

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Geodezija,  
smer Geodezija

Kandidat:

**Tine Zidarič**

**Uporaba posnetkov senzorja MODIS -  
Določanje povezave med temperaturo ter  
normiranim diferencialnim vegetacijskim  
indeksom**

Diplomska naloga št.: 710

**Mentor:**

izr. prof. dr. Krištof Oštir

**Somentor:**

Klemen Zakšek

Ljubljana, 17. 4. 2007

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako    vrstica z napako                    namesto                    naj bo**

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **TINE ZIDARIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

**»UPORABA POSNETKOV SENZORJA MODIS«.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 28.03.07

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 528.8 (043.2)  
**Avtor:** Tine Zidarič  
**Mentor:** Krištof Oštir  
**Naslov:** Uporaba posnetkov senzorja MODIS  
**Obseg in oprema:** 103 str., 5 pregl., 74 sl., 8 en.  
**Ključne besede:** daljinsko zaznavanje, vegetacijski indeks, temperatura površja  
**Izvleček:**

Daljinsko zaznavanje se vedno bolj uporablja za pridobivanje informacij o okolju, naj si bo to kopno, oceane ali atmosfero. Okoli Zemlje kroži veliko satelitov opremljenih s senzorji, ki »snemajo« Zemljo ter tako zagotavljajo podatke o stanju našega okolja. V delu smo se posvetili senzorju MODIS, ki je eden novejših ter naprednejših senzorjev satelitskega daljinskega zaznavanja.

Diplomska naloga opisuje vzroke za izdelavo senzorja MODIS ter njegove glavne značilnosti. Opisane so glavne tehnične značilnosti senzorja ter satelitov, na katerih se nahaja, podana pa je tudi kratka primerjava senzorja MODIS z dvema sorodnima senzorjema (AVHRR, AATSR). Sledi predstavitev izdelkov, ki jih zagotavljajo podatki senzorja MODIS, pri čemer se ukvarjamo s štirimi deli: prvi del predstavlja geolokacijske izdelke, drugi izdelke o oceanih, tretji atmosferske izdelke ter zadnji izdelke o kopnem. V nalogi je opisan dostop do podatkov senzorja MODIS. Na nazoren način je prikazano, kako lahko dokaj enostavno pridemo do brezplačnih podatkov senzorja MODIS preko spleta, pri čemer je pomembno vedeti, kaj iščemo. Osrednji del diplomske naloge obravnava statistično povezavo med temperaturo površja ter vegetacijskimi indeksi senzorja MODIS. Najprej je preverjena že dokazana statistična povezava med temperaturo površja ter normiranim diferencialnim vegetacijskim indeksom (NDVI), nato pa še statistična povezava med temperaturo površja ter izboljšanim vegetacijskim indeksom (EVI).

**UDC:** 528.8 (043.2)  
**Author:** Tine Zidarič  
**Supervisor:** Krištof Oštir  
**Title:** Using MODIS data  
**Notes:** 103 p., 5 tab., 74 fig., 8 eq.  
**Key words:** remote sensing, vegetation index, land surface temperature  
**Abstract:**

Remote sensing is used every day for gathering information about the environment, land, ocean or atmosphere. Many satellites circle the Earth equipped with sensors, which »observe« the Earth and provide us data about the health of our environment. In this work we focused on the MODIS sensor, which is one of the newest and most advanced satellite remote sensing sensors today.

The first part of this work deals with reasons for design and launch of MODIS and its main attributes. Main technical attributes of MODIS and satellites, which are carrying MODIS are described, and there is also a short comparison between MODIS and two similar sensors (AVHRR, AATSR). The work continues with a presentation of MODIS data products. This part is divided in four sections: the first section presents geolocation products, the second section presents ocean products, the third section presents atmospheric products and the last section presents land products. The second part of this work describes the access to MODIS data. It is written in an evident way how to access free MODIS data easily if we know what are we looking for. The main part discusses statistical correlation between land surface temperature and vegetation indices. First, the already proved correlation between land surface temperatures and normalized difference vegetation index (NDVI) is verified using MODIS data. Next, also the correlation between land surface temperature and enhanced vegetation index (EVI) is tested.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Krištofu Oštirju in somentorju mag. Klemenu Zakšku za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge ter vsem profesorjem in delavcem fakultete za posredovano potrebno znanje.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SENZOR MODIS</b>	<b>3</b>
2.1	Kaj je MODIS	3
2.2	Zakaj MODIS	3
2.3	Kratka zgodovina	5
2.4	Osnovni podatki o senzorju MODIS	6
2.4.1	Tehnični podatki senzorja MODIS	7
2.4.2	Spektralni pasovi senzorja MODIS	8
2.4.3	Satelita Terra in Aqua	9
2.4.3.1	Terra	9
2.4.3.2	Aqua	9
2.4.4	Kratka primerjava senzorja MODIS s sorodnima senzorjema AATSR ter AVHRR	11
2.5	Delovanje in kalibracija senzorja MODIS	13
2.5.1	Delovanje senzorja MODIS	13
2.5.2	Kalibracija senzorja MODIS	14
<b>3</b>	<b>PODATKI</b>	<b>16</b>
3.1	MODIS geolokacija	19
3.2	MODIS ocean	22
3.3	MODIS atmosfera	25
3.4	MODIS kopno	33
3.5	Format HDF	39
<b>4</b>	<b>DOSTOP DO PODATKOV</b>	<b>41</b>
4.1	Iskanje podatkov o atmosferi	42
4.1.1	Iskanje podatkov o atmosferi in geolokaciji preko spletne strani	42
4.1.1.1	Naročanje podatkov brez predelave	51
4.1.1.2	Naročanje podatkov s predelavo	55
4.1.2	Iskanje podatkov preko ftp strežnika	59
4.2	Iskanje podatkov o oceanih	65

<b>4.2.1</b>	<b>Iskanje izdelkov 1. in 2. stopnje o oceanih</b>	<b>66</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Iskanje izdelkov 3. stopnje o oceanih</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>STATISTIČNA POVEZAVA MED LST IN NDVI / EVI</b>	<b>71</b>
<b>5.1</b>	<b>Vegetacijski indeksi</b>	<b>71</b>
<b>5.2</b>	<b>Temperatura površja</b>	<b>72</b>
<b>5.3</b>	<b>Korelacija ter regresija</b>	<b>73</b>
<b>5.4</b>	<b>Preverjanje linearne povezave med LST ter NDVI / EVI za senzor MODIS</b>	<b>74</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Izrisi grafov linearne povezave med NDVI ter LST</b>	<b>81</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Izrisi grafov linearne povezave med EVI ter LST</b>	<b>85</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Sklep</b>	<b>97</b>
<b>5.5</b>	<b>Uporabnost povezave med temperaturo površja ter NDVI</b>	<b>97</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>99</b>
<b>VIRI</b>		<b>101</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Osnovni tehnični podatki senzorja MODIS	7
Preglednica 2:	Spektralni pasovi senzorja MODIS	8
Preglednica 3:	Primerjava senzorjev AVHRR, MODIS ter AATSR	12
Preglednica 4:	Vrste izdelkov senzorja MODIS	17
Preglednica 5:	Prikaz lastnosti podatkov datoteke HDF	40

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Senzor MODIS	6
Slika 2:	Predvideni položaji tirnic satelita Terra nad Evropo	10
Slika 3:	Upodobitev satelita Aqua v vesolju	11
Slika 4:	Primer izdelka števeci odbojnosti	19
Slika 5:	Primer izdelka kalibriranih ter geolociranih radianc	20
Slika 6:	Primer geolokacijskega podatkovnega niza	21
Slika 7:	Primer izdelka fluorescence klorofila	23
Slika 8:	Primer izdelka o primarni proizvodnji oceanov za celotno Zemljo	24
Slika 9:	Primer izdelka temperature površine morja	24
Slika 10:	Primer izdelka aerosoli	26
Slika 11:	Primer izdelka vodna para	27
Slika 12:	Prikaz vrst oblakov z določitvijo temperature vrhov oblakov nad zahodnim Sredozemljem	28
Slika 13:	Primer izdelka atmosferskih profilov	30
Slika 14:	Primer mesečno združenih podatkov	31
Slika 15:	Primer izdelka o oblakih	32
Slika 16:	Primer izdelka odbojnost površja	34
Slika 17:	Primer izdelka temperatura površja	34
Slika 18:	Primer izdelka o pokritosti površja	35
Slika 19:	Primer prikaza indeksa NDVI	36
Slika 20:	Primer izdelka o toplotnih anomalijah	36
Slika 21:	Primer izdelka indeks listne površine	37
Slika 22:	Primer izdelka neto primarne proizvodnje	37
Slika 23:	Primer izdelka pokritosti s snegom	38
Slika 24:	Primer izdelka ledu na morjih	38
Slika 25:	Uvodna stran za iskanje podatkov	42
Slika 26:	Prvi del strani za iskanje podatkov	43
Slika 27:	Drugi del strani za iskanje podatkov	44
Slika 28:	Tretji del strani za iskanje podatkov	45

Slika 29:	Iskanje z imenom izdelka	46
Slika 30:	Rezultati iskanja	47
Slika 31:	Primer pregleda iskanih podatkov	48
Slika 32:	Rezultati iskanja 2	49
Slika 33:	Nakupovalni voziček	50
Slika 34:	Metoda dostave	51
Slika 35:	Rezultati naročanja	52
Slika 36:	Preverjanje naročila	54
Slika 37:	Izbira predelave	55
Slika 38:	Izbira parametra	56
Slika 39:	Izbira območja ter pasu	57
Slika 40:	Projekcija ter zakrivanje	58
Slika 41:	Začetna stran ftp strežnika	59
Slika 42:	Ftp strežnik – zbirka	59
Slika 43:	Ftp strežnik – izdelek	60
Slika 44:	Ftp strežnik – leto	61
Slika 45:	Ftp strežnik – dan v letu	62
Slika 46:	Ftp strežnik – rezultat iskanja	63
Slika 47:	Ftp strežnik – naročanje	64
Slika 48:	Uvodna stran za naročanje podatkov o oceanih	65
Slika 49:	Prvi del strani za iskanje izdelkov 1. in 2. stopnje	66
Slika 50:	Drugi del strani za iskanje izdelkov 1. in 2. stopnje	67
Slika 51:	Rezultati iskanja izdelkov 1. in 2. stopnje o oceanih	68
Slika 52:	Stran s povezavo do iskanih izdelkov	68
Slika 53:	Prvi del strani za iskanje izdelkov 3. stopnje o oceanih	69
Slika 54:	Drugi del strani za iskanje izdelkov 3. stopnje o oceanih	70
Slika 55:	Območje zajema podatkov	75
Slika 56:	Izsek tabele s podatki o temperaturi površja za dan 27.10.2005	76
Slika 57:	Prikaz vrednosti temperature površja za dan 27.10.2005	76
Slika 58:	Izsek tabele za NDVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006	77
Slika 59:	Prikaz vrednosti NDVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006	77

Slika 60:	Primer tabele za EVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006	78
Slika 61:	Prikaz vrednosti EVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006	78
Slika 62:	Grafi linearne povezave med NDVI ter temperaturo površja za dan 20.05.2005	81
Slika 63:	Grafi linearne povezave med NDVI ter temperaturo površja za dan 27.05.2005	82
Slika 64:	Grafi linearne povezave med NDVI ter temperaturo površja za dan 27.10.2005	83
Slika 65:	Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 20.05.2005	85
Slika 66:	Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 25.05.2005	86
Slika 67:	Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 27.05.2005	87
Slika 68:	Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 27.10.2005	89
Slika 69:	Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 29.10.2005	90
Slika 70:	Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 2.04.2005	92
Slika 71:	Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 25.05.2005.	93
Slika 72:	Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 27.10.2005	94
Slika 73:	Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 19.06.2005	95
Slika 74:	Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 27.10.2005	96

## SEZNAM UPORABLJENIH OKRAJŠAV

AATSR	Napredni radiometer za merjenje vzdolž »poti« ( <i>Advanced Along-Track Scanning Radiometer</i> )
AIRS	Merilec atmosfere IR ( <i>Atmospheric Infrared Sounder</i> )
AM	dopoldne ( <i>Ante meridiem</i> )
AMSU	Napredni merilec mikrovalov ( <i>Advanced Microwave Sounding Unit</i> )
ASTER	Senzor za merjenje toplotnih emisij ter odboja ( <i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i> )
AVHRR	Napredni senzor z zelo visoko resolucijo ( <i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i> )
AVIRIS	Leteči senzor za vidno ter infrardečo svetlobo ( <i>Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer</i> )
CERES	Senzor, ki ugotavlja lastnosti oblakov ter energijskega sistema Zemlje ( <i>Clouds and the Earth's Radiant Energy System</i> )
COOT	Center odličnosti okoljske tehnologije
CZCS	Senzor za opazovanje barve obalnega pasu ( <i>Coastal Zone Color Scanner</i> )
EDOS	EOS sistem za podatke ter delovanje ( <i>EOS Data and Operations System</i> )
ENVISAT	Okoljski satelit ( <i>Environmental Satellite</i> )
EOS	Sistem za opazovanje Zemlje ( <i>Earth Observing System</i> )
ERS	Evropski satelit za daljinsko zaznavanje ( <i>European Remote – Sensing Satellite</i> )
ESA	Evropska vesoljska agencija ( <i>European Space Agency</i> )
EVI	Izboljšan vegetacijski indeks ( <i>Enhanced Vegetation Index</i> )
FIFE	Prvi poskus mednarodnega satelitskega kopenskega klimatološkega projekta ( <i>The First ISLSCP (International Satellite Land Surface Climatology Project) Field Experiment</i> )
HDF	Hierarhični podatkovni zapis ( <i>Hierarchical Data Format</i> )
HIRS	Visokoresolucijski merilec infrardeče svetlobe ( <i>High Resolution Infrared Radiation Sounder</i> )
HSB	Merilec vlažnosti za Brazilijo ( <i>Humidity Sounder for Brazil</i> )

IGBP	Mednarodni program geosfere ter biosfere ( <i>International Geosphere-Biosphere Programme</i> )
IR	Infrardeča ( <i>Infrared</i> )
LAADS	Arhiv ter distribucijski sistem atmosferskih podatkov ter podatkov 1. stopnje ( <i>Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System</i> )
LAI	( <i>Leaf Area Index</i> )
LST/E	Temperatura ter emisivnost površja ( <i>Land Surface Temperature / Emissivity</i> )
MISR	Senzor s sposobnostjo merjenja pod več različnimi koti ( <i>Multi-Angle Imaging Spectroradiometer</i> )
MODIS	Srednjeresolucijski spektrometri ( <i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i> )
MOPITT	Senzor za merjenje onesnaženja v troposferi ( <i>Measurements Of Pollution In The Troposphere</i> )
MWIR	Srednjevalovna infrardeča ( <i>Mid-Wave Infrared</i> )
NASA	Ameriška vesoljska agencija ( <i>National Aeronautics and Space Administration</i> )
NCSA	Ameriški center za superračunske aplikacije ( <i>National Center for Supercomputing Applications</i> )
NDVI	Normiran diferencialni vegetacijski indeks ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> )
NOAA	Ameriška oceanska ter atmosferska administracija ( <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> )
PFM	Prvi leteči model ( <i>Protoflightmodel</i> )
PM	popoldne ( <i>Post meridiem</i> )
SeaWIFS	Senzor za opazovanje morja s širokim vidnim poljem ( <i>Sea-viewing Wide Field of View Sensor</i> )
SIMBIOS	Primerjav ter združitev senzorjev za biološke ter interdisciplinarne oceanske študije ( <i>Sensor Intercomparison and Merger for Biological and Interdisciplinary Ocean Studies</i> )
SRCA	Kalibracijski sestav za spektrometri ( <i>Spectroradiometric Calibration Assembly</i> )

SST	Površinska temperatura morja ( <i>Sea Surface Temperature</i> )
SWIR	kratkovalovna infrardeča ( <i>Short-Wave infrared</i> )
TDRSS	Sistem za sledenje satelitov ter prenašanje podatkov ( <i>Tracking and Data Relay Satellite System</i> )
TIR	Toplotna infrardeča ( <i>Thermal infrared</i> )
UTM	Univerzalna tranzverzalna Merkatorjeva projekcija ( <i>Universal Transverse Mercator</i> )
V	vidna ( <i>Visible</i> )
WDC-RSAT	Svetovni podatkovni center za daljinsko zaznavanje atmosfere ( <i>The World data center for remote sensing of the atmosphere</i> )

## 1 UVOD

Zemlja je kompleksen sistem procesov, ki so med seboj povezani ter prepleteni. Satelitska opazovanja nam omogočajo lažje raziskovanje in pojasnjevanje medsebojnih vplivov posameznih dejavnikov na zemeljskem površju in v atmosferi, ki jih prej z Zemlje nismo mogli. Ta opazovanja se večinoma izvajajo v vidnem in infrardečem spektru elektromagnetnega valovanja. Senzorji na satelitih, ki obkrožajo Zemljo, pridobivajo ogromne količine podatkov, ki pomenijo pomemben vir informacij pri preučevanju podnebnih, hidroloških, bioloških ter mnogih drugih procesov. Satelitski podatki so vedno bolj natančni, vedno bolj obširni ter kar je zelo pomembno, tudi vedno bolj dosegljivi vsem zainteresiranim uporabnikom. Četudi tega ne opazimo, skoraj vsak dan vidimo veliko podatkov pridobljenih iz satelitov. Vsem znani satelitski podatki so vremenske slike, ki jih lahko spremljamo vsak dan. Poleg teh pa lahko do veliko satelitskih podatkov pridemo kar preko interneta, ki postaja tudi eden glavnih virov satelitskih podatkov.

Satelitski podatki pa so nam prinesli tudi več vedenja o stanju našega planeta. Zadnje čase lahko v raznih medijih zasledimo informacije o padajočem »zdravju« našega planeta. Beremo o sekanju gozdov, manjšanju ozona, izumrtju živalskih ter rastlinskih vrst, globalnem segrevanju, težko pa je razumeti, kaj to pomeni v globalnem merilu. Kaj so vzroki za te spremembe in kakšne dolgoročne posledice bodo imele na okolje? Sprašujemo se, kakšna bo kvaliteta življenja na Zemlji v prihodnosti. Prav zaradi tega pomanjkljivega znanja se je porodila ideja o izdelavi senzorja, ki bi nam lahko postregel z bolj natančnimi podatki o tej vedno bolj pereči problematiki. Tako je pod okriljem ameriške vesoljske agencije nastal senzor MODIS. Senzor MODIS je eden najnovejših senzorjev za opazovanje Zemlje, katerega lastnosti so posebej prirejene za opazovanje pojavov v atmosferi, oceanih ter na kopnem.

Namen te diplomske naloge je predstavitev senzorja MODIS, saj je ta v Sloveniji malo poznan, predstavitev njegovih glavnih lastnosti, vrste izdelkov, ki so na voljo iz podatkov pridobljenih s tem senzorjem ter dostop do teh podatkov. Osrednji del naloge pa predstavlja preverjanje statistične povezave med temperaturo površja ter vegetacijskimi indeksi s pomočjo podatkov senzorja MODIS. V tem delu smo najprej preverili statistično povezavo med temperaturo površja ter normiranim diferencialnim indeksom, nato pa smo to poskusili še



z izboljšanim vegetacijskim indeksom. Dokazati želimo, da obstaja linearna povezava med vegetacijskimi indeksi ter temperaturo površja, povedano drugače, preveriti hočemo ali je temperatura površja odvisna od količine rastja.

Diplomska naloga je sestavljena iz treh sklopov. V prvem poglavju je predstavljen senzor MODIS, na kratko razloženo, kaj sploh je MODIS, nato so opisani vzroki za izdelavo ter uporabo senzorja MODIS, sledi nekaj malega o zgodovini senzorja MODIS, na koncu prvega poglavja pa so predstavljeni tehnični vidiki senzorja (najprej tehnične lastnosti, nato delovanje senzorja in kalibracija). Drugo poglavje opisuje podatke senzorja MODIS ter izdelke, ki izhajajo iz teh podatkov. Drugi sklop (tretje poglavje) je predstavitev dostopa do brezplačnih podatkov senzorja MODIS preko interneta na dva možna načina.

V tretjem sklopu (zadnje, četrto poglavje) pa je predstavljena statistična povezava med temperaturo površja ter normiranim diferencialnim vegetacijskim indeksom in izboljšanim vegetacijskim indeksom.

V diplomski nalogi je uporabljenih veliko okrajšav, ki so ob prvi uporabi razložene znotraj oklepajev za okrajšavo, v nadaljnjem besedilu se uporablja okrajšava brez razlage. Razlage vseh uporabljenih okrajšav pa lahko dobimo na začetku diplomske naloge v seznamu okrajšav ter simbolov.

## 2 SENZOR MODIS

### 2.1 Kaj je MODIS

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) je naprava, ki meri elektromagnetno valovanje odbito z zemeljskega površja pri različnih valovnih dolžinah. Taka naprava se imenuje tudi spektrometri (NASA, 2006a). MODIS se nahaja na dveh satelitih, ki obkrožata Zemljo in sicer Terri in Aqvi, ki sta v lasti Ameriške vesoljske agencije. Svetlobo lahko meri pri vidnih in infrardečih valovnih dolžinah. Vidna svetloba je vidna s prostim očesom, medtem ko infrardeče svetlobe, pokazatelja toplote, ne moremo videti s prostim očesom. MODIS hkrati snema širok spekter valovnih dolžin elektromagnetnega valovanja, ki je lahko odboj elektromagnetnega valovanja Sonca ali toplotna energija Zemlje. S to sposobnostjo lahko ustvarja podobe, ki jih človeško oko ne more zaznati. MODIS je plod petnajstletnega dela znanstvenikov z namenom izdelave senzorja, ki bi lahko postregel z mnogimi zanimivimi informacijami o kopnem, atmosferi ter oceanih.

MODIS je eden najnovejših senzorjev za opazovanje Zemlje, saj je bil prvič uporabljen leta 1999. Pred drugimi senzorji ima prednost predvsem v širokem spektru elektromagnetnega valovanja, ki ga lahko zazna, predvsem v območju infrardeče svetlobe ter v izdelavi podobe celotne Zemlje v zelo kratkem času, najkasneje v dveh dneh. Zaradi tega je primeren predvsem za spremljanje obsežnih pojavov v biosferi (razvoj fitoplanktona v morjih, opazovanje oblakov, pokritost površja s snegom, temperatura morij...).

### 2.2 Zakaj MODIS

Desetletja so znanstveniki zbirali informacije o podnebjju Zemlje iz starih kamnin, vzorcev ledu, letnic na drevesih, zgodovinskih vremenskih zapisov ter satelitskih podatkov. Vedo, da se je podnebje Zemlje skozi njeno zgodovino velikokrat spremenilo. Spremembe v nagibu rotacijske osi Zemlje, morski tokovi, izbruhi vulkanov, vse to je vplivalo na podnebje in življenje. Zdaj se zbirajo dokazi, ali človek s svojimi dejanji pospešuje naravne spremembe podnebja ter ali prispeva k globalnem segrevanju ozračja, višanju gladine morja, nastanku ozonskih lukenj, kislem dežju. Vsi ljudje se sprašujemo o spremembah ter o posledicah teh sprememb na življenje na Zemlji.

Da bomo dobili odgovor na ta vprašanja, je potrebno Zemljo preučevati kot interaktivni sistem, saj so odnosi med življenjem, oceani, kopnim ter atmosfero tesno prepleteni. Oblaki, plini ter aerosolni delci učinkujejo tako na ocean kot na kopno. Spremembe na kopnem vplivajo tudi na atmosfero.

Zaradi boljšega razumevanja naravnih sprememb podnebja ter človeškega vpliva na te spremembe potrebujejo znanstveniki podatke ter informacije za vsako območje Zemlje, za vsak dan, za obdobje več let. Najboljši način za pridobivanje teh podatkov je z uporabo senzorjev na satelitih, ki merijo različne vrste elektromagnetnega valovanja, ki prihajajo z Zemlje. Način, kako Zemlja oddaja lastno valovanje v vesolje ter kako odbija valovanje Sonca, da znanstvenikom dragocene informacije o njenem ekološkem, hidrološkem ter meteorološkem stanju.

Zaradi tega je ameriški kongres leta 1990 ustanovil U.S. Global Change Research Program (program raziskovanja globalnih sprememb). Glavni pobudnik tega programa je NASA (National Aeronautics and Space Administration) s svojim Sistemom za opazovanje Zemlje EOS (Earth Observing System). NASA sodeluje z drugimi svetovnimi organizacijami pri oblikovanju in razvoju naprednih senzorjev ter satelitov za zbiranje podatkov v širokem spektru valovnih dolžin – ultravijolična, vidna, infrardeča ter mikrovalovna. S temi senzorji bo NASA zbrala večletne podatkovne nize, ki bodo pomagali odgovoriti na vprašanja o globalnih spremembah. Prvi EOS satelit je bil izstreljen 18.12.1999 in nosi 5 senzorjev za daljinsko zaznavanje (NASA, 2006b), od katerih je najbolj napreden senzor MODIS. Vsake 2 dni, najmanj 15 let, bo MODIS zbiral podatke o vseh območjih Zemlje, oceanih ter atmosferi, ki bodo sestavljeni iz meritev vidne ter infrardeče svetlobe, ki se ali odbije od Zemlje ali jo Zemlja sama odda.

MODIS ponuja enkratno kombinacijo lastnosti: zazna lahko širok spekter elektromagnetne energije, meritve izvaja v treh prostorskih ločljivostih, meritve izvaja ves dan, vsak dan, poleg tega pa ima široko vidno polje. To obsežno neprekinjeno pokrivanje dovoljuje senzorju MODIS, da ustvari celotno pokritost Zemlje vsake dva dni.

Delovanje senzorja MODIS dopolnjuje druge sisteme daljinskega zaznavanja, kot npr. Landsat, ki snema Zemljo z boljšo ločljivostjo, toda podobe nekega območja lahko poda le

vsakih 16 dni, kar je preveč za snemanje kratkočasovnih meteoroloških ter bioloških pojavov. S širjenjem teh podatkovnih nizov MODIS nadaljuje zbiranje podatkov nujnih za razumevanje tako dolgo kot kratkoročnih sprememb v okolju (NASA, 2006b).

Poleg drugih podatkov MODIS zbira tudi podatke o lastnostih površja, ki so pomembni za modeliranje ogljikovega zemeljskega ciklusa za izmenjavo ogljika med živimi bitji, kopnim, oceanom ter atmosfero. Modeliranje ciklusa ogljika je posebej pomembno zaradi povečanja količine ogljikovega dioksida v atmosferi (efekt tople grede).

Strokovnjaki so v razvoju globalnih dinamičnih modelov soočeni še z eno neznanko: vloga snežne odeje in ledu na morjih v spremembah podnebja. Snežna odeja močno vpliva na Zemljin albedo (albedo je razmerje med odbito in vpadlo svetlobo na pravokotno ploskev). Belo površje ima albedo 1.0, črno površje pa 0.0). Povedano na kratko, sumi se, da bo globalno segrevanje pomenilo več izhlapevanja ter zato več vlage v zraku. Povečanje vlage v zraku ter posledično povečanje padavin bo lahko povečalo snežno odejo za nekaj časa, ko bodo temperature v arktičnih regijah rastle, toda še vedno ostale pod ničlo. Dokler pa ne bomo imeli podatkov zbranih v daljšem času, ne bomo mogli vedeti, kakšno je učinkovanje globalnega segrevanja na sneg ter led na morjih (NASA, 2006b).

S senzorjem MODIS si bodo strokovnjaki pomagali modelirati naravne procese ter odgovoriti na vedno bolj pomembna vprašanja o stanju Zemlje.

### **2.3 Kratka zgodovina**

Leta 1983 je NASA začela raziskovati koncept satelita s polarno tirnico za dopolnitev vesoljske postaje s človeško posadko tudi s polarno tirnico. Najprej imenovan sistem Z je dobil zagon s predlaganim programom agencije NASA "Global Habitability" (primernost za bivanje v globalnem merilu). Po nesreči vesoljskega plovila Challenger leta 1986, je ideja polarne vesoljske postaje poniknila, tako je Sistem Z postal EOS, znotraj katerega je bilo razvitih več serij instrumentov, med njimi tudi MODIS.

MODIS se je kmalu razcepil v dva sorodna koncepta:

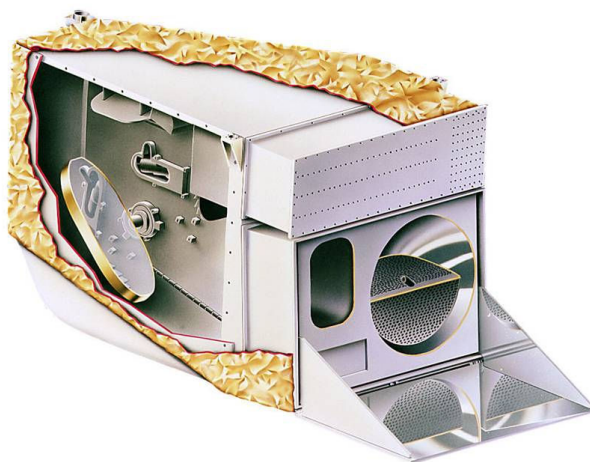
- MODIS-N, ki je bil osredotočen predvsem na zaznavanje kopna ter atmosfere;
- MODIS-T (tilted - nagnjen), ki je bil osredotočen na oceane.

Zaradi omejitev proračuna so koncept MODIS-T ukinili, nadomestili so ga z MODIS-N ter EOS – Color, ki naj bi nasledil SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor). Nadaljnje omejitve proračuna so vodile k zamenjavi EOS-Color s SIMBIOS (Sensor Intercomparison and Merger for Biological and Interdisciplinary Ocean Studies) (Abbott M., 2003).

MODIS je bil vedno mišljen kot glavni senzor za EOS. V začetku so planirali tri pare senzorja MODIS, ki bi zagotavljali 15-letno serijo podatkov. Pri razvoju je veliko sodelovala tudi Ameriška oceanska ter atmosferska administracija NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), toda zaradi omejitev proračuna ter nezdržljivosti se je sodelovanje med agencijama NASA ter NOAA končalo, tako so zaenkrat ostali pri enem paru senzorjev.

## 2.4 osnovni podatki o senzorju MODIS

MODIS je bil načrtovan ter nato izdelan kot spektrometrični srednje prostorske ločljivosti. Prostorska ločljivost je velikost najmanjšega objekta na Zemlji, ki ga lahko instrument zazna. MODIS zbira podatke v treh prostorskih ločljivostih: 250, 500 ter 1000 m. Dva spektralna pasova delujeta z ločljivostjo 250 m v nadirju, 5 pasov deluje z ločljivostjo 500 m, 29 pasov pa s 1000 m ločljivostjo (NASA, 2006c). Prostorska ločljivost senzorja MODIS je manjša od komercialnih satelitskih sistemov (Satelit IKONOS ima npr. 1 m prostorsko ločljivost, satelit Quickbird pa 0.6 m), prednost le tega pa je v tem, da lahko ustvarimo sliko celotnega zemeljskega površja skoraj vsak dan.



Slika 1: Senzor MODIS.

Poleg širokega spektra opazovanih valovnih dolžin (tabela 2), ima MODIS tudi zelo visoko radiometrično ločljivostjo — 12-bitno, kar pomeni, da lahko poda intenziteto prejete svetlobe v 4096 različnih tonih.

Pas ozemlja, ki ga MODIS snema, je širok 2330 km. S to širino snemanja, ki jo doseže iz višine satelitove tirnice 705 km ter s snemalnim kotom  $\pm 55$  stopinj, lahko MODIS zagotavlja globalno pokritost vsake ena do dva dneva.

Optični sistem senzorja MODIS je sestavljen iz zrcalnega teleskopa, ki preusmerja energijo na štiri sestave leč, ena za vsako od območij elektromagnetnega valovanja: vidna svetloba, bližnja infrardeča (IR), kratko ter srednje dolga IR ter dolgovalovna IR (NASA, 2006č).

#### 2.4.1 Tehnični podatki senzorja MODIS

Preglednica 1: Osnovni tehnični podatki senzorja MODIS

Tirnica	705 km, 10:30 a.m. spuščajoči vozeli (Terra) ali 1:30 p.m. dvigajoči vozeli (Aqua), sončno sinhrona, skoraj polarna, krožna
Obhodni čas Zemlje	99 minut
Območje snemanja	2330 km (prečno) krat 10 km (vzdolžno v nadirju)
Teleskop	premer 17.78 cm, izven-osni, afokalni
Dimenzija	1.0 m x 1.6 m x 1.0 m
Teža	228.7 kg
Moč	162.5 W (povprečje ene orbite)
Prenos podatkov	10.6 Mbps (največji prenos tekom dneva); 6.1 Mbps (povprečje)
Radiometrična ločljivost	12-bitna
Prostorska ločljivost	250 m (spektralni pasovi 1-2) 500 m (spektralni pasovi 3-7) 1000 m (spektralni pasovi 8-36)
Življenska doba	6 let

## 2.4.2 Spektralni pasovi senzorja MODIS

MODIS je izdelan tako, da zaznava elektromagnetno valovanje, ki prihaja iz Zemlje, v 36 spektralnih pasovih (skupinah valovnih dolžin), v razponu od 0.405  $\mu\text{m}$  do 14.385  $\mu\text{m}$ . Od 36 spektralnih pasov sta dva v vidnem delu elektromagnetnega spektra, 5 v kratkovalovnem infrardečem delu, 29 pa jih je v toplotnem infrardečem delu spektra.

Preglednica 2: Spektralni pasovi senzorja MODIS.

Osnovna uporaba	Pas	Valovna dolžina [nm]
meje kopnega, oblakov ter aerosolov	1	620 - 670
	2	841 - 876
lastnosti kopnega, oblakov ter aerosolov	3	459 - 479
	4	545 - 565
	5	1230 - 1250
	6	1628 - 1652
	7	2105 - 2155
barva oceanov, fitoplankton, biokemija	8	405 - 420
	9	438 - 448
	10	483 - 493
	11	526 - 536
	12	546 - 556
	13	662 - 672
	14	673 - 683
	15	743 - 753
	16	862 - 877
atmosferska vodna para	17	890 - 920
	18	931 - 941
	19	915 - 965
temperatura površja ter oblakov	20	3.660 - 3.840
	21	3.929 - 3.989
	22	3.929 - 3.989
	23	4.020 - 4.080
temperatura atmosfere	24	4.433 - 4.498
	25	4.482 - 4.549
koprenasti oblaki, vodna para	26	1.360 - 1.390
	27	6.535 - 6.895
	28	7.175 - 7.475
lastnosti oblakov	29	8.400 - 8.700
ozon	30	9.580 - 9.880
temperatura površja ter oblakov	31	10.780 - 11.280
	32	11.770 - 12.270
zgornja višina oblakov	33	13.185 - 13.485
	34	13.485 - 13.785
	35	13.785 - 14.085
	36	14.085 - 14.385

### 2.4.3 Satelita Terra in Aqua

Prvi senzor MODIS, Protoflightmodel ali PFM, je vgrajen na satelitu Terra (EOS AM1). Satelit Terra je bil uspešno izstreljen 18.12. leta 1999. Drugi senzor MODIS, Flight model 1 ali FM1, je integriran na satelitu Aqua (EOS PM1). Ta je bil uspešno izstreljen 4.5. leta 2002.

#### 2.4.3.1 Terra

Terra je prvi velik satelit sistema za opazovanje Zemlje (EOS), ki nosi več instrumentov. Njegova tirnica (slika 2) okoli Zemlje je določena tako, da na poti od severa proti jugu prečka ekvator zjutraj. Od tod tudi njegovo prvo ime EOS AM-1 (AM Ante Meridiem). Terra je skupni projekt ZDA, Japonske ter Kanade. Satelit nosi 5 različnih senzorjev:

- *CERES* (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) - senzor za merjenje oblakov ter zemeljskega energijskega sistema (ZDA);
- *MISR* (Multi-Angle Imaging Spectroradiometer) - senzor s sposobnostjo merjenja pod več različnimi koti (ZDA);
- *MODIS* (ZDA);
- *ASTER* (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) - senzor za merjenje toplotnih emisij ter odboja (Japonska);
- *MOPITT* (Measurements Of Pollution In The Troposphere) – senzor za merjenje onesnaženja v troposferi (Kanada).

Satelit Terra prečka ekvator zjutraj, ker je takrat na nebu najmanj oblakov ter je tako pogled na Zemljo najmanj oviran. Tirnica satelita je skoraj pravokotna na smer rotacije Zemlje (naklon tirnice znaša  $98.2251^\circ$ ), tako lahko pasove posameznih snemanj »zlepimo« skupaj v celotno sliko Zemlje.

Zaradi dvojnosti satelitov (Terra prečka ekvator dopoldne, Aqua popoldne) je možno opazovanje sprememb tekom dneva. (spremembe v temperaturi morij ter Zemlje...).

#### 2.4.3.2 Aqua

Je satelitska misija agencije NASA, tako imenovana zaradi velike količine informacij, ki jih bo ta misija zbirala o zemeljskem krogu vode (aqua - voda), vključno z izhlapevanjem iz oceanov, vodno paro v oceanih, oblaki, padavinami, vlažnostjo tal, ledom na morju,



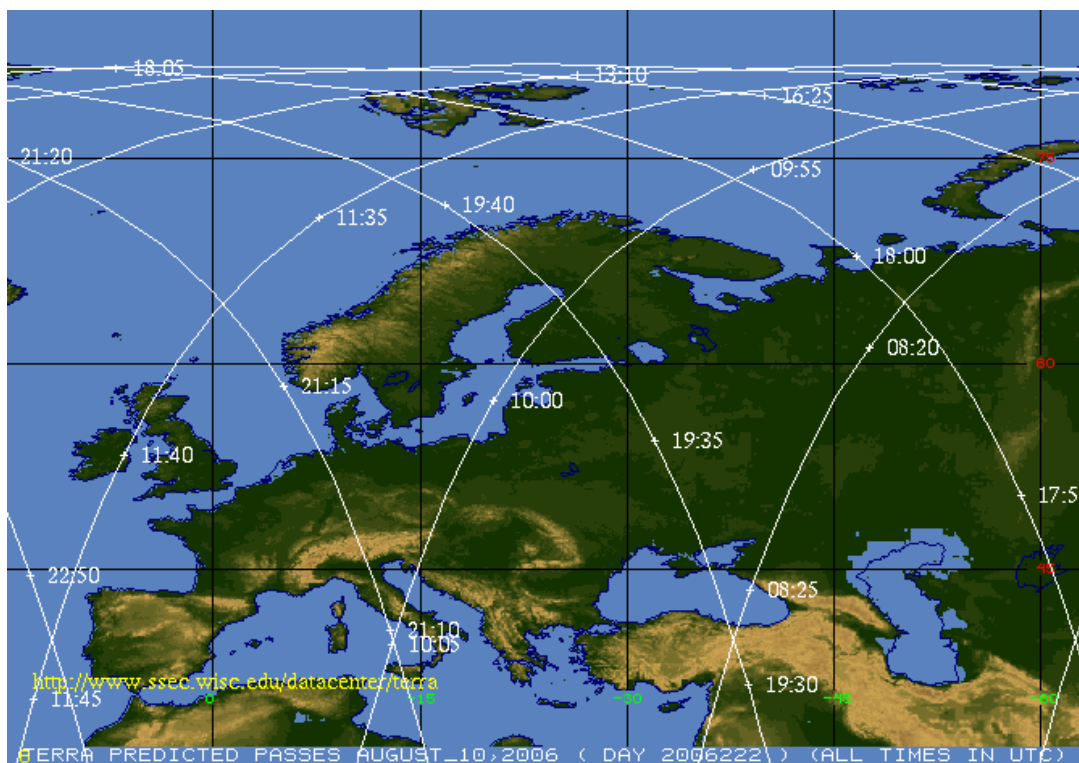
pokritostjo kopnega s snegom... (NASA, 2006d). Poleg tega Aqua meri aerosole, pokritost z vegetacijo, fitoplankton, temperature vode...

Aqua je združen projekt ZDA, Japonske ter Brazilije. Prvotno ime satelita je bilo EOS PM, kar je pomenilo popoldansko prečenje satelita preko ekvatorja (PM – Post Meridiem).

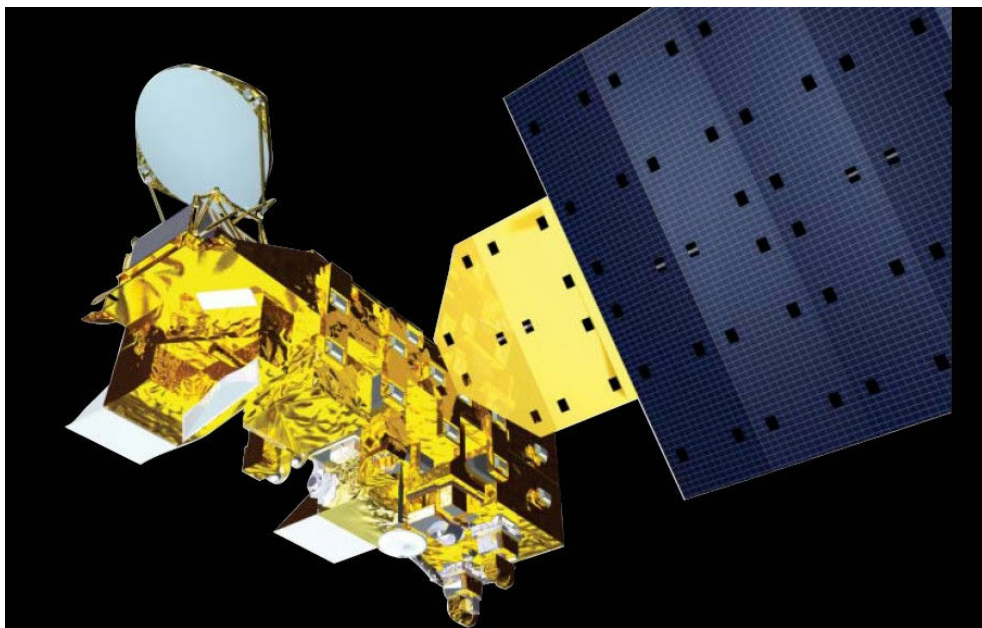
Na tem satelitu je 6 naprav za opazovanje Zemlje:

- *AIRS* (Atmospheric Infrared Sounder) - merilec atmosferske IR ;
- *AMSU-A* (Advanced Microwave Sounding Unit) - napredni merilec mikrovalov;
- *HSB* (Humidity Sounder for Brazil) - merilec vlažnosti za Brazilijo;
- *MODIS*;
- *CERES* (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) - senzor, ki ugotavlja lastnosti oblakov ter energijskega sistema Zemlje.

Vsaka od teh naprav ima posebne karakteristike in sposobnosti, skupaj pa predstavljajo močno orodje za opazovanje Zemlje. Vsi senzorji skupaj dnevno posnamejo za 750 GB podatkov.



Slika 2: Predvideni položaji tirnic satelita Terra nad Evropo (SSEC, 2006).



Slika 3: Upodobitev satelita Aqua v vesolju. (NASA, 2006e)

MODIS je oblikovan za snemanje v enakih spektralnih območjih, kot so jih uporabljali nekateri prejšnji satelitski senzorji. Tako dopolnjuje obstoječe znanje s širjenjem podatkovnih nizov merjenih iz senzorjev kot npr AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), CZCS (Coastal Zone Color Scanner), SeaWiFS, Landsat, HIRS (High Resolution Infrared Radiation Sounder). Kombinacija z drugimi instrumenti, ki bodo sledili senzorju MODIS, bo zagotavljala desetletne nize podatkov za preučevanju globalnih sprememb (NASA, 2006b).

#### **2.4.4 Kratka primerjava senzorja MODIS s sorodnima senzorjema AATSR ter AVHRR**

##### *AATSR* Advanced Along-Track Scanning Radiometer

Je senzor na satelitih ERS1 in ERS2 (European Remote-Sensing Satellite), ki sta v lasti Evropske vesoljske agencije *ESA* (European Space Agency). Njegova glavna naloga je merjenje površinske temperature vode. ERS1 je bil izstreljen leta 1991 (bil v uporabi do leta 2000), ERS2 pa leta 1995 (še vedno operativen). Poleg zbiranja podatkov o površinski temperaturi vode, je pomembna naloga senzorja AATSR tudi zbiranje podatkov o kopenskih površinah (vegetacijska biomasa, vegetacijska vlažnost...) ter o oblakih. Ti podatki bodo pomagali oceanografskim ter klimatskim raziskavam. AATSR meri elektromagnetno valovanje v infrardečih kanalih in nima vidnih kanalov (WDC-RSAT, 2006a).

*AVHRR* Advanced Very High Resolution Radiometer

Prvič je bil izstreljen leta 1998 na satelitu NOAA-15, ki je v lasti NOAA. AVHRR zaznava elektromagnetno valovanje v vidni ter infrardeči svetlobi ter ima poseben kanal za določevanje snega ter leda. Uporablja se za daljinsko določevanje oblačnosti ter temperature površja, poleg tega pa se uporablja še za merjenje površinske temperature vode ter za določevanje obsega ledu na morjih (WDC-RSAT, 2006b).

Preglednica 3: Primerjava senzorjev AVHRR, MODIS ter AATSR.

	AVHRR	MODIS	AATSR
Prostorska ločljivost	1100 m	250 m 500 m 1000 m	1000 m
Število kanalov	V: 2 SWIR: 1 TIR: 2	V: 2 SWIR 5 TIR: 29	MWIR: 1 SWIR: 2 TIR: 4
Širina pasu snemanja	3000 km	2330 km	512 km
Satelit	NOAA-15	TERRA, AQUA	ENVISAT
Orbita	višina 825 km, polarna, sončno sinhrona	višina 704 km, polarna, sončno sinhrona	višina 800 km, polarna, sončno sinhrona
Čas prečkanja ekvatorja	13.54 lokalni čas	10.30 lokalni čas	10.00 lokalni čas
Čas ponovnega obiska	1 dan	1 dan	35 dni
Podatkovni zapis	HRPT	HDF-EOS	PDS
Zadnja izstrelitev	1998	2002	2002

Oznake v tabeli: V – vidna svetloba, , TIR – termična infrardeča (IR), MWIR – srednjevalovna IR, SWIR – kratkovalovna IR.

Vidimo lahko, da ima MODIS na voljo boljšo prostorsko ločljivostjo (250 m) v primerjavi z ostalima senzorjema (1000 m, 1100 m) ter tudi večje število kanalov, kar omogoča boljše (bolj podrobne) podatke. Senzor AATSR ima ožji pas snemanja (512 km), kar posledično vpliva tudi na čas ponovnega snemanja (35 dni AASTR, 1 dan MODIS ter AVHRR). Vsak senzor ima svoj podatkovni zapis.

## **2.5 Delovanje in kalibracija senzorja MODIS**

### **2. 5.1 delovanje senzorja MODIS**

Naš planet se neprestano “kopa” v elektromagnetnem sevanju Sonca, ki posredno ali neposredno žene dinamiko zemeljskega površja. Milijarde fotonov bombardirajo atmosfero vsako sekundo in so ali odbiti nazaj v vesolje, absorbirani v atmosferskih plinih ter delcih ali oddani na zemeljsko površje. Na površju se fotoni odbijejo od površja in oceanov nazaj skozi atmosfero, ali so absorbirani kot energija, ki bo kasneje oddana v obliki toplote (infrardeči fotoni), ali se porabijo za izparevanje površinske vode (NASA, 2006f).

Objekti odbijajo, absorbirajo ali oddajajo vidno ter infrardečo svetlobo na različne načine, odvisno od njihovih fizikalnih ter kemičnih lastnosti. Odboj ali oddajanje lahko vidimo s prostim očesom, na enak način pa ga zaznajo tudi senzorji. Z bolj naprednimi senzorji (MODIS) lahko zaznamo svetlobo ne samo v vidnem spektru, ampak tudi v infrardečem spektru, ki ga naše oko ne more zaznati. Z opazovanjem odboja, absorpcije in emisije fotonov od objekta, lahko količinsko ocenimo določene lastnosti tega objekta. Naprimer, razumevanje kako klorofil v različnih rastlinah absorbira ter odbija svetlobo, pomaga raziskovalcem identificirati rastlinje z uporabo daljinskega zaznavanja.

Svetloba, ki jo Zemlja odda ali odbije nazaj v vesolje, gre skozi snemalno odprtino senzorja, vstopi v snemalno odprtino ter zadane neprestano rotirajoče snemalno zrcalo, ki odbije prihajajočo svetlobo v interni teleskop, kjer se svetloba osredotoči na štiri različne sestave senzorjev. Na poti do senzorjev gre svetloba skozi lomilce žarkov ter posebne filtre, ki zdelijo svetlobo v štiri široke razpone valovnih dolžin. Če smo bolj natančni, samo vidna svetloba gre lahko filter za vidno svetlobo ter zadane senzor za vidno svetlobo. Enako velja tudi za ostale tri skupine senzorjev: senzorji so občutljivi na infrardečo svetlobo, kratko/srednjevalovno infrardečo svetlobo ter dolgovalovno infrardečo svetlobo (NASA, 2006f). Vsakokrat, ko foton

zadane eno od štirih skupin senzorjev, se ustvari elektron, ki se nato shrani v kondenzatorju. Ko se nabere dovolj elektronov, gredo skozi predojačevalec, kjer se preusmerijo na digitalizator, ki pretvori elektrone iz analognega signala v digitalne podatke. Digitalni podatki so shranjeni na satelitu, vse dokler ni možen njihov prenos na sprejemne postaje na Zemlji, kjer jih obdelajo z računalniki. Z uporabo posebej razvitih računalniških programov, lahko nato znanstveniki pretvorijo te podatke v pomenske podobe, kot npr. razcvet fitoplanktona v Atlantskem oceanu, ki jim pomagajo interpretirati razmere na Zemlji.

## **2.5.2 Kalibracija senzorja MODIS**

### *Grobo okolje vesolja*

Vesolje je zelo grobo okolje in uničuje tudi najbolj stabilne materiale s stalnim »bombardiranjem« kozmičnih žarkov, UV sevanjem, mikrometeoriti ter ekstremnimi temperaturnimi spremembami. Vse to povzroči, da se čez čas lastnosti senzorjev na satelitih spremenijo (NASA, 2006f), zato se v podatke »prikraejo« napake ter nejasnosti. Zaradi poznavanja tega problema so na MODIS vgradili kalibracijski sistem, ki pomaga inženirjem na Zemlji, da skozi njegovo življensko dobo lahko spremljajo kvaliteto njegovega delovanja ter popravijo napake, ki so nastale zaradi zunanjih vplivov vesolja.

### *Kalibracijski sistemi*

#### *Sončni razpršilec*

Sončni razpršilec (Solar Diffuser) ter kontrolna naprava stabilnosti sončnega razpršilca (Solar Diffuser Stability Monitor) imata neoviran pogled na Sonce za neprestano spremljanje količine oddanih fotonov. Ker Sonce stalno oddaja enako količino fotonov, je vsaka sprememba v oddajanju senzorja MODIS lahko napaka samega senzorja ali sončnega razpršilca. Kontrolna naprava spremlja degradacijo sončnega razpršilca čez čas.

#### *Kalibracijski sestav za spektrometrični sistem SRCA (Spectroradiometric Calibration Assembly)*

Je vir svetlobe, ki oddaja valovne dolžine svetlobe z znanimi jakostmi, kar pomaga pri nadaljnem testiranju ter kalibriranju sistema. Svetloba oddana od SRCA se odbije od odbojnega zrcala na teleskop in nadaljuje skozi sistem. SRCA omogoča inženirjem na Zemlji, da preverjajo radiometrične, spektralne ter geometrične lastnosti sistema Modis.

### *Črno telo*

V daljnji infrardeči svetlobi vsi objekti oddajajo fotone v skladu z njihovo temperaturo. Za kalibriranje termalnih pasov senzorja MODIS, ima le ta vgrajeno črno telo. Črno telo je izdelano tako, da ne odbija svetlobe ter je hranjeno na stalni temperaturi. Senzor »opazuje« črno telo ter tako dobi prave informacije o lastni temperaturi. Ta kalibracija se uporablja za zelo točno določevanje temperature površja Zemlje ter oblakov.

### *Pogled na Luno ter pogled v vesolje*

Dve dodatni kalibracijski tehniki, ki jih uporablja MODIS, sta pogled na Luno ter pogled v vesolje. Prednost pogleda na Luno je ta, da omogoči senzorju MODIS, da ta vidi objekt, ki je približno enako svetel kot Zemlja. Za razliko od Zemlje ter od sončnega razpršilca, se ne pričakuje sprememb lastnosti Lune v času delovanja senzorja MODIS, ker je Luna osvetljena od Sonca. Pogled na Luno omogoča tudi drugi način kontrole degradacije sončnega razpršilca.

Pogled v vesolje pa omogoča ničelni vhodni signal fotonov, kar se uporablja kot dodatna referenčna točka pri kalibraciji, saj zvezde tega signala ne zmotijo, ker so preblede, da bi jih MODIS zaznal.

### 3 PODATKI

MODIS lahko zaradi mnogih spektralnih pasov pridobi velike količine podatkov, zanimive za mnogo različnih namenov. Ti podatki se uporabljajo za določanje požarov, rast fitoplanktona, preučevanje vremenskih pojavov, določanje obsega ledu na morjih, določanje temperature morij ter kopna... Področij, kjer uporabljajo podatke iz senzorja MODIS je vedno več.

Podatki, ki jih MODIS zajame, so (poleg podatkov drugih senzorjev) prenešeni na zemeljsko postajo White Sands (New Mexico) s pomočjo *TDRSS* (*Tracking and Data Relay Satellite System*) sistema. Iz zemeljske postaje so podatki prenešeni v glavni center za obdelavo podatkov *EDOS* (*EOS Data and Operations System*) v Goddard vesoljskem centru (Goddard Space Flight Center). Tam poteka prva stopnja obdelave podatkov. Prvi izdelki, ki nastanejo, so podatki o geolokaciji. Ti podatki so izdelani iz »grobih« podatkov, pridobljenih neposredno iz satelita. To so tako imenovani izdelki 1. stopnje obdelave. Po prvi stopnji obdelave se podatki razdelijo po treh raziskovalnih centrih, kjer sledi dodatna obdelava (dobimo podatke 2., 3., 4. stopnje – podatki druge stopnje pomenijo, da so ti podatki bili obdelani s pomočjo podatkov 1. stopnje, podatki 3. stopnje so podatki prevzorčeni na »mrežo«, pritrjeno na Zemljo, v neki splošni projekciji, podatki 4. stopnje pa so izhodni rezultati modelov podatkov, ki so že bili predhodno obdelani). Ti raziskovalni centri so Center za obdelavo podatkov o kopnem kot del Centra za geološke raziskave ZDA (Land Processes DAAC, U. S. Geological Survey EROS Data Center), Center za obdelavo podatkov o kriosferi (National Snow and Ice Data Center) ter Center za obdelavo podatkov o oceanih (Ocean Color Discipline Processing System).

Posebna lastnost senzorja MODIS pa je tudi možnost uporabe neposrednega prenosa podatkov (MODIS Direct Broadcast signal). Neposredni prenos je realno-časovni prenos podatkov pridobljenih s sateliti na Zemljo (NASA, 2006g). Ko senzor pridobiva podatke, se le ti prenesejo do kateregakoli uporabnika v realnem času. Seveda morajo uporabniki imeti ustrezno sprejemno opremo (sprejemno postajo za direktni prenos senzorja MODIS, antena za prenos podatkov) ter morajo biti v direktni vidni liniji s satelitom.

Senzor MODIS na satelitu Terra je eden prvih, ki lahko neprestano prenaša podatke do uporabnikov, ki imajo pravo strojno ter programsko opremo za prenos in to brez zaračunavanja. Neposredni prenos je začel delovati 24.04. leta 2000 na satelitu Terra ter 12.07. leta 2002 na satelitu Aqua. Obstaja mnogo standardnih izdelkov, ki jih znanstveniki z različni področij, vključno z oceanografijo, biologijo ter atmosferskimi znanostmi uporabljajo za preučevanje globalnih sprememb.

Preglednica 4: Vrste izdelkov senzorja MODIS.

Področje	Oznaka izdelka	Naziv izdelka
Geolokacija	MOD 01	števcji odbojnosti
	MOD 02	kalibrirane ter geolocirane odbojnosti
	MOD 03	geolokacijski podatkovni niz
Atmosfera	MOD 04	aerosoli
	MOD 05	vodna para
	MOD 06	oblaki
	MOD 07	atmosferski profili
	MOD 08	mrežni atmosferski izdelki
	MOD 35	izločevanje oblakov
Kopno	MOD 09	odbojnost površja
	MOD 11	temperatura ter emisivnost kopna
	MOD 12	pokritost kopna, sprememba pokritosti
	MOD 13	mrežni vegetacijski indeksi
	MOD 14	toplotne anomalije
	MOD 15	indeks listavcev
	MOD 16	evapotranspiracija
	MOD 17	Neto primarna proizvodnja
	MOD 43	odbojnost površja
	MOD 44	konverzija vegetacijskega pokrova
Kriosfera	MOD 10	pokritost s snegom
	MOD 29	led na morju

»se nadaljuje...«



»...nadaljevanje«.

Oceani	MOD 18	normalizirana odbojnost od vode
	MOD 19	koncentracija pigmenta
	MOD 20	fluorescenca klorofila
	MOD 21	koncentracija pigmenta
	MOD 22	fotosintetična radiacija
	MOD 23	koncentracija lebdečih trdnih snovi
	MOD 24	koncentracija organske snovi
	MOD 25	koncentracija kokolitov
	MOD 26	koeficient redčenja morske vode
	MOD 27	primarna proizvodnja oceanov
	MOD 28	temperatura površja morja
	MOD 36	koeficient totalne absorpcije
	MOD 37	lastnosti oceanskih aerosolov
	MOD 39	epsilon čiste vode

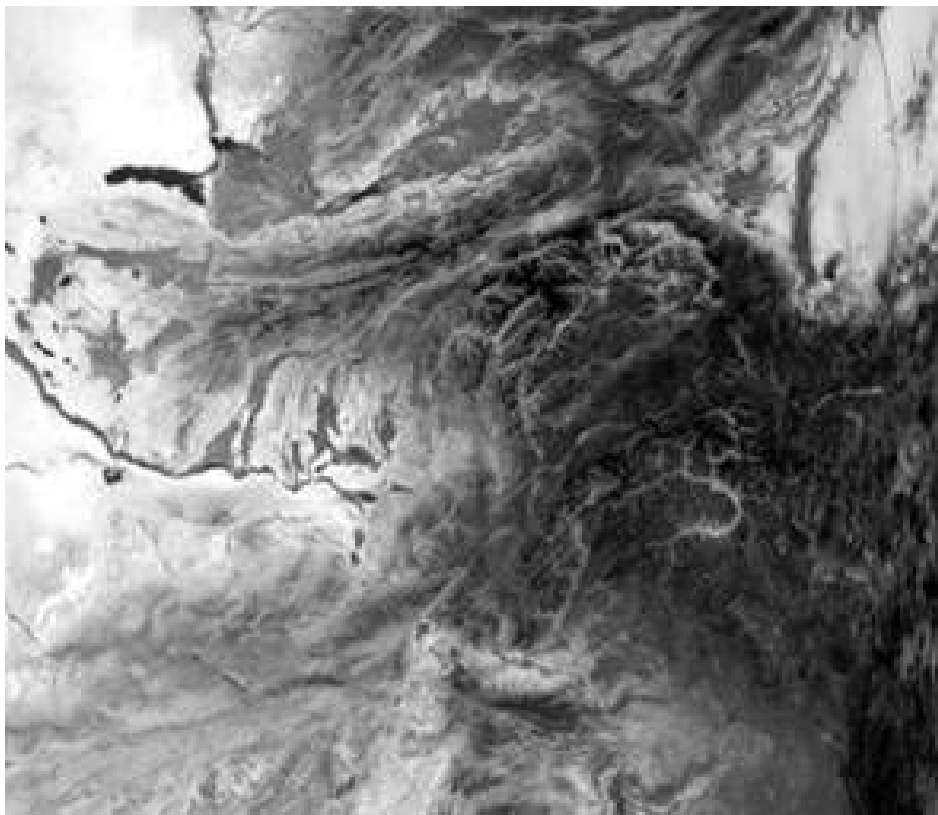
Ker vsi izdelki navedeni v tabeli še niso uvedeni v praksi, bom v nadaljevanju predstavil le izdelke, ki so že v uporabi.

### 3.1 MODIS geolokacija

Izdelki iz sklopa geolokacija so osnova vsem ostalim izdelkom. To so izdelki, ki nastanejo v prvi stopnji obdelave, to pomeni, da so nastali direktno iz »grobih« podatkov, prenešenih iz satelita. V tem sklopu se nahajajo trije osnovni izdelki. Če se v teh izdelkih nahajajo napake, se bodo le te prenesle na vse nadaljnje izdelke.

#### *MOD01 števec odbojnosti*

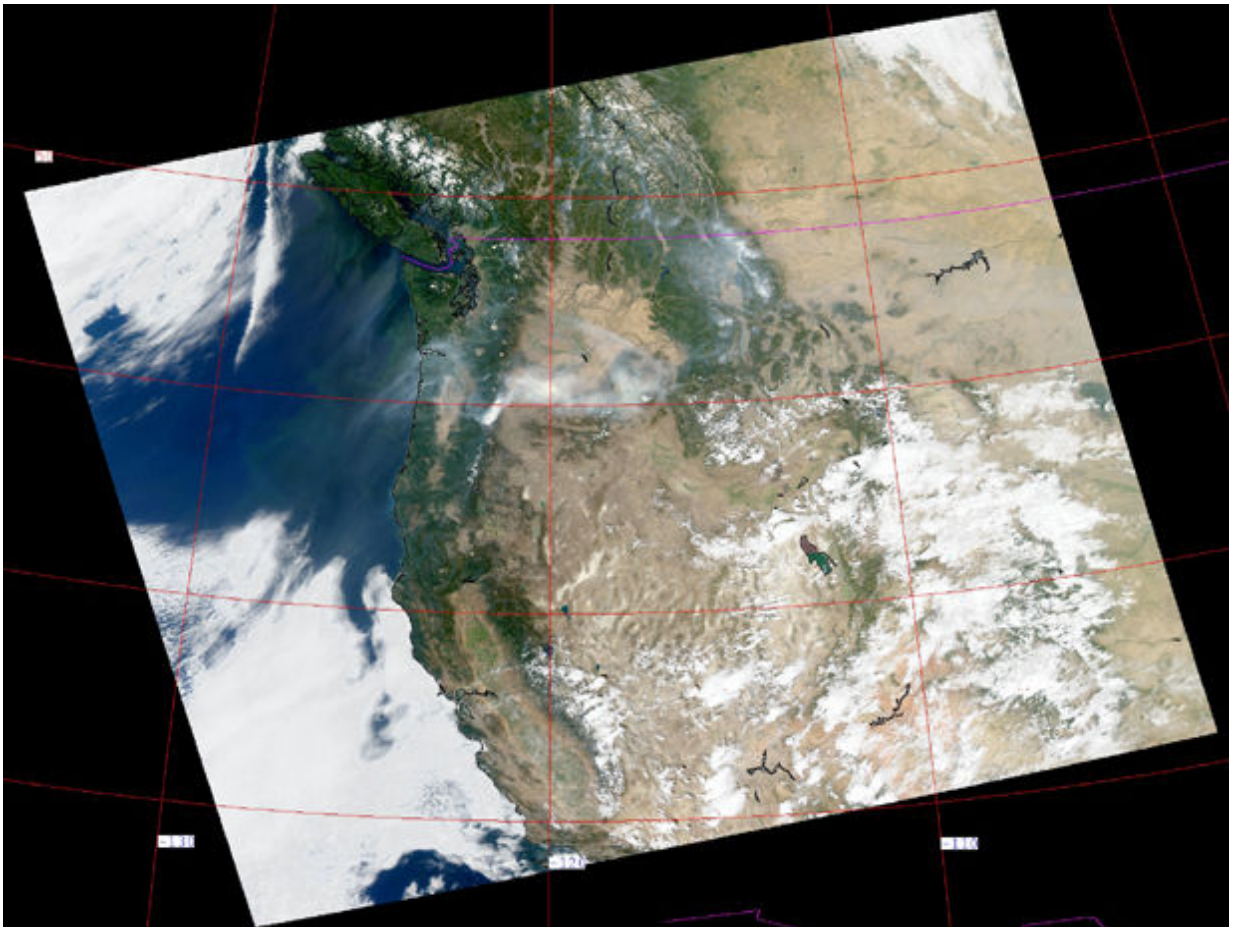
Zbirka MOD01 vsebuje digitalne grobe števec detektorjev za vseh 36 spektralnih pasov senzorja MODIS in inženirske ter druge postranske podatke o satelitu. Ko svetloba določene valovne dolžine zadane detektor, se na njem ustvari napetost. Število teh »zadetkov« na detektor se imenuje števec odbojnosti, saj so dobljene napetosti sorazmerne s številom fotonov, ki zadanejo detektor. To je prvi izdelek, ki nastane direktno iz podatkov s satelita. Vsi spektralni pasovi se uporabljajo samo podnevi, medtem ko se ponoči uporabljajo samo pasovi od 20 do 36.



Slika 4: Primer izdelka števec odbojnosti. Izdelek je prikazan v sivi barvni lestvici. Svetla barva pomeni večjo intenziteto odbojnosti, temna pa manjšo. (NASA, 2006h)

### *MOD02 kalibrirane ter geolocirane odbojnosti*

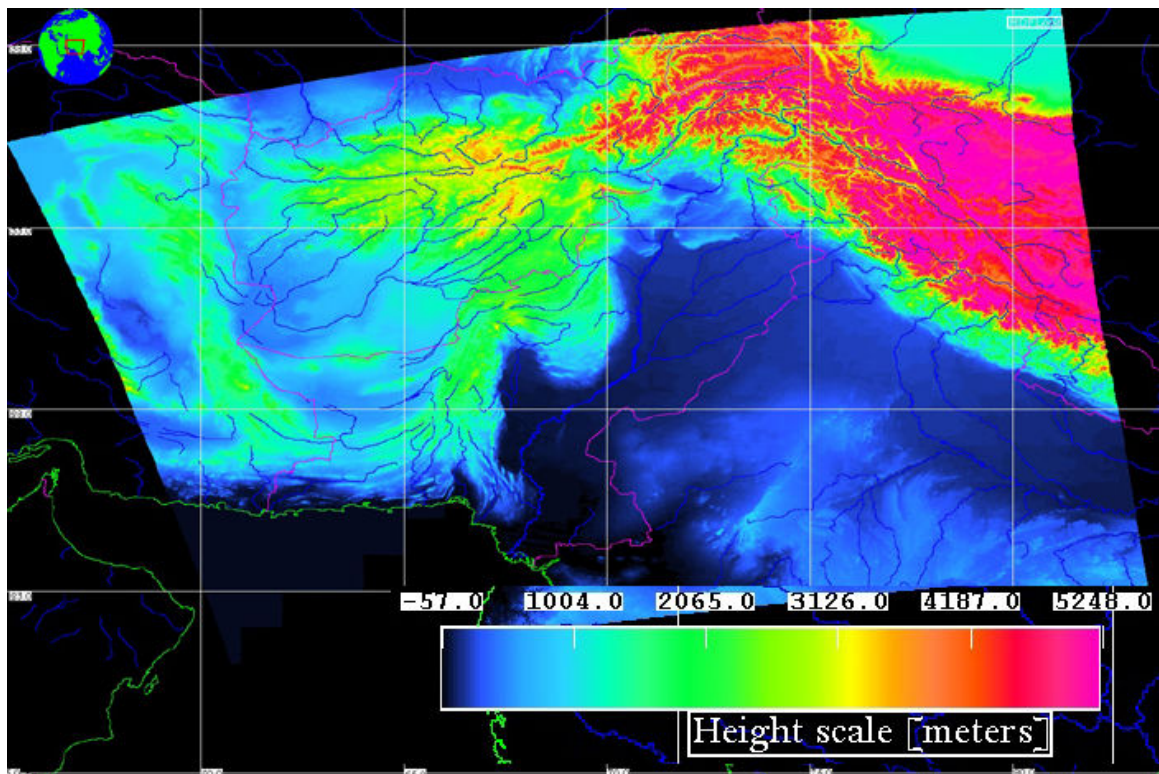
Da bodo podatki pridobljeni s satelita uporabni, jih je treba kalibrirati ter geolocirati. Rezultat tega je zbirka podatkov, ki vsebuje kalibrirane ter geolocirane odbojnosti za vseh 36 spektralnih pasov. Podatki se nahajajo v vseh treh prostorskih ločljivostih (1000 m, 500 m, 250 m).



Slika 5: Primer izdelka kalibriranih ter geolociranih radianc. Prostorska lokacija posnetka zahodne obale Severne Amerike. (NASA, 2006i)

### *MOD03 geolokacijski podatkovni niz*

Geolokacijski podatkovni nizi vsebujejo geografsko dolžino ter širino, geoidno višino (slika 6), sončni zenit ter azimut, satelitni zenit ter azimut ter mejo med kopnim in morjem za vsak kilometrski vzorec. Skupaj z izdelkom kalibriranih odbojnosti tvorita osnovo za vse nadaljnje izdelke.



Slika 6: Primer geolokacijskega podatkovnega niza. Barve označujejo geoidno višino. Modra barva označuje najnižjo višino (pod gladino morja), roza pa najvišjo. (NASA, 2006j)

### 3.2 MODIS ocean

Oceani so glede na svojo velikost bistven dejavnik v spremembah podnebja. Oceani absorbirajo sončno sevanje ter uravnavajo temperaturo Zemlje. Z atmosfero izmenjujejo pline, dajejo zavetje presenetljivemu številu rastlin ter živali, na katerih sloni velik del prehrane človeka.

Oceani delujejo kot »spomin« Zemlje. Hranijo ogromne količine ogljika ter toplote. Zgornje plasti oceanov odsevajo nedavno vreme ter kratkočasovne podnebne spremembe, globlje plasti pa odsevajo starejše vremenske razmere. Ker se oceani počasneje spreminjajo kot atmosfera, je zbiranje podatkov v daljšem časovnem obdobju še kako pomembno. Strokovnjaki si s podatki iz senzorja MODIS pomagajo pri razumevanju, kako oceani reagirajo in vplivajo na podnebne spremembe

En izmed načinov, kako preučevati oceane, je z zbiranjem podatkov o njihovi barvi (NASA, 2006b). Razlike v barvi so povezane s koncentracijo organizmov v površinskih vodah. Sončna svetloba se v vodi odbije na teh organizmih. Najbolj razširjeni organizmi v vodi se imenujejo fitoplankton. Kot druge rastline, tudi fitoplankton uporablja klorofilne pigmente za proces fotosinteze. Kljub svoji velikosti, ima fitoplankton velik vpliv na globalne spremembe, saj tako kot druge rastline pretvarja ogljikov dioksid v organske molekule.

Poleg merjenj barv oceanov, MODIS vsak dan snema tudi površinske temperature morij SST (Sea Surface Temperature). Temperatura morja vpliva tudi na proizvodnjo oceanov. Natančne globalne meritve SST bodo pomagale razumeti kratkočasovne vremenske pojave kot npr. El Niño, kot tudi podnebne spremembe v daljšem obdobju.

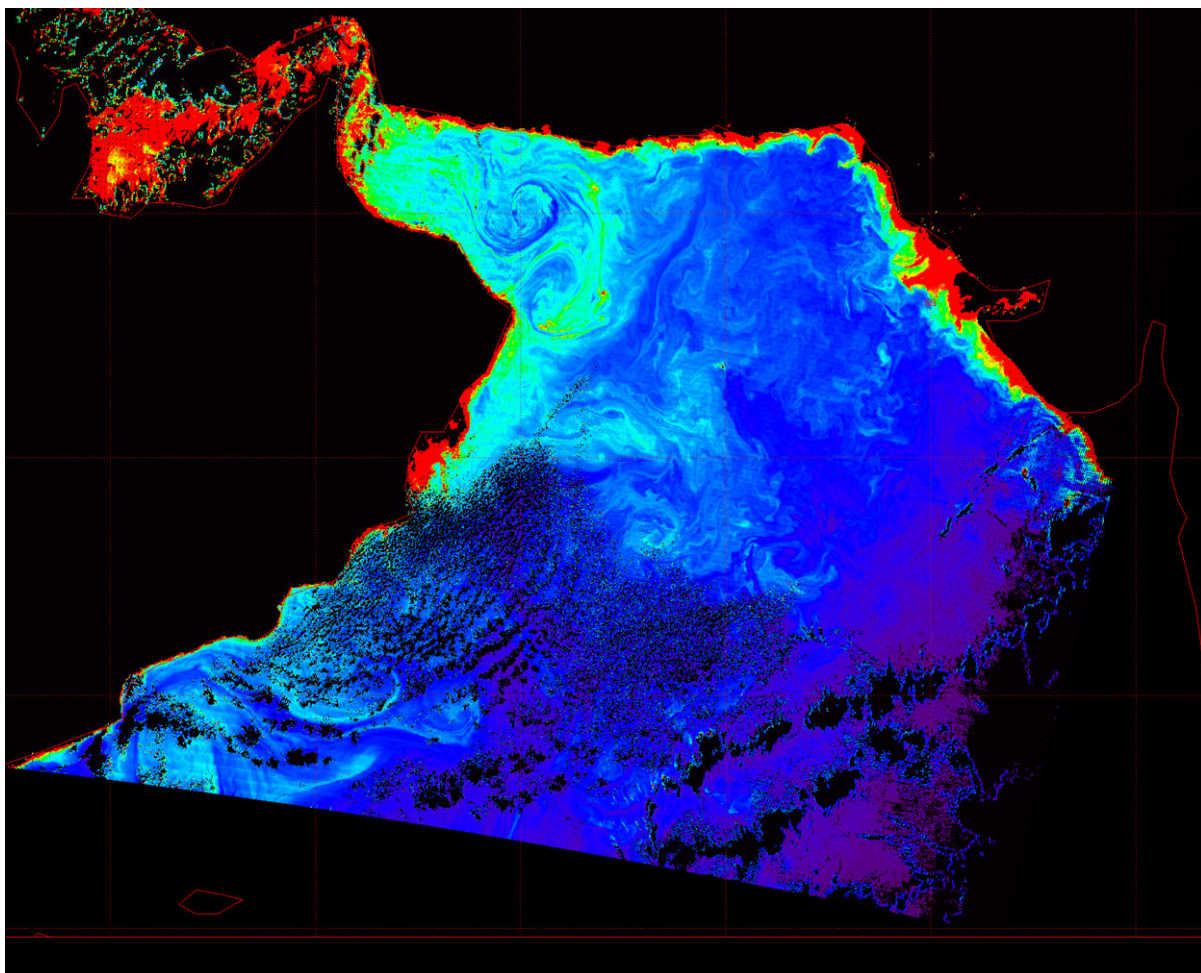
Nekaj izmed 36 različnih valovnih dolžin, ki jih meri MODIS, ni bilo nikoli prej merjenih iz vesolja. Tako so na voljo novi podatki o oceanih ter atmosferi za raziskave. Tri kategorije podatkov MODIS o oceanih so: barva oceana, temperatura oceana ter primarna produkcija oceanov. Izdelki bodo omogočili raziskovanje kroženja morij, morske biologije, kemije ter kroženje ogljika.



### *MOD20 fluorescenca klorofila*

Del sončne energije se absorbira v rastlinah, del se je porabi za proizvodnjo hrane, del se je izgubi kot toplotna energija in del se odbije nazaj kot svetloba v različnih valovnih dolžinah. Ta odbita svetloba se imenuje fluorescenca. Različni odtenki modre, zelene ter rdeče barve povedo znanstvenikom, koliko klorofila je v vodi (slika 7). Klorofil je pigment, ki odbija zeleno svetlobo, tako je morska voda bolj zelena, kjer je več klorofila. Klorofil je produkt majhnih enoceličnih rastlin v oceanu, ki jih imenujemo fitoplankton. Fitoplankton uporablja klorofil za spreminjanje sončne svetlobe v hrano (fotosinteza).

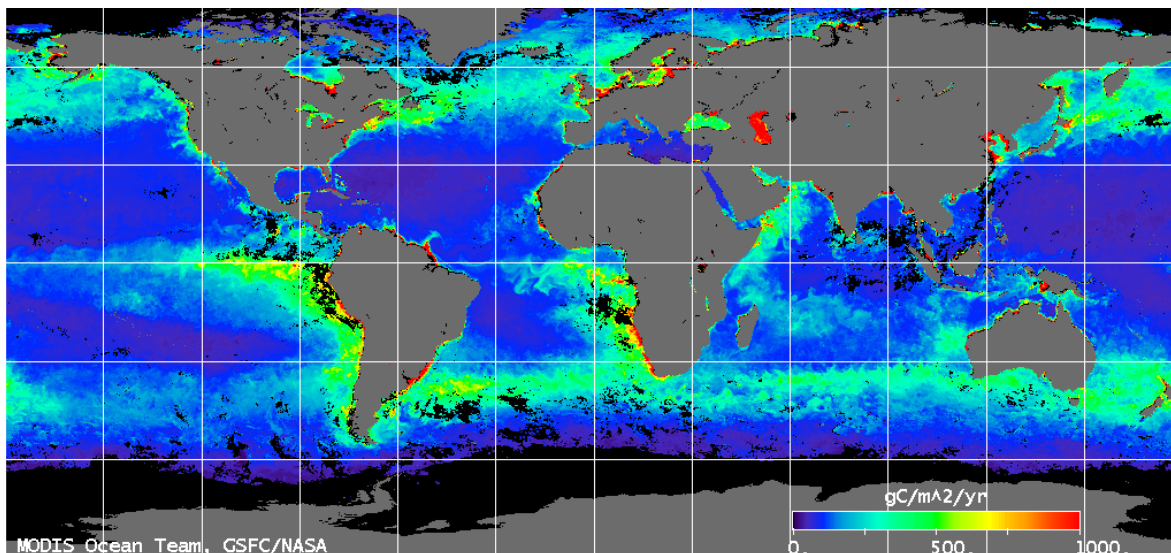
Fluorescenca odbita od fitoplanktona je zelo šibka, toda MODIS je bil narejen posebej občutljiv prav zato, da jo lahko izmeri.



Slika 7: Primer izdelka fluorescenca klorofila. Črna barva pomeni najmanjšo količino klorofila, rdeča pa največjo. Največja količina klorofila je ob obalah, kjer je največ organskih snovi v vodi. (Evans R. in drugi, 2003a)

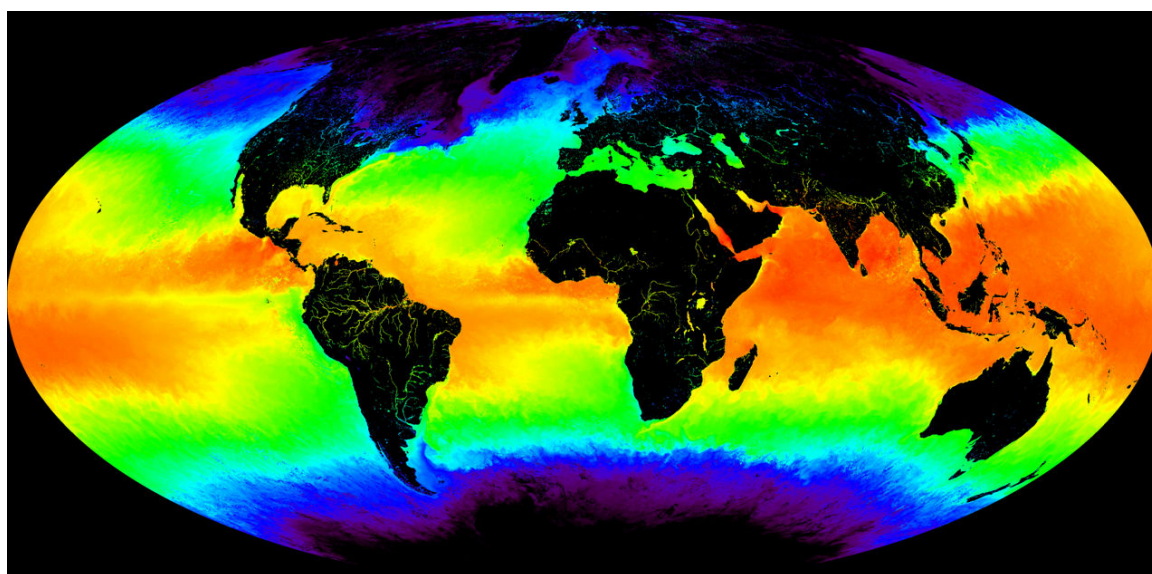
### *MOD27 primarna proizvodnja oceanov*

Ocena proizvodnje oceanov temelji na natančnih podatkih o klorofilu v vodi. Primarna proizvodnja oceanov je na voljo le kot združeni podatek 4. stopnje. Ti podatki so povprečni tedensko ali letno, v enakih prostorskih ločljivostih kot podatki 3. stopnje.



Slika 8: Primer izdelka o primarni proizvodnji oceanov za celotno Zemljo. Modra barva pomeni najnižjo proizvodnjo, rdeča pa najvišjo (NASA, 2006k).

### *MOD28 temperatura površja morja*



Slika 9: Primer izdelka temperature površine morja. Najnižja temperatura je predstavljena z vijolično barvo, najvišja pa z rdečo. Vidimo lahko, da se najvišja temperatura morja pojavlja ob ekvatorju, najnižja pa na obeh polih. (Evans R. in drugi, 2003b)

Površinska temperatura vode je izračunana iz infrardečih svetlobnih kanalov. Optična globina morske vode z infrardečimi valovnimi dolžinami je manjša od 1mm. Vir tega izdelka je tanki površinski sloj morske vode, ki je ponavadi hladnejši od sloja pod njim zaradi prenosa toplote med oceanom in atmosfero (Evans R. in drugi, 2003b).

Ponavadi se za temperaturo površja morja vzame temperaturo merjeno na globini 1m ali več, zato temperature, ki jo meri MODIS, ne moremo enačiti s "pravo" temperaturo.

### **3.3 MODIS atmosfera**

Podnebje na Zemlji je zmerno prav zaradi interakcije atmosfere z dohodnim in odhodnim sevanjem. Atmosfera razprši ter absorbira sončno sevanje ter tako vpliva na to, koliko energije doseže površje Zemlje. Od sevanja, ki zadane Zemljo, se nekaj odbije, nekaj absorbira in nekaj se spremeni v toploto. Atmosfera lahko absorbira ter razprši tudi to sevanje in s tem ustvari ravnovesje med odhodnim ter dohodnim sevanjem.

Oblaki ter vodna para imajo spremenljivo vlogo pri spremembah. Oblaki ščitijo površino Zemlje pred sončnim sevanjem preko dneva ter jo hladijo. Ponoči oblaki ustavljajo radiacijo z Zemlje ter jo tako grejejo. Odkrivanje atmosferskih pojavov zahteva natančne meritve lastnosti oblakov: območje pokritja, velikost kapljic, temperatura vrhov oblakov, vsebnost tekoče vode (NASA, 2006b).

Snemanje oblakov je pomembno tudi zaradi tega, ker oblaki velikokrat zakrijejo površino Zemlje, kar zaplete snemanje površja Zemlje. Ob vsakem času preleta satelita je lahko površje Zemlje pod njim prekrito z oblaki. Ni pa verjetno, da bodo ista območja prekrita z oblačnostjo vsak dan. Zato lahko strokovnjaki kombinirajo ter sestavljajo podatke iz različnih dni za izdelavo tedenskih ter mesečnih izdelkov brez pristonosti oblakov. MODIS je sposoben zaznati tudi oblake, ki jih s prostim očesom ne moremo, saj jih samo z vidno svetlobo ne moremo zaznati.

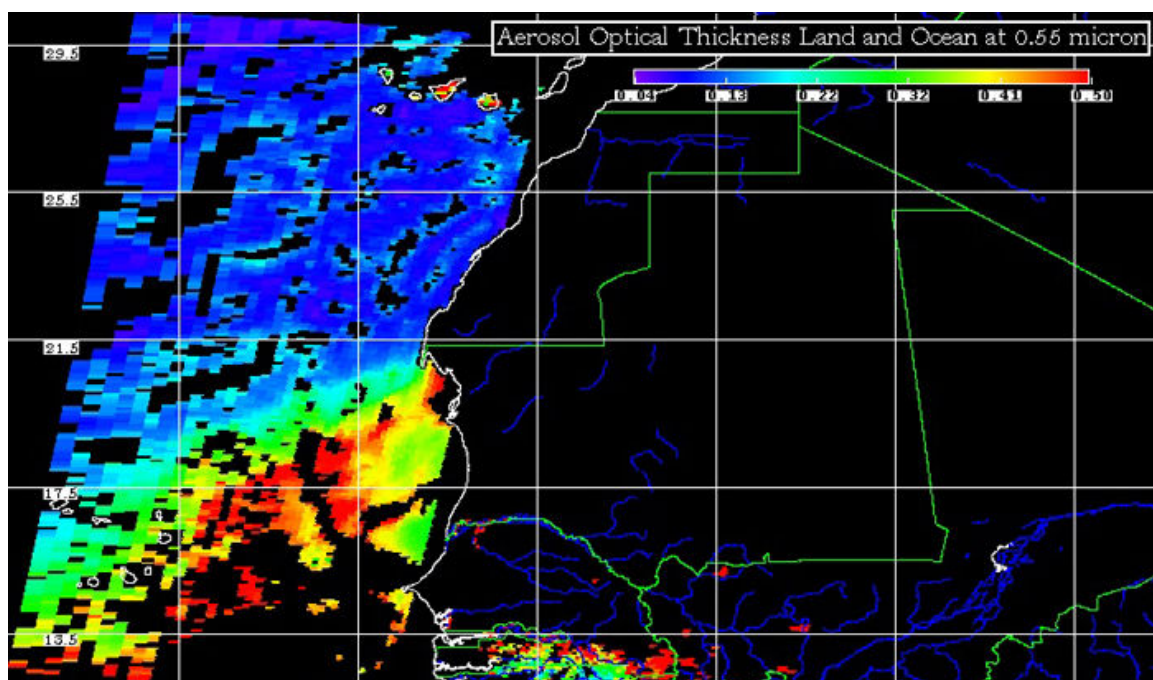
Poleg opazovanja oblakov, MODIS zazna tudi aerosole, ki vplivajo na podnebje posredno ali neposredno. Aerosoli, ki vključujejo prah, morsko sol, vulkanske emisije, dim od gozdnih požarov ter razna onesnaženja, direktno vplivajo na to, koliko sončne svetlobe doseže Zemljo, ker absorbirajo ter razpršujejo prispelo sevanje (NASA, 2006b). Razpršenje sevanja na svetlo obarvanih delcih teži k ohlajanju zemeljskega površja, absorpcija na temnih delcih pa h gretju atmosfere. Aerosoli lahko hkrati segrevajo atmosfero ter hladijo površje Zemlje. Dolgo časa



je veljalo prepričanje, da so vplivi aerosolov na hlajenje večji od vplivov na gretje. V zadnjem času se kaže ravno obratno. Segrevanje atmosfere bi lahko spremenilo kroženje vode ter režim padavin po svetu.

### *MOD04 aerosoli*

S tem izdelkom je prikazana optična gostota aerosola (slika 10) nad oceani globalno ter delno nad celinami. Porazdelitev velikosti aerosolov je dobljena nad oceani, tip aerosola pa nad celinami. Izdelek Aerosol je narejen dnevno s prostorsko ločljivostjo 1 km v nadirju. Uporablja se za preučevanje klimatologije aerosolov, virov ter porabnikov posameznih tipov aerosolov (sulfati, goreča biomasa) ter interakcije aerosolov z oblaki. Pred senzorjem MODIS so bila snemanja s sateliti omejena na en ali dva kanala (GOES, METEOSAT, AVHRR). Ni bilo možnosti za pravo preučevanje aerosolov. Kontrola kvalitete teh izdelkov sloni na primerjavi s podatki iz postaj na Zemlji.

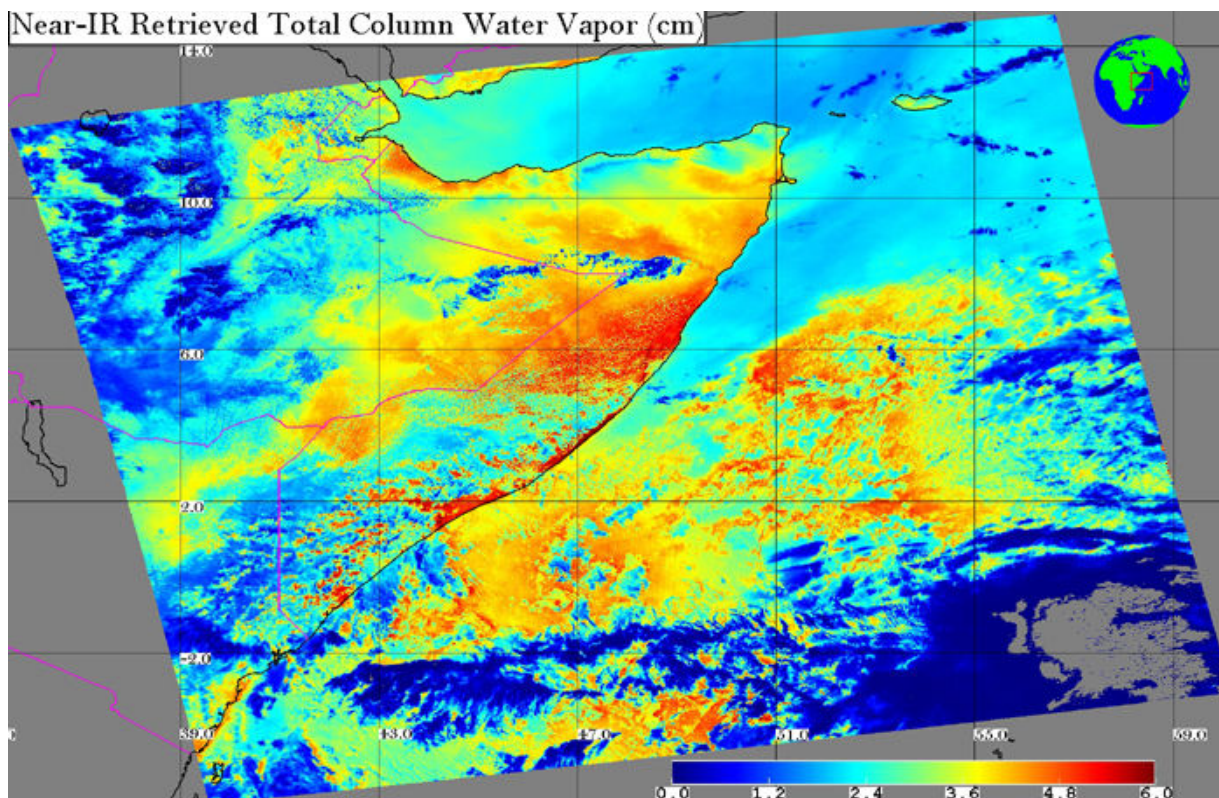


Slika 10: Primer izdelka aerosoli. Najnižjo optično gostoto predstavlja vijola barva, najvišjo pa rdeča. (NASA, 2006l)

### *MOD05 vodna para*

Ta izdelek opisuje količino vodne pare v atmosferi (slika 10). To količino bi dobili, če bi kondenzirali vso vodno paro v atmosferi in tako dobili plast vode na celotni Zemlji. Višina tega sloja naj bi bila enaka količini vse vodne pare v atmosferi (ponavadi merjene v cm). Za izračun količine vodne pare se uporablja algoritem, ki sloni na bližnji IR, za dele zemeljske oble, ki niso pokrite z oblaki. Ta izdelek je pomemben za boljše razumevanje vodnega kroga, aerosolnih lastnosti, interakcijami med aerosolom ter oblaki ter zaradi preučevanja podnebja. Posebno zanimanje velja podatkom o vodni pari nad koprenasto oblačnostjo, ki ima pomembno uporabo pri proučevanju podnebja. Določanje vodne pare pa je pomembno tudi za algoritem odboja sončne svetlobe s površja, ki se zaradi prisotnosti vodne pare zmanjša.

MODIS je prvi sistem, ki uporablja bližnjo IR poleg IR za pridobitev celotne količine »izločljive« vode. Izkušnje s takim načinom so se pridobile z AVIRIS (Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer) instrumentom, ki so ga uporabljali na letalih. Količina atmosferska vodne pare pa naj bi bila določena z natančnostjo od 5 do 10 %.



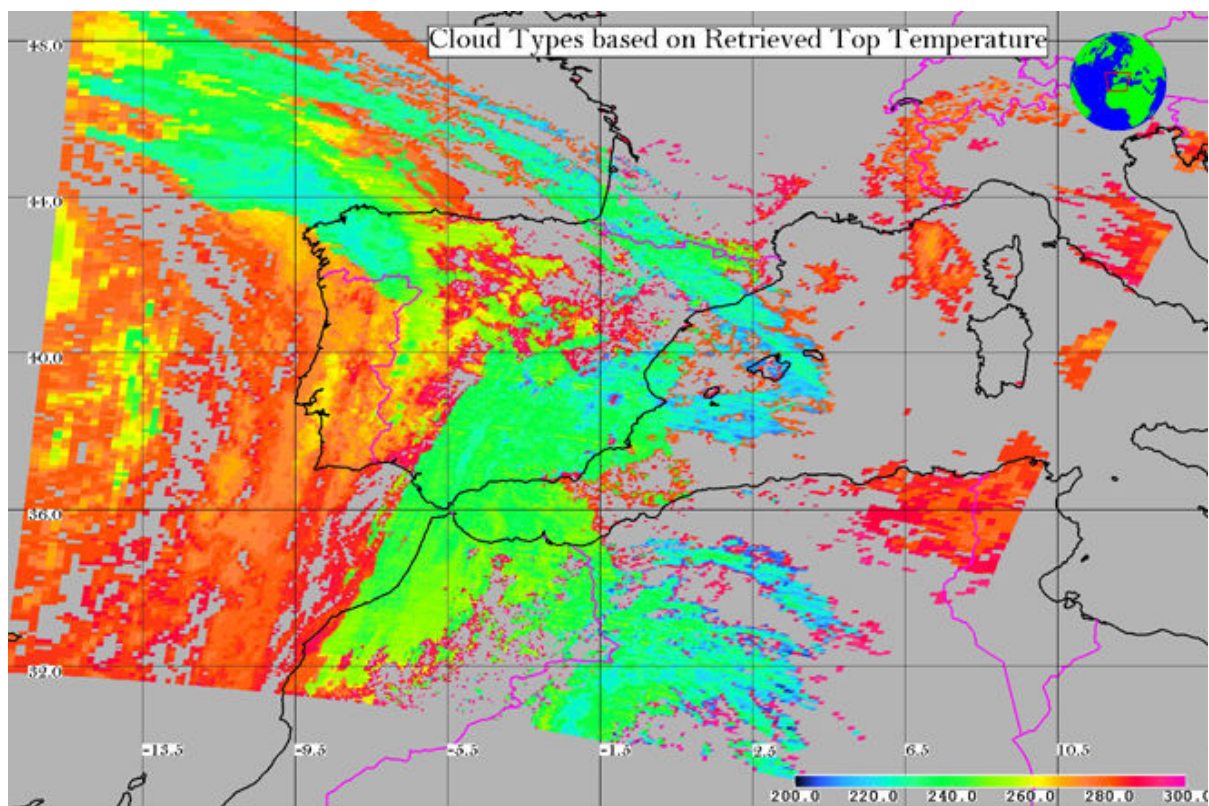
Slika 11: Primer izdelka vodna para. Modra barva predstavlja najmanjšo količino vodne pare, rdeča pa največjo. (NASA, 2006m)



### *MOD06 oblaki*

Izdelek oblaki združuje infrardeče in vidne tehnike za določevanje fizikalnih ter oddajnih lastnosti oblakov. Na voljo so dnevni globalni podatki 2. stopnje. S pomočjo vidnih ter bližnjih IR kanalov sensorja MODIS lahko določimo fazo delcev oblaka (led ali voda) ter optično gostoto oblakov. Temperatura gornjega del oblakov, višina, efektivna emisivnost, faza in frakcija oblakov so izračunani iz infrardečih kanalov, podnevi in ponoči, z 1 km ločljivostjo. Izdelek Oblaki vključuje tudi odbojnost koprenastih oblakov v vidni svetlobi z 1 km ločljivostjo, kar je uporabno pri odstranitvi vplivov koprenaste oblačnosti iz posnetkov površja Zemlje.

Temeljit opis globalne oblačnosti in njenih pripadajočih lastnosti je nujen za misijo MODIS zaradi dveh razlogov. Prvič, oblaki igrajo pomembno vlogo v ravnotežju sevanja Zemlje in morajo biti temeljito opisani, če hočemo natančno oceniti podnebje ter potencialne spremembe podnebja. Poleg tega mora biti prisotnost ali odsotnost oblačnosti natančno določena, da lahko pravilno pridobimo dovolj atmosferskih ter površinskih parametrov. Za veliko teh podatkov oblačnost predstavlja »onesnaženje«.



Slika 12: Prikaz vrst oblakov z določitvijo temperature vrhov oblakov nad zahodnim Sredozemljem. (NASA, 2006n)

### *MOD07 atmosferski profili*

Izdelek o atmosferskih profilih je sestavljen iz mnogih parametrov: celotna "teža" ozona, atmosferska stabilnost, temperatura ter vlažnostni profili, atmosferska vodna para. Vsi ti parametri se zbirajo dan in noč v 1 km resoluciji.

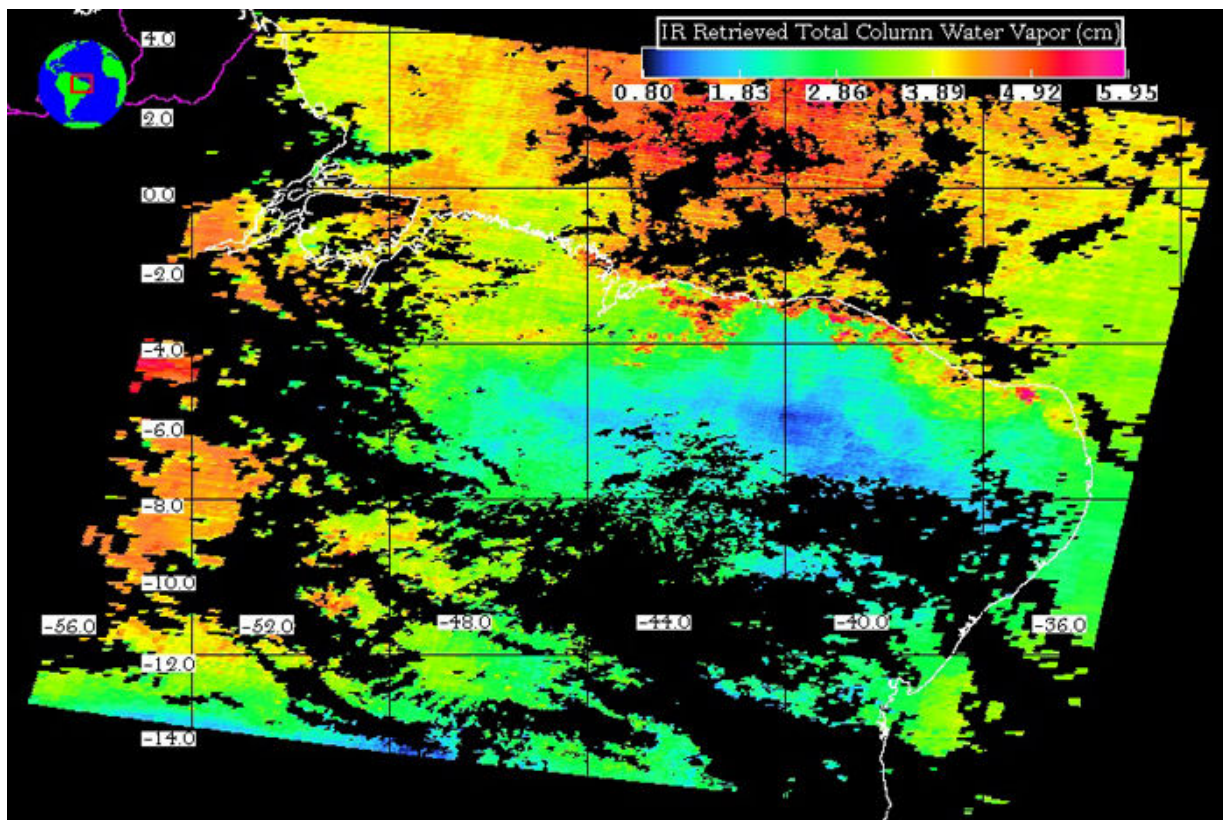
Celotna teža ozona je ocena celotne troposferske in stratosferske količine ozona. Atmosferska stabilnost je sestavljena iz dnevnih pokazateljev atmosferske stabilnosti 2. stopnje, ki so vsi izračunani z uporabo infrardeče temperature ter vlažnosti, dobljene iz izdelka MOD07.

Ocene količine ozona so potrebne za raziskovalce, ki se ukvarjajo s algoritmi atmosferske korekcije. Te informacije so nujne za natančno zajemanje podatkov s površja Zemlje. Poleg tega so bile odkrite močne povezave med količino celotnega ozona in hitrostjo vetra v tropopavzi, kar je lahko podlaga za odkrivanje položaja in jakosti »jet streamov«, ki so zelo pomembni v letalstvu. Opazovanje ozona je tudi pomembno zaradi škode okolju, ki jo je povzročil človek z manjšanjem količine ozona.

Meritve atmosferske stabilnosti so pomembne za napovedovanje konvektivnih formacij oblakov in padavin. MODIS ponuja možnost merjenja atmosferske stabilnosti na večjem področju ter boljšo ločljivostjo kot v primeru radiosond.

Podatki od temperaturi ter vlažnosti podajo veliko novih informacij o zgradbi atmosfere v primeru jasnega neba. To pa se bo uporabljalo za popravljanje atmosferskih vplivov na nekatere druge izdelke (temperature površine morja ter Zemlje, aerosoli,...) ter v študijah o efektu tople grede.

Ocena celotne količine padavin je za MODIS pomembna zaradi razvijanja algoritmov za atmosfersko korekcijo, kar je pomembno za natančne meritve površja Zemlje ter oceanov.



Slika 13: Primer izdelka atmosferskih profilov. (NASA, 2006o)

### *MOD08 mrežni atmosferski izdelki*

#### *MOD08\_M3 mesečno združeni podatki*

Globalni mesečni atmosferski izdelki 3. stopnje vsebujejo okvirno 800 statističnih podatkovnih nizov, pridobljenih iz dnevnih izdelkov. Statistike so razporejene v stopinjsko mrežo (slika 14).

Računane statistike:

- navadne statistike (sredina, minimum, maksimum, standardni odklon);
- parametri normalne porazdelitve;
- delež pikslov, ki zadovoljijo določen pogoj (npr. oblačno, jasno);
- histogrami količine znotraj vsake mrežne skupine;
- histogrami zaupanja v vsako meritev;
- histogrami ter regresije pridobljene iz primerjave med več parametri.



#### *MOD08\_D3 dnevno združeni podatki*

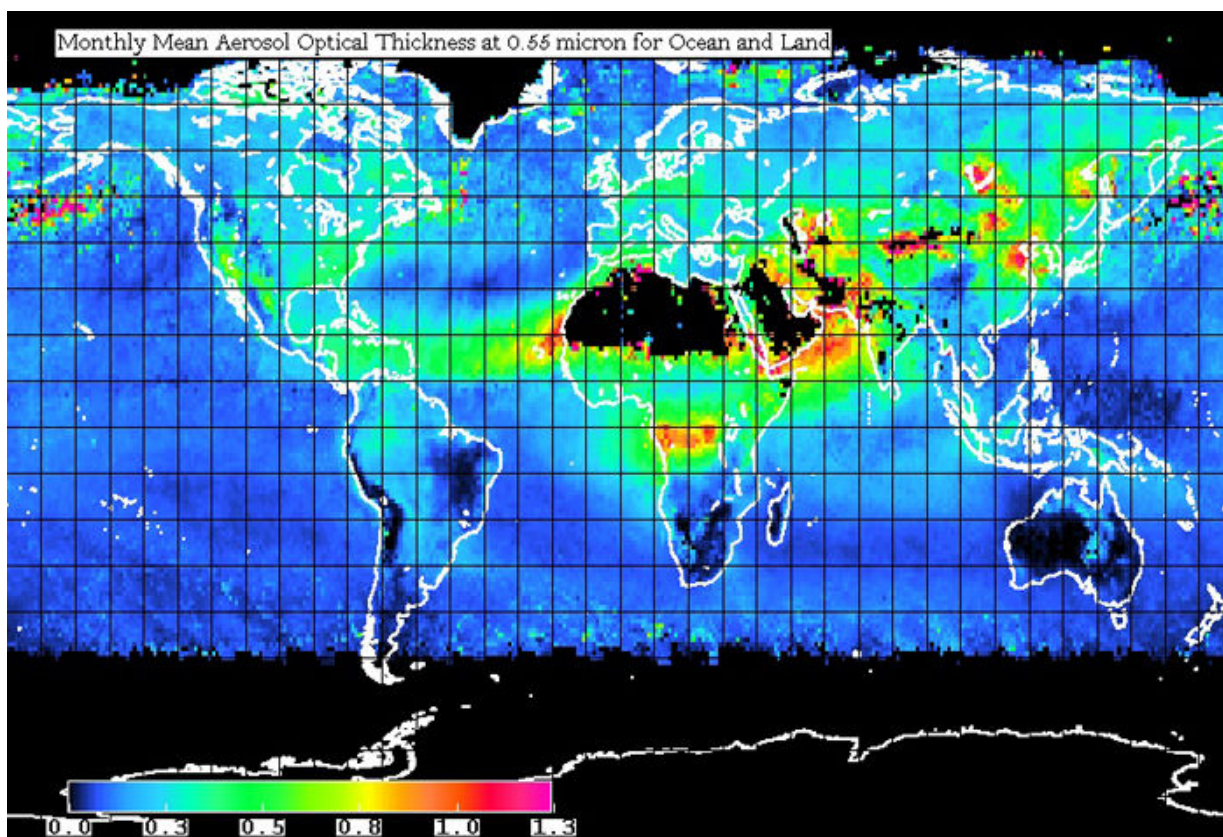
Dnevni globalni izdelki 3. stopnje vsebujejo približno 600 podatkovnih nizov, pridobljenih iz 80 znanstvenih parametrov iz izdelkov 2. stopnje kot so: aerosoli, vodna para, oblaki ter atmosferski profili.

Računane statistike so enake kot pri mesečno združenih podatkih.

#### *MOD08\_E3 8-dnevni združeni podatki*

Tudi ti izdelki vsebujejo okrog 800 statističnih podatkovnih nizov, pridobljenih iz modisovih dnevni izdelkov. Statistike so enake kot v prejšnjih primerih ter so razvrščene v 1x1 stopinjske celice.

Začetni datum 8-dnevnega intervala je nastavljen na 1.1 vsako leto.

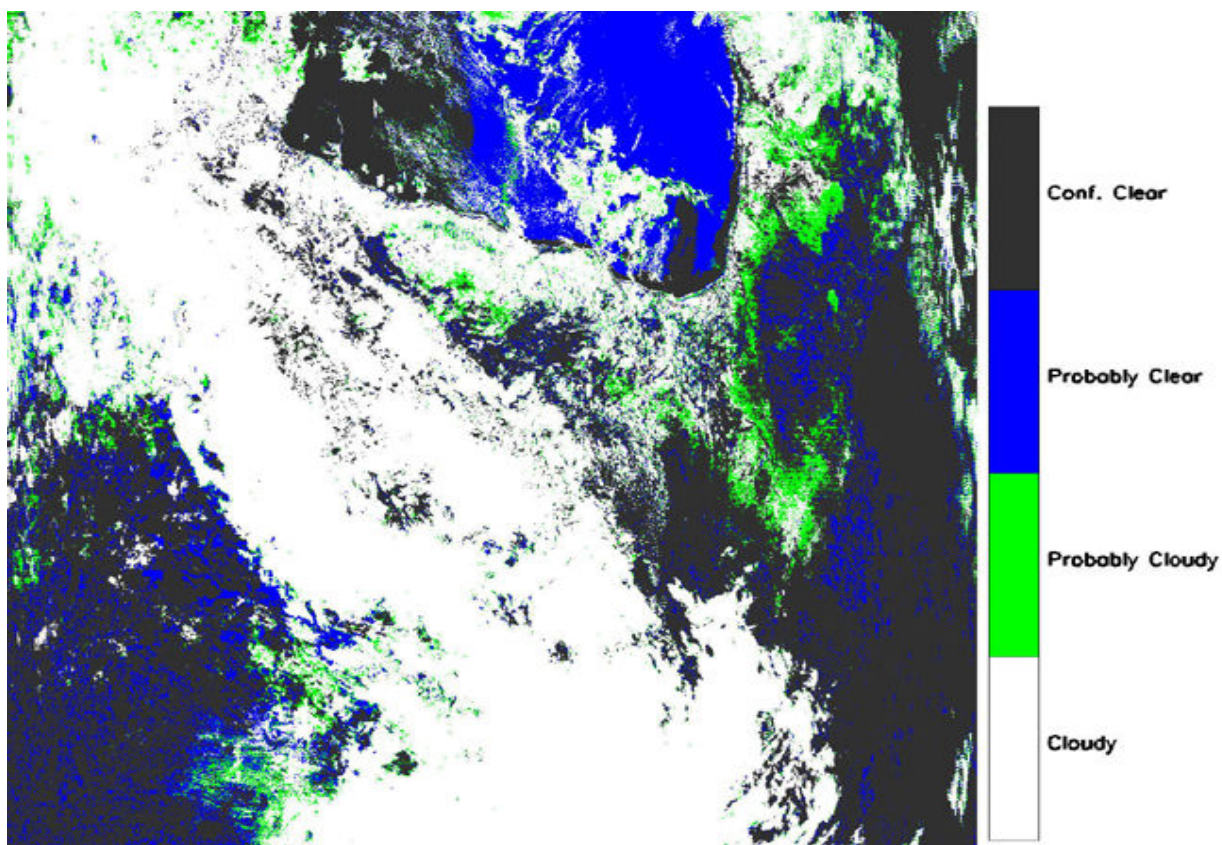


Slika 14: Primer mesečno združenih podatkov. Optična gostota aerosolov. (NASA, 2006p)

### *MOD35 izločevanje oblakov*

Izdelek izločevanje oblakov je izdelek 2. stopnje, narejen v 1 km in 250 m prostorski resoluciji. 250-metrski izdelek sloni samo na podatkih kanalov vidne svetlobe. Ta izdelek nam da možnost, da izvzamemo piksele, ki so lahko bili »onesnaženi« z oblaki. Cilj tega izdelka je, da se število možnih napak zniža na minimum. To naredi tako, da vsakemu pikslu poda oznako: jasno, verjetno jasno,verjetno oblačno ter oblačno. Za to se uporablja 17 od 36 spektralnih pasov. Piksele, ki vsebujejo oblake, lahko izločimo.

Določitev prisotnosti oblačnosti je pomembna zaradi dveh razlogov. Oblaki igrajo pomembno vlogo v ravnotežju sevanja Zemlje in morajo biti temeljito opisani, če hočemo natančno oceniti podnebje ter potencialne spremembe podnebja, poleg tega mora biti prisotnost ali odstonost oblačnosti natančno določena, da lahko pravilno pridobimo dovolj atmosferskih ter površinskih parametrov. Za veliko teh podatkov oblačnost predstavlja »onesnaženje«.



Slika 15: Primer izdelka o oblakih. Črna barva pomeni, da ni oblačnosti, modra, da je verjetno ni, zelena, da je verjetno oblačno, bela barva pa pomeni oblačnost. (NASA, 2006r)

### 3.4 MODIS kopno

Velika količina podatkov, ki jih MODIS zbira, se nanaša na kopno. Ti podatki nam povedo, ali je določeno področje poraščeno, kakšna vegetacija ga porašča,... Poleg tega lahko ločimo iglasti gozd od listnatega ter njive od travnikov. Poleg 11 kategorij vegetacije, lahko prepoznamo razne neporaščene površine: voda, urbana območja ter neporasla tla, kar je skupaj 17 različnih tipov pokritosti površja. MODIS omogoča spremljanje sprememb v pokritosti površja, rabi tal, zaraščanju terena...

Iz pridobljenih podatkov lahko računamo vegetacijske indekse, ki nam povedo, kako gosto ali redko je neka regija poraščena.

Opazovanje pokritosti površja ter rabe tal je pomemben element raziskovalnega centra agencije NASA o Zemlji. Daljinsko zaznavanje zagotavlja sredstva za izmero zemeljskih lastnosti, kot so tip pokritosti površja, obseg pokritosti, obseg pokritosti s snegom, temperatura površja, območja listnatih dreves, pojavljanje požarov...

Satelitska merjenja območij listnatih dreves, trajanja listov ter primarna proizvodnja zagotavljajo pomembne vhodne podatke pri preučevanju ekosistemskih modelov.

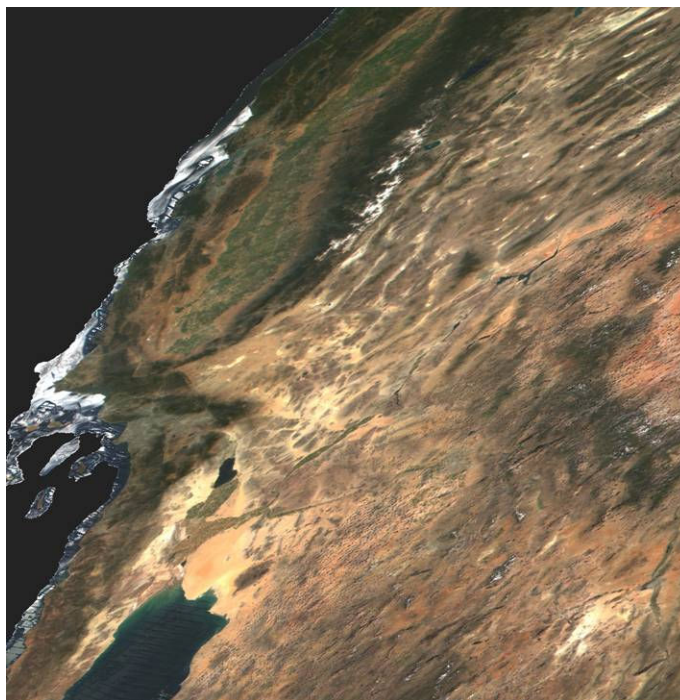
Visoko-kvalitetni, stalni ter dobro kalibrirani satelitski podatki so potrebni, če hočemo zaznati ter spremljati spremembe.



### *MOD09 odbojnost površja*

Odbojnost površja je vhodni izdelek za izdelavo mnogih kopenskih izdelkov: indekse vegetacije, toplotne anomalije, pokritost površja, pokritost s snegom, ledom.

Je ocena jakosti spektralnega odboja površja za vsak spektralni pas, kot bi ga merili na tleh, brez atmosferskih vplivov (absorpcija, razpršitev). Uporabljajo se spektralni pasovi od 1 do 7.



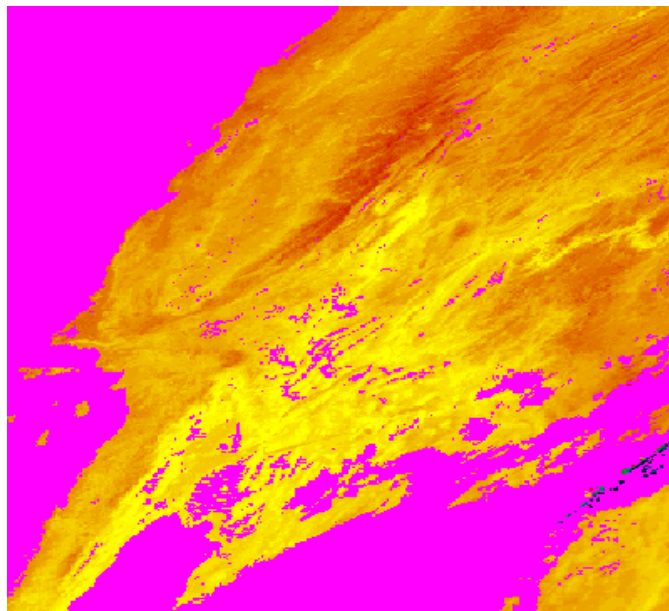
Slika 16: Primer izdelka odbojnost površja. Ločimo lahko kopenske ter morske površine. Izdelek je narejen tako, kot bi ga videli s prostim očesom. (Jenkerson C., 2003)

### *MOD11 temperatura ter emisivnost površja*

LST/E (Land Surface Temperature and Emissivity) izdelek zagotavlja vrednosti temperatur ter žarčenja za vsak piskel.

Je osnova za izdelavo sledečih izdelkov: toplotne anomalije, indeks listavcev ter pokritost s snegom.

Ta izdelek sem uporabljal v osrednjem delu diplomske naloge za preverjanje statistične povezanosti med temperaturo površja ter vegetacijskimi indeksi.

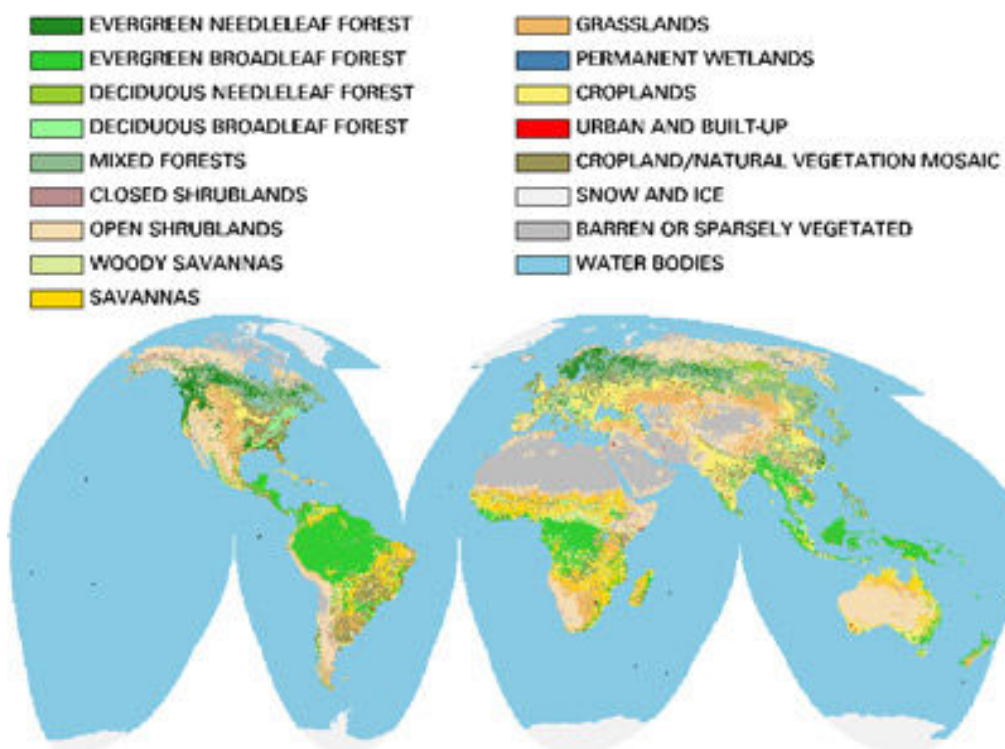


Slika 17: Primer izdelka temperatura površja. Roza barva pomeni, da ni podatka, rumena najnižjo temperaturo, rdeča pa najvišjo. (Jenkerson C., 2003)

### *MOD12 pokritost kopna, sprememba pokritosti*

Pokritost površja (MOD12Q1) (slika 18) se uporablja za biofizikalne ter biogeokemične parametre, ki se jih rabi za regionalne ter globalne modele. Ta izdelek razlikuje 5 razredov pokritosti površja. Ti razredi pokritosti površja so večinoma povzeti po IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) klasifikacijski shemi.

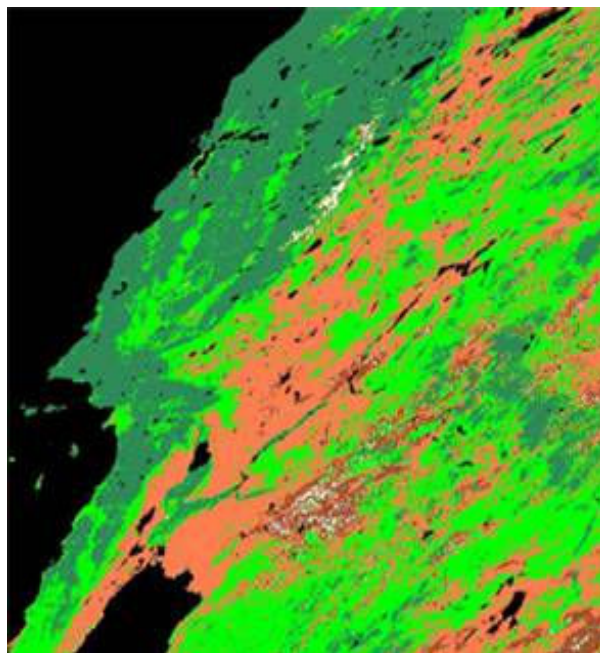
Sprememba pokritosti (MOD12Q2) zagotavlja ocene trajanja vegetacijske fenologije v globalnem merilu. Podatkovni sloji identificirajo trajanje rasti vegetacije, zrelost ter staranje, ki označuje sezonske cikle. Dvoletni izdelek uporablja podatke 24 mesecev, osredotočene na 12-mesečno periodo zanimanja, objeto s 6 meseci podatkov na vsakem koncu. S temi podatki izdelek zagotavlja ocene vegetacijske fenologije dvakrat letno. Dve 12-mesečni osredotočeni obdobji sta od junija do julija ter od decembra do januarja, zaradi razlik v letnih časih na obeh poloblah ter možnosti, da se zajame dva cikla rasti, če je potrebno.



Slika 18: Primer izdelka o pokritosti površja. Prikazana je celotna površina Zemlje. Priložena je legenda, v kateri so razložene posamezne barve. (Jenkerson C., 2003)

### *MOD13 vegetacijski indeksi*

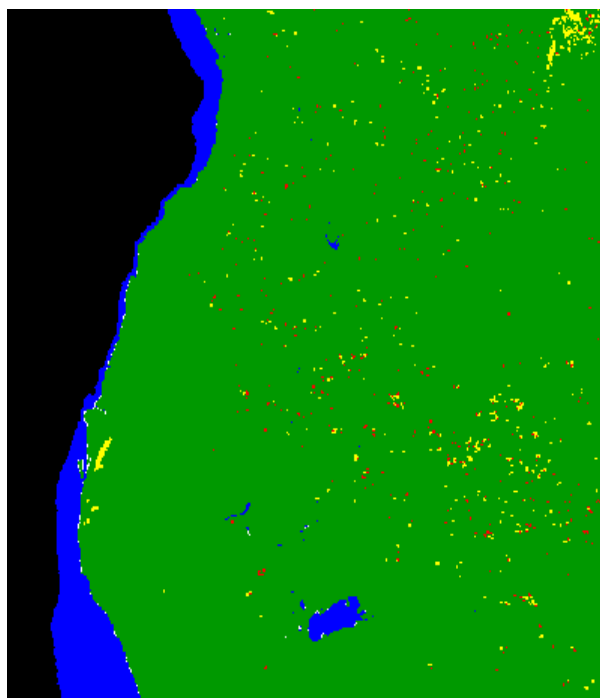
MODIS pozna dva vegetacijska indeksa. Eden je standardni NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeks, drugi pa EVI (Enhanced Vegetation Index). Vegetacijski indeksi nam prikažejo stanje vegetacije. Izdelani so v 16- dnevni ciklji. Vegetacijska indeksa NDVI ter EVI sem uporabil za preverjanje statistične povezave vegetacijskih indeksov s temperaturo površja v osrednjem delu diplomske naloge.



Slika 19: Primer prikaza indeksa NDVI. Črna barva pomeni, da ni podatka (morje), temno zelena barva najgostejšo vegetacijo, rjava pa območja brez vegetacije. (Jenkerson C., 2003)

### *MOD14 toplotne anomalije*

Izdelek toplotnih anomalij vključuje pojavljanje požarov (podnevi in ponoči), lokacijo požarov (slika 20) ter izračun oddane energije pri vsakem požaru. Izdelki o požarih vsebujejo podatke osmih ločenih dni, ki jih uporabljajo za spremljanje prostorskih ter časovnih razporeditev požarov v različnih ekosistemih, za zaznavanje sprememb v razporeditvi požarov, za odkrivanje novih mej požarov, divjih požarov ter sprememb pogostosti in moči požarov. MODIS lahko zazna požare velikosti vsaj 50 m<sup>2</sup>.

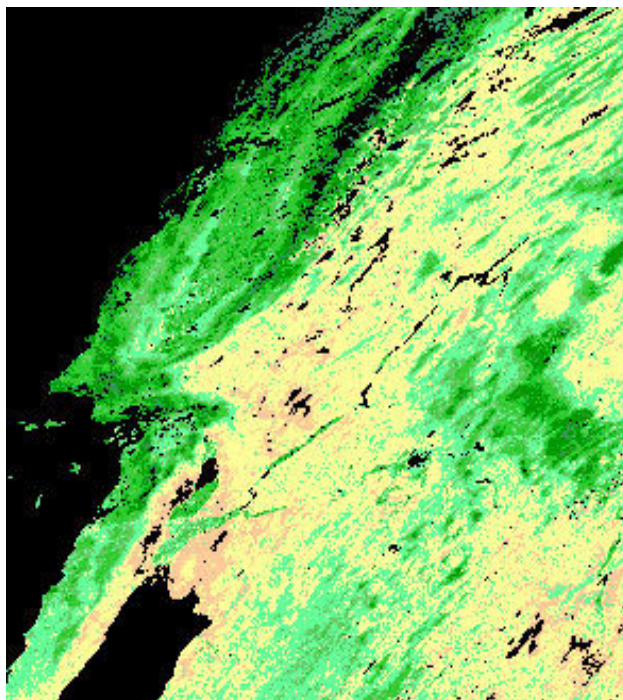


Slika 20: Primer izdelka o toplotnih anomalijah. Rumene ter rdeče pike predstavljajo lokacije požarov. (Jenkerson C., 2003)



### *MOD15 indeks listne površine*

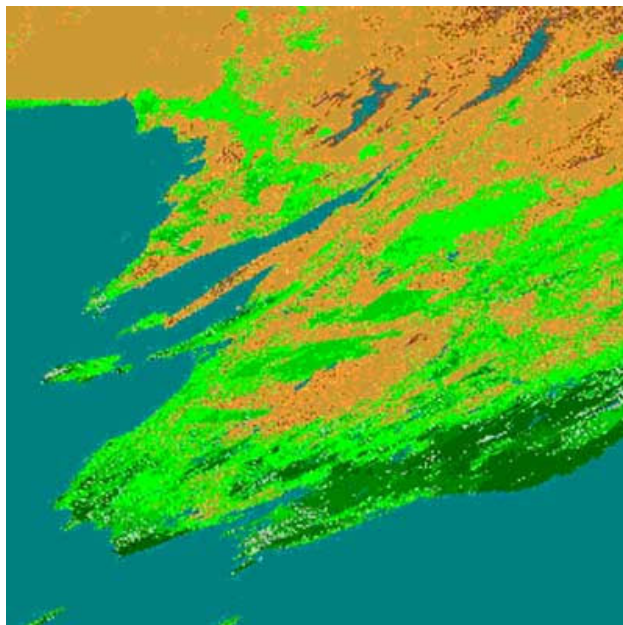
Indeks listne površine LAI (Leaf Area Index) določa pomembno strukturno lastnost rastlinske pokritosti kot enostransko območje listov na enoto površine območja. Ta indeks meri radiacije v aktivnih fotosintetičnih valovnih dolžinah (400 – 700 nm), ki jo rastlinje absorbira. Je biofizikalna spremenljivka, ki opisuje zgradbo drevesnih krošenj in se nanaša na izmenjavo mase ter energije.



Slika 21: Primer izdelka indeks listne površine. Temno zelena barva pomeni, da je površje 80% pokrito z vegetacijo, svetlozelena ter rumena pomenita od 10 do 50% pokritost z vegetacijo, rjava barva pa, da vegetacije praktično ni. (Jenkerson C., 2003)

### *MOD17 neto primarna proizvodnja*

Izdelek neto primarna proizvodnja je namenjen zagotavljanju natančne mere rasti zemeljske vegetacije. Proizvodnja je najprej določena z računanjem vrednosti dnevne neto fotosinteze, ki se nato vklopi v 8-dnevne intervale opazovanj čez leto, da dobimo izdelek neto primarne proizvodnje.



Slika 22: Primer izdelka neto primarne proizvodnje. Rjava barva pomeni nizko, svetlo zelena srednjo, temno zelena pa največjo primarno proizvodnjo. (Jenkerson C., 2003)

### *MOD10 pokritost s snegom*

Ti izdelki so narejeni z uporabo kalibriranih radianc (MOD02), geolokacijskih izdelkov (MOD03) ter z izločevanjem oblakov (MOD35). Algoritem pokritosti s snegom identificira površje, ki je pokrito s snegom ter tudi led na kopenskih vodah.

Za globalno pokritost je bil uveden izdelek MOD10\_L2.

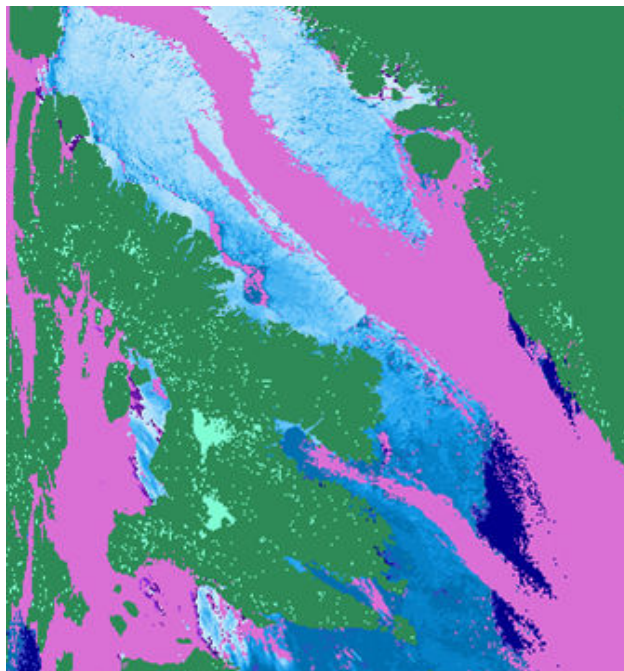


Slika 23: Primer izdelka pokritosti s snegom. Bela barva je sneg, roza barva so oblaki, modra barva pomeni vodo, zelena barva pomeni sneg ali območje brez oblakov. (NASA, 2006s)

### *MOD29 led na morjih*

Ti izdelki so narejeni iz sledečih vhodnih podatkov: kalibrirane radiance (MOD02), geolokacijski izdelki (MOD03), izločevanje oblakov (MOD35).

Izhodni izdelek vsebuje obseg ledu na morjih (slika 24), temperaturo površja ledu, geodetsko dolžino ter širino, lokalne ter globalne attribute. Obseg ledu se odkrije s pomočjo odbojnih karakteristik vode.



Slika 24: Primer izdelka ledu na morjih. Bela barva ter svetlo modra barva pomenita led, roza barva oblake, modra barva pa ocean. (NASA, 2006š)

### 3.5 Format HDF

Podatke senzorja MODIS dobimo v HDF formatu. Kratica HDF je okrajšava za *Hierarchical Data Format* - hierarhični podatkovni format. To je razširjen podatkovni format, ki je bil razvit v pomoč znanstvenikom ter programerjem pri delu s podatkovnimi nizi ter izdelki, ki so bili narejeni na različnih napravah ter z različno programsko opremo. Format HDF je »samopisni« razširljiv format, katerega namen je hraniti podatke ter opise teh podatkov (metapodatki) v eni datoteki. Narejen je bil za različne vrste strojne ter programske opreme, s hitrim podatkovnim prenosom ter z možnostjo razširjanja formata (NCSA, 2001).

Format HDF podpira delo z vsakdanjimi tipi podatkov ter metapodatkov, vključno z rastrskimi slikami, barvnimi ter črno-belimi lestvicami, večdimenzionalnimi tabelami, tekstovnimi nizi ter statističnimi podatki...

Pomemben element formata HDF je t.i. zaglavje datoteke, kjer so zbrani datotečni metapodatki, ki določajo ime izdelka, podatke, verzijo, enote in drugo.

Zaglavje datoteke HDF za primer izdelka NDVI senzorja MODIS:

General:

Name: 1 km 16 days NDVI

Path: /MODIS\_Grid\_16DAY\_1km\_VI/Data Fields/

Type: HDF4 SDS

Tag, ref: 720, 5

No. of Dimension(s): 2

Dimensions size: 201 x 261

Data type: 16-bit integer

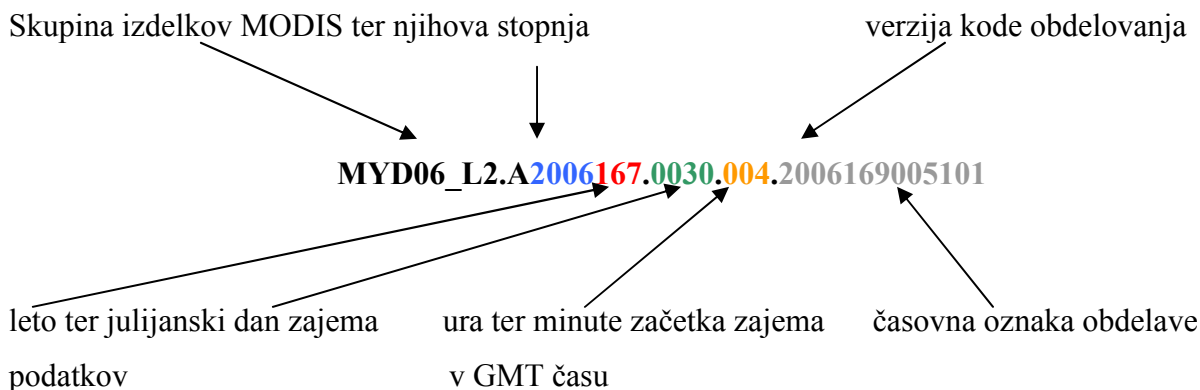
V splošnem delu (general) zaglavja datoteke je najprej navedeno ime izdelka, nato pot, tip formata, podatkovni identifikator, število dimenzij, velikost tabele s podatki (število stolpcev krat število vrstic) ter na koncu podatkovni tip.

Preglednica 5: Prikaz lastnosti podatkov datoteke HDF.

Name	Value	Type	Array Size
long_name	1 km 16 days NDVI	8-bit character	17
units	NDVI	8-bit character	4
valid_range	-200, 10000	16-bit integer	2
_FillValue	-3000	16-bit integer	1
scale_factor	10000.0	64-bit floating-point	1
Scale_factor_err	0.0	64-bit floating-point	1
add_offset	0.0	64-bit floating-point	1
add_offset_err	0.0	64-bit floating-point	1
calibrated_nt	5	32-bit integer	1
HorizontalDatumName	317	16-bit integer	1

V splošnem delu pa so opisane lastnosti podatkov: ime, enote, interval vrednosti, faktor merila, horizontalni datum...

Zgradba imena podatkovne datoteke senzorja MODIS v formatu HDF (NCSA, 2001):



V časovni oznaki obdelave je najprej navedeno leto izdelave, nato dan v letu ter nato ure, minute in sekunde izdelave.

## 4 DOSTOP DO PODATKOV

Dobra stran senzorja MODIS je brezplačen dostop do velikega dela podatkov, ki jih zajame. Ti podatki se nahajajo v ogromnih arhivih, do katerih lahko dostopamo preko interneta.. Podatki so na voljo brezplačno, edini podatek, ki ga moramo posredovati je naš naslov elektronske pošte, preko katerega nam pošiljajo razna obvestila o naročilih podatkov. Do podatkov zaenkrat lahko dostopamo preko dveh spletnih strani (poleg ftp strežnika). Prva stran, LAADS Web (Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System Web Interface), je namenjena iskanju ter naročanju podatkov o atmosferi ter geolokaciji. Podatke poiščemo z vnosom različnih kriterijev iskanja (območje, čas zajema, vrsta izdelka ...). Te podatke pa lahko pridobimo tudi preko ftp strežnika – oba načina sta v nadaljevanju podrobneje opisana.

Podatke o oceanih (temperatura, barva oceanov, količina klorofila...) lahko pridobimo na strani Ocean Color Web (»stran o barvi oceana«), kjer imamo prav tako na voljo iskanje preko internetne strani ali ftp strežnika. Izgled te strani je dosti slabši (zastarel) kot izgled strani LAADS Web, iskanje pa poteka bolj hitro in bolj enostavno, zato je tudi predstavitev tega dela dosti krajša.

Podatki o kopnem zaenkrat še niso na voljo preko interneta, saj so v postopku predelave, dosegljivi naj bi bili nekje od leta 2008 (mesec marec) dalje, verjetno na posebni internetni strani. (NASA, 2006t)

Ker je treba pri iskanju podatkov določiti kar nekaj nastavitev ter ker moramo za iskanje podatkov enega senzorja uporabljati več strani, sem se odločil, da to predstavim v moji nalogi, z namenom, da bi drugim olajšal delo pri iskanju ter naročanju podatkov senzorja MODIS preko interneta..

Vedeti pa moramo, da se strani na internetu hitro spreminjajo in bodo lahko izgledi opisanih strani ter prav tako njihovi naslovi že čez malo časa lahko spremenjeni ali zamenjani. Strani, ki so opisane v nadaljevanju, so iz meseca januarja 2007.



## 4.1 Iskanje podatkov o atmosferi

### 4.1.1 Iskanje podatkov o atmosferi in geolokaciji preko spletne strani

Spletna stran za iskanje podatkov o atmosferi in geolokaciji LAADS Web, ki jo dobimo na naslovu <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data>, je dostopna vsem uporabnikom interneta, ki naj bi imeli širokopasovno internetno povezavo, saj je samo iskanje podatkov zelo obsežno, prav tako tudi prenos datotek na disk.

NASA GODDARD SPACE FLIGHT CENTER | + Visit NASA.gov

LAADS Web  
Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

+ HOME - DATA + IMAGES + TOOLS + HELP

**Data**

**Search**  
Search for MODIS level 1 and atmosphere data products by product name, temporal window, collection, and spatial coordinates.

**Shopping Cart**  
View, edit, and order MODIS level 1 and atmosphere data products in your shopping cart.

**Data Availability**  
View a summary of the availability of MODIS level 1 and atmosphere data products in LAADS.

**FTP Site**  
Access all MODIS level 1 and atmosphere data products directly through the LAADS FTP site.

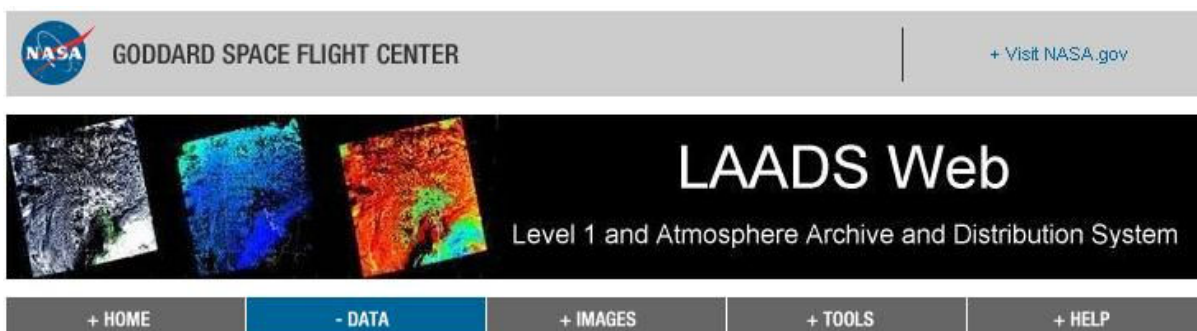
**Track Orders**  
Track previous orders for MODIS level 1 and atmosphere data products.

FIRSTGOV | + Privacy Policy and Important Notices | NASA | Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka | + Send Us Your Comments

Slika 25: Uvodna stran za iskanje podatkov.

Na prvi strani, ki se odpre (slika 25), lahko izbiramo med več možnostmi. Na voljo imamo iskanje podatkov (*search*), pogled v nakupovalni voziček (*shopping cart*), razpoložljivost podatkov (*data availability*), povezavo na ftp strežnik (*ftp site*) ter možnost sledenja naročilom (*track orders*). (NASA, 2006u) Do samih podatkov lahko pridemo preko povezave za iskanje podatkov ali preko ftp strežnika. Najprej bom opisal potek iskanja ter naročanja

podatkov preko spletne strani (izbira *search*), kjer podatke lahko iščemo s pomočjo imena izdelka, časovnega intervala ter s pomočjo koordinat.



### Search for Level 1 and Atmosphere Products

If you know the file names of the products for which you are searching, you may also [search for file names](#).

**Product Selection**

Please select one or more products: [+ View Help](#)

Satellite/Instrument:  
Terra MODIS  Aqua MODIS  Combined Terra & Aqua MODIS  Ancillary Data

Group:  
Terra Atmosphere Level 2 Products

Products:

- MOD04\_L2 - Level 2 Aerosol
- MOD05\_L2 - Level 2 Total Precipitable Water Vapor Test Results
- MOD06\_L2 - Level 2 Cloud Product
- MOD07\_L2 - Level 2 Joint Atmosphere Product of Profiles, Total Column Ozone, Water Vapor, and Stability Indices
- MOD07\_QC - MOD07 Level 2 diagnostic file
- MOD35\_L2 - MODIS Level 2 Cloud Mask and Spectral Test Results
- MOD35\_QC - MOD35 Interim ASCII QC Output Log File
- MODARNSS - Atmosphere Aeronet subsetting Product
- MODATML2 - Level 2 Joint Atmosphere Product
- MODCSR\_G - MODIS/Terra Clear Radiance Statistics Indexed to Global Grid 5-Min L2 Swath 10km

Slika 26: Prvi del strani za iskanje podatkov.

Ko se odpre stran za iskanje podatkov, moramo najprej določiti podatke katerega satelita bomo iskali (*satellite/instrument*). Lahko iščemo samo podatke satelita Terra, lahko podatke satelita Aqua, lahko združene podatke ter pomožne podatke. Po izbiri satelita sledi izbira skupine podatkov (*group*), katere pripadajoči izdelki se v spodnjem okencu (*products*) sproti izpisujejo. (NASA, 2006u) Z miško izberemo zeleni izdelek, lahko tudi več hkrati (včasih je potrebno pritisniti še tipko ctrl).

Po izbiri zelenega izdelka sledi določanje časovnih nastavitev (*temporal selection*), t.j. kdaj so bili podatki zajeti (slika 27). Najprej izberemo način določanja časa (*temporal type*), kjer lahko izbiramo med določanjem intervala, določanjem točnega dneva ali določanjem samo

določenih ur v nekem terminu. Če smo izbrali interval, nato določimo začetni (*start date and time*) ter končni datum in čas (*end date and time*).

### Temporal Selection

Please enter the temporal information in either MMDD/YYYY or YYYY-DDD format: [+ View Help](#)

Temporal Type:

Start Date and Time:  End Date and Time:

### Collection Selection

Please select a collection: [+ View Help](#)

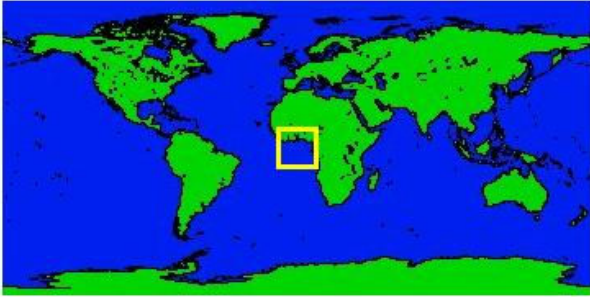
Collection:

### Spatial Selection

Please enter the coordinates for your area of interest. [+ View Help](#)

Coordinate System:

In addition to entering the coordinates, users with Javascript enabled browsers may use their mouse to select a region on the map or select one of the predefined regions.



Specify Bounding Box Coordinates as:

North:

West:  East:

South:

Predefined Regions:

Slika 27: Drugi del strani za iskanje podatkov.

Ko imamo časovni okvir določen, je naslednja nastavitev izbor zbirke podatkov. Tu imamo na voljo tri možnosti: tretjo zbirko (Collection 3 Golden data set), četrto zbirko (Collection 4 Full mission Terra & Aqua) ter peto zbirko (Collection 5 Terra/Aqua Forward and Reprocessing). Izdelki tretje zbirke so samo delno predelani s pomočjo kalibracije ter s pomočjo izboljšav algoritmov, izdelki četrte zbirke so vsi predelani s pomočjo kalibracije ter z izboljšanimi algoritmi, izdelki pete zbirke so predelani s pomočjo najnovejših algoritmov. (NASA, 2006u)

Pri prostorski izbiri (*spatial selection*) določimo želeno območje, kar lahko storimo s pomočjo geografske širine in dolžine (*latitude / longitude*) ter z določanjem vrstic ter stolpcev (*tile*). V

našem primeru (slika 27) enostavno vpišemo v okvirčke severno in južno geografsko širino ter vzhodno in zahodno geografsko dolžino območja.

### Coverage Selection

You may also specify coverage for the following products: **MOD04\_L2**. [+ View Help](#)

Coverage Options:

- Day (granules contain day data only)
- Night (granules contain night data only)
- Both (granules contain both day and night data)

### Metadata Selection

You may also filter on several metadata fields. Select "Yes" next to each field to filter on that field. The products that will be filtered are listed beside each field. [+ View Help](#)


PGEVersion	<input type="text"/>	Filter?	No <input type="button" value="v"/>	(MOD04_L2)
QAPercentMissingData	Start: <input type="text" value="0.0"/> End: <input type="text" value="100.0"/>	Filter?	No <input type="button" value="v"/>	(MOD04_L2)
SuccessfulRetrievalPct_Land	Start: <input type="text" value="0.0"/> End: <input type="text" value="100.0"/>	Filter?	No <input type="button" value="v"/>	(MOD04_L2)
SuccessfulRetrievalPct_Ocean	Start: <input type="text" value="0.0"/> End: <input type="text" value="100.0"/>	Filter?	No <input type="button" value="v"/>	(MOD04_L2)

Require that the filtered metadata fields be defined to be included in the search results

### Saved Parameters Selection


You may load a set of saved parameters by entering the name of the file on your system and clicking "Load". You may also save the current set of parameters to your system by entering a file name and clicking "Save": [+ View Help](#)

Name:



The First Click to the U.S. Government

[+ Privacy Policy and Important Notices](#)



Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka  
[+ Send Us Your Comments](#)

Slika 28: Tretji del strani za iskanje podatkov.

Določiti moramo tudi obseg delovanja (*coverage selection*), kjer imamo na izbiro podatke zajete ponoči (*night*), podnevi (*day*) ali oboje skupaj (*both*). Nastavimo lahko tudi določene filtre kakovosti podatkov v metapodatkovni izbiri (*metadata selection*). Na koncu lahko nastavitve iskanja shranimo (*save*) ali naložimo iz svojega računalnika (*load*). S pritiskom na gumb iskanje (*search*) začnemo z iskanjem, trajanje katerega zavisi od števila izbranih izdelkov ter časovnega okvira ter se giblje od par minut do približno ene ure. Več izdelkov bomo izbrali ter daljši časovni okvir, dlje bo trajalo iskanje izdelkov.

### Search for File Names

**File Name Selection:**

Please enter one or more file names with one file name per line. Wildcards (\*, ?, []) may be used in the file names: [+ View Help](#)

File Names:


You may also enter the name of a file on your system that contains a list of file names with one file name per line:


Name:

**Collection Selection**

Please select a collection: [+ View Help](#)

Collection:

+ Privacy Policy and Important Notices

Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka  
+ Send Us Your Comments

Slika 29: Iskanje z imenom izdelka.

Če poznamo točno ime izdelka, je najhitrejša pot z uporabo iskanja po imenu (*search for file names*) (slika 26). V okvir imena izdelkov (*file names*) vpišemo ime iskanega izdelka, lahko tudi več izdelkov, izberemo še zbirko podatkov ter pritisnemo na gumb iskanje (*search*). (NASA, 2006u) Odpre se enaka stran, kot v prejšnjem primeru (slika 30).



### Search for Level 1 and Atmosphere Products

#### Search Parameters

**Product:** MOD04\_L2  
**Temporal:** 2000-001 00:00 - 2001-012 23:59  
**Collection:** 5  
**Spatial:** h19v00 - h19v17  
**Coverage:** Day, Night, Both

[+ View Help](#)

#### Search Results

A total of **8945 files (7.49 GB)** match the selected parameters. However, searches are limited to 2000 files. Therefore, only the first **2000 files (1.70 GB)** have been displayed. You may [refine your search](#).

You may modify your order by selecting or clearing each file's checkbox. You may also select or clear the checkboxes for all files by clicking "Select All Checkboxes" or "Clear All Checkboxes". Please note that "Select All Checkboxes" and "Clear All Checkboxes" apply to the checkboxes for all files found by your search, not just the files on this page.

Displaying results 1 - 10 of 2000.

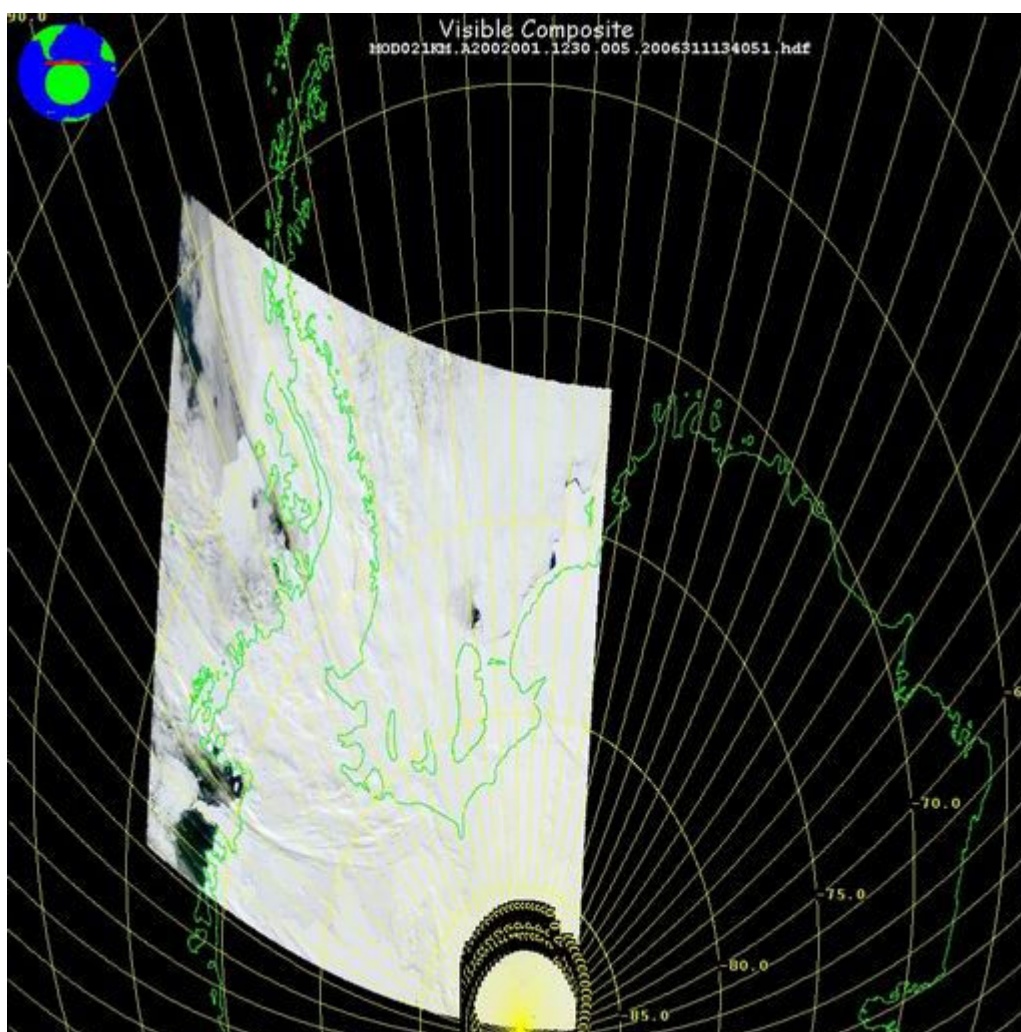
1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Next | View All View All

Time	Product	File Name	Size	Online	Add	Browse
2001-001 00:00	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0000.005.2006280104705.hdf	509 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 00:05	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0005.005.2006280105107.hdf	526 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 01:40	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0140.005.2006280110000.hdf	511 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 01:45	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0145.005.2006280110000.hdf	480 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
2001-001 03:20	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0320.005.2006280111901.hdf	517 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 04:55	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0455.005.2006280111940.hdf	603 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 05:00	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0500.005.2006280111926.hdf	519 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 06:30	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0630.005.2006280113228.hdf	836 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 06:35	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0635.005.2006280112827.hdf	521 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small
2001-001 06:40	MOD04_L2	MOD04_L2.A2001001.0640.005.2006280114057.hdf	515 KB	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	+ View Aerosol Optical Depth + View Aerosol Optical Depth Ratio Small

Please note that you can still order files that are not online. These files will be regenerated when you place your order. However, you will not receive these files immediately; you will be notified by email when they are ready.

Slika 30: Rezultati iskanja.

Na strani, kjer se prikažejo rezultati iskanja (slika 30), so najprej navedeni iskalni parametri (*search parameters*): izdelek, časovni okvir, zbirka, območje, obseg delovanja. Pod parametri je tabela s seznamom izdelkov, ki ustrezajo našim zahtevam. Naveden je čas izdelka, izdelek, naziv izdelka, velikost datoteke, ali je izdelek na voljo (*online*, kar nam pove, ali ga lahko kar povlečemo iz spletne strani ali moramo podatke še naročiti) ter stolpec s povezavami na vizualni pregled iskanih podatkov (slika 31). Če je v stolpcu, ki kaže, ali je izdelek na voljo oznaka da (*yes*), lahko datoteko enostavno pridobimo tako, da s pritiskom na ime izdelka le to shranimo na svoj disk. (NASA, 2006t) Če izdelek ni na voljo (slika 32), je postopek malo daljši (opisano na naslednjih straneh).



Slika 31: Primer pregleda iskanih podatkov.

### Search for Level 1 and Atmosphere Products

#### Search Parameters

**Product:** MOD02GKM  
**Temporal:** 2002-001 00:00 - 2003-012 23:59  
**Collection:** 5  
**Spatial:** h34v17 - h34v17  
**Coverage:** Day, Night, Both

[+ View Help](#)

#### Search Results

A total of **4319 files (500.22 GB)** match the selected parameters. However, searches are limited to 2000 files. Therefore, only the first **2000 files (235.68 GB)** have been displayed. You may [refine your search](#).

You may modify your order by selecting or clearing each file's checkbox. You may also select or clear the checkboxes for all files by clicking "Select All Checkboxes" or "Clear All Checkboxes". Please note that "Select All Checkboxes" and "Clear All Checkboxes" apply to the checkboxes for all files found by your search, not just the files on this page.

Displaying results 1 - 10 of 2000.

[1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | [5](#) | [6](#) | [7](#) | [8](#) | [9](#) | [10](#) | [Next](#) | [View All](#) | [View All](#)

Time	Product	File Name	Size	Online	Add	Browse
2002-001 01:00	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0100.005.2006311131730.hdf	143 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 02:40	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0240.005.2006311131215.hdf	144 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 04:20	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0420.005.2006311132412.hdf	153 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 05:55	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0555.005.2006311133105.hdf	147 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 06:00	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0600.005.2006311132053.hdf	152 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 07:35	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0735.005.2006311131844.hdf	151 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 09:15	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0915.005.2006311132557.hdf	154 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 09:20	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.0920.005.2006311132609.hdf	104 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 10:55	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.1055.005.2006311133612.hdf	155 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>
2002-001 12:30	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.1230.005.2006311134051.hdf	158 MB	No	<input type="checkbox"/>	<a href="#">+ View RGB</a>

[Select All Checkboxes](#)

[Clear All Checkboxes](#)

Please note that you can still order files that are not online. These files will be regenerated when you place your order. However, you will not receive these files immediately; you will be notified by email when they are ready.

[Add Files To Shopping Cart](#)

[Order Files Now](#)



[+ Privacy Policy and Important Notices](#)



Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka  
[+ Send Us Your Comments](#)

Slika 32: Rezultati iskanja 2.

V primeru, ko izdelki niso na voljo (slika 32), zeleni izdelek označimo v stolpcu dodaj (*add*) ter pritismo gumb naroči datoteke sedaj (*order files now*).



NASA GODDARD SPACE FLIGHT CENTER | + Visit NASA.gov

LAADS Web  
Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

+ HOME - DATA + IMAGES + TOOLS + HELP

### Shopping Cart

A total of **1 files (158.41 MB)** are currently selected to be included in your order.

You may modify your order by selecting or clearing each file's checkbox. You may also select or clear the checkboxes for all files by clicking "Select All Checkboxes" or "Clear All Checkboxes". You may cancel your order and remove all files from the shopping cart by clicking on "Remove All Files from Cart".

**Please note that the shopping cart requires session cookies to be enabled and that the files will only remain in the shopping cart until you quit the current browser session.**

Time	Product	File Name	Size	Online	Order
2002-001 12:30	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.1230.005.2006311134051.hdf	158 MB	No	<input checked="" type="checkbox"/>

Select All Checkboxes Clear All Checkboxes Remove All Files from Cart

**Post Processing Selection (optional)**

Please choose whether or not to post-process the data products in your order. If you choose post-processing, you will be required [+ View Help](#) to submit additional order information defining your post-process criteria. Post-processing is not required.

Order data without additional post processing  
 Post process and order data

Order

FIRST GOV Your First Click to the U.S. Government | + Privacy Policy and Important Notices | NASA | Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka  
+ Send Us Your Comments

Slika 33: Nakupovalni voziček.

Po izbiri izdelka nas preusmerijo v nakupovalni voziček, kjer je izbrani izdelek še enkrat naveden. Na izbiro imamo še dve možnosti: naročilo brez predelave (*order data without additional post processing*) ter naročilo s predelavo podatkov (*post process and order data*). V stolpcu naroči (*order*) mora biti izdelek označen, nato pritisnemo na gumb naroči.

#### 4.1.1.1 Naročanje podatkov brez predelave

**Set Delivery Method**

Please choose how you want your products delivered:

**Email Address**  
Please enter your email address so we can contact you if we have problems filling your order. You will also be able to track your order using your email address.

Email:

**Select Delivery Method**  
To order your selected products, please specify a delivery method. [+ View Help](#)

FTP Pull (stage products where I can download them using FTP or GNU Wget)  
 FTP Push (automatically deliver products to my site's FTP server)

Please note the following restrictions when choosing FTP Push as a delivery method:

- ◆ Your site must be running its own FTP server that our server can contact.
- ◆ You must provide us with all the information required to log into your FTP server and copy files to it.
- ◆ If, when your data are ready, we are unable to login to your FTP server, we will continue to retry once a day for up to three days. After that time, we will stop trying, and you will need to retrieve the data on your own.

**FIRSTGOV** Your First Click in the U.S. Government | [+ Privacy Policy and Important Notices](#) | **NASA** | Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka | [+ Send Us Your Comments](#)

Slika 34: Metoda dostave.

Po naročilu podatkov moramo na strani, ki se odpre, vpisati svoj elektronski naslov, na katerega nas bodo kontaktirali ter nam pošiljali obvestila glede naročila. Izbrati moramo tudi način dostave podatkov (*delivery method*), kjer imamo na voljo dve možnosti: prenos podatkov iz strežnika s podatki (*ftp pull*) ali »potisk« podatkov na določen (svoj) ftp strežnik (*ftp push*). (NASA, 2006u) Ko smo to izbrali, pritisnemo le še na gumb naroči.

The screenshot shows the NASA Goddard Space Flight Center LAADS Web interface. At the top, there is a navigation bar with the NASA logo and the text 'GODDARD SPACE FLIGHT CENTER' on the left, and '+ Visit NASA.gov' on the right. Below this is a banner for 'LAADS Web' with the subtitle 'Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System'. The banner features three satellite images. Below the banner is a navigation menu with buttons for '+ HOME', '- DATA', '+ IMAGES', '+ TOOLS', and '+ HELP'. The main content area is titled 'Order Results' and contains the following text: 'You have ordered a total of 1 product files:', '1 file requires additional processing.', a bullet point stating 'Order Id: 500111813 has been submitted to process this file.', a paragraph about receiving an email with download instructions and the reminder to 'RELEASE IT', and a paragraph about tracking orders from the 'Data->Track Orders' page. At the bottom of the page, there is a footer with the 'FIRSTGOV' logo, a link to '+ Privacy Policy and Important Notices', the NASA logo, and contact information for the webmaster (Karen Horrocks) and NASA official (Ed Masuoka), along with a link to '+ Send Us Your Comments'.

Slika 35: Rezultati naročanja.

Odpre se nam stran, ki nam potrdi naše naročilo in nas obvesti, da bodo vse potrebne informacije poslane na naslov elektronske pošte, ki smo ga navedli.

Na svoj elektronski naslov dobimo pošto, ki nam potrdi naročilo in nam pove, da bomo obveščeni, ko bodo podatki pripravljeni:

This confirms that you have ordered 1 files from LAADS Web.  
The order ID for your order is: 500111813.

Please note that 1 files from your order are not currently available on our disks. We will re-create these files for you from Level 0 satellite data.

We will notify you by email when your order is ready. The email will include any instructions necessary for you to retrieve the order.

You can check the status of your order at

<http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/track.html?email=tine.zidarc%40gmail.com>

Thank you,

The MODIS Science Data Support Team

Ko so podatki pripravljeni (v roku par dni), dobimo preko elektronske pošte obvestilo o izdelavi naročila, v katerem je naveden tudi naslov, preko katerega pridemo do naročila na ftp strežniku.

Your Export ID is: 500111813

The data you ordered has been staged, and you can retrieve the data through anonymous FTP using:

ftp [ladsweb.nascom.nasa.gov](ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov)  
username: anonymous  
password: [tine.zidarc@gmail.com](mailto:tine.zidarc@gmail.com)

```
cd /orders/500111813  
binary  
prompt  
mget *
```

The following is a list of the data files (CkSum, Size [Bytes]):

MOD02QKM.A2002001.1230.005.2007015034750.hdf (1907374725, 166104446)

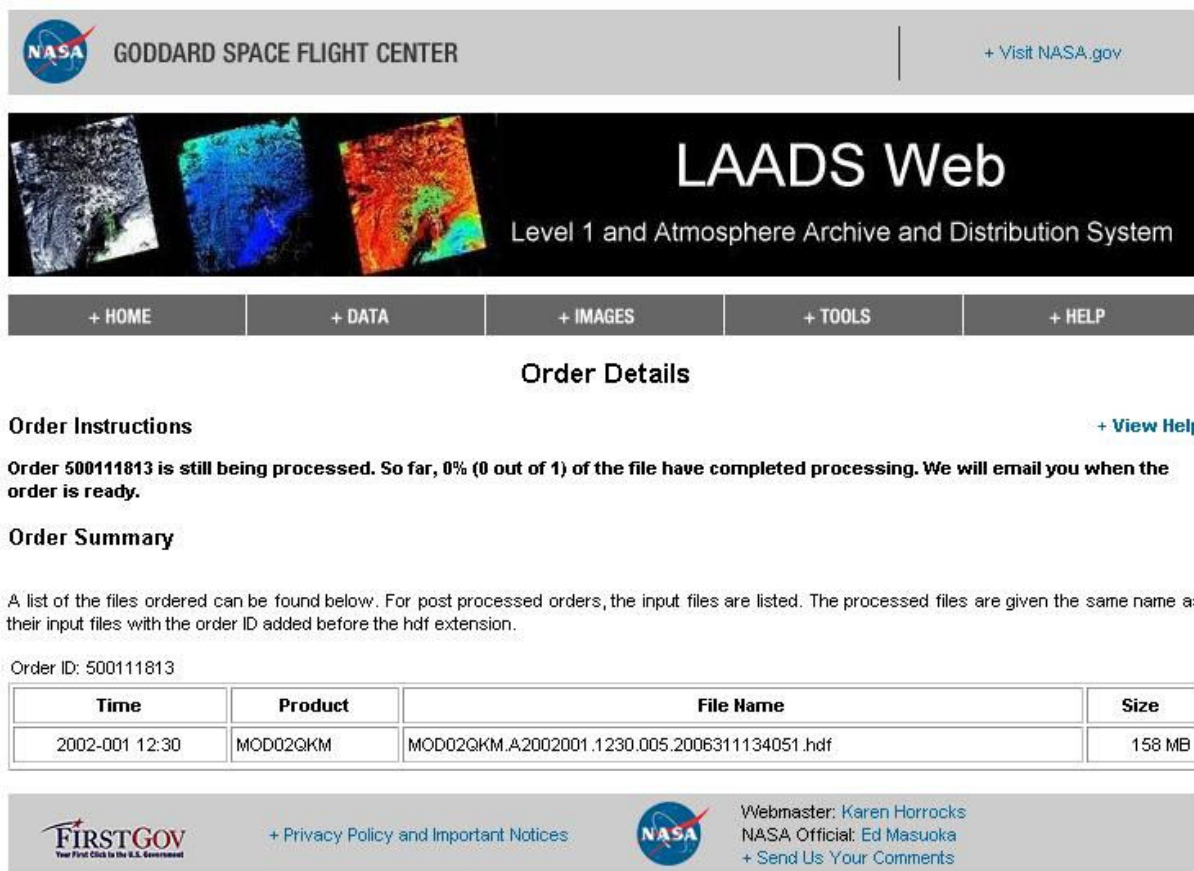
NOTE: The files will be deleted after 7 days, please download the files before they get deleted.

For help, please contact us at [modapsuso@saicmodis.com](mailto:modapsuso@saicmodis.com).

Thank you,

The LAADS Support Team

V pošti je tudi opozorilo, da moramo naročene podatke prenesti v roku 7 dni, saj bodo nato izbrisani. Prenos datotek enostavno opravimo preko ftp strežnika na navedenem naslovu. Postopek prenosa datotek preko ftp strežnika je opisan v zadnjem delu poglavja.



The screenshot shows the NASA Goddard Space Flight Center LAADS Web interface. At the top, there is a navigation bar with the NASA logo and the text "GODDARD SPACE FLIGHT CENTER" on the left, and a link "+ Visit NASA.gov" on the right. Below this is a banner for "LAADS Web" with the subtitle "Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System". The banner includes three satellite images and a navigation menu with links: "+ HOME", "+ DATA", "+ IMAGES", "+ TOOLS", and "+ HELP".

### Order Details

**Order Instructions** [+ View Help](#)

Order 500111813 is still being processed. So far, 0% (0 out of 1) of the file have completed processing. We will email you when the order is ready.

**Order Summary**

A list of the files ordered can be found below. For post processed orders, the input files are listed. The processed files are given the same name as their input files with the order ID added before the hdf extension.

Order ID: 500111813

Time	Product	File Name	Size
2002-001 12:30	MOD02GKM	MOD02GKM.A2002001.1230.005.2006311134051.hdf	158 MB

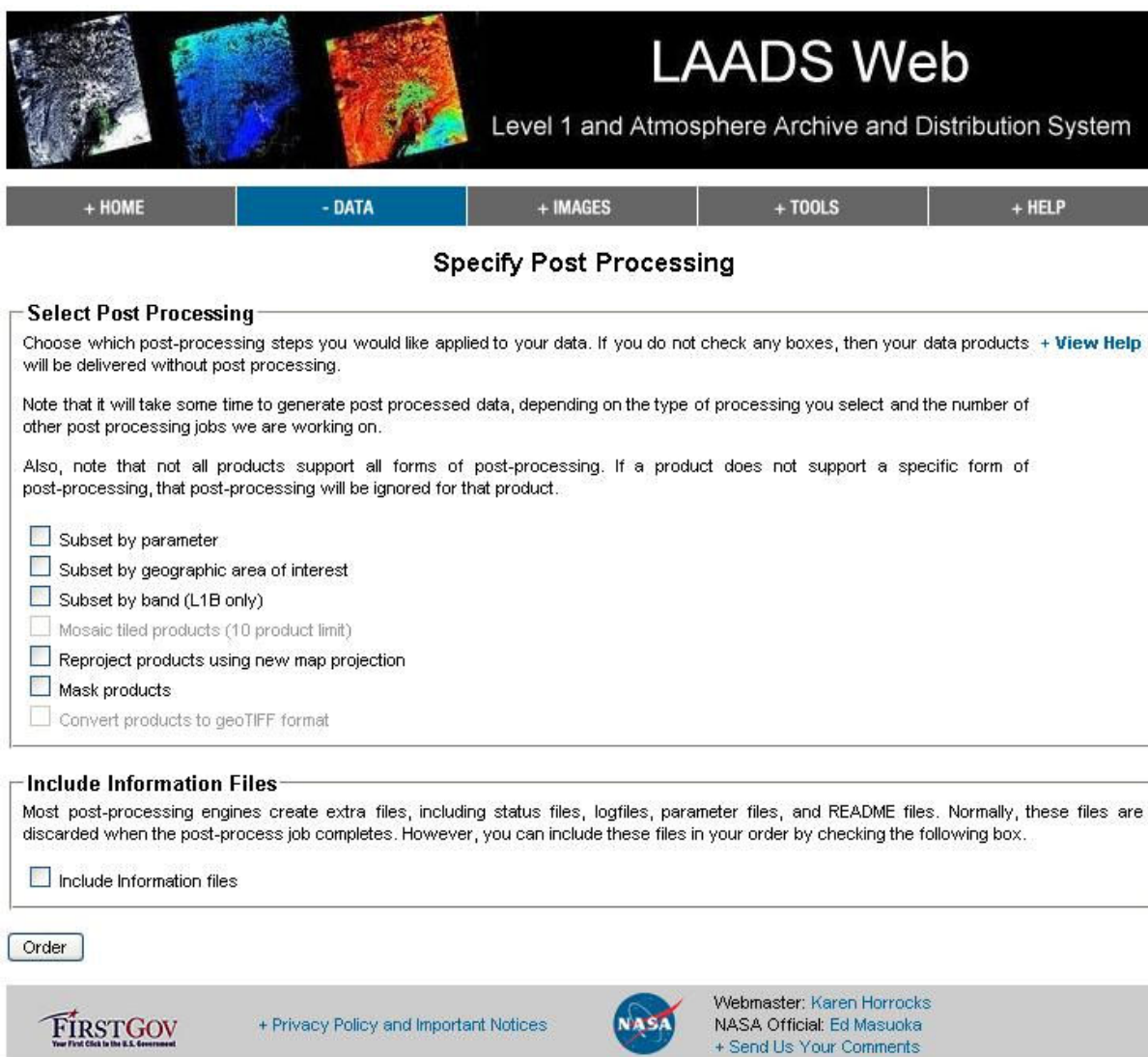
At the bottom of the page, there is a footer with the "FIRST GOV" logo, a link "+ Privacy Policy and Important Notices", the NASA logo, and contact information: "Webmaster: Karen Horrocks", "NASA Official: Ed Masuoka", and a link "+ Send Us Your Comments".

Slika 36: Preverjanje naročila.

Po opravljenem naročilu lahko preverimo stanje le tega, če uporabimo povezavo nakupovalni voziček (slika 25). Tu dobimo informacije, kako napreduje priprava naših podatkov (koliko odstotkov naročila je že pripravljenega).



#### 4.1.1.2 Naročanje podatkov s predelavo



**LAADS Web**  
Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

+ HOME   - DATA   + IMAGES   + TOOLS   + HELP

### Specify Post Processing

**Select Post Processing**

Choose which post-processing steps you would like applied to your data. If you do not check any boxes, then your data products [+ View Help](#) will be delivered without post processing.

Note that it will take some time to generate post processed data, depending on the type of processing you select and the number of other post processing jobs we are working on.

Also, note that not all products support all forms of post-processing. If a product does not support a specific form of post-processing, that post-processing will be ignored for that product.

- Subset by parameter
- Subset by geographic area of interest
- Subset by band (L1B only)
- Mosaic tiled products (10 product limit)
- Reproject products using new map projection
- Mask products
- Convert products to geoTIFF format

**Include Information Files**

Most post-processing engines create extra files, including status files, logfiles, parameter files, and README files. Normally, these files are discarded when the post-process job completes. However, you can include these files in your order by checking the following box.

- Include Information files

**FIRSTGOV**   + Privacy Policy and Important Notices   **NASA**   Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka  
+ Send Us Your Comments

Slika 37: Izbira predelave.

Če smo v nakupovalnem vozičku (slika 33) izbrali možnost predelave podatkov, se nam odpre zgornja internetna stran (slika 37). Pri predelavi podatkov imamo več možnosti: izbira parametra (*subset by parameter*), izbira po zelenem geografskem območju (*subset by geographic area of interest*), izbira po pasu (*subset by band*), uporaba nove projekcije (*reproject products using new map projection*) ter zakrivanje izdelkov (*mask products*). (NASA, 2006u) Predelave, ki jih želimo izvesti enostavno označimo v poljih pred vrstami predelave, ko smo to opravili, pritisnemo na gumb naroči. Odpre se nova stran, kjer so predelave bolj podrobno obravnavane (slike 38, 39, 40).

NASA GODDARD SPACE FLIGHT CENTER | + Visit NASA.gov

# LAADS Web

Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

+ HOME   - DATA   + IMAGES   + TOOLS   + HELP

## Set Post Process Criteria

You have selected a total of **1 files** to post-process. Each product file will be processed using the stages listed below.

### Subset by Parameter

Please select one or more parameters to be included in the subset order: [+ View Help](#)

Product:  
MOD02QKM

Parameters:  
EV\_250\_RefSB  
EV\_250\_RefSB\_Uncert\_Indexes

**A total of 1 parameter has been selected.**

Slika 38: Izbira parametra.

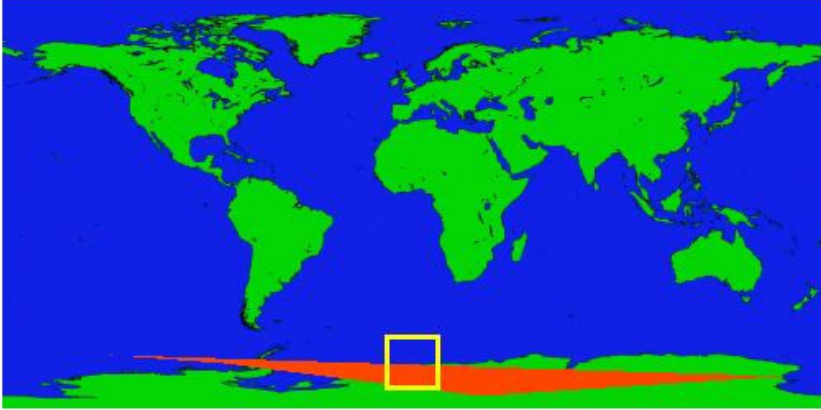
Izmed parametrov, ki so na voljo, v oknu parametri (*parameters*) označimo tiste, ki jih potrebujemo.

### Subset by Geographic Area of Interest

Please select the geographic area of interest to be included in the subset order: [+ View Help](#)

Coordinate System:  
Latitude/Longitude

In addition to entering the coordinates, users with Javascript enabled browsers may use their mouse to select a region on the map.



Specify Bounding Box Coordinates as:  
North, West, East, South

North: -60

West: -10 East: 10

South: -80

The red areas on the map above show the geographic areas covered by your unsubset data products. Areas outside the yellow box will be excluded from subset data.

### Subset by Band

Please select the bands of interest to be included in the subset order: [+ View Help](#)

Product:  
MOD02QKM

Bands:  
1  
2

Slika 39: Izbira območja ter pasu.

Geografsko območje določimo na enak način, kot je že bilo opisano v prejšnjem delu. Poleg geografskega območja pa določimo tudi spektralni pas tako, da s pritiskom miške izberemo želeni pas (pasove) v okvirčku pasovi (*bands*).



### Change Map Projection

Map projections affect where the data appear if they are converted to an image, and projection settings affect the geometry of the projection. If you make no changes to settings, then the reprojection algorithms will use default values. [+ View Help](#)

Reproject to:

Transverse Mercator Projection Settings: [+ View Help](#)

**Datum:** -custom-  
**Resample Type:** Nearest  
**Area Subset Type:** INPUT\_LAT\_LON

### Mask by Shape Polygons

Please select the shape polygon of interest: [+ View Help](#)



Mask Options:  Outside  Inside  
Mask Value Options:  Fill  Minimum  Maximum

Group:

Shapes:

- Argentina
- Australia
- Austria
- Brazil
- Canada
- China
- Cuba
- France
- Germany
- Greece

**A total of 0 shapes have been selected.**

 [+ Privacy Policy and Important Notices](#)  Webmaster: Karen Horrocks  
NASA Official: Ed Masuoka  
[+ Send Us Your Comments](#)

Slika 40: Projekcija ter zakrivanje.

Zadnji dve predelavi sta izbira nove projekcije (*change map projection*) ter zakrivanje izdelkov (*mask by shape polygons*). Izbiramo lahko med več projekcijami (*reproject to*), ki jim lahko nastavimo lastnosti (*edit projection settings*), pri zakrivanju izdelkov pa najprej nastavimo ali bomo zakrili podatke znotraj (*inside*) ali zunaj (*outside*) izbranega poligona ter vrednost zakrivanja, ki je lahko največja ali najmanjša. Nato izberemo še obliko poligona (*shapes*). Po vseh nastavitvah samo še naročimo podatke, nadaljnji postopek pa je enak kot v primeru naročila brez predelave podatkov.

#### 4.1.2 Iskanje podatkov preko ftp strežnika

Ftp strežnik dobimo direktno na naslovu <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/> ali preko internetne strani LAADS Web (slika 25). Na tem strežniku si na voljo samo podatki o atmosferi ter geolokaciji.

Iskanje podatkov preko ftp strežnika poteka enako kot kakšno drugo »brskanje« po ftp strežniku s sistemom map s podmapami, ki so hierarhično razvrščene. Na prvi strani, ki se nam prikaže (slika 41), imamo na voljo več map. Za iskanje podatkov najprej izberemo možnost vsi podatki (*all data*).

## Index of <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/>

---

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">README</a>	3 KB	8.8.2006	11:04:00
 <a href="#">allData</a>		25.5.2006	0:00:00
 <a href="#">datapool</a>		7.7.2006	0:00:00
 <a href="#">orders</a>		25.5.2006	0:00:00

---

Slika 41: Začetna stran ftp strežnika.

## Index of <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData>

---

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">3</a>	4.12.2006	8:52:00
 <a href="#">4</a>	4.12.2006	8:50:00
 <a href="#">5</a>	9.1.2007	11:24:00



















---

Slika 42: Ftp strežnik – zbirka.

Prva izbira, ki jo imamo na voljo, je izbira zbirke podatkov (tretje, četrte ali pete).

## Index of <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/5>

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">ALBWS066</a>	9.1.2006	0:00:00
 <a href="#">ALBWS086</a>	9.1.2006	0:00:00
 <a href="#">ALBWS124</a>	9.1.2006	0:00:00
 <a href="#">ALBWS164</a>	9.1.2006	0:00:00
 <a href="#">ALBWS213</a>	9.1.2006	0:00:00
 <a href="#">AM1ATTNO</a>	1.1.2007	2:47:00
 <a href="#">AM1ATTNF</a>	1.1.2007	7:41:00
 <a href="#">AM1EPHNO</a>	1.1.2007	2:47:00
 <a href="#">D4LAXMNT</a>	25.1.2006	0:00:00
 <a href="#">GDAS OZF</a>	1.1.2007	8:59:00
 <a href="#">MCB43A1</a>	26.12.2006	4:49:00
 <a href="#">MCB43A3</a>	26.12.2006	4:49:00
 <a href="#">MCB43A4</a>	26.12.2006	4:49:00
 <a href="#">MCB43B1</a>	26.12.2006	4:49:00
 <a href="#">MCB43B3</a>	26.12.2006	4:49:00
 <a href="#">MCB43B4</a>	26.12.2006	4:49:00
 <a href="#">MCD43A1</a>	26.12.2006	4:50:00
 <a href="#">MCD43A1C</a>	26.12.2006	4:47:00









Slika 43: Ftp strežnik – izdelek. Vsi izdelki zaradi prevelikega obsega niso prikazani.

Na strani, ki se odpre izberemo izdelek. Izdelki, ki imajo v začetku imena oznako MOD, so izdelki satelita Terra, izdelki, ki imajo oznako MYD, pa satelita Aqua.

## Index of [ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/5/ MOD06\\_L2](ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/5/MOD06_L2)

---

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">2000</a>	7.10.2006	3:47:00
 <a href="#">2001</a>	8.11.2006	15:33:00
 <a href="#">2002</a>	6.12.2006	9:23:00
 <a href="#">2003</a>	4.1.2007	5:20:00
 <a href="#">2004</a>	20.1.2007	13:02:00
 <a href="#">2005</a>	25.8.2006	17:33:00
 <a href="#">2006</a>	2.1.2007	3:17:00
 <a href="#">2007</a>	20.1.2007	13:25:00

---

Slika 44: Ftp strežnik – leto.

Nato izberemo leto zajema podatkov, od leta 2000 dalje.

## Index of [ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/5/MOD06\\_L2/2006](ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/5/MOD06_L2/2006)

---

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">001</a>	25.8.2006 17:41:00
 <a href="#">002</a>	28.8.2006 17:01:00
 <a href="#">003</a>	28.8.2006 16:44:00
 <a href="#">004</a>	26.8.2006 1:13:00
 <a href="#">005</a>	28.8.2006 17:09:00
 <a href="#">006</a>	28.8.2006 16:20:00
 <a href="#">007</a>	28.8.2006 16:23:00
 <a href="#">008</a>	28.8.2006 16:25:00
 <a href="#">009</a>	28.8.2006 16:27:00
 <a href="#">010</a>	28.8.2006 16:29:00
 <a href="#">011</a>	28.8.2006 17:07:00
 <a href="#">012</a>	28.8.2006 16:51:00
 <a href="#">013</a>	28.8.2006 17:08:00
 <a href="#">014</a>	28.8.2006 17:09:00
 <a href="#">015</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">016</a>	28.8.2006 16:23:00
 <a href="#">017</a>	28.8.2006 16:26:00
 <a href="#">018</a>	28.8.2006 16:27:00















Slika 45: Ftp strežnik – dan v letu.

Po izbiri leta sledi še izbira dneva v letu, ki pa niso označeni datumsko, ampak so označeni vrstilno, od 1 do 365.

## Index of ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/5/ MOD06\_L2/2006/015

---

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0000.005.2006237084719.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0005.005.2006237090114.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0010.005.2006237084526.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0015.005.2006237084229.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0020.005.2006237084451.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0025.005.2006237091137.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0030.005.2006237084536.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0035.005.2006237084259.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0040.005.2006237084511.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0045.005.2006237090515.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0050.005.2006237172313.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0055.005.2006237163623.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0100.005.2006237165517.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00
 <a href="#">MOD06_L2.A2006015.0105.005.2006237174829.hdf</a>	28.8.2006 16:21:00

Slika 46: Ftp strežnik – rezultat iskanja.

Za posamezen dan imamo na voljo več datotek. Izberemo želeni izdelek ter ga s pritiskom na ime izdelka shranimo na disk.



## Index of <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/orders>

---

[Up to higher level directory](#)

 <a href="#">500105122</a>	19.1.2007	3:12:00
 <a href="#">500105124</a>	19.1.2007	8:45:00
 <a href="#">500105455</a>	19.1.2007	3:12:00
 <a href="#">500105879</a>	16.1.2007	10:19:00
 <a href="#">500105881</a>	16.1.2007	10:18:00
 <a href="#">500105951</a>	17.1.2007	20:26:00
 <a href="#">500105953</a>	17.1.2007	20:26:00
 <a href="#">500105956</a>	19.1.2007	4:22:00
 <a href="#">500105958</a>	19.1.2007	4:22:00
 <a href="#">500105961</a>	20.1.2007	8:36:00
 <a href="#">500105963</a>	20.1.2007	8:36:00
 <a href="#">500106231</a>	19.1.2007	1:28:00
 <a href="#">500106837</a>	17.1.2007	9:51:00
 <a href="#">500107394</a>	16.1.2007	10:19:00
 <a href="#">500107395</a>	16.1.2007	10:19:00
 <a href="#">500108300</a>	19.1.2007	9:39:00

Slika 47: Ftp strežnik – naročanje.

Če smo podatke naročili preko internetne strani, po prejemu obvestila dobimo podatke na ftp strežniku. Izberemo mapo naročila (*orders*) (slika 41) ter nato mapo s številko našega naročila (*order ID*) (slika 35), v kateri se nahajajo naročeni podatki, ki jih lahko shranimo na disk.

Lažji za uporabo ter bolj pregleden je način iskanja preko internetne strani, saj moramo pri iskanju s pomočjo ftp strežnika dobro vedeti, kaj iščemo, če želimo priti do zelenih podatkov. Prav tako je na LAADS Web strani tudi boljši pregled nad tem, kateri podatki so sploh na voljo. Prednost uporabe ftp strežnika pred internetno stranjo je v hitrosti iskanja, saj lahko na ftp strežniku v zelo kratkem času pridemo do izdelkov, medtem ko iskanje preko internetne strani lahko traja tudi eno uro ali več. Če določenih podatkov ni na ftp strežniku, moramo le te naročiti na internetni strani.

## 4.2 Iskanje podatkov o oceanih

**OceanColor WEB**

MODIS SeaWiFS IOCCG Products News People Documents Validation Questions

### Data Access

#### Data Production and Distribution Status

All systems nominal

NOTE: FTP connections must be made in PASSIVE mode

#### Level 1 and 2 Browser

Visually search the ocean color data archive and directly download and/or order data from single files to the entire mission. Extensive online HELP and tutorials available.

#### Level 3 Browser

Browse the entire Level 3 global ocean color data set for many parameters and time periods and download either JPEG images or digital data in HDF format. View time series plots of selected SeaWiFS parameters for selected regions of the globe.

#### Data by FTP

The Project maintains several FTP sites containing the most popular data products including the complete Level 3 data archive.

#### Giovanni

A GES DISC DAAC tool to provide users with an easy-to-use, Web-based interface for the visualization and analysis of the Earth Science data.

#### Ocean Productivity


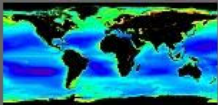
Ocean Net Primary Productivity data products available from Oregon State University. These products are derived from MODIS and/or SeaWiFS data.

### Ocean Color Web Feature

Recent topics and imagery of interest to the OceanColor community.

#### AQUA/SeaWiFS Merged Chlorophyll Data

The OBPB now produces a merged Level-3 chlorophyll product derived from SeaWiFS and MODIS/Aqua. The products are being created routinely for daily, 8-day, monthly, seasonal and annual time periods. Details about this new product can be found [HERE](#)



A submarine volcano named Home Reef in the South Pacific nation of Tonga erupted in August 2006. In addition to the airborne ash that can be best seen in the above image, the volcano also ejected a considerable amount of ash that remained or landed in the water and was subsequently distributed by the local current field. In this MODIS image, the water-borne ash looks either grayish-tan (floating pumice) or yellowish-green to aquamarine (ash suspended in the water column). The yacht, Maiken, was in the area at the time and took photos of the pumice raft from sea level.

Click on the above image for access to other images of the event and [HERE](#) for the Earth Observatory feature on this event.

#### Image Gallery

NOTE: All SeaWiFS images presented here are for research and educational use only. All commercial use of SeaWiFS data must be coordinated with [GeoEye Ocean Color Distribution Statistics](#)

### Support Services

#### SeaDAS

A comprehensive image analysis package for the processing, display, analysis, and quality control of ocean color data.

#### SeaBASS

An archive of in situ data, both oceanographic and atmospheric, used for algorithm development and satellite validation.

#### Register for Support Services

Register for support services, including:

- ◊ SeaWiFS data access authorization
- ◊ Access to Near Real Time image support
- ◊ Request a new password or change email address
- ◊ Ocean Color Forum
- ◊ Ocean Color Mailing List

#### Support Services

- ◊ Overflight predictions
- ◊ Near real-time imagery and data for cruise support

#### Data Subscriptions

Request a subscription for Aqua data to be staged on an FTP site. You can [check the status](#) of an existing subscription. Requires a Support Services [username and password](#).

#### Data Processing

The ODPS site contains information related to the ocean color data production system.

Slika 48: Uvodna stran za naročanje podatkov o oceanih.



Internetno stran za iskanje podatkov o oceanih (slika 48) dobimo na naslovu <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Na voljo imamo izdelke o klorofilu ter izdelke o temperaturi vode. Izbiramo lahko med več možnostmi iskanja podatkov: lahko iščemo izdelke 1. in 2. stopnje (*level 1 and 2 browser*), lahko izdelke 3. stopnje (*level 3 browser*), lahko pa iščemo preko ftp strežnika (*data by ftp*). (NASA, 2006v) V nadaljevanju bom opisal samo prvi dve možnosti, saj je iskanje preko ftp strežnika podobno kot že opisano iskanje atmosferskih ter geolokacijskih podatkov.

#### 4.2.1 Iskanje izdelkov 1. in 2. stopnje o oceanih

SeaWiFS User Login

<input type="checkbox"/> GAC	<input type="checkbox"/> LAC	<input type="checkbox"/> MLAC	Day <input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> OCTS (ADEOS)	<input type="checkbox"/> MODIS (Terra)	<input checked="" type="checkbox"/> MODIS (Aqua)	Night <input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/> CZCS (Nimbus-7)

Radius (km) about map click or about typed-in location:

<input type="radio"/> 72
<input type="radio"/> 400
<input type="radio"/> 800
<input type="radio"/> 1200
<input type="radio"/> 1500

Select swaths containing (at least):

<input type="radio"/> any part
<input type="radio"/> 25 %
<input type="radio"/> 50 %
<input type="radio"/> 75 %
<input type="radio"/> all

of the area of interest.

Select one or more regions:

- AdriaticSea
- AegeanSea
- Antarctica
- ArabianSea
- AralSea
- Arctic
- Australia
- AustraliaCoast
- Azores
- Bahamas
- BalticSea

or specify boundary coordinates or a single location:

N:

W:   E

S:

Find swaths

Chlorophyll

Display results 10 at a time.

Reconfigure page

Slika 49: Prvi del strani za iskanje izdelkov 1. in 2. stopnje.

Izbiramo lahko med izdelki o klorofilu (*CHL*) ali temperaturi morij (*SST*) (slika 49). Nastavimo lahko najmanj kolikšen del zelenega območja naj leži v pasu snemanja (*select swaths containing*), radij območja okoli vtipkane lokacije ali lokacije določene z miško (*radius about map...*), lahko izberemo eno izmed vnaprej določenih območij (*Select one or more regions*) ali določimo območje tako, da vtipkamo robne koordinate (*specify boundary coordinates*) ali samo koordinate specifične lokacije (*specify a single location*). (NASA, 2006z) Na strani je tudi predstavljena globalna podoba izbranega izdelka (slika 49 spodaj).


Mission	2002	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2003	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2004	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2005	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2006	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2007	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	2007	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec




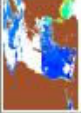




  

November 2006							December 2006							January 2007							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
				1	2	3	4						1	2							
				xxx	xxx	xxx	xxx						***	***							
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	
xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	
xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	
xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	31				
xxx	xxx	xxx	xxx	xxx			xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx					
							31														
							xxx														

Slika 50: Drugi del strani za iskanje izdelkov 1. in 2. stopnje.

Ko smo nastavili vse drugo, izberemo še datum zajema podatkov (slika 50), kjer najprej določimo leto in mesec (*mission*), nato pa še želeni dan zajema podatkov. Na voljo so podatki od junija 2002 dalje. Nato pritisnemo na gumb poišči posnetke (*find swaths*).

TC **CHL** SST SST4 SeaWiFS User Login  Display  at a time. **ORDER DATA**

<a href="#">↗A2005176115500.L2 LAC CHLOR A</a>				<a href="#">↗A2005172104000.L2 LAC CHLOR A</a>			
<a href="#">↗A2005174103000.L2 LAC CHLOR A</a>				<a href="#">↗A2005170105500.L2 LAC CHLOR A</a>			
25Jun2005	24Jun2005	23Jun2005	22Jun2005	21Jun2005	20Jun2005	19Jun2005	18Jun2005
****	****	****	****	****	****	****	****
							
<a href="#">↗A2005175111000.L2 LAC CHLOR A</a>				<a href="#">↗A2005171113500.L2 LAC CHLOR A</a>			
<a href="#">↗A2005173112500.L2 LAC CHLOR A</a>				<a href="#">↗A2005169115000.L2 LAC CHLOR A</a>			

**Search Criteria**  
**Time Period:** 8-day period beginning Saturday, 18 June 2005 (daytime)  
**Sensors:** MODIS(Aqua)  
**Area of Interest:** region bounded by 30.0N and 30.0N and 30.0E and 30.0E



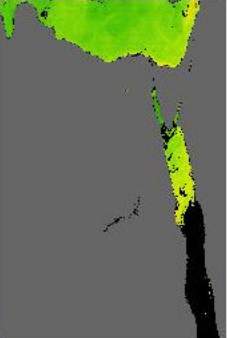


**Percentage of AOI that swaths must include:** Any part  
**Number of swaths:** 1st through 8th of 8 swaths

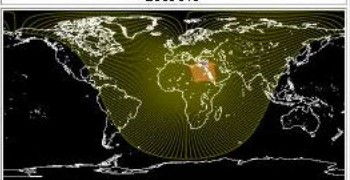
Slika 51: Rezultati iskanja izdelkov 1. in 2. stopnje o oceanih.

[A2005175111000.L0 LAC](#) 304,973,342 bytes  
[A2005175111000.L1A LAC](#) 55,966,634 bytes  
[A2005175111000.L2 LAC](#) 5,850,809 bytes  
[A2005175111000.L2 LAC SST](#) 2,889,164 bytes  
 (The above hyperlinks point to bzip2-compressed HDF files.  
 Documentation on these products can be found [HERE](#).)


Select this scene

Quasi True Color  Chlorophyll  Sea Surface Temperature (11 µ) 

Friday, 24 June 2005  
 2005175



**Search Criteria**  
**Time Period:** 8-day period beginning Saturday, 18 June 2005 (daytime)  
**Sensors:** MODIS(Aqua)  
**Area of Interest:** region bounded by 30.0N and 30.0N and 30.0E and 30.0E



**Percentage of AOI that swaths must include:** Any part  
**Number of swaths:** 2nd of 8 swaths

Slika 52: Stran s povezavo do iskanih izdelkov.



Na naslednji strani (slika 51) se nam izpišejo iskani rezultati. Na zgornjem delu strani so s podobami in datumi zajema prikazani rezultati iskanja, nad in pod njimi so povezave do teh izdelkov, na spodnjem delu strani pa so navedeni kriteriji iskanja (*search criteria*). Za dostop do izdelka pritisnemo na povezavo pri podobah. (NASA, 2006z) Odpre se nam zadnja stran (slika 52), kjer so še enkrat predstavljene podobe izdelka, na vrhu strani so povezave do datotek s podatki, na levi strani pa je prikazana lokacija območja na Zemlji. Za prenos datotek pritisnemo na eno od povezav z zgornjem levem kotu (odvisno, katere podatke želimo imeti).

### 4.2.2 Iskanje izdelkov 3. stopnje o oceanih

Level-3 Standard Mapped Images

	<a href="#">Color scales</a>	<a href="#">Rolling 32-day composites</a>	<a href="#">"Filled-in" rolling 32-day biosphere composites</a>	<a href="#">Climatologies</a>	<a href="#">SeaWiFS anomaly images</a>	<a href="#">Help</a>		
Aqua-MODIS	<a href="#">Chlorophyll</a>	<a href="#">Diffuse attenuation</a>	<a href="#">nLw at 551 nm</a>	<a href="#">Aerosol optical thickness</a>	<a href="#">Angstrom coefficient</a>	<a href="#">SST [11 μ day]</a>	<a href="#">SST [11 μ night]</a>	<a href="#">SST [4 μ night]</a>
Terra-MODIS	<a href="#">Chlorophyll</a>	<a href="#">Diffuse attenuation</a>	<a href="#">nLw at 551 nm</a>	<a href="#">Aerosol optical thickness</a>	<a href="#">Angstrom coefficient</a>	<a href="#">SST [11 μ day]</a>	<a href="#">SST [11 μ night]</a>	<a href="#">SST [4 μ night]</a>
SeaWiFS	<a href="#">Chlorophyll</a>	<a href="#">Diffuse attenuation</a>	<a href="#">nLw at 555 nm</a>	<a href="#">Aerosol optical thickness</a>	<a href="#">Angstrom coefficient</a>			
	<a href="#">Biosphere</a>	<a href="#">PAR</a>	<a href="#">NDVI</a>	<a href="#">Land Reflectance</a>				
OCTS	<a href="#">Chlorophyll</a>	<a href="#">Diffuse attenuation</a>	<a href="#">nLw at 565 nm</a>	<a href="#">Aerosol optical thickness</a>	<a href="#">Angstrom coefficient</a>			
CZCS	<a href="#">Chlorophyll</a>		<a href="#">nLw at 550 nm</a>	<a href="#">Aerosol optical thickness</a>	<a href="#">Angstrom coefficient</a>			
Evaluation Products	<a href="#">Merged Chlorophyll</a>	<a href="#">Calcite</a>	<a href="#">Fluorescence Line Height</a>					

						<a href="#">Jul 2002</a>	<a href="#">Aug 2002</a>	<a href="#">Sep 2002</a>	<a href="#">Oct 2002</a>	<a href="#">Nov 2002</a>	<a href="#">Dec 2002</a>
<a href="#">Jan 2003</a>	<a href="#">Feb 2003</a>	<a href="#">Mar 2003</a>	<a href="#">Apr 2003</a>	<a href="#">May 2003</a>	<a href="#">Jun 2003</a>	<a href="#">Jul 2003</a>	<a href="#">Aug 2003</a>	<a href="#">Sep 2003</a>	<a href="#">Oct 2003</a>	<a href="#">Nov 2003</a>	<a href="#">Dec 2003</a>
<a href="#">Jan 2004</a>	<a href="#">Feb 2004</a>	<a href="#">Mar 2004</a>	<a href="#">Apr 2004</a>	<a href="#">May 2004</a>	<a href="#">Jun 2004</a>	<a href="#">Jul 2004</a>	<a href="#">Aug 2004</a>	<a href="#">Sep 2004</a>	<a href="#">Oct 2004</a>	<a href="#">Nov 2004</a>	<a href="#">Dec 2004</a>
<a href="#">Jan 2005</a>	<a href="#">Feb 2005</a>	<a href="#">Mar 2005</a>	<a href="#">Apr 2005</a>	<a href="#">May 2005</a>	<a href="#">Jun 2005</a>	<a href="#">Jul 2005</a>	<a href="#">Aug 2005</a>	<a href="#">Sep 2005</a>	<a href="#">Oct 2005</a>	<a href="#">Nov 2005</a>	<a href="#">Dec 2005</a>
<a href="#">Jan 2006</a>	<a href="#">Feb 2006</a>	<a href="#">Mar 2006</a>	<a href="#">Apr 2006</a>	<a href="#">May 2006</a>	<a href="#">Jun 2006</a>	<a href="#">Jul 2006</a>	<a href="#">Aug 2006</a>	<a href="#">Sep 2006</a>	<a href="#">Oct 2006</a>	<a href="#">Nov 2006</a>	<a href="#">Dec 2006</a>
<a href="#">Jan 2007</a>											

Slika 53: Prvi del strani za iskanje izdelkov 3. stopnje o oceanih.

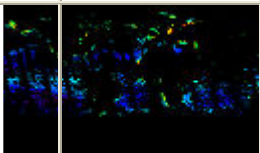
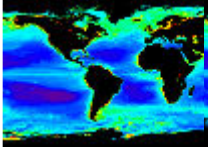
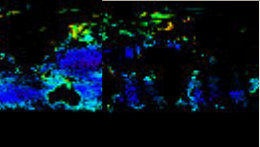
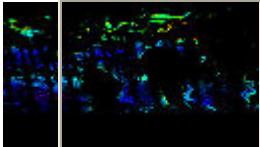
Na strani za iskanje izdelkov 3. stopnje najprej v tabeli z izdelki (slika 53) v vrstici senzorja MODIS izberemo zeleno vrsto izdelka: klorofil (*chlorophyll*), temperatura morja (*SST*), optična gostota aerosolov (*aerosol optical thickness*)... Nato v tabeli z meseci v posameznih letih (modri kvadratici) izberemo mesec zajema podatkov. (NASA, 2006z) Na voljo so podatki od julija 2002 dalje.

Top of Form

[Previous](#)      Chlorophyll (Aqua-MODIS)      [Next](#)

16 rows in the rightmost column

Bottom of Form

<a href="#">Yearly</a>	<a href="#">Seasonal</a>	<a href="#">Monthly</a>	<a href="#">Weekly</a>	<a href="#">Daily</a>	<a href="#">3-Day</a>
				 <p>13-Jun-2005                      9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>                      4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a></p>	1Jun2005 to 13Jun2005 051622005164. L3m_3D_CHLO_9 not available
					
2005 9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a> 4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>	Spring-2005 9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a> 4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>	Jun-2005 9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a> 4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>	10Jun2005 to 17Jun2005 9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a> 4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>	14-Jun-2005 9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a> 4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>	2Jun2005 to 14Jun2005 051632005165. L3m_3D_CHLO_9 not available
				 <p>15-Jun-2005                      9km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a>                      4km <a href="#">png</a> <a href="#">HDF</a></p>	3Jun2005 to 15Jun2005 051642005166. L3m_3D_CHLO_9

Slika 54: Drugi del strani za iskanje izdelkov 3. stopnje o oceanih.

Na spodnjem delu strani se nam v tabeli sproti izpisujejo rezultati iskanja (slika 54), glede na izbrani izdelek ter čas. Na voljo imamo letne izdelke (*yearly*), sezonske (*seasonal*), mesečne (*monthly*), tedenske (*weekly*), dnevne (*daily*) ter 3-dnevne (*3-day*). Vsak izdelek je prikazan s podobo, pod katero so povezave do datotek s podatki. Z prenos enostavno pritismo na povezavo pod zelenim izdelkom in datoteko shranimo na disk.

Datoteke izdelkov o oceanih se nahajajo v stisnjenih formatih GZ ali BZ2, ki jih odpremo z ustreznimi programi (gzip, bzip2).

## 5 STATISTIČNA POVEZAVA MED LST IN NDVI / EVI

Osrednji del naloge predstavlja povezava med temperaturo površja ter vegetacijskimi indeksi. Da obstaja povezava med temperaturo površja merjeno s sateliti LST ter vegetacijskim indeksom NDVI je bilo zapisano že večkrat (Goward in drugi, 1994; Czajkowski in drugi, 1997; Prihodko in Goward, 1997; Prince in drugi, 1998). Statistična povezava med temperaturo površja ter NDVI je bila preverjena predvsem s senzorjem AVHRR, domnevo pa hočemo preveriti tudi za opazovanja pridobljena s senzorjem MODIS. Preverili bomo še, če ta domneva velja tudi za indeks EVI. Dokazano je bilo, da je temperatura tal manjša tam, kjer je veliko rastja ter večja, kjer je rastja malo.

Vse potrebne podatke za preverjanje povezave med LST ter NDVI sem pridobil na Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti, nanašajo pa se na leto 2005.

### 5.1 Vegetacijski indeksi

Vegetacijski indeksi so spektralne transformacije dveh ali več pasov spektra odbite svetlobe s površine vegetacije. Z njimi dobimo prostorsko in časovno informacijo o fotosintezi, vrsti in morfologiji rastlinske združbe in nam omogočajo spremljanje njenih sezonskih, letnih in večletnih fizioloških, strukturnih, fenoloških in biofizikalnih parametrov (COOT, 2006). Rastline absorbirajo večino elektromagnetnega valovanja v rdečem delu vidnega spektra (fotosinteza) in zelo razpršijo bližnjo infra rdečo svetlobo zaradi sipanja na meji voda-zrak v celičnih stenah gobastega tkiva. Povišana odbojnost v rdečem delu spektra pomeni manjšo fotosintetsko aktivnost, znižana odbojnost v bližnjem IR pa pomanjkanje vode v rastlini. Vegetacijski indeksi so normalizirani količniki obeh odbojnosti in so merilo celovitega stanja rastline. Višje vrednosti indeksa pomenijo boljše stanje vegetacije. Uporaba razmerij med vidno in IR svetlobo poudari prisotnost zelenega listja ter zmanjša spremenljivo svetlost prsti ter drugih materialov.

Med standardne izdelke senzorja MODIS spadata dva vegetacijska indeksa: NDVI ter EVI. Izdelana sta globalno v 16-dnevni (MODIS potrebuje za ponovitev tirnice 8 dni, tako da se ta v 16-tih dneh ponovi dvakrat) kompozitih v 500 m ter 1 km resoluciji. Vsak izdelek o

vegetacijskih indeksi vsebuje 11 različnih parametrov: NDVI, EVI, kvaliteta NDVI, kvaliteta EVI, ter podatke za izračun navedenih štirih parametrov (emisivnost v pasovih 1, 2, 3, 7, povprečni zenitni kot pogleda, povprečni sončni zenit ter povprečni relativni azimutni kot).

### *NDVI*

Normiran diferencialni vegetacijski indeks NDVI je vegetacijski indeks, ki je izdelan s pomočjo odbojnosti površja popravljeno za molekularno razpršenost, ozonsko absorpcijo ter aerosole. Temelji na razmerju med vrednostmi spektralnega odboja v rdečem in bližnjem infrardečem delu spektra. NDVI loči zeleno vegetacijo od ostalih površin, ker klorofil absorbira rdeči del spektra in odbija bližnji infrardeči del spektra. Izračunamo ga po sledeči formuli:

$$NDVI = \frac{\rho_{BIR} - \rho_R}{\rho_{BIR} + \rho_R} \quad (1),$$

kjer sta  $\rho_{BIR}$  – odbojnost površja merjena v bližnji IR,  $\rho_R$  – odbojnost površja merjena pri rdeči barvi.

### *EVI*

Je vegetacijski indeks, katerega namen je poudariti vegetacijski signal z izboljšano občutljivostjo v regijah z veliko biomaso ter izboljšanim spremljanjem vegetacije s pomočjo zmanjšanja vplivov atmosfere ter izločanja signala ozadja. Izračuna se po sledeči enačbi:

$$EVI = G \cdot \frac{\rho_{BIR} - \rho_R}{\rho_{BIR} + C_1 \cdot \rho_R - C_2 \cdot \rho_M + L} \quad (2),$$

kjer so  $\rho_M$  - odbojnost površja merjena pri modri svetlobi,  $C_1$ ,  $C_2$  – koeficienta aerosolnega upora,  $L$  – popravek ozadja krošenj

## **5.2 Temperatura površja**

Za vsak tip površja obstaja več faktorjev, ki vplivajo na temperaturo (albedo, vlažnost tal, emisivnost,...), zaradi česar je določitev temperature površja iz satelitskih podob zahtevno opravilo. Za večino površij temperatura izhaja iz razmerja med absorbirano sončno energijo ter izgubami skozi zaznane in prikrite toplotne tokove kot tudi iz toplotnih emisij (Prihodko L.



in Goward, S. N., 1997). Izračuna se jo iz infrardečih toplotnih emisij Zemlje, ki jih zazna senzor na satelitu.

Podatki o temperaturi površja so pridobljeni iz zaznanega lastnega sevanja površja, podatkov o položaju na Zemlji, prekritosti z oblaki, pokritosti kopnega ter pokritosti s snegom. Rezultat vseh teh podatkov so datoteke, ki vsebujejo podatke o temperaturi površja, kvaliteti podatkov, emisivnosti v pasovih 31 ter 32, zenitni kot pogleda ter čas, geografsko dolžino ter širino in lokalne ter globalne attribute. Med lokalnimi podatki so navaden kalibracijski koeficienti, ki pretvorijo zabeležene vrednosti v prave vrednosti temperature površja v stopinje kelvina. Globalni atributi so metapodatki: ime, verzija, datum ter čas zajema, geografske meje zajema itd. Podatki o LST so pridobljeni s pomočjo dvopasovnega (split-window) generaliziranega algoritma (Wan Z. in Dozier J., 1996), ki izračuna atmosferske popravke iz različnih absorpcij dveh bližnjih IR kanalov.

### 5.3 Korelacija ter regresija

Ker so dogajanja v naravi pogosto prepletena, poskušamo njihovo povezanost statistično opisati. Uporabimo lahko korelacijo, ki je statistični pojem, s katerim označujemo stopnjo povezanosti med dvema pojavoma (spremenljivkama). Najenostavnejša oblika korelacije je linearna korelacija. Korelacijo opisujemo s korelacijskim koeficientom (največkrat Pearsonov koeficient) – to je številska mera, ki predstavlja moč linearne povezanosti dveh spremenljivk. Večji kot je ta koeficient, večja je linearna povezanost dveh spremenljivk (vrednost 0 pomeni, da ni korelacije).

Pearsonov koeficient se izračuna po sledeči enačbi:

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i) - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left[ n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \cdot \left[ n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}} \quad (3),$$

kjer so  $X_i$  vrednosti prve spremenljivke,  $Y_i$  pa vrednosti druge spremenljivke.

Groba ocena velikosti povezanosti – korelacijskega koeficienta je:

- $r$  od  $\pm 0.00$  do  $\pm 0.20$  → nična oz. neznatna povezanost;
- $r$  od  $\pm 0.20$  do  $\pm 0.40$  → majhna povezanost;
- $r$  od  $\pm 0.40$  do  $\pm 0.70$  → srednje visoka povezanost;
- $r$  od  $\pm 0.70$  do  $\pm 1.00$  → visoka oz. zelo visoka povezanost.

Črka  $r$  označuje t.i. Pearsonov koeficient. Ta koeficient pove, kakšna je linearna odvisnost dveh spremenljivk. Vrednost koeficienta leži na intervalu med -1 ter +1, kjer koeficient +1 pomeni popolno pozitivno linearno povezavo med spremenljivkama. Če je vrednost koeficienta -1, to pomeni popolno negativno linearno povezanost.

Kadar želimo dobiti oceno vrednosti ene spremenljivke na osnovi poznane vrednosti druge spremenljivke, lahko uporabimo več statističnih metod, med katerimi je najbolj pogosto uporabljena regresija. Ocena vrednosti vedno vsebuje napako, ki je tem večja, čim manjša je korelacija med izbranimi spremenljivkama. Enačba preproste linearne regresije:

$$y = a \cdot x + b \quad (4),$$

kjer je  $y$  najverjetnejša vrednost spremenljivke  $y$  za izbrano vrednost  $x$ ,  $b$  je naklon premice,  $a$  pa konstantni del enačbe.

Poskusi računanja s podatki senzorja AVHRR so pokazali, da je dnevnem času prisotna močna povezava med temperaturo površja in NDVI, ki je večinoma linearna z negativnim naklonom premice, opažena pa je bila pri različnih tipih rastja. V zgodnjih jutranjih urah je lahko naklon regresijske premice tudi pozitiven (gola tla se ponoči hitreje ohlajajo kot poraščena, ki vsebujejo več vode, zato so zjutraj gola tla hladnejša in ne toplejša od poraščene površja).

Na statistično povezavo lahko vpliva tudi oblačnost, ki je ne zaznamo v vidni svetlobi. Piksli, ki vsebujejo oblake manjše od velikosti samega slikovnega elementa, imajo nižji NDVI ter nižjo temperaturo.

#### **5. 4 Preverjanje linearne povezave med LST ter NDVI / EVI za senzor MODIS**

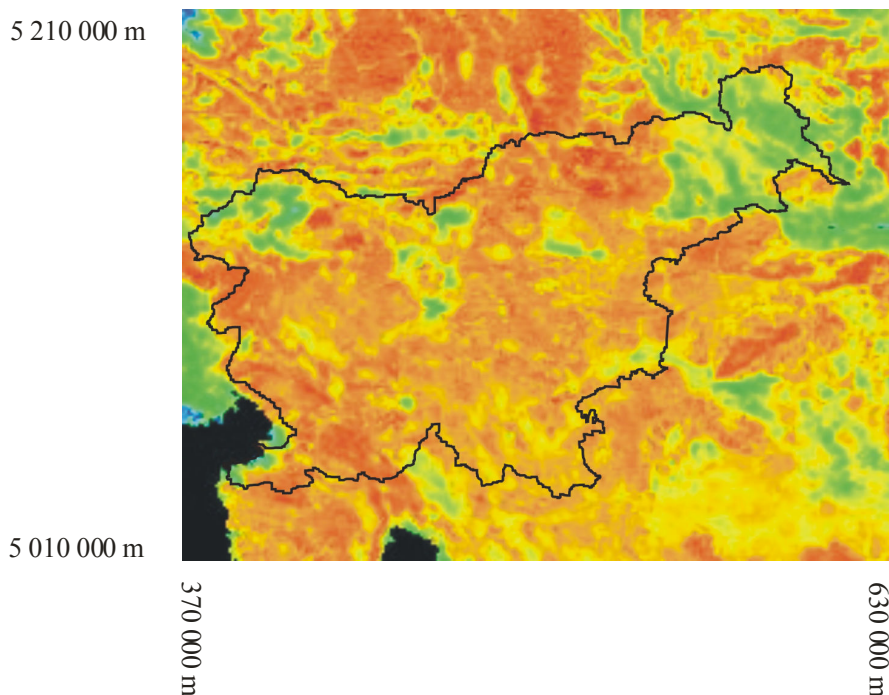
V nalogi bi radi dokazali, da je količina rastja povezana s temperaturo površja, ki jo določimo iz satelitskih podob. V preteklosti je bilo že dokazano, da je temperatura površja pridobljena na podlagi satelitskih podob pridobljenih s senzorji AVHRR linearno odvisna od normiranega

diferencialnega vegetacijskega indeksa (NDVI). To povezavo bomo sedaj preverili še na podatkih pridobljenih iz senzorja MODIS. Za tem bi radi tudi preverili, če ta hipoteza drži tudi za kakšen drug vegetacijski indeks (npr. EVI).

Pri preverjanju te domneve sem za vhodne podatke imel dve različni vrsti datotek HDF: prva je bila datoteka s podatki o temperaturi površja Zemlje, druga pa je vsebovala podatke o vegetacijskih indeksih NDVI ter EVI.

Podatki so bili predhodno izrezani za območje Slovenije ter preprojecirani v UTM projekcijo (33. cona). Prostorska ločljivost podatkov je 1000 m. Razpon koordinat (za sredine celic):

$$\begin{array}{ll} x_{\min} = 370\,000 \text{ m} & y_{\min} = 5\,010\,000 \text{ m} \\ x_{\max} = 630\,000 \text{ m} & y_{\max} = 5\,210\,000 \text{ m} \end{array}$$

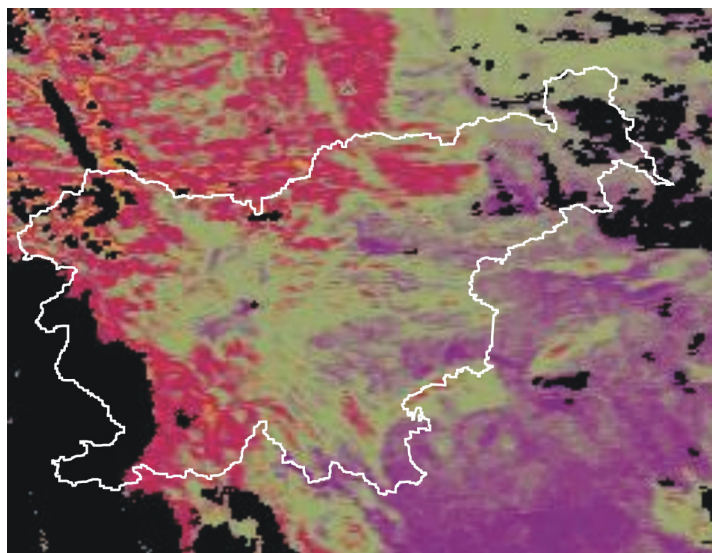


Slika 55: Območje zajema podatkov.

Datoteke HDF vsebujejo več slojev podatkov in njihovih metapodatkov. V našem primeru si jih lahko predstavljamo kot skupino tabel velikosti 261 stolpcev x 201 vrstic, v katerih so zapisane vrednosti za temperaturo površja ali NDVI (EVI). Vsa računanja ter risanja grafov sem izvajal v programu Matlab.

Table					
6, 6 = 15.432875					
	1	2	3	4	5
1	-80.0	-80.0	15.42319	16.953684	18.370035
2	-80.0	-80.0	12.301889	13.678124	15.184804
3	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	13.954713
4	-80.0	-80.0	-80.0	11.529508	12.474005
5	-80.0	-80.0	19.64681	18.171642	14.888738
6	16.75673	16.231846	17.059889	17.354733	16.96328
7	-80.0	-80.0	10.991187	-80.0	-80.0
8	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
9	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
10	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
11	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
12	-80.0	-80.0	-80.0	13.615307	-80.0
13	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
14	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
15	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
16	18.232725	19.321486	-80.0	-80.0	-80.0
17	18.516394	20.508438	22.453386	20.876795	22.347
18	18.179255	19.16503	20.302704	20.385069	20.294218
19	18.064484	18.359154	18.674175	18.56005	18.176474
20	18.584114	19.354414	19.385517	19.016241	18.27434
21	19.33428	19.911438	19.416954	19.07187	18.961142
22	18.206287	18.706585	18.574854	19.28991	19.30942
23	15.873905	16.839418	17.23007	18.29963	18.235744

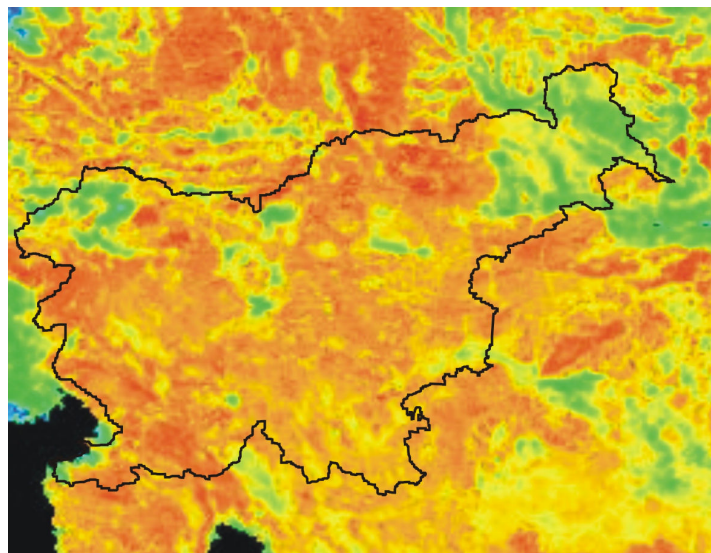
Slika 56: Izsek tabele s podatki o temperaturi površja za dan 27.10.2005 (Vrednosti so navedene v stopinjah celzije. Kjer ni podatka, je izpisana vrednost -80.).



Slika 57: Prikaz vrednosti temperature površja za dan 27.10.2005. Črna barva pomeni, da ni podatka (vrednost -80). Vijolična barva pomeni najvišjo temperaturo, sledijo ji sivo-zelena, roza ter oranžna, ki predstavlja najnižjo temperaturo. Meje Slovenije sem dodal naknadno.

	1	2	3	4	5
1	-222	-605	-821	-503	101
2	996	-622	-692	-648	-504
3	495	-618	-517	-508	-448
4	-591	421	1369	1544	1456
5	-145	872	4075	4615	4711
6	390	1362	4567	5791	6020
7	1306	1012	3738	5133	5172
8	1216	-98	358	800	526
9	1921	769	-126	-256	-687
10	5092	3092	1783	1939	-57
11	4313	2560	3125	3540	2099
12	3391	4173	5482	3911	1114
13	5216	6505	6602	3723	1619
14	6710	7443	6135	3475	3761
15	7402	7714	6357	4673	5890
16	7638	7672	7356	7048	6627
17	7155	7333	7748	7855	7526
18	7566	7303	7503	7804	8057
19	8833	7862	7718	7399	7666
20	7217	7951	8012	7252	7048
21	6650	7822	8536	8741	7111
22	6180	6062	7008	7839	7551
23	7152	7152	7744	7610	7059

Slika 58: Izsek tabele za NDVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006 (prave vrednosti dobimo z deljenjem s številom 10000).

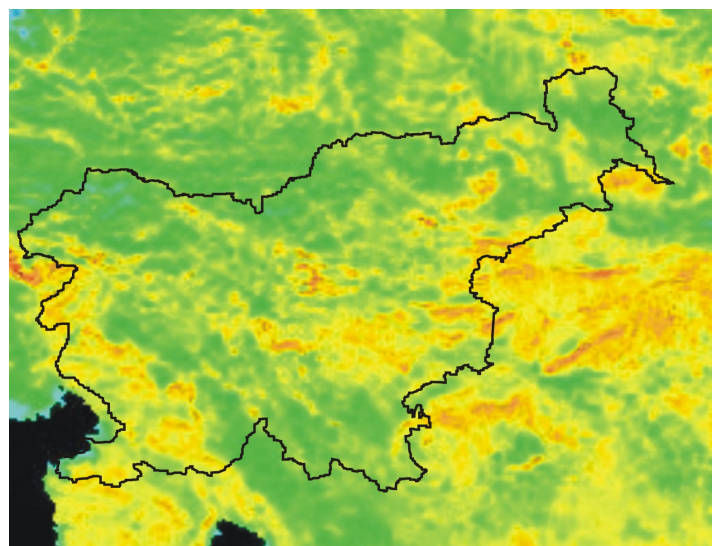


Slika 59: Prikaz vrednosti NDVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006. Črna barva pomeni, da ni podatka (vrednost -80), zelena barva predstavlja nižje vrednosti NDVI, oranžna (rdeča) pa višje.



	1	2	3	4	5
1	-91	-391	-711	-548	-147
2	507	-663	-700	-727	-530
3	234	-709	-627	-557	-451
4	-408	232	1086	1170	968
5	-161	983	2837	2897	2766
6	278	1103	1938	2041	1815
7	883	562	1374	1323	978
8	314	-237	-89	205	44
9	1357	573	-106	-233	-576
10	2272	2443	1202	2488	-63
11	905	1472	2183	2205	989
12	1349	2524	2765	2429	1495
13	2973	2993	2124	1072	903
14	3363	3061	2450	1820	2399
15	3624	3225	2881	2556	2900
16	3965	3925	3902	3268	2878
17	3727	4394	4194	3641	3186
18	2410	3553	3734	3683	3173
19	1537	2082	2923	3513	3369
20	1434	2170	2114	2809	3619
21	1762	1683	1900	2176	2916
22	2649	1969	2413	3785	3628
23	3491	3547	3363	3737	3472

Slika 60: Primer tabele za EVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006 (prave vrednosti dobimo z deljenjem s številom 10000).



Slika 61: Prikaz vrednosti EVI za obdobje od 16.10.2005 do 31.10.2006. Črna barva pomeni, da ni podatka (vrednost -80). Zelena barva predstavlja nižje vrednosti EVI, oranžna (rdeča) pa višje.

Za preverjanje omenjene povezave med temperaturo površja in NDVI sem izbral 6 različnih lokacij v Sloveniji:

- dve na območju večinoma prekritim z gozdom: okolica Kočevja ter Trnovski gozd;
- dve na pozidanem območju: mesti Ljubljana in Maribor;
- dve na območju, kjer se prepletajo gozd, kmetijske površine ter naselja: Ljubljansko Barje ter Krška ravan.

Linearna povezava med NDVI ter temperaturo površja z negativnim naklonom naj bi do izraza prišla na območjih Ljubljanskega Barja ter Krške ravnini, ker naj bi tam bil razpon vrednosti NDVI največji. V mestnih območjih pričakujemo skoraj ničelen naklon (dokaj stalna temperatura), v gozdnih pa različne naklone.

Pred samim branjem datotek HDF sem iz zbirke datotek s podatki o temperaturi površja z vizualnim pregledom izločil primere, ki niso bili zadovoljivi (zaradi prekritosti z oblaki ni bilo podatkov o temperaturi na omenjenih lokacijah). Od 35 pripravljenih datotek je bilo primernih za uporabo le 18. Pri datotekah s podatki o NDVI teh problemov ni bilo, saj so to 16-dnevni kompoziti in tako tudi kakšen oblačen dan ne »pokvari« podatkov.

Najprej sem iz datotek HDF prebral samo podatke, ki sem jih potreboval, kar pomeni, da sem iz obsežnih matrik izločil samo dele, ki se nanašajo na izbrana območja. S pomočjo podanih koordinat območij sem določil sredinski piksel ter mu določil območje okolice, ki je obsegalo 9 x 9 celic matrike (81 pikselov). Podatke izbranih območij sem še dodatno »filtriral« za vrednosti temperature površja, ki so bile enake -80 (slikovni elementi brez vrednosti), tako da sem podatke očistil vsakih nepravilnosti.

Pri izračunu statistične povezave se za podatke o NDVI določenega dneva uporablja dve datoteki NDVI. Želena vrednost v določenem dnevu izračunamo z linearno interpolacijo glede na časovno oddaljenost od srednjega dneva. Npr., če želimo izračunati vrednost NDVI za 135. dan v letu, moramo v linearno interpolacijo vključiti datoteki za 129. ter 145. dan (oznaka dneva datotek NDVI pomeni začetni datum 16-dnevnega intervala, vrednosti naj bi se nanašale na srednji dan tega intervala – osmi dan v intervalu).



Najprej izračunamo uteži:

$$U_1 = \frac{24 - dan + dan_1}{16} \quad (5)$$

$$U_2 = \frac{24 - dan_2 + dan}{16} - 1 \quad (6),$$

kjer je *dan* izbrani dan, za katerega želimo izračunati vrednosti NDVI, *dan<sub>1</sub>* številka datoteke podatkov z datumom pred izbranim dnevom, *dan<sub>2</sub>* številka datoteke z datumom po izbranem dnevu.

Ko imamo izračunane uteži, lahko izračunamo končno vrednost NDVI za želeni dan:

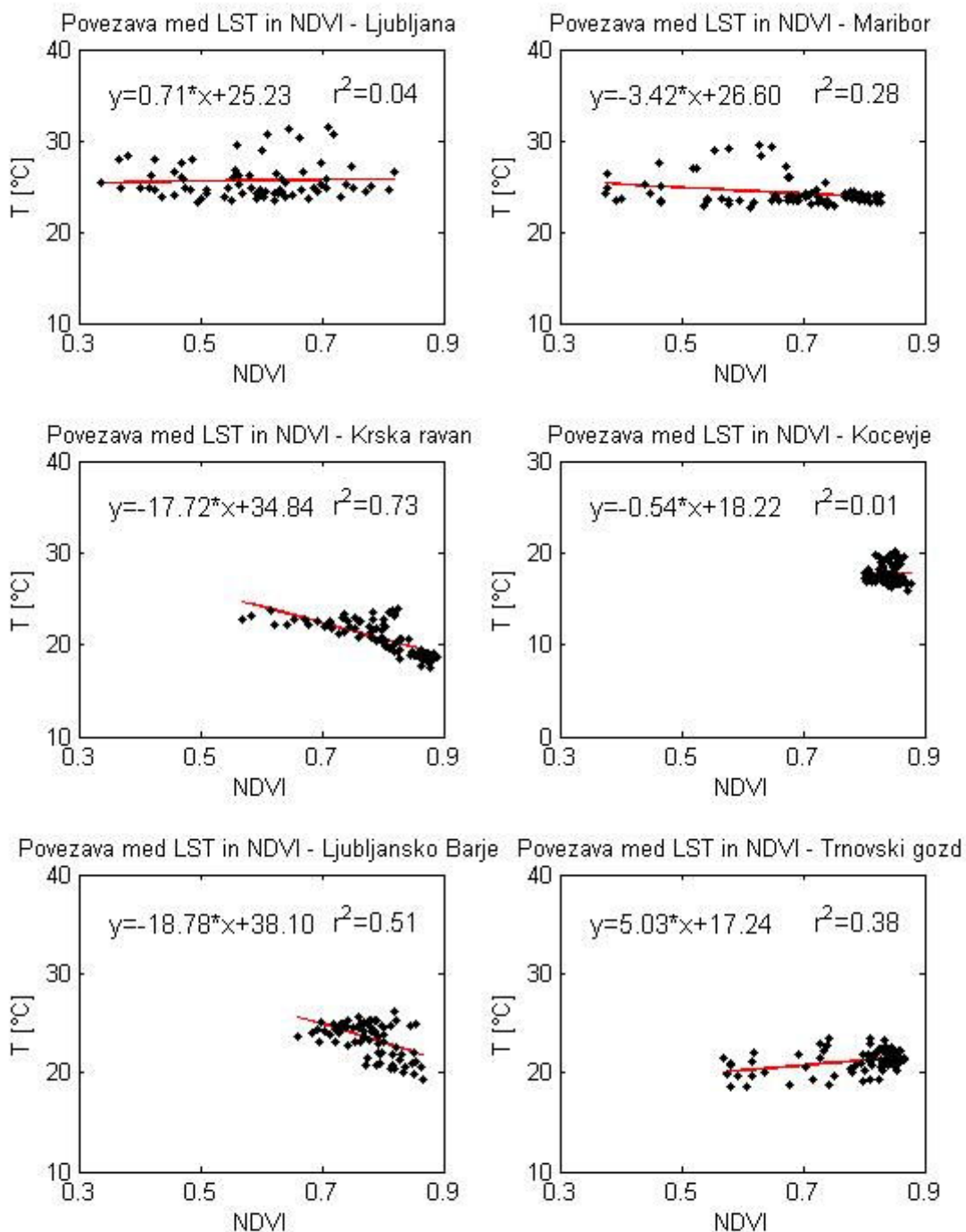
$$NDVI = U_1 \cdot NDVI_1 + U_2 \cdot NDVI_2 \quad (7),$$

kjer je *NDVI<sub>1</sub>* vrednost NDVI iz datoteke z datumom pred izbranim dnevom, *NDVI<sub>2</sub>* pa je vrednost NDVI iz datoteke z datumom po izbranem dnevu.

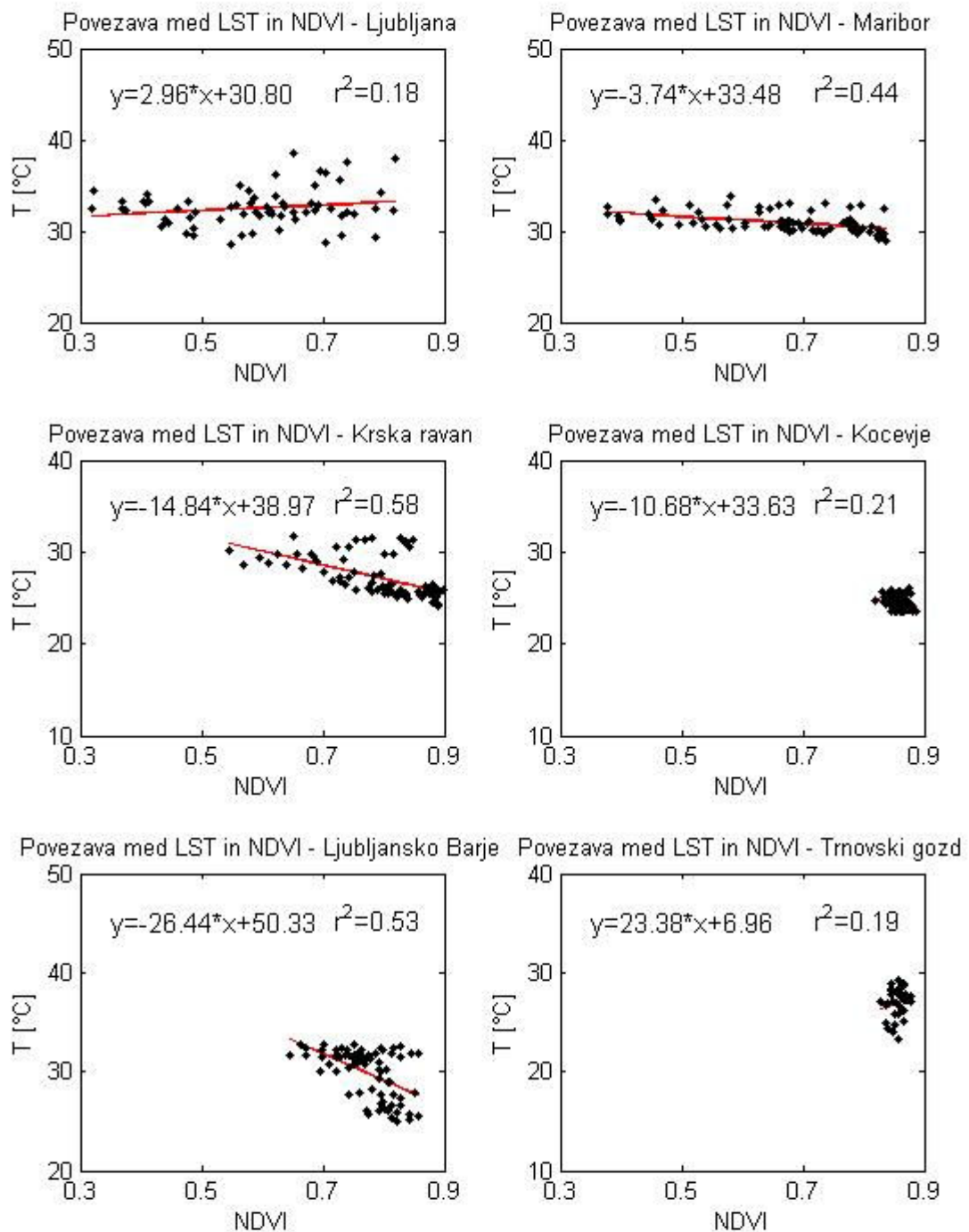
Ko so bile vse vrednosti pripravljene, sem najprej izračunal regresijsko krivuljo. Izkazalo se je, da se najbolj prilega točkovnim vrednostim temperature površja in NDVI kar krivulja prvega reda, t. j. premica, kar potrjuje dosedanje študije. Odvisnost med NDVI in temperaturo površja sem preverjal s pomočjo že pripravljene funkcije v programu Matlab (funkcija *polyfit*). Poleg regresijske premice pa sem za podane vrednosti izračunal tudi korelacijski koeficient  $r^2$ .

Vse izračunane vrednosti sem predstavil s pomočjo grafov, saj je to najbolj primeren ter nazoren način. V diplomsko nalogo sem vključil le najbolj uporabne podatke, ostali podatki niso dali zelenih rezultatov zaradi delne oblačnosti ali letnega časa (zime), ko je rastja zelo malo. Izbrani grafi s komentarji so predstavljeni na naslednjih straneh. Najprej so prikazane linearne povezave med NDVI ter LST, nato linearne povezave med EVI ter LST ter na koncu še primerjave med linearnimi povezavami z uporabo NDVI ter EVI.

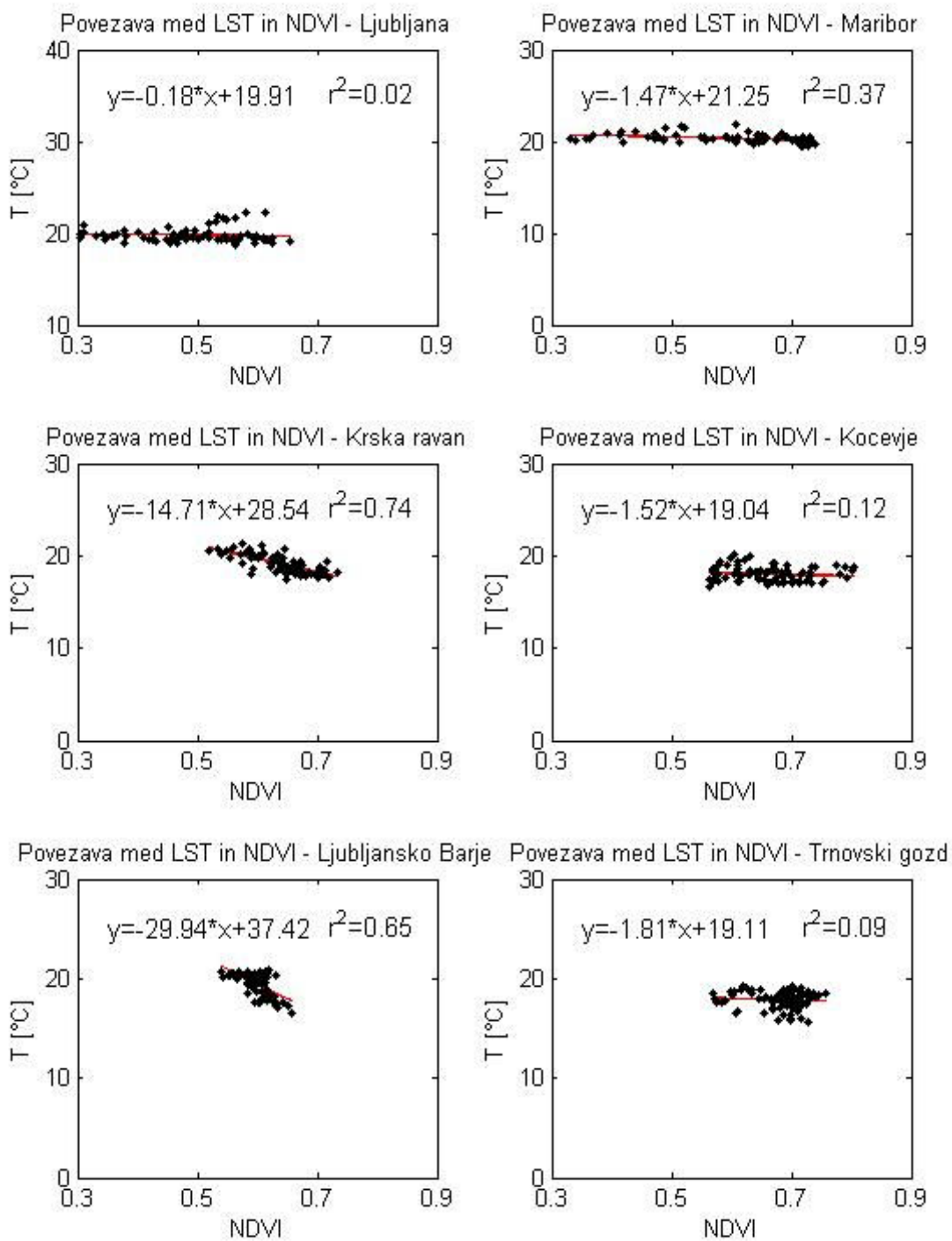
### 5.4.1 Izrisi grafov linearne povezave med NDVI ter LST



Slika 62: Grafi linearne povezave med NDVI ter temperaturo površja za dan 20.05.2005.



Slika 63: Grafi linearne povezave med NDVI ter temperaturo površja za dan 27.05.2005.



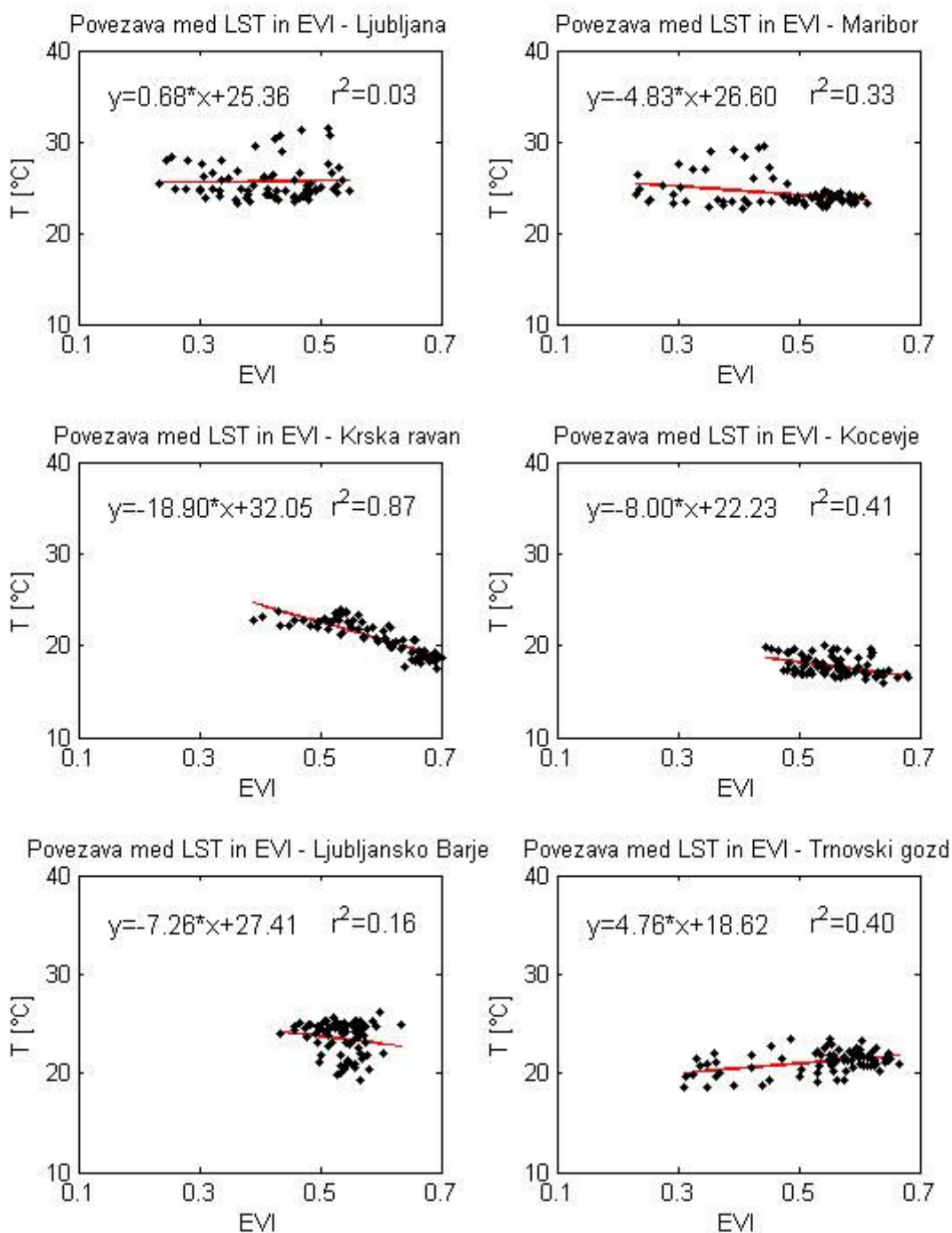
Slika 64: Grafi linearne povezave med NDVI ter temperaturo površja za dan 27.10.2005.

Komentar k sliki 62: Graf za Ljubljansko Barje ima strm naklon premice, velik razpon vrednosti za NDVI ter zelo velik korelacijski koeficient (0.73), zato lahko za ta primer trdimo, da obstaja linearna povezanost med indeksom NDVI ter LST. Malo slabši, pa vendar dovolj dobri rezultati, se pokažejo na primeru Krške ravani, kjer je naklon premice negativen, pa tudi korelacijski koeficient ima veliko vrednost (0.53). Če pogledamo ostale primere na tej sliki, je situacija drugačna. V primeru Maribora in Ljubljane sta lahko govorimo o neobstoju povezave med NDVI ter LST, kljub temu, da je razpon vrednosti indeksa NDVI precej velik, to pa zaradi preveč enakomernih temperatur v naseljih, kar je dobro vidno tudi na samih grafih. Primer Kočevja je eden najslabših primerov povezanosti med vegetacijskimi indeksi ter LST. Vidimo lahko, da je korelacijski koeficient zelo blizu nič, to pa zato, ker so si vrednosti indeksa NDVI v tem primeru zelo podobne (razpon vrednosti je le okoli 0.1, območje pa je večinoma poraslo z gozdom), naklon premice pa bi lahko v tem primeru bil kakršenkoli. Primer Trnovskega gozda tudi ne kaže na povezanost med NDVI ter LST (pozitiven naklon premice ter majhen korelacijski koeficient), vzroke za to bi lahko spet iskali v pretežni poraščenosti območja z gozdom.

Komentar k sliki 63: Izrazito negativen naklon premic je spet prisoten na primerih Ljubljanskega Barja ter Krške ravani, prav tako je v obeh primerih tudi korelacijski koeficient dokaj visok, zato bi lahko rekli, da tudi v tem primeru obstaja povezava med NDVI ter LST. Primera za Maribor in Ljubljano se ne dosti razlikujeta od primerov na sliki 62, tudi sedaj ne moremo govoriti o povezavi med NDVI ter LST. Tokrat sta si primera za Trnovski gozd in Kočevje zelo podobna, saj sta na obeh korelacijski koeficient ter razpon vrednosti zelo majhna (vrednosti NDVI so okoli 0.8), tako tudi tu ne moremo govoriti o povezavi med NDVI ter LST.

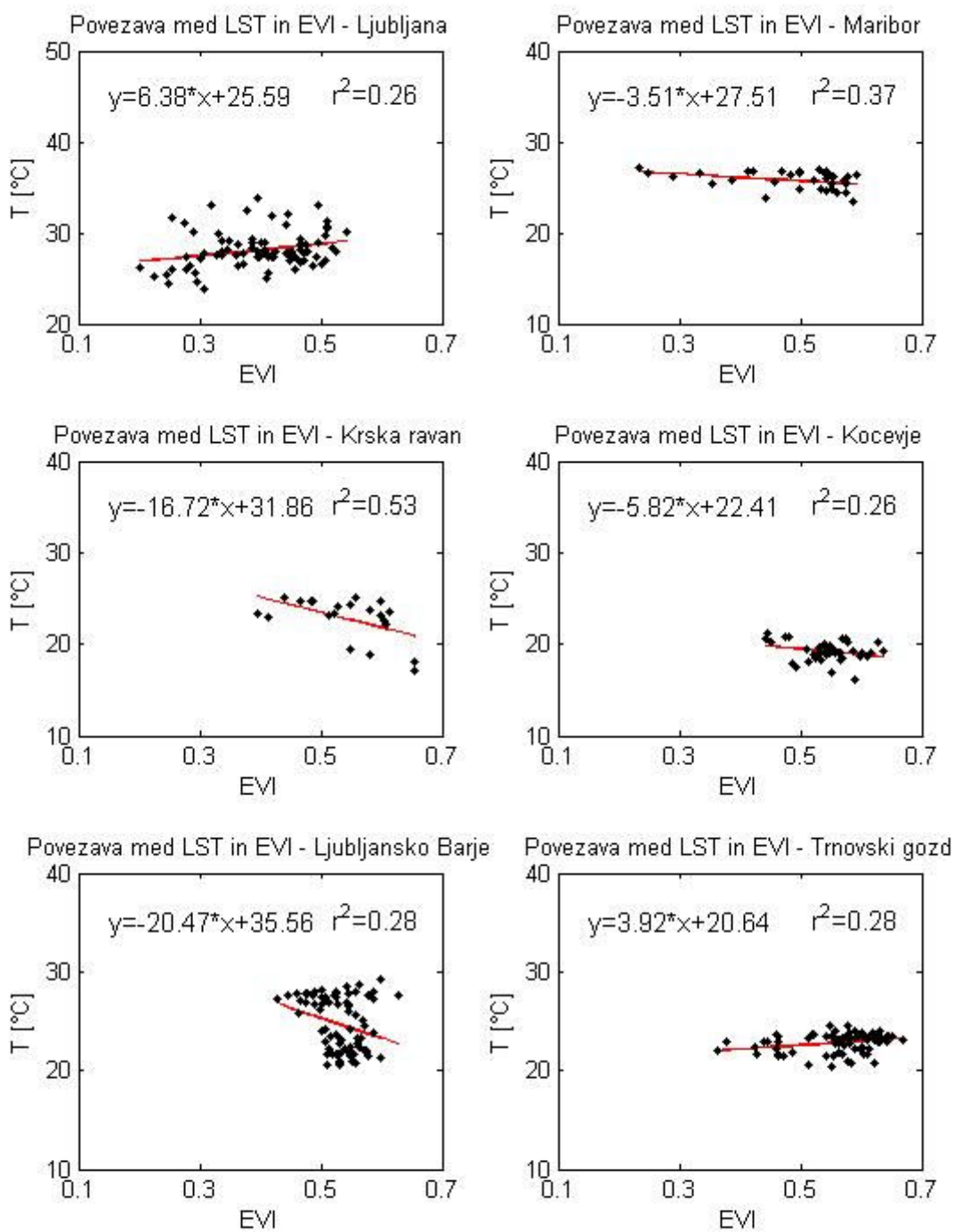
Komentar k sliki 64: Kot že na prejšnjih slikah, so tudi tokrat najboljši rezultati vidni na primerih Ljubljanskega Barja ter za Krške ravni. Primer Ljubljanskega Barja ima zelo velik korelacijski koeficient (0.74), naklon premice pa je negativen. V primeru Krške ravani je koeficient rahlo nižji, a še vedno kar visok (0.65), naklon premice pa je izrazito negativen. Za oba primera bi spet lahko trdili, da potrjujeta povezavo med indeksom NDVI ter LST. V primerih Maribora in Ljubljane so rezultati enaki kot v prejšnjih primerih, za Trnovski gozd ter Kočevje pa kljub večjemu razponu vrednosti NDVI zaradi prenakomernih temperatur ne moremo govoriti o povezavi med NDVI ter LST.

### 5.4.2 Izrisi grafov linearne povezave med EVI ter LST

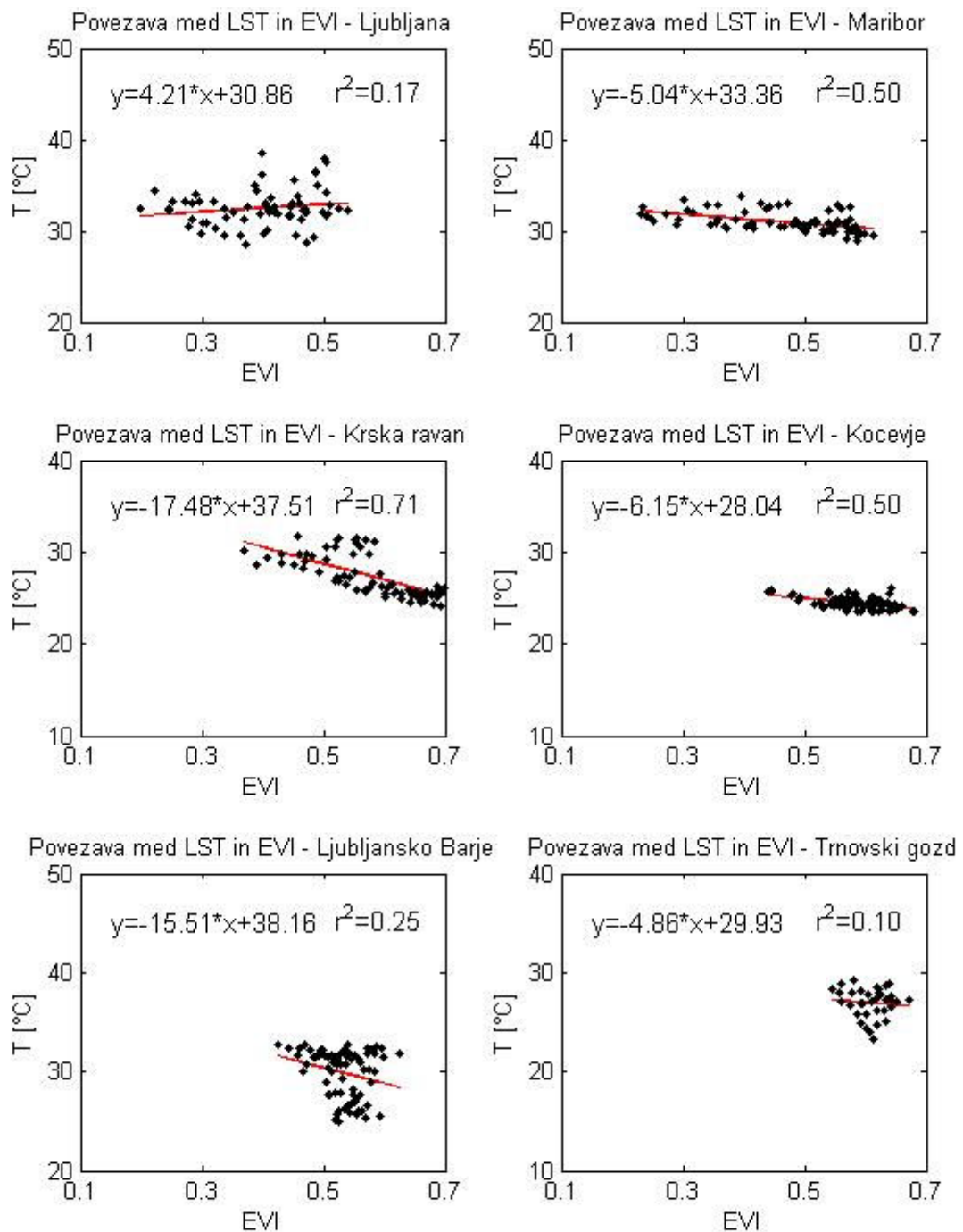


Slika 65: Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 20.05.2005.





Slika 66: Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 25.05.2005.



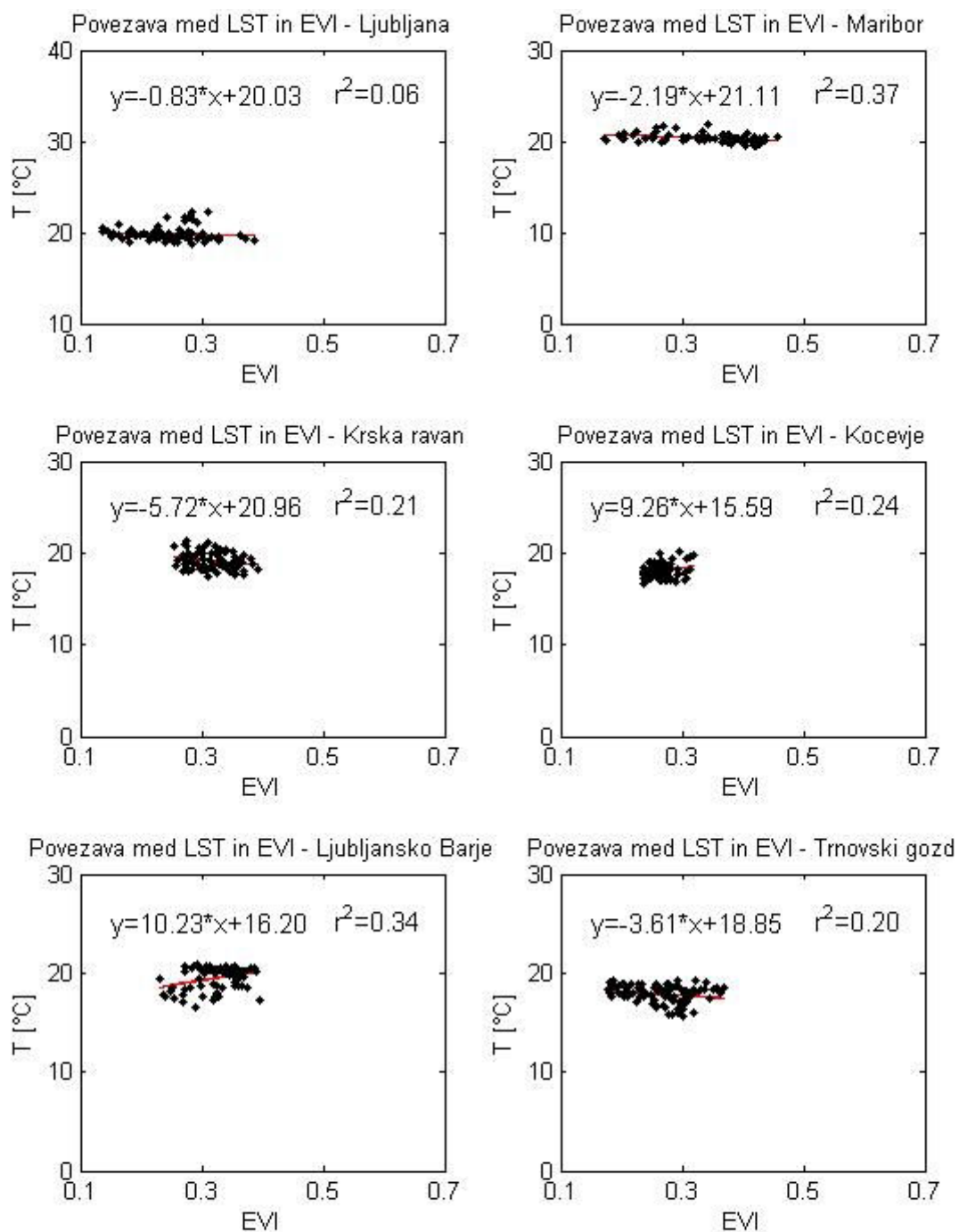
Slika 67: Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 27.05.2005.

Komentar k sliki 65: Izmed vseh grafov izstopa primer Krško ravni, saj ima najvišjo vrednost korelacijskega koeficienta (kar 0.87), kar pomeni zelo močno korelacijo ter strm in negativen naklon premice. V temu primeru lahko rečemo, da obstaja močna linearna povezava med EVI ter LST. Primera Ljubljane ter Maribora tudi v primeru uporabe indeksa EVI ne kažeta na povezavo med EVI ter LST (velik razpon vrednosti EVI ter enakomerna temperatura). Primer Ljubljanskega Barja tudi ne kaže na povezavo med EVI ter LST, saj ima zelo majhen korelacijski koeficient ter majhen razpon vrednosti. Pri grafu za Kočevje so rezultati malo boljši kot v primeru Trnovskega gozda, toda še vedno preslabi, da bi lahko govorili o povezavi med EVI ter LST.

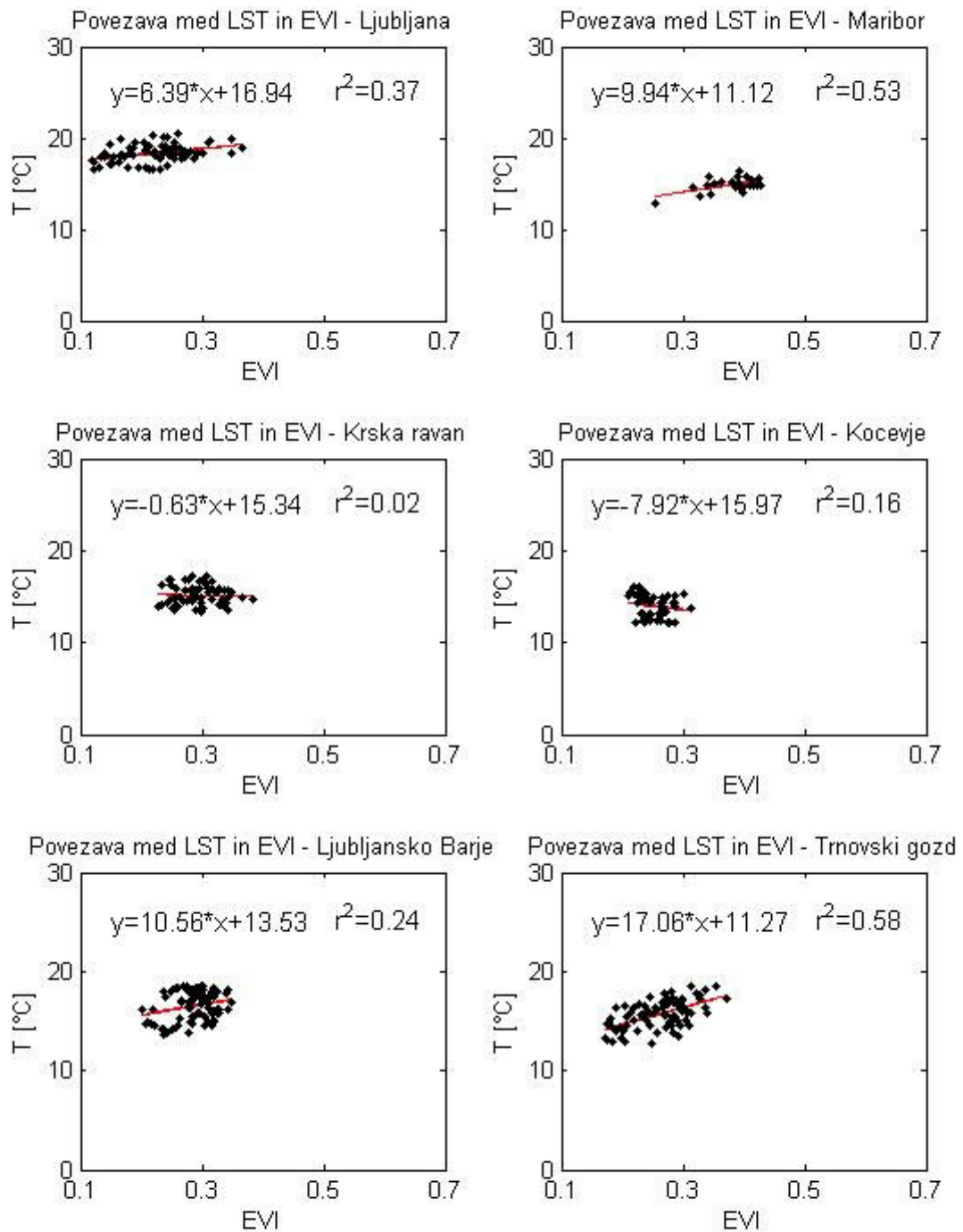
Če primerjamo grafe istega dne glede na uporabo vegetacijskega indeksa, ugotovimo, da so rezultati precej podobni. Slabe rezultate imamo v primerih gozdnih ter mestnih območij, regresijska premica v primeru Krške ravni je boljša z uporabo indeksa EVI, regresijska premica za primer Ljubljanskega Barja pa je boljša z uporabo indeksa NDVI (slika 62).

Komentar k sliki 66: Primeri za dan 25.05.2005 ne dajo kakšnih vidnih rezultatov. Primera mestnih območij (Maribor, Ljubljana) imata spet majhen naklon, negativen oz. pozitiven, ter majhen korelacijski koeficient. Tu ne moremo govoriti o povezavi med EVI ter LST. Podobno je v primeru gozdnatih območij Kočevja ter Trnovskega gozda, kjer je naklon neizrazit ter korelacijski koeficient zelo majhen zaradi enakomernih vrednosti temperature tal. V primeru Ljubljanskega Barja bi skoraj lahko govorili o povezavi med EVI ter LST, saj je naklon premice dokaj strm, korelacijski koeficient pa ima neko srednjo vrednost. Vidimo pa lahko, da je bilo za ta dan uporabnih vrednosti (slikovnih elementov) zaradi delne oblačnosti zelo malo. V primeru Ljubljanskega Barja lahko govorimo o nestabilni regresiji, saj bi lahko malo drugačen razpored vrednosti zelo spremenil naklon premice. Tu ne moremo govoriti o povezavi med EVI ter LST.

Komentar k sliki 67: Primera Maribora ter Kočevja imata relativno visok korelacijski koeficient (0.50), toda zaradi dokaj enakomernih temperatur majhen naklon premice, zato ne moremo govoriti o povezavi med EVI ter LST. V primeru Ljubljane kot že v prejšnjih primerih ne kaže na povezavo, saj je korelacijski koeficient zelo majhen, naklon premice pa ravno tako. Dober primer povezave med EVI ter LST je graf za Krško ravan. Vrednost korelacijskega koeficienta je visoka (0.71), naklon premice pa je negativen ter dokaj strm.



Slika 68: Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 27.10.2005.



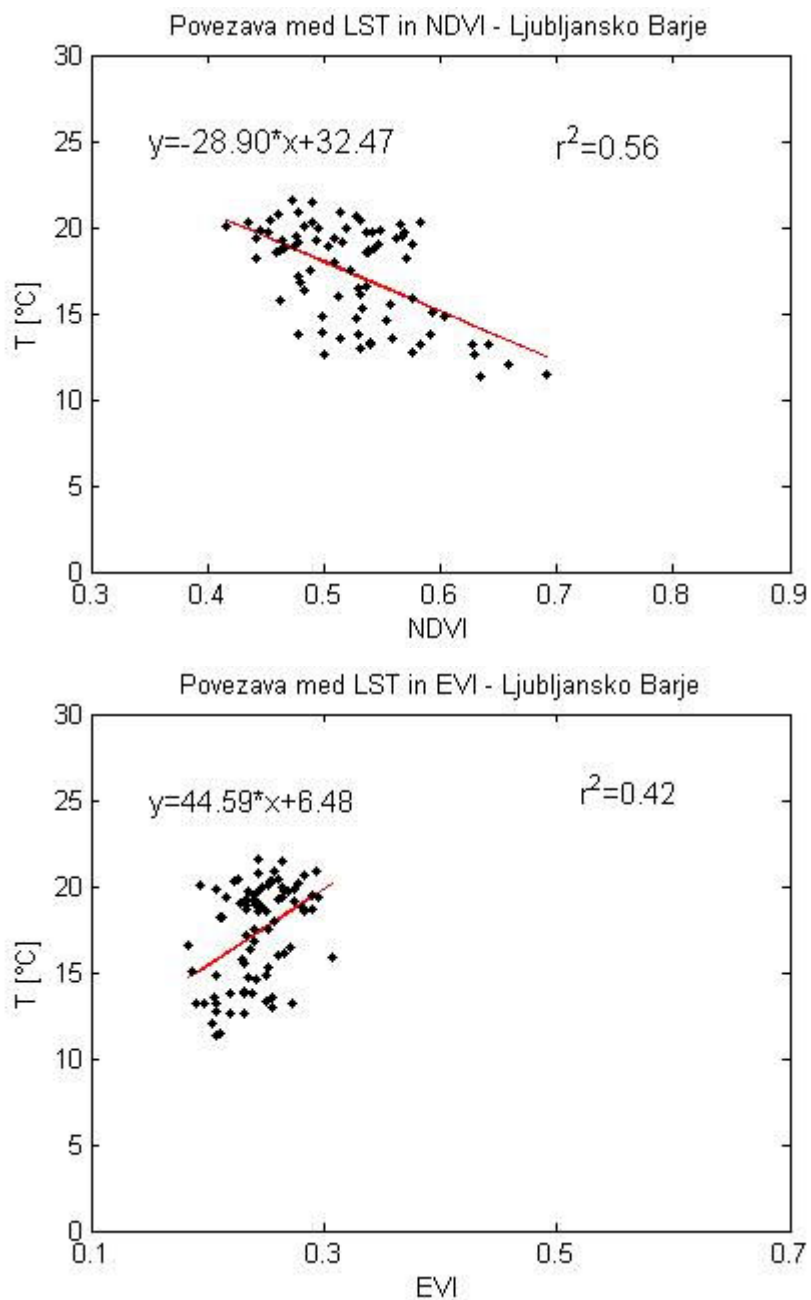
Slika 69: Grafi linearne povezave med EVI ter temperaturo površja za dan 29.10.2005.

Komentar k sliki 68: Že prvi pogled na sliko pove, da v nobenem primeru ne bi mogli govoriti o povezavi med EVI ter LST. Primera Maribora ter Ljubljane se obnašata po pričakovanjih z zelo majhnim korelacijskim koeficientom ter skoraj ničelnim naklonom, kar je spet posledica enakomernih temperatur v naseljih. Tu ni povezave in je tudi nismo pričakovali. Enako bi lahko trdili za Kočevje ter Trnovskega gozd, kjer sta tudi korelacijska koeficienta zelo majhna in razpona vrednosti indeksa EVI ravno tako. Najbolj zanimivi rezultati pa so v primeru Ljubljanskega Barja ter Krške ravni. V obeh primerih je razpon vrednosti indeksa EVI zelo majhen, vrednosti korelacijskega koeficienta pa tudi. Naklon premice pa je neizrazit in celo pozitiven v primeru Ljubljanskega Barja. Vsekakor ne moremo trditi, da v teh dveh primerih obstaja povezava med EVI ter LST, čeprav smo to nekako pričakovali, saj smo v primeru uporabe indeksa NDVI za isti dan (slika 64) dobili rezultate, ki so potrdili povezavo med NDVI ter LST. Vzrok za tako razliko med uporabo enega ali drugega indeksa bi lahko iskali v manjšem razponu vrednosti indeksa EVI v primerjavi z razponom vrednosti indeksa NDVI.

Komentar k sliki 69: Grafi na sliki 69 so precej podobni grafom na sliki 68. Tudi v tem primeru za nobenega od primerov ne moremo trditi, da kaže na povezavo med indeksom EVI ter LST. V primerih Maribora ter Ljubljane so spet podobni rezultati z nekoliko večjimi vrednostmi korelacijskih koeficientov, toda spet z neizrazitimi nakloni premic. Za Kočevje in Trnovski gozd bi tudi lahko trdili, da ne odstopata od prejšnjih primerov ter tako ne kažeta na povezavo med EVI ter LST. Kot že v primeru grafov na sliki 68, tudi tokrat primera za Ljubljansko Barje ter Krško ravan ne kažeta pričakovanih rezultatov. Vrednost korelacijskega koeficienta v primeru Krške ravani je celo blizu vrednosti nič, ravno tako pa je zelo nizka v primeru Ljubljanskega Barja, razpon vrednosti indeksa EVI tudi ni velik. Povezave med EVI ter LST v tem primeru ni.

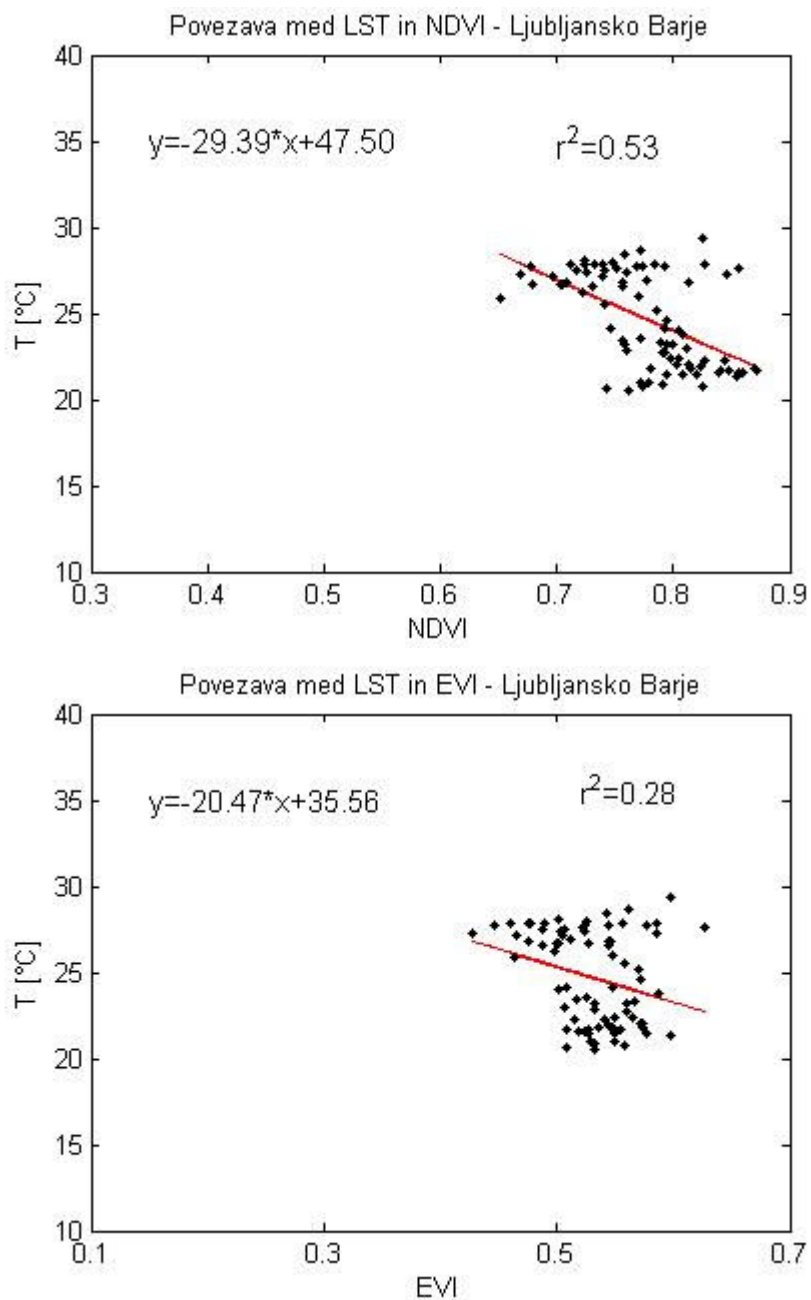
Za boljšo primerjavo med indeksoma NDVI ter EVI je na naslednjih straneh prikazanih nekaj posameznih grafov, ki prikazujejo povezavo med EVI / NDVI in temperaturo površja za iste dneve.





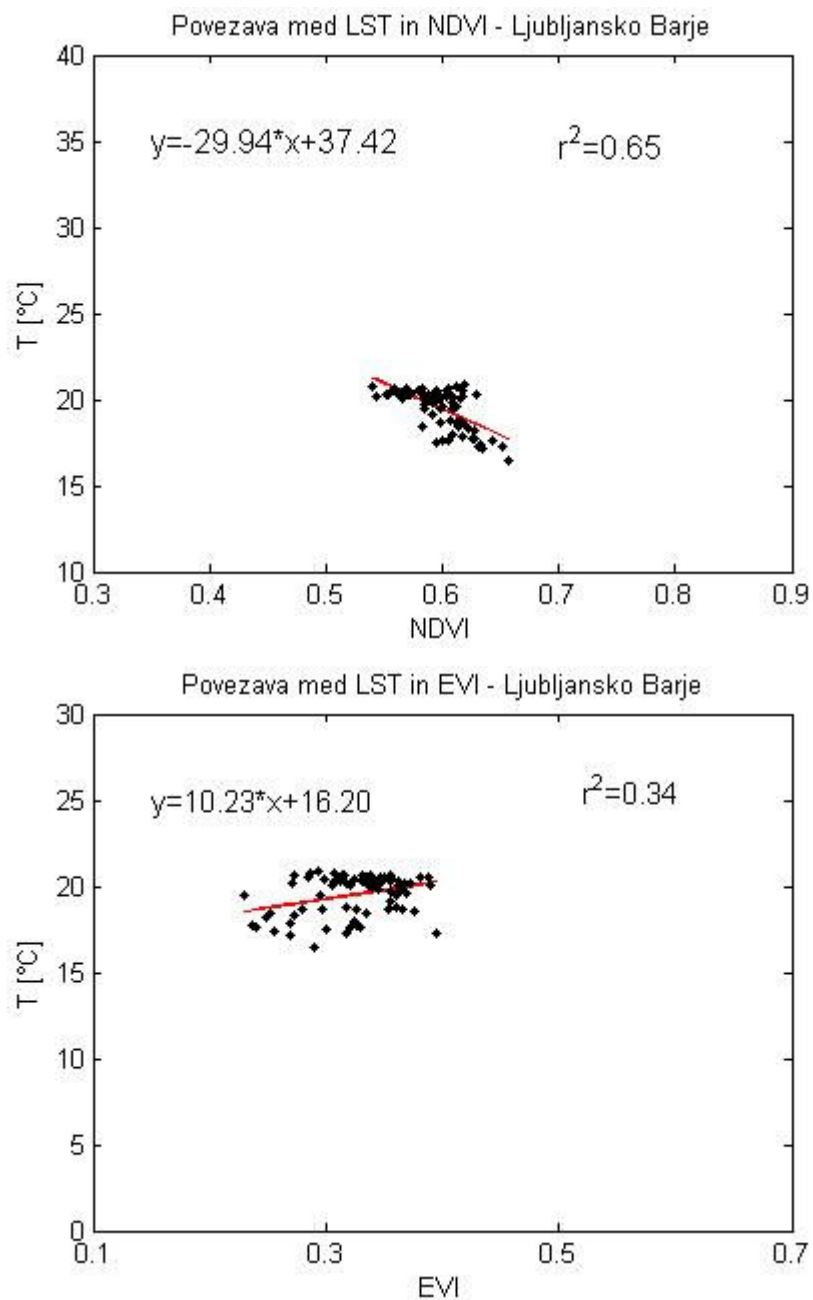
Slika 70: Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 2.04.2005.

Vidimo lahko, da se grafa obnašata zelo različno. Medtem ko ima regresijska premica v primeru indeksa NDVI pričakovan negativni naklon, ima regresijska premica v primeru indeksa EVI velik pozitiven naklon. Do tega pride, ker je razpon vrednosti v primeru NDVI precej večji (obseg razpona je okoli 0.5) kot v primeru EVI (obseg razpona je okoli 0.2), zato je regresija v drugem primeru nestabilna (le malo drugačna razporeditev točk bi lahko premico obrnila tudi popolnoma drugače).



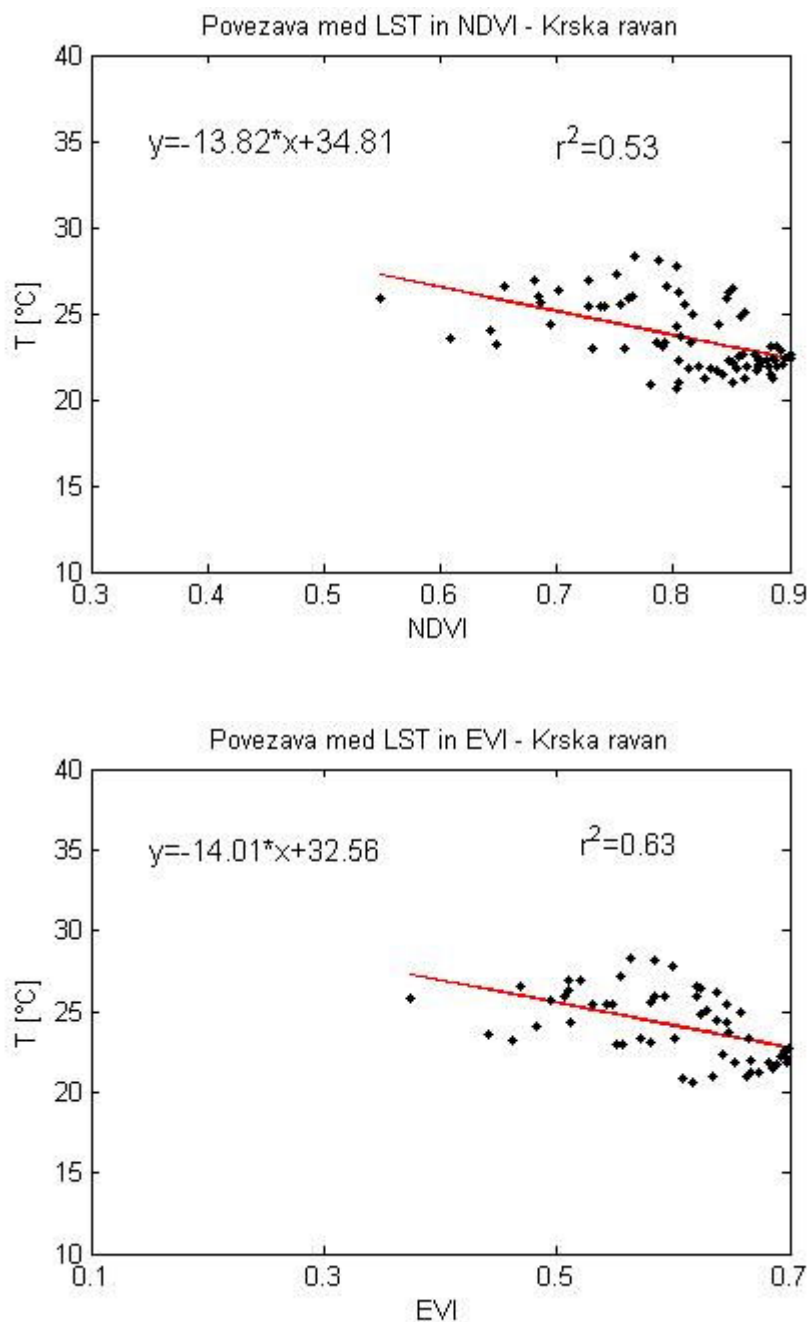
Slika 71: Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 25.05.2005.

V tem primeru se grafa obnašata precej podobno. Za oba primera bi lahko trdili, da nista ravno zgleda močne povezanosti med vegetacijskimi indeksi ter LST, toda lepše rezultate dobimo z uporabo indeksa NDVI, saj je naklon premice v tem primeru bolj strm, pa tudi korelacijski koeficient je dosti večji kot v primeru indeksa EVI. Tudi v tem primeru je razpon vrednosti indeksa NDVI večji od razpona vrednosti indeksa EVI.



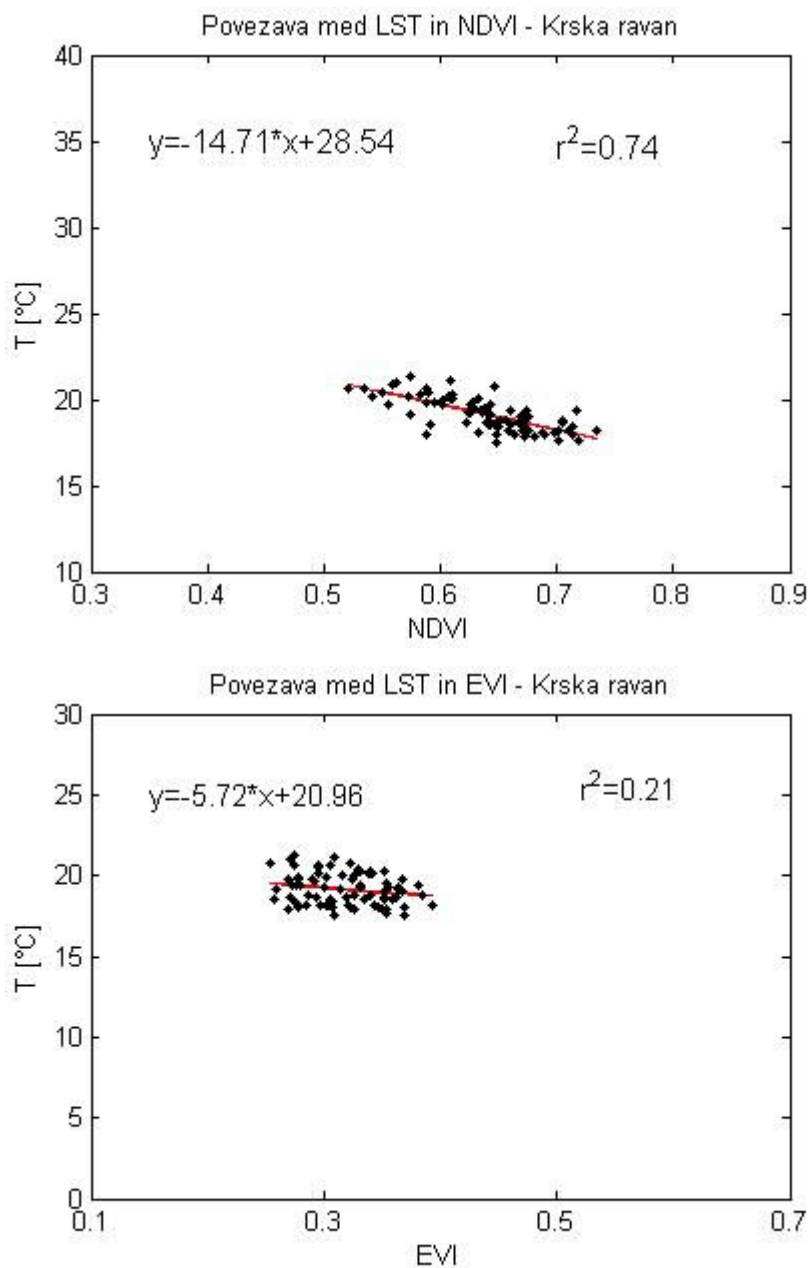
Slika 72: Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 27.10.2005.

Tokrat se grafa povezanosti močno razlikujeta. V primeru uporabe indeksa NDVI smo dobili pričakovano premico s strmim negativnim naklonom ter kar velikim korelacijskim koeficientom (0.65- močna korelacija), ko pa smo uporabili indeks EVI, so bili rezultati ravno nasprotni. Dobili smo premico s pozitivnim naklonom ter skoraj dvakrat manjšim koeficientom korelacije (0.35). Razpon vrednosti je bil v obeh primerih zelo podoben, toda za primer uporabe indeksa EVI ne moremo trditi, da obstaja povezava med indeksom ter LST.



Slika 73: Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 19.06.2005.

V obeh primerih smo dobili podobne rezultate, premico z negativnim naklonom ter dokaj velik korelacijski koeficient, prav tako je v obeh primerih razpon vrednosti podoben. Celo nekoliko boljši so bili rezultati v primeru uporabe indeksa EVI (bolj strm naklon premice ter malo večji korelacijski koeficient).



Slika 74: Primerjava grafov povezave NDVI ter EVI z LST za dan 27.10.2005.

Ta primer je spet dokaz, kako drugačno se lahko obnaša indeks EVI v primerjavi z indeksom NDVI. V primeru uporabe indeksa NDVI dobimo premico z negativnim naklonom ter zelo velik korelacijski koeficient (0.74), če pa uporabimo indeks EVI, je naklon premice dosti manjši, korelacijski koeficient pa kar trikrat manjši (0.21). V prvem primeru lahko trdimo, da obstaja napovedana linearna povezanost z negativnim naklonom, medtem ko v drugem primeru tega ne moremo trditi.

### 5.4.3 Sklep

Ugotovimo lahko, da se je hipoteza o linearni povezavi med NDVI ter temperaturo površja izkazala za pravilno, saj se je v večini primerov na območjih z velikim razponom NDVI res pojavila negativna korelacija med tema količinama. V mestnih območjih te negativne korelacije ni predvsem zaradi enakomerne temperature, prav tako ne na gozdnatih območjih, zaradi majhnega razpona NDVI, kar pomeni, da je stanje vegetacije približno enako, in drugih vplivov na temperaturo površja.

Če govorimo o primeru preverjanja hipoteze z uporabo indeksa EVI, lahko ugotovimo, da le ta včasih pokaže boljše rezultate kot v primeru indeksa NDVI, včasih pa je linearna povezava v celoti nasprotna kot v primeru NDVI (namesto izrazito negativne korelacije imamo izrazito pozitivno korelacijo). Tudi v dosti primerih, ko je v primeru uporabe NDVI korelacija pričakovano negativna z velikim korelacijskim koeficientom, je korelacija z uporabo indeksa EVI ali rahlo negativna ali rahlo pozitivna z majhnim korelacijskim koeficientom. Iz dobljenih rezultatov ne moremo trditi, da obstaja linearna povezava med indeksom EVI ter LST, saj so ti bili od primera do primera zelo različni in v veliko primerih neuporabni. Če določamo linearno povezavo med temperaturo površja in količino rastja, bomo boljše rezultate pridobili z NDVI kot EVI.

NDVI je boljši od EVI predvsem zaradi večjega razpona vrednosti. Večji razpon posledično pomeni večji korelacijski koeficient ter s tem večjo verjetnost, da regresijska enačba izračunana za določeno območje velja (večja »stabilnost regresije«).

## 5.5 Uporabnost povezave med temperaturo površja ter NDVI

Hipoteza o povezavi med temperaturo površja in NDVI lahko razširimo še na povezavo med temperaturo zraka ter NDVI – domnevamo še, da je temperatura površja neskončno debele krošnje enaka temperaturi zraka pod krošnjo, kar poenostavljeno pomeni, da je temperatura zraka kar enaka temperaturi površja.

Razlika med temperaturo prsti ter temperaturo krošenj dreves je posledica strukturnih lastnosti: prst in podobni elementi so ponavadi sestavljeni iz velikih količin fizičnega materiala, na drugi strani pa so drevesne krošnje sestavljene pretežno iz zračnih žepov med listjem ter vejami. Majhne dimeznije listov jih naredijo za dobre toplotne grelce kar povzroči,



da ostane njihova temperatura blizu temperature zraka (Gates, 1962; Geiger, 1965; Nobel, 1974; Larcher, 1980; Campbell, 1981; Gardner in drugi, 1981; Vanderwaal in Holbo, 1984).

Prst pa je na drugi strani sposobna zadržati večino energije, ki jo je absorbirala. Tako lahko temperatura prsti za 30 °C preseže temperaturo zraka, temperatura krošenj pa naj bi bila blizu temperaturi zraka. Ko odnosu med NDVI ter temperaturo površja priredimo regresijo, lahko temperaturo površja uporabimo za določevanje temperature zraka s pomočjo navadne linearne enačbe oblike, če lahko ocenimo, pri katerem NDVI je krošnja neskončno debela:

$$T_{zraka} = NDVI_{ndk} \cdot n + c \quad (8),$$

kjer je  $n$  naklon premice ter  $c$  konstantni del enačbe,  $NDVI_{ndk}$  pa je ocenjen NDVI neskončno debele krošnje. Če izvedemo analizo s premikajočim se oknom, znotraj katerega za vsako celico določimo parametre linearne regresije, lahko ob znanem NDVI neskončno debele krošnje ocenimo temperaturo zraka za celoten sloj temperature površja.

Določevanje temperature zraka s pomočjo te metode je bilo že večkrat testirano in kaže stalno natančnost v več različnih študijah: FIFE (The First ISLSCP (International Satellite Land Surface Climatology Project) Field Experiment) (Prihodko in Goward, 1997), Hapex- Sahel, BOREAS (Czajkowski in drugi, 2000) ter Oklahoma Mesonet (Czajkowski in drugi, 2000). Temperatura vegetacije se redko razlikuje od temperature zraka za več kot 2 °C (Czajkowski in drugi, 2000). Rezultati so pokazali, da se lahko določi temperaturo zraka z natančnostjo 4 °C (Prihodko in Goward, 1997). K napakam pri določevanju temperature zraka največ prispeva napačno določena temperatura površja. Poleg tega ima tudi napačno določen NDVI lahko velik vpliv, sploh kadar je naklon regresijske premice velik.

V okviru študije FIFE so na podlagi izvedenih prostorskih avtokorelacijskih analiz prišli do ugotovitve, da se na 6 km horizontalne razdalje temperatura zraka spremeni za okoli 0.6 °C. Nad 6 km se spremenljivost temperature večja še močneje. Zato naj bi največje območje pikslov za analizo obsegalo radij 6 km od centralnega slikovnega elementa (Prihodko in Goward, 1997), kar pomeni, da bi lahko v primeru podatkov MODIS delovala tudi regresija v oknu velikosti 11×11 pikslov. Velikost območja celic se lahko razlikuje tudi glede na topografijo ter raznolikost ekosistema.

## 6 ZAKLJUČEK

Senzor MODIS s svojo tehnologijo ponuja vrsto možnosti za opazovanje Zemlje. Posebej uporaben je njegov širok razpon zaznanega elektromagnetnega valovanja, še posebej zaznavanja infrardeče svetlobe v širšem obsegu kot kakšen drug danes delujoč senzor. Iz njegovih podatkov nastaja vrsto izdelkov, ki opisujejo stanja v atmosferi, hidrosferi, na kopnem, kriosferi in jih uporabljajo znanstveniki širom po svetu. Zaradi svojih tehničnih lastnosti (majhna prostorska resolucija, širok pas snemanja) je bolj primeren za opazovanja obsežnejših pojavov, kot npr. globalne spremembe podnebja, obsega ledu ter snega na Zemlji, količina fitoplanktona v oceanih, saj lahko ustvari podobo celotne Zemlje vsake dva dni. Do velikega dela podatkov senzorja MODIS lahko brezplačno dostopamo prek interneta, če le imamo dovolj hitro internetno povezavo, ki nam omogoča hitro iskanje ter hiter prenos podatkov.

Senzor MODIS je zaenkrat še naprednejši od ostalih delujočih senzorjev, prevsem zaradi velikega števila kanalov, velikega števila izdelkov, ki jih ponuja, ter zajetnega arhiva. V dobi svojega delovanja bo zbral ogromne količine podatkov, ki bodo dopolnjevale podatke pridobljene s pomočjo drugih senzorjev in tako pomagale strokovnjakom razumeti zapletene procese, ki se dogajajo v našem okolju.

V nalogi je so bile najprej predstavljeni vzroki za nastanek senzorja MODIS, nato njegove glavne tehnične lastnosti, način delovanja ter kalibracija senzorja ter kratka primerjava s sorodnima senzorjema. Sledila je predstavitev vrste izdelkov, ki jih MODIS zagotavlja ter dostopa do teh izdelkov prek spleta na več možnih načinov (ftp strežnik, direktni prenos s spletne strani, naročanje podatkov). Osrednji del naloge obravnava statistično povezavo med temperaturo površja (LST) ter vegetacijskimi indeksi pridobljenimi s pomočjo senzorja MODIS. Najprej smo hoteli preveriti povezavo med LST ter normiranim diferencialnim vegetacijskim indeksom (NDVI). Ta povezava je bila že večkrat na podoben način preverjena s podatki drugih senzorjev. Takrat je bilo ugotovljeno, da je ta povezava linearna z negativnim naklonom premice, kar pomeni, da čim večja je količina rastja, tem nižja je temperatura tal. Enako smo ugotovili tudi v našem primeru, kjer smo na območjih, kjer je bil

razpon indeksa NDVI velik, dobili linearno povezavo med LST ter NDVI z negativnim naklonom. V primerih, ko je bil razpon vrednosti indeksa NDVI manjši, nismo odkrili povezave med LST ter NDVI oz. je bila le ta zanemarljiva. Sledilo je preverjanje povezave z uporabo izboljšane vegetacijskega indeksa (EVI). Tu so bili rezultati zelo različni in v nekaterih primerih nepričakovani. V več primerih smo dobili podobno linearno povezavo z negativnim naklonom kot v primeru uporabe indeksa NDVI ali celo še boljše rezultate, v določenih primerih pa se je premica na grafu obnašala ravno nasprotno (namesto strmega negativnega naklona smo dobili strm pozitiven naklon). Pri podatkih pridobljenih nad mestnimi ter gozdnatimi območji velikih razhajanj ni bilo. Ker z uporabo indeksa EVI nismo dobili zadovoljivih rezultatov, ne moremo trditi, da obstaja linarna povezanost med LST ter EVI. Glavni vzrok za to je v ožjem razponu vrednosti indeksa EVI od razpona vrednosti indeksa NDVI.

Človeka zelo zanimajo spremembe na Zemlji, v vodi, v atmosferi, zato bo potreboval vedno več podatkov, s katerimi bo lahko le te spremembe preučeval. Veliko podatkov se dobi z meritvami na tleh, vedno bolj pa se bodo uporabljali podatki pridobljeni s sateliti, kateri bodo nosili vedno bolj natančne instrumente ter tako zagotavljali natančnejše podatke. Čeravno je senzor MODIS danes eden izmed boljših delujočih senzorjev, pa ga bodo v prihodnosti nadomestile generacije novih, naprednejših senzorjev.

## **VIRI**

NASA 2006a.

<http://www.modis-ocean.gsfc.nasa.gov/> (14.05.2006).

NASA 2006b.

<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/media.php> (8.08.2006).

Abbott, R. 2003. Phytoplankton Growth and structure in the antarctic Polar.

<http://picasso.oce.orst.edu/ORSOO/MODIS/workshop/presentations.html> (12.05.2006).

NASA 2006c.

<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php> (13.05.2006).

NASA 2006č.

<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/optsysdesc.php> (31.05.2006).

Space Science and Engineering Center 2006. Terra Orbit Tracks.

<http://www.ssec.wisc.edu/datacenter/terra/> (15.05.2006).

NASA 2006d.

<http://aqua.nasa.gov/> (15.05.2006).

NASA 2006e. Aqua.

<http://aqua.nasa.gov/docs/Aqua.pdf> (23.08.2006).

WDC-RSAT 2006a. AATSR.

<http://wdc.dlr.de/sensors/aatsr/index.html> (19.09.2006).

WDC-RSAT 2006b. AVHRR.

<http://wdc.dlr.de/sensors/avhrr/index.html> (19.09.2006).

NASA 2006f.

<http://modis.gsfc.nasa.gov/MODIS/CAL/> (02.05.2006).

NASA 2006g.

<http://directreadout.gsfc.nasa.gov/index.cfm> (01.05.2006).

NASA 2006h.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/rad\\_geo/MOD01.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/rad_geo/MOD01.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006i.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/rad\\_geo/MOD021KM.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/rad_geo/MOD021KM.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006j.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/rad\\_geo/MOD03.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/rad_geo/MOD03.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006k.

<http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/ocean/MOD27W.shtml> (22.08.2006).

NASA 2006l.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD04\\_L2.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD04_L2.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006m.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD05\\_L2.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD05_L2.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006n.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD06\\_L2.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD06_L2.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006o.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD07\\_L2.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD07_L2.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006p.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD08\\_M3.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD08_M3.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006r.

[http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD35\\_L2.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/Terra/atmosphere/MOD35_L2.shtml) (22.08.2006).

NASA 2006s.

[http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov/MOD10\\_L2.html](http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov/MOD10_L2.html) (21.08.2006).

NASA 2006š.

[http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov/MOD29\\_L2.html](http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov/MOD29_L2.html) (21.08.2006).

NASA 2006t.

<http://modaps.nascom.nasa.gov/services/faq/> (15.01.2007).

NASA 2006u.

<http://ladsweb.nascom.nasa.gov/help/overview.html> (15.01.2007).

NASA 2006v.

<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> (15.01.2007).

NASA 2006z.

[http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/BROWSE\\_HELP/top\\_level.html](http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/BROWSE_HELP/top_level.html) (15.01.2007).

Evans, R., Abbott, M., Otis, B., et al. 2003a. OSU MODIS Workshop - Sept 4-5, 2003.

<http://picasso.oce.orst.edu/ORSOO/MODIS/workshop/presentations.html> Robert Evans (23.05.2006).

Evans, R., Minnett, P., Kearns, E., et al. 2003b. Terra & AQUA MODIS Sea Surface Temperatures.

<http://picasso.oce.orst.edu/ORSOO/MODIS/workshop/presentations> (23.05.2006).

Jenkerson, C. 2003. Overview of MODIS Land Data at the Land Processes Distributed Active Archive Center.

<http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/documentation/index.shtml> (18.06.2006).

Prihodko, L., Goward, S. N. 1997. Estimation of Air Temperature from Remotely Sensed Surface Observations. *Remote Sensing of Environment*, 60,3: 335-346.

Czajkowski, K. P., Goward, S. N., Mulhern, T., et al. 2000. Estimating Environmental Variables Using Thermal Remote Sensing. V: Quattrochi, D. A., Luvall, J. C. *Thermal Remote Sensing in Land Surface Processes*. New York, CRC Press: str. 11-32.

NCSA 2001. HDF Specification and Developer's Guide.

[ftp.osuosl.org/pub/FreeBSD/distfiles/HDF41r5\\_SpecDG.pdf](ftp.osuosl.org/pub/FreeBSD/distfiles/HDF41r5_SpecDG.pdf) (14.05.2006).

COOT 2006.

<http://sl.coot.si/clani/raziskovalni-instituti/institut-za-fizikalno-biologijo/> (13.11.2006).

Wan, Z., Dozier, J. 1996. A Generalized Split-Window Algorithm for Retrieving Land-Surface Temperature from Space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34,4: 892-894.