

Luftfuktighet

Variationer i Sverige

Lennart Wern



Pärmbild.
Bilden föreställer höstdimma.
Källa: SMHIs bildarkiv.

METEOROLOGI Nr 154, 2013

Luftfuktighet

Variationer i Sverige

Lennart Wern

Denna sida är avsiktligt blank

Sammanfattning

I denna rapport ges en allmän beskrivning av vattenånga som är en genomskinlig luktfri gas. Hur gasen varierar utomhus i Sverige beskrivs såväl geografiskt som under året och dygnet. Luftfuktighetsdata från 121 automatiska väderstationer som varit i drift under perioden 1996 – 2012 har använts. Mätningarna har gjorts på 1,5-2 meter över mark. Olika mätinstrument för luftfuktighet presenteras liksom olika fuktighetsmått som daggpunkt, våt temperatur, absolut fuktighet, blandningsförhållande, entalpi mm.

Den absoluta fuktigheten som anger hur stor massa vattenånga en kubikmeter av luften innehåller är högst sommartid och lägst när det är som kallast. Värdena är högst längs kusterna i södra Sverige och avtar norrut och med avståndet från kusten. Dygnsvariationen av den absoluta fuktigheten är i genomsnitt inte så stor.

Dessutom har månadsmedelvärdet av vattenånga studerats för olika månader sedan 1951. Digitaliserade fuktighetsdata har inte funnits att tillgå före 1951. Tio stationer har använts, från Bredåkra i söder till Arjeplog i norr, för att beräkna månadsmedelvärden. Månaderna maj, augusti och november har valts tillsammans med årsvärdet. Den absoluta fuktigheten har ökat under alla tre månaderna och för årsvärdet, men enbart för maj, augusti och för årsvärdet är ökningen statistiskt säkerställd.

Ingen statistisk säkerställd förändring finns av den relativa fuktigheten för perioden 1951-2012 för medelvärdet av de tio utvalda stationerna under månaderna maj, augusti och november.

Om temperaturen sjunker till daggpunkten blir luften mättad med vattenånga och den relativa luftfuktigheten blir 100 %. Om temperaturen sjunker ytterligare kondenserar vattenångan till vattendroppar, dimma, dagg eller frost bildas. Den högsta daggpunkten som rapporterats i Sverige är 23,8 °C på Fårö vid Gotland 29 juli 1994 och i Hällum i Västergötland 30 juni 1997. Vid det senare tillfället var temperaturen samtidigt 28,4 °C och den relativa fuktigheten 76 %.

Den relativa luftfuktigheten anges vanligen i procent (%) och är ett mått på hur mycket vattenånga luften innehåller i förhållande till hur mycket vattenånga som maximalt kan förekomma i gasform vid rådande temperatur. Mängden vattenånga som kan förekomma i gasform ökar med temperaturen. Lägst relativ fuktighet är det i genomsnitt dagtid under vår och försommar medan det är högst relativ fuktighet nattetid och under vintern. I maj, då havet kyler, är den relativa fuktigheten högre längs den svenska kusten än i inlandet. I november då vattnet värmts upp under sommaren råder det omvända förhållandet, den relativa fuktigheten är lägre vid kusten än i inlandet.

I Helsingborg är den relativa fuktigheten i genomsnitt 50-60 % då temperaturen är 25 °C men när temperaturen är mellan 0 och 10 plusgrader är fuktigheten betydligt högre, 90-100 %.

Summary

This report gives a general description of water vapour which is a transparent and odourless gas, how this gas varies geographically outdoors in Sweden as well as the diurnal and annual variation. Humidity data from 121 automatic weather stations that were operational during the period 1996-2012 was used. The measurements were taken at 1.5 to 2 meters above the ground level. Different measuring instruments for humidity are presented and also different humidity measurements like dew point, wet bulb, absolute humidity, mixing ratio, enthalpy etc.

The absolute humidity which is the mass of water vapour in a cubic meter of air is highest in summer and lowest during the coldest days in winter. The highest values are measured along the coasts of southern Sweden and the value decreases northwards and with distance from the coast. Diurnal variation of the absolute humidity is in average relatively small.

In addition, monthly mean water vapour is studied for various months since 1951. Digitized humidity data have not been available before in 1951. Ten stations are used, from Bredåkra in the south of Sweden to Arjeplog in the north, for calculating monthly averages. The months May, August and November have been chosen together with the annual value. The absolute humidity increased during the three months and also the annual value. For the annual value and for May and August the increase is statistically significant not for November.

There is no statistically significant change of the average relative humidity during the period 1951-2012 for the average of ten selected stations for the months of May, August or November.

If the temperature drops to the dew point the air becomes saturated with water vapour and the relative humidity becomes 100 %. If the temperature drops further the water vapour condensates to water droplets and fog, dew or frost is formed. The highest dew point reported in Sweden is 23.8 °C at Fårö north of the island Gotland on 29 July 1994 and in Hällum in Västergötland on 30 June 1997. At the latter occasion the temperature was 28.4 °C and the relative humidity 76%.

The relative humidity is usually given in percentage (%) that is a measure of how much water vapour the air contains compared to how much water vapour that the air can contain as a maximum at the ambient temperature. The amount of water vapour that can occur as gas form increases with temperature. Low relative humidity is common during spring and early summer, while high relative humidity occurs during nights and during winter. In May, when the sea water is cool, the relative humidity is higher along the Swedish coast compared to inland. In November, when the sea water is warmer than the land, there is a reverse relationship; the relative humidity is lower on the coast compared to inland.

In Helsingborg, the relative humidity is in average 50-60% when the temperature is +25 °C, but when the temperature is between 0 and +10 °C the humidity is much higher, 90 to 100 %.

Innehållsförteckning

1	SYFTE OCH BAKGRUND	1
2	ALLMÄNT OM VATTENÅNGA OCH LUFTFUKTIGHET	2
3	METODIK	4
3.1	Mätning av luftfuktighet.....	4
3.1.1	Fuktighetsgivare	6
3.1.2	Daggpunktshygrometer	6
3.1.3	Psykrometer	6
3.1.4	Hårhygrometer	7
3.2	Felkällor	8
4	RESULTAT	9
4.1	Temperatur	9
4.2	Daggpunkt	10
4.3	Våt temperatur.....	13
4.4	Ångtryck	13
4.5	Absolut fuktighet.....	14
4.6	Blandningsförhållande	16
4.7	Relativ fuktighet	16
4.8	Specifik fuktighet	19
4.9	Entalpi.....	19
4.10	Luftens densitet	20
4.11	Lufttryck på stationens nivå.....	21
4.12	Mollierdiagram	22
4.13	Dimma.....	24
4.14	Skånsk kyla?	24
5	SLUTSATSER	26
6	REFERENSER.....	27
7	FIGURER OCH TABELLER	28

Denna sida är avsiktligt blank

1 Syfte och bakgrund

Syftet med denna rapport är att ge en allmän beskrivning av vad luftfuktighet är och visa hur och varför den varierar. Denna rapport behandlar vattenånga. Hur vattenångan varierar under året och under dygnet beskrivs liksom geografiska variationer. I mitt arbete som meteorolog på SMHI har jag mött få (utanför SMHI) som förstått vad relativ luftfuktighet är. Därför ägnas ett särskilt utrymme att förklara innebörden av relativ luftfuktighet.

Det kommer en hel del förfrågningar till SMHI som rör luftfuktighet. Den typiska frågan är nog från ett företag som är intresserad av temperatur och luftfuktighetsdata någonstans i världen eftersom man ska dimensionera en luftkonditioneringsanläggning. Andra frågor har handlat om problem att lagra kartonger i svala och fuktiga utrymmen, om nylagda trägolv som torkat under vintern eller om imma vintertid på inglasade altaner. Gemensamt för de flesta frågeställare är dock att de vill veta mer om hur det fungerar med luftfuktigheten i atmosfären och speciellt den relativa luftfuktigheten. Detta är en rapport för alla dessa människor. En annan aspekt är de funderingar som den pågående klimatförändringen väcker. Ökar luftens innehåll av vattenånga?

2 Allmänt om vattenånga och luftfuktighet

Genom vattnets *avdunstning* inte bara från hav och sjöar utan även från vegetation, mark, utandning mm tillförs vattenånga till atmosfären. Vatten förekommer i atmosfären i alla tre faser, fast form som is eller snö, flytande form som vatten eller gasform som vattenånga. När vattnet övergår från fast form till flytande form säger vi att isen/snön *smälter* och från flytande form till gasform säger vi att vattnet *avdunstar*. Is eller snö kan även övergå direkt från fast form till gasform vilket benämns *sublimation*. Vid dessa övergångar behöver man tillföra värme.

När övergången sker i motsatt riktning frigörs värme. När vattenången övergår från vattenånga till vattendroppar så *kondenserar* vattnet exempelvis då moln eller imma bildas. När vattnet övergår från vatten till is vet alla att vattnet *fryser*. Vattenånga kan övergå direkt till fast form vilket kallas *deposition*. Det förekommer ibland att denna övergång kallas *kondensation* eller *desublimering*. Inom meteorologin kan denna övergång även benämnas *sublimation*, samma som vid den omvända övergången.

Vattenånga är en genomskinlig och luktfri gas som finns i stor mängd i atmosfären. Moln består av många vattendroppar (molndroppar) eller av iskristaller. I dimma är det oftast dimdroppar (flytande form) som sätter ner sikten men även iskristaller kan förekomma i dimma då det är riktigt kallt.

Massan vattenånga i den marknära luften jämfört med massan luft varierar mellan nästan inget alls när det är som kallast i norra delen av vårt land till knappt 2 viktprocent när det är som varmast och fuktigast. I genomsnitt rör sig andelen vattenånga om ca 1 % i juli och augusti.

Vattenången är den viktigaste växthusgasen. Koldioxid som det talas mest om kommer först på andra plats. När temperaturen stiger pga. ökade utsläpp av koldioxid ökar avdunstningen och därmed också innehållet av vattenånga i atmosfären. Denna ökning av vattenånga kan dubbla växthuseffekten jämfört med om bara koldioxiden hade ökat (ref. 4).

Redan de gamla grekerna hade förstått vattnets kretslopp (den hydrologiska cykeln) ganska väl. Hur vattnet stiger från sjöar, vattendrag och hav till atmosfären och dess återvändande till marken genom nederbörden. Det fanns dock ett problem. Vattnet blev osynligt i en del av cykeln. För att ge en förklaring till detta problem antog Aristoteles och andra grekiska filosofer att en del av vattnet, inte allt, förvandlades till luft. Orsaken att inte allt stigande vatten blev till luft var att Aristoteles insåg att moln bestod av vattendroppar (ref. 3).

Det var inte förrän på 1600-talet som vetenskapsmän, influerade av Descartes, började acceptera teorin att vattenånga fanns som en substans. Teorin förklarade dock inte hur vattenången kunde hållas sig svävande. Det var Daniel Bernoulli som i sitt arbete *Hydrodynamica* (1738) kom med lösningen då han beskrev den kinetiska gasteorin. Hans arbete ignorerades dock fram till 1800-talet. Den allmänna uppfattningen bland vetenskapsmän på 1700-talet var att vatten löstes i luften på ungefär samma sätt som fasta ämnen kan lösa sig i vätskor (ref. 3).

Alla påverkas vi av vattenången i vårt dagliga liv, kanske utan att vi tänker på det. När vi varit ute i kylan och kommer in får vi imma på glasögonen eftersom luften närmast de kalla glasögonen kyls och vattenången kondenserar. När vi badat på sommaren vill vi torka oss för att inte frysa eftersom vattnet på kroppen vill avdunsta och värmen som krävs för avdunstningen tas från huden.

Inomhus vintertid kan vi få problem med torra luftrör. Kloka byggherrar känner till att man inte ska lägga in trägolv på hösten i uppvärmda lokaler. Orsaken är att den kalla utomhusluften värms upp när den förs inomhus vilket innebär att den relativa fuktigheten sjunker till ett minimum. Vi blir torra i halsen och trägolven torkar om inte vattenånga tillförs luften i tillräcklig mängd genom matlagning, utandning, duschning mm.

Husägare med källare vet att svala källare kan vara mycket fuktiga. Många husägare har dessutom problem med sina krypgrunder. När varm luft kyls stiger den relativa fuktigheten, det känns fuktigt i

luften och kondensation kan ske. Det är olämpligt att förvara material som suger åt sig fukt, i sådana utrymmen, som böcker, kartonger och toalettpapper. I krypgrunder kan den höga fuktigheten leda till mögelangrepp.

Under varma och fuktiga perioder under sommaren kan trädörrar inomhus svälla av fukten och bli svåra att stänga. Om det är 80 °C i en bastu med låg fuktighet är det inga problem att sitta en stund men skulle någon hälla vatten på stenarna så att luftfuktigheten ökar kan hettan bli outhärdlig trots att temperaturen sjunker. När den relativa fuktigheten i bastun är hög finns det också små svävande dimdroppar som håller samma temperatur luften i bastun. Detta kan man ibland se genom att det är dimmigt i bastun. Att dessa heta dimdroppar fastnar på huden gör att man inte kan sitta så länge i bastun. Även den höga halten av vattenånga, som gör att svetten på huden inte kan avdunsta, påverkar tiden hur länge det är behagligt att sitta i bastun.

Det kom en fråga till SMHI som löd ungefär så här: Det bildas kondens på glaset i min inglasade altan när det är kallt ute. Vad beror det på och kan man göra något åt det?

Mitt svar var ungefär så här: En del av problemet kan vara att husets fönster och dörr ut mot altanen inte är täta. Den relativt varmare inomhusluften som innehåller mer vattenånga tränger ut till den inglasade altanen genom springor kring fönster och dörr. Ibland kanske altandörren också öppnas och ännu mer varm och fuktig luft släpps ut till det inglasade utrymmet. Altanluften är således varmare än uteluften och innehåller mer vattenånga. När denna luft kyls närmast altanglasat så sker kondensation och det bildas imma på glaset och är det minusgrader ute kan imman frysa på glasrutorna. Det borde således bli mindre imma genom att täta husets fönster och dörr ut mot altanen.

I varma länder kan man utnyttja kunskap om luftfuktighet genom att vira en blöt handduk kring en dricksflaska och ställa den i skuggan. Efter en tid så har en del av vattnet i handduken avdunstat och värmen till avdunstningen tagits från flaskan så att drycken blir svalare och godare att dricka. Listan kan göras lång med hur vi påverkas av luftfuktigheten.

3 Metodik

Under hösten 1995 började SMHI installera ett nytt nät av automatiska väderstationer med enhetlig utrustning. Stationerna rapporterar varje timma temperatur, luftfuktighet, vind, nederbörd, lufttryck mm

I Figur 1 ser vi de stationer som utnyttjats i denna studie. Från de flesta av dessa 121 stationer har en 16-årig dataserie, 1996-2012, kunnat utnyttjas. Alla stationer har emellertid minst en tioårig serie. Från figuren ser vi att stationerna är relativt jämnt fördelade över landet.

Stationer vid röda markeringar har studerats mer i detalj i denna rapport. För dessa stationer har diagram över genomsnittliga variationer under året och dygnet tagits fram för olika fuktighetsmått.

En station utmärker sig i studien, Tarfala. Denna station har ett extremt läge mitt inne bland högfjällen i Kebnekaisemassivet. Stationen ligger 5 km ostnordost om Kebnekaises sydtopp. Stationen ligger 1150 m över havet i en dalgång med riktningen nordnordost till sydsydost. Stationens relativt höga höjd gör att stationen är kall vilket även påverkar luftfuktigheten.



Figur 1. 121 automatiska väderstationer som utnyttjats i denna studie. Stationer vid röda markeringar studeras mer i detalj.

3.1 Mätning av luftfuktighet

Luftfuktigheten mäts med hjälp av en hygrometer. Den som tillskrivs att ha uppfunnit hygrometern är Nicholas de Cusa (1401-1464) som var en framstående tysk matematiker (ref. 3). Ett av hans arbeten beskriver den första kända hygrometern som kanske är det första meteorologiska mätinstrumentet överhuvudtaget. Termometern t ex uppfanns senare av Galileo kring år 1600.

De Cusas instrument mätte vikten av ull med hjälp av en balansvåg. Ullen var lättare vid torrt väder och ökade i vikt när det var fuktigt. Under de kommande 200 åren skedde inte mycket i utvecklandet av hygrometern även om Leonardo da Vinci rapporterades ha konstruerat en mekanisk fuktighetsgivare.

Under andra halvan av 1600-talet konstruerade Robert Hooke en förbättrad hygrometer. Man hade noterat att tonhöjden hos stränginstrument varierade med luftens fuktighet. Han provade att använda tarmar men lyckades bättre med skägget på vildhavre som reagerande substans. Han gjorde fast skägget i botten på en välventilerad låda och andra änden sattes fast i en visare. När skägget krökte sig efter luftens fuktighet så flyttade sig visaren och avläsning kunde göras.

Den verkliga utvecklingen av hygrometern som ett vetenskapligt instrument började inte förrän på 1700-talet då den tyske matematikern Johann Heinrich Lambert (1728-1777) gjorde omfattande undersökningar av luftens fuktighet som han presenterade i "Suite de L'Essai d'Hygrometrie" som publicerades 1774. I denna publikation finns bl a en tarmhygrometer beskriven. Tarmarna vrider med luftens fuktighet. Det var Lambert som kom med förslaget att en fuktighetsmätare skulle kallas hygrometer.

Som matematiker försökte Lambert alltid beskriva sina resultat matematiskt. Han ritade t ex upp en graf och jämförde dagliga mätningar med hygrometern på tre platser, Berlin, Sagan och Wittenberg. Lambert studerade också korrelationen mellan temperatur och luftfuktighet. Lambert var kanske först med grafiska presentationer av meteorologiska data istället för i tabeller (ref. 3).

För att mätinstrumenten ska visa så rätt som möjligt måste de vara strålningsskyddade dvs. skuggas för solens strålar. Ett mätinstrument som värms upp av solens strålning visar fel. Instrumenten måste också skyddas mot nederbörd. När vatten på instrumentet avdunstar kyla det vilket medför fel. Givarna är därför placerade i ett strålnings- och regnskydd som historiskt varit en s.k. termometerbur, Figur 2.

För att få så enhetliga mätningar som möjligt placeras termometerburen om möjligt på en öppen plan plats där marken är tämligen torr men ändå täckt med kort gräs. Instrumenten placeras i buren på en höjd av 1,5 - 2 m över marken.

Termometerburens väggar och botten består av spjälor så att vinden ska kunna ge tillfredsställande luftväxling utan att det regnar in. Dörren är vänd mot norr för att solen inte ska lysa på instrumenten då observatören öppnar dörren för att avläsa dem.

I följande avsnitt beskrivs några metoder att mäta luftfuktighet.



Figur 2. Termometerbur. Foto Rolf Roslund.

3.1.1 Fuktighetsgivare

Nu mera sker oftast mätningarna av luftfuktighet i Sverige vid automatiska väderstationer vilka började installeras under 1995.

I fuktighetsgivare som används på SMHIs stationer finns en tunn polymerfilm som absorberar eller ger ifrån sig vattenånga beroende på den omgivande luftens fuktighet.

På grund av polymerfilmens dielektriska egenskaper ändras kapacitansen i givaren när luftfuktigheten ökar eller minskar. Kapacitansen mäts och omvandlas till ett mätvärde av den relativa luftfuktigheten i luften, 0-1 V motsvarar 0 – 100 % relativ luftfuktighet.

Fuktighetsgivaren sitter tillsammans med temperaturgivaren i strålnings- och nederbördsskyddet som ser ut som upp- och nervända tallrikar, se Figur 4.



Figur 3. Fuktighetsgivare.



Figur 4. SMHIs automatstation. Till vänster ser vi strålnings- och nederbördsskyddet som skyddar temperatur- och fuktighetsgivarna. Foto Morgan Zinderland.

3.1.2 Daggpunktshygrometer

Daggpunktshygrometern är en typ av instrument som ger noggranna resultat och kan används bl. a. vid referensmätningar. Den fungerar på följande sätt: En polerad yta kyls succesivt ned tills kondensation sker på ytan. Daggpunkten är den temperatur som ytan håller.

3.1.3 Psykrometer

Med psykrometermetoden bestäms luftens fuktighet genom att avläsa två termometrar, den s.k. våta och den torra termometern. Det är viktigt att termometrarna är strålningsskyddade och ventilerade. Den torra temperaturen är temperaturen som fås genom att avläsa en vanlig termometer. Den våta temperaturen fås genom att förse en termometer med en strumpa kring kulan. Strumpan fuktas med destillerat vatten. Psykrometern användes på SMHIs stationer till i slutet av 1950-talet.

När vattnet från strumpan avdunstar åtgår värme som tas från termometerkulan och den våta temperaturen sjunker. Så småningom uppstår ett jämviktsläge då den våta temperaturen inte sjunker längre. Avläsning av den torra och den våta temperaturen görs då.

Differensen mellan torr och våt temperatur är ett mått på fuktigheten. Ju större differens desto torrare. Om luften är mättad med vattenånga så att den relativa fuktigheten är 100 % sker ingen nettoavdunstning. Den torra och den våta termometern visar då samma temperatur.

Vid minusgrader fuktas strumpan som vanligt och så småningom fryser vattnet till is. Så länge frysning pågår visar den våta termometern 0 °C. När allt vatten frusit fortsätter kvicksilvret i termometern att sjunka. Först när temperatursänkningen avstannat ska avläsning ske.

Det finns två typer av psykrometrar, oventilerade och ventilerade. I det oventilerade instrumentet fuktas strumpan 10-15 min före avläsning men vid temperaturer kring noll måste fuktningen ske upp till en timme före avläsning. En kontinuerlig fuktning förekommer också genom att en spritlampsveke knyts kring strumpan som doppas ned i en liten flaska med destillerat vatten.

En typ av ventilerad psykrometer är *assmannpsykrometern*, Figur 5, där termometrarna är stationära och en fläkt genererar ett konstant luftflöde på minst 3 m/s förbi termometrarna. Instrumentet är också väl strålningsskyddat med blankpolerade metallcylindrar (Ref. 1). I äldre varianter drevs fläkten av en fläktmotor som drogs upp medan senare versioner hade en elektrisk motor.

Slungpsykrometern är en förenklad typ av ventilerad psykrometer där de båda kvicksilvertermometrarna är monterade i en behållare som roteras (slungas) manuellt.

3.1.4 Hårhygrometer

Under senare hälften av 1950-talet ersattes psykrometern av hårhygrometern på SMHIs stationer. Detta instrument var lättare att använda för väderobservatorerna. Med hjälp av en visare kunde den relativa fuktigheten avläsas direkt.

I en hårhygrometer utnyttjas att ett människohår förlängs då fuktigheten ökar och drar ihop sig när det är torrt. Ett fettfritt människohår blir 2-2,5 % längre då fuktigheten ökar från 0 till 100 %. Det sägs att de bästa hårstråna för ändamålet kommer från blonda Bayerska kvinnor. Denna hörsägen har författaren emellertid inte studerat närmare.



Figur 5. Assmannpsykrometer.
Foto L-G Nilsson,
Skylight.

I Figur 6 ser vi hårhygrometern hängande till vänster i bilden. Vid låga temperaturer har håret mycket stor tröghet, vid $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ nästan obegränsad. För att minska trögheten valsas håret (Pernixhår) vilket gör att hårstråna reagerar snabbare på luftfuktigheten men valsningen ökar också hårets skörhet (Ref. 1).

I en hårhygrograf registreras löpande den relativa fuktigheten genom att en penna är kopplad mot en roterande trumma. På trumman sitter ett papper, hygrogram, där mätningarna registreras under ett dygn eller en vecka. Instrumentet innehåller antingen ett hårknippe eller en hårharpa (ett antal hårknippen) (Ref. 1).

I en termohygrograf registrerar och ritas både temperaturen och den relativa luftfuktigheten upp i en graf. Nere till vänster i Figur 6 ser vi en termohygrograf.



Figur 6. I termometerburen ser vi hårhygrometern hängande uppe till vänster och en registrerande termohygrograf nere till vänster. I buren finns också en termometer(1) samt en minimi-(2) och en maximitermometer(3). Foto Pelle Åberg.

3.2 Felkällor

Om vi förutsätter att observatören läst av instrumentet korrekt och vid rätt tidpunkt, så finns det ändå flera felkällor vid mätning av luftfuktighet. Alla meteorologiska data som SMHI samlar in granskas emellertid och rättas rutinmässigt.

Hos en psykrometer kan ventilationen vara otillräcklig eller avläsningen skett för snabbt efter fuktning av strumpan. Avläsning kan också ha skett för sent då strumpan torkat ur. Strålningsskyddet kan vara smutsiga vilket kan ge extra uppvärmning eller strumpan kan vara i dåligt skick.

Hos en hårhygrometer eller hårhygrograf kan håret ha torkat ur om det förvarats under längre tid inomhus med låg fuktighet. Instrumentet kan också ha påverkats av luftföroreningar. Stoft och damm kan ha fastnat på hårknippena. Någon kan ha vidrört hårstråna och tillfört fett. Håret måste i så fall tvättas i en lösning (Ref. 1). Det kan också ha förekommit att observatören gjort fel vid omräkning från torr och våt temperatur till dagpunkt eller relativ fuktighet.

För automatiska givare händer det då och då att givaren visar uppenbart fel. Den relativa fuktigheten kan vara 80-90 % för att nästa timme sjunka ner till några få procent under många timmar vilket inte ses på närliggande stationer.

I denna studie har främst SMHIs automatstationerna använts för att beskriva luftfuktigheten i Sverige. Dessa stationer har enhetlig utrustning och underhålls regelbundet. Eftersom de flesta av dessa stationer startade under sommaren eller hösten 1995 så gäller de flesta diagram och kartor i denna studie för perioden 1996-2012.

För att kunna studera om fuktigheten varierat längre tillbaka i tiden har tio stationer valts ut där data finns tillgängliga digitalt sedan 1951. Under en så pass lång period har utrustning bytts vilket kan ha gett inhomogena serier. En begränsad kontroll av homogenitetsbrott har emellertid gjorts och ingen av stationerna har några uppenbara brott.

4 Resultat

I bilaga finns ett antal kartor och diagram som visar medelförhållanden av luftfuktighet. För att datamaterialet ska vara så homogent som möjligt har enbart data från automatiska väderstationer utnyttjats för perioden 1996-2012, Figur 1. Vid dessa stationer finns observationer för varje timma dygnet runt.

I dessa tider med stort intresse för klimatförändringar är det även intressant att studera hur luftfuktigheten har varierat över längre perioder. Luftfuktighetsdata finns digitalt från 1951 till 2012. Stationer som varit i drift under minst 60 av de 62 åren har valts ut vilket gav tio stationer, se Figur 7.

Dagliga värden kl. 6, 12 och 18 UTC har använts som underlag. Medelvärden för tre olika månader och flera fuktighetsmått presenteras som kurvor nedan. Hur fuktigheten vid dessa tio stationer har varierat historiskt ska inte ses som ett Sverigemedelvärde utan som medel av dessa tio stationer i Sverige.

För tidsserierna har månaderna maj, augusti och november valts att studeras. Maj har valts eftersom denna månad ofta har låg relativ fuktighet. Augusti har valts eftersom den absoluta fuktigheten ofta är hög under denna månad och november har valts eftersom den ofta upplevs som fuktig.

Nedan följer några beskrivningar av olika storheter som är viktiga i samband med luftfuktigheten. Observera att det råder en viss begreppsförvirring mellan den meteorologiska världen och ingenjörer. Med samma namn kan man mena olika mått varför definitionen och beskrivningen nedan är viktig att notera.



Figur 7. Tio stationer som ingår i långa tidsserier.

4.1 Temperatur

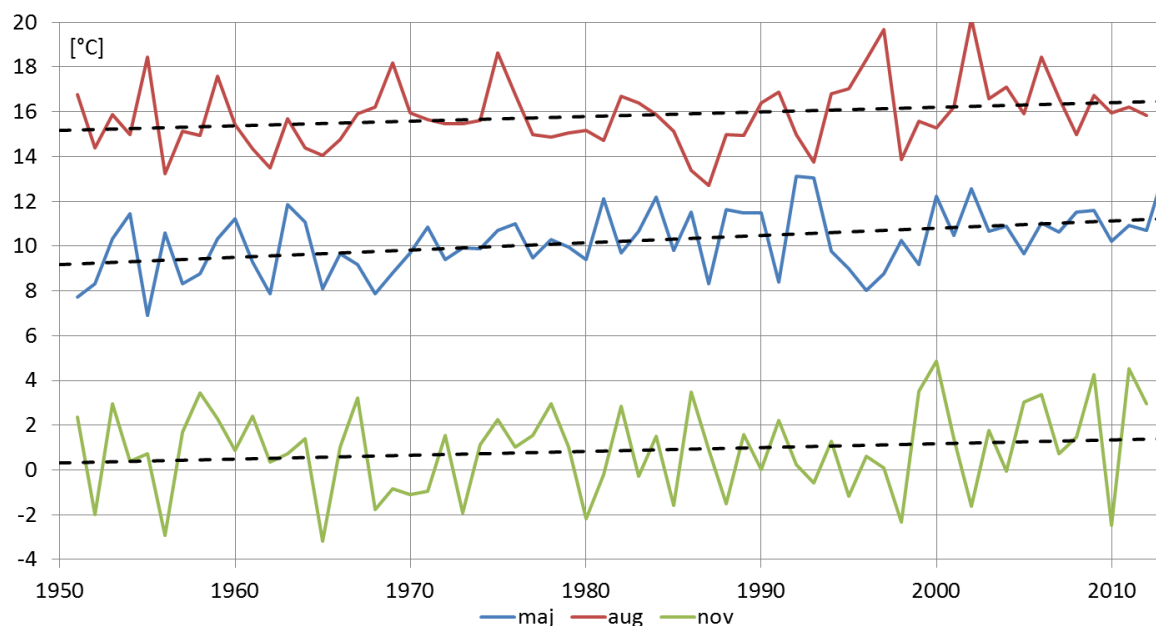
Temperaturen som också benämns ”torra temperaturen” mäts med en vanlig termometer. Enheten för temperatur är i Sverige vanligtvis grader Celsius [°C] men SI-enheten är Kelvin [K]. I t ex USA rapporteras vanligtvis temperaturen i grader Fahrenheit [°F]. Temperaturen är viktig för att bestämma luftens fuktighet. Exempelvis är den relativa fuktigheten starkt beroende av temperaturen.

I Figur 29 ser vi hur temperaturen i genomsnitt varierar översiktligt i Sverige under olika månader. En iakttagelse från dessa kartor är att temperaturskillnaden mellan norra och södra Sverige är liten i juli medan den under januari är betydligt större.

Figur 40 visar hur temperaturen varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet. Var dessa stationer ligger ser vi i Figur 1. Vi ser intet förvånande att de högsta temperaturerna förekommer under julfiertermiddagar. Lågst temperatur är det under februarinätter och mornar. Vi noterar också att temperaturskillnaden mellan dag och natt är större sommartid jämfört med vintertid.

Vid kustnära stationer som Ölands Södra Udde är temperaturvariationen under dygnet liten (Figur 40). Stationen i Helsingborg ligger fyra km från den skånska västkusten och har därför en betydligt större temperaturvariation under dygnet än Ölands Södra Udde.

Medelvärdet av tio stationers månadstemperaturer har beräknats för tre månader varje år, Figur 8. Vi ser att temperaturen har ökat för alla tre valda månader. Den linjära ökningen är dock statistiskt signifikant vid 95 % konfidensnivå enbart för månaderna maj och augusti, inte för november.



Figur 8. Temperatur. Genomsnittligt månadsmedelvärde för de tio stationerna i Figur 7.

4.2 Daggpunkt

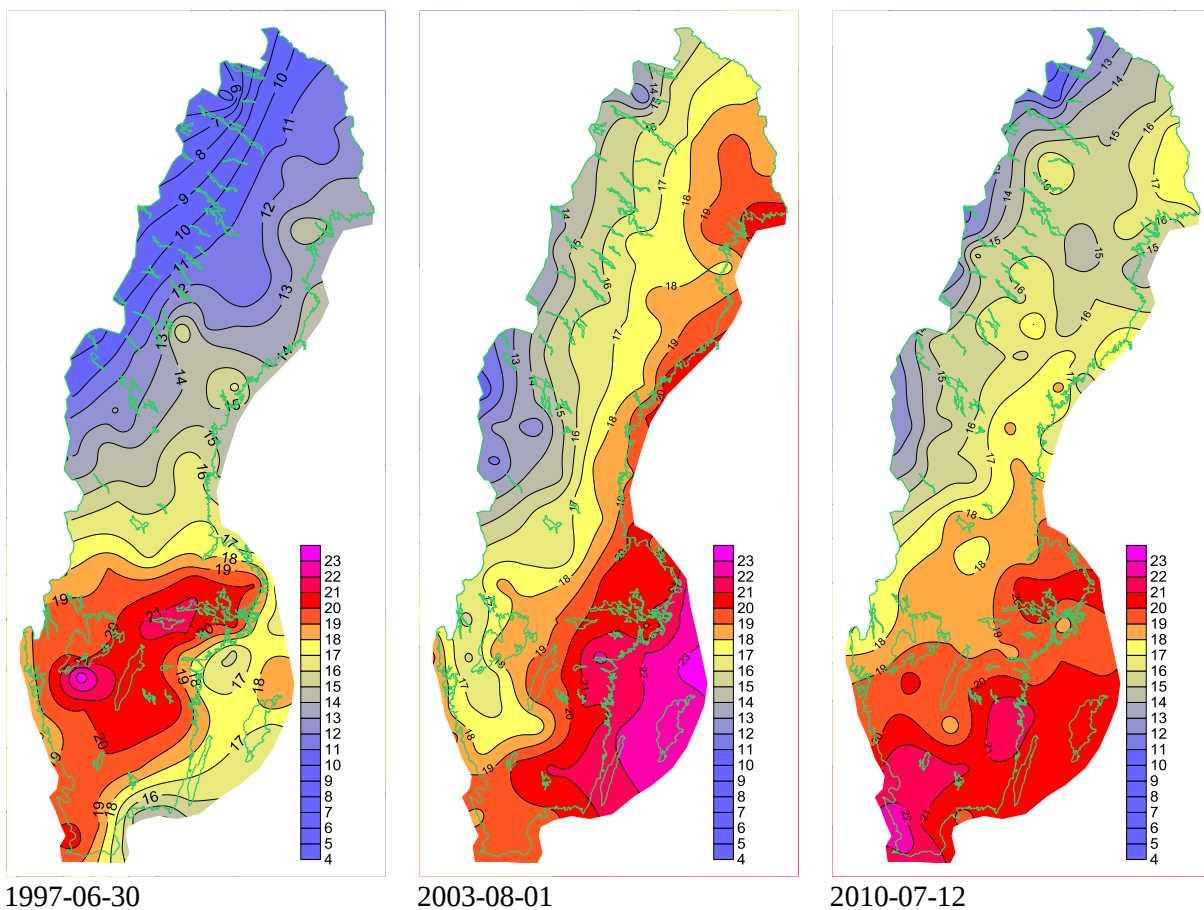
Daggpunkt är en temperatur och rapporteras därför vanligtvis i Sverige i enheten grader Celsius [°C]. Då temperaturen sjunker till daggpunkten nås mättnad och den relativa luftfuktigheten är 100 %. Om temperaturen sjunker ytterligare kondenserar vattenångan till vattendroppar, moln uppstår eller dagg på marken bildas. Daggpunkten är således aldrig högre än temperaturen.

I Figur 30 ser vi hur daggpunkten i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 41 hur daggpunkten varierar i genomsnitt på åtta stationer under årets månader och under dygnet. Från den senare figuren ser vi att daggpunkten i genomsnitt inte varierar mycket under dygnet till skillnad från temperaturen som har en tydlig dygnsvariation.

I Figur 9 visas några dagar då daggpunkten varit ovanligt hög under perioden 1996 – 2012. Den 30 juni 1997 rapporterade Hällum daggpunkten 23,8 °C vilket är den högsta daggpunkten under den studerade perioden. Stationen ligger i Västergötland 70 m över havet. Utanför den studerade perioden har även den manuella stationen Fårö rapporterat en daggpunkt på 23,8 °C den 29 juli 1994.

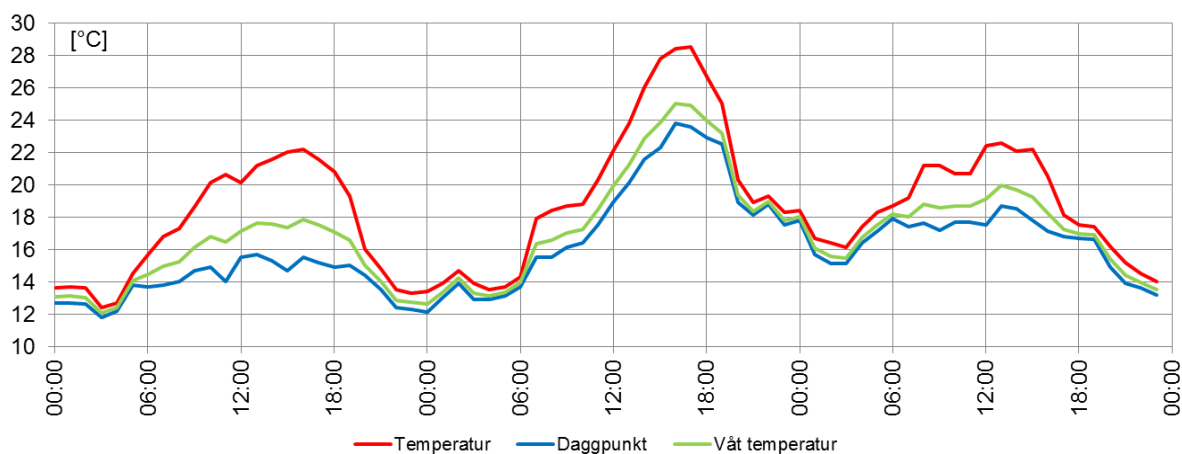
Den 1 augusti 2003 mätte Gotska Sandön daggpunkten 23,5 °C. Vid detta tillfälle var daggpunkten även hög längs hela norrlandskusten, se karta nedan.

Den 12 juli 2010 rapporterade stationen i Malmö en daggpunkt på 22,9 °C, Helsingborg 22,6 °C och Gladhammar utanför Västervik 22,0 °C. Temperaturen vid detta tillfälle nådde upp till ca 30 °C för dessa stationer.



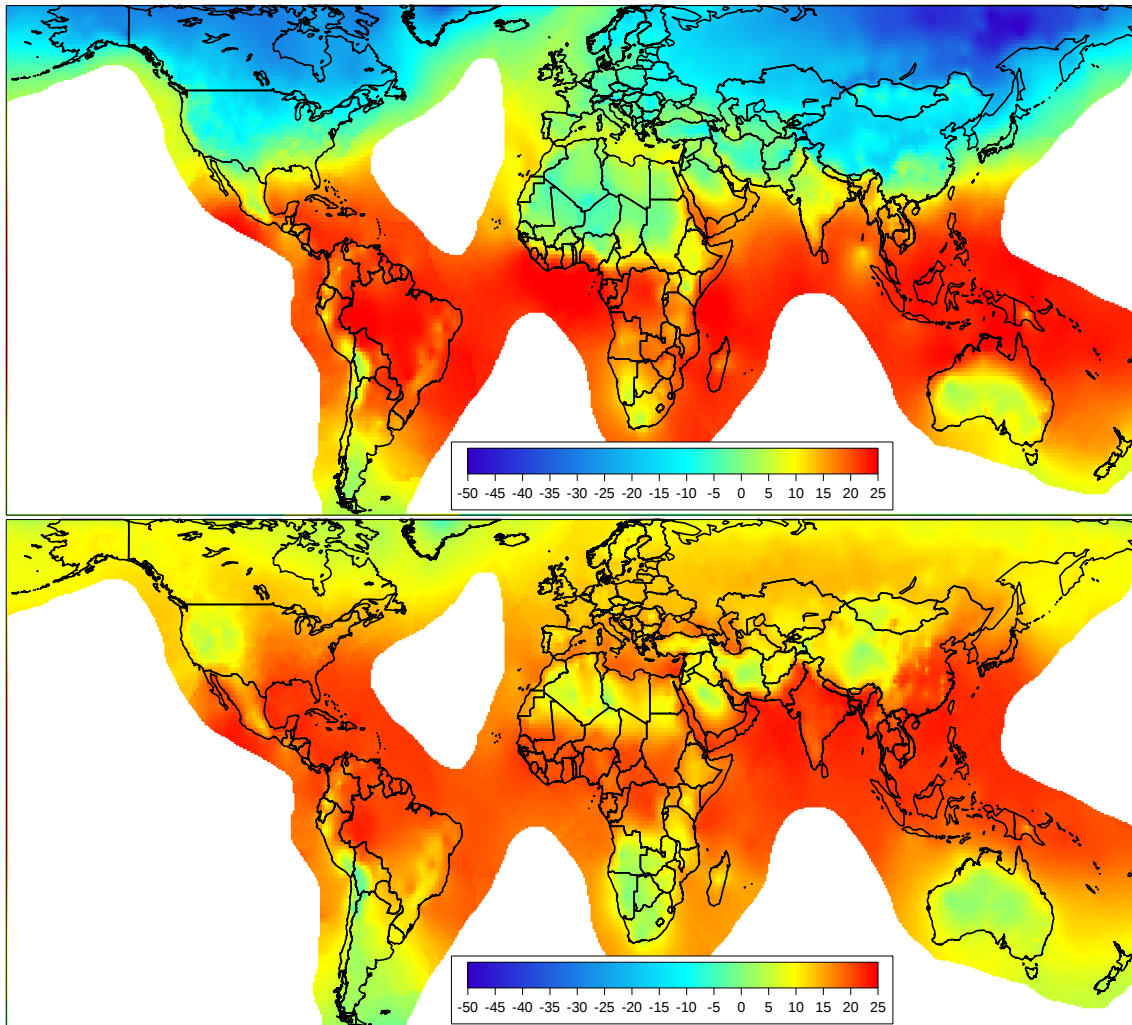
Figur 9. Dygnets högsta dagpunkt [$^{\circ}\text{C}$].

Hur temperaturen, daggpunkten och den våta temperaturen varierade i Hällum 30 juni 1997 samt dagen före och efter visas i Figur 10. Vi ser att de högsta värdena noteras under sen eftermiddag. När daggpunkten var som högst var temperaturen samtidigt $28,4^{\circ}\text{C}$ och den relativa fuktigheten 76 %. Under natten sjunker temperaturen och differensen mellan temperatur och dagpunkt minskar.



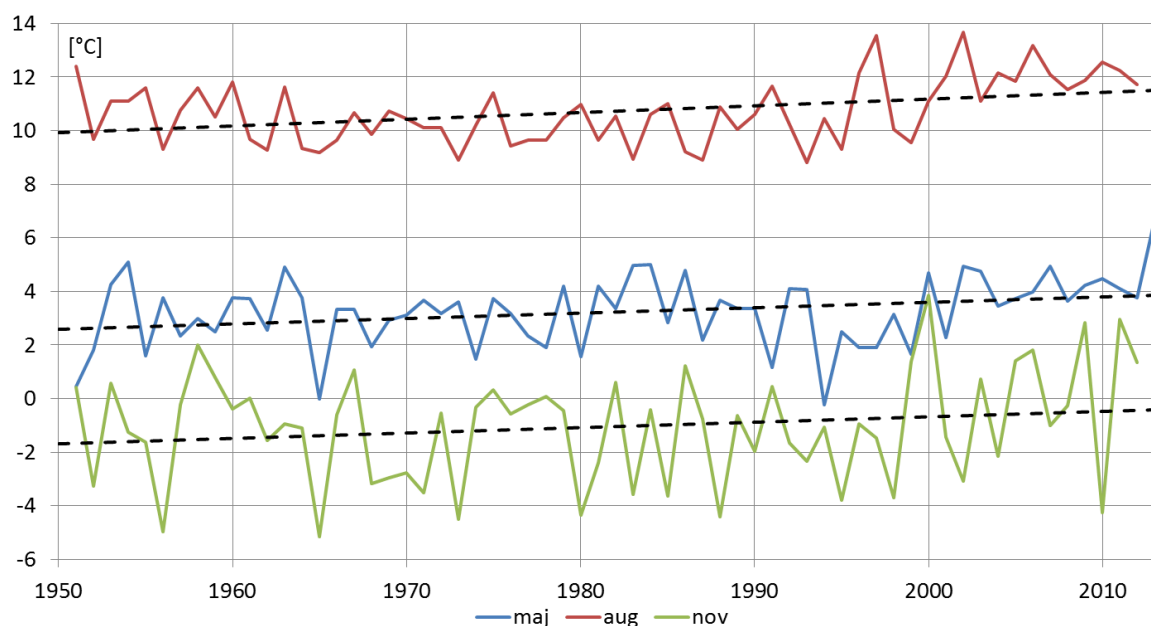
Figur 10. Hällum 29 juni - 1 juli 1997. Tid i UTC, Svensk sommartid=UTC+2 timmar.

Daggpunkten är låg där lufttemperaturen är låg och över öknar där luften ofta är mycket torr, Figur 11. Hög daggpunkt är det däremot över varma hav och i tropikerna.



Figur 11. Medel daggpunkt [$^{\circ}\text{C}$], januari (överst) och juli (underst).

Daggpunkten har ökat för de tre valda månader under perioden 1951 – 2012, Figur 12. Den linjära ökningen är dock statistiskt signifikant vid 95 % konfidensnivå enbart för månaderna maj och augusti, inte för november.



Figur 12. Dagpunkt. Genomsnittligt månadsmedelvärde för de tio stationerna i Figur 7.

4.3 Våt temperatur

För att erhålla den våta temperaturen fuktas ett tygstycke som är ditsatt runt termometers kula. När vattnet från tygstycket avdunstar sjunker temperaturen. När jämvikt uppnåtts avläses den våta temperaturen. Den våta temperaturen rapporteras i Sverige vanligtvis i °C. Hur den våta temperaturen mäts beskrivs i kapitel 3.1.3 Psykrometer.

I Figur 31 ser vi hur den våta temperaturen i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 42 ser vi hur den våta temperaturen varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.

Den 30 juni 1997 var den våta temperaturen i Hällum 25,0 °C, Figur 10, vilket är det högsta värdet som mätts av SMHI. Vid samma tillfälle mättes den högsta dagpunkten under den studerade perioden.

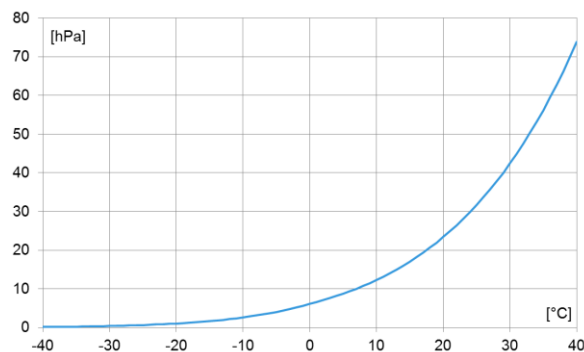
4.4 Ångtryck

Luften kan ses som en blandning mellan två gaser, torr luft och vattenånga. De två gaserna utöver var sitt partialtryck och summan av dessa tryck är lufttrycket. Vattenångans partialtryck eller ångtrycket har inom meteorologin enheten hektopascal [hPa].

När mättnad råder sker ingen ytterligare nettoavdunstning från t ex en vattenyta. Svett på kroppen avdunstar inte. Vattenångan har nu ett mättningstryck och den relativa fuktigheten är 100 %. När mättnad råder är dagpunkten och den våta temperaturen lika stor som den torra temperaturen.

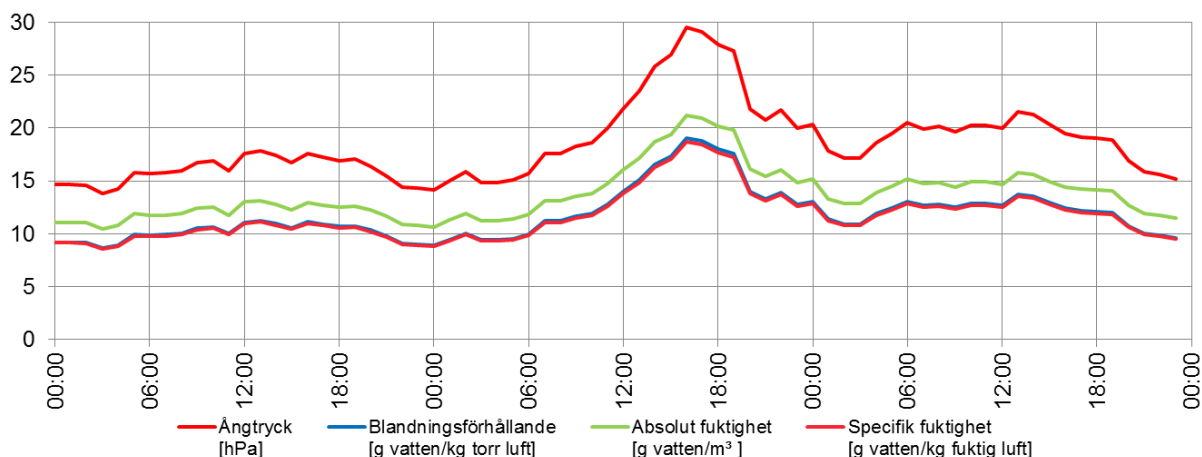
Vattenångans mättningsångtryck stiger med ökande temperatur, se Figur 13. Då temperaturen är -20 °C är mättningsångtrycket 1,25 hPa, vid 0 °C 6,11 hPa och vid +20 °C 23,4 hPa. Ökning av mättningsångtrycket är således betydligt större från 0 °C till 20 °C jämfört mellan -20 °C och 0 °C.

I Figur 32 ser vi hur ångtrycket i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 43 hur ångtrycket varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.



Figur 13. Vattenångans mättningsångtryck över en plan vattenyta vid olika temperaturer.

Ångtrycket var som högst 29,5 hPa på eftermiddagen den 30 juni 1997 i Hällum, Figur 14, vilket är för svenska förhållanden extremt högt. Vi noterar från figuren att ångtrycket varierar på ett liknande sett som blandningsförhållandet, den absoluta och den specifika fuktigheten (se avsnitt 4.6, 4.5 och 4.8 respektive).



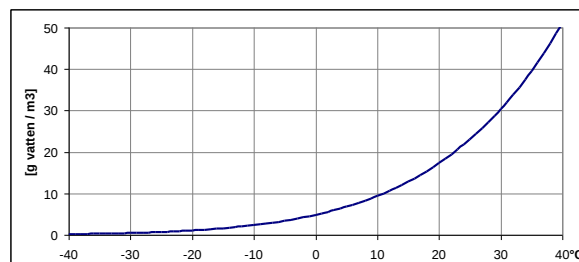
Figur 14. Hällum 1997-06-29 - 1997-07-01.

4.5 Absolut fuktighet

Massan av vattenånga i en kubikmeter luft kallas absolut fuktighet och har enheten g vatten/m³. Den absoluta fuktigheten benämns också vattenångans densitet eller täthet.

Den absoluta fuktigheten är ett mått på hur mycket vattenånga luften innehåller per volymenhet vilket inte relativ fuktighet är. Den maximala mängden vattenånga beror på lufttemperaturen, ju varmare det är desto mer vattenånga, se Figur 15.

Då det är 20 grader kallt kan mängden vattenånga maximalt vara 1 g vatten/m³, då det är 0 grader 5 g vatten/m³ och då det är 20 grader varmt 17 g vatten/m³. Ökningen av maximala innehållet av vattenånga från -20 °C till 0 °C är således mycket mindre än mellan 0 °C och +20 °C.

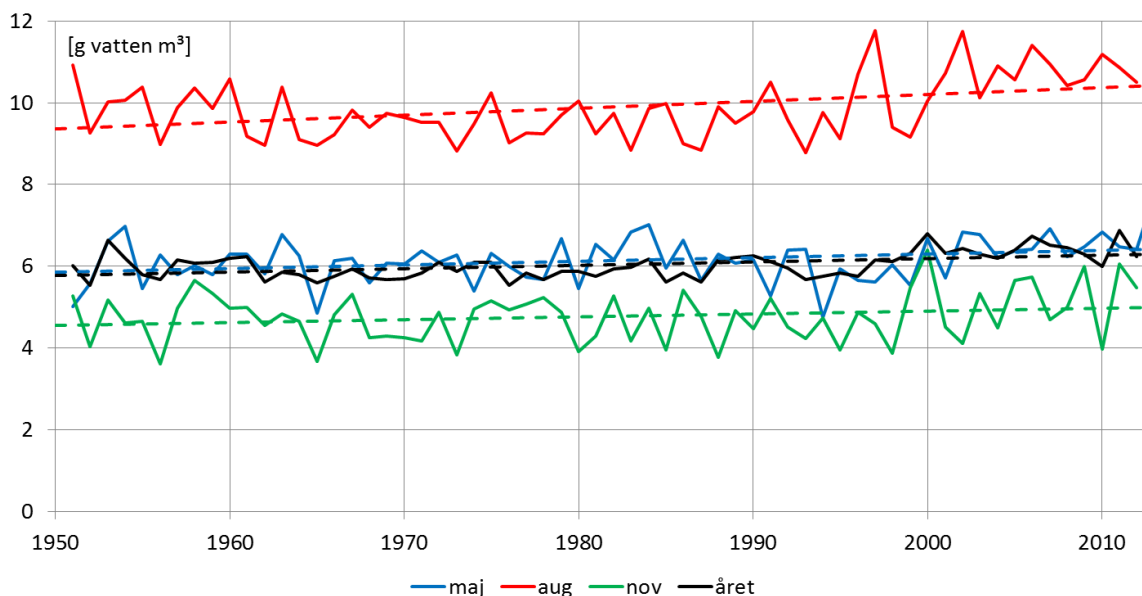


I Figur 33 ser vi hur den absoluta fuktigheten i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 44 hur den absoluta fuktigheten varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.

Figur 15. Hur mycket vattenånga som maximalt kan finnas i gasform vid olika temperaturer.

Den absoluta fuktigheten var ovanligt hög i Hällum den 30 juni 1997, se Figur 10. Den absoluta fuktigheten var vid detta tillfälle 21,1 g vatten/m³ på eftermiddagen.

Medelvärden av tio stationers månadsmedelvärde av absoluta fuktighet har sammanställts för perioden 1951 – 2012 för månaderna maj, augusti och november samt årsvärdet. Den absoluta fuktigheten har ökat för alla tre valda månader och för årsvärdet, se Figur 16. Den linjära ökningen är statistiskt signifikant vid 95 % konfidensnivå enbart för månaderna maj, augusti och årsvärdet, dock inte för november.



Figur 16. Absolut fuktighet. Genomsnittligt månadsmedel- och årsvärde för 10 stationer.

4.6 Blandningsförhållande

Massan eller vikten av vattenånga per kg torr luft eller blandningsförhållande har enheten g vatten/kg torr luft. Blandningsförhållandet kan också benämnas vatteninnehåll.

I Figur 34 ser vi hur blandningsförhållandet i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 45 ser vi hur blandningsförhållandet varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.

Blandningsförhållandet var 19.1 g vatten/m³ på eftermiddagen den 30 juni 1997 i Hällum, Figur 14, vilket är det högsta blandningsförhållandet under den studerade perioden 1996-2012.

4.7 Relativ fuktighet

Den relativa luftfuktigheten beskriver mängden vattenånga i luften vid en viss temperatur i förhållande till den maximala mängden vattenånga vid samma temperatur. För att beräkna den relativa fuktigheten i den meteorologiska världen divideras det aktuella blandningsförhållandet med blandningsförhållandet vid mättnad. Även andra förhållanden kan utnyttjas som aktuellt ångtryck dividerat med mättnadsångtryck och absolut fuktighet dividerat med den absoluta fuktigheten vid mättnad.

Den relativa luftfuktigheten uttrycks i procent. Om mängden vattenånga är maximal vid rådande temperatur råder mättnad och den relativa fuktigheten är 100 %. I tät dimma med kanske lite lätt duggregn är luftfuktigheten 95-100 %.

Den relativa luftfuktigheten är starkt kopplad till temperaturen. Då luften värms sjunker den relativa fuktigheten och då den kyls stiger den relativa fuktigheten under förutsättning att ingen fuktighet tillförs.

Vi tänker oss en volym utomhusluft som har temperaturen 0 °C och att luftfuktigheten är hög, 100 %. Mängden vattenånga är då 5 g vatten/m³, se Figur 15. Om denna luft förs inomhus genom exempelvis vädring så värms luften till ca +20 °C men fortfarande är vatteninnehållet densamma i luftvolymen, 5 g vatten/m³. Vid +20 °C kan vattenångan som mest vara 17 g vatten/m³. Fem dividerat med sjutton är 0.29 dvs. när denna volym luft värmts från 0 °C till +20 °C så har den relativa fuktigheten sjunkit från 100 % till 29 %.

Om vi tänker oss det omvända förhållandet. Säg att det är en riktigt varm och solig sommardag med +30 °C i skuggan och den relativa fuktigheten är 50 %. Mängden vattenånga är nu 15 g vatten/m³. Om vi kyler denna luft genom att den förs ner i en sval källare som är 15 °C, så stiger den relativa fuktigheten. Vid 15 plusgrader kan mängden vattenånga enbart vara 13 g vatten/m³ som mest. Den relativa luftfuktigheten i källaren blir således 100 % och kondensation sker.

När det är varmt, fuktigt och vindstilla ute svettas man. Eftersom den relativa fuktigheten är hög kan inte mycket avdunstning ske från kroppen. Om det börjar blåsa transporteras den relativt fuktigare luften närmast kroppen bort och avdunstningen kan öka. När svetten avdunstar tas värme från kroppen och man upplever vinden som svalkande.

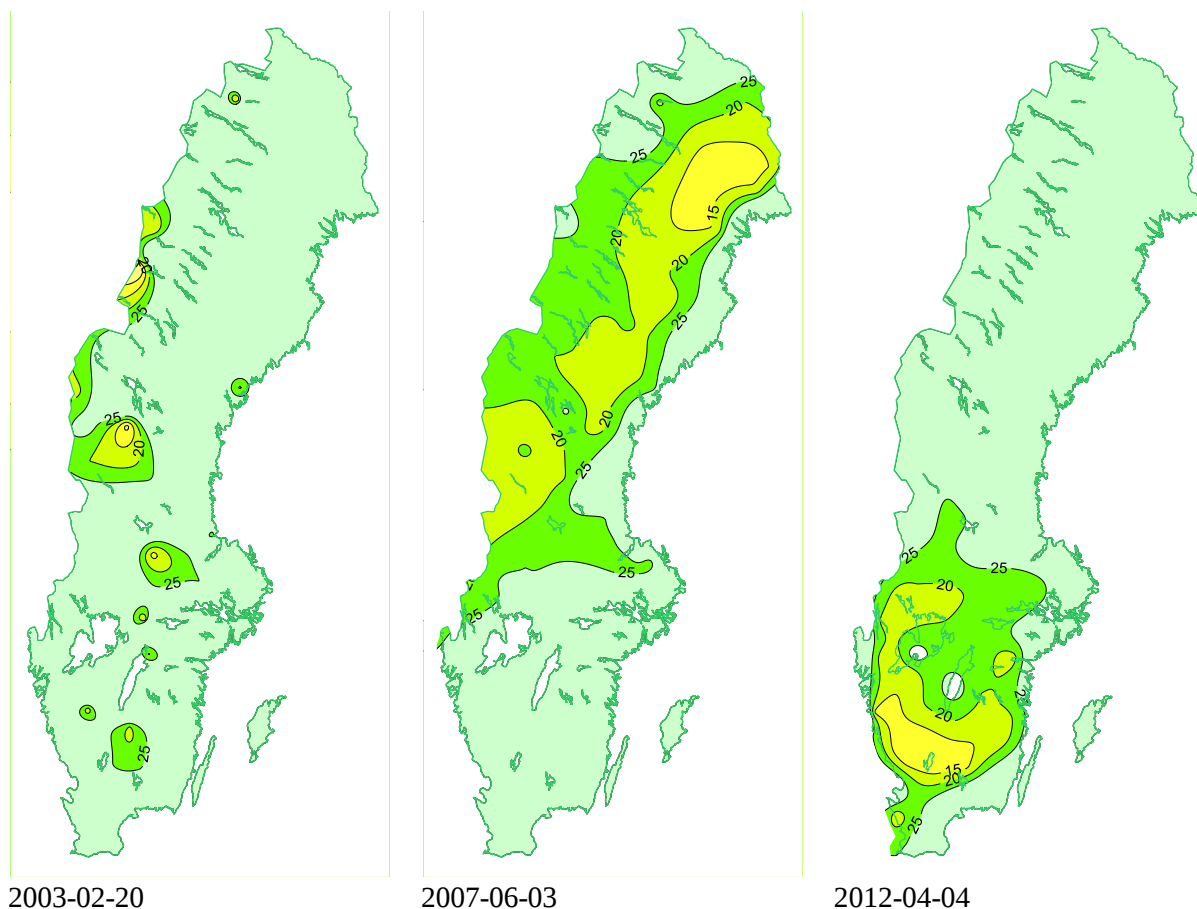
I södra Sverige under januari är den relativa fuktigheten högre i inlandet än vid kusten medan det omvända förhållandet råder i juli, se Figur 35. Orsaken är att på vintern värmer havet kusttrakterna medan havet kyler kusttrakterna på sommaren.

Den relativa fuktigheten är lägst dagtid under våren och högst nattetid och på vintern på de flesta av de åtta studerade stationerna, Figur 46. Ölands södra udde har emellertid ett avvikande utseende. Variationerna under dygnet och året är små jämfört med övriga stationer. Orsaken är det kustnära

läget vilket gör att temperaturen varierar relativt lite under dygnet och därmed även den relativa fuktigheten.

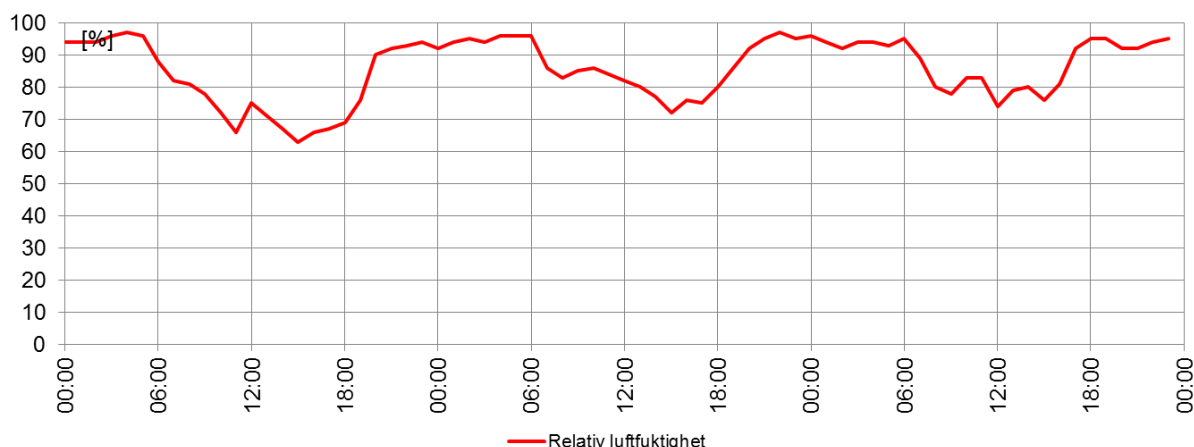
Under vår och försommar kan låga relativa fuktigheter uppmätas. Mest anmärkningsvärt var den 20 mars 2003 då mycket låg relativ fuktighet uppmättes på högt belägna väderstationer, Figur 17. Lägst fuktighet med 5 % mätte Stekenjokk som ligger på 1036 m över havet. Temperaturen på stationen var samtidigt +5,5 °C vilket är den högsta temperaturen där under någon februarimånad. På den närbelägna stationen Gielas som ligger i dalen nästan 500 m lägre (577 möh) var temperaturen samtidigt -17,8 °C och den relativa fuktigheten 80 %. Vid tillfället rådde ett högtryck över Sverige.

Den 3 juni 2007 uppmätte flera stationer i Norrland låg relativ fuktighet, Figur 17. Allra lägst var det i Nattavaara med 12 %. Den 4 april 2012 är en annan dag då den relativa fuktigheten också var mycket låg men då i södra Sverige. 11 % mättes i Torup och Ullared i Halland.



Figur 17. Dygnets lägsta relativa fuktighet [%]. Enbart område med 25 % relativ fuktighet och lägre är analyserade.

I Figur 18 syns hur den relativa fuktigheten varierade i Hällum under tre dagar 1997 då den högsta daggpunkten mättes i Sverige. Vi ser att den relativa luftfuktigheten var drygt 70 % på eftermiddagen den 30 men att den under natten steg till ca 95 %.



Figur 18. Hällum. Relativ luftfuktighet. 1997-06-29 - 1997-07-01.

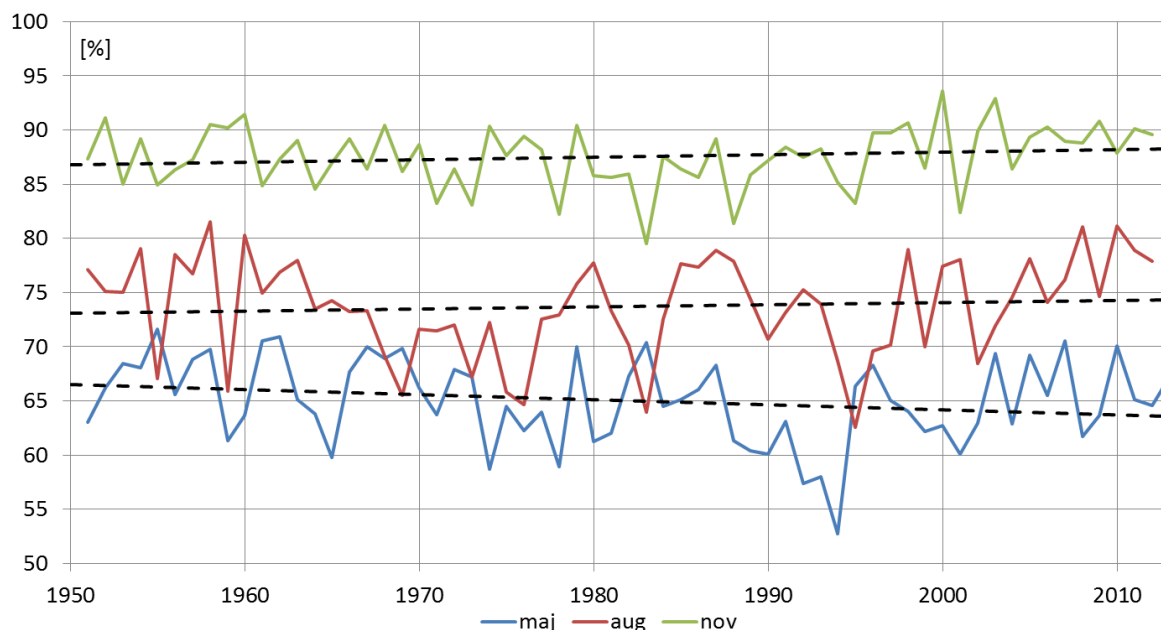
I Tabell 1 nedan visas hur den relativa fuktigheten samvarierar med temperaturen i Helsingborg. Tabellen bygger på knappt 150 000 observationer av samtidig temperatur och relativ fuktighet varje timme under perioden 1996-2012. Gulmarkerade fält visar vilken relativ fuktighet som är vanligast vid olika temperaturer. Temperaturen i tabellen är avrundad till närmast var femte grad och den relativa fuktigheten till närmast var tionde %. 15 % i tabellen innebär således intervallet 10 - 20 % och 25 °C motsvarar 22,5 – 27,5 °C.

När temperaturen är som högst >27,5 °C så är det vanligast med en relativ fuktighet på 30-40 %. Höga relativa fuktigheter på minst 70 % har inte förekommit då (tack och lov!). När temperaturen är lägre, 0-10 plusgrader, är det emellertid vanligare med betydligt högre relativa fuktigheter, 90-100 %.

Tabell 1. Helsingborg 1996-2012. Procent av tiden av relativ luftfuktighet vid olika temperaturer. Gulmarkerat visar den vanligaste relativa fuktigheten vid en viss temperatur. 15 % innebär 10 - 20 % och 25 °C innebär 22,5 – 27,5 °C. Tabellen bygger på 148 738 observationer.

Rel. Fukt. Temp.	15 %	25 %	35 %	45 %	55 %	65 %	75 %	85 %	95 %
30 °C	0.00	0.01	0.04	0.04	0.03	0.01			
25 °C	0.00	0.03	0.24	0.61	0.68	0.42	0.16	0.02	
20 °C	0.01	0.09	0.29	0.68	1.60	2.30	1.95	1.24	0.65
15 °C	0.01	0.07	0.31	0.60	1.51	2.82	4.40	5.97	5.64
10 °C	0.01	0.04	0.16	0.44	0.99	1.90	3.35	6.04	8.00
5 °C	0.00	0.04	0.08	0.27	0.60	1.25	2.85	7.12	11.01
0 °C		0.00	0.02	0.09	0.36	0.91	2.27	4.96	8.41
-5 °C			0.00	0.03	0.09	0.30	0.94	2.07	1.68
-10 °C					0.01	0.06	0.25	0.52	0.28
-15 °C							0.02	0.11	0.04
-20 °C							0.00	0.01	0.00

Medelvärde av tio stationers månadsvärde av den relativa fuktigheten har ökat under augusti och november men minskat under maj, Figur 19. Den linjära förändringen är dock inte statistiskt signifikant vid 95 % konfidensnivå för någon av månaderna.



Figur 19. Relativ fuktighet. Genomsnittligt månadsmedelvärde för 10 stationer och månaderna maj, augusti och november.

4.8 Specifik fuktighet

Specifik fuktighet eller massan av vattenångan i ett kg fuktig luft har enheten g vatten/kg fuktig luft. Den specifika fuktigheten skiljer sig oftast bara lite från blandningsförhållandet eftersom fuktig luft väger i stort sett lika mycket som torr luft. Vattenångan är lättare än torr luft varför den specifika fuktigheten är något mindre än blandningsförhållandet. Skillnaden är som mest ca 4 %.

Den specifika fuktigheten var som högst 18.7 g vatten/ kg fuktig luft på eftermiddagen den 30 juni 1997 i Hällum, se Figur 14. Det är det högsta värdet, under perioden 1996 – 2012, som mätts på SMHI:s stationer.

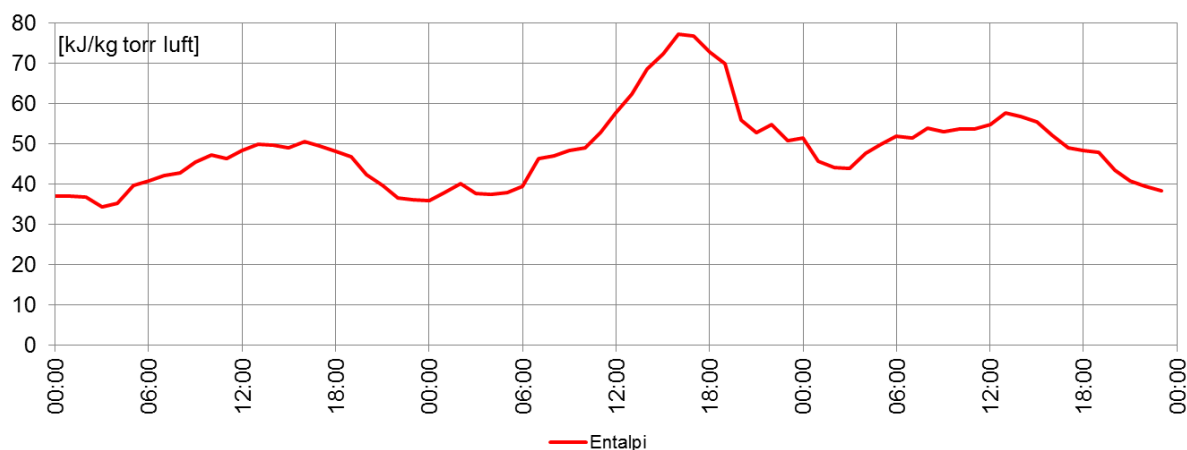
I Figur 36 ser vi hur den specifika fuktigheten i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 47 hur den specifika fuktigheten varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.

4.9 Entalpi

Entalpin är ett mått på den fuktiga luftens värmeinnehåll med enheten kJ/kg torr luft.

Entalpin var 77 kJ/kg torr luft på eftermiddagen den 30 juni 1997 i Hällum, se Figur 20. Detta värde är det högsta i Sverige under perioden 1996-2012.

I Figur 37 ser vi hur entalpin i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 48 hur entalpin varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.



Figur 20. Enthalpi. Hällum 1997-06-29 - 1997-07-01.

4.10 Luftens densitet

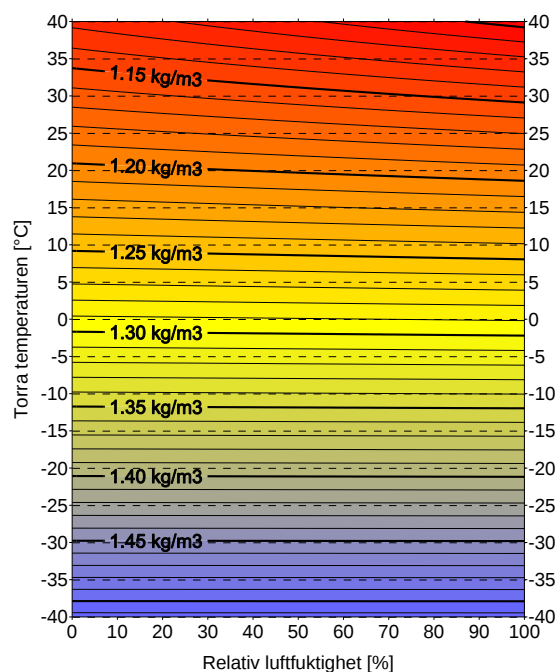
Massan av en kubikmeter luft eller luftens densitet har enheten kg/m^3 . Densiteten beror främst av lufttrycket och temperaturen men även till viss del på mängden vattenånga i luften varför detta mått finns med i denna studie.

Luftens densitet är intressant vid t ex vindenergi. Vindkraftverk producerar mer energi om luftens densitet är högre om det blåser lika mycket.

Vattenångan är lättare än luften som till största delen består av kvävgas (78 %) och syrgas (21 %). Detta innebär att ju mer vattenånga luften innehåller desto lättare är luften. Om luftens temperatur är $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ och luften är helt torr väger en kubikmeter luft $1,204\text{ kg/m}^3$ då lufttrycket är 1013 hPa . Om mängden vattenånga är maximal vid samma temperatur och lufttryck så väger en kubikmeter luft $1,193\text{ kg/m}^3$ eller elva gram mindre, se Figur 21.

I de flesta praktiska fall behöver man dock inte ta hänsyn till luftfuktigheten för att beräkna luftens densitet. Lufttrycket och lufttemperaturen är helt dominerande.

I Figur 38 ser vi hur luftens densitet i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 49 hur luftens densitet varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.

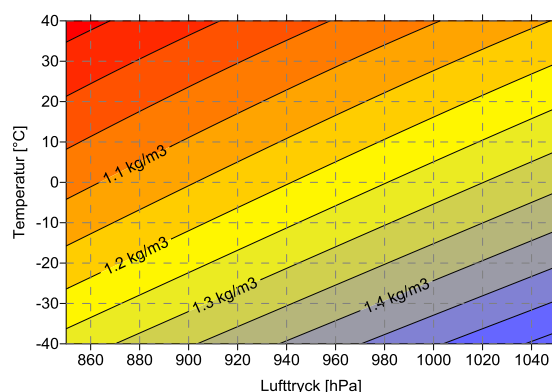


Figur 21. Hur luftens densitet beror av temperatur och relativ luftfuktighet vid lufttrycket 1013 hPa .

Luftens densitet är starkt beroende av temperaturen och av lufttrycket, se Figur 22 och lufttrycket sjunker med ca 1 hPa för var åttonde höjdmeter.

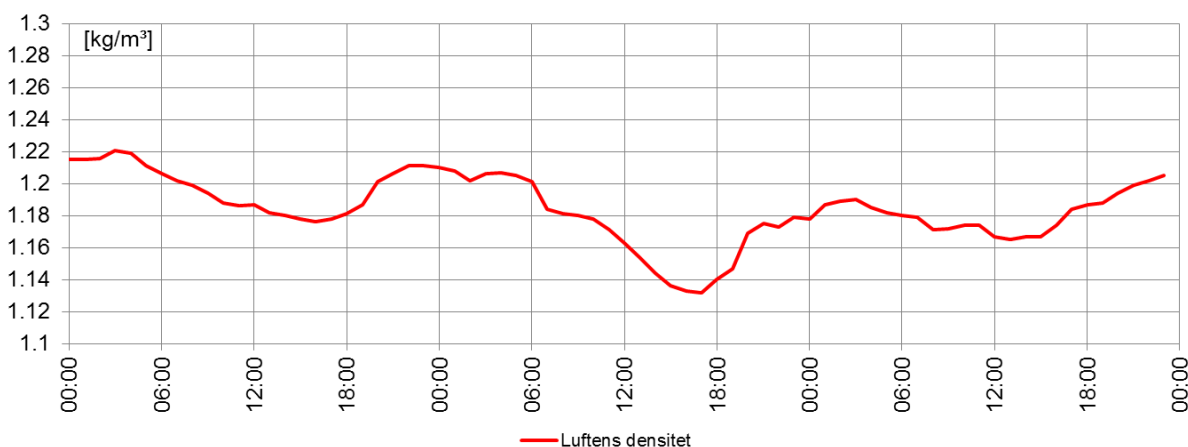
Den största densiteten erhålls när det är kallt och lufttrycket högt vilket innebär att stationens höjd över havet är liten. Vid Överkalix-Svartbyn som ligger 61 meter över havet var luftens densitet 1,54 kg/m³ den 28 januari 1999. Temperaturen var vid det tillfälle -45,6 °C och lufttrycket på stationens nivå 1008 hPa.

För att låga densiteter ska råda vid jordytan måste det vara varmt, lufttrycket lågt och stationen ligga högt. Som vi sett ovan är luften lättare ju mer vattenånga den innehåller. Stationen Tarfala som ligger 1150 meter över havet har rekordet med 1,05 kg/m³ den 15 juli 1999. Vid detta tillfälle var temperaturen 16 °C, lufttrycket på stationens nivå 875 hPa och den relativa fuktigheten 75 %.



Figur 22. Hur luftens densitet beror av temperatur och lufttryck då den relativa fuktigheten är 50 %.

Den 30 juni 1997 i Hällum på eftermiddagen mättes den högsta daggpunkten i Sverige 23,8 °C. Vid detta tillfälle var luftens densitet som lägst 1,13 kg/m³, Figur 23.



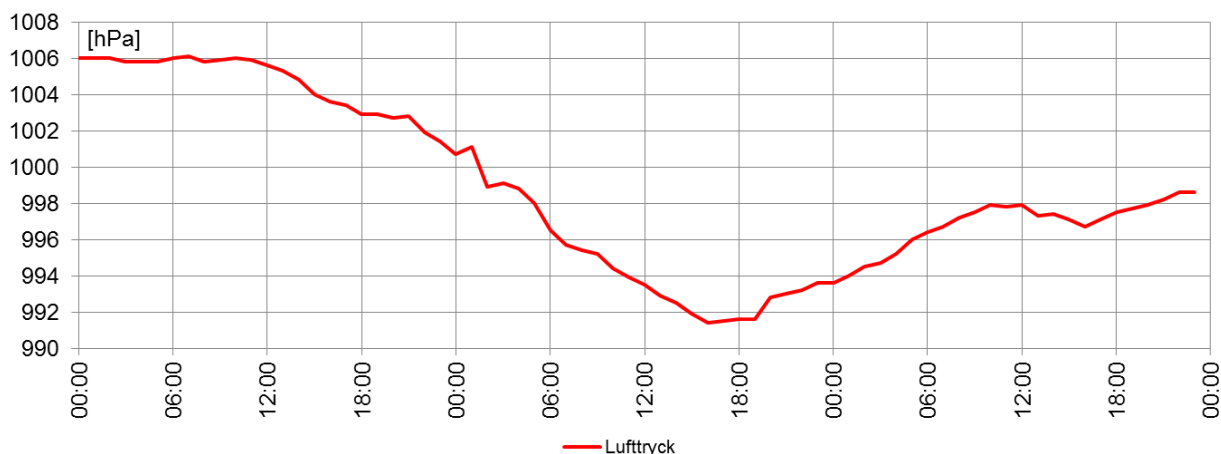
Figur 23. Luftens densitet. Hällum 1997-06-29 - 1997-07-01.

4.11 Lufttryck på stationens nivå

Lufttrycket på en viss plats är tyngden av luften ovanför. Lufttrycket måste således alltid sjunka med höjden. Upp till några hundra meter över havet sjunker lufttrycket med ungefär 1 hPa för var åttonde meter. Inom meteorologin vill vi ofta jämföra lufttrycket på olika platser varför lufttrycket räknas om (reduceras) till att gälla för havsytans nivå. I denna studie är vi emellertid intresserade av lufttrycket på stationens nivå eftersom lufttrycket ingår i beräkningarna av vissa fuktighetsmått.

I Figur 39 ser vi hur lufttrycket på stationens nivå i genomsnitt fördelar sig i Sverige under olika månader och i Figur 50 hur lufttrycket på stationens nivå varierar i genomsnitt på åtta stationer under olika månader och under dygnet.

Lufttrycket på stationens nivå i Hällum varierade den 29 juni – 1 juli 1997 mellan 991 och 1006 hPa, Figur 24. Det var på eftermiddagen den 10 juni som den högsta daggpunkten mättes på stationen, 23.8 °C.



Figur 24. Lufttryck på stationens nivå. Hällum 1997-06-29 - 1997-07-01.

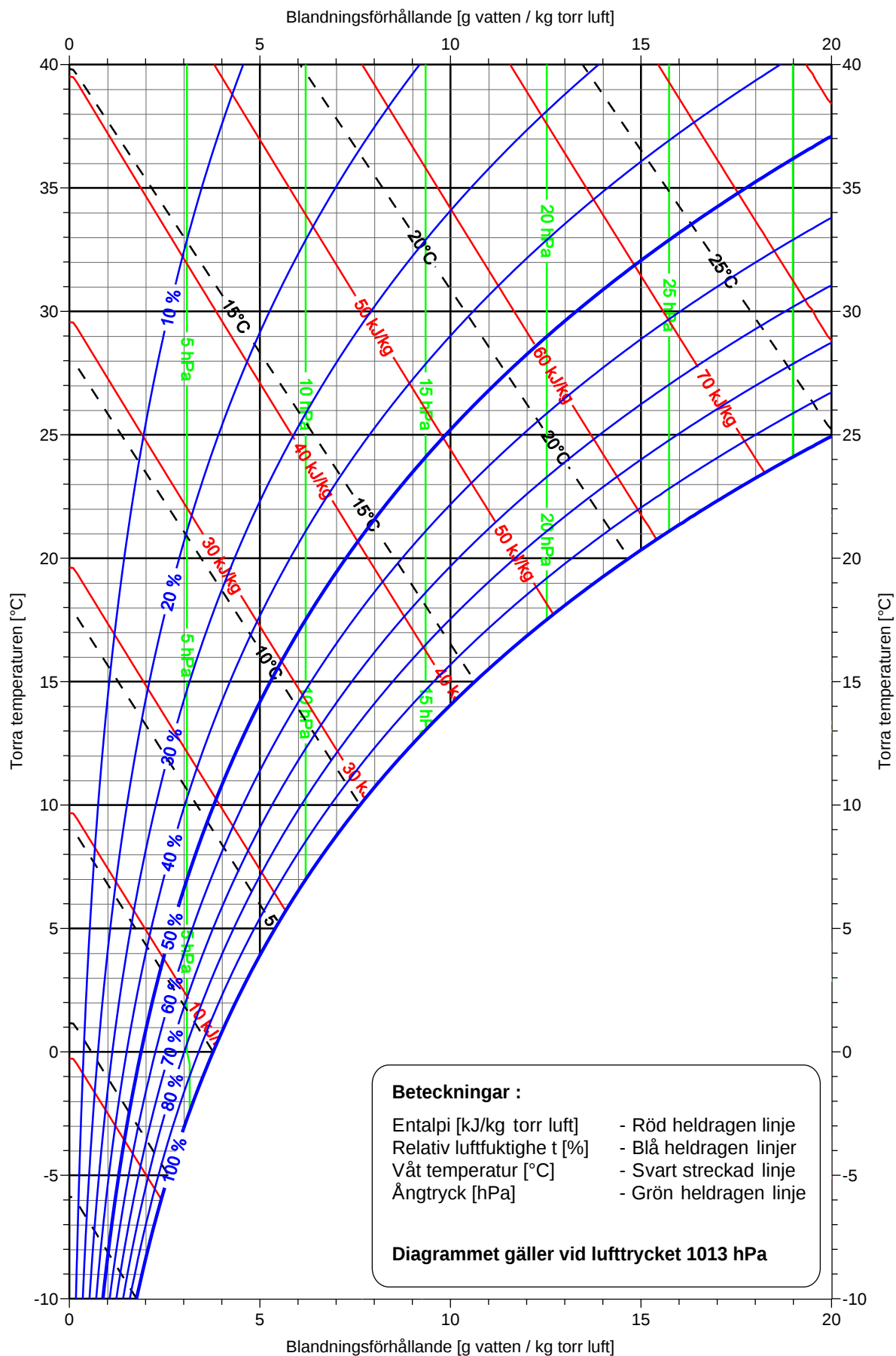
4.12 Mollierdiagram

I ett s.k. mollierdiagram, se Figur 25, kan man exempelvis bestämma vilken daggpunkt eller relativ fuktighet som råder då den torra och den våta temperaturen är känd. Om temperaturen är +20 °C (y-axel) och den våta temperaturen är +15 °C (diagonala svarta streckade linjer) är den relativa fuktigheten ca 59 % (blå kurvor). Vi ser från diagrammet att i detta fall är blandningsförhållandet 8,5 g vatten/kg torr luft (övre skala x-axeln).

Om vi nu tänker oss att denna luft kyls utan att mängden vattenånga förändras tills den relativa fuktigheten når 100 % ser vi i diagrammet att temperaturen då sjunker till +11,7 °C. Detta framgår genom att förflytta sig vertikalt nedåt från 59 % till 100 %. Denna temperatur benämns daggpunkten.

I mollierdiagrammet kan vi också se vilka fuktighetsförhållanden som råder då två lika stora luftvolymerna blandas. Vi tänker oss att den ena volymen har temperaturen +20 °C och den andra 0 °C. Båda volymerna har en relativ fuktighet på 90 % och dimma råder inte i någon av volymerna. Vid dessa förhållanden kan vi ur mollierdiagrammet se att den varma luften innehåller 13,2 g vatten/kg torr luft och den kalla luften 3,4 g vatten/kg torr luft.

Om vi blandar dessa två luftvolymerna fås temperaturen +10 °C i den omblandade volymen som innehåller ca 8,3 g vatten/kg torr luft. Från mollierdiagrammet kan vi se att den relativa fuktigheten har ökat från 90 % till över 100 %. Detta innebär att kondensation sker, vattenången övergår till små vattendroppar som svävar i luften. Denna uppstår således i den omblandade volymen trots att det inte var dimma i någon av luftvolymerna före blandning. Denna typ av dimma kallas *blandningsdimma*. Sjörök är ett exempel på blandningsdimma, se kap 4.13 Dimma.



Figur 25. Mollierdiagram för fuktig luft.

4.13 Dimma

Dimma, kan man säga, är moln som når marken eller när dimman lättar från marken blir dimman till moln. Dimdropparnas storlek är 10-20 μm (mikrometer, tusendels millimeter) i tät vätande dimma. Dimma kan uppstå på flera olika sätt vilka beskrivs nedan (ref. 2).

Strålningsdimma uppstår oftast under klara eller nästan klara nätter då vinden är svag. Värmen strålar ut från marken så att lufttemperaturen sjunker ned till dagpunkten. Strålningsdimma uppträder ofta där avkylningen är störst, som i dalgångar och sänkor där marken dessutom ofta är mer sank. Under dagen då solen värmer försvinner ofta dimman.

Advektionsdimma uppkommer då fuktig luft strömmar över ett kallare underlag. Denna typ av dimma kan ha en vertikal utsträckning upp till 300-500 meter och i extremfall nästan 1 km. Advektionsdimma kan ligga kvar i många dagar.



Figur 26. Dimma. Källa SMHI:s bildarkiv.

Sjörök uppstår då vattnet är varmt och relativt kallare luft strömmar ut över vattnet. Luften precis ovanför den varma vattenytan har ungefär samma temperatur som vattentemperaturen. När vatten avdunstar från den varma vattenytan och tillför luften ovanför vattenånga så stiger den varmare lättare luften som bubblor. När denna varmare och fuktigare luft blandas med den omgivande kallare luften sker kondensation och det ser ut som att sjön ryker. Sjörök är ett exempel på *blandningsdimma* och finns beskrivet närmare i Kapitel 4.12 Mollierdiagram.

Orografisk dimma bildas då luft strömmar uppför en sluttning. Luften avkyls när den stiger och när temperaturen når dagpunkten sker kondensation och dimmbildning.

Frontdimma kan förekomma då det regnar från molnen vid en varmfront. Den kallare tyngre luften ligger som en kil under den varmare luften. Regnmoln (Nimbostratus) ligger i den varmare luften. När regndropparna från den varmare ovanliggande luften faller ner till den kallare luften avdunstar de relativt varmare dropparna och tillför luften vattenånga. När ångan blandas med den kallare omgivande luften kan kondensation ske och dimma bildas.

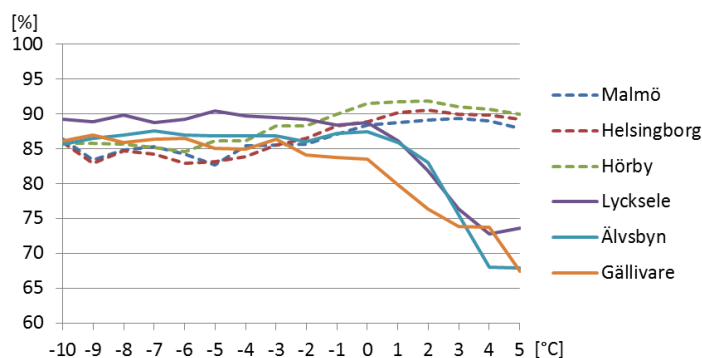
Turbulensdimma kan förekomma i samband med varmfrontspassager även utan nederbörd. När en varmfront passerar är molnen låga. På grund av turbulensen i fronten kan molnbasen bringas ned till jordytan och bilda dimma.

4.14 Skånsk kyla?

Skåningar påstår att man fryser minst lika mycket vintertid i Skåne som i norra Norrland medan norrlänningar menar att skåningar inte kan klä sig mot kyla. Det finns också norrlänningar som bott i Skåne och säger att de aldrig frusit så mycket som de gjorde i vintras vid den Skånska kusten. Skåningarna menar att orsaken till att man fryser mer är luftfuktigheten. "Förståsigpåare" menar att det bara är nys att man fryser mer i Skåne eftersom luften innehåller så liten mängd vattenånga när det är kallt.

Ligger det någon sanning i att man sägs frysa mer i Skåne än i norra Norrland på vintern? Författaren som varken är skåning eller norrlänning kommer här med sina tankar kring detta ämne.

Den relativa fuktigheten är ett mått på hur fuktig vi upplever luften. Om man väljer tre stationer i Skåne och tre i norra Norrland så har de norrländska stationerna något högre relativ fuktighet då temperaturen är mellan -10 °C och 0 °C, se Figur 27. Om temperaturen däremot är mellan 0 och 5 plusgrader är den relativa fuktighet tydligt högre för Skånska stationerna.

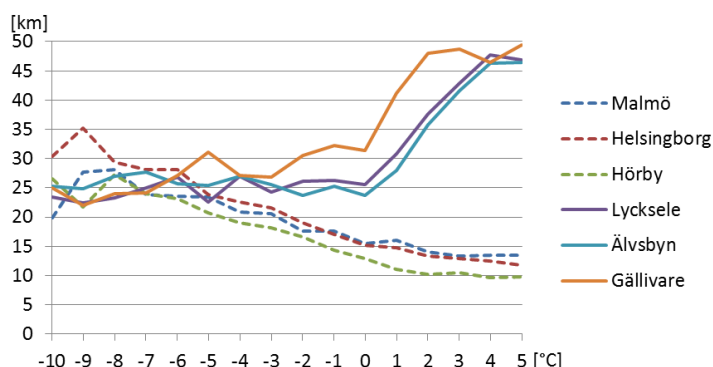


Figur 27. Genomsnittlig relativ fuktighet vid olika temperaturer under dec-feb.

Vid minusgrader kan således inte den relativa fuktigheten vara orsaken till att man upplever att man fryser mer i Skåne än i Norrland vid samma temperatur.

Om man däremot jämför siktdata från Skåne med norra Norrland så upptäcker man att sikten i genomsnitt är väsentligt sämre söderut då temperaturen är mellan några minusgrader upp till fem plusgrader, Figur 28.

Sikten minskar främst av små svävande vattendroppar vilket det alltså finns fler av söderut i Sverige vintertid. När man vistas utomhus och det kanske blåser fastnar dessa små droppar på huden och kyler den. När dropparna avdunstar tas värme från huden och kyler den ytterligare.



Figur 28. Genomsnittlig sikt vid olika temperaturer under dec-feb.

Dessutom blåser det ofta mer i Skåne på vintern än i norra Norrland vilket bidrar till att man fryser mer i Skåne.

Författaren menar således att det ligger sanning i att man oftast fryser mer i Skåne än i norra Norrland, åtminstone vintertid om temperatur i båda områdena är mellan några minusgrader och 5 plusgrader.

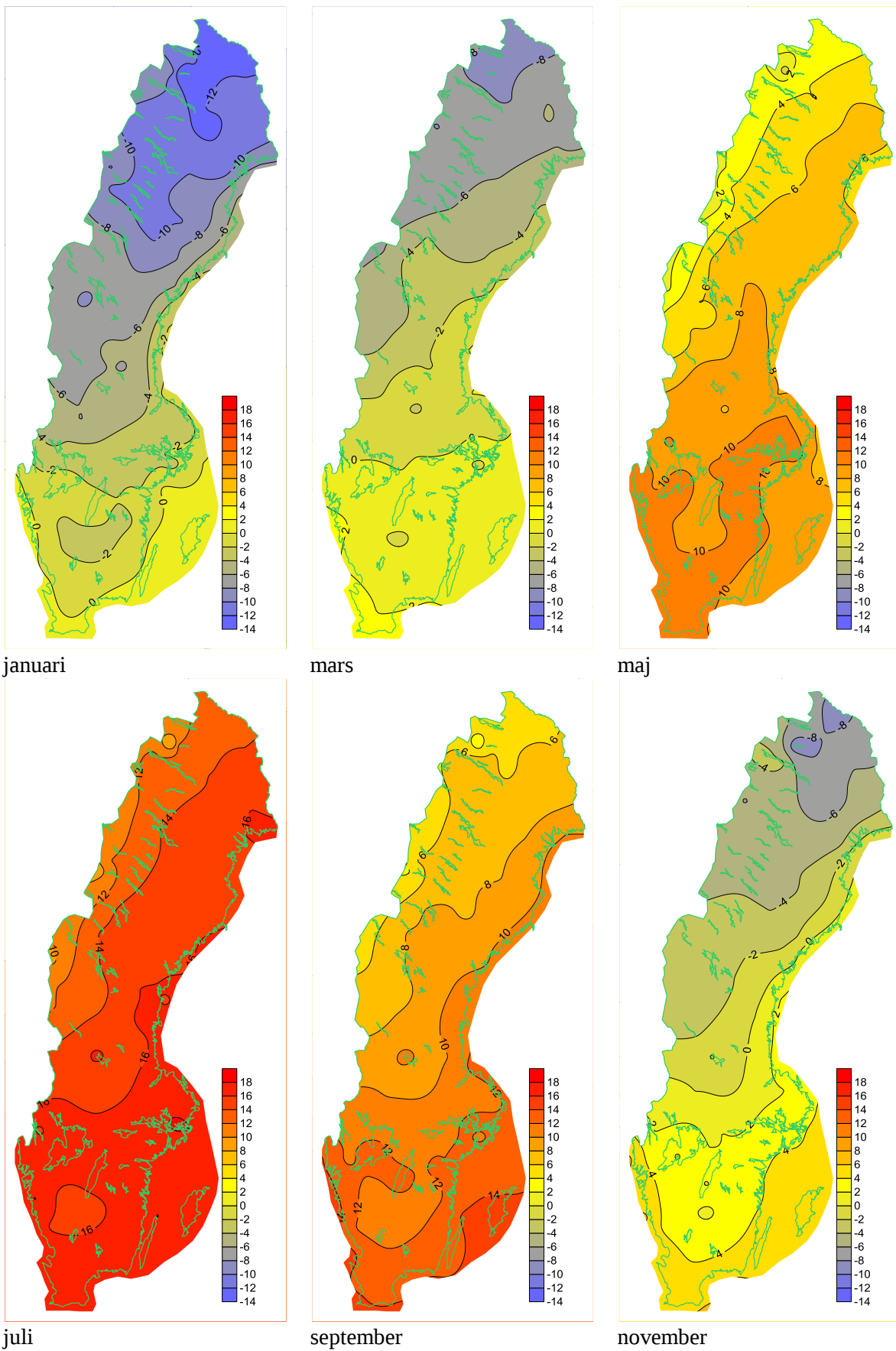
5 Slutsatser

- Årsvärdet av den absoluta fuktigheten har ökat signifikant under perioden 1951-2012. Även månaderna maj och augusti har ökat signifikant men inte november.
- Den relativa fuktigheten har inte förändrats signifikant under perioden 1951-2012 för månaderna maj, augusti och november.

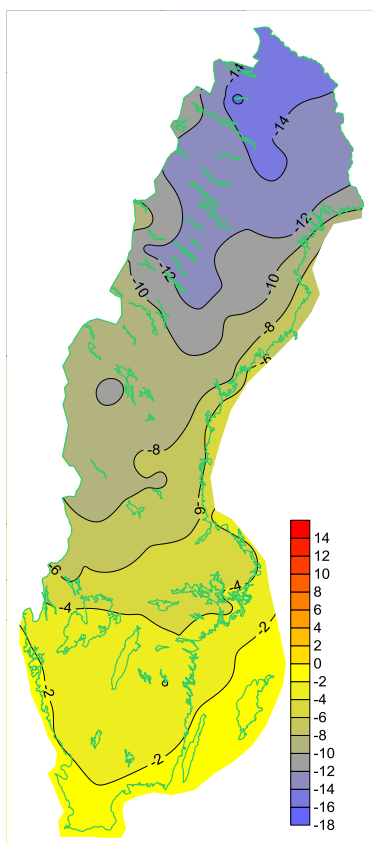
6 Referenser

1. Meteorologiska standardinstrument. Rindert, 1982.
2. Meteorologi, Liljequist, 1962.
3. The History of Meteorology: to 1800. H. Howard Frisinger, 1977.
4. Climate Change 2007, The physical Science Basis.
Working Group 1 Contribution to the Fourth Assessment
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

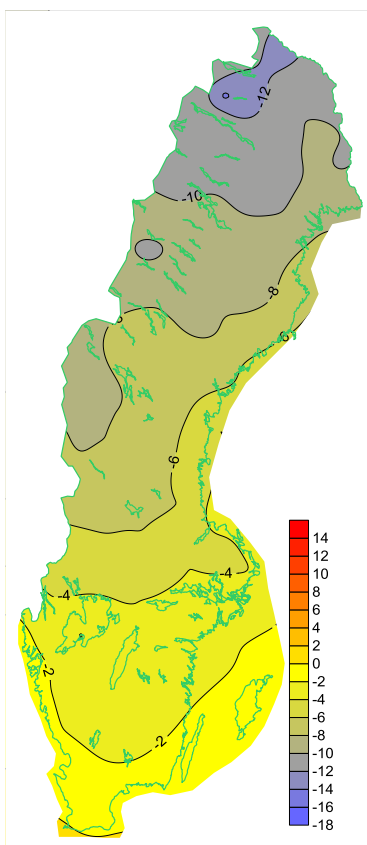
7 Figurer och tabeller



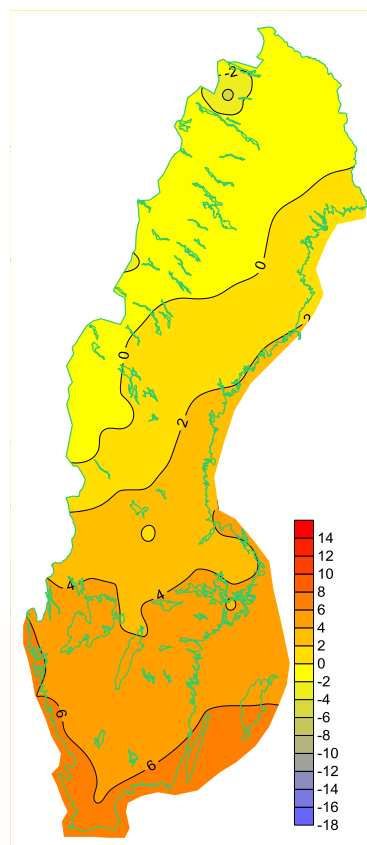
Figur 29. Temperatur [°C], medelvärden 1996-2012.



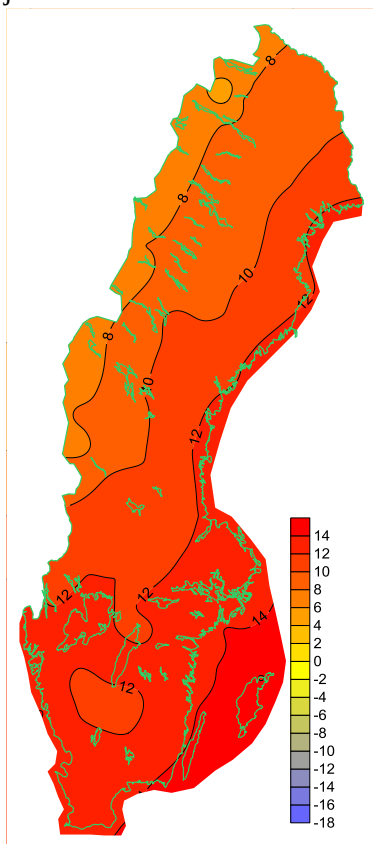
januari



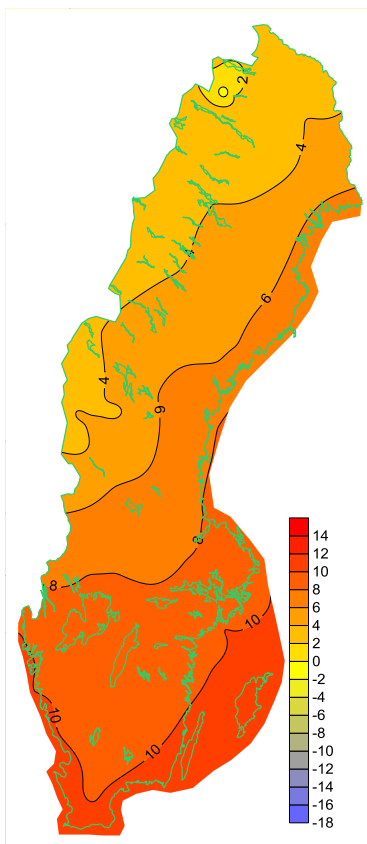
mars



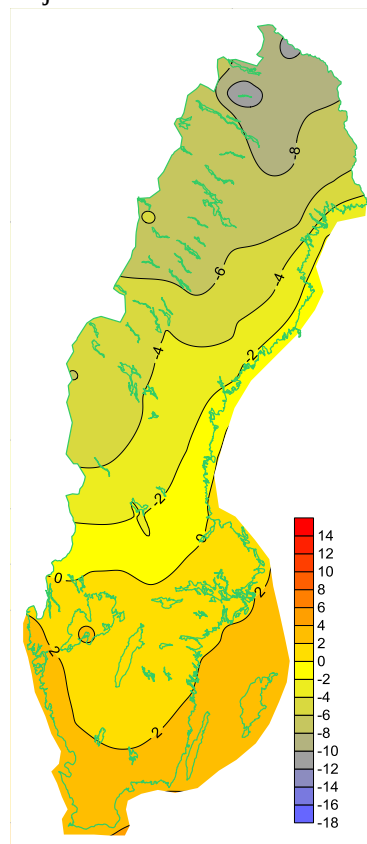
maj



juli

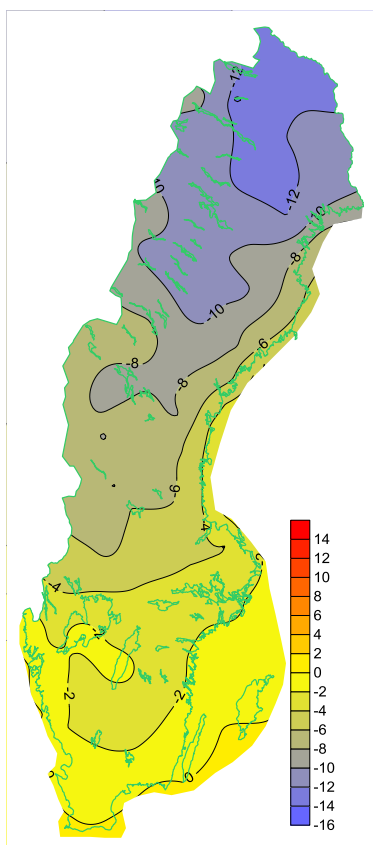


september

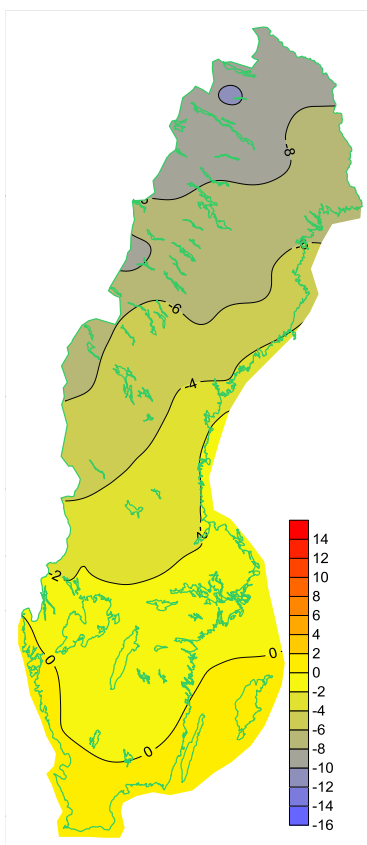


november

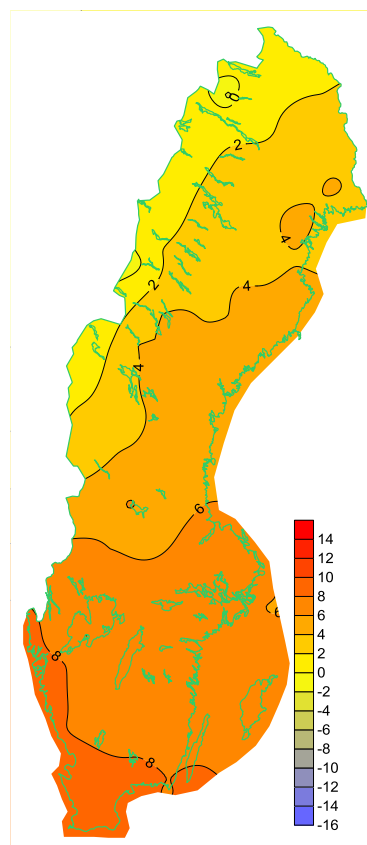
Figur 30. Dagpunkt [°C], medelvärden 1996-2012.



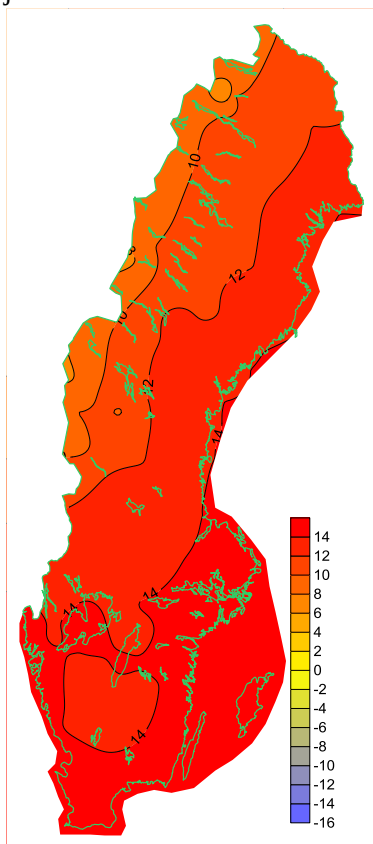
januari



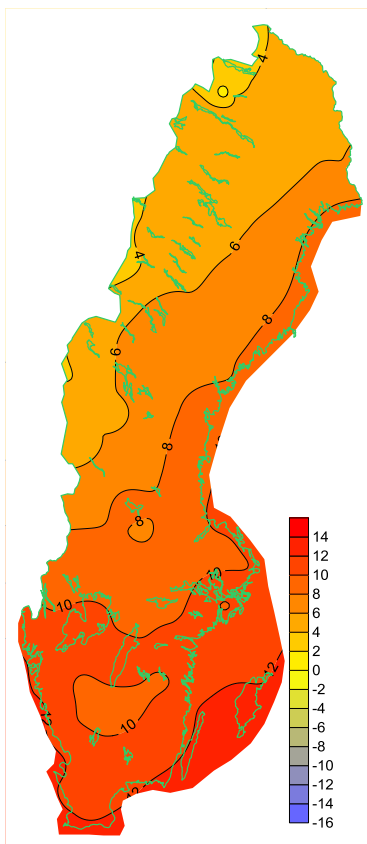
mars



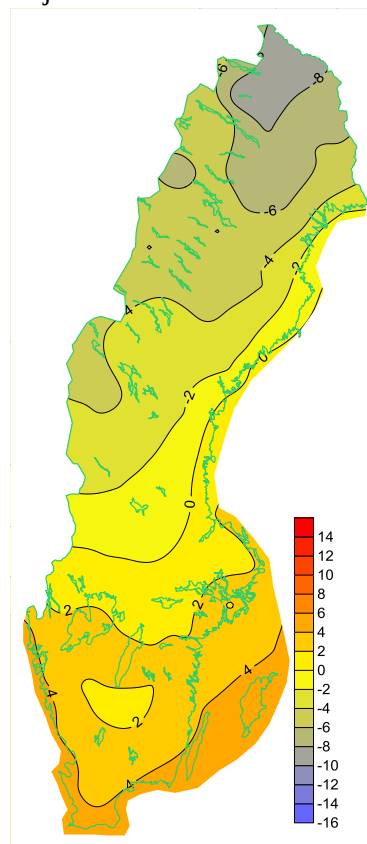
maj



juli

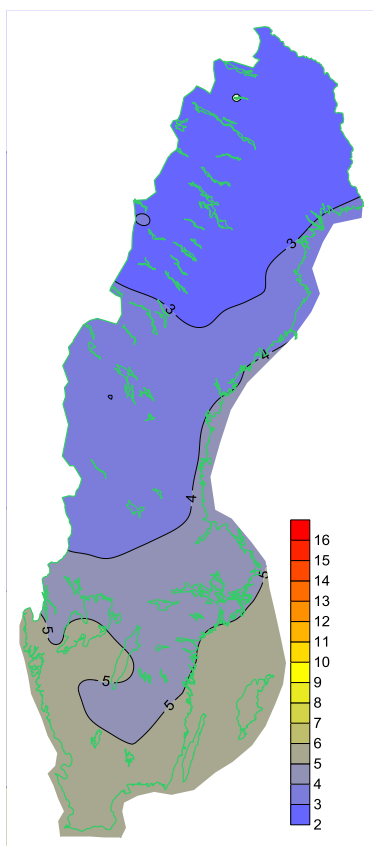


september

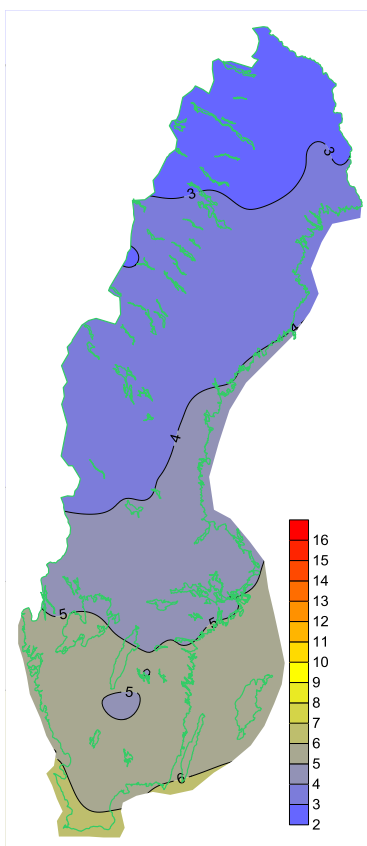


november

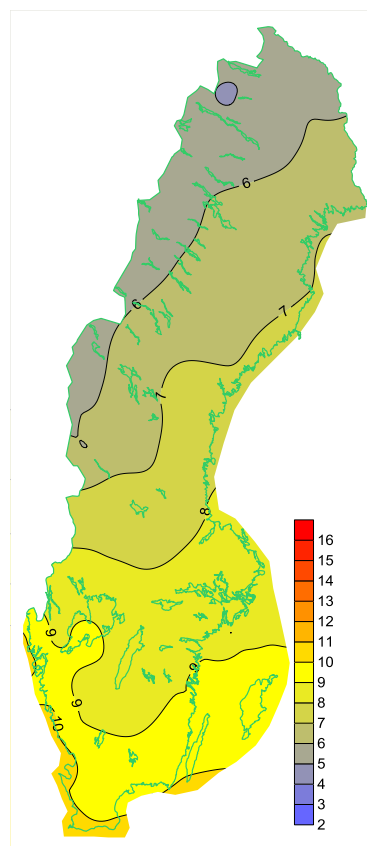
Figur 31. Våt temperatur [°C], medelvärden 1996-2012.



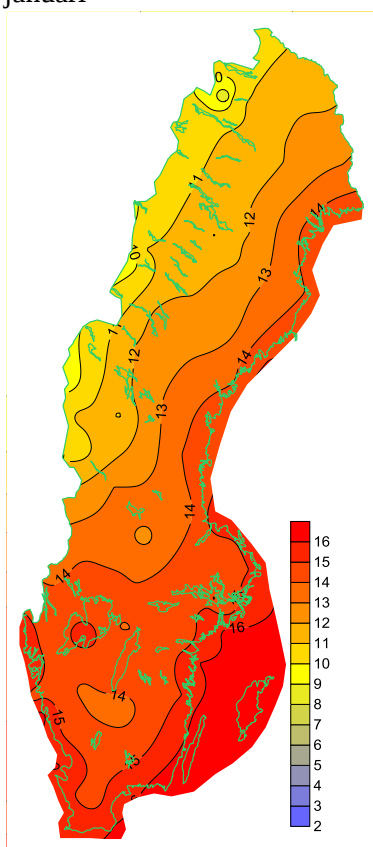
januari



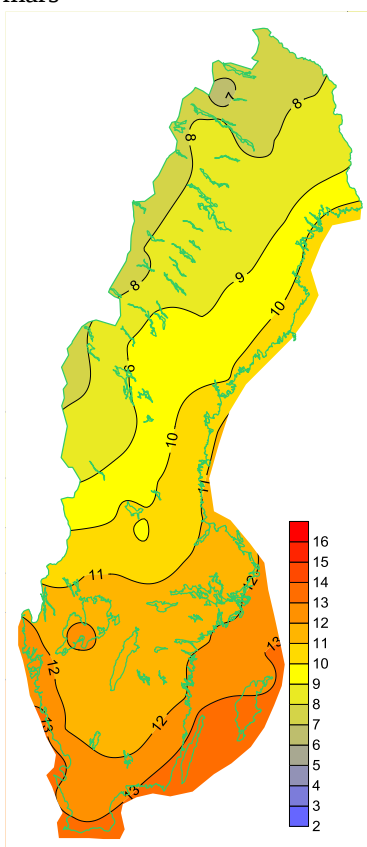
mars



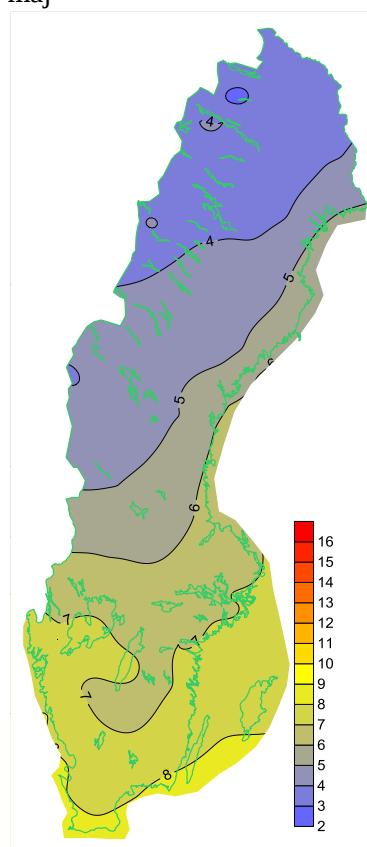
maj



juli

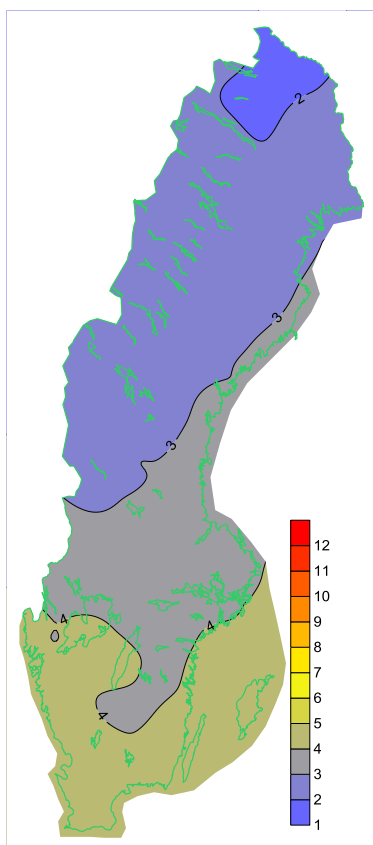


september

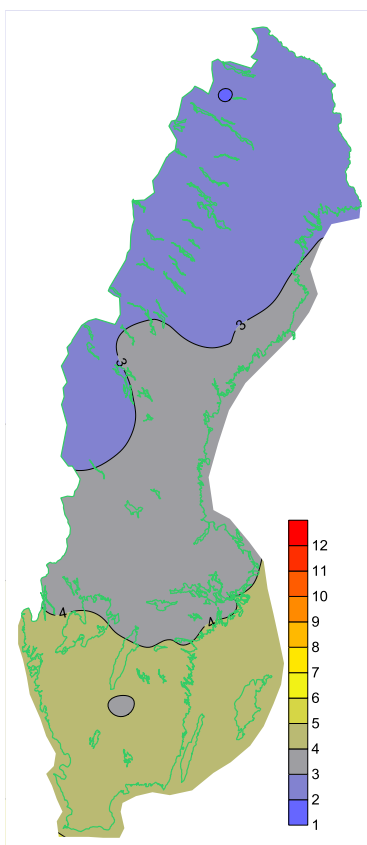


november

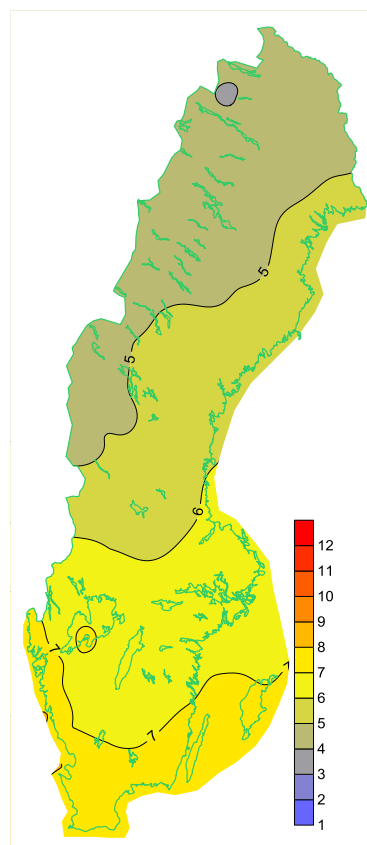
Figur 32. Ångtryck [hPa], medelvärden 1996-2012.



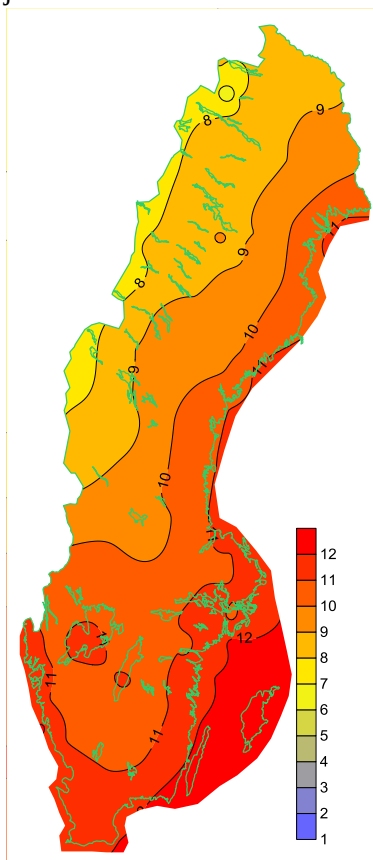
januari



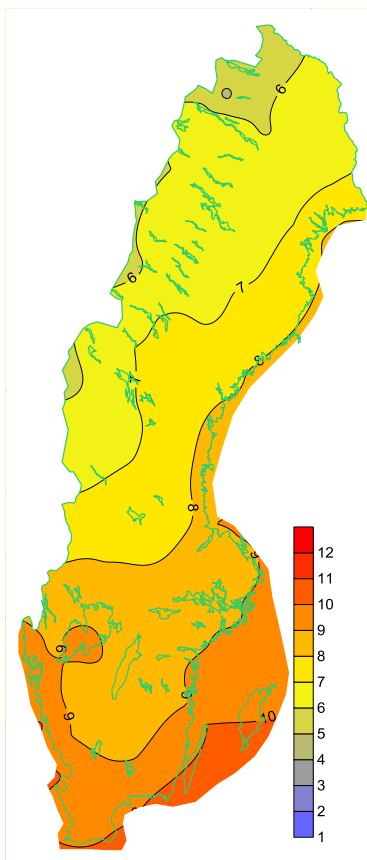
mars



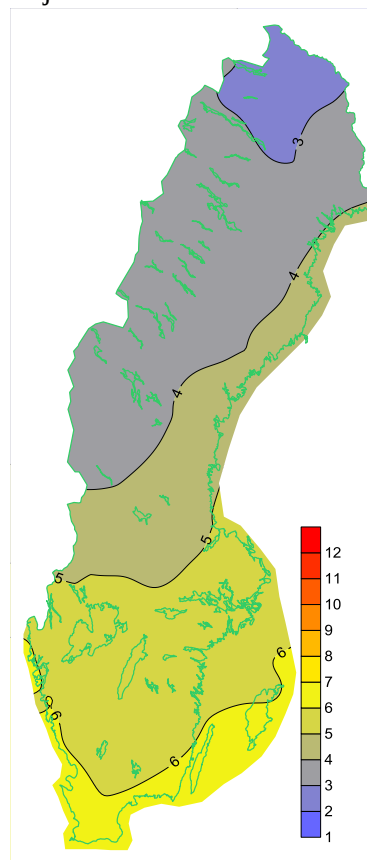
maj



juli

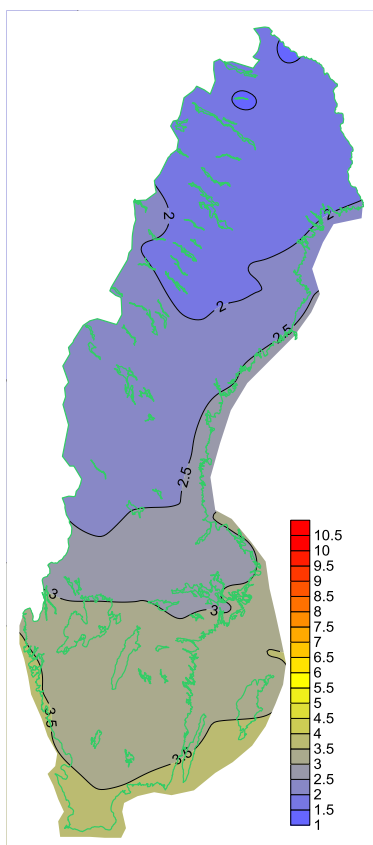


september

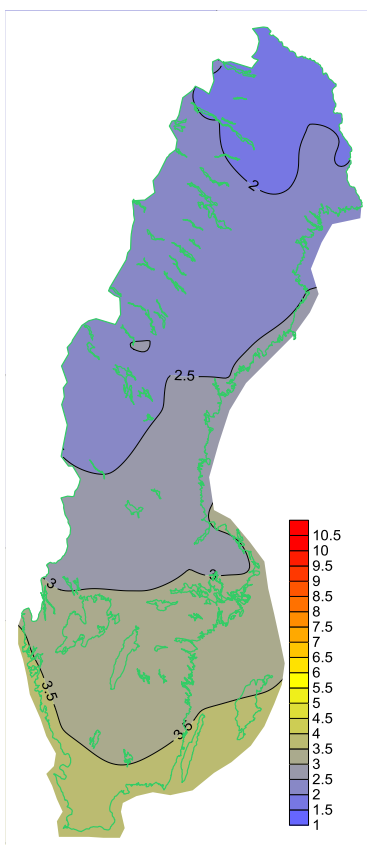


november

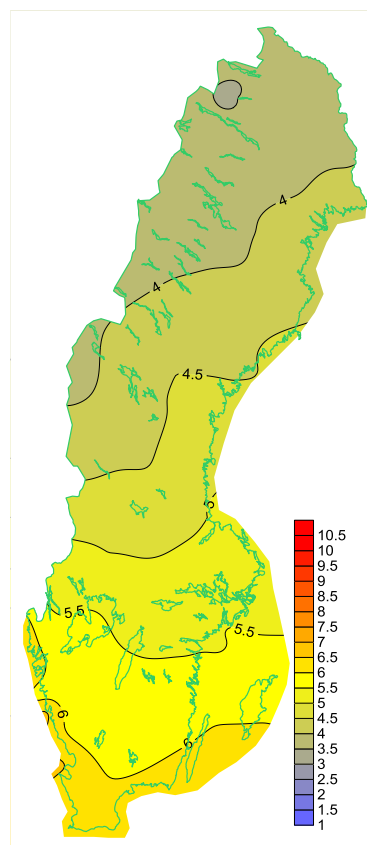
Figur 33. Absolut fuktighet [g vatten/m³], medelvärden 1996-2012.



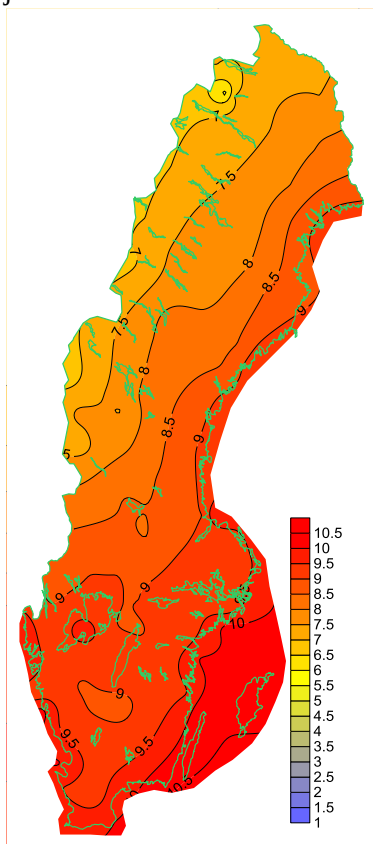
januari



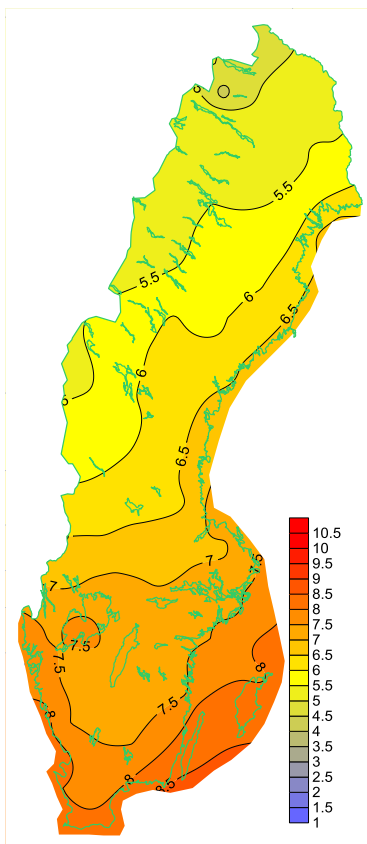
mars



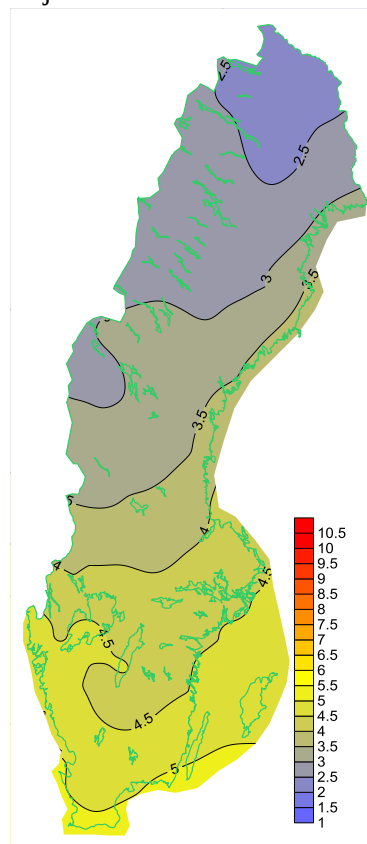
maj



juli

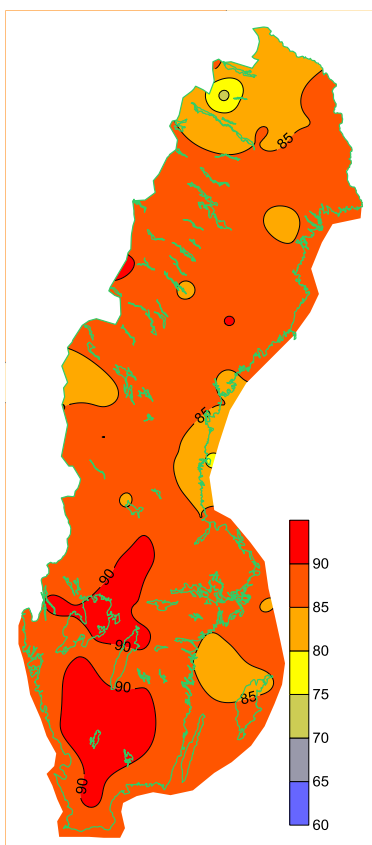


september

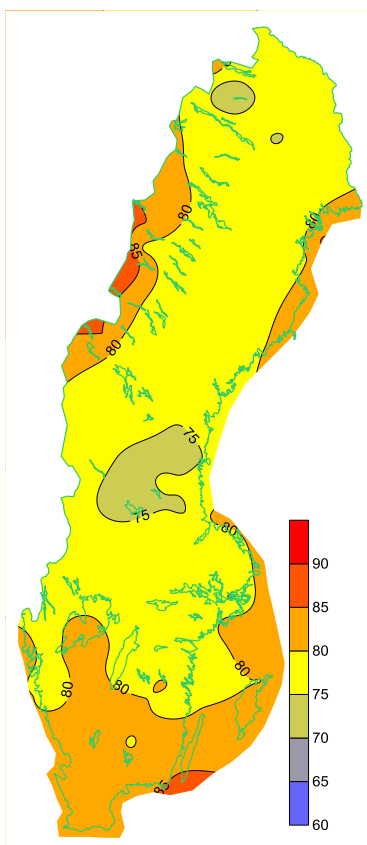


november

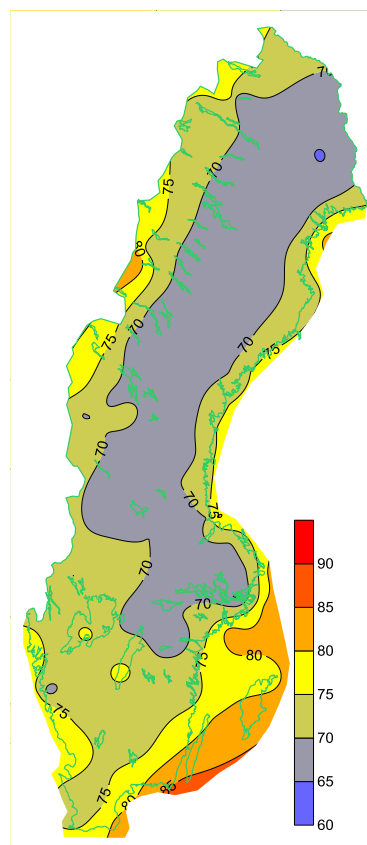
Figur 34. Blandningsförhållande [g vatten/kg torr luft], medelvärden 1996-2012.



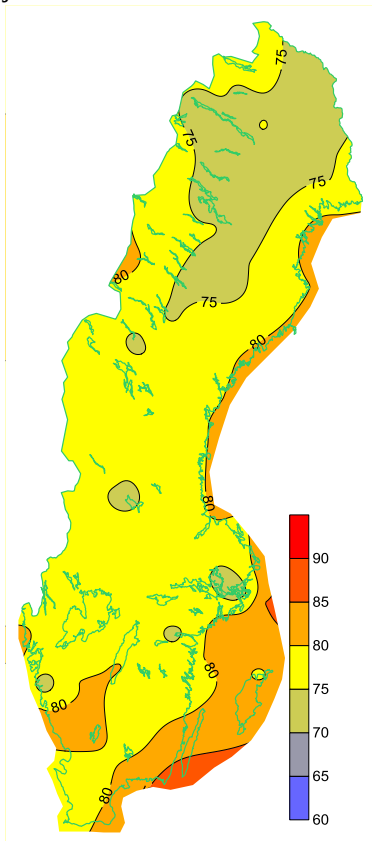
januari



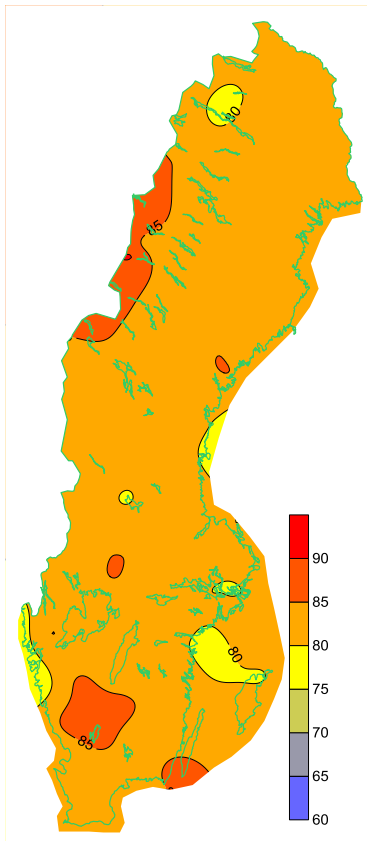
mars



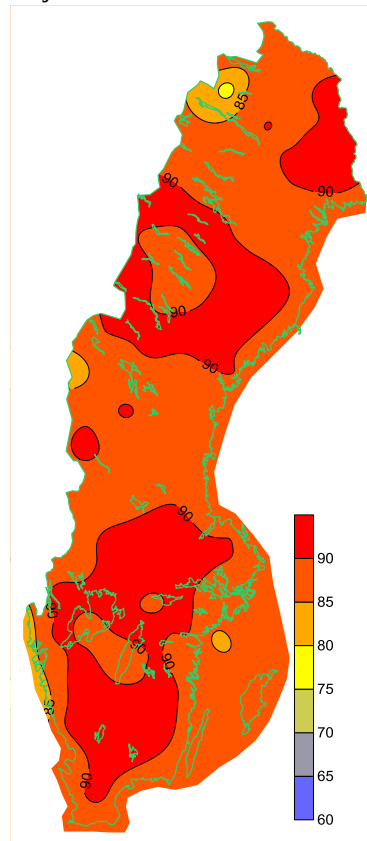
maj



juli

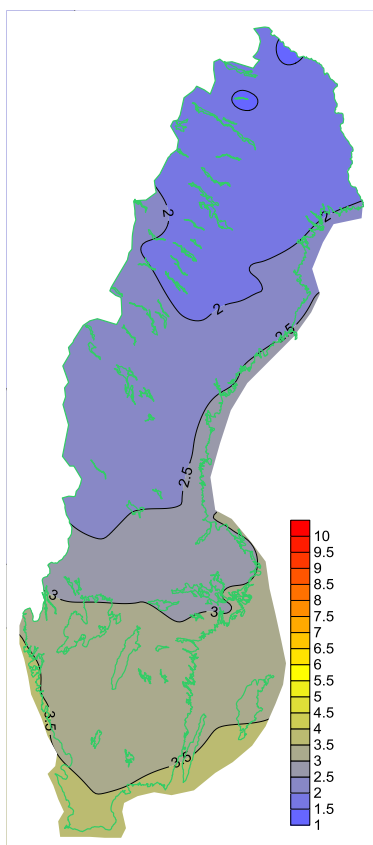


september

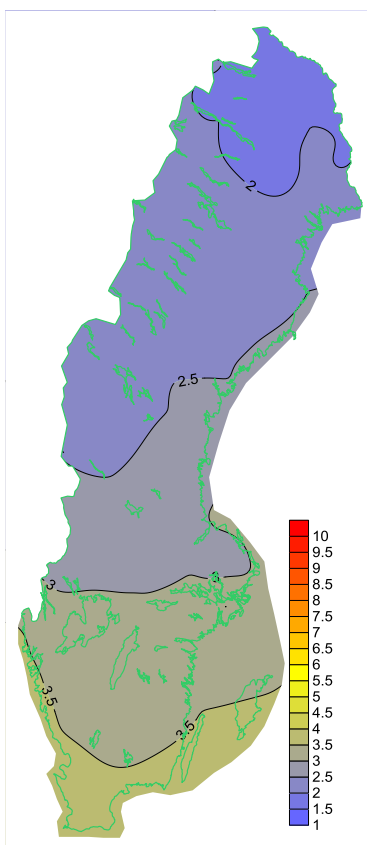


november

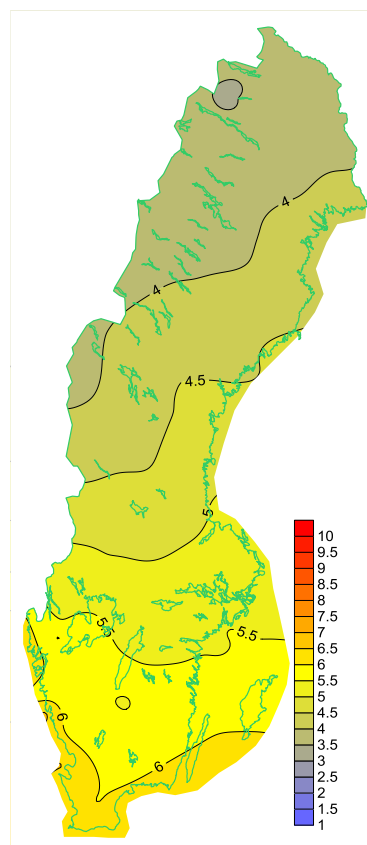
Figur 35. Relativ fuktighet [%], medelvärden 1996-2012.



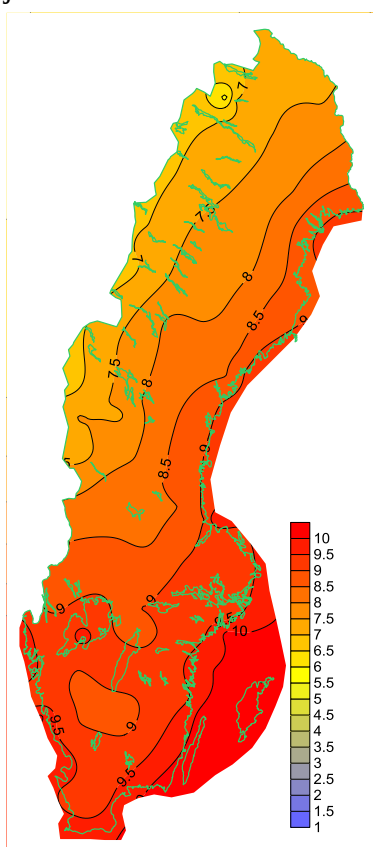
januari



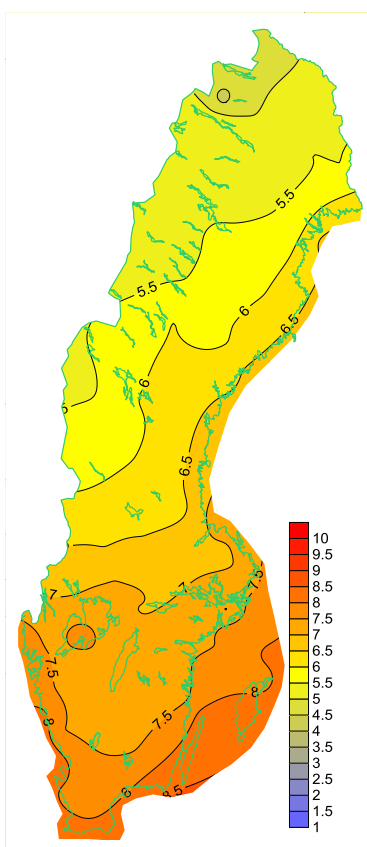
mars



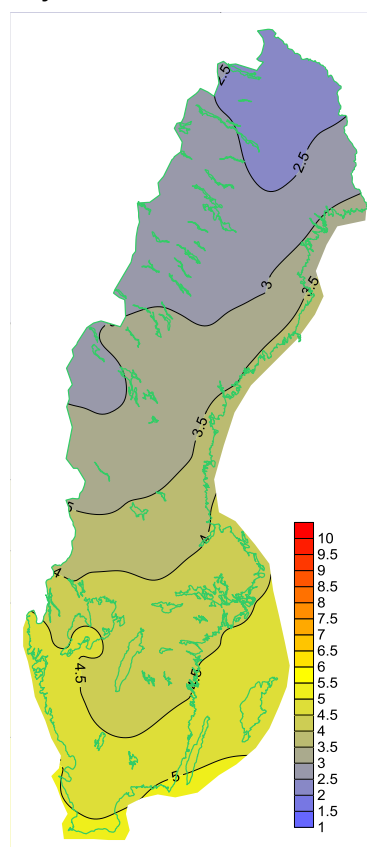
maj



juli

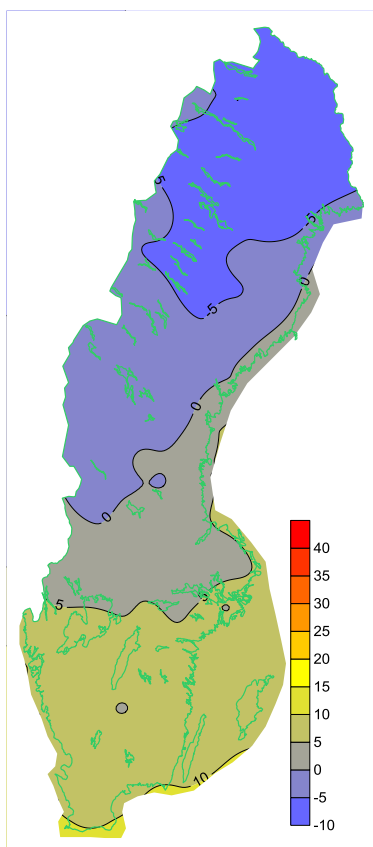


september

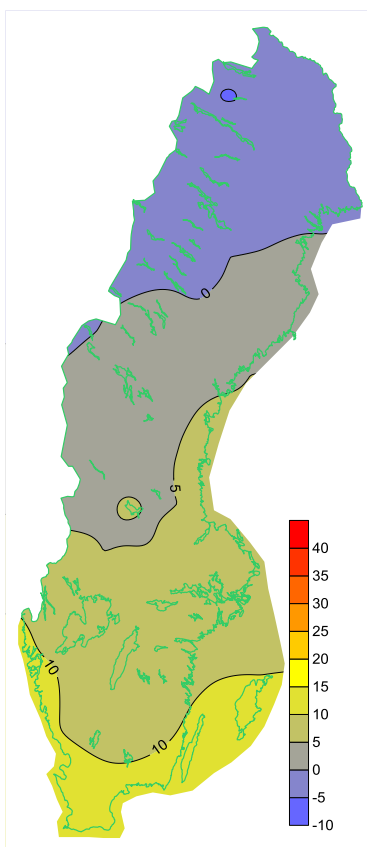


november

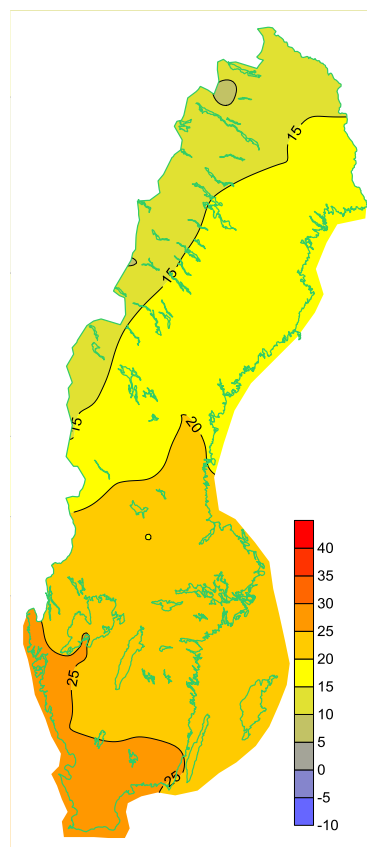
Figur 36. Specifik fuktighet [g vatten/kg fuktig luft], medelvärden 1996-2012.



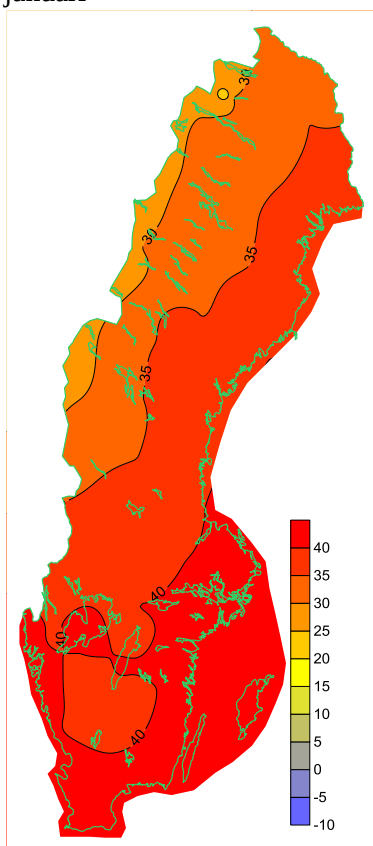
januari



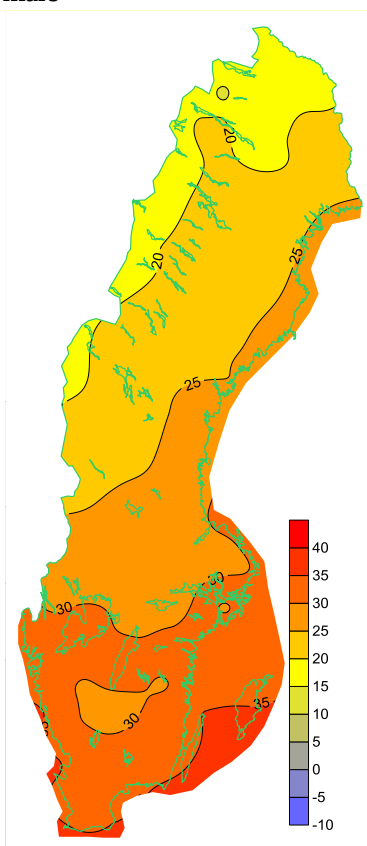
mars



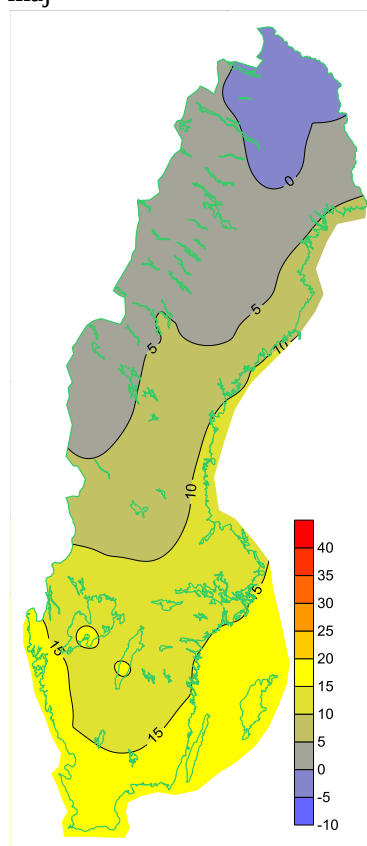
maj



juli

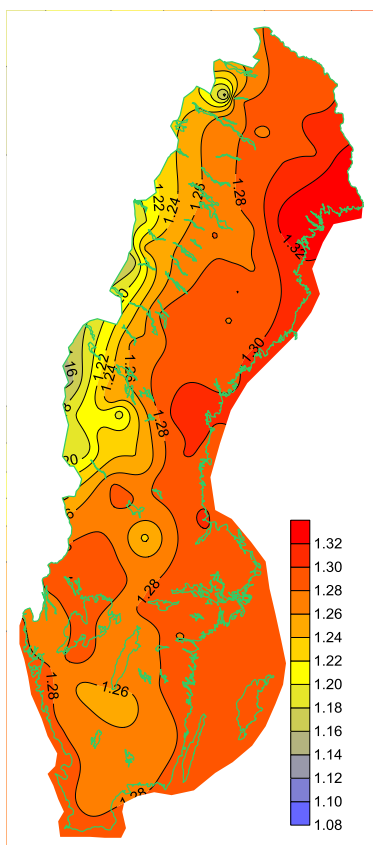


september

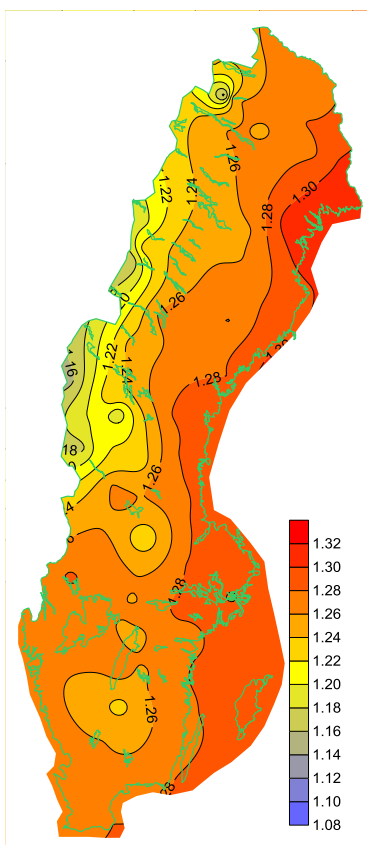


november

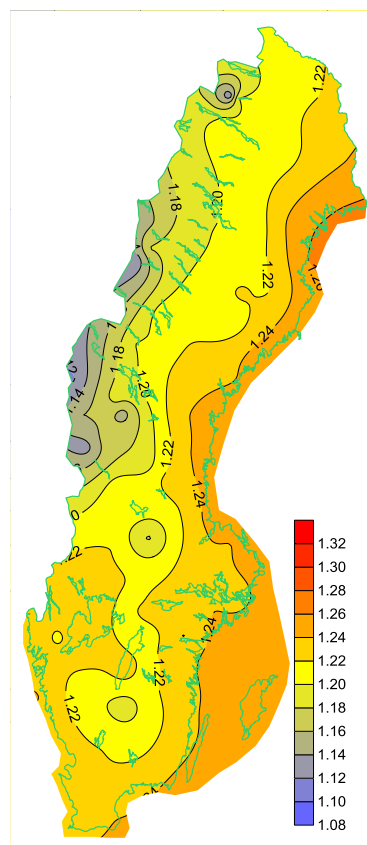
Figur 37. Entalpi [kJ/kg torr luft], medelvärden 1996-2012.



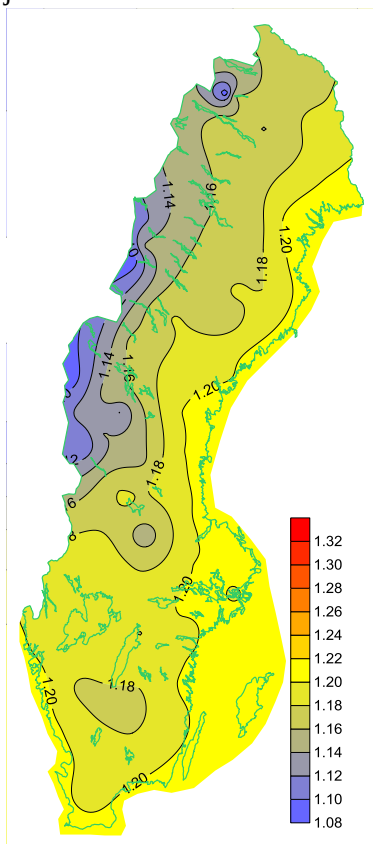
januari



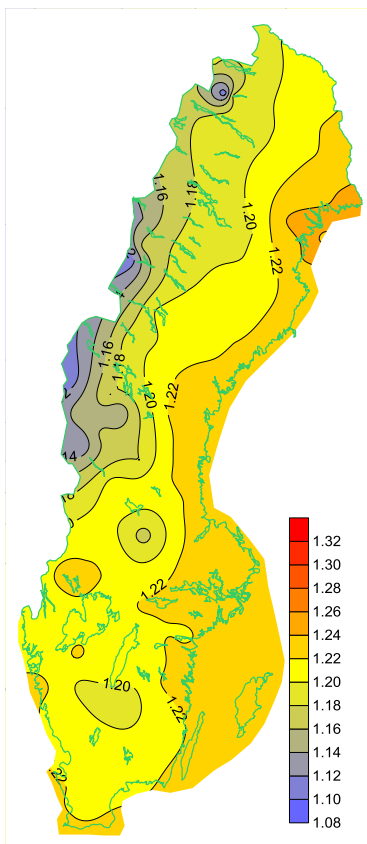
mars



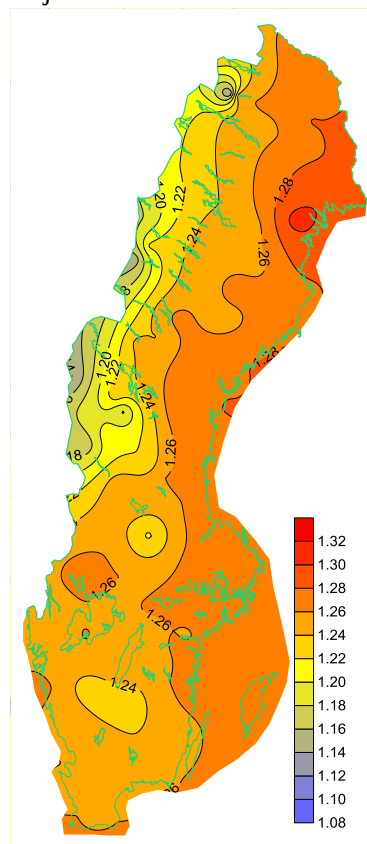
maj



juli

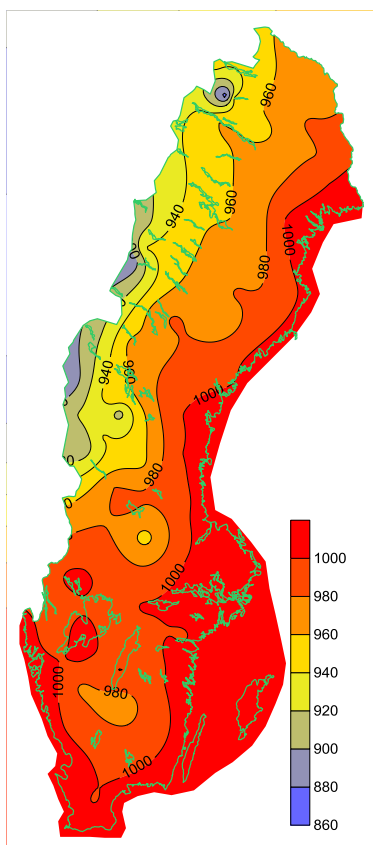


september

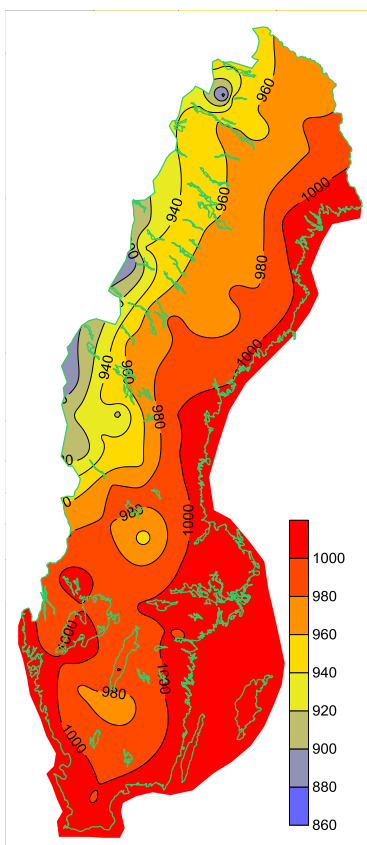


november

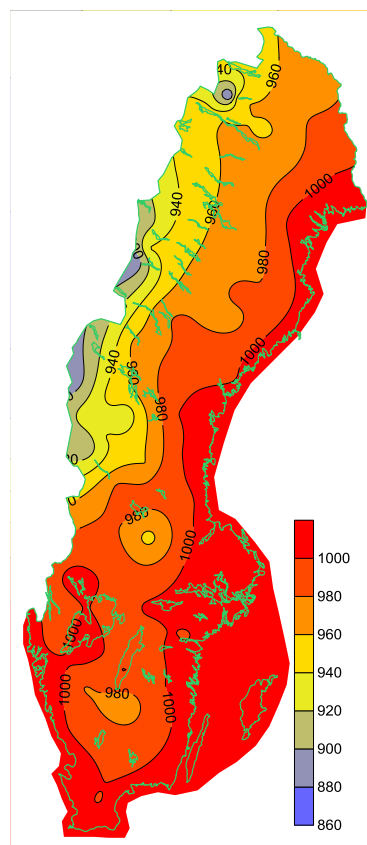
Figur 38. Luftens densitet [kg/m^3], medelvärden 1996-2012.



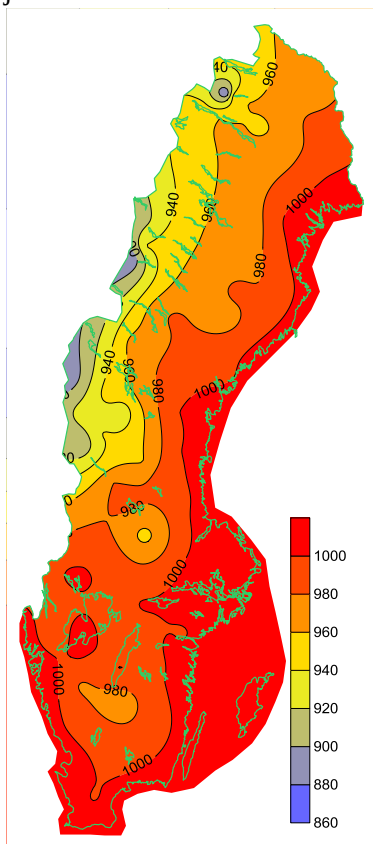
januari



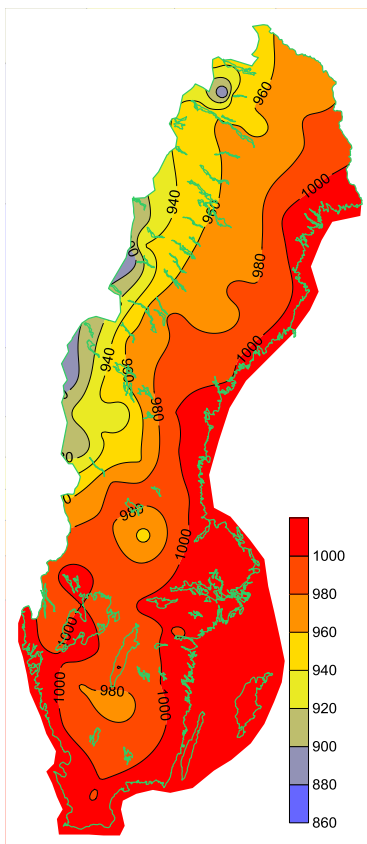
mars



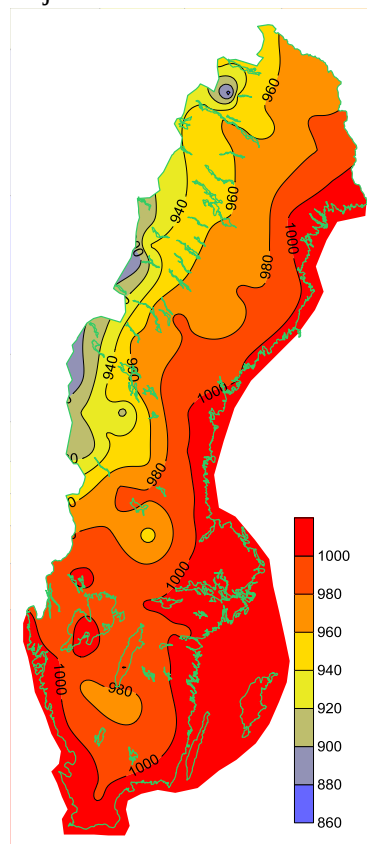
maj



juli

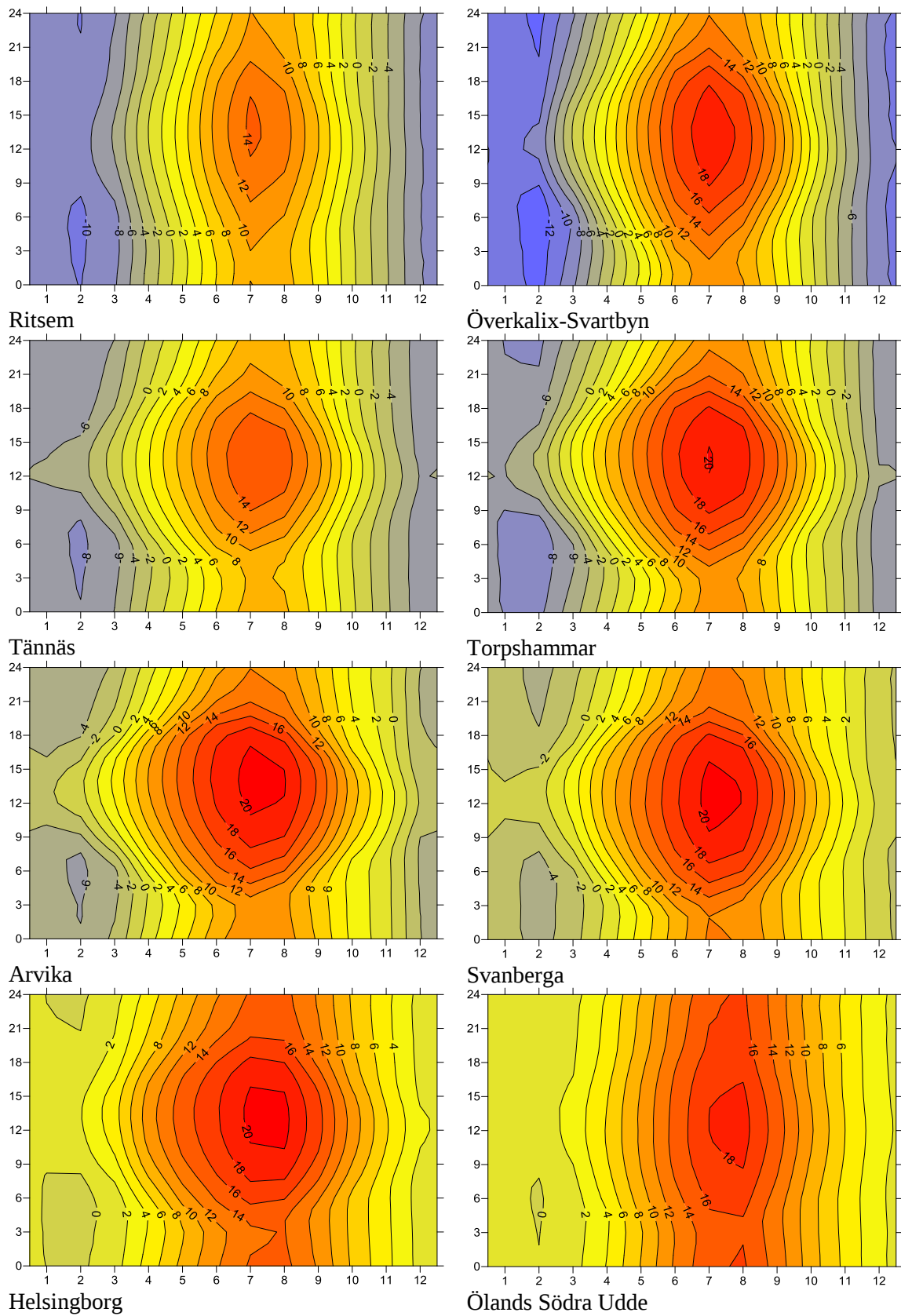


september

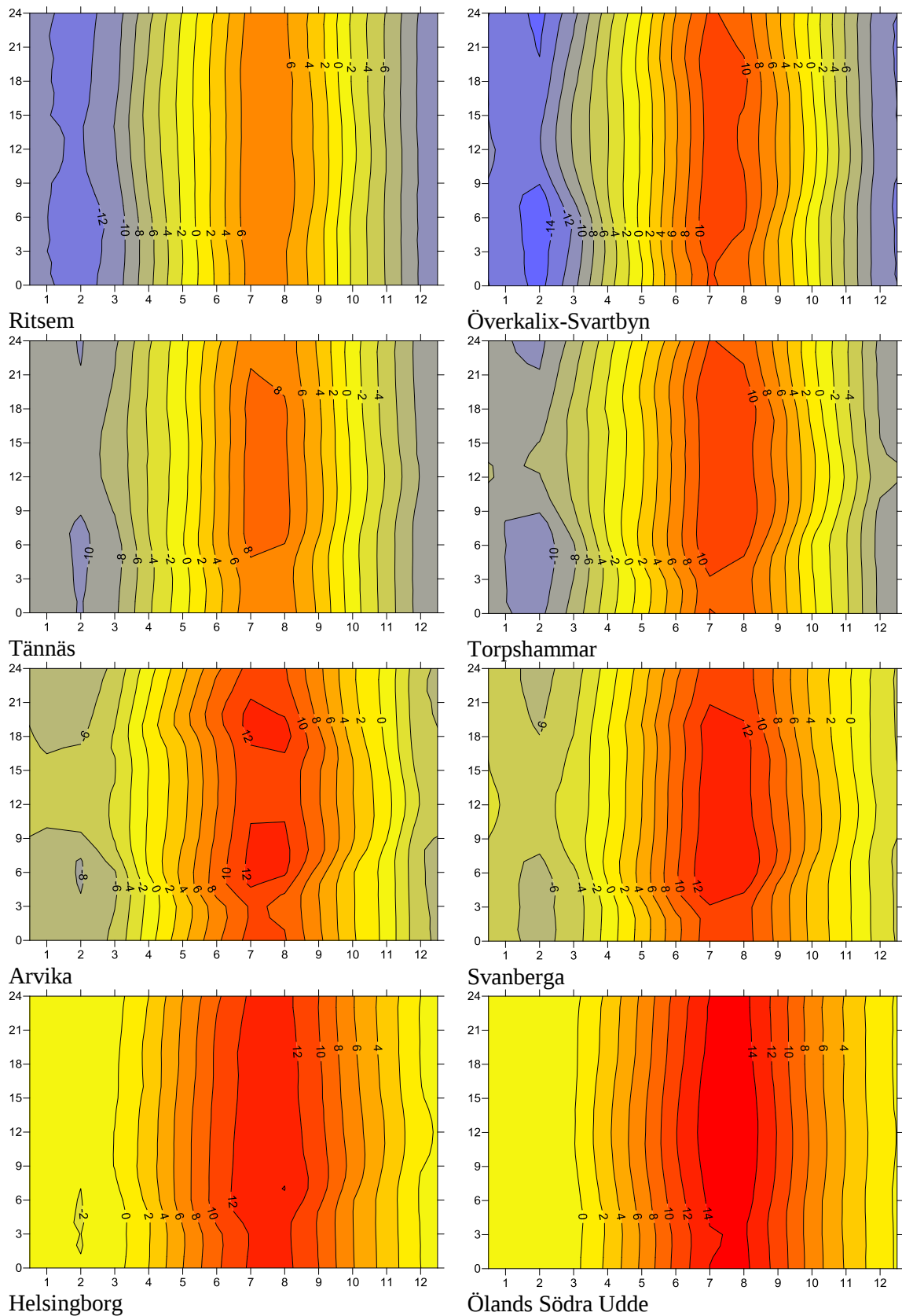


november

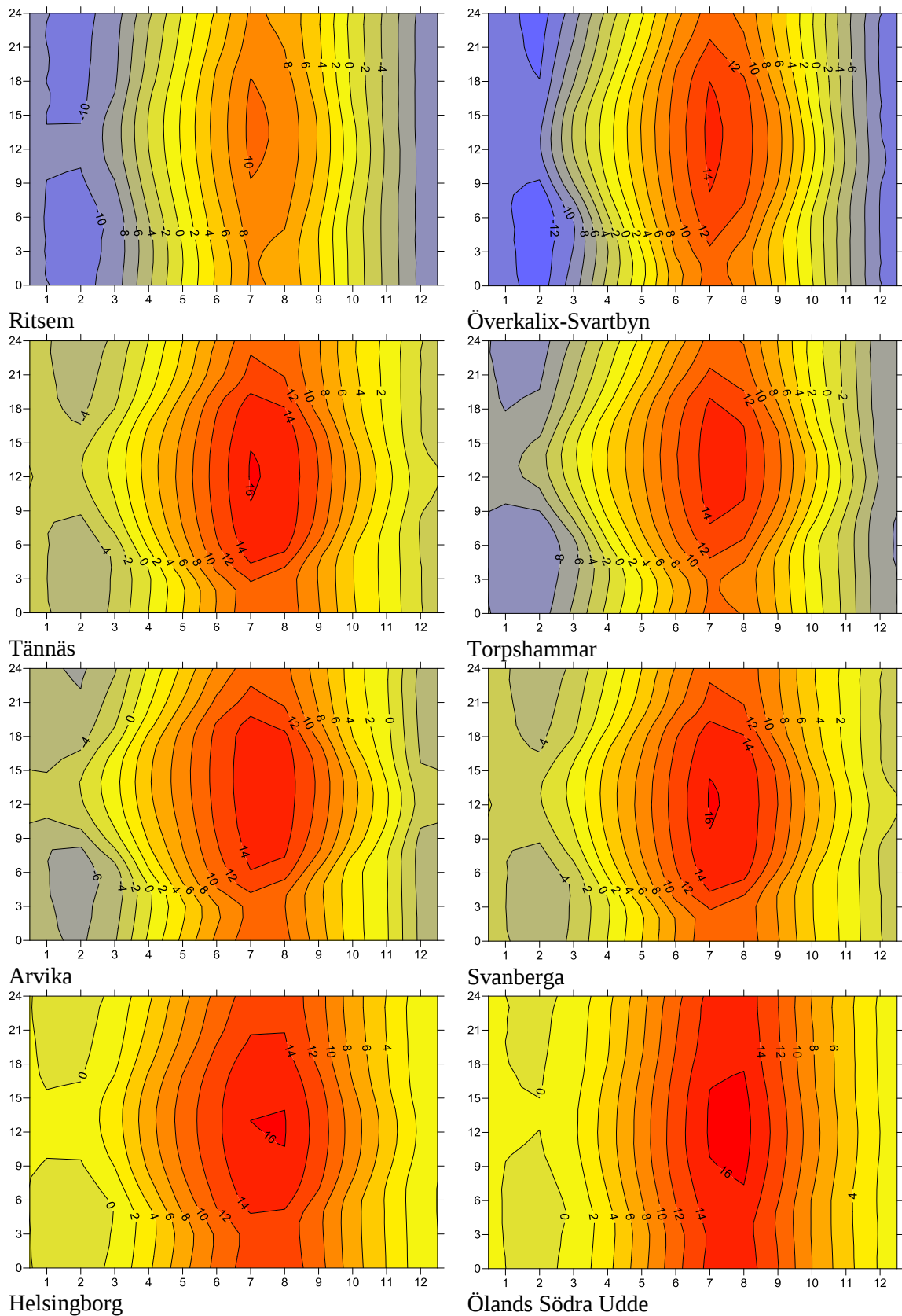
Figur 39. Lufttryck på stationens nivå [hPa], medelvärden 1996-2012.



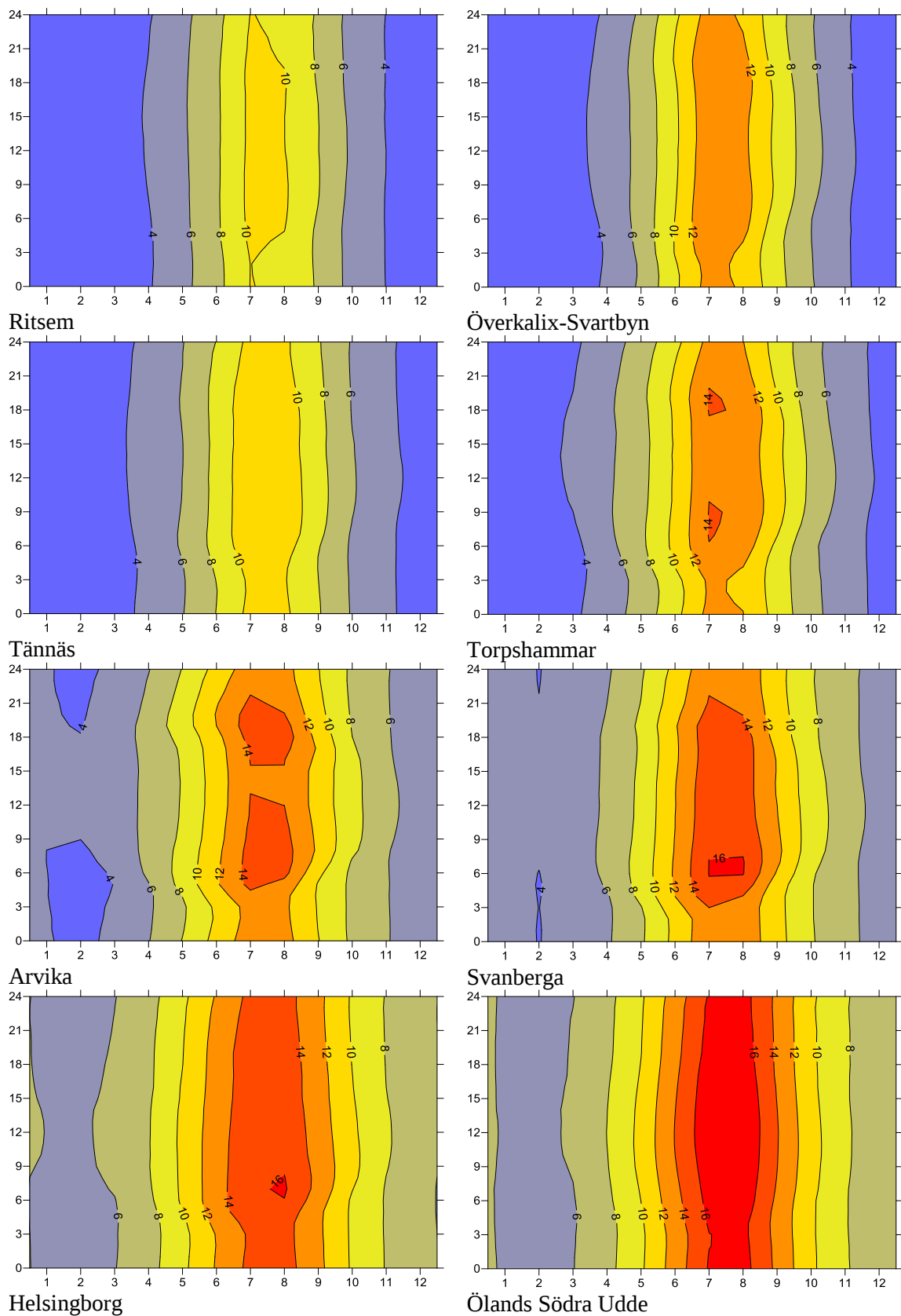
Figur 40. Temperatur [$^{\circ}\text{C}$], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel, UTC-tid). Medelvärden 1996-2012.



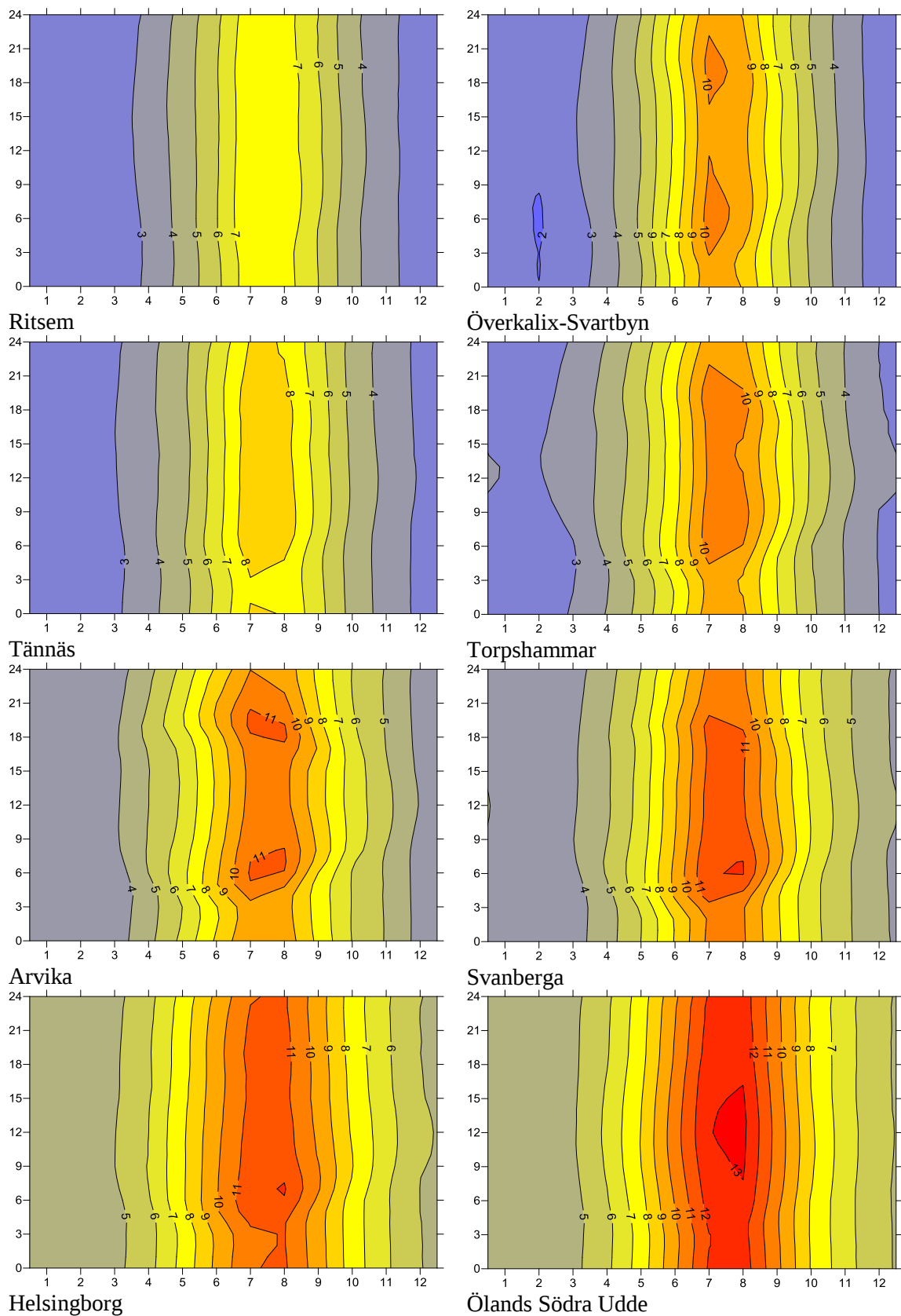
Figur 41. Daggpunkt [$^{\circ}\text{C}$], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



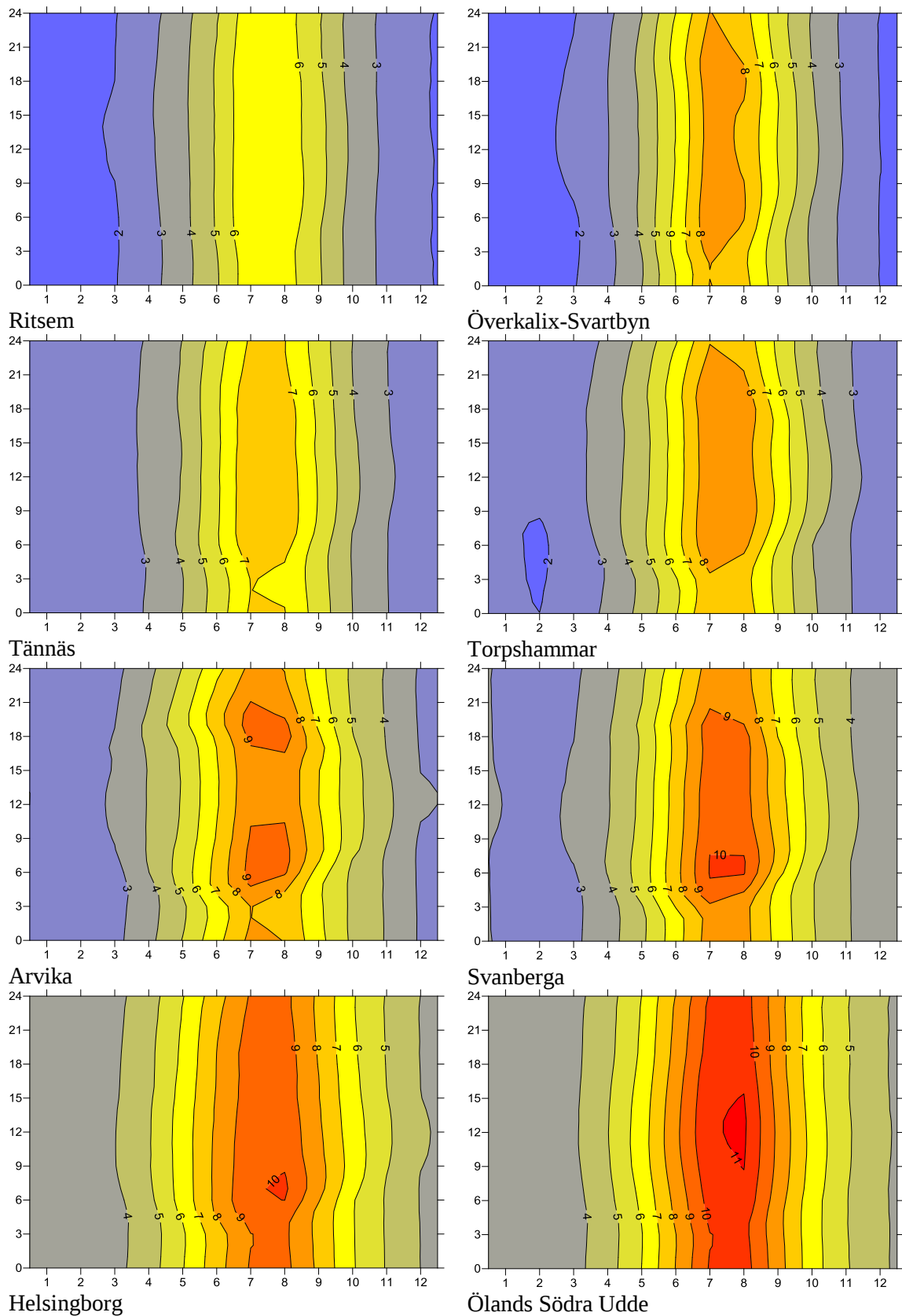
Figur 42. Våt temperatur [$^{\circ}\text{C}$], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



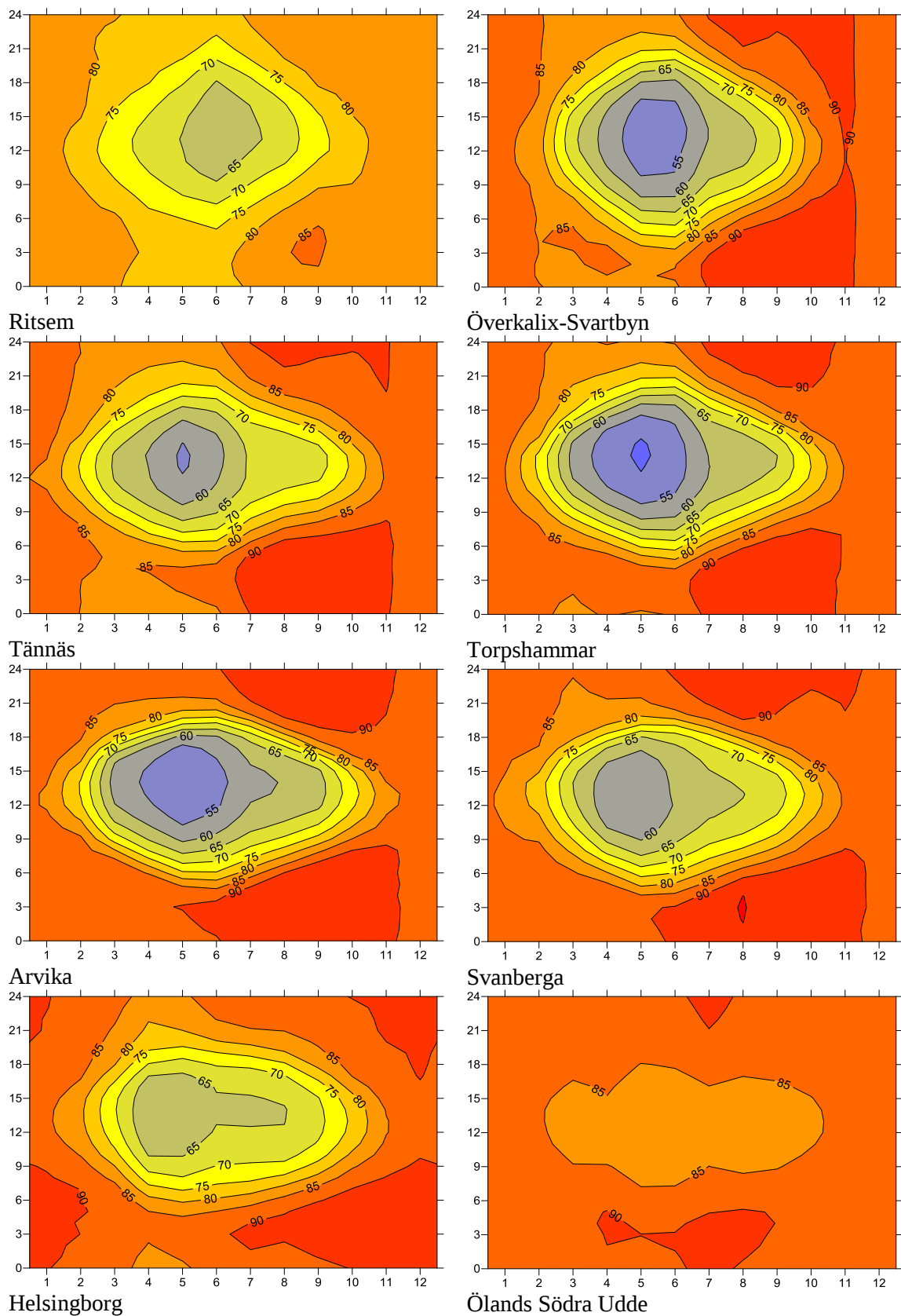
Figur 43. Ångtryck [hPa], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



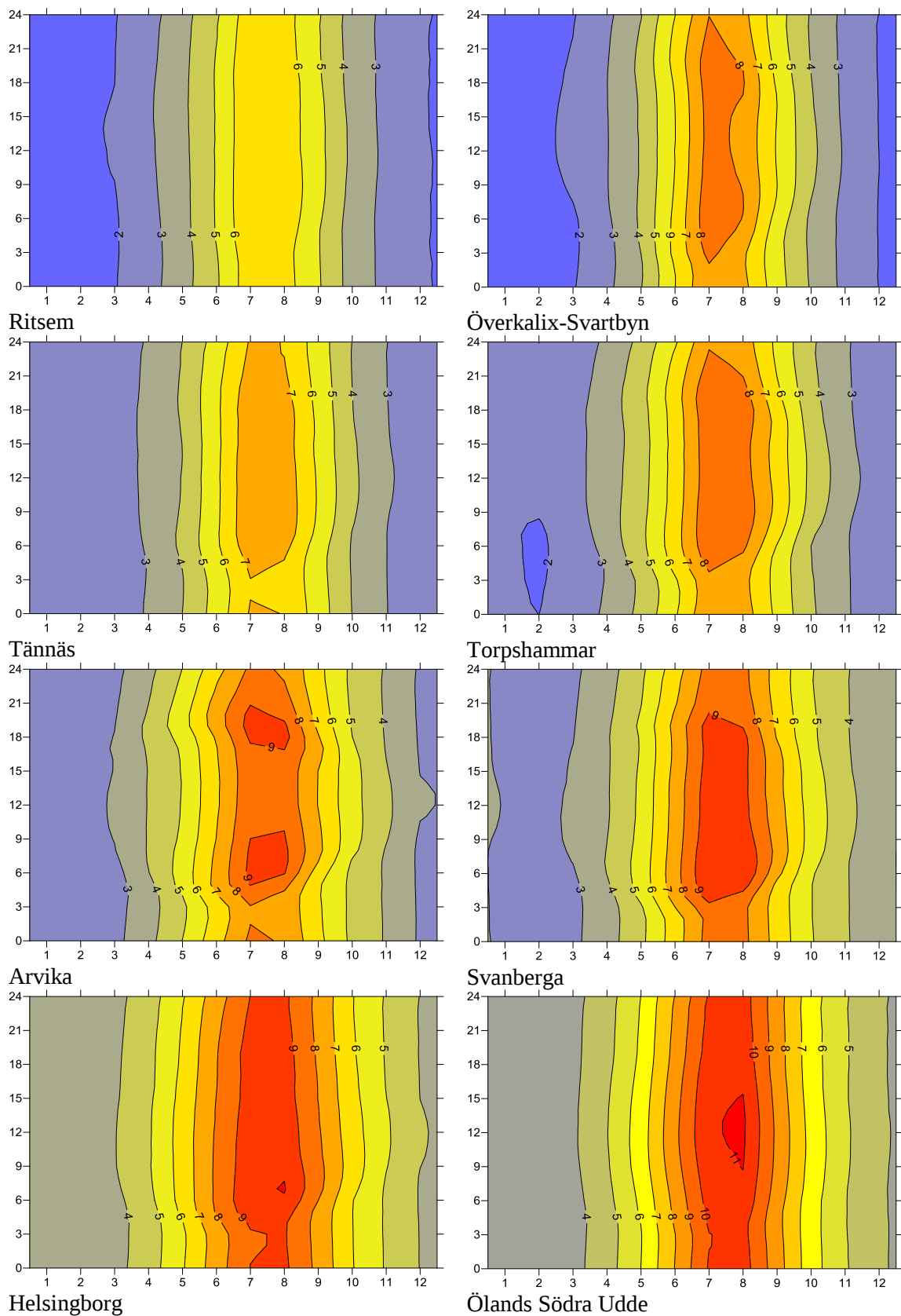
Figur 44. Absolut fuktighet [$g\text{ vatten}/m^3$], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



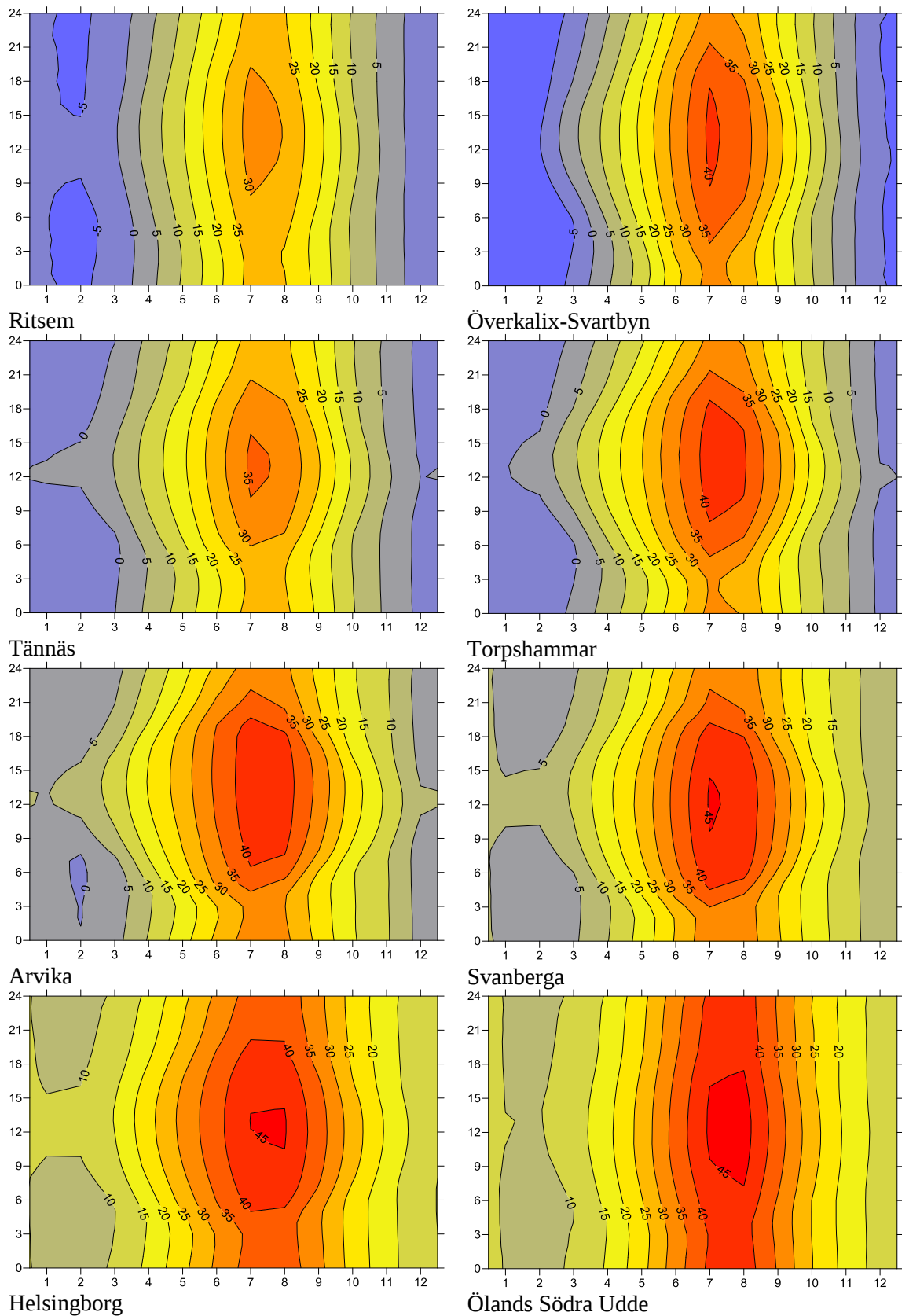
Figur 45. Blandningsförhållande [g vatten/kg torr luft], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



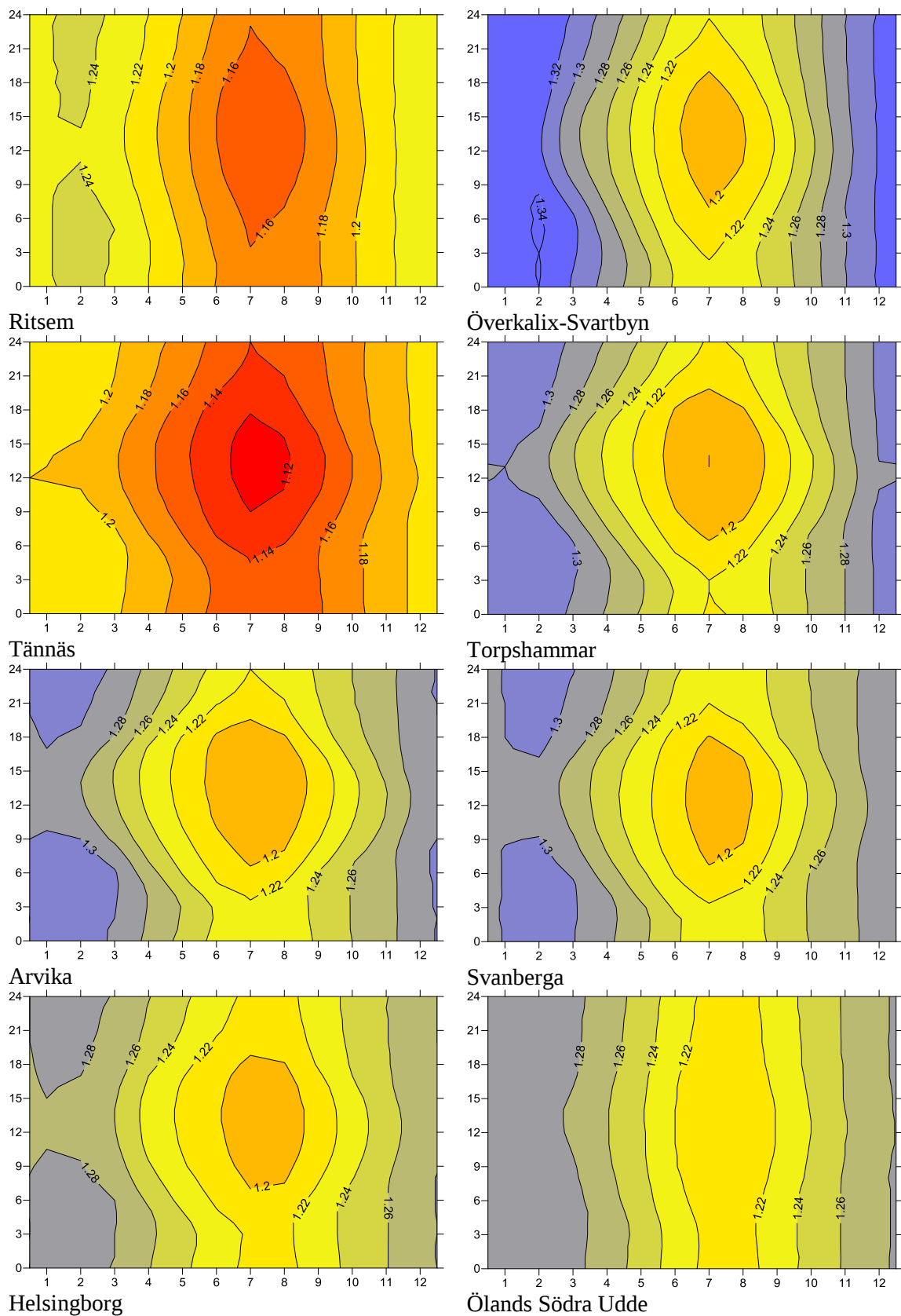
Figur 46. Relativ fuktighet [%], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



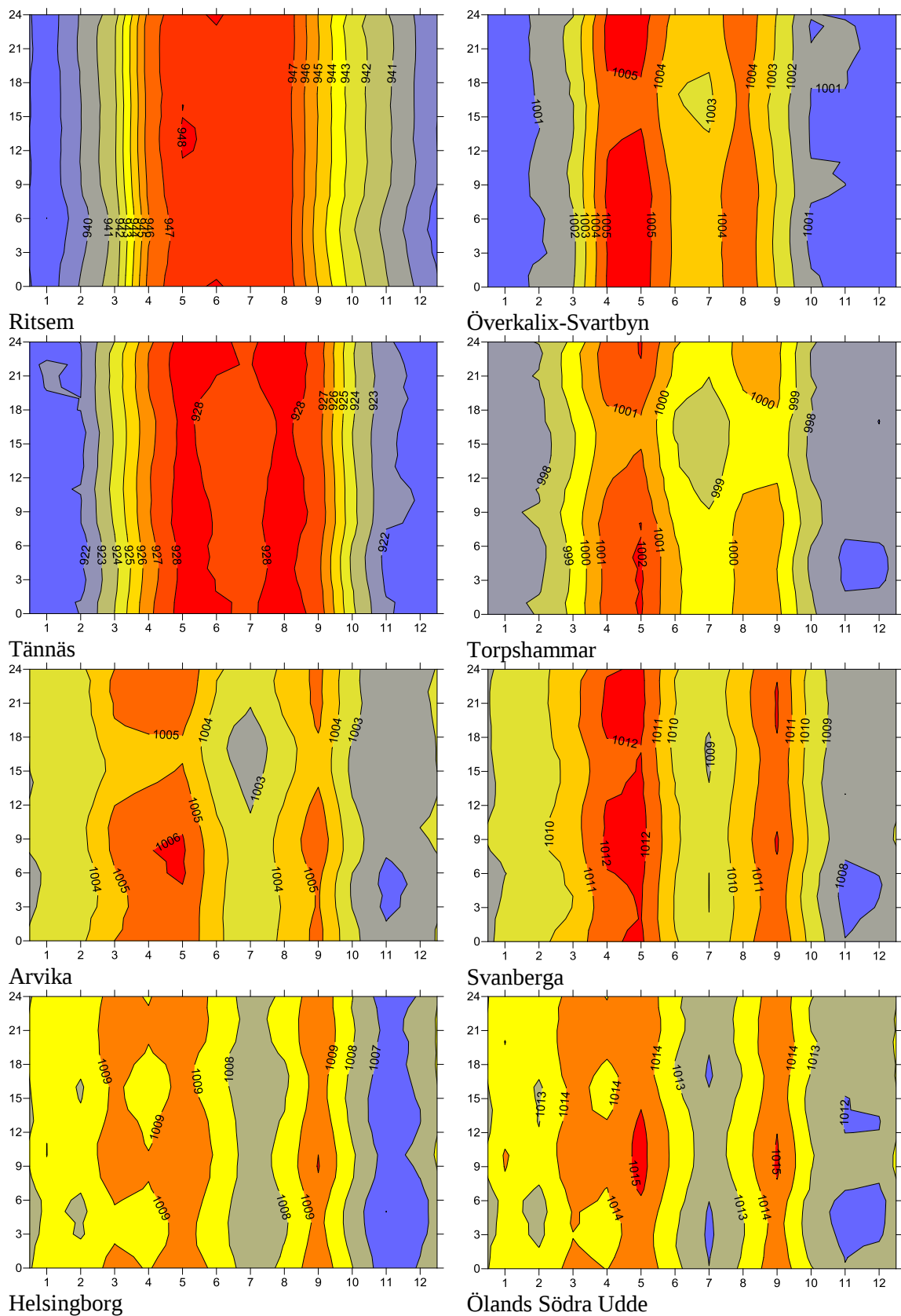
Figur 47. Specifik fuktighet [g vatten/kg fuktig luft], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



Figur 48. Entalpi [kJ/kg torr luft], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



Figur 49. Luftens densitet [kg/m^3], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.



Figur 50. Lufttryck på stationens nivå [hPa], variation under månad (x-axel) och under dygn (y-axel), medelvärden 1996-2012.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras 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.	10	Axelsson, G., Eklind, R. (1985) Ovädret på Östersjön 23 juli 1985.
2 Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S. (1985) Helsingborgsluft.	11	Laurin, S., Bringfelt, B. (1985) Spridningsmodell för kväveoxider i gatumiljö.
3 Persson, Ch., Wern, L. (1985) Spridnings- och depositionsberäkningar för av fallsförbränningsanläggningar i Sofielund och Högdalen.	12	Persson, Ch., Wern, L. (1985) Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Sofielund.
4 Kindell, S. (1985) Spridningsberäkningar för SUPRAs anläggningar i Köping.	13	Persson, Ch., Wern, L. (1985) Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Högdalen.
5 Andersson, C., Kvick, T. (1985) Vindmätningar på tre platser på Gotland. Utvärdering nr 1.	14	Vedin, H., Andersson, C. (1985) Extrema köldperioder i Stockholm.
6 Kindell, S. (1985) Spridningsberäkningar för Ericsson, Ingelstafabriken.	15	Krieg, R., Omstedt, G. (1985) Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla.
7 Fredriksson, U. (1985) Spridningsberäkningar för olika plymlyft vid avfallsvärmeverket Sävenäs.	16	Kindell, S. Wern, L. (1985) Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn (koncentrations- och luktberäkningar).
8 Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985) NO _x - och NO ₂ -beräkningar vid Vasaterminalen i Stockholm.	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 fabrikena.
 - 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 - kvartalsrapport 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 - kvartalsrapport 2/1986.
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H. (MISU), De Geer, L.-E. (FOA) (1986)
Tjernobylylyckan - 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 - Luleåverken.
- 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 Västhamnsverket 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 Plåtteknik, Ronneby.
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperaturobservationer.
- 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 Ätå-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 råhetsmoment. 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 råhetsmoment. En koefficientbestämning.
- 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 forecasts.

- 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 korrektion 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 vårfloödesprognoser.
- 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 nederbördsklimatet 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 nederbördschemiska 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., Bärning, L., Kjellström, E. (2007)
Beräknade temperaturförhållanden för tre platser i Sverige – perioderna 1961-1990 och 2011-2040
- 125 Engart, 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 exponeringsminskningsmål 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 dubbdäcksscenarier
- 135 Omstedt, G., Andersson, S., Johansson, Ch., Löfgren, B-E (2008)
Luftkvalitet och småskalig biobränsleeldning. 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., Bärning, 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 PM_{2.5} i svenska trafikmiljöer för framtidsscenarier 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 spridningsmodell 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 (2013)
A dynamic model for shipping emissions - Adaptation of Airviro and application in the Baltic Sea. (Ej publicerad)



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

ISSN 0283-7730