

НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

**Мониторинг и информационна система за съвременни движения на
земната кора и сеизмичната опасност чрез националните GNSS,
сеизмична и акселерометрична мрежи**

**Научноизследователски проект финансиран от Фонд „Научни
изследвания“ по Договор ИО1/4-27. 11. 2012 г.**

Отчет за първи етап

София

Март 2014

Мониторинг и информационна система за съвременни движения на земната кора и сеизмичната опасност чрез националните GNSS, сеизмична и акселерометрична мрежи

Научноизследователски проект финансиран от Фонд „Научни изследвания“ по Договор ИО1/4-27. 11. 2012 г.

Отчет за първи етап

Съдържание

1. Цели на проекта

2. Мотивация

- 2.1 Историческа сеизмичност в Централна Западна България
- 2.2 Земетресението в района на гр. Перник от 22. 05. 2012 г. – данни от сеизмичния мониторинг
- 2.3 Земетресението в района на гр. Перник от 22. 05. 2012 г. – данни от мониторинга на акселерометричната мрежа за силни земни движения
- 2.4 Необходимост от съгъстяване на мониторинговите мрежи в района на Централна Западна България
- 2.5 Кратка геодинамична характеристика на района на Централна Западна България

3 Мониторингови мрежи на НИГГГ

- 3.1 Перманентна GNSS мрежа
- 3.2 Геодезическа GNSS мрежа в района на Централна Западна България
- 3.3 Сеизмична мрежа
- 3.4 Акселерометрична мрежа за силни земни движения

4. Избор и закупуване на GNSS, сеизмична и акселерометрична апаратура

- 4.1 Избор и закупуване на GNSS апаратура
- 4.2 Избор и закупуване на сеизмологична и акселерометрична апаратура

5. Избор на местата за инсталиране на научната апаратура

- 5.1 Избор на местоположенията на GNSS приемниците
- 5.2 Избор на местоположението на сеизмичната и акселерометрична апаратура

6. Инсталиране на GNSS, сеизмичната и акселерометрична апаратура и включването ѝ към мониторинговите мрежи на НИГГГ

- 6.1 Инсталиране на GNSS перманентните станции
- 6.2 Инсталиране на сеизмичната и акселерометрична апаратура
- 6.3 Инсталиране на допълнителен акселерограф в гр. Перник

7. Анализ на постъпващите данни от инсталираната апаратура в рамките на GNSS и сеизмичния мониторинг в Централна Западна България

- 7.1 Закупуване и инсталиране на софтуер Leica GNSS Spider
- 7.2 Обработка и анализ на данните от GNSS перманентните станции. Временни редове с координатите на станциите в гр. Перник и гр. Трън

- 7.3 Проверка на експлоатационните параметри на закупената апаратура
- 7.4 Анализ на постъпващите данни от сеизмичната апаратура
- 7.5 Акселерометрична станция „Перник“

8. Концепция за създаване на web-базирана информационна система за мониторинг на съвременните движения на земната кора и сеизмичната опасност в Западна България

9. Заключение

10. Благодарности

11. Публикации по проекта

Използвана литература

Приложения

Приложение 1: Работна програма за първи етап (2 екз.)

Приложение 2: Работна програма за втори етап (2 екз.)

Приложение 3: Финансов план за втория етап (2 екз.)

Приложение 4: Списък на научния екип със саморъчни подписи (2 екз.)

Приложение 5: Координати на институцията, изпълнител на проекта (2 екз.)

Приложение 6: Копия на публикациите по проекта

1. Цели на проекта

Националният институт по геофизика, геодезия и география (НИГГГ) при БАН осъществява непрекъснат мониторинг на съвременните движения на земната кора и сеизмичните събития чрез своите национални инфраструктурни перманентни мрежи: Национална GPS/GNSS мрежа за мониторинг на съвременните движения на земната кора; Национална сеизмична мрежа и Национална акселерометрична мрежа за силни земни движения.

Основна цел на предлагания проект е създаване на web-базирана информационна система, която да осигурява информация за състоянието и развитието на рисковите геопроцеси, в частност сеизмичността, и сеизмичната опасност на базата на непрекъснатия мониторинг, обработка и анализа на данните, осъществяван от перманентните мрежи на НИГГГ в района на централната част на Западна България, включващ столицата на страната. Допълнителната научна инфраструктура, която се предлага да се инсталира в района ще повиши в значителна степен надеждността на оценката на протичащите рискови процеси и сеизмичната опасност.

Създаването на web-базирана информационна система, която да отразява по подходящ начин непрекъснато обновяващата се интегрирана информация от мониторинга ще има важно социално и обществено значение. Тя ще запълни една съществена празнина в обществото – информираността му за съвременните геодинамични процеси и свързаната с тях сеизмичност. Предоставянето на web-базирана информация за сеизмичността, съвременните движения на земната кора и оценката на сеизмичната опасност е актуално решение за подпомагане на управлението на сеизмичния риск в България и подобряване превенцията в района на Централна Западна България. Предлаганият проект интегрира високотехнологичната инфраструктура на НИГГГ за изучаване на геодинамичните процеси и открива нови възможности за интензивни компютърни приложения базирани на мониторинговите мрежи, т.н. e-science, за изучаване динамиката на литосферата и протичащите в нея рискови процеси.

2. Мотивация

Предлаганият проект визира района на Централна Западна България. Основните съображенията за това са:

районът включва столицата на България, както и инфраструктурни, промишлени и социални обекти от важно значение;

плътността на инфраструктурните мониторингови мрежи в района е сравнително недостатъчна за детайлен и надежден мониторинг и оценка на сеизмичната опасност в тази активна в сеизмотектонско отношение област на страната;

сеизмичната опасност за нашата страна е реалност. Според нормативната карта от 1987 г. (1000 години период на повтораемост) 98% от територията на България е застрашена от силни земетръсни въздействия (интензивност VII и по висока), а съгласно предложената последна нормативна карта (475 години период на повтораемост) цялата територия на България е с очаквано максимално ускорение над 0.1 g .

Очевидно България е страна с изявена сеизмичност, поради което регистрирането на земетръсните въздействия чрез инфраструктурните мониторингови мрежи, архивирането, обработката на данните и анализа на резултатите, както и осигуряването на подходящ достъп до тях е важно както за научноизследователската и проектантска дейности, така и за целите на превенцията и адекватната информираност на обществото.

Събитията, свързани със земетресението от 22. 05. 2012 г. в района на Перник показва на практика липсата на осведоменост не само конкретно за сеизмичната опасност в страната и действията при такива събития, но и изобщо за геодинамичните процеси, които могат да доведат до сеизмични изяви. Очевидно е, че реализирането на един такъв проект ще има значителен принос не само за мониторинга на геопроцесите, анализа на резултатите и оценката на сеизмичната опасност, но и за своевременното информиране на обществеността.

2.1 Историческа сеизмичност в Централна Западна България

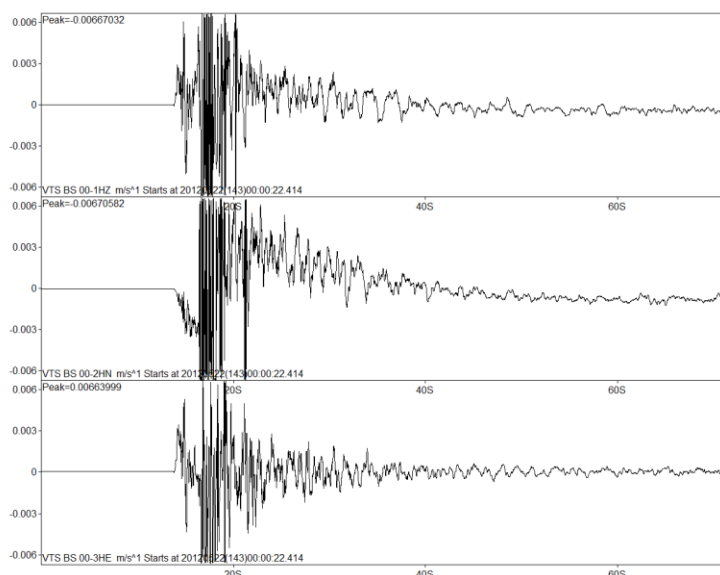
Сеизмичността в района на Централна Западна България е обект на особен интерес поради относително високата ѝ активност и близостта ѝ до град София - голямата концентрация на жилищно и промишлено строителство. Историческият преглед на земетръсната активност, показва, че в Софийския район са се реализирали сериозен брой разрушителни земетресения (Вацов, 1902). На 23. 04. 1818 г. е реализирано земетресението с магнитуд около 6.0 ($I_0=8-9$, МШК). С него се свързва появата на термалния извор до централна баня в София. Земетресението от 18. 09. 1858 г. с магнитуд 6.0-6.5 ($I_0=9-10$ МШК), най-разрушителното в района, се свързва с разломна линия северозапад-югоизток в подножието на Витоша (т.нар. Витошки разлом), по която са се появили нови термални извори и е наблюдавано значително разкъсване по повърхността. Това земетресение предизвиква много сериозни повреди и разрушения на сградите и е причина за избликване на минерални извори в западната част на София. През 1905 г. в западната маргинална част на Софийската зона се реализира земетресение с $M=6.5$. През 1917 г. земетресение с магнитуд $M_S=5.3$ ($I_0=7-8$ МШК) в близост до София води до множество повреди и промяната на дебита на минералните извори в града и околните села. Земетресението е последвано от афтершокова поредица, която трае повече от една година. Софийската зона е разтърсена отново от локални събития през 1922, 1942, 1946, 1947, 1951, 1952, 1966 и 1983 години (Христосков и др., 1986). Оценката на сеизмичната опасност за Софийска зона за 1000 г. период на повтораемост варира между 0.2 и 0.45 g (Solakov et al, 2001).

Сеизмичността в Софийската сеизмична зона е свързана с маргиналните неотектонски разломи оконтурващи и включени в Софийския грабен.

2.2 Земетресението в района на гр. Перник от 22. 05. 2012 г. – данни от сеизмичния мониторинг

В наши дни, на 22.05.2012 г., земетресение с магнитуд $M=5.6$ се реализира в Софийската зона. Най-силно то е усетено в гр. Перник и близките села. Земетресението е почувствано на територията на цялата страна, в Гърция, Македония, Румъния и Сърбия. Земетресението нанася сериозни повреди на сградите в гр. Перник и околните села. Афтершоковата серия все още продължава.

На Фигура 1 е дадена сеизмограмата на земетресението от 22. 05. 2012 г. в 00:00 часа GMT, регистрирано от най-близката до епицентъра сеизмична станция Витоша.



Фиг. 1. Запис на земетресението от 22. 05. 2012 г. в 00:00 часа GMT, регистрирано от сеизмична станция Витоша

От сеизмограмата се вижда, че регистрираната земна скорост е с амплитуда, значително надвишаваща максималния размах на сеизмометъра. Това доказва необходимостта от инсталиране както на нова сеизмична апаратура - сеизмометър, така и на датчик за силни земни движения – акселерометър, в района на Централна Западна България.

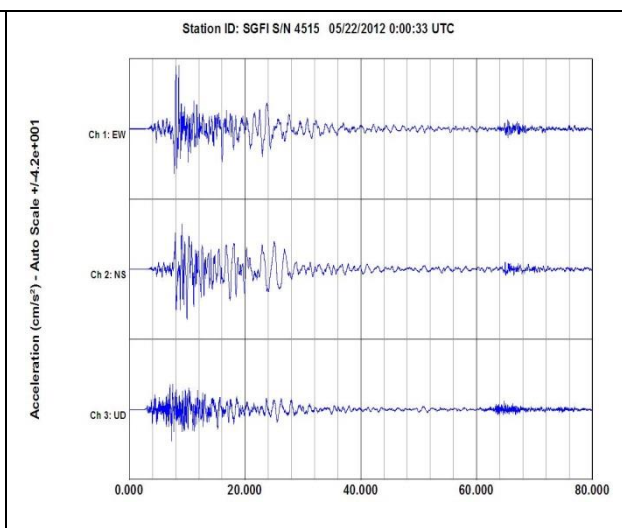
2.3 Земетресението в района на гр. Перник от 22. 05. 2012 г. – данни от мониторинга на акселерометричната мрежа за силни земни движения

Характеристики на инструментални регистрации от основни акселерометрични станции за силни земни движения в гр. София

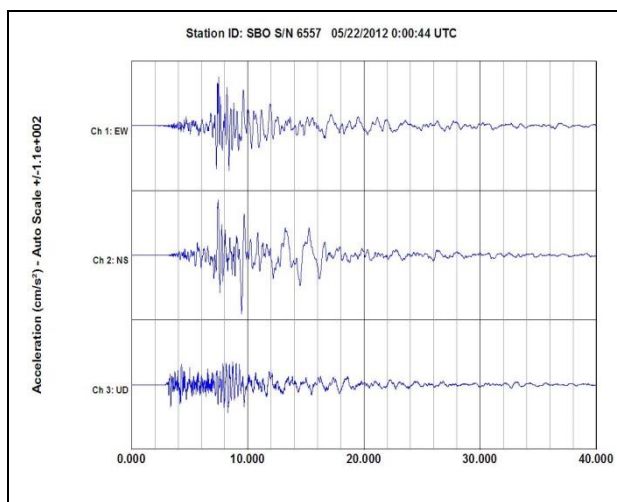
Въздействието на земетресението от 22. 05. 2012 г. за гр. София е представено чрез регистрации от три основни измервателни пункта в столицата с кодове SBO, SGL1 и SGFI. Станциите отстоят от епицентъра съответно на: около 23 km - SBO (кв. Мотописта); около 26 km - SGL1 (София - център); и на около 30 км - SGFI (кв. Гео Милев). Регистрациите са осъществени със специализирано оборудване, в което основните модули са на фирмата Kinematics, USA. На Фигура 2 е показана част от апаратурата на станция SGFI, а на Фигура 3 - получената скалирана 3-D акселерограма, след обработка на записа на основния трус от 22 май 2012 в същия пункт. На Фигура 4 и Фигура 5 са представени графиките на съответните скалирани 3-D акселерограми, получени след обработка на регистрации от същото земетресение в пунктове SBO и SGL1.



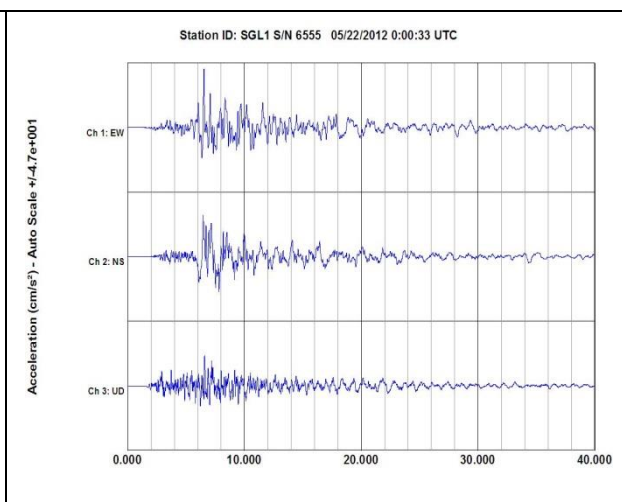
Фиг. 2. Оборудване на станция SGFI (#4515)



Фиг. 3. 3-D акселерограма от SGFI



Фиг. 4. 3-D акселерограма от SBO



Фиг. 5. 3-D акселерограма от SGL1

Таблица 1 съдържа определените максимални стойности на кинематични характеристики, получени след съответни обработки (инструментални, дигитални корекции, филтриране и т. н.).

Определените основни характеристики на въздействието във временната и честотната област са представени в Таблица 2. За всяка от обработените 3-D акселерограми е даден: кода на станцията и условията в регистрационния пункт, отстоянието му от епицентъра, посоката на компонентата, амплитудата на максималното ускорение във временната област, максималното спектрално ускорение (от спектъра на ускоренията при 5% затихване) за всяка компонента, доминиращите честотни интервали на регистрираното енергийно въздействие и порядъка на спектъра на мощността (PSD) - характеристика на постъпилата в регистрационния пункт сеизмична енергия).

Табл. 1. Максимални амплитуди на обработените регистрации от станции на НАМ в София на земетресението в 3:00 ч. на 22.05.2012 г. с епицентър в района на Перник.

Запис	Станция		Посока	Максимално ускорение	Максимална скорост	Максимално преместване
#	код	условия	код	cm/s ²	cm/s	cm
1	SBO	приземен етаж	EW	81.99	- 8.02	- 1.523
			NS	- 98.55	- 12.01	- 3.429
			UD	- 46.97	- 3.21	- 0.812
2	SGL1	приземен етаж	EW	42.62	2.97	0.957
			NS	30.26	- 4.76	- 1.347
			UD	21.94	1.42	- 0.381
1	SGFI	подземие	EW	38.33	- 4.88	- 1.083
			NS	- 29.91	4.73	- 1.429
			UD	- 17.81	1.55	- 0.521

Табл. 2. Инженерни характеристики на сеизмичното въздействие определени за районите на сеизмични станции в гр. София, вследствие земетресението от 22.05.2012 г.

Запис	Станция		Разст. до епицентъра	Посока	A _{max}	S _A max (β = 5%)	Преобл. честоти	Порядък на PSD
#	Код	Условия	[km]		[cm/s ²]	[cm/s ²]	[Hz]	[g ² /Hz]
1	SBO	приземен етаж	23.10	EW	81.99	295.8	1.2 ÷ 3.5	< 2. 10 ⁻⁴
				NS	- 98.55	283.5	0.4 ÷ 0.7	
				UD	- 46.97	240.0	3.2 ÷ 3.8	
2	SGL1	приземен етаж	26.00	EW	42.62	103.6	0.5 ÷ 0.8	< 3. 10 ⁻⁵
				NS	30.26	81.8	0.4 ÷ 0.8	
				UD	21.94	66.3	0.8 ÷ 1.8	
3	SGFI	подземие	29.60	EW	38.33	112.7	0.4 ÷ 0.8	< 4. 10 ⁻⁵
				NS	- 29.91	114.1	0.4 ÷ 0.9	
				UD	- 17.81	53.3	0.5 ÷ 1.1	

Инсталирането на нова акселерометрична дигитална станция в района на Централна Западна България ще даде възможност при подобно силно земетресение с епицентър в този

район на страната да се направи подробен анализ и се получат локалните характеристики на сеизмичното въздействие, по начин аналогичен на представения по-горе за въздействието на земетресението от 22. 05. 2012 г. върху столицата.

2.4 Необходимост от съгъстяване на мониторинговите мрежи в района на Централна Западна България

Районът, обект на изследване в настоящият проект, обхваща централната част на Западна България. Успешният мониторинг на съвременните движения на земната кора предполага наличие както на перманентни GNSS станции с достатъчна гъстота, така и на GNSS точки, които да бъдат измервани периодично в рамките на наблюдателни кампании. На приведената по-долу Фигура 6 с разположението на перманентните GNSS станции на територията на България ясно се очертава липсата на GNSS инфраструктура с достатъчна гъстота в района на Централна Западна България. Наличните перманентни станции са разположени в: Драгоман, София (2 станции), Бобов дол и Кюстендил. За да бъдат успешно реализирани целите на проекта е необходимо: да бъдат инсталирани две допълнителни перманентни GNSS станции в района на гр. Перник и гр. Трън. Инсталирането им ще позволи мониторинга на съвременните движения на земната кора да обхване целия район на Централна Западна България, като по този начин ще бъде направена и реална оценка на съвременните движения на земната кора.

Разширяването на Националната сеизмична мрежа в Централна Западна България е първостепенна задача, тъй като районът е силно сеизмичен, а плътността на станциите е сравнително малка. Разширяването на мрежата в тази част на България ще даде възможност за регистрация и локализиране на събития с по-ниски магнитуди, ще повиши точността на оценките и ще бъде от важно значение при дефинирането и оценяването на сеизмогенните структури в района. Разширяването на мрежата ще позволи и по-надеждното отделяне на техногенните сеизмични събития (взривове) от земетресенията, тъй като в разглеждания район има редица действащи кариери. Най-подходящо местоположение на нова сеизмична апаратура е районът на гр. Трън.

Националната акселерометрична мрежа за силни земни движения също не разполага с достатъчна гъстота на станциите в региона на Централна Западна България. Силно сеизмично събитие в този район може да предизвика сериозни поражения в инфраструктурата и сградите в гр. София и селищата в тази част на страната. Наличните акселерометрични станции са разположени в района на „Златните мостове“ на Витоша, в района на Рилския манастир и при село Крупник. Съгъстяването на мрежата от акселерометрични станции ще предостави възможност да се изследва и оцени реагирането на сградите и инженерните съоръжения в този регион на слаби и средно-силни земетресения, с оглед предприемане на реално необходимото укрепване или ретрофит на техните конструкции. Това ще намали уязвимостта на съществуващите конструкции при силни земетресения и ще гарантира подобряване на сеизмоустойчивостта на новото строителство и намаляване на сеизмичния риск за целия регион, включително и района на столицата. Най-необходимо е разполагането на нова акселерометрична апаратура в районите на гр. Трън и гр. Перник

2.5 Кратка геодинамична характеристика на района на Централна Западна България

Съвременната геодинамика на Централна Западна България се определя от неотектониката на района, в който доминират процесите на екстензия с генерална посока север-юг. Активните разломни структури в района имат посока изток-запад до СЗ-ЮИ. Тези структури определят и морфологията на областта. Тук попада Софийският грабен, ограничен от няколко разломни структури. От север, това са разломите от Задбалканската разломна система. По тях става издигане на Стара планина и понижаване на Софийското поле, а в източна посока са образувани Задбалканските грабени (полета). От юг, Софийското поле е ограничено от разломите Витошки и Лозенски с разседен характер. Тук е изявена и Искърската дислокация, която е ясно проявена южно от Лозенската планина в северния борд на язовир Искър и продължава в ЮИ посока с характер на ляв отсед. От същата система разломи с посока СЗ-ЮИ са и разломите изявени в северния склон на Родопите и северно от него. Те предопределят образуването на Горнотракийския грабен и Родопите. Тези разломи са част от Маришката разломна система като неотектонска структура. Южно от Софийския грабен като активни се проявява разломите ограничаващи от юг Палакарийския грабен, както и този северозападно от Сапарева баня, който оформя СЗ склон на Рила. Между гр. София и държавната граница с Република Сърбия съществуват редица разломни структури, за които липсват конкретни данни за тяхната съвременна активност. Както показва земетресението в района на гр. Перник през май 2012 г., тези разломи могат да генерират сеизмични събития. Това налага непрекъснат мониторинг на геодинамичните процеси в района.

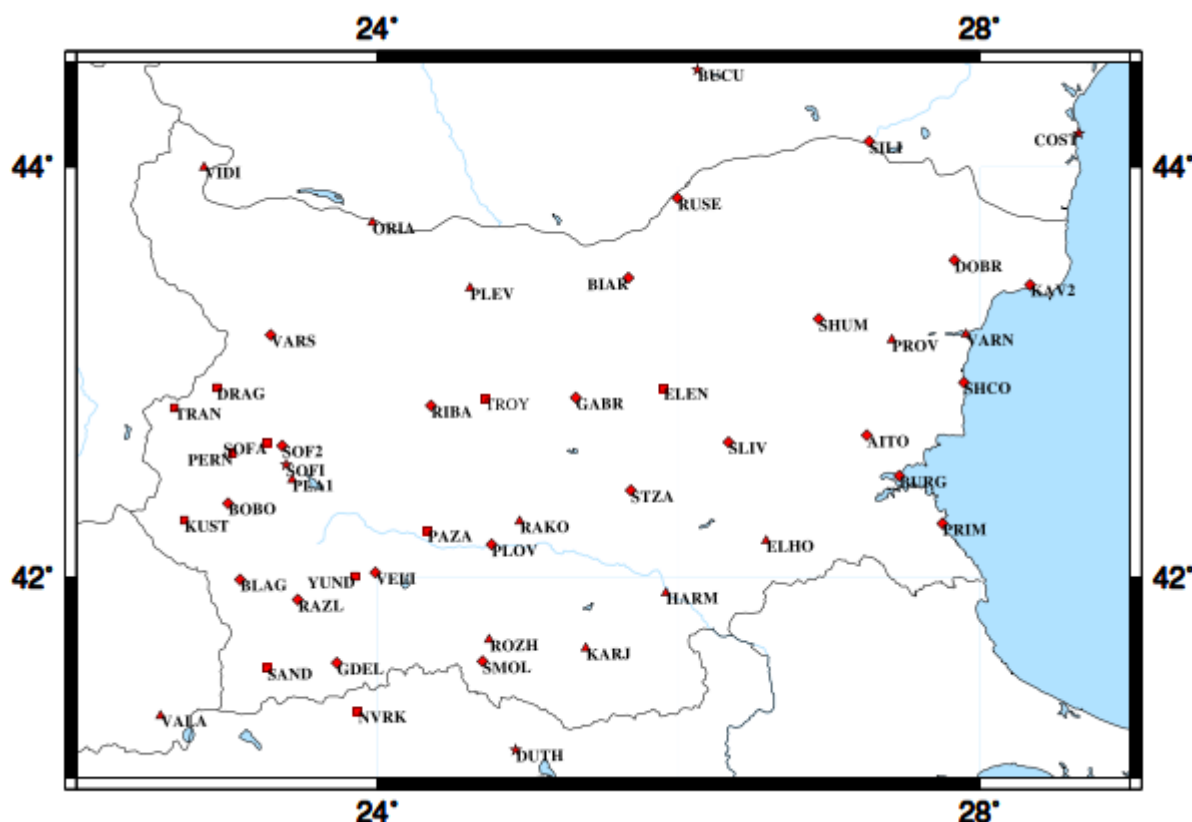
3 Мониторингови мрежи на НИГГГ

3.1 Перманентна GNSS мрежа

Съществуваща GPS/GNSS инфраструктура за мониторинг на съвременните движения на земната кора

Департамент Геодезия на НИГГГ поддържа Национална мрежа от перманентни GPS/GNSS станции. На Фиг. 6 са показани перманентните GNSS станции на територията на страната и Балканския полуостров, чиито данни се обработват непрекъснато в създадения в Департамента Център за обработка и анализ на GNSS измервания. Центърът за анализе е създаден във връзка с ангажиментите на Департамент Геодезия по изграждането и поддържането на Държавна GPS мрежа на Република България и Националната GNSS мрежа. Оборудван е с високотехнологична компютърна техника и най-съвременен софтуер за обработка на GPS/GNSS измервания. В Центъра се получават, чрез обработка и анализ на измерванията от перманентните GPS станции, временните редове координати на перманентните станции, координатите и скоростите им. Това позволява да се извършва мониторинг на съвременните движения на земната кора на територията на България и Балканския полуостров.

На Фиг. 6 с квадрати и триъгълници са показани перманентните GNSS станции от Националната GNSS мрежа поддържана от НИГГГ. С ромбове са показани перманентните станции на търговската GNSS перманентна мрежа NAVITEQ (<http://www.naviteq.com>), които се предоставят на Департамент Геодезия, съгласно сключен договор, за мониторинг на съвременните движения на земната кора.



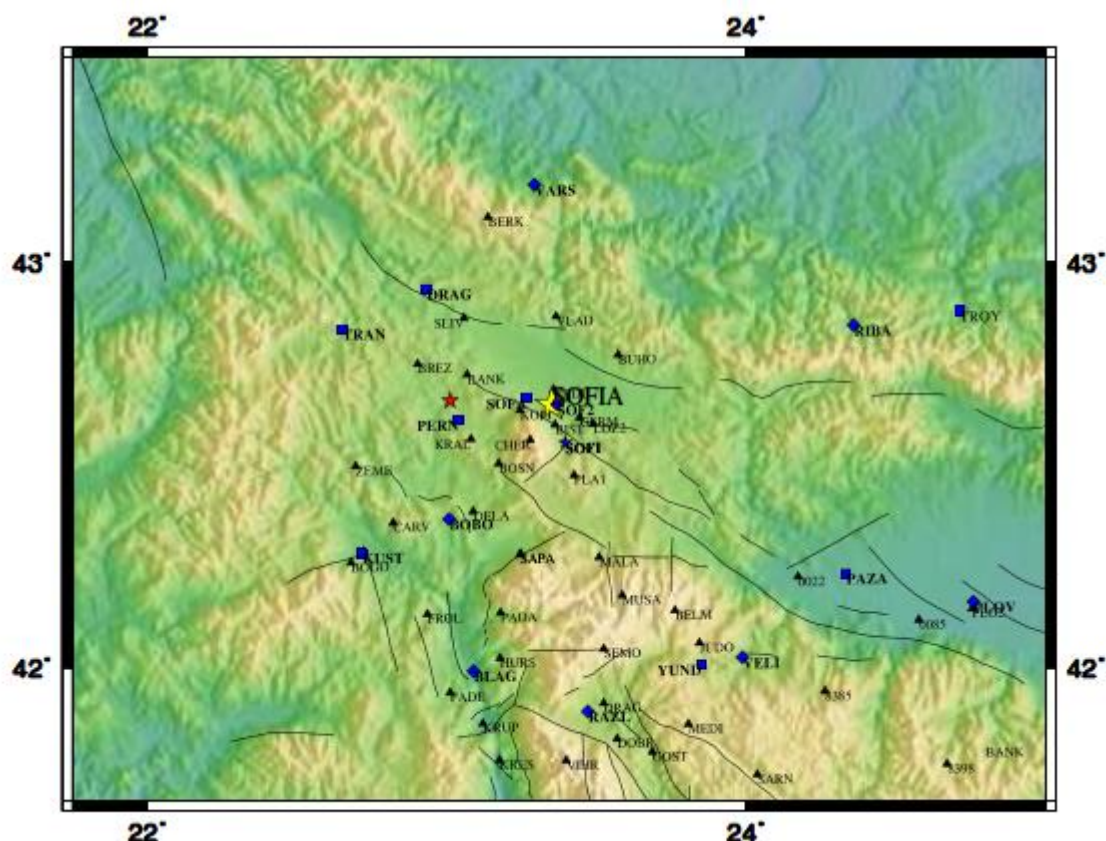
Фиг. 6. Перманентни GNSS станции на територията на България, чийто данни се използват за мониторинг на съвременните движения на земната кора

3.2 Геодезическа GNSS мрежа в района на Централна Западна България

В района на Централна Западна България е изградена GNSS геодинамична мрежа за мониторинг на съвременните движения на земната кора. Мрежата е показана на Фигура 7, като точките ѝ са показани с черни триъгълници. Със синьо са показани перманентните GNSS станции. Точките от мрежата са проектирани и стабилизирани така, че да обхващат основните разломни структури. Показаните на Фигура 7 разломни структури са дадени според „Геодинамична карта на Средиземноморието“, (Barrier et al., 2004) и по геоложки данни (Georgiev et al., 2007). Измерванията на геодинамичната мрежа започват през 1999 година и продължават периодично и до днес.

Точките от геодинамичната мрежа в района на Централна Западна България се измерват периодично, с период една или две години, и по този начин, съвместно с перманентните GNSS станции, позволяват да се получи полето на съвременните движения на земната кора.

Безспорно, интегрирането на GPS и сеизмичния мониторинг е важно условие за оценката на сеизмичната опасност. Интегрирането на този мониторинг с геоложка, тектонска и сеизмична информация, както и създаването на база данни и информационна система, генериращи нови знания, е стъпка към реалната оценка на сеизмичния риск.



Фиг. 7. Геодинамична мрежа в района на Централна Западна България. Основните разломни структури са дадени според Barrier (Barrier et al., 2004) и Georgiev (Georgiev et al., 2007).

3.3 Сеизмична мрежа

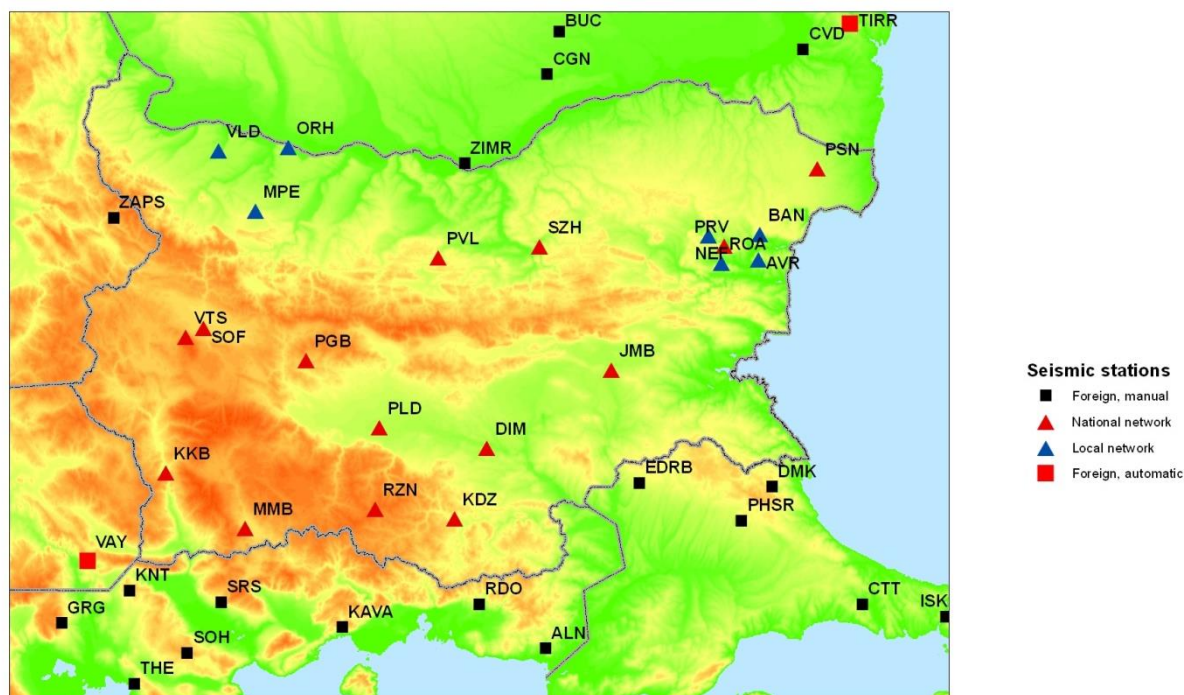
Националната цифрова сеизмологична мрежа (НЦСМ) се състои от 15 сеизмични станции, разположени на територията на цялата страна. Станциите са оборудвани с 3-компонентни широколентови сеизмометри и 24 битови цифрови сеизмични записващи системи с делта-сигма АЦП и динамичен диапазон над 132 децибела (RefTek DAS 130-3/6). Цифровите записващи системи включват и:

- GPS приемник за координати и точно време,
- модули за контрол и настройка на сеизмометрите,
- модули за предаване на сеизмичните данни в реално време
- памет за съхранение данните на място.

Основна цел на НЦСМ е да се извършва непрекъснат мониторинг на сеизмичността на територията на България и прилежащите територии, обработка на информацията, своевременно оповестяване на сеизмичните събития в съответните държавни органи и обществеността, както и осигуряване на висококачествени данни за научни изследвания.

Към НЦСМ функционират и две локални сеизмични мрежи (ЛСМ) – ЛСМ „Козлодуй“ и ЛСМ „Провадия“, които служат за мониторинг на сеизмичността и регистриране на микро земетресения в субрегиони 20-30 км около площадката на АЕЦ „Козлодуй“ и в района на солната мина в близост до гр. Провадия. Двете локални мрежи се състоят общо от 7 станции.

На Фигура 8 са дадени точките от НЦСМ (червени триъгълници) и двете локални мрежи (сини триъгълници). Дадени са и чуждестранните станции, от които се получават данни.



Фиг. 8. Сеизмичните станции на НЦСМ и ЛСМ „Козлодуй” и ЛСМ „Провадия”

Преносът на сеизмичните цифрови данни от станциите на НЦСМ и двете ЛСМ до Националния сеизмичен център (НСЦ) в НИГГГ се осъществява в реално време чрез организираната от БТК за нуждите на НИГГГ комуникационна мрежа – VPN. В НЦС се извършва автоматична в реално време и интерактивна обработка на сеизмичните данни. В НСЦ са изградени три вътрешни мрежи – в първата са включени компютрите от реално-времевата система, във втората - компютри за анализ, обработка, архивиране на данни, а в третата – компютри от мрежата на НИГГГ, служещи за обмен на данните с други национални мрежи и за web публикуване на сеизмологична информация. За да се осигури непрекъснатата регистрация и обработка на сеизмичните данни в реално време, НСЦ е оборудван с 2 идентично конфигурирани сървъра – единият – основен, а вторият - като горещ резерв, и няколко работни станции за интерактивна обработка на данните. Автоматичната обработка на данните се извършва от програмата Seismic Network Data Processor (SNDP) (Haikin and Kushnir, 2005; Khaikin et al. 2008), а интерактивната обработка – чрез програмата DHYPO – вариант Lee and Lahr (1975), адаптирана за работа в НОТССИ от Солаков (1993). В хипоцентралните оценки на сеизмичните събития се включват и данни от сеизмични станции на територията на съседните на България страни. Данните се архивират в 3 формата PASSCAL, miniSEED и CSS3.0.

НЦСМ заедно с двете локални мрежи е изградена на базата на еднотипни цифрови сеизмични станции, което прави мрежата хомогенна. Това в голяма степен облекчава процедурите по експлоатация и поддръжка на апаратурата. Данните се предават и обработват с възможно най-малко закъснение. Изграждат се еднотипни архиви от сеизмологични данни.

3.4 Акселерометрична мрежа за силни земни движения

Съгласно новите нормативни карти за сеизмично райониране на България, прилагани при проектиране и строителство на сгради, съоръжения и инфраструктура, цялата територия на България е застрашена от земетръсни въздействия. Сеизмичната опасност за нашата страна е реалност, поради което регистрирането на земетръсните въздействия, чрез Националната акселерометричната мрежа (НАМ), обработката и архивирането им в изчислителен център, както и осигуряването на подходящ достъп до обработените данни е изключително важно.

Националната система за регистрация, анализ и оценка на силни земни движения, включваща НАМ, е предназначена за осигуряване на непрекъснат мониторинг на земетръсни въздействия (на свободна земна повърхност, в сгради и инженерни съоръжения) на територията на България. Важността ѝ за страната се определя от основното ѝ предназначение – намаляване на сеизмичния риск и осигуряване на информация за нуждите на правителствени и държавни институции, структурите на Гражданска защита, местни органи на управление и др.

Данните от мониторинга на силни земетресения служат за провеждане на научни изследвания, за проектиране и осигуряване на сеизмичната защита на сгради, съоръжения, инфраструктура и за усъвършенстване на нормативните документи. Те имат ключово значение за превенция и управление на извънредни ситуации, както и предоставят реална възможност за управление на сеизмичния риск в България.

Главен приоритет в дейността на департамент Сеизмично инженерство на НИГГГ е осъществяването на непрекъснат 24-часов сеизмичен мониторинг на цялата територията на страната чрез мрежата от станции на НАМ. Управлението, поддръжката и обслужването на НАМ се осъществява съобразно международните стандарти за експлоатация на подобни сеизмични мрежи. Дългогодишният опит и познания на специалистите от ДСИ на НИГГГ в тази област са гаранция за нормалното функциониране на НАМ и поддържане способността ѝ да реагира при сеизмични събития (когато параметрите им надвишават зададените прагови стойности за отделните станции), при което се включва режима на активна регистрация.

НАМ е изградена с аналогово оборудване в началото на 80-те години на XX в. от ЦЛСМСИ (сега ДСИ на НИГГГ) при БАН, която я поддържа и управлява. През 2004 г. НАМ е модернизирана. Тя е дооборудвана със съвременни цифрови акселерографи ETNA и K-2 на фирмата KINEMATRICS (USA), монтирани в районите с най-висока сеизмичност. Тази апаратура позволява и дистанционно извличане на данни. Тогава е създаден и гръбнак на новата Национална мрежа от дигитални станции. Към настоящия момент НС включва:

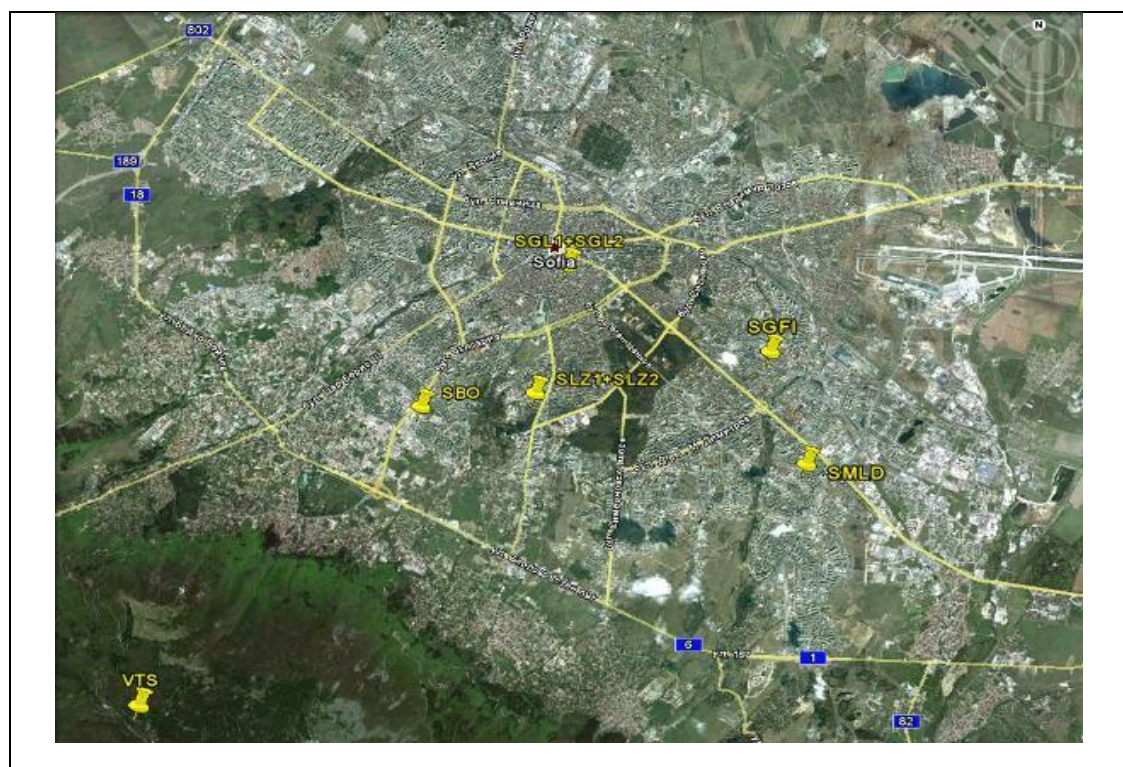
(1) Национална мрежа от 33 дигитални сеизмични станции (специализирано оборудване - акселерографи ETNA, GSR-12/16; телекомуникация – GPS, телеметрия - модеми GSM/GPRS; автономно ел. захранване и различни защиты), като основните 17 са показани на Фигура 9;

(2) Център за наблюдение и управление на данни (ЦНУД);

(3) Интегриран електронен архив от сеизмични регистрации, обработени, формирани и структурирани за специализирани научни и приложни изследвания, както и за нуждите на сеизмичното инженерство (строителство и проектиране) и различни превантивни дейности на национално и местно ниво.



Фиг. 9. Карта с основните станции на Националната акселерометрична мрежа



Фиг. 10. Локална акселерометрична мрежа за силни земни движения мрежа в гр. София

Доизграждането и разширяването на НАМ, изграждането на регионални и локални мрежи (вж. Фиг. 10) от станции, както и продължаване процеса на обновяване на оборудването на НАМ е стратегическа цел на ДСИ. Целта е броят на дигиталните станции за мониторинг на силни земетресения в сеизмоопасните райони на страната, какъвто е районът на Централна Западна България, да нараства.

От 2008 г. се наблюдава повишена сеизмична активност на територията на Р. България. Засега най-силното регистрирано земетресение от дигиталната мрежа на НАМ (с епицентър на наша територия) е това от 22. 05. 2012 г. с магнитуд $M = 5.6$ по скалата на Рихтер с дълбочина на хипоцентъра 10.0 км. Местоположението на епицентъра е на 25 км ЮЗ от София в Пернишката разломна зона. По-силните, от последвалите голям брой автършока, са регистрирани от най-близката до епицентъра станция на НАМ с код VTS, разположена в местността “Златните мостове” на Витоша. Само на 22 май са регистрирани 26 силни автършока след основното земетресение. Земетръсните въздействия от това огнище са усетени на територията на цяла Югозападна България.

4. Избор и закупуване на GNSS, сеизмична и акселерометрична апаратура

Във връзка с изпълнение на заложените дейности по проект “Мониторинг и информационна система за съвременни движения на земната кора и сеизмичната опасност чрез националните GNSS, сеизмична и акселерометрична мрежи”, финансиран по Договор N ФНИ – И01/4 между ФНИ и Националния институт по геофизика, геодезия и география при БАН бяха проведени две процедури за възлагане на обществени поръчки чрез публична покана по реда на глава осем „а” от ЗОП за доставката на 2 броя перманентни референтни GNSS станции и 1 брой цифрова сеизмична система.

На основание чл. 9 (1) от Договор № ФНИ-И01/4 от 27. 11. 2012 г., като член на комисията за провеждане на процедури по ЗОП бе включен и представител на ФНИ.

Обществената поръчка с предмет „Доставката на 2 броя перманентни референтни GNSS станции” бе възложена на класирания за изпълнител участник „Метрисис” ООД. Обществената поръчка с предмет „Доставка на цифрова сеизмична система” бе възложена на класирания за изпълнител участник Refraction Technology, A Division of Trimble Europe B.V.

4.1 Избор и закупуване на GNSS апаратура

Изборът на GNSS приемници за двете перманентни станции е подробно описан в документацията по осъществената обществена поръчка. Закупените GNSS приемници на фирмата Leica са предназначени специално за перманентни станции. Трябва да се отбележи, че в голямата си част оборудването на перманентните GNSS станции от Националната перманентна мрежа е на фирмата Leica, което е предпоставка за безпроблемното включване на новите станции към мониторинговата мрежа.

По-важните характеристики на приемниците са:

120 канални за двете честоти L1 и L2;

Честота на регистрация 1 Hz, Ethernet LAN и Oscillator портове;

Опция за приемане на сигнал от руската спътникова навигационна система GLONASS;

Памет на GNSS приемника – 8 GB чрез SD карта;

Прецизна GNSS антена модел AS10, GPS/GLONASS/Galileo, тричестотна.

Доставчикът на GNSS приемниците – Метрисис ООД, представител на Leica за България предостави и фирмения софтуер на Leica – Leica Geo Office, позволяващ предварителна обработка на измерванията за оценка на тяхното качество.

4.2 Избор и закупуване на сеизмична апаратура

Техническите изисквания към сеизмологичната апаратура са описани и приложени към тръжните документи.

При избора на сеизмологична апаратура не на последно място беше изискването за съвместимост на новата апаратура със съществуващата в сеизмичните станции на НЦСМ, което би осигурило по-лесно, надеждно и без допълнителни преобразувания включване на цифровите данни от новата сеизмична станция към данните от станциите на Националната мрежа, което води до повишаване на точността на хипоцентралните оценки на локалните земетресения.

Техническите изисквания към сеизмологичната апаратура са изброени в таблица и са приложени към останалите тръжни документи.

Закупените от фирма Refraction Technology, A Division of Trimble. Предложените: сеизмометър RefTek 151B/30 Observer, акселерометър RefTek 147-01/3 и цифрова записваща система DAS 130S6 напълно покриват, а по някои показатели надхвърлят изискванията, поставени в техническото задание.

Цифровата система DAS 130S/6 е шестканална. Състои се от 24-битов делта-сигма аналого-цифров преобразувател, модул за контрол на сензора, вътрешен осцилатор и външен GPS приемник/часовник. Системата е оборудвана със сериен и Етернет мрежови интерфейси, както и конзолен сериен порт. Динамичният диапазон е по-голям от 138 dB при честота 100sps, а честотата на цифроване може да се избира от 1 Hz до 1000 Hz. Системата има две степени на усилване x1 и x32 и входен диапазон 40VPP при усилване x1. Оборудвана е с 2 флаш памети с общ капацитет 4GB, върху които е организиран цикличен буфер за локално непрекъснато записване на данните. Данните се записват и изпращат в реално време в добре документирания и приет в международната сеизмологична практика формат PASSCAL.

Сеизмоприемникът RefTek 151B/30 Observer обединява 3 независими сензора (един вертикален и 2 хоризонтални) с честотен диапазон от 30сек. до 50Hz и чувствителност 2000V/m/s. Максималният неограничен изходен сигнал е +/- 20V и динамичен диапазон по-голям от 140dB. Собственият шум на сеизмоприемника е под нивото на модела NLNM в обхвата 60сек. - 10Hz. Има вградени механични модули за нивелиране, отключване и заключване на масата, както и модули за отдалечено центриране на масата и калибриране на датчика.

Акселерометърът RefTek 147-01/3 е трикомпонентен с три независими сензора с максимален входен обхват +/- 4g, максимална скала +/- 10V и чувствителност 2.5V/g. Честотният обхват е от DC до ~ 150Hz на ниво 3dB. По-детайлно описание на параметрите на закупената апаратура може да се намерят на уеб страницата на "Refraction Technology", www.reftek.com.

Сеизмичната апаратура се захранва чрез токозахранващо устройство (ТЗУ) 220V/12V и 12V батерия, осигуряваща резервно захранване при прекъсване на централното. Батерията и ТРУ са закупени от българска фирма.

5. Избор на местата за инсталиране на научната апаратура

Финансовият ресурс, съгласно сключеният с ДФНИ Договор ИО1/4 – 27. 11. 2012 г. позволява закупуването на два GNSS перманентни приемника и една сеизмична система,

включваща сеизмометър и акселерометър. По този начин трябваше да бъдат избрани места за два GNSS приемника и една сеизмична система.

Основните критерии при избора на местоположение на научната апаратура бяха два: подобряване конфигурацията на мониторинговите мрежи и оптималното ѝ съгъстяване в района на Централна Западна България;

осигуряване на безопасната експлоатация на апаратурата с осигуряване на 24 часов контрол на достъпа.

Тук трябва да бъде подчертан факта, че Департамент Сеизмично инженерство на НИГГГ, пред вид важността на мониторинга в района на земетресението до гр. Перник от 22. 05. 2012 г., осигури един акселерограф тип ETNA, който бе инсталиран в гр. Перник, както е описано по-долу. Финансов ресурс от проекта не е използван нито за закупуването му, нито за инсталирането му.

5.1 Избор на местоположенията на GNSS приемниците

Изискванията при инсталиране на перманентните GNSS приемници са свързани със стабилното монтиране на GNSS антената, което да позволи измерването на съвременните движения на земната кора без влияние на локални движения. Това се осъществява чрез изграждане на фундамент, върху който се монтира GNSS антената. Антената се свързва чрез кабел към GNSS приемника, който трябва да се намира в защитено от вандализъм помещение, по възможност с 24 часов контрол и с осигурено 220 V захранване.

Извършеното проучване на потенциалните места за инсталиране на GNSS приемниците, съобразено с изискването за съгъстяване на GNSS мрежата в Централна Западна България доведе до решението двата приемника да бъдат инсталирани в гр. Перник и гр. Трън. В гр. Перник приемникът е инсталиран на покрива на частен дом, а в гр. Трън - на покрива на масивната сграда на читалище „Гюрга Пинджурова“. Местоположенията и на двата GNSS приемника отговаря на специфичните изисквания за GNSS измервания. Двете GNSS перманентни станции се обозначават с международно приети четири буквени съкращения, съответно PERN и TRAN (вж. Фиг. 6 и 7).

5.2 Избор на местоположението на сеизмичната и акселерометрична апаратура

Географското разположение на мястото, където трябва да се инсталира сеизмичната апаратура е на запад от гр. Перник. С добавянето на нова точка на регистрация азимуталното покритие на земетресенията, реализирани в Софийска сеизмична зона ще се подобри, което ще повиши точността на локализиране на събитията.

Изискванията към местата за инсталиране на сеизмичната апаратура са свързани с възможно най-ниския шум, породен от човешка или промишлена дейност. Датчиците трябва да се монтират върху здрава основа, която има добър контакт със земната повърхност (здрава скала, твърда почва, бетонов фундамент). Датчиците не трябва да са изложени на въздушни течения и големи температурни разлики, които биха породили високи нива на шума. Трябва да има достъп до постоянно 220V захранване и възможност за изграждане на комуникационен канал за реално временно предаване на данни. Да има лесен достъп до апаратурата, например в тежки зимни условия.

Извършено беше проучване на възможните места за инсталиране на сеизмичната апаратура. На специфичните изисквания за инсталиране на сеизмичната апаратура в рамките на този проект отговаря едно от приземните помещения на читалище „Гюрга Пинджурова“ в гр. Трън.

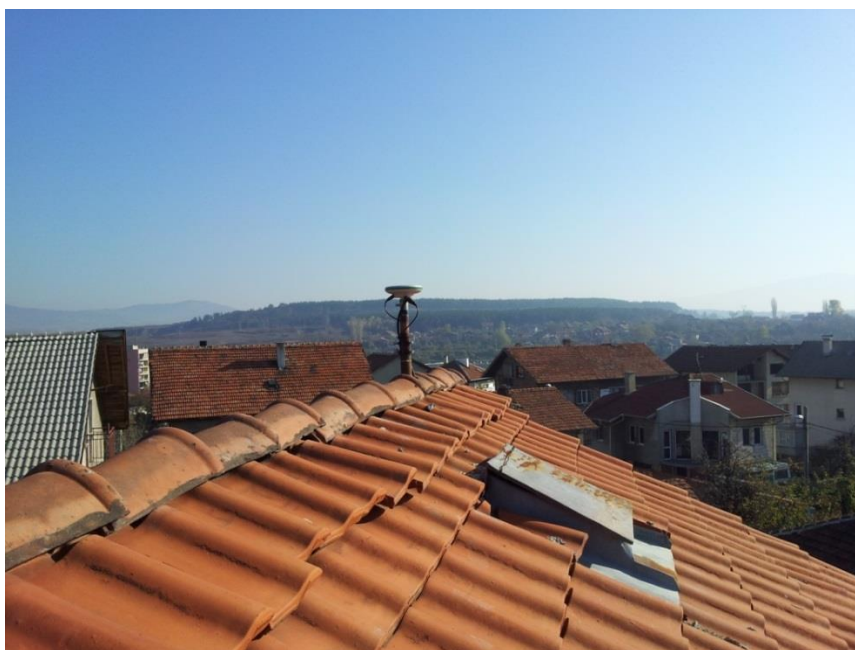
Сеизмичната станция, с международна аббревиатура TRAN, е обособена в приземната част на сградата на читалище „Гюрга Пинджурова“ в гр. Трън. Инсталирани са

закупените по проекта цифрова сеизмична станция DAS 130S/6, широколентов сеизмоприемник RefTek 151B/30 Observer, акселерометър RefTek 147-01/3 и захранващите блокове.

6. Инсталиране на GNSS, сеизмичната и акселерометрична апаратура и включването ѝ към мониторинговите мрежи на НИГГГ

6.1 Инсталиране на GNSS перманентните станции

На Фигура 11 е показана инсталираната в гр. Перник GNSS антена на перманентния приемник. Общ изглед на GNSS приемника е показан на Фигура 12. Антената е монтирана върху стоманена мачта бетонирана в една от колоните на частна жилищна сграда в западната част на града.



Фиг. 11. GNSS антена на перманентната станция в гр. Перник

За пренос на данните се използва местен Internet доставчик като в бъдеще ще се осигури **втора независима връзка за предаване на данните в Центъра за анализ в НИГГГ чрез 3G GPRS** модем. Данните от GNSS приемника се предават в реално време в Центъра за анализ.

В гр. Трън GNSS антената е монтирана върху специално изграден стълб за принудително центриране на покрива на масивната сграда на читалище „Гюрга Пинджурова“ – Фигура 13. Стълбът е бетониран върху една от носещите колони на сградата. GNSS приемникът е инсталиран в специално помещение с осигурено 220 V захранване – Фигура 14.

За пренос на данните се използва местен Internet доставчик като, както и в гр. Перник, в бъдеще ще се осигури **втора независима връзка за предаване на данните в Центъра за анализ в НИГГГ чрез 3G GPRS** модем. Данните от GNSS приемника в гр. Трън се предават в реално време в Центъра за анализ.



Фиг 12. GNSS перманентен приемник Leica GR10 инсталиран в гр. Перник



Фиг. 13. Изграденият стълб за принудително центриране на GNSS антената в гр. Трън



Фиг. 14. GNSS перманентен приемник Leica GR10 инсталиран в гр. Трън

6.2 Инсталиране на сеизмичната и акселерометрична апаратура

Сеизмометърът и акселерометърът са инсталирани върху здрав, без пукнатини и кухини бетонен под в приземната част на сградата, на място, изолирано от въздушни течения, които биха повлияли стабилната работа на датчиците. Акселерометърът е закрепен неподвижно за пода чрез предвидения за целта анкерен болт. Дигитайзерът, захранващото устройство и батерията са инсталирани върху плот в близост до датчиците. На Фигура 15 е показана инсталираната апаратура.



Фиг. 15. Сеизмичната апаратура, инсталирана в приземно помещение в читалище „Гюрга Пинджурова” в гр. Трън

Сеизмометърът RefTek 151B/30 Observer е чувствителен прибор, който изисква постоянна температура с много малки температурни колебания и изолиране от циркулацията на въздуха около него. За целта през следващия етап на договора ще се изработи и инсталира термична изолация около сеизмометъра.

Комуникационно решение

Дигитайзерът DAS 130S/6 е конфигуриран така, че сеизмичните данни, регистрирани от сеизмометъра и акселерометъра се записват в буфера на флаш паметта и едновременно се изпращат в реално време към Сеизмичния център в НИГГГ, където постъпват заедно с данните от сеизмичните станции на Националната цифрова сеизмологична мрежа в автоматичната система за регистриране, обработка и локализиране на сеизмичните събития. Данните от сеизмична станция TRAN се пренасят до Сеизмичния център в София чрез публичен интернет достъп, осигурен от местен интернет доставчик. Скоростта на предаване на данните е достатъчно висока, така че не се получава забавяне и прекъсване на реално-времевата комуникация.

6.3 Инсталиране на допълнителен акселерограф в гр. Перник

През 2013 г. НИГГГ инсталира допълнително и нова акселерометрична станция в гр. Перник с код PER. Така се осигури по-добро сеизмично наблюдение и мрежово покритие на Централна Западна България с оглед нарасналата сеизмична активност в района на гр. Перник през последните години. Апаратурата е монтирана в подземния етаж на нов пететажен монолитен стоманобетонен жилищен блок близо до центъра на града. За апаратурата и инсталирането ѝ не е използван финансов ресурс от проекта.

За привеждане в експлоатационно състояние на инсталираното там оборудване и акселерограф “ETNA” # 6558 (Kinometrics, USA) са извършени следните операции:

- разконсервиране, „оживяване” и тестване в лабораторни условия на отделните компоненти;

- осигуряване на захранване, защиты, инструменти и материали за доокомплектоване и инсталиране;

- избор на подходящо местоположение на уреда върху монолитна бетонова плоча (фундамент);

- ориентация на акселерографа по посоките на света;

- отстраняване на капака на уреда и демонтиране на акумулаторната батерия;

- анкерирание на кутията на уреда върху фундамента и блокиране достъпа на влага по анкерния болт;

- монтиране на акумулаторната батерия;

- нивелиране на блока със сензорите;

- проверка на фазата и зануляването на контакта за захранване на акселерографа от ел. мрежата и осигуряване на защита при свръхнапрежения и токови удари;

- осъществяване на връзка между “ETNA” и преносимия компютър, чрез интерфейсен кабел, и активиране на захранването им;

- включване вътрешния хардуерен ключ на „ETNA” на позиция “Oper.”;

- активиране програмния пакет QuickTalk в среда Windows от преносимия компютър;

Следва процедура на комуникационен обмен между акселерографа и преносимия компютър посредством специализиран софтуер, при което се осъществява: настройване, калибриране, конфигуриране, тестване и извличане на данни от уреда. Основните моменти от тази процедура са:

- проверка на отклоненията на сензорите от нулево положение (DVM, sensor’s offset);

установяване на напрежението на батерията (BATT), температурата (TEMP) и напрежението на захранването (CHARG);

съставяне на конфигуриращия файл за станцията, записан в паметта на акселерографа;

задаване на подходящо ниво за тригериране на регистрациите;

осъществяване на функционален тест за потвърждаване на актуализираните параметри и оперативното състояние на уреда;

осъществяване на софтуерно тригериране на регистрацията за установяване нивото на фоновия шум;

осъществяване на тест за проверка реагирането на сензорите;

реализиране на принудително събитие, чрез импулсно въздействие в непосредствена близост до акселерографа или чрез леко почукване по кутията му, за проверка на прага на задействане на сензорите и оперативното състояние на уреда;

освобождаване на оперативната памет от файловете, създадени при настройването и тестването и прехвърлянето им на електронен носител за сведение и съхранение.

Осъществена е и процедурата по пускане в експлоатация на станция PER, която включва: рисет на светодиодите и брояча на събитията, изчистване на паметта на акселерографа, активиране на режима на оперативна готовност за регистрация, поставяне на обезвлажнителя, затваряне на капака, излизане от програмата за контрол и отстраняване на интерфейския кабел между "ETNA" и преносимия компютър, поставяне на контролен етикет за датата на тестване и заснемане.

7. Анализ на постъпващите данни от инсталираната апаратура в рамките на GNSS и сеизмичния мониторинг в Централна Западна България

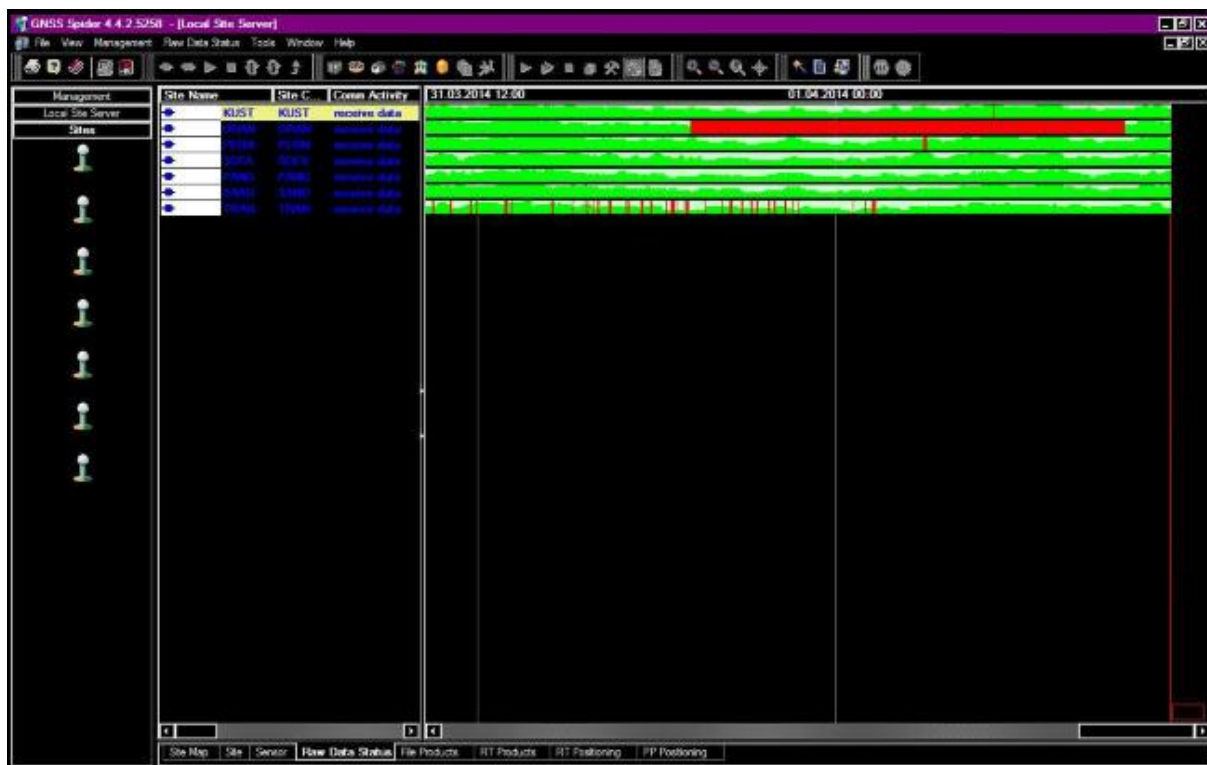
7.1 Закупуване и инсталиране на софтуер Leica GNSS Spider

За да бъде осъществено оптимално управление от Центъра за анализ на перманентните GNSS приемници бе закупен софтуерът Leica GNSS Spider.

Софтуерът е предназначен за управление на референтни GNSS станции и осигурява пряка и обратна връзка с приемниците, поддържа пълен отдалечен контрол и конфигуриране на съответния приемник, автоматично сваляне на данните и конвертирането им в различни формати, контрол на качеството на измерванията, запис на събития, FTP трансфер и дистрибутиране на файлови продукти през Интернет.

Софтуерът е инсталиран в Центъра за анализ на GNSS измервания в НИГТГ и преносът на данните от перманентните станции се осъществява с негова помощ. На Фигура 16 е показан screenshot на софтуера показващ постъпващите в реално време данни от GNSS перманентни станции.

Данните от перманентните станции се архивират в база данни и се обработват непрекъснато като за всяко денонощие се получават координатите на точките. Тези координати се използват за получаване на временните редове на перманентните станции.



Фиг. 16. Screenshot на софтуера Leica GNSS Spider

7.2 Обработка и анализ на данните от GNSS перманентните станции. Временни редове с координатите на станциите в гр. Перник и гр. Трън

Измерванията от перманентните GNSS станции се обработват и анализират със софтуера GAMIT/GLOBK.

GAMIT/GLOBK е научноизследователски софтуер, отразяващ последните постижения в спътниковата геодезия и по-специално GNSS технологията, разработен от Масачузетския технологичен институт, Харвард-Смитсониан центъра за астрофизика и Институтът по океанография Scripps (T. Herring, R. King, S. McClusky, GAMIT Reference Manual, Release 10.3, Massachusetts Institute of Technology, September 2006; GLOBK Reference Manual, Release 10.3, September 2006). Софтуерът е предназначен основно за получаване оценки за координати и скорости на станции, стохастично и функционално представяне на постсейсмични деформации, модели на атмосферата, спътникови орбити и параметри на ориентация на Земята.

Софтуерът позволява получаването и анализирането на временни редове с координатите на перманентни станции получени обикновено на всеки 24 часа. Анализът е временните редове с координатите на станциите важно допълнение към получаването на съвременните движения на земната кора, тъй като показва поведението на всяка индивидуална станция. Предимствата на анализа на временните редове могат да се обобщят по следния начин:

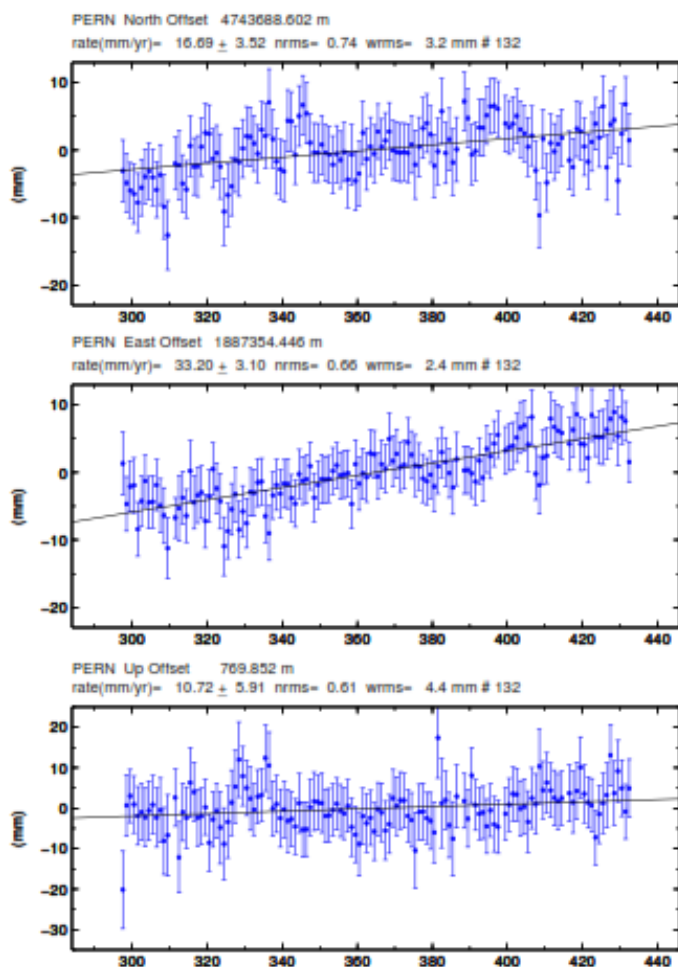
- лесно откриване на грешки в резултатите от обработката за съответната станция;
- локалният ефект върху дадена станция не влияе върху останалите;
- лесно локализиране на различни ефекти в поведението на всяка станция – систематични грешки, скорости, сезонни вариации, ко- и пост-сейсмични движения, немоделирани ефекти и др.

Софтуерът GAMIT/GLOBK притежава гъвкав инструмент за анализ на временни редове, като могат да бъдат оценявани:

- систематични грешки (biases);
- скорости (векови изменения);
- скокове във временните редове (сеизмични събития);
- сезонни вариации;
- нелинейни вариации – експоненциални и логаритмични;
- нелинейни периодични вариации.

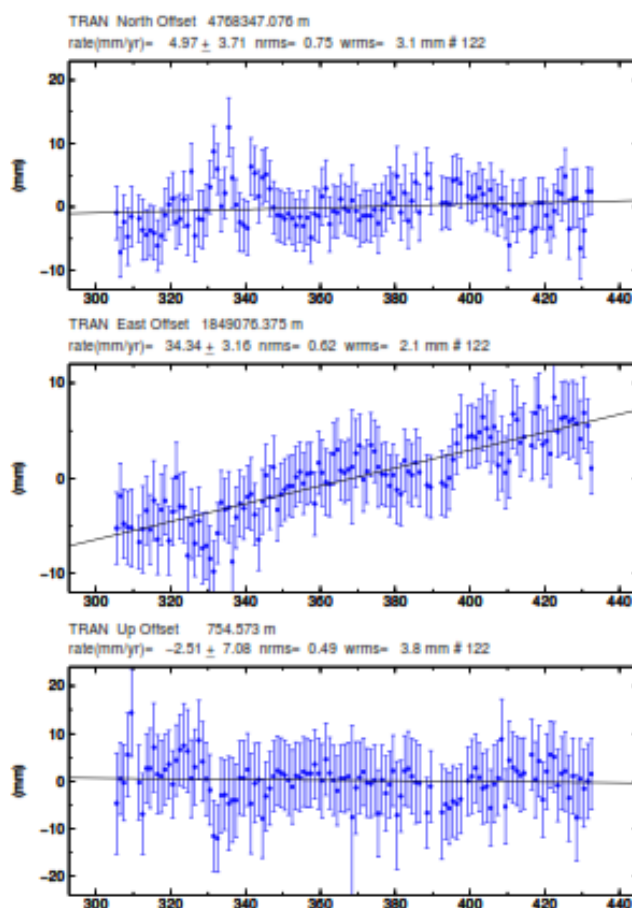
Перманентната станция в гр. Перник започва да предава данни, след съответния тестов период, на 24. 10. 2013 г. (297 ден от началото на годината), а перманентната станция в гр. Трън – на 01. 11. 2013 г. (305 ден от началото на годината).

На Фигури 17 и 18 са показани съответно „суровите“ временни редове на перманентните GNSS станции в гр. Перник (PERN) и гр. Трън (TRAN).



Фиг. 17. Временни редове с координатите север, изток и вертикално на перманентната GNSS станция в гр. Перник, PERN. Показани са и средните им квадратни грешки.

Тъй като периодът на наблюдение е малък, около 5 месеца, временните редове не са анализирани за определяне на вековия тренд (скоростта), и сезонните вариации. По тази причина тук са представени „суровите“ временни редове, т.е. координатите на станциите във времето, както са получени от обработката на измервания за всяко едно денонощие със средните им квадратни грешки.



Фиг. 17. Временни редове с координатите север, изток и вертикално на перманентната GNSS станция в гр. Трън, TRAN. Показани са и средните им квадратни грешки.

Въпреки това, временните редове показват много доброто качество на измерванията и на двете перманентни GNSS станции, както и на приложените при обработката модели на измерванията.

7.3 Проверка на експлоатационните параметри на закупената сеизмична и акселерометрична апаратура

Сеизмометрична апаратура

Фирмата производител на сеизмологичното оборудване Refraction Technology е разработила софтуерно приложение, чрез което се следят непрекъснато критични за работата на апаратурата параметри като: захранващо напрежение, напрежение на батерията за backup, закъснението на данните, нивото на запълване на рам и флаш паметта, състоянието на GPS приемника. Данните за наблюдаваните параметри могат да се визуализират чрез web браузер. По този начин се получава непрекъсната информация за състоянието на станцията и причината за спиране на работата на апаратурата се установява в рамките на няколко минути.

Калибровка на параметрите на датчиците

Извършена е проверка на параметрите на сеизмометъра и акселерометъра като е приложен калибровъчен сигнал в калибровъчната верига на двата датчика, а именно:

Сеизмометър RefTek 151B/30 Observer:

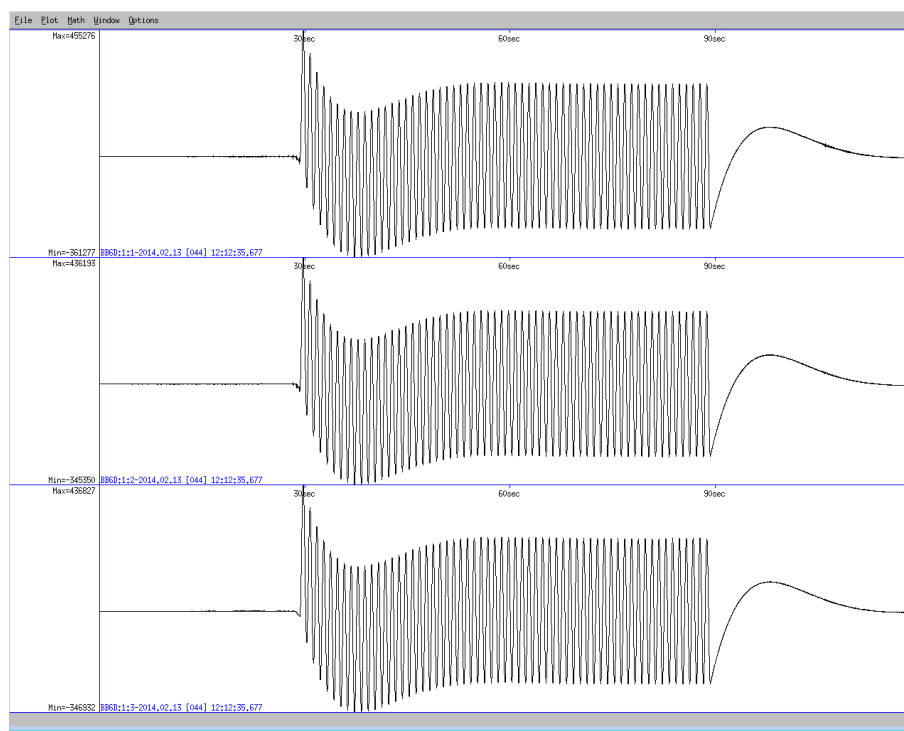
Подава се синусоидален калибровъчен сигнал с амплитуда $U=0.2V$ и честота $1Hz$. Измерва се размахът на сигнала върху цифровата сеизмограма Ар-р. Като се използват паспортните данни на сеизмометъра се изчислява очакваното напрежение на изхода на датчика $Up-p\ out_1$. Полученото изходно напрежение $Up-p\ out_2$ се изчислява като се знае чувствителността на дигитайзера DAS 130S/6 и отчетения размах Ар-р. Изчислява се грешката. Данните за калибровката на трите компоненти на сеизмометъра са дадени в Таблица 4:

Таблица 4. Данни за калибровката на сеизмометъра

компонента	Ucal [V]	Честота [Hz]	Ар-р [counts]	Up-p out ₁ [V]	Up-p out ₂ [V]	Грешка [%]
Z	0.2	1	524756	1.4114	1.4478	<0.5
N	0.2	1	501885	1.34823	1.38621	<0.4
E	0.2	1	504845	1.34607	1.39388	<0.4

Получената грешка е под 1% и за трите компоненти, което означава, че сеизмометърът работи коректно и може да се използва за мониторинг на сеизмичността в региона.

На Фигура 18 е показан запис на калибровъчния сигнал на трите компонента на сеизмометъра.



Фиг. 18. Калибровъчен сигнал, записан от сеизмометъра RefTek 151B/30 Observer

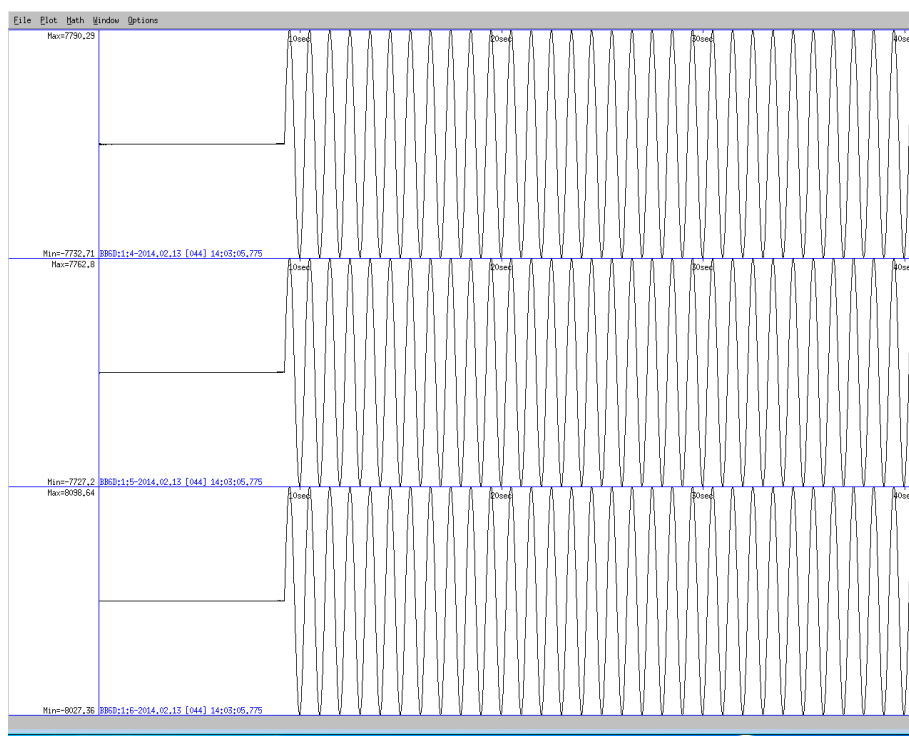
Акселерометър RefTek 147-01/3:

Акселерометърът има калибровъчна бобина и по паспортни данни може да се подава калибровъчен сигнал до $\pm 5V$. Въпреки, че параметрите на сензора не се променят с времето, по препоръка на производителя в къс период от време след инсталирането се прилага калибровъчен сигнал, който служи като база за сравнение със следващи калибровки със същия входен сигнал.

На Фигура 19 е показана реакцията на акселерометъра на калибровъчен сигнал с параметри, описани в Таблица 5.

Таблица 5. Параметри на калибровъчния сигнал

компонента	Up-p cal [V]	Честота [Hz]	Ap-p [counts]
Z	0.4	1	15493
N	0.4	1	15482
E	0.4	1	16124



Фиг. 19. Калибровка на акселерометъра RefTek 147-01/3

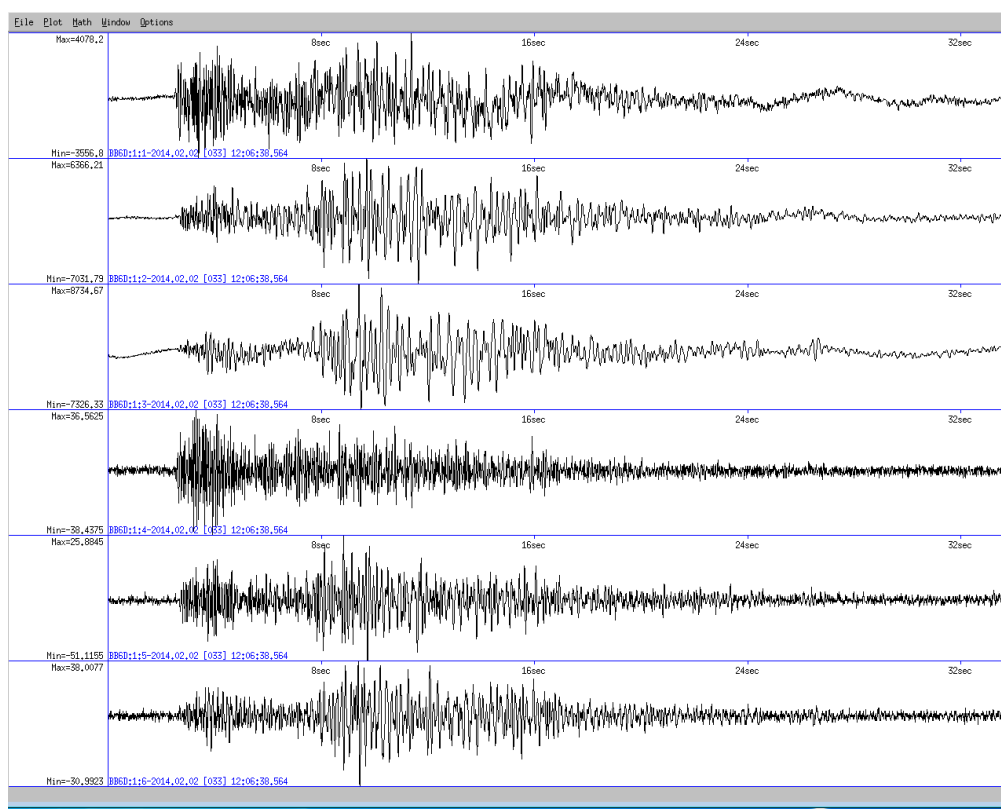
7.4 Анализ на постъпващите данни от сеизмичната апаратура

Регистрирани събития

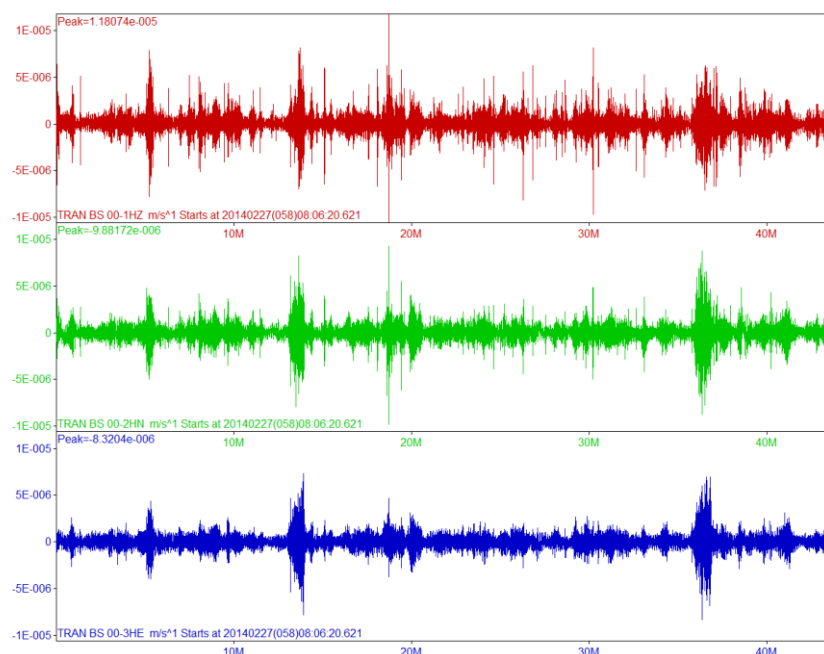
На Фигура 20 е показан запис на земетресение, реализирано в близост до гр. Перник на 02. 02. 2014 г. в 12:06:34.8 GMT с магнитуд $M_p = 2.4$ и координати 42.58 N и 23.05E,

регистрирано от станция TRAN. На горните три трасета са представени сеизмограмите на Z, N и E компонентите на сеизмометъра, а долните три са записите на Z, N и E компонентите на акселерометъра. От записа на вълновите форми отчетливо се виждат сеизмичните фази и доброто отношение сигнал/шум.

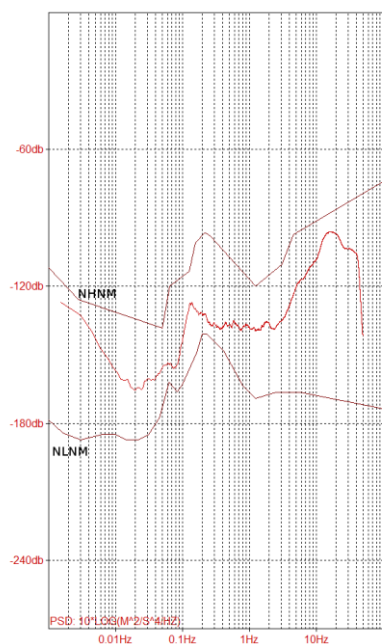
На Фигура 21 е показан запис на сеизмичен шум, регистриран от сеизмометъра RefTek 151B/30 Observer. Записът е с дължина 50 минути, направен през деня, когато шумът, породен от човешки дейности е най-голям. От сеизмограмата се вижда, че максималната амплитуда и за трите компоненти не надхвърля $10\mu\text{m/s}$, което представлява средно ниво на шума. Това се потвърждава и от нивото на мощността на шума, регистриран през деня на вертикалната компонента на сеизмометъра – Фигура 22. На фигурата за сравнение са дадени двата модела на висок (NHNМ) и нисък шум (NLNM), които се използват широко в сеизмологичната практика за оценяване на сеизмичните прибори и сеизмичните станции. Вижда се, че кривата на мощността на шума на станция TRAN лежи по средата между двата модела.



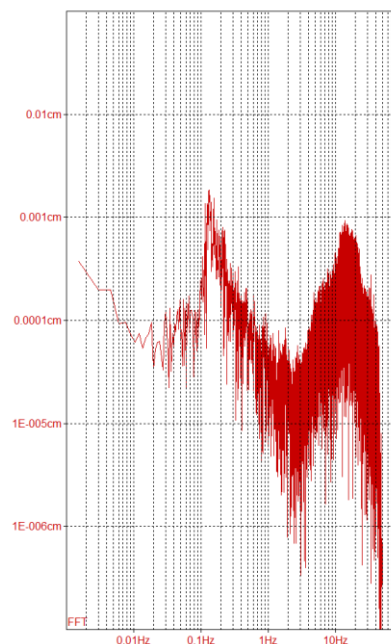
Фиг. 20. Земетресение, регистрирано от станция TRAN на 02.02.2014г. в 12:06:34.8 GMT с магнитуд $M_p = 2.4$ и координати 42.58 N и 23.05E



Фиг. 21. Запис на сеизмичен шум, регистриран от сеизмометър RefTek 151B/30 Observer през деня



Фиг. 22. Мощност на шума, регистриран от вертикалната компонента на сеизмометъра през деня

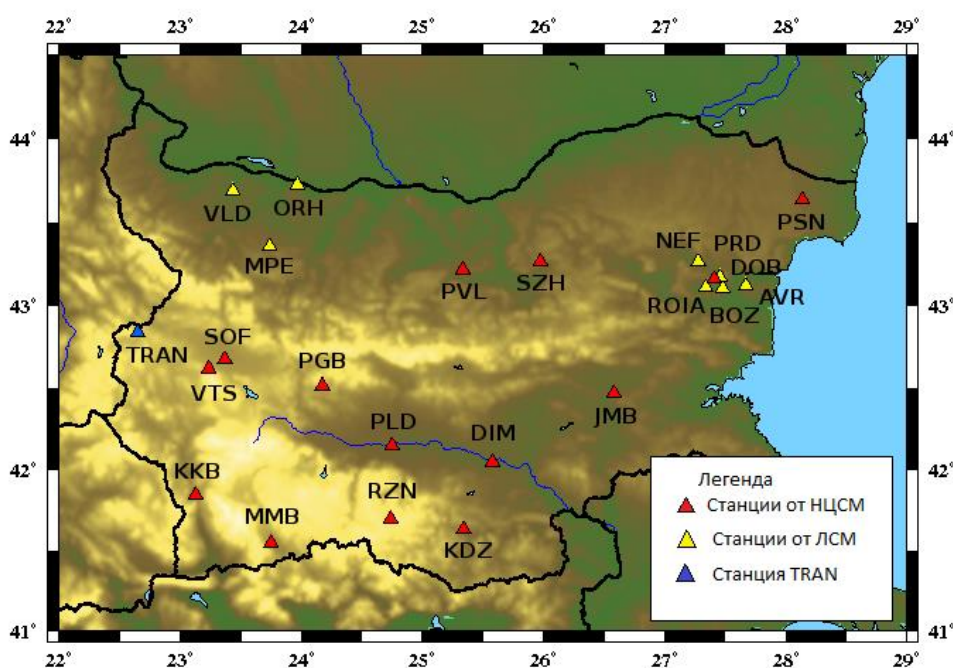


Фиг. 23. Спектър на шума, регистриран от вертикалната компонента на сеизмометъра през деня

Фигура 23 представява честотен спектър на дневен шум, регистриран от вертикалната компонента на сеизмометъра. Пикът в спектъра около 10Hz се дължи на шумовете, породени от човешка дейност. Нивото на този шум лежи под $10\mu\text{m/s}$. Вторият пик в спектъра е породен от атмосферни и сезонни колебания, които са по-интензивни през зимния период (Dimitrova and Nikolova, 2011). Спектърът на локалните земетресения се разполага между 0.1 и 10Hz. От фигурата се вижда, че шумът в този честотен диапазон е с

доста ниско ниво, което предполага регистриране на локални събития с доста нисък магнитуд.

В Западна България са разположени 5 станции от Националната сеизмологична мрежа и станциите от ЛСМ „Козлодуй”. Всички те, заедно с останалите станции на НЦСМ, участват в автоматичната локализация на земетресения и интерактивна обработка на сеизмологичната информация. Новата сеизмична станция TRAN се намира в Централна Западна България (Фиг. 24). Нейното положение в апертурата на сеизмичната мрежа и спрямо сеизмичните източници в Софийска сеизмична зона позволява да се повиши точността на хипоцентралните оценки, по-детайлно изучаване на сеизмичността в сеизмичната зона, подобряване на оценките за пространствено и времево разпределение на локалните земетресения и изработване на по-точни механизми на земетресенията.



Фиг. 24. Сеизмичните станции на НЦСМ, ЛСМ „Козлодуй” и станция TRAN

7.5 Акселерометрична станция „Перник” (PER)

Както беше споменато, в гр. Перник бе инсталиран допълнителен акселерограф за да бъде съгъстена оптимално Националната акселерометрична мрежа за силни земни движения в близост до епицентъра на земетресението от 22. 05. 2012 г. Акселерографът е осигурен от Департамент сеизмично инженерство и от проекта не са изразходвани средства нито за закупуването му, нито за инсталирането му.

Сградата, в която е инсталирана станцията, е масивен, пететажен монолитен стоманобетонен жилищен блок в центъра на гр. Перник. Оборудването е инсталирано в подземно помещение върху монолитна стоманобетонна плоча.

Монтиран е акселерограф “ETNA” със сериен № 6558.

По-долу са показани данни от настройките, калибрирането, конфигурирането и тестването на акселерометъра, които са гаранция за безпроблемната му работа в бъдеще.

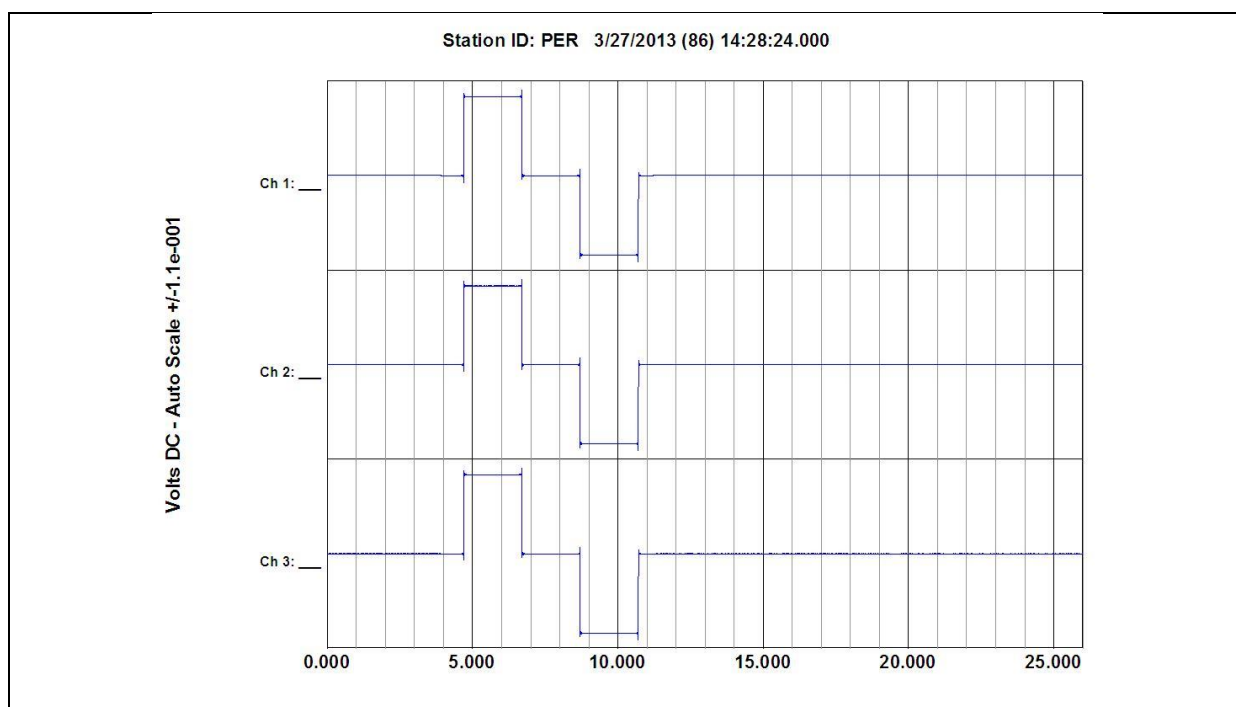
GPS сверява времето;

Satellites: излизат 5 бр. , като 3 бр. са с достатъчно силен сигнал;

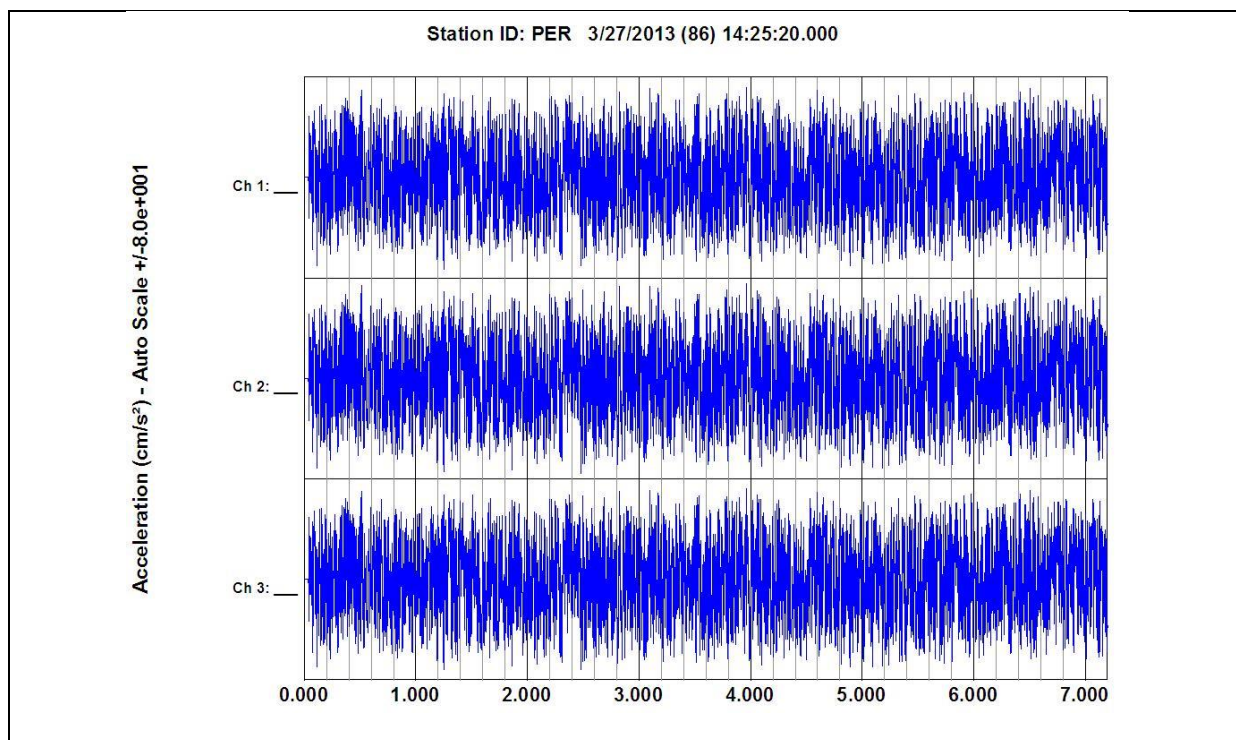
географски координати - $\phi = 42.6013\text{N}$, $\lambda = 23.0281\text{E}$, $h = 700\text{ m}$;
DAC value: 2161;
Sensor's offset: $X = -1.828$, $Y = 4.754$, $Z = 3.523 < 25\text{ mV}$;
BATT: 13.49 V ;
TEMP: 14.15 °C ;
CHARG: 14.12 V ;
Конфигуриращ файл: PERCONF.PAR ;
Functional test file: BT 007.EVT ;
Keyboard trigger test file: BT 008.EVT ;
Sensor Response test: BT 006.EVT ;
Log file: PER_LOG.TXT ;
Impulse trigger file: BT 009.EVT ;
Праг: 0.25 % FS

Извършени са диагностични тестове за оценка на оперативните качества и функционалното състояние на уреда. На Фиг. 25 и Фиг. 26 са показани регистрации на осъществените: функционален тест и тест за реагиране на сензорите. Както се вижда акселерометърът функционира нормално. Трите му компоненти отговарят на стандартите и реагират еднакво, както на подадения двуполярен импулсен калибровъчен сигнал, така и на стационарни периодични трептения.

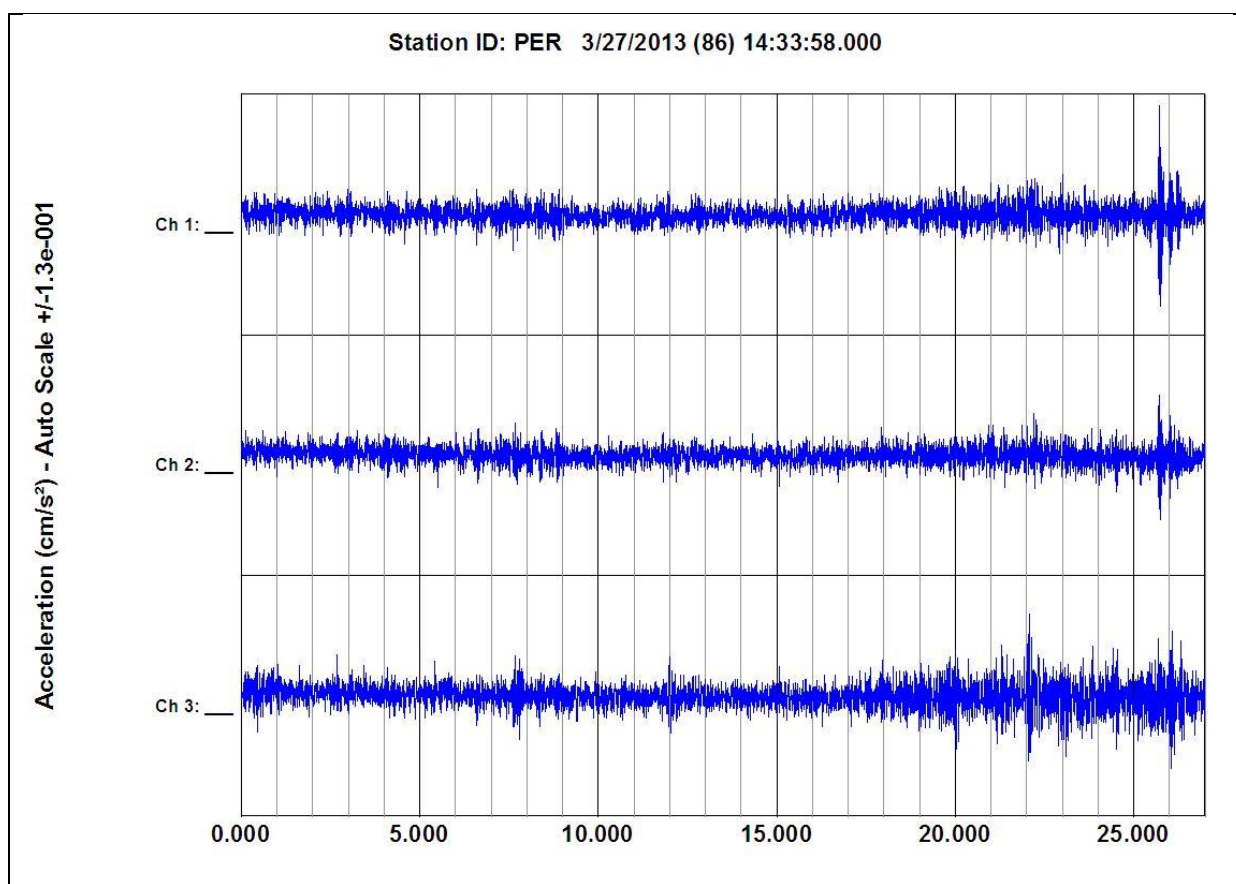
Установено е и нивото на фоновия шум ($< 0.13\text{ cm/s}^2$), което е в рамките на допустимото. Този измервателен пункт предоставя възможност за качествени регистрации на силни земни движения с така инсталираната апаратура (Фиг. 27).



Фиг. 25. Функционален тест



Фиг. 26. Реагиране на сензорите



Фиг. 27. Регистрация на фоновия микрошум



Фиг. 28. Анkerиране и монтиране на акселерограф “ETNA” в подземие в гр. Перник



Фиг. 29. Инсталиран акселерограф “ETNA” #6558 и оборудване на ст. PER.

9. Концепция за създаване на web-базирана информационна система за мониторинг на съвременните движения на земната кора и сеизмичната опасност в Западна България

Основният продукт от реализирането на предлагания проект е web-базирана информационна система за мониторинг на съвременните движения на земната кора, сеизмичните събития и сеизмичната опасност, която да автоматизира в голяма степен обмена, достъпа, контрола и качеството на информацията.

Основната идея е да се разработи информационна система на две йерархични нива. Най-високото, потребителско ниво, ще бъде ориентирано към широк кръг ползватели и ще предоставя информация за:

- **сеизмичните събития** в района с необходимите подробности – местоположение, дълбочина, магнитуд, афтершокова серия, последствия и т.н. Потребителският интерфейс ще позволява различна филтрация на събитията – по време, по магнитуд и т.н.;

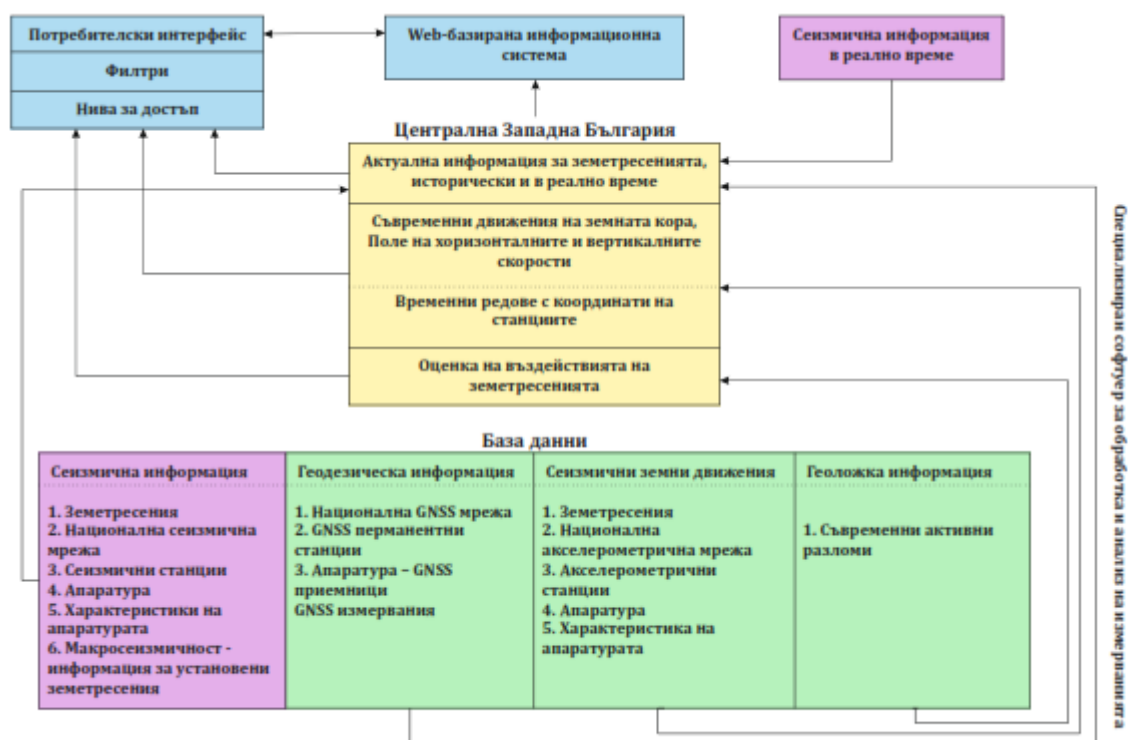
- **съвременни движения на земната кора**. Тук ще бъде публикувана обновяваща се информация за скоростите на точките от перманентните станции и временните им редове с координати. Временните редове и техният анализ позволяват непрекъснат мониторинг на движенията и напреженията на земната кора в района;

- **инженерните характеристики на сеизмичните въздействия** върху конструкциите – амплитуди, преобладаващи честоти, амплитудно-честотни характеристики, спектри на реагиране и т.н..

Второто ниво на информационната система ще бъде работно и ще се състои от два основни компонента – база данни, от която да бъде извличана информация за най-високото ниво и сегмент със софтуер за анализ на информацията от базата данни с цел получаване на комплексна и интегрирана информация за геопроцесите като цяло. Имат се пред вид механизми на сеизмични събития с анализ на разломните структури, по които се е осъществило земетресението, анализ на напреженията на земната кора; сезонни вариации на перманентните GNSS станции и евентуално търсене на пред- ко- и след-сеизмични движения, анализ на скоростите на GNSS точките за локализиране на съвременно активни разломи и т.н.

Средата, в която ще се изгради информационната система ще бъде обект на предварителен анализ, но ще е подчинена главно на идеята да бъде достъпна от повечето разпространени в страната платформи – Windows и Linux . Особено внимание ще се обърне на възможността за допълнително разширяване и обновяване на функциите, които предлага системата. Считаме, че създаването и обновяването на така структурирана web-информационна система ще бъде първата стъпка за осъществяване на т.нар. e-science, т.е. компютърно базирани научни изследвания, които се осъществяват на базата на високотехнологични мрежи, за изучаване динамиката на литосферата и протичащите в нея рискови процеси.

На Фигура 30 е дадена блок-диаграма описваща основната концепция на бъдещата web-базирана информационна система.



Фиг. 30 Структура на web-базирана информационна система

10. Заключение

През първия етап на проект „Мониторинг и информационна система за съвременни движения на земната кора и сеизмичната опасност чрез националните GNSS, сеизмична и акселерометрична мрежи“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ по Договор ИО1/4-27. 11. 2012 г., е закупена необходимата за целите на проекта геодетическа GNSS, сеизмична и акселерометрична апаратура. Двата GNSS перманентни приемника са инсталирани в две особено важни точки в Централна Западна България – в гр. Трън и гр. Перник. Сеизмичната система, включваща дигитайзер, сеизмометър и акселерометър е инсталирана в гр. Трън. В гр. Перник е инсталиран допълнителен акселерограф, осигурен от Департамент Сеизмично инженерство на НИГГГ. Изградени са комуникационни канали между новата апаратура и центъра за данни в НИГГГ и се осъществява трансфер в реално време на геодетическите, сеизмични и акселерометрични данни. Данните от новата апаратура се обработват, анализират и интерпретират съвместно с данните от станциите на Националната перманентна GNSS мрежа, Националната цифрова сеизмологична мрежа и Националната акселерометрична мрежа. По този начин се полага началото на непрекъснат мониторинг и анализ на геодинамичните процеси в такъв сеизмично активен район, какъвто е районът на Централна Западна България.

В заключение, научният колектив работещ по проекта счита, че залежалите в първия етап задачи са успешно изпълнени. Отчитайки работната програма за първия етап, извършените дейности могат да се резюмират по следния начин:

- закупена е съвременна сеизмична и GNSS апаратура – една сеизмична система включваща сеизмометър и акселерометър и два GNSS приемника;
- избрани са местата за разполагане на научната апаратура;

- инсталирани и включени в мониторинговите мрежи на НИГГГ са – една сеизмична система включваща сеизмометър и акселерометър и GNSS приемник в гр. Трън и един GNSS приемник в гр. Перник;

- допълнително е инсталиран един сеизмометър в гр. Перник поради много важното местоположение в близост до епицентъра на земетресението от 22. 05. 2012 г. Сеизмометърът е осигурен от НИГГГ;

- получени са първите резултати от обработката и анализа на данните постъпващи в центъра на НИГГГ от инсталираната апаратура. Резултатите показват добрите качества на апаратурата и успешното ѝ интегриране в мониторинговите мрежи;

- разработена е базовата концепция на web-базирана информационна система за мониторинг на геодинамичните процеси в Централна Западна България. Предстои нейното реализиране.

През втория етап на проекта на базата на постъпващата реално временна и интерактивно обработвана геодезическа, сеизмологична и информация за силни земни движения ще бъде изградена web-базирана информационна система за мониторинг на съвременните движения на земната кора, сеизмичните събития и сеизмичната опасност в района на Централна Западна България. Така ще се повиши информираността на обществото и ще се осигури надеждна информация, необходима за управлението на сеизмичния риск в България и подобряване превенцията в района на Централна Западна България.

11. Благодарности

Колективът на проекта „**Мониторинг и информационна система за съвременни движения на земната кора и сеизмичната опасност чрез националните GNSS, сеизмична и акселерометрична мрежи**“ изказва своята благодарност на Фонд „Научни изследвания“ за финансирането на научните изследвания!

Колективът на проекта изказва своята благодарност на общинските власти в гр. Трън за съдействието им при избора на местополжението на научната апаратура и за помоща оказана при инсталирането ѝ!

12. Публикации по проекта

По темата на проекта са направени три (3) публикации. Това са разширени резюмета, представени и публикувани на 7-ия конгрес на Балканската геофизична асоциация, Тирана, Албания, състоял се на 7-10 октомври 2013 г.:

Botev E., D. Dimitrov, I. Georgiev, V. Protopopova (2013). “Invesigation of the 22 May 2012 Earthquake, Pernik, Bulgaria”, Tirana, Albany, Proceedings,; Proceedings of the 7th Congress of Balkan Geophysical Society, 7-10 October, Tirana, Albania, CD, art. N. 18667. ISBN 978-90-73834-55-2; ISSN 2214-4609.

Georgiev I., D. Dimitrov, E. Botev (2013). “Crustal motion monitoring in Bulgaria and surrounding regions by permanent GPS array” Tirana, Albany, Proceedings,; Proceedings of the 7th Congress of Balkan Geophysical Society, 7-10 October, Tirana, Albania, CD, art. N. 18628. ISBN 978-90-73834-55-2; ISSN 2214-4609

Protopopova V., I. Georgiev, D. Dimitrov, E. Botev (2013). “Fault Plane Solutions and Geodynamics of Bulgaria Treritory and Some Adjaced Lands”, Proceedings of the 7th Congress of Balkan Geophysical Society, 7-10 October, Tirana, Albania, CD, art. N. 18613, ISBN 978-90-73834-55-2; ISSN 2214-4609.

Пълния текст на публикациите е даден в Приложение 6.

Използвана литература

- Бончев Ек. (1971). Проблеми на Българската геотектониката, Техника, София.
- Вацов С., 1902. Земетресенията в България през XIX век, Д. П., С. 94
- Манолова (1960). Основи на тектониката на Краището и прилежащите му земи. – Трудове върху геол. на Бълг., сер. стрт. и тект., 1, 7-82.
- Солаков Д., 1993. Един алгоритъм за определяне на основните кинематични параметри на близки земетресения, БГС, XIX, 1, 56-69 стр.
- Христосков Л. и др. (1986) Върху изучаването на сеизмичната активност в Софийската зона като основа за организирането на комплексни прогностични изследвания, БГС, т. XII, № 2, София.
- Яранов Д. (1960) Тектоника на България, Техника, София.
- Barrier, E., N. Chamot-Rooke, G. Giordano (2004). Geodynamic map of the Mediterranean. Sheet 1- Tectonics and Kinematics. CGMW, France.
- Dimitrova L., S. Nikolova. 2011. Ambient seismic noise at broadband seismic stations of Bulgarian National Digital Seismic Network (BNDSN). BGS, Vol.37, 1-4, pp 48-61.
- Georgiev, I. D. Dimitrov, T. Belijashki, L. Pashova, S. Shanov and G. Nikolov (2007). Geodetic constraints on kinematics of southwestern Bulgaria from GPS and leveling data. Journal of Geological Society, London, Special Publications, 2007; 291, p. 143-157.
- Haikin, L. and A. Kushnir, 2005. Seismic Network Data Processor (SNDP) -Comprehensive Software for UNIX Networks. SYNAPSE Science Center, pp. 122.
- Herring, T., R. King, S. McClusky (2006). GAMIT Reference Manual, Release 10.3, Massachusetts Institute of Technology, September 2006.
- Herring, T., R. King, S. McClusky (2006). GLOBK Reference Manual, Release 10.3, Massachusetts Institute of Technology, September 2006
- Lee, W. H. K. and J. C. Lahr, 1975. HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U. S. Geological Survey Open File Report 75-311, pp. 113.
- Schebalin V.V., V.Karnik, D.Hadzievski (1974). Catalogue of Earthquakes of the Balkan region, UNESCO, Skopje.
- Solakov D., S.Simeonova, L.Christoskov, 2001. Seismic hazard assessment for the Sofia area. Annali di Geofisica, 44, 3, 541-556

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЯ¹

Приложение 1: Работна програма за първи етап (2 екз.)

Приложение 2: Работна програма за втори етап (2 екз.)

Приложение 3: Финансов план за втори етап (2 екз.)

Приложение 4: Списък на научния екип (2 екз.)

Приложение 5: Координати на институцията, изпълнител на проекта (2 екз.)

Приложение 6: Копия на публикациите по проекта

¹ Финансовият отчет за първи етап е даден в отделно приложение (папка).

РАБОТНА ПРОГРАМА ЗА ПЪРВИ ЕТАП

Етап Видове дейности	Изпълнители	Срок (брой месеци)	Резултати
ПЪРВИ ЕТАП:			
1. Работна среща на участниците в колектива	всички членове	1	1. План за дейностите през първия етап на проекта
2. Избор на места за инсталиране на научната апаратура – GNSS приемници, сеизмометри и акселерометри	проф. Ив. Георгиев проф. Д. Солаков доц. К. Хаджийски	1	2. Уточняване местата за инсталиране на научната апаратура
3. Проучване на предлаганата GNSS, сеизмична и акселерометрична апаратура и избор за закупуването ѝ	проф. Ив. Георгиев проф. С. Симеонов доц. Л. Димитрова	3	3. Закупуване на предвидената научната апаратура
4. Инсталиране на закупената апаратура и осъществяване на връзка с центрове за анализ на НИГГТ. Трансфер на данни	всички членове	5	4. Инсталиране на закупената научна апаратура и включването ѝ в мониторинговите мрежи на НИГГТ
5. Анализ на постъпващите данни в рамките на GNSS и			5. Анализ на данните от новата инфраструктура съвместно с данните от мониторинговите

сеизмичния мониторинг	всички членове	1	мрежи. Анализ на резултатите
6. Изготвяне на концепция и работен план за създаване на web-базирана информационна система за мониторинг на съвременните движения на земната кора и сеизмичната опасност	проф. Ив. Георгиев	5	6. Концепция за създаване на информационна система базираща се на резултатите от мониторинговите мрежи. Концепция за потребителски интерфейс
7. Работна среща и изготвяне на отчет за извършените дейности през първия етап	проф. Д. Солаков проф. С. Симеонов проф. Д. Димитров доц. К. Хаджийски		7. Отчет за извършените дейности през първия етап
	всички членове	1	

РАБОТНА ПРОГРАМА ЗА ВТОРИ ЕТАП

Етап Видове дейности	Изпълнители	Срок (брой месеци)	Резултати
ВТОРИ ЕТАП:			
1. Обработка и анализ на постъпващите данни от мониторинга за района на Централна Западна България	проф. Ив. Георгиев проф. Д. Димитров проф. Д. Солаков доц. К. Хаджийски	12	1. Резултати за съвременните движения на земната кора и сеизмичните събития в Централна Западна България
2. Стартиране на дейностите по изграждане на информационна система	проф. Ив. Георгиев проф. Д. Солаков проф. С. Симеонов	2	2. Окончателна концепция за web-базирана информационна система
3. Комплексен анализ на геопроцесите в района на Централна Западна България базирани на данните от мониторинговите мрежи	проф. Ив. Георгиев проф. Д. Солаков проф. Д. Димитров доц. К. Хаджийски	4	3. Локализиране на съвременно активни разломи и потенциални сеизмогенни структури. Работен вариант на web-базираната информационна система с първи резултати
4. Обработка и анализ на GPS измерванията от GPS станциите и получаване полето на хоризонталните скорости и напреженията на земната кора в района на Централна Западна България	проф. Ив. Георгиев	4	4. Получаване полето на скоростите за района на Централна Западна България

5. Интегриране на резултатите от GPS и сеизмичния мониторинг	гл. ас. Н. Димитров		
6. Завършване на дейностите по изграждане на информационната система и достъп на потребителите до получените резултати	всички членове	3	5. Комплексна оценка на съвременните геопроцеси и сеизмичната опасност в района на Централна Западна България
7. Изготвяне на окончателен отчет за извършените дейности и постигнатите резултати по проекта	всички членове	6	6. Web-базирана информационна система с потребителски интерфейс и достъп до получените резултати за геомониторинга в Централна Западна България
	всички членове	1	7. Окончателен отчет по проекта с описание на информационната система и нейните възможности. Популяризиране на резултатите по проекта пред научната и широка общественост

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ФИНАНСОВ ПЛАН ЗА ВТОРИ ЕТАП

ВТОРИ ЕТАП	
1. Апаратура и специализирано оборудване	10 000 лв.
2. Материали, химикали и консумативи	1 000 лв.
3. Информационни продукти (в т.ч. софтуер, абонаменти, достъп; проучване за патентоспособност; заявки за патенти; компютърно време и др.)	
4. Командировки в т.ч. и в чужбина	10 000 лв.
5. Заплащане на външни организации за техническо подпомагане научната работа по проекта; за извършване на анализи, проучвания и поддръжка на апаратурата, използвана в рамките на проекта	18 800 лв.
6. Възнаграждения на членовете на екипа, работещи по проекта	10 000 лв.
7. Привличане на утвърдени учени от други страни за краткосрочен престой;	0 лв.
8. Други разходи, до 10% от общата стойност на проекта	6 000 лв.
9. Административни разходи (до 7% от сумата, предоставяна от фонд „Научни изследвания”)	4 200 лв.
ОБЩО ЗА ВТОРИ ЕТАП	60 000 лв.

Ръководител на научния екип:

проф. д-р Иван Георгиев

(.....)

№	Остатък от първи етап	Остатък
1	Апаратура и специализирано оборудване	2 490,04 лв.
2	Материали, химикали и консумативи	764,11 лв.
3	Информационни продукти /в т.ч. софтуер, абонаменти, достъп, проучване на патентоспособност заявки за патенти, компютърно време и др	46,66 лв.
4	Командировки в т.ч. в чужбина	5 367,95 лв.
5	Заплащане на външни организации за техническо подпомагане научната работа по проекта, за извършване на анализи, проучвания и поддръжка на апаратурата, използвана в рамките на проекта	17 294,48 лв.
6	Възнаграждения на членове на екипа, работещи по проекта	0,00 лв.
7	Привличане на утвърдени учени от други страни за краткосрочен престой	2 000,00 лв.
8	Други разходи, до 10 % от общата стойност на проекта	4 773,49 лв.
9	Административни разходи /до 7% от сумата, предоставена от фонд "Научни изследвания"/	7 700,60 лв.
10	Общо остатък	40 437,33

Ръководител на научния екип:

проф. д-н Иван Георгиев

(.....)

Кратка обосновка на разходите за втори етап

Основните разходи за втори етап на проекта са предвидени за:

Закупуване на два сървъра, единият за GNSS центъра за анализ, а другия за сеизмичния център. Сървърите ще бъдат използвани за архивиране на информацията получавана от мониторинговите мрежи в района на Централна Западна България и създаване на база данни. Базата данни ще е основата за обработката и анализа на данните;

Командировки в страната за контрол и поддръжка на разположената в Централна Западна България апаратура;

Заплащане на услугите за създаване и поддържане на web-базирана информационна система за мониторинг на съвременните движения на земната кора, сеизмичните събития и сеизмичната опасност в района на Централна Западна България. Така ще се повиши информираността на обществото и ще се осигури надеждна информация, необходима за управлението на сеизмичния риск в България и подобряване превенцията в района на Централна Западна България.

СПИСЪК НА НАУЧНИЯ ЕКИП

Н.с., н.з., име, презиме, фамилия	Основна месторабота	Подпис
1. проф. дтн Георгиев Иван Георгиев, (ръководител)	НИПТТ БАН	
2. проф. дфн Солаков Димчо Енчев,	НИПТТ БАН	
3. проф. д-р Симеонов Светослав Манолов,	НИПТТ БАН	
4. проф. дтн Димитров Димитър Стойнов,	НИПТТ БАН	
5. доц. д-р Хаджийски Кирил Димитров,	НИПТТ БАН	
6. доц. д-р Симеонова Стела Димитрова,	НИПТТ БАН	
7. доц. д-р Димитрова Лилия Димитрова,	НИПТТ БАН	
8. доц. д-р Наков Радослав Александров,	ГИ БАН	
9. гл. ас. д-р Димитров Николай Ганчев,	НИПТТ БАН	
10. гл.ас. Вълков Александър Михайлов,	НИПТТ БАН	
11. ас. Атанасова-Златарева Мила Стоянова,	НИПТТ БАН	
12. докторант Попова Мария Любомирова,	НИПТТ БАН	
13. докторант Иванов Антон Иванов,	НИПТТ БАН	
14. инж. Пачалиева Радост Атанасова,	НИПТТ БАН	
15. сист. администратор Стоянов Стоян Георгиев,	НИПТТ БАН	
16. техн. геофизик Димитров Димитър Веселинов,	НИПТТ БАН	

КООРДИНАТИ НА ИНСТИТУЦИЯТА, ИЗПЪЛНИТЕЛ НА ПРОЕКТА:

Национален институт по геофизика, геодезия и география - БАН

(изписва се пълното наименование)

гр. София 1113, ул. "Акад. Г. Бончев, бл.3

(адрес и пощенски код)

КООРДИНАТИ НА РЪКОВОДИТЕЛЯ:

Иван Георгиев Георгиев

(име, презиме и фамилия)

гр. София 1113, ул. "Акад. Г. Бончев, бл.3", 0888901335, ivan@bas.bg

(адрес и пощенски код, телефони за връзка, ел. поща)

КООРДИНАТИ НА ГЛ. СЧЕТОВОДИТЕЛ:

Антония Василева Стойнова

(име, презиме и фамилия)

гр. София 1113, ул. "Акад. Г. Бончев, бл.3", 0898605008, astoynova@geophys.bas.bg

(адрес и пощенски код, телефони за връзка, ел. поща)