

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

- Woda zajmuje 74% powierzchni Ziemi.
- Słona woda stanowi 97% całkowitych zasobów wody na Ziemi.
- W lodach uwięzionych jest 2,2% zasobów wody na Ziemi.
- Tylko 0,02% wody znajduje się w jeziorach, rzekach itp..
- Pozostała część wody to:
 - wody podziemne (0,6%),
 - para wodna w atmosferze (0,001%).

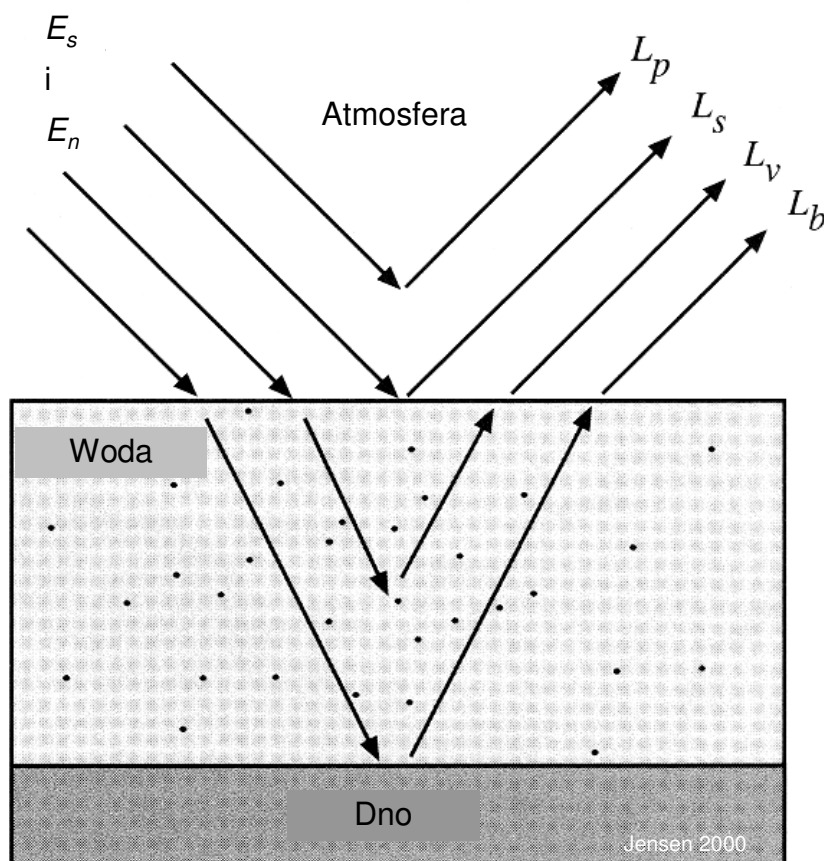
Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Zastosowanie metod teledetekcyjnych w hydrologii obejmuje:

- **Pomiar areálu wód powierzchniowych.**
- **Określanie stopnia zanieczyszczenia wody (organiczne i nieorganiczne),**
- **Szacowanie głębokości zbiorników wodnych (batymetria), temperatury powierzchni wody, areálu powierzchni pokrytych śniegiem i lodem.**
- **Szacowanie wielkości opadów i parowania.**
- **Szacowanie zawartości wody w pokrywie śnieżnej i lodowej.**
- **Szacowanie zawartości wody chmurach.**

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

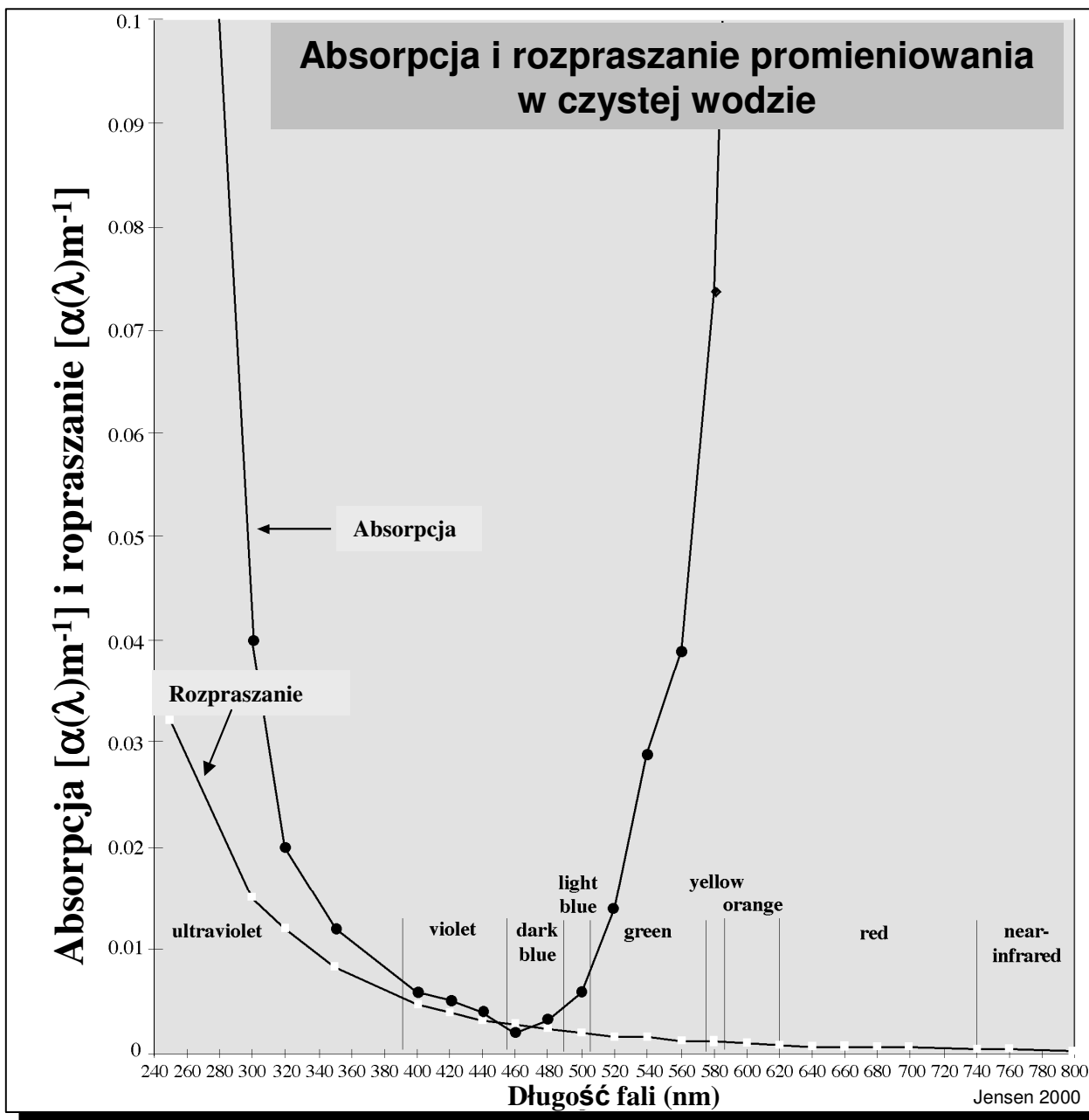
Promieniowanie słoneczne i nieba docierające do powierzchni



$$L_t = L_p + L_s + L_v + L_b$$

- L_p – promieniowanie przechodzące przez atmosferę,
- L_s – promieniowanie odbite od powierzchni wody (ok.. 1 mm),,
- L_v – promieniowanie wnikaące w głąb wody ale nie docierające do dna,
- L_b – promieniowanie odbite od dna zbiornika.

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii



Najsłabsza absorpcja i rozpraszanie światła docierającego do powierzchni wody (a więc największa transmisja) występuje w zakresie fal niebieskich 400-500 nm (minimum 460-480 nm)

Czysta woda ma barwę niebieską dzięki rozpraszaniu fal fioletowych i niebieskich

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Określanie powierzchni zbiorników wodnych



Czarno białe zdjęcia w podczerwieni

Najbardziej przydatnym zakresem spektralnym do odróżniania powierzchni lądowych od powierzchni wodnych jest przedział fal o długości od 740 – 2500 nm.

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady

$$L_v = [w_{c(\lambda)}, SM_{c(\lambda)}, Chl_{c(\lambda)}, DOM_{c(\lambda)}]$$

L_v – promieniowanie opuszczające wodę podpowierzchniową
(nie odbite od dna),

w – czysta woda,

SM – nieorganiczna zawiesina minerałów,

Chl – chlorofil,

DOM – rozpuszczony materiał organiczny.

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady

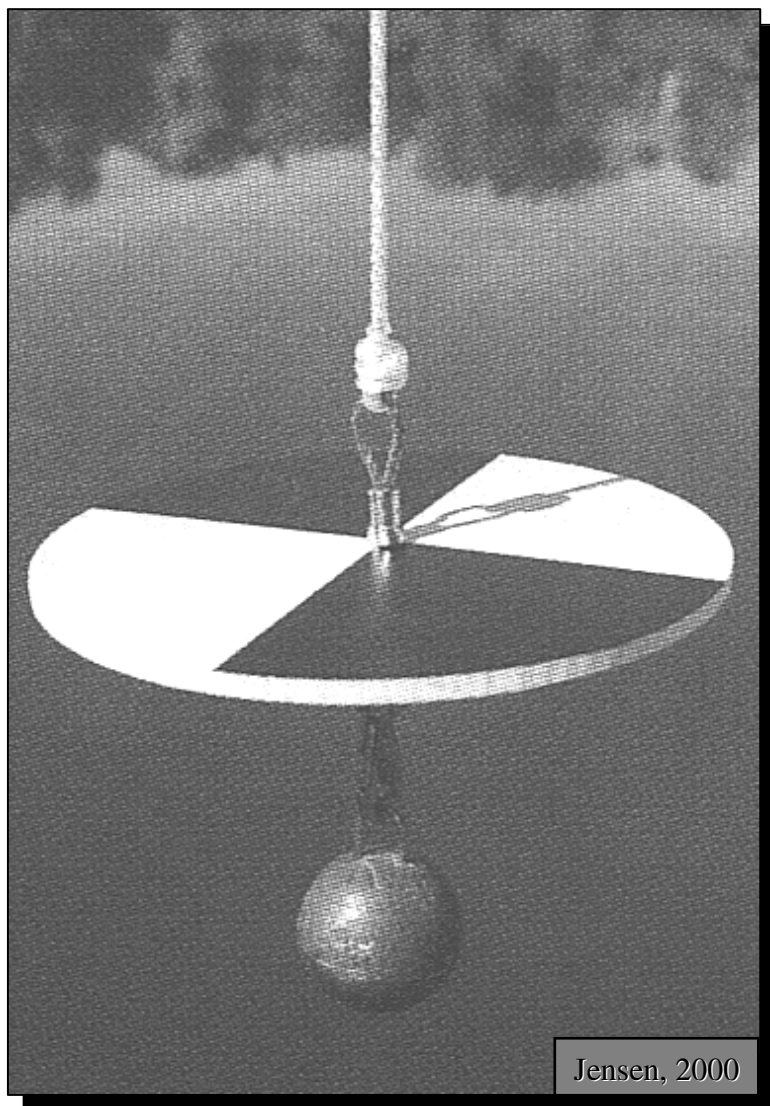


Osady zawieszone w wodzie przy ujściu Mississippi koło nowego Orleanu, Luizjana. Zdjęcie z promu kosmicznego.

W zawiesinach naturalnych zbiorników wodnych występują głównie **krzem**, **glin** i **tlenki żelaza** w postaci cząsteczek iłu (3-4 mm), pyłu (5-40 mm) drobnego piasku (41-130 mm) i grubego piasku (131-1250 mm). Ich źródłem jest erozja na polach rolniczych, wietrzenie skał, erupcje wulkaniczne.

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady



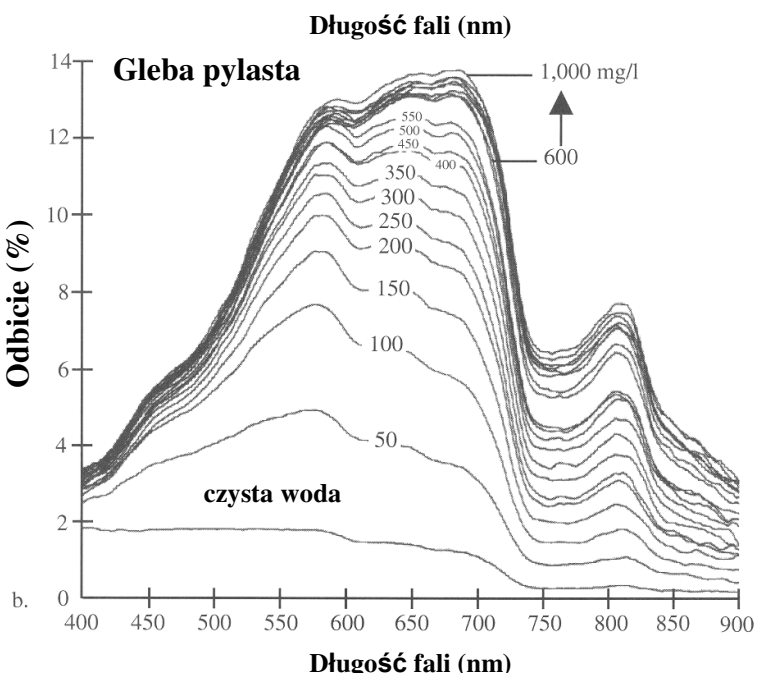
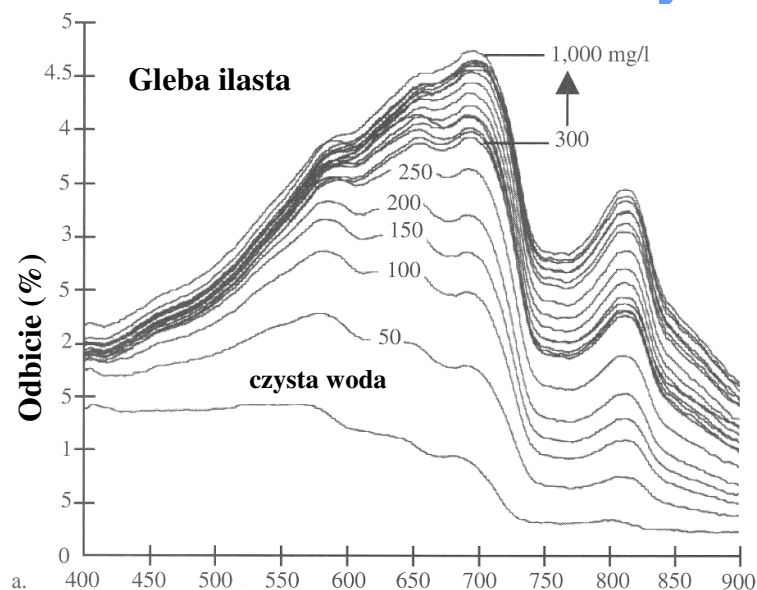
Secchi Disk



Nephelometer

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady



Odbicie od wody z zawiesiną dwóch gleb o różnej koncentracji

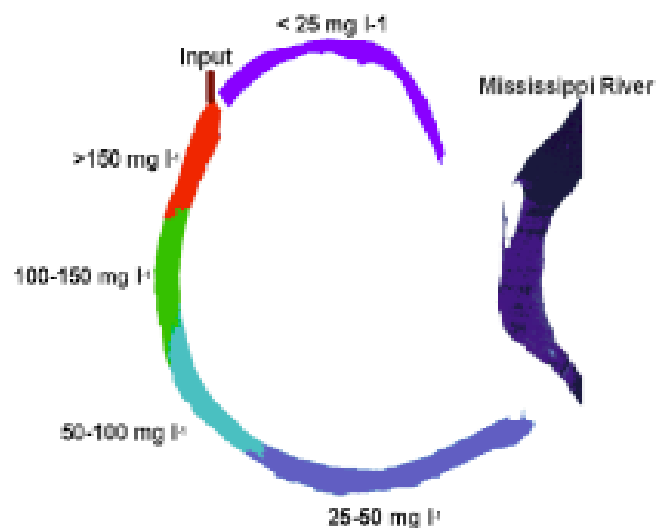
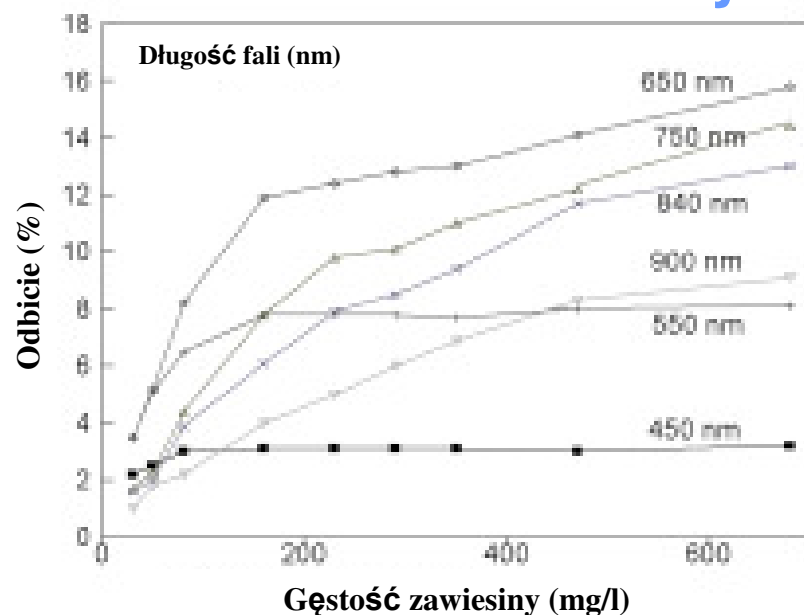
Maksimum odbicia przesuwają się w kierunku dłuższych fal w miarę zwiększania gęstości zawiesiny.

Najsilniejsza zależność ($R > 0,90$) między koncentracją zawiesiny i odbiciem fal 714-880 nm

Zakres fal 580-690 nm dostarcza informacje o rodzaju zawiesiny
a zakres 714-880 nm informacje ilościowe o zawiesinie.

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady



Obraz Landsat Thematic Mapper (TM)
Jezioro Chicot, Arkansas

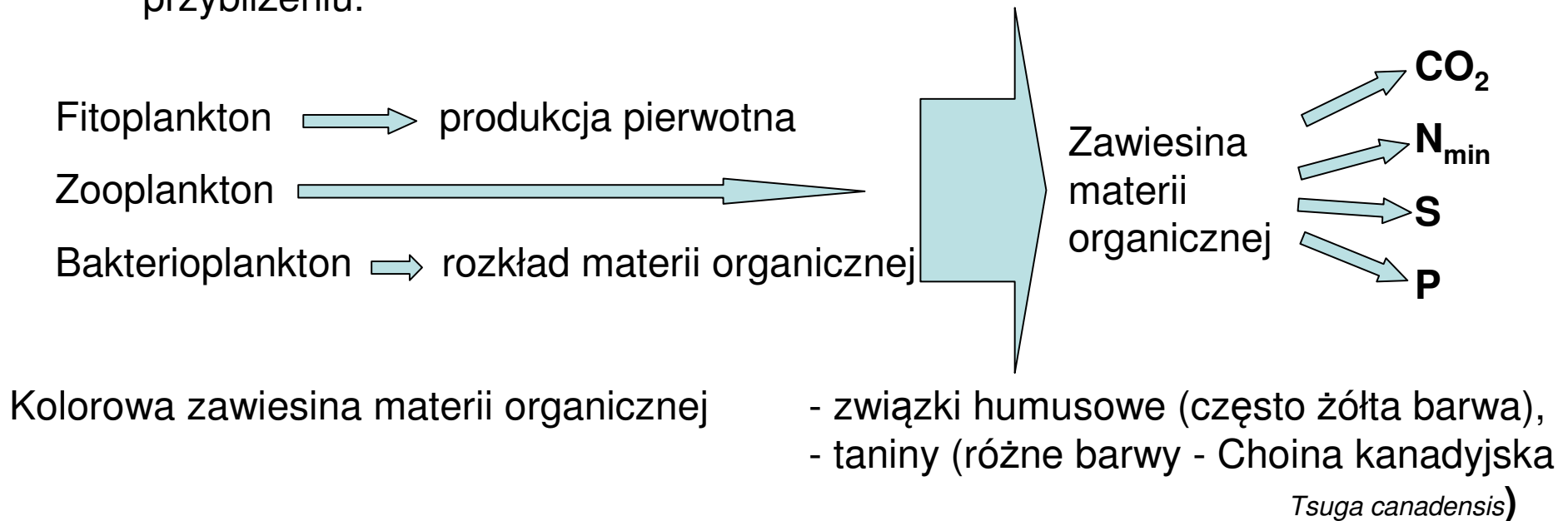
Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Odbicie od wody zanieczyszczzonej organicznie

Głębokość optyczna (grubość optyczna) – parametr ośrodka, opisujący zmianę natężenia światła podczas jego przechodzenia przez ośrodki takie jak gazy, chmury, fitoplankton w wodzie i inne zawiesiny.

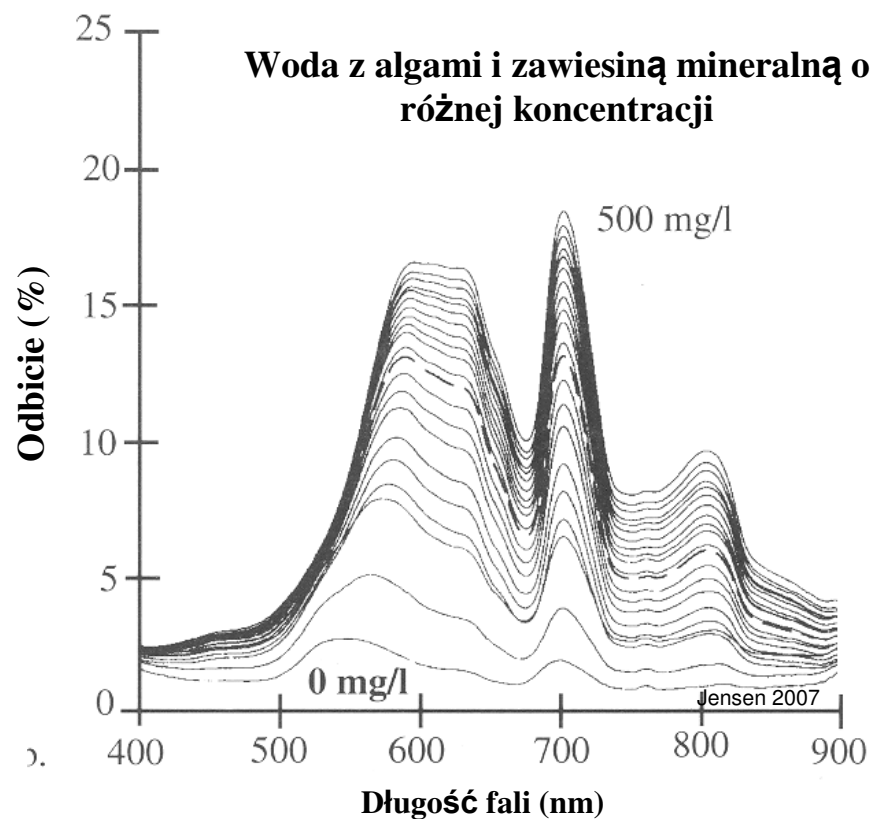
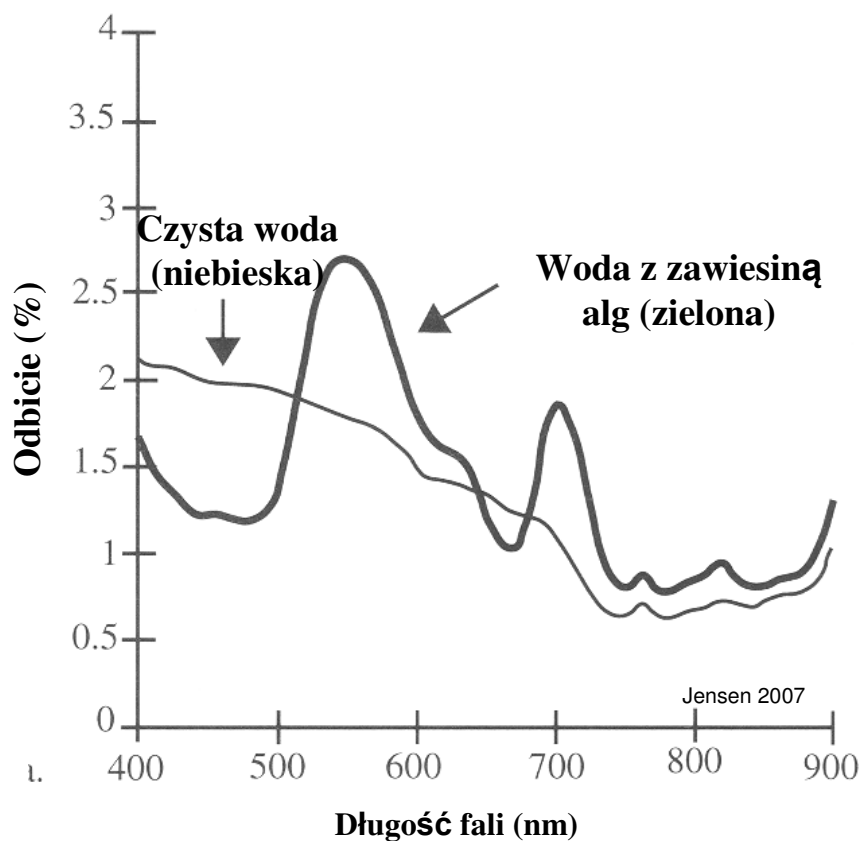
Z grubością optyczną wiąże się głębokość przenikania światła w głąb oceanu.

Strefa eufotyczna w oceanie zdefiniowana jest jako głębokość, do której dochodzi 1% natężenia promieniowania używanego w fotosyntezie (*ang. photosynthetic available radiation - PAR*) czyli od 300-700nm. Jest to w przybliżeniu.



Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady

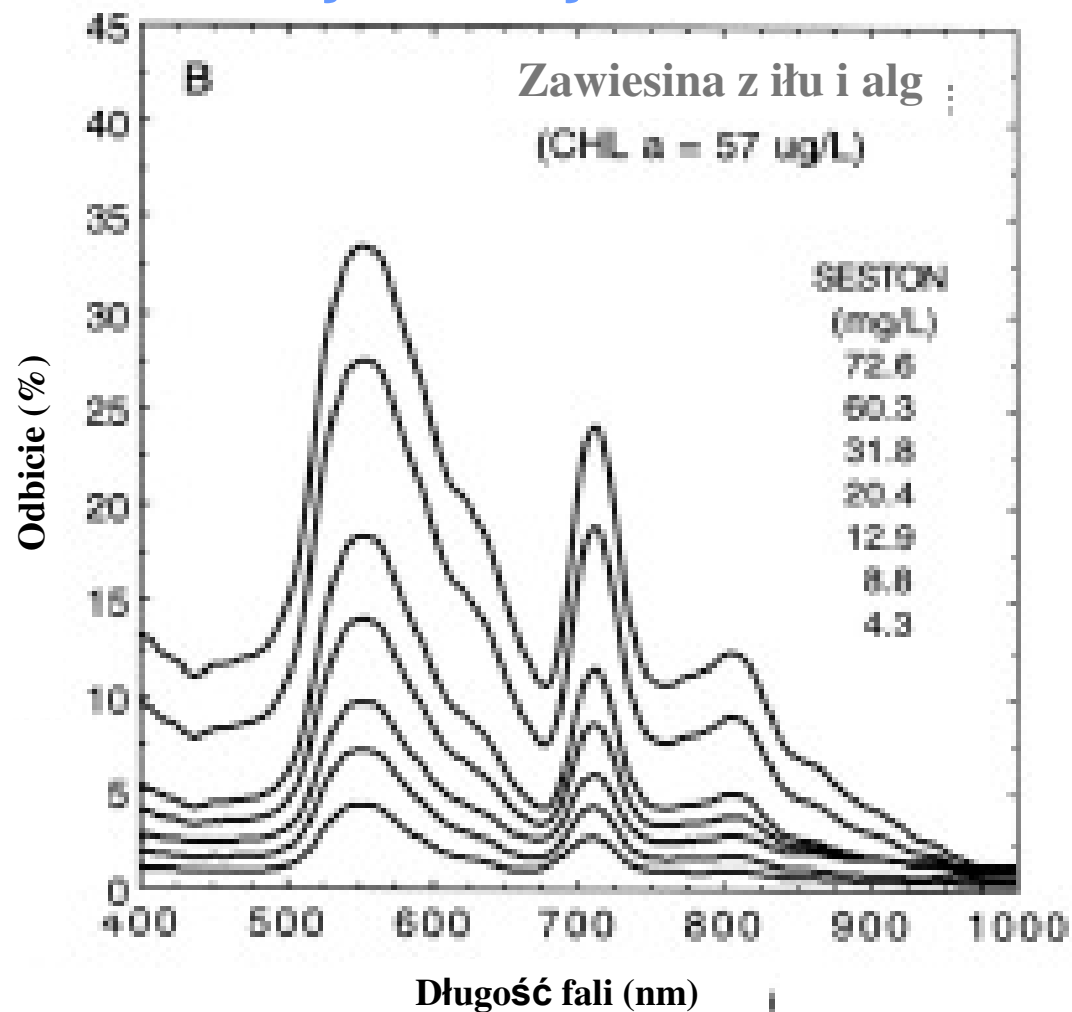
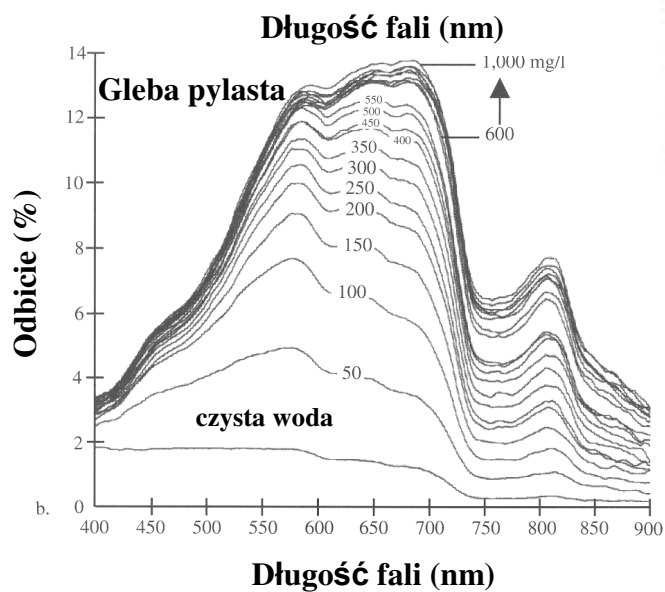
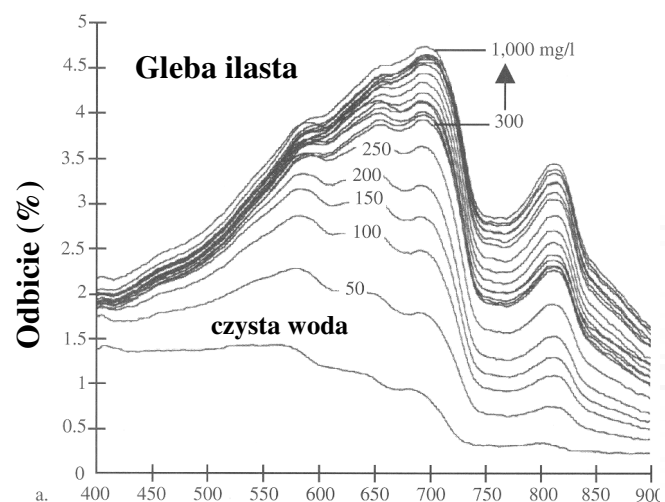


Silna absorpcja przez chlorofil *a* alg w zakresie 400-500 nm i fali o długości 675 nm.

Gdy koncentracja chlorofilu w wodzie jest mała – do estymacji R_{705}/R_{670}

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

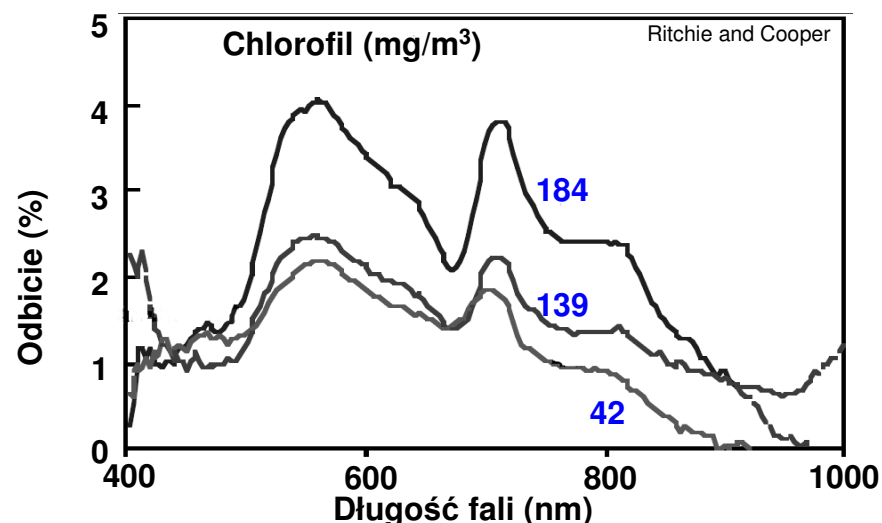
Ocena czystości wody - osady



Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Ocena czystości wody - osady

Zależność między wielkością odbicia i zawartością chlorofilu w wodzie.



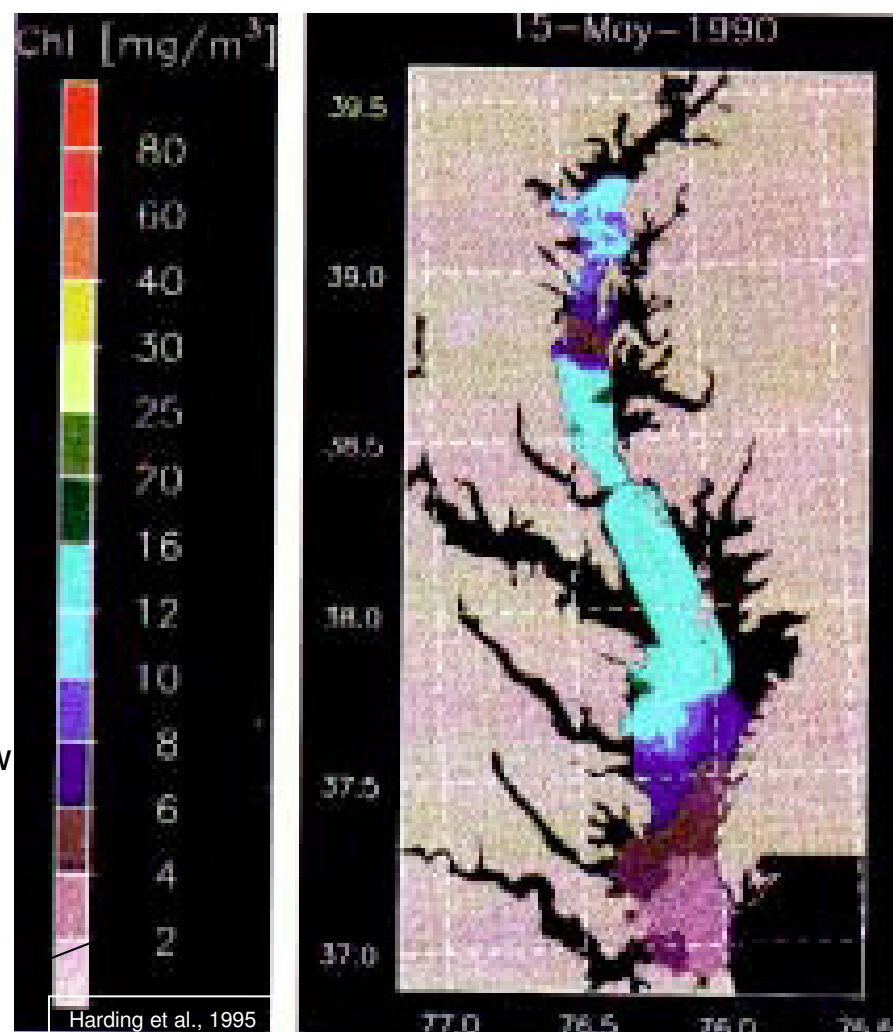
$$\text{Log}_{10} [\text{Chlorophyll}] = a + b (-\text{Log}_{10} G)$$

a i **b** stałe empiryczne uzyskane na podstawie pomiarów *in situ*.

$$G = [(R2)^2 / (R1 * R3)],$$

gdzie **R1**, **R2** and **R3** - wielkość odbicia fal o długości odpowiednio 460 nm, 490 nm i 520 nm.

Eutrofizacja – wzrost żyzności wód.



Mapa zawartości chlorofilu w wodach Zatoki Chesapeake na podstawie zdjęcia lotniczego

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Chlorofil w wodach oceanów

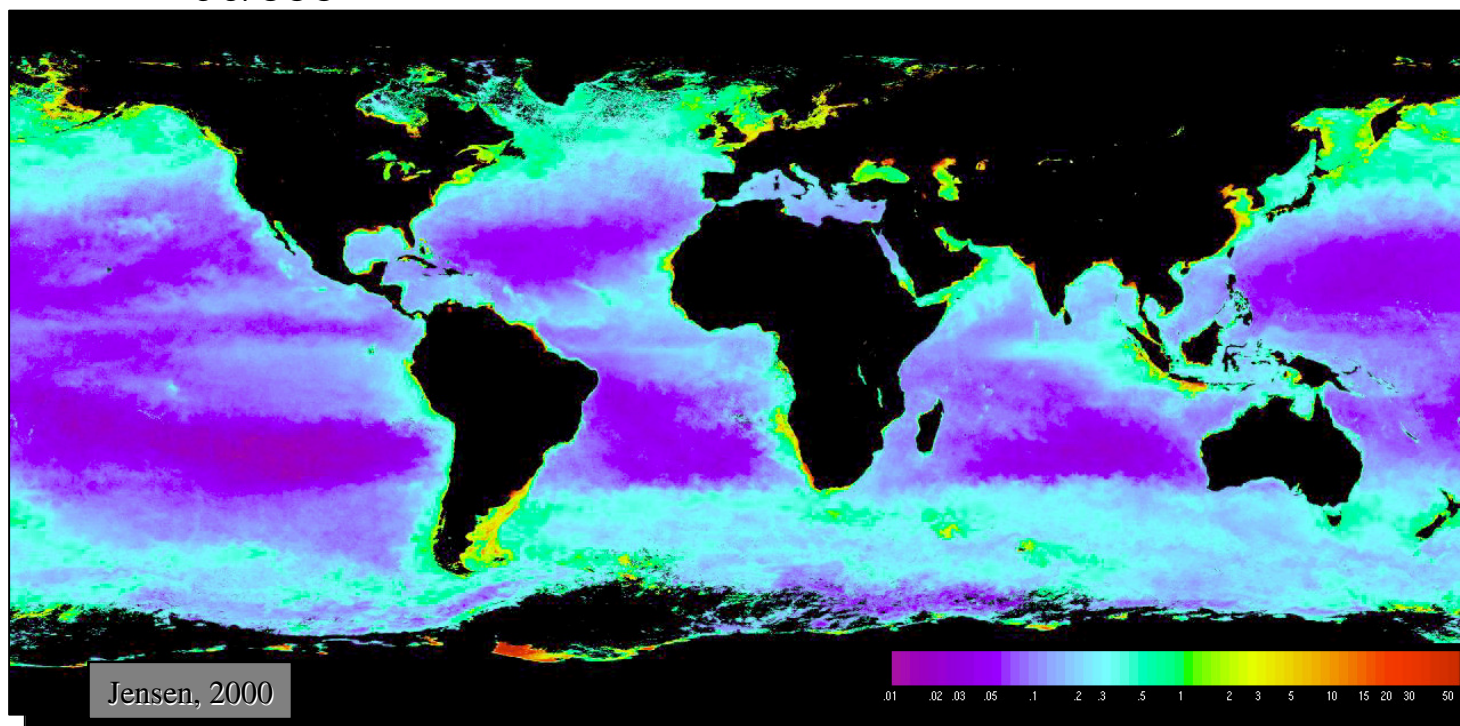
Zależność między wielkością odbicia wybranych długości fal i koncentracją chlorofilu w wodzie:

$$Chl = x [L(\lambda_1)/L(\lambda_2)]^y$$

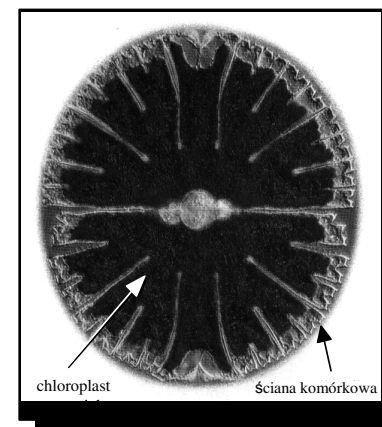
gdzie: $L(\lambda_1)$ i $L(\lambda_2)$ - promieniowanie odbite w określonej długości fali,

x i y - empirycznie ustalone stałe.

Algorytmy stosowane przy przetwarzaniu danych SeaWiFS wykorzystują fale 443/355 nm i 490/555 nm.



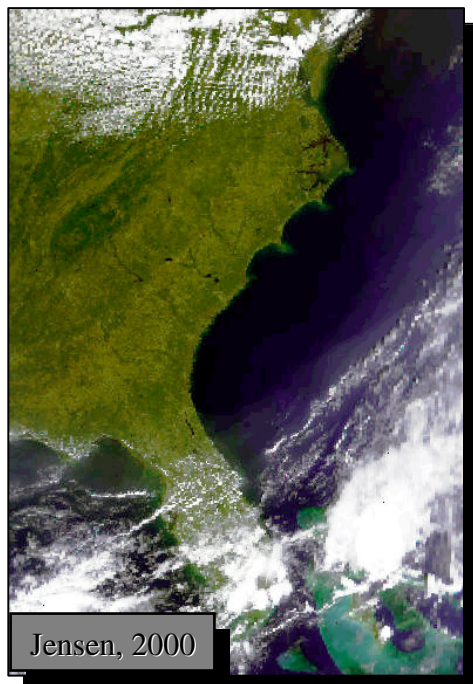
Koncentracja chlorofilu a (g/m^3) na podstawie obrazu satelitarne-go SeaWiFS zarejestrowanego w 1997 r.



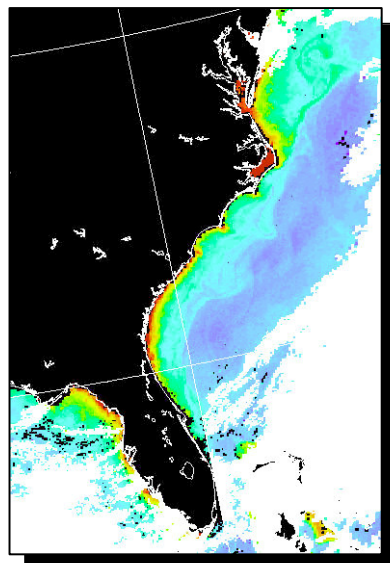
Zdjęcie pojedynczej komórki algi w zakresie niebieskim

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Chlorofil w wodach oceanów



Obraz SeaWiFS przetworzony w barwach rzeczywistych (30 września 1997)



Rozkład przestrzenny chlorofilu a (30 września 1997)

Czujnik SeaWiFS satelita OrbView-2 *CoastWatch Ocean Color Program* 1997

Orbita: synchroniczna ze Słońcem, zstępująca, 90 minut, wys. 702 km.

Szerokość ścieżki: w zależności od sposobu transmisji LAC (w czasie rzeczywistym) 2 801 km i GAC 1 502 km.

Rozdzielczość przestrzenna: w zależności od sposobu transmisji LAC 1,1 km i GAC 4,5 km.

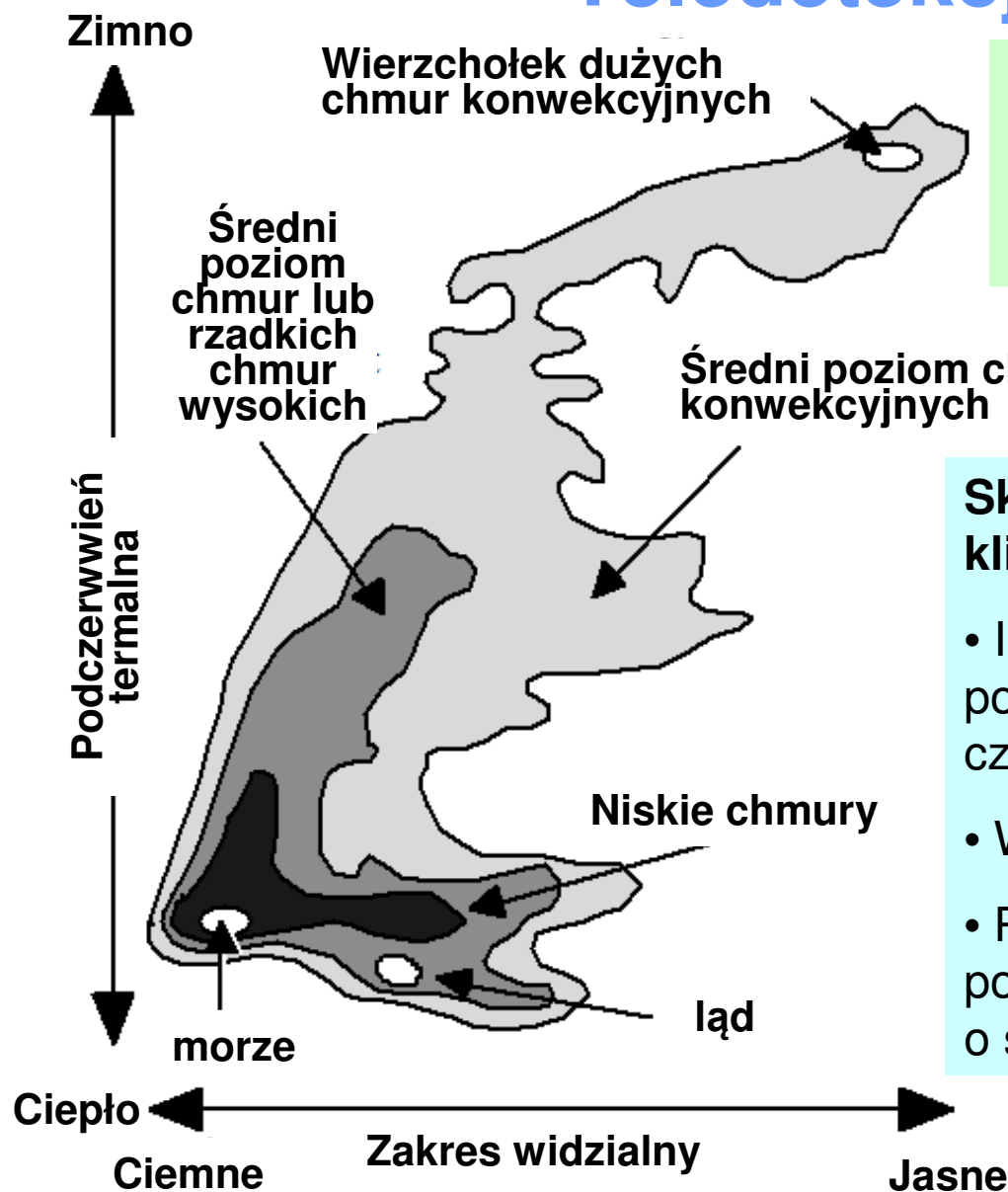
Przekroczenie równika: południe +20 minut.

Rewizyta: 1 dzień.

1	402-422 (fiolet)	zawiesiny organiczne
1	423-443 (niebieski)	absorpcja chlorofilu
2	480-500 (niebiesko-zielony)	absorpcja barwników
3	500-520 (niebiesko-zielony)	absorpcja chlorofilu
4	545-565 (zielony)	barwniki, właściwości optyczne
5	660-680 (czerwony)	korekcja atmosferyczna
6	745-785 (bliska podczerwień)	korekcja atmosferyczna, aerozole
7	845-895 (bliska podczerwień)	korekcja atmosferyczna, aerozole

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Teledetekcja chmur



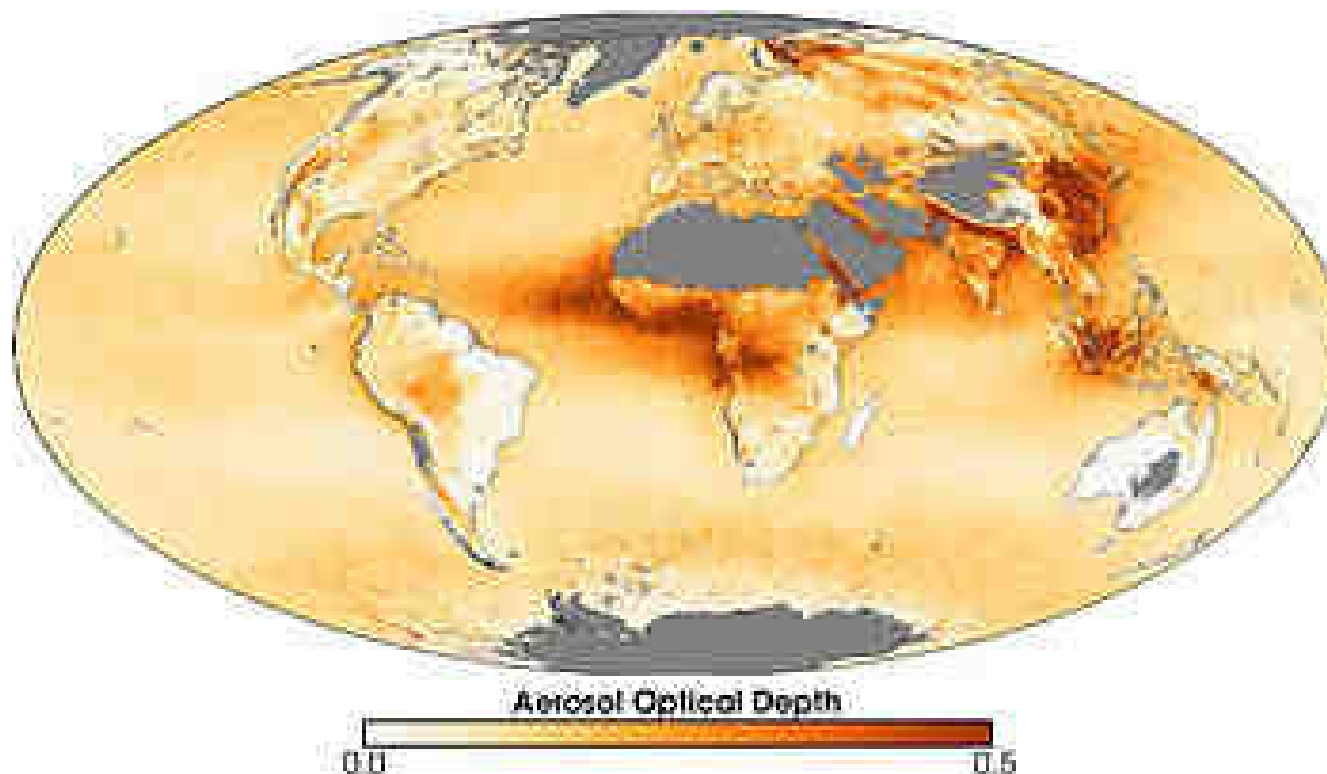
Określanie typu chmur na podstawie danych wielospektralnych z zakresu widzialnego i podczerwieni termalnej widma.

Skuteczne modelowanie globalnego klimatu wymaga informacji o:

- Ilości i rodzaju aerozoli w atmosferze pochodzenia naturalnego i antropogenicznego.
- Wielkości, typu i wysokości chmur.
- Przestrzennym zróżnicowaniu pokrycia powierzchni Ziemi (włącznie z informacją o strukturze roślinności).

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

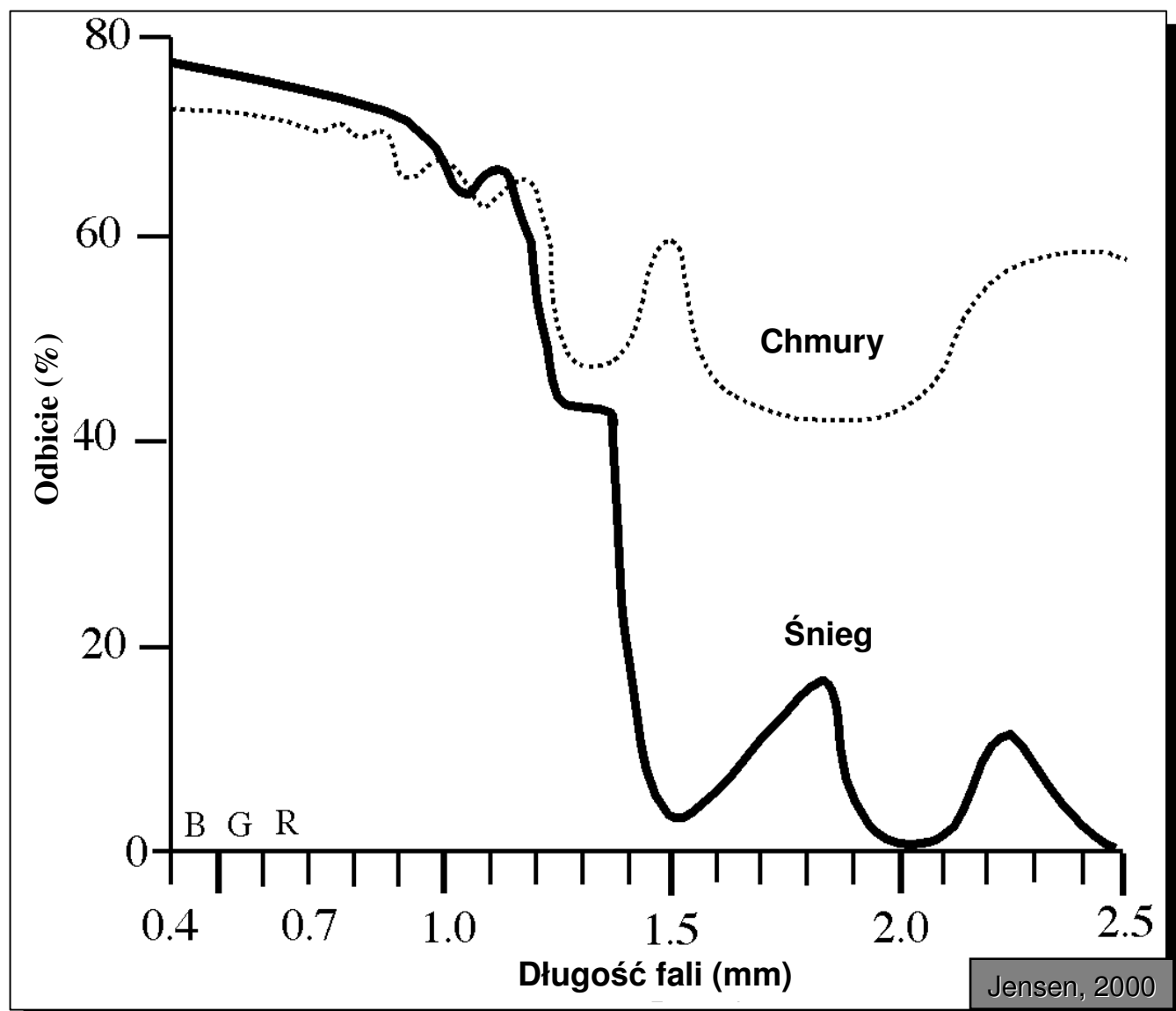
Aerozole



Aerozolowa grubość optyczna z pomiarów satelitarnych (czujnik MODIS).

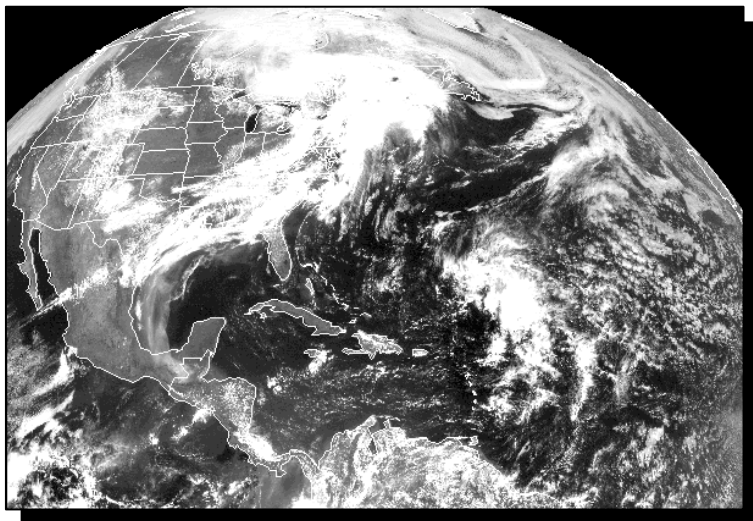
Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Chmury

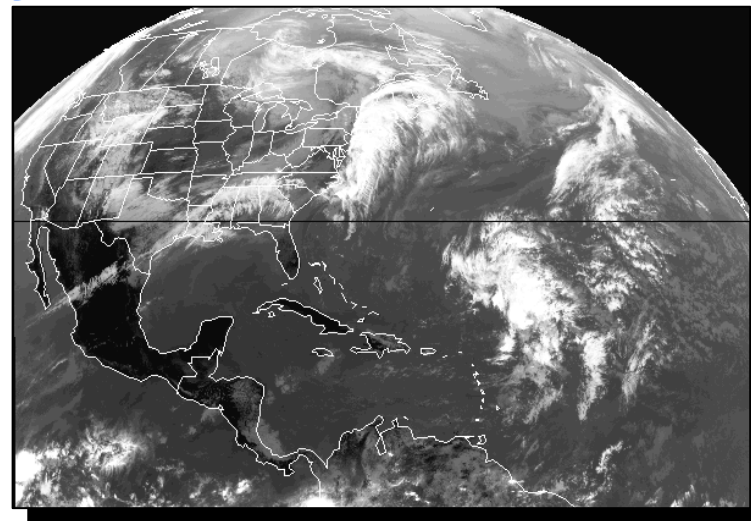


Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Chmury



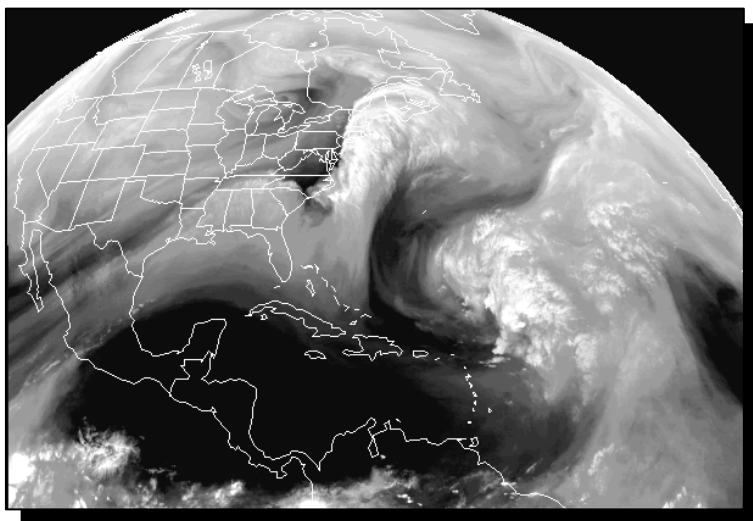
GOES-East Visible



GOES-East Thermal Infrared

**Obraz z trzech kanałów satelity
geostacjonarnego GOES-East**

17 kwietnia 1998



GOES-East Water Vapor

Teledetekcyjne metody określania wielkości opadów mają charakter pośredni i polegają na pomiarach odbicia od chmur, temperatury wierzchołków chmur i zawartości wody w powietrzu w postaci zamrożonej.

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Opady

Teledetekcyjne metody prognozowania opadów:

- Szacowanie grubości warstwy chmur na podstawie odbitego od nich promieniowania z zakresu VIS-NIR.
- Temperatura wierzchołków chmur.

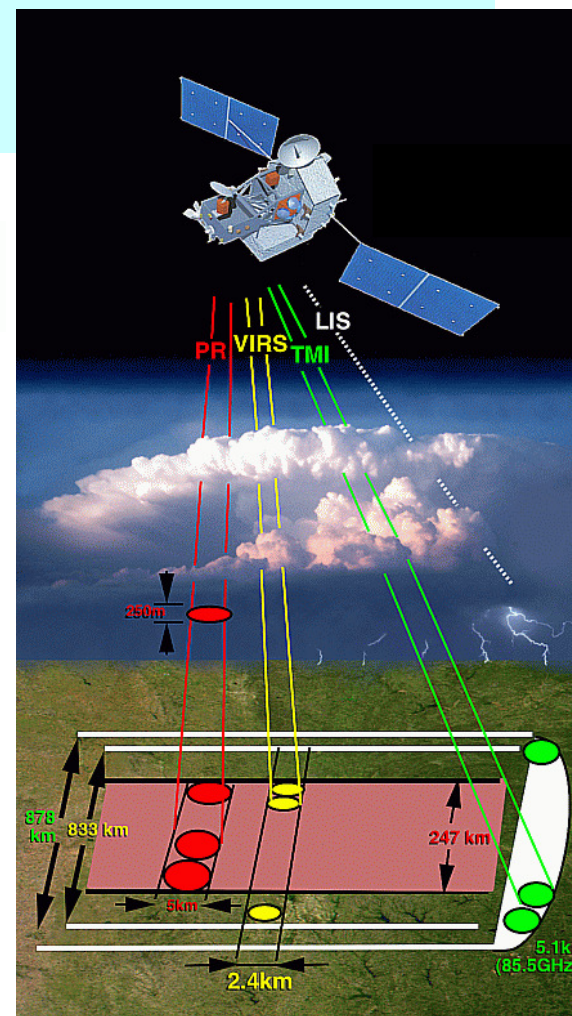
TRMM *Tropical Rainfall Measuring Mission*

Satelita TRMM

Orbita: wysokość 350 km
nachylenie 35

5 czujników:

- Precipitation Radar (PR),
- TRMM Microwave Imager (TMI),
- Visible Infrared Scanner (VIRS),
- Lightning Imaging Sensor (LIS),
- Clouds and Earth's Radiant Energy System (CERES).



Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Opady

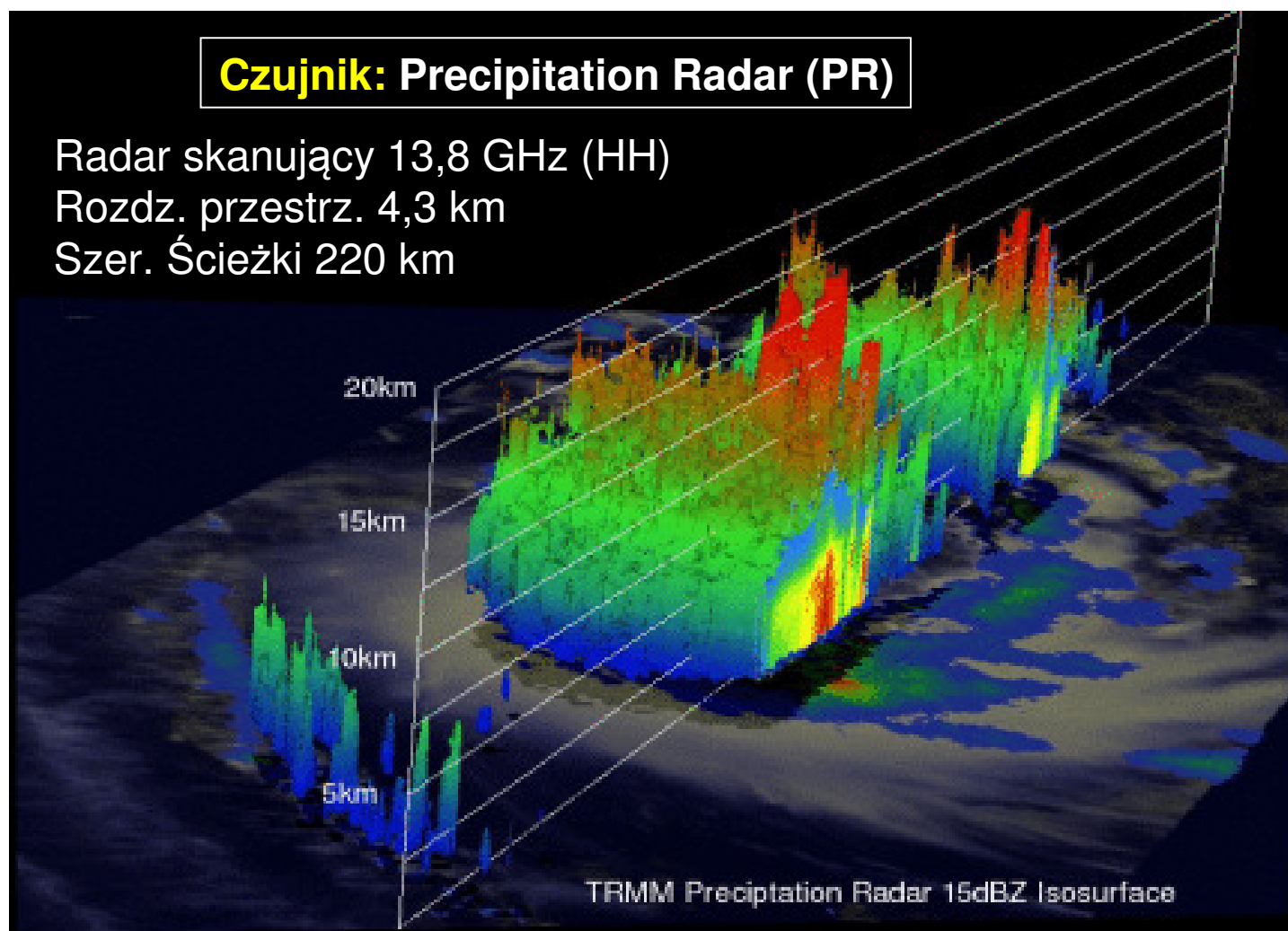
TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission

Pomiar opadów nad lądami i wodami w przestrzeni trójwymiarowej.

Dostarcza informacji o opadach docierających do powierzchni Ziemi, co pozwala określić ilość ciepła utajonego.

Czujnik: Precipitation Radar (PR)

Radar skanujący 13,8 GHz (HH)
Rozdz. przestrz. 4,3 km
Szer. Ścieżki 220 km



Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Opady

TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission

Czujnik: Microwave Imager (TMI) radar pasywny

Szacowanie opadów nad oceanami – weryfikacja modeli klimatycznych

Od 2001 roku

Rozdzielczość czasowa: okrążenie - 92,5 minuty,
16 okrążeń na dobę.

Rozdzielczość horyzontalna: 5,1 km przy 85,5 GHz.

Rozdzielczość pionowa:

0.5 km od powierzchni do 4 km,

1.0 km od 4 do 6 km,

2.0 km od 6 do 10 km,

4.0 km od 10 do 18 km.

Szerokość ścieżki: 878 km.

Częstotliwości:

10,7 GHz – 45 km

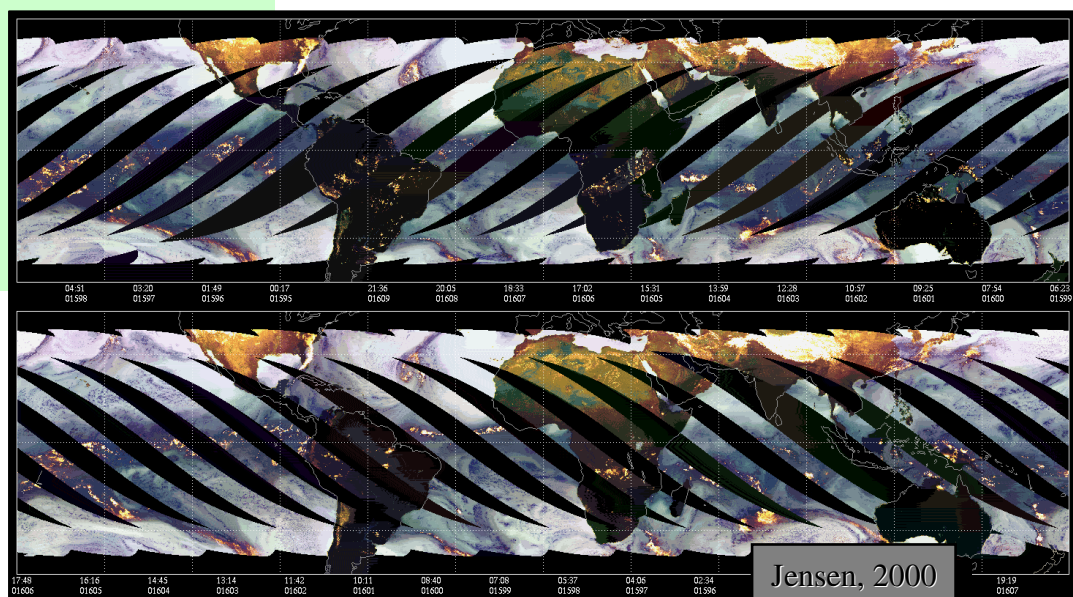
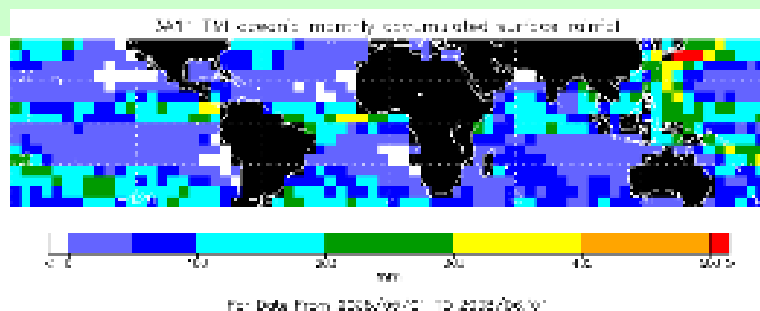
19,4 GHz

21,3 GHz

37,0 GHz

85,5 GHz

5 km



Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Opady

TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission

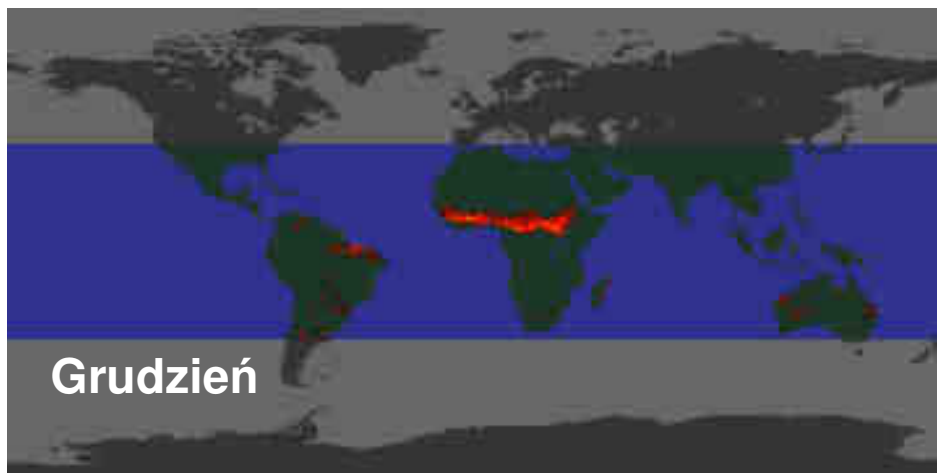
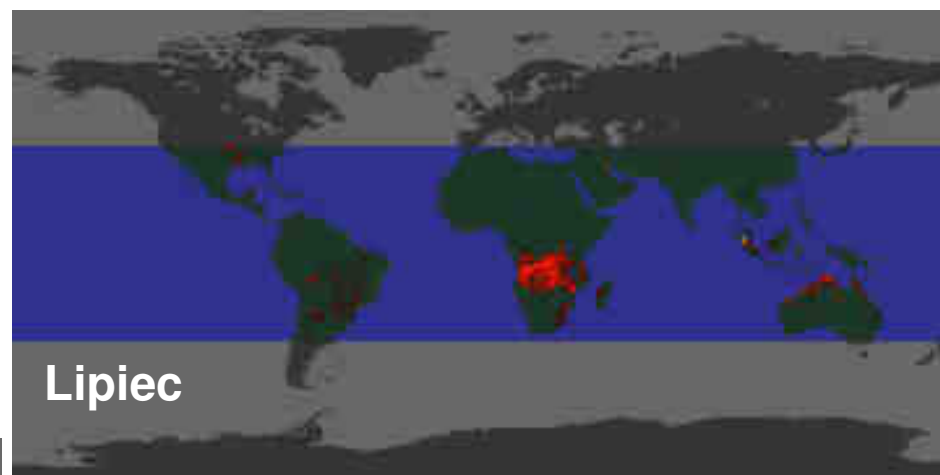
Czujnik: Visible Infrared Scanner (VIRS)

Szacowanie stopnia zachmurzenia i temperatury wierzchołków chmur

Kanały: 1 - VIS 630 nm,
2 - NIR 1 600 nm,
3 - NIR 3 750 nm,
4 - NIR 10 800 nm,
IR 12 000 nm.

Rozdzielczość przestrzenna: 2,4 km.

Szerokość ścieżki: 833 km.



Pożary - dane miesięczne

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Opady

TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission

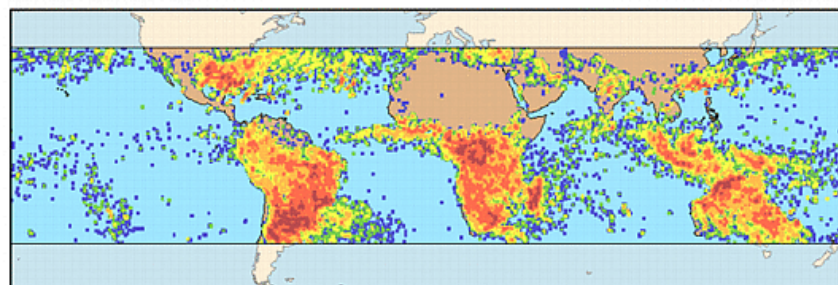
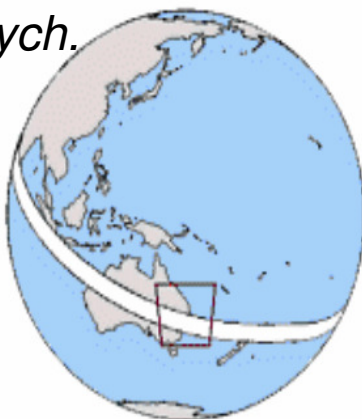
Czujnik: Lightning Imaging Sensor (LIS)

- Wykrywanie obszarów burzowych (wyładowania elektryczne),
- Charakterystyka chmur,
- Badanie cykli hydrologicznych.

Kanał: VIS 777 nm,

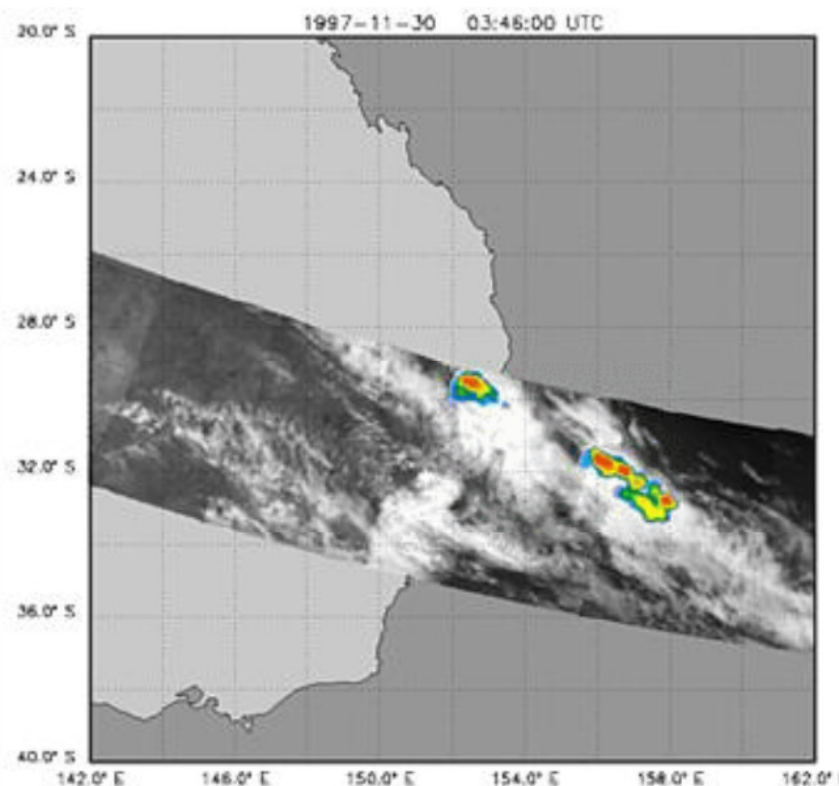
Rozdzielczość przestrzenna: 5 km.

Szerokość ścieżki: 590 km.



Częstotliwość wyładowań (wyładowanie/km²/miesiąc)

0.01 0.03 0.10 0.30 1.0 3.0 10.0



Aktywność burzowa



Niska

Średnia

Wysoka

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

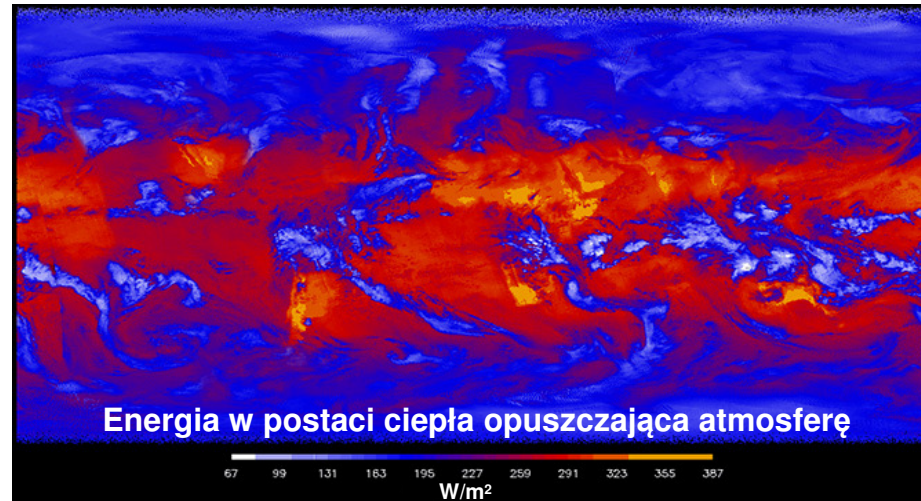
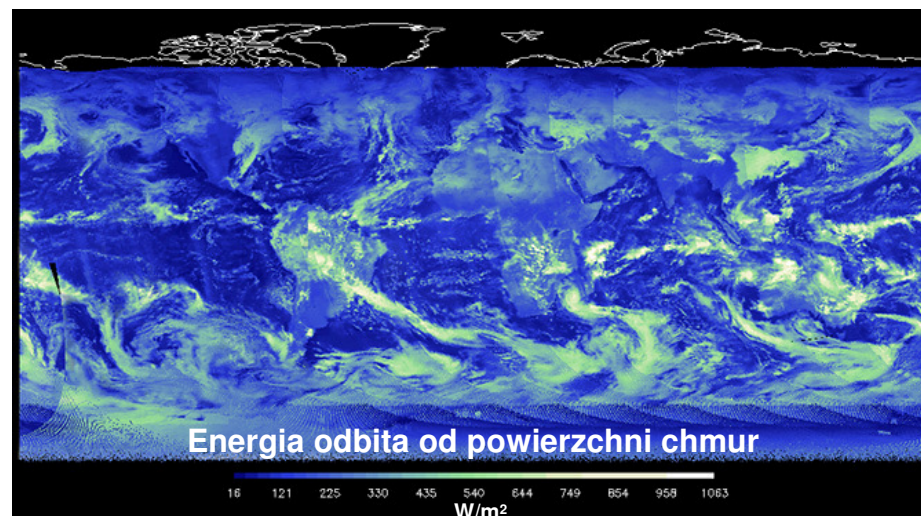
Opady

TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission

Czujnik: Clouds and Earth's Radiant Energy System (CERES).

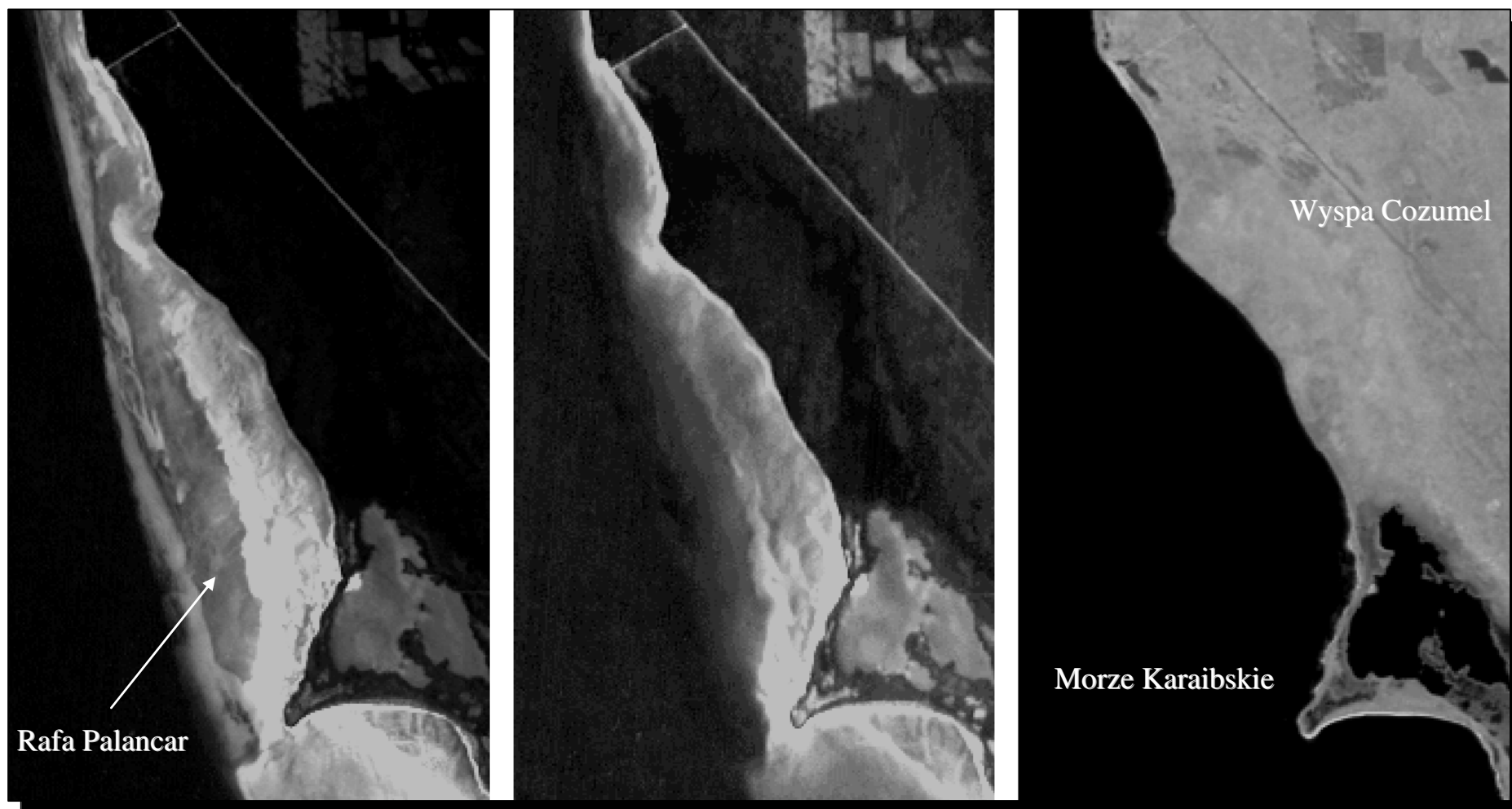
Pomiar emitowanego i odbitego promieniowania od powierzchni Ziemi oraz atmosfery i znajdujących się w niej chmur i aerozoli.

Kanały: Total 300 – 100 000 nm,
VIS 300 – 500 nm,
IR 800 – 12 000 nm.



Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Batymetria



SPOT Band 1 (0.5 - 0.59 mm) green

SPOT Band 2 (0.61 - 0.68 mm) red

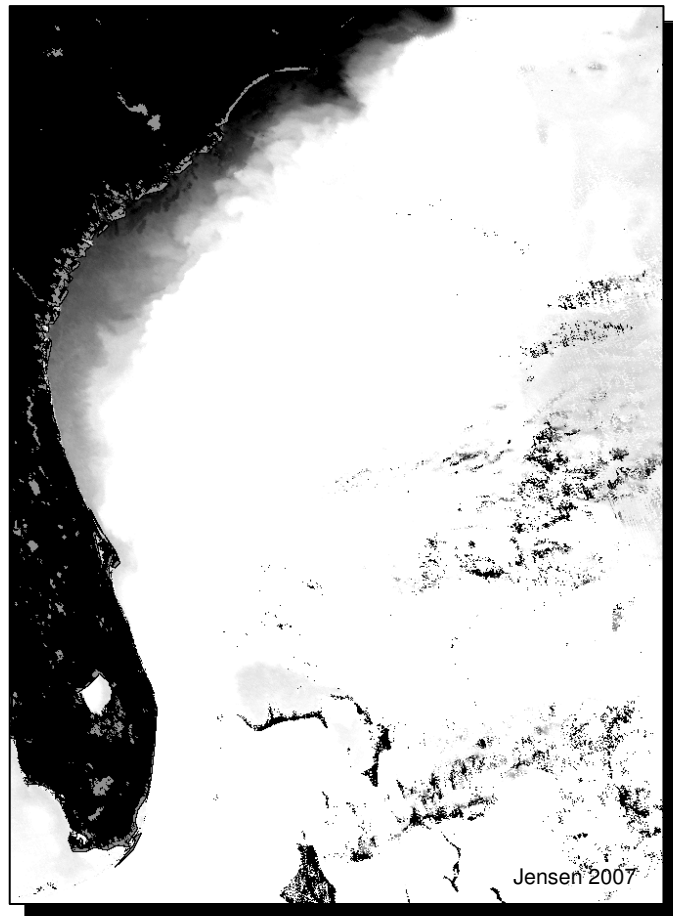
SPOT Band 3 (0.79 - 0.89 mm) NIR

Najbardziej przydatna dł. fali do badań batymetrycznych: 480 nm

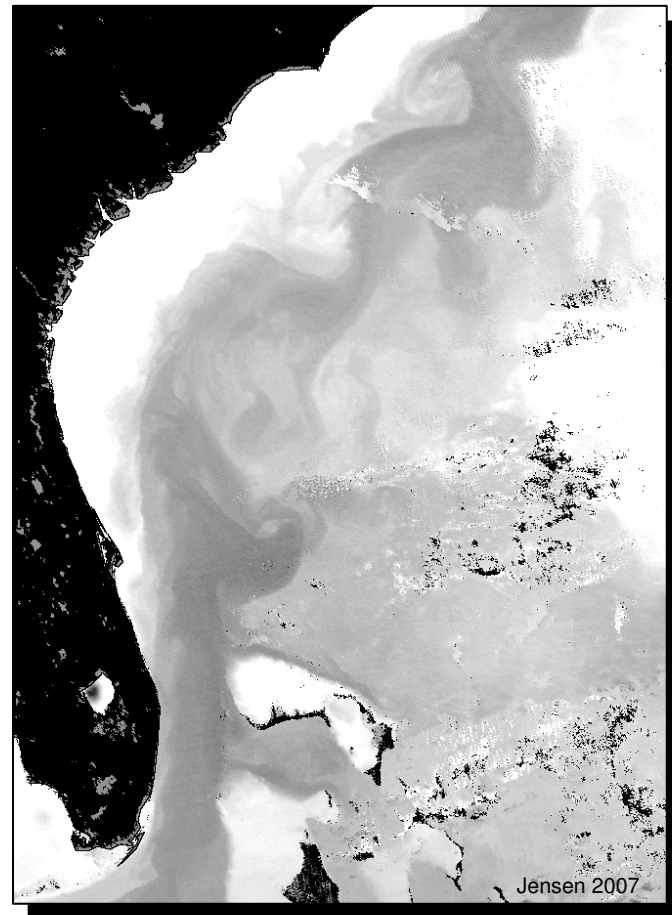
Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Temperatura wód powierzchniowych

Temperatura powierzchni morza (SST) mapa uzyskana z trzydniowej kompozycji obrazów NOAA AVHRR w zakresie podczerwonym



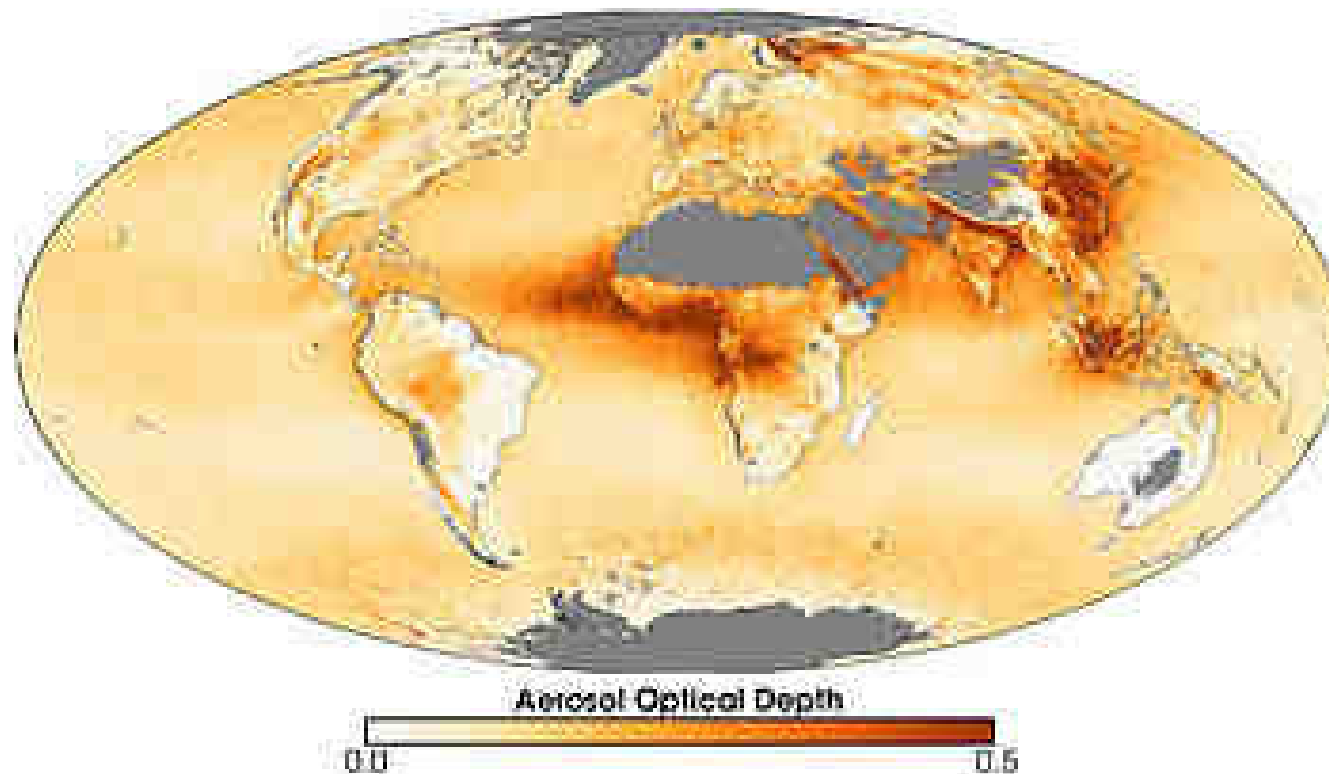
Obraz tak przetworzony aby podkreślić zróżnicowanie temperatury wód przybrzeżnych



Obraz tak przetworzony aby podkreślić zróżnicowanie temperatury wód Gólsztrom

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

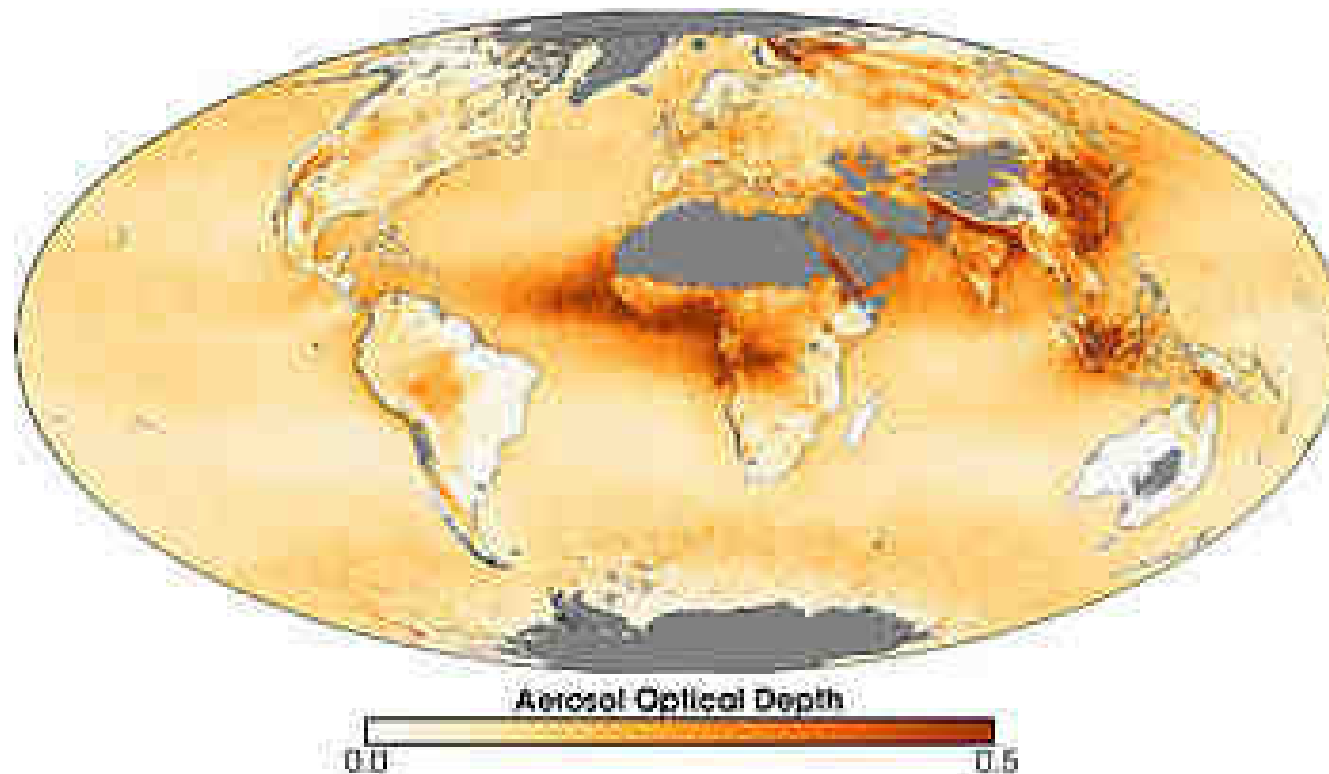
Aerozole



Aerozolowa grubość optyczna z pomiarów satelitarnych (czujnik MODIS).

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

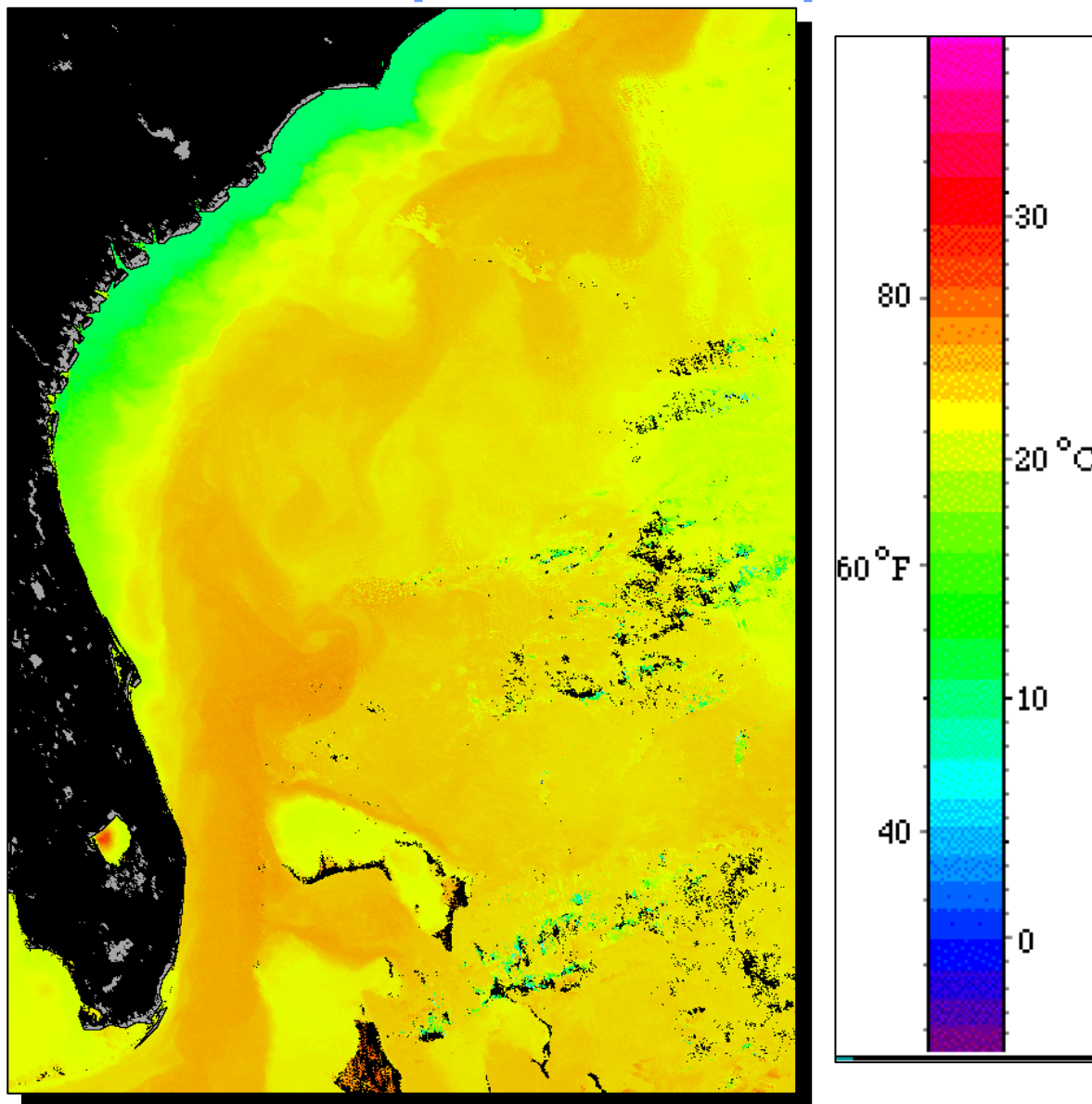
Aerozole



Aerozolowa grubość optyczna z pomiarów satelitarnych (czujnik MODIS).

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Temperatura wód powierzchniowych

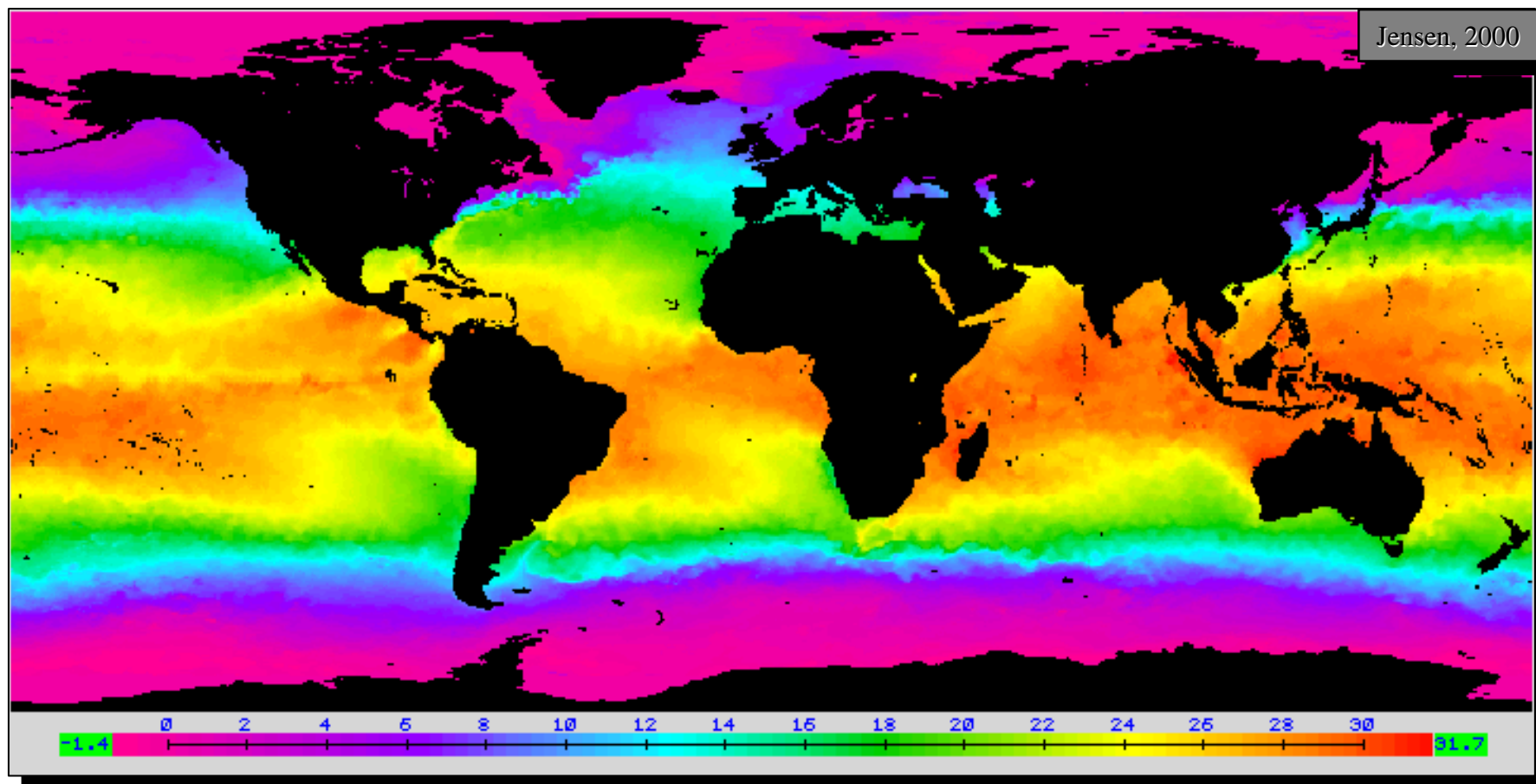


Kompozycja rozkładu temperatury powierzchniowej wody na podstawie zobrażeń termalnych NOAA AVHRR południowo-wschodniego wybrzeża USA

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

Temperatura wód powierzchniowych

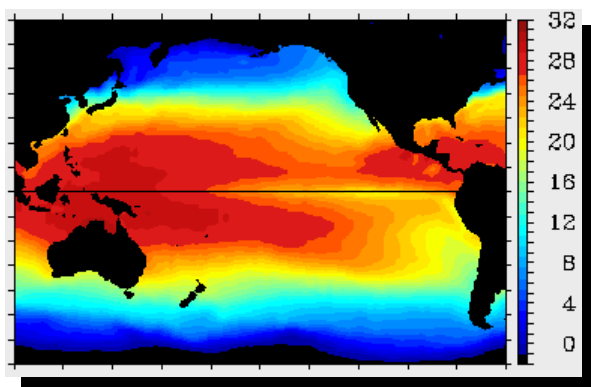
Dane: NOAA-14 AVHRR



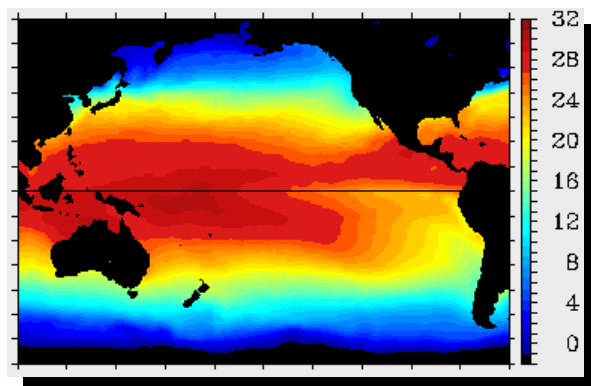
Kompozycja trzydniowa danych termalnych. Każdy piksel przedstawia najwyższą temperaturę zarejestrowaną w ciągu 3 dni (3-5 marca 1999 r)

Teledetekcja w hydrologii i meteorologii

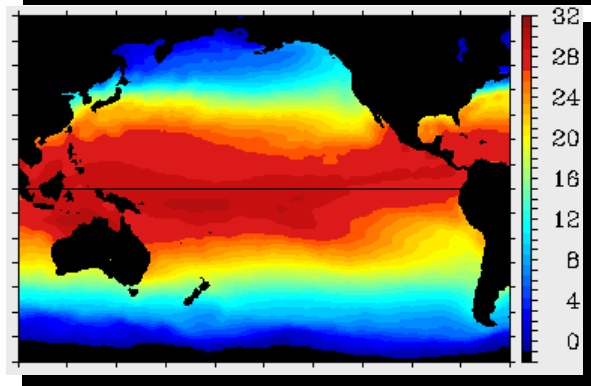
Temperatura wód powierzchniowych



La Nina,
grudzień 1988



grudzień 1990



El Nino,
grudzień 1997

Mapy miesięcznych temperatur powierzchni morza (°C) sporządzone na podstawie danych *In situ* (boje meteo) i danych teledetekcyjnych.