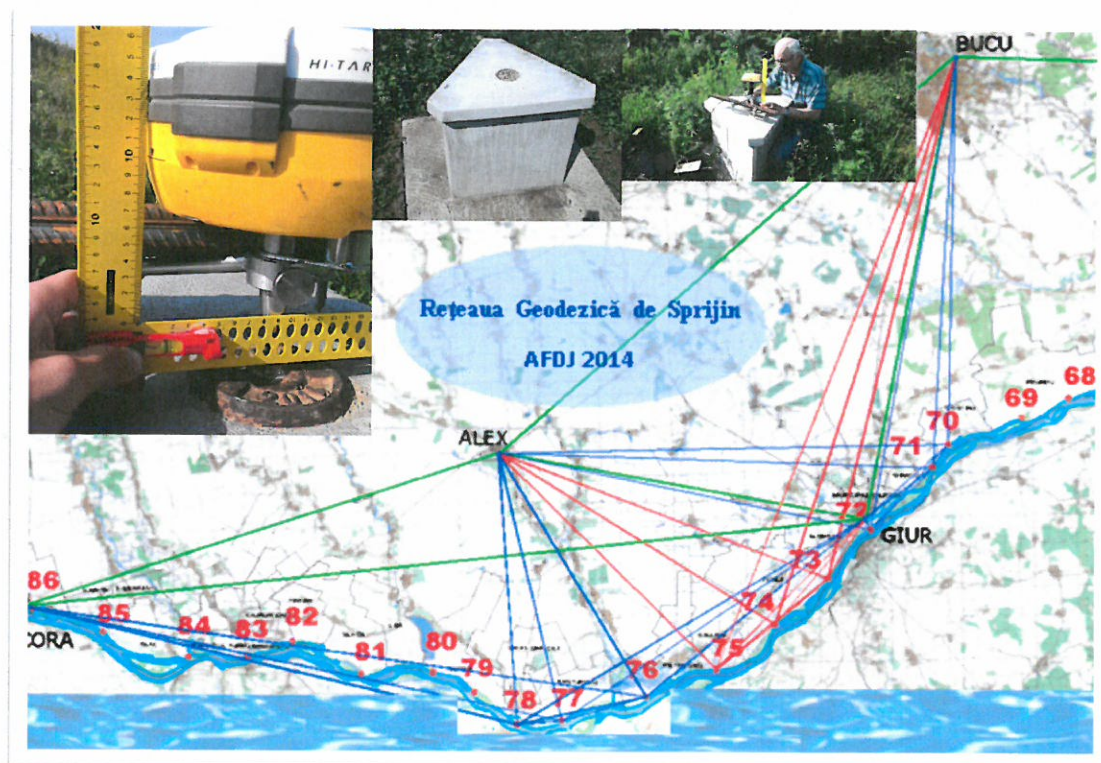


*Realizarea unui sistem de sprijin pentru lucrările
hidrografice pe Dunăre în scopul asigurării adâncimilor
minime de navigare*

*Interconectarea Sistemului de sprijin AFDJ 2014
cu sistemele de coordonate vecine din
Bulgaria*



S.C. TEHNOGIS GRUP S.R.L.
S.C. INTERCONSTRUCT S.R.L.
Iunie 2015

OPIS

1. Copertă
2. Opis
3. Memoriu Tehnic privind Interconectarea Sistemului de Sprijin AFDJ 2014 cu sistemele de coordonate vecine din Bulgaria
4. Răspunsul Agenției de Cadastru, Cartografie și Geodezie (BG) – Anexa 1
5. Coordonatele Stațiilor Permanente din Bulgaria – Anexa 2
6. Inventar de coordonate Stații Permanente – ETRS89, epoca 2005.0 – Anexa 3
7. Inventar de coordonate – Sistem de referință ETRS89_RO-BG – Anexa 4
8. Inventare de coordonate – Sistemul CS2005, Marea Baltică, UTM 34N-35N și EVRF 2007 – Anexa 5

2015

S.C. TEHNOGIS GRUP S.R.L.
S.C. INTERCONSTRUCT S.R.L.

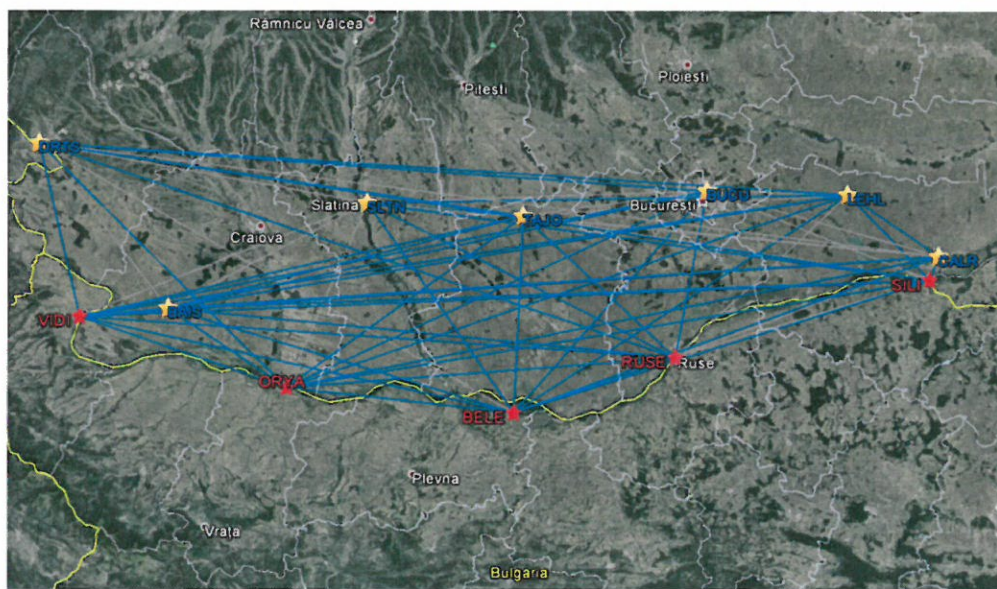
MEMORIU TEHNIC

Privind

Interconectarea Sistemului de sprijin AFDJ 2014
cu sistemele de coordonate vecine din
Bulgaria

În cadrul proiectului:

*Realizarea unui sistem de sprijin pentru lucrările
hidrografice pe Dunăre în scopul asigurării
adâncimilor minime de navigare*



S.C. TEHNOGIS GRUP S.R.L.
S.C. INTERCONSTRUCT S.R.L.
Iunie 2015



MEMORIU TEHNIC

Privind

Interconectarea Sistemului de sprijin AFDJ 2014

cu sistemele de coordonate vecine din

Bulgaria

Contract 741/29.11.2011

**Realizarea unui sistem de sprijin pentru lucrările hidrografice pe
Dunăre în scopul asigurării adâncimilor minime de navigare**

Beneficiar: Administrația Fluvială a Dunării de Jos RA, Galați

Persoana de contact: D-na Cornelia PETRE – Coordonator UIP

Inginerul (Consultant): Universitatea Tehnică de Construcții București

Persoana de contact: Dl. Tiberiu RUS

Antreprenor: S.C INTERCONSTRUCT SRL
SC TEHNOGIS GRUP SRL

Persoana de contact: Dl. Ionuț LADARU
Dl. Octavian BALOTĂ

CUPRINS

CAPITOLUL 1. Generalități privind sistemele de coordonate din Bulgaria	5
CAPITOLUL 2. Determinarea coordonatelor în sistemul geodezic al Bulgariei	7
2.1. Metodologia de lucru.....	7
2.2. Procesarea și compensarea datelor GNSS - rețeaua stațiilor permanente.....	8
2.3. Analiza rezultatelor și stabilirea coordonatelor Sistemului AFDJ 2014 în sistemul geodezic bulgar	12
CAPITOLUL 3. Determinarea coordonatelor planimetrice în sistemul UTM și respectiv CS2005	14
3.1. Transformarea coordonatelor geodezice în coordonate planimetrice UTM	14
3.2. Transformarea coordonatelor geodezice în coordonate planimetrice CS2005	15
CAPITOLUL 4. Determinarea coordonatelor altimetrice	16

CAPITOLUL 1. Generalități privind sistemele de coordonate din Bulgaria

Proiectul *“Realizarea unui sistem de sprijin pentru lucrările hidrografice pe Dunăre în scopul asigurării adâncimilor minime de navigare”* are ca principal obiectiv îmbunătățirea siguranței navigației pe fluviul Dunărea. Astfel, sistemul de sprijin determinat în cadrul acestui proiect va fi utilizat ca suport atât pentru elaborarea hărților hidrografice de navigație, cât și pentru îmbunătățirea activităților de întreținere a șenalului.

Prin utilizarea acestei rețele se vor furniza date precise pentru producerea de hărți electronice de navigație (Electronic Navigation Chart - ENC). Conform directivelor **RIS** (River Information Service) „Inland ECDIS 1.02”, „Standard for Electronic Ship Reporting în Inland Navigation”, „Notices to Skippers for Inland Navigation”, „RIS Guidelines 2004” și „Vessel tracking and tracing systems”, acestea trebuie să fie corecte, rapid procesate și avansate către utilizatori, condiții care vor fi îndeplinite și prin implementarea acestui sistem.

Astfel au fost proiectate și materializate, în 144 de locații uniform distribuite de-a lungul fluviului Dunărea, câte trei borne geodezice și anume: **Borna Martor**, **Borna de Referință** și **Borna Azimutală**. Conform cerințelor proiectului pentru compararea și schimbul de date este necesar ca în zonele de frontieră aceste borne să aibă coordonate determinate și în sistemele naționale ale țărilor vecine. Această etapă, denumită în continuare interconectare, s-a realizat diferit, specific pentru fiecare țară vecină în parte. Interconectarea cu sistemele de coordonate din Bulgaria va fi detaliată în prezentul memoriu.

Din corespondența purtată cu *Agencia de Cadastru, Cartografie și Geodezie a Bulgariei* (Anexa 1), precum și din studierea articolelor legislative (Decret al Consiliului de Miniștri Nr. 159/29.07.2010 și a Regulamentului Nr. 2/30.07.2010), în Bulgaria funcționează *Sistemul Geodezic Bulgar BGS2005 (Bulgarian Geodetic System 2005)* care include:

- Parametrii geodezici fundamentali în conformitate cu Sistemul Geodezic de Referință 1980 (GRS1980);
- Sistemul de coordonate geodezic ETRS89;

- Sistem altimetric, realizat prin nivelmentul punctelor din *Rețeaua Națională de Nivelment* inclusă în *Rețeaua Europeană de Nivelment* (UELN – *United European Leveling Network*) și definită în *Sistemul de Referință Vertical European* (EVRS – *European Vertical Reference System*);
- Proiecția geodezică – Universal Transverse Mercator (UTM), proiecție cilindrică și un sistem de coordonate rectangular plan CS2005.

Sistemul Geodezic Bulgar 2005 (BGS2005) este materializat prin puncte (borne) ale Rețelei Naționale GPS și prin stații GNSS permanente definite în ETRS89, Epoca 2005.0.

Agencia de Cadastru, Cartografie și Geodezie a Statului Bulgar afirmă prin răspunsul primit (a se vedea Anexa 1) că din punct de vedere altimetric, în Bulgaria se utilizează atât Sistemul Altimetric Baltic (Kronshtadt) cât și cel European, EVRS/EVRF2007 (Amsterdam).

Din punct de vedere al rețelei de stații permanente bulgărești ce ar putea fi utilizată în interconectare, din analiza realizată, pe teritoriul Bulgariei există mai multe rețele GNSS private: GEONET (30 stații permanente), BULiPOS (12 stații active), NAVITEQ (15 stații permanente) și nouă rețea Leica SMARTBUL (peste 50 de stații – în dezvoltare). Conform recomandărilor *Agenciei de Cadastru, Cartografie și Geodezie* (Anexa 1), care a emis certificate de evaluare a conformității infrastructurii GNSS și care îndeplinesc cerința pentru determinarea punctelor geodezice prin intermediul sistemelor de navigație prin satelit la nivel global, ne-a fost recomandată utilizarea stațiilor permanente din rețelele SMARTBUL.NET (www.smartnet.bg) și GEONET (www.geonet.bg). Pentru interconectarea realizată prin actualul proiect s-au utilizat date GNSS de la rețeaua de stații permanente GEONET.

De asemenea, în adresa primită de la *Agencia de Cadastru, Cartografie și Geodezie* a Bulgariei (Anexa 1), se recomandă folosirea softului BGS Trans 4.2 (a se vedea răspunsul *Agenciei de Cadastru, Cartografie și Geodezie* din Anexa 1). Softul BGS Trans 4.2 se află în format digital pe DVD-ul documentației.

În concluzie, în cele ce urmează se va arăta modul de calcul al coordonatelor bornelor comune cu Bulgaria, în sistemul geodezic ETRS89 la epoca 2005.0, dar și în sistemul de proiecție național CS2005. Alături de coordonatele planimetrice se va calcula și coordonata altimetrică în sistemul ortometric Marea Baltică (Kronshtadt) precum și în sistemul altimetric EVRS (rețeaua EVRF 2007).

CAPITOLUL 2. Determinarea coordonatelor în sistemul geodezic al Bulgariei

2.1. Metodologia de lucru

Bulgaria a adoptat oficial sistemul de referință ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), coordonatele stațiilor permanente fiind determinate la epoca 2005.0 conform datelor din Anexa 1 și 2. După cum se știe, coordonatele stațiilor permanente din România sunt determinate în sistemul de referință ETRS89, rețeaua ETRF 2005 (epoca 2005). Din descrierea celor două sisteme de coordonate utilizate se poate concluziona că cele două rețelele geodezice (rețelele stațiilor permanente aferente României și Bulgariei) au la bază aceeași realizare, epoca 2005.

Totuși pentru a verifica aceste afirmații, s-au achiziționat date GNSS de la stațiile permanente din rețeaua GEONET. În imaginea de mai jos se pot observa stațiile permanente bulgare ale GEONET, ce se află în zona graniței române.

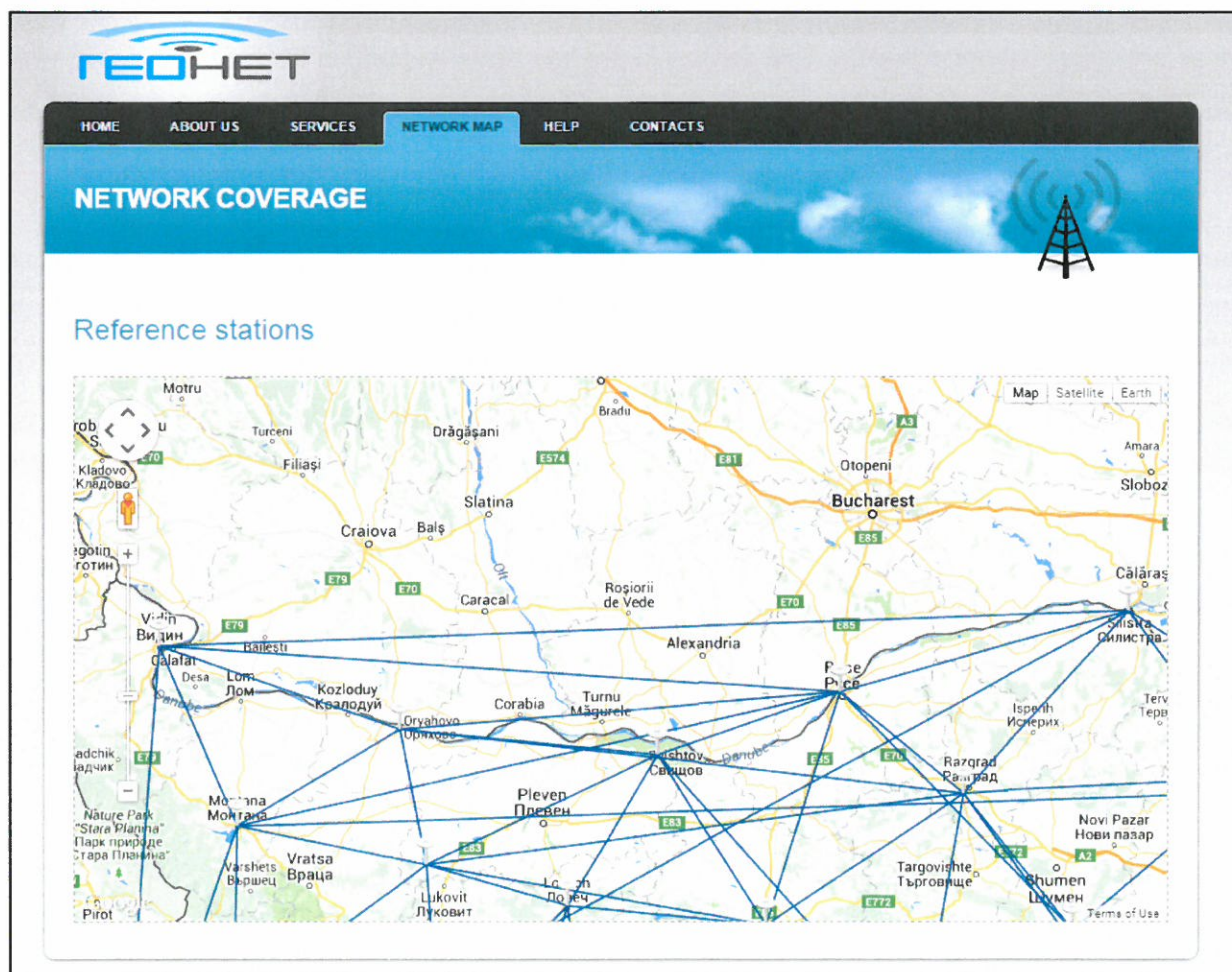


Figura 1 - Stațiile permanente bulgare ale GEONET din zona graniței române

Astfel, s-au achiziționat date rinex de la stațiile permanente: VIDI, BELE, ORYA, SILI, RUSE. În aceeași perioadă de timp s-au achiziționat și date de la stațiile permanente românești corespondente (funcționabile în perioada selectată): BUCU, CALR, LEHL, SLTN, TAJO, DRTS, BAIS. În tabelul de mai jos se pot vedea datele achiziționate în sesiunea din 15.05.2015 privind interconectarea cu Bulgaria.

Tara	Localitatea	COD	DATA	Timp Local	
				START	STOP
BULGARIA	Ruse	RUSE	15.05.2015	09:00	14:00
	Belene	BELE	15.05.2015	09:00	14:00
	Oryahovo	ORYA	15.05.2015	09:00	14:00
	Vidin	VIDI	15.05.2015	09:00	14:00
	Silistra	SILI	15.05.2015	09:00	14:00
ROMÂNIA	Tătăraștii de Jos	TAJO	15.05.2015	09:00	14:00
	Lehliu	LEHL	15.05.2015	09:00	14:00
	Călărași	CALR	15.05.2015	09:00	14:00
	Slatina	SLTN	15.05.2015	09:00	14:00
	Drobeta Turnu Severin	DRTS	15.05.2015	09:00	14:00
	Băilești	BAIS	15.05.2015	09:00	14:00
	București	BUCU	15.05.2015	07:00	23:59

Tabelul 1 - Tabelul sesiunii GNSS privind interconectarea cu Bulgaria

Datele GNSS au fost procesate împreună pentru a verifica dacă coordonatele obținute sunt aceleași cu cele oficiale, furnizate de către ANCPI.

2.2. Procesarea și compensarea datelor GNSS - rețeaua stațiilor permanente

S-a considerat o rețea formată din stațiile permanente BUCU, CALR, LEHL, SLTN, TAJO, DRTS, BAIS (situat pe teritoriul României) și stațiile permanente VIDI, BELE, ORYA, SILI, RUSE (de pe teritoriul Bulgariei). Apoi această rețea a fost compensată ca rețea constrânsă pe stațiile permanente Bulgare.

Prelucrarea observațiilor GNSS s-a realizat cu aplicația **Justin** furnizată de producătorul echipamentelor JAVAD GNSS. În prelucrarea datelor GNSS s-a ținut cont de toate recomandările din Proiectul Tehnic privind acest tip de măsurători.

Datele care au intrat în compensare au fost reprezentate doar de înregistrări de la stațiile permanente. S-au cumpărat înregistrări astfel încât în prelucrarea acestei rețele să existe o sesiune de măsurători de minim 5 ore. Datele GNSS achiziționate prezintă măsurători la fiecare 5 secunde. În figura de mai jos se poate observa prelucrarea rețelei stațiilor permanente cu softul specific Justin.

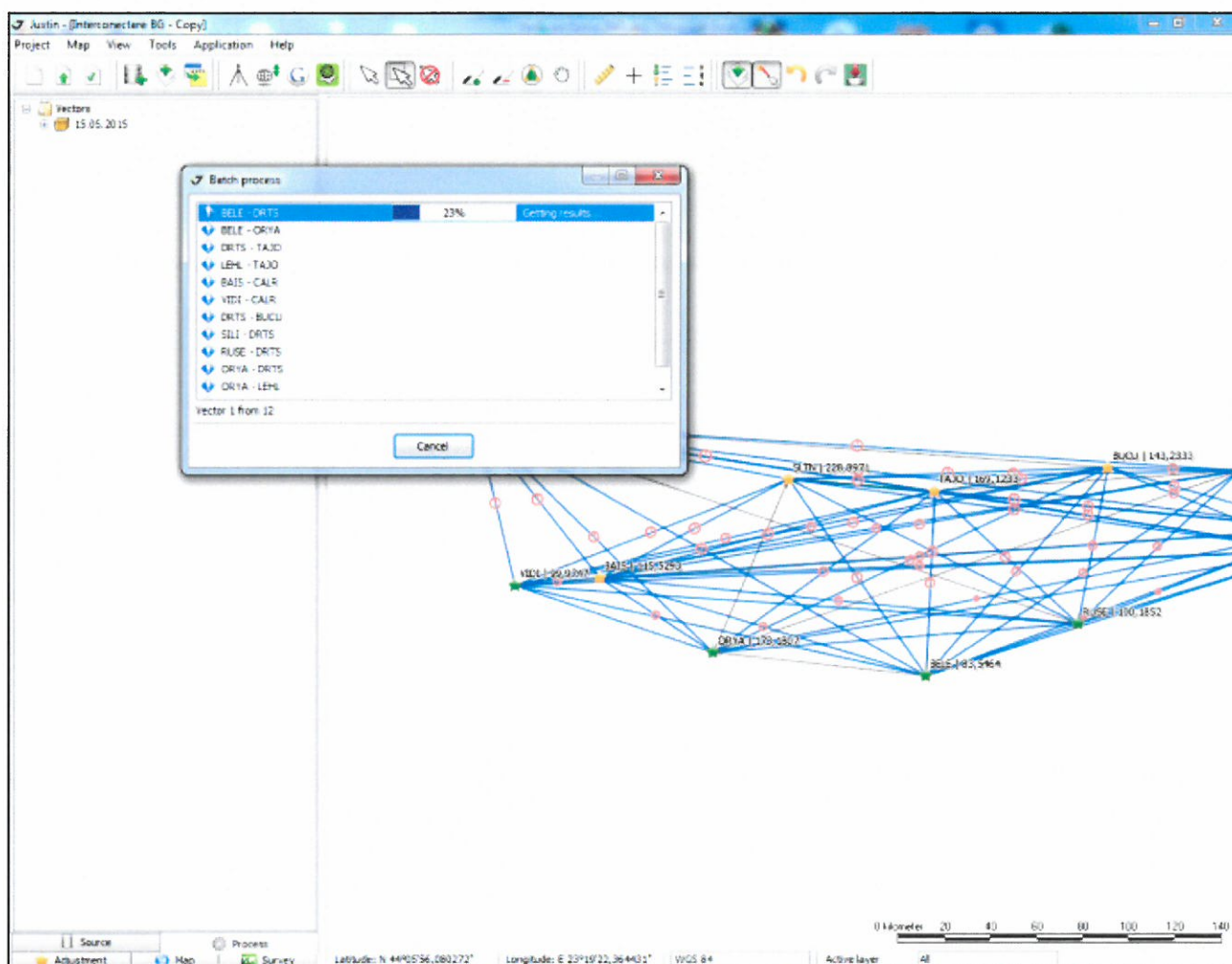


Figura 2 - Procesarea vectorilor rețelei stațiilor permanente cu softul Justin

Observațiile GNSS au fost prelucrate în **modul static**. Următoarea etapă a fost **procesarea vectorilor și analiza erorilor reziduale** pentru fiecare vector. S-au notat soluțiile vectorilor cu erori reziduale mari (a se vedea *Raportul privind procesarea Vectorilor GNSS*, ce se găsește pe DVD-ul atașat documentației). Aceștia urmează a fi eliminați pas cu pas din procesare, dacă influențează rezultatele compensate peste toleranța de determinare.

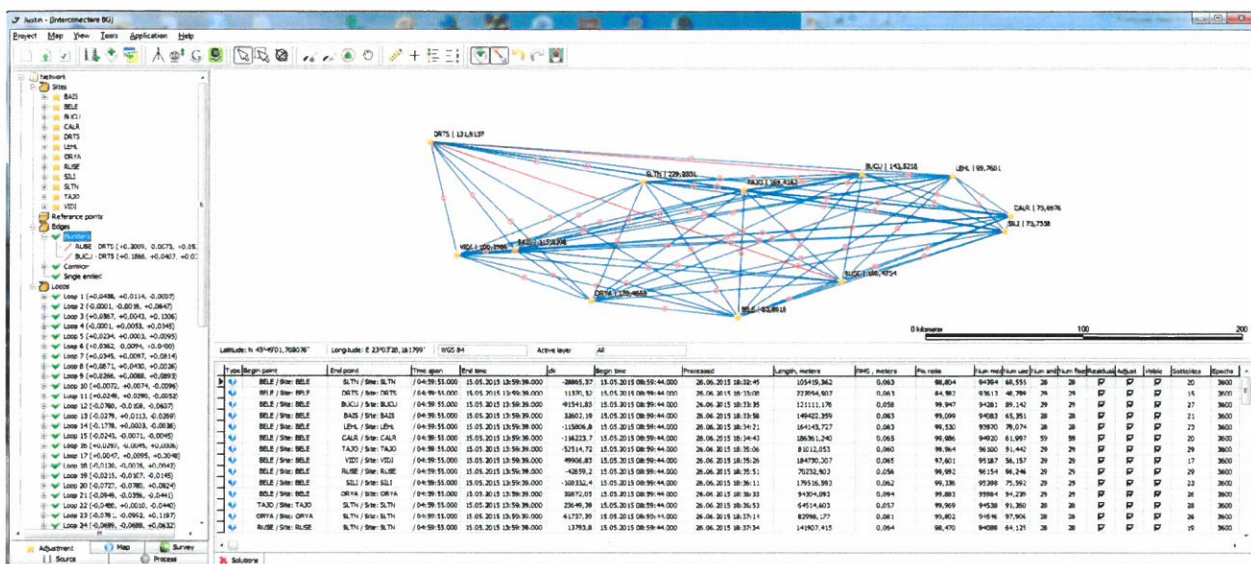


Figura 3 - Eliminarea vectorilor cu erori mari - rețeaua stațiilor permanente

În principiu, după eliminarea vectorilor fără sateliți prea mulți în comun, a unor vectori foarte lungi, precum și a vectorilor cu foarte mari erori în determinare, erorile de tip Blunders se elimină. După fiecare dezactivare a unui vector urmează compensarea rețelei și analizarea rezultatelor. Următoarea etapă după eliminarea erorilor grosolane de tip Blunders, constă în eliminarea erorilor din bucle (sau Loops). Eliminarea erorilor din aceste bucle s-a realizat tot prin dezactivarea iterativă a vectorilor cu erori mari (RMS mai mare de 5 cm, vectori foarte lungi sau cu ambiguități nefixate). În imaginea ce urmează se poate observa rețeaua după eliminarea vectorilor cu erori mari ce influențează în mod negativ precizia rețelelor.

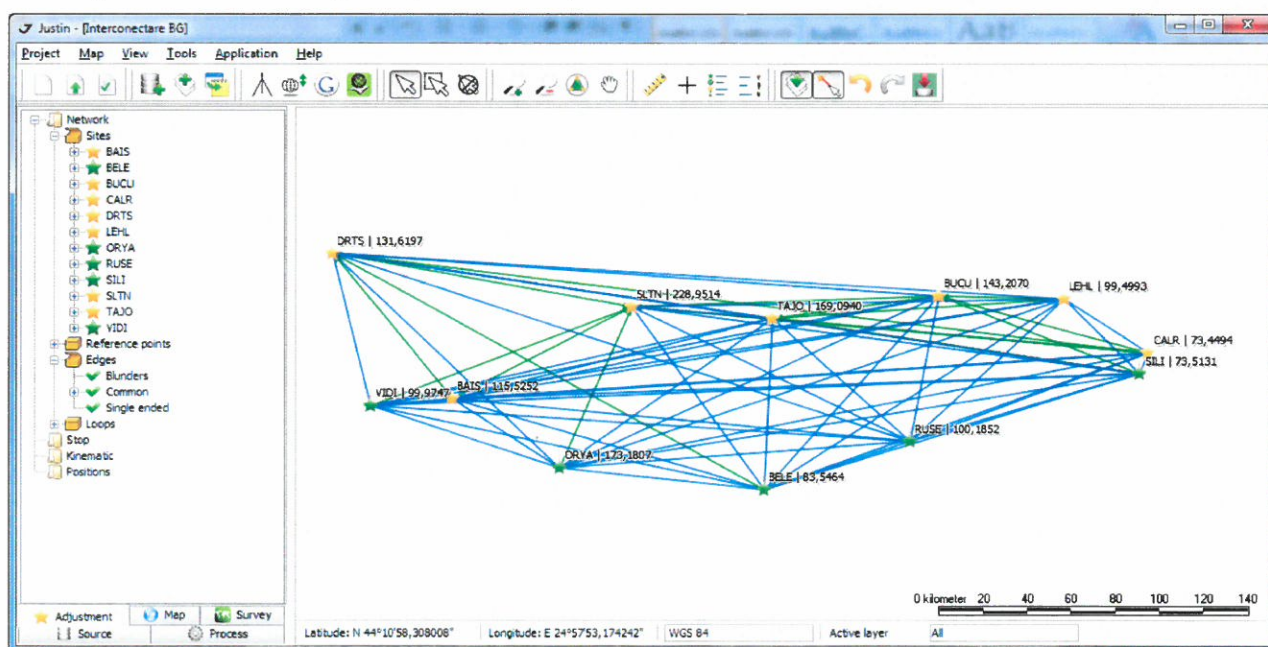


Figura 4 - Configurația finală a vectorilor - rețeaua de interconectare a stațiilor permanente

Urmează setarea parametrilor compensării și **Compensarea rețelei**. Rețeaua a fost compensată mai întâi ca rețea liberă (*Inner*), urmând ca după verificarea preciziei interne să se compenseze ca rețea constrânsă pe coordonatele stațiilor permanente VIDI, BELE, ORYA, SILI, RUSE (coordonate în ETRS89, epoca 2005.0). Coordonatele stațiilor permanente în sistemul ETRS89, epoca 2005.0 au fost furnizate de către GEONET și se găsesc în Anexa 2 a prezentului memoriu.

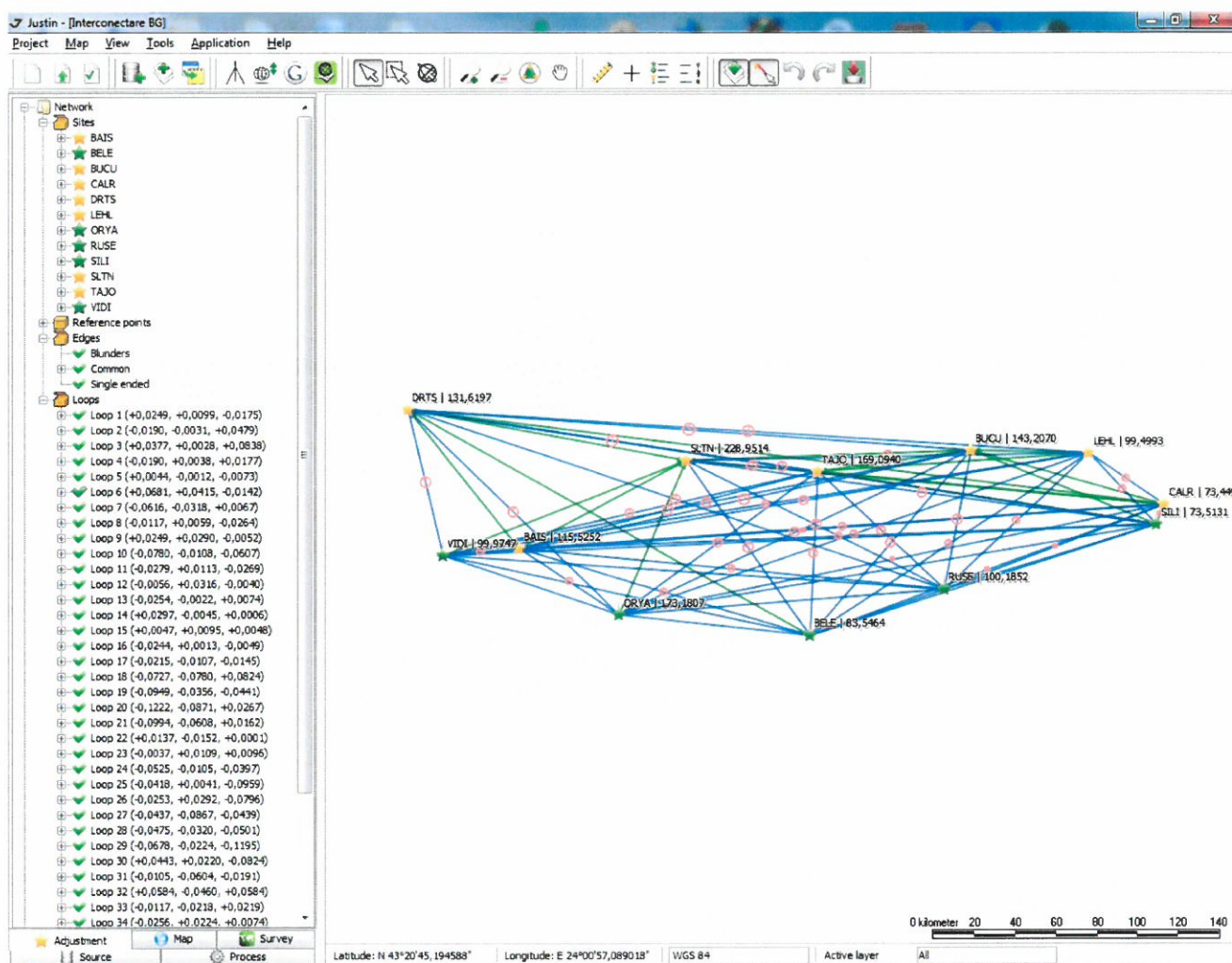


Figura 5 - Compensarea constrânsă a rețelei de interconectare

După compensarea rețelei s-au obținut coordonatele în sistemul ETRS89, epoca 2005.0, pentru stațiile permanente românești BUCU, CALR, LEHL, SLTN, TAJO, DRTS, BAIS.

După ajustarea finală s-au emis rapoartele de *Procesare a vectorilor GNSS*, precum și raportul de *Compensare a măsurătorilor GNSS*. Aceste rapoarte se găsesc pe DVD-ul documentației, în folderul *Date GNNS\Rapoarte St. Permanente*.

De asemenea, în softul de prelucrare se poate stabili scara elipselor astfel încât aceasta să fie vizibilă la nivelul rețelei. *Schița elipselor erorilor* se poate observa mai jos, dar se află și pe DVD-ul documentației.

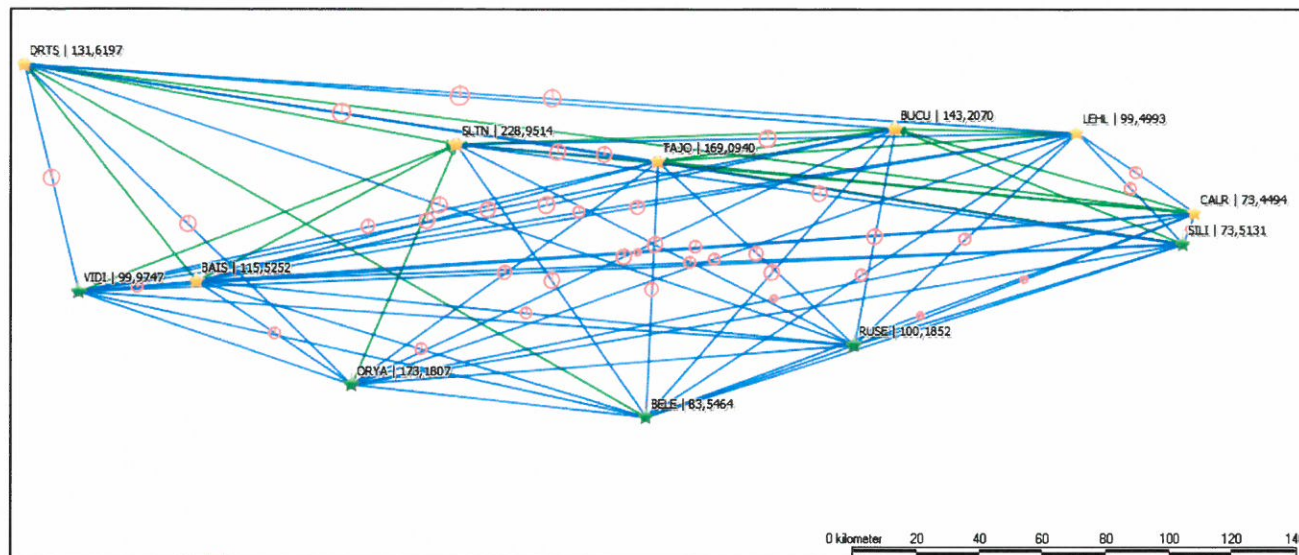


Figura 6 - *Schița elipselor erorilor după compensarea rețelei*

Rapoartele finale privind compensarea constrânsă se găsesc pe DVD-ul atașat documentației.

Astfel s-au obținut coordonate pentru punctele considerate noi în cadrul acestei rețele (BUCU, CALR, LEHL, SLTN, TAJO, DRTS, BAIS) în sistemul de coordonate ETRS89, realizarea 2005.0. Aceste coordonate vor fi analizate în subcapitolul următor. În Anexa 3 se găsesc centralizate coordonatele obținute în prelucrarea rețelei de interconectare, cu preciziile de determinare ale acestora.

2.3. Analiza rezultatelor și stabilirea coordonatelor Sistemului AFDJ 2014 în sistemul geodezic bulgar

După calcularea coordonatelor stațiilor permanente BUCU, CALR, LEHL, SLTN, TAJO, DRTS, BAIS în sistemul geodezic al Bulgariei (ETRS89, realizarea 2005.0), acestea au fost comparate cu valorile coordonatelor oficiale furnizate de către ANCPI. După cum s-a amintit, atât stațiile permanente românești cât și cele bulgărești au coordonatele calculate în același sistem de coordonate, și anume ETRS89, epoca 2005. Pentru compararea coordonatelor s-au folosit coordonatele carteziene

geocentrice, precum și cota elipsoidală. În tabelul următor se pot analiza diferențele obținute între sistemele celor două țări.

Stații Perm	Coordonate calculate pe baza stațiilor permanente Bulgare				Coordonate ANCPI				Diferențe între sistemele de coordonate geodezice ale Bulgariei și României			
	Sistem de coordonate BGS2005 (ETRS89 Epoca 2005.0) (BG)				Sistem de coordonate ETRS89 Epoca 2005 (RO)							
	X [m]	Y [m]	Z [m]	C. Elips. [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	C. Elips. [m]	dX [m]	dY [m]	dZ [m]	dH el. [m]
BAIS	4217905.2117	1820054.9560	4409956.3977	115.5252	4217905.2086	1820054.9399	4409956.4131	115.5292	-0.0031	-0.0161	0.0154	0.0040
BUCU	4093761.2054	2007793.5828	4445129.7629	143.207	4093761.2059	2007793.5760	4445129.7640	143.2060	0.0005	-0.0068	0.0011	-0.0010
CALR	4069079.5034	2101413.9829	4424509.8044	73.4494	4069079.4945	2101413.9613	4424509.8108	73.4410	-0.0089	-0.0216	0.0064	-0.0084
DRTS	4196673.3998	1749873.5218	4458054.0578	131.6197	4196673.4260	1749873.5346	4458054.0656	131.6459	0.0262	0.0128	0.0078	0.0262
LEHL	4069496.3382	2060206.1767	4443376.0953	99.4993	4069496.3301	2060206.1694	4443376.0813	99.4820	-0.0081	-0.0073	-0.0140	-0.0173
SLTN	4156437.7069	1882548.1031	4441916.3416	228.9514	4156437.7368	1882548.0974	4441916.3554	228.9789	0.0299	-0.0057	0.0138	0.0275
TAJO	4132788.3155	1942452.1297	4438128.5320	169.094	4132788.3129	1942452.1238	4438128.5055	169.0720	-0.0026	-0.0059	-0.0265	-0.0220

Tabelul 2 - Analiza sistemelor geodezice de coordonațe din Bulgaria și România

Din analiza diferențelor între sistemele de coordonațe geodezice ale Bulgariei și României se constată că acestea sunt identice, diferențele obținute încadrându-se în precizia metodei de determinarea (și implicit în precizia proiectului). În concluzie, se poate constata că setul de coordonațe determinate pentru sistemul de sprijin AFDJ 2014 în sistemul ETRS89 (epoca 2005.0) este același și în sistemul de coordonațe geodezic al Bulgariei, ETRS89, epoca 2005.0. În Anexa 4 se găsește inventarul de coordonațe în ETRS89 extras din determinarea coordonatelor în sistemul geodezic român (coordonațe determinate în etapa I, aprobate de ANCPI). Acest set de coordonațe este valabil și pentru lucrările ce se vor executa în sistemul geodezic al Bulgariei.

CAPITOLUL 3. Determinarea coordonatelor planimetrice în sistemul UTM și respectiv CS2005

Așa cum este descris și în *Capitolul 1* Bulgaria a adoptat oficial sistemul de referință ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), coordonatele stațiilor permanente fiind calculate la epoca 2005.0. După cum s-a demonstrat în capitolul precedent, coordonatele geodezice ale bornelor sistemului de Sprijin AFDJ 2014 sunt în același sistem ca cel al Bulgariei.

Aceste coordonate vor fi folosite pentru a fi transformate în sistemele planimetrice UTM și respectiv CS2005 ale Bulgariei. Conform recomandărilor din Anexa 1 se recomandă utilizarea softului BGS Trans 4.2 pentru transformarea coordonatelor în sistemele plane Bulgare.

3.1. Transformarea coordonatelor geodezice în coordonate planimetrice UTM

Transformarea coordonatelor geodezice din sistemul de referință ETRS89, epoca 2005.0, în sistemul de coordonate Universal Transverse Mercator (UTM), zona 34N sau 35N, s-a realizat cu programul de transformare a coordonatelor BGS Trans versiunea 4.2. Acesta este programul oficial al *Agenției de Cadastru, Cartografie și Geodezie* a Bulgariei și ne-a fost recomandată utilizarea acestuia prin adresa 48-41 din 09.07.2014 (Anexa 1).

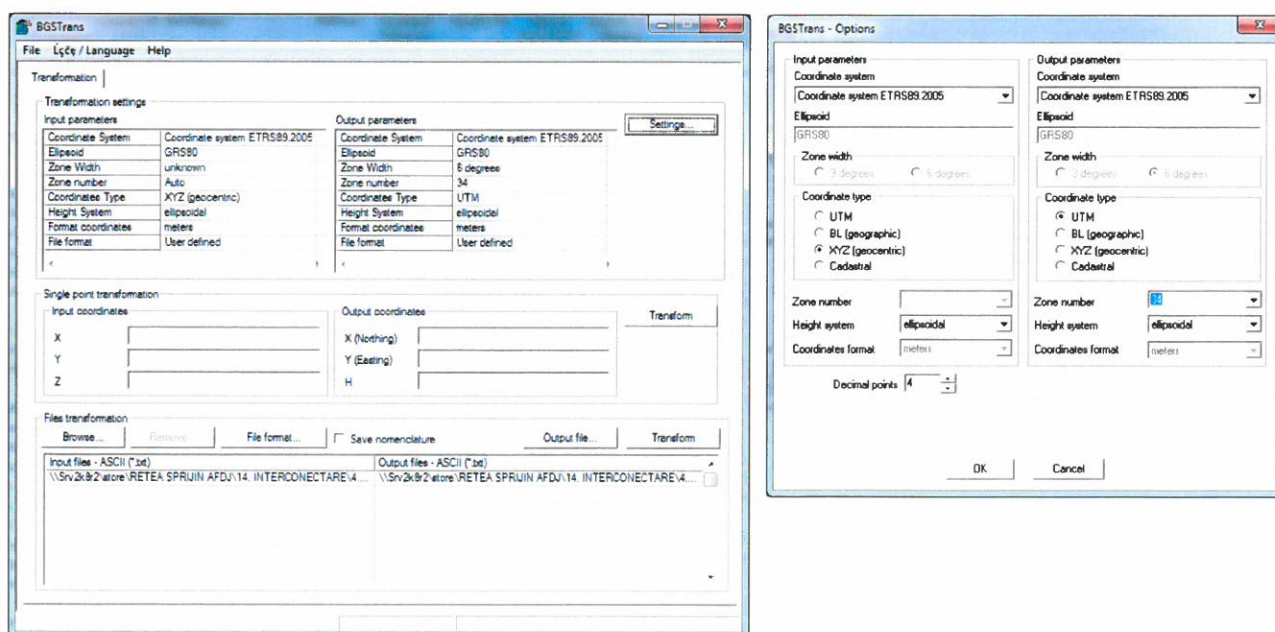


Figura 7 - Transformarea coordonatelor carteziene globale în sistemul de proiecție UTM 34N sau 35N

Transformarea coordonatelor s-a realizat plecând de la coordonatele carteziene geocentrice din sistemul ETRS89, epoca 2005.0. În Figura 7 se poate observa modul de transformare a coordonatelor geocentrice în sistemul de proiecție UTM 34N sau 35N în funcție de zona unde se află fiecare bornă. Coordonatele transcalculate în sistemul UTM se găsesc în Anexa 5 a prezentului memoriu. S-au calculat coordonate pentru bornele din locațiile 59-111, borne de interes pentru interconectarea cu Bulgaria. Din analiza rezultatelor se constată că transformarea în UTM realizată de BGS Trans 4.2 este identică cu cea realizată de TransDatRo v4.04 (diferențele fiind submilimetrice).

3.2. Transformarea coordonatelor geodezice în coordonate planimetrice CS2005

Conform adresei *Agenției de Cadastru, Cartografie și Geodezie a Bulgariei*, nr. 48-41 din 09.07.2014 (Anexa 1), un alt sistem planimetric utilizat este CS2005 (Cadastral System).

În figura de mai jos se poate observa transformarea coordonatelor carteziene geocentrice din ETRS89 (ep. 2005.0) în sistemul CS2005.

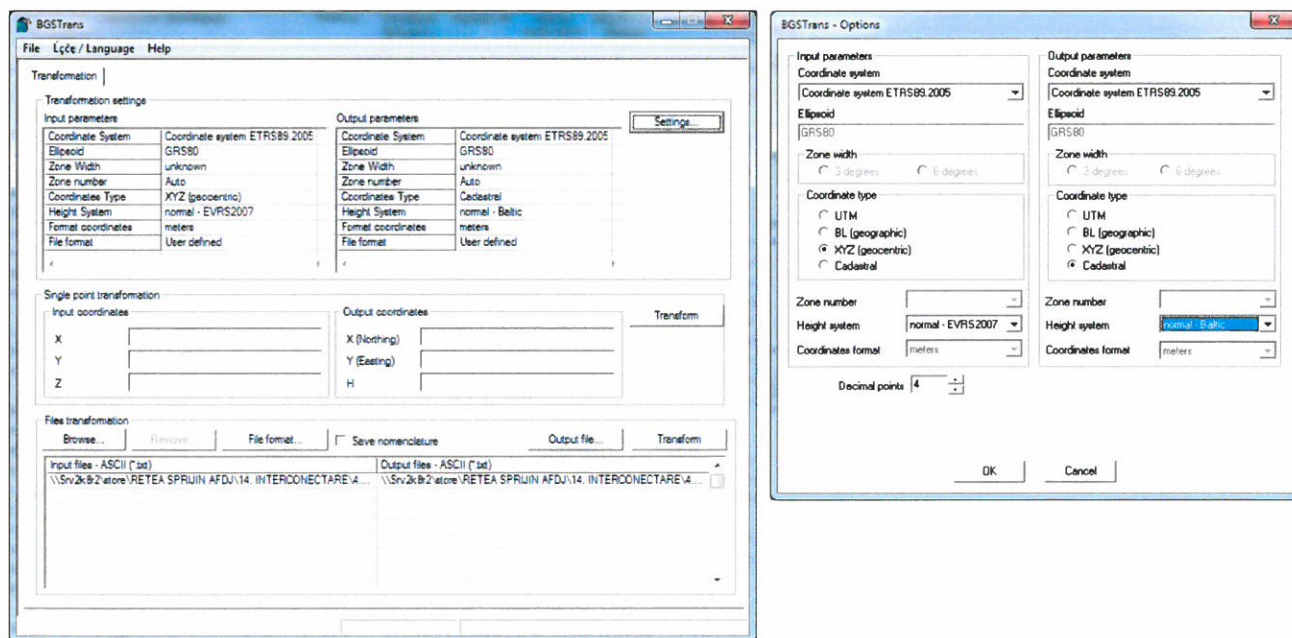


Figura 8 - Transformarea coordonatelor carteziene globale în sistemul de proiecție al Bulgariei CS2005 (sistemul cadastral)

Coordonatele au fost transformate pentru toate bornele din locațiile 59-111 și sunt centralizate în Anexa 5 – Inventar de coordonate.

CAPITOLUL 4. Determinarea coordonatelor altimetrice

În Bulgaria, din punct de vedere altimetric se utilizează sistemul de cote European EVRF 2007 dar și sistemul de cote normale Marea Baltică (Kronstadt) (Anexa 1). După cum se știe în etapa de determinare a coordonatelor bornelor Sistemului de Sprijin AFDJ 2014 s-au determinat inclusiv cotele în sistemul altimetric European EVRS (rețeaua EVRF 2007). Pornind de la aceste valori, cu ajutorul softului BGS Trans 4.2 se vor determina cotele în sistemul Marea Baltică (Kronstadt).

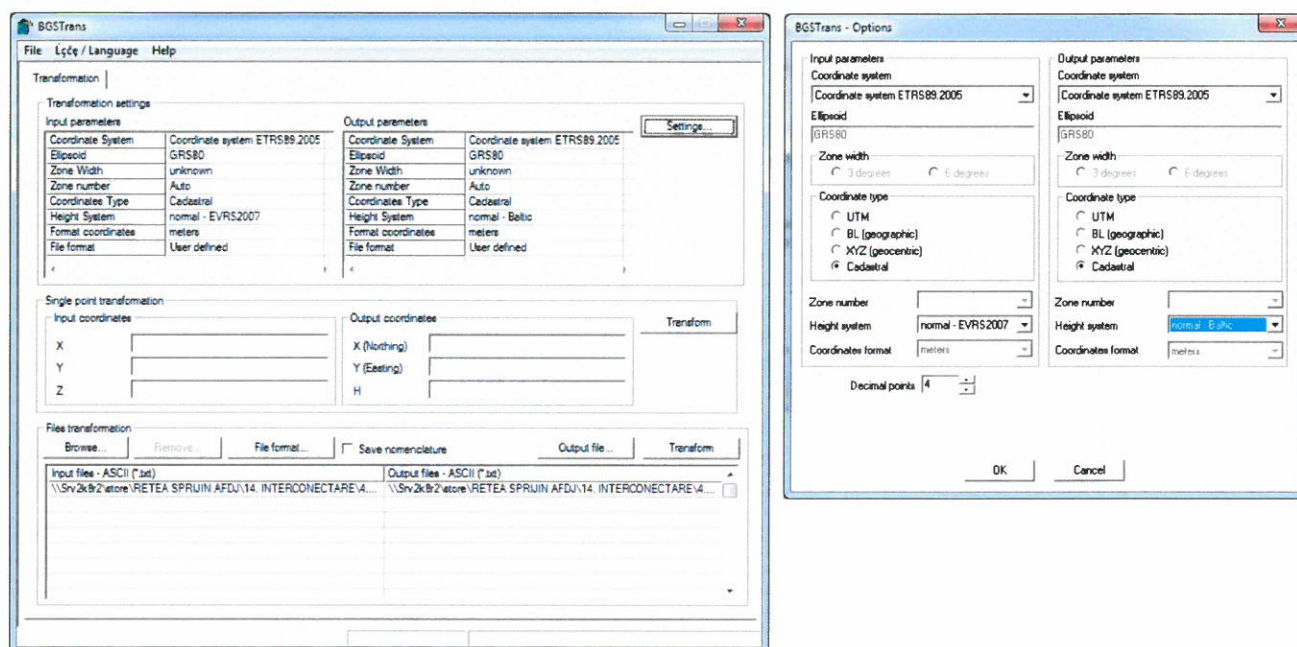


Figura 9 - Transformarea cotelor din sistemul EVRS 2007 în sistemul de cote al Bulgariei Marea Baltică (Kronstadt)

În figura de mai sus se poate observa modul de lucru pentru transformarea cotelor din sistemul EVRS 2007 în sistemul de cote al Bulgariei Marea Baltică (Kronstadt). Inventarul de cote normale în Marea Baltică (Kronstadt) se găsește în Anexa 5, alături de cotele în sistemul EVRS, rețeaua EVRF 2007.

EXECUTANT,

SC TEHNOGIS GRUP SRL

