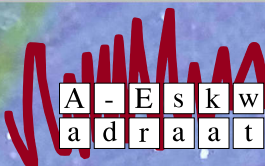




Jaargang 09/10 Nummer 3



Diepte

De dikte van gletsjers en ijskappen

Door: Rianne Giesen

Gletsjers vullen dalen in de Alpen en bijna het gehele Antarctische continent wordt bedekt door een ijskap, maar hoe dik is dit ijs eigenlijk? Dit artikel geeft een globaal overzicht van de methoden die gebruikt worden om de ijsdikte te bepalen.

Inleiding

Op aarde vinden we gletsjers en ijskappen in allerlei maten: van gletsjers in bergachtige gebieden met oppervlaktes kleiner dan een vierkante kilometer, tot de uitgestrekte ijskappen op Groenland en Antarctica die miljoenen vierkante kilometers beslaan. In de glaciologie wordt veelal onderscheid gemaakt tussen gletsjers, kleine en grote ijskappen. Een gletsjer is een ijsstroom omgeven door bergen. Een ijskap bedekt juist de hoogste pieken in het landschap en stroomt uit in verschillende richtingen. Alle ijskappen met een oppervlakte kleiner dan 50000 km² zijn kleine ijskappen, de enige twee grote ijskappen bevinden zich op Groenland en Antarctica. In het Engels wordt het onderscheid tussen kleine en grote ijskappen gemaakt met de woorden 'ice cap' en 'ice sheet'.

De totale oppervlakte van de honderduizenden gletsjers en ijskappen op aarde is redelijk goed in kaart gebracht. In het verleden was dit lastig, omdat voor veel gebieden geen goede topografische kaarten beschikbaar waren. Tegenwoordig kan met satellietbeelden ieder stukje aarde bekeken worden, zodat zelfs voor de meest onherbergzame gebieden de grootte van de aanwezige gletsjers en ijskappen kan worden bepaald.

De dikte van gletsjers en ijskappen is ook een belangrijke grootte, maar is veel lastiger te meten dan de oppervlakte. De ijsdikte is nodig om realistische ijsstroommodellen te kunnen maken, zodat de reactie van gletsjers en ijskappen op veran-

deringen in het klimaat kan worden gesimuleerd. Bovendien weten we zonder informatie over de dikte niet hoeveel water er opgeslagen ligt in een gletsjer of ijskap. Doordat het klimaat langzaam opwarmt, neemt de hoeveelheid smelt op gletsjers en ijskappen toe. Dit leidt tot een afname van het watervolume dat in het landijs ligt opgeslagen en een stijging van de zeespiegel. Met behulp van gegevens over de ijsdikte van gletsjers en ijskappen kan worden berekend hoeveel deze potentieel (als al het landijs smelt) kunnen bijdragen aan zeespiegelstijging.

Schatting

Een eerste schatting van de dikte van een gletsjer of ijskap kan eenvoudig worden gemaakt als de helling van het oppervlak bekend is. Als we aannemen dat ijs een perfect plastisch materiaal is, wat bij benadering juist is, dan geldt dat het product van de oppervlaktehelling en de ijsdikte constant is. Deze constante is kleiner voor grote ijskappen dan voor gletsjers. Vooral als op enkele locaties op een gletsjer of ijskap de ijsdikte bekend is en de constante dus berekend kan worden, wordt deze relatie gebruikt om op andere plekken de ijsdikte te schatten. Er ontstaan echter problemen op ruggen in een ijskap waar het ijs verschillende kanten op stroomt en de helling lokaal nul is. Ook aan de randen van een gletsjer of ijskap kan deze relatie niet worden gebruikt.

Radarmetingen

Voor een nauwkeurigere bepaling van de

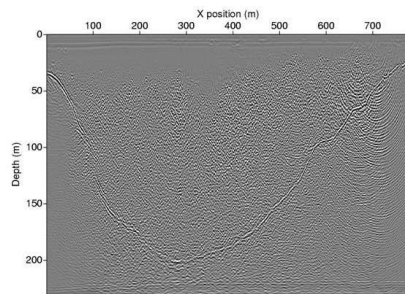
ijsdikte wordt in de glaciologie gebruik gemaakt van ‘ground penetrating radar’ (GPR). De gebruikte radarfrequentie varieert van ongeveer 1 tot 500 MHz. Op gletsjers en kleinere ijskappen wordt de radar vaak met een sneeuwscooter over het oppervlak verplaatst (Figuur 1), voor grotere ijskappen kunnen ook vervoermiddelen zoals vrachtwagens, helicopters of vliegtuigen worden gebruikt. Op overgangen tussen materialen met een verschillende permittiviteit wordt een deel van de energie gereflecteerd. Analyse van het weerkaatste radarsignaal laat dus zien op welke diepte de overgang van het ijs naar het onderliggende sediment of de rotsbodem zich bevindt (Figuur 2). Voor een ijsdiktekaart van een hele gletsjer of ijskap worden de radarmetingen geïnterpoleerd en eventueel gecombineerd met geschatte waarden in gebieden waar geen radarmetingen gedaan kunnen worden, bijvoorbeeld omdat het oppervlak te gevaarlijk is om te berijden.



Figuur 1: Sneeuwscooter met GPR systeem. De transmitter van het radarsignaal bevindt zich op de achterste slede, het signaal wordt ontvangen en opgeslagen op een computer op de voorste slede. De antennes bevinden zich voor, achter en tussen de sledes.

Naast de bepaling van de ijsdikte, kunnen radarmetingen gebruikt worden om bijvoorbeeld gletsjerspleten, locaties met vloeibaar water of jaarlagen in kaart te brengen. Jaarlagen worden gebruikt om te bepalen waar in de grote ijskappen op Groenland en Antarctica het ijs aan

de bodem het oudst is. Dit is namelijk een interessante locatie om een ijskern te boren. Voor een bruikbare ijskern mogen de lagen bovendien geen verstoringen vertonen en stroomt het ijs bij voorkeur langzaam. Geschikte boorlocaties bevinden zich daarom vaak op de toppen in het ijsoppervlak. En om weer terug te komen op ijsdiktebepalingen: een ijskern die de onderliggende rotsbodem bereikt, levert ook een absolute waarde voor de ijsdikte op.



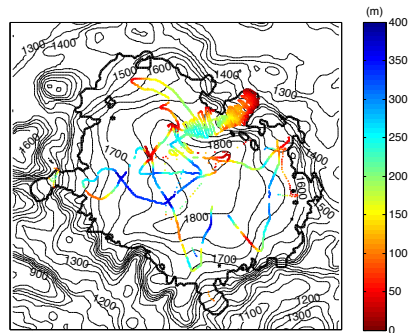
Figuur 2: Diagram van het weerkaatste radarsignaal langs een dwarsdoorsnede van een gletsjer, waarin duidelijk de overgang tussen het ijs en de bodem te zien is.

Voordat het gebruik van radar de standaard werd in de glaciologie, werd de ijsdikte van gletsjers en kleine ijskappen ook bepaald door verticale boringen met warm water. Dit is echter een tijdrovende bezigheid en geeft slechts heel lokaal een waarde voor de ijsdikte. Met radarmetingen kan veel efficiënter een groot gebied in kaart worden gebracht dan met boringen. Toch blijft het een hele klus om de dikte van een gletsjer of ijskap te bepalen. Apparatuur en wetenschappers zijn niet gemaakt om te werken in koude omstandigheden en het transport van materiaal naar een gletsjer of ijskap en het gebruik van een heli-copter of vliegtuig zijn kostbaar. Vandaar dat maar voor een select aantal gletsjers en ijskappen goede ijsdiktemetingen beschikbaar zijn.

Ijsdiktes op aarde

Tot slot wat typische waarden voor de dikte van het landijs op aarde. Gletsjers en kleine ijskappen in alpiene gebieden als de Alpen of Scandinavië zijn maximaal een paar honderd meter dik (Figuur 3). Grotere ijskappen zoals Vatnajökull in IJsland en de Noordelijke en Zuidelijke Patagonische ijskappen hebben een maximale ijsdikte van ruim één kilometer. De Groenlandse en Antarctische ijskap hebben beide een gemiddelde dikte van meer dan twee kilometer, met respectievelijk maximale ijsdiktes van ongeveer 3300 en 4800 meter. Het totale volume aan water dat ligt opgeslagen in de gletsjers en ijskappen op aarde wordt geschat op $28 \times 10^6 \text{ km}^3$, als dit allemaal zou smelten heeft dit een zeespiegelstij-

ging van bijna 65 meter tot gevolg.



Figuur 3: Ijsdikte gemeten met radar op Hardangerjøkulen, een kleine ijskap (73 km^2) in Zuid-Noorwegen. De dunne zwarte lijnen zijn hoogtelijnen, de dikke zwarte lijn geeft de rand van de ijskap aan.

Over de auteur

Rianne Giesen promoveerde afgelopen november op haar onderzoek getiteld 'The ice cap Hardangerjøkulen in the past, present and future climate'. Momenteel werkt ze als postdoc bij het Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek Utrecht (IMAU) aan een nieuwe schatting van de bijdrage van gletsjers en kleine ijskappen aan zeespiegelstijging in de komende 200 jaar. Zie ook <http://www.phys.uu.nl/~giesen>.