

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Rojko, I. 2012. Uporaba podatkov opazovanja zemlje za družbeno korist na območju Balkana. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kosmatin Fras, M., somentorica Lisec, A.): 24 str.

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Rojko, I. 2012. Uporaba podatkov opazovanja zemlje za družbeno korist na območju Balkana. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kosmatin Fras, M., co-supervisor Lisec, A.): 24 pp.

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
PRVE STOPNJE GEODEZIJE  
IN GEOINFORMATIKE

Kandidatka:

**IRENA ROJKO**

**UPORABA PODATKOV OPAZOVANJA ZEMLJE ZA  
DRUŽBENO KORIST NA OBMOČJU BALKANA**

Diplomska naloga št.: 18/GIG

**USE OF EARTH OBSERVATION DATA FOR THE  
SOCIAL BENEFIT OF THE BALKANS**

Graduation thesis No.: 18/GIG

**Mentorica:**

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

**Somentorica:**

doc. dr. Anka Lisec

**Član komisije:**

doc. dr. Miran Kuhar

Ljubljana, 24. 09. 2012

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **IRENA ROJKO** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:  
**»Uporaba podatkov opazovanja Zemlje za družbeno korist na območju Balkana«.**

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 3. september 2012

Irena Rojko

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>UDK:</b>             | 004.6:659.2:528(292.464)(043.2)  |
| <b>Avtorica:</b>        | Irena Rojko  |
| <b>Mentorica:</b>       | doc.dr. Mojca Kosmatin Fras  |
| <b>Somentorica:</b>     | doc. dr. Anka Lisec  |
| <b>Naslov:</b>          | Uporaba podatkov opazovanja Zemlje za družbeno korist na območju Balkana |
| <b>Obseg in oprema:</b> | 24 str., 3 pregl., 11 sl.  |
| <b>Tip dokumenta:</b>   | Diplomska naloga – univerzitetni študij                                  |
| <b>Ključne besede:</b>  | PM10, NetCDF, Promote, napoved, ARSO, padavine                           |

### Izvleček

Pravočasni in kakovostni podatki o okolju in prostoru so danes nujna podpora pri odločanju o posegih in spremljanju stanja okolja ter hitrih odzivih ob naravnih nesrečah. Slovenija se preko evropskih projektov in članstva v različnih organizacijah uspešno vključuje v evropske aktivnosti za opazovanje Zemlje, ki so usmerjene v globalno in racionalno zbiranje podatkov ter njihovo široko uporabo. Diplomska naloga je bila izdelana v okviru natečaja projekta OBSERVE, čigar poslanstvo je krepitev in razvoj aktivnosti opazovanja Zemlje za okolje na območju Balkana. Namen naloge je bil prikazati način uporabe prostorskih podatkov, pridobljenih z opazovanjem Zemlje, v drugih znanostih in na ta način razširiti njihovo uporabnost ter nakazati koristi, ki jih ima lahko naša družba od njih. V raziskavi smo uporabili podatke projekta Promote (napovedi o vsebnosti ozona, dušikovega dioksida in trdnih delcev PM10 v zraku) in terenske meritve Agencije Republike Slovenije za okolje, za širše območje Ljubljane. V prvem delu raziskave smo s pomočjo terenskih meritev ovrednotili Promotove napovedi. V drugem delu smo za Promotove napovedi preizkusili hipotezo: "Z naraščanjem količine padavin pada koncentracija PM10 v zraku." Primerjava Promotovih napovedi in ARSO terenskih meritev trdnih delcev PM10 je pokazala nekatere pomanjkljivosti Promotovih podatkov, hipotezo pa smo na osnovi testnih podatkov potrdili z manj kot 2,7-odstotnim tveganjem.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 004.6:659.2:528(292.464)(043.2)  
**Author:** Irena Rojko  
**Supervisor:** Assist. Prof. Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.  
**Co-advisor:** Assist. Prof. Anka Lisec, Ph.D.  
**Title:** Use of Earth observation data for the social benefit of the Balkans  
**Notes:** 24 p., 3 tab., 11 fig.  
**Document type:** Graduation Thesis – University studies  
**Key words** PM10, NetCDF, PROMOTE, forecast, ARSO, precipitation

**Abstract**

Timely and quality data about environment and space is nowadays necessary support when deciding on interventions and environmental monitoring and rapid response to natural disasters. Slovenia is through European projects and membership in different organizations, which are focused on global and rational data collection, and their widespread use, successfully integrated into the European Earth observation activities. This research has been made for competition announced in the framework of the Observe project –“Strengthening and Development of Earth Observation Activities for the Environment of Balkan Area”. Purpose of the project was to demonstrate how to use spatial data from Earth observation in other sciences and in this way to extend their usefulness and to indicate the benefits that our society may have of them. In this study we used data from Project Promote (forecasts of ozone, nitrogen dioxide and particulate matter PM10 concentration in the air) and in-situ measurements of the Slovenian Environment Agency (ARSO). The area used in this research is the broader region of Ljubljana, Slovenia. In the first part of the study we are using in-situ measurements to evaluate Promote forecasts. In the second part we tested the following hypothesis on Promote data: “With increasing quantity of precipitation, PM10 mass concentration decreases.” The comparison between PROMOTE forecasts and in-situ mass concentrations from ARSO showed some weaknesses of the PROMOTE data. Our hypothesis has been confirmed with less than 2.7 % risk.

## **ZAHVALA**

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Kosmatin Fras, somentorici doc. dr. Anki Lisec in Matevžu Domajnku.

Zahvaljujem se tudi Agenciji Republike Slovenije za okolje za posredovanje podatkov.

**KAZALO VSEBINE**

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | UVOD .....   | 1  |
| 2 | PREDSTAVITEV PROJEKTA OBSERVE.....   | 4  |
| 3 | VIRI PODATKOV IN METODOLOGIJA NJIHOVE OBDELAVE.....  | 7  |
|   | 3.1 Viri podatkov .....  | 7  |
|   | 3.2 Metodologija obdelave podatkov .....   | 11 |
| 4 | REZULTATI IN ANALIZA.....  | 13 |
|   | 4.1 Vrednotenje Promotovih napovedi .....  | 13 |
|   | 4.2 Ugotavljanje korelacije med količino padavin in koncentracijo PM10 v ozračju<br>Ljubljane in njene širše okolice ..... | 17 |
| 5 | ZAKLJUČEK.....   | 21 |
|   | VIRI .....   | 23 |



## KAZALO PREGLEDNIC

|   |    |
|---|----|
| Preglednica 1 : Primer Promotovih podatkov, pripravljenih na obdelavo..   | 8  |
| Preglednica 2 : Meseci v Promotovi bazi podatkov, ki imajo na voljo popolne napovedi za vsak dan in meseci z nepopolnimi podatki.....                                   | 10 |
| Preglednica 3 : Deževni dnevi v aprilu, juliju and oktobru v letih 2009 in 2010 s povprečnimi dnevnimi vrednostmi napovedi in meritev ter dnevnimi vsotami padavin..... | 18 |

## KAZALO SLIK

|   |    |
|---|----|
| Slika 1 : Osnovna ideja skupine GEO.  | 5  |
| Slika 2 : Položaj vremenske postaje ARSO znotraj izbrane Promotove celice.....                                | 8  |
| Slika 3 : Promotove napovedi za vsebnost ozona v ozračju za dan 3. april 2009.....                            | 5  |
| Slika 4 : Shema postopka priprave podatkov .....  | 11 |
| Slika 5 : Primerjava napovedanih in izmerjenih vsebnosti PM10 na dan 1. april 2009 v Ljubljani.....           | 13 |
| Slika 6 : DMR izbrane Promotove celice .....  | 14 |
| Slika 7 : in poletno povprečje izmerjenega PM10 na izbranih merilnih mestih v 2003.....                       | 15 |
| Slika 8 : Dnevna povprečja vsebnosti PM10, oktober 2009.....  | 16 |
| Slika 9 : Dnevna vsota padavin in dnevno povprečje napovedi in meritev koncentracije PM10 v oktobru 2009..... | 17 |
| Slika 10 : Koncentracija PM10 kot funkcija količine padavin.....  | 19 |
| Slika 11 : Mesečna povprečja PM10 za izbrane mesece ločeno za dneve z in brez padavin...20                    |    |

## KRATICE

|         |  |
|---------|--|
| ARSO    | Agencija Republike Slovenije za okolje   |
| DMR     | Digitalni model reliefa  |
| EMODnet | European Marine Observation and Data Network   |
| GEO     | Group on Earth Observations  |
| GEOSS   | Globalni sistem sistemov za opazovanje Zemlje (angl. Global Earth Observation System of Systems)   |
| OBSERVE | Projekt 7. okvirnega programa s širšim naslovom “Strengthening and Development of Earth Observation Activities for the Environment of Balkan Area” |
| Promote | Protocol Monitoring for the “Global Monitoring for Environment and Security” Service Element: Atmosphere   |

## 1 UVOD

Z razvojem tehnologije postajajo opazovanja Zemlje vse bolj uporabna. Širok nabor aplikacij, ki uporabljajo zemeljska opazovanja omogoča uporabnikom, da lahko spremljajo in se odzovejo na naravne pojave, določajo rabo zemljišč in med mnogimi drugimi možnostmi tudi napovedujejo vreme in njegove parametre.

Ta diplomska naloga je nastala v okviru natečaja projekta OBSERVE, čigar poslanstvo je krepitev in razvoj aktivnosti opazovanja Zemlje za okolje na območju Balkana. Projekt OBSERVE je podrobneje predstavljen v drugem poglavju. Namen naloge je prikazati način uporabe prostorskih podatkov – opazovanj Zemlje, kot so napovedi kakovosti zraka, v drugih znanostih in na ta način razširiti njihovo uporabnost ter nakazati koristi, ki jih lahko naša družba ima od njih.

Natečaj projekta OBSERVE je bil objavljen na spletni strani projekta: <http://www.observe-fp7.eu/index.php>. Sodelujoči v natečaju so morali analizirati napovedi kakovosti zraka, ki jih zagotavlja projekt Promote - Protocol Monitoring for the “Global Monitoring for Environment and Security” Service Element: Atmosphere. Rezultati analize naj bi vključevali tipične pojave na izbranem območju, kot je na primer stopnja onesnaženosti. Oddane naloge pregleda komisija, glavna nagrada pa je brezplačna udeležba na zaključni konferenci projekta OBSERVE v Solunu in tudi predstavitev rezultatov zmagovalne naloge na konferenci. Sam natečaj je namenjen promociji uporabe podatkov opazovanja Zemlje za družbeno korist na območju Balkana. (Observe, 2012)

Za učinkovito uporabo podatkov je potrebno poznati njihovo točnost. Prvi del raziskave (4.1 Vrednotenje Promotovih napovedi) je vrednotenje Promotovih podatkov, ki sem jih primerjala s terenskimi meritvami, zagotovljenimi s strani ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje). Drugi del raziskave (4.2 Ugotavljanje korelacije med količino padavin in koncentracijo PM10 v ozračju Ljubljane in njene širše okolice) predstavlja testiranje korelacije med padavinami in koncentracijo trdnih delcev v zraku. Uporabila sem podatke

izključno za trdne delce s premerom, manjšim od 10 mikrometrov, se pravi za trdne delce PM10.

Onesnaženje s trdnimi delci, še posebej z manjšimi delci PM, je danes, zaradi škodljivih učinkov na zdravje in tudi zmanjšane vidljivosti, eden izmed najbolj zaskrbljujočih problemov v velikih mestih (Marcazzan in sod., 2004).

V Sloveniji onesnaženje z delci PM10 v splošnem pada. V letu 2010 mejna vrednost PM10 ni bila presežena. K onesnaženju z delci največ prispevajo vremenske razmere in individualna kurišča (v času kurilne sezone), deloma pa tudi promet, industrija in ponovni dvig in lebdenje trdnih delcev v zraku (ARSO, 2011). Zaradi svoje velikosti, urbane vloge in značilnosti terena, je Ljubljana močno izpostavljena onesnaževanju zraka in je bila zato izbrana za primer študije.

Obstaja veliko različnih vrst PM10 in vsak od njih ima svoje značilnosti. Nekateri dosežejo svojo maksimalno koncentracijo ponoči, drugi podnevi, nekateri so bolj občutljivi na veter, drugi manj. Na primer radon v Milanu doseže svojo maksimalno vrednost ponoči, v zgodnjih jutranjih urah in se ne pojavlja v vetrovnih dneh. Tudi za določen tip PM10 so njegove najvišje in najmanjše vrednosti zelo nestabilne – po sami količini in času, ko vsebnost PM doseže mejno vrednost v zraku. Velike razlike je opaziti tudi med različnimi letnimi časi (Marcazzan in sod., 2004). Upoštevajoč omenjeno, v tej raziskavi nisem pričakovala zelo natančnih rezultatov.

V iskanju povezave med padavinami in koncentracijo PM10 v zraku je bilo opravljenih že mnogo raziskav. Bilo je ugotovljeno, da padavine čistijo zrak trdnih delcev (Blanco Heras in sod., 2004). Hipoteza, ki smo jo želeli potrditi z uporabo danih podatkov, se glasi: "Z naraščanjem količine padavin pada koncentracija PM10 v zraku."

Naloga se po uvodnem poglavju 1 nadaljuje s predstavitvijo projekta OBSERVE in sorodnih organizacij v poglavju 2. Poglavje 3 se deli na dva dela. V prvem delu 3.1 so opisani podatki, ki so uporabljeni v raziskavi, skupaj z njihovimi viri, drugi del tretjega poglavja 3.2 pa opisuje metodologijo, ki je potrebna za pridobitev rezultatov. V poglavju 4 so predstavljeni rezultati

in analiza in sicer v dveh sklopih. Prvi, 4.1, vključuje vrednotenje podatkov, ki jih zagotavlja Promote in na njih temelji raziskava. V drugem slopu četrtega poglavja 4.2 pa je predstavljena analiza korelacije med koncentracijo PM10 in padavinami v ozračju Ljubljane in njene širše okolice. Zaključne ugotovitve so podane v poglavju 5.

## 2 PREDSTAVITEV PROJEKTA OBSERVE

Pravočasni in kakovostni podatki o okolju in prostoru so danes nujna podpora pri odločanju o posegih in spremljanju stanja okolja ter hitrih odzivih ob naravnih nesrečah. Slovenija se preko evropskih projektov in članstva v različnih organizacijah uspešno vključuje v evropske aktivnosti za opazovanje Zemlje, ki so usmerjene v globalno in racionalno zbiranje podatkov ter njihovo široko uporabo. Opazovanje Zemlje vključuje satelitske, zračne in talne sisteme, ki vsak na svoj način zbirajo in obdelujejo zelo različne vrste podatkov (na primer merijo onesnaženost zraka, merijo natančno obliko površja Zemlje, določajo vlažnost prsti, spremljajo stanje vegetacije). S kombiniranjem teh podatkov si tako laična kot strokovna javnost lahko ustvari sliko o spreminjanju in stanju našega okolja in prostora v najrazličnejših podrobnostih.

Na območju Balkana je problematično dejstvo, da države niso članice mednarodnih organizacij, ki se ukvarjajo z opazovanji Zemlje. Za njih težje pride do izmenjave dobrih praks, novih tehnologij in aplikacij, zato so te države pri delu s podatki o opazovanju Zemlje manj učinkovite in ne sledijo mednarodnim smernicam. Ena od organizacij, ki v svetovnem merilu povezuje države na tem področju, je mednarodna skupina GEO (angl. Group on Earth Observation). GEO združuje vlade in mednarodne organizacije in jim zagotavlja okvir, znotraj katerega lahko člani razvijajo nove projekte in koordinirajo svoje strategije in naložbe na področju opazovanj Zemlje. Eden od glavnih projektov skupine GEO je izgradnja in vzpostavitev »Globalnega sistema sistemov za opazovanje Zemlje« (angl. Global Earth Observation System of Systems - GEOSS). Do leta 2015 naj bi GEOSS deloval v polnem zamahu, s svojim delom bo zagotavljal napredek na naslednjih pomembnih območjih: naravne nesreče, zdravje, energija, ozračje, voda, vreme, ekosistemi, kmetijstvo in biodiverziteta (GEO, 2012). Na Sliki 1 je prikazana osnovna ideja skupine GEO.



Slika 1: Osnovna ideja skupine GEO (QA4EO, 2012).

Za države, ki še niso vključene v GEO in podobne organizacije, je pomembno, da se jim delovanje teh organizacij približa, da bodo iz tega razbrale prednosti za svoje delovanje in se jim pridružile. Več kot bo držav članic v tovrstnih organizacijah, bolj bodo učinkovite in to tako na lokalnem (državnem) nivoju kot na globalnem (mednarodnem). Prav s promocijo povezovanja držav na področju opazovanj Zemlje pa se ukvarja projekt OBSERVE, ki je skupaj z drugimi projekti del 7. okvirnega programa Evropske unije.

V OBSERVE so vključene: Grčija, Švica, Slovenija, Ciper, Turčija, Izrael, Srbija, Bolgarija, Albanija, Bosna in Hercegovina, Hrvaška, Nemčija in Makedonija. Projekt je omejen na obdobje med novembrom 2010 in oktobrom 2012. V tem času poskuša:

- razviti in implementirati strategijo, ki bi ozavestila vlade balkanskih držav o pomembnosti geo-informacij in bi tako temu področju namenile več sredstev,
- izboljšati dostopnost podatkov in način razpolaganja z njimi,
- izboljšati povezavo do regionalnih in mednarodnih skupnosti opazovanj Zemlje,
- krepiti regionalno usklajevanje obstoječih inštitucij,
- razširiti in med seboj povezati informacijske portale,
- okrepiti možnosti za razvoj uporabe opazovanj Zemlje ter vključitev tovrstnih znanj v učne načrte na univerzah in drugih ustanovah na območju Balkana
- in doseči druge cilje na tem področju (Patias in sod., 2011).

Eden od uporabnih izdelkov projekta OBSERVE je takoimenovan »Knowledge base repository« ali »Repozitorij znanja«, ki je dostopen na: [http://www.observe-fp7.eu/index.php?option=com\\_docman&Itemid=241](http://www.observe-fp7.eu/index.php?option=com_docman&Itemid=241). Tu se zbirajo vsi dokumenti, ki nastajajo med projektom. Posebna pozornost je namenjena dokumentom, ki vsebujejo inovativne ideje za delo z opazovanji Zemlje, ki bi utegnile priti prav uporabnikom portala OBSERVE, se pravi državam, ki so vključene v OBSERVE. Na istem mestu bodo v prihodnosti odložena tudi programska orodja, uporabna za doseganje ciljev projekta. V repozitoriju lahko trenutno najdemo na primer podatke o raznih evropskih in svetovnih pobudah za uporabo opazovanj Zemlje, na primer EMODnet (angl. European Marine Observation and Data Network), ki se osredotoča izrecno na opazovanje morja (Observe, 2012).

OBSERVE se sicer bliža koncu, a bodo rezultati tega projekta dolgoročno prispevali k napredku balkanskih držav na področju opazovanj Zemlje in posledično tudi drugih področjih.



### 3 VIRI PODATKOV IN METODOLOGIJA NJIHOVE OBDELAVE

#### 3.1 Viri podatkov

V raziskavi sta bila uporabljena dva različna nabora podatkov. Napovedi kakovosti zraka je zagotovil Promote (dostopno na: [http://wdc.dlr.de/data\\_products/projects/promote/IAQ/](http://wdc.dlr.de/data_products/projects/promote/IAQ/)), terenske meritve pa ARSO (dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>). Podatki so se nanašali na prisotnost treh parametrov v zraku: ozona (O<sub>3</sub>), dušikovega dioksida (NO<sub>2</sub>) in trdnih delcev (PM10). V delo so bile vključene tudi ARSO meritve padavin. Za vsak dan, ki je bil vključen v raziskavo, je bilo potrebno pridobiti na uro natančne napovedi in terenske meritve parametrov ter izmerjene padavine za vsako uro.

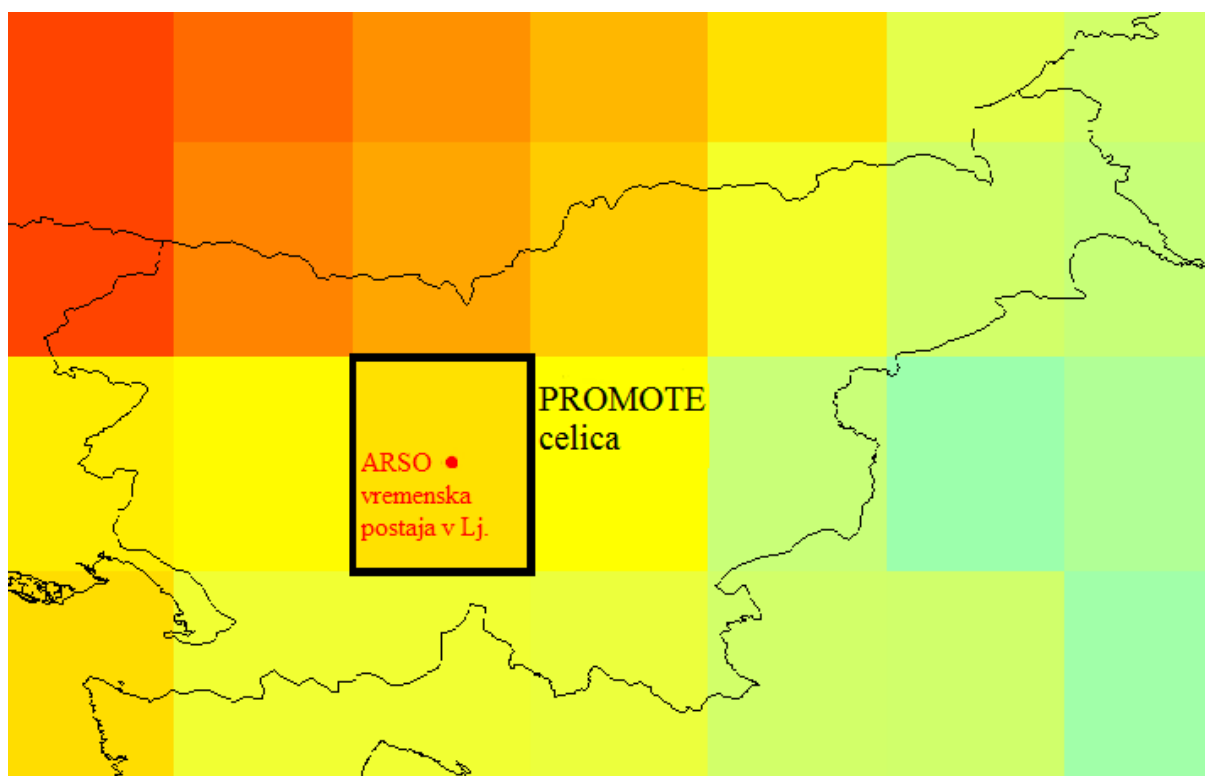
Promotovi podatki po njihovem opisu vsebujejo napovedi koncentracije izbranih treh parametrov na nivoju tal v mikrometrih na kubični meter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Trije vektorji opisujejo tri dimenzije podatkov: geografska širina in dolžina določata geografsko lokacijo podatkov, čas pa uro v izbranem dnevu, za katero napoved velja (Observe, 2012). Format podatkov je NetCDF (Network Common Data Form), za katerega je zgornji opis podatkov tudi značilen.

Napovedi so dane v obliki rastrske mreže. Velikost ene celice je  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ , na vsako celico je pripeta napovedana vrednost določenega parametra v določenem času. Za to raziskavo je bila izbrana celica, ki pokriva Ljubljano in njeno širšo okolico. Za branje napovedi je bilo v program ArcGIS potrebno vnesti geografski koordinati izbrane rastrske celice. Ti koordinati sta bili  $46^\circ$  geografske širine in  $14,5^\circ$  geografske dolžine in predstavljata naključno lokacijo znotraj izbrane celice, saj so znotraj ene celice vse vrednosti napovedi enake. Preden sem lahko začela z obdelavo podatkov, jih je bilo potrebno izvoziti v Microsoft Excel. Primer delovne oblike podatkov je podan v preglednici 1.

Preglednica 1: Primer Promotovih podatkov, pripravljenih za obdelavo. V preglednici so napovedi koncentracije PM10 za prve tri ure dne 2. aprila 2009 (Promote, 2012).

| 2. april 2009 | čas        | PM10 – Promote [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |
|---------------|------------|---|
|               | 2009040200 | 8,3   |
|               | 2009040201 | 9,1   |
|               | 2009040202 | 6,4   |

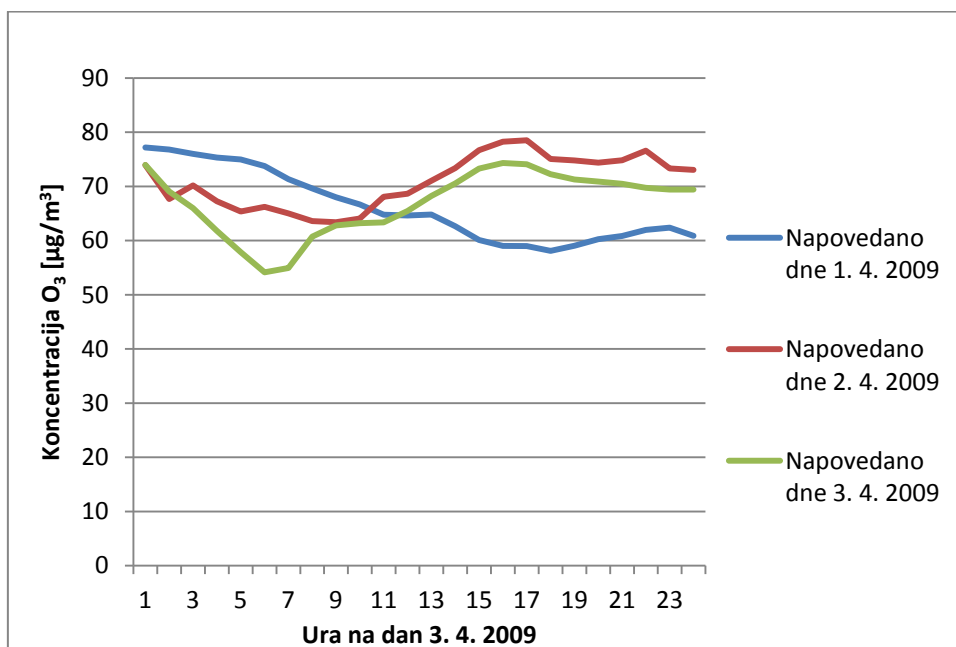
Terenske meritve z vremenske postaje v Ljubljani so že dane v Excelovi preglednici, zato dodatne priprave pred obdelavo ARSO podatkov niso bile potrebne. Na sliki 2 je prikazan položaj vremenske postaje ARSO znotraj izbrane rastrske celice.



Slika 2: Položaj vremenske postaje ARSO znotraj izbrane Promotove celice (Vir podatkov: Promote, 2012).

Promote napoveduje vsebnost parametrov v zraku vsak dan (ob polnoči) za naslednjih 72 ur. Napovedi za prvih 24 ur vsak dan so logično najbolj zanesljive. Kot vidimo na sliki 3, so tri napovedi za isti dan, napovedane v treh zaporednih dneh, zelo različne. Zato bi bilo

optimalno, če bi bila za vsak dan na voljo nova 72-urna napoved, od katere bi potem vzeli le najbolj zanesljivih prvih 24 ur.



Slika 3: Promote napovedi za vsebnost ozona v ozračju za dan 3. april 2009 (Vir podatkov: Promote, 2009).

Žal Promotova baza podatkov ni bila popolna, pogosto so manjkale napovedi za posamične dni ali pa kar cele mesece. Sprejemljivo je bilo, ko je manjkala napoved za največ dva dni, saj se je dalo uporabiti napoved z dneva pred tem, čeprav ni bila najbolj zanesljiva. Problem se je pojavil, ko je v bazi manjkala napoved za več kot dva dni zapored. Takrat je celoten mesec postal neuporaben za raziskavo, saj je bilo za analizo enega meseca potrebno imeti napovedi za vsak dan v tem mesecu. Iz preglednice 2 je razvidno, za katere mesece so na voljo popolni podatki. V Promotovi bazi podatkov je bilo v obdobju od julija 2007 do marca 2011 skupaj 45 mesecev, a le za 27 mesecev med njimi so bile na voljo popolne napovedi.

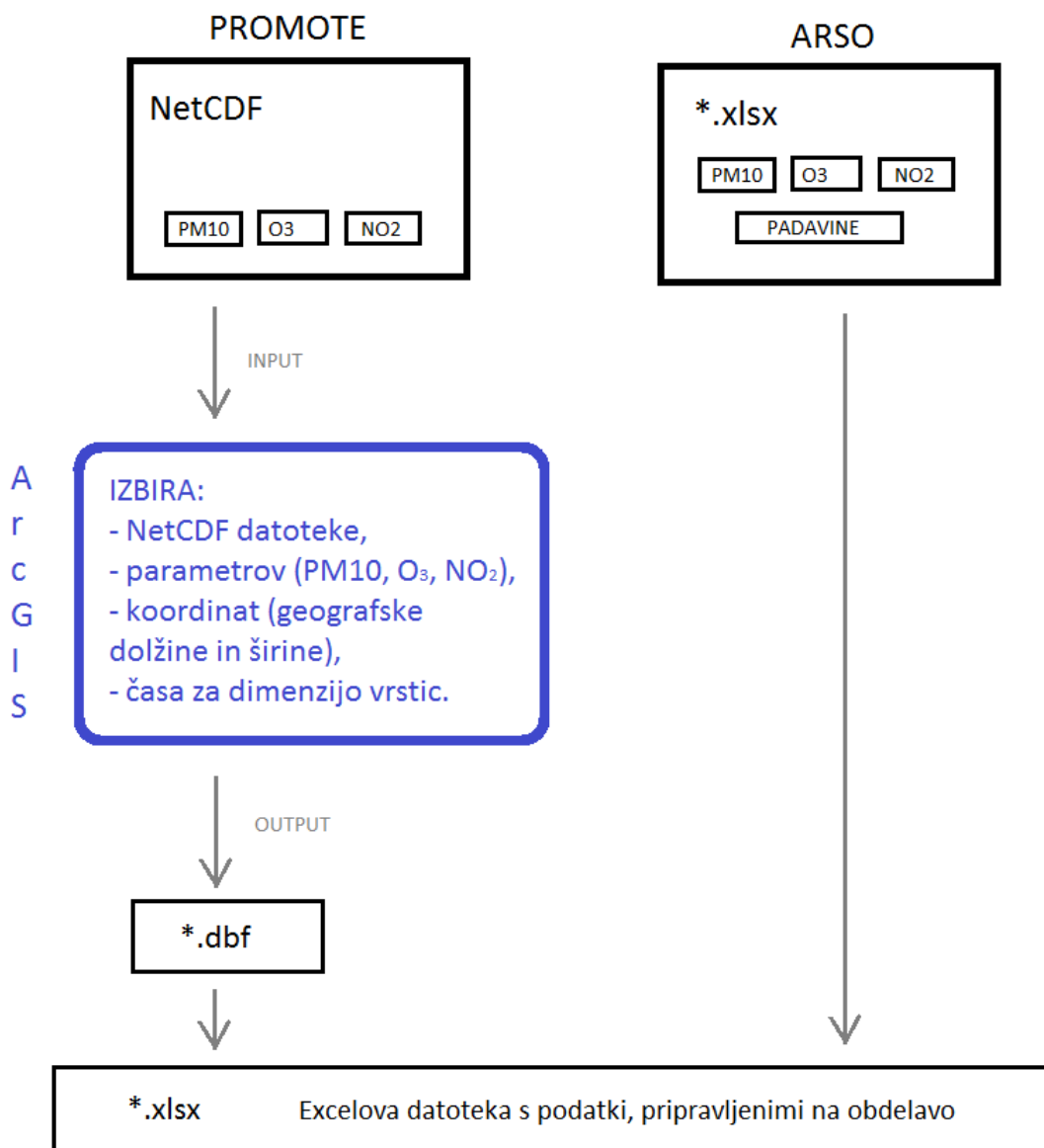
Preglednica 2: Meseči v Promotovi bazi podatkov, ki imajo na voljo popolne napovedi za vsak dan (prikazani v zeleni barvi) in meseci z nepopolnimi podatki (prikazani v rdeči barvi) (Vir podatkov: Promote, 2012).

|           | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| Januar    |      |      |      |      |      |
| Februar   |      |      |      |      |      |
| Marec     |      |      |      |      |      |
| April     |      |      |      |      |      |
| Maj       |      |      |      |      |      |
| Junij     |      |      |      |      |      |
| Julij     |      |      |      |      |      |
| Avgust    |      |      |      |      |      |
| September |      |      |      |      |      |
| Oktober   |      |      |      |      |      |
| November  |      |      |      |      |      |
| December  |      |      |      |      |      |

Na začetku sem imela namen raziskovati koncentracijo PM10 znotraj enega leta. Ker se za nobeno celo leto ni dalo dobiti Promotovih napovedi, sem razmišljala o razlikah koncentracije PM10 med letnimi časi. Tudi za to so bili podatki preveč pomanjkljivi, zimskih mesecev na primer sploh ni bilo mogoče vključiti v raziskavo. Na koncu sem se odločila za tri mesece v dveh letih in sicer april, julij in oktober v letih 2009 in 2010. To je bil vzorec, iz katerega izhajajo ugotovitve naloge.

### 3.2 Metodologija obdelave podatkov

Metodologija, uporabljena za pripravo podatkov, je razvidna iz slike 4.



Slika 4: Shema postopka priprave podatkov.

Najprej je bilo potrebno naložiti podatke iz Promotove baze podatkov. Ker so bili podatki zapisani v obliki NetCDF datotek, sem jih za obdelavo najprej izvozila v Excelovo

preglednico. Za izdelavo preglednice iz NetCDF sem uporabila ArcGIS Multidimension Tool: Make NetCDF Table View. V postopku izdelave tabele je bilo potrebno izbrati parametre ( $O_3$ ,  $NO_2$  in/ali  $PM_{10}$ ), dimenzijo, po kateri se bodo zapisale vrstice (v tem primeru je bil to čas), in lokacijo rastrske celice, iz katere sem hotela, da program prebere vrednost parametra (geografska širina in dolžina). Ko je bila preglednica izdelana, jo je bilo potrebno izvoziti v \*.dbf format, ki je kompatibilen z Excelom in se ga da pretvoriti v Excelov format \*.xlsx. Podatke v taki obliki pa je možno obdelati za namen analize. Ta postopek je bilo potrebno ponoviti za vsak dan v šestih mesecih, ki so bili izbrani za analizo.

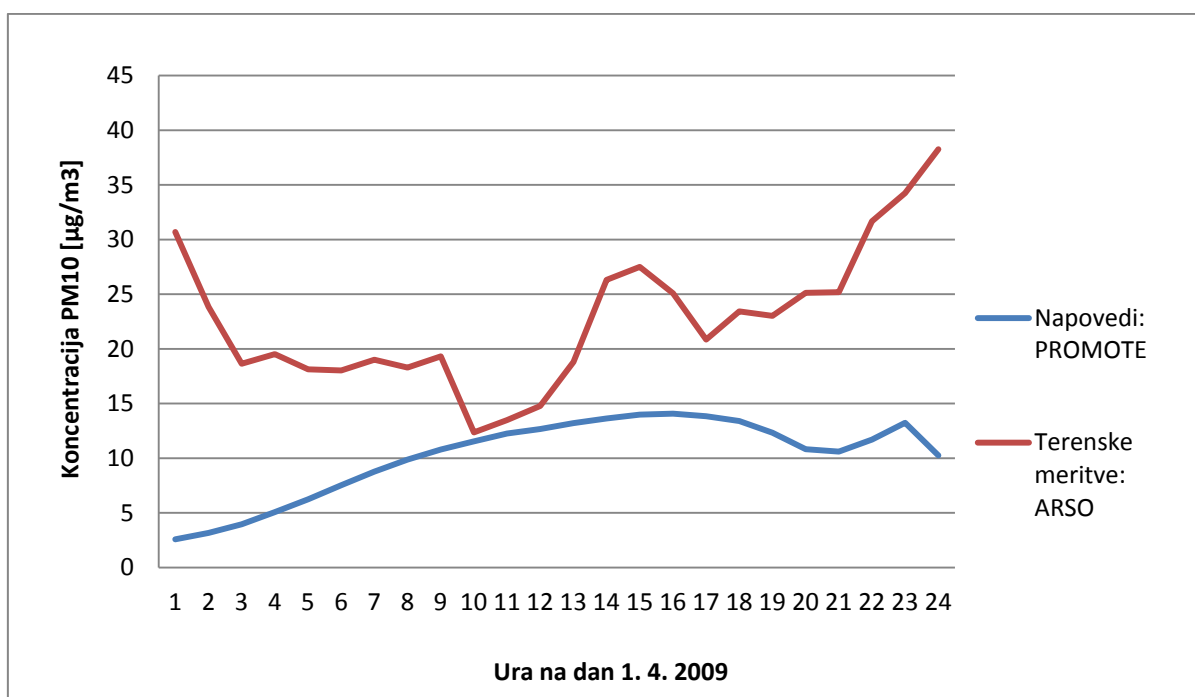
Za nadaljnje delo je bil uporabljen Excel. Podatke ARSO in Promota sem zbrala v preglednici v sosednjih stolpcih, da so se ujemali datumi in ure. S funkcijo "insert chart" sem vstavila grafe za primerjavo podatkov. Povprečja vsebnosti izbranih parametrov v ozračju sem računala s funkcijo "average", vsote padavin pa s "sum".

Podatke sem statistično analizirala in s statističnim testom preverila trditev "Z naraščanjem količine padavin pada koncentracija  $PM_{10}$  v zraku."

## 4 REZULTATI IN ANALIZA

### 4.1 Vrednotenje Promotovih napovedi

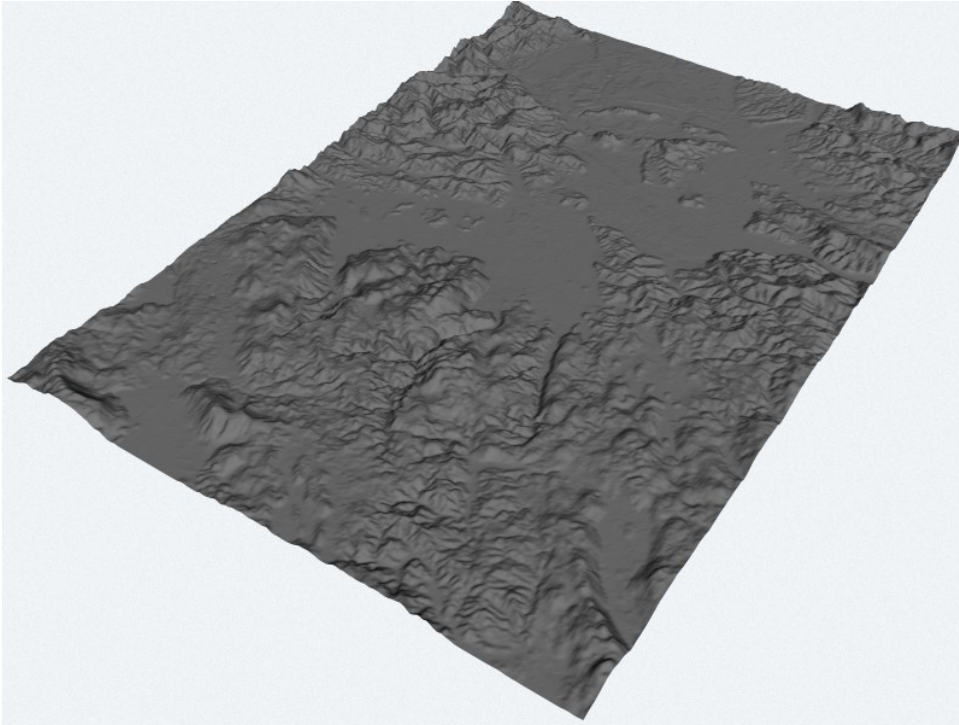
Za vrednotenje Promotovih napovedi kakovosti zraka sem te podatke primerjala s terenskimi meritvami vremenske postaje ARSO v Ljubljani. Iz primerjave na spodnji sliki (Slika 4) je razvidno, da se Promotove napovedi in dejanske meritve koncentracije PM10 ARSO v času enega dne preveč razlikujejo, da bi jih lahko uporabljala v tej obliki. Grafa si nista podobna niti po obliki niti po vrednostih.



Slika 5: Primerjava napovedanih in izmerjenih vsebnosti PM10 na dan 1. april 2009 v Ljubljani. (Vir podatkov: Promote, 2012, ARSO, 2012)

Razlog za tako velike razlike verjetno tiči v nizki ločljivosti Promotove celice. Napoved naj bi sicer veljala za zrak na nivoju tal, a se znotraj izbrane celice nivo tal nahaja med 250 in 1262 metri nadmorske višine. Raznolikost terena je razvidna iz digitalnega modela reliefa (DMR) izbrane celice, ki je prikazan na sliki 6. ARSO meritve so dejansko opravljene na nivoju tal,

vremenska postaja pa se, tako kot Ljubljana, nahaja v Ljubljanski kotlini. V kotlinah je zrak pogosto bolj onesnažen, predvidevamo lahko, da zato tudi pride do tako velike razlike med Promotovo napovedjo in ARSO meritvami.

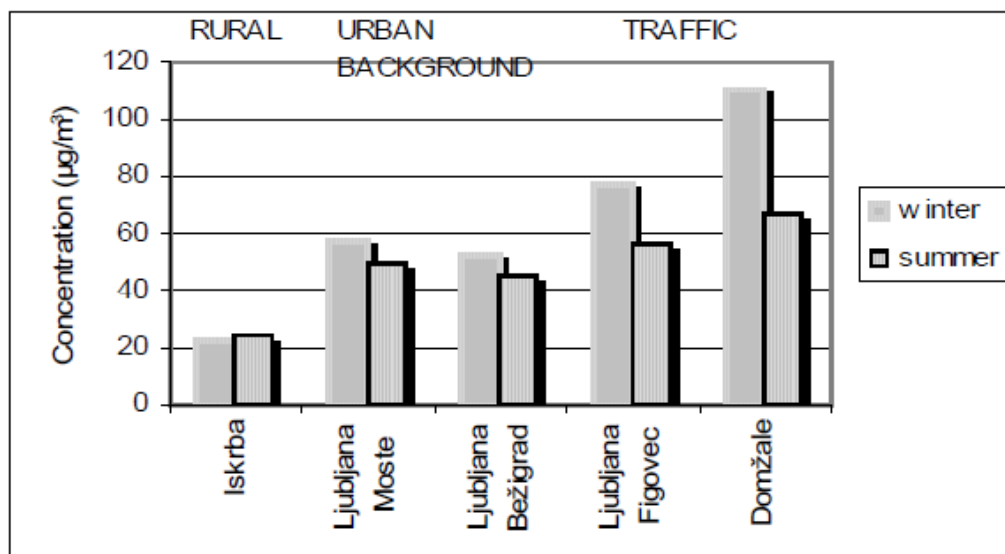


Slika 6: DMR izbrane Promotove celice (Vir podatkov: CGIAR-CSI, 2012).

Znotraj dotične celice pa ni raznolik samo relief temveč tudi raba zemljišč. Celica vključuje tako urbana območja kot območja s kmetijsko rabo in gozdovi. Ta podatek pa je za raziskavo pomemben, saj je onesnaženost zraka možno povezana z rabo zemljišč.

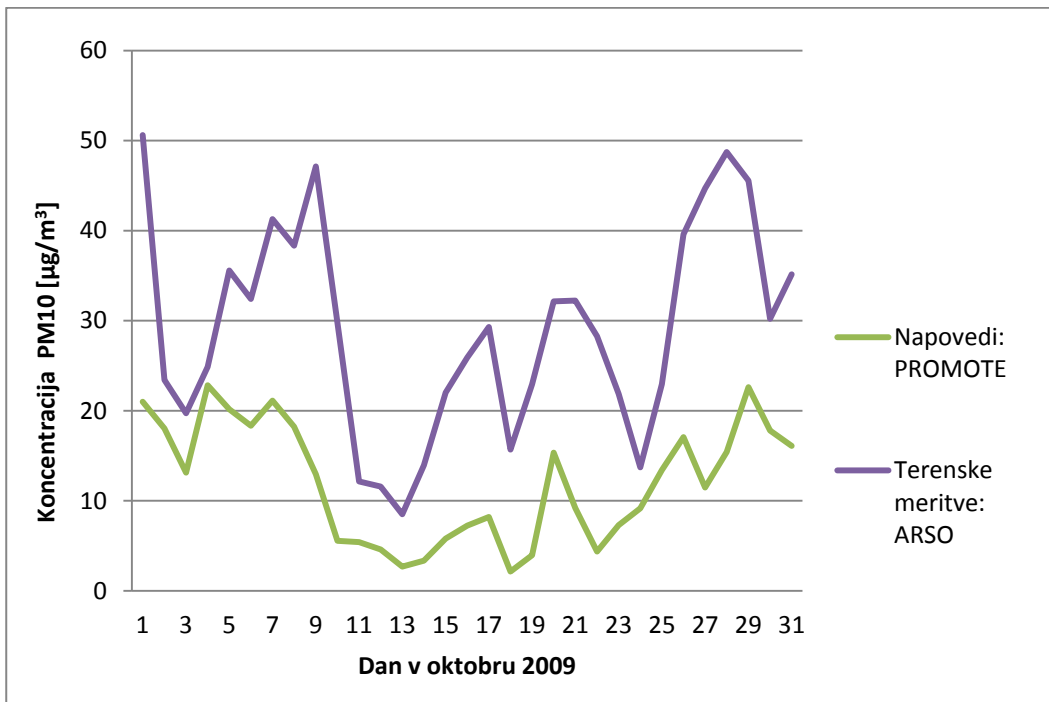
Zaradi opisane raznolikosti širšega območja mesta Ljubljane, lahko že majhne razdalje pomenijo velike spremembe v prisotnosti onesnaževalcev v zraku. Prisotnost PM10 v zraku je opazovala Bolte (2004). Meritve so bile opravljene pozimi in poleti in to na petih različnih merilnih mestih, od katerih se štiri nahajajo v izbrani Promotovi celici. Rezultati meritev se močno razlikujejo glede na mesta opazovanja, kot je videti na sliki 7, čeprav gre v Ljubljani in Domžalah povsod za urbana območja. Glede na to raziskavo je težko pričakovati, da bi se napovedi Promota ujemale z ARSO meritvami.





Slika 7: Zimsko in poletno povprečje izmerjenega PM10 na izbranih merilnih mestih v 2003 (Bolte, 2004).

Šele primerjava dnevnega povprečja napovedi in meritev je dala uporabne rezultate. Na sliki 8 so prikazana povprečja ARSO meritev in Promotovih napovedi PM10 za vsak dan v oktobru 2009. Grafa imata podobno obliko. V povprečju so v Ljubljani izmerjene dnevne povprečne vrednosti PM10 od napovedanih višje za  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , s standardno deviacijo  $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (izračunano glede na celoten vzorec: april, julij in oktober v letih 2009 in 2010).



Slika 8: Dnevna povprečja koncentracije PM10, oktober 2009 (Vir podatkov: Promote, 2012, ARSO, 2012).

Pri ozonu imata grafa prav tako podobno obliko, le da je tokrat izmerjena vrednost nižja od napovedane in sicer za  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , s standardno deviacijo  $14,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , računano samo za mesec april 2009.

Ker je moje poznavanje ozadja Promotovih podatkov omejeno, sploh pa glede njihovega načina pridobitve, lahko samo sklepam, da prihaja do omenjenih razlik v vrednostih zaradi metode izračuna Promotovih napovedi in pa različnih nivojev tal.

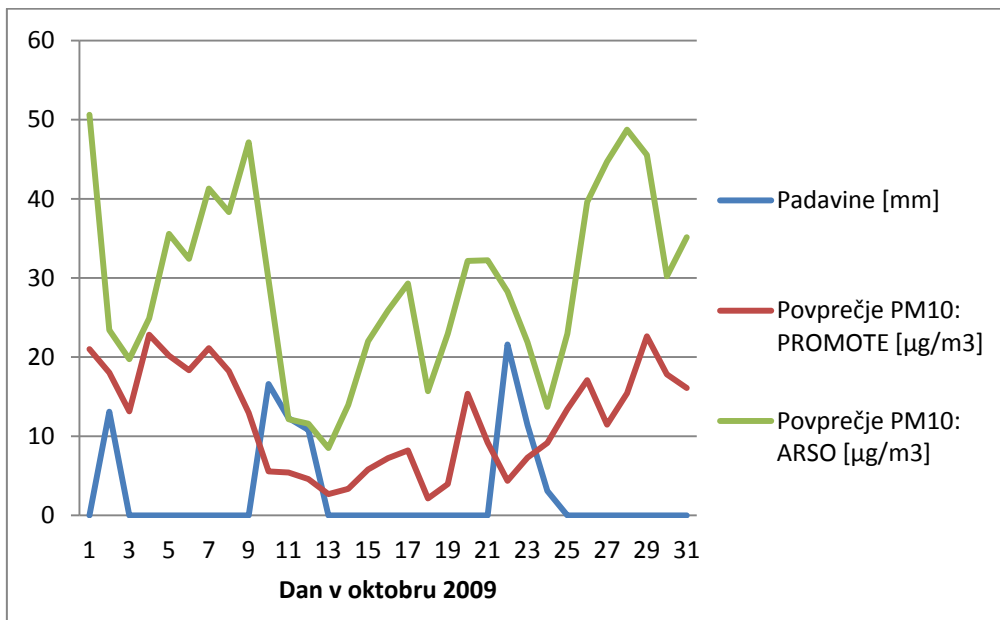
Med grafoma povprečnih dnevnih vrednosti napovedi in meritev dušikovega dioksida ni bilo nobenih podobnosti.

Z vrednotenjem Promotovih podatkov sem ugotovila, da je pametneje delati s povprečnimi dnevnimi vrednostmi kot pa z vsakournimi napovedmi. Hipotezo pa bom za primerjavo testirala tako s Promotovimi kot tudi z ARSO podatki.

## 4.2 Ugotavljanje korelacije med količino padavin in koncentracijo PM10 v ozračju Ljubljane in njene širše okolice

Na sliki 9 so združeni grafi povprečnih vrednosti napovedi in meritev PM10 za oktober 2009 in tudi graf dnevni vsot padavin. Iz slike je očitno, da v primeru večje količine padavin koncentracija PM10 močno upade.

Zanimivo je tudi, da koncentracija PM10 v nekaj zaporednih dneh brez padavin narašča in pada brez posebnega vzorca. Ta pojav je zame, z znanjem in podatki, ki jih imam, nepojasnen, zato so bili za opis korelacije med količino padavin in koncentracijo PM10 uporabljeni zgolj deževni dnevi.



Slika 9: Dnevna vsota padavin in dnevno povprečje napovedi in meritev koncentracije PM10 v oktobru 2009 (Vir podatkov: Promote, 2012, ARSO, 2012).

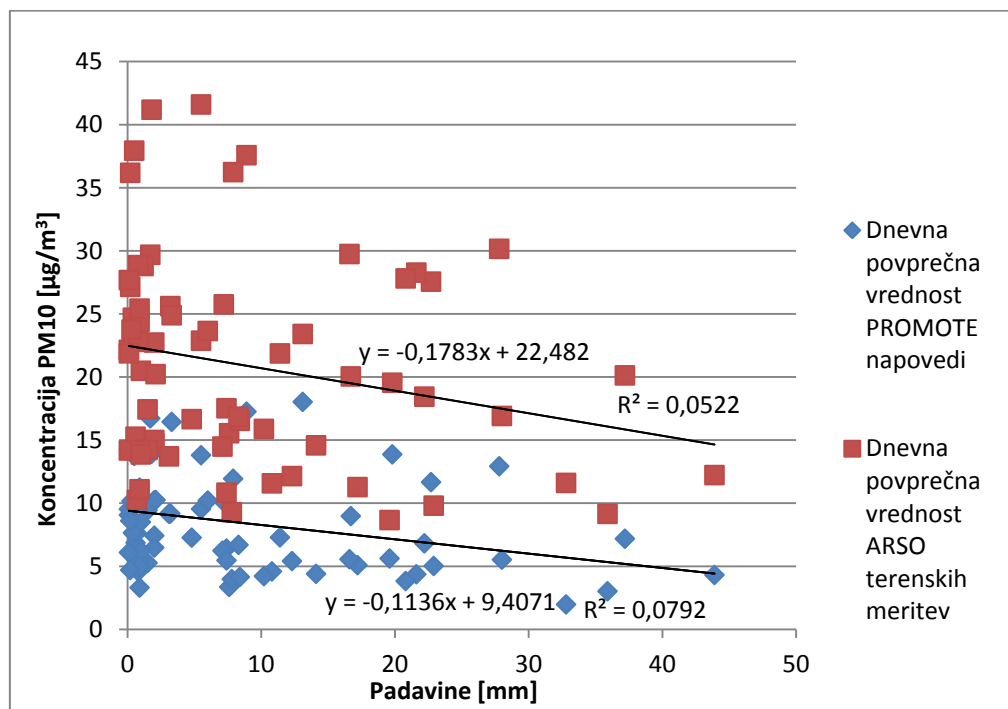
Za testiranje korelacije sem uporabila deževne dni v aprilu, juliju in oktobru 2009 in deževne dni istih mesecev v letu 2012. Skupno je bilo v raziskavo vključenih 67 deževnih dni. V preglednici 3 so zapisani vsi ti dnevi, skupaj z vsoto padavin, ARSO in Promotovimi povprečnimi vrednostmi koncentracije PM10.

Preglednica 3: Deževni dnevi v aprilu, juliju and oktobru v letih 2009 in 2010 s povprečnimi dnevnimi vrednostmi napovedi (Vir podatkov: Promote, 2012) in meritev (Vir podatkov: ARSO, 2012) ter dnevnimi vsotami padavin.

| Dan v 2009 | Vsota padavin [mm] | Povprečje Promote PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Povprečje ARSO PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |
|------------|--------------------|---|--|
| 1.4.       | 2                  | 10,2  | 23   |
| 2.4.       | 22,7               | 11,7  | 28   |
| 3.4.       | 0,5                | 13,7  | 38   |
| 14.4.      | 1,8                | 13,9  | 41   |
| 17.4.      | 1,5                | 5,3   | 17   |
| 18.4.      | 0,6                | 6,9   | 15   |
| 19.4.      | 2                  | 7,4   | 15   |
| 20.4.      | 4,8                | 7,3   | 17   |
| 21.4.      | 5,5                | 9,5   | 23   |
| 23.4.      | 22,2               | 6,8   | 18   |
| 24.4.      | 2                  | 6,5   | 15   |
| 26.4.      | 0,1                | 9,5   | 22   |
| 27.4.      | 0,1                | 9,1   | 14   |
| 28.4.      | 7,6                | 3,4   | 16   |
| 29.4.      | 17,2               | 5,1   | 11   |
| 30.4.      | 7,4                | 6,4   | 18   |
| 1.7.       | 0,4                | 7,6   | 25   |
| 2.7.       | 0,2                | 8,6   | 27   |
| 3.7.       | 27,8               | 12,9  | 30   |
| 5.7.       | 8,3                | 6,7   | 17   |
| 6.7.       | 0,8                | 4,6   | 23   |
| 7.7.       | 28                 | 5,5   | 17   |
| 8.7.       | 35,9               | 3   | 9  |
| 10.7.      | 22,9               | 5   | 10   |
| 18.7.      | 43,9               | 4,3   | 12   |
| 25.7.      | 1                  | 6,2   | 20   |
| 2.10.      | 13,1               | 18  | 23   |
| 10.10.     | 16,6               | 5,6   | 30   |
| 11.10.     | 12,3               | 5,4   | 12   |
| 12.10.     | 10,8               | 4,6   | 12   |
| 22.10.     | 21,6               | 4,4   | 28   |
| 23.10.     | 11,4               | 7,3   | 22   |
| 24.10.     | 3,1                | 9,2   | 14   |

| Dan v 2010 | Vsota padavin [mm] | Povprečje Promote PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Povprečje ARSO PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |
|------------|--------------------|---|--|
| 1.4.       | 7,1                | 6,2   | 14   |
| 2.4.       | 7,4                | 5,5   | 11   |
| 4.4.       | 1,5                | 9,4   | 14   |
| 5.4.       | 7,8                | 4   | 9  |
| 10.4.      | 1,7                | 16,7  | 30   |
| 11.4.      | 0,7                | 7,6   | 10   |
| 12.4.      | 0,9                | 5,4   | 14   |
| 13.4.      | 8,4                | 4,2   | 17   |
| 14.4.      | 1                  | 8,5   | 14   |
| 18.4.      | 3,2                | 9,2   | 26   |
| 21.4.      | 1,2                | 23  | 29   |
| 22.4.      | 3,3                | 16,4  | 25   |
| 26.4.      | 8,9                | 17,3  | 38   |
| 4.7.       | 7,2                | 10,1  | 26   |
| 6.7.       | 16,7               | 9   | 20   |
| 17.7.      | 5,5                | 13,8  | 42   |
| 18.7.      | 0,9                | 5   | 24   |
| 23.7.      | 0,8                | 14,2  | 29   |
| 24.7.      | 14,1               | 4,4   | 15   |
| 27.7.      | 2,1                | 10,3  | 20   |
| 29.7.      | 37,2               | 7,2   | 20   |
| 30.7.      | 19,6               | 5,6   | 9  |
| 4.10.      | 7,9                | 11,9  | 36   |
| 5.10.      | 20,8               | 3,8   | 28   |
| 6.10.      | 0,9                | 3,3   | 11   |
| 17.10.     | 19,8               | 13,9  | 20   |
| 18.10.     | 0,1                | 6,1   | 22   |
| 19.10.     | 0,9                | 11,2  | 25   |
| 20.10.     | 0,3                | 10,2  | 24   |
| 23.10.     | 0,1                | 14,3  | 28   |
| 24.10.     | 6                  | 10,2  | 24   |
| 25.10.     | 32,8               | 2   | 12   |
| 26.10.     | 10,2               | 4,2   | 16   |
| 31.10.     | 0,2                | 4,7   | 36   |

Povezanost med padavinami in koncentracijo PM10 (za ARSO in Promote) lahko prikažemo s pomočjo slike 10, na kateri prikazujemo grafično regresijski model – uporabljen je linearni regresijski model. Na sliki 10 je izrisana regresijska premica, ki prikazuje povezanost med spremenljivkami. Na osnovi regresijskega modela je pojasnjen nizek delež variabilnosti obravnavanih spremenljivk ( $R^2 = 0,05$  za ARSO in  $R^2 = 0,08$  za Promote) – šibke odvisnosti koncentracije PM10 od količine padavin. Govorimo torej o slabi linearni povezanosti, ki je lahko taka predvsem zaradi mnogih drugih vplivov na koncentracijo PM10 poleg padavin.



Slika 10: Koncentracija PM10 v zraku kot funkcija količine padavin (Vir podatkov: Promote, 2012, ARSO, 2012).

V nadaljevanju sem preizkusila pravilnost domneve o linearni povezanosti koncentracije PM10 in količine padavin. Postavila sem ničelno domnevo  $H_0$  in alternativno domnevo  $H_1$ .

$H_0$ : spremenljivki nista linearno povezani,

$H_1$ : spremenljivki sta linearno povezani.

Izračunala sem statistiko T (Drobne, 2009):

$$T = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}},$$

kjer je:

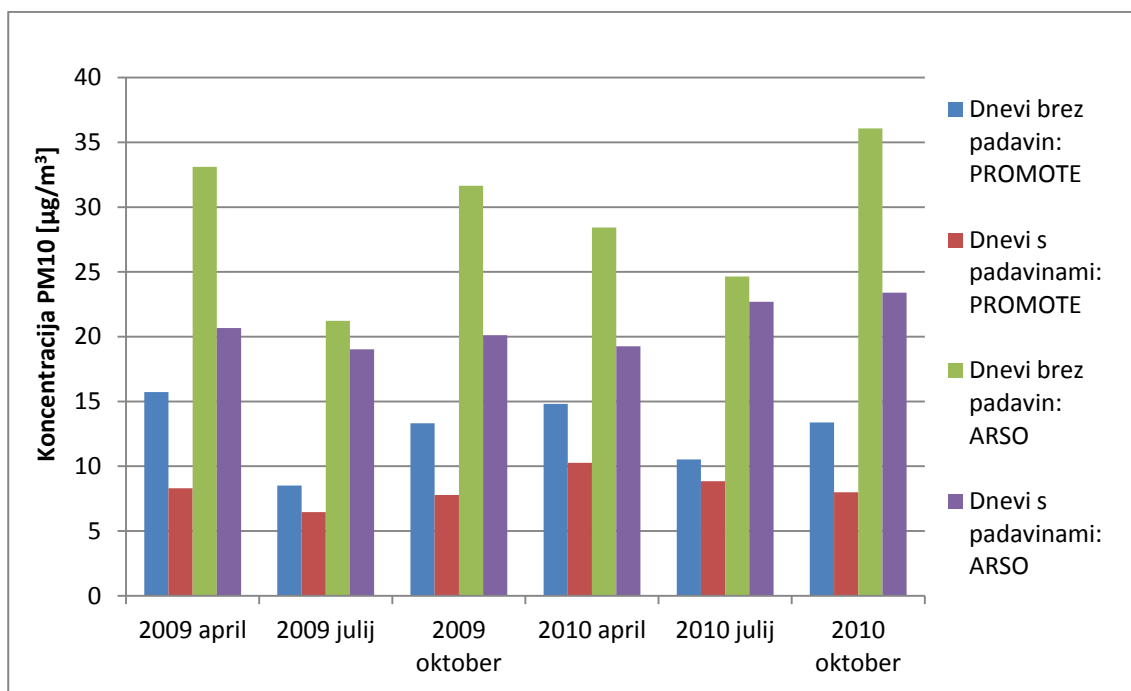
$T$ .....statistika  $T$ , ki jo primerjamo s teoretično  $t$ ,

$R$ .....koeficient korelacije,

$n$ .....število dni s padavinami.

Za Promotove podatke lahko s tveganjem manjšim od 2,7 % ( $t_{\alpha=0,027; v=65} = -2,364$ ) trdimo, da  $H_1$  velja in sta koncentracija PM10 in količina padavin linearno povezani. Za podatke ARSO lahko s tveganjem manjšim od 6,4 % ( $t_{\alpha=0,064; v=65} = -1,892$ ) trdimo, da  $H_1$  prav tako velja in sta koncentracija PM10 in količina padavin linearno povezani.

Slika 11 prikazuje povprečja koncentracije PM10 za deževne dni in dni brez padavin za mesece, ki so bili vključeni v raziskavo. Oba nabora podatkov, ARSO in Promote, kažeta na veliko razliko v vsebnosti PM10 med dnevi z in brez padavin, kar se ujema z ugotovitvami te diplomske naloge.



Slika 11: Mesečna povprečja PM10 za izbrane mesece ločeno za dneve z in brez padavin (Vir podatkov: Promote, 2012, ARSO, 2012).

## 5 ZAKLJUČEK

Hipoteza “Z naraščanjem količine padavin pada koncentracija PM10 v zraku,” je bila potrjena z manj kot 2,7-odstotnim tveganjem za Promotove podatke in z manj kot 6,4-odstotnim tveganjem za ARSO podatke. Za Promotove napovedi je bilo dokazano, da z naraščanjem količine padavin koncentracija PM10 v zraku pada. Rezultati so bili preverjeni še s testiranjem iste hipoteze na ARSO terenskih meritvah, ki je še dodatno potrdilo ugotovljeno.

Promotove napovedi so zaradi svoje slabe natančnosti uporabne kvečjemu za globalno uporabo, nikakor pa ne za lokalne raziskave. Če se pojavi potreba po lokalni uporabi Promotovih podatkov, jih je najprej potrebno kalibrirati z meritvami z nivoja tal.

Kljub potrditvi hipoteze je imela raziskava nekaj slabosti. Če bi Promote poleg podatkov nudil tudi informacijo o metodologiji, uporabljeni za pridobitev napovedi, bi bilo lažje razložiti razliko med ARSO in Promotovimi podatki. Medtem, ko so bile meritve ARSO opravljene na jasno določenem nivoju tal, Promotove napovedi niso imele definirane nivoja tal, očitno pa je bilo, da nivoja tal obeh virov podatkov nista ista ali vsaj podobna.

Zaradi nizke ločljivosti Promotovih podatkov napovedi tudi niso natančne. Samo sklepam lahko, da veljajo za neko povprečno višino znotraj celice.

Če bi Promotove podatke testirala še na drugih celicah s primerjavo meritev iz bližnjih vremenskih postaj, bi dobila širši spekter rezultatov, a ne gre pričakovati, da bi se s tem napovedi izkazale za bolj uporabne. Za zanesljivejšo raziskavo bi bilo prav tako potrebno imeti na voljo popoln nabor napovedi in ne le dobro polovico predvidenih.

Prisotnost ozona, dušikovega dioksida ali PM10 je zelo kompleksen pojav in bi ga bilo potrebno raziskovati z združevanjem večih strok v multidisciplinarni študiji, ne le z uporabo prostorskih podatkov. Poznavanje kemije, meteorologije in drugih znanosti je zelo pomemben del tovrstnih raziskav in tudi ta bi bila lahko bogatejša, če bi poleg prostorske komponente imela tudi omenjena znanja.

Z raziskavo sem hotela pokazati, da so prostorski podatki – opazovanja Zemlje, kot so Promotove napovedi kakovosti zraka, lahko uporabni tudi v drugih znanostih, lahko prispevajo k njihovem razvoju in so družbeno koristne. S potrditvijo hipoteze in ugotovitvijo, da imajo ARSO meritve in Promotove napovedi s povprečnimi dnevnimi vrednostmi vzporedne grafe za PM10 in ozon, je bil moj cilj dosežen.



## VIRI

ARSO. 2012. Agencija Republike Slovenije za okolje.

<http://www.arso.si/> (Pridobljeno: 20. 4. 2012.)

Blanco Heras, G.A., Piñeiro-Iglesias, M., Turnes Carou, I., López-Mahia, Muniategui, S., Prada, D. 2004. Characterization of soluble ions in pm10 fraction airborne particulate matter. Relations with rain water. Abstracts of the European Aerosol Conference 2004. Budimpešta, Madžarska, 6. – 15. september 2004. Elsevier: str. 687-688.

Bolte, T. 2004. *SILAQ* project in Slovenia. Abstracts of the European Aerosol Conference 2004. Budimpešta, Madžarska, 6. – 15. september 2004. Elsevier: str. 689-690.

CGIAR-CSI. 2012. Spletna stran The CGIAR Consortium for Spatial Information, SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1.

<http://srtm.csi.cgiar.org/> (Pridobljeno 25. 6. 2012.)

Drobne, S. 2002. Statistika, vaje: Samo Drobne in Goran Turk. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 154 str.

GEO. 2012. Group on Earth Observation.

<http://www.earthobservations.org/index.shtml> (Pridobljeno 28. 8. 2012.)

Marcazzan, G., Ceriani, M., Valli, G., Vecchi, R. 2004. The influence of atmospheric dispersion on nighttime-daytime PM10 concentration values. Abstracts of the European Aerosol Conference 2004. Budimpešta, Madžarska, 6. – 15. september 2004. Elsevier: str. 701-702.

Observe. 2012. Strengthening and development of Earth Observation activities for the Environment in the Balkan area.

<http://www.observe-fp7.eu/> (Pridobljeno 20. 8. 2012.)

Patias, P., Gospavić, Z., Gučević, J., Čilerdžić, A. 2011. The EU-FP7 “OBSERVE” in support of establishing NSDI in Balkan region countries. Proceedings, 1st Serbian Geodetic Congress. Beograd, Srbija, 1. – 3. december 2011. Beograd, Republiški geodetski zavod: str. 338-344.

Promote. 2012. Protocol Monitoring for the “Global Monitoring for Environment and Security” Service Element: Atmosphere.

<http://www.gse-promote.org/> (Pridobljeno 10. 6. 2012.)

QA4EO. 2012. A Quality Assurance Framework for Earth Observation.

<http://qa4eo.org/background.html> (Pridobljeno 28. 8. 2012.)