de intensiteitsschaal te verwijderen. Een recente versie van de Saffir-Simpson Wind Scale is onder andere te vinden op de website van het NHC .

Webpagina's

AMS : http://amsglossary.allenpress.com/glossary/search?id=tropical-cyclone1

Australian Severe Weather : www.australiaseveregweather.com/cyclones/global_terminology.htm

BMRC : Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting, hoofdstuk 1, paragraaf 3. http://cawcr.gov.au/bmrc/pubs/tcguide/ch1/ch1_3.htm

CIMSS Satellite blog : http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/blog/archives/4659

FAQ: http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/tcfaqHED.html

Masters, Jeff, op Wunder Blog van Weather Underground: http://latin.wunderground.com/blog/jeffMasters/archive.html?year=2010&month=03

MetsulBlog : www.metsul.com/blog/?cod_blog=1&cod_publicacao=134

NHC : www.nhc.noaa.gov/sshws_table.shtml?large

WMO : www.wmo.int/pages/mediacentre/factsheet/tropicalcyclones.html

Geschiedenis van lange-termijnverwachtingen op het KNMI

DEEL 1. DE ONTSTAANSGESCHIEDENIS

COR SCHUURMANS EN HUUG VAN DEN DOOL

In deze tijd van klimaatverwachtingen en klimaatscenario's vergeet je wel eens dat er tussen meerdaagse weersverwachtingen en klimaat nog een brede voorspeltermijn min of meer braak ligt, namelijk die van de maand- en seizoenverwachtingen. Vijftig jaar geleden voorspelde John von Neumann al dat het tussenliggende gebied de grootste problemen zou opleveren. Het onderzoek in de afgelopen halve eeuw, maar ook de praktijk, heeft zijn zienswijze bevestigd. Volgens de KNMI-website verkeren de maand- en seizoenverwachtingen nog steeds in het experimentele stadium. Ook het relatief omvangrijke KNMI-onderzoek in de vorige eeuw en meer speciaal in de periode 1960-80, leverde geen operationeel product op. In dit eerste deel belichten we het onderzoek van Visser, Van der Bijl en Berlage in de daaraan voorafgaande decennia.

Hoe het begon

In 1946 verscheen op het KNMI een uitgebreid verslag van S.W. Visser over Weersverwachtingen op lange termijn in Nederland (Visser, 1946). (Voor details over Visser en zijn werk, zie kader). Het boekje gaat over statistisch onderzoek dat in de jaren dertig op het KNMI werd uitgevoerd. De verwachtingsmethode bestond uit regressievergelijkingen voor de maandgemiddelde temperatuur in De Bilt als 'predictand'. Ook Baur in Duitsland gebruikte in die tijd regressiemethoden. De aanpak is zuiver empirisch omdat, zoals Visser zelf schrijft, men zelden of nooit het een en ander kan vaststellen op fysische gronden. Onder "een en ander" moet dan worden verstaan: het soort procedure dat men kiest, het gebied dat wordt meegenomen, de tijdsverschillen die men toelaat en de fysische beweegredenen waarom A en B gecorreleerd zouden moeten zijn. Visser koos als 'predictors' onder andere de neerslag in Paramaribo, de temperatuur op Groenland en het luchtdrukverschil tussen IJsland en de Azoren in de voorafgaande maanden (dit laatste sluit aan bij wat we nu de NAO noemen). De neerslag in Paramaribo werd als predictor gekozen omdat het een proxy zou zijn voor de sterkte van de Noordoost passaat, die op zijn beurt weer van invloed zou zijn op de Golfstroom. Deze veronderstelling was afkomstig van de maritiem meteoroloog van het KNMI, P. H. Gallé, die in 1915-16, getracht had de wintertemperatuur in Nederland te voorspellen op basis van scheepswaarnemingen van de passaatwinden in de voorafgaande maanden. Hoewel we Visser hier als pionier van de lange-termijn verwachting (LTV) op het KNMI opvoeren waren er voorafgaand aan zijn werk eerdere pogingen, behalve van Gallé, ook van de klimatoloog C. Braak die zich baseerde op de invloed van zonneactiviteit.

Figuur 1. Een van de grappige illustraties uit het boekje "Weersverwachtingen op lange termijn" van Dr.W. van der Bijl. Hij bespreekt hier een methode uit de vijftiende eeuw waarbij met Kerstmis zes uien moesten worden doorgesneden en de 12 helften met zout bedekt (één voor iedere maand van het volgende jaar). De helften waarvan de volgende ochtend het zout gesmolten was zouden een natte maand opleveren. Volgens Van der Bijl een methode om te huilen: eerst bij het opstellen van de verwachting en later bij vaststellen van de mislukking.

De keuze van de predictoren werd door Visser verder bepaald door de combinatie die de hoogste meervoudige correlatie opleverde. De berekeningen moeten zeer arbeidsintensief zijn geweest, met alleen een mechanische rekenmachine als hulpmiddel. Op afhankelijk materiaal kan langs deze weg soms een hoge score worden behaald, maar op onafhankelijk materiaal (de voorspellingen) valt het resultaat dan vaak toch tegen, vooral als je niet weet hoe je je moet beschermen tegen "overfit". Overfit ontstaat wanneer men door eindeloos zoeken naar correlaties in een beperkte dataset, toevallig optredende hoge correlaties vindt; op onafhankelijk materiaal zakken zulke correlaties meestal in. Visser had daarbij de pech dat hij de regressievergelijkingen, die hij had afgeleid voor de periode 1901-1939, door gebrek aan waarnemingen in de oorlog niet kon toepassen. Bij toepassing achteraf vielen de resultaten tegen en jaren later toonde H.P. Berlage aan dat de coëfficiënten in de vergelijkingen inmiddels niet meer klopten. De methode lijdt aan het euvel dat met een groot aantal predictors (Visser koos er voor de meeste maanden 5 - 7) het basismateriaal te beperkt is.

Toch was dit niet het enige probleem. Ook toen al gold dat de verwachtingen van LTV te hooggespannen waren. Onderzoekers van toen hadden vrijwel geen idee van de beperkte voorspelbaar-

Figuur 2. Prof.dr. H.P.Berlage.

heid op de tijdschaal van een maand of seizoen. Ze gingen er van uit dat LTV in principe mogelijk was en als het niet goed lukte moest dat wel aan de methode liggen. De lineaire regressiemethode werd dan ook lange tijd als een mislukking beschouwd, totdat Barnett het in 1981 weer aandurfde om er gebruik van te maken (Barnett,1981).

Inmiddels was, rond 1980, het waarnemingsmateriaal natuurlijk verder uitgebreid en konden regressievergelijkingen met de computer snel worden aangepast. De inzichten in het vermijden van overfitting zijn tegenwoordig ook beter dan vroeger. Een veel gebruikte procedure is die van de *canonical correlation analysis* (Barnston, 1994). Daarbij wordt eerst een EOF-analyse op de predictor en predictand dataset losgelaten (regressie op een enkel station als De Bilt is af te raden). Dat reduceert het aantal predictors en predictands van honderden tot een handjevol. Daarna volgt de gewone regressiemethode, maar nu in de gereduceerde EOF ruimte.

S.W.Visser

Simon Willem Visser (1884-1963) had al een carrière als natuurkundeleraar in Maastricht en als seismoloog in Batavia (zie figuur 3) achter de rug toen hij in 1933 op het KNMI kwam te werken aan weersverwachtingen op lange termijn, aanvankelijk met steun van de Stichting Landbouw Export Bureau. Hij bleef dit werk doen tot aan zijn pensioen. Behalve voor de statistische methoden van de regressievergelijkingen had hij ook veel belangstelling voor de invloed van de zon. Bij zijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar in de toegepaste meteorologie, klimatologie en oceanografie (leerstoel bij de Fysische Geografie in Utrecht) in 1946 luidde de titel van zijn inaugurale rede: "De invloed van de zonnevlekken op het weer". Een van de studenten van Visser was Willem van der Bijl, die LTV diepgaand bestudeerde.

In navolging van Buys Ballot meende Visser dat de 27-daagse rotatieperiode van de zon weerspiegeld werd in het weer. In de superzomer van 1947 boekte hij daar successen mee toen bleek dat de hittegolven elkaar met de regelmaat van 27 dagen opvolgden. Prof Visser was ook een expert op halo-gebied. Hij schreef daarover een hoofdstuk in het Handbuch der Geophysik (1960). Zijn opvatting was dat halo's ook een rol speelden in de relatie tussen zonnevlekken en het weer. Opmerkelijk is dat Prof. Berlage, Visser's opvolger op het gebied van LTV op het KNMI, ook de invloed van zonnevlekken in zijn werk betrok. De belangstelling voor deze invloed gaat al terug op C. Braak, die in 1933 in een van zijn vele boekjes over het Klimaat van Nederland, de regel opnam dat de meeste neerslag valt in het tijdvak tussen zonnevlekkenminimum en zonnevlekkenmaximum en dat na het zonnevlekkenmaximum een droger tijdperk intreedt. De eerste auteur van dit artikel heeft de traditie voortgezet en soortgelijke regels onderzocht, maar tot op heden heeft de relatie zon-weer voor lange-termijnverwachtingen nog weinig bruikbaars opgeleverd.

W. van der Bijl

Willem van der Bijl (1920) heeft in het begin van de jaren vijftig op het KNMI gewerkt. Een drietal KNMI-publicaties maken duidelijk dat hij een zeer productieve onderzoeker is geweest, die de theorie en praktijk van weersverwachtingen op lange termijn diepgaand heeft onderzocht. Van der Bijl's expertise lag op het gebied van de statistische methoden; zijn proefschrift (Van der Bijl, 1952) is ook nu nog het lezen en bestuderen waard. Zijn promotor aan de RUU was de in 1949 van het KNMI gepensioneerde Prof. Dr S. W. Visser.
Gewapend met deze kennis leverde Van der Bijl een omvangrijke bijdrage aan het boek "Honderd jaar KNMI 1854-1954". Hij behandelde daarin de statistische eigenschappen van de bekende Labrijn-reeks van de temperatuur 1735-1944 en ontdekte daarbij en passant de waarde en bruikbaarheid van de maand-op-maand persistentie voor lange-termijnverwachtingen.

In dezelfde tijd schreef hij ook zijn monografie over Weersverwachtingen op lange termijn, (Van der Bijl, 1954), voorzien van een voorwoord door de toenmalige hoofddirecteur van het KNMI, ir. C.J.Warners. Het boekje is zeer speels van opzet, mede door de grappige tekeningen (figuur 1), maar als overzicht van de geschiedenis van pogingen om het weer op lange termijn te voorspellen, en van de methoden en praktijk hiervan anno 1950 (zie kader), is het gedegen. Uitvoerige beschrijvingen van het fenomeen Enkhuizer Almanak en van wetenschappelijke pioniers als Walker (India), Moeltanovski (Rusland) en Baur (Duitsland) maken het boekje extra interessant.
Eind jaren vijftig is de Van der Bijl naar Amerika vertrokken. Hij heeft daar een lange carrière in het universitair onderwijs gehad, de laatste 25 jaar bij de Naval Post Graduate School in Monterey, CA. Aanvankelijk had hij in de VS ook contact met Jerome Namias (de grootvader van de lange-termijnverwachtingen aldaar) en werd z'n boekje in het Engels vertaald.

Van der Bijl en Berlage

Visser is in 1949 met pensioen gegaan. Zijn pionierswerk op het gebied van de LTV werd op het KNMI, in eerste instantie, voortgezet door zijn promovendus W. van der Bijl. Die onderzocht op een systematische manier talloze methoden en onderwierp ze aan een kritisch oordeel (voor details over Van der Bijl en zijn werk, zie kader). Aan Van der Bijl danken we dan ook een overzicht van LTV-methoden die rond 1950 in gebruik waren en voor wetenschappelijk doorgingen, dit in tegenstelling tot de vele andere methoden die ook toen nog in gebruik waren door zogenaamde weerprofeten (zie kader en figuur 1). In het kader over LTV-methoden ontbreekt "persistentie", maar Van der Bijl is vermoedelijk toch de eerste geweest die "herhalingsneiging" als methode voor LTV heeft onderzocht, dat wil zeggen dat na een koude (warme) maand er een verhoogde kans is op nog een koude (warme) maand. Vooral later zou persistentie in het kader van LTV

LTV methoden rond 1950

In zijn boekje uit 1953 geeft W. van der Bijl een overzicht van wetenschappelijke methoden voor verwachtingen op middelbare en lange termijn op gematigde breedte, die in de 20e eeuw in Nederland en/of elders werden onderzocht en/of toegepast. In de grijze oudheid, de Middeleeuwen en de periode tot circa 1900 was LTV, volgens Van der Bijl, het werk van weerprofeten, waar hij overigens ook een uitvoerige beschrijving aan wijdt.

LTV methoden na 1900:

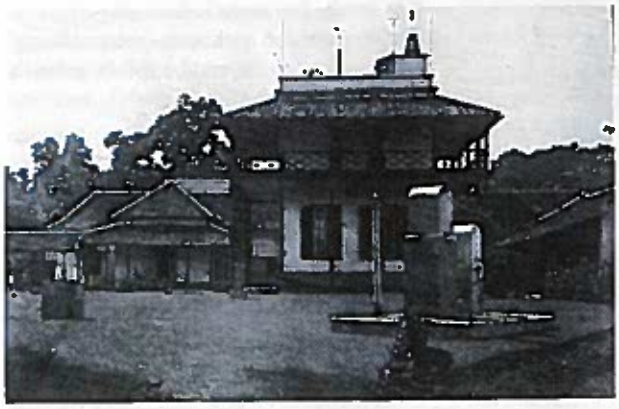
1. Regressie methode
2. Zoeken naar periodiciteiten, dwz zeer regelmatige schommelingen
3. Symmetriepunten in een tijdreeks, dwz dat bijvoorbeeld de luchtdruk N dagen voor en na zo'n symmetriepunt vrijwel hetzelfde is
4. Singulariteiten, dat wil zeggen kalendergebonden afwijkingen van normaal die vaak voorkomen, zoals de IJsheiligen, Kerstdooiweer enz.
5. Klimatologische trends over vele jaren
6. Extrapoleren van 'lange golven' in de luchtcirculatie
7. Regelmaat in banen van hoge- en lagedrukgebieden die lucht uit brongebieden aanvoeren
8. Analogen methode
9. Relatie met verschijnselen op de zon
10. Relatie met de ozonlaag.

De aard van deze methoden loopt dus uiteen van puur statistisch (regressie, tijdreeksanalyse), via klimatologisch (trends en singulariteiten) en synoptisch/dynamisch (analogen, lange golven, depressiebanen) naar fenomeengebonden (zon, ozon). De meeste van deze 10 methoden worden in een bepaalde vorm 50-60 jaar later nog wel eens bekeken, al zijn 2 en 4 niet langer populair en kunnen 6 en 7 inbegrepen worden geacht bij de tegenwoordige modelverwachting. Alleen nummer 3, symmetriepunten, lijkt als methode volstrekt verlaten, althans in wetenschappelijke kringen. Het is de auteurs in 2010 niet eens duidelijk waarom men dit voor mogelijk hield. (De Enkhuizer Almanak werkt met de evenmin 100% duidelijke "omkeerdagen", een methode ontwikkeld door Chr. Nell.)

De methoden die op het KNMI zijn beproefd en in ons artikel zijn beschreven vallen alle binnen bovenstaand overzicht. Met uitzondering van de relatie met de zeewatertemperatuur. Later werd ook de relatie met de QBO (verschil tussen even en oneven jaren) en de rol van de stratosfeer in het algemeen op het KNMI bestudeerd.

nog vaak terugkomen, zij het meestal als referentiemethode. Zie figuur 4 voor de persistentie van de maandgemiddelde temperaturen in De Bilt

Intussen kreeg het LTV-werk op het KNMI een onverwachte versterking van een beroemdheid in spé, professor Berlage (figuur 2). In Indonesië had hij expertise opgedaan in het voorspellen van de Southern Oscillation en het bijbehorende weersverloop in de tropen (zie kader). Dat was met methoden die sterk leken op die van Visser en Baur, maar voor toepassing in de tropen meer succesvol waren (begrijpen wij achteraf).



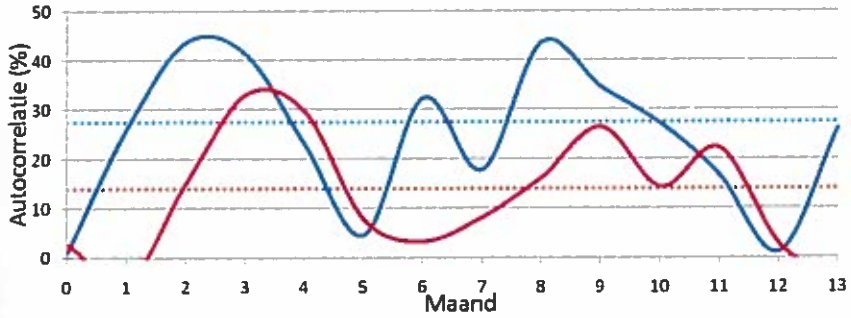
Figuur 3. Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia in 1911. Hier werkten zowel Braak, Visser als Berlage.

Prof. Berlage, die na een carrière in Indonesië, van 1951 tot zijn pensioen op het KNMI werkte, was daarom optimistisch over de mogelijkheden van lange-termijnverwachtingen. Ook toen de toepassing van zijn methode voor winterverwachtingen in Nederland tegenviel bleef hij ijveren voor lange-termijnverwachtings - onderzoek op het KNMI. In het najaar van 1961 schreef hij een overzicht van methoden voor lange-termijnverwachtingen, legde bezoeken af bij lange-termijnverwachters in de buurlanden (België, Duitsland en Engeland) en schreef hierover een uitvoerig rapport. Als uitvloeisel hiervan schreef hij ook een interessant artikel in het toenmalige Hemel en Dampkring (Berlage, 1962).

H.P. Berlage

Hendrik Petrus Berlage (1896-1968) was een veelzijdig geleerde. Als zoon van de bekende bouwmeester met dezelfde naam, groeide hij op in Amsterdam in een kunstzinnige omgeving en volgde daarna aan de Technische Hochschule van Zürich een opleiding tot werktuigbouwkundig ingenieur. Hij promoveerde op een seismologisch onderwerp. Zijn onderzoek op het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia, waar hij vanaf 1925 werkte, had eveneens betrekking op dat onderwerp. Maar de meteorologie boeide hem kennelijk meer, want in 1927 publiceerde hij al zijn eerste lange termijn verwachting van de moesson op Java. De meteorologie hield hem daarna in zijn greep. In navolging van Walker deed hij omvangrijk onderzoek aan de Zuidelijke Schommeling (op het KNMI nadien schertsend, het zuidelijk heen-en-weer genoemd; vele assistenten hadden jaren nadien nog zere polsen van handmatig bepaalde correlaties). Op het KNMI, waar hij vanaf 1951 zijn onderzoek voortzette, schreef hij zijn bekendste werken (Berlage, 1957 en 1966).

Makkelijk leesbaar zijn deze verhandelingen niet. Berlage's streven om in de algemene circulatie van de atmosfeer een ordelijke structuur en harmonisch gedrag te ontdekken is duidelijk, maar voor zijn aanpak en de beschrijving daarvan geldt dat minder. Zijn voorliefde voor harmonie verklaart waarschijnlijk ook zijn belangstelling voor het ontstaan van het planetenstelsel. Hij schreef daarover een aardig boekje waarin hij onder andere de wet van Titius-Bode voor de afstanden van de planeten tot de zon, uitvoerig toelicht. In 1954 schreef hij in het "Gedenkboek Honderd Jaar KNMI" een origineel, maar weinig bekend geworden artikel over de algemene circulatie van de atmosfeer (Berlage, 1954). In dat jaar werd hij ook benoemd aan de Universiteit van Utrecht als opvolger van Prof. Visser.



Figuur 4. Autocorrelatie van de maandgemiddelde temperaturen in De Bilt, 1901-2009. In blauw tussen opeenvolgende maanden (predictor m en predictand m+1), in rood tussen m en m+2. De correlatie is geplot tegen de predictand maand.

Het rapport werd in januari 1962 op het KNMI onder leiding van prof. Bleeker besproken. Aan het gesprek namen deel: prof. Berlage, zijn medewerker De Boer, prof. Schmidt, de heren Bijvoet en van der Ham als vertegenwoordigers van de weerdienst en dr. Dey als directeur van de afdeling Klimatologie. Vraag was hoe het verder moest met de lange-termijnverwachtingen op het KNMI nu Berlage met pensioen ging en Van der Bijl inmiddels naar de VS was geëmigreerd. Uit het uitvoerige verslag van deze bijeenkomst blijkt dat er weinig enthousiasme bestond om op het KNMI, met welke methode dan ook, verder onderzoek te gaan doen. Toch werd op voorstel van Dey besloten om een nieuwe medewerker aan te trekken die de literatuur op het gebied van de algemene circulatie en lange-termijnverwachtingen bij zou gaan houden. Dit was ook van belang voor het KNMI in haar functie als 'keuringdienst' van lange-termijnverwachtingen die door anderen werden opgesteld en gepubliceerd. Juist in die tijd waren het niet alleen meteorologische diensten die zich op dit terrein begaven, maar ook een aantal (weer)amateurs (denk bv. aan kapper Flink). Hun verwachtingen kwamen in de publiciteit en een geslaagde winter- of zomerverwachting was vaak een voldoende reden om serieus genomen te worden, ook door politici. Dit leidde er regelmatig toe dat het KNMI opdracht kreeg om de betreffende verwachting(en) te verifiëren en een uitspraak te doen over de deugdelijkheid van de gebruikte methode.

Nieuwe start

Na de beslissing om voor het LTV-werk een nieuwe medewerker aan te trekken verscheen spoedig een advertentie in het Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde. Daarop werd in mei 1963 de eerste auteur van dit artikel aangetrokken. Onder leiding van prof. F.H. Schmidt (directeur Speciale Projectgroepen, los van de KNMI-afdelingen) kon hij zich inwerken in de omvangrijke literatuur. Ook internationale oriëntatie hoorde tot zijn taak: bezoeken aan Namias in Washington DC, aan Baur in Bad Homburg, aan Hofmann in Offenbach en aan Boomans in Brussel. De beslissing om tot eigen onderzoek over te gaan werd pas genomen toen in de zomer van 1966 de projectgroep Meerdaagse Verwachtingen onder leiding van H.C. Bijvoet werd opgericht. Het onderzoek in deze groep was zeer praktijkgericht, maar Bijvoet stond erop dat ook de mogelijkheden voorbij dag 3 grondig werden onderzocht. Die taak werd natuurlijk toegewezen aan de nieuwe medewerker voor lange-termijnverwachtingen, maar ook de meerdaagse meteorologen (een vrij grote groep waaronder de heren Reinten, Van de Geer, Zwart, Van Raalte, Allan, Van der Woude en Kleintjes) konden hiervoor worden ingezet. Er kon zelfs nog een tweede full-time medewerker voor worden aangetrokken. Het werd Henk Krijnen, sterrenkundige uit Leiden, die als voormalig stuurman bij de koopvaardij goed met kaarten wist om te gaan.

Hiermee was het KNMI organisatorisch klaar voor een nieuwe start op het gebied van de lange termijn weersverwachtingen. Met de installatie van de computer, de EL X8 in 1968, was ook de infrastructuur compleet. Over de aanpak en de resultaten van deze nieuwe inspanning gaat Deel 2 van dit artikel. Daarin wordt ook de huidige situatie met betrekking tot LTV beschreven. Aan het slot van Deel 2 volgen een aantal conclusies waartoe dit artikel in zijn geheel aanleiding geeft.

Persistentie

Dat de herhalingsneiging (persistentie) in de atmosfeer tot enige voorspelbaarheid op lange termijn leidt is te zien in figuur 4. Men kan met de eenvoudigste middelen (persistentie van de anomalie in de afgelopen maand) enige skill in temperatuur maandverwachtingen bereiken, zelfs twee maanden vooruit (rode lijn). Toen meer ambitieuze methodes faalden vielen zowel Van der Bijl, als later Van den Dool terug op eenvoudige persistentie, of overgangsregels. Ook Namias was zeer geïnteresseerd in persistentie, met name waarom het zoveel beter werkt in de late winter en zomer, en nauwelijks iets oplevert in het voor- en najaar wanneer de correlatie vrijwel nul is. Persistentie, als methode, ontbreekt op het lijstje van Van der Bijl in het kader over LTV-methoden, vermoedelijk omdat men a) ambitieus was, en op een hogere skill mikte dan een 0.2-0.3 correlatie, en b) omdat persistentie eigenlijk een controleverwachting is om skill mee te ijken. Dat men twee maanden vooruit (bijvoorbeeld van januari naar maart) nog 0.3 correlatie heeft betekent overigens wel dat er 'iets' is voorbij de horizon van de voorspelbaarheid (1-3 weken) van het weer bepaald met moderne NWP modellen.

Literatuur

Barnett, T.P., 1981: Statistical prediction of North American Air temperatures from Pacific predictors, *Mon Wea Rev*, 109, 1021-1041.

Barnston, A.G., 1994: Linear Statistical Short-Term Climate Predictive Skill in the Northern Hemisphere, *J. of Climate*, 7, 1513-1564.

Berlage, H.P., 1954: Een elementair beeld der algemene circulatie afgeleid uit haar grensvoorwaarden, in Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1854-1954, p. 282- 298.

Berlage, H.P., 1957: Schommelingen van de algemene circulatie met perioden van meer dan een jaar, hun aard en betekenis voor de weersverwachting op lange termijn, *Med. en Verh. KNMI*, no. 69.

Berlage, H.P., 1962: Waar staan we met de weersverwachtingen op lange termijn?, *Hemel en dampkring*, 60, 217- 227.

Berlage, H.P., 1966: The Southern Oscillation and World Weather, *Med. en Verh. KNMI*, no. 88. 1966.

Van der Bijl, W., 1952: Toepassingen van statistische methoden in de klimatologie, *Med. en Verh. KNMI*, no. 58.

Van der Bijl, W., 1954: Weersverwachtingen op lange termijn, Verspreide Opstellen KNMI, No.1.

Visser, S.W., 1946: Weersverwachtingen op langen termijn in Nederland, *Med. en Verh. KNMI*, no.51.