



OVER REGENKANSSEN EN PARAPLU'S

MAURICE SCHMEITS

Van vrijwel alle weersverwachtingen is de 24-uurskans op neerslag in de komende 5 of 6 dagen een vast onderdeel. Maar wat betekent het nu eigenlijk als voor de volgende dag de kans op regen 60% is? Dit artikel gaat in op die vraag, maar ook op de manier waarop die kansverwachting tot stand komt, hoe je die kansverwachting kunt gebruiken om te beslissen of je wel of geen paraplu meeneemt en de wijze waarop kansverwachtingen geverifieerd worden.

Het KNMI definieert de kans op neerslag als de kans dat iemand die zich op een willekeurige vaste plek in Nederland bevindt, op een dag (00-24 uur) neerslag

krijgt. Die neerslag is meestal regen, maar kan ook sneeuw of hagel zijn. Het getal zegt niets over de duur van de regen: dat kan 10 minuten zijn of 24 uur. Wel is vereist dat er tenminste 0,3 mm neerslag valt, wat overeenkomt met 0,3 liter per vierkante meter. Bedenk dat een neerslagkans van 50% zowel kan duiden op een zekere verwachting dat het in het noorden van Nederland droog is en in het zuiden regent, als op een 50% kans dat het in heel Nederland regent.

Hoe wordt de neerslagkans bepaald?

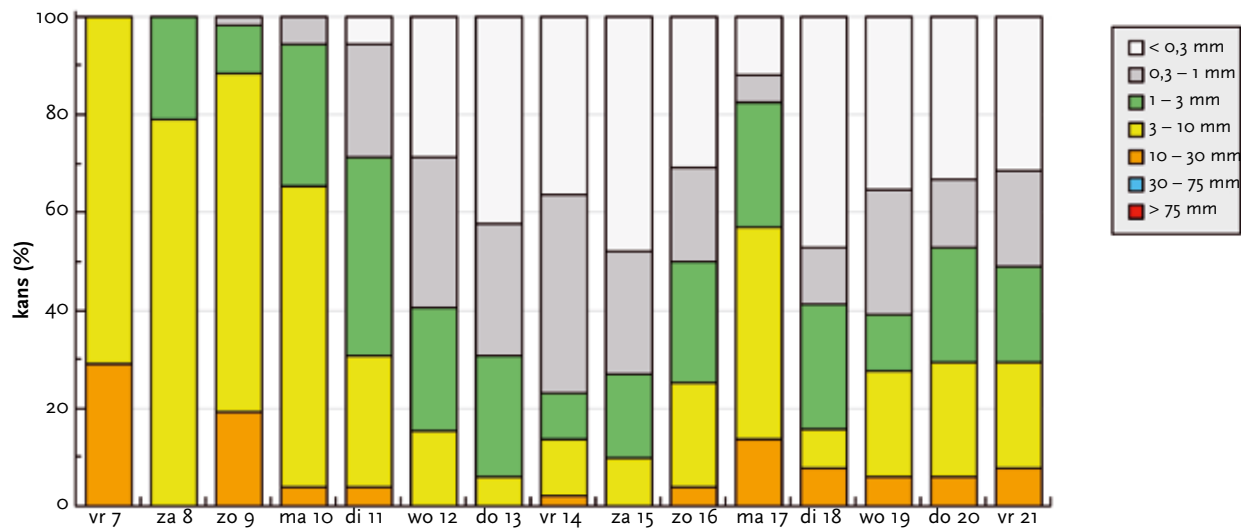
Er zijn tegenwoordig verschillende manieren om de neerslagkans te bepalen. Voor de middellange termijn

maakt het KNMI gebruik van de modelberekeningen van het European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF). Dit centrum is een samenwerkingsverband tussen een groot aantal Europese landen en heeft het beste mondiale weermodel ontwikkeld. Dit model gebruikt een groot aantal waarnemingen van over de hele wereld om de beginconditie zo goed mogelijk te bepalen. Maar ook al zou je de begintoestand van de atmosfeer voor elke m³ op aarde weten, dan nog zal de verwachting na typisch enkele dagen gaan afwijken van het werkelijke weer. Er zit een inherente onzekerheid in de weersverwachting ten gevolge van wat het Vlindereffect (zie <http://nl.wikipedia.org/wiki/Vlindereffect>) is gaan heten. Door het chaotische karakter van de atmosfeer kunnen kleine verstoringen – veroorzaakt door een vlinder als metafoor – uitgroeien tot grotere verstoringen die een zogenoemde deterministische weersverwachting – dat wil zeggen zonder onzekerheidsinformatie – na een bepaalde tijd nutteloos maakt.

Hoe kunnen we die onzekerheid nu kwantificeren? De manier waarop het ECMWF dat doet, en ook een

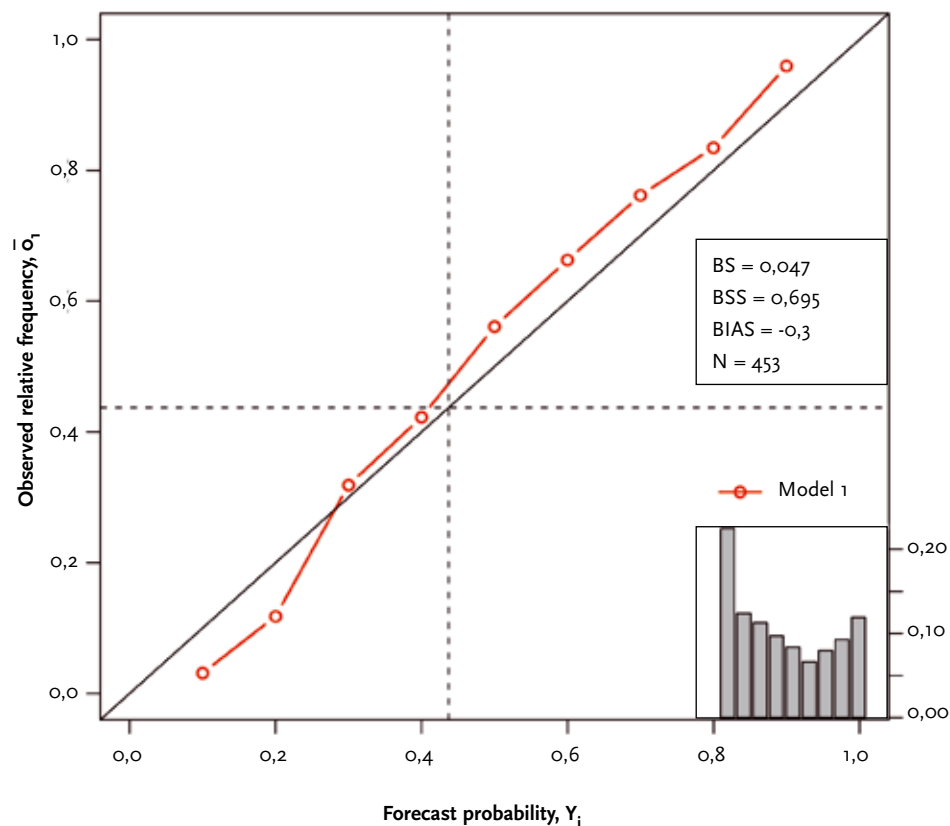
aantal andere centra over de hele wereld, is door niet alleen één modelrun te doen vanuit de ‘beste’ beginconditie, maar daarnaast een groot aantal modelruns (50), elk met een kleine realistische verstoring van de beginconditie. Dit wordt een ensemblepredictiesysteem (EPS) genoemd. Door vervolgens het aantal ensembleleden te tellen dat bijvoorbeeld neerslag geeft en dit te delen door het totaal aantal ensembleleden, kan een schatting van de kans op neerslag verkregen worden. Figuur 1 geeft een voorbeeld van de uitvoer van het EPS van het ECMWF voor 24-h neerslagsommen in De Bilt.

Niettemin kon vier decennia geleden, toen de computers nog niet zo krachtig waren en er met moeite één modelrun gedaan kon worden, de kans op neerslag ook al worden geschat. Daarvoor werd een andere techniek gebruikt die Model Output Statistics (MOS; Glahn and Lowry, 1972) wordt genoemd. Om MOS toe te kunnen passen heb je een archief nodig van uitvoer van modelruns en van neerslagwaarnemingen in dit geval. Door statistische verbanden te zoeken tussen modelvariabelen en neerslagwaarnemingen, bijvoor-



Figuur 1. Voorbeeld van kansverdelingen voor 24-h neerslagsommen in de Bilt op basis van het EPS van het ECMWF; de verwachtingstermijn is 1-14 dagen (run: vrijdag 7 oktober 2011 00 UTC)

Figuren 2a en 2b. Reliability diagram voor de 24-h neerslagkansen van het KNMI voor (a) 1 dag en (b) 5 dagen vooruit. In het diagram staat de waargenomen frequentie als functie van de verwachte kans (rode lijn). Het histogram geeft de verdeling van de neerslagkansen (tussen 0,1 en 0,9) weer, de diagonaal perfecte reliability en de gearceerde lijnen de sample klimatologie. Het verificatiegebied is Nederland en de verificatieperiode is juni 2010 t/m augustus 2011. BS is een afkorting voor de Brier score (1) en BSS voor de Brier skill score (3) met de sample klimatologie als referentie.



Figuur 2a. Reliability diagram voor de 24-h neerslagkansen van het KNMI voor 1 dag vooruit

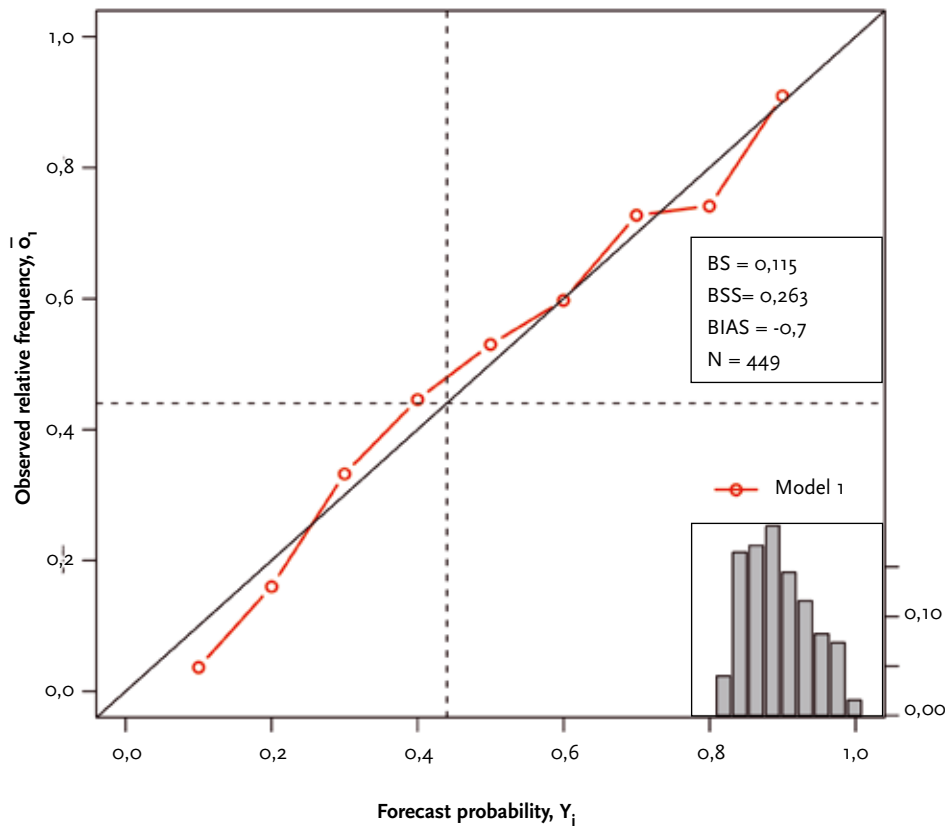
beeld met behulp van logistische regressie (Wilks, 2006), kan dan een kansverwachtingsmodel afgeleid worden. Dit model wordt vervolgens op actuele modeluitvoer toegepast, teneinde kansverwachtingen te maken. Ook tegenwoordig wordt MOS nog vaak gebruikt, onder andere om de kans te bepalen op het optreden van gebeurtenissen die niet expliciet door het weermiddel worden weergegeven zoals onweer, maar die wel samenhangen met verschijnselen die het model kan representeren zoals zware neerslag. De neerslagkansen die het KNMI uitgeeft, zijn ook gebaseerd op een MOS-systeem. Hierbij wordt ondermeer informatie van het ECMWF EPS gebruikt.

Hoe worden kansverwachtingen geverifieerd?

Om te bepalen hoe goed een kansverwachtingssysteem is, dien je het te verifiëren. Kansverwachtingen

kunnen echter pas geverifieerd worden als je een groot aantal verwachtingen uitgegeven hebt. Indien je verwacht dat de kans op het optreden van een gebeurtenis $x\%$ is, waarbij $0 \leq x \leq 100$, en de waargenomen frequentie van die gebeurtenis gelijk is aan $x\%$, dan is je kansverwachting *reliable*. Om te bepalen of een kansverwachtingssysteem *reliable* is, wordt vaak gebruik gemaakt van een *reliability diagram* (zie figuur 2). Hierin is de waargenomen frequentie afgezet tegen de verwachte kans. Als deze twee gelijk zijn, met andere woorden als alle punten in het diagram op de diagonaal liggen, dan zijn je kansverwachtingen dus *reliable*. Uit figuur 2 blijkt dat zowel de 24-h neerslagkansen van het KNMI voor 1 dag vooruit (figuur 2a) als voor 5 dagen vooruit (figuur 2b) *reliable* zijn.

Een klimatologische kans is ook *reliable*, mits de klimatologie niet verandert. Als je echter steeds een klimatologische kans uitgeeft, discrimineer je niet tus-



Figuur 2b. Reliability diagram voor de 24-h neerslagkansen van het KNMI voor 5 dagen vooruit

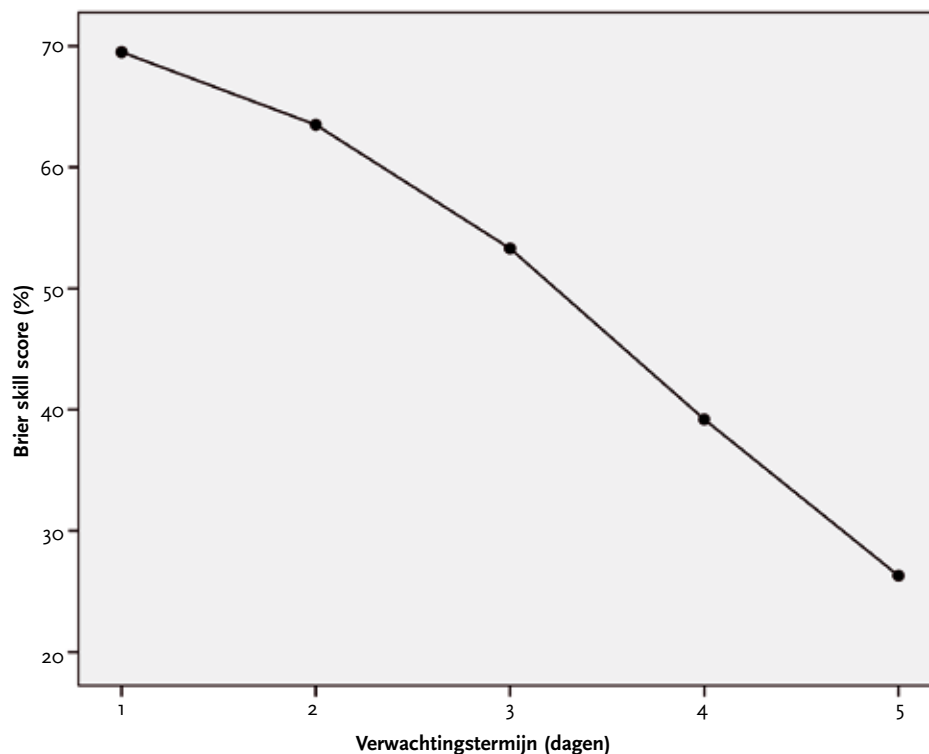
sen gevallen waarbij een grote kans op een gebeurtenis is en gevallen waarbij die kans klein is. We zeggen dan dat het kansverwachtingssysteem geen resolutie heeft. Als een systeem zoveel mogelijk richting 0% verwacht als het fenomeen niet optreedt en richting 100% als het wel optreedt, dan heeft het systeem een hoge resolutie. De 24-h neerslagkansen van het KNMI voor 1 dag vooruit (figuur 2a) hebben een hogere resolutie dan voor 5 dagen vooruit (figuur 2b). In de figuren 2a en 2b is dit te zien aan de verschillende vormen van de histogrammen, die de verdeling van de neerslagkansen weergeven, in combinatie met het reliable zijn van de kansen. Zowel reliability als resolutie zijn dus belangrijk voor een *skilful* kansverwachtingssysteem. Een kansverwachtingssysteem dat niet reliable is, kan gecalibreerd worden. Veel ensemblesystemen laten een te kleine spreiding zien, met name voor de korte verwachtingstijden en kunnen gecalibreerd wor-

den met behulp van statistische nabewerking van de modeluitvoer.

Behalve het reliability diagram wordt ook een groot aantal verificatiescores gebruikt. Een veel gebruikte score in de meteorologie is de Brier Score (BS). De BS is gedefinieerd als de *mean-square error* van kansverwachtingen:

$$BS = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p_j^f - p_j^o)^2, \quad (1)$$

waarbij N het totaal aantal gevallen is, p_j^f de verwachte kans en p_j^o het wel/niet optreden van een gebeurtenis; voor een gebeurtenis die niet of wel optreedt kan p^o dus uitsluitend de waarde 0 of 1 hebben. Volgens de definitie van de neerslagkansen die aan het begin van het artikel is gegeven, kan p^o echter elke waarde tussen 0 en 1 hebben en wordt dan bepaald door het percentage van de Nederlandse neerslagstations die tenminste



Figuur 3. Brier skill score (met de sample klimatologie als referentie) voor de 24-h neerslagkansen van het KNMI als functie van de verwachtingstermijn voor 1 tot 5 dagen vooruit; het verificatiegebied is Nederland en de verificatieperiode is juni 2010 t/m augustus 2011

0,3 mm neerslag hebben gemeten in een etmaal. De BS is gelijk aan 0 voor een perfect systeem en 1 voor een compleet waardeloos systeem.

Als de kansen in l klassen ingedeeld worden, komen de hierboven genoemde termen reliability en resolutie ook voor in de volgende decompositie van de Brier score (Wilks, 2006):

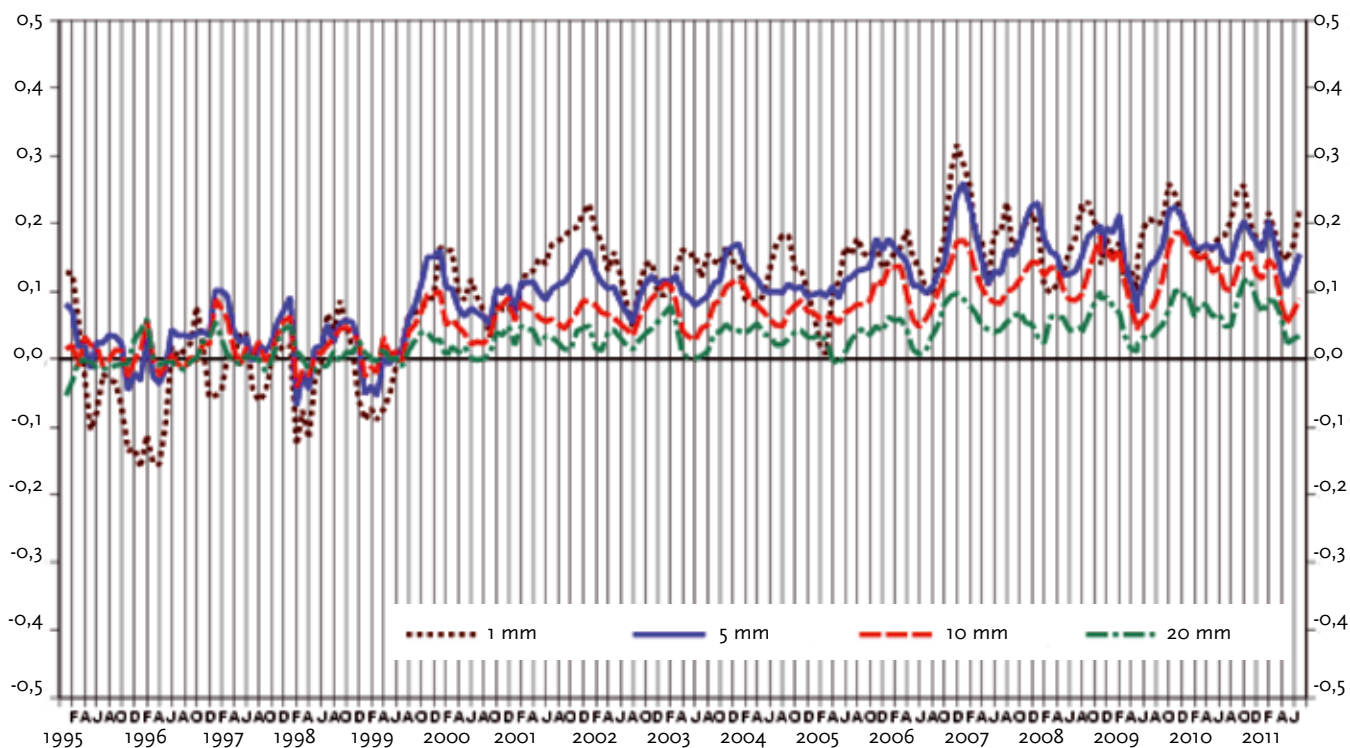
$$BS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^l n_i (p_i^f - \overline{p_i^o})^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^l n_i (\overline{p_i^o} - \overline{p^o})^2 + \overline{p^o} (1 - \overline{p^o}), \quad (2)$$

waarbij $\overline{p_i^o}$ de waargenomen frequentie is over alle N gevallen, p_i^o de waargenomen frequentie per klasse en p_i^f de verwachte kans per klasse. De eerste term in (2) representeert de reliability, de tweede de resolutie en de derde de *uncertainty*. Deze laatste term hangt uitsluitend van de sample klimatologie af en wordt dus niet beïnvloed door de verwachtingen.

Om een idee te krijgen hoe goed een systeem is, wordt het vaak vergeleken met een referentie. Deze referentie kan bijvoorbeeld klimatologie of persistentie zijn. Dit leidt dan tot een zogenoemde *skill score* en voor de Brier score leidt dit tot de Brier skill score (BSS):

$$BSS = \frac{BS - BS_{ref}}{BS_{perf} - BS_{ref}} = 1 - \frac{BS}{BS_{ref}}, \quad (3)$$

omdat de Brier score van perfecte verwachtingen (BS_{perf}) gelijk aan 0 is. In deze vergelijking is BS_{ref} de Brier score van het referentiesysteem. De BSS is gelijk aan 0 als je systeem niet beter is dan het referentiesysteem en 1 als je een perfect systeem hebt. Als de BSS positief is, is je systeem beter dan het referentiesysteem en vice versa als de BSS negatief is.



Figuur 4. Evolutie van de Brier skill scores voor de ECMWF EPS kanssen op 24-h neerslagsommen > 1, >5, >10 en >20 mm voor 6 dagen vooruit. Het verificatiegebied is Europa en de verificatieperiode loopt van 1995 tot heden (bron: ECMWF)

Hoe groot is de skill van neerslagverwachtingen?

Figuur 3 geeft een beeld van de skill van de KNMI MOS neerslagkansverwachtingen in de vorm van Brier skill scores voor 1 tot 5 dagen vooruit. De skill neemt af met de verwachtingstermijn, hetgeen logisch is omdat de onzekerheid toeneemt met die termijn.

Men kan zich afvragen hoe het zit met de skill van overschrijdingskanssen voor diverse neerslagdrempels en met de skill voor nog langere verwachtingstijden. En of de verwachtingen door de jaren heen beter zijn geworden.

In figuur 4 is de evolutie van de Brier skill score te zien van de ECMWF EPS neerslagkanssen voor een viertal drempels en voor 6 dagen vooruit. Allereerst valt op dat de skill van de ECMWF EPS neerslagkanssen duidelijk is toegenomen: de skill vanaf 2000 is duidelijk beter dan ervoor. Dit hangt samen met een aantal

verbeteringen in het model, in de waarnemingen en in de constructie van het ensemble. Daarnaast is de skill voor de lagere drempels beter dan voor de hogere drempels. Dit is ook wat je verwacht: een weermodel heeft namelijk moeite met het verwachten van extremen. Soortgelijke figuren voor 4 en 10 dagen vooruit (niet getoond) laten zien dat de skill voor 4 dagen vooruit duidelijk beter is dan voor 6 dagen vooruit. Voor 10 dagen vooruit hebben de neerslagverwachtingen geen skill meer.

Hoe neem je een beslissing op basis van een kansverwachting?

Om op een objectieve wijze een beslissing te nemen op basis van een kansverwachting, wordt vaak gebruik gemaakt van een zogenaamde *cost-loss* analyse. Hierbij

dien je inzicht te hebben in de kosten die je maakt als je voorzorgsmaatregelen neemt om schade te voorkomen en in de potentiële schade die je oploopt als je geen voorzorgsmaatregelen neemt. Het quotiënt van deze twee, de cost-loss ratio genaamd, bepaalt vervolgens de kansdrempel, waarboven je actie zou moeten ondernemen.

Als voorbeeld kun je denken aan een fruitteler die de bloesem wil beschermen tegen nachtvorst. Stel dat zijn cost-loss ratio 0,1 is en de kans op nachtvorst 20%, dan zal hij de bloesem willen beschermen tegen schade door nachtvorst, terwijl hij dat niet zou doen als de kans op nachtvorst 5% is. Hierbij gaan we er wel van uit dat de kansverwachtingen reliable zijn.

Als daarentegen de cost-loss ratio van een gebruiker heel hoog is, bijvoorbeeld 0,9, dan zal hij of zij pas actie ondernemen als de kans > 90% is. Door kansverwachtingen uit te geven, kan elke gebruiker zelf bepalen, op basis van de cost-loss ratio, wanneer er actie moet worden ondernomen. Dit is een groot voordeel ten opzichte van deterministische verwachtingen, waarbij die onzekerheidsinformatie niet voorhanden is.

Kwalitatief speelt cost-loss ook een rol bij de beslissing of je een paraplu meeneemt. De ene persoon zal een paraplu meenemen als de kans op neerslag >50% is, terwijl de andere dat pas zal doen als de kans >80% is.

Met dank aan Gerrit Burgers, Martin Stam en Kees Kok van het KNMI. Meer informatie over het KNMI is te vinden op <www.knmi.nl> en over het ECMWF op <www.ecmwf.int>.

LITERATUUR

- Glahn, H. R., & Lowry, D. A. (1972). The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *Journal of Applied Meteorology*, (11)8, 1203–1211.
- Wilks, D.S. (2006). *Statistical methods in the atmospheric sciences*, 2nd ed. International Geophysics Series, Vol. 59, Academic Press.

MAURICE SCHMEITS studeerde meteorologie en fysische oceanografie aan de Universiteit Utrecht en promoveerde op een onderwerp in de fysische oceanografie aan diezelfde universiteit. Sinds 2001 werkt hij als onderzoeker op het KNMI. E-mail: <schmeits@knmi.nl>