

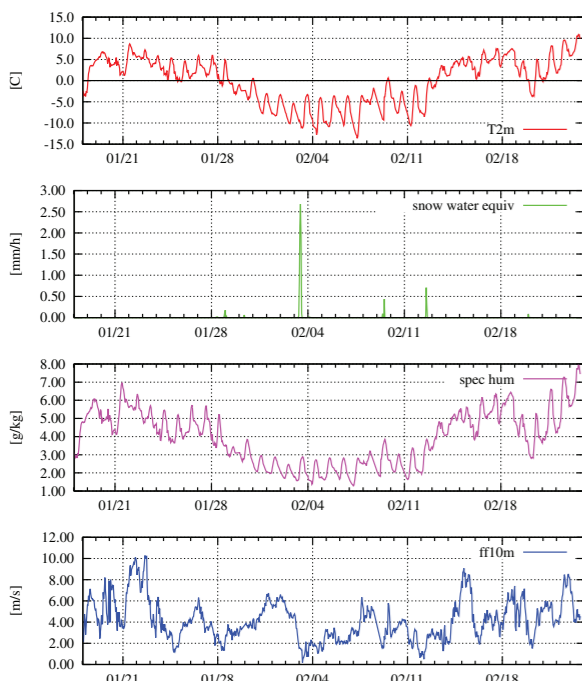
# Een vergelijkende studie van ijsgroeimodellen in Nederland

CISCO DE BRUIJN EN FRED BOSVELD (KNMI)

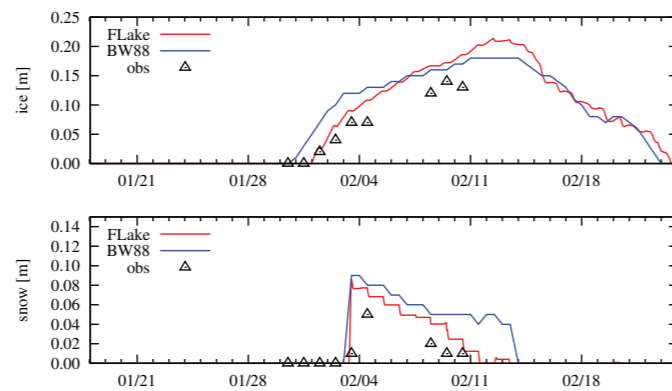
In de huidige weermodellen met resoluties van enkele kilometers is het van belang om de thermodynamische uitwisseling tussen meren en de atmosfeer in beschouwing te nemen. Dit artikel gaat over de merenmodule FLake (Fresh water Lake model) waarin op relatief eenvoudige wijze het effect van meren wordt beschreven. De module berekent de evolutie van het temperatuurprofiel in het water en bij voldoende kou wordt behalve de ijsdikte ook een eventuele sneeuwlaag bijgehouden. We bespreken de prestaties van de “stand-alone” versie van FLake en het operationele ijsgroeimodel van het KNMI voor de winter van 2012 en vergelijken de uitkomsten met waarnemingen. Beide ijsgroeimodellen worden voorzien van dezelfde meteorologische informatie uit het weermodel HARMONIE. De ijsgroeimodellen geven een indicatie van regionale verschillen in de ijsvorming, waarbij FLake het beter doet dan het operationele ijsgroeimodel wat betreft de timing van dichtvriezen.

## Inleiding

In Nederland komen winters voor waarbij het gaat vriezen, en na een paar nachten vorst wil iedereen weten wanneer en waar er geschaatst kan worden. Het KNMI maakt verwachtingen van de ijsdikte om aan deze vraag van het algemene publiek en specifieke afnemers te voldoen. Het operationele ijsgroeimodel is gebaseerd op een artikel van de Bruin en Wessels (1988). We noemen dit model vanaf nu BW88 en we vergelijken de uitkomsten ervan met een alternatief ijsgroeimodel FLake, een internationaal geaccepteerd model, dat standalone kan opereren maar ook als onderdeel van weer- en klimaatmodellen. De modelresultaten worden vergeleken met vrijwillige waarnemingen van rayonhoofden van de Friesche Elfsteden Vereniging. Deze waarnemingen zijn met behulp van de website van het KNMI ingezameld. Beide ijsgroeimodellen worden voorzien van dezelfde meteorologische gegevens die afkomstig zijn van de 6-uurlijkse analyses van HARMONIE, het operationele meso-schaal weermodel van het KNMI. De meteorologische forcering is vrijwel identiek voor beide ijs-



Figuur 1. Tijdsree van 2m-temperatuur, sneeuwval, specifieke vochtigheid, 10m-windsnelheid op basis van 6-uurlijkse HARMONIE-analyses in IJlst gedurende de vorstperiode in de winter van 2012.

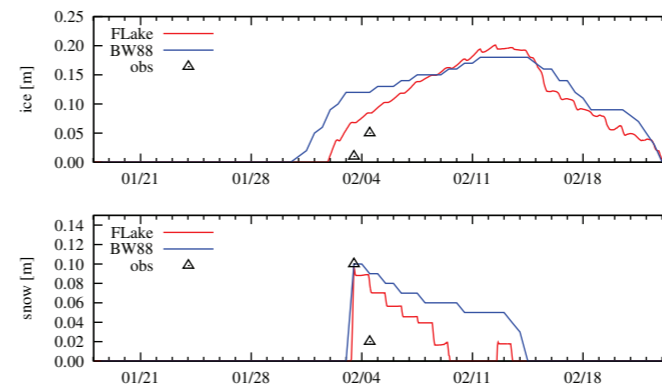


Figuur 2. Ijs- en sneeuwdiktes in IJlst berekend met FLake en BW88 gedurende de vorstperiode in januari/februari 2012. De waarnemingen (driehoekjes) komen eveneens uit IJlst.

groeimodellen waardoor een eerlijke vergelijking kan worden gemaakt. In dit artikel wordt bekeken of het mogelijk is om regionaal onderscheid te maken in ijs- en sneeuwdikte.

## Beschrijving ijsgroeimodellen

Het BW88 model is een 1-kolomsmodel dat de energiebalans ter hoogte van het interface water-lucht uitrekent en dat tevens de energie-uitwisseling met de waterkolom bijhoudt, zie de Bruin en Wessels (1988). Het model gaat ervan uit dat de waterkolom goed gemengd is en dat er dus geen verticale gradiënten voorkomen. Een eventuele ijs- en sneeuwlaag kan in de tijd evolueren. BW88 wordt op het KNMI gebruikt om ijsdikte verwachtingen te berekenen op basis van ensembles van het ECMWF-model: de zogenaamde ijspluim. FLake is eveneens een 1-kolomsmodel dat het temperatuurprofiel in de waterkolom integreert in de tijd, gebruikmakend van een “self-similar” parameterisatie, zie hiervoor Mironov et al. (2010) en de Bruijn et al. (2014). Er wordt onderscheid gemaakt tussen een menglaag en een daaronder gelegen stabiele laag. Dit concept wordt ook toegepast om het temperatuurprofiel in sneeuw en ijs te beschrijven. Het stelsel van vergelijkingen wordt aan de bovenkant geforceerd met atmosferische randvoorwaarden. FLake is robuust, vergt weinig rekentijd en is geïmplementeerd in de bodemschemas van diverse weermodellen waaronder het ECMWF-model, COSMO en AROME. Er is een online versie beschikbaar (<http://www.flake.igb-berlin.de>) waarmee men zelf kan experimenteren.



Figuur 3. Als Fig. 2 maar nu voor het Slotermeer. De waarnemingen (drie-hoekjes) komen uit het nabij gelegen Balk.

rimenteren.

In deze studie zijn de set-up parameters voor de ijsgroeimodellen gespecificeerd als in Tabel 1.

## Regionale ijsverwachtingen

We gebruiken HARMONIE-gegevens als meteorologische forcering voor beide ijsgroeimodellen. De dataset begint tien dagen eerder dan de vorstperiode aanvangt om ervoor te zorgen dat de ijsgroeimodellen in evenwicht zijn met de atmosfeer. Figuur 1 laat de tijdseries zien van de belangrijkste invoerparameters op basis van 6-uurlijkse HARMONIE analyses in IJlst (Friesland) tijdens de vorstperiode van 28 januari tot 12 februari 2012. De synoptische situatie werd gekenmerkt door een anti-cyclonale stroming waardoor er koude en droge lucht werd aangevoerd uit het noordoosten. Opvallend is dat er op 3 februari sneeuw viel wat gevolgen had voor de aangroei van het ijs.

## Tijdstip van het dichtvriezen

De ijsgroei op twee locaties, namelijk IJlst en Sloten laat opmerkelijke verschillen zien in de timing van het ontstaan van de eerste centimeters ijs (Figuren 2 en 3). In IJlst, een beschut kanaal, begint de ijsgroei een aantal dagen eerder dan in Sloten. Sloten is in feite een locatie midden op het Slotermeer. Het is duidelijk dat de wind de ijsgroei op het Slotermeer, waar de wind vrij spel heeft, vertraagt. Het moet gezegd worden dat er weinig waarnemingen zijn op het Slotermeer (dit soort waarnemingen worden gedaan door vrijwillige waarnemers) maar het relaas van Auke Hylkema (rayonhoofd Balk) in Pauw en Wittman (2012) kan de geringe ijsgroei aldaar bevestigen.

Als we naar de modellen kijken (Figuren 2 en 3), dan zien we dat het tijdstip van het ontstaan van de ijsvloer door FLake beter wordt gesimuleerd dan BW88. BW88 laat de bevroering op beide locaties drie dagen te vroeg plaatsvinden. In FLake is het ontstaan van het eerste ijs precies goed getimed in IJlst en één dag te vroeg in Sloten. Blijkbaar profiteert FLake van de nauwkeurige straling uit HARMONIE, terwijl in BW88 de stralingsforcering met relatief eenvoudige empirische formules intern wordt berekend. Verder werkt FLake met twee

	Cabauw	Sloten	IJlst	Dokkum	Leersum	Loosdrecht
Diepte (m)	0.5	2.5	2.0	2.0	1.5	2.5
Fetch (km)	0.1	5.0	2.0	1.0	1.0	5.0
Type bassin	sloot	meer	kanaal	kanaal	meer	meer

Tabel 1. Set-up parameters van FLake en BW88.

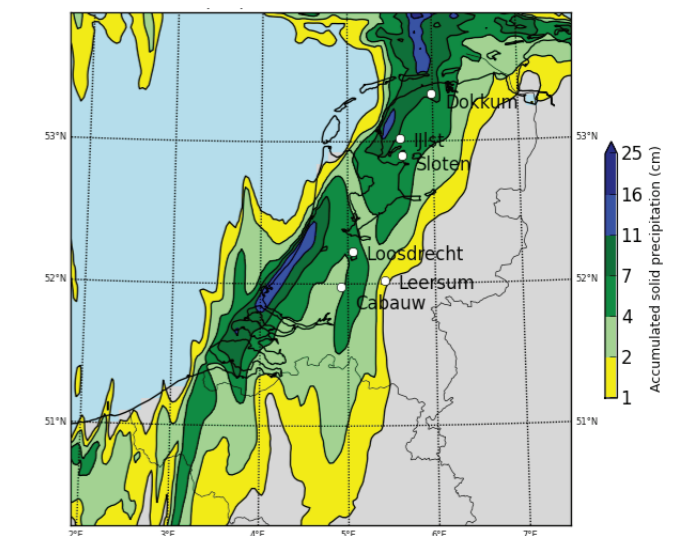
waterlagen en kan het model derhalve de ontwikkeling van het watertemperatuurprofiel beter beschrijven. De ijsvloer is weer verdwenen op 23 februari, maar vanwege het ontbreken van waarnemingen kan dit niet goed gevalideerd worden. Het is namelijk wel begrijpelijk dat vrijwilligers niet zo gemotiveerd zijn om het ijs op te gaan als de dooi is ingevallen in verband met een verhoogd risico op een nat pak.

## Sneeuw op het ijs

Interessant in deze vorstperiode is de sneeuwval die gegeven wordt in Figuren 4 en 5, waarin de 24-uurs accumulaties van sneeuw volgens respectievelijk HARMONIE en de observaties worden weergegeven. De sneeuwlaag was niet gelijkmatig verdeeld en er zijn duidelijke regionale verschillen. In de oostelijke helft van Nederland viel nauwelijks sneeuw, hetgeen door het model goed wordt weergegeven. Echter het model heeft de neiging om de hoeveelheden te overschatten, bijvoorbeeld in het gebied rondom Dokkum waar HARMONIE veel meer sneeuw produceert dan de waarnemingen laten zien. Op de andere locaties stemmen de sneeuwhoogtes beter met de waarnemingen overeen.

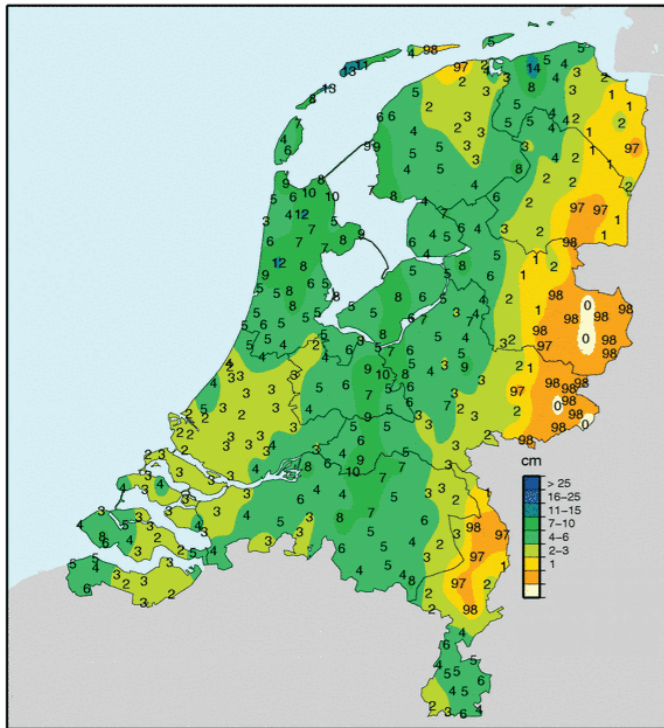
In Figuren 6 en 7 worden de regionale verwachtingen van sneeuw- en ijsdiktes weergegeven, met op vijf locaties de evolutie van de ijsvloer en de bovenliggende sneeuwlaag. Het betreft Sloten, Loosdrecht, Leersum, Dokkum en Cabauw die verschillende sneeuwhoogtes te verwerken krijgen. In het begin van de vorstperiode, als het ijs nog niet zo dik is en de warmte over een relatief dunne laag afgevoerd dient te worden, groeit het ijs evenredig met . Aan de afvlakking van de ijsdiktecurve is goed te zien dat de sneeuw de ijsgroei afremt. De sneeuw fungeert als een isolatiedeken die de warmte-afvoer tijdens ijsvorming belemmert. BW88 laat de ijsvloer wederom een aantal dagen eerder ontstaan dan FLake. Dokkum ontving een behoorlijke hoeveelheid sneeuw, althans volgens het model, maar ten tijde van de sneeuwval was er al een redelijke laag ijs gevormd. De ijsgroei werd derhalve nauwelijks afgeremd. De sneeuwlaag verdween langzaam en remde de afbraak van de ijsvloer. In werkelijkheid was er te Dokkum nauwelijks sneeuw gevallen, maar vanwege het ontbreken van waarnemingen weten we niet hoe nauwkeurig de gesimuleerde ijsdiktes waren.

In Figuur 7, ten slotte, worden de resultaten van BW88 getoond en die laten kleinere regionale verschillen zien in



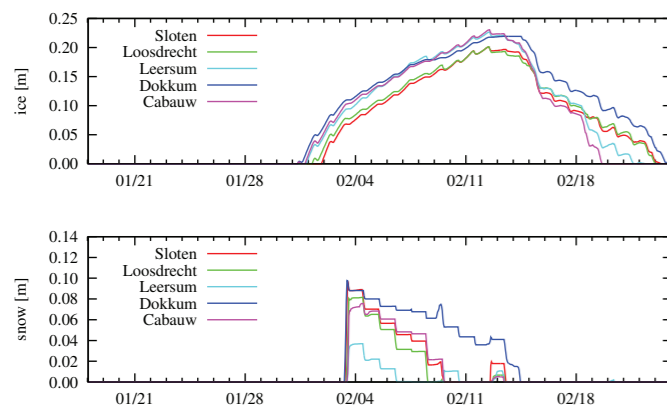
Figuur 4. Sneeuwbedekking op basis van een 24h-accumulatie van HARMONIE op 4 februari 2012 om 08 UTC.





Figuur 5. Waargenomen 24h-accumulatie van sneeuwval op 4 februari 2012 om 08 UTC op basis van 326 stations.

zowel ijsdikte als sneeuwhoogte. Opvallend is dat de sneeuwlaag in BW88 minder snel verdwijnt dan in FLake, waardoor het ijs langer blijft liggen. BW88 is een eenvoudiger model dan FLake en evolueert bijvoorbeeld geen temperatuurprofiel in de sneeuwlaag. Samen met eerder genoemde redenen is BW88 hierdoor minder goed in staat om regionale verschillen tussen de gekozen locaties te simuleren.

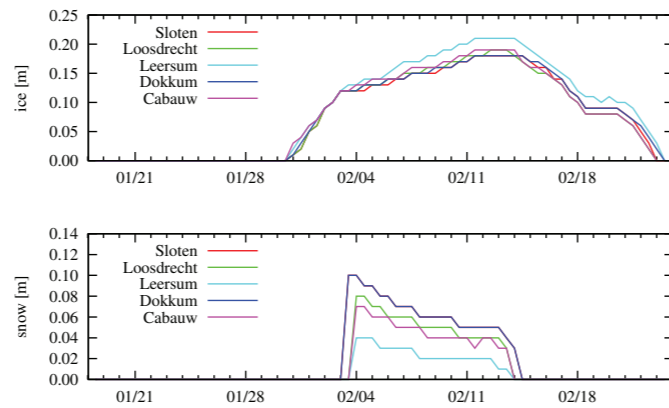


Figuur 6. FLake regionale ijs- en sneeuwdikte verwachtingen.

### Discussie

De besproken ijsgroei modellen zijn in feite parameterisaties waarbij met een 1-koloms aanpak horizontaal niet-homogene watermassa's gemodelleerd worden. Het is de vraag hoe representatief de gekozen waterdiepte, bodemtemperatuur en fetch zijn. Verder zijn de extinctiecoëfficiënten voor sneeuw en ijs bepaald in Arctische gebieden en zijn deze niet aangepast voor Nederland. Ook de extinctiecoëfficiënt voor troebel water is een goed zo mogelijk schatting die niet door middel van metingen is gecontroleerd.

De ijsgroei modellen laten het omzetten van sneeuw naar ijs buiten beschouwing. Sneeuw krijgt in de loop der tijd een grotere dichtheid door inklinking. Ook het smelten en weer opvriezen maakt de sneeuw compacter, hetgeen uiteindelijk resulteert in de vorming van sneeuw ijs (ook wel fondant-ijs



Figuur 7. Idem voor BW88.

genoemd). Deze processen zitten niet in beide ijsgroei modellen. BW88 en FLake zijn 1D-modellen en nemen alleen veranderingen in de verticaal in beschouwing.

Er wordt geen rekening gehouden met de interactie van de wind op het ijs, waardoor het ontstaan van ijsrichels (kistwerken) en windwakken niet wordt meegenomen.

### Conclusies en aanbevelingen

De ijsgroei modellen in dit artikel geven een goede indicatie van regionale verschillen in ijsdiktes, waarbij FLake het beter doet dan BW88 wat betreft de timing van het ontstaan van de ijsvloer. Meteorologische data en modelparameters (bijvoorbeeld waterdiepte) zijn belangrijk en de kwaliteit hiervan is bepalend voor de uiteindelijke resultaten.

FLake kan gradiënten in het temperatuurprofiel in het water beter beschrijven dan BW88.

Betrouwbare waarnemingen zijn belangrijk voor de validatie van ijsgroei modellen en wij pleiten voor het verrichten van meer waarnemingen. Wellicht kunnen remote-sensing instrumenten zoals bijvoorbeeld de grondradar ingezet worden om ijsdiktes te meten. De eerste pogingen van Grontmij B.V. in dezen zijn veelbelovend.

Ten slotte attenderen wij de lezer op het werk van Bas de Haan (WUR), die het BW88 model opnieuw gecodeerd heeft en getest op een flink aantal interessante ijsperiodes in het verleden.

### Dankbetuiging

Martin Stam en Rudolf van Westrheden van het KNMI en vele anonieme waarnemers worden bedankt voor het inzamelen en beschikbaar stellen van ijsdiktes en sneeuwhoogtes.

### Literatuur

Brujin, E.I.F. de, F.C. Bosveld en E.V. van der Plas, 2014: An intercomparison study of ice-growth models in the Netherlands. *Tellus A*, 66, 21244. doi: 10.3402/tellusa.v66.21244.

Bruin, H.A.R. de, en H.R.A. Wessels, 1988: A model for the formation and melting of ice on surface waters. *J. Applied Meteorology*, 27, 164-173.

Haan, B. de, 2014: A model for the formation and melting of ice on surface waters revisited. MSc thesis, Wageningen Universiteit, 1-33. <http://library.wur.nl/WebQuery/edepot/332364>.

Flake, Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland fisheries, Leibniz Institute für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), <http://www.flake.igb-berlin.de>.

Mironov, D., E. Heisse, E. Kourzeneva, B. Ritter, N. Schneider en A. Terzhevik, 2010: Implementation of the lake parameterisation scheme FLake into numerical weather prediction model COSMO. *Boreal Env. Res.*, 15, 218-230.

Pauw en Witteman (06-02-2012): Interview met Auke Hylkema (rayonhoofd Balk) <https://www.youtube.com/watch?v=V69i0BRkVwE>.



## Bachelor of Science Bodem, Water, Atmosfeer



## Master of science in Meteorology and Air Quality

### Meteorologie en Luchtkwaliteit Wageningen Universiteit

[www.maq.wur.nl](http://www.maq.wur.nl)

### Contact

Leo Kroon  
[leo.kroon@wur.nl](mailto:leo.kroon@wur.nl)

### Informatie over toelating

[www.wageningenuniversity.nl/NL/Informatie+voor/](http://www.wageningenuniversity.nl/NL/Informatie+voor/)

