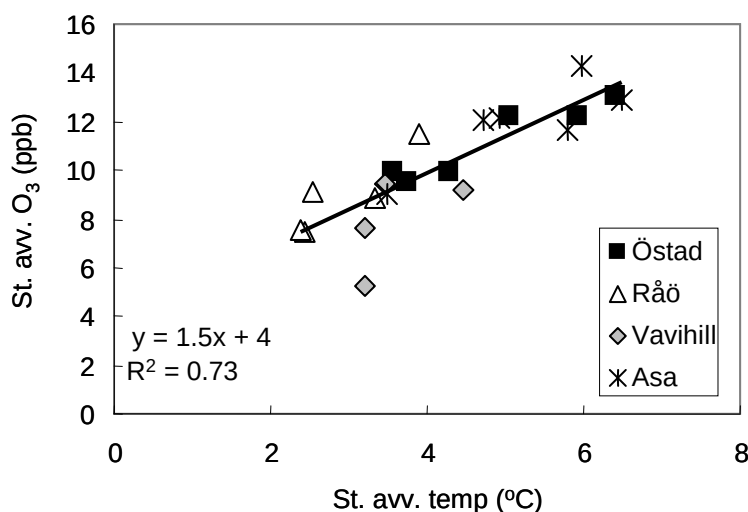
I de flesta fall mäts ozonhalterna med diffusionsprovtagare under längre tidsperioder, vanligtvis på månadsbasis. De perioder med mätvärden för ozon och temperatur som användes av Piikki

m.fl. (2008) var inte tillräckligt omfattande för att tillåta analyser på månadsbasis. Därför har vi gjort en utvidgad analys av metodikens tillämpbarhet på månadsbasis.

Samlokaliserade mätningar av ozonhalter och meteorologi på timbasis finns vid relativt få platser. Vi har använt parallella, timvisa mätningar av ozonhalter och lufttemperatur från fyra olika platser, Östads Säteri, Råö, Vavihill samt Asa. Östads Säteri ligger ca 45 km nordost om Göteborg med ett läge relativt lågt i skogslandskapet. Råö ligger precis vid kusten, ca 30 km söder om Göteborg. Vavihill ligger i Skåne, relativt högt beläget på Söderåsens sydsluttning. Asa ligger ca 20 km norr om Växjö, och är liksom Östads Säteri beläget relativt lågt i skogslandskapet. Samtliga platser ingår i det föreslagna mätprogrammet (avsnitt 4).

Timvisa ozonmätningar vid Råö och Vavihill ingår i EMEP-systemet och drivs av IVL inom det svenska miljöövervakningsprogrammet. Timvisa mätningar av lufttemperaturer vid Råö och Vavihill har bedrivits med Tiny-tags av Göteborgs universitet/IVL inom ramen för olika projekt finansierade av Länsstyrelserna i de sydliga länen länen och Jenny Klingbergs doktorandsprojekt. Givarna har varit placerade i strålningsskydd. Ozon- och temperaturmätningar vid Östads Säteri har bedrivits av IVL/Göteborgs universitet sedan många år och beskrivs av Karlsson m.fl. (2008). Temperaturgivarna (Rotronic AG) har vid Östad varit placerade i aktivt ventilerade strålningsskydd. Ozon- och temperaturmätningarna vid Asa bedrivs av SLU, på uppdrag av Luftvårdsförbunden i Jönköpings- och Kronobergs län. Temperaturmätningarna är här placerade i strålningsskydd 1,7 m över markhöjd. Vid samtliga mätplatser har ozonmätningarna skett ca 5 m över marknivå. Temperaturmätningarna gjordes på varierande höjd, ofta högre än vad som rekommenderas (Råö 3 m, Asa 1,7 m, Vavihill 1,5 m och Östad 1 m över mark).

Månadsvisa värden för standardavvikelsen för timvisa mätvärden av ozonhalter och lufttemperatur vid de fyra mätplatserna visas i Figur 3. Som framgår av figurerna är sambandet relativt starkt. I den tidigare studien av Piikki m.fl., (2008) fann man det starkaste sambandet mellan veckovisa värden av standardavvikelsen för ozon och medelvärdet för det dagliga spannet (daglig max – min temperatur) för lufttemperatur. I den analys som vi nu gjort av månadsvisa värden är sambandet mellan ozonkoncentrationens standardavvikelse och standardavvikelsen för lufttemperatur starkare än det för medelvärdet för det dagliga temperaturspannet (r^2 värden 0,73 respektive 0,66).

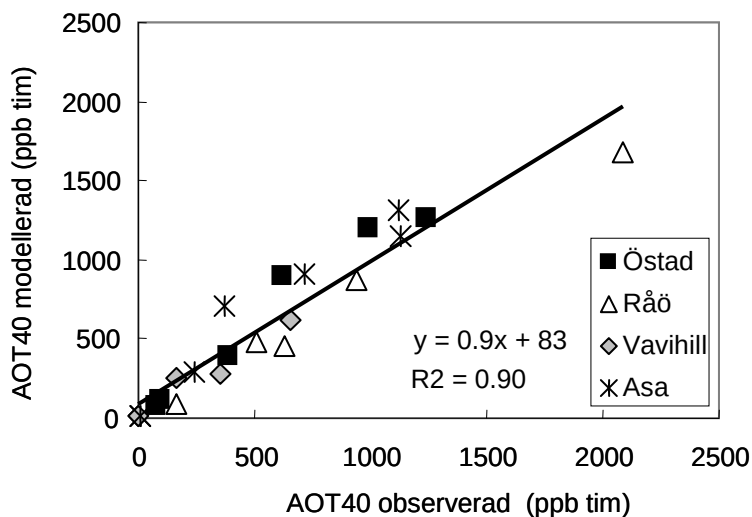


Figur 3 Månadsvisa värden för standardavvikelsen för timvisa mätvärden av ozonhalter och lufttemperatur vid fyra olika mätplatser i södra Sverige. Mätvärdena härrör från sommarhalvåret 2007, förutom Asa där data kommer från sommarhalvåret 2001. En ppb motsvarar ca två $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vi har för de analyserade månaderna beräknat AOT40 dagtid utifrån periodmedelvärden för ozonkoncentration samt från standardavvikelsen för timvisa ozonhalter beräknade utifrån sambandet med standardavvikelsen för timvisa värden för temperatur som visas i Figur 3 ovan. För att beräkna AOT40 dagtid (kl 08 – 20 centraleuropeisk tid) krävs emellertid även information om hur stor del av den totala AOT40 under perioden som inträffade under dagtid, det s.k. α värdet. α styrs i princip även det av klimatet men sambandet har inte enkelt kunnat beskrivas med hjälp av klimatvariabler. Istället har vi använt de empiriska värden som föreslagits av Karlsson m.fl. (1998), med värdet 0,84 för lågt belägna platser i inlandet (Östad och Asa) och värdet 0,73 för kustnära- eller högt belägna platser (Råö och Vavihill).

I Figur 4 visas sambandet mellan månadsvisa värden för AOT40 dagtid, dels beräknade utifrån timvisa observerade värden för ozonkoncentrationer, dels beräknade med den föreslagna statistiska modellen, baserad på Tuovinen (2002), där AOT40 beräknas från periodmedelvärde för ozonkoncentration, standardavvikelse för ozonkoncentration i sin tur beräknat från timvisa mätningar av lufttemperatur samt från en antagen fördelning av AOT40 mellan dag och natttid (α). Som framgår av Figur 4 är sambandet mellan observerade och modellerade månadsvisa värden för AOT40 dagtid relativt starkt, med en riktningskoefficient nära ett och ett r^2 värde på 0,90.

Vi drar därför slutsatsen att den föreslagna statistiska metoden för att beräkna månadsvisa värden för AOT40 dagtid utifrån månadsmedelvärden för ozonkoncentration, såsom uppmätta med diffusiva provtagare, samt från standardavvikelsen för ozonkoncentrationer beräknad från timvisa mätningar av lufttemperaturer, fungerar tillfredställande för månadsvisa perioder. Vi bedömer därmed att metodiken är klar för användning. Dock kan sambandet mellan standardavvikelserna för ozonhalter respektive lufttemperaturer (Figur 3) förmodligen förfinas ytterligare genom att inkludera fler mätplatser och fler mätperioder. Det rekommenderas att både sambandet (Figur 3), metoden (Figur 4) och värdet för α utvärderas efter varje mätsäsong (avsnitt 9).



Figur 4 Månadsvisa värden för AOT40 dagtid vid fyra olika mätplatser i södra Sverige. Månadsvisa perioder härrör från sommarhalvåret 2007, förutom Asa där data kommer från sommarhalvåret 2001. X-axeln visar värden beräknade från timvisa observationer av ozonkoncentrationer. Y-axeln visar värden beräknade med en statistisk modell baserat på Tuovinen (2002), där AOT40 beräknas från periodmedelvärde för ozonkoncentration, standardavvikelse för ozonkoncentration i sin tur beräknat från timvisa mätningar av lufttemperatur samt från en antagen fördelning av AOT40 mellan dag och natttid. En ppb ozon motsvarar ca två $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

9 Förslag till kontinuerlig metodutvärdering

Metoden som ska användas har utvärderats för mätperioder på 1 vecka till 1 månad (avsnitt 8; Piikki m.fl., 2008). Det är dock viktigt med fortsatt metodutvärdering. Därför bör det sättas upp Tinytags för temperaturmätningar även på de stationer som har kontinuerlig ozonregistrering (Asa, Vavihill, N. Kvill, Aspvreten, Grimsö, Råö och Prestebakke och Östad). På Östad mäts dock redan temperaturen på lämplig höjd. Data från dessa stationer kan då användas för kontinuerlig utvärdering av det samband mellan ozonhaltens och temperaturens dygnsvariationer, som används i AOT40-uppskattningen. Sambandet kan också uppdateras varje år och successivt bli statistiskt starkare. Även omräkningsfaktorn mellan 24-timmars och 12-timmars AOT40 (α) bör uppdateras årsvis baserat på de kontinuerliga ozon- och temperaturmätningarna. Möjligen skulle en mer analytisk metod att uppskatta 12-timmars AOT40 kunna utvecklas, som inte är beroende av att lokaler delas in i olika lokaltyper.

En ytterligare anledning till att det är viktigt med fortsatt metodutvärdering är att sambandet mellan ozonhaltens och temperaturens dygnsvariationer och α kan påverkas av de pågående klimatförändringarna. Exempelvis fann Easterling m.fl. (1997) att den ökning i global medeltemperatur som ägde rum mellan 1950 och 1990 delvis kunde förklaras av att dygnets minimitemperatur ökat snabbare än dygnets maximitemperatur, vilket innebar att dygnets temperaturspann (*Diurnal Temperature Range*, DTR) minskade under den här perioden. Vose m.fl. (2005), som utökade och uppdaterade studien av Easterling m.fl. (1997) fann dock att minskningen i DTR varit liten sedan slutet av 70-talet. Hur DTR kommer att förändras framöver är dock osäkert och prognoser skiljer sig betydligt mellan olika modellberäkningar (Lobell m.fl., 2007).

10 En möjlig vidareutveckling av mätprogrammet

Det vore möjligt att vidareutveckla mätprogrammet med en GIS-applikation. Utbredningen av de olika lokaltyperna och den areal som representeras av varje mätplats skulle kunna karteras. Det skulle ge en lättöverskådlig presentation av ozonexponeringen i södra Sverige, som enkelt skulle kunna uppdateras efter varje mätsäsong.

11 Referenser

- Ashmore M., Toet S., Emberson L. 2006. Ozone –a significant threat to future world food produktion. *New Phytologist* 170: 201-204.
- Easterling D.R., Horton B. Jones P.D., Peterson T.C., Karl T.R., Parke, D.E., Salinger M.J., Razuvayev V., Plummer N., Jamason P., Folland C.K. 1997. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277: 364-367.
- EG (2008). Europarlamentets och Rådets direktiv 2008/50/EG av den 21 maj 2008 om luftkvalitet och renare luft i Europa.
- Forsberg B, Modig L, Svanberg P-A, Segerstedt B. 2003. Hälsokonsekvenser av ozon - en kvantifiering av det marknära ozonets korttidseffekter på antalet sjukhusinläggningar och dödsfall i Sverige. På uppdrag av Statens folkhälsoinstitut. Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå universitet
- Jenkin M. E. 2008. Trends in ozone concentration distribution in the UK since 1990: Local regional and global influences. *Atmospheric Environment* 72: 5435-5445.
- Karlsson P. E., Tuovinen J. P., Simpson D., Mikkelsen T., Ro-Poulsen H. 1998. Ozone Exposure Indices for ICP-Forest Observation Plots within the Nordic Countries. IVL Rapport B1498.

- 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 crop yields and forest production. A case study of the estate Östads säteri in Southwestern Sweden. *Ambio* 43: 32-40.
- Karlsson P-E., Pihl-Karlsson G., Pleijel H., Sundberg, J. 2007. En bedömning av ozonbelastningen i landsbygds miljön i Västra Götalands län IVL Rapport U 2064.
- Karlsson P-E., Pihl Karlsson, G, Chen, D. 2008. Marknära ozon och meteorologi vid Östads Säteri 2007. För Länsstyrelsen i Västra Götaland - IVL rapport U 2306.
- Lobell D.B., Bonfils C., Duffy P.B. 2007. Climate change uncertainty for daily minimum and maximum temperatures: A model inter-comparison. *Geophysical Research Letters* 34: art. no. L05715
- Miljömålsrådet. 2008. Miljömålen –nu är det bråttom. Naturvårdsverket. ISBN: 978-91-620-1264-9.
- Naturvårdsverket 2006. Luftguiden. ISBN 91-620-0141-8
- Naturvårdsverket, 2007. Riktlinjer för regionala miljöövervakningsprogram 2009-2014. Naturvårdsverket 2007-12-21. Dnr 721-12-21.
- 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. Utveckling av miljömålsuppföljning för ozon med hjälp av diffusionsprovtagare och mobilt mätsystem. Rapport på uppdrag av länsstyrelserna i M, N och O län.
- Pleijel H. (red) 2007. Transboundary air pollution: scientific understanding and environmental policy in Europe. Studentlitteratur AB, Sverige. (ISBN: 9144004710).
- Prather M., Gauss M., Bernsten T., Isaksen I., Sundet J., Bey I., Brasseur G., Dentener F., Derwent R., Stevenson D., Grenfell L., Hauglustaine D., Horowitz L., Jacob D., Mickley L., Lawrence M., von Kuhlman R., Muller J-F., Pitari G., Rogers H., Johnson M., Pyle J., Law K., van Weele M., Wild Oliver. 2003. Fresh air in the 21st century? *Geophys. Res. Lett.* 30: 1-4.
- 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., Pleijel H. 2006. Variation in ozone concentration in relation to local climate in south-west Sweden. *Water, Air and Soil Pollution* 173: 339-354.
- Tuovinen J. -P. 2002. Assessing vegetation exposure to ozone: is it possible to estimate AOT40 by passive sampling? *Environmental Pollution* 119: 203-214.
- Vingarzan R. 2004. A review of surface ozone background levels and trends. *Atmospheric Environment* 38: 3431-3442.
- Vose R.S., Easterling D.R., Gleason B. 2005. Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004. *Geophysical Research Letters* 32: 1-5.



Instruktioner för provtagning med diffusionsprovtagare

Utomhus

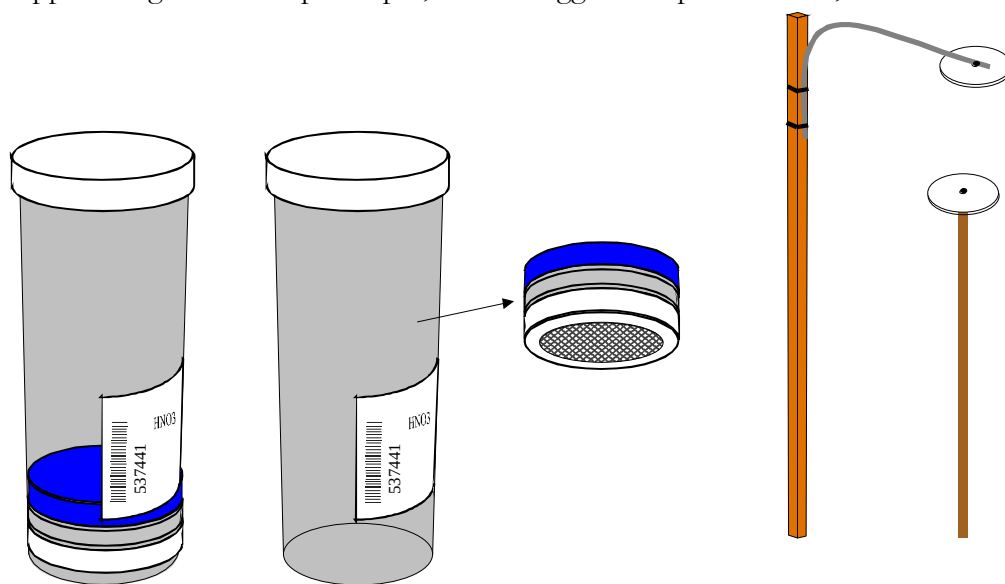
Vid transport och lagring skall provtagarna förvaras i plastburkar (halvgenomskinliga) med tättslutande lock. Burkarna skall vara placerade i förslutna plastpåsar. Vid lagring ska dessa om möjligt förvaras i kylskåp.

Öppna inte burken med provtagaren förrän det är dags för uppsättning på plats!

Mätningen startar så fort burken öppnas. Under provtagningen diffunderar gasen in genom det grå stålnätet, som fungerar som ett mekaniskt skydd.

Vid mätningar utomhus krävs ett regnskydd för provtagarna. IVL nyttjar spisplatteskydd med verktygshållare som fastsättningsanordning. Det är viktigt att spisplatteskyddet (som fungerar som tak) är någorlunda horisontellt för att skydda mot regn. Tekniken baseras på en god luftomsättning runt omkring provtagaren. Vid utplacering av provtagarna bör dessa sättas på 3 meters höjd över mark.

Uppsättningen kan ske på stolpar, ut från väggar eller på annat sätt, se skisser nedan.

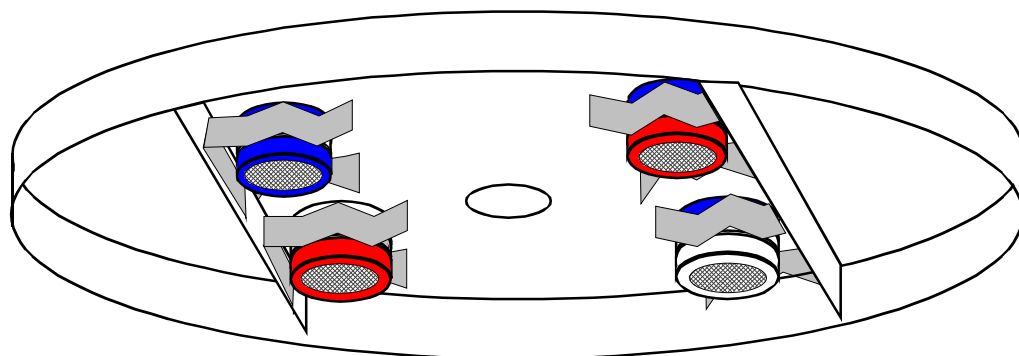


Tag ut provtagaren ur förvaringsburken. Spara den tomma stängda burken under tiden du exponerar provtagaren. Det grå stålnäten ska peka nedåt!

- Provtagarna kommer i en plastburk med lock och förvarad i en plastpåse. Exponeringen startar så fort locket på burken avlägsnas. Öppna inte burken förrän det är dags för uppsättning på plats. Dessa burkar bör förvaras förslutna.



Provtagaren för kvävedioxid, NO_2 är röd/grå/röd och provtagaren för ozon, O_3 är blå/vit/vit



- Ta försiktigt ut provtagaren ur burken och tryck fast den i verktygshållaren med det **grå nätet nedåt**. OBS rör inte det grå skyddsnätet! Det kan lätt bli intryckt och skadat. Håll i kanterna. Om provtagaren har kilat fast i botten på burken så vänd burken uppochner och knacka öppningen mot ett bord eller dylikt så att provtagaren lossnar.
- **Notera datum, starttid och stationsnamn på fältprotokollet** som finns med i plastpåsen. Förvara burkarna och fältprotokollet i plastpåsen tills det är dags att ta ner provtagarna.
- Efter exponeringen tas provtagarna försiktigt ned och läggs tillbaka i respektive plastburk. Sätt fast locken ordentligt och lägg tillbaka burkarna i plastpåsen.
- **Notera datum och stopptid på fältprotokollet.** Eventuella anmärkningar kan också antecknas på protokollet (t ex om någon provtagare trillat ned). Enklast är att först ta ner alla de använda provtagarna innan provtagarna för nästa mätperiod tas fram. Då riskerar man inte att förväxla några provtagare och låta redan använda provtagare sitta uppe ytterligare en period.
- Provtagaren returneras till IVL's laboratorium i Göteborg (se adressen nedan), lämpligast i ett madrasserat kuvert.

Adress till brev och postpaket:

IVL Laboratoriet
Box 5302
400 14 Göteborg

Adress till företagspaket och andra distr. än posten ex. DHL

IVL Laboratoriet
Aschebergsgatan 44
411 33 Göteborg



Instruktioner för provtagning med Tinytags

Utomhus

Tinytag loggers, från Intab, se bild nedan, mäter och lagrar temperatur och luftfuktighet. Det är en liten, robust mätutrustning som går på batteri vilket gör den enkel att använda under fältförhållande. Vid transport och lagring skall Tinytags förvaras skyddat, gärna i ett madrasserat kuvert. Det man behöver tänka på är att använda ett strålningsskydd när man mäter med Tinytags, se bild nedan.



Under provtagningen sköter mätutrustningen sig helt själv och det enda man bör se till är att den ej ramlar ner eller att regnskyddet försvinner. Provtagaren hänger ut mätutrustningen och efter säsongen skickas den in för nerladdning av data.

Vid mätningar utomhus krävs ett strålningsskydd för Tinytags. Om solljuset faller direkt på Tinytagen kommer den att värmas upp och därigenom registrera en högre temperatur än den omgivande lufttemperaturen. Det finns olika typer av strålningsskydd som kan användas. Om man ej kan använda ett med hjälp av elektricitet ventilerat strålningsskydd, kan ett självventilerat strålningsskydd användas. Vi använder ett självventilerat strålningsskydd som utvecklats av Göteborgs universitet. Det är ett mycket enkelt skydd där den övre delen är svart och den nedre delen (där själva mätutrustningen sitter) är reflekterande eller vit. Luften värms i den övre svarta delen och stiger när den värms upp och ny luft kommer in nerifrån. Vi utnyttjar spisplatteskydd som skydd mot regn. Det är viktigt att spisplatteskyddet (som fungerar som tak) är någorlunda horisontellt för att skydda mot regn och att det sitter en bit upp från strålningsskyddets övre kant så god luftcirkulation vidmakthålls.

Tekniken baseras på en god luftomsättning runt omkring mätutrustningen. Vid utplacering av mätutrustningen bör dessa sättas så att strålningsskyddets nedre del är 1 meter ovan mark.

Uppsättningen kan ske på stolpar, ut från väggar eller på annat sätt. En beskrivning av strålningsskyddet syns i figuren nedan.

Provtagaren hänger ut mätutrustningen och efter säsongen skickas den in för nerladdning av data.

- **Notera datum, starttid och stationsnamn på protokollet** som finns med.
- Efter exponeringen tas Tinytagprovtagarna försiktigt ned och läggs tillbaka i det madrasserade kuvertet.
- **Notera datum och stopptid på protokollet.** Eventuella anmärkningar kan också antecknas på protokollet.
- Provtagaren returneras till IVL i Göteborg (se adressen nedan) i det madrasserade kuvertet.

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Att. Gunilla Pihl Karlsson

Box 5302

400 14 Göteborg

Exempel på årlig resultatredovisning

Tabell 3-1 nedan är ett exempel på hur resultaten från mätprogrammet skulle kunna redovisas.

Tabell 3- 1. Exempel på årlig resultatredovisning för ett ozonövervakningssystem för södra Sverige, det mest ambitiösa alternativet.

Zon	Subzon	Plats	Tids-period								
			Mars	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Maj-Jul	Apr-Sep
Kust	Väst	Råö									
		Koster									
		Vavihill									
	Syd	Klinta-skogen									
		Hemmes-dynge									
		Skillinge									
		Sännen									
		Öst									
		Aspvreten									
		Simpevarp									
		Ottenby									
		Hoburgen									
		Stenstugu									
Inland central	Högt	N Kvill									
		Tomta-backen									
		Aneboda									
	Lågt skog	Asa									
		Timrilt									
	Lågt öppet	Visingsö									

Tabellen fortsätter på nästa sida

Tabell 3- 2. fortsättning från föregående sida.

Inland väst	Högt	Älleberg									
		Kinneulle									
	Lågt skog	Östad									
		Gårdsjön									
		Sjöängen									
	Lågt öppet	Lanna									
	Vänern	Läckö									
Inland öst	Högt	N Kvill									
		Omberg									
	Lågt skog	Höka									
		Solltorp									
	Lågt öppet	Normlösa									
Inland nord	Högt	Granan									
		Godkärra									
		Hensbacka									
	Lågt skog	Prestebakke									
		Grimsö									
	Lågt öppet	Sala									

Beräkningsförfaranden för ozonindex

Tuovinsens modell

Tuovinsens modell (Tuovinen, 2002) kan användas för att beräkna AOT med olika tröskelkoncentrationer (c_0). Frekvensfördelningen av ozonhaltens tim-medelvärden approximeras av en normalfördelning som har medelvärde (μ) och standardavvikelse (σ) (Figur 4- 1). Baserat på den här normalfördelningen kan 24-timmars AOT beräknas enligt Ekvation 1. För varje värde av ozonhalten (c) multipliceras överskridandet över tröskelvärde ($c - c_0$) med sannolikheten som är associerad med just detta överskridande ($f(c)$). Den erhållna termen integreras sedan över alla c som är större än tröskelvärde. Resultatet multipliceras med antalet timmar som mätperioden varade (T). För en månadslång mätning är $T = 30 \times 24$ timmar = 720 timmar.

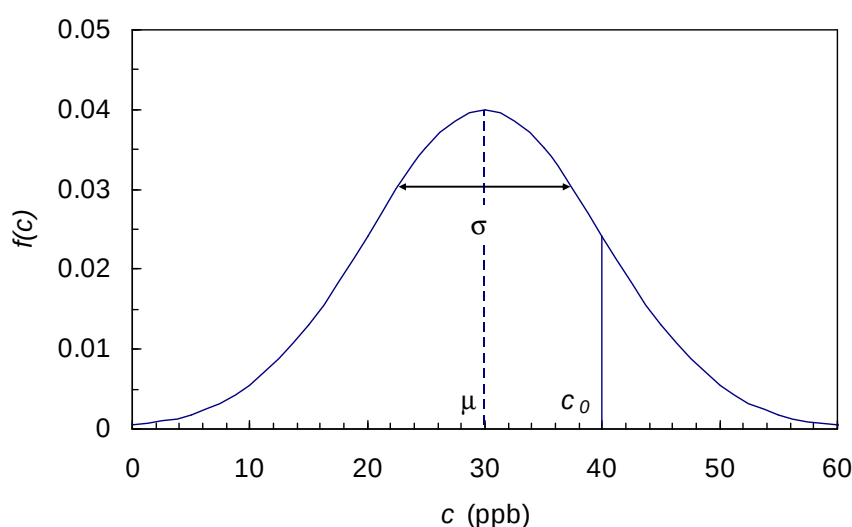
$$AOT_{c_0} = T \int_{c_0}^{\infty} (c - c_0) f(c) dc \quad [E1]$$

Ekvation 1 kan skrivas om till en form som lätt kan användas i kalkylprogrammet Excel. (Ekvation 2). För härledning, se Tuovinen (2002).

$$AOT_{c_0} = T \left[\sigma \varphi \left(\frac{\mu - c_0}{\sigma} \right) + (\mu - c_0) \Phi \left(\frac{\mu - c_0}{\sigma} \right) \right] \quad [E2]$$

I Ekvation 2 betecknar $\varphi(x)$ standardnormalfördelningen, d.v.s. en normalfördelning med $\mu = 0$ och $\sigma = 1$. $\varphi(x)$ beräknas enligt Ekvation 3. $\Phi(x)$ är den ackumulerade standardnormalfördelningen. Den beräknas i Excel med funktionen NORMSDIST(). Standardavvikelsen (σ) beräknas med funktionen STDEV().

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} \quad [E3]$$



Figur 4- 1. Frekvensfördelningen av ozonhaltens tim-medelvärden (c) approximeras av en normalfördelning som har medelvärde (μ) och standardavvikelse (σ_{ozon}). AOT indexets tröskelvärde benämns c_0 .

Värdet för μ fås från diffusionsprovtagaren och värdet för σ kan beräknas baserat på ett samband mellan ozonhaltens och temperaturrens variationer, som tas fram speciellt för mätprogrammets design

De AOT-värden som beräknas enligt ekvationerna 1 och 2 är ackumulerade över dygnets 24 timmar. I riskbedömningar av ozonbelastning är dock 12-timmars (08:00-20:00) mest intressant. Karlsson m.fl. (1998) har tagit fram omräkningsfaktorer (α , Ekvation 4) från 24-timmars till 12-timmars AOT för tre olika lokaliteter (Tabell 4- 1).

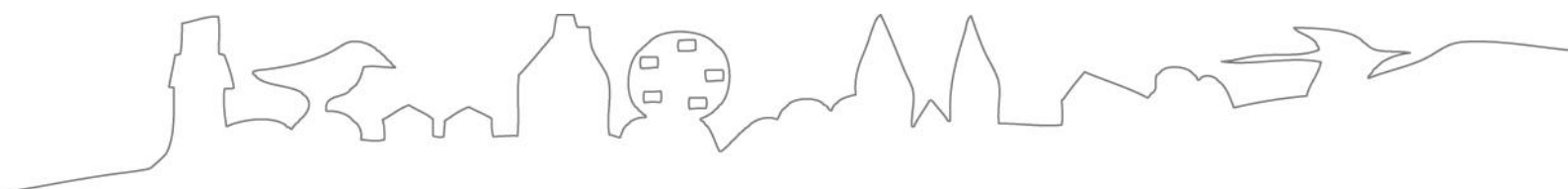
$$AOT_{12 \text{ timmar}} = \alpha \times AOT_{24 \text{ timmar}} \quad [E4]$$

Tabell 4- 1. Omräkningsfaktorer (α) mellan 12-timmars och 24-timmars AOT.

Lokalitet	α
Höglänt	0,73
Låglänt	0,84
Kustnära	0,54

Referenser

- Karlsson P. E., Tuovinen J. P., Simpson D., Mikkelsen T., Ro-Poulsen H. 1998. Ozone Exposure Indices for ICP-Forest Observation Plots within the Nordic Countries. IVL Rapport B1498.
- Tuovinen J. -P. 2002. Assessing vegetation exposure to ozone: is it possible to estimate AOT40 by passive sampling? Environmental Pollution 119: 203-214.



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN