



دانشگاه رازی

زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶

# و ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

ایمان عشایری

استادیار مهندسی زلزله، دانشگاه رازی

۲۳ آبان ماه ۱۴۰۰

سمینار تخصصی چهارمین سالگرد  
زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل ذهاب  
بزرگداشت زنده یاد آقای مهندس علیرضا تابش  
ریس بنیاد مسکن انقلاب اسلامی

# ریزپهنه بندی لرزه ای، طبقه بندی در مقیاس محلی

- انجام ریزپهنه بندی لرزه ای از پیش: برآورد دقیقتر از خطر (Hazard) و با مدیریت صحیح کاهش خطرپذیری (Risk) را به همراه خواهد داشت.
- انجام ریزپهنه بندی لرزه ای پس از رخداد: به علاوه، تدقیق ارتباط خرابی و خطر (Fragility) را به دست خواهد آورد.
- ریزپهنه بندی لرزه بر حسب نیاز و اهمیت در سه سطح قابل انجام است؛
  ۱. سطح ۱: طبقه بندی به صورت شبه کیفی محل به محدوده های کوچکتر با خطر لرزه ای مشابه
  ۲. سطح ۲: طبقه بندی کمی براساس روشهای ساده و غربالگری جنس زمین جهت تخمین ضریب تقویت ساختگاهی
  ۳. سطح ۳: طبقه بندی کمی و با جزئیات کافی جنس زمین براساس تحقیقات شناسایی و مدل سازی عددی (یک بعدی یا بیشتر)

## ریزپهنه بندی لرزه ای و شهر سرپل ذهاب

- شهر سرپل ذهاب: مهمترین شهر با جمعیت بیش از ۵۰ هزار نفر که بیشترین سهم خرابی ناشی رخداد ۲۱ آبان ۱۳۹۶ را متحمل گردید.
- شهر سرپل ذهاب: نزدیکترین شهری که نگاشت شتاب زلزله  $MW 7.3$  با بیشینه حدود  $0.7g$  در آن به ثبت رسید.
- شهر سرپل ذهاب: شهری که تنوع توزیع جغرافیایی سطوح خرابی ناشی از زلزله در آن مشهود بود.
- شهر سرپل ذهاب: شهری با تنوع کافی از مستحدثات که نتایج مطالعه آنها باید در آیین نامه ها منظور گردد، بیمارستان، شهرک های مسکونی، انبوه سازی و توسعه غیرمهندسی حاشیه ها و ...

# مطالعات میدانی در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2020), Eng. Geology, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105636>

- این مطالعات از ۲۳ آبان ۱۳۹۶ آغاز و تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ ادامه یافت.
- مبنای این مطالعات اندازه گیری خردلرزه ها بصورت تک ایستگاهی و آرایه ای در بیش از ۵۰ نقطه از شهر و آنالیز این لرزه سنجی ها به روشهای متنوع HV, HVTFA, f-k, ESPAC بود.

• نتیجه این مطالعات استخراج اطلاعات مفید ساختگاهی

شامل؛ فرکانسهای تشدید ساختگاهی، میانگین سرعت موج برشی، نیمرخ سرعت موج برشی در نقاط مختلف شهر

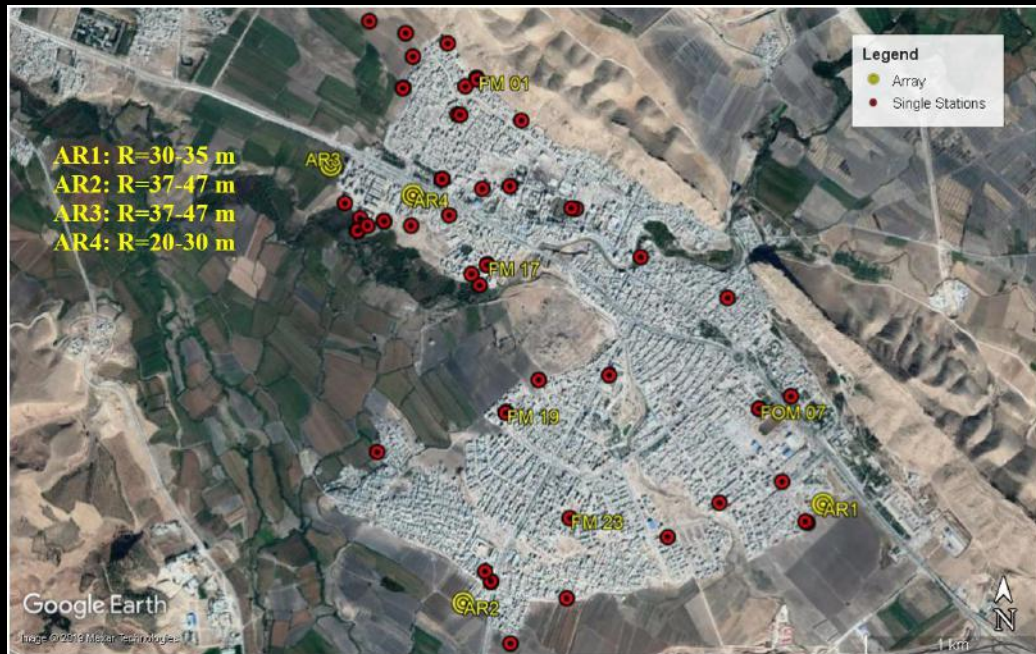


Figure 4. Location map of ambient vibration recording stations

# نتایج مطالعات میدانی در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2020), Eng. Geology, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105636>

• نقشه عمق سنگ بستر (سالَم،  $V_s=1.3 \text{ km/s}$ )

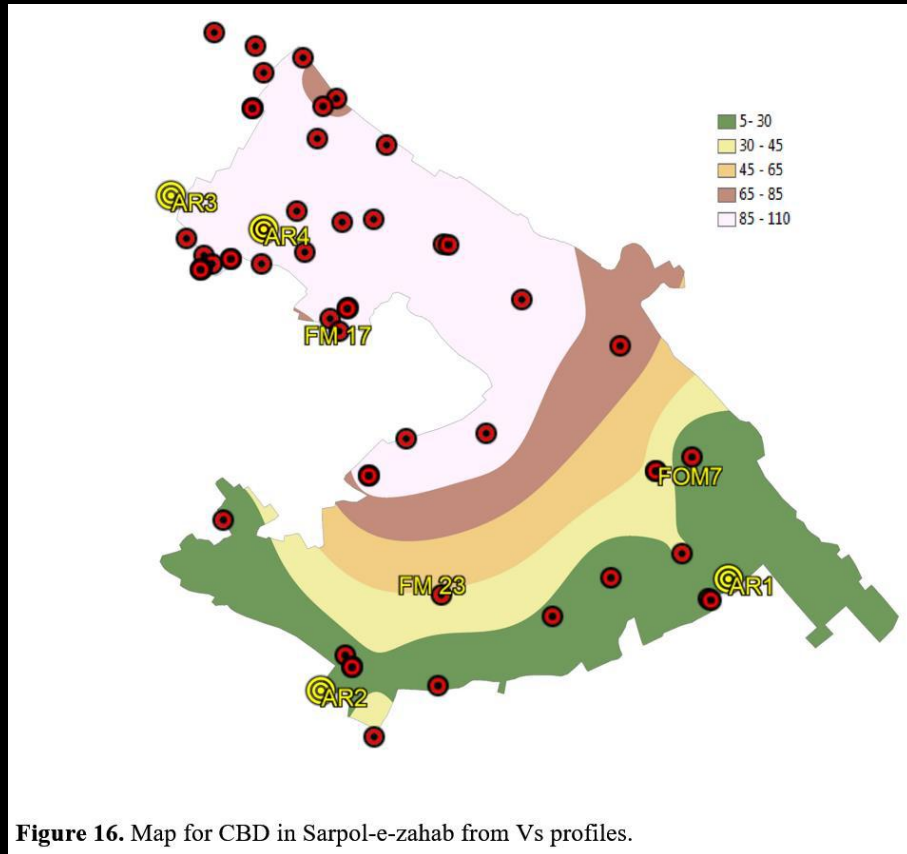


Figure 16. Map for CBD in Sarpol-e-zahab from Vs profiles.

• نقشه فرکانس تشدید ساختگاه

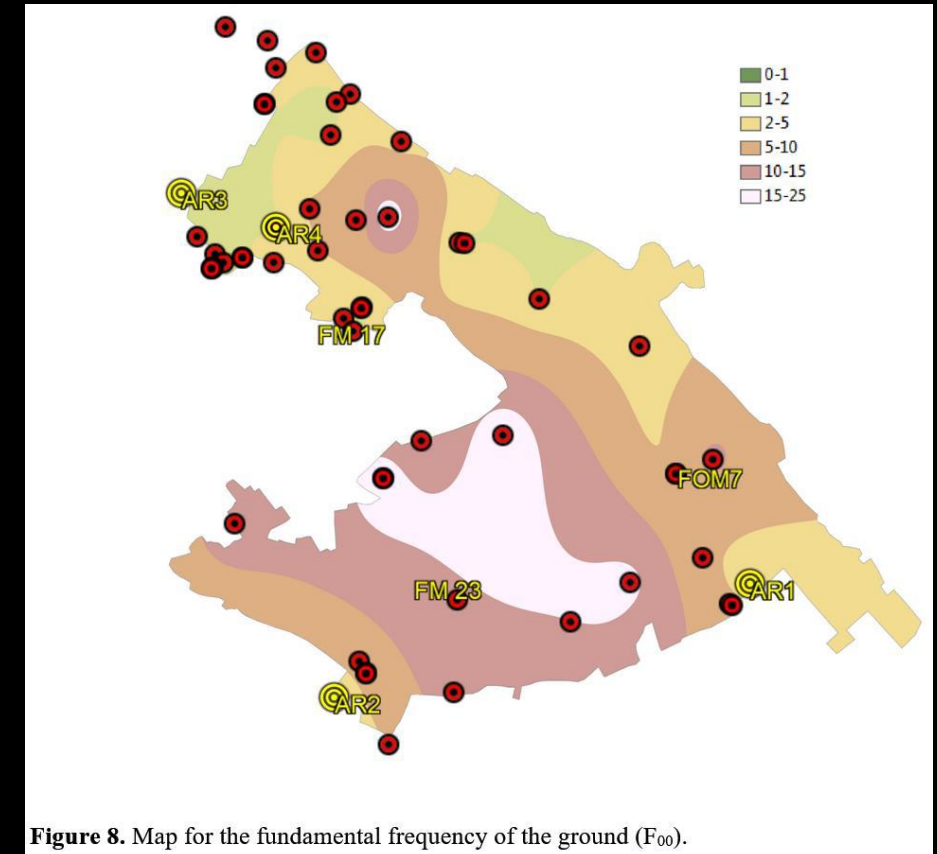


Figure 8. Map for the fundamental frequency of the ground ( $F_{00}$ ).

# نتایج مطالعات میدانی در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2020), Eng. Geology, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105636>

- نقشه ضخامت سنگ بستر (مهندسی،  $V_s=700-1000$  m/s)
- نقشه ضخامت آبرفت ( $V_s < 700$  m/s)

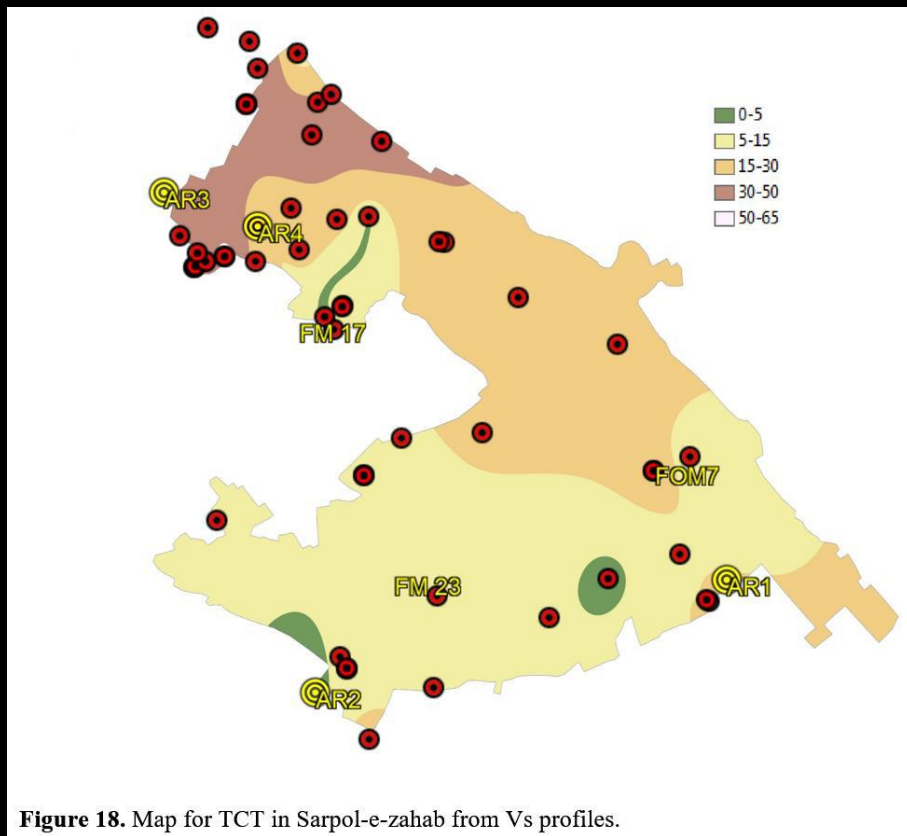


Figure 18. Map for TCT in Sarpol-e-zahab from Vs profiles.

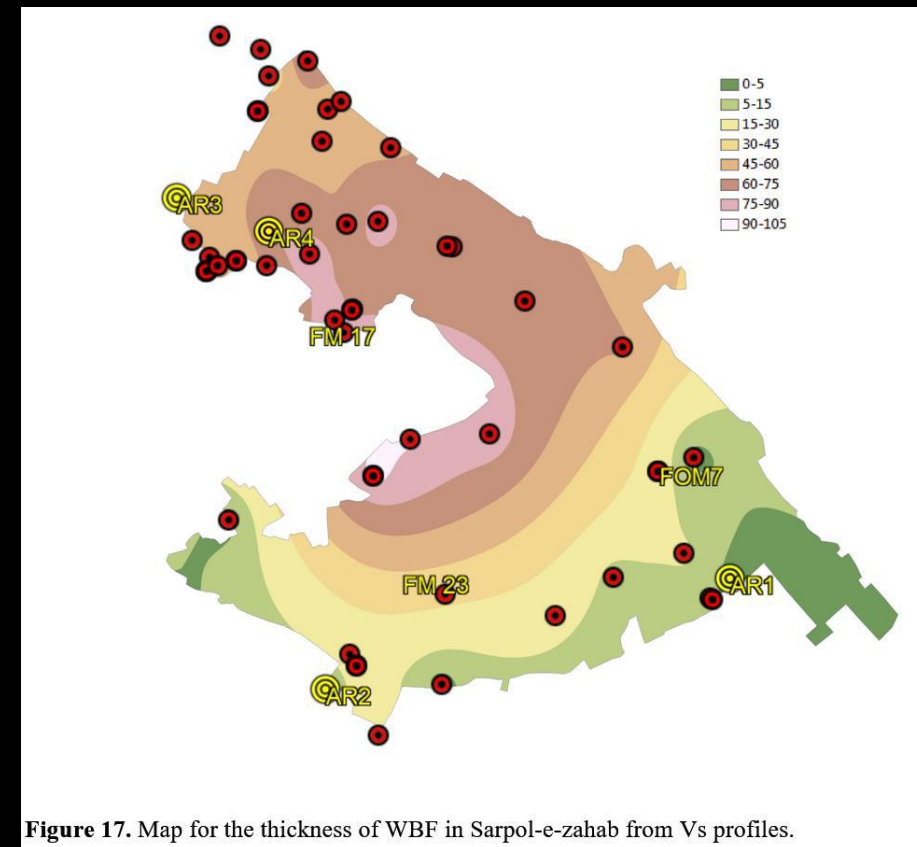


Figure 17. Map for the thickness of WBF in Sarpol-e-zahab from Vs profiles.

# نتایج مطالعات میدانی در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2020), Eng. Geology, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105636>

• نقشه شاخص ( $V_{S700}$ )

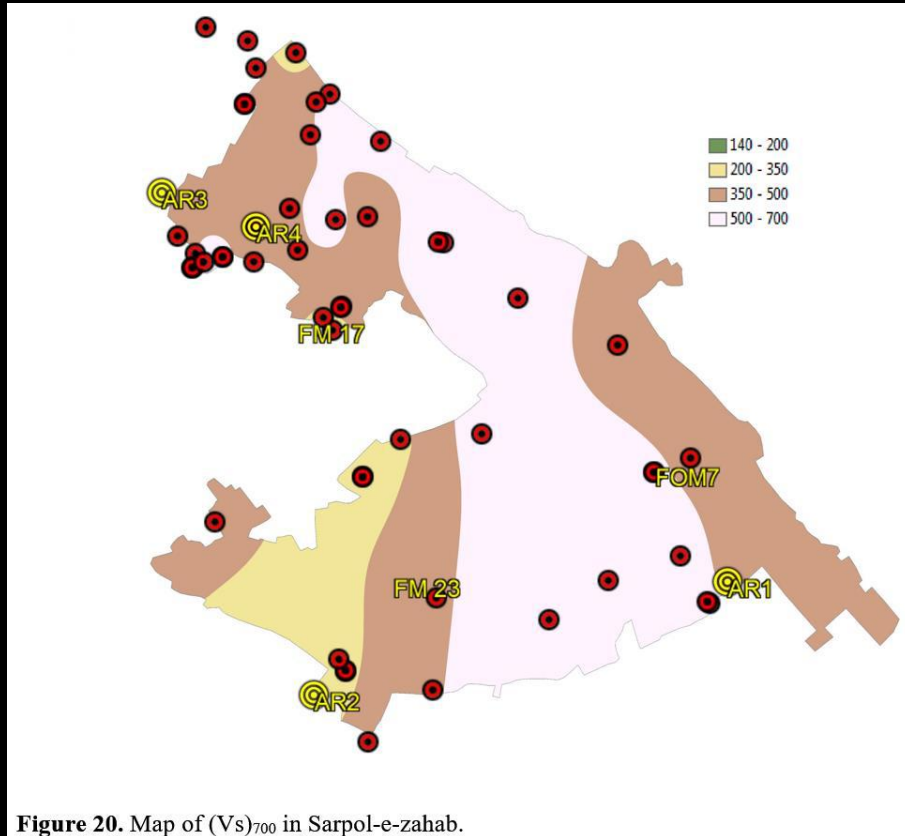


Figure 20. Map of ( $V_{S700}$ ) in Sarpol-e-zahab.

• نقشه شاخص ( $V_{S,30}$ )

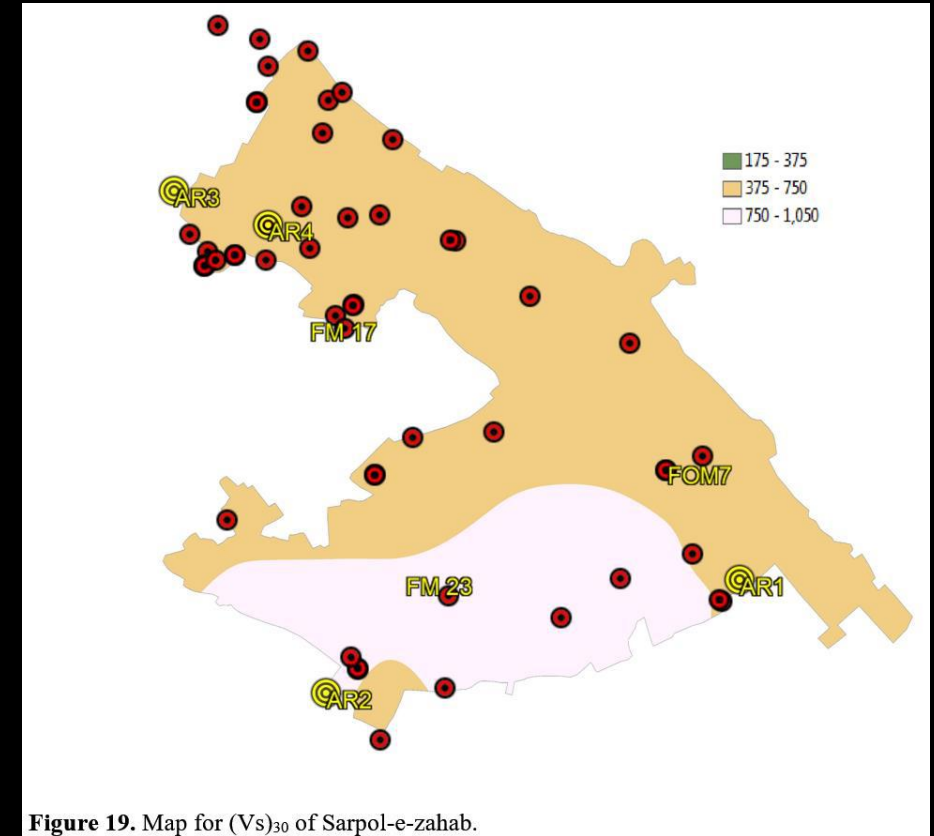
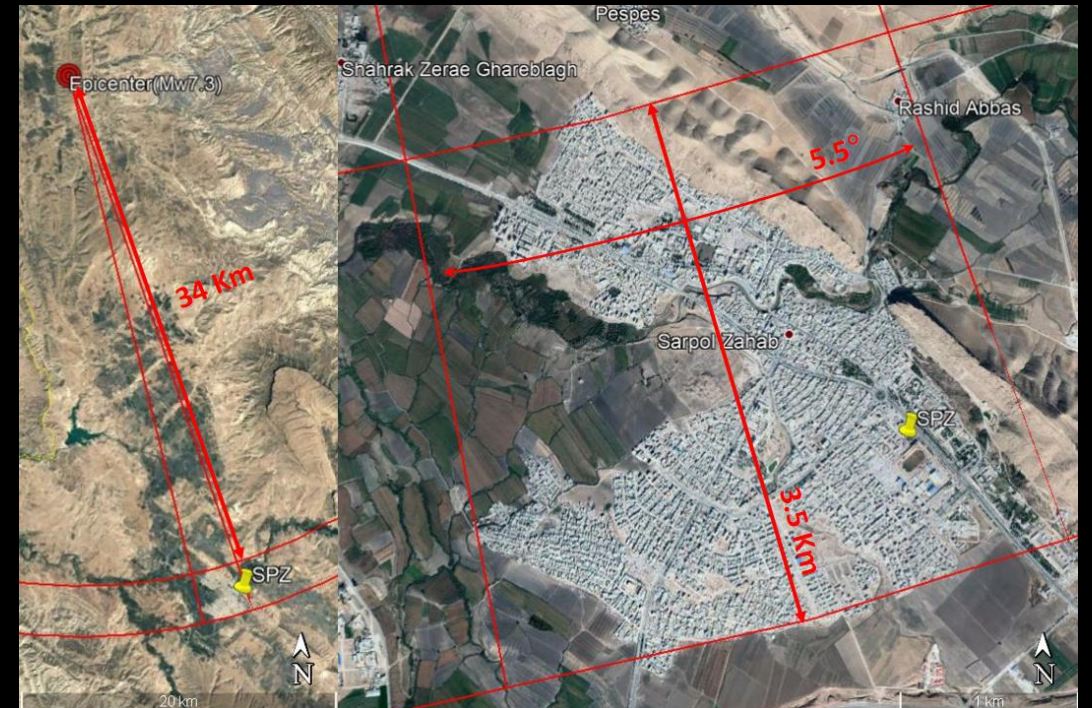


Figure 19. Map for ( $V_{S30}$ ) of Sarpol-e-zahab.

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

- برپایه نتایج مطالعات میدانی و با هدف یافتن پاسخ این سوالات انجام شد:
- با توجه به تنوع و توزیع جغرافیایی سطح خرابی، جنبش قوی زمین در نقاط مختلف چقدر برآورد می شود؟
- با توجه به تجربه زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶، ضرایب تقویت شتاب زمین در این شهر چقدر برآورد می شود؟





# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• دیکانولوشن جنبش قوی ثبت شده در ISMN-SPZ

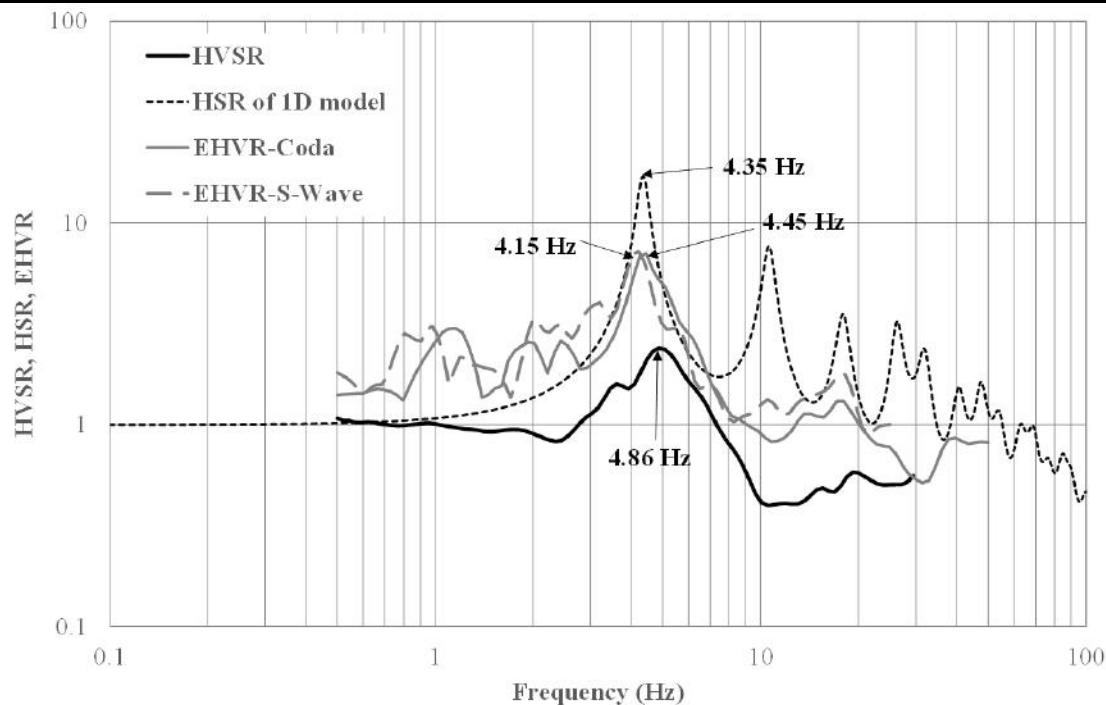


Fig. 4, Comparison of HSR of 1D model, EHVR of the S-wave, and Coda portion of Mw 7.3 ground motion and HVSR of ambient noise recordings at ISMN-SPZ.

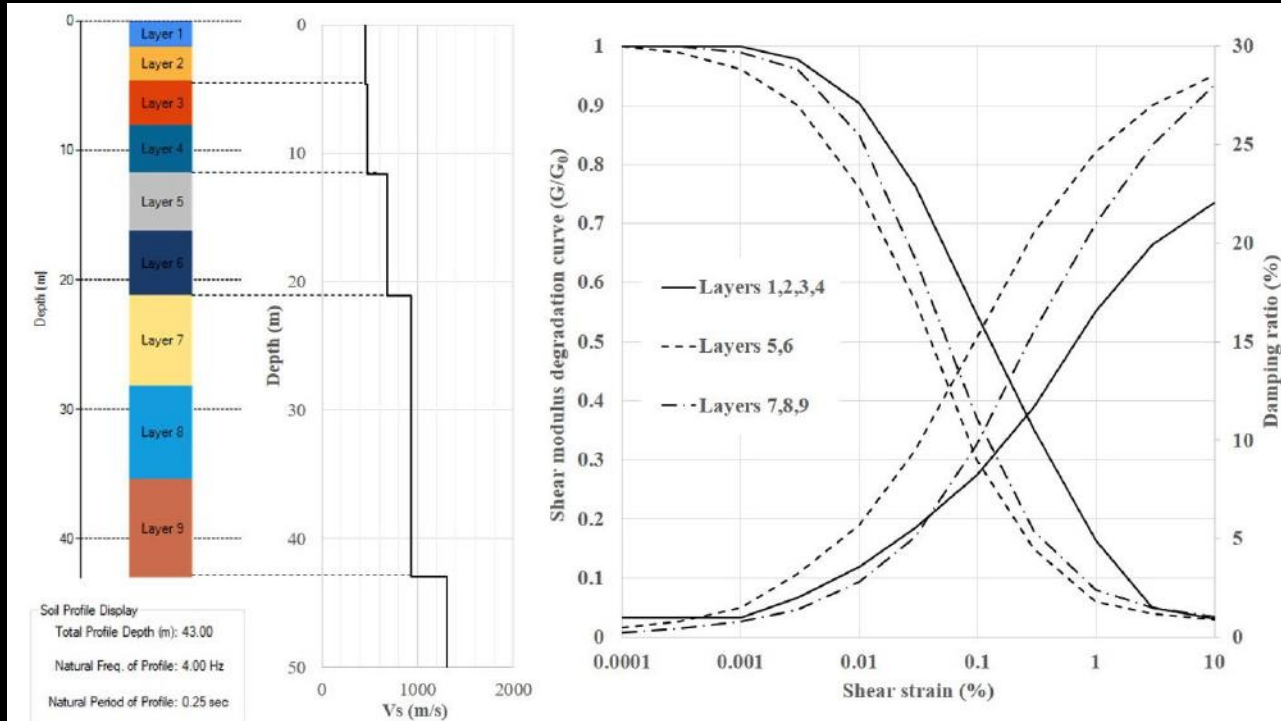


Fig. 3, Shear wave velocity profile of ISMN-SPZ (Ashayeri et al. 2020) and the shear modulus decay and damping ratio curves of the ground layers.

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• دیکانولوشن جنبش قوی ثبت شده در ISMN-SPZ

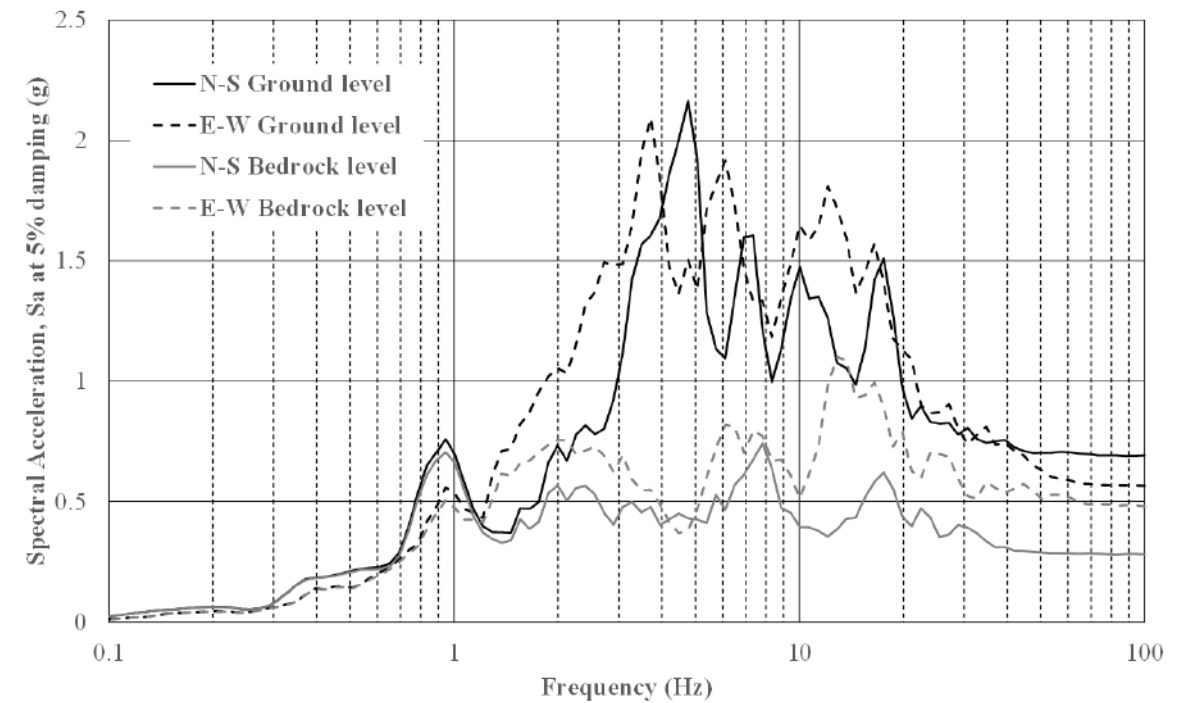
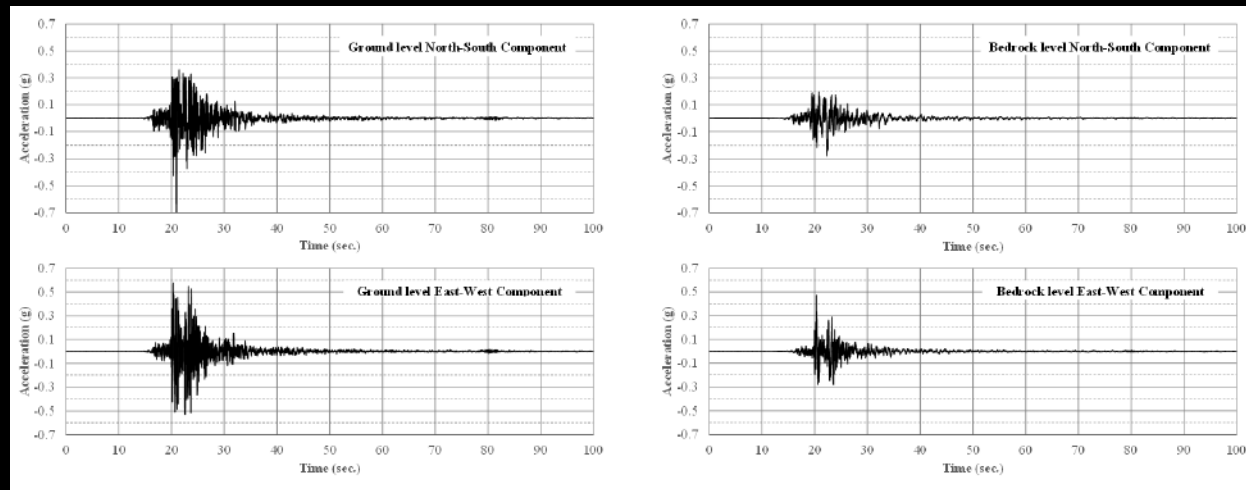
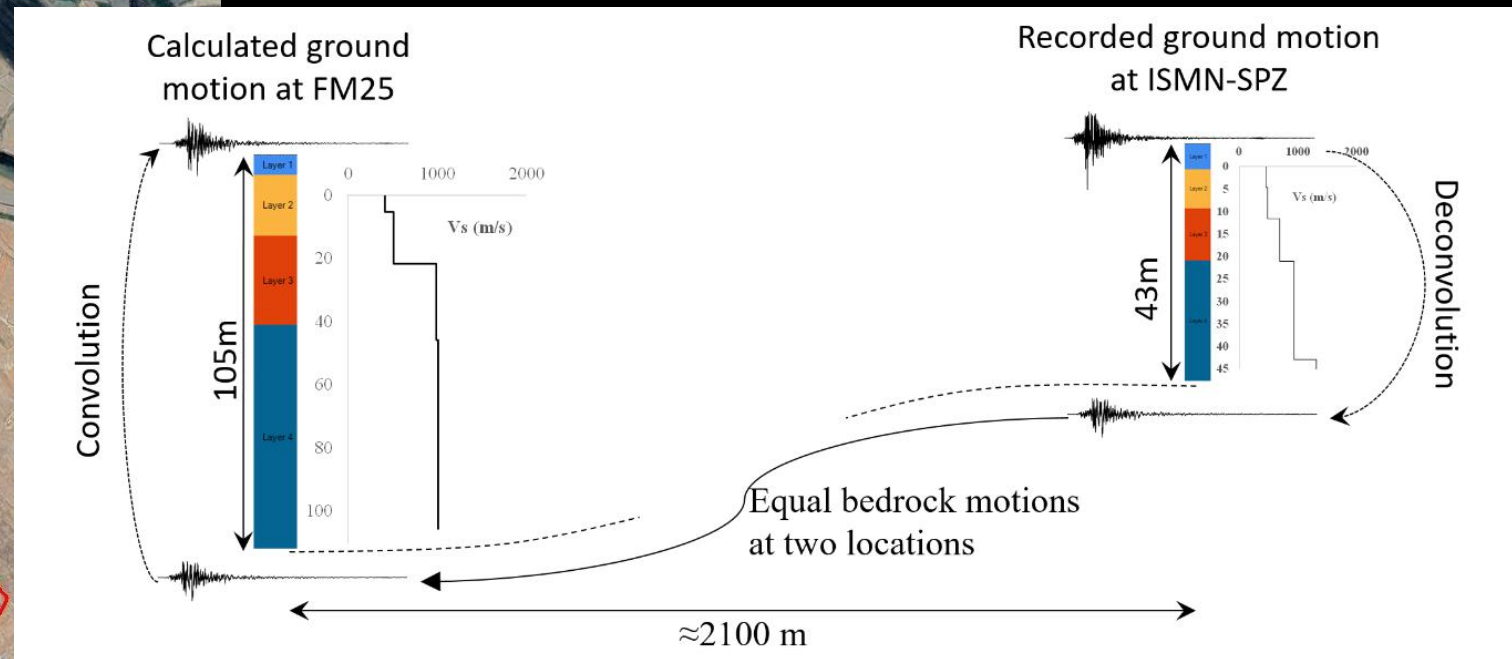
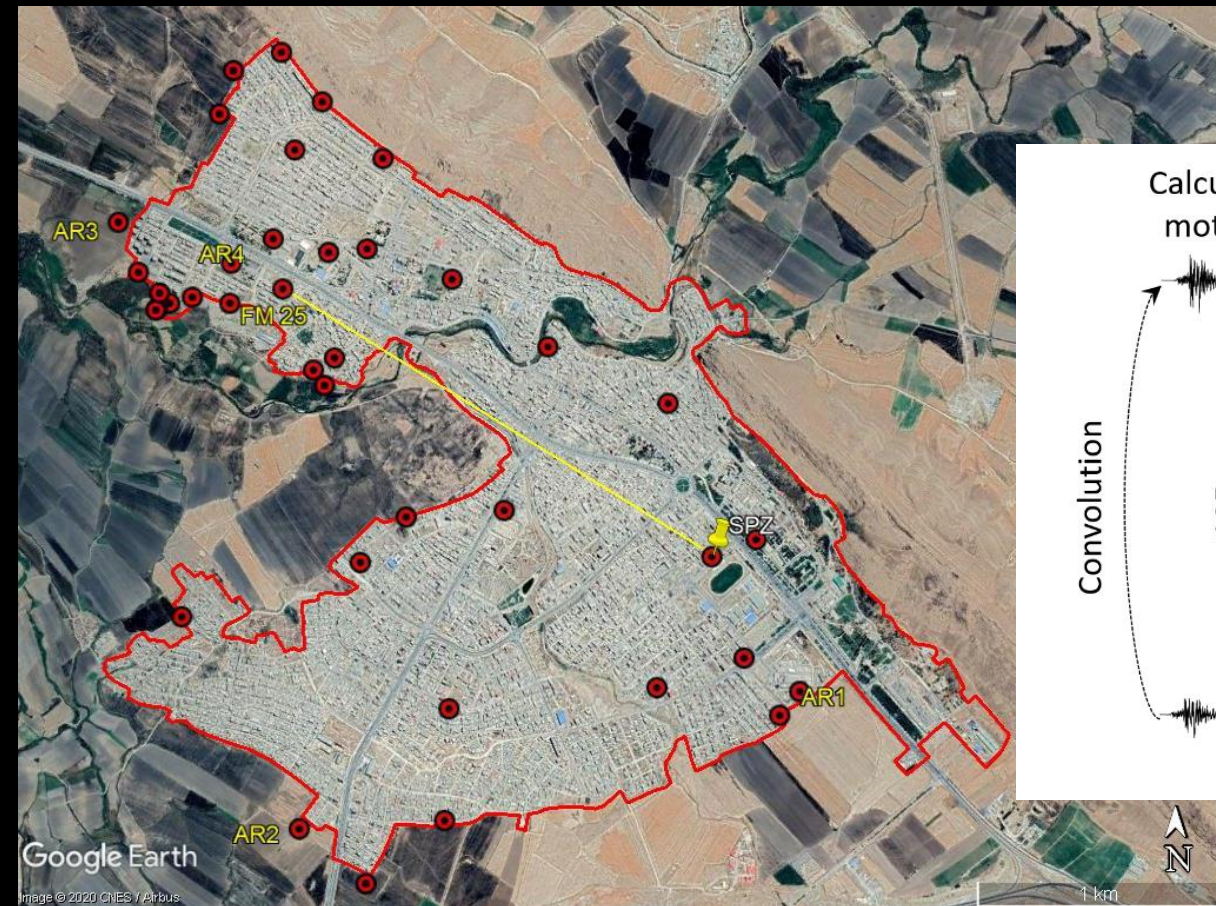


Fig. 5, Time histories of acceleration (top) and spectral accelerations (down) at ground and outcropping bedrock levels.

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• استخراج پاسخ ساختگاه در پهنه شهر



# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

$$AF_i = \frac{\int_{f_1}^{f_2} S_a^{ground}(f)}{\int_{f_1}^{f_2} S_a^{bedrock}(f)}$$

• ضرایب تقویت شتاب زمین و نقشه

Frequency range	$i$	$f_1$ (Hz)	$f_2$ (Hz)	Approximate building height (m) (IRSt2800)
Very low	1	0.5	1	25 to 75
Low	2	1	2	12 to 30
Intermediate	3	2	5	4 to 15
High	4	5	10	2 to 5
Very high	5	10	20	Special equipment or facility

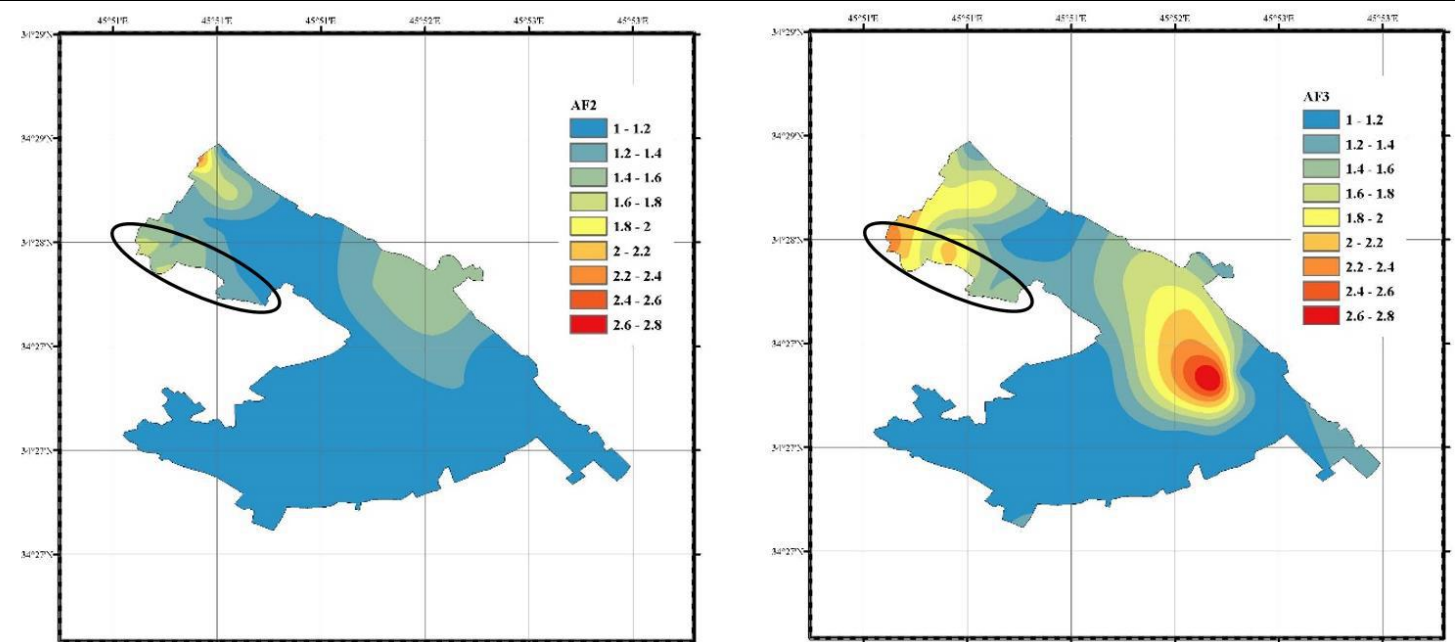


Fig. 7, Amplification factors for Mw 7.3 earthquake; AF<sub>2</sub> (left) and AF<sub>3</sub> (right). Black circled region shows the concentration of damages of 3 to 7 stories buildings.

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• نقشه توزیع PGA و PGV (urban-scale shakemap)

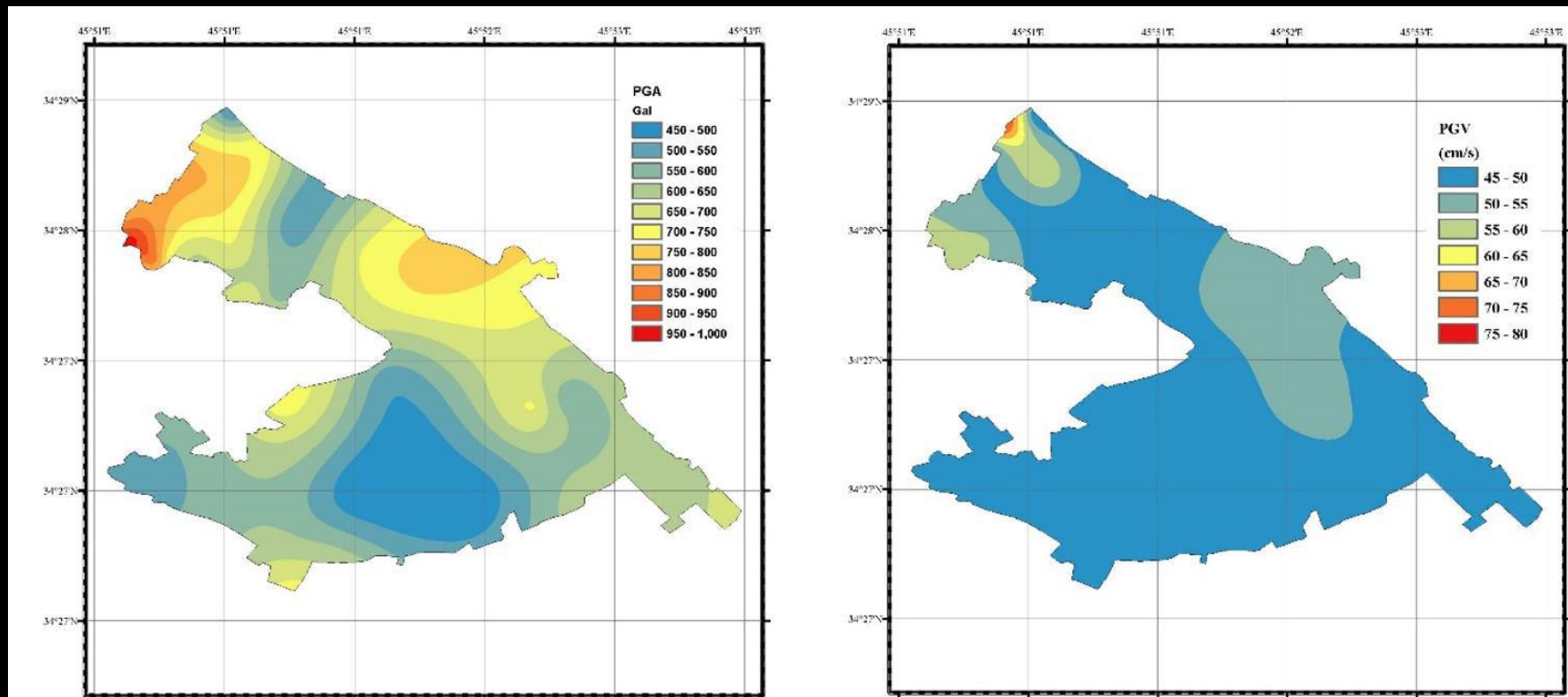


Fig. 8, Shakemaps of PGA (left) and PGV (right) for Mw 7.3 earthquake at Sarpol-e-zahab.

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• مقایسه طیف طرح (DBE – IRst2800)  
و طیف ویژه ساختگاه

Date	Time (UTC)	Record Code (Ref. ISMN)	Magnitude	Focal depth (km)	Epicentral distance (km)	PGA at ISMN-SPZ (uncorrected, g)
November 12, 2017	18:18:16	7384/01	7.3	18	36	0.69
	20:42:45	7384/09	4	7	15	0.07
November 13, 2017	4:27:55	7384/13	4.8	8	2	0.33
	4:36:12	7384-14	4.4	8	7	0.27
	9:19:28	7384-15	4.7	8	9	0.11
November 19, 2017	1:07:33	7414/01	4.3	8	5	0.04
November 23, 2017	6:12:05	7426/06	3.3	8	5	0.02
November 24, 2017	7:22:40	7426/09	3.3	9	5	0.02
December 20, 2017	20:01:06	7564/02	4.5	8	7	0.11
January 6, 2018	15:22:07	7687/01	5.1	6	10	0.23
January 11, 2018	6:59:31	7697/02	5.5	8	84	0.007
April 1, 2018	8:35:25	7837/03	5.2	7	8	0.44
April 7, 2018	8:48:55	7848/04	3.9	8	12	0.22
November 25, 2018	16:37:31	8198/02	6.3	11	18	0.42
	17:09:36	8198/07	5.4	7	22	0.09
November 26, 2018	0:38:36	8198/16	5.1	8	15	0.32

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• مقایسه طیف طرح (DBE – IRSt2800) و طیف ویژه ساختگاه

بیمارستان شهدا شهر سرپل ذهاب

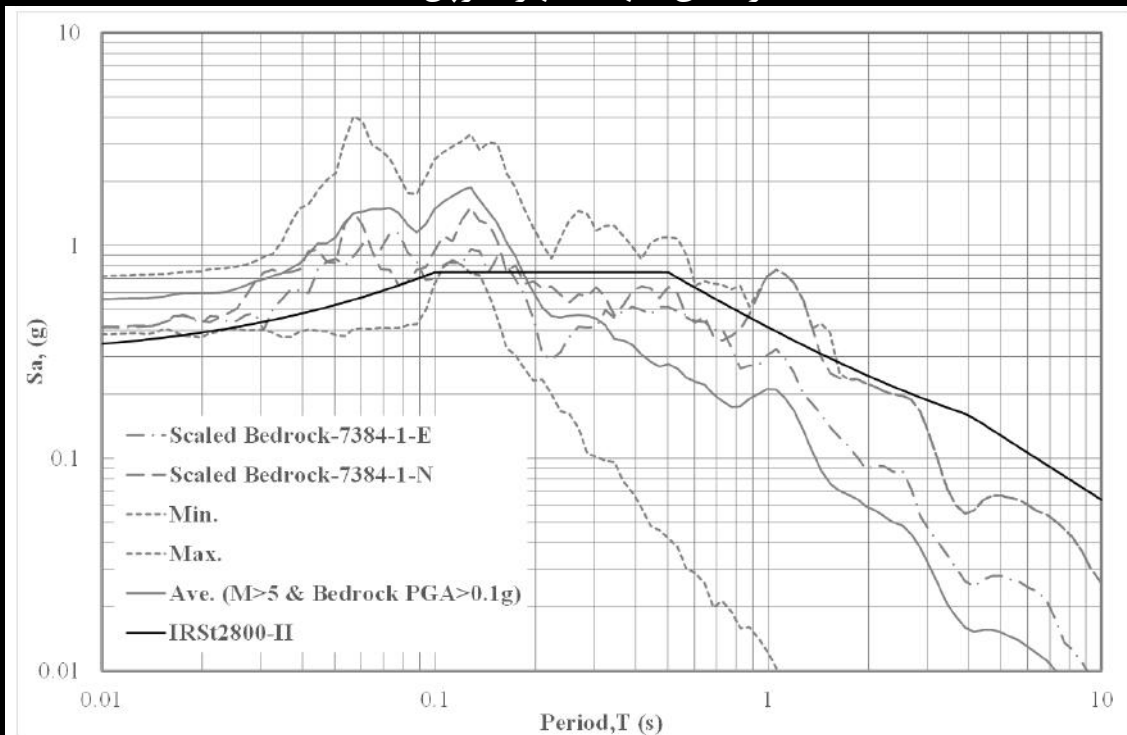


Fig. 11, Response spectra of 32 scaled bedrock motions at AR1 and design spectra of IRSt2800, ground type II.

جنوب غربی شهر (منطقه زعفران)

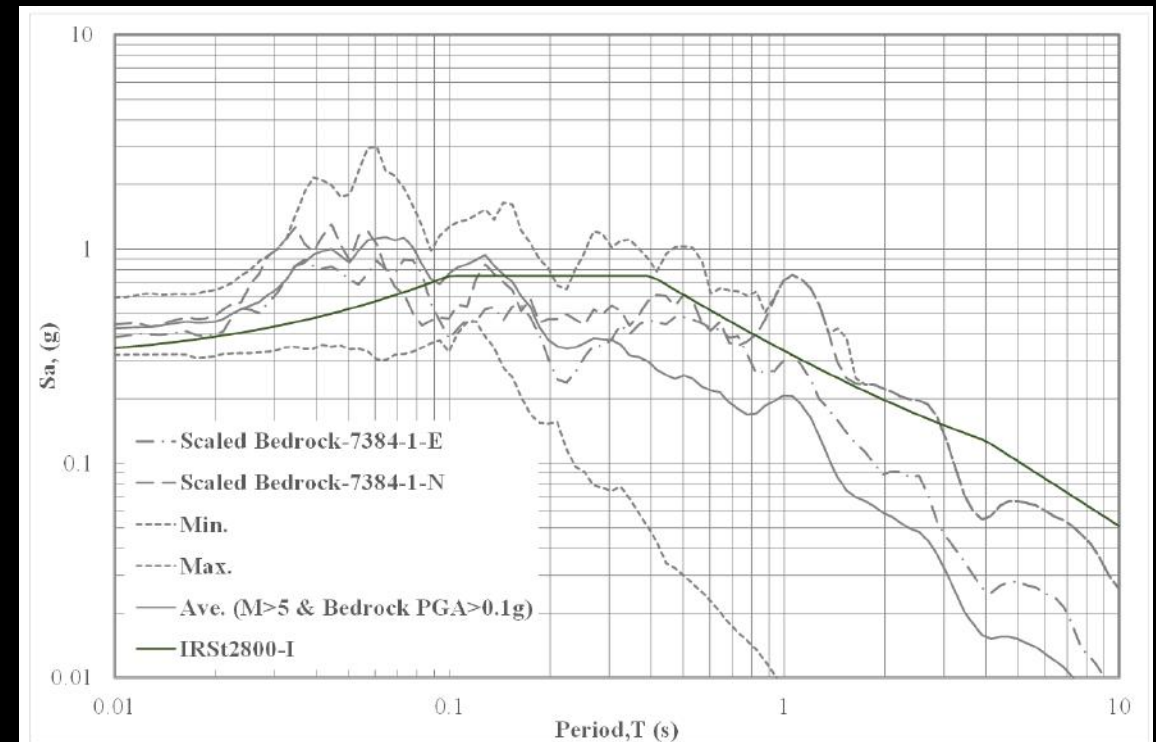


Fig. 12, Response spectra of 32 scaled bedrock motions at AR2 and design spectra of IRSt2800, ground type I.

# ریزپهنه بندی لرزه ای سطح ۳ در شهر سرپل ذهاب

Ashayeri et al. (2021), Bull Earthquake Eng., <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00999-6>

• مقایسه طیف طرح (DBE – IRSt2800) و طیف ویژه ساختگاه

مجتمع شیروودی (محدوده غربی)

محله فولادی (محدوده شمالی)

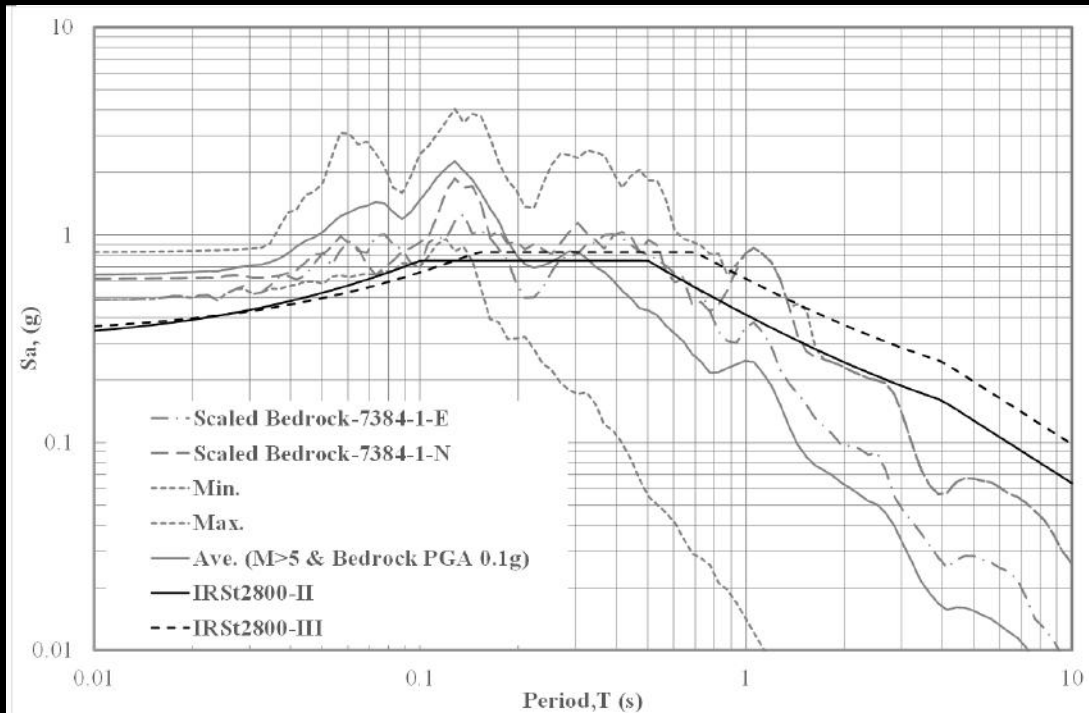


Fig. 13, Response spectra of 32 scaled bedrock motions at AR3 and design spectra of IRSt2800, ground type II and III.

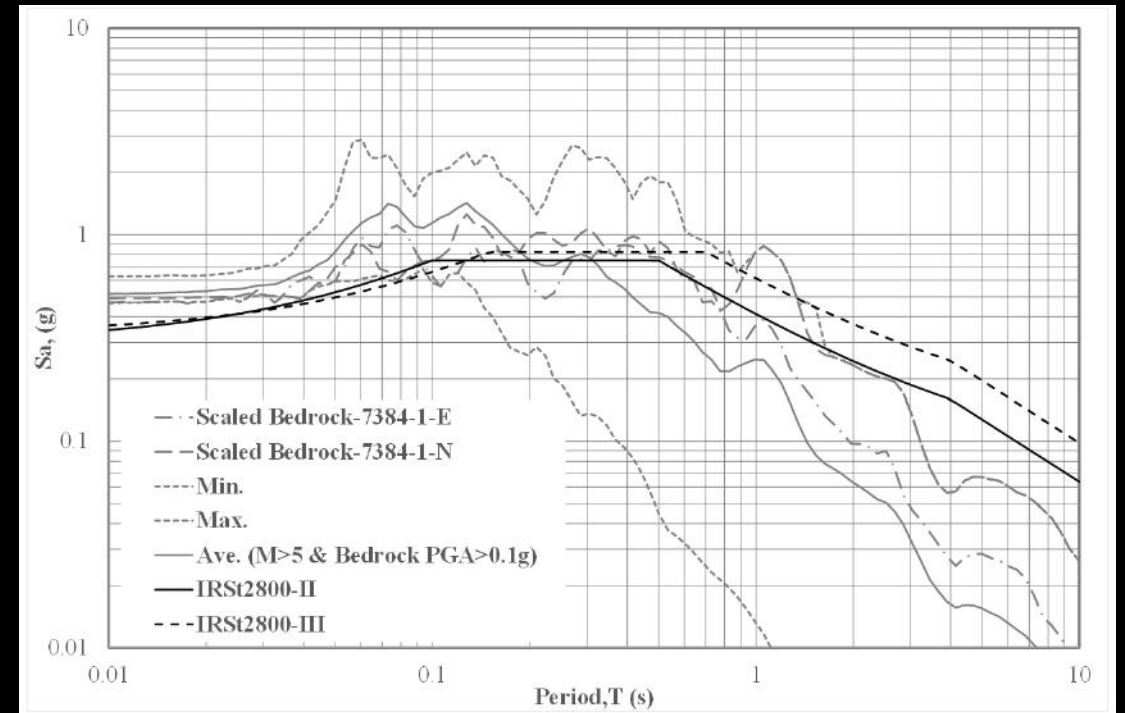


Fig. 14, Response spectra of 32 scaled bedrock motions at AR4 and design spectra of IRSt2800, ground type II and III.



## جمع بندی

- نقشه های ریزپهنه بندی مشخصات هندسی و مکانیکی لایه های زمین در طی مطالعات میدانی مبتنی بر اندازه گیری خردلرزه ها استخراج شدند.
- ضرایب تقویت جنبش قوی زمین در رخداد ۲۱ آبان ۱۳۹۶ تا حدود ۲ در پهنه شهر سرپل ذهاب برآورد شده است. به همین ترتیب بیشینه شتاب سطح زمین در این زلزله تا ۹۵۰ گال در برخی از نقاط محاسبه شده است.
- مقایسه طیفهای طرح استاندارد و طیف های پاسخ ویژه ساختگاه نشان می دهد که طیفهای طرح استاندارد به ویژه در ناحیه شتاب ثابت نیازمند بازنگریست.
- نقشه های شتاب و سرعت بیشینه در مقیاس شهری برای تعیین منحنی های شکنندگی انواع سازه ها بکار گرفته می شوند.
- شرایط بسیاری از مناطق شهری در کشور مشابه شهر سرپل ذهاب است و روش بکار رفته در شهر سرپل ذهاب برای ریزپهنه بندی آنها نیز کارآمد است.

به درستی شناختن هر مساله، مهمترین قدم برای درست حل نمودن مساله است.

با سپاس از توجه شما