



Compilation of Macedonian Earthquake Hazard Maps *Current Status*

Dr. Zoran MILUTINOVIC
Dr. Radmila SALIC

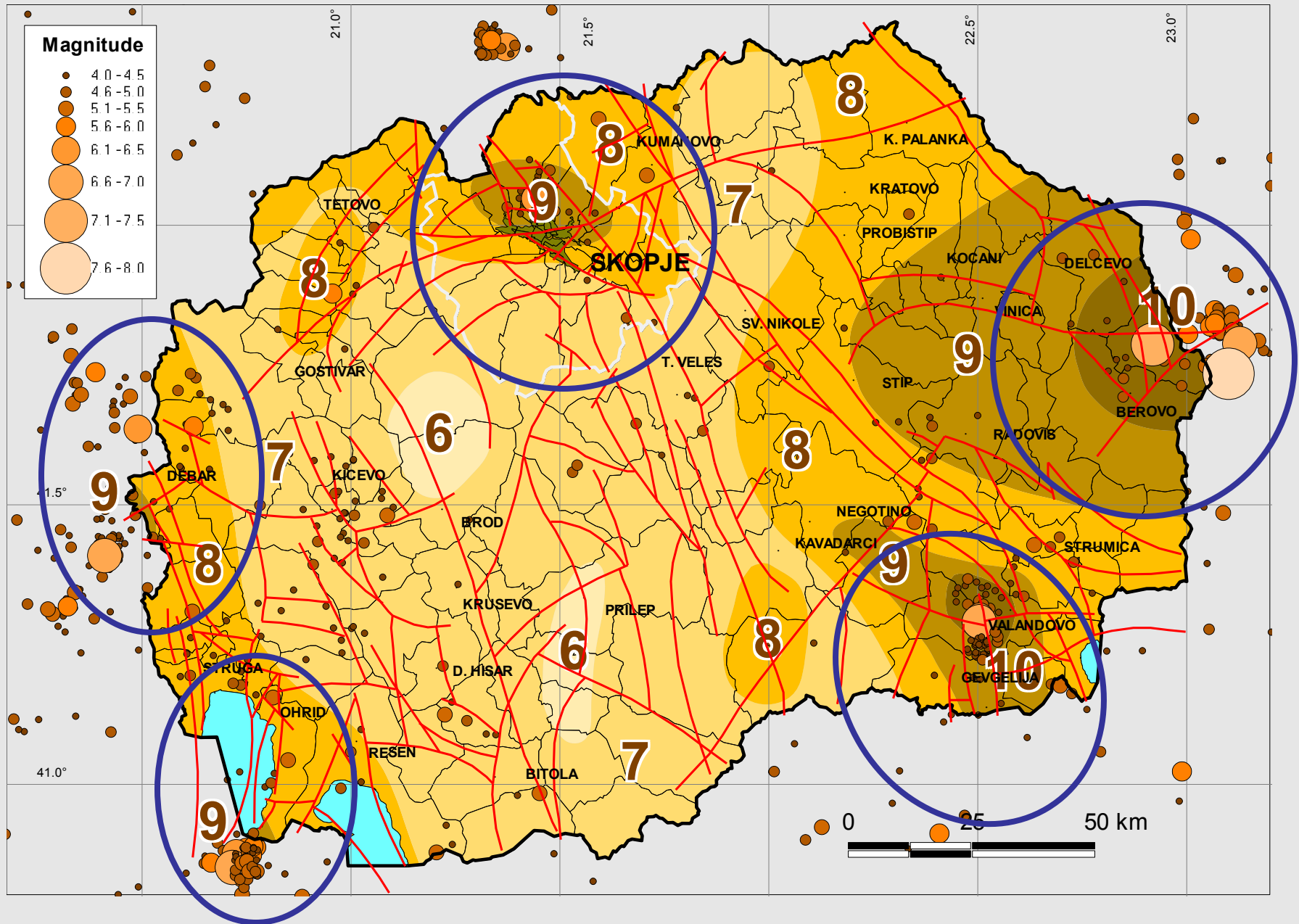
IZIIS-Skopje

Overview

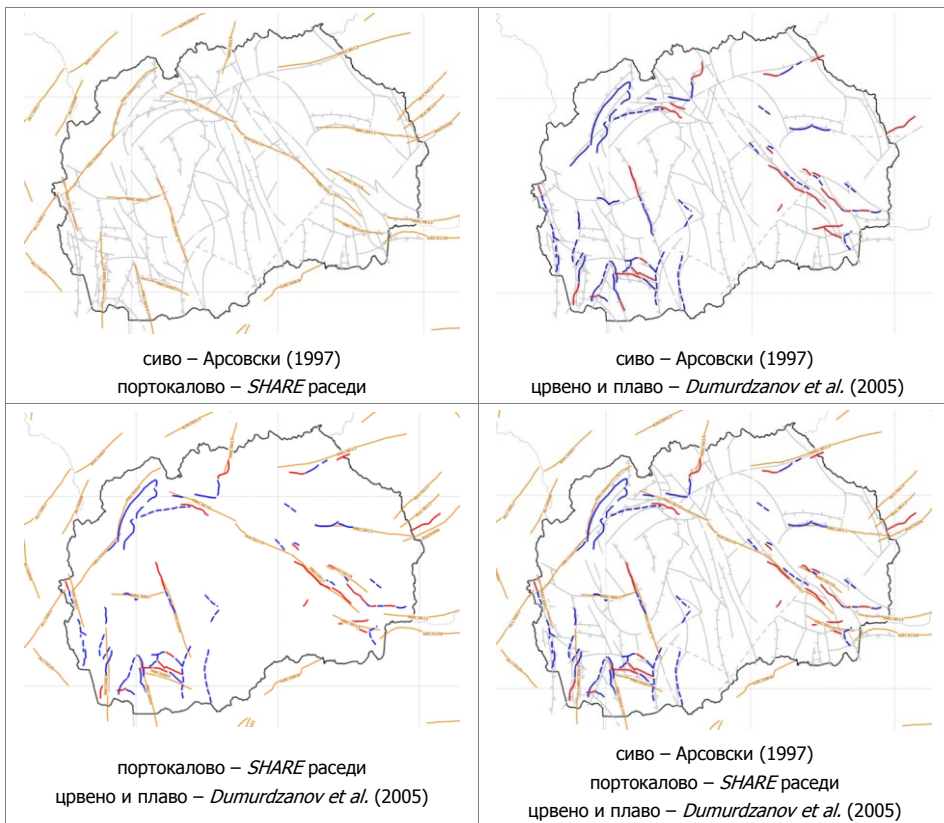
- ***Elaboration of maps for seismic actions***
- ***Design implications***



Seismotectonic and Maximum Observed Seismic Intensity Map

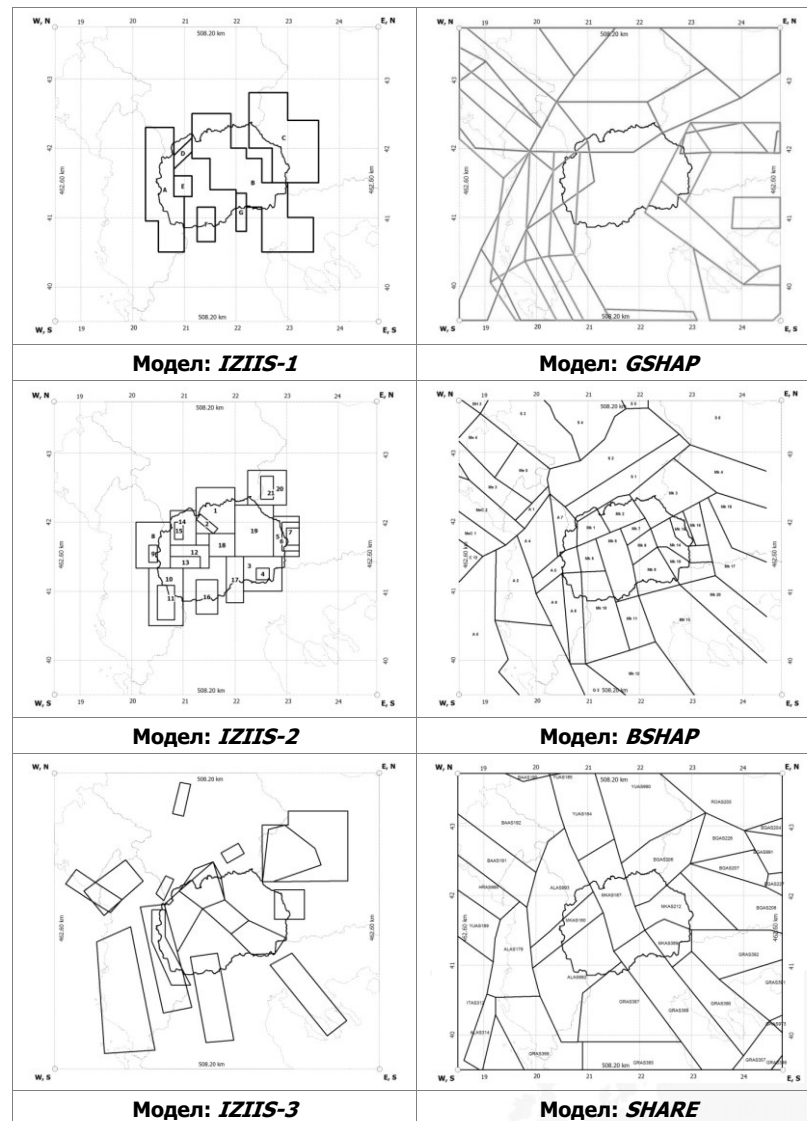


Compilation



Карактеристични модели на активни раседни структури

#	Модел	Година	Автор/и
1.	<i>IZIIS - 1</i>	1978	Михаилов*
2.	<i>IZIIS - 2</i>	1998	Милутиновиќ и соработници
3.	<i>IZIIS - 3</i>	1999-2013	Стаматовска и соработници**
4.	<i>GSHAP</i>	1999	<i>Giardini, Grünthal, K. Shedlock, Zhang</i>
5.	<i>BSHAP</i>	2011	<i>Akkar, Glavatovic, Hoxha, Kuk, Zoranic, Garevski, Kovacevic</i>
6.	<i>SHARE</i>	2012	<i>Giardini, Woessner, Danciu, Crowley, Cotton, Grünthal, Pinho, Valensise & SHARE consortium</i>

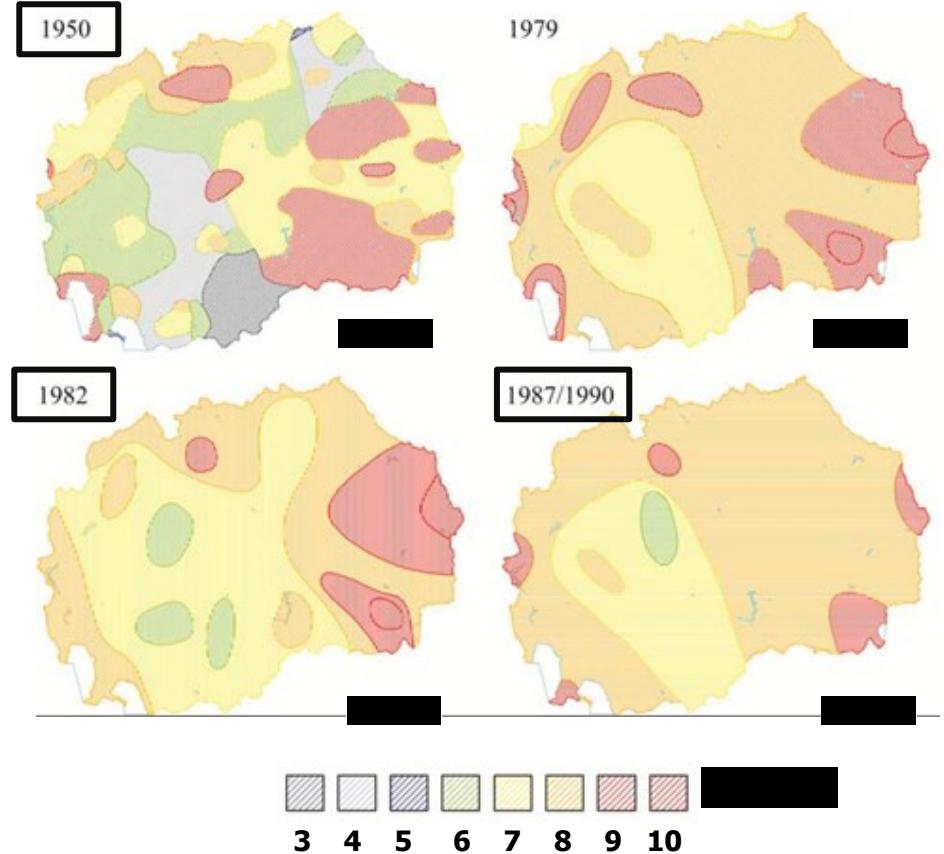


Карактеристични модели на сеизмички извори



Синтеза на важечки карти на сеизмичко зонирање (Шалиќ и Милутиновиќ, 2012)

Пропис	Карта на сеизмичко зонирање
1948: Привремени технички прописи за оптоварување на згради (ПТП), Дел-2, бр. 11730, 12 јули 1948.	1948: Карта на сеизмичко зонирање на ФНР Југославија (Службен весник на ФНРЈ, бр. 61/48, 17 јуни 1948).
1964: Правилник за технички прописи за градење во сеизмички подрачја, Службен лист на СФРЈ бр. 39/64.	1950: Сеизмолошка карта на СФР Југославија <u>Автор:</u> Ј. Михајловиќ <u>Основа:</u> Компилација на интензитетите на случените земјотреси од 360–1950 година)
	1967: Инженерско-геолошка карта на СФР Југославија (1:500,000), Сојузен геолошки завод, Белград <u>Автори:</u> П. Чубриловиќ, Л. Палавистриќ и Т. Николиќ <u>Основа:</u> Компилација на сеизмолошките податоци за територијата на СФР Југославија, интензитети по <i>MCS</i> скалата.
	1979: Карта на сеизмичко реонирање на СР Македонија (1:600,000), Службен весник на СРМ бр. 2/79. <u>Автор:</u> Д. Хаџиевски <u>Основа:</u> Компилација на сеизмолошките податоци за територијата на СР Македонија, интензитети по <i>MCS</i> скалата.
1981: Правилник за техничките нормативи за изградба на објекти од високоградбата во сеизмички подрачја, Службен лист на СФРЈ бр. 31/81 (Амандмани 49/82, 29/83, 21/88 и 52/90).	1982: Привремена сеизмолошка карта на СФР Југославија (1:1,000,000) <u>Автори:</u> М. Јанковиќ, С. Вучиниќ, В. Шулиќ, Д. Цвијановиќ, Д. Скоко, Д. Хаџиевски, В. Рибариќ, М. Вукашиновиќ <u>Основа:</u> Компилација на сеизмолошките податоци за територијата на СФР Југославија, интензитети по <i>MCS</i> скалата.
	1987: Сеизмолошки карти на СФРЈ (1:1,000,000) за повратни периоди од: 50, 100, 200, 500, 1000 и 10,000 години. <u>Автор:</u> Сеизмолошка асоцијација на СФРЈ, 1987. <u>Основа:</u> Компилација на сеизмолошките податоци за територијата на СФР Југославија, интензитети по <i>MSK-64</i> скалата.
	1990: Сеизмолошки карти на СФРЈ (1:1,000,000) за повратни периоди од: 50, 100, 200, 500, 1000 и 10,000 години. <u>Автор:</u> Сеизмолошка асоцијација на СФРЈ, 1987. <u>Основа:</u> Компилација на сеизмолошките податоци за територијата на СФР Југославија, интензитети по <i>MSK-64</i> скалата.



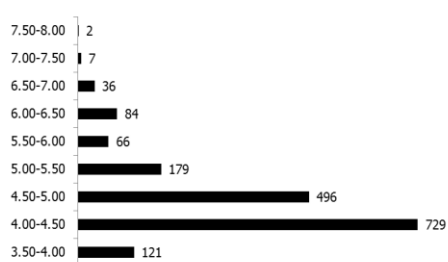
Официјални карти на сеизмичко зонирање (Шалиќ и Милутиновиќ, 2012)

Declassified Catalogues

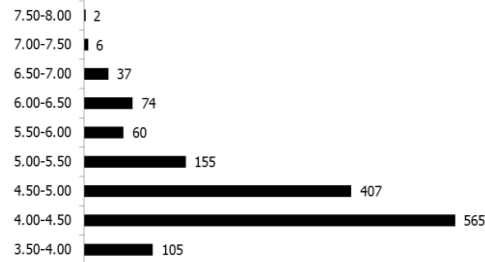
- 1) *Duni*
(*MK_Cat_declusterd_TIR*)
- 2) *Glavatovic*
(*MK_Cat_declusterd_PDG*)
- 3) *Radovanovic*
(*MK_Cat_declusterd_BEO*)
- 4) *CatReg (GFZ Potsdam)*
(*MK_Cat_declusterd_CtR*)

Збирна табела (Број на земјотресни настани по интервал на магнитуди)

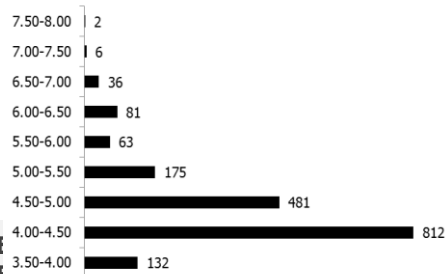
Каталог	Вкуп. бр. земј.	Број на земјотресни настани по магнитудни (<i>M_w</i>) интервали								
		3.50-4.00	4.00-4.50	4.50-5.00	5.00-5.50	5.50-6.00	6.00-6.50	6.50-7.00	7.00-7.50	7.50-8.00
<i>MK_Cat_non-declusterd</i>	4,158	354	1972	1154	388	136	103	42	7	2
<i>MK_Cat_declusterd_TIR</i>	1,720	121	729	496	179	66	84	36	7	2
<i>MK_Cat_declusterd_MSO</i>	1,788	132	812	481	175	63	81	36	6	2
<i>MK_Cat_declusterd_BEO</i>	1,673	116	737	438	196	61	78	39	6	2
<i>MK_Cat_declusterd_CtR</i>	1,411	105	565	407	155	60	74	37	6	2



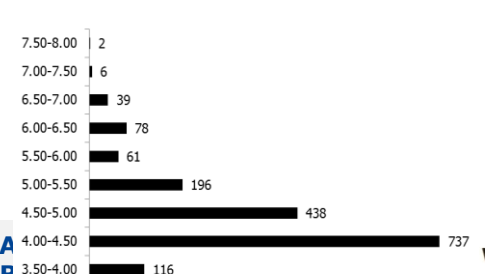
Каталог: *MK_Cat_declusterd_TIR*



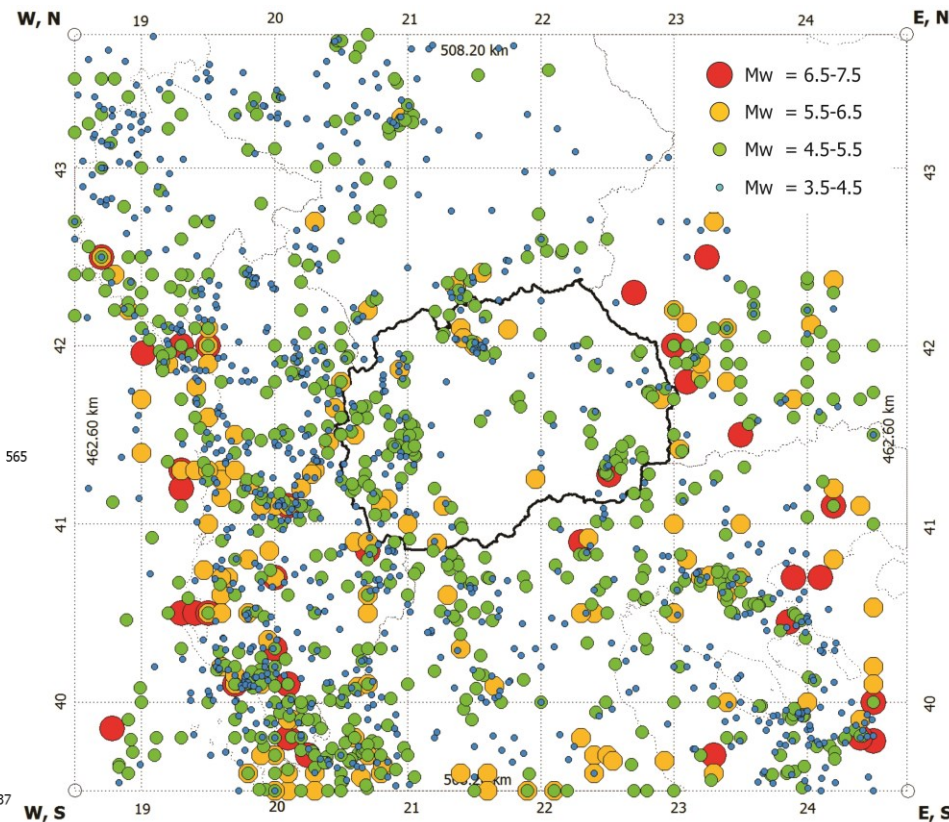
Каталог: *MK_Cat_declusterd_CtR*



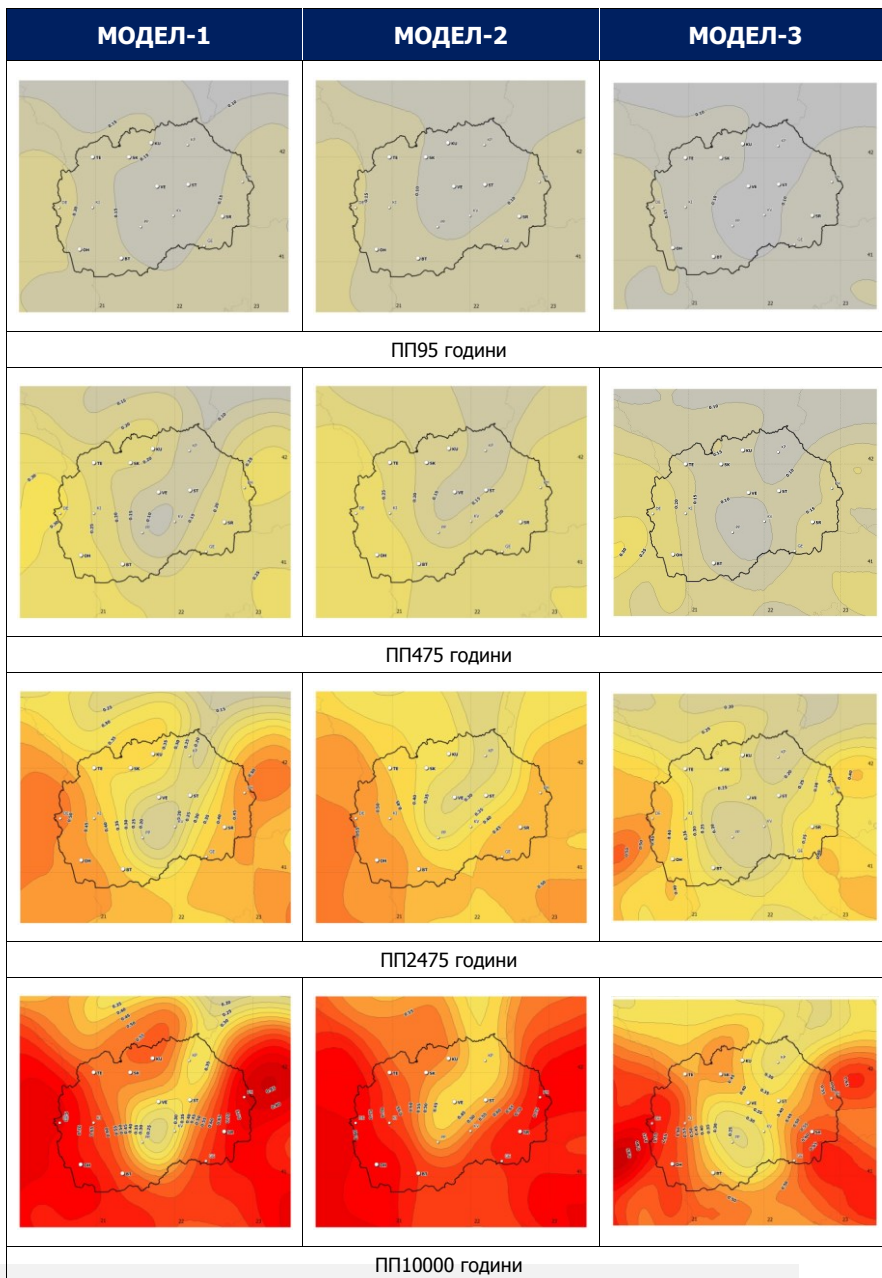
Каталог: *MK_Cat_declusterd_PDG*



Каталог: *MK_Cat_declusterd_BEO*



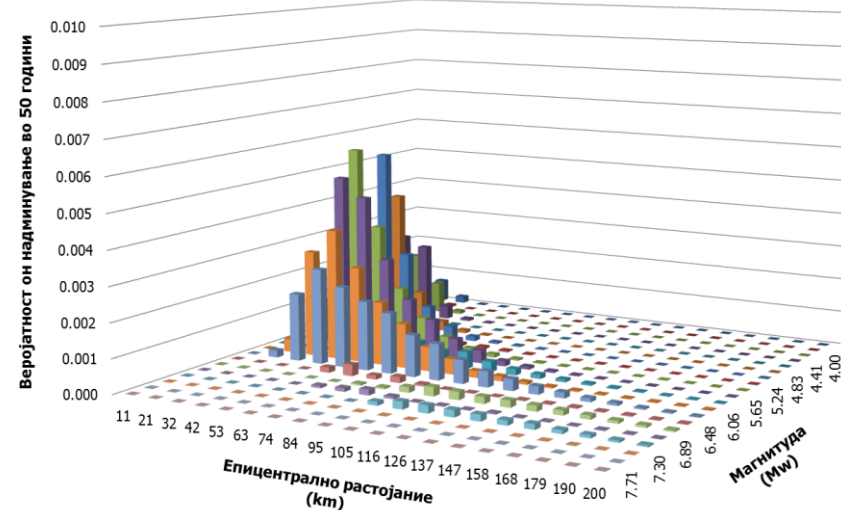
Просторна дистрибуција на декластерираниот каталог по *Duni*
Каталог: *MK_Cat_declusterd_TIR*



Компаративен приказ на Модел 1, 2 и 3 PGA , $SA_{0,2}$ и $SA_{1,0}$ вредности

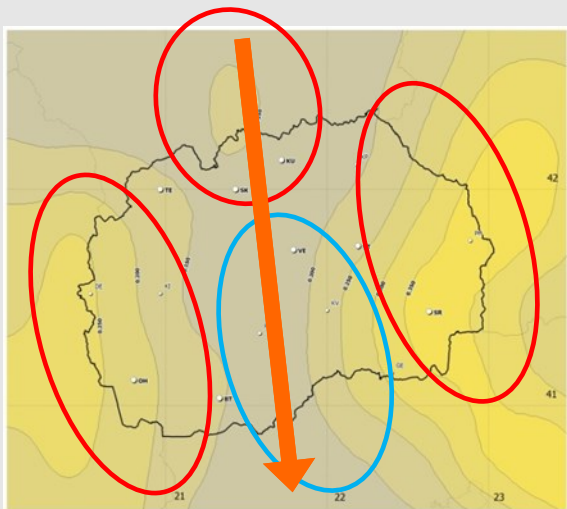
#	Град	95			475			2475			10000		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
PGA (g)													
1.	Битола	0.115	0.122	0.062	0.223	0.230	0.134	0.399	0.406	0.261	0.614	0.620	0.421
2.	Велес	0.062	0.069	0.045	0.120	0.134	0.103	0.216	0.237	0.208	0.337	0.357	0.348
3.	Гевгелија	0.110	0.107	0.059	0.221	0.214	0.134	0.409	0.401	0.276	0.639	0.648	0.469
4.	Дебар	0.173	0.157	0.103	0.316	0.290	0.218	0.534	0.496	0.419	0.783	0.738	0.676
5.	Кавадарци	0.052	0.080	0.040	0.095	0.158	0.088	0.169	0.291	0.172	0.265	0.461	0.285
6.	Кичево	0.128	0.126	0.082	0.243	0.237	0.174	0.425	0.409	0.331	0.640	0.611	0.528
7.	К. Паланка	0.053	0.063	0.035	0.101	0.125	0.074	0.186	0.227	0.146	0.299	0.349	0.240
8.	Куманово	0.106	0.096	0.049	0.211	0.191	0.110	0.378	0.341	0.218	0.578	0.519	0.360
9.	Охрид	0.146	0.146	0.098	0.275	0.276	0.202	0.476	0.482	0.376	0.713	0.723	0.588
10.	Пехчево	0.124	0.110	0.071	0.257	0.225	0.170	0.496	0.432	0.348	0.810	0.710	0.579
11.	Прилеп	0.058	0.077	0.040	0.101	0.147	0.081	0.170	0.259	0.149	0.254	0.259	0.232
12.	Скопје	0.107	0.100	0.064	0.210	0.194	0.150	0.366	0.343	0.297	0.545	0.343	0.484
13.	Струмица	0.107	0.109	0.070	0.221	0.225	0.168	0.426	0.431	0.352	0.698	0.431	0.603
14.	Тетово	0.116	0.110	0.064	0.220	0.206	0.139	0.379	0.353	0.269	0.563	0.353	0.436
15.	Штип	0.057	0.070	0.044	0.111	0.138	0.103	0.208	0.249	0.210	0.341	0.249	0.353

#	Град	95			475			2475			10000		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
$SA_{0,2}$ (g)													
1.	Битола	0.249	0.268	0.114	0.491	0.517	0.241	0.898	0.931	0.471	1.407	1.445	0.781
2.	Велес	0.138	0.153	0.087	0.271	0.294	0.187	0.496	0.518	0.376	0.784	0.785	0.640
3.	Гевгелија	0.239	0.235	0.109	0.489	0.479	0.247	0.924	0.917	0.521	1.470	1.503	0.914
4.	Дебар	0.368	0.338	0.176	0.686	0.635	0.387	1.190	1.115	0.782	1.790	1.694	1.310
5.	Кавадарци	0.119	0.177	0.082	0.224	0.352	0.172	0.405	0.650	0.333	0.643	1.045	0.551
6.	Кичево	0.278	0.273	0.139	0.533	0.518	0.303	0.949	0.911	0.604	1.461	1.389	1.001

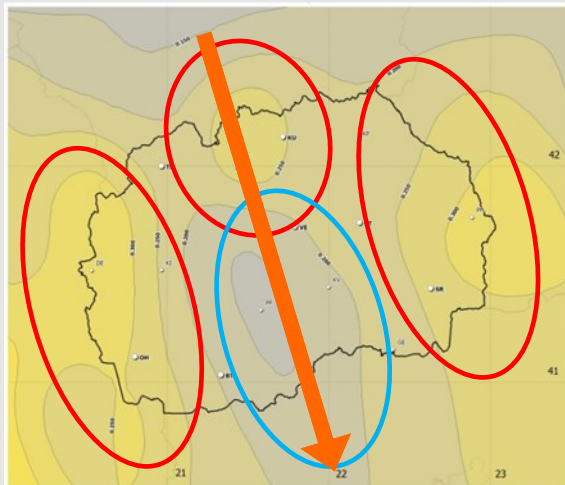


15.	Штип	0.029	0.030	0.029	0.061	0.062	0.066	0.133	0.126	0.146	0.259	0.231	0.264
-----	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

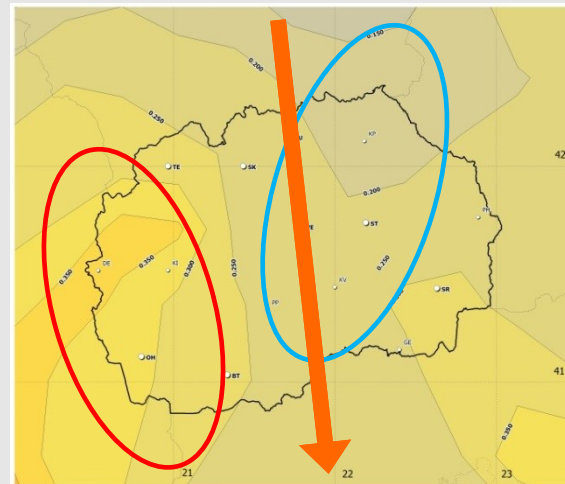




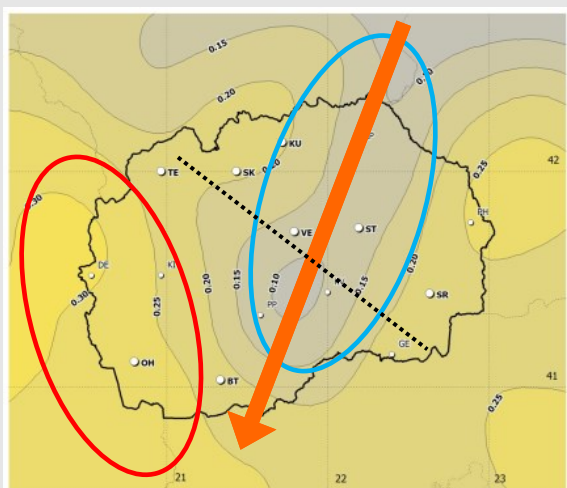
GSHAP (1999)



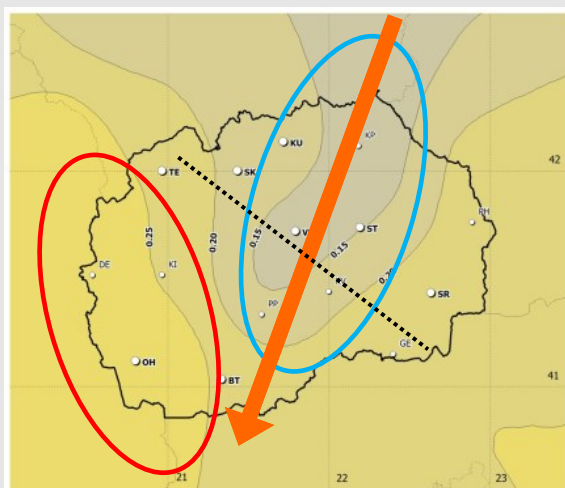
BSHAP (2011)



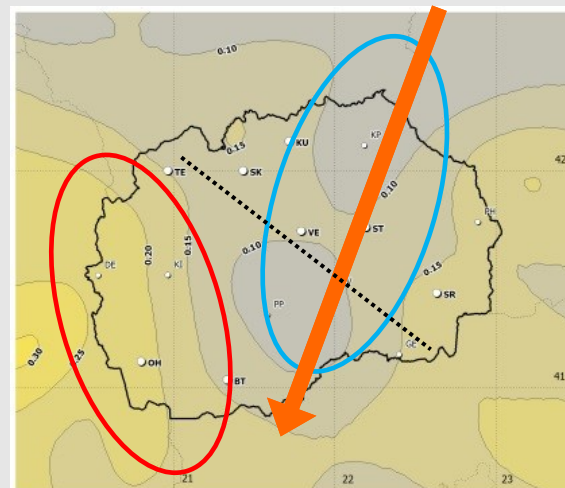
SHARE (2012)



МОДЕЛ-1
(Шалиќ и Милутиновиќ, 2015)



МОДЕЛ-2
(Шалиќ и Милутиновиќ, 2015)



МОДЕЛ-3
(Шалиќ и Милутиновиќ, 2015)

Споредба со резултатите на регионалните студии (PGA, ПП475)

#	Град	Регионална студија			Модел			Компонентален	
		<i>GSHAP</i>	<i>BSHAP</i>	<i>SHARE</i>	M1	M2	M3	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1.	Битола	0.155	0.150	0.263	0.223	0.230	0.134	<i>0.105</i>	<i>0.338</i>
2.	Велес	0.145	0.150	0.221	0.119	0.134	0.103	<i>0.076</i>	<i>0.220</i>
3.	Гевгелија	0.265	0.175	0.249	0.221	0.214	0.134	<i>0.115</i>	<i>0.316</i>
4.	Дебар	0.260	0.290	0.378	0.316	0.290	0.218	<i>0.175</i>	<i>0.445</i>
5.	Кавадарци	0.175	0.140	0.219	0.095	0.158	0.088	<i>0.071</i>	<i>0.244</i>
6.	Кичево	0.175	0.195	0.311	0.243	0.237	0.174	<i>0.132</i>	<i>0.357</i>
7.	Крива Паланка	0.145	0.170	0.177	0.101	0.125	0.074	<i>0.061</i>	<i>0.201</i>
8.	Куманово	0.145	0.210	0.227	0.211	0.191	0.109	<i>0.083</i>	<i>0.320</i>
9.	Охрид	0.225	0.245	0.303	0.275	0.276	0.202	<i>0.158</i>	<i>0.385</i>
10.	Пехчево	0.335	0.270	0.243	0.257	0.225	0.170	<i>0.135</i>	<i>0.349</i>
11.	Прилеп	0.140	0.095	0.239	0.101	0.147	0.081	<i>0.065</i>	<i>0.221</i>
12.	Скопје	0.150	0.225	0.249	0.209	0.194	0.149	<i>0.103</i>	<i>0.318</i>
13.	Струмица	0.325	0.215	0.265	0.221	0.225	0.168	<i>0.137</i>	<i>0.321</i>
14.	Тетово	0.160	0.180	0.299	0.219	0.206	0.139	<i>0.107</i>	<i>0.331</i>
15.	Штип	0.190	0.180	0.218	0.111	0.138	0.103	<i>0.081</i>	<i>0.221</i>

PGA (g) за ПП475 (10% во 50 години)

City	Град	Регионални студии <i>GSHAP/BSHAP/SHARE</i>	Модели M1/M2/M3
Skopje	Скопје	0.15 - 0.25	0.15 – 0.21
Ohrid	Охрид	0.23 - 0.30	0.20 – 0.28
Pehcevo	Пехчево	0.24 - 0.34	0.17 – 0.26
Prilep	Прилеп	0.10 - 0.24	0.08 – 0.15

Компаративни анализи и резултати

MSK Representation

#	Град	Регионална студија			Модел			
		<i>GSHAP</i>	<i>BSHAP</i>	<i>SHARE</i>	M1	M2	M3	
1.	Битола	VIII	VIII	IX	IX	IX	VIII	VIII
2.	Велес	VIII	VIII	IX	VIII	VIII	VII-VIII	VIII
3.	Гевгелија	IX	VIII	IX	IX	IX	VIII	IX
4.	Дебар	IX	IX	IX	IX	IX	IX	IX
5.	Кавадарци	VIII	VIII	IX	VII	VIII	VII	VIII
6.	Кичево	VIII	VIII-IX	IX	IX	IX	VIII	VIII
7.	Крива Паланка	VIII	VIII	VIII	VII-VIII	VIII	VII	VIII
8.	Куманово	VIII	IX	IX	IX	VIII	VII-VIII	VIII
9.	Охрид	IX	IX	IX	IX	IX	VIII-IX	VIII
10.	Пехчево	IX	IX	IX	IX	IX	VIII	IX
11.	Прилеп	VIII	VII	IX	VII-VIII	VIII	VII	VII
12.	Скопје	VIII	IX	IX	IX	VIII-IX	VIII	IX
13.	Струмица	IX	IX	IX	IX	IX	VIII	VIII
14.	Тетово	VIII	VIII	IX	IX	VIII-IX	VIII	VIII
15.	Штип	VIII	VIII	IX	VIII	VIII	VII-VIII	VIII

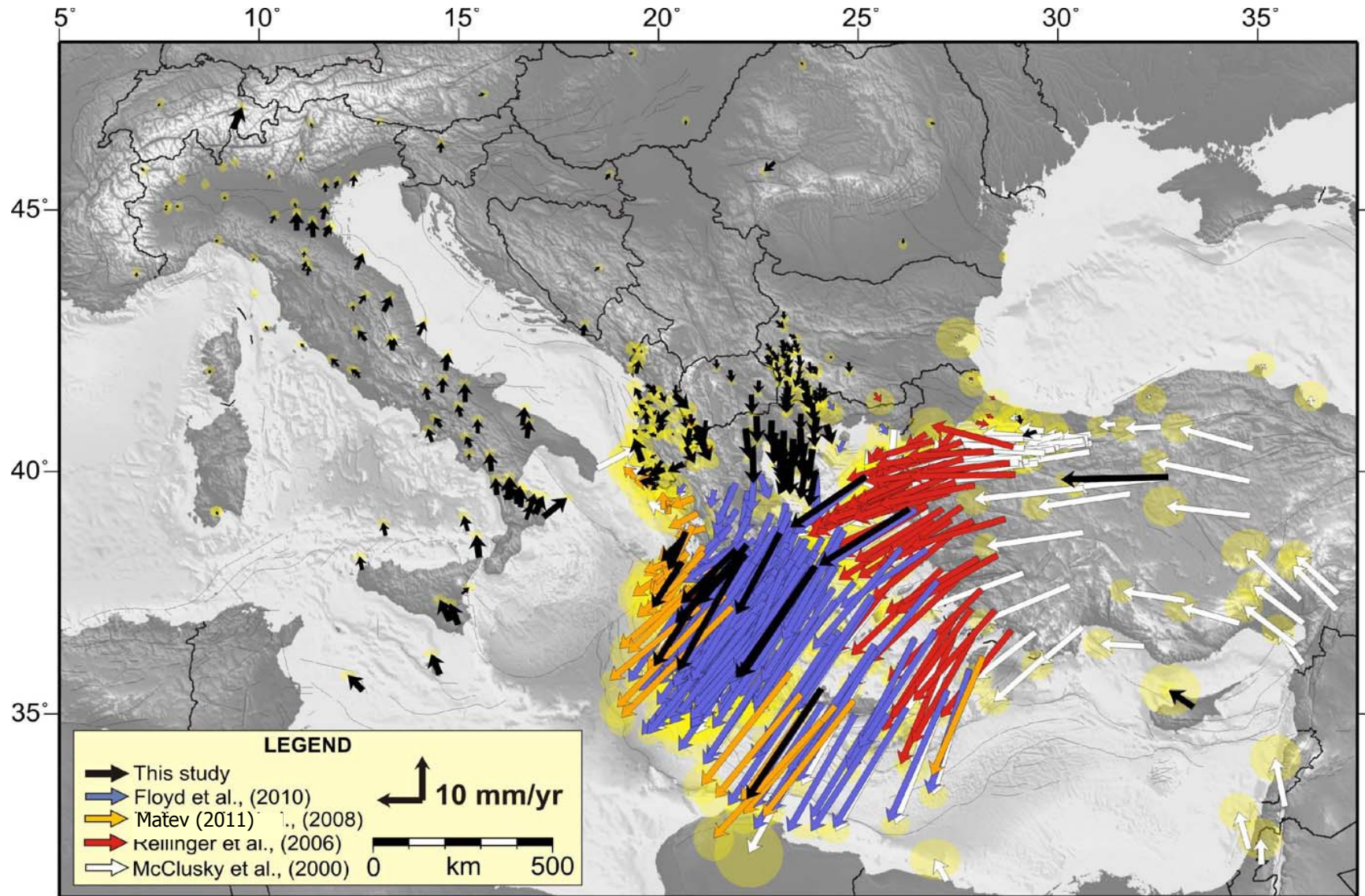
MSK	PGA (g)
I	
II	
III	
IV	
V	0.012 - 0.025
VI	0.025 - 0.050
VII	0.050 - 0.100
VIII	0.100 - 0.200
IX	0.200 - 0.400
X	0.400 - 0.800
XI	0.800 - 1.600
XII	> 1.600

■ Underestimated hazard
■ Overestimated hazard

Bitola
Kicevo
Kumanovo
Ohrid
Prilep
Strumica
Tetovo

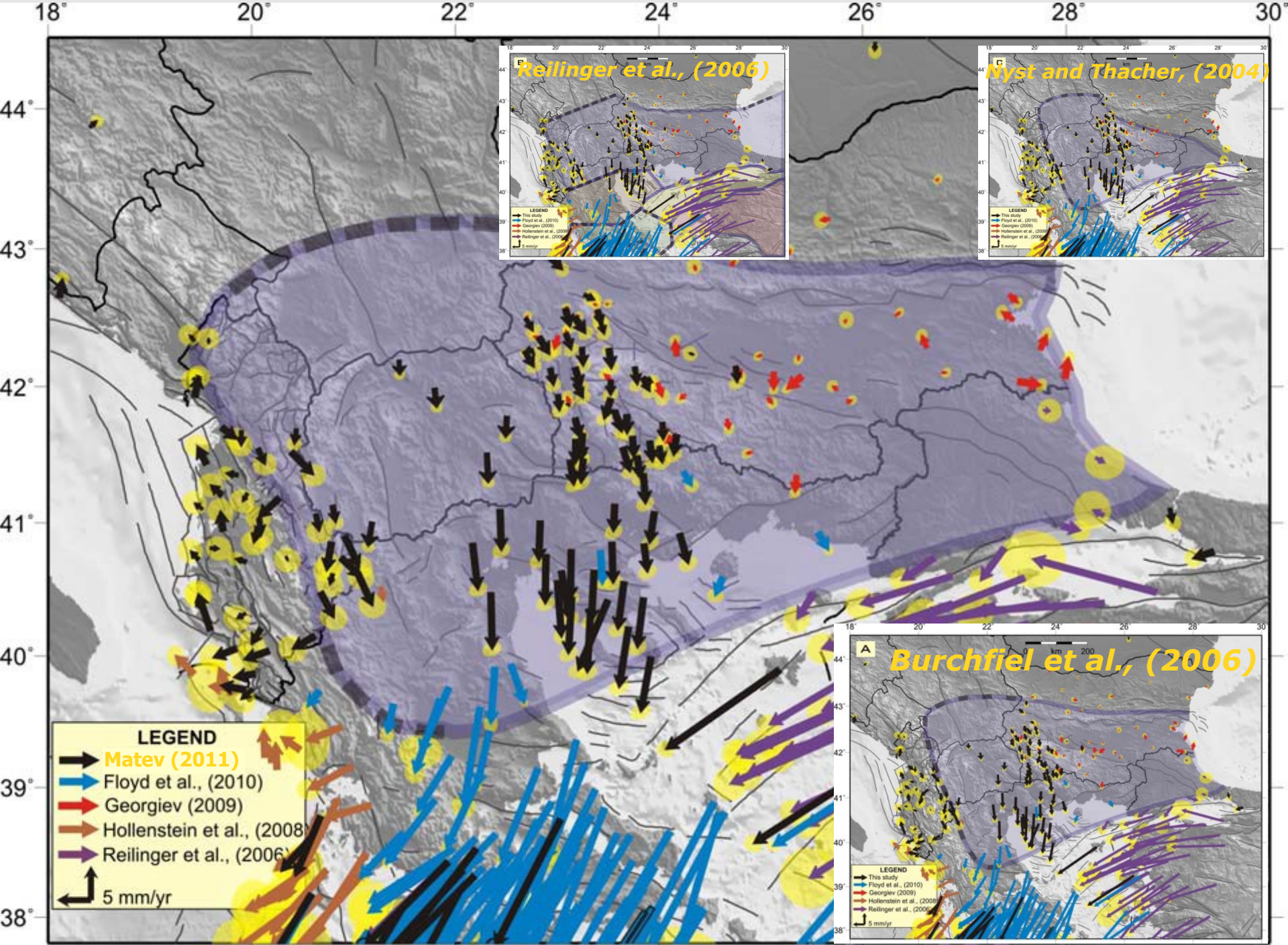


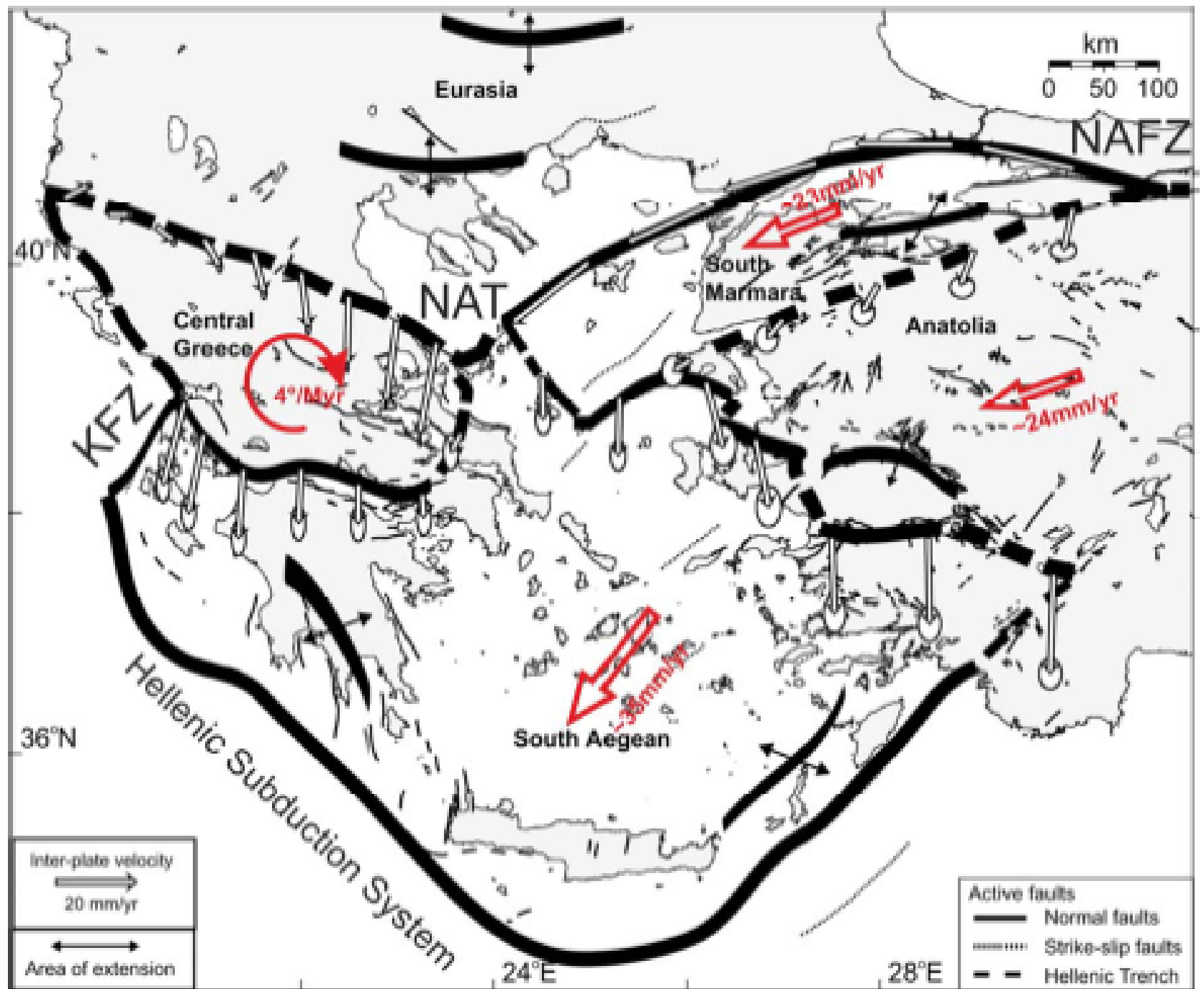
Potentially underestimated seismic hazard?

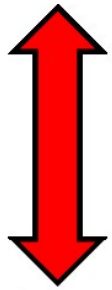


ELABORATION OF MAPS FOR CLIMATIC AND SEISMIC ACTIONS FOR STRUCTURAL DESIGN IN THE BALKAN REGION

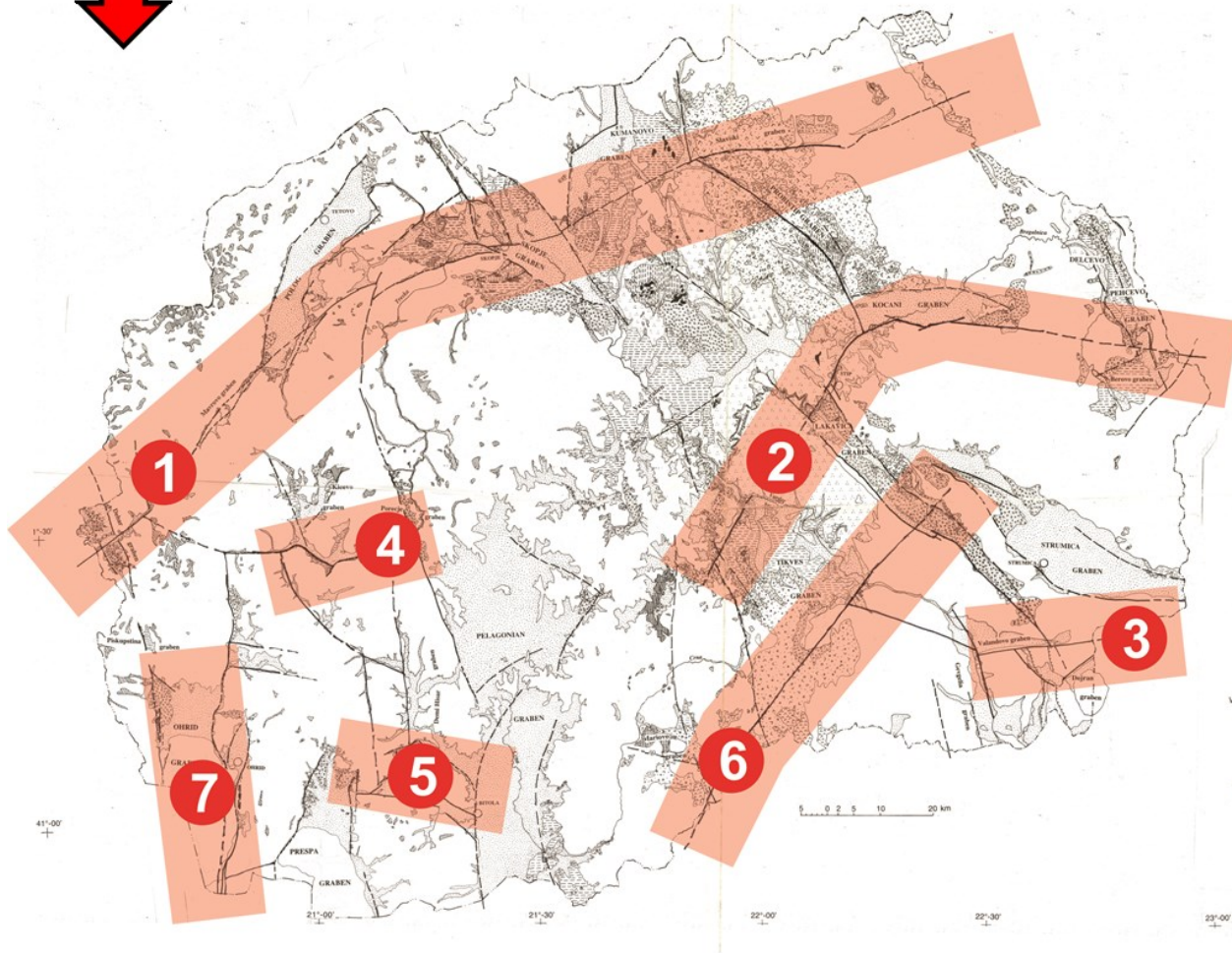
27-28 October 2015, Zagreb







SOUTH-BALKAN EXTENSIONAL REGIME



1. Kjustendil - K.Palanka - Kumanovo - Skopje - Gostivar - Debar - Elbasan - Valona
2. Kresna - Pehcevo - Vinica - Shtip - Stobi
3. Valandovo
4. Kichevo
5. Bitola - Prespa
6. Nidze - Mrezhichko - D.Kapija - Radovish
7. Ohrid - Struga

Domurdzanov, Milutinovic and Salic (2015)



$$S_{SDC81} = S_{EC8}$$

Design implications

$$S_{SDC81} = K W = (K_O K_S K_P K_D) W$$

$$S_{EC8} = a_R \gamma \lambda \quad \boxed{} \quad W$$

$$K_O = \gamma$$

SDC81:

For RC frames $K_P = 1$

$$K_D = 1 \quad (0 \leq T \leq T_S)$$

EC8:

$$S(T) = 2.5 \quad (T_B \leq T \leq T_C)$$

$$\lambda = 0.85$$

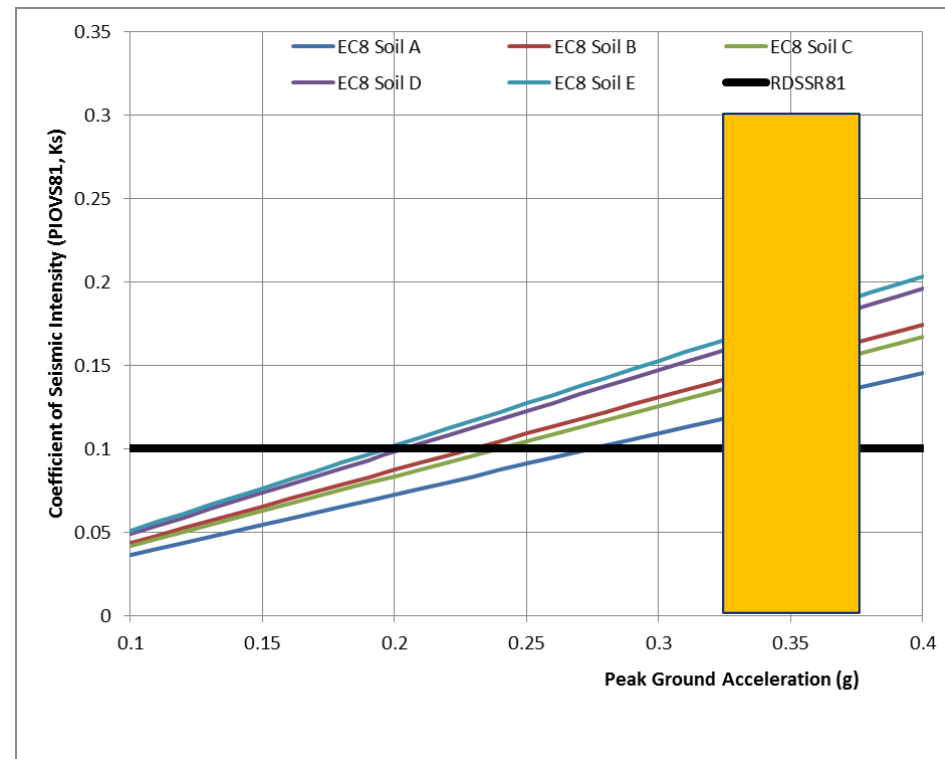
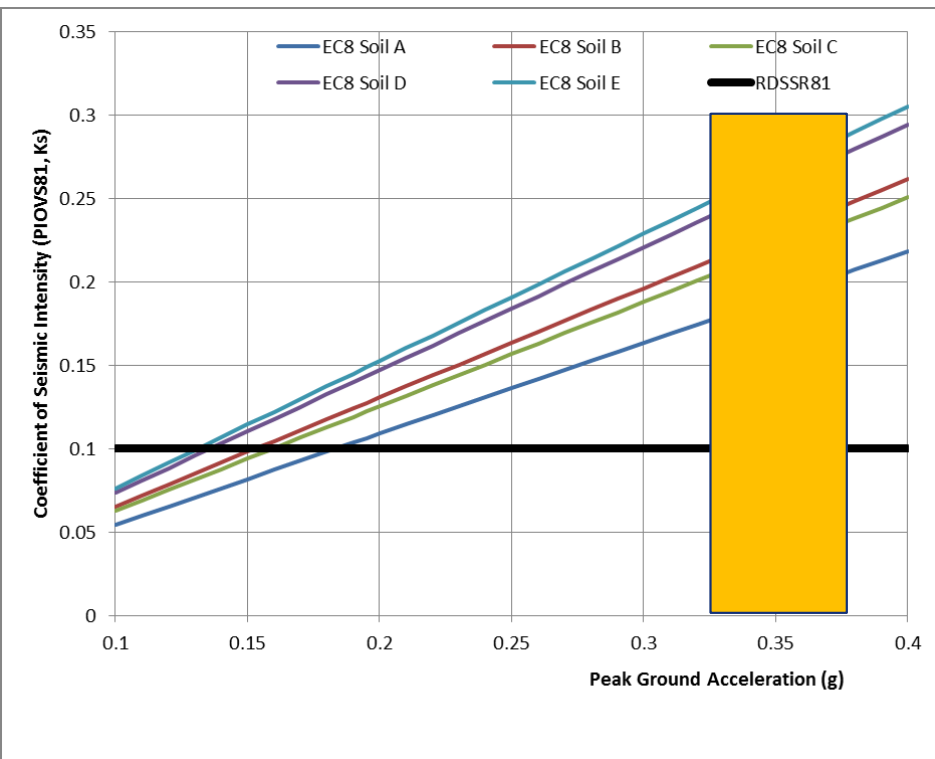
$$K_S = a_R \frac{2.125 S_G}{q}$$



K_S^{81} vs a_R^{EC8} Plot ($T_B < T < T_C$)

DCM: $q = 3.9$

DCH: $q = 5.85$



Thank You for attention

