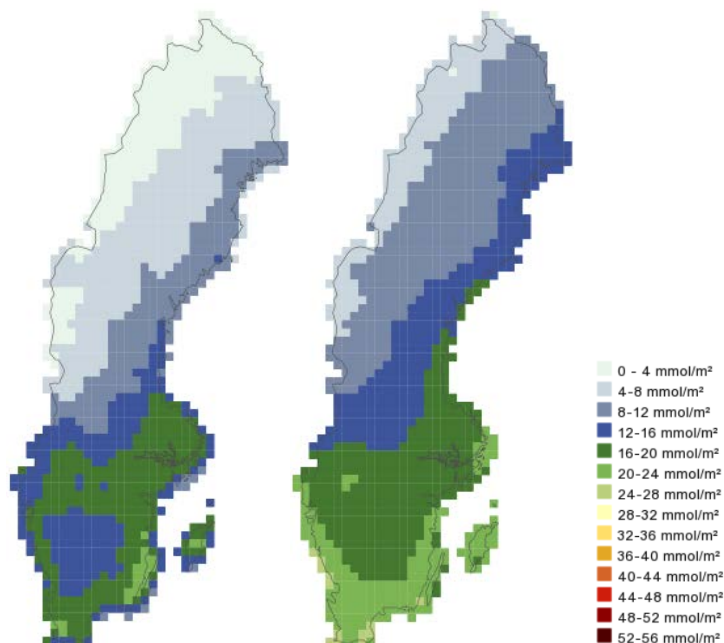


PODY-beräkningar med MATCH Sverigesystemet

Magnuz Engardt, Helene Alpfjord, Camilla Andersson



Pärmbild.

Bilden föreställer $POD3_{gen-CR}$ (vänster) och $POD1_{gen-DT}$ (höger) beräknat med MATCH Sverigesystemets timvisa analyserade ozonhalter för året 2015.

METEOROLOGI Nr 160

POD**Y**-beräkningar med MATCH Sverigesystemet

Magnuz Engardt, Helene Alpfjord, Camilla Andersson

Sammanfattning

Vi har utvecklat ett programpaket som möjliggör PODY beräkningar i MATCH Sverigesystemet. Rapporten ger en kortfattad introduktion till PODY och går igenom implementeringen i MATCH-systemet.

Resultat för receptorerna *generic crops* ($POD3_{\text{gen-CR}}$) och *generic deciduous trees* ($POD1_{\text{gen-DT}}$) presenteras för åren 2013-2015 och jämförs med motsvarande data från EMEP-modellen. $POD3_{\text{gen-CR}}$ uppvisar stor år-till-år variation och MATCH-resultaten är tydligt högre än motsvarande uppskattningar av EMEP-modellen. $POD1_{\text{gen-DT}}$ varierar mindre från år till år och resultaten från MATCH och EMEP-modellen överensstämmer bättre.

PODY presenteras tillsammans med övriga ozonmått på SMHI:s miljöövervakningssida (www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi) med start från miljöövervakningsåret 2013.

Summary

We have developed a set of programs that enable PODY calculations in the air quality surveillance system *MATCH Sverigesystemet*. This report gives a brief overview of PODY calculations in general and the MATCH implementation in particular.

We present results for the receptors *generic crops* ($POD3_{\text{gen-CR}}$) and *generic deciduous trees* ($POD1_{\text{gen-DT}}$) for the years 2013-2015 and contrast these with corresponding data from the EMEP-model. The $POD3_{\text{gen-CR}}$ values calculated by MATCH feature large inter-annual variations and are significantly higher than the corresponding assessment by the EMEP-model. $POD1_{\text{gen-DT}}$ show smaller inter-annual variation and the MATCH and the EMEP-model results correspond better.

PODY is presented together with other ozone metrics on the SMHI environmental mapping web page (www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi) starting from the mapping year 2013.

Innehållsförteckning

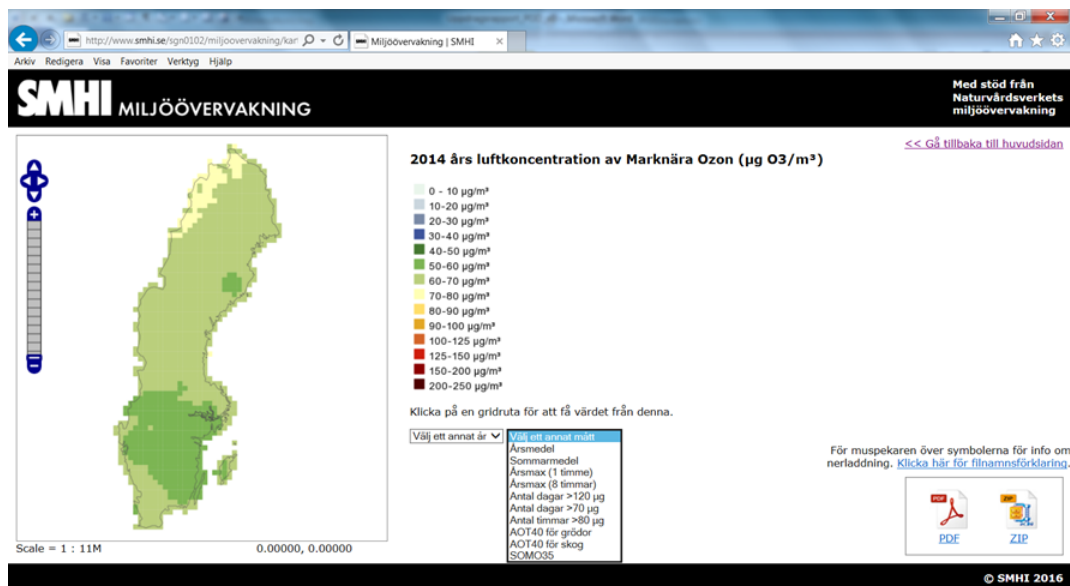
1	BAKGRUND / PROBLEMSTÄLLNING	1
2	SYFTE	2
3	METODIK	2
3.1	Ozonflöde till stomata, F_{st}	3
3.2	Ozonhalhalt vid stomata, μ_{st}	4
3.3	Växtsäsong, f_{phen}	5
3.4	Dygnsvariation, f_{light}	8
3.5	Temperatur, f_{temp}	9
3.6	Luftfuktighet, f_{VPD}	10
4	RESULTAT	11
4.1	PODY för grödor, $POD3_{gen-CR}$	11
4.2	PODY för (lövfällande) träd, $POD1_{gen-DT}$	12
4.3	Jämförelse mot EMEP-modellen	13
5	SLUTSATSER	15
6	REFERENSER	16

1 Bakgrund / Problemställning

Marknära ozon infördes från och med övervakningsåret 2013 som en del i MATCH Sverigesystemet (Alpfjord och Andersson, 2015). Initialt ingick 10 ozonmått (se Figur 1), varav två är kopplade till effekter på växtlighet: AOT40 (Ackumulerad Ozondos över Tröskelvärde 40 ppb(v)) för perioden maj-juli (effekter på grödor) respektive april-september (effekter på träd).

Med stöd från Naturvårdsverket (överenskommelse 2208-15-002, ärendenr NV-04318-15) har SMHI uppdaterat MATCH Sverigesystemet så att även ozonflöden till växtlighet kan beräknas enligt standardiserade metoder. I och med detta kommer SMHI från och med hösten 2016 att redovisa kartor över PODY (*Phytotoxic Ozone Dose above a flux threshold of Y*) inom ramen för den årliga miljöövervakningen med MATCH Sverigesystemet. I projektet som beskrivs i denna rapport har PODY beräknats för de historiska åren 2013, 2014 och 2015 –vilket innebär att PODY nu finns tillgängligt på SMHI:s miljöövervakningssida från och med det år då marknära ozon infördes i MATCH Sverigesystemet.

PODY används inom CLRTAP (*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*) för att identifiera var ozoninducerade skador på grödor och träd kan komma att uppträda (CLRTAP, 2014). PODY påverkas, förutom av halten ozon nära växternas blad, också av en rad fysikaliska och meteorologiska parametrar såsom växtsäsong, solstrålning, temperatur och fuktighet. PODY är, till skillnad från AOT40, inte ett haltbaserat index utan ett mått på växternas upptag av ozon, vilket också visat sig vara tydligare kopplat till ozoninducerade skador på växtlighet (Mills m.fl., 2011).



Figur 1. Skärmdump som visar det ursprungliga utbudet av ozonmått inom miljöövervakningen med MATCH Sverigesystemet (www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi, "ozonmått").

2 Syfte

Denna rapport beskriver hur vi infört PODY i MATCH Sverigesystemet. Metodiken är i allt väsentligt en implementering av formuleringar och regler som finns i ”*Mapping Manual*” (CLRTAP, 2014). Vi är medvetna om att det sker en kontinuerlig uppdatering av dessa metoder och vi har därför skapat ett programpaket där det är relativt enkelt att justera berörda formuleringar i MATCH Sverigesystemet, när uppdateringar blir officiella.

I rapporten kommer vi även att presentera resultat för de meteorologiska åren 2013, 2014 och 2015, samt kort diskutera osäkerheter i beräkningarna. Vi fokuserar på resultat producerade inom ramen för MATCH Sverigesystemet. Programpaketet för PODY-beräkningar framtagna i detta projekt är dock generellt och övergripande och kan utvecklas till att användas av MATCH-modellen även utanför MATCH Sverigesystemet.

3 Metodik

PODY står för ”*Phytotoxic Ozone Dose above a flux threshold of Y*”. Det som avgör storleken av PODY är ozonhalten och de fysikaliska och meteorologiska faktorer som styr ozonupptaget till växterna. Eftersom ozonupptaget skiljer sig åt mellan olika växter eller mellan olika växtzoner används skiftande formulering för PODY för olika receptorer. I praktiken används oftast samma eller liknande formler, men med olika värden på de ingående konstanterna. *Mapping Manual* ger en detaljerad, men ibland svårgenomtränglig genomgång av metoder, formler och konstanter. I detta kapitel beskriver vi formuleringarna som använts i MATCH Sverigesystemet.

Ozonhalterna, som beräkningarna i denna rapport baseras på, är de timvisa data som tas fram med hjälp av 2-dimensionell variationell teknik i MATCH Sverigesystemet. De meteorologiska data som behövs för PODY-beräkningarna är hämtade från SMHI:s regionala väderprognosmodell HIRLAM och strålningsmodellen STRÅNG, som båda beskriver den meteorologiska utvecklingen under den berörda perioden. Alla ozonmått som visas på SMHI:s miljöövervakningssida är således inbördes konsistenta för respektive år.

PODY rapporteras i allmänhet som årsvärden (ackumulerad dos under ett år), utan hänsyn till i vilken omfattning den beaktade receptorn förekommer inom det aktuella området. *Mapping Manual* beskriver PODY-formuleringar för ett antal grödor och träd och MATCH Sverigesystemet är nu förberett för att beräkna PODY för godtycklig receptor. I *Mapping Manual* finns t.ex. specifika formuleringar för gran (*Norway Spruce*), men för storskalig regional modellering rekommenderas att man använder sig av receptorerna *generic crops* och *generic deciduous trees*, vilka är förenklade parameteriseringar som är menade att uppskatta den potentiella risken för ozoninducerade skador på grödor respektive träd. Förutom annorlunda värden på de berörda konstanterna är den viktigaste skillnaden mellan de artspecifika receptorerna och de generiska receptorerna är att de senare inte tar hänsyn till markfuktighetens inverkan på ozonupptaget. För MATCH Sverigesystemet har vi följt *Mapping Manual* och valt att beräkna ozonflöde till receptorerna *generic crops* och *generic deciduous trees*; metodiken beskrivs i detalj nedan.

3.1 Ozonflöde till stomata, F_{st}

Den allmänna definitionen av ozonflödet till stomata, F_{st} , ges av [hakparantesen anger ekvationsnummer i *Mapping Manual* (CLRTAP, 2014)]:

$$F_{st} = g_{st} \mu_{st} \quad [\text{MM2014 III.10c}]$$

där μ_{st} är ozons blandningsförhållande (enhet ppm(v) (*sic!*)) på höjden h meter över marken (h är typiskt höjd för lövverket för respektive receptor, se Tabell 1).

Den fullständiga definition av g_{st} (stomata-konduktansen; $\text{mmol O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) följer den multiplikativa algoritmen föreslagen av Emberson m.fl. (2000a,b):

$$g_{st} = g_{max} \times \min(f_{phen}, f_{O_3}) \times f_{light} \times \max(f_{min}, (f_{temp} \times f_{VPD} \times f_{SWP})). \quad [\text{MM2014 III.10a}]$$

De olika f -funktionerna styrs av omgivande fysikaliska och meteorologiska förhållanden och tar värden mellan 0 och 1. g_{st} kan alltså maximalt anta värdet g_{max} , men blir alltid noll då minst en av f_{phen} (växtsäsong), f_{O_3} (ackumulerad stress från förhöjda ozonhalter) eller f_{light} (dag/natt) är noll. Den multiplikativa algoritmen möjliggör utökningar och i studier av framtida ozonupptag har man t.ex. introducerat en funktion f_{CO_2} som simulerar effekten av "CO₂-gödsling" (ökad CO₂-halt resulterar i lägre g_{st} , se t.ex. Klingberg m.fl., 2011).

f -funktionerna och konstanterna är i allmänhet olika för olika receptorer. För *generic crops* och *generic deciduous trees* är t.ex. både f_{O_3} och f_{SWP} (markfuktighet) lika med 1 – vilket innebär att man ignorerar reducerat ozonupptag beroende på redan skedda ozon-inducerade skador på växtligheten och på grund av begränsningar i vattentillgången. g_{st} för dessa receptorer kan då betraktas som ett "worst case" (ingen begränsning av flödet vid uttorkning av marken) och **MM2014 III.10a** kan då förenklas till:

$$g_{st} = g_{max} \times f_{phen} \times f_{light} \times \max(f_{min}, (f_{temp} \times f_{VPD})).$$

Notera att max-operatoren i ovanstående formulering leder till att det förekommer ett flöde till växternas stomata (som definieras av f_{min}) även om f_{temp} eller f_{VPD} skulle vara noll. g_{max} och f_{min} för *generic crops* respektive *generic deciduous trees* ges i tabell 1 nedan.

Tabell 1. Numeriska värden för h , g_{max} , f_{min} , och Y för *generic crops* respektive *generic deciduous trees* (från *Mapping Manual*).

Receptor	h [meter]	g_{max} [mmol O ₃ m ⁻² s ⁻¹]	f_{min} [0-1]	Y [nmol m ⁻² s ⁻¹]
Generic crops	1	500	0.01	3
Generic deciduous tree	20	150	0.1	1

Vårt eftersökta PODY ges av:

$$\text{PODY} = \sum \max(0, F_{st} - Y) \times \Delta t$$

där F_{st} beräknas varje timme enligt [MM2014 III.10c] och Δt är 3600 s. Y är ett tröskelvärde som representerar receptorns tålighet mot ozon och max-operatorn tas för att enbart summera positiva differenser. Summeringen sker över årets alla timmar. För *generic crops* sätts Y till $3 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ och för *generic deciduous trees* sätts Y till $1 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, se Tabell 1.

PODY för grödor och (lövfällande) träd kommer benämnas $\text{POD3}_{\text{gen-CR}}$ respektive $\text{POD1}_{\text{gen-DT}}$ i denna rapport. Enheten för PODY är mmol m^{-2} .

3.2 Ozonhalhalt vid stomata, μ_{st}

Inom miljöövervakningen med MATCH Sverigesystemet produceras timvisa ozonhalter på 3 meters höjd över marken (där mätningarna antas vara gjorda). Dessa halter fås genom att kombinera modellberäkningar (geografiskt och tidstäckande data) med mätningar (punktvisa uppskattningar med hög tillförlitlighet) för att uppnå ett konsistent data-material med hög tillförlitlighet och optimal geografisk och temporal täckning. Mätningarna och modellresultaten kombineras genom 2-dimensionell variationell dataassimilation till ett yttäckande fält av hög kvalitet (Robertson och Kahnert, 2007).

Enligt *Mapping Manual* skall $\text{POD3}_{\text{gen-CR}}$ och $\text{POD1}_{\text{gen-DT}}$ beräknas utifrån ozonhalter på $h=1$ respektive $h=20$ meters höjd (se Tabell 1). För att räkna om från MATCH Sverigesystemets halter på 3 m till 1 respektive 20 meter över marken använder vi de representativa ozongradienterna som redovisas i *Mapping Manual*. Halten på 1 och 20 meter över marken är då 93 % respektive 104 % av halten på 3 m höjd:

$$\mu_{st} = \begin{cases} k_{3to1} \times \mu_{3m}, & \text{generic crops} \\ k_{3to20} \times \mu_{3m}, & \text{generic deciduous trees} \end{cases}$$

$$k_{3to1} = 0.88/0.95 = \mathbf{0.93}$$

$$k_{3to20} = 1.00/0.96 = \mathbf{1.04}$$

3.3 Växstsäsong, f_{phen}

Fotosyntesen förutsätter att växterna utbyter gaser med atmosfären. Utbytet sker genom bladens stomata. Samtidigt som nödvändigt CO₂ tas upp kommer även skadligt O₃ diffundera in i stomata. Det är detta flöde vi försöker modellera med [MM2014 III.10c] ovan.

De flesta kommersiella grödor och lövträd som finns i Sverige bär endast blad på sommaren; i detta sammanhang benämner vi denna period växstsäsong. Andra växter och andra regioner kan naturligtvis ha annorlunda växstsäsonger; vid medelhavet har t.ex. många träd uppehåll i växstsäsongen under sommaren p.g.a. för hög temperatur och för låg fuktighet.

Mapping Manual anger att växstsäsongen för *generic crops* skall sättas till 3 månader (vi antar 90 dagar) centrerat kring den uppskattade blomningen av vete (*estimated timing of mid-anthesis in wheat; MA*):

$$MA = 40 + 2.57 \times \text{latitude} \quad [\text{MM2014 III.22}]$$

$$SGS = MA - 45$$

$$EGS = MA + 45$$

För *generic deciduous tree* skall man använda en latitud-altitud modell för att uppskatta start och slut för växstsäsongen (SGS respektive EGS):

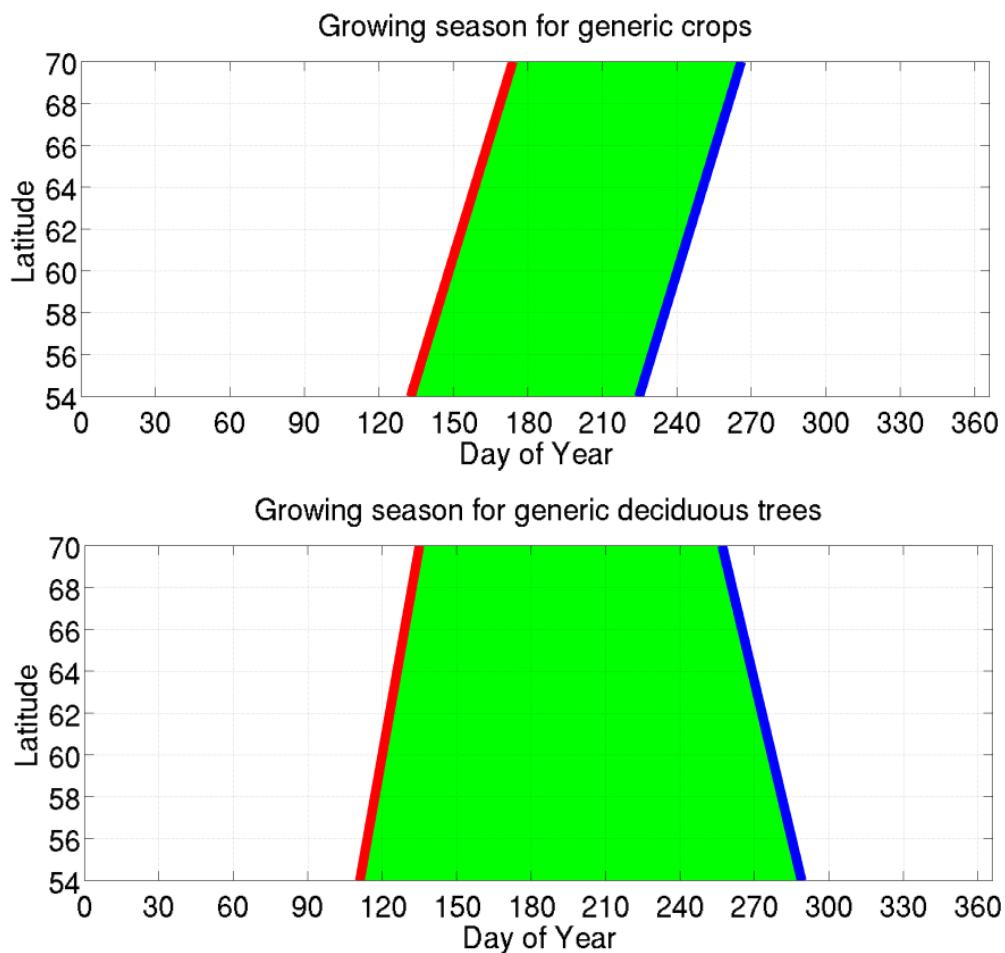
$$SGS = (105 + 1.5 \times (\text{latitude} - 50)) + 0.01 \times \text{altitude}$$

$$EGS = (297 - 2.0 \times (\text{latitude} - 50)) - 0.01 \times \text{altitude}$$

MA, SGS, och EGS ges i dagar sedan årets start (kl 12 den 1:a första januari är 0.5; kl. 00 den 1:a februari är 31; kl. 24:00 den sista december är 365 eller 366, etc.), *latitude* skall anges i grader och *altitude* är antal meter över havsytans nivå.

Figur 2 illustrerar växtsäsongen variation med latitud för de två receptorer vi beaktar inom miljöövervakningen med MATCH Sverigesystemet. Notera att ozonhalter utanför dessa perioder inte kommer ha någon som helst inverkan på det beräknade PODY för respektive receptor eftersom f_{phen} (och därmed g_{sto}) alltid är 0 utanför växtsäsongen.

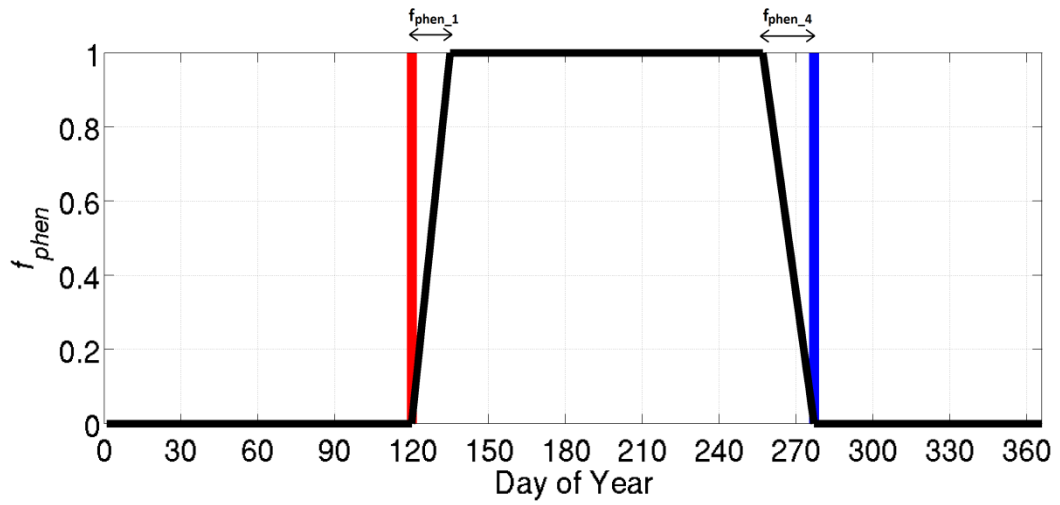
I norra Sverige uppmäts de högsta ozonhalterna under våren, typiskt innan start av växtsäsong (Andersson m.fl., 2015). Figur 2 visar också att den latitudberoende, 3-månaders, växtsäsongen för *generic crops* leder till en växtsäsong för grödor som slutar i slutet på september i nordligaste Sverige. Detta är inte rimligt, men är en konsekvens av att vi följer rekommendationerna i *Mapping Manual*. Notera att växtsäsongen för *generic deciduous trees* skall altitud-korrigeras (men inte *generic crops*).



Figur 2 Växtsäsong för *generic crops* och *generic deciduous trees* enligt respektive latitud-modell. Röd och blå linje representerar start respektive slut av växtsäsongen (SGS respektive EGS) som funktion av latitud. Figuren visar situationen innan höjd-korrigering av växtsäsongen (en gridruta på 1000 m höjd skulle t.ex. senarelägga SGS med 10 dagar och tidigarelägga EGS med 10 dagar för *generic deciduous tree*).

För *generic crops* är f_{phen} alltid 1 under växtsäsongen. För *generic deciduous tree* går f_{phen} linjärt från 0 till 1 och från 1 till 0 vid början respektive slutet av växtsäsongen, se Figur 3.

$$f_{phen} = \begin{cases} 0.0, & DOY \leq SGS \\ \frac{DOY - SGS}{f_{phen_1}}, & SGS < DOY < SGS + f_{phen_1} \\ 1.0, & SGS + f_{phen_1} < DOY \leq EGS - f_{phen_4} \\ \frac{EGS - DOY}{f_{phen_4}}, & EGS - f_{phen_4} < DOY < EGS \\ 0.0, & DOY \geq EGS \end{cases}$$



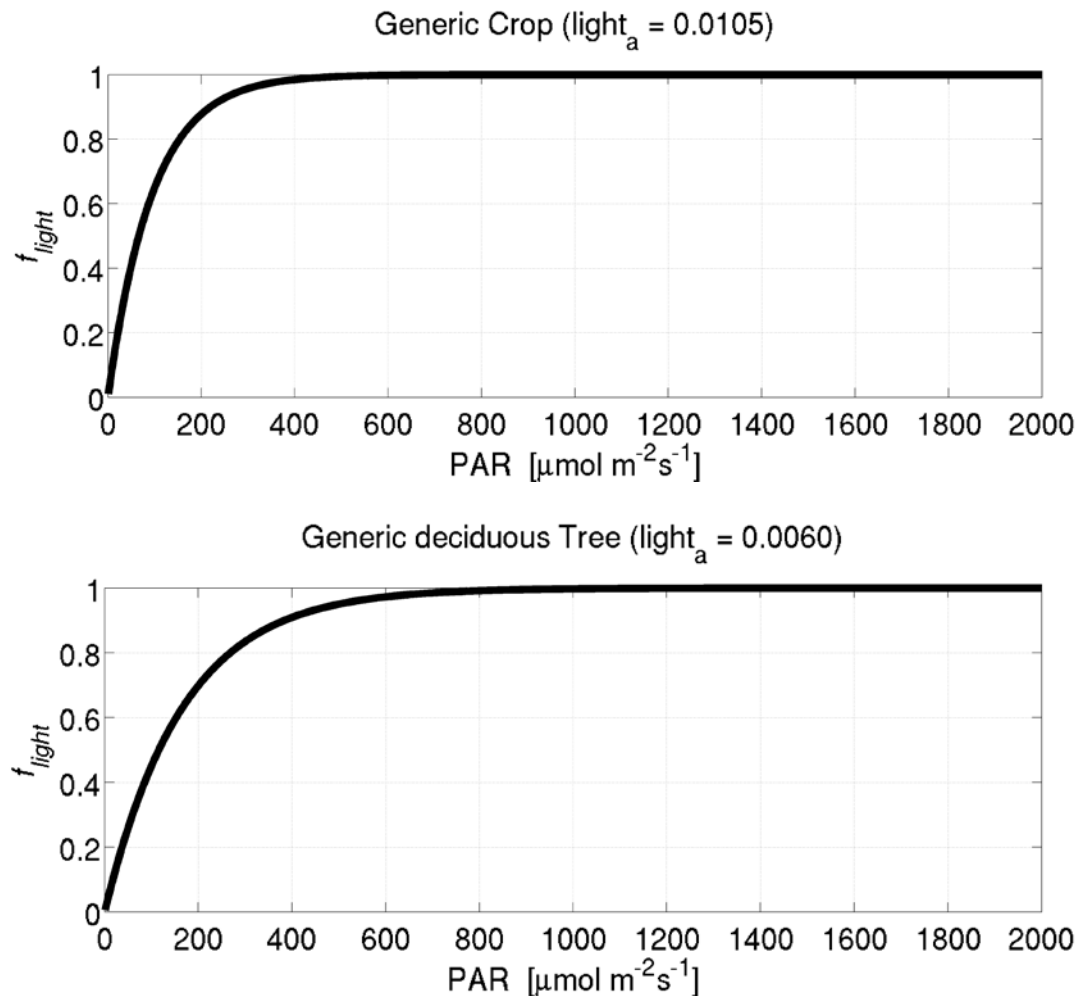
Figur 3. Principiellt utseende av f_{phen} -funktionen för *generic deciduous trees*. Exemplet illustrerar situationen på 60°N, vid havsytans nivå (där SGS (röd linje) är 120 och EGS (blå linje) är 277). Konstanterna f_{phen_1} och f_{phen_4} är alltid 15 respektive 20 dagar (se *Mapping Manual*). För *generic crops* är f_{phen_1} och f_{phen_4} båda 0, dvs f_{phen} -funktionen är exakt 1 under växtsäsongen och 0 utanför

3.4 Dygnsvariation, f_{light}

Växternas fotosyntes fungerar endast under dagen då det finns solljus (eller mer korrekt, solljus i de vågländer där klorofyllet absorberar (400-700 nm), ”*photosynthetically active radiation*”; PAR). PAR, liksom all inkommande strålning från solen, är noll på natten och når i princip sitt maximum då solen står som högst på himlen, dvs. vid den lokala middagen, under sommaren. Förutom de astronomiska parametrarna påverkas PAR också av aerosoler, mängden vattenånga liksom förekomsten moln. f_{light} ges av:

$$f_{light} = 1 - e^{-light_a \times PAR}, \quad [MM2014 III.13]$$

där PAR ges i $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ och $light_a$ för de två receptorerna framgår av Figur 4 nedan. Figuren visar också hur snabbt f_{light} går mot 1 under dagen även om PAR i grunden uppför sig som en harmonisk funktion. PAR är typiskt över $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ några timmar efter soluppgången och når oftast väl över $1\,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mitt på dagen under sommaren.



Figur 4. f_{light} -funktionen som funktion av PAR för *generic crops* och *generic deciduous trees*.

3.5 Temperatur, f_{temp}

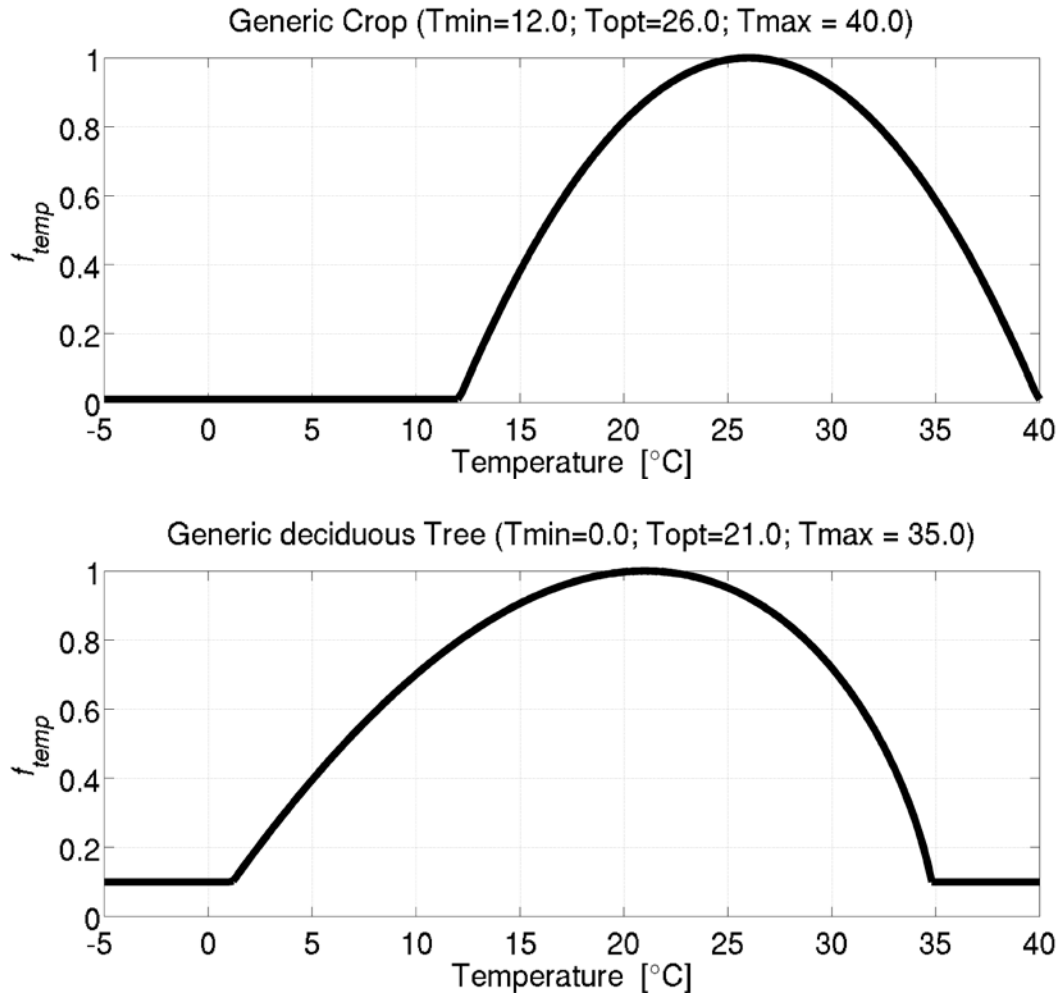
Luftens temperatur har en avgörande inverkan på effektiviteten av fotosyntesen. Fotosyntesen stängs av, eller är mycket låg ($=f_{min}$), under och över vissa temperaturer (T_{min} respektive T_{max}) medan det för varje växt finns en temperatur som är mest optimal för växten i fråga (T_{opt}). f_{temp} definieras i vår modell enligt [MM2014 III.14a och MM2014 III.14b]:

$$f_{temp} = \begin{cases} \max\left(1, \left[\frac{(T - T_{min})}{(T_{opt} - T_{min})}\right] \times \left[\frac{(T_{max} - T)}{(T_{max} - T_{opt})}\right]^{bt}\right), & T_{min} < T < T_{max} \\ f_{min}, & T_{min} \geq T \geq T_{max} \end{cases}$$

där T_{min} , T_{opt} och T_{max} för de två receptorererna ges i figurerna nedan. bt definieras som:

$$bt = (T_{max} - T_{opt}) / (T_{opt} - T_{min}) \quad [\text{MM2014 III.15}]$$

Lufttemperaturen, T , skall vara i grader Celsius. Vi använder tillsvidare den analyserade 2 m temperaturen för både grödor och träd.



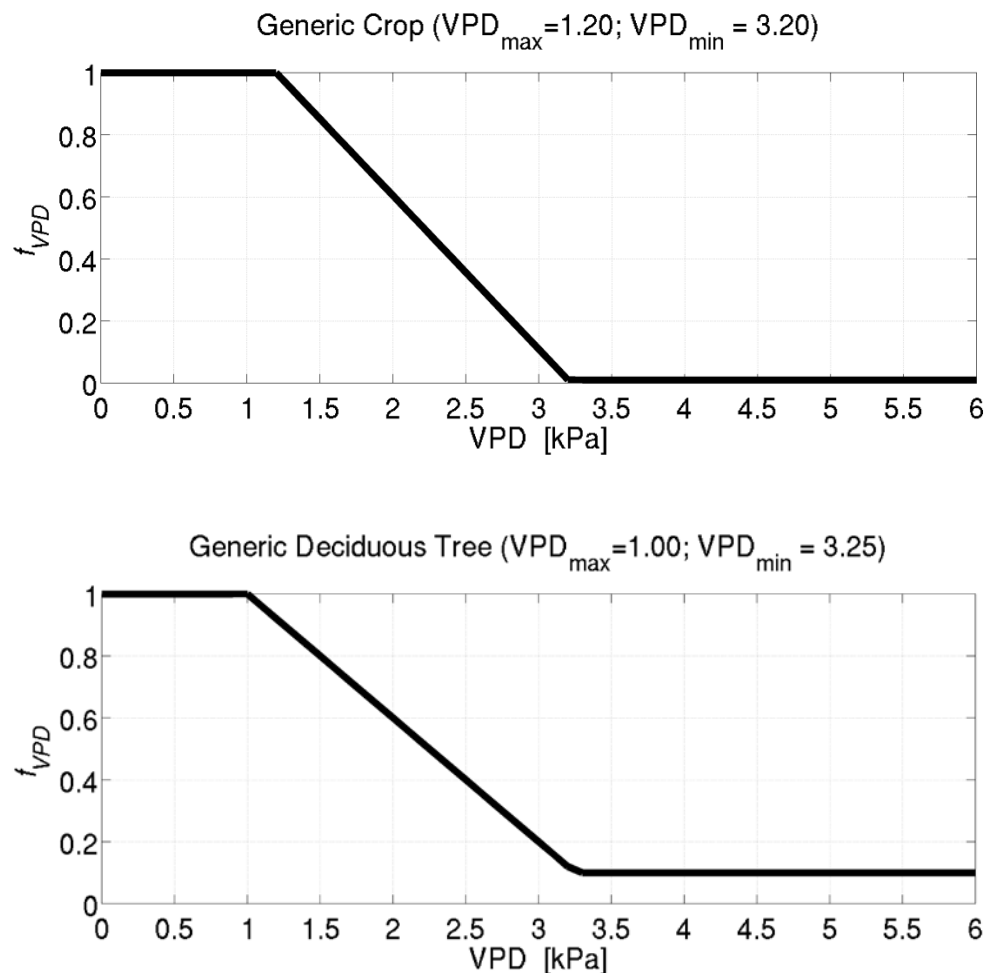
Figur 5. f_{temp} -funktionen som funktion av temperaturen i grader Celsius för *generic crops* och *generic deciduous trees*.

3.6 Luftfuktighet, f_{VPD}

Luftens innehåll av vattenånga kan anges i många olika mått. Man kan bl.a. tala om absolut eller relativ fuktighet. Absoluta fuktigheter kan t.ex. anges i tryckenheter (Pa), eller massblandningsförhållande (g vattenånga per kg luft). Relativ fuktighet är kopplat till hur nära kondensation (vid rådande tryck och temperatur) den aktuella vattenångamängden representerar. Relativ fuktighet anges i procent (%); 100 % relativ fuktighet innebär att vattenångan kondenserar till moln eller dimma. VPD är ett mått som anger (i t.ex. kPa) hur långt från kondensation luftpaketet befinner sig; stora värden på VPD är alltså samma som låga relativa fuktigheter. f_{VPD} beskrivs enligt

$$f_{VPD} = \min\left(1, \max\left(f_{min}, \frac{(1-f_{min})(VPD_{min}-VPD)}{VPD_{min}-VPD_{max}} + f_{min}\right)\right), \quad [\text{MM2014 III.16}]$$

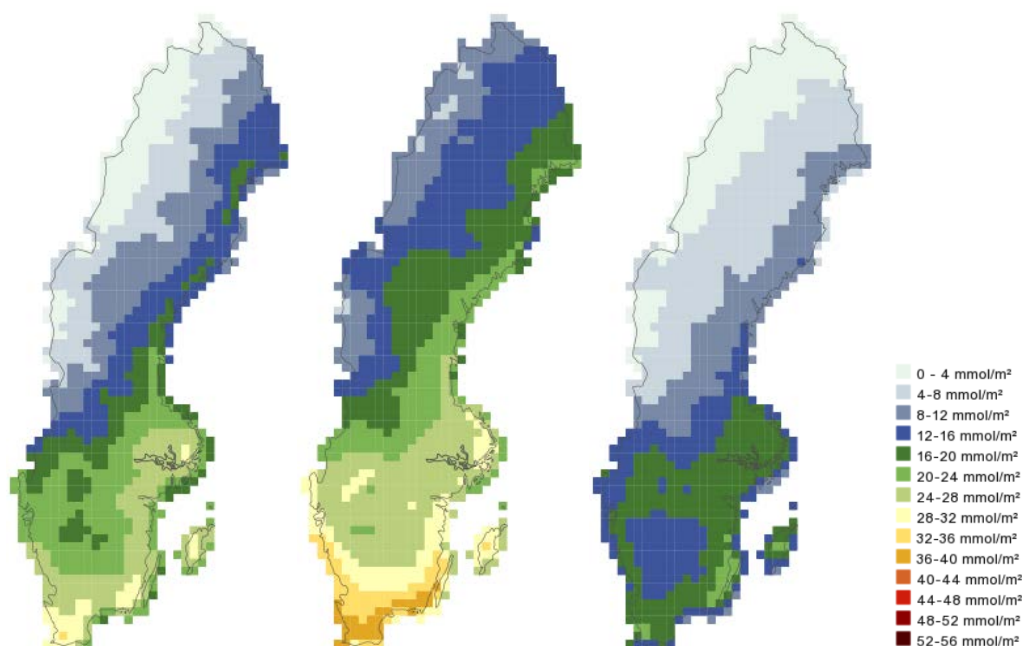
där VPD (i kPa) är beräknat från absolut fuktighet och temperatur vid 2 meter över marken.



Figur 6. f_{VPD} -funktionen som funktion av VPD för *generic crops* och *generic deciduous trees*. Notera att VPD definitionsmässigt inte kan vara lägre än noll och att höga värden på VPD innebär låga relativa fuktigheter (torra förhållanden).

4 Resultat

4.1 PODY för grödor, $POD3_{gen-CR}$

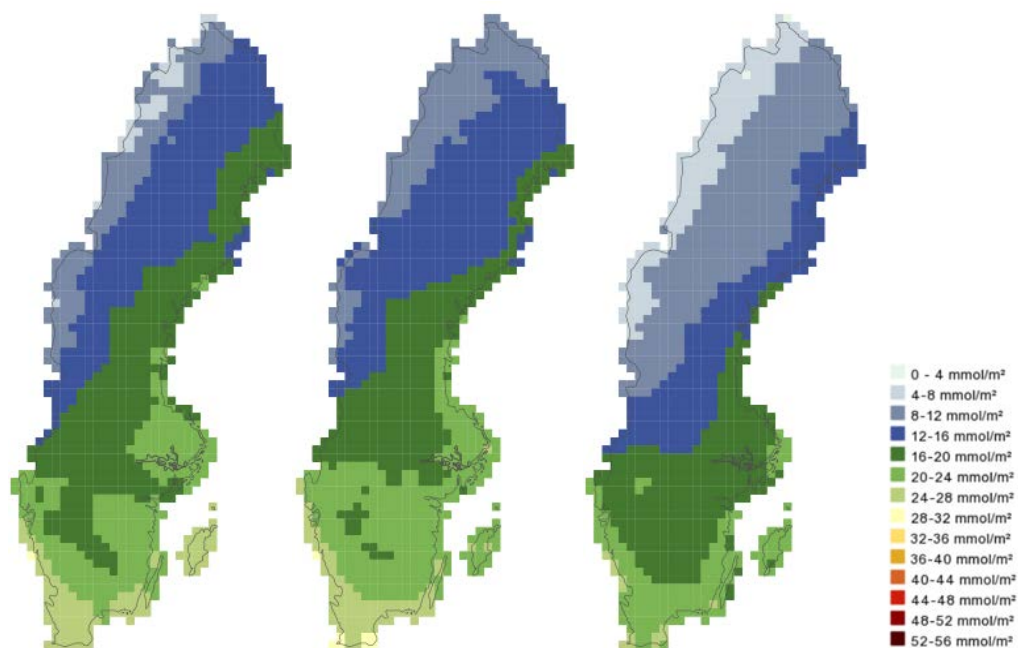


Figur 7. $POD3_{gen-CR}$ för åren 2013 (vänster), 2014 (mitten) och 2015 (höger).

Figur 7 visar PODY för grödor, $POD3_{gen-CR}$, beräknat utifrån halter av marknära ozon från MATCH Sverigesystemet för åren 2013, 2014 och 2015. För alla åren framträder en kraftig gradient från fjällområdena i nordväst, där $POD3_{gen-CR}$ -värdena är mycket låga, till sydligaste Sverige, där $POD3_{gen-CR}$ är flera (5 till 10) gånger högre.

Det är påfallande stor skillnad i nivå mellan åren. Medelvärde för $POD3_{gen-CR}$ över Sverige är dubbelt så högt under 2014 jämfört med 2015, se Tabell 2. Enligt kartorna på SMHI:s miljöövervakningssida (www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi) är medelhalterna av ozon under sommaren likartade under 2013 och 2014, men något lägre under 2015. AOT40 för grödor är också tydligt lägre under 2015 jämfört med 2013 och 2014. I kontrast till $POD3_{gen-CR}$ är dock AOT40-värdena i södra Sverige högre under 2013 än 2014. AOT40-måttet uppvisar även något annorlunda rumslig fördelning än $POD3_{gen-CR}$, t.ex. uppträder de lägsta AOT40-värdena i Norrlands skogsland snarare än i fjällvärden, vilket illustrerar effekten av att även ta hänsyn till de fysikaliska processer som påverkar ozonupptakten (PODY) jämfört mot att använda ett haltbaserat tröskelmått (AOT40).

4.2 PODY för (lövfällande) träd, $POD1_{gen-DT}$



Figur 8. $POD1_{gen-DT}$ för åren 2013 (vänster), 2014 (mitten) och 2015 (höger).

Figur 8 visar PODY för (lövfällande) träd, $POD1_{gen-DT}$, beräknat utifrån halter av marknära ozon från MATCH Sverigesystemet för åren 2013, 2014 och 2015. I likhet med $POD3_{gen-CR}$ framträder en kraftig gradient från fjällkedjan i nordväst till södra Sverige. Detta mönster är, för båda receptorerna, kopplat till gradienter i stomatakonduktansen (g_{sto}) snarare än i gradienter av marknära ozon. Ozonhalterna är förvisso lägre i norra än södra Sverige under sommaren, men den relativa skillnaden i ozonhalt är mycket mindre än den relativa skillnaden i PODY mellan norra och södra Sverige. Marknära ozon har heller inte ett minimum i fjällkedjan där $POD3_{gen-CR}$ och $POD1_{gen-DT}$ når sina lägsta värden p.g.a. ogynnsamma temperaturer för tillväxten av grödor och träd.

Precis som för $POD3_{gen-CR}$ är $POD1_{gen-DT}$ lägre under 2015 jämfört med 2013 och 2014; skillnaderna mellan åren är dock mindre än för $POD3_{gen-CR}$. $POD1_{gen-DT}$ har ett lägre tröskelvärde än $POD3_{gen-CR}$, ($Y=1 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ jämfört med $Y=3 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), vilket leder till att $POD1_{gen-DT}$ är ett mer robust mått än $POD3_{gen-CR}$. Tröskelmått med en högre tröskel varierar mer från år till år eftersom antalet och nivåerna av episoder med höga värden variera stort från år till år.

4.3 Jämförelse mot EMEP-modellen

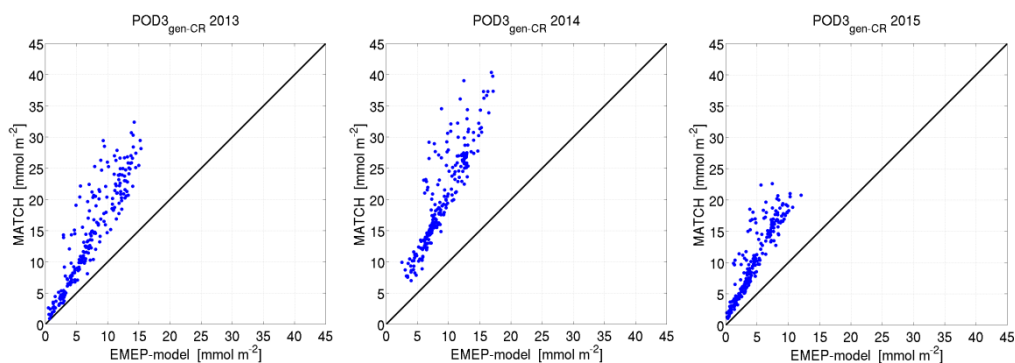
PODY är en storhet som inte går att uppskatta utifrån direkta mätningar. PODY skall ses som en ansats att matematiskt beskriva ozonupptaget till växters stomata på ett fysikaliskt rimligt sätt. Som förklarats ovan tar beräkningar av PODY hänsyn till växtsäsong och andra fysikaliska och meteorologiska parametrar som påverkar ozonupptaget. Formen av de styrande funktionerna är baserad på empiriska studier men skall ändå ses som schematiska. PODY är definitionsmässigt korrekt beräknat så länge det följer formuleringarna i *Mapping Manual*. Det finns alltså inget objektivi- vis att validera PODY-beräkningarna och PODY beräknat från uppmätta ozonhalter och meteorologiska parametrar, eller PODY-värden från olika modeller, kommer skilja sig åt om de styrande meteorologiska parametrarna eller ozonhalterna är olika.

Det kan i detta sammanhang ändå vara av intresse att jämföra MATCH Sverigesystemets beräkningar med resultat från EMEP-modellen. Skillnader mellan MATCH Sverigesystemets och EMEP modellens resultat beror framför allt på att de två modellerna typiskt har olika ozonkoncentrationer vid stomata. Detta beror dels på att MATCH Sverigesystemet har inkluderat assimilation av observationer, men även på att de två modellerna körs på olika indata och över olika modellområde samt att de har olika kemi- och depositionsscheman etc. Dataassimilationen gör att MATCH Sverigesystemets ozonhalt vid 3 m över marken torde vara den bästa uppskattningen av marknära ozon över Sverige, men EMEP modellen har för närvarande en mer avancerad metodik att bestämma hur ozonhalterna varierar med höjden inom modellens lägsta skikt.

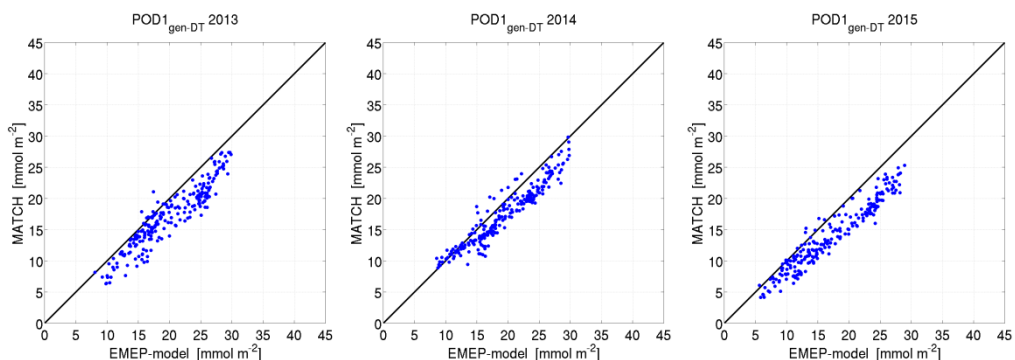
Tabell 2. $POD3_{gen-CR}$ och $POD1_{gen-DT}$ medelvärdesbildat över de rutor som representerar Sverige i EMEP-modellen (ej korrigerat för olika areor av rutorna).

	$POD3_{gen-CR}$ [mmol m ⁻²]			$POD1_{gen-DT}$ [mmol m ⁻²]		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
MATCH	14	20	10	17	17	14
EMEP-modellen	7	9	4	20	19	17

Från EMEP:s senaste landanalys (Gauss m.fl., 2015) kan vi hämta EMEP-modellens beräknade $POD1_{gen-DT}$ medelvärdesbildat för Sverige. För åren 2000-2012 varierade det mellan 17 och 19 mmol m⁻² och för 2013 var det 20 mmol m⁻². Motsvarande värde för MATCH är 17 mmol m⁻², se Tabell 2, vilket är tydligt lägre än EMEP-modellen för 2013 –men väl inom variabiliteten under perioden 2000-2013. Tabell 2 visar vidare att MATCH Sverigesystemet konsekvent har lägre $POD1_{gen-DT}$ än EMEP-modellen och att 2015 var ett år med förhållandevis låga värden över Sverige.



Figur 9. Jämförelse mellan $POD3_{gen-CR}$ beräknat med MATCH Sverigesystemet och EMEP-modellen för 2013, 2014 och 2015.



Figur 10. Jämförelse mellan $POD1_{gen-DT}$ beräknat med MATCH Sverigesystemet och EMEP-modellen för 2013, 2014 och 2015.

I Figurerna 9 och 10 jämför vi MATCH Sverigesystemets $POD3_{gen-CR}$ och $POD1_{gen-DT}$ med motsvarande data från EMEP-modellen. Datapunkterna är hämtade från EMEP:s hemsida (www.emep.int/mscw/mscw_ydata.html#NCdata; hämtat 2016-09-26) och representerar värdet i mitten av EMEP-modellens $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ rutor. Figuren visar att simuleringarna med MATCH Sverigesystemet genomgående har dubbelt så höga $POD3_{gen-CR}$ jämfört med EMEP-modellen. För $POD1_{gen-DT}$ är MATCH istället något lägre än EMEP-modellen, se även Tabell 2. Det är viktigt att notera att EMEP:s värden också representerar en modelluppskattning av flödet, d.v.s. skillnader i data innebär att de två metoderna ger olika resultat, men jämförelsen kan inte fastställa vilken modell som är rätt.

En orsak till skillnader mellan MATCH Sverigesystemets och EMEP-modellens värden skulle kunna vara MATCH:s förenklade metodik att konvertera halterna på 3 m till höjden av stomata för de olika receptorerna. Genom att justera konstanterna k_{3to1} och k_{3to20} är det möjligt att nå samma PODY-medelvärde för Sverige som det som EMEP-modellen beräknar för samma år. För att MATCH Sverigesystemet ska resultera i liknande nivåer som EMEP-modellen för $POD3_{gen-CR}$ krävs exempelvis att k_{3to1} minskas från 0.93 till 0.6 för året 2013. Detta är dock inte en fysikaliskt rimlig kvot mellan ozonhalterna på 1 meter och 3 meters höjd dagtid på sommaren. Detta innebär att skillnaden mellan MATCH Sverigesystemets och EMEP modellens resultat måste orsakas av andra osäkerheter snarare än höjdomräkningen från 3 m. Som förklarats ovan styrs PODY-beräkningarna av ozonkoncentrationerna och ett antal meteorologiska parametrar. Tabell 3 listar dessa parametrar. Skillnader i dessa parametrar kan alltså också leda till skillnader i PODY-resultaten.

Tabell 3. Sammanfattning av de meteorologiska parametrar som styr beräkningen av $POD3_{gen-CR}$ och $POD1_{gen-DT}$.

Parameter	Berör	Kommentar
Globalstrålning, PAR	f_{light}	När solen är under horisonten är f_{light} (och ozonupptaget) noll. Under dygnets ljusa timmar är f_{light} hela tiden nära 1. Norr om polcirkeln, mitt på sommaren, är f_{light} större än noll under dygnets alla timmar; pga låga solvinklar är f_{light} dock endast undantagsvis större än ca. 0.2 vid mittnatt i nordligaste Sverige.
Luftens temperatur nära marken.	f_{temp}	Låga temperaturer begränsar ofta flödet till stomata i norra Sverige och i höglänt terräng.
Luftens fuktighet nära marken.	f_{VPD}	Luftens fuktighet är sällan begränsande för ozonupptaget i Sverige. f_{VPD} är oftast nära 1 i Sverige.

5 Slutsatser

Vi har utvecklat ett generellt programpaket som möjliggör PODY beräkningar i MATCH Sverigesystemet. Resultat för receptorerna *generic crops* ($POD3_{gen-CR}$) och *generic deciduous trees* ($POD1_{gen-DT}$) presenteras i denna rapport samt på SMHI:s miljöövervakningssida (www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi) för åren 2013, 2014 och 2015. PODY kommer härnäst beräknas operationellt inom MATCH miljöövervakning, och publiceras på SMHI:s miljöövervakningssida parallellt med övriga ozonmått.

Resultaten för *generic deciduous trees* är robusta och överensstämmer i stora drag med motsvarande värden från EMEP-modellen. PODY för *generic crops* beräknat med MATCH Sverigesystemet visar stor år-till-år variabilitet samt avviker kraftigt från EMEP-modellens värden. PODY är en storhet som baseras på överskridande av tröskelvärden, vilket medför att små skillnader i stomatakonduktans eller ozonhalt kan ge kraftiga skillnader i det resulterade PODY-värdet. PODY för *generic crops* har ett högre tröskelvärde än för *generic deciduous trees*, vilket leder till högre variabilitet och större osäkerheter för denna storhet. Ozonhalterna i MATCH Sverigesystemet är framtagna genom att kombinera timvisa observationer och modellresultat i en 2-dimensionell variationell dataassimilation, vilket resulterar i timvisa, Sverigetäckande, fält som följer modellresultatens struktur men är anpassad till observationsdata där dessa finns. 2d-var analysen leder till att osäkerheterna i de högsta ozon-värdena minskats, vilket torde resultera i säkrare uppskattningar av PODY jämfört med om endast modellresultat används.

Det framtagna programpaketet för PODY-beräkningar kan användas för att beräkna konsistenta tidsserier av PODY för *generic crops* och *generic deciduous trees* för perioden 1990-2013 baserat på de återanalyserade ozonhalterna i Andersson m.fl., 2015. Programpaketet kan också utvecklas till att användas för att t.ex. beräkna PODY för hela Europa under olika emissions- eller klimatscenarier.

6 Referenser

- Alpfjord, H. och Andersson, C. 2015. *Nationell miljöövervakning med MATCH Sverige-systemet - ny metodik, utvärdering och resultat för åren 2012-2013*. **RAPPORT 2015-7**, 45 pp.
- Andersson, C., Engardt, M. and Alpfjord, H. 2015. *Återanalys av marknära ozon i Sverige för perioden 1990-2013*. **RAPPORT NR 2015-80**, 44 pp.
- CLRTAP 2014. *Mapping critical levels for vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends*. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution; accessed on 9 May 2016 on web at www.icpmapping.org
- Emberson, L.D., Ashmore, M.R., Cambridge, H.M., Simpson, D. and Tuovinen, J.-P. 2000a. Modelling stomatal ozone flux across Europe. *Environmental Pollution* **109**, 403-413.
- Emberson, L., Simpson, D., Tuovinen, J.P., Ashmore, M. and Cambridge, H.M. 2000b. *Towards a model of ozone deposition and stomatal uptake over Europe*. **EMEP MSC-W Note 6/2000**.
- Gauss, M., Semeena, V.S., Benedictow, A. and Klein, H. 2015. *Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM in 2013. Sweden*. **MSC-W Data Note 1/2015**.
- Klingberg, J., Engardt, M., Uddling, J., Karlsson, P.E. and Pleijel, H. 2011. Ozone risk for vegetation in the future climate of Europe based on stomatal ozone uptake calculations. *Tellus* **63A**, 174-187. DOI: 10.1111/j.1600-0870.2010.00465.x
- Mills, G., Hayes, F., Simpson, D., Emberson, L., Norris, D., Harmens, H. and Büker, P. 2011. Evidence of widespread effects of ozone on crops and (semi-)natural vegetation in Europe (1990-2006) in relation to AOT40- and flux-based risk maps. *Global Change Biology* **17**, 592-613.
- Robertson, L. and Kahnert, M. 2007. *2D variational data assimilation of near-surface chemical species*, in: C. Borrego and E. Renner (Eds.), *Air Pollution Modeling and Its Application XVIII*, Elsevier, Amsterdam.

SMHI Publikationer

SMHI publicerar sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationella läsare och skrivs oftast på Engelska. I de övriga serierna används oftast Svenska men även Engelska.

Seriernas namn	Publiseras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

- | | | |
|------|----|--|
| 1985 | 9 | Wern, L. (1985)
Spridningsberäkningar för ASEA transformers i Ludvika |
| 1 | | Hagmarker, A. (1985)
Satellitmeteorologi |
| 2 | | Fredriksson, U., Persson, Ch.,
Laurin, S. (1985)
Helsingborgsluft |
| 3 | | Persson, Ch, Wern, L. (1985)
Spridnings- och
depositionsberäkningar för
avfallsförbränningsanläggningar i
Sofielund och Högdalen |
| 4 | | Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för SUPRAs
anläggningar i Köping |
| 5 | | Andersson, C., Kvick, T. (1985)
Vindmätningar på tre platser på
Gotland.
Utvärdering nr 1 |
| 6 | | Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för Ericsson,
Ingelstafabriken |
| 7 | | Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för olika
plymlyft vid avfallsvärmeverket
Sävenäs |
| 8 | | Fredriksson, U., Persson, Ch.
(1985)
NO _x - och NO ₂ -beräkningar vid
Vasaterminalen i Stockholm |
| | 10 | Axelsson, G., Eklind, R. (1985)
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985 |
| | 11 | Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)
Spridningsmodell för kväveoxider i
gatumiljö |
| | 12 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggning i
Sofielund |
| | 13 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggning i
Högdalen |
| | 14 | Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm |
| | 15 | Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla |
| | 16 | Kindell, S. Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende
industrikombinatet i Nynäshamn
(koncentrations- och luktberäkningar) |
| | 17 | Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och
deposition från SWEDSPANs
spånskivefabrik |

- 18 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industri-
kombinatet i Nynäshamn –
depositions-beräkningar av
koldamm
 - 19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i
Ljungby, II
 - 20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla -
energi-centralen
 - 21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla -
kompletterande beräkningar för
fabrikerna
 - 22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat -
forskningsrön och operationell
tillämpning
 - 23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB
Åkerlund & Rausings fabrik i Lund
 - 24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi
 - 25 Ahlström, B., Salomonsson, G.
(1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till
ledning för isbrytarverksamhet
vintern 1984-85
 - 26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell
 - 27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av ytemperatur
- 1986
- 1 Krieg, R., Johansson, L.,
Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master,
kvartals-rapport 3/1985
 - 2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for
the SABAH timber, pulp and paper
complex
 - 3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggväderprognoser -
säsongen 1984/85
 - 4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för en sopförbränningsanläggning i Skövde
 - 5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna
 - 6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-
beräkningar för en sopförbrännings-
anläggning vid Ryaverken i Borås
 - 7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från
trafiken
 - 8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för bromcyan
 - 9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors
 - 10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-
beräkningar för Halmstads avfalls-
förbränningsanläggning vid Kristinehed
 - 11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser
 - 12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av numeriska
prognoser på SMHI (i princip rapporten till
ECMWF)
 - 13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartals-
rapport 4/1985
 - 14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI
 - 15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett kraftvärme-
verk i Sundbyberg
 - 16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Uddevallas
fjärrvärmecentral i Hovhult
 - 17 Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L.
(1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
från ett antal källor inom SSAB Luleå-
verken
 - 18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad

- 19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige
- 20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
lösningsmedel i Tibro
- 21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master -
kvartals-rapport 1/1986
- 22 Kvik, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången
på några platser i Halland och
Bohuslän
- 23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master -
kvartals-rapport 2/1986
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H.
(MISU), De Geer, L.-E. (FOA)
(1986)
Tjernobylyolyckan - En
meteorologisk
analys av hur radioaktivitet spreds
till Sverige
- 25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för
Spendrups
bryggeri, Grängesberg
- 26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av
vindenergitillgången på några
platser i Skåne
- 27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB
- 28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn,
SSAB II
- 29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo
Hallsbergverken
- 30 Fredriksson, U. (1986)
SO₂-halter från Hammarbyverket
kring ny arena vid Johanneshov
- 31 Persson, Ch., Robertson, L.,
Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB -
Luleå-verken
- 32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs
planerade bilfabrik i Malmö
- 33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
svavelsyrafabrik i Falun
- 34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Västhamns-
verket HKV1 i Helsingborg
- 35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen i
Stockholmsområdet
- 36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser
- 37 Vakant nr.
- 38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget, Lysekil
- 39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22 från
Ropstens värmepumpverk
- 40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på Hemsön
- 41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986) använda
konvektionsprognoshjälpmedel
- 42 Krieg, R., Kvik, T. (1986)
Vindmätningar i höga master
- 43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige
- 44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
vid ScanDust i Landskrona - bestämning
av cyanvätehalter
- 45 Kvik, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust- och
havsband, rapport nr 2
- 46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en planerad
panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar
- 47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BMs
fabrik i Landskrona

- 48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs fabrik i Svenljunga
- 49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från syrgas- och bensenupplag inom SSAB Luleåverken
- 50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tidaholm
- 51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs anläggning i Braås
- 52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI
- 53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåt-teknik, Ronneby
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperatur-observationer
- 55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen
- 56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO_x inom Fagersta kommun
- 57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö
- 58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte
- 59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping
- 60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO₂, CO, NO_x samt några kolväten
- 61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden
- 62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2
- 63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde
- 64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åetå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva
- 65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI
- 66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand - numeriska beräkningar
- 67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol
- 68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby, Linköping
- 69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. Tillämpning på ett energiskogsområde
- 70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects
- 71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. En koefficient-bestämning
- 72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM)
- 73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan
- 74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence. A review for forecast

- 75 Kållberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska
processer i numeriska
prognosmodeller
- 76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige
1881 – 1988
- 77 Eriksson, B., Carlsson, B.,
Dahlström, B. (1989)
Preliminär handledning för
korrektur av nederbördsmängder
- 78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med
avseende på väderprognoser och
produktion av bränsletorv
- 79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi
- 80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution
situation in the Baltic States - a
prefeasibility study
IVL Publikation B 1038
- 81 Alexandersson, H., Karlström, C.,
Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i
Sverige 1961-90. Referensnormaler
- 82 Vedin, H., Alexandersson, H.,
Persson, M. (1991)
Utnyttjande av persistens i
temperatur och nederbörd för
vårflödesprognoser
- 83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm
1756 - 1990. Historik,
inhomogeniteter och
urbaniseringseffekt
Naturgeografiska Institutionen,
Stockholms Universitet
- 84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90
av globalstrålning och solskenstid i
Sverige
- 85 Laurin, S., Alexandersson, H.
(1994)
Några huvuddrag i det svenska
temperatur-klimatet 1961 - 1990
- 86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska och
manuella fältmätningar av temperatur och
nederbörd.
- 87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström,
C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska
nederbörds-klimatet 1961-1990
- 88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden -
en översikt
- 89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J.,
Peterson, K. (IVL)
Persson, C. Roos, E., Bergström, R.
(SMHI) (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och
nederbörds-kemi 1996
- 90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält
med griddad klimatologisk information
- 91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G.
(1999)
SCANDIA – its accuracy in classifying
LOW CLOUDS
- 92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe,
A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6
µm imagery for snow, cloud and sunglint
discrimination (Nowcasting SAF)
- 93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and
Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU
(Nowcasting SAF)
- 94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson
(1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till
luft - Förstudie
- 95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI)
Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground
Contamination Associated with Nuclear
Weapons. An Emergency Preparedness
Model
- 96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K.,
(IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och
nederbörds-kemi 1997, 1998 och 1999

- 97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products
- 98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998
- 99 Alexandersson, H. och Eggertsson Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990.
Referensnormaler - utgåva 2
- 100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A. (2001)
Nowcasting SAF - Retrieving Cloud Top Temperature and Height in Semi-transparent and Fractional Cloudiness using AVHRR
- 101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using interpolated, gridded cloudiness from the MESA-BETA analysis compared to measured global radiation
- 102 Foltescu, V., Gidhagen, L., Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av halter av PM₁₀ och NO₂
- 103 Omstedt, G., Gidhagen, L., Langner, J. (2002)
Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning – analys av PM_{2.5} data från Lycksele med hjälp av två Gaussiska spridningsmodeller
- 104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige 1860 - 2001
- 105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbördskemiska mätdata som utnyttjas för dataassimilation i MATCH-Sverige modellen.
- 106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility study in the inner Arctic region Part I: Cloud mask studies during the 2001 Oden Arctic expedition
- 107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud products feasibility study in the inner Arctic region. Part II: Evaluation of the variability in radiation and cloud data
- 108 Persson, Ch., Magnusson, M. (2003)
Kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom svenska nederbörskemiska stationsnät
- 109 Omstedt, G., Persson Ch., Skagerström, M (2003)
Vedeldning i småhusområden
- 110 Alexandersson, H., Vedin, H. (2003)
Dimensionerande regn för mycket små avrinningsområden
- 111 Alexandersson, H. (2003)
Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik
- 112 Joro, S., Dybbroe, A.(2004)
Nowcasting SAF – IOP
Validating the AVHRR Cloud Top Temperature and Height product using weather radar data
Visiting Scientist report
- 113 Persson, Ch., Ressner, E., Klein, T. (2004)
Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen
Metod- och resultatsammanställning för åren 1999-2002 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål
- 114 Josefsson, W. (2004)
UV-radiation measured in Norrköping 1983-2003
- 115 Martin, Judit, (2004)
Var tredje timme – Livet som väderobservatör
- 116 Gidhagen, L., Johansson, C., Törnquist, L. (2004)
NORDIC – A database for evaluation of dispersion models on the local, urban and regional scale
- 117 Langner, J., Bergström, R., Klein, T., Skagerström, M. (2004)
Nuläge och scenarier för inverkan på marknära ozon av emissioner från Västra Götalands län – Beräkningar för 1999
- 118 Trolez, M., Tetzlaff, A., Karlsson, K-G. (2005)
CM-SAF Validating the Cloud Top Height product using LIDAR data

- 119 Rummukainen, M. (2005)
Växthuseffekten
- 120 Omstedt, G. (2006)
Utvärdering av PM₁₀ - mätningar i
några olika nordiska trafikmiljöer
- 121 Alexandersson, H. (2006)
Vindstatistik för Sverige 1961-2004
- 122 Samuelsson, P., Gollvik, S.,
Ullerstig, A., (2006)
The land-surface scheme of the
Rossby Centre regional atmospheric
climate model (RCA3)
- 123 Omstedt, G. (2007)
VEDAIR – ett internetverktyg för
beräkning av luftkvalitet vid
småskalig biobränsleeldning
*Modellbeskrivning och slutrapport
mars 2007*
- 124 Persson, G., Strandberg, G.,
Bärring, L., Kjellström, E. (2007)
Beräknade temperaturförhållanden
för tre platser i Sverige – perioderna
1961-1990 och 2011-2040
- 125 Engardt, M., Foltescu, V. (2007)
Luftföroreningar i Europa under
framtida klimat
- 126 Jansson, A., Josefsson, W. (2007)
Modelling of surface global
radiation and CIE-weighted UV-
radiation for the period 1980-2000
- 127 Johnston, S., Karlsson, K-G. (2007)
METEOSAT 8 SEVIRI and NOAA
Cloud Products A Climate
Monitoring SAF Comparison Study
- 128 Eliasson, S., Tetzlaff, A.,
Karlsson, K-G. (2007)
Prototyping an improved PPS cloud
detection for the Arctic polar night
- 129 Trolez, M., Karlsson, K-G.,
Johnston, S., Albert, P (2008)
The impact of varying NWP
background information on CM-
SAF cloud products
- 130 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M (2008)
Total ozone from zenith radiance
measurements. An empirical model
approach
- 131 Willén, U (2008)
Preliminary use of CM-SAF cloud and
radiation products for evaluation of
regional climate simulations
- 132 Bergström, R (2008)
TESS Traffic Emissions, Socioeconomic
valuation and Socioeconomic measures
Part 2:
Exposure of the European population to
atmospheric particles (PM) caused by
emissions in Stockholm
- 133 Andersson, S., Bergström, R., Omstedt, G.,
Engardt, M (2008)
Dagens och framtidens partikelhalter i
Sverige. Utredning av exponerings-
minskningsmål för PM2.5 enligt nytt
luftdirektiv
- 134 Omstedt, G., Andersson, S (2008)
Vintervägar med eller utan dubbdäck.
Beräkningar av emissioner och halter av
partiklar för olika dubbdäcksscenarioer
- 135 Omstedt, G., Andersson, S., Johansson,
Ch., Löfgren, B-E (2008)
Luftkvalitet och småskalig biobränsle-
eldning. Tillämpningar av SIMAIR ved för
några kommuner
- 136 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M
(2009)
Measurements of total ozone 2006-2008
- 137 Andersson, S., Omstedt, G (2009)
Validering av SIMAIR mot mätningar av
PM10, NO₂ och bensen.
Utvärdering för svenska tätorter och
trafikmiljöer avseende år 2004 och 2005
- 138 Wern, L., Bärring, L (2009)
Sveriges vindklimat 1901 – 2008
Analys av förändring i geostrofisk vind
- 139 Wern, L., German, J (2009)
Korttidsnederbörd i Sverige, 1995 – 2008
- 140 Omstedt, G., Andersson, S., Bergström, R
(2010)
Dagens och framtidens luftkvalitet i
Sverige. Haltberäkningar av NO₂, PM10
och PM2.5 i svenska trafikmiljöer för
framtidsscenarioer med minskade
europeiska emissioner
- 141 Wern, L., Isaksson, L (2010)
Åska i Sverige 2002 – 2009

- 142 Andersson, S., Omstedt, G., Robertson, L (2010)
Känslighetsanalys, vidareutveckling och validering av SIMAIRs urbana spridnings-modell BUM
- 143 Wern L., (2012)
Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900 – 2011
- 144 Omstedt, G., Andersson, S., Bennet, C., Bergström, R., Gidhagen, L., Johansson, Ch., Persson, K (2010)
Kartläggning av partiklar i Sverige – halter, källbidrag och kunskapsluckor
- 145 Engardt, M., Andersson, C., Bergström, R (2010)
Modellering av Marknära Ozon - Regionala och högupplösta tillämpningar av MATCH
- 146 Omstedt, G., Forsberg, B., Nerhagen, L., Gidhagen, L., Andersson, S (2011)
SIMAIRscenario – ett modellverktyg för bedömning av luftföroreningars hälsoeffekter och kostnader
- 147 Andersson, C., Andersson, S., Langner, J och Segersson, D (2011)
Halter och deposition av luftföroreningar - Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och Internationell Sjöfart
- 148 Carlund, Th (2011)
Upgrade of SMHI's meteorological radiation network 2006-2007 – Effects on direct and global solar radiation
- 149 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M (2012)
Measurements of total ozone 2009-2011
- 150 Omstedt, G., Andersson, S., Asker, Ch., Jones, J., Kindell, S., Segersson, D., Torstensson, M (2012)
Luftkvaliten i Sverige år 2020 Uppföljning av miljömålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter
- 151 Omstedt, G., Burman, L. SLB-analys, (2012)
Beräkningar av kväveoxidhalter vid några gator i Umeå åren 2014 och 2020 med och utan miljözon
- 152 Stefan Andersson och Gunnar Omstedt (2013)
Utvärdering av SIMAIR mot mätningar av PM10 och NO2 i Göteborg, Stockholm och Umeå för åren 2006-2009. Undersökning av en ny emissionsmodell för vägtrafikens slitagepartiklar.
153. Segersson, David (2014)
A dynamic model for shipping emissions - Adaptation of Airviro and application in the Baltic Sea
154. Wern, Lennart. (2013)
Luftfuktighet, Variationer i Sverige
155. Holmin-Fridell, Sofi. Jörgen Jones, Cecilia Bennet, Helena Södergren, Sven Kindell, Stefan Andersson, Martin Torstensson och Mattias Jakobsson. (2013)
Luftkvaliteten i Sverige år 2030.
156. Gunnar Omstedt, Bertil Forsberg*, Karin Persson**, *Umeå Universitet, **IVL Svenska Miljöinstitutet (2014)
Vedrök i Västerbotten - mätningar, beräkningar och hälsokonsekvenser.
157. Patrick Samuelsson, Stefan Gollvik, Christer Jansson, Marco Kupiainen, Ekaterina Kourzeneva, Willem Jan van de Berg. (2014)
The surface processes of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA4)
158. Lennart Wern (2015)
Snödjup i Sverige 1904/05 – 2013/14
159. Stefan Andersson, Johan Arvelius, Marina Verbova, Gunnar Omstedt och Martin Torstensson (2015)
Identifiering av potentiella riskområden för höga halter av benzo(a)pyren. Nationell kartering av emissioner och halter av B(a)P från vedeldning i småhusområden.
- 160 Magnuz Engardt, Helene Alpfjord, Camilla Andersson (2016)
PODY-beräkningar med MATCH Sverigesystemet



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 0283-7730