



**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**KADINHANI FAİK İÇİL MESLEK YÜKSEKOKULU**  
**SOSYAL VE TEKNİK**  
**ARAŞTIRMALAR DERGİSİ**

Selçuk University  
The Journal of Social and Technical Researches

**Yıl:2014 - Sayı: 7 - ISSN - 2146 - 7226**  
**[sosyoteknik.selcuk.edu.tr](http://sosyoteknik.selcuk.edu.tr)**

**SOSYOTEKNİK**

**T.C. SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
KADINHANI FAİK İÇİL MESLEK YÜKSEKOKULU  
SOSYAL VE TEKNİK ARAŞTIRMALAR DERGİSİ**

**KÜLTÜR BAKANLIĞI TESCİLLİ ADI: SOSYOTEKNİK**  
**ISSN: 2146 - 7226**  
**İMTİYAZ SAHİBİ: DOÇ. DR. MURAD AYDIN ŞANDA**  
**İLETİŞİM: [sosyoteknik@selcuk.edu.tr](mailto:sosyoteknik@selcuk.edu.tr)**

**EDİTÖR:**

Yrd. Doç. Dr. İsa ALTINIŞIK

**EDİTÖR YARDIMCILARI:**

Doç. Dr. Murad Aydın ŞANDA  
Yrd. Doç. Dr. Handan ERTAŞ  
Yrd. Doç. Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

**YAYIN KURULU:**

Prof. Dr. Orhan ÇOBAN  
Prof. Dr. Önder KUTLU  
Prof. Dr. Rifat İRAZ  
Doç. Dr. Aykut BEDÜK  
Doç. Dr. Enderhan KARAKOÇ  
Doç. Dr. Hakkı Mümin AY  
Doç. Dr. Mehmet MUCUK  
Doç. Dr. Murad Aydın ŞANDA  
Doç. Dr. Nuray TERZİ  
Doç. Dr. Ufuk Deniz AŞÇI  
Doç. Dr. Vural ÇAĞLIYAN  
Yrd.Doç.Dr. Handan ERTAŞ  
Yrd.Doç.Dr. İsa ALTINIŞIK  
Yrd.Doç.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN  
Dr. E. Tuğba AKYÜZ  
Dr. Memduh KARA

## DANIŞMA KURULU

<b>ÜNVANI</b>	<b>ADI-SOYADI</b>	<b>ÜNİVERSİTE</b>
Prof. Dr.	Adnan ÇELİK	Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr.	Rifat İRAZ	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Ayhan GÖKTEPE	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Celalettin ÖZDEMİR	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Cemil SUNGUR	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Hakkı M. AY	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Haluk DUMAN	Aksaray Üniversitesi
Doç. Dr.	Mehmet GÖKÜŞ	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Mete SEZGİN	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Murad Aydın ŞANDA	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Mustafa AY	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Nuray TERZİ	Marmara Üniversitesi
Doç. Dr.	Ömer MUTLUOĞLU	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Şakir TAŞDEMİR	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Şebnem ASLAN	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Şükrü BALCI	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Tahsin KARABULUT	Necmettin Erbakan Üniversitesi
Doç. Dr.	Vural ÇAĞLIYAN	Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr.	Yaşar SEMİZ	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Ahmet Burhan ÇAKICI	Gümüşhane Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Alper Veli ÇAM	Gümüşhane Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Cansel OSKAY	Mersin Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Derya ÖZİLHAN	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Enderhan KARAKOÇ	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	F. Atıl BİLGE	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Fatih ERBAY	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Fikret ÇELİK	Kırıkkale Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Hakan ACET	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Handan ERTAŞ	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Hayriye SAĞIR	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	İsa ALTINIŞIK	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	İsmail SEVİNÇ	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	M. Fatih Bilal ALODALI	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Makbule Evrim GÜLSÜNLER	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Mehmet SAĞIR	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Murat SELEK	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Mustafa ONÜÇYILDIZ	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Nahit YILMAZ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Sefa USTA	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.	Şafak ÜNÜVAR	Selçuk Üniversitesi

# IMPROVING GNSS-DERIVED ELLIPSOIDAL HEIGHTS USING OBSERVED METEO DATA

Dr. Seyit Ali YILMAZ

<sup>1</sup>Selcuk University Kadinhani Vocational High School Mapping And Cadastral Science

seyit@selcuk.edu.tr

## Abstract

Geodesy Engineering produces 3d coordinates (X,Y,H) and this science is infrastructure engineering. While geodesy engineering is used for the purpose of commercial activities that's multidisciplinary sciences such as building, bridge, barrage, road build's, architecture, geographic information systems, transportation, communication; but it is also aimed to be used for the purpose of scientific researches that's meteorological and Earthquake Researches. The trueness of the coordinate directly effects multidisciplinary sciences conducted by Geodesy engineering. Study for Improvement of Ellipsoidal heights was firstly applied by Dr.Seyit Ali Yılmaz in Europe and positive improvements has been obtained but according to the PhD supervisors of Dr.Seyit Ali Yılmaz, more applications of Global Navigation Satellite System (GNSS) measurements should be done in different climate conditions. All scientific studies of concern to this proposal have been referred to Improvement Ellipsoidal Heights, which acronym is "IEHs".

**Anahtar kelimeler:** Geodesy Engineering; GNSS; Scientific Researches; Height Coordinate; Tropospheric delay effect

## 1. GNSS Sciences

GNSS measures which can be determined X,Y Coordinates about 0~1 cm. are high sensitive's while ellipsoidal heights is very poor approximately 3~5 cm if no long grid is especially about 5~20 km<sup>[1,2]</sup>. This sensitiveness is very important for scientific works such as fine meteorological weather forecast or prediction of earthquake researches.

The proposed IEHs will improve the availability of excellent, trained Multidisciplinary engineering for European scientific researches, will be seed of innovative long-term research and education in meteorological and it will make a major contribution to earthquake researches. As known; prediction on the earthquake researches is very important for human life. On the other hand; meteorological forecast is also very important for different fields such as agricultural products and long term forecast prediction. Because of tropospheric delay effect, earthquake and long term meteorological forecast researches use 3d GNSS coordinates which are very sensitive X and Y coordinates except H ellipsoidal results<sup>[3,4,5,6,7]</sup>.

Agreed on some principles with Prof.Dr.C.Satirapod, he sent an invitation letter from Department of Survey Engineering Chulalongkorn University Bangkok Thailand to do postdoctoral researches.

## 2. Excellence

### 2.1. Quality, innovative aspects and credibility of the research

#### 2.1.1 Introduction, objectives and overview of the research programme

**Introduction of the proposal:** Coordinate Science very old matter of fact is in as much as humanity. Geodesy science approach coordinates. Actually present all the engineering sciences as building sectors, architecture, navigation, transportation geography information system (gis) very popular sector last decades. That means, geodesy science is multidisciplinary engineering science. 90's years advanced limitless improvement global navigations satellite system-gnss<sup>[8]</sup>. Finished the gnss measures; must be process; to coordinate count, by way of computer that suitable software programmes. Many business firms created to software programmes to this process technique<sup>[9]</sup>. Anyway; gnss coordinates as are suitable for commercial applications except that Scientific researches such as earthquake researches, meteorological researches<sup>[10]</sup>. On the other hand; Because of could not interfere from external to Tropospheric effect values; commercial programmes not suitable or need to improvement for Scientific Researches<sup>[11]</sup>.

**One of the reasons of the Ellipsoidal height's sensitive poorness:** The troposphere is the lowest layer of the atmosphere. Its thickness is approximately 18 km at the equator whereas it decreases 8 km towards the poles. Atmosphere which is the densest of the troposphere by containing 75% of the total mass compared to the other layers of the atmosphere is a significant error source in determining the point location. Since the troposphere is the layer that isn't ionised or called neutral its effect on GNSS signals can't be eliminated by phase combinations occurred from L1 and L2 carrier waves of GNSS receivers as in ionosphere layer<sup>[12]</sup>. Tropospheric layer contains %90 dry component and %10 wet components that is mainly problem wet component<sup>[13]</sup>. Tropospheric delay effect is a function of temperature, relative humidity and pressure and it is related with the height of the measuring point. The effect of neutral (non-ionized) atmosphere to electromagnetic waves transmitted in radio frequency is called tropospheric delay effect (or tropospheric refraction)<sup>[14]</sup>. This effect causes slowing down or a deflection of the electromagnetic wave. Saastamoinen and Hopfield

models with atmospheric parameters independent of time and the actual meteorological conditions are widely used in the evaluation of observation of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in Tropospheric delay calculation. In meteorological applications, it is very hard to represent the location and time distribution of water vapour in atmosphere. The numerical estimation quality of Precipitable Water: PW depends on the correct determination of atmospheric humidity dispersion<sup>[15]</sup>. Tropospheric effect must be analyzed to gns measures and used to be Gamit software Programme to Scientific Researches. Ellipsoidal Heights results counted only 3~5 cm. sensitive's however X, Y Coordinates 0~1 cm<sup>[16]</sup>.

**The main objectives are;** improvement the ellipsoidal height sensitive's (retrenchment: IEH's) by gns measurements to scientific works such as:

- Meteorological researches
- Earthquake researches (multidisciplinary)
- Renovation to the CORS (Continuously Operating Reference Stations) points in all Europe (interdisciplinary)

The main challenge is; although developed some techniques such as mapping functions (Global mapping functions, Vienna mapping functions) could not eliminate to the tropospheric delay effect.

Innovative aspect: Dr. Yilmaz developed first time new technique is innovative project measure that of air temperature, pressure and humidity simultaneously statically gns measurement<sup>[17]</sup>. He was directed by Supervisor which name Assoc.Prof.Dr. Muzaffer Kahveci constructed and managed Cors points in Europe end of the 1990's years. Anyway Assoc.Prof.Dr.M.Kahveci directed to Dr. Yilmaz of Cors point's renovation with sensor measure values for scientific researches.

State of the art Project, IEH's is multidisciplinary subject that, infrastructure engineering present 3d coordinates to all engineering applications are multidisciplinary subject. Because of non-commercial aim of the IEH's is via important for scientific works provide service of infrastructure engineering to the multidisciplinary works such as meteorological and earthquake researches. Therefore beyond the state of art IEH's project present scientific service and should be supported for science.

**Objectives: Contribution for Europe,** In case of desired results, the greater returns multidisciplinary state of art this project Europe will gain scientific excellence and very big prestige via important scientific subjects with the IEH's such as:

- **Long time basis on the Meteorological forecasts;Current method:** The limited of only 1~5 days the weather forecast current technology % 95 rightly, launch the sphere balloons 2 times in a day and very expensive method.

- **Earthquake researches;** Importance of the IEH's project for the Earthquake Research Instituties to do seismic works need to truly ellipsoidal heights. As known Earthquake researchers use to gns coordinates for seismic applications; are very important highly sensibility.

**Contribution of beyond of the state of art IEH's project for Europe:**

- Long time basis on meteorological weather forecasts to product for planting and farming
- Cheapest
- Trueness
- Present to sensitive 3d coordiantes for earthquake researches
- Launched in airspace the satellites by Europe Countries had an very big investment for

knowledges of need it. Consequently the trueness of the gns coordinates expectation is very normal obtained by satellite. IEH's project is beyond the state of art excellent project will cover the expectations.

Overview the action: Dr. Yilmaz, will set up equipment's as suitable region in Thailand at the hexagonal shapes about 200 km<sup>2</sup> heights different as possibility from each other totally 10 points to the research meteorological sensor measurement. In addition prepare gns devices, that provided to Department of Survey Engineering, rent a car for each points to use to accumulator car's to energy by meteorological sensors which measure temperature, pressure and humidity simultaneously gns devices. Prof.Dr. Satirapod who is the Supervisor, will help to find to the researcher 10 expert for each points, measurement continue about 8~12 hours nonstop start and finish simultaneously<sup>[18]</sup>. All the gns results will saved to internal disks that mounted gns devices, however meteorological sensor results, will saved appropriate folder which name rinex into the hard disk by computer ready for in the field. When finished the field measurements, will start the same time official studies as process, with suitable programme the gamit software. Next step is coordinate accounts (X, Y, and H). Process, results and compare with existing techniques which; mapping functions and standard tropospheric models.

### 2.1.2 Research methodology and approach

ImportingtheexpertspeciallyfromThailandinspecificfieldsisv erybeneficialfor Europe thescientifictransferof knowledgandexperience

Dr.Yilmaz'simpressivebackgroundand experiencewillindisputablyadvancethescientificexcellenceof Selcuk-Geodesy Lab.withregardstothe collaborativeresearchprojects.The researcherwilltransferhisexpertise and great ideas on thegns measurement techniques and data process specifications of the state of art the project.

**Research Methodology and approach:** The principal scientific aim of the project, improve the ellipsoidal height sensitive's to use different method gns measurements simultaneously meteorological sensor datum are the multidisciplinary projects as meteorological or earthquake researches. First time Dr.Yilmaz tested before in Europe and improve to ellipsoidal height sensitive's 3~5 mm. but not enough and need to more test region that different climate country to improve results more 3~5 mm. he believes that a consortium uniting European experts in geodesy together with a well-structured research and training plan provides the best approach to tackle this aim are **innovative activities proposed.**

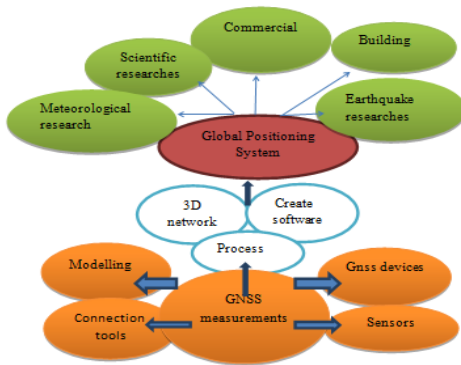


Figure 1: GNSS timetable steps

### 2.1.3 Originality and innovative aspects of the research programme

Although gnss coordinates are suitable for commercial applications, not enough to scientific researches especially for ellipsoidal heights. Gnss systems have been used to many sectors since last 25-30 years, which are used to communication, navigation, building, marina, and much more, useful, cheaper, practical and very fast are Multidisciplinary system. This system must be improved for scientific researches especially meteorological and earthquake researches. The main reason is atmospheric layer contain %90 dry component can modeling and %10 wet components that wet component is very difficult to modeling<sup>[19,20,21,22]</sup>. Until now, the standard tropospheric modeling is used to determine the coordinates.

The main challenge is that, although mapping functions and standard tropospheric model values (1013, 18 °C) are used to for all the different conditions, carry the tropospheric delay error.

Novel Concepts and innovative approaches: First time Dr. Yilmaz will use to meteorological sensor modeling in different advanced techniques and make them fully conversant with the interdisciplinary challenges in this field. Due to improvement gnss sensitive's, one of the states of art multidisciplinary research is earthquake predictions are vitally important to humanity.

Multidisciplinary1- Earthquake researches: Considering tectonic faults; gnss coordinates should have high limit sensitive data bank to be analyzes excellence to earthquake prediction and earthquake risk regions. Will do true analyses, will be save someone's life possibility. Considering that, after earthquake consisted disaster landscape; will not be able to hard prediction severe economic crisis. If thought for some Countries; about millions or billions dollars economical invoice with human life; will be the greatest care about positive contribution to earthquake predictions for humanity.

Multidisciplinary2- The state of art project is important to Meteorological researches to weather forecast. In

case of IEH's will make a major contribution to meteorological researches. Many Europe Countries launched to balloon to the sphere 2 times in a day, morning and evening, for meteorological purposes<sup>[23]</sup>. Due to work with this balloon which name radiosonde tools, done weather forecast in Europe countries cost of about 300 Euros per balloon. Radiosonde tools that work with balloon and mounted to radio to disposable measured temperature, pressure and humidity, during to rise free atmosphere broadcast to ground stations. Accounted to in Turkey region launched total 8 cities 16 balloons only for one day. For 365 days total account about 6.000 balloon cost 300 euro, totally about 1.750.000 Euro per country is very high cost launched the sphere irreversible, unlike gnss signals at no cost. On the other hand; because of the weather events (wind, thunder, and storm exc.) absolutely changed the route this balloons after launched, cannot serve correct position. These balloons can do weather forecast for 1~5 days, but limited to 10~14 days period of time and cannot monthly period of time. Compared with gnss signals the balloons; shown the gnss signals much more advantages, that; cost, validity, truly to refer and fastness.

One of the other challenge is, the tropospheric delay effects move to from on stock mapping functions, the researcher is believe that; gnss method and simultaneously meteorological datum (pressure, temperature and humidity) measurements will repair the fault.

Approach or method: Dr. Yilmaz would like to beyond state of art project that, improve to ellipsoidal heights sensitive to use measure to meteorological data's (temperature, pressure, humidity) instead of mapping functions or standard tropospheric model using<sup>[24,25,26,27]</sup>.

Interdisciplinary Approach: In case of improve to the ellipsoidal height sensitive, may be renovation Cors (Continuously Operating Reference Stations) statically points for in Europe countries to use all multidisciplinary engineering works<sup>[28,29]</sup>.

### 2.2. Clarity and quality of transfer of knowledge/training for the development or the researcher in light of research objectives

While the Researcher chosen this multidisciplinary method; educated to him supervisor Assoc.Prof.Dr. Muzaffer Kahveci is best of Geodesy, Space Geodesy and Bernese software programme best user in the world. He still works supervisor in Turkish Satellite TURKSAT. He directed to the Researcher about Geodesy Sciences, gnss measurement technics and important to Ellipsoidal Heights for Multidisciplinary subjects.

Quality of transfer of knowledge's: In addition, the Researcher contacted with Dr. Robert King; work is Department of Earth Atmospheric and Planetary Sciences MIT Harvard University USA, written by Gamit Software Programme to improvement to using meteorological sensor data's simultaneously gnss measurements<sup>[30]</sup> are innovative approach of the object. Dr. Yilmaz will transfer to all knowledge's learned from Dr. Robert King Department of Earth Atmospheric and Planetary Sciences MIT Harvard University USA and The Supervisor Prof.Dr. Satirapod scientific project results to Europe with all experiences by way of conferences, symposiums, scientific workshops planned in the workpackages shown table 2.1.b. all details 2.4.

Clarity and quality of knowledge: Instead of commercial software's, gamit software is, alternatively used to scientific researches, created to by Harvard University USA, Dr. Robert King mentioned above. Although; changed all the different points that are heights, temperature and humidity values normally commercial programmes use to standard tropospheric model values (1013, 20 °C)<sup>[31,32,33,34,35]</sup>. This mean is ignoring the changeability weather conditions. So; tropospheric effect will be ignoring too. That means; ignore to natural events in the tropospheric layer. So; provided to ellipsoidal height results give error for scientific researches that is the main challenge ideas of Dr. Yilmaz.

Transfer of knowledge: Dr. Yilmaz will test to in Thailand different measurement technics, because of a tropical climate to IEH's project to improvement scientific researches as meteorological or earthquake researches are multidisciplinary method. Because, he need to more datum for car one step further beyond state of art IEHs project. Earthquake predictions are of vital importance inside jeopardy belts in the countries, meteorological weather forecast also important for all over the World.

**As mentioned alternative approach to ellipsoidal heights,** Dr. Yilmaz, has been invited to by Prof. Dr. C. Satirapod in Thailand Bangkok Department of Survey Engineering Chulalongkorn University to do researches. Prof.Dr.Satirapod interested in this project application method and guaranteed of source the University provided to practice about improvement ellipsoidal heights.

**He will transfer his scientific and cultural experiences as state of art that explained clarify workpackages (table 2.1) to Bangkok Chulalongkorn University field works and official works than**

Due to applications current state of art method in Thailand; Europe will be achieve very big profits. Finished to the IEH's project should be repeated all the Cors points (Continuously Operating Reference Stations CORS). Although technological advances, built 90's years that Cors points and still use these, should be repeat with meteorological sensors.

Knowledge Transfers: During to Post-Doctoral researches Dr.Yilmaz; will apply the main challenge aim, with prof. Dr.Satirapod, has many scientific publishes measurement techniques, the beyond state of art project in Thailand-Bangkok. Finished to IEH's project of Department of Survey Engineering Chulalongkorn University in Thailand Dr.Yilmaz will transfer all the test results to only Europe for multidisciplinary researches. He will go to the Far East test-purpose, need to different climate region share to excellence scientific opportunities for Europe. Dr. Yilmaz travelled to many countries in Europe and Far East countries; he has excellence experience their cultural life, will transfer both share wide scientific knowledge and high cultural level that, belonging to Europe style. This application method will be excellent experience for the researcher with current state of art the project.

Originality innovative aspect is the IEH's project, making a huge contribution;

- Multidisciplinary scientific researches as meteorologic and earthquake researches
- Repeat to Cors points (Continuously Operating Reference Stations) to be unerror especially ellipsoidal height but scientific non commercial.

Disciplined and ordinary; Dr. Yilmaz; will be reference to Thailand Scientist, while apply to Geodesic engineering applications. He would like to show European People's specifically experiences, and would like to be cultural bridge to exchange ideas between East and West. Dr. Yilmaz believes that; transfer to his experiences to go Thailand.

Department of Survey Engineering Chulalongkorn University has much Geodesic equipment. This experience will teach to the researcher, different measurement techniques and different comments. The researcher would like to live this experience all his in life. Dr. Yilmaz needs to Marie S. Curie actions to carry out his experience, projects and European high cultural standard.

Obtained to results; Dr. Yilmaz will transfer to his own intelligence about topical multidisciplinary engineering join to relating topics.

- Conference
- Gns Workshops
- Symposiums.

Shown the workpackages list (Table 2.1)

### 2.3. Quality of the supervision and the hosting arrangements

Excellent supervision is the key prerequisite for the success of **IEHs** with respect to achievement of the scientific goals as well as to the formation of a new generation of innovative and independent researchers. **IEHs** will have a clearly identified supervisor and the research topic of the fellow chosen to fit into the core competences of the supervisor. The supervisor acts as direct advisor and meets with Dr. Yilmaz at least on a weekly basis to discuss all issues regarding the project and goals/objectives.

Prof.Dr. Satirapod, within **IEHs** is excellent scientist and has sufficient expertise to offer the Dr.Yilmaz appropriate support and provide for the necessary progress and review procedures, as well as the necessary feedback mechanisms. Coming from various organisations, countries and sectors the supervisor has of course different experiences in terms of leadership in research projects, industrial/academic research, or faculty duties. His complementary skills and experiences is combined in the supervisory board and the supervisory panels which will increase the overall supervision quality of the project and will be a benefit for Dr. Yilmaz an overview of the qualifications and experience of the supervisor biography is given in below. The details of biography honors, awards and research funds are shown page number 17-18.

#### Prof. Dr.ChalermchonSatirapodBiographie:

Chalermchon Satirapod graduated with a Bachelor of Engineering (Surveying) and Master of Engineering (Surveying) from Chulalongkorn University, Thailand, in 1994 and 1997 respectively. He joined the Department of Survey Engineering at Chulalongkorn University as a lecturer in late 1994. In early 1998 he joined the Satellite Navigation and Positioning (SNAP) group as a Ph.D. student. After he finished his Ph.D. studies in early 2002, he has been back to work as a lecturer at Chulalongkorn University. His research interests are data processing techniques and quality-assured

GPS surveying for a range of static applications. He has won several best paper prizes in Australia, U.S.A. and Thailand.

Dr. Yilmaz will set up equipment's as suitable region in Thailand-Bangkok. All the time course will take long times with supervisor share each other any experiments. During to this time, researcher will explore work method between Thailand people and Europe experts, methodical approach solving methods and Thailand cultural life. Because of the research intimate people, the research will learn many experiments as cultural differences, temporal works, disciplinary works, sense capacities, even taste of foods. Due to both of field works and official works, inasmuch as appealed to different engineering subjects this research is proof multidisciplinary method.

### 3. IMPACT

#### 3.1. Enhancing research- and innovation-related human resources, skills, and working conditions to realize the potential of individuals and to provide new career perspectives

Innovative scientific research training combined with a transferable skills research program is of critical importance for excellent career prospects of Dr. Yilmaz. In the European Area there is a growing demand for highly skilled personnel to boost innovation and academia-business interactions. Primary aim improves to the ellipsoidal height sensitive to help multidisciplinary researches. This innovative measure technique will apply first time in our knowledge's static GNSS measurement techniques, simultaneously meteorological sensor data's; according to specific technics; will measure in air temperature, and pressure, humidity. So until now in determining the coordinates with GNSS used to be classical techniques; will change if reach desired limitations. In case of desired sensitive after IEH's application, will play vitally role to interdisciplinary method. **The close contact with meteorological corporations and earthquake research corporations will provide the Dr. Yilmaz with an innovative and unique research programme, preparing him for future research activities in the scientific researches.**

At a scientific level, Dr. Yilmaz will receive unique training on an interdisciplinary research topic. The research program fosters an intense collaboration of all fellows via, night science meetings, a joint measurement campaign and workshops to encompass all scientific aspects of IEHs.

Dr. Yilmaz will experience the impact that his scientific results have in published papers conferences also as discussion topics at workshops, training session and during multidisciplinary researches. Transferable skills capabilities, including skills in scientific communication, scientific approach capability and leadership, are crucial for a successful career in academic or/and scientific research. The research program also provides the researcher with training in important entrepreneurial skills as well as intellectual property rights. The multidisciplinary interaction of IEHs will improve the career prospects of Dr. Yilmaz's cross-cultural and social competences. This complementary research will clearly improve the career prospects of Dr. Yilmaz's and significantly to his scientific career steps. Graduate Marie-Sklodowska-Curie fellows will have an excellent opportunity to gain a European Post-

Doctoral as well as receiving interdisciplinary training on the basis European co-operation, as recommended in the external European training process.

**IEHs** is promoting excellence and helps to make Europe's research and innovation system more competitive on a global scale. **IEHs** will improve the availability of a highly skilled workforce for European scientific researches and multidisciplinary engineering researches, maintaining the leading role of Europe in the knowledge based scientific excellence.

### REFERENCES

- [1] Beutler, G., 1988, Static Positioning With The Global Positioning System (GPS), *State of the Art*, in Groten Strauss (eds.), 363-380.
- [2] Kahveci, M., 1993, GPS System Definition of Orthometric Heights, Master Thesis, (published), *Technical University of Istanbul Scientific Sciences Institute Istanbul*, 28-45.
- [3] Saastamoinen, J., 1972, Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites, in *The Use of Artificial Satellites for Geodesy, Geophysics. Monogr. Ser., vol. 15, edited by S. W. Henriksen, A. Mancini, and B.H. Chovitz, pp. , AGU, Washington, D.C., 247-251*
- [4] Dodson A.H., Shardlow P.J., Hubbard L.C.M., Elegered G., and Jarlemark P.O.J., (1996), "Wet Tropospheric effects on precise relative GPS height determination", *Journal of Geodesy*, No. 70, 1996
- [5] Hopfield, H.S., 1971, Tropospheric Effect on Electromagnetically Measured Range, *Prediction from Surface Weather Data*.
- [6] Janes, H., W., Langley, R., B., Newby, S., P., 1991, Analysis of Tropospheric Delay Prediction Models, Usher Canada Limited, *Edmonton, Alberta TS5, 1K9, Canada, 62*.
- [7] Anthes, R.A., 1983, Regional Models of the Atmosphere in Middle Latitudes, *Monthly Weather Review*, 111, 1306-1335.
- [8] Kahveci, M., and Yildiz, F., 2005, Global Positioning System (GPS), Theory-Application, *Nobel Publish, Improved 2. publish, Ankara*, 113-116.
- [9] Kahveci, M., 2009, and Yildiz, F., GPS/GNSS Global Positioning System with Satellite, ISBN 978 975-591-203-5, *Nobel publication Com, Ankara*, 1-52.
- [10] Kahveci, M., 1997, Investigation on the Effect of Propagation Errors on Gps Observations in Turkey Region, *Istanbul Technical University, Istanbul*, 2-8.
- [11] Haase, J., Calais, E., Talaya, J., Rius, A., Vespe, F., Santangelo, R., Huang, Z.Y., Davila, J., M., Cucumill, M. Ge, L., Flores, A., Sciatetta, C., Pacione, R., Boccolari, M., Pugnaghi, S., Vedel, H., Mogensen, K., Yang, X., Garate J., 2001, The Contributions of the MAGIC Project to the COST-716 Objections of Accessing the Operational Potential of Ground-based GPS Meteorology on an International Scale. *Phys. Chem. Earth (A)*, Vol. 26, No. 6-8, 433-438.



- [12] Kahveci, M., 2009, and Yildiz, F., GPS/GNSS Global Positioning System with Satellite, ISBN 978 975-591-203-5, Nobel publication Com, Ankara, 1-52.
- [13] Bai,Z., 2003, Feng, Y., GPS Water Vapor Estimation Using Interpolated Surface Meteorological Data From Australian Automatic Weather Stations. *Journal of GPS*, Vol.2, No 2, 83-89.
- [14] Janes, H., W., Langley, R., B., Newby, S., P., 1991, Analysis of Tropospheric Delay Prediction Models, Usher Canada Limited, *Edmonton, Alberta TS5, 1K9, Canada*,151-161
- [15] Hopfield, H.,S., 1971, Tropospheric Effect on Electromagnetically Measured Range, *Prediction from Surface Weather Data*.
- [16] Glowacki, T. J, Penna, N. T., and Bourke, W. P., 2006, Validation of GPS-based estimates of integrated water vapor for the Australian region and identification of diurnal variability, *Aust.Met.Mag.* 55, 131-148.
- [17] Niell, A.E., 1996,Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths, *Journal Geophysical Research* Vol 101(B2), 3227-3246.
- [18] Erkan, Y., 2008, Effect to GPS Point Position Tropospheric Delay Models, *Zonguldak Karaelmas University Geodesy Master Thesis*, 81-85.
- [19] Ferretti, R., Faccani, C., Francia, M., Cucurull, L., 2005, Operational Assimilation of a network of Ground-based GPS-PW and ZTD into the Weather Forecast. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 06552.
- [20] Hopfield, H.,S., 1977, Tropospheric Correction of Electromagnetic Ranging Signals to a Satellite, A Study of Parameters, *Paper presented at Symposium on Electromagnetic Distance Measurements and the Influence of Atmospheric Refraction*, 23-28 May, 205-215.
- [21] Saastamoinen, H., S., 1973, Impact of Different Tropospheric Models on GPS Baseline Accuracy: Case Study in Thailand.
- [22] Satirapod, C., Wang, J.&Rizos, C., 2002, Stochastic Assesment of GPS Carrier Phase Measurements for Precise Static Relative Positioning, *Journal of Geodesy*, 76(2), 95-104
- [23] Hoffman-Wellenhof, B., Lichtenegger,H., and Collins,J., 1994, *Global Positioning System Theory and Practise*, Springer Verlag, Wien/Newyork.
- [24] Kahveci, M., Yağcı, B., Cingoz, A. and Atalar, M. K., 2008, Obtained from GPS Water Vapour Used to be Meteorological Purposes (*GPS Meteorology*) *Meteorology Managment*, Ankara, 1-12
- [25] Boehm, J., Schuh, H., 2004, Vienna mapping functions in VLBI analyses. *Geophysics Res Lett* 31:L01603, doi:10.1029/2003 GL 018984, 1-12.
- [26] Boehm, J., Werl, B.,ve Schuh, H., 2006a Troposphere mapping functions for GPS and VLBI from ECMWF operational analysis data, Institute of Geodesy and Geophysics, *Vienna University of Technology, Gusshausstrasse 27-29, 1040 Vienna, Austria*, 2-12.
- [27] Boehm, J., Niell, A., Tregoning, P., Schuh, H., 2006b, Global Mapping Function (GMF), A Newempirical Mapping Function Based On Numerical Weather Model Data, *Geophysics Res Lett* 33:L07304. doi:10.1029/ 2005GL025546, Vienna Austria, 12-19.
- [28] Kahveci, M., 2009, Kinematik GNSS ve RTK CORS Networks, ISBN 978-9944-0376-1-7, *Zerpa Publish*, Ankara, 1-3.
- [29] King, R.,W., Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology *Bldg 54 Room 822 Cambridge, MA 02139 GAMIT-USA, GLOB/K Referance Manuel*,2-48.
- [30] Kahveci, M., Karagöz, H. ve Selbesoğlu,O.M., 2011, *Geodesy Geoinformation Field Managment*, 104, 3-5
- [31] King, R.,W., 2013, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology *Bldg 54 Room 822 Cambridge*, Personal Contact
- [32] Boehm, J., Heinkelmann, R., Schuh, H., 2007, A Global Model Of Pressure And Temperature For Geodetic Applications, *Geod* doi:10.1007/s00190-007-0135-3, Vienna-Austria, 2-8.
- [33] Erkan, Y., ve Cingöz, A., 2008, Effect of Tropospheric Delay Models on Precision of GPS Coordinates, *Annual Scientific Meeting of Turkish National Geodetic Commission (TUJK)13-15 November,METU, Ankara*, 2-12.
- [34] Hopfield, H.S., 1969, Two–quadratic tropospheric refractivity profile for correction satellite data, *Journal of Geophysical Research*, 74(18), 4487 – 4499.
- [35] Mekik, Ç., 1993, Tropospheric Pat Delay Modelling in GPS Relative Positioning, *Paper presentation, UKGA General Assembly*, Oxford, Britanya

# ELİPSODAL YÜKSEKLİK VERİLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ IMPROVED ELLIPSOIDAL HEIGHT DATAS

Dr. Seyit Ali YILMAZ

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksek Okulu Harita Kadastro Bölümü  
seyit@selcuk.edu.tr

## Özet

GNSS (Küresel Konum Belirleme Sistemi) 2000'li yılların başından bu yana özellikle ticari uygulamalarda (Yol, köprü yapımı, mimari, kara, deniz hava ulaşımında, güvenlik, iletişim vb) çok yaygın kullanılmaktadır [1]. Ancak mükemmel multidisipliner Jeodezi mühendisliği konusu Meteorolojik çalışmalar, Deprem araştırmaları gibi Bilimsel uygulamalarda; (X,Y) koordinat inceliğini naksine (0~1cm); H Elipsoidal yüksekliği; troposferik gecikme etkisinden dolayı istenen inceliğe sağlayamamaktadır (3~5 cm)<sup>[2,3,4]</sup>. GNSS verilerinin bilimsel çalışma amaçlı olarak kullanılabilmesi için geliştirilmiş tez projesinin ilk ayağı 2012-2013 yılları arasında Konya'da yapılmış; Danışmanların ortak tavsiyesiyle daha fazla testin gerekliliğini, ayrıca farklı iklimlerle coğrafi koşullarda denenmesi gerektiğini öngörmüşler, bunun üzerine kısaltması EYVİ olan Elipsoidal Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi projesi geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Gnss, Elipsoidal Yükseklik Troposferik gecikme, İklim ve coğrafi koşullar

## Abstract

Geodesy Engineering produces 3d coordinates (X,Y,H) and this science is infrastructure engineering. While geodesy engineering is used for the purpose of commercial activities that's multidisciplinary sciences such as building, bridge, barrage, road build's, architecture, geographic information systems, transportation, communication; but it is also aimed to be used for the purpose of scientific researches that's meteorological and Earthquake Researches. The trueness of the coordinate directly effects multidisciplinary sciences conducted by Geodesy engineering. Study for Improvement of Ellipsoidal heights was firstly applied by Dr.Seyit Ali Yılmaz in Europe and positive improvements has been obtained but according to the PhD supervisors of Dr.Seyit Ali Yılmaz, more applications of Global Navigation Satellite System (GNSS) measurements should be done in different climate conditions. All scientific studies of concern to this proposal have been referred to Improvement Ellipsoidal Heights, which acronym is EYVI

Keywords: Gnss, Ellipsoidal heights, Tropospheric delay, Climate and Geographical conditions

## 1. Giriş

Çağımızdaki önemli olgulardan birini muhakkakki yerbulma-konum belirlemedir. GNSS ölçme tekniği 3 boyutlu koordinat üreten (X,Y,H) multidisipliner bir altyapı mühendislik bilimidir. X,Y koordinatlar bilindiği üzere yatay yöndeki değişimi H elipsoidal yüksekliği ifade eder ve denizden olan yüksekliğin hesabında kullanılır<sup>[5]</sup>. GNSS ölçmeleri yol köprü baraj yapımı inşaat yapı sistemleri ve daha pek çok mühendislik alanlarında kara, deniz, hava ulaşımında, iletişim güvenlik gibi ticari uygulamalara koordinat ürettiği için mükemmel bir multidisipliner alt yapı hizmeti görür. Tüm bu avantajlarının yanısıra; GNSS ölçülerinde troposferik gecikme etkisinden dolayı özellikle elipsoidal yüksekliklerinin düşük inceliği bilimsel çalışmalarda yeterli olamamaktadır<sup>[6]</sup>.

Troposfer, atmosferin en alt tabakasıdır. Kalınlığı, ekvator da yaklaşık 18 km iken kutba doğru azalarak kalınlığı 8 km'ye kadar düşer. Atmosferin toplam kütlelerinin %75'ini içermesiyle atmosferin diğer katmanlarına göre en yoğun katmanı olan troposfer, nokta konumunun hassas olarak belirlenmesinde oldukça önemli bir hata kaynağıdır<sup>[7,8,9,10,11]</sup>. Troposfer, atmosferin nötr yani iyonize olmamış katmanı olduğu için GNSS sinyallerine olan etkisi iyonosfer tabakasında olduğu gibi GNSS alıcılarında bulunan L1 ve L2 taşıyıcı dalgalarından oluşturulacak faz kombinasyonları ile giderilememektedir. Troposferik gecikme etkisi; sıcaklık, bağıl nem ve basıncın bir fonksiyonu olup, ölçü noktasının yüksekliği ile bire bir ilişkilidir<sup>[11,12]</sup>. Nötr (iyonize olmamış) atmosferin radyo frekanslarında yayınlanan elektromanyetik dalgalara olan etkisi troposferik gecikme etkisi (ya da troposferik refraksiyon) olarak isimlendirilmektedir<sup>[13,14]</sup>. GNSS kod ve faz ölçülerinin atmosferin yere yakın katmanı olan troposferde gecikmeye uğraması sonucunda oluşan etki bu gözlemlerin lineer kombinasyonlarıyla giderilememektedir. Troposferik gecikme iki parçaya ayrılır: kuru ve ıslak. Kuru bileşeni yüzey meteorolojik ölçmelerinden türetilen birçok troposferik gecikme modelleriyle yüksek doğrulukla belirlenebilir. Islak kısmı ise troposferde hem yatay hem de düşey olarak sıvı su ve su buharının düzensiz dağılımından dolayı hesaplanması (tahmin edilmesi) zordur. Gecikmenin ıslak bileşeni toplam etkinin %10 kadar kısmını oluşturmasına rağmen toplam gecikme için çok hassas bir çözüm bulmada kısıtlayıcı rol oynayan bir belirsizliğe neden olmaktadır<sup>[15,16,17]</sup>. GNSS yükseklik bilgisinin yatay koordinatlara göre daha düşük doğrulukla belirlenmesinin

nedenlerinden birisi hesaplamalarda kullanılan troposferik modellerdeki hatalardır. Oysa Sayısal Tahmin Modelinden (NWP) elde edilecek atmosferik parametreler (sıcaklık, nem ve basınç) yardımıyla yüksek doğruluklu ( $\approx 1-2$  cm) koordinat (yükseklik) bilgisi elde edilebilecek, böylece gerçek zamanlı navigasyon uygulamalarının yanında jeodezik ve jeofizik çalışmalarda da önemli katkı sağlanmış olacaktır. Bununla birlikte; şimdiye kadar uygulanan yöntem 1970 li yıllarda geliştirilmiş değişken sıcaklık nem ve basınçtan bağımsız standart troposferik parametreleridir. (1013 mph, 18 °C) [18,19,20]

**EYVİ Projesi troposferik gecikme etkisiyle ilgili açıklamaların ışığında statik GNSS ölçümleriyle eşzamanlı değişen hava şartlarına göre sıcaklık basınç ve nem bilgilerini de ayrıca ölçüp koordinat hesaplamalarında ticari yazılım programlarını kullanmadan Gamit, Bernese gibi bilimsel amaçlı programlarla process eden ve elipsoidal yüksekliklerdeki inceliğin artırılmasını hedef alan bir Bilimsel çalışma programıdır.** Dr. Yılmaz 2012 ve 2013 yıllarında Türkiye’de ilk defa yaklaşık 400 km<sup>2</sup> lik bir alanda toplam 10 noktada GNSS aletleri ve Meteorolojik Sensörlerle eşzamanlı yaklaşık 8-10 saatlik gözlemlerle 6 şar gün farklı mevsimlerde statik GNSS ölçümleri yapmış ve yükseklik koordinatındaki iyileşmeleri gözlemiştir. Bu çok önemli ve mükemmel Bilimsel çalışmanın elde edilen sonuçları Danışmanlarınca olumlu olarak değerlendirmiş ancak iyileştirmelerin daha göz alıcı olması bakımından farklı bir iklim ve coğrafyada da denenmesi tavsiye edilmiştir.

**Projenin farklı bir coğrafyada denenmesinin gerekliliği:** Troposferik gecikme iki parçaya ayrılır: kuru ve ıslak. Kuru bileşeni yüzey meteorolojik ölçmelerinden türetilen birçok troposferik gecikme modelleriyle yüksek doğrulukla belirlenebilir. Troposferin kuru kısmı hidrostatik dengede olduğundan, ideal gazlar yasası kolayca uygulanabilir ve literatürde bu kısma hidrostatik kısım da denilmektedir. Islak kısmı ise troposferde hem yatay hem de düşey olarak sıvı su ve su buharının düzensiz dağılımından dolayı hesaplanması (tahmin edilmesi) zordur. Gecikmenin ıslak bileşeni toplam etkinin %10 kadar kısmını oluşturmasına rağmen toplam gecikme için çok hassas bir çözüm bulmada kısıtlayıcı rol oynayan bir belirsizliğe neden olmaktadır. Uydular ile GNSS alıcıları arasında seyahat eden sinyalin yükseklik (eğim) açısı 15° ‘nin altında olduğu durumlarda troposferik gecikme çok büyük boyutlara ulaşmakta ve modellenmesi daha da zorlaşmaktadır [31,32,33]. Bu nedenle troposferik etkinin çok iyi analiz edilmesi gerekir. Troposferik etkiyi oluşturan atmosferin en alt tabakasında oluşan hava olaylarındaki meteorolojik veriler GNSS ölçümlerinde kullanılmalıdır. Araştırmacı özellikle stratejik olarak seçmiş olduğu bölgeden kendisine davetiye verecek ve bu konuyla ilgilenen Prof.Dr.Satrapod’la bağlantı kurmuştur.

Araştırmacı daha önce yapmış olduğu iki farklı mevsimdeki ölçüleriyle değişik sıcaklık faklarındaki meteorolojik şartları ölçmesine rağmen araştırmasına farklı iklimlerdeki sıcaklık, basınç ve nem değerlerini statik GNSS ölçümlerine ekleme zorunluğunu Bilimsel mükemmeliyete erişmek için geliştirdiği özgün ve en gelişmiş teknoloji ürünü EYVİ Projesi ile gerçekleştirecektir.

**Projenin beklenen çıktıları:** EYVİ Projesinden elde edilecek sonuçlar Türkiye’de 2012-2013 yılları arasında yapılan çalışmalarla birleştirilecektir. GNSS’ten elde edilen elipsoidal yüksekliklerin Meteorolojik sensor verileriyle geliştirilmesi projesi için daha fazla uygulama gerekliliği şartı sağlanacaktır.

EYVİ projesi multidisipliner özgün ve bilimsel mükemmeliyet içeren en son teknoloji harikası bir projedir. EYVİ projesinden elde edilecek olumlu sonuçlar

- Deprem Araştırmaları için gereken yüksek incelikli GNSS verileri
- Meteorolojik Çalışmalarda uzun süreli hava tahminlerinin yüksek doğrulukla yapılması
- Cors-TR (Sabit RTK GNSS Ağları-Continuously Operating Reference Station) yenilenmesi [21] katkılarını sağlayacaktır.
- Ayrıca GNSS koordinatlarının ticari uygulamalarda olduğu gibi bilimsel çalışmalarda da yaygın bir şekilde kullanılır hale gelecektir. Bilimsel mükemmeliyet mükemmel bir şekilde tasarlanmış EYVİ Projesiyle sağlanacaktır.

## 2. Literatür Bilgisi

Dr Yılmaz tarafından 2012-2013 yılları arasında yapılmış Doktora tez çalışması EYVİ Projesi sonuçlarıyla birleştirilecektir. Troposferik gecikme etkisinin GNSS ölçülerinden elde edilen elipsoidal yükseklik verilerinin inceliğini düşürdüğü ile ilgili tanımlamalar ve kanıtlar araştırma önerisinde verilmiş problem ortaya konmuş ve GNSS ölçümlerinde elipsoidal yükseklikler hala 3~5 cm inceliğinde elde edilebildiği kaynaklarıyla gösterilmiştir. Yükseklik verilerini elimine etmek için “İndirgeme Fonksiyonları-Mapping Functions” geliştirilmiştir ancak bunlarda CORS-TR noktaları yenilenmediği için troposferik gecikme etkisini üzerinde taşırlar [22,23,24].

### 2.1.1. Araştırma Önerisinin Yapılabilirliği

EYVİ Projesi Troposferik gecikme etkisini minimize etmek için her alandaki teknolojik ilerlemeleri göz önüne alarak çeşitli firmalarca üretilmiş doğrudan meteorolojik sensörlerle kısa mesafeli noktalarda (yaklaşık 5~20 km) yapılan GNSS gözlemleriyle eşzamanlı her noktada değişen sıcaklık basınç ve nem bilgilerini toplayarak Bilimsel amaçlı geliştirilmiş yazılım programlarıyla koordinat hesaplamalarına (process) dahil eder ve şimdiye kadar kullanılan standart parametrelerin yerine bu değişken parametreleri kullanmayı öngörür.

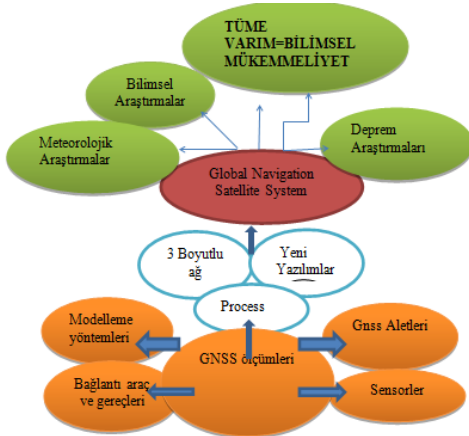
Arazide toplanacak meteorolojik veriler bilgisayarda Gamit ve Bernese yazılım programlarıyla process edilecektir. Oluşturulan “rinex” klasörü içine “m-file” dosyası şeklinde yerleştirilecektir. Bu programlar aksi komut belirtilmediği sürece meteorolojik şartları her yer için standart tutan (1013 mph, 18 °C) değerlerini kullanır [25]. Linux bash scriptte yazılacak bir ek-yama programı sayesinde program bu standart parametreler yerine arazide toplanan meteorolojik verileri kullanıp bu şekilde process edilen noktaların 3 boyutlu

## Elipsodal Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi

(X,Y,H) koordinatları ( $5^0, 10^0, 15^0, 20^0$ ) lik yükseklik açılarında göre ayrı ayrı hesaplanacaktır. Ayrıca koordinatlar meteorolojik veriler olmaksızın standart parametrelerle ve Global indirgeme fonksiyonu değerleriyle de (mapping functions) hesaplanacaklardır.

**Ev sahibi Kurumun Türkiye'ye katkısı:** Dr. Yılmaz 2012-2013 yılları arasında Türkiye'de yapmış olduğu ölçüleri Gamit programıyla process etmiş, sonuç ve öneriler kısmını yalnızca bu programa bağlı kalarak yorumlamıştır.

Prof.Dr. Satirapod bilimsel mükemmeliyeti yakalamak amacıyla çok beğendiği mükemmel tasarlanmış EYVİ projesinin hem ülkesinde uygulanması için hem de 2012-2013 yılları arasında Türkiye'de yapılmış arazi çalışmalarını bizzat Bernese programı ile process etmek için Dr.Yılmaz'ı Doktora sonrası araştırma yapmak amacıyla Tayland'a davet etmiştir. Prof.Dr. Satirapod Türkiye'de yapılan verileri process ederken Dr. Yılmaz'a Bernese programını da öğretecektir. Prof.Satirapod'un çalıştığı ve Tayland'ın en eski üniversitesi olan Chulalongkorn Üniversitesinde mevcut ve yeterli miktardaki alet ve ekipmanlarla yapılacak uygulama sonuçları Türkiye'dekilerle birleştirilip Türkiye'ye bilgi transferi yapılacak, tüm sonuçlar Türkiye'de incelenecektir.



**EYVİ Projesinin İnovative Etkisi:** Proje Türkiye'de ilkidir. Projenin geçerliliği kısmında bahsedilen ve programa ek-yama bir program yazılarak meteorolojik verileri programda kullanma fikri Gamit Program yazarı USA Harvard Üniversitesi "Earth Atmospheric and Planetary Sciences MIT" den Dr.Robert KING'le yapılan bir dizi iletişim sayesinde gelişmiştir. Kendisinde bu fikrin orijinallliği hakkındaki görüşlerini belirtmiş ve desteklemiştir [26]. Farklı bir iklim ve coğrafyada tamamen farklı bir ölçme tekniği ve yazılım programı ile EYVİ Projesi adı altında uygulanması planlanmaktadır. EYVİ Projesinden elde edilecek olası iyileştirmeler Deprem araştırmaları, Meteorolojik çalışmalar gibi Bilimsel amaçlı çalışmalar için mükemmel bir destek olacaktır [27,28,29].

### **EYVİ projesinin multidisipliner konulara katkısı:**

- Türkiye bulunduğu konum itibarıyla deprem kuşağı ülkelerindedir. Dr. Yılmaz'ın Danışmanı ve Türkiyede bulunan CORS-TR(Sabit RTK GNSS

Ağları-Continuously Operating Reference System)ğının kurucularından Doç.Dr.Muzaffer Kahveci'nin 9 Eylül Üniversitesi Deprem Araştırmaları Merkeziyle ortak çalışmaları olmuş ve elipsoidal yükseklik verilerinin iyileştirilmesi durumunda başarılı sonuçlar elde edilebileceği öngörülmüştür. Depremlerin ülkemize yaşatmış olduğu maddi ve manevi acıları göz önüne alınırsa önceden deprem tahminlerinin hayati önem taşıması nedeniyle EYVİ Projesinin mükemmeliyeti daha iyi anlaşılacaktır. Ayrıca önceden deprem tahminlerindeki olası iyileşmeler Ülkemizi bilimsel açıdan diğer ülkelere karşı büyük bir avantaj ve üstünlük elde edecek konuma getirecektir.

- Uzun süreli dayanarak meteorolojik hava tahminlerinde; mevcut teknikle birisi sabah diğeri akşam olmak üzere günde iki kez gökyüzüne balon fırlatılmakta ve 1-5 günlük hava tahminleri bu balonlar yardımıyla yapılmaktadır. Bir balonun maliyeti yaklaşık 150 euro civarındadır ve günlük 300. yıllık ise yaklaşık 110 bin euro geri dönüşümsüz hava tahmini için harcanan paradır. Ayrıca çeşitli hava olaylarından dolayı fırlatılan balonlar bırakıldığı noktada yükselemez mutlaka yön değiştirirler. Bu yön değiştirmeler hava tahminlerinde sapmalar meydana getirir.

**Tüm sayılan bu dezavantajları avantaja çevirecek ve Bilimsel mükemmeliyet için tasarlanmış EYVİ projesinin olumlu katkıları şu sonuçları ortaya çıkaracaktır:**

- GNSS verilerinde maliyet neredeyse sıfırdır ve hem çok uzun süreli hava tahminleri yapılabilir hemde yeryüzü istasyonlarıyla uydular arası sinyal veri alışverişinde balonlarda olduğu gibi sapma oluşmaz.
- Uzun süreli hava tahminleri analiz çalışmaları yardımıyla tarımsal uygulamalarda da ürün ekim dikimleri için çiftçilere hangi ürünü ekeceği konusunda kılavuz olacaktır.
- Ülkemiz için çok büyük maliyetlere varan yukarıda bahsedilen balon fırlatma yöntemi ülkemizin tamamında sona erecek, geliştirilecek GNSS meteorolojisi ile çok ciddi maddi yılda yaklaşık 110 bin Euro'luk kayıp Türkiye bütçesinde kalacaktır.

Bilimsel mükemmeliyetin ana kilometre taşlarını oluşturacak EYVİ Projesi mutlaka desteklenmesi gereken Ülkemiz için son derece hayati öneme sahip bir projedir.

**EYVİ Projesine yaklaşım metodu:** Dr. Yılmaz bölgeyi daha önceden bildiği için farklı bir iklim koşulu ve coğrafya olan Bangkok'ta çalışma bölgesinde belirleyeceği yine altıgen şeklinde ortalama 400 km<sup>2</sup>lik bir alanda yükseklikleri birbirinden mümkün olduğunca farklı 10 noktada statik GNSS ölçümleri ve meteorolojik sensorlerle eşzamanlı meteorolojik verileri (sıcaklık,basınç ve bem) ölçecektir. Türkiye'de yapılan "kış ölçüsü" ve "yaz ölçüsü" uygulama çalışmalarının aksine "kuru sezon ölçüsü" ve " ıslak sezon ölçüsü" şeklinde 2 ölçü kampanyası uygulayacak, ayrı ayrı günlük bazda ortalama 8'er saatlik statik GNSS gözlemi

## Elipsodal Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi

gerçekleştirecektir. Söz konusu veriler GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilecektir<sup>[30]</sup>. Ayrıca 2012-2013 yılları arasında Konya’da yapılmış ölçüleri Prof.Satirapod Bernese yazılım programı ile ikinci kez hesaplayacaktır. Koordinat hesaplamalarında Ticari Yazılım Programları; bilimsel amaçlı olmadıkları için kullanılmayacaktır. Dr. Yılmaz, iş paketinde de belirttiği iş adımlarını zamanında gerçekleştirmek amacıyla bizzat Bangkok’ta Prof.Dr.Satirapod’la görüşmüş alet ve ekipmanları incelemiş uygunluğunu bizzat test etmiş ve hatta çalışacağı yeri bile belirlemiştir. Bölgeyi tam olarak bildiği için her hangi bir uyum süreci olmaksızın doğrudan çalışmalara başlayacaktır. Tüm yapılacak iş planları ayrıntılarıyla “İş Paketi Tablosu” Tablo 2.1 de verilmiştir. Dr. Yılmaz EYVİ Projesinin gerçekleştirilmesi konusunda oldukça moralli, sahip olduğu bilgi ve becerisini göstermede son derece yüksek motivasyondadır.

### Referanslar

- [1] Kahveci, M., 2009, ve Yıldız, F., GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri, ISBN 978-975-591-203-5, Nobel Yayın Dağıtım Tic.Ltd.Şti, Ankara, 1-52.
- [2] Glowacki, T. J, Penna, N. T., and Bourke, W. P., 2006, Validation of GPS-based estimates of integrated water vapor for the Australian region and identification of diurnal variability, *Aust.Met.Mag.* 55, 131-148.
- [3] Kahveci, M., 1997, Investigation On The Effect Of Propagation Errors On Gps Observations In Turkey Region, *Istanbul Technical University*, Istanbul, 2-8.
- [4] Kahveci, M., 2009, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, ISBN 978-9944-0376-1-7, *Zerpa Yayın*, Ankara, 1-3.
- [5] Kahveci, M., 1993, Ortometrik Yüksekliklerin Belirlenmesinde GPS Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, (yayımlanmış), *Istanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 28-45
- [6] Erkan, Y., 2008, Troposferik Gecikme Modellerinin GPS Nokta Konumlarına Etkisi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Jeodezi A.B.D. Bşk.lığı Yüksek Lisans Tezi*, 81-85.
- [7] Hopfield, H.S., 1969, Two–quadratic tropospheric refractivity profile for correction satellite data, *Journal of Geophysical Research*, 74(18), 4487 – 4499.
- [8] Hopfield, H.S., 1971, Tropospheric Effect on Electromagnetically Measured Range, *Prediction from Surface Weather Data*.
- [9] Saastamoinen, J., 1973, Contributions to the Theory of Atmospheric Refraction, Part II, *Bulletin Geodesique*, Vol. 107, 13-34.
- [10] Saastamoinen, H., S., 1973, Impact of Different Tropospheric Models on GPS Baseline Accuracy: Case Study in Thailand.
- [11] Satirapod, C., Wang, J.&Rizos, C., 2002, Stochastic Assesment of GPS Carrier Phase Measurements for Precise Static Relative Positioning, *Journal of Geodesy*, 76(2), 95-104
- [12] Boehm, J., Werl, B., veSchuh, H., 2006a Troposphere mapping functions for GPS and VLBI from ECMWF operational analysis data, Institute of Geodesy and Geophysics, *Vienna University of Technology, Gusshausstrasse 27-29, 1040 Vienna, Austria*, 2-12.
- [13] Bevis, M., Businger, S., Herring, T., A., Rocken, C., Anthes, R. A., Ware, R., H., 1992, GPS Meteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System. *Journal of Geoph. Res.* Vol.97, No. D14, 15787-15801.
- Distance Measurements and the Influence of Atmospheric Refraction*, 23-28 May, 205-215.
- [14] Erkan, Y., ve Cingöz, A., 2008, Effect of Tropospheric Delay Models on Precision of GPS Coordinates, *Annual Scientific Meeting of Turkish National Geodetic Commission (TUJK)13-15 November, METU*, Ankara, 2-12.
- [15] Janes, H., W., Langley, R., B., Newby, S., P., 1991, Analysis of Tropospheric Delay Prediction Models, Usher Canada Limited, *Edmonton, Alberta TS5, 1K9, Canada*, 62.
- [16] Hopfield, H., S., 1977, Tropospheric Correction of Electromagnetic Ranging Signals to a Satellite, A Study of Parameters, *Paper presented at Symposium on Electromagnetic*
- [17] Kahveci, M., ve Yıldız, F., 2005, Global Konum Belirleme Sistemi (GPS), Teori-Uygulama, *Nobel Yayınevi, Geliştirilmiş 2.baskı*, Ankara, 113-116.
- [18] Dodson A.H., Shardlow P.J., Hubbard L.C.M., Elegered G., and Jarlemark P.O.J., (1996), “Wet Tropospheric effects on precise relative GPS height determination”, *Journal of Geodesy*, No. 70, 1996
- [19] Anthes, R.A., 1983, Regional Models of the Atmosphere in Middle Latitudes, *Monthly Weather Review*, 111, 1306-1335.
- [20] Beutler, G., 1988, Static Positioning With The Global Positioning System (GPS), *State of the Art*, in Groten Strauss (eds.), 363-380.

## Elipsodal Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi

- [21] Yılmaz, S., 2014, Gnss Verilerinden Hesaplanan Elipsoid Yüksekliklerinin Atmosferik Verilerle İyileştirilmesi, Doktora Tezi(yayımlanmış), Selçuk Üniversitesi, Konya, 37-104
- [22] Cingöz,A., Demir,C., 2002, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A), *Harita Dergisi Özel Sayı*, 16, Ankara, 2-8.
- [23] Niell, A.E., 1996,Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths, *Journal Geophysical Research*Vol 101(B2), 3227-3246
- [24] Boehm, J., Schuh, H., 2004, Vienna mapping functions in VLBI analyses. *Geophys Res Lett* 31:L01603, doi:10.1029/2003 GL 018984, 1-12.
- [25] Saastamoinen, J., 1972, Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites, in *The Use of Artificial Satellites for Geodesy, Geophys. Monogr.Ser., vol. 15, edited by S. W. Henriksen, A. Mancini, and B.H. Chovitz, pp. , AGU, Washington, D.C., 247-251*
- [26] King, R.,W., 2013, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology *Bldg 54 Room 822 Cambridge*, Kişisel İletişimler
- [27] Kahveci, M., Yağcı, B., Cingoz, A. veAtalar, M. K., 2008, GPS'tenEldeEdilen Su BuharıVerilerininMeteorolojikAmaçlıKullanımı(*GPS Meteorolojisi DevletMeteorolojiİşleriGenelMüdürlüğü*, Ankara, 1-12
- [28] Kahveci, M., Karagöz, H. ve Selbesoğlu,O.M., 2011, *Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi*, 104, 3-5
- [29] Bai,Z., 2003, Feng, Y., GPS Water Vapor Estimation Using Interpolated Surface Meteorological Data From Australian Automatic Weather Stations. *Journal of GPS*, Vol.2, No 2, 83-89.
- [30] King, R.,W., Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology *Bldg 54 Room 822 Cambridge, MA 02139* GAMIT-USA, GLOB/K Referance Manuel,2-48.
- [31] Bai,Z., 2003, Feng, Y., GPS Water Vapor Estimation Using Interpolated Surface Meteorological Data From Australian Automatic Weather Stations. *Journal of GPS*, Vol.2, No 2, 83-89.
- [32] Bevis,M., Businger, S., Herring, T.,A., Rocken, C., Anthes, R.A., Ware, R.,H., 1992, GPS Meteteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System. *Journal of Geoph.Res.* Vol.97, No. D14, 15787-15801.
- [33]Boehm, J., Heinkelmann, R., Schuh, H., 2007, A Global Model Of Pressure And Temperature For Geodetic Applications, *Geod doi:10.1007/s00190-007-0135-3*, Vienna-Austria, 2-8.

**KONYA ALTINAPA BARAJ GÖLÜNDEKİ  
SEDİMENTASYON KAYNAKLI KAPASİTE KAYBININ  
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HESAPLANMASI**

***DETERMINATION OF CAPACITY LOSS OF ALTINAPA RESERVOIR  
CAUSED BY SEDIMENTATION  
USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS***

**Mustafa ONÜÇYILDIZ İhsan BOSTANCI Alpaslan YARAR**

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**ÖZET:** Sedimentasyon, su kaynakları sistemlerinin işletilmesi aşamasında karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Baraj rezervuarları ise bu sorunun en çok yaşandığı yapılarıdır. Rezervuar sedimentasyonu, barajların işletme sürelerini kısaltmakta ve işletme sorunları ile karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Büyük maliyetler ve yoğun bir çalışmanın sonucu ortaya çıkan ve kullanım amaçları dikkate alındığında buldukları ülkeler için ekonomik ve stratejik öneme sahip olan barajların sedimentasyon sonucu tam olarak işletilememesi ve rezervuarların tamamen dolarak kullanılamaz hale gelmesi kabul edilmesi zor bir durumdur.

Rezervuar sedimentasyonundan kaynaklanabilecek sorunların minimum ölçeklerde tutulabilmesi için rezervuarda oluşan sedimentasyonun düzenli olarak takip edilmesi ve barajın işletme şeklinin buna göre belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, rezervuar sedimentasyonunun takibinde kullanılan geleneksel yöntemlere alternatif olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir analiz yöntemi Konya-Altınapa Barajına uygulanmıştır. DSİ tarafından Altınapa Baraj gölünde 1968, 1974 ve 1979 yıllarında alınmış olan ölçümler sonucu hazırlanan batimetrik haritalar Arc View 3.2 yazılımı yardımıyla sayısallaştırılmış ve elde edilen sayısal haritalar 3-D Analyst ve Spatial Analyst uzantıları yardımıyla analizlere tabi tutulmuşlardır.

Çalışma sonucunda, her döneme ait sediment birikiminin gözlenebildiği üç

boyutlu taban profilleri ve hangi bölgede ne kadar sediment biriktiğini nicel olarak veren sediment dağılım haritaları, geleneksel yöntemlerle de elde edilebilen kot-alan ve kot- hacim değer ve eğrilerine ek olarak elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen bu veriler yardımıyla barajın planlanması aşamasında varsayılan sediment verimi ile gerçekleşen sediment verimi karşılaştırılarak muhtemel faydalı ömür hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar, geçmiş yıllarda aynı veriler kullanılarak geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde geleneksel yöntemlere oranla çok daha kısa sürede sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçların üç boyutlu olarak gözlemlenebilmesi ve sediment dağılım haritalarının elde edilebilmesi baraj ile ilgili yorumların daha kolay ve daha gerçekçi yapılabilmesini sağlamıştır. Altınapa Barajında yapılan bu çalışmanın, ülkemizdeki diğer barajlarda yapılacak benzer sedimentasyon analizleri için bir örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rezervuar Sedimentasyonu, Altınapa Barajı, Coğrafi Bilgi Sistemleri, CBS, Arc View 3.2.

**ABSTRACT:** Sedimentation is one of the major problems which is experienced during the operation of water resources systems. Structures which most subjected to sedimentation are reservoirs. Reservoir sedimentation reduces the useful lifetime a reservoir very rapidly

and during the operation period may lead serious problems. Reservoirs are products of intense study, heavy works and huge amounts of money. If we consider the purposes and current usages of the reservoirs, they are strategic components of their country. Therefore inefficient operation and full siltation of a reservoir is unacceptable.

The problems due to sedimentation must be kept at minimum scales. In order to achieve this, sedimentation through the reservoir must be regularly examined and reservoir operation must be regulated with respect to these investigations.

In this study, a Geographical Information Systems (GIS) based sedimentation analysis is applied on Konya- Altınapa Dam as an alternative to the conventional sedimentation analysis methods. Bathymetric maps, which are prepared by State Hydraulic Works (DSİ) from the data obtained during the bathymetric surveys of Altınapa Dam in the years 1968, 1974, 1979, were digitalized using ArcView 3.2 software. These digitalized maps then analyzed by using 3-D Analyst and Spatial Analyst extensions of ArcView 3.2 software.

At the end of the study, 3-D digital reservoir bottom profiles which enable visual inspection of sedimentation, sediment distribution maps which quantitatively illustrate spatial distribution of sedimentation were obtained in addition to the Area and Capacity values and curves that can also be obtained by conventional methods. Using the analysis results, actual sediment yield rate of the watershed of the Altınapa Dam was calculated and a comparison of expected and actual sediment yield rates was made. Also probable useful life of the dam was estimated. Obtained results were parallel with the ones that obtained by previous studies done by conventional methods.

GIS based analysis method has decreased the time consumed for analysis considerably. Also the 3-D bottom

profiles and sediment distribution maps provided a more realistic and comfortable inspection of sedimentation. The study has been executed in order to build up a model for sedimentation analysis which will be carried out in the similar reservoirs in Turkey.

**Key Words:** Reservoir Sedimentation, Geographical Information Systems, GIS, Altınapa Dam, ArcView 3.2.

## **1. GİRİŞ**

Toprağın akan su, buzul rüzgâr ya da dalga ile aşındırılarak uzaklaştırılması ve taşınması **erozyon**, yerinden sökülen parçacık **sediment** ve su ile taşınan sedimentin yerçekimi etkisi ile çökeliş birikmesi **sedimentasyon** olarak tanımlanır. Akarsular üzerine kurulmuş olan yapılar sedimentasyonun etkisi altında kalırlar. Günümüzde yüksek hazne kapasitesine sahip barajlar, işletimleri süresince karşılaşacakları sediment birikimi göz önüne alınarak ortalama 50-100 yıllık verimli işletim süresi için tasarlanmaktadır. Barajlar ekonomik ömürleri boyunca kullanılabilir hazne hacimlerini muhafaza etmek zorunda olduklarından sedimentasyondan kaynaklanan hazne hacim kayıplarının tahmini gereklidir.

Bir akarsu üzerine yapılan su yapısı akarsuyun akış rejimini ve katı madde taşıma kapasitesini etkileyerek akarsudaki tabii dengeyi bozar. Ancak yıllar sonra yatağın bir kısmında



## Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

yığılmalar, bir kısmında oyulmalar meydana gelerek yeni bir denge oluşur. Baraj, akarsu vadisini kapatan ve su biriktirmek amacı ile yapılan bir su yapısı olup membasında biriken su hazneyi oluşturur. Haznenin büyüklüğüne bağlı olarak akarsudaki suyun akış hızı azalır ve su yüksekliği menbaya doğru ilerledikçe artar. Taşınan katı maddenin çoğu, suyun kabardığı yerlerde nehir kısımlarında ve baraj haznesinde birikmeye başlar. Bu birikintiler hazne memba ucunda yatak seviyesini yükseltir, bir çatalağız oluşturur. Ayrıca rezervuar tabanı boyunca biriken bu sediment barajın hazne kapasitesini azaltır.

Barajların projelendirilmesinde, hazneye gelen katı madde oranlarının, miktarlarının ve çökme özelliklerinin bilinmesi gerekir. Çünkü baraj haznesinde sedimentasyonun özellikle faydalı biriktirme kapasitesine, çıkış yapılarının, rekreasyon alanlarının seçimine ve boyutlandırılmasına, hatta barajın işletme aşamasında önemli etkileri vardır. Ayrıca baraj göllerinde meydana gelen sedimentasyon akarsularda ulaşımın sağlanabilmesi ve barajın işletme amaçlarını yerine getirilebilmesi açısından da önemlidir.

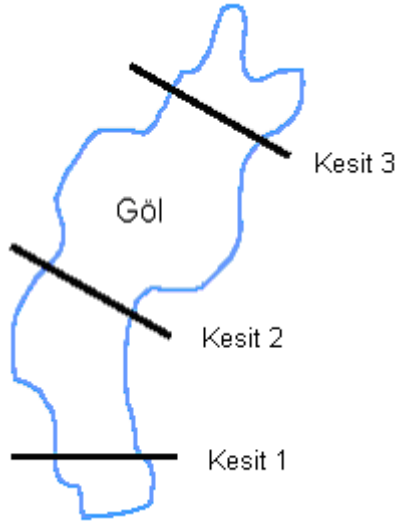
Türkiye’de DSİ tarafından işletilen barajlar sulama, enerji üretimi, içme suyu ve rekreasyon amaçlı kullanılmaktadır.

Baraj rezervuarlarında biriken sedimentin düzenli olarak kontrol edilmesi mevcut işletme amaçlarının yerine getirilebilmesi ve geleceğe yönelik planların yapılabilmesi için gereklidir. Devlet Su İşleri (DSİ) Etüt Plan Dairesi başkanlığındaki Harita Şubesi tarafından rezervuarlardan alınan batimetrik haritalar İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığına bağlı Hidroloji Şubesi tarafından incelenmekte ve kapasite hesaplamaları bu haritalara göre yapılmaktadır.

Geleneksel analiz yöntemlerinde, baraj rezervuarındaki biriken sedimentin belirlenmesi için düzenli alınan hidrografik haritalardan ve kesit ölçümlerinden (range surveys) faydalanılarak sediment birikimi hesaplanır. Baraj işletmeye alınmadan önceki proje haritası orijinal durum olarak kabul edilir ve bu haritadaki her bir kontur tarafından kuşatılan alan planimetre yardımıyla bulunur, daha sonra bu alanlardan faydalanılarak baraj haznesinin orijinal kapasitesi hesaplanır. Biriken sedimentin miktarı ve birikme hızı daha sonra alınan hidrografik haritalardan elde edilen değerlerin orijinal değerlerle karşılaştırılması sonucunda elde edilir. Bazen tüm göl boyunca ölçümler yapmak yerine baraj yapımı esnasında seçilmiş röperlerden

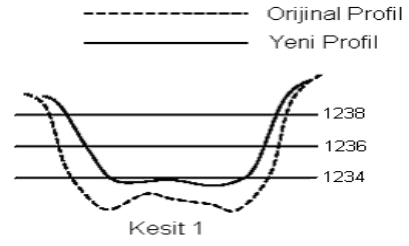
## Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

faidalanılarak konumu sabitlenmiş enkesit doğruları boyunca ölçümler alınır (Şekil 1). Bu sayede baraj gölünün tamamında ölçüm almak için harcanan zaman ve işgücünden tasarruf edilerek daha sık gözlem yapılabilir. Ancak belli aralıklarla tüm baraj rezervuarı boyunca iskandil haritalarının alınması gerekir çünkü bu enkesit ölçümleri tüm baraj hakkında bir fikir vermekle birlikte genel durumu detaylı bir biçimde yansıtmaz.



Şekil 1. Enkesit Dağılımı

Bu enkesitlerden elde edilen taban profilleri baraj inşasından önceki profillerle karşılaştırılarak birikim miktarları tahmin edilir. Enkesit ölçümlerinden elde edilen sonuçlar üzerinde sonlu alanlar yöntemiyle yapılan hesaplar tatmin edici sonuçlar vermektedir.



Şekil 2. Profil Karşılaştırması

Fakat enkesit hatlarını belirleyen röperler zamanla kaybolabilmekte, sonraki ölçümler için enkesit noktasının yerini bulmak imkânsızlaşmakta ve her noktadan ölçüm alınamamaktadır. Dolayısıyla ileriki yıllarda yapılan ölçümler daha az enkesit kullanılarak yapılmakta ve yapılan çalışmanın verimliliğini azaltmaktadır.

Batimetrik verilerin elde edilmesi ve analizinde kullanılan teknolojilerde meydana gelen gelişmeler sayesinde baraj tabanının sayısal modeli çıkartılarak sadece biriken sediment miktarı değil, aynı zamanda rezervuar tabanı boyunca yayılımı da net bir biçimde gözlemlenebilmektedir. Batimetrik ölçümlerde kullanılan sonar aletlerinin hassasiyetlerinin artması ve bu sonarların GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) aygıtları ile eş zamanlı olarak kullanılması sayesinde daha gerçekçi olarak yatay konum belirlenmektedir. Batimetrik veriler CBS ortamına aktarılarak rezervuar tabanının sayısal haritası ve bu haritalardan rezervuar

tabanının 3 boyutlu DAM modelleri elde edilmektedir.

## **2- BİLGİ SİSTEMLERİ**

Bilgi sözcüğü, bir iş veya konu hakkında bilinen şey olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bilgi, insan aklının erişebileceği olgu, gerçek ve ilkelerin tümü olarak da ifade edilmektedir. Bilgi kavramı, bilgi teorisi çerçevesinde objektif gerçeğin belli bir kısmına ilişkin ifadeler şeklinde de tanımlanabilmektedir. Bilgi; idari, hukuki, sosyal, bilimsel, teknik, ekonomik, endüstriyel, ticari, dini ve benzeri diğer konularda araştırma yapmak, politika üretmek ve günlük olaylara yön vermek için üretilmesi gereken bir ihtiyaç olup, öğrenme, araştırma ve gözlem sonucu ortaya çıkar. Bilgi, **1-** Mevcut bilgiler [Sabit bilgiler (özel isim), Değişken bilgiler (sıcaklık, basınç), Birikimli bilgiler (nüfus, tapu, arşiv bilgisi)], **2-** Üretilebilen bilgiler (koordinat, alan), **3-** Planlanan bilgiler (nazım planı, iş planı) olmak üzere üç ana grup halinde sınıflandırılabilir (Ağar, 1974).

Veri, bilginin hammaddesi olup, bilginin temsil biçimidir, dikkate alınan veri aynı zamanda bilgi özelliğini de taşıyabilir. Bilgi, basit anlamda düşünüldüğünde sadece verilerin

toplamından oluşan bir küme değildir. Çünkü bilgi, veriye göre daha fazla şeyler sunar; etkileşimde bulunarak insanları değişik konularda bilgilendirip yönlendirebilir. Buna karşın veriler, gerçek dünyada yer alan nesnelere ilişkin sembolik gösterimler olarak göze çarpar. Bu açıdan bakıldığında bilgi, kullanıcı tarafından anlaşılabilir formlara dönüştürülmüş verilerden oluşan bir grup olarak da tanımlanabilir. Bilgi kendiliğinden oluşmaz, elde edilmesi için mutlak suretle takip edilmesi gereken bir yol yani bir sistemin var olması gerekir ki bu sayede toplanacak bilgi verimli hale dönüştürülebilir.

Sonuç elde etmeye yarayan yöntemler düzenine sistem denilmektedir. Bilginin toplanıp işlenmesi ve kullanılır hale dönüştürülmesi belli bir sistemin var olmasını gerektirir. Bu amaçla kurulan sistemler genelde bilgi sistemleri olarak isimlendirilmekle birlikte, bilgi sistemi (information systems); organizasyonların yönetsel fonksiyonlarını desteklemek amacı ile bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olarak tanımlanır. Dolayısıyla bilgi sistemi, bilgiye kolayca erişip, bilgiyi daha verimli kullanabilmek için oluşturulan bir sistemdir (Star ve Estes, 1990). Bilgi sistemi, gözlem aşamasından veri toplama, analiz ve sunuma kadar uzanan

## Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

bir dizi işlem akışından ibarettir. Böyle bir sistem ile amaçlanan, planlama, araştırma ve yönetim işlevlerinde kullanıcının karar verme (decision making) yeteneğini artırarak, neden ve niçinler ile en doğru kararı vermesine yardımcı olmaktır. Bu nedenle, bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu veriler üzerindeki mantıksal işlemleri, önceden belirlenen ilkelere göre yapılarak doğru karar verebilme kapasitesini artırmaktır.

Bilgi sisteminin mutlak suretle bilgisayar destekli olması zorunlu değildir. Herhangi bir bilgi sistemi klasik anlamda yazılı dokümantasyon sistemi olabileceği gibi "klasik+bilgisayar" bütünleşik bir sistem de olabilir. Esas olan, bilgi sisteminin ana fonksiyonu olan kullanıcı, plancı, araştırmacı ve yöneticilerin karar verme kapasitesini artırmaktır. Ancak bilgisayarın burada işleme hız kazandırıcı bir araç niteliği taşıdığı göz ardı edilmemelidir. Günümüzdeki kurum ve kuruluşlar, bilginin önemini daha iyi kavrayarak, bilgi paylaşımına ilişkin mevcut faaliyetlerde maliyeti azaltıp, verimin artmasını hedeflemektedirler. Bunu gerçekleştirmek için de özellikle bilgisayardan yararlanma yoluna gidilmektedir. Nitekim mevcut bir sistemin daha verimli çalışması için insan, bilgisayar faaliyetleri ve sisteme

katkıları karşılaştırıldığında birbirlerine göre üstünlükleri olduğu da Tablo 1'de görülmektedir (Martin, 1992). Özellikle bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler bilgi sistemi kavramının günümüzde daha sık telaffuz edilmesine ve değişik türde bilgi sistemleri ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunlardan bir tanesi de Coğrafi Bilgi Sistemleridir (CBS).

**Tablo 1. Bilgi İşlemede İnsan ve Bilgisayar Kapasitelerinin Karşılaştırılması**

Faaliyet	İnsan	Bilgisayar
Yerleşim Masrafı	Pahalı	Ucuz
Zamana Göre Performans	Azalma	Sabit
Yenileme Masrafı	Pahalı	Ucuz
Kalıcılık-Süreklilik	Zayıf	Çok İyi
Hesaplama Kapasitesi	Zayıf	Çok İyi
Beklenmedik Bir Olaya Hâkimiyet	İyi	Zayıf
Ortak Çalışma Anlayışı	Çok İyi	Zayıf
Konuşma Yeteneği	İyi	Zayıf

### 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), İngilizce Geographical Information Systems (GIS) ifadesinin Türkçe'ye çevrilmiş hali olup, kullanıcıların çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle, bu

## Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

kavram da değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Özellikle CBS'nin dünyada konumsal bilgi ile ilgilenen kişi, kurum ve kuruluşlar arasında geniş bir merak uyandırması, gelişmelerdeki hızlı değişiklikler, özellikle ticari beklentiler, farklı uygulama ve fikirler, CBS'nin standart bir tanımının yapılmasına imkân vermemektedir.

CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerin tümünü içeren ve coğrafi bilgiyi irdeleyen bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir (Altan ve ark.1996, Batuk ve Külür, 1996). Bütün bu düşünceler ışığında, coğrafi bilgi sistemlerinin değişik yönlü tanımları yapılmaktadır. Burrough (1998)'a göre CBS, belirli bir amaçla yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür. Dale ve McLaughlin (1998) CBS'yi genel harita bilgilerini görüntülemeye yarayan bilgi yönetimi sisteminin bir şekli olarak tanımlamıştır. ESRI (1994)'ye göre ise CBS, coğrafi bilgileri bir bilgisayar ortamında

depolayan ve analiz eden bir araçtır. CBS, AGI(1991) tarafından hazırlanan sözlükte yeryüzü referanslı verileri toplayan, depolayan, kontrol eden, işleyen, analiz eden ve görüntüleyen bir sistem olarak tanımlanmıştır.

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı gibi CBS'nin bir sistem mi, yoksa bir araç mı olduğu konusunda değişik görüşler söz konusudur. Burrough (1998)'a göre, CBS tanımı; araç (toolbox), yönetim (management) ve sistem (system) gibi üç temel yaklaşımla irdelenir. Buna göre, CBS bilgi teknolojisine dayalı bir veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak veya yoğun ve karmaşık konum bilgilerinin etkin bir şekilde denetlenebildiği bir yönetim tarzı; veya coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistem ya da bunların bir bütünü olarak algılanmaktadır. Bütün bu tanımlarda, coğrafyaya konu olan bilgilerin toplanmasından bu bilgilerin üretilmesine kadar geçen süreçte bir takım konumsal analitik işlemlerin gerçekleşmesi için bilgisayarın bir araç olarak kullanılması ve tüm bunların ancak bir sistem dâhilinde sağlanabileceği vurgulanmaktadır. Buna göre CBS; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve

kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000).

CBS kullanıldıkları alana göre farklı isimler almaktadır (Arazi Bilgi Sistemleri, Kent Bilgi Sistemleri, Toprak Bilgi Sistemleri gibi). CBS'nin uygulama biçimine göre yapılan farklı isimlendirmeleri yanında, birçok uzman, coğrafi bilgi sistemlerindeki hızlı gelişme ile bazı veri toplama ve işleme tekniklerinin gelişimi arasında bir bağlantı olduğunu ileri sürmektedir. Diğer bilgi sistemlerini örnek olarak vermektedirler [Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Desing), Bilgisayar Destekli Kartoğrafya (Computer Aided Cartography), Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems), Uzaktan Algılama (Remote Sensing) gibi].

Yukarıda bahsedilen sistemlerin bazı özellikleri, coğrafi bilgi sistemleri bünyesinde toplanmış ve sonuçta; disiplinler arası bir teknik ortaya çıkmıştır. Ancak, bu sistemlerin hiçbirinde olmayıp da sadece CBS'de olan bir özellik vardır ki; o da coğrafi analiz, diğer bir ifadeyle konumsal analitik işlemleri gerçekleştirebilme yeteneğidir (Maguire,1992). Genelde bilgisayar destekli sistemler yapılan işlemlerde tam otomasyonu tesis etmek

üzere geliştirilmişken, CBS bu sistemlerden farklı olarak gereğinde konum verilerinden yeni bilgiler üretme fonksiyonlarına sahiptir. Bilhassa grafik ve grafik olmayan veri tabanlarının birbiriyle olan etkileşimi kullanıcıya çok yönlü çözümler sunarak CBS'yi diğer klasik sistemlerden farklı kılar.

## **2.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Fonksiyonları**

Coğrafi bilgi sistemleri, yeryüzü şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan bir sistem olarak algılanmaktadır. CBS teknolojisi ortak veri tabanlarını birleştirme özelliğine sahiptir. Örneğin, haritaların sağladığı görsel ve coğrafi analiz avantajları sorgulama ve istatistiksel analizler olarak kullanıcıya sunulur. Bu özelliği bakımından, CBS diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. Bunun bir sonucu olarak, CBS, hizmet alanındaki olayların tanımlanmasında ve ileriye dönük tahminlerde bulunarak stratejik planların yapılmasında kamu ve özel sektör tarafından oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Her ne kadar harita yapımı ve coğrafi verilerin analizi yeni bir işlem değilse de, CBS bu tür işlemleri olduğundan daha iyi ve hızlı yapabilmektedir.

Coğrafi bilgi sistemlerindeki teknolojik gelişmelerden önce sadece belli kişiler coğrafi bilgiyi karar verme ve problem çözmede kullanmaya ihtiyaç duymuştur. Oysa bugün, CBS bütün dünyada, büyük yatırımlara konu olmakta, yan mesleki kuruluşlarda bilhassa endüstri alanında birçok kişiyi iş sahibi yapmakta; temel eğitim okullarında, üniversite ve özel sektör kuruluşlarında gereğinde özel kurslarla öğretilmektedir. Dolayısıyla konum bilgisi kullanan kişilerin coğrafi bilgiye olan ilgileri ve konumsal verilerle çalışmaları her geçen gün daha fazla olmaktadır. Tüm bu gelişmelerin temelinde coğrafi bilgi sistemlerinin diğer sistemlerden farklı olarak sahip olduğu fonksiyonlar vardır. Bu fonksiyonların işlevleri; Sayısal verilerin entegrasyonu, Konumsal sorgulama, Otomasyon, Görüntüleme, Manipulasyon, Konumsal analizler, Karar-verme analizleri, Model analizleri olarak özetlenebilir (Dangermond, 1989);

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için en az beş ana unsurun bir arada olması gerekir (ESRI). Bunlar CBS'nin bileşenleri olarak isimlendirilen, donanım, yazılım, veri, insanlar ve metotlardır. CBS yeryüzüne ait bilgileri, coğrafi anlamda birbiriyle

ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi kabul ederek saklar. Bu basit ancak konumsal bilgilerin değerlendirilmesi açısından son derece güçlü bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, örneğin, dağıtım görevi üstlenmiş taşıma araçlarının optimum yük dağıtımından, planlamaya dayalı uygulamalara ait detay kayıtlarına, atmosferdeki değişimlerin modellenmesine kadar birçok gerçek dünya probleminin çözümüne imkan sağlamaktadır.

### **2.3. Dijital Arazi Modeli (DAM)**

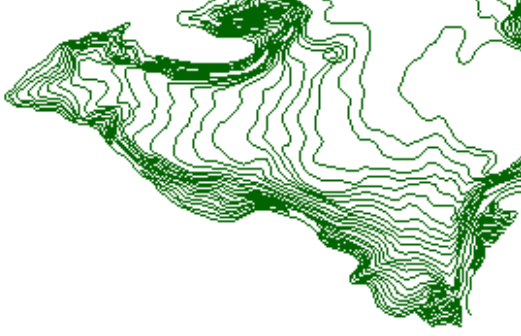
#### **Yöntemi**

Dijital Arazi Modeli yönteminin rezervuar sedimentasyonu problemine uygulanması, barajın yapımından önce alınmış haritalar ile mevcut rezervuar tabanının durumunu yansıtan batimetrik haritaların sayısallaştırılıp rezervuar tabanının dijital 3 boyutlu yüzeylerinin oluşturulması şeklindedir. Oluşturulan bu DAM modelleri karşılaştırılarak CBS sistemleri tüm rezervuar boyunca biriken sediment miktarını ve bu sedimentlerin hangi bölgelerde biriktiğini sayısal ve görsel olarak bize sunabilmektedir.

#### **2.3.1. Baraj inşası öncesi durum**

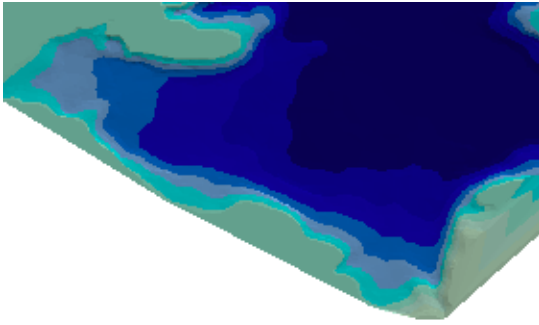
Baraj inşası öncesi rezervuarın kaplayacağı alanı belirlemek için kullanılan topografik haritalar baraj tabanının orijinal hali olarak kabul edilen haritalar, kontur haritaları elde edilecek

şekilde sayısallaştırılırlar. Şekil 3'te görüldüğü gibi 1 m aralıklı kontur çizgileri hesaplamalar için yeterli hassasiyeti sağlamaktadır.



**Şekil 3. Kontur Çizgileri**

Arcview programında sayısallaştırılan haritalardan Arcview 3D Analyst uzantısının bir komutu olan 'Create TIN from Features' özelliği ile arazinin TIN (Triangulated Irregular Network) modeli elde edilmiştir (Şekil 4).



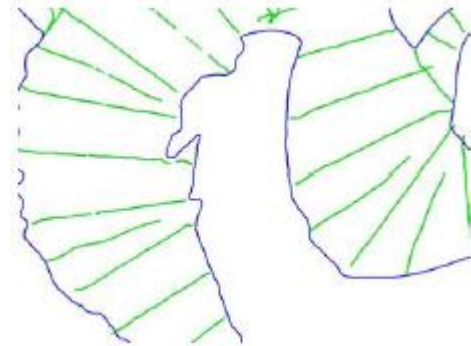
**Şekil 4. TIN Modeli**

Elde edilen bu TIN haritalarında belli bir yüksekliği gösteren kontur çizgilerinin sınırladığı planimetrik alan ve bu düzlemin altında kalan hacim yine Arcview 3D Analyst uzantısının bir

komutu olan 'Surface' menüsü altındaki 'Area and Volume Statistics' komutu kullanılarak hesaplanır. Bu işlem her bir kontur aralığı için yapılarak baraj rezervuarının orijinal durumu ile mevcut durumu arasındaki fark sayısal olarak elde edilebilir.

### **2.3.2. Mevcut durum için yapılan ölçümler**

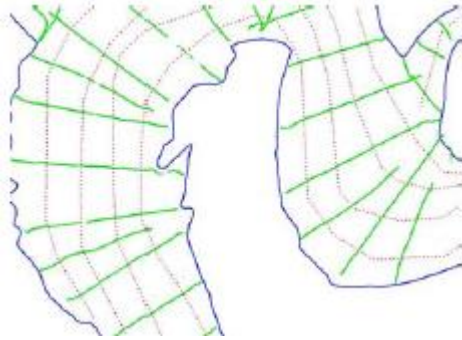
Mevcut durumu belirlemek için yapılan ölçümler, GPS ve Sonar derinlik ölçeri taşıyan bir teknenin baraj merkez çizgisine dik olarak, bir kenardan diğer kenara geçerken okumalar alması şeklinde yapılır. Bu ölçümler esnasında GPS x,y koordinatlarını, Sonar da GPS'in yatay konumunu verdiği noktanın derinliğini verir. Daha sonra alınan bu derinlik verileri ölçümün yapıldığı esnadaki su yüksekliğine bağlı olarak z koordinatına dönüştürülür. Genelde ölçümler Şekil 5'te gösterildiği gibi alınır.



**Şekil 5. Ölçüm Güzergâhı**



Ancak bu şekilde alınan verilerin DAM olarak modellenmesi sırasında alınan ölçümler arasındaki uzaklığa bağlı olarak bazı hatalar oluşmaktadır. Bu hataları azaltmak için ek veriler mevcut verilerin enterpolasyonu yöntemiyle elde edilerek alınan ve Arcview ortamına aktarılan ölçümlerin arasına Arcview programı yardımıyla yerleştirilir Şekil 6. Sedimentasyon hesaplamaları mevsimlik su seviyesinin altındaki taban ile sınırlıdır. Bundan dolayı mevsimlik su seviyesini belirleyen ve bu enterpolasyon işleminin sınırlarını belirleyen bir hatta ihtiyaç vardır.



**Şekil 6. Enterpolasyonla Elde Edilen Ek Veriler**

Fakat genelde ölçümler göl seviyesi mevsimlik su seviyesinin altında iken alınır ve eski haritaların çoğunda su sınır çizgisinin dışında ölçüm alınmamıştır. Bu durumlarda genelde barajın ilk durumu yada o bölge için alınmış olunan en güncel veriler kullanılmaktadır. Yukarıda bahsettiğimiz ve Şekil 5'te gösterilen enkesitlerden alınan ölçümlerden yapılan

işlemlerdeki hataların tamamen yok edilmesi için yeni yapılacak sedimentasyon ölçümlerinin düzensiz olarak yapılması tavsiye edilmektedir (Şekil 7).



**Şekil 7 Düzensiz Olarak Alınmış Ölçümler**

Bu sayede düzgün dağılımlı bir veritabanı elde edilerek gerçeğe daha yakın bir DAM modeli elde edilebilir. Ayrıca ölçümler sırasında su sınır çizgisini ve mevsimlik su seviyesinin kapsadığı alanında ölçümünün yapılması sayesinde DAM oluşturulurken yapılan ön işlemler büyük ölçüde azalır.

### **2.3.3. Sonuçların görsel olarak sunumu**

DAM modelinin kullanılmasının sağladığı en önemli fayda su derinlik haritası ve sediment dağılım haritasının elde edilebilmesidir. Su derinliği haritaları güncel olarak grid formatında elde edilen dip haritalarının su seviyesinden çıkarılmasıyla elde edilir. Bu sayede herhangi bir su yüksekliği için batimetri haritaları elde edilebilir. Bu

batimetri haritaları barajın kullanım amaçlarını yerine getirebilmesi açısından çok önemli veriler sağlar. Orijinal dip haritasının güncel dip haritasından çıkarılması ile ikinci bir görsel ürün olan sediment dağılım haritası elde edilir (Şekil 8).



Şekil 8 Sediment Dağılımını Gösteren Harita

Sediment dağılım haritası ile sediment birikimi görsel olarak takip edilebilir. Ayrıca orijinal dip haritasından sonra fakat baraj inşaatından önce oluşan toprak yığılmaları ve civarda yapılan kazılar da hesaba katılarak sedimentasyon analizinde göz önüne alınabilir.

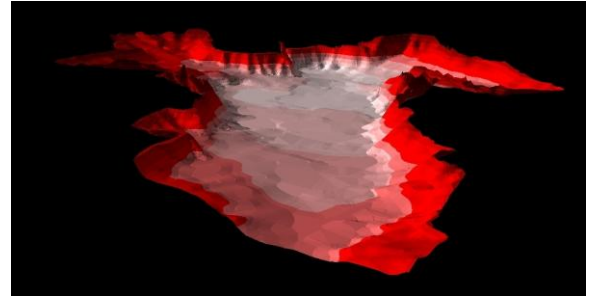
#### **2.4. CBS Tabanlı Analizin Sağladığı Faydalar**

Bu analiz yönteminin sağladığı görsel avantajların yanı sıra bölge ile ilgili diğer verileri analize dahil edebilme olanağı da vardır. Barajın ve rezervuarın sayısallaştırılmış haritaları gerçek koordinatlarda kaydedildikten sonra Arcview programı ile barajı besleyen havzanın haritası sisteme eklenebilir.

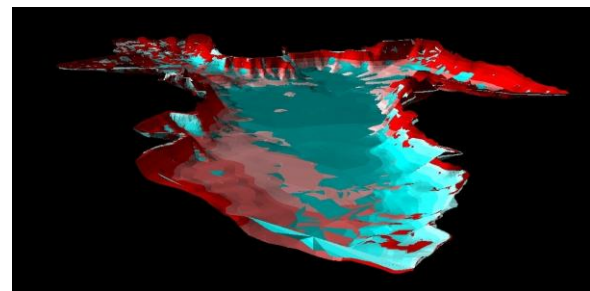
Arazi kullanımını bu harita üzerinde işlenerek sedimentasyonu etkileyen potansiyel faktörler izlenebilir ayrıca Uzaktan Algılama ve havadan alınan görüntülerle bölgedeki gelişim ve değişim gözlemlenebilir.

#### **3. ALTINAPA BARAJINA AİT ÜÇ BOYUTLU TABAN PROFİLİ GÖRÜNTÜLERİ**

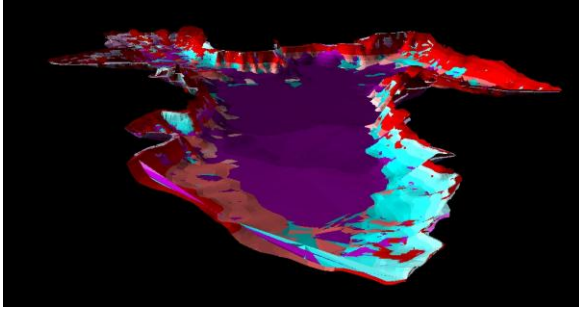
Şekil 9'da 1968 yılına ait batimetrik haritalardan türetilmiş olan taban profili görüntüsü verilmiştir. 1974 yılına ait olan taban profili görüntüsü yıllar arasındaki farkı görsel olarak inceleyebilmek için ikinci bir katman olarak 1968 yılına ait görüntünün üzerine yerleştirilerek Şekil 10 ve aynı prosedür tekrar edilerek 1979 yılına ait taban profili Şekil 10'un üzerine eklenerek Şekil 11 elde edilmiştir.



Şekil 9. 1968 Yılına Ait Taban Profili



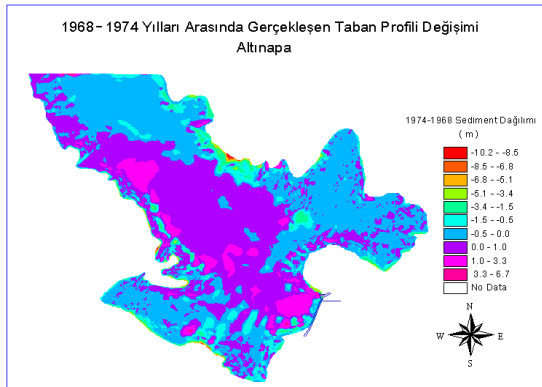
Şekil 10. 1968 ve 1974 Yıllarına Ait Taban Profillerinin Birbirine Göre Durumu



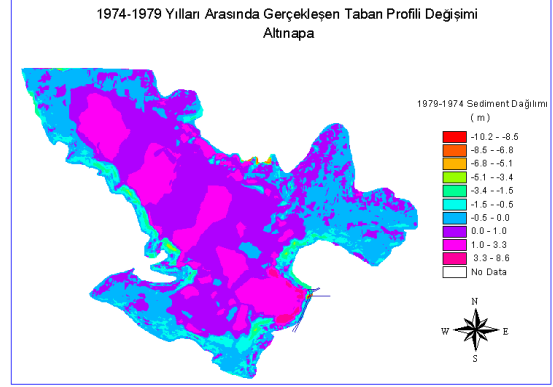
Şekil 11. 1968, 1974 ve 1979 Yıllarına ait Taban Profillerinin Birbirine Göre Durumu

### 3.1. Sediment Dağılım Haritaları

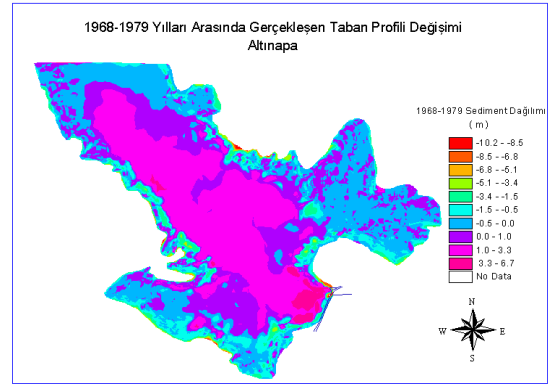
Altınapa Barajına ait batimetrik haritaların işlenmesi sonucu türetilen TIN formatındaki haritalardan elde edilen raster verilerin Spatial Analyst uzantısı ile analizi ile elde edilen Sediment Dağılım haritaları Şekil 12, Şekil 13, ve Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 12. 1968 - 1974 Yılları Arasında Oluşan Sediment Dağılımı



Şekil 13. 1974 - 1979 Yılları Arasında Oluşan Sediment Dağılımı



Şekil 14. 1968 - 1979 Yılları Arasında Oluşan Sediment Dağılımı

## 4. SONUÇLAR

CBS ve konumsal veritabanlarının kullanımı, gelişen teknolojinin de yardımıyla Dünyada ve paralelinde Türkiye’de hızla yaygınlaşmaktadır. Günümüzde her türlü mekânsal veriye kolayca ulaşılabilme imkânının olması ve ilerleyen teknoloji ile fiyatların düşmeye başlaması ayrıca CBS yardımıyla konumsal verilerin birbiriyle ilişkilendirilebilmelerinin, küresel, ülkesel ve bölgesel problemlerin yanı sıra bilimsel problemler için de çözümler üretebilmesi CBS kullanımının

## Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

artışındaki ana etkenler olmuştur. Aynı konumsal niteliklere ait farklı öznelikler arasında sorgulama yapma yeteneği ayrıca analizler sonucunda faydalı çok sayıda parametreyi türetebilmesi mühendislik alanında da CBS'yi yaygın olarak kullanılan bir araç haline getirmiştir.

Sedimentasyon analizindeki geleneksel yöntemler ve çalışmamızda kullandığımız CBS yöntemi kapasite hesaplarında tutarlı ve gerçekçi sonuçlar vermektedir. Ancak geleneksel metotlardan farklı olarak DAM metodu sayesinde rezervuar tabanını net bir şekilde yansıtan üç boyutlu bir model elde edilebilmekte ve CBS otomatik olarak sediment hesaplamalarını yapabilmektedir. Gelecekte CBS teknolojilerinde yaşanacak gelişmeleri de göz önüne aldığımızda CBS tabanlı sedimentasyon analizlerinin geleneksel yöntemlere göre daha kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır.

### KAYNAKLAR

- AGI, 1991. GIS Dictionary, Association for Geographical Information Standards Committee Publication, London, England.
- Ağar, T. 1974. İnsan Bilinç- Sistem Sevk ve İdare İnkilemleri, Sistem Yay. Dizi: 1, Ankara.
- Agarwal, K., Idiculla, K. 2002. Reservoir Sedimentation Surveys Using Global Positioning System, [www.GISdevelopment.net](http://www.GISdevelopment.net).
- Altan, M.O., Toz, F.G., Külür, S. 1996, Bilgi Sistemlerindeki Gelişmeler ve Fotogrametri. Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, İstanbul.
- Basson, G.R. 1998. Prediction of Sediment Induced Density Current Formation in Reservoirs. Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Conference on Hydro-Science and Engineering at Brandenburg University of Technology at Cottbus, Berlin, Germany, August 31 - September 3.
- Basson, G. R. 2002. Sustainable Water Resources Development for Sedimentation : Large versus Small Reservoirs. <http://www.wrc.org.za/wrcpublications/wrcasia/bassoon.htm>
- Batuk, G., Külür, S. 1996. Veriden Bilgiye Coğrafi Bilgi Sistemleri. Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, İstanbul.
- Brune, G.H. 1953. Trap Efficiency of Reservoirs. American Geophysical Union Transactions, Volume 34, No.3, pp 407-418 Washington D.C., USA.
- Burrough, P.A. 1998. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment. Oxford University Press 2.Ed. England.
- Çeşmeci, H. 1984. Konya İlindeki Baraj ve Göletler. Yüksek Lisans Semineri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Anabilim Dalı, Konya.
- Dale, P.F., McLaughlin, J.D. Land Information Management. Clarendon Pres, Oxford, England.
- Dangermond, J.D. 1989. A Review of Digitl Data Commonly Available and Some of the Practical Problems of Entering Them into a GIS, in Fundamentals of GIS. ASPRS and ACSM, USA.
- Einselle, G., Hinderer, M. 1997. Terrestrial Sediment Yield and the Lifetimes of Reservoirs, Lakes and Larger Basins.
- ESRI, 1992. Surface Modelling with TIN. Esri Press, Redlands California, USA
- ESRI, 1994. Getting Started with ARC/INFO ; Redlands California, USA.
- Hartung, F. 1968. Barajlarda ve Rezervuar Birikim Nedenleri ve Korunma Yolları. DSİ Teknik Bülteni(Çeviri), Sayı: 38, Sayfa:55-69
- Hatipoğlu, M.A. 1999. Hydrologic modelling of soil erosion and runoff using remote sensing and GIS. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, O.D.T.Ü., Ankara.
- Janssen, R. H. A. 1999. An Experimental Investigation of Flushing Channel Formation during Reservoir

## Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

- Drawdown. PhD Thesis University of California, Berkeley.
- Ledesma, H. R. 1998. Effects of Reservoir Sedimentation and the Economics Watershed Management: Case Study of Aguacate Dam, Dominican Republic. PhD Thesis, Graduate School of the University of Florida.
- Maguire, J.D. 1992. An Overview and Definition of GIS, in Geographical Information Systems Principles and Applications, Vol.1, Longman, London, England.
- Martin, C. 1992. Information Systems: A Management Perspective. Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- Morris, G.L. ve Fan, J. 1998. Reservoir Sedimentation Handbook; Design and Management of Dams, Reservoirs and Watersheds for Sustainable Use. McGraw Hill Publishers, New York , USA.
- Odhambo, B. K. 2002. Watershed Physiography, Bathymetry, Sedimentation and Historical Water Quality of Two Arkansas Lakes, Lee Creeand Reservoir and Lake Shepherd Springs. PhD Thesis, University of Arkansas, USA.
- Onüçyıldız, M. 2002. Barajların Planlanması ve Tasarımı Dersi, Yayınlanmamış Ders Notu. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği A.B.D. Konya.
- Özcan, Z., Kırkgöz, M.S., 1994. Bazı Baraj Haznelerindeki Katı Madde Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt 2, 787-799.
- Sekhar, K.R., Rao, B.V. 2001. Evaluataion of Sediment Yield by Using Remote Sensing and GIS, A Case Study From the Phulang Vagu Watershed, Nizamabad District (AP), India. International Journal of Remote Sensing, 2002, Vol :23, No.20, 4499-4509.
- Seth, S. M. ve Jain, S. K. 1999. Remote Sensing and GIS Application Studies at National Institute of Hydrology. Proceedings of MapIndia 1999 Conference. 24-26 August 1999 New Delhi India.
- Smith, L.S. 2003. Application of Geographical Information Systems in Data Analysis and Presentation for Sedimentation Studies. Proceedings of HEC Conference Ohio USA.
- Star, J., Estes, J. 1990. Geographical Information Systems: An Introduction. Prentice Hall Publications, New Jersey, USA.
- Şentürk, F. 1994. Hydraulics of Dams and Reservoirs. Water Resources Publications, New York, USA.
- Şentürk, F. 2000. Bir akarsuyun Taşıdığı askıdaki sediment Miktarının Pratik Yoldan Hesaplanması. DSİ Teknik Bülteni 2000 Sayı 194.
- Yalçınkaya, F. 1991. Türkiye’de Rezervuar Sedimentasyonu. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yomralıoğlu, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Akademi Kitabevi, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T., Çelik, K. 1994. GIS ? 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, s.21-32, Trabzon.
- www.islem.com.tr
- www.esri.com