

Поглед към средно – дълбоките земетресения с огнище Вранча

Инж. Н.с. I ст. М. Кутева,

Централна лаборатория по сеизмична механика и сеизмично инженерство, БАН

E-mail: mkouteva@geophys.bas.bg

Въведение

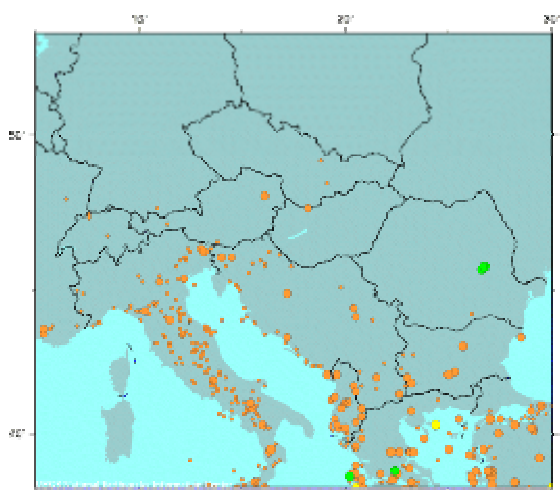
Тази статия има за цел да запознае българските колеги с някои резултати, получени при изпълнението на един наскоро приключил международен проект по проблемите на сеизмичното микрорайониране на големи градски агломерации, който бе финансиран от ЮНЕСКО (UNESCO - IUGS – IGCP Project 414, Realistic Modeling of Seismic Input for Megacities and Large Urban Areas, http://www.ictp.trieste.it/www_users/sand/unesco-414.html). Главен координатор на проекта бе проф. Панца от факултет “Науки за Земята” в Университета в Триест, Италия и директор на изследователската група SAND към международния център по теоретична физика (ICTP, Trieste, Italy, <http://www.ictp.trieste.it>). В проекта участваха изследователски институти от седемнадесет страни от Европа, Африка, Азия и Южна Америка. Ръководител на българския екип бе ст.н.с. И. Паскалева от ЦЛСМСИ – БАН. Резултатите от проекта са в процес на отпечатване в специално издание на PAGEORN. Основните задачи на българската група касаеха феномена на силните (магнитуд $M > 6.0$) среднодълбоки земетресения с огнище Вранча, а именно:

- кратък преглед на земетръсната опасност, свързана със сеизмично огнище Вранча;
- генериране на синтетични сеизмични сигнали за избрана площадка в СИ България;
- анализ на влиянието на параметрите на сеизмичното огнище върху параметрите на земното движение;
- оценка на реагирането на разглежданата площадка за различни сценарии на земетресения с огнище Вранча.

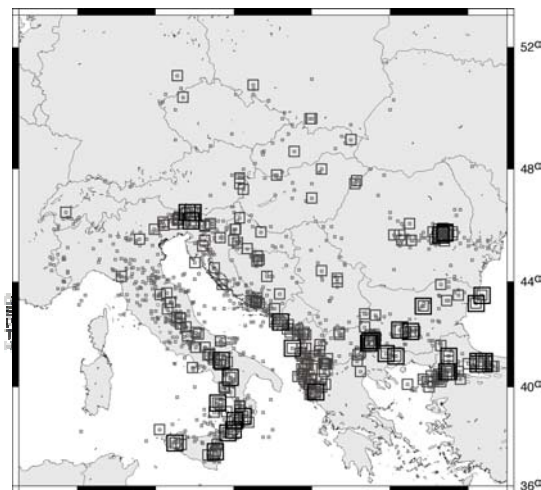
Понастоящем, изследвания по част от тези проблеми продължават в рамките на МОН – НЗ 1202 (двумерна задача). През 2003 г., в рамките на МОН НЗ – 1214-I/02, в тясно взаимодействие с изследователска група SAND-ICTP, започва разработването на тримерна процедура за моделиране на земни движения, в момента се провеждат начални тестове за сценарии на земетресения с огнище Вранча.

Регионален аспект на сеизмичната опасност от среднодълбоките земетресения с огнище Вранча.

Сеизмичността на България и Централна Европа е характерна с плитки земетресения. На фиг. 1а е показана епицентрална карта на земетресенията за Централна Европа, на която се вижда, че сеизмични огнища, в които възникват средно-дълбоки земетресения се намират във Вранча, Румъния и Южна Гърция. На фиг. 1б е показана епицентрална карта, на която събитията са класифицирани по епицентрална интензивност. Само през миналия век в България са усетени 4 силни земетресения с епицентър Вранча, които са нанесли щети на страната и през 1940, 1077, 1086 и 1900 год. Земетресението през 1977 г. е осезателно усетено и в Централна Европа, на епицентрални разстояния от около 1000 км. В България, за две от тези силни земетресения, 1986 и 1990, са регистрирани инструментално максимални ускорения съответно 75.49 cm/s^2 и 114.62 cm/s^2 . На фиг. 2 [Paskaleva et al., 2001] е показана наблюдаваната макросеизмична интензивност в гр. Русе, СИ България, в съответствие от хипоцентралната дълбочина и магнитуда на земетресението. Най-високите интензивности, I ~ VII - VIII са предизвикани от средно-дълбоките вранчански земетресения (1977 г.)

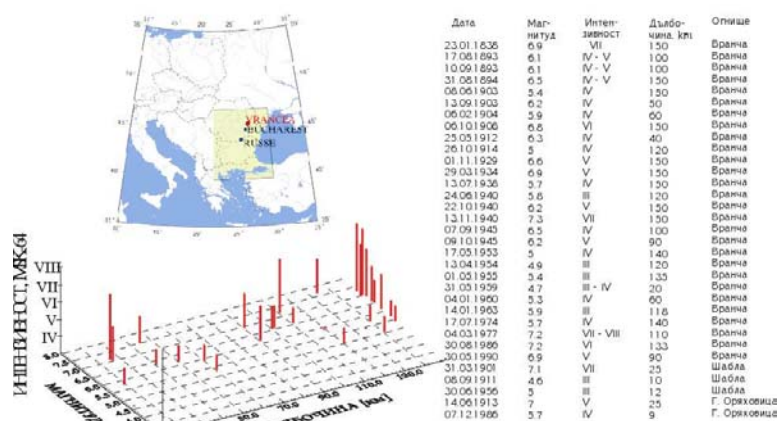


Фиг.1а.

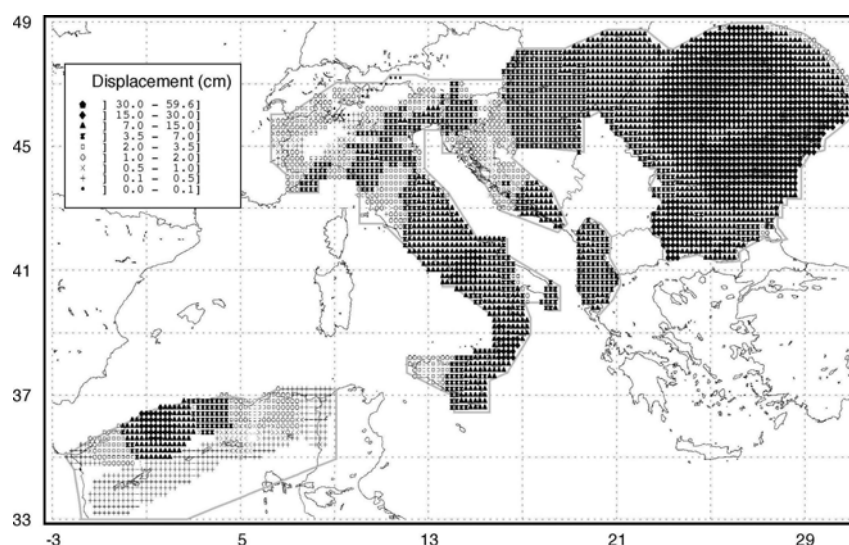


Фиг. 16.

Фигура 1.а. Епицентрална карта на земетресенията в Централна Европа, класифицирани по хипоцентрална дълбочина. **Фигура 16.** Епицентрална карта на земетресенията в Централна Европа, класифицирани по епицентрална интензивност. Картите са построени по данни на National Earthquake Information Centre, NEIC, World Data centre for Seismology, Denver, available via Internet (www.usgs.gov/neis/epc/epc_rect.html) с помощта на д-р. А. Перезан, Италия [Panza and Kouteva, 2002].



Фигура 2. Схематично представяне на регистрираната макросейзмична интензивност в гр. Русе в съответствие с дълбочината и магнитуда на предизвикалите я земетресения [Paskaleva et al., 2001].

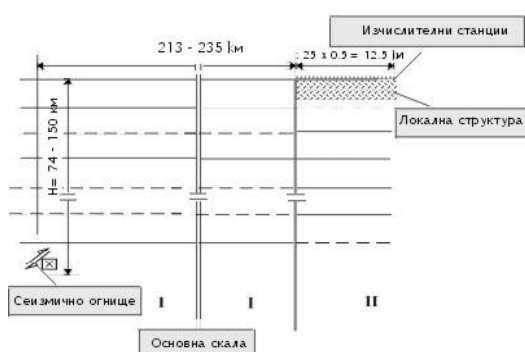


Фигура 3. Теоретична оценка на максималните премествания за сценарий на земетресение с огнище Вранча, магнитуд $M = 7.7$ и хипоцентрална дълбочина 150 km [Panza & Vaccari, 2002].

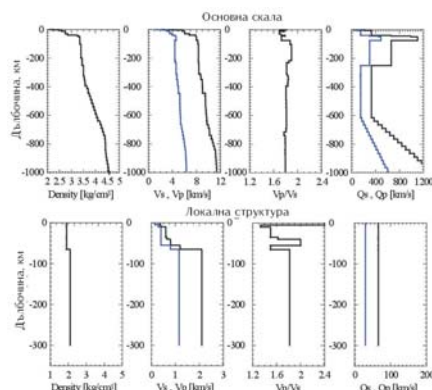
Прегледът на сеизмичността и въздействието на вранчанските земетресения в България показва, че те представляват сериозна опасност, дори и на значителни епицентрални разстояния. Такъв извод налагат и теоретичните оценки на сеизмичната опасност свързана със сеизмичното огнище Вранча [Panza & Vaccari, 2002]. На фиг. 3 е показан един от резултатите на изследователския екип в Триест – карта на максималните премествания в част от Централна Европа за сценарий на земетресение с огнище Вранча, магнитуд $M=7.7$ и хипоцентрална дълбочина 150 км, съответстващ на земетресението от 1940 г. Тази карта показва, че в СИ България, в следствие на подобно земетресение, строителните съоръжения могат да бъдат подложени на натоварвания, съответстващи на премествания на основите до 30 - 60 см или максимални ускорения от порядъка на 0.5 от земното ускорение.

Числени експерименти за моделиране на движението на земната основа в гр. Русе за сценарии на силно средно дълбоко земетресение с огнище Вранча.

За моделирането на сеизмичното въздействие е приложена аналитична детерминистична процедура [Panza et al, 2001], която отчита едновременното влияние на параметрите на средата на разпространение на сеизмичните вълни и на сеизмичното огнище върху земното движение на изследваната площадка. За целта е използван опростен модел от две хоризонтално наслоени полупространства в твърд контакт, както е показано на фиг. 4а. Подробно описание на избора на структурните модели, фиг. 4б, е показано в [Paskaleva et al., 2001]. В таблица 1 са дадени параметрите на сеизмичното огнище, използвани при числените експерименти.



Фиг. 4а



Фиг. 4б

Фигура 4. Изчислителни модели.

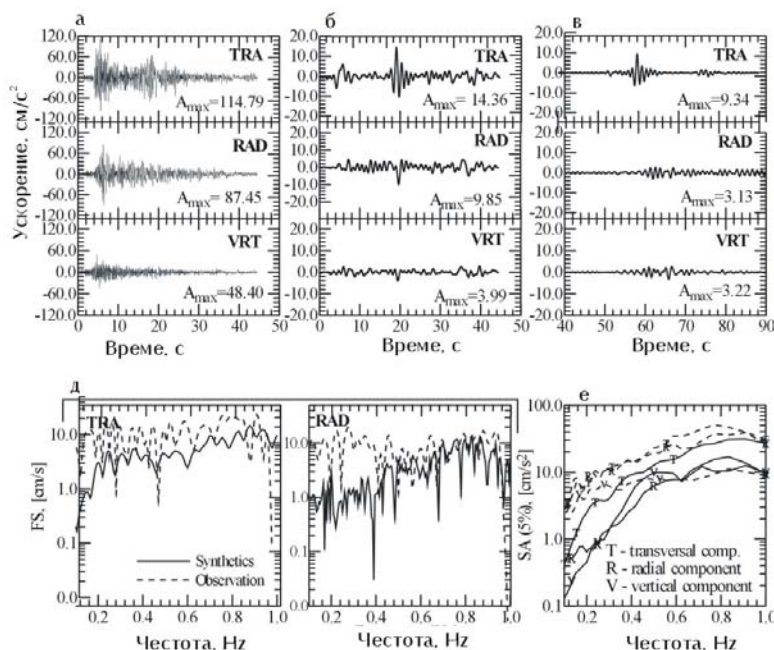
Таблица 1.

Параметри на сеизмичното огнище, използвани при изчисленията
[Dziewonski et al., Kouteva M. et al., 2002]

<i>Earthquake identification</i> Mo/Day/Yr	<i>Latitude</i> N [°]	<i>Longitude</i> E [°]	<i>Magnitude</i> M_w	<i>Depth</i> [km]	<i>Strike angle</i> [°] *	<i>Dip angle</i> [°] *	<i>Rake angle</i> [°] *
VR40, 11/10/40	45.80	26.70	7.7	~150	225	60	80
VR77, 03/04/77	45.80	26.80	7.4	~ 90	225	60	80
VR86, 08/30/86	45.76	26.53	7.1	~133	240	72	97
VR901, 05/30/90	45.92	26.81	6.9	74±16	236	63	101
VR902, 05/31/90	45.83	26.89	6.4	~ 87	308	71	97

Генерирани са синтетични сеизмични сигнали за пет силни земетресения като изчисленията са проведени за честотен състав на сигнала до 1 Hz. На фиг. 5 са показани сравнения на теоретично генерирания сеизмичен сигнал с наличния инструментален запис за земетресението през 1990 г. –

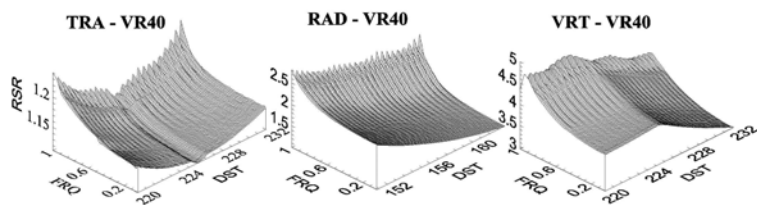
сравнени са акселерограми, спектри на Фурие и спектри на реагиране за 5% затихване за трите компоненти на земното движение. Тези резултати, фиг. 5, са получени без никакви промени в изходните данни, данните са използвани както са цитирани в литературата. За такъв първоначален опит показаните на фиг. 5 резултати са много окуражаващи. Синтетичният сигнал следва наблюдението като форма във всички графове, но амплитудите на теоретичния сигнал са по-ниски от тези на записа. Подобни сравнения и изчисления са направени и за земетресението от 1986 г. [Kouteva et al., 2004] Разликите се свързват с неточностите на използваните данни, както се вижда от проведените параметрични анализи с изменение на параметрите описващи сеизмичното огнище и локалния структурен модел [Kouteva et al., 2002, Kouteva et al., 2004].



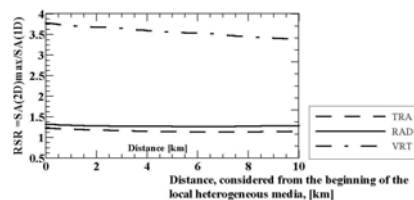
Фигура 5. Сравнение на теоретично генериран сеизмичен сигнал с наличния инструментален запис за земетресението през 1990 г. **Фиг. 5а:** Наличната записана акселерограма; **Фиг. 5б:** Записаният сигнал, филтриран до 1Hz; **Фиг. 5в:** Теоретично получената акселерограма; **Фиг. 5д:** Сравнения на спектри на Фурие на теоретичния сигнал (плътна линия) и записания сигнал (пунктирна линия); **Фиг. 5е:** Сравнение на спектрите на реагиране за 5% затихване на теоретичния сигнал (плътна линия) и записания сигнал (пунктирна линия) [Kouteva et al., 2004].

След тези окуражаващи резултати ние пристъпихме към оценка на реагирането на площадката и усилването, изчислено като отношение между амплитудите на спектрите на реагиране, изчислени за модела от фиг. 4а (2D), и съответната амплитуда, получена за основна скала (1D). На фиг. 6 са показани тримерни графове на усилването на площадката в съответствие с честотата на сигнала и епицентралното разстояние (фиг. 6а, 7а, 8а, 9а и 10а) и усилването на площадката, изчислено като отношение на максималната спектрална 2D амплитуда към съответната 1D амплитуда по продължение на изследвания профил (фиг. 6б, 7б, 8б, 9б и 10б), за петте силни земетресения с епицентър Вранча от миналия век – 1940 год. (VR40), 1977 год. (VR77), 1986 год. (VR86), 1990 год. (VR901), 1990 год. (VR902), [Kouteva et al., 2002]. На фиг. 11 е показано сравнение на усилването по продължение на профила (фиг. 6б, 7б, 8б, 9б и 10б) за петте моделирани земетресения.

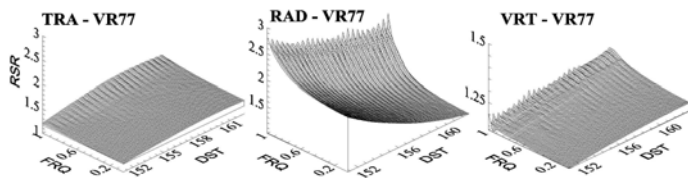
Резултатите, показани на фиг. 6 – 10 показват нееднородното усилване по продължение на изследвания профил, независимо от използвания модел на хоризонтално напластена среда. Това е следствие от разпространението на сеизмичните вълни, от тяхното пречупване и отразяване в междупластовите граници, както и от тяхното взаимодействие.



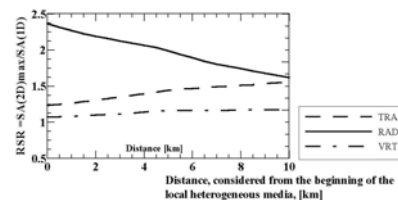
Фиг. 6а.



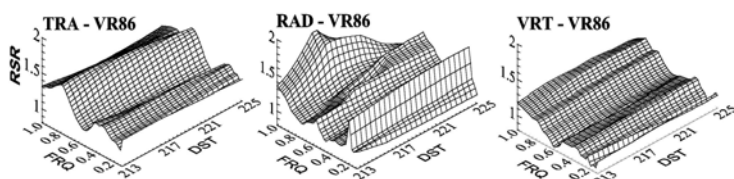
Фиг. 6б.



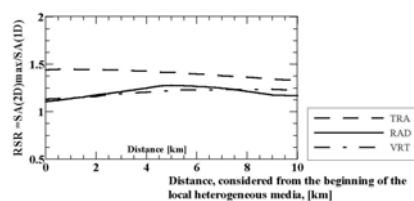
Фиг. 7а.



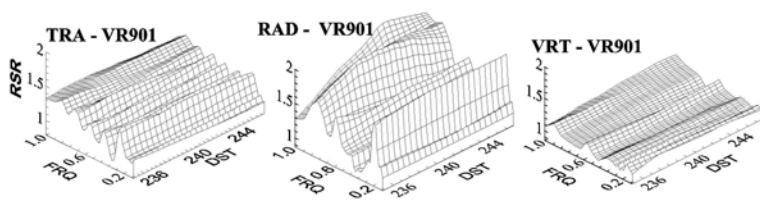
Фиг. 7б.



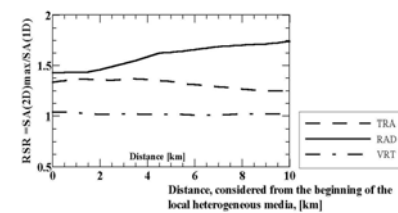
Фиг. 8а.



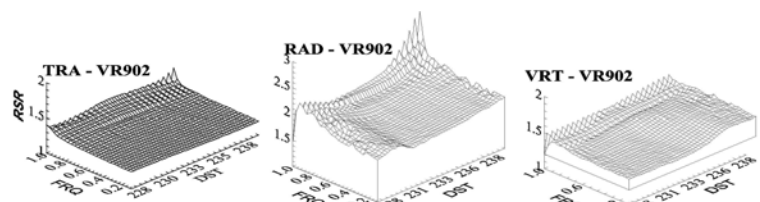
Фиг. 8б.



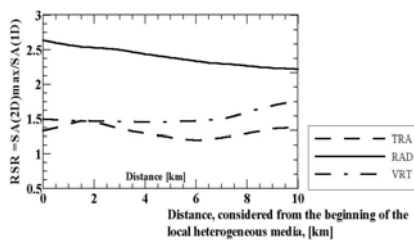
Фиг. 9а.



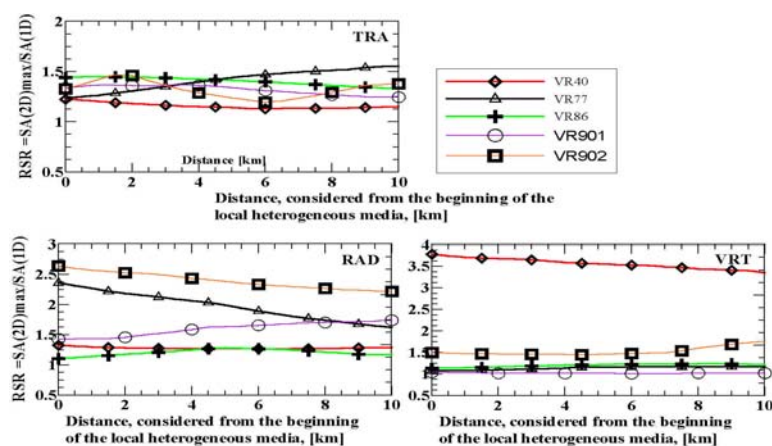
Фиг. 9б.



Фиг. 10а.



Фиг. 10б.



Фигура 11. Сравнение на усиливането по продължение на изследвания профил за моделираните земетресения: VR40, VR77, VR86, VR901 и VR902.

Резултатите, показани на фиг. 6-11, показват значителния принос на всички компоненти на земното движение към сеизмичното въздействие на дадена площадка. Фиг. 11 показва, че усиливането на напречната компонента (TRA) по отношение излъчването от сеизмичното огнище е сравнително равномерно по целия профила за всичките земетресения (до 1.5), но надлъжната (RAD) и вертикалната (VRT) компоненти показват значителни вариации, RAD (до 2.5) и VRT (до 3.8).

ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ПРЕПОРЪКИ

Съвременните методи за моделиране на земни движения, включително и използвания в това изследване метод, дават възможност за предварителни оценки на сеизмичния риск и предлагането на съответни превантивни мерки за намаляване уязвимостта на сградния фонд и инфраструктурата. В случаите, в които е необходимо да се използва синтетично сеизмично въздействие, да се отчита приноса на всички компоненти на земното движение. Паралелно с традиционните инженерни методи за изчисление да се провеждат параметрични анализи с цел оценка на влиянието на сеизмичното огнище и избор на достатъчно консервативно решение.

Бих искала да изкажа специална благодарност на научните ми ръководители в този проект от българска и италианска страна, ст.н.с. И. Паскалева и проф. Панца, както и на всички колеги от факултета "Науки за земята" и изследователската група SAND – ICTP, Триесте, Италия и по-специално на д-р Антонела Пережан и д-р Франко Вакари за предоставянето на фиг. 1 и 2. Тези изследвания са проведени с подкрепата на фондове осигурени от следните проекти: UNESCO-IUGS-IGCP Project 414, MOH – H31202 и MOH H3 – 1214-I/02.

ЛИТЕРАТУРА

- http://www.ictp.trieste.it/www_users/sand/unesco-14.html
http://www.usgs.gov/neis/epc/epc_rect.html
 Dzierwonsky A M, Ekstrom G, Woodhouse J H, Zwart G. 1991 "Centroid Moment Tensor Solutions for April-June 1990", Physics of the Earth and Planetary Interiors, (66): 133-143.
 Kouteva M, Panza G F, Paskaleva I, Romanelli F. 2002 "A parametric analysis of the seismic input in NE Bulgaria (russe site) due to recent Vrancea Intermediate - Depth Earthquakes", 27th EGS Assembly, Nice, May 2002.
 Kouteva M., Panza G.F., Romanelli F., Paskaleva I. (2004) Modelling of the ground motion at Russe site (NE Bulgaria) due to the Vrancea earthquakes, JEE, Vol. 8, No.2, 209-229
 Nenov D, Georgiev G, Paskaleva I, Lee V W, Trifunac M. 1990 "Strong Ground motion data in EQINFOS: accelerograms recorded in Bulgaria between 1981-1987", Bulg. Acad. of Sci., Centr. Lab. for Seism. Mech. And Eq. Eng., & Dept. of Civ. Eng. Dpt. No 90-02, Univ. of S. California, L. A., California.
 Medvedev S. V. 1977 "Seismic Intensity Scale MSK-76". Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc. (117): 95-102.

- Panza G F, Vaccari F. 2000 "Introduction. In: Seismic Hazard of the Circum Pannonian Region". Panza G. F, Radulian M, Trifu C. I, Editors. Pageoph Topical Volumes, Basel: Birkhauser Verlag, 2000: 5-10.
- Panza G F, Romanelli F, Vaccari F. 2000 "Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to the seismic zonation", Academic Press, 43, 1-95.
- Panza G F, Radulian M, Trifu C I , Editors, 2000 "Seismic Hazard of the Circum-Pannonian Region", PAGEOPH Topical Volumes, Birkhauser, Vol 157, No. 1/2.
- Panza, G F, Romanelli F, Vaccari F. 2001 "Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation" Advances in geophysics 43, 1-95.
- Panza G F, Kouteva M. 2002 "Earth Sciences Contribution to the Sustainable Development of Ground Transportation Systems: Relevant Case Studies in Central Europe", In "Risk Science and Sustainability, Science for Reduction and Sustainable Development of Society" T. Beer and A.I. Zadeh (Editors), NATO Science Series, Kluwer Academic Publishers, Vol. 112:127-149.
- Paskaleva I, Kouteva M, Panza G F, Evlogiev J, Koleva N, Ranguelov B. 2001 "Deterministic approach of seismic hazard assessment in BG, Case study NE Bulgaria – the town of Russe", In Proc. of the Workshop on Deterministic Approach of Seismic Zonation of Some Balkan Countries, Tirana, Albania, 2001: 51-73.
- Publishing house of the Bulg. Ac. of Sci., Brankov G. (editor) " Vrancea Earthquake in 1977. Its after-effects in the People's Republic of Bulgaria. Sofia" 1983.