



De Langtang-gletsjer in het noorden van Nepal
voedt de Ganges in India. De laatste decennia
is de gletsjer in omvang afgenomen.

Alle rivieren in Azië worden gevoed door de gletsjers en sneeuwvelden van de Himalaya en het Tibetaanse plateau. Deze 'watertorens' worden bedreigd door opwarming, maar het effect op de waterbeschikbaarheid en voedselzekerheid benedenstrooms varieert sterk. Terwijl de landbouwgebieden langs de Indus en Brahmaputra met grote droogten worden bedreigd, zal het langs de Gele rivier juist natter worden.

Smelten gletsjers bedreigt 67 miljoen mensen in Zuidoost-Azië

We weten al langer dat veranderingen in het (af)smelten van gletsjers gevolgen hebben voor de benedenstroomse waterhuishouding, maar de studies die hierover verschenen waren kwalitatief van aard of gingen over kleine gebieden. De werkelijke impact van de klimaatverandering op de watervoorziening en voedselproductie in de Aziatische stroomgebieden bleef tot nu toe onduidelijk.

Wij hebben daarom de rol van de hydrologische processen bestudeerd in gebieden meer dan 2000 meter boven zeeniveau, in de stroomgebieden van de vijf belangrijke rivieren in Zuidoost-Azië: de Indus, Ganges, Brahmaputra, Jangtsekiang en Gele Rivier. Deze rivieren voorzien meer dan 1,4 miljard mensen, een vijfde van de wereldbevolking, van water. Hun stroomgebieden verschillen echter aanzienlijk (figuur 1 op pag. 8). In het stroomgebied van de Jangtsekiang leven de meeste mensen, maar het stroomgebied van de Ganges is veel dichter bevolkt. De Indus en Brahmaputra hebben uitgestrekte bovenstroomse gebieden (boven 2000 meter) met aanzienlijk meer gletsjers dan de Jangtsekiang en de Gele rivier. De stroomgebieden van de Ganges, Brahmaputra en Jangtsekiang zijn natter dan die van de Gele rivier en de Indus. Tot slot maken boeren in de neerslagarme stroomgebieden van de Indus, Ganges en Jangtsekiang gebruik van grootschalige irrigatiesystemen die gevoed worden met smeltwater uit de rivieren. Het meest kwetsbaar is de situatie rond de Indus. Hier is discrepantie tussen neerslaghoeveelheid en de vraag naar irrigatiewater het grootst.

Ons onderzoek in deze vijf stroomgebieden heeft zich op drie componenten gericht: het belang van smeltwater in de hydrologie van de rivieren, de waargenomen veranderingen met betrekking tot de gletsjers en de effecten van klimaatverandering op de hoeveelheid smeltwater in de bovenstroomse gebieden en de voedselzekerheid benedenstrooms.

Smeltwater

Op dit moment speelt smeltwater een belangrijke rol in de stroomgebieden van de Brahmaputra en vooral de Indus. We schatten dat 60% van de totale afvoer in dit stroomgebied

smeltwater is. In het stroomgebied van de Brahmaputra is dit 21%. De bijdrage van sneeuw- en gletsjersmeltwater aan de andere rivieren is veel geringer: bij de Ganges is dit 9%, de Jangtsekiang 7% en de Gele rivier 7% (figuur 2 op pag. 9). Dat valt te verklaren door het relatief grote benedenstroomse gebied, de geringe bovenstroomse neerslag, kleinere gletsjers en/of de door de natte moesson gedomineerde benedenstroomse klimaten.

Sinds het einde van de laatste ijstijd zijn de meeste gletsjers in de Himalaya aan het slinken. Digitale terreinmodellen en satellietbeelden door de tijd heen tonen een gemid-



FOTO: H. HELLEMAN

Het Tibetaans plateau in de buurt van Tingri op 4380 meter hoogte. Dit gebied voedt de Brahmaputra die voor 21% afhankelijk is van smeltwater.

Jongens planten rijst in een veld in Larkana, Pakistan. Het smelten van de gletsjers en sneeuwvelden in de Himalaya brengt de voedselvoorziening van miljoenen mensen in Azië en vooral Pakistan in gevaar.



delde jaarlijkse afname in ijsdikte van 50 tot 90 centimeter per jaar in het Everestgebied in Nepal en de westelijke Himalaya. Ook de hooggelegen gletsjers in Tibet groeien niet meer aan. Terwijl het ijsvolume van de Aziatische stroomgebieden in algemene zin slinkt, kan de situatie regionaal afwijken. Kwantitatieve gegevens ontbreken echter om de ruimtelijke variatie in de afname van gletsjers te kunnen vaststellen. In ons onderzoek hebben we met complexe modellen schattingen gemaakt van de omvang van de gletsjers in de periode 2046-2065 en het effect hiervan op de beschikbare hoeveelheid smeltwater. Vanwege de onzekerheden analyseerden we meerdere scenario's.

De aanvoer van bovenstrooms water is essentieel voor het voortbestaan van bovenstroomse waterbekkens die dienen om water te bergen en gecontroleerd te laten leegstromen in perioden van grote vraag naar

water in de benedenstroomse gebieden. Irrigatiewater langs de Indus, de rivier met 's werelds grootste irrigatiesysteem, wordt bijvoorbeeld gereguleerd door de Tarbela-dam in de Indus en de Mangla-dam in de Jhelum. Beide bevinden zich in de bovenloop van de Indus en worden in hoofdzaak gevoed door smeltwater. Iedere verandering in de wateraanvoer heeft verregaande gevolgen voor de miljoenen mensen die stroomafwaarts van deze dammen wonen.

Wateraanvoer

Ons onderzoek toont een substantiële variatie in de toekomstige veranderingen in de wateraanvoer (figuur 3). De meest waarschijnlijke scenario's resulteren in een afname van 8,4% van de bovenstroomse wateraanvoer voor de Indus, 17,6% voor de Ganges, 19,6% voor de Brahmaputra en 5,2 % voor de Jangtsekiang. Hoewel de afname in waterafvoer tussen

de rivieren sterk varieert, is deze toch steeds minder dan de afname in de hoeveelheid smeltwater suggereert. De verminderde hoeveelheid smeltwater wordt namelijk gedeeltelijk gecompenseerd door toenemende bovenstroomse neerslag. De Indus en Brahmaputra kunnen 25% meer neerslag verwachten, de Gele rivier 14%, de Ganges 8% en de

Figuur 1: Gletsjers en stroomgebieden in de Himalaya

