



Norwegian
Meteorological Institute
met.no

met.no report

no. 2/2013
Meteorologi

Langtidsprognoser av nedbør og andre værparametre for kraftverksformål

Thor Erik Nordeng



Title Langtidsprognoser av nedbør og andre værparametre for kraftverksformål	Date 1. februar 2013
Section	Report no. 2/2013
Author(s) Thor Erik Nordeng	Classification <input checked="" type="radio"/> Free <input type="radio"/> Restricted
	ISSN 1503-8025
	e-ISSN
Client(s) Statkraft	Client's reference MIST-6
Abstract	
Keywords Sesongvarsling	

Disiplinary signature	Responsible signature
_____	_____

Metodikk

Det eksisterer i prinsippet to metoder til å forutsi/varsle været fram i tid; statistiske metoder og fysisk/dynamiske metoder.

De sistnevnte består i å regne ut hvordan været vil endre seg fram i tid ved å løse de fysiske lovene for jordsystemet; atmosfære, hav, jordoverflate. Ved å beregne værutviklingen i flere likeverdige kjøringer, kan man få estimat av sannsynligheten for at en hendelse skal inntreffe. Dynamiske metoder leveres fra flere sentre, f.eks. ECMWF og NCEP.

Statistiske metoder baserer seg på kjente (historiske) sammenhenger mellom observerte værparametre og værutviklingen og så anvende dette framover i tid. Den ene metoden utelukker imidlertid ikke den andre. Hvis man har større tiltro til enkelte aspekter ved værutviklingen i en dynamisk metode enn andre, for eksempel det storstilte strømningsmønsteret, kan dette brukes som utgangspunkt for et statistisk estimat av andre værparametre, for eksempel nedbør. Oldenburgh et al. (2005) sammenlignet de dynamiske sesongvarslene fra ECMWF med statistiske modeller. For El Niño–Southern Oscillation (ENSO) fant de at den relative kvaliteten avhenger av sesongen. De dynamiske modellene er bedre i å varsle starten av El Niño eller La Niña mens de statistiske modellene er likeverdige mht å beskrive utviklingen når en situasjon først har inntruffet.

Det er verdt å være klar over at detaljerte varsler, varsler for et bestemt tidspunkt på et bestemt sted, ikke er mulig for prognoser utover et par uker. På grunn av ligningenes ikke-lineære karakter vil små feil eller usikkerheter i utgangstilstanden amplifiseres og vekselvirke slik at prognosene etter en viss tid ikke vil gjenspeile virkeligheten (se for eksempel Lorenz, 1969, som skriver: *"It is found that each scale of motion possesses an intrinsic finite range of predictability,, "cumulus-scale" motions can be predicted about one hour, "synoptic-scale" motions a few days, and the largest scales a few weeks in advance"*). Man betegner derfor jord/atmosfæresystemet som kaotisk. Det er imidlertid verdt å påpeke at selv om de detaljerte varslene (dag for dag) ikke er mulig for lange prognoser, kan den statistiske fordelingen av været forutsis lengre fram i tid fordi det er pådrag i atmosfære/jord-systemet som leder atmosfærens tilstand inn i bestemte tilstander. Dette kan man imidlertid håndtere ved å utføre et stort antall separate simuleringer (et ensemblevarsel). De vil alle gi forskjellige svar når det gjelder detaljene i været, men sett i sammenheng med de andre enkeltelementene i ensemblet vil de vil kunne si noe om spennet av mulige utfall, og sannsynligheten for forekomst av ulike værforhold. Hvis de numeriske modellene var svært realistiske, og om svært store ensembler av slike beregninger kunne utføres, ville "klimaet", dvs. sannsynlig distribusjon av været som kan forventes i de kommende månedene, være nøyaktig beskrevet.

Evaluering

I og med at ensemblevarslene ikke er deterministiske i vanlig forstand, er det ikke riktig å bruke vanlige deterministiske mål for kvaliteten av varslene. Man kan strengt tatt ikke sammenligne et spesifikt sesongvarsel med det observerte været den aktuelle sesongen. Følgende enkle eksempel viser dette: Hvis det varsles at det er 80% sannsynlighet for at det skal bli varmere enn normalt, mens det i virkeligheten ble kaldere, er dette nødvendigvis ikke noe feilvarsel i og med at det var en betydelig sannsynlighet (20%) for at det kunne bli kaldere! En mer korrekt evaluering vil være å sammenligne om fordelingen av varsler over et langt tidsrom er i samsvar med den observerte fordelingen for det samme tidsrommet. Når det gjelder sesongvarslene vil dette i praksis bety flere år. Imidlertid, når sant skal sies, er det

vanlig å sammenligne deterministisk. Man tar for eksempel ensemblemiddelet som et best mulig estimat av varslet og sammenligner dette med hva som ble observert. Man skal imidlertid være klar over begrensningene i denne evalueringen.

Potensial

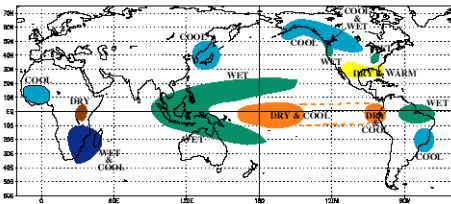
For at lange varsler skal ha noen hensikt må det eksistere en form for ”hukommelse” i naturen slik at en observert tilstand gir opphav til et bestemt værmønster.

Observasjonene viser at det eksisterer en viss sammenheng mellom været et øyeblikk og hvordan det vil utvikle seg senere. Førland & Nordli (1993) så på autokorrelasjonen i temperatur og nedbørserier for norske klimastasjoner. De fant en signifikant grad av persistens på senvinteren og på sommeren for temperatur langs kysten av Sør-Norge og i den sørøstlige delen av landet. Den høyeste persistensen for nedbør ble funnet langs kysten av Vest-Norge på vinteren. Benestad og Støren (2004) så på potensialet for å iverksette sesongvarsler for Norge. Selv om eksisterende metoder ikke viser stor prediktabilitet, ble det anbefalt å sette i gang men å konsentrere seg om temperatur. Temperatur har noe større prediktabilitet enn for eksempel nedbør. Grunnen til dette er at temperatur er knyttet til luftmasser, som har stor geografisk utredelse, mens nedbør er mer knyttet til overgangene mellom luftmassene (frontene). Basert på denne vurderingen leverer met.no sesongvarsler for temperatur for Norge. De offisielle sesongvarslene fra met.no er basert på fysisk/dynamiske beregninger fra ECMWF som er tilpasset og kalibrert for norske formål.

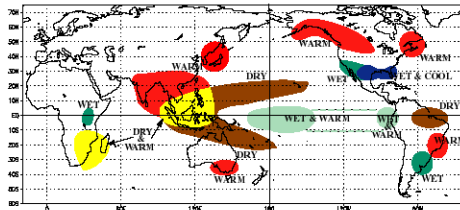
Værutviklingen i Nord-Europa er på mange måter bestemt ut fra av hvilken fase av den Nordatlantiske Oscillasjon (NAO) atmosfæren er inne i. Den Nord-Atlantiske Oscillasjonen er den regionale delen av den Arktiske Oscillasjon (AO). AO er definert som en ekspansjon og sammentrekning av den polare virvelen (e.g. Thompson og Wallace, 1998). Den positive (negative) NAO fasen er assosiert med sterkere (svakere) Islandsavtrykk og sterkere (svakere) Azorhøytrykk. En positiv NAO-fase vil for eksempel gi lavtrykksbaner inn over Nord-Skandinavia fra områdene rundt Island, dvs. en sørvest til nordøst-dominerende retning med mild luft inn over Skandinavia mens en negativ fase gir en mer sonal lavtrykksbane slik at mye av Skandinavia og Nord-Europa vil falle i kaldlufta nord for den dominerende Polarfronten. Det har vært lenge anerkjent at NAO er en foretrukket intern mode for strømningsmønsteret på midlere breddegrader (utenfor tropene). NAO-indeksen er en viktig indikator på hvilken dominerende værtype man har og varsling av NAO-fasen vil derfor være viktig for at lengre varsler (sesongvarsler) skal ha en viss statistisk signifikans.

En av de mest dominerende (og mest kjente) av de tilbakevendende fenomenene er El Nino/La Nina i Stillehavet som har en syklisk periode på 3 til 8 år. I den ene fasen blir den østlige delen av det tropiske Stillehavet svært mye varmere enn normalt (El Nino). Den motsatte fasen kalles La Nina. El Nino har en markert effekt på det globale strømningsmønsteret i atmosfæren og er opphav til en rekke regionale værmønstre (se f.eks. http://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o-Southern_Oscillation).

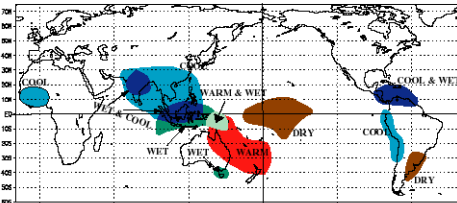
COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



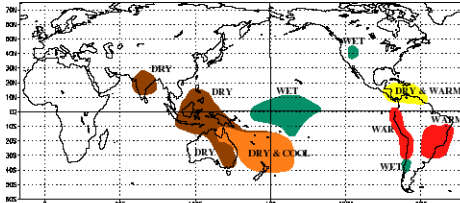
WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Figur 1. Meteorologiske effekter av La Nina (til venstre) og El Nino (til høyre). Hentet fra <http://en.wikipedia.org>.

Tidligere studier tydet på at El Nino generelt har liten eller ingen effekt for væretviklingen i Europa (se for eksempel Benestad og Tveito, 2002). Den senere tiden har det imidlertid blitt lansert en teori om en tredje variant av El Nino/La Nina hvor den sterkeste oppvarmingen finner sted i det sentrale Stillehavet ("date-line El Nino") i stedet for kysten av Sør-Amerika. Ved å se på historiske data (Larkin and Harrison, 2005) viser det seg at en slik situasjon kan føre til en omlegging av lavtrykksbanene i Nord-Atlanteren med en tendens til en mer sonal jetstrøm (negativ NAO-indeks). Man vil da få kalde vintre i Nord-Europa (som vintrene 2009/2010 og 2010/2011).

Det er imidlertid andre storskala fenomener som kan føre til et bestemt værmønster. Saunders et al. (2003) undersøkte sammenhengen mellom variasjonen i snødekke over Eurasia og NAO-variabiliteten. De fant at utbredelsen av snødekt mark over Nord-Amerika og den nordlige delen av Eurasia viste en klar sammenheng med dominerende strømningsmønster (NAO-indeks) for den påfølgende vinteren. Lav NAO-indeks etterfulgte situasjoner med mye snø om våren/sommeren mens vintre med høy NAO-indeks etterfulgte (for-)somre med liten snøutbredelse i de aktuelle områdene.

Ved å se på sammenhengen mellom isutbredelse i Arktis og NAO-indeks finner man generelt at lav indeks korrelerer med mye isutbredelse og vice versa (Vinje, 2001). På den annen side, viser Petoukhov og Semenov (2010) at unormalt minsking av sjøisen over Barents- og Karahavet om vinteren kan føre til kalde episoder, og de refererer til vinteren 2005/2006 som i likhet med de to siste vintrene var kald i hele Nord-Europa. Lite is fører til en sterkere oppvarming av den lavere delen troposfæren og derav dannelse av en sterk antisyklonal sirkulasjon i den østlige delen av Arktis slik at unormalt kald luft advokteres inn østfra over Nord-Europa.

Kvaliteten på dynamiske sesongvarslingsmodeller og bruken av disse er diskutert i bl.a. Doblas-Reyes et al. (2007). De finner en viss prediktabilitet i tropene, men at kvaliteten er svak på høyere bredder og i Europa. Benestad et al. (2011) fokuserte på Europa og studerte sensitiviteten til 2-meters-temperaturen over Europa med hensyn på isutbredelsen i Arktis og sjøtemperaturen. På grunn av manglende perturbasjoner i isutbredelsen initielt, kan emsemblespredningen ha en systematisk feil ("bias") på høye bredder. De fant at spredningen

av ensemblevarslene for 2-meters-temperaturen over Europa i stor grad var avhengig av isutbredelsen.

Flere studier (Baldwin and Dunkerton 2001; Zhou et al. 2002; Christiansen 2001) foreslår at Stratosfærens strømningsmønster bidrar til å forklare den foretrukne moden av den Nordatlantiske Oscillasjonen (NAO). Cohen et al. (2009) viste at det har utviklet seg en tendens til asymmetri mellom forvinteren og senvinteren på den nordlige halvkule på en slik måte at forvinteren (oktober til desember) er mild, mens senvinteren (januar til mars) er tilsvarende kald, og at dette skyldes kopling mellom stratosfæren og troposfæren. Det er spesielt fenomenet ”Sudden Stratospheric Warming”, med kraftig nedsynkning i Stratosfæren i polarområdene og tilhørende temperaturstigning, som bidrar som en forløper til omleggingen av troposfærens strømningsmønster (til lavere NAO indeks).

Cohen et al (2007) prøvde å finne ut hvilke faktorer som forårsaker den kraftige koplingen mellom troposfæren og stratosfæren (og derav omleggingen av strømningsmønsteret i troposfæren). De fant en sterk sammenheng mellom store snømengder i Eurasia på høsten, noe som fører til oppstrømning av bølgeenergi til stratosfæren og derav en svekket sirkulasjon i stratosfæren, og en økt tendens til etableringen av en unormal høytrykksituasjon i polarområdene. Mye snø på nordlige bredder om høsten kan derfor bidra til økt varsbarhet mht til den påfølgende vinteren.

En annen faktor som kan påvirke atmosfærens varsbarhet er jordfuktigheten. Ferranti og Viterbo (2006) brukte ECMWF-modellen til sensitivitetsstudier av den initiale jordfuktigheten i modellen. Atmosfærens respons til disse perturbasjonene hadde en levetid på opptil 3 måneder.

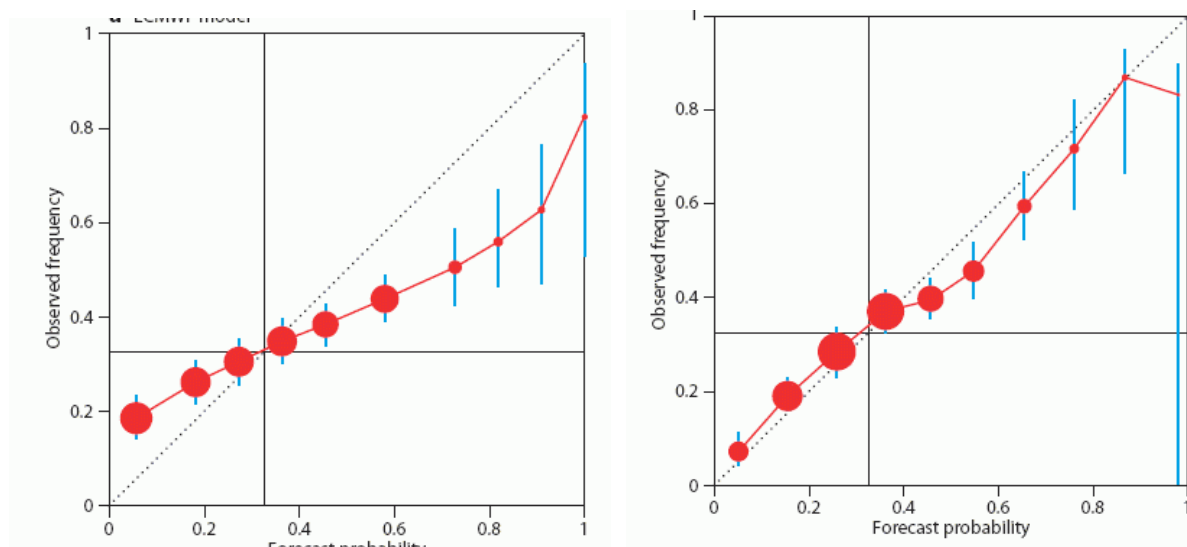
Det eksisterer altså en rekke storskala faktorer som alle kan bidra til å utvide varsbarheten (i tid). En metodikk for å konstruere lange varsler (for eksempel sesongvarsler) kan da være å identifisere disse faktorene og derav bruke empiriske relasjoner til å estimere forventet værutvikling. De empiriske relasjonene kan beregnes ut fra statistiske metoder.

De dynamiske metodene løser de fysiske lovene for jord/atmosfæresystemet og regner framover i tid ut fra en kjent observert tilstand. Det er derfor viktig at de storstilte faktorene er observert og til stede i initialtilstanden. Imidlertid, dersom dette er tilfelle, vil de fysiske lovene konstruere det riktige hendelsesforløpet ut fra denne utgangstilstanden. Det er derfor i prinsippet ikke så stor forskjell mellom statistiske metoder og dynamiske som man først kan tro. Ved statistiske metoder må man identifisere kjente prediktander, ved dynamiske metoder må man ha en så korrekt ”nåtilstand” som mulig slik at prediktandene er tilstede initielt. I dette notatet vil vi derfor konsentrere oss om dynamiske metoder siden disse etter all sannsynlighet har det største potensialet for videreutvikling.

Multi-modell ensemble (MME)

Hagedorn et al. (2005) demonstrerte at å kombinere bruken av ensembler fra flere modeller gir bedre varsler enn det en modell kan klare, og at dette skyldes ikke bare kompensasjon av systematiske feil i de enkelte modellene, men i stor grad av bedre konsistens og høyere pålitelighet. Wang et al. (2009) viste at MME-metoden reduserer graden av feilvarsler, men også at kvaliteten på varslene ved å kombinere resultatet fra flere modeller blir signifikant bedre enn den midlere kvaliteten fra hver individuell modell.

EUROSIP er et forskningsprosjekt mellom de største aktørene i Europa (ECMWF, UK Met Office og Meteo France) hvor man søker å optimalisere sesongvarslene ved å kombinere resultatene fra de tre sentrene. Figur 2 viser at EUROSIP varslene av 2m temperatur for desember, januar og februar over nordre halvkule ligger tettere opp mot den klimatologiske fordelingen enn tilsvarende produkt fra ECMWFs' modellsystem alene.



Figur 2. Sannsynligheten for at 2m temperaturen er i den nedre tredelen av den klimatologiske fordelingen. Beregningene bør ligge så tett opp mot diagonalen som mulig, ECMWF's sesongvarsler til venstre, de tilsvarende resultatene fra EUROSIP til høyre. (Fra foredraget: "Seasonal Forecast, products and verification" holdt ved ECMWF user meeting, 10-12 juni 2009, av Laura Ferranti)

Evaluering av de offisielle sesongvarslene fra Meteorologisk institutt

Vi har sett på kvaliteten på de offisielle sesongvarslene som utgis av Meteorologisk institutt. Disse er begrenset til temperatur. Som nevnt, er det i utgangspunktet ikke helt riktig å sammenligne observert middeltemperatur mot den varslede temperaturen direkte i og med at den varslede temperaturen er et ensemble-middel, dvs middelverdien av en fordeling av likeverdige varsler, men det er tross alt slik varslene brukes eller presenteres.

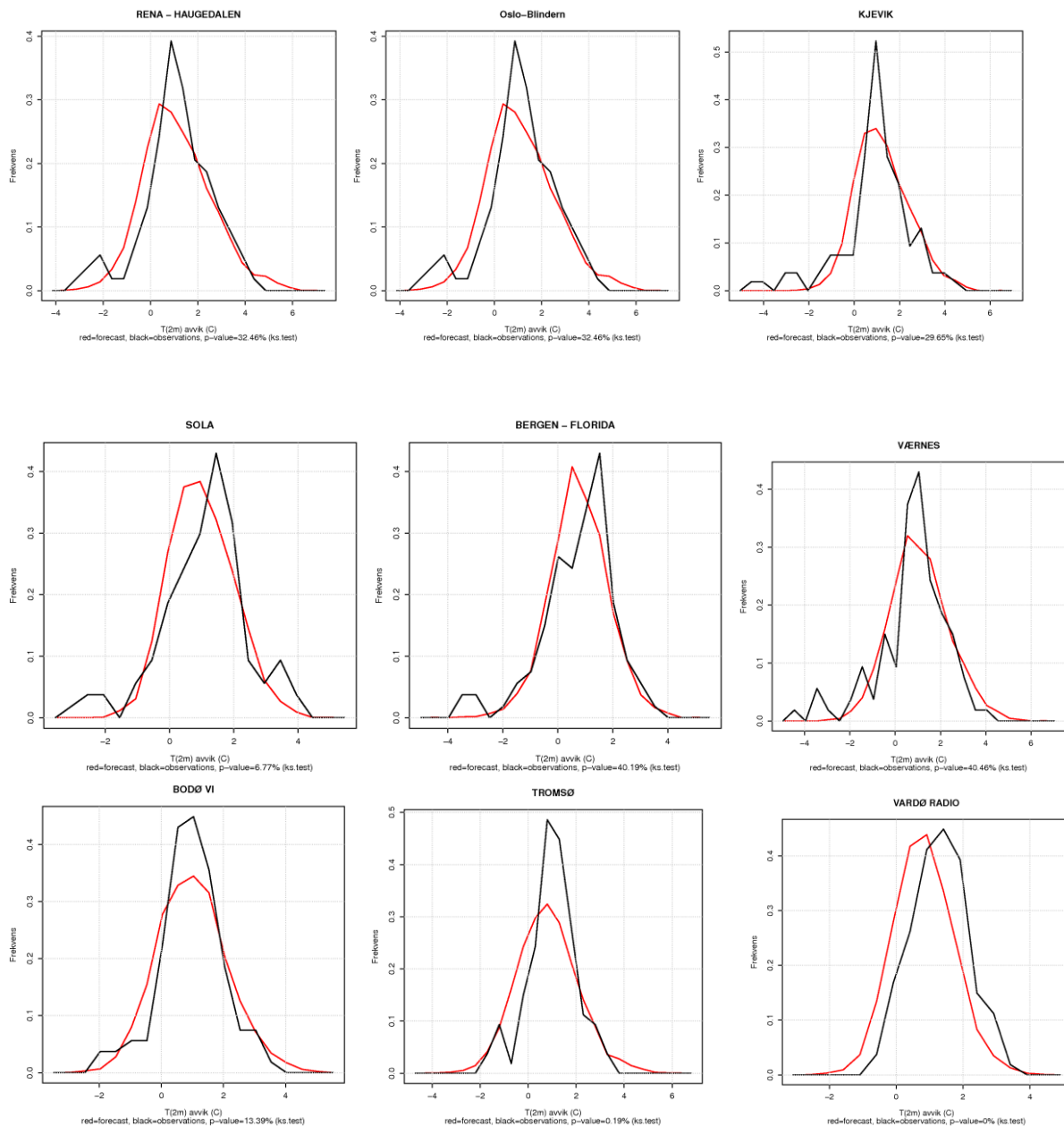
Tabellen nedenfor viser korrelasjonen mellom disse størrelsene basert på sesongvarslene fra 2002 fram til i dag.

Tabell 1. Korrelasjonen mellom den observerte middeltemperaturens anomali for en sesong og den varslede temperaturanomali (fra met.no's sesongvarsler) fra 2002 fram til i dag for utvalgte steder i Norge. Resultatet er basert på 9 års data (dvs. 36 sesongvarsler). Anomaliene er i forhold til 1960-1990 normalen.

Rena	0.63		Værnes	0.39
Oslo	0.57		Bodø	0.64
Kjevik	0.49		Tromsø	0.64
Sola	0.56		Vardø	0.77
Bergen	0.43			

Bortsett fra Sørlandet (Kjevik), Vestlandet (Bergen) og Trøndelag (Kjevik), er det tilsynelatende en viss prediktabilitet med korrelasjon over 0.5.

For å undersøke om vi er i stand til å varsle den klimatiske fordelingen riktig, har vi sett på om fordelingen av varsler over et langt tidsrom er i samsvar med den observerte fordelingen for det samme tidsrommet. Bortsett fra Tromsø og Vardø er det tydeligvis godt samsvar mellom den varslede og den observerte fordelingen fra 2002 fram til 2011 (figur 3).



Figur 3. Observert fordeling (svart kurve) og varslet fordeling (rød kurve) av 2 meter temperaturavviket (fra 1960-1990 normalen) for de samme stasjonene som i Tabell 1.

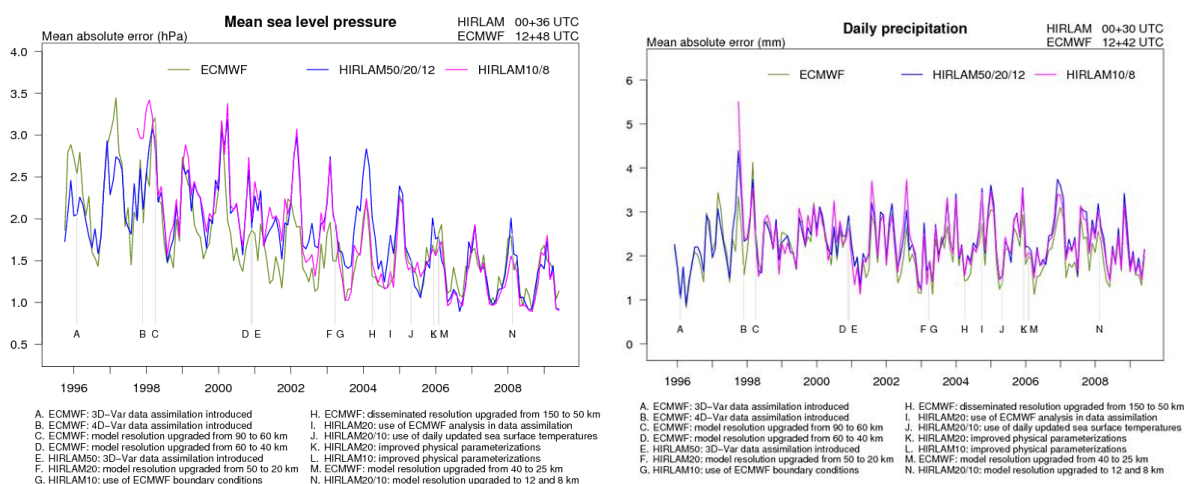
Vi har også sett på om fordelingene er statistisk signifikant forskjellige og beregnet en standard ks-test (Kolmogorov-Smirnov test, se Wilks, 1995). p-verdiene (sannsynligheten for at de to fordelingene er den samme) er gjengitt under figurene (i prosent) men for lesbarhetens skyld også gjengitt i Tabell 2. Lave verdier tilsier større sannsynlighet for at fordelingene er ulike - som i Tromsø og Vardø. Alt under 5% er signifikant på 5%-nivået.

Tabell 2. p-verdiene (i prosent) for ks-test

Rena	32.5
Oslo	32.5
Kjevik	29.7
Sola	6.8
Bergen	40.2
Værnes	40.5
Bodø	13.4
Tromsø	0.2
Vardø	0.0

Tabell 2 viser at det er brukbart samsvar mellom varslet og observert fordeling av temperaturavviket fra 1960-1990 normalen bortsett fra de to nordligste stasjonene (Tromsø og Vardø). I Vardø er det for eksempel tydelig at den varslede fordelingen er for kald (figur 2).

Sesongvarslene fra Meteorologisk institutt inneholder ikke nedbør, og varsling av nedbør er generelt vanskeligere enn å varsle andre værparametre. Figuren under viser midlere absoluttfeil av bakkestrykk og nedbør (akkumulert over 24 timer) fra de forskjellige modellene met.no har brukt de siste 14 år. *NB! Dette er vanlige korttidsprognoser.*



Figur 4. Midlere absoluttfeil av 24 timersvarsler fra 1995 til 2010. Bakkestrykk (t.v.) og akkumulert nedbør over 24 timer (t.h.) for de forskjellige modellene som met.no anvender i sin daglige værvarsling.

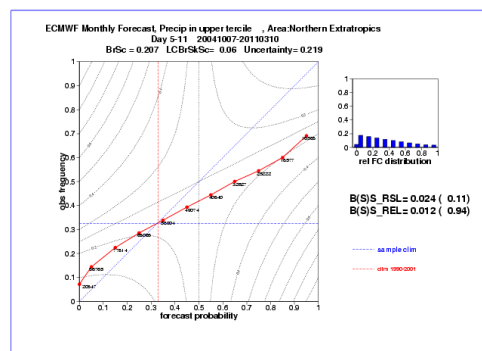
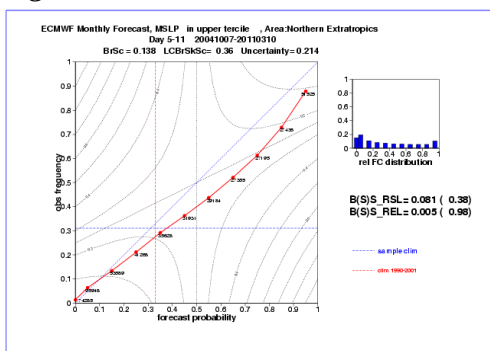
Kvaliteten på våre korttidsvarsler av nedbør er tilsynelatende ikke blitt bedre de siste årene selv om kvaliteten av det generelle værbildevarslet viser en vesentlig forbedring. Mye av dette skyldes nedbørens karakter (store lokale variasjoner og til dels stokastiske karakter) samt måten vi evaluerer nedbørvarslene (kategoriske skår). Dette er det for øvrig tatt hensyn til i

måten met.no presenterer varslene på yr.no. Det lages et sannsynlighetsestimat for nedbøren basert på om det er nedbør i nærheten av det aktuelle punktet som det varsles for, nettopp for å ta hensyn til nedbørens stokastiske natur. En tilsvarende teknikk er det naturlig å anvende også for måneds- og sesongvarslene.

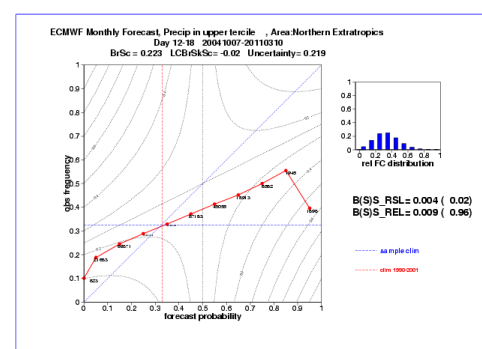
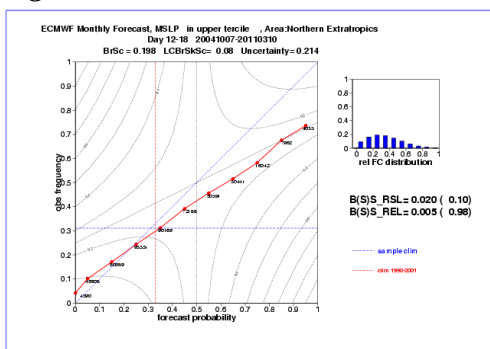
Kombinasjon av fysisk/dynamiske varslere med statistiske metoder

Siden det generelle værbildet (for eksempel bakketrykk) har større prediktabilitet enn nedbør, er det nærliggende å kombinere dynamiske og statistiske metoder for nedbørvarslere. Nedbøren er sterkt knyttet til strømningsmønsteret; spesielt i et land som Norge hvor nedbøren i stor grad er bestemt av vindretningen på grunn av topografiske forhold (orografisk nedbør). Figurene nedenfor viser på samme måte at nedbøren er vanskeligere å varsle enn for eksempel bakketrykk (se figur 4 og figur 6).

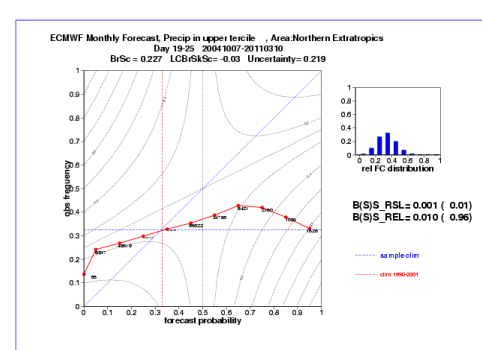
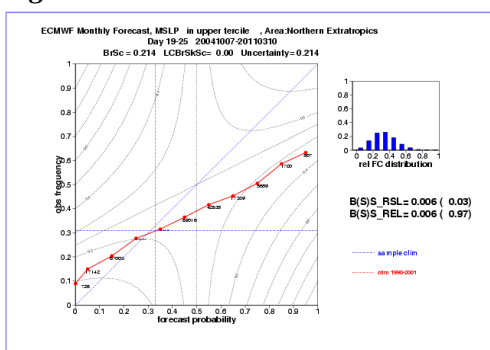
dag 5-11



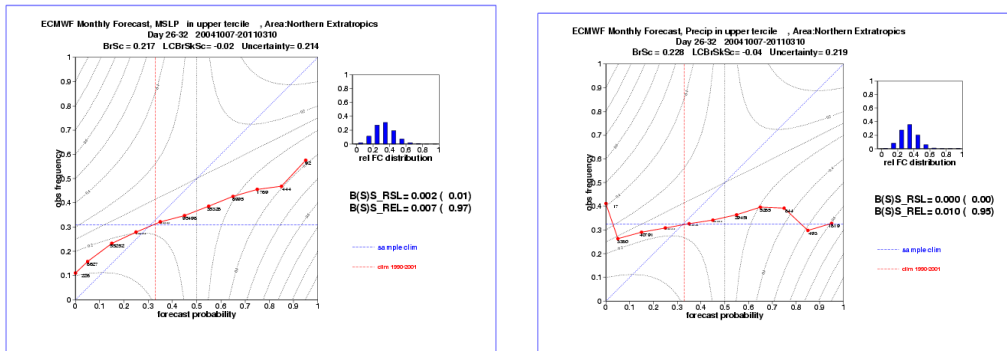
dag 12-18



dag 19-25

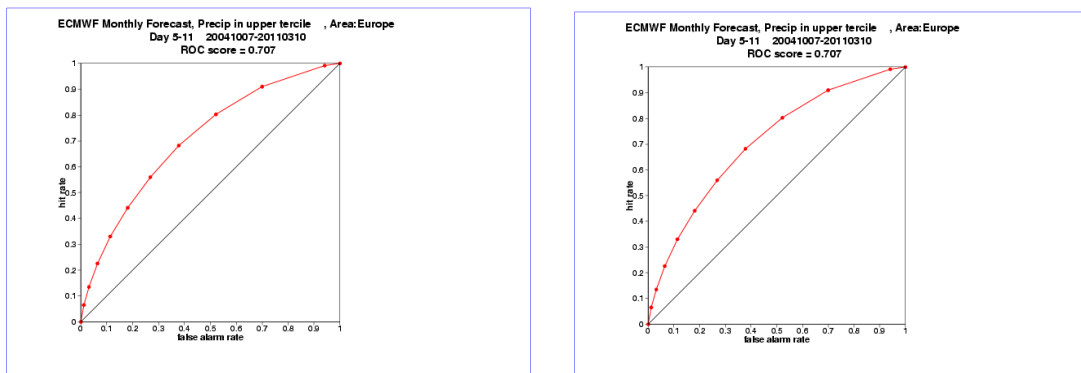


dag 26-32

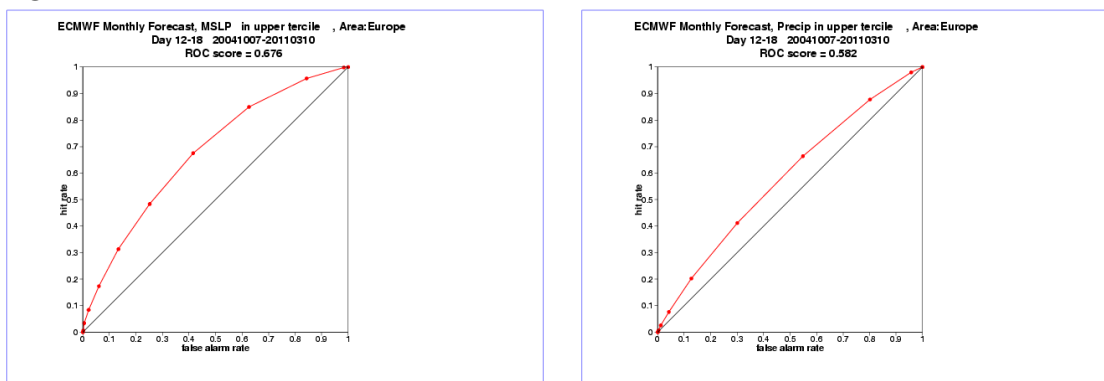


Figur 5. Pålitelighetsdiagrammer (varslet fordeling mot observert frekvens) for bakketrykk (venstre kolonne) og nedbør (høyre kolonne) for månedsvarslene fra ECMWF for forskjellige prognoselengder. Varslet fordeling bør være mest mulig lik observert fordeling, dvs. følge diagonalen.

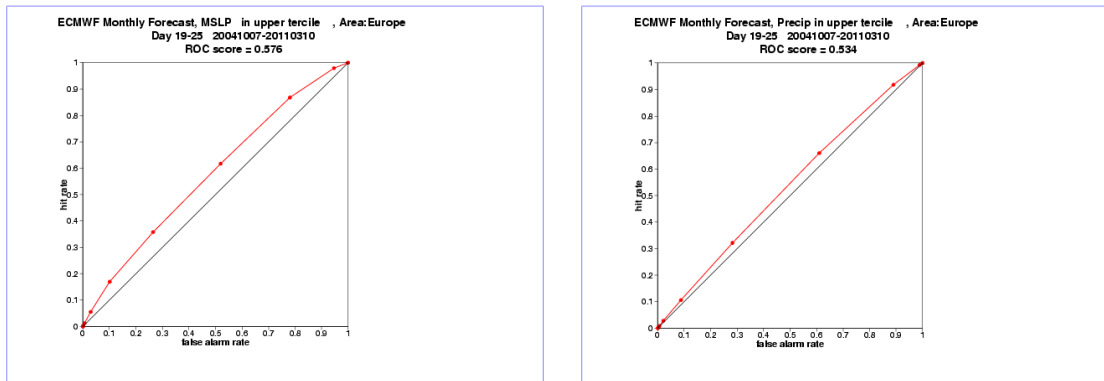
dag 5-11



dag 12-18



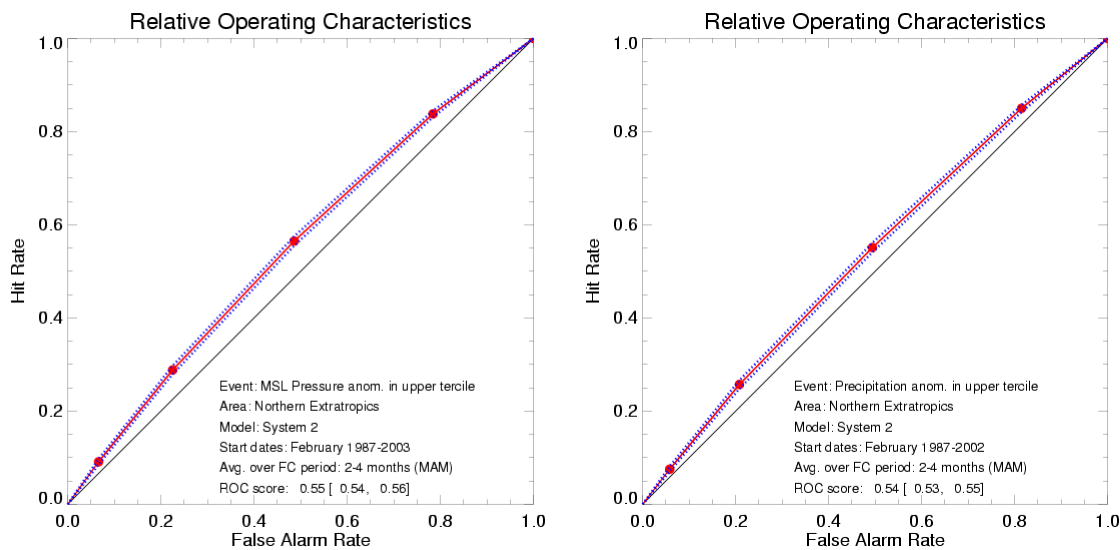
dag 19-25



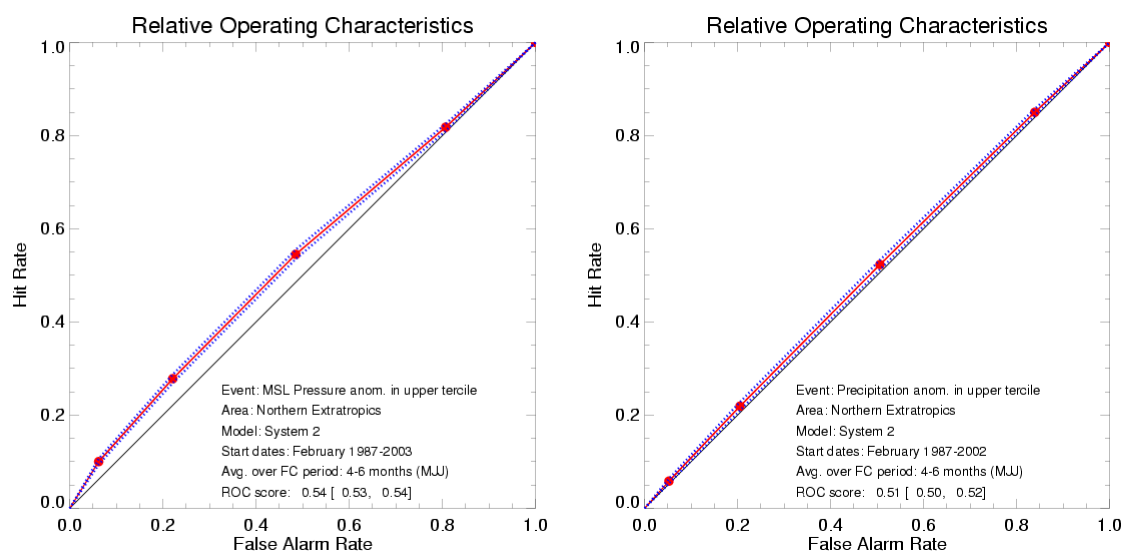
Figur 6. Relative fordelinger av falsk alarm ("false alarm rate") versus treff ("hit rate") for at varslet befinner seg i den øvre tredelen av fordelingen for forskjellige prognoselengder. Bakketrykk (venstre kolonne) og nedbør (høyre kolonne). Kurvene bør ligge så tett opp mot det øvre venstre hjørne som mulig (ingen falske alarmer, bare treff).

Siden nedbøren er vanskeligere å varsle enn andre værparametre for korttidsvarsler så vel om månedsvarsler, er det ingen overraskelse at dette gir seg utslag også for lengre varsler enn månedsvarslene som er vist i figur 6.

2-4 mnd. varsler



4-6 mnd. varsler



Figur 7. Relative fordelinger av falsk alarm versus treff basert på om varslet befinner seg i den øvre tredelen av fordelingen for forskjellige prognoselengder. Bakketrykk (venstre kolonne) og nedbør (høyre kolonne). Kurvene bør ligge så tett opp mot det øvre venstre hjørne som mulig (ingen falske alarmer, bare treff).

WMO-lead Centre for Multi-Model Ensemble Products

WMO har etablert 2 ledende sentre som har til oppgave å samle sammen og verifisere globale sesongvarsler fra forskjellige leverandører (nasjonale værtjenester i de største landene). Sentrene er: Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble prediction (LC-LRFMME) og Lead Centre for SVSLRF (LC-SVSLRF). Det førstnevnte har som oppgave å samle inn varsler, tilrettelegge dem på samme format og produsere kart (fra hver enkel bidragsyter eller komposittkart). Man kan også hente ut resultater fra de enkelte bidragsyterne for å sette dem sammen etter eget ønske. Bidragsyterne er de nasjonale meteorologiske instituttene i Kina, Brasil, ECMWF, UK, Australia, Canada, Russland, Sør-Afrika, Korea, Japan, Frankrike og USA. Det andre "Lead Centre for SVSLRF" har til oppgave å sammenligne hvor gode de enkelte bidragsyterne og deres tilsvarende komposittprodukter er til å gjenskape observert klimatologi (dvs. verifikasjon av produktene). Sentrene er beskrevet av Graham et al. (2011). Figuren nedenfor viser hvordan 10 forskjellige produsenter varslet anomalien av bakketrykk i desember til januar 2009/2010 med utgangspunkt i november 2009. Det er tydelige forskjeller mellom de forskjellige produktene, men hvis disse ses i sammenheng, får man et produkt som relativt korrekt varslet anomalien over Europa.

Begge sentrene er under oppbygging.

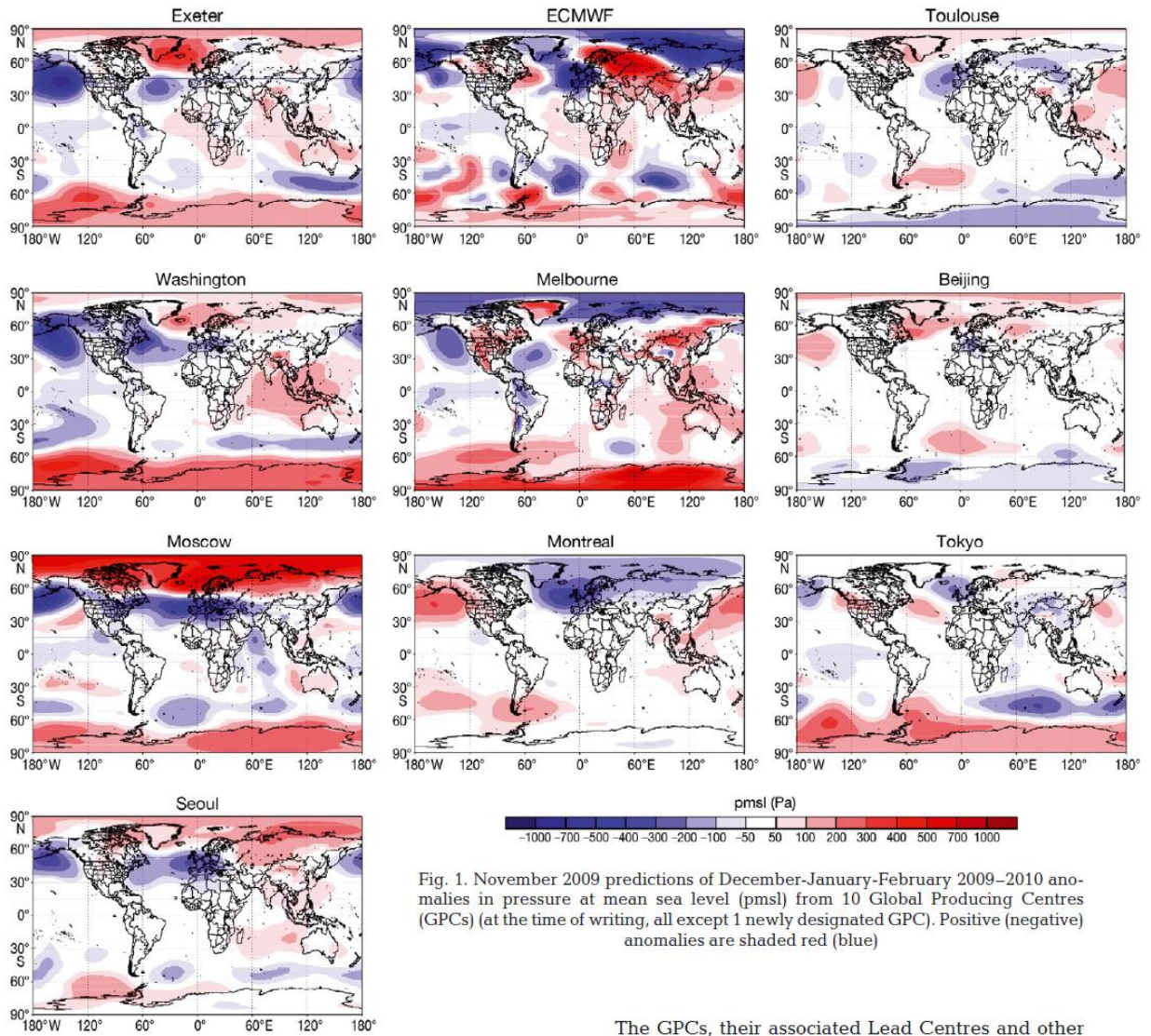


Fig. 1. November 2009 predictions of December-January-February 2009–2010 anomalies in pressure at mean sea level (pmsl) from 10 Global Producing Centres (GPCs) (at the time of writing, all except 1 newly designated GPC). Positive (negative) anomalies are shaded red (blue)

The GPCs, their associated Lead Centres and other

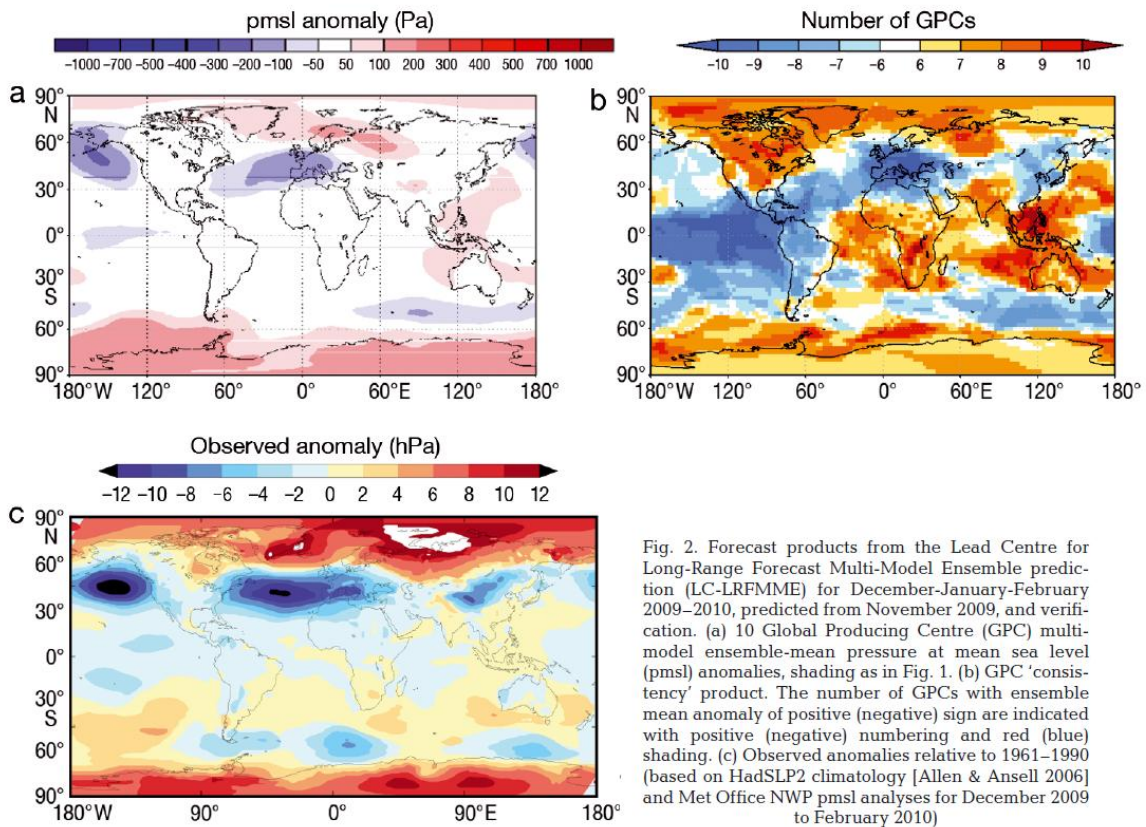
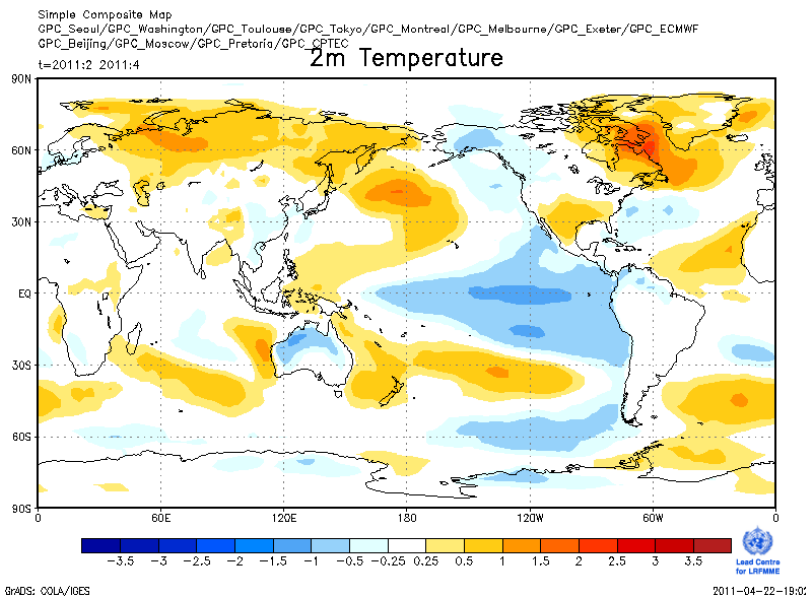


Fig. 2. Forecast products from the Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble prediction (LC-LRFMME) for December-January-February 2009-2010, predicted from November 2009, and verification. (a) 10 Global Producing Centre (GPC) multi-model ensemble-mean pressure at mean sea level (pmsl) anomalies, shading as in Fig. 1. (b) GPC 'consistency' product. The number of GPCs with ensemble mean anomaly of positive (negative) sign are indicated with positive (negative) numbering and red (blue) shading. (c) Observed anomalies relative to 1961-1990 (based on HadSLP2 climatology [Allen & Ansell 2006] and Met Office NWP pmsl analyses for December 2009 to February 2010)

Figur 8. Se teksten i figuren

Et tilsvarende sammensatt varsel for perioden februar til april 2011 for 2m temperatur er vist i figuren under.



Figur 9. Sammensatt varsel basert på 10 forskjellige modeller (som alle beregner sesongvarslere ut fra ensemblemetodikk) for perioden februar til april 2011 for 2m temperatur. Hentet fra WMO Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble.

Konklusjon/anbefalinger

Vi har sett at det eksisterer en viss prediktabilitet på de sesongvarslene som er tilgjengelige, men i større grad for trykk og temperatur enn for nedbør. En årsak til dette er at mens spesielt trykkfordelingen, men også i noen grad temperaturen, er på stor romlig skala, er nedbøren mye mer lokalt knyttet til lokale forhold, f.eks. det underliggende terrenget. Spesielt i Norge skyldes nedbøren i stor grad topografiske effekter. Lufta heves og avkjøles der hvor den møter stigende terreng og dette kan lett føre til nedbør, såkalt orografisk nedbør. Disse lokale terrengvariasjonene beskrives ikke i modellene og modellene kan dermed ikke få med seg denne effekten. Imidlertid, i og med at trykkfordelingen og vindmønsteret er bedre varslet, vil nedbøren kunne estimeres statistisk.

Man skal være klar over at varslene er sannsynlighetsvarsler som kan si noe om hvordan en fordeling av sannsynlige utfall faller sett i forhold til en observert fordeling over lang (historisk) tid. Typiske produkter kan være sannsynligheten for at det blir varmere/kaldere eller våtere/tørre enn "normalen", sannsynligheten for at utfallet vil befinne seg i den øvre tercilen av fordelingen osv. Internasjonalt legges det stor innsats inn i forskning på feltet og spesielt er utviklingen av multi-model-ensembler interessant og kan gi nyttigere produkter på sikt. At man i hele tatt kan si noe fornuftig med hensyn til værutviklingen utover de nærmeste ukene, skyldes at det finnes storstilte signaler i atmosfære/jordsystemet med en periode (varighet) som er lang og som ofte leder til et bestemt vær eller strømningsmønster. Vi har identifisert flere slike forløpere (havtemperaturen, isforholdene i polhavet, snødekke på forvinteren, El Nino, stratosfæreoppvarming, etc.).

Basert på dette foreslår vi å utvide sesongvarslene til andre parametere enn temperatur. Det hadde vært ønskelig å varsle nedbør direkte fra modellene, men i lys av at nedbøren i så stor grad er knyttet til den lokale topografien, vil sesongvarsler av nedbør sannsynligvis trenge atskillig sterkere datamaskiner enn vi har i dag fordi man må kjøre modellene med svært høy oppløsning.

Alternativet, som vi ser det, er derfor å kombinere det storstilte strømningsbildet, som kan tas fra dynamiske modeller, med statistisk nedskalering. Feddersen og Andersen (2005) viste at denne tilnærmingen til problemet ga en bedre nedskalering enn å bruke resultatene fra de dynamiske modellene direkte. Vi foreslår følgende utviklingsarbeid for 2011 og 2012:

1. Innhente data fra ECMWF og WMO MME for de siste 5 årene og evaluere hvilke storskala meteorologiske parametre som verifiserer best for våre områder. For WMO MME er det imidlertid usikkert på hvor langt tilbake det er laget og arkivert prognoser (juli-desember 2011; interimrapport desember 2011)
2. Trene opp statistiske nedskaleringsmodeller til å estimere nedbør ut fra de valgte parametrene (januar-april 2012; interimrapport mai 2012)
3. Teste de valgte modellene på uavhengige data (ERA) (juni-desember 2012; sluttrapport desember 2012)

Referanser.

Baldwin, M.P., and T.J.Dunkerton, 2001: Stratospheric Harbingers of Anomalous Weather Regimes. *Science* 19 October 2001:Vol. 294 no. 5542 pp. 581-584.
DOI:0.1126/science.1063315

Benestad, Rasmus og Tveito, Ole Einar, 2002: A survey of possible teleconnections affecting Fennoscandia. *Klima 11/02*. Meteorologisk Institutt

Benestad, Rasmus and Støren, Egil, 2004: Seasonal Forecasting for Norway: an assessment (*met.no report 9, 2004 - Climate*).

Benestad, R.E., R. Senan, M. Balmaseda, L. Ferranti, Y. Orsolini and A. Melsom, 2011: Sensitivity of summer 2-m temperature to sea ice conditions. *Tellus*, **63A**, 334-337

Christiansen, B., 2001: Downward propagation of zonal mean zonal wind anomalies from the stratosphere to the troposphere: Model and reanalysis. *Journal of Geophysical Research. D. Atmospheres*, **VOL. 106**, NO. D21, PAGES 27,307-27,322

Cohen, J., M. Barlow, P. J. Kushner, K. Saito, 2007: Stratosphere–Troposphere Coupling and Links with Eurasian Land Surface Variability. *J. Climate*, **20**, 5335–5343. doi: 10.1175/2007JCLI1725.1

Cohen, J., M. Barlow, K. Saito, 2009: Decadal Fluctuations in Planetary Wave Forcing Modulate Global Warming in Late Boreal Winter. *J. Climate*, **22**, 4418–4426. doi: 10.1175/2009JCLI2931.1

Doblas-Reyes, F. J., Hagedorn, R. and Palmer, T. N. 2007. Developments in dynamical seasonal forecasting relevant to agricultural management. *Clim. Res.* **33**, 19–26.

Ferranti, Laura and Viterbo, Pedro; 2006: The European Summer of 2003: Sensitivity to Soil Water Initial Conditions. *J. Climate*, **19**, 3659–3680.

Førland, Eirik and Nordli, Per Øivind, 1993: Autokorrelasjon i nedbør og temperatur. *Klima 11/93*. DNMI

Graham, R.J., W.-T. Yun, J. Kim, A. Kumar, D. Jones, L. Bettio, N. Gagnon, R. K. Kolli, D. Smith, 2011: Long-range forecasting and the Global Framework for Climate Services. *Climate Research*. **Vol. 47:** 47–55, 2011, doi: 10.3354/cr00963

Hagedorn, R, F., J. Doblas-Reyes, F.J. and Palmer, T.N, 2005: The rationale behind the success of multi-model ensembles in seasonal forecasting – I. Basic concept. *Tellus (2005)*, **57A**, 219–233.

Keenlyside, N.S., Latif, M., Jungclaus, J., Kornblueh, L., og Roeckner, E., 2008: Advancing decadal-scale climate prediction in the North Atlantic sector. *Nature Letters*. Vol 453/1. Mai 2008.

Lorenz, E.N., 1969: The predictability of a flow which possesses many scales of motion. *Tellus* **21**, 289-307

Narasimhan K. Larkin¹ and D. E. Harrison, 2005: Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. **32**, L16705, doi:10.1029/2005GL022860, 2005

Narasimhan K. Larkin and D. E. Harrison, 2005: Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. **32**, L16705, doi:10.1029/2005GL022860, 2005

Oldenburgh, G, Balmaseda, M.A., Ferranti, L., Stockdale, T.N., and Anderson, D.L.T, 2005: Did the ECMWF Seasonal Forecast Model Outperform Statistical ENSO Forecast Models over the Last 15 Years? *Journal of Climate*, **18**, 3240-3249

Orsolini, Y.J., I. T. Kindem, I.T., and Kvamstø, N.M., 2009: On the potential impact of the stratosphere upon seasonal dynamical hindcasts of the North Atlantic Oscillation: a pilot study. *Clim Dyn*, DOI 10.1007/s00382-009-0705-6

Petoukhov, V. and Semenov, V., 2010: A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, *115*. D21111. ISSN 0148-0227. DOI [10.1029/2009JD013568](https://doi.org/10.1029/2009JD013568).

Saunders, M.A., Budong Qian, and Benjamin Lloyd-Hughes, 2003: Summer snow extent heralding of the winter North Atlantic Oscillation. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. **30**, NO. 7, 1378, doi:10.1029/2002GL016832, 2003

Shuntai Zhou, S., A. J. Miller, J. Wang, J. K. Angell , **2002:** Downward-Propagating Temperature Anomalies in the Preconditioned Polar Stratosphere. *Journal of Climate*. Volume 15, Issue 7 (April 2002) pp. 781-792. doi: 10.1175/1520-0442(2002)015<0781:DPTAIT>2.0.CO;2

Thompson, D.W.J and J.M. Wallace, 1998: The Arctic Oscillation Signature in the Wintertime Geopotential Height Temperature Fields. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 25, No. 9, pp 1297-1300.

Vinje, Torgny, 2001: Anomalies and Trends of Sea-Ice Extent and Atmospheric Circulation in the Nordic Seas during the Period 1864–1998. *J. Climate*, **14**, 255–267.

Wang, B et al. (27 co-authors), 2009: Advance and prospectus of seasonal prediction: assessment of the APCC/CliPAS 14-model ensemble retrospective seasonal prediction (1980–2004). *Clim Dyn* (2009) 33:93–117, DOI 10.1007/s00382-008-0460-0

Wilks, DS, 1995: Statistical methods in the atmospheric sciences. An Introduction. *ACADEMIC PRESS*.

Postal address
P.O.Box 43, Blindern
NO-0313 OSLO
Norway

Office
Niels Henrik Abelsvei 40

Telephone
+47 22 96 30 00

Telefax
+47 22 96 30 50

e-mail: met@met.no
Internet: met.no

Bank account
7694 05 00628

Swift code
DNBANOKK