

# Ramptoerisme vanuit de ruimte

**De tropische cyclonen in het Caribisch gebied waren de afgelopen maanden geregeld in het nieuws, meestal in ongunstige zin. Vooral Cuba kreeg er flink van langs; er trokken in één orkaanseizoen maar liefst drie hurricanes over het eiland. Vanuit de ruimte valt er echter veel te genieten, ook al voel je je bij het bekijken van de satellietbeelden soms een ordinaire ramptoerist.**

Het meest opvallende kenmerk van een tropische cycloon op satellietbeelden is het enigszins donkere, wolkenvrije oog. Daarvoor zit een 'muur' van actieve buienwolken. De lucht gaat er met snelheden van honderd tot honderd vijftig kilometer per uur omhoog. Bovendien, op zo'n achttien kilometer hoogte, stroomt de inmiddels sterk afgekoelde lucht met bewolking weer spiraalsgewijs naar buiten. Aan de bovenzijde van de cycloon vormt zich een ijskoude, felwitte kap van ijswolken, die op zichtbaarheidbeelden van weersatellieten markant zichtbaar is. De karakteristieke kenmerken van bovenaf bekeken tropische cyclonen zijn goed terug te vinden op de satellietbeelden van figuur 1. De beelden van Gustav en Ike, twee van de drie

orkanen die in het hurricanseizoen 2008 over Cuba raasden, zijn gebaseerd op meetgegevens van het Amerikaanse satelliet Aqua, de zustersatelliet van de eerdergenoemde Terra. Het oog oogt minder koud dan de paars ingekleurde bewolking eromheen. In onbewolkte gebieden lezen we de temperatuur af van het zeewater of het landoppervlak.

## Wind

Uit beelden van tropische cyclonen, gemaakt in het infrarood en 'zichtbaar' licht, is niet direct af te leiden hoe verwoestend de orkaanwinden onder de dik opeengepakte wolkenmassa's zijn. Wel verwachten we de hoogste windsnelheden onder de wolkenmuur naast het oog. Verder kun je op het beeld van Ike (figuur 1b) zien dat er weinig wind staat in het gebied ten zuiden van de orkaan. Daar licht het doorgaans donkere

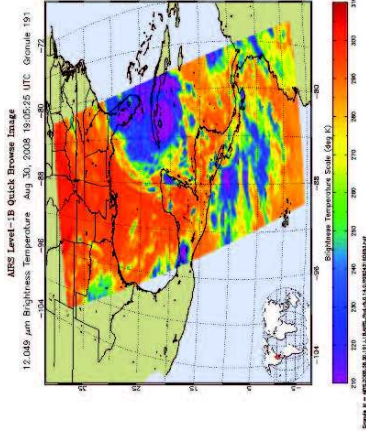
## Kees Floor

Kees Floor verzorgt cursussen, workshops, lezingen en gescreven teksten over het weer en aanverwante onderwerpen. Veel van zijn bijdragen aan Zent (en andere tijdschriften) zijn te vinden op [keesfloor.nl](http://keesfloor.nl).

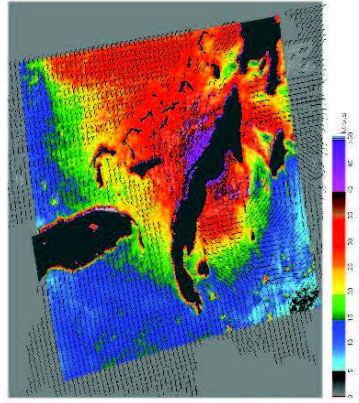
**Figuur 1:** beelden in het zichtbare licht uit het orkaanseizoen van 2008 van de tropische cyclonen Gustav bij Cuba, 30 augustus (a) en Ike boven de Atlantische Oceaan ten noordoosten van de Bovenwindse Eilanden, 4 september (b). Satelliet: Terra. Instrument: MODIS. Bron: NASA/GSFC MODIS Rapid Response Team.

2008 (figuur 2) is gebaseerd op meetgegevens van het AIRS-instrument op de Amerikaanse satelliet Aqua, de zustersatelliet van de eerdergenoemde Terra. Het oog oogt minder koud dan de paars ingekleurde bewolking eromheen. In onbewolkte gebieden lezen we de temperatuur af van het zeewater of het landoppervlak.

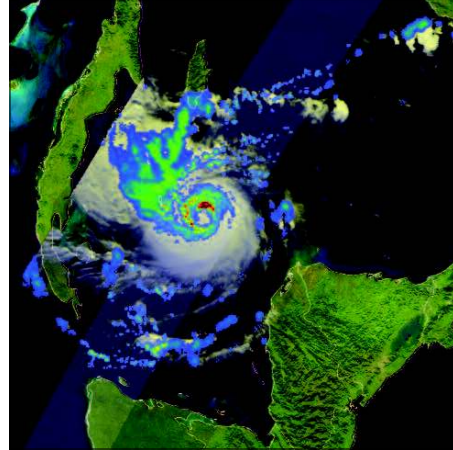




**Figuur 2: temperatuurbeeld van de tropische cycloon Gustav, 30 augustus 2008. Satelliet: Aqua. Instrument: AIRS. Bron: NASA/JPL.**



**Figuur 3: windsnelheden boven zee rond de orkaan Ike, gemeten op 8 september 2008 met een scatterometer op de Amerikaanse satelliet Quikscat. Het oog van de tropische cycloon ligt boven Cuba. Bron: NASA/JPL.**



**Figuur 4: ingekleurde neerslaggebieden en infrarood wolkenbeeld (wolken zijn wit) rond de tropische cycloon Paloma, gemeten op 7 november 2008 door instrumenten**

oceanwater op. Deze zilverwitte band wordt veroorzaakt door weer- spiegelingen van zonlicht in die delen van het zeeoppervlak die toevallig de juiste stand hebben om als spiegelend vlak tussen zon en satelliet op te kunnen treden. Om dit effect te krijgen moet de zee niet te wild zijn en mag het dus niet te hard waaien.

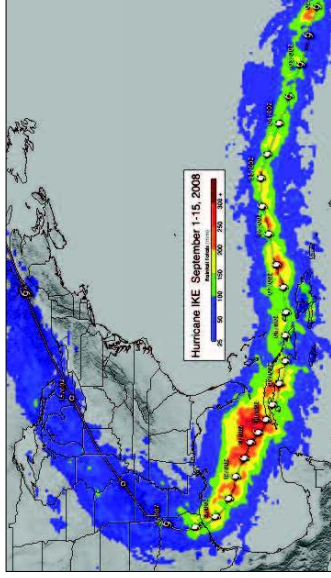
### Regen

Direct buiten de 'wolkenmuur' van een tropische cycloon bevinden zich regenbanden, die evenwijdig aan de wind naar het centrum toe lijken te spiraliseren. Om deze banden in beeld te brengen, zijn weer andere instrumenten beschikbaar. Zo bevinden zich op de Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satelliet, die in november 1997 gelanceerd werd, de TRMM-neerslagradar (PR) en de TRMM Microwave Imager (TMI). Figuur 4a bevat beelden van Paloma, de derde orkaan die Cuba in 2008 reisterde. De neerslaghoeveelheden in de middelste, wat lichter getinte strook zijn van de PK, die daarbuiten van de TMI. De meetwaarden worden gepresenteerd in een satellietbeeld met bewolkingenbeelden, gebaseerd op infrarooddata, gemeten door de TRMM Visible Infrared Scanner op dezelfde satelliet.

Het satellietbeeld van figuur 4a is van 7 november 2008. Paloma lag op dat moment boven de Caribische Zee tussen Honduras en Cuba. Uit het beeld is op te maken dat de lucht zich voortbeweegt rond een gesloten oog. Rondom het oog bevindt zich een ringvormig gebied met matige regen (groen). Een uitgebreid regen gebied met lichte (blauw) tot matige regen strekt zich verder naar het noordoosten uit. In de wolkenmuur aan de oostzijde regent het hard (rood).

Figuur 4b is van hetzelfde tijdstip als Figuur 4a en toont een driedimensio- naal beeld van de orkaan. Vooral de vijftien kilometer hoge 'toren van opstijgende lucht is opmerkelijk. Hij bevindt zich op de plek van het rood gemarkeerde regen gebied in de wol- kenmuur aan de oostzijde van het oog van de tropische cycloon. Daar- naast zijn er talrijke minder hoge to- renen, wat een aanwijzing kan zijn voor het verder in kracht toenemen van de orkaan.

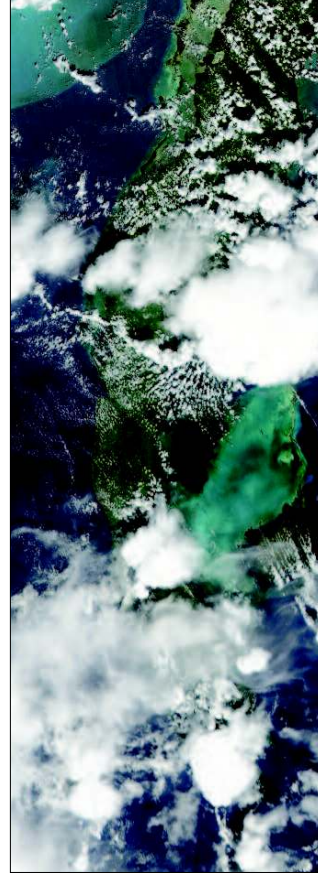
**Figuur 5: spoor van neerslag dat de tropische cy- cloon Ike achterliet langs zijn baan over het Cari- bisch gebied, gebaseerd op metingen van in- strumenten op de Tropical Rainfall Measuring Mis- sion (TRMM) satelliet. Tevens zijn de posities op de verschillende tijdstippen weergegeven. Bron: Hal Pierce (SSA/NASA GSFC).**



worden gebracht dat een tropische cycloon heeft achtergelaten. Voor Ike is dit spoor, samen met de bijbeho- rende orkaanposities, afgebeeld in fi- guur 5. De grote neerslaghoeveelhe- den gaven boven land steeds aanlei- ding tot overstromingen. Die deden zich in het geval van Ike onder an- dere voor op Haiti en Cuba en in de Amerikaanse staten Texas, Missouri, Illinois and Indiana. Daarnaast had men langs de kusten van Texas en Louisiana te kampen met door ok- ceaan over. De passaatwinden drij- ven de hurricanes naar het Caribische gebied, waar ze over de eilanden kunnen razen alvorens in Texas, Louisiana of Florida aan land te gaan.

### Baan en seizoen

Achteraf kan met TRMM-gegevens het land binnendrong (zie verderop). Een baan zoals van Ike op figuur 5 is



**Figuur 6: de ondiepe wateren van de Golfo de Batabanó zijn volgens de Amerikaanse satelliet Terra op 1 septem- ber, twee dagen na het overtrekken van de tropische cycloon Gustav, melkwit (a). Vier dagen later overheer- sen in dat zeegebied weer de gebruikelijke turquoise tinten, zoals het beeld van zustersatelliet Aqua van 5 september 2008 laat zien (b). Instrument: MODIS. Bron: NASA/GSFC MODIS Rapid Response Team.**



Voor hurricanes die ontstaan in het naseizoen, zoals Paloma, gelden andere regels. Gemiddeld komt er in november om het andere jaar een orkaan tot ontwikkeling. Dat zijn orkanen dan uitgroeit tot categorie 4 is uiters zeldzaam; alleen Lenny uit 1999 wist op een latere kalenderdatum de categorie-4 status te bereiken.

De late orkanen ontwikkelen zich meestal boven het midden of het westen van de Caribische Zee, omdat het zee-water alleen daar dan nog warm genoeg is om tropische cyclonen te kunnen ondersteunen. Voor Cuba bestaat het orkaanseizoen daarvoor voornamelijk uit de maanden oktober en november. De vijf zwaarste orkanen die Cuba de afgelopen honderd jaar teisterden, traden op in die maanden: de vijfdaagse cyclus van 13-17 oktober 1910, de hurricane van 18 en 19 oktober 1924, de cyclus van 20 oktober 1926, de hurricane van Santa Cruz del Sur van 9 november 1932 en de Pinar del Río hurricane van 18 oktober 1944. Uit dit overzicht blijkt al dat de naamgeving van de tropische cyclonen destijds afweek van de huidige gebruiken met afwisselend jongens- en meisjesnamen.

**Effecten en schade**  
Satellietbeelden worden niet alleen gebruikt om er de tropische cyclonen zelf mee te bekijken; ook de schade of andere veranderingen die

aan het aardoppervlak teweeg worden gebracht, zijn soms uit de beelden af te leiden. De tropische cyclus Gustav, voor Cuba de eerste van het seizoen 2008, bereikte het eiland 30 augustus (zie figuren 1a en 2). Het was alsof het eiland was getroffen door een atoomboom; schreef Fidel Castro in de partijkrant. De beelden van de verwoestingen op de Cubaanse TV deden hem denken aan wat hij zag tijdens zijn bezoek aan Hiroshima in augustus 1945. Door Gustav liepen honderd duizend woningen en gebouwen schade op, waarvan er ten minste 6000 onherstelbaar beschadigd bleken. Daarnaast traden er overstromingen op.

Op de MODIS-beelden is van die schade weinig te zien. Met een resolutie van 250 meter zijn ze te grof voor dergelijke details. Toch is aan satellietbeeld 6a van 1 september te zien dat er een krachtige orkaan is overgetrokken. De ondiepe wateren van de Golfo de Batabanó zijn namelijk melkwit; gewoonlijk overheersen daar turquoise tinten. Gustav bracht het water flink in beroering, waarbij onder andere lichtgeint zand naar het oppervlak kwam.

De bruine tinten langs de kust worden veroorzaakt door sediment dat in het water terecht is gekomen. Het is weggespoeld door hevige regenval of meegenomen door de door de orkaan opgewekte vloedgolven. Sa-

tellictblend 6b van 5 september 2008 laat zien dat het water zes dagen later ondanks de fikse buien weer zijn normale tint had aangenomen.

**Galveston, Texas**  
De ASTER-beelden van figuur 7 brengen ons terug naar Ike. Nadat Cuba was aangedaan, zette deze orkaan over de Golf van Mexico koers naar de Amerikaanse zuidkust. Daar trok hij vlak bij Galveston Texas binnen. Het aan land gaan van de orkaan ging op 13 september 2008 gepaard met meer dan 4,5 meter hoge vloedgolven, die een brede strook langs de kust totaal vernietigden. De grootte van het gebied dat getroffen werd, is af te leiden uit de ASTER-beelden, die een resolutie van 15 meter kunnen halen. Op deze beelden is vegetatie rood, water blauw, bewolking wit en bebouwing of kale grond bruin van tint.

Figuur 7a geeft de normale, schadegedate welig, wat leidt tot heldere rode tinten op het satellietbeeld van 15 augustus 2006. Na de vloedgolf is door de kracht van het water en zout de schadelijke werking van het zout de groene vegetatie uit het verwoeste gebied verdwenen; de kuststrook heeft op 28 september 2008 een bruine tint gekregen (figuur 7b). Langs de kustlijn is op dat recente beeld nog één rode vlek zichtbaar.

aan het aardoppervlak teweeg worden gebracht, zijn soms uit de beelden af te leiden. De tropische cyclus Gustav, voor Cuba de eerste van het seizoen 2008, bereikte het eiland 30 augustus (zie figuren 1a en 2). Het was alsof het eiland was getroffen door een atoomboom; schreef Fidel Castro in de partijkrant. De beelden van de verwoestingen op de Cubaanse TV deden hem denken aan wat hij zag tijdens zijn bezoek aan Hiroshima in augustus 1945. Door Gustav liepen honderd duizend woningen en gebouwen schade op, waarvan er ten minste 6000 onherstelbaar beschadigd bleken. Daarnaast traden er overstromingen op.

Op de MODIS-beelden is van die schade weinig te zien. Met een resolutie van 250 meter zijn ze te grof voor dergelijke details. Toch is aan satellietbeeld 6a van 1 september te zien dat er een krachtige orkaan is overgetrokken. De ondiepe wateren van de Golfo de Batabanó zijn namelijk melkwit; gewoonlijk overheersen daar turquoise tinten. Gustav bracht het water flink in beroering, waarbij onder andere lichtgeint zand naar het oppervlak kwam.

De bruine tinten langs de kust worden veroorzaakt door sediment dat in het water terecht is gekomen. Het is weggespoeld door hevige regenval of meegenomen door de door de orkaan opgewekte vloedgolven. Sa-

tellictblend 6b van 5 september 2008 laat zien dat het water zes dagen later ondanks de fikse buien weer zijn normale tint had aangenomen.

**Langgerekte, bruine band**  
Hoewel de zwaarste vloedgolven Galveston en directe omgeving troffen, liet de orkaan Ike ook de oevergebieden van Texas en die van Louisiana niet onberoerd. De vloedgolven drongen er ver het land binnen, dat daar uit draslanden (wetlands) bestaat. Het zoute water tastte de planten aan, die slap gingen hangen en bruin verkleurden. De bruine tinten zijn in het MODIS-zichtbaarheidsbeeld van figuur 8 goed te zien. De langerekte bruine strook langs de kust strekt zich uit over een lengte van honderden kilometers. Het zoute water kon niet overal even snel naar zee terugstromen. Op plaatsen waar het water langer bleef hangen, ontvonden de planten meer schade dan elders. Hier en daar is ook de begroeiing weggeslagen door de binnenvloeiende of terugtrekkende watermassa's. Hoe lang het duurt voor het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

Ten noorden van de bruine strook van beschadigde draslanden hebben de vloedgolven geen schade meer aangericht. Eerst zijn de lichtgroene tinten van cultuurgrond zichtbaar,

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

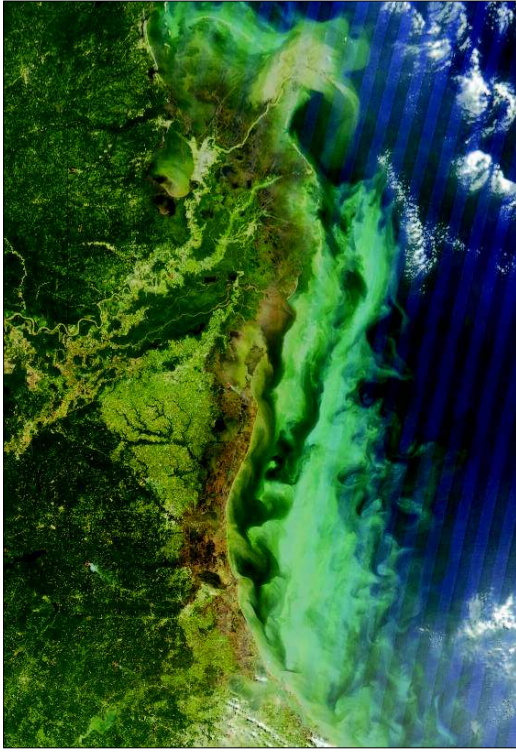
daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

Ten noorden van de bruine strook van beschadigde draslanden hebben de vloedgolven geen schade meer aangericht. Eerst zijn de lichtgroene tinten van cultuurgrond zichtbaar,

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.



**Figuur 8: de draslanden (wetlands) langs de noordkust van de Golf van Mexico zijn overspoeld door vloedgolven die dertien dagen eerder werden opgewekt door de orkanwinden van de tropische cyclus Ike. Daarbij werd schade aangericht in de bruingetinte strook langs de kust. Datum: 26 september 2008. Satelliet: Terra. Instrument: MODIS. Bron: NASA/GSFC MODIS Rapid Response Team.**

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

Ten noorden van de bruine strook van beschadigde draslanden hebben de vloedgolven geen schade meer aangericht. Eerst zijn de lichtgroene tinten van cultuurgrond zichtbaar,

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.

daarboven de donkerder tinten van het gebied zich zal hebben hersteld, is niet bekend. De draslanden van Louisiana waren nog niet bekomen van de schade die in 2005 werd aangericht door de tropische cyclonen Rita en Katrina. Bovendien was het gebied ditmaal extra kwetsbaar door dat het water dat de vloedgolven van Gustav hadden aangevoerd, nog niet overal naar zee was teruggevoerd of was verdamp.



**Figuur 9: vanuit een helikopter inspecteert de Amerikaanse president Bush de schade die de tropische cyclus Ike heeft aangericht langs de kust van zijn thuisstaat Texas. Minder machtige of vermogende wereldburgers moeten zich als ramptoerist behelpen met de, overigens schitterende, satellietbeelden op internet. Foto: Kevin Lamarque/Reuters**