

زلزله‌های دوقلوی قهرمان‌ماراش ترکیه به زبان ساده

عبدالرضا قدس

استاد ژئوفیزیک دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان



تعریف مفاهیم اساسی: زلزله چیست؟

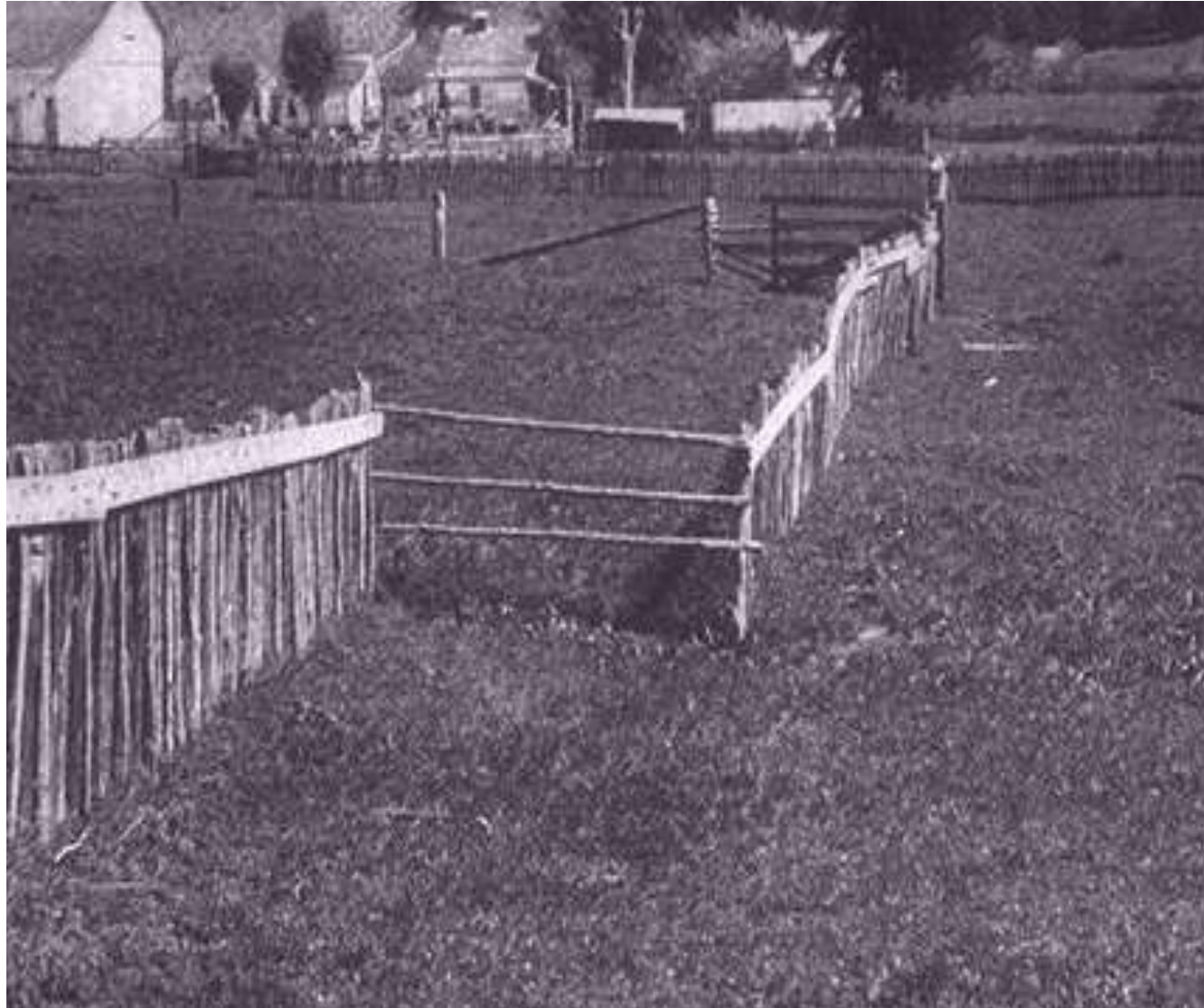


ارگ بم قبل از زلزله سال ۱۳۸۲

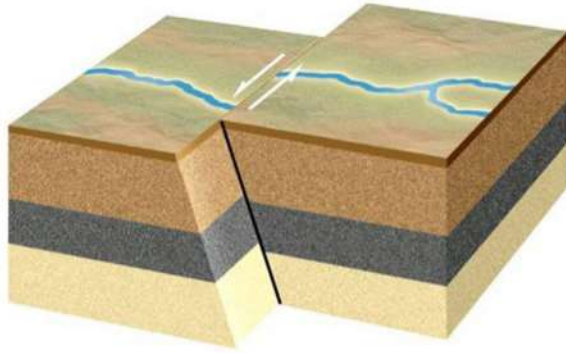


ارگ بم بعد از زلزله سال ۱۳۸۲

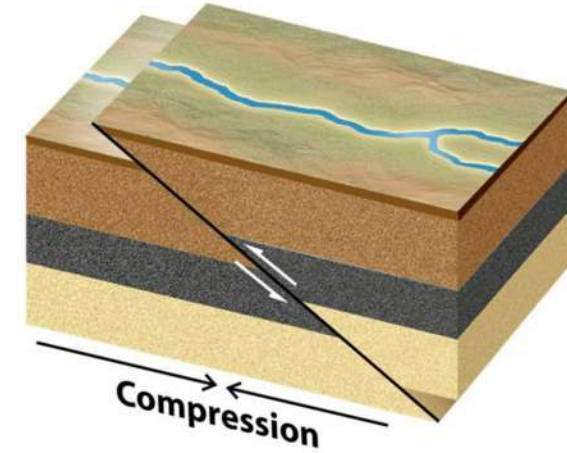
زلزله ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو و ظهور تئوری جدید برای چرایی زلزله؟



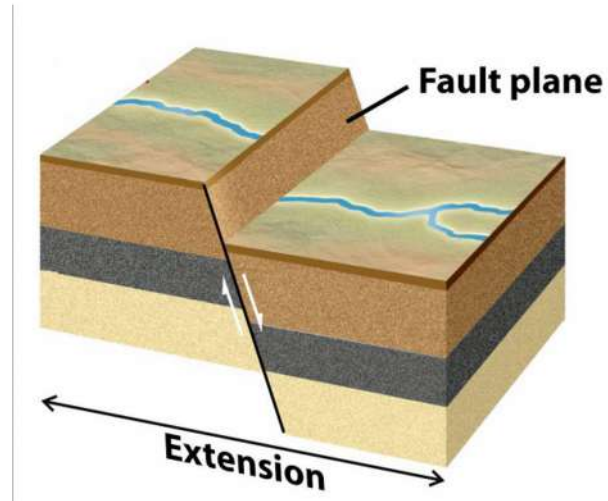
گسل چیست؟



گسل امتداد لغز



گسل معکوس



گسل نرمال

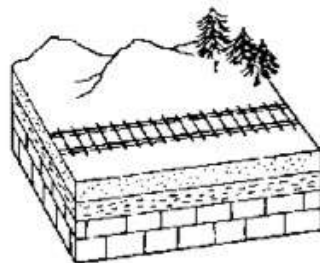
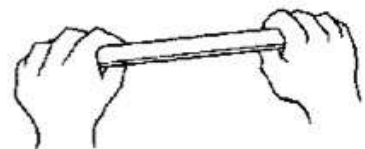
تعریف مفاهیم اساسی: گسل چیست؟



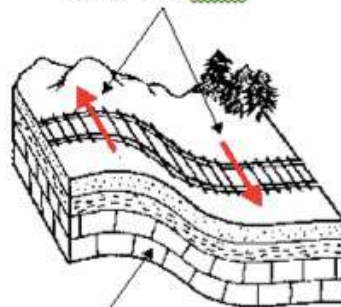
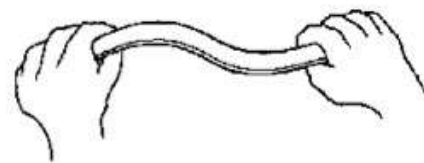
- زلزله در ارتباط با پارگی گسل‌ها است
- زلزله یک نقطه نیست!
- هر چه زلزله بزرگ‌تر باشد طول پارگی آن بیشتر است.
- پراکندگی خرابی‌ها در اطراف گسل بیشتر است و برای همین میزان خرابی‌ها به جای یک دایره با یک بیضی بهتر توصیف می‌شود!



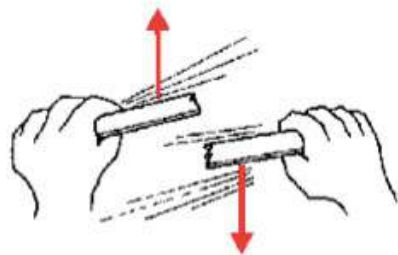
زلزله سانفرانسیسکو، نظریه بازگشت ارتجاعی



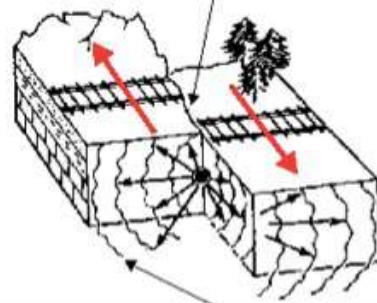
جهت نیروهای وارده



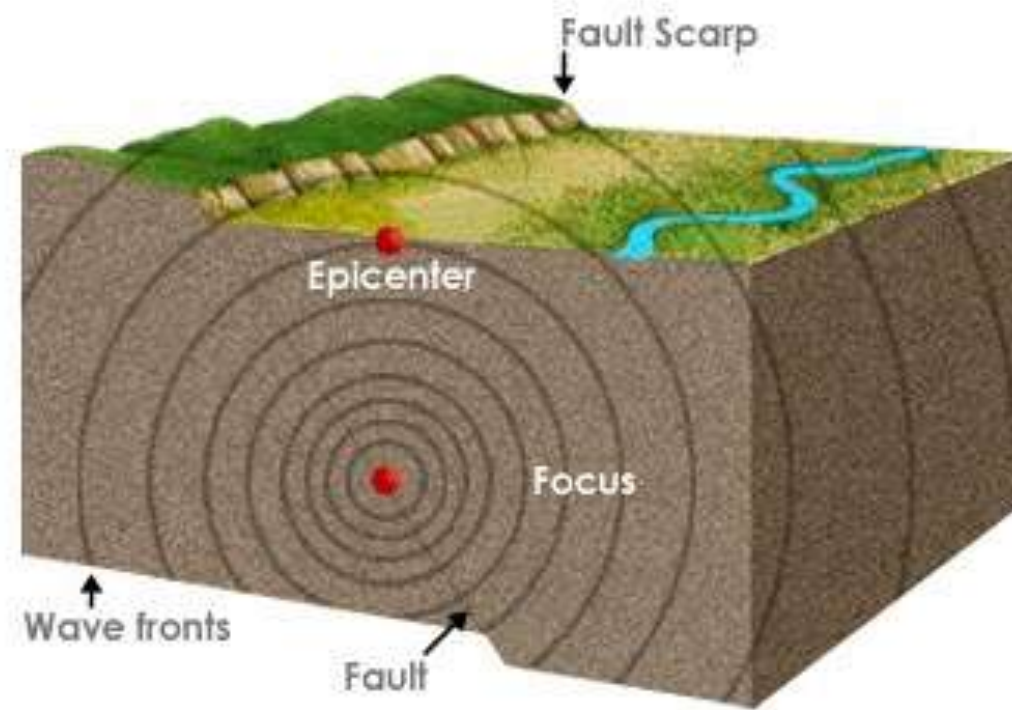
خمش دو لبه گسل



پارگی گسل

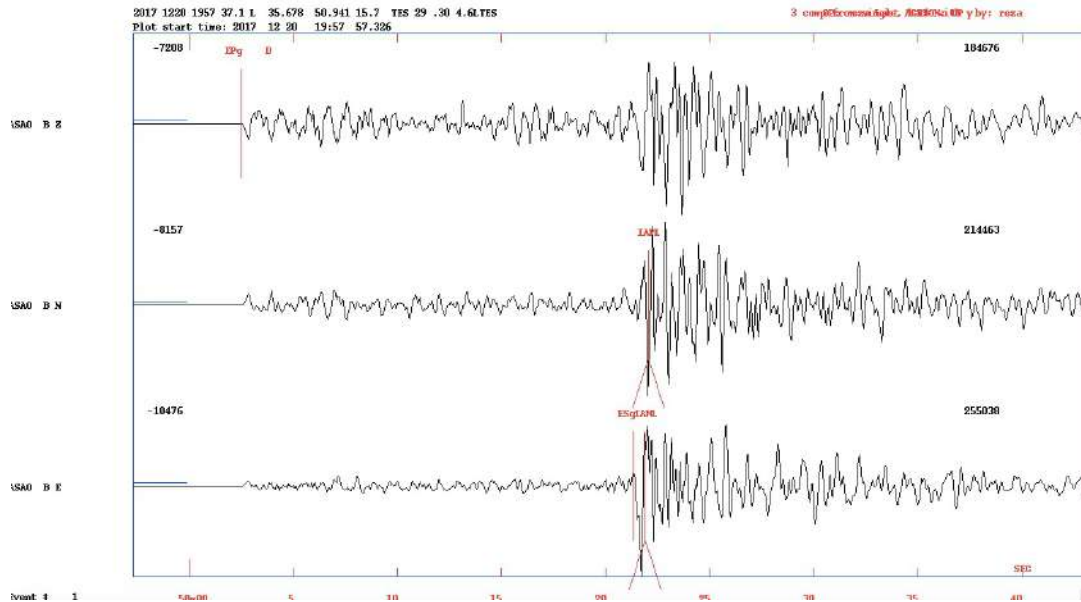


كانون و رومركز زلزله



تعریف مفاهیم اساسی

نگاشت ثبت شده زلزله ماهدشت تهران ۲۰۱۷ در ایستگاه آشتیان



- بزرگای زلزله بطور ساده در ارتباط با کل انرژی ای است که توسط زلزله تخلیه شده است.
- بزرگای زلزله یک واحد لگاریتمی است و برخلاف تصور واحد آن ریشتر نیست، اصولاً واحد ندارد!
- یک زلزله با بزرگای ۸ ده مرتبه دامنه بیشتری نسبت به یک زلزله با بزرگای ۷ درست می‌کند و دارای انرژی حدود ۳۳ مرتبه بیشتر از یک زلزله با بزرگای ۷ است!

$$M_L = \log A(R) - \log A_0(R)$$

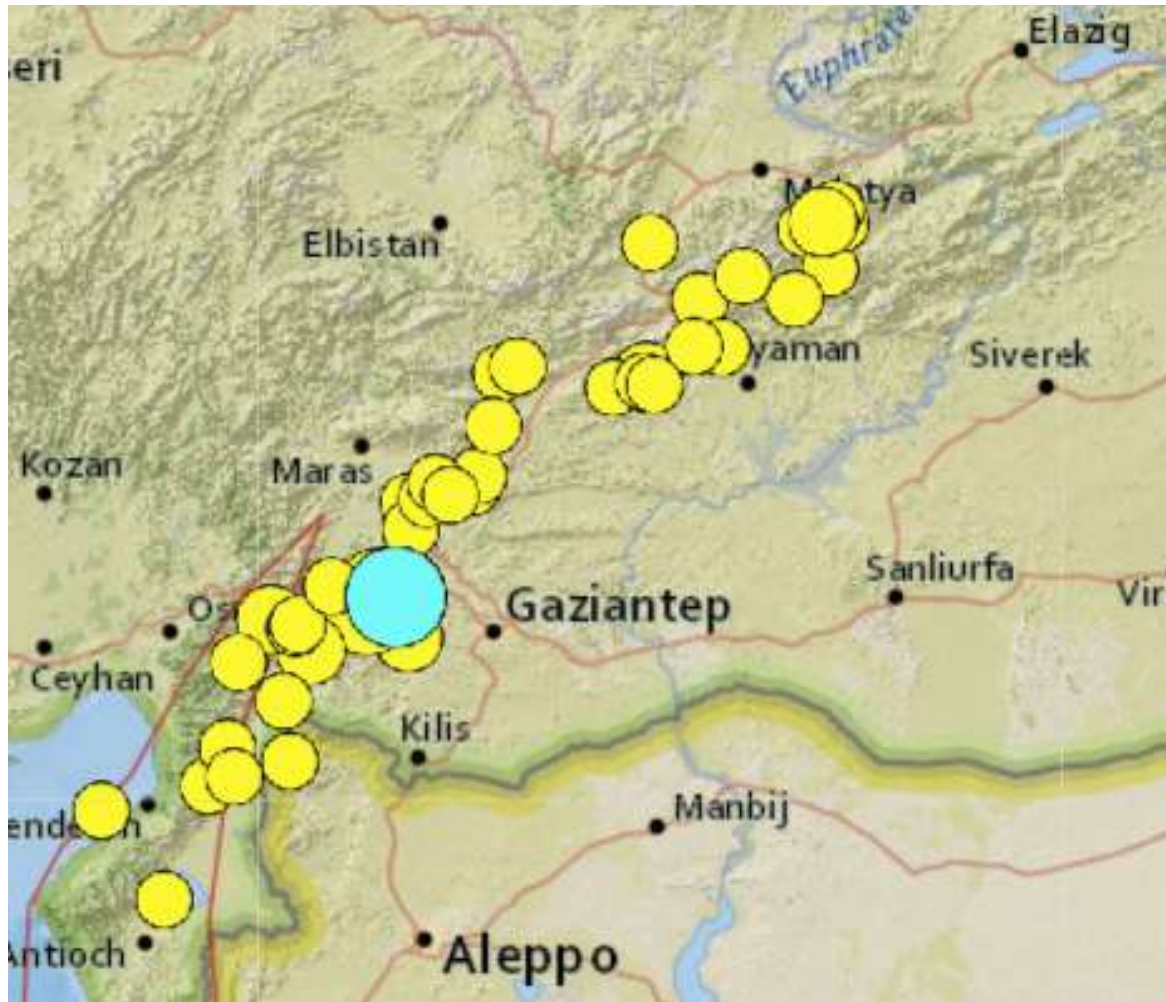
$$\log A_0 = -1.0570 \log(R) - 0.0023R - 0.6556.$$

فرمول بزرگای محلی برای تهران
Askari et al., BSSA, 2009



تصویر چارلز ریشتر که توسط او بزرگای محلی در سال ۱۹۳۵ تعریف شده است.

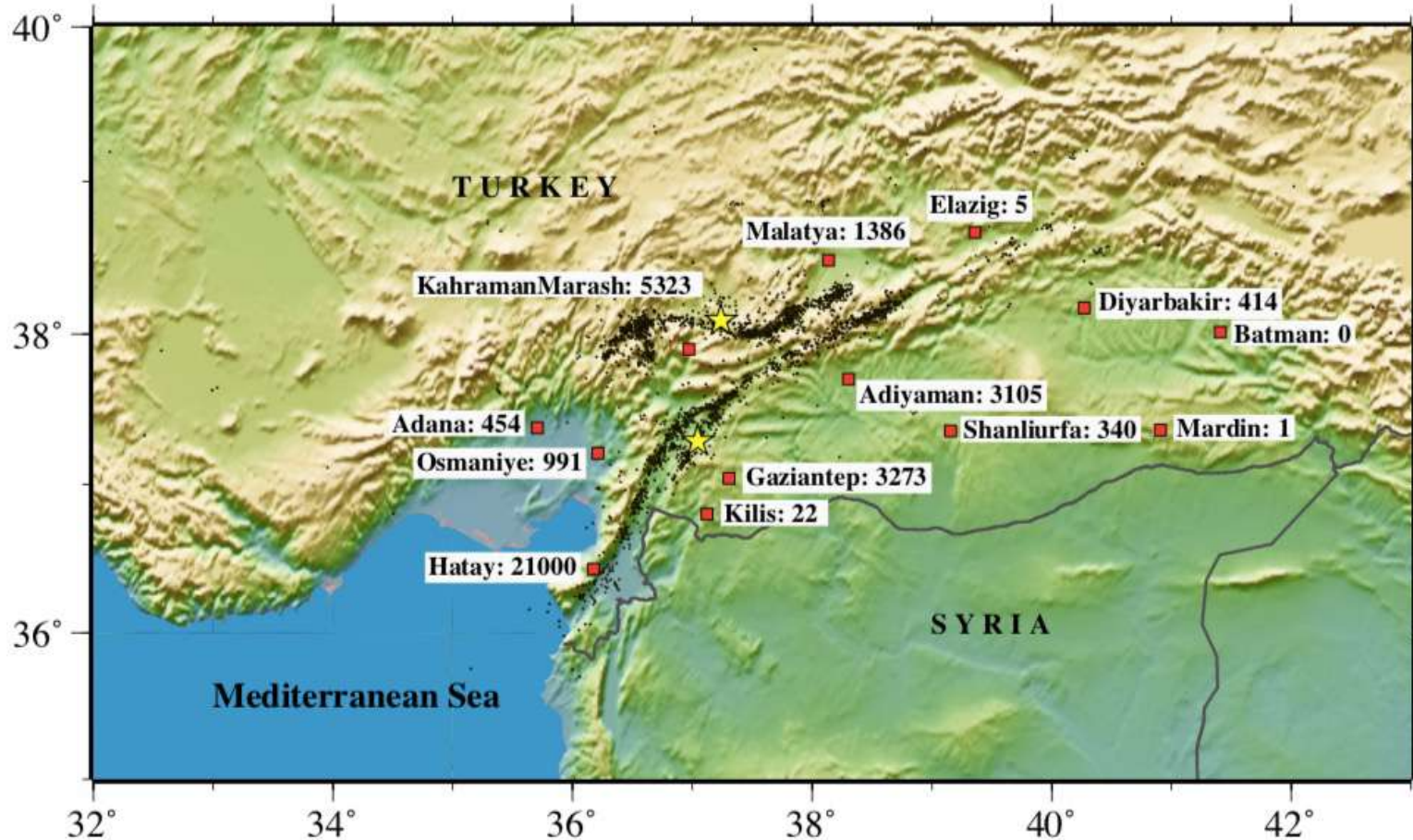
زلزله دوقلوی قهرمان ماراش



پس لرزه‌ها تا ۴ ساعت بعد از زلزله اول

- دوشنبه ۱۷ بهمن ماه ۱۴۰۱، ۴:۱۷ صبح به وقت محلی
- بزرگای Mw ۷.۸
- عمق حدود ۱۵ کیلومتری کانون ولی پارگی به سطح رسید.
- رومرکز زلزله اول در نزدیکی شهر قهرمان ماراش با حدود ۴۰۰ هزار نفر و گازینتاپ با بیش از ۲ میلیون نفر جمعیت شهری اتفاق افتاد.
- رومرکز زلزله دوم در نزدیکی شهر البیستان با جمعیت کمتر از ۱۵۰ هزار نفر اتفاق افتاد.
- بزرگای زلزله دوم Mw ۷.۵

زلزله دوقلوی قهرمان ماراش

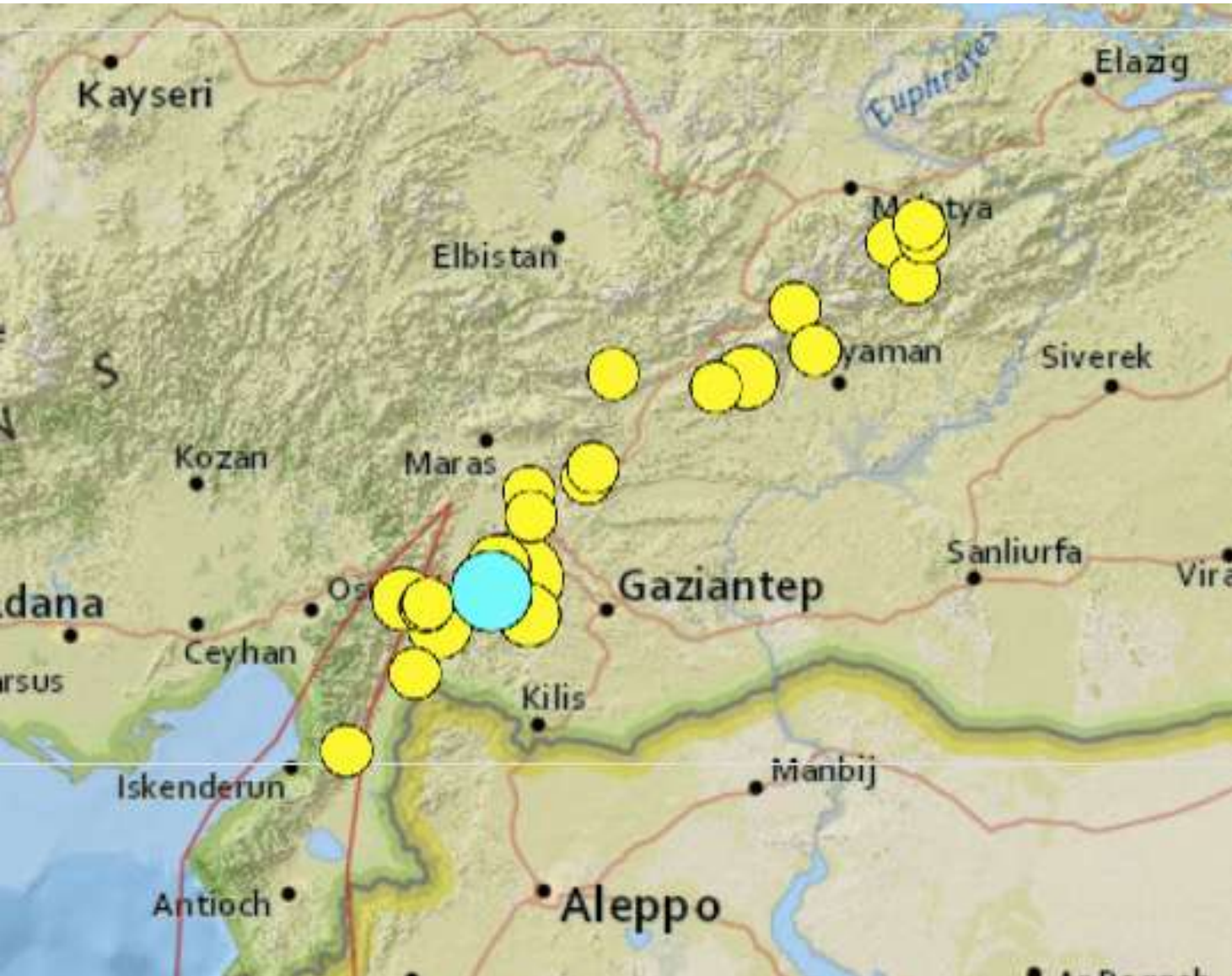


- بندر اسکندرون و شهرهای قهرمان ماراش، گزانتیپ، آدانا، مالاتیا، دیاربکر، عثمانیه و جیهان و شهرهای حلب سوریه از جمله شهرهای به شدت آسیب دیده هستند.

- بطور تقریبی جمعیتی بیش از ۱۳.۵ میلیون نفر به شدت در منطقه زلزله زده زندگی می کردند. تقریباً ۴ میلیون ساختمان تحت تاثیر زلزله قرار گرفتند. حدود ۷۰۰۰ ساختمان تخریب شدند!

- بیشترین کشته ها در هاتای و قهرمان ماراش
- تعداد کشته ها تا بحال ۵۳ هزار نفر! ۴۶ هزار نفر در ترکیه

پس لرزه‌های زلزله اول



پس لرزه‌ها تا ۴ ساعت بعد از زلزله اول

- چرا پس لرزه داریم؟
- پراکندگی اولیه پس لرزه‌ها به نحوی در ارتباط با طول پارگی گسل است.
- پراکندگی زلزله‌های اول نشانگر پارگی تقریباً حدود ۳۰۰ کیلومتری است
- در امتداد طول پارگی به طور متوسط باید ۳ الی ۴ متر جابجایی اتفاق افتاده باشد.
- در میان پس لرزه‌ها، چند زلزله با بزرگای حدود ۶ وجود دارد!

پس لرزه‌های زلزله اول

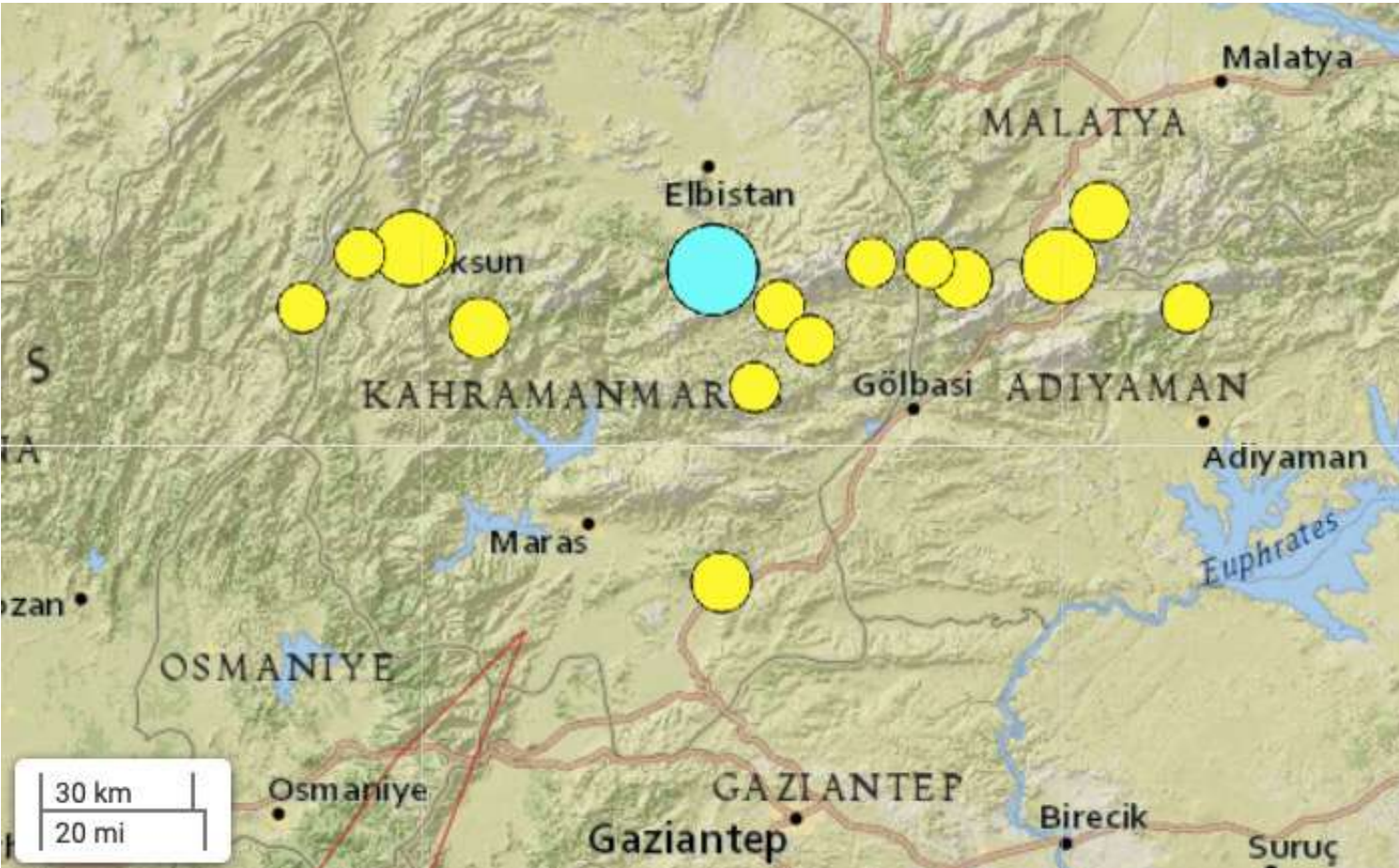
- چرا پس لرزه داریم؟
- پراکندگی اولیه پس لرزه‌ها به نحوی در ارتباط با طول پارگی گسل است.
- پراکندگی زلزله‌های اول نشانگر پارگی تقریباً حدود ۳۰۰ کیلومتری است
- در امتداد طول پارگی به طور متوسط باید ۳ الی ۴ متر جابجایی اتفاق افتاده باشد.
- در میان پس لرزه‌ها، چند زلزله با بزرگای حدود ۶ وجود دارد!
- زلزله ۶.۵ ثانیه طول کشید!

پس لرزه‌ها تا ۹ ساعت بعد از زلزله اول

چرا زلزله دوم پس لرزه دوم نیست!

- زلزله دوم دارای بزرگای تقریبا یکسانی با زلزله اول است و نمی تواند بر روی همان صفحه گسل اولیه اتفاق افتاده باشد.

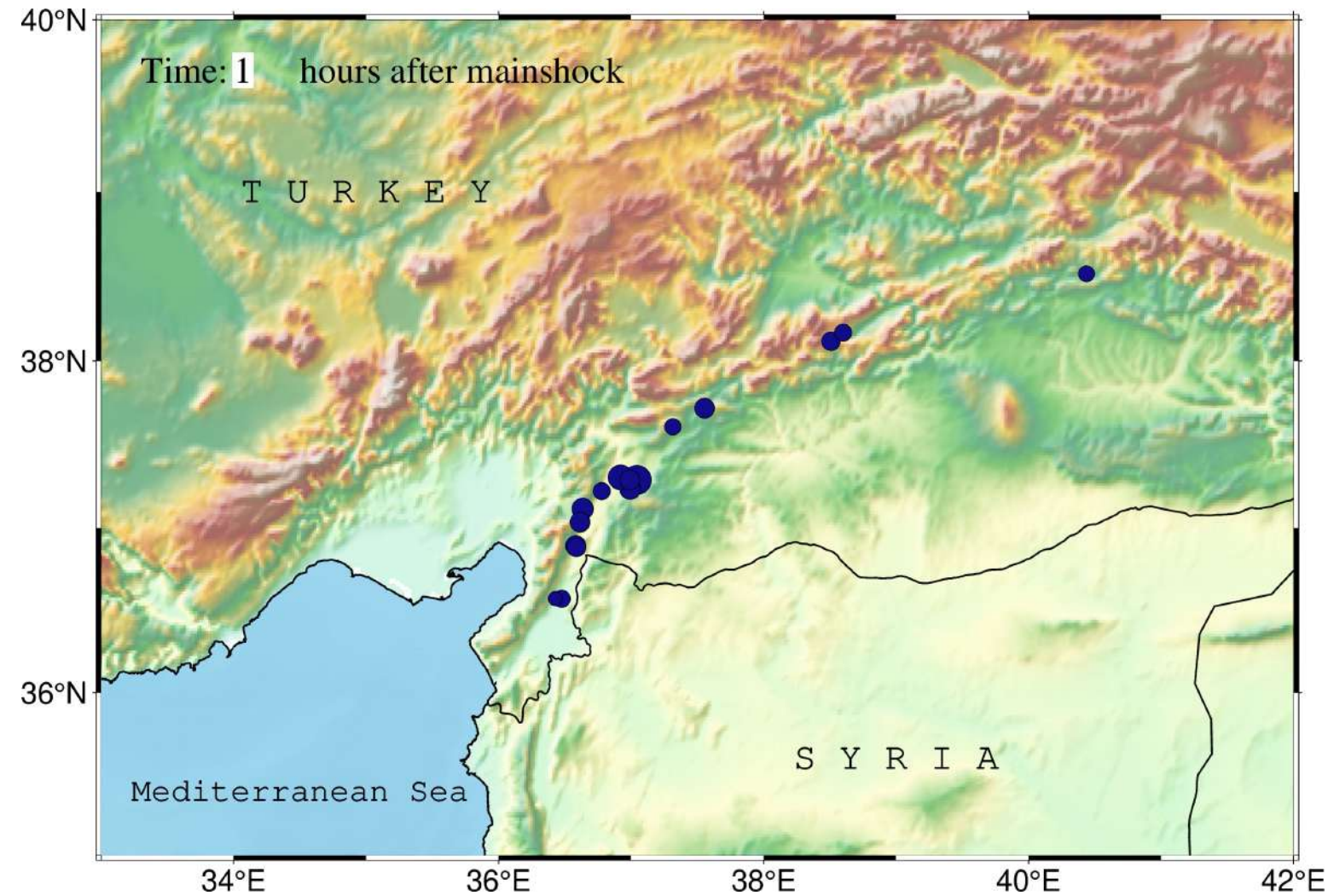
- زلزله دوم بر روی یک گسل دیگر که تقریبا شرقی-غربی است، اتفاق افتاده است.



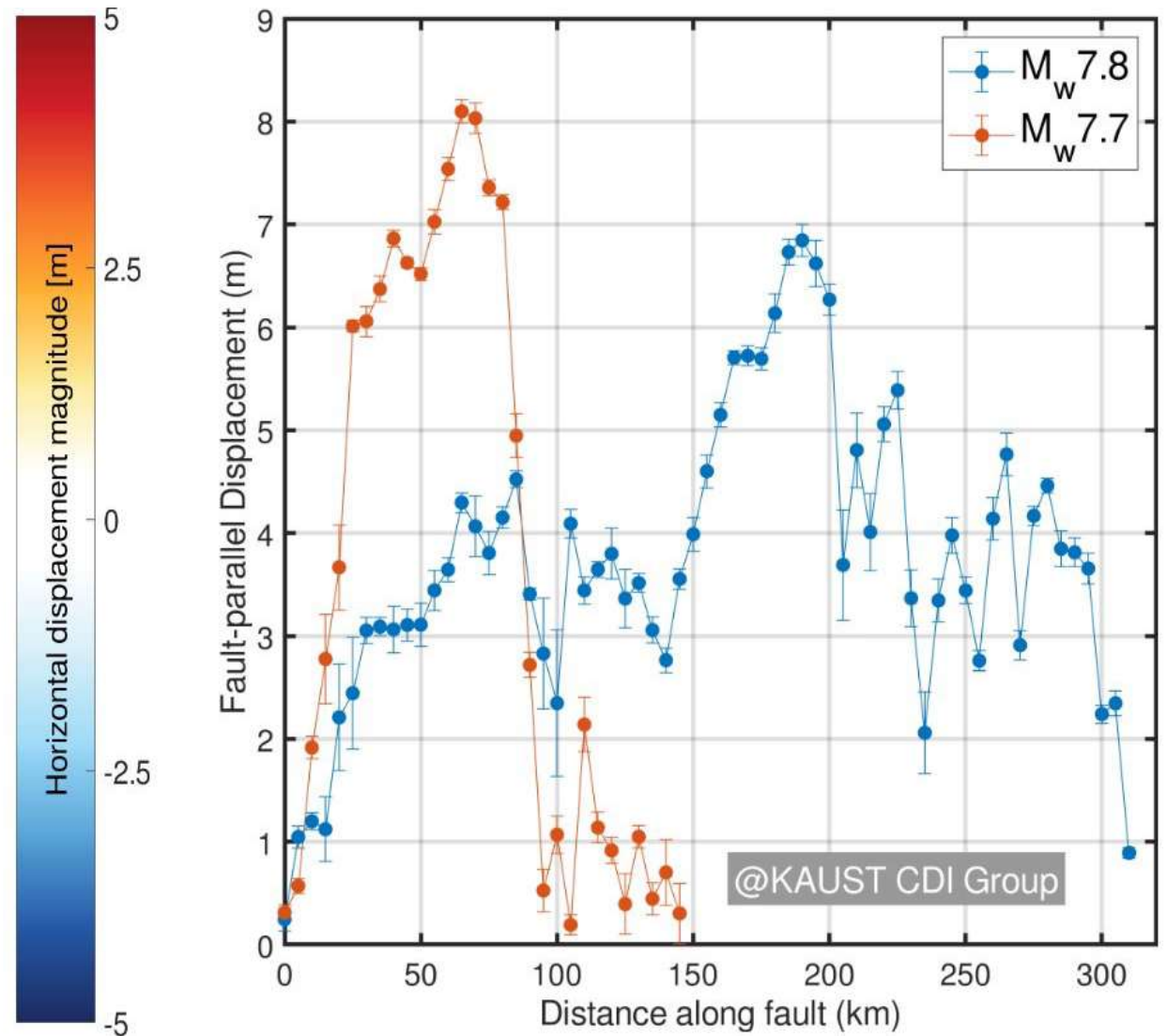
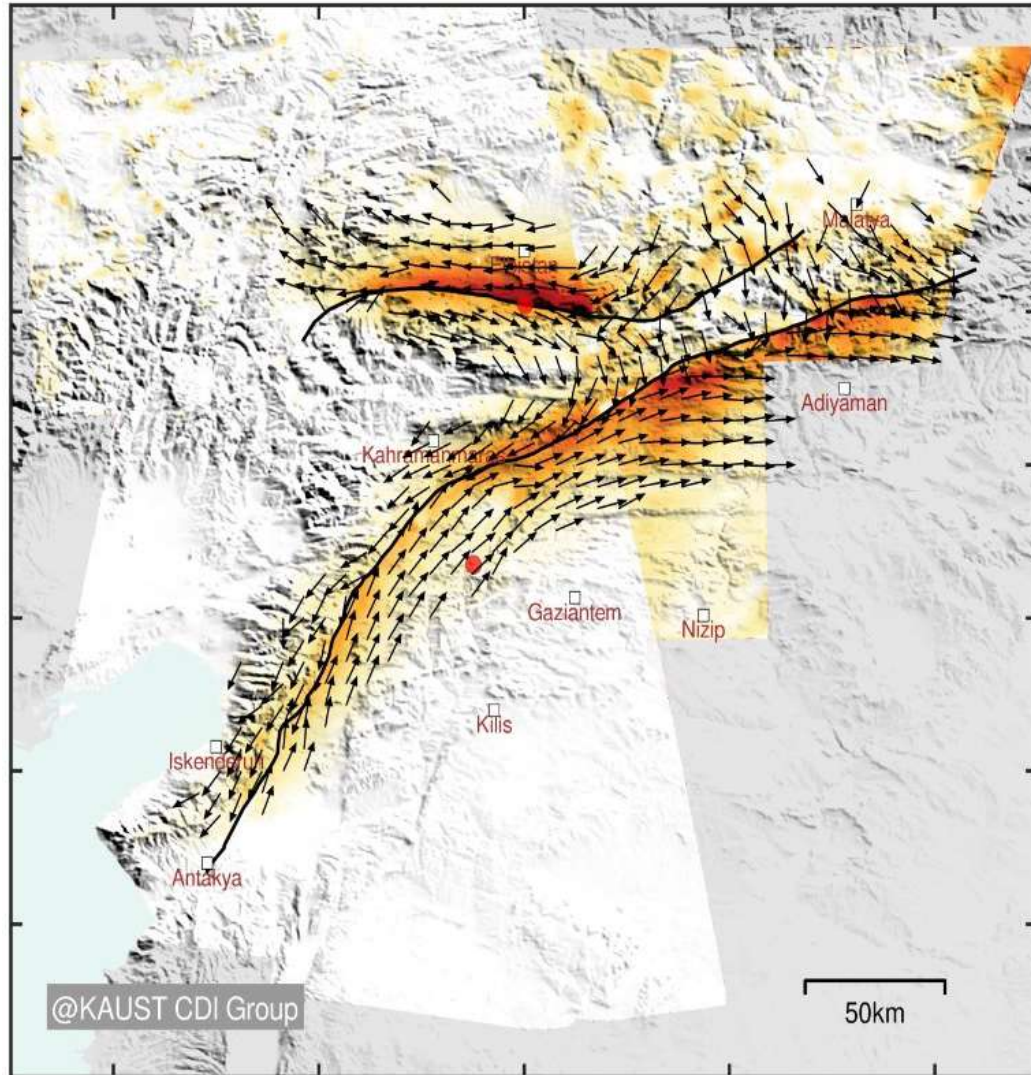
پس لرزه‌ها تا ۲ ساعت بعد از زلزله دوم

چرا زلزله دوم پس لرزه دوم نیست!

- زلزله دوم دارای بزرگای تقریبا یکسانی با زلزله اول است و نمی تواند بر روی همان صفحه گسل اولیه اتفاق افتاده باشد.
- زلزله دوم بر روی یک گسل دیگر اتفاق افتاده است.



مقدار پارگی سطحی



@KAUST CDI Group

وسعت خرابی‌ها



February 8, 2023

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/150949/earthquake-damage-in-turkiye>

سؤال‌ها؟



- آیا زلزله‌ها گپ زلزله‌ای را پر کرده‌اند
- آیا وقوع این زلزله‌های دوقلو طبیعی است؟
- چرا وسعت خرابی‌ها بسیار زیاد است!
- آیا وسعت زیاد خرابی‌ها به خاطر عدم رعایت حریم گسل بوده یا بخاطر عدم رعایت اثر ساختگاه و یا عدم رعایت کدهای ساخت و ساز؟

سؤال‌ها؟

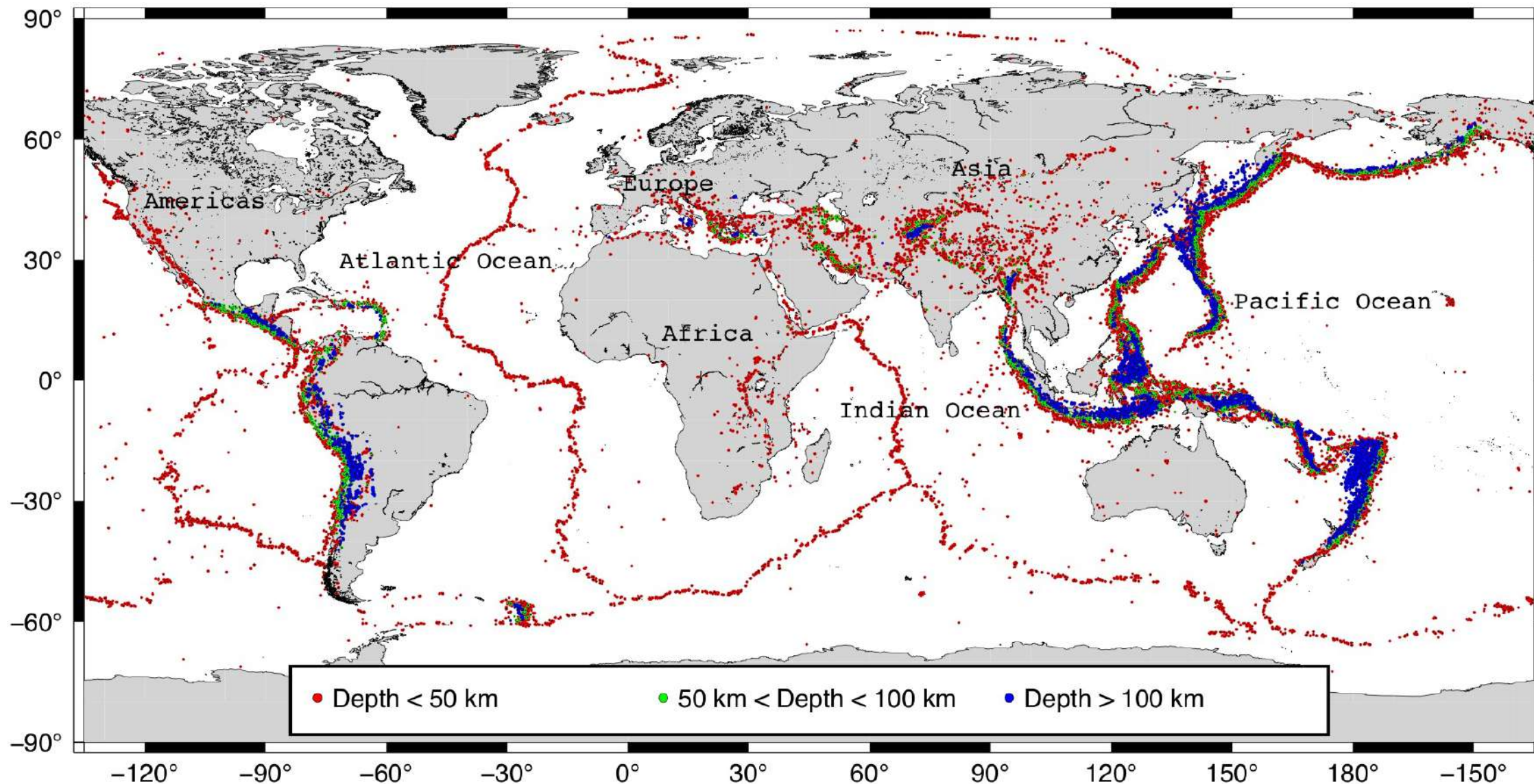


- آیا وقوع این زلزله‌های دوقلو طبیعی است؟
- آیا زلزله‌ها گپ زلزله‌ای را پر کرده‌اند؟
- چرا وسعت خرابی‌ها بسیار زیاد است!
- آیا وسعت زیاد خرابی‌ها به خاطر عدم رعایت حریم گسل بوده یا بخاطر عدم رعایت اثر ساختگاه و یا عدم رعایت کدهای ساخت و ساز؟

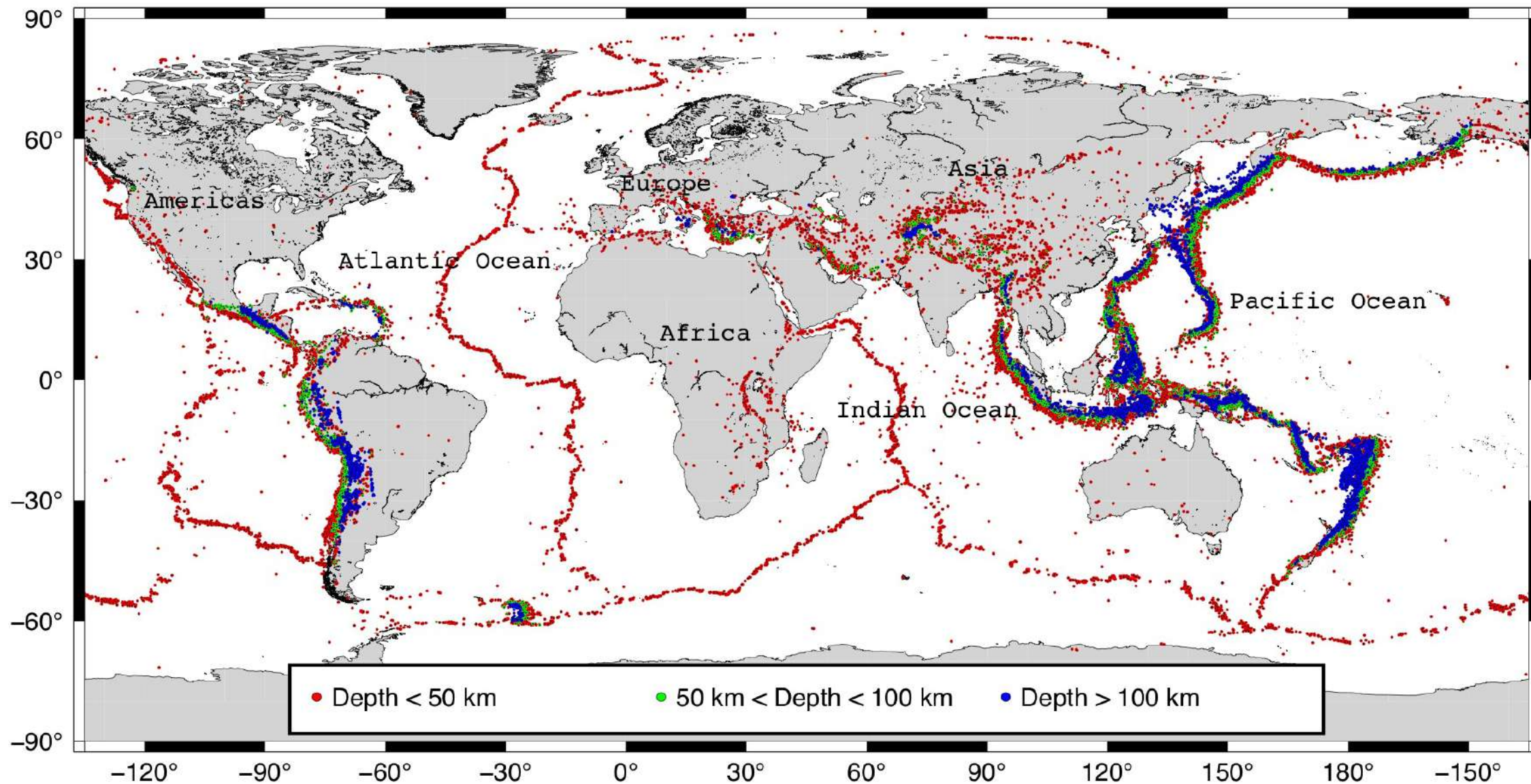
آیا زلزله‌های دوقلوی ترکیه طبیعی است؟

- بله کاملاً طبیعی هستند تنها گمان بر این بود که بزرگای زلزله‌ای که تولید می‌کند حدود ۷ است و دارای دوره بازگشت بیشتری است (در آینده دورتری اتفاق می‌افتد!)
- ما می‌دانستیم باید در امتداد گسل آناتولی شرقی زلزله‌های بزرگ بوقوع بپیوندد فقط نمی‌دانستیم دقیقاً کی این زلزله‌ها بوقوع می‌پیوندد و آیا دو زلزله با هم می‌آیند و یا بطور جداگانه؟
- ولی ژئوفیزیکدانان و زمین‌شناسان از کجا می‌دانند باید در یک مکان زلزله بیاید و در مکانی دیگر امکان وقوع زلزله وجود ندارد؟
- تئوری تکتونیک صفحه‌ای نحوه تشکیل زلزله‌ها را به نحو بسیار خوبی توضیح می‌دهد و شاه‌کلید اصلی در فهم پدیده زلزله است.

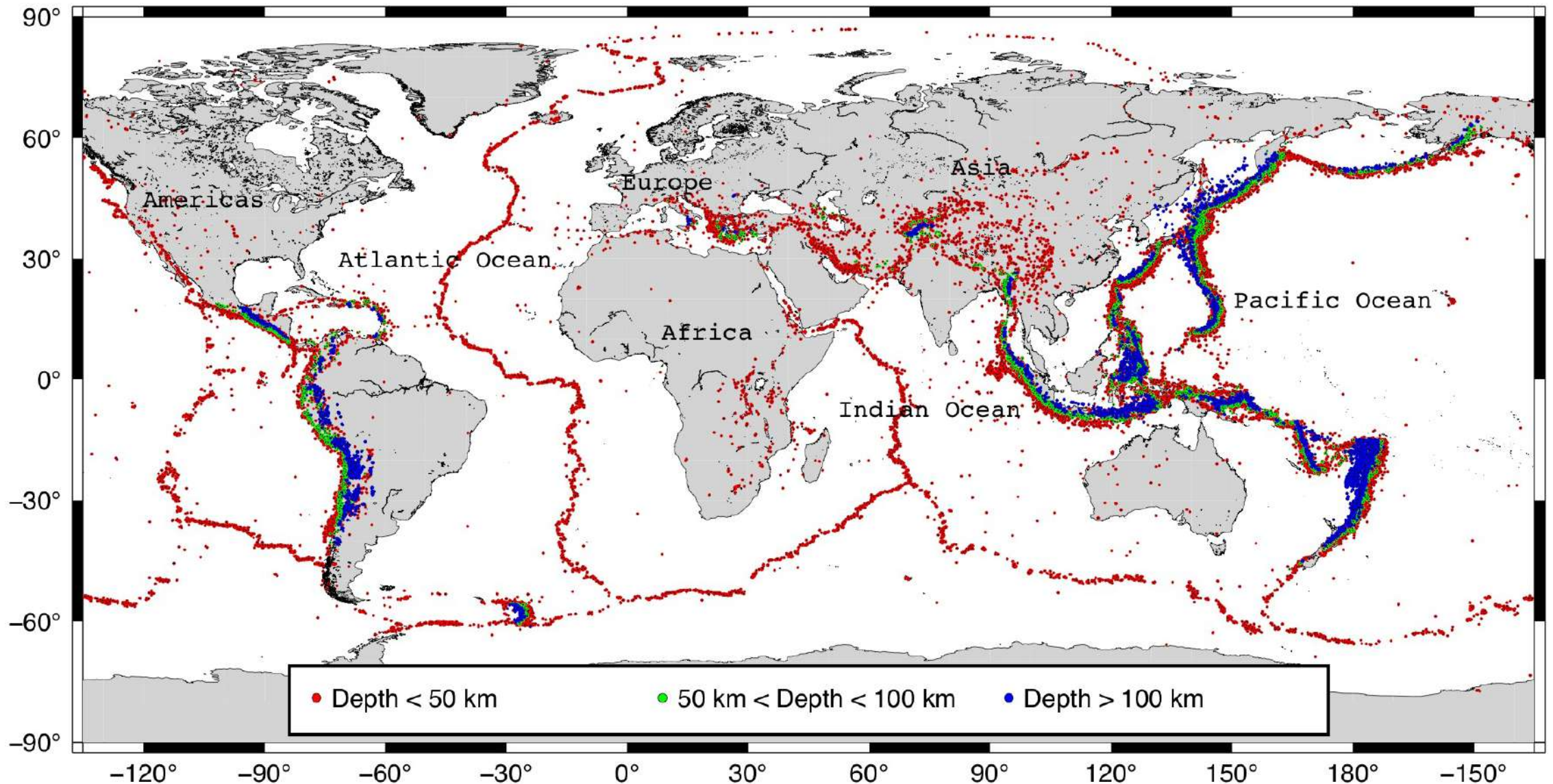
کمربندهای زلزله خیزی (۱۹۹۰-۲۰۰۰)



کمربندهای زلزله خیزی (۲۰۰۰-۲۰۱۰)

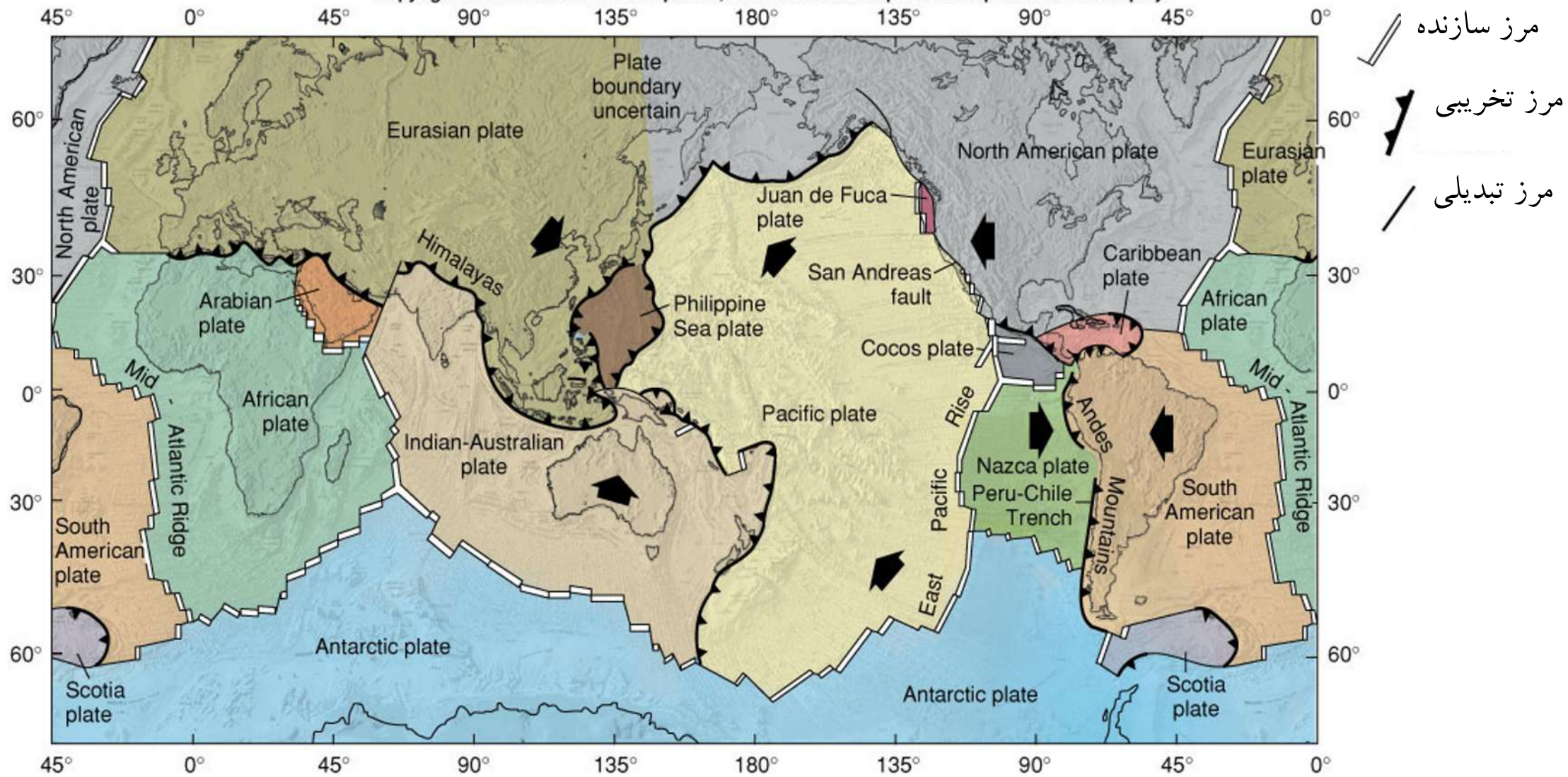


کمربندهای زلزله‌خیزی (۲۰۱۰-۲۰۲۰)

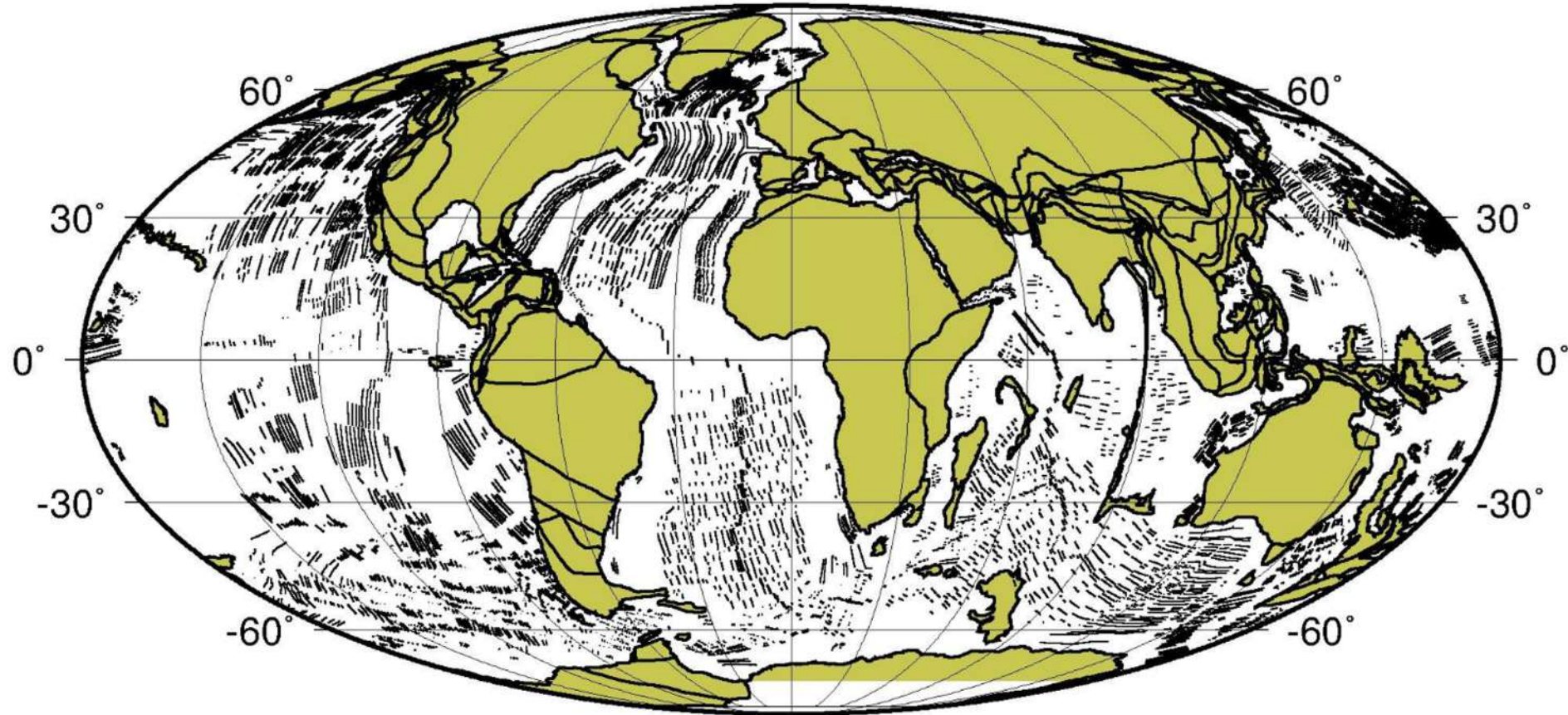


تکتونیک صفحه‌ای چه می‌گوید؟

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

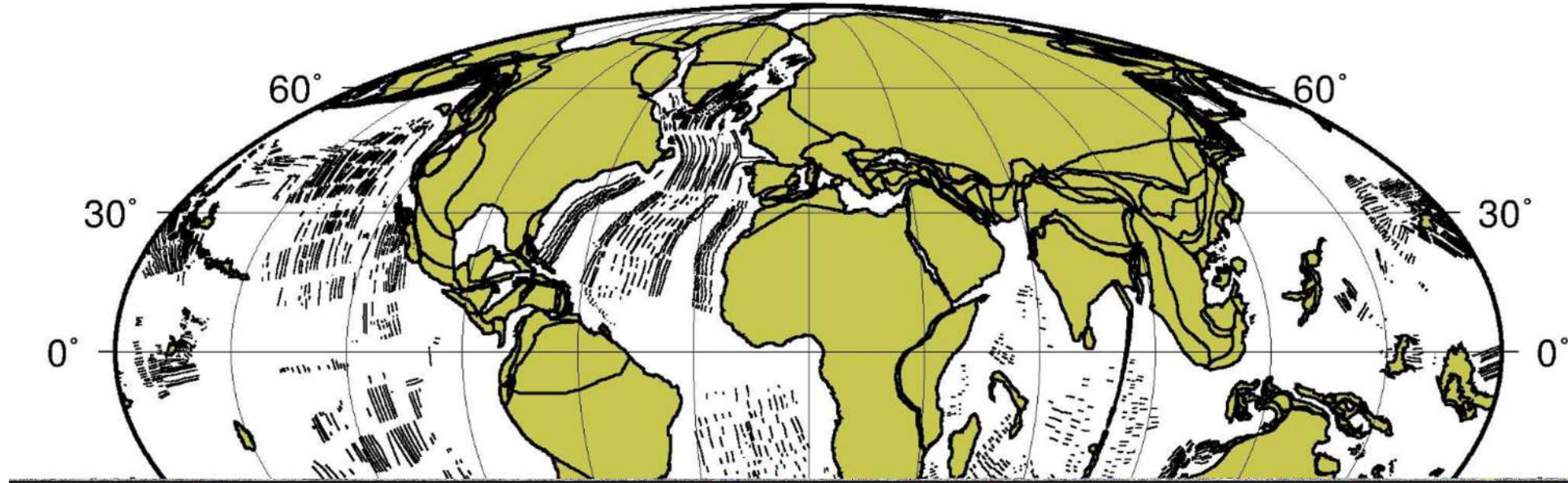


موقعیت امروزی قاره‌ها

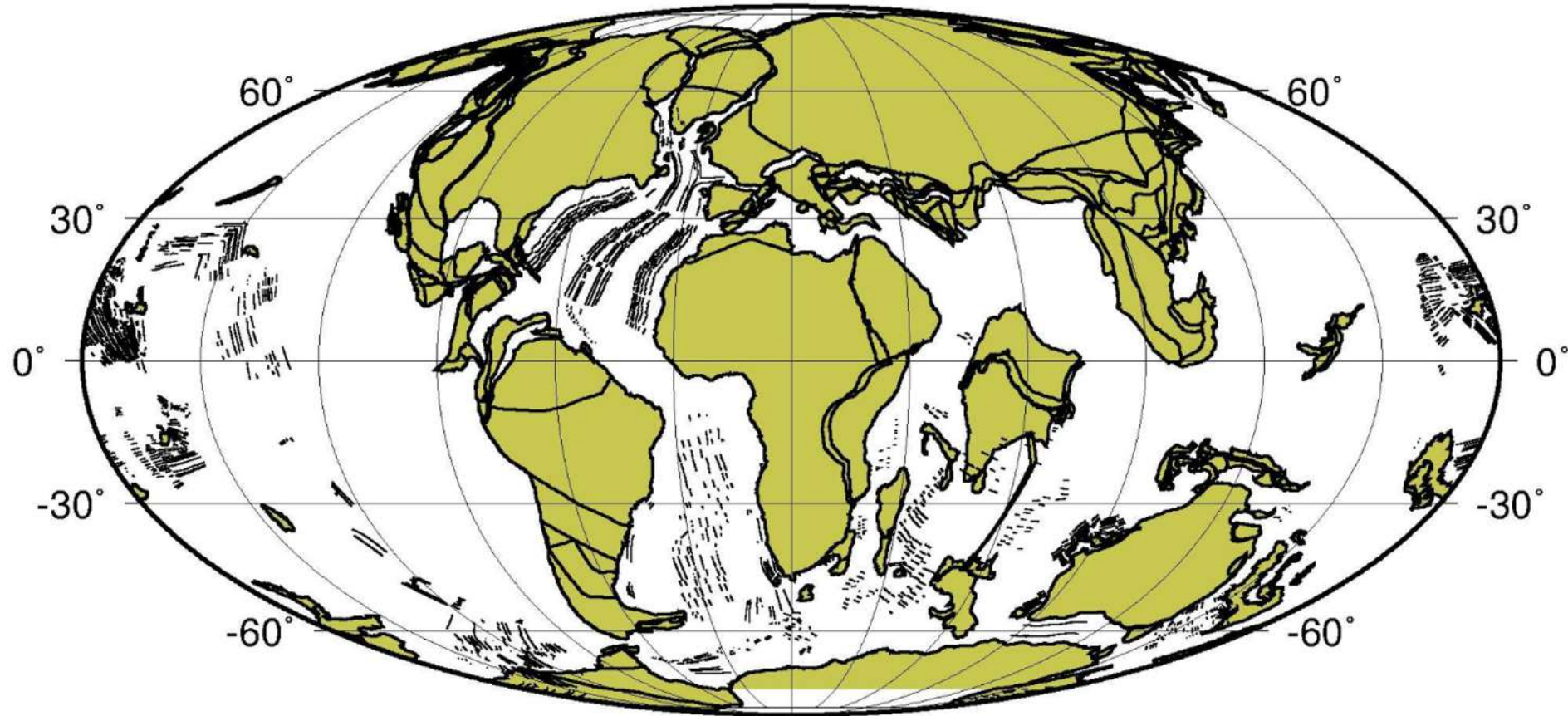


0 Ma Reconstruction

موقعیت قاره‌ها در ۲۰ میلیون سال گذشته

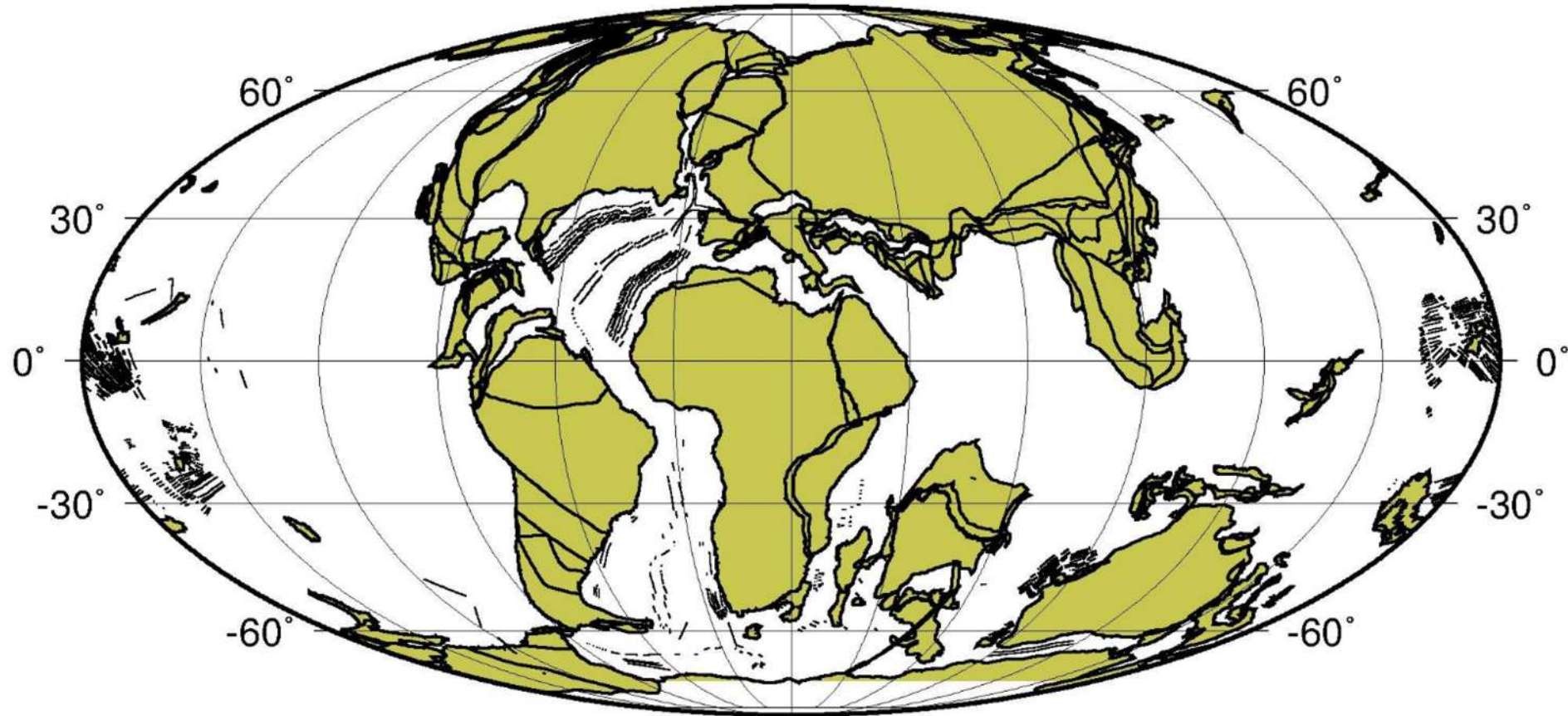


موقعیت قاره‌ها در ۶۰ میلیون سال گذشته



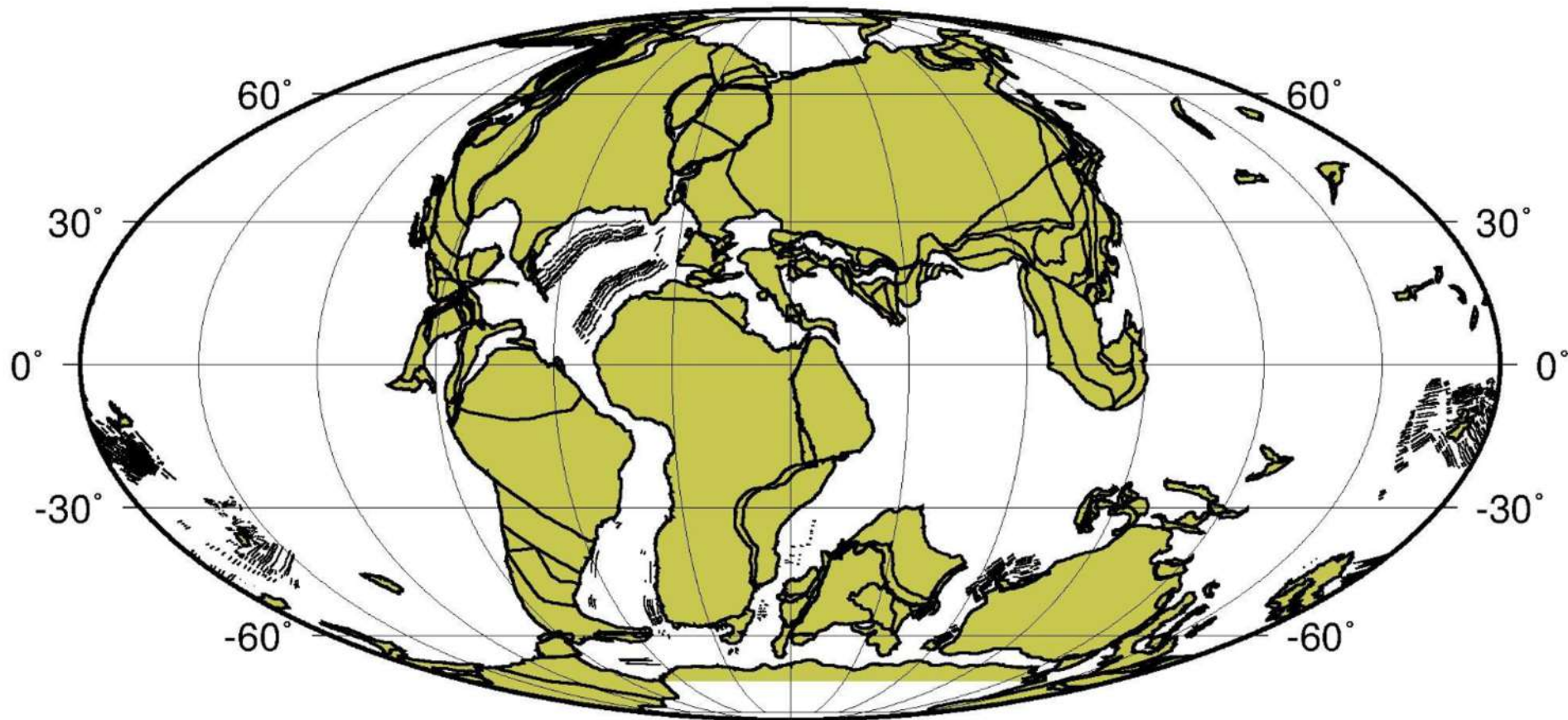
60 Ma Reconstruction

موقعیت قاره‌ها در ۸۰ میلیون سال گذشته



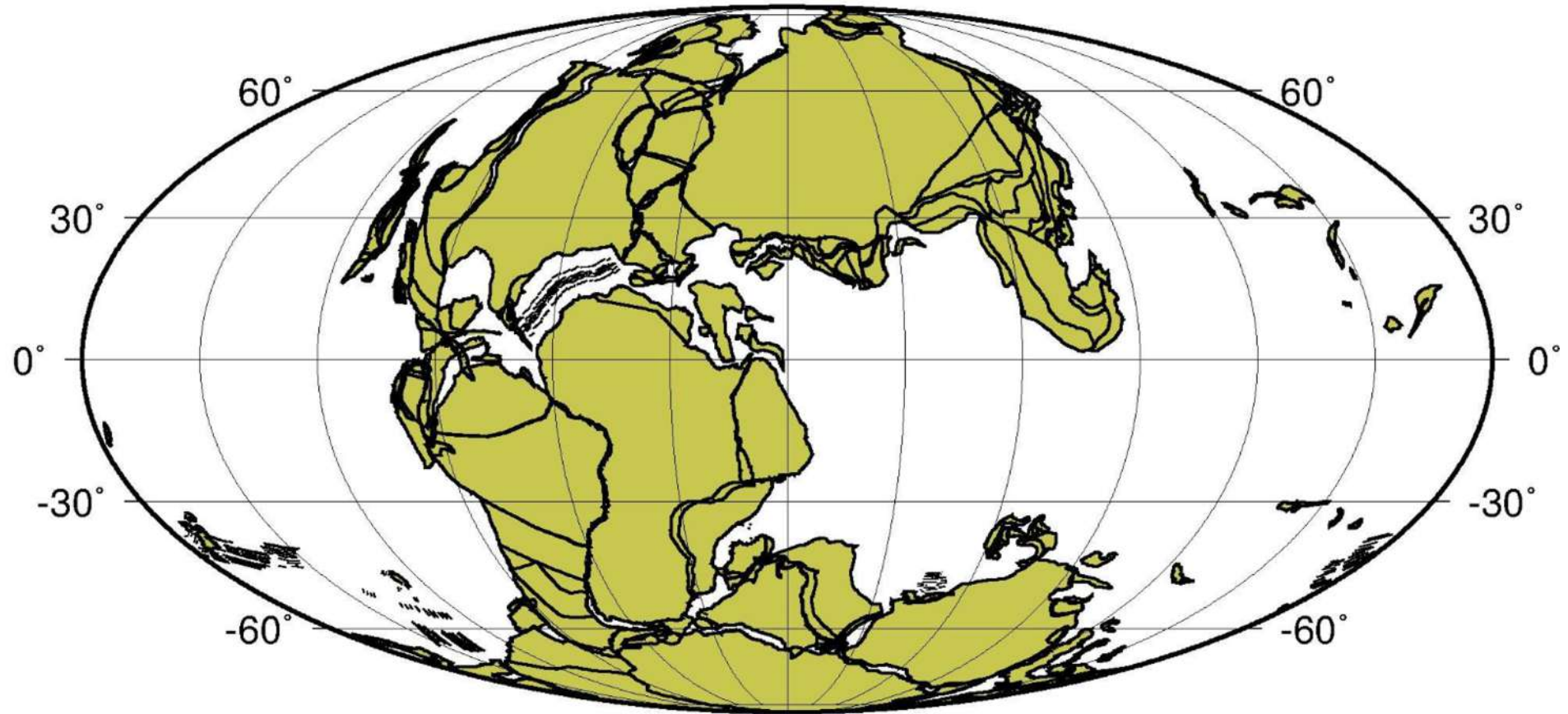
80 Ma Reconstruction

موقعیت قاره‌ها در ۱۰۰ میلیون سال گذشته



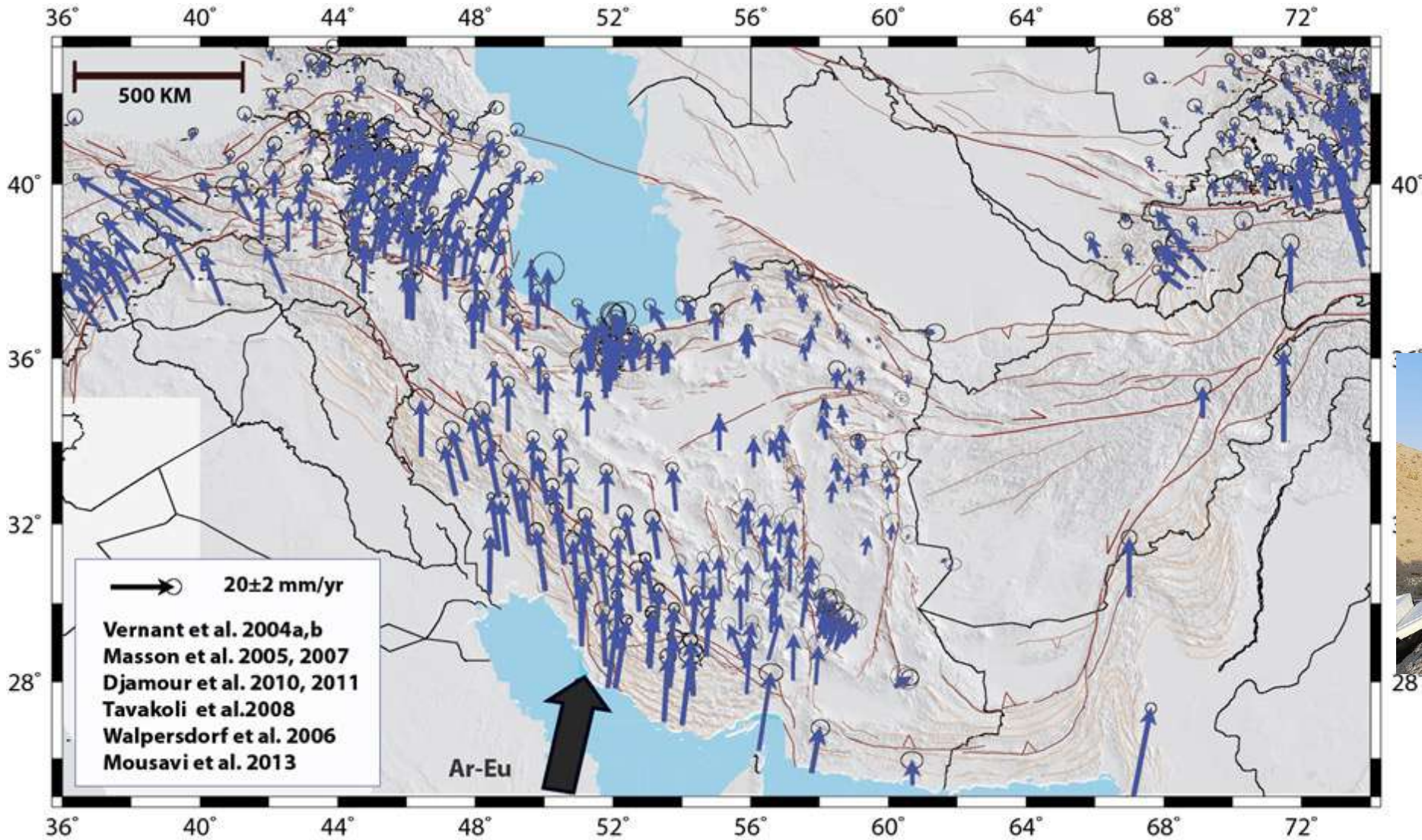
100 Ma Reconstruction

موقعیت قاره‌ها در ۱۴۰ میلیون سال گذشته

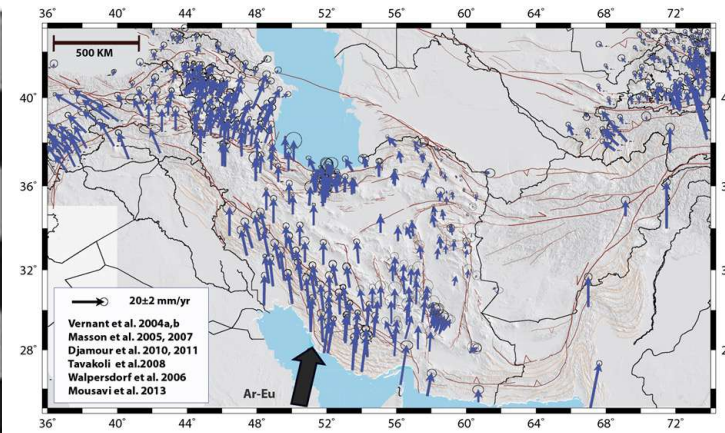
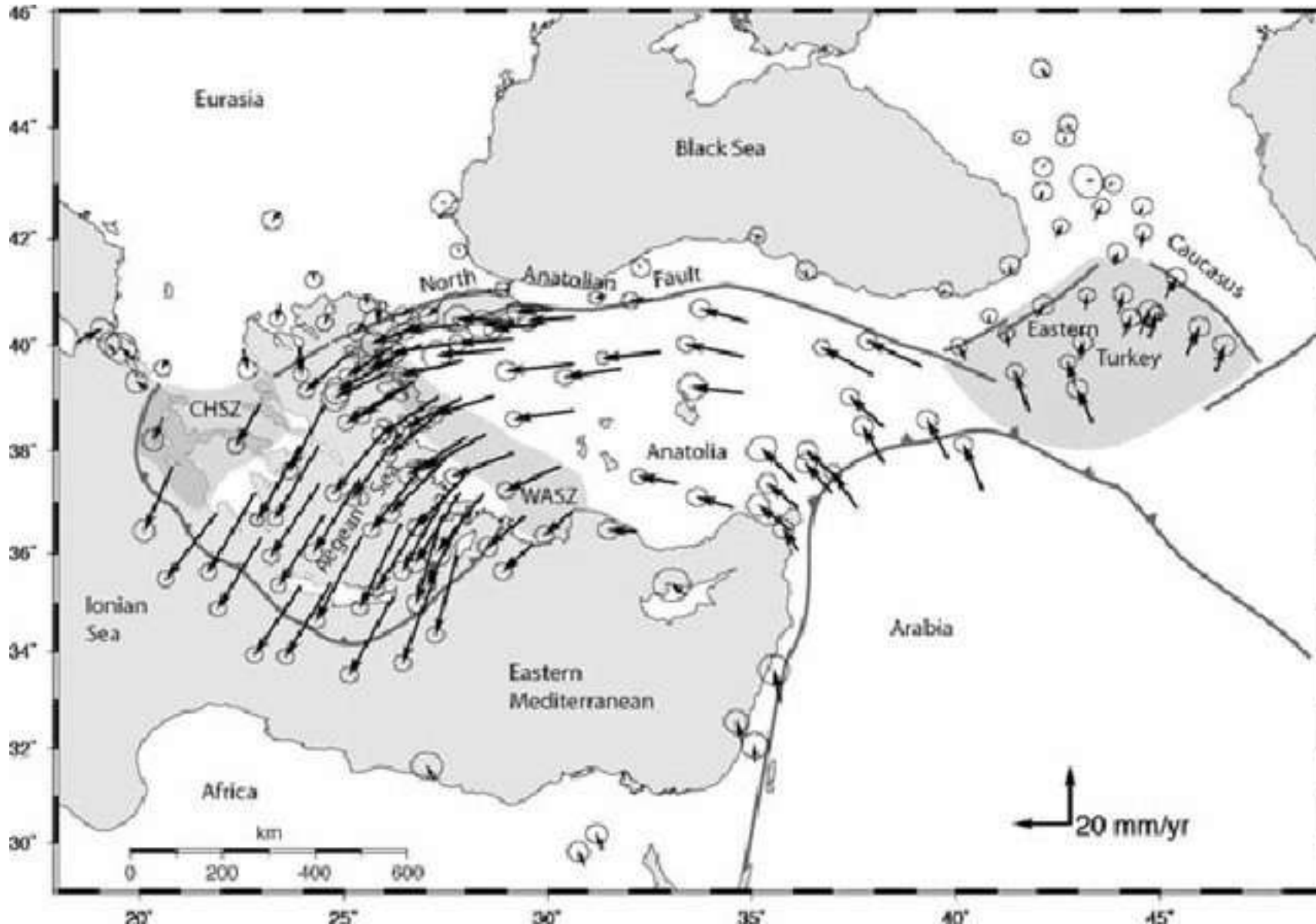


140 Ma Reconstruction

تغییر شکل امروزی فلات ایران



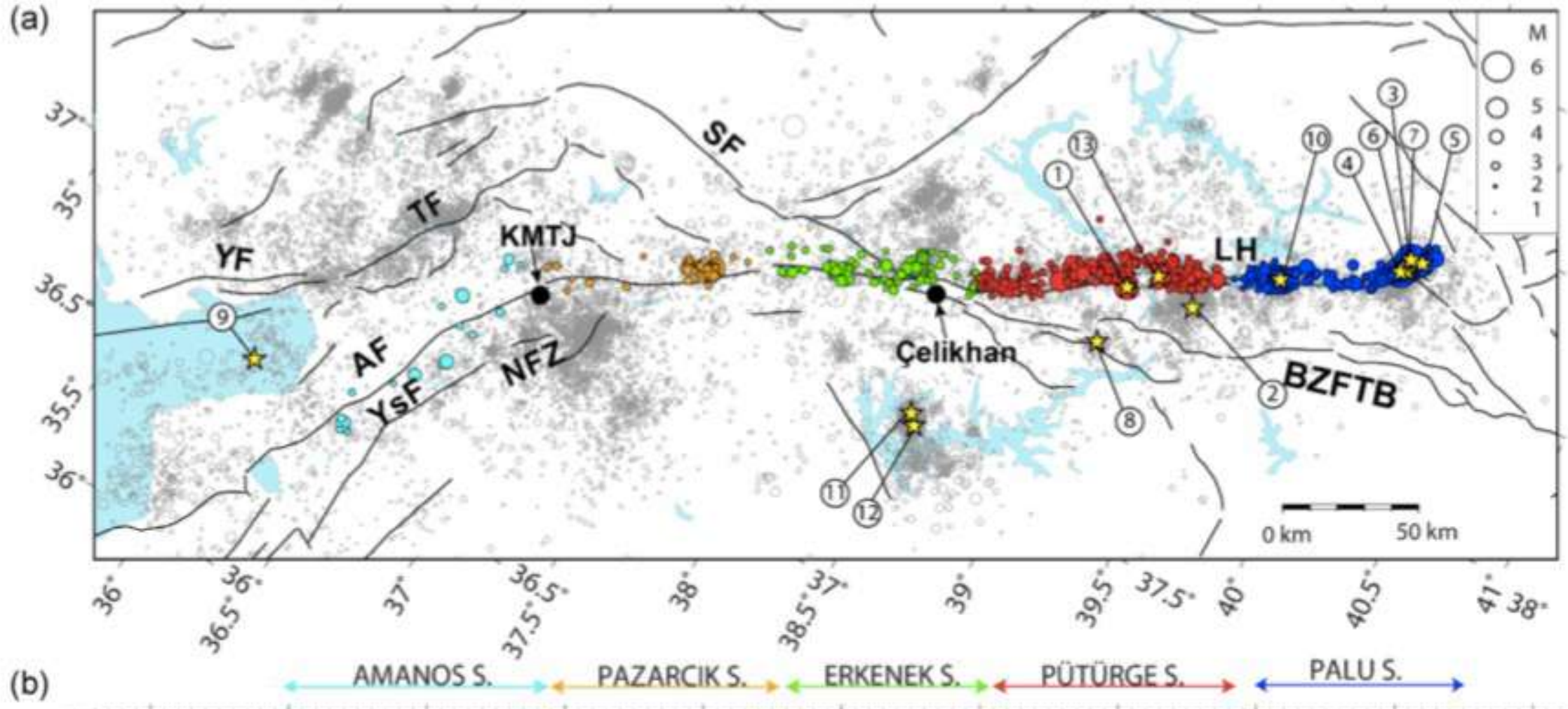
تغیر شکل امروزی فلات ترکیه



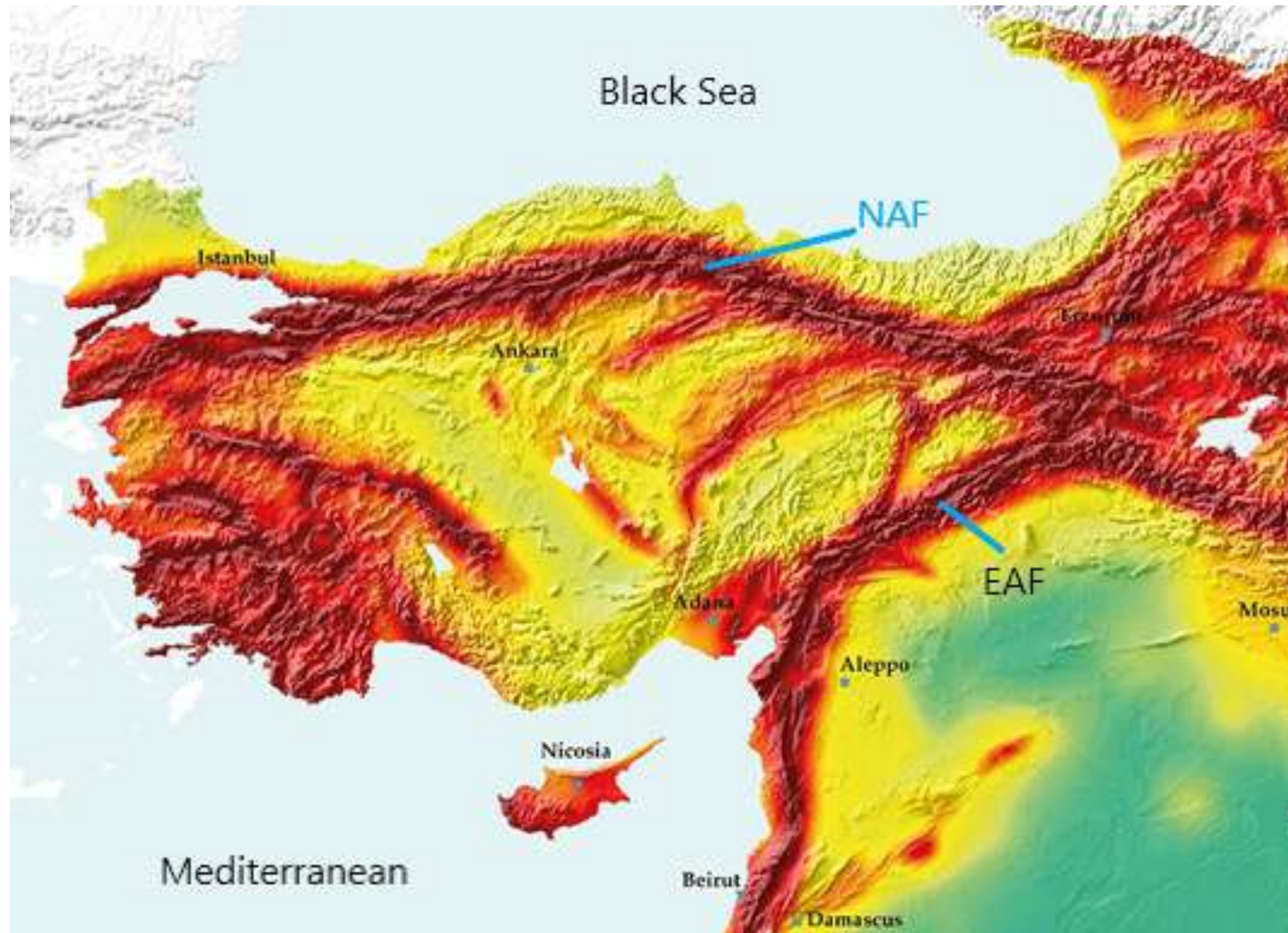
آیا زلزله‌ها گپ زلزله‌ای را پر کرده‌اند؟



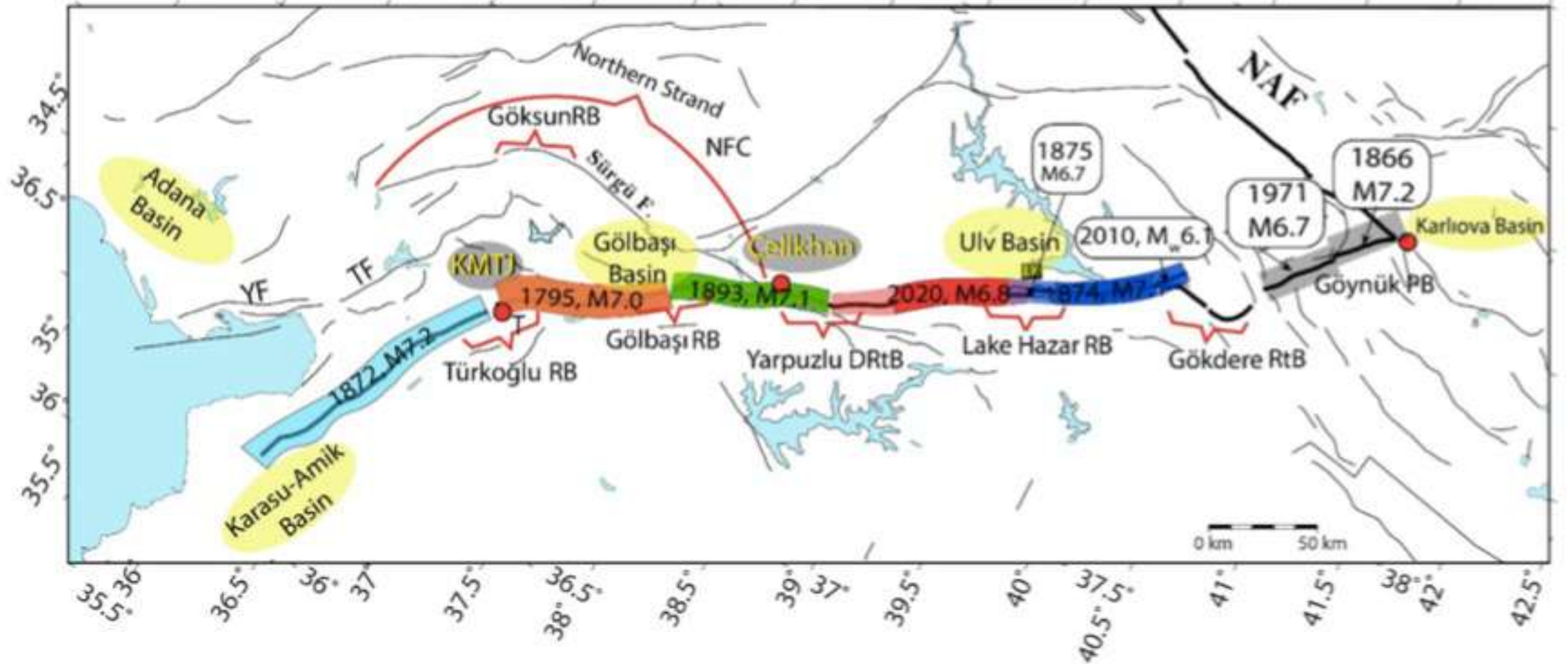
آیا زلزله‌ها گپ زلزله‌ای را پر کرده‌اند؟



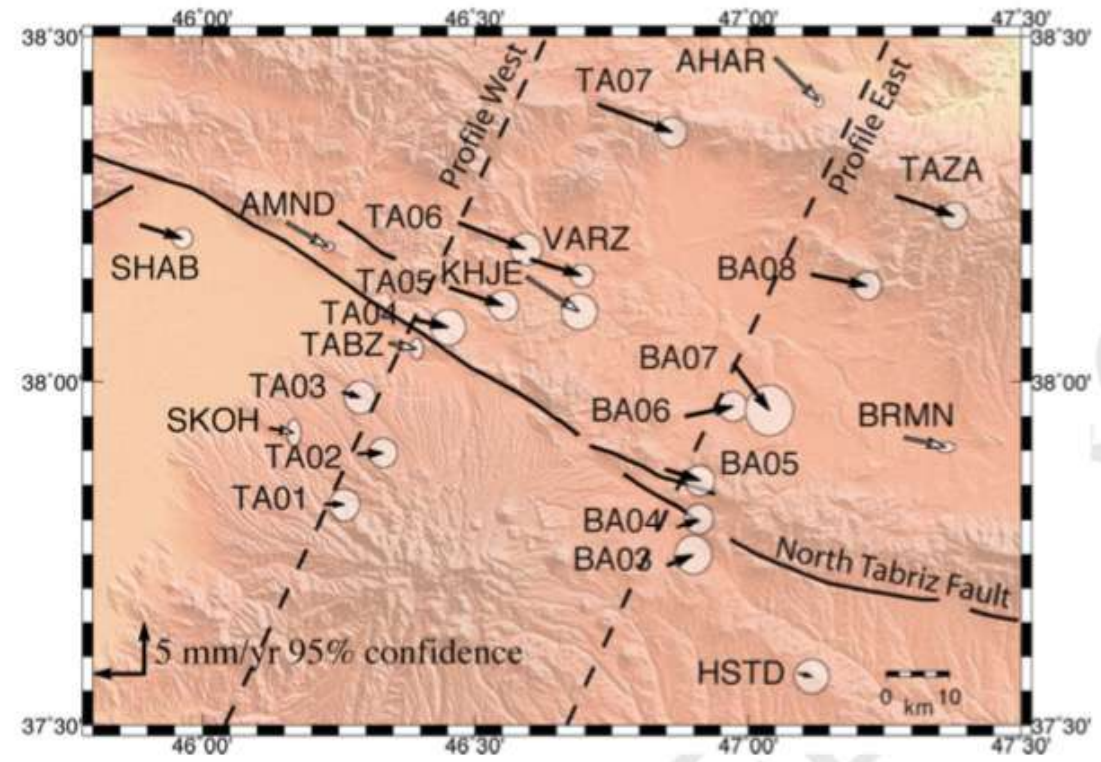
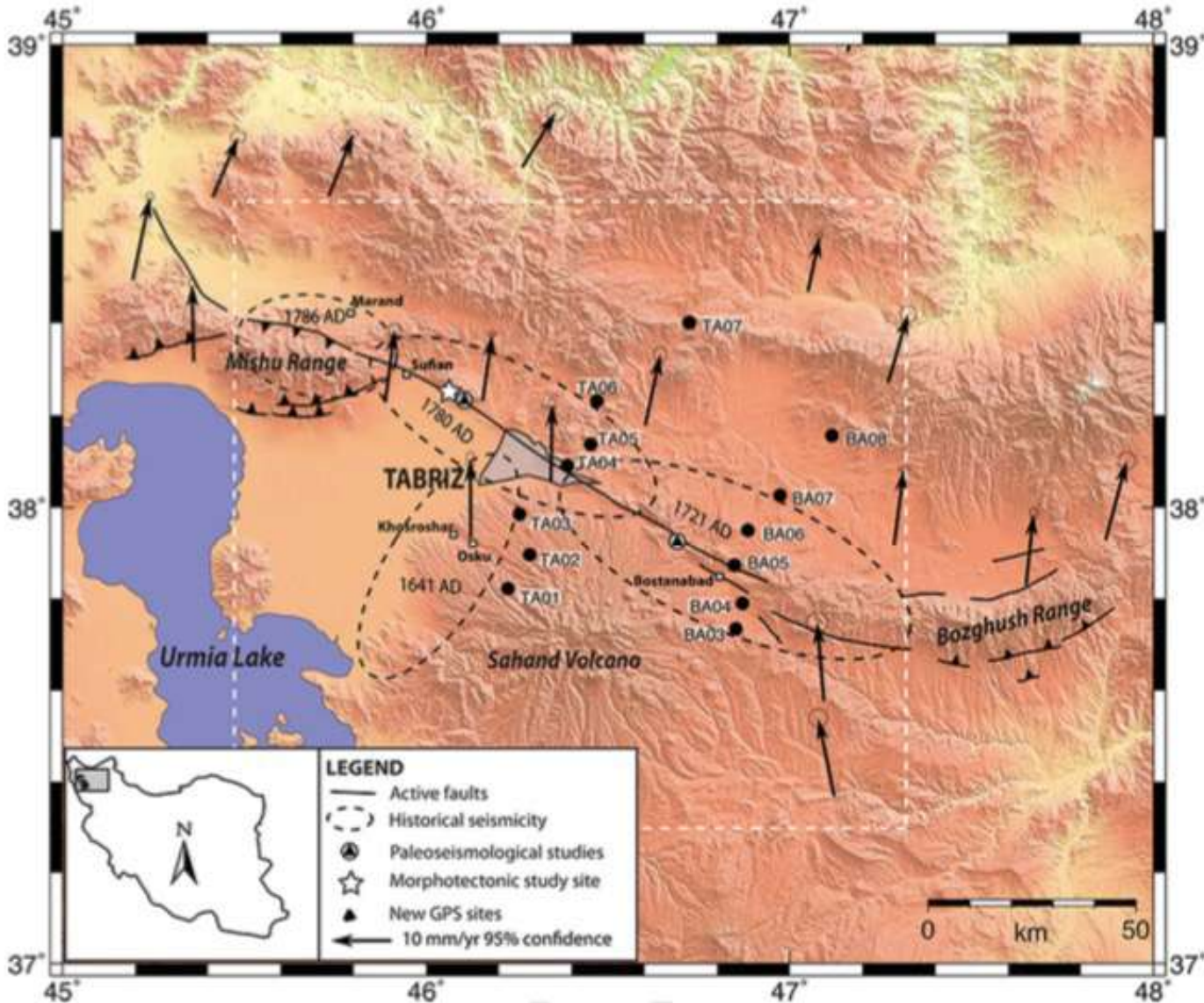
نقشه‌های خطر زلزله ترکیه



دوره بازگشت زلزله‌ها: چرا زلزله‌ها زودتر از زمان موعد آمدند!



گسل تبریز و دوره بازگشت زلزله‌های بزرگ

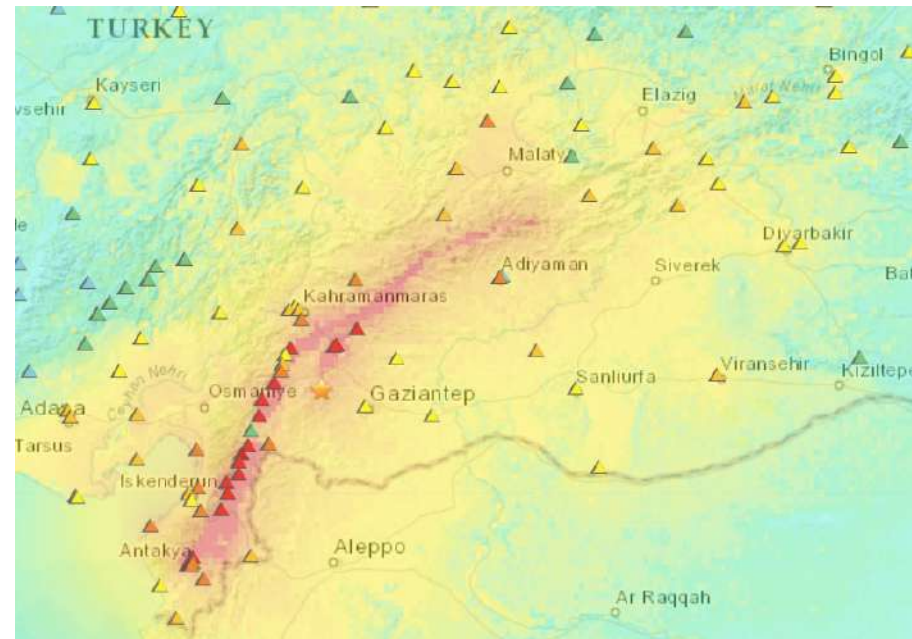
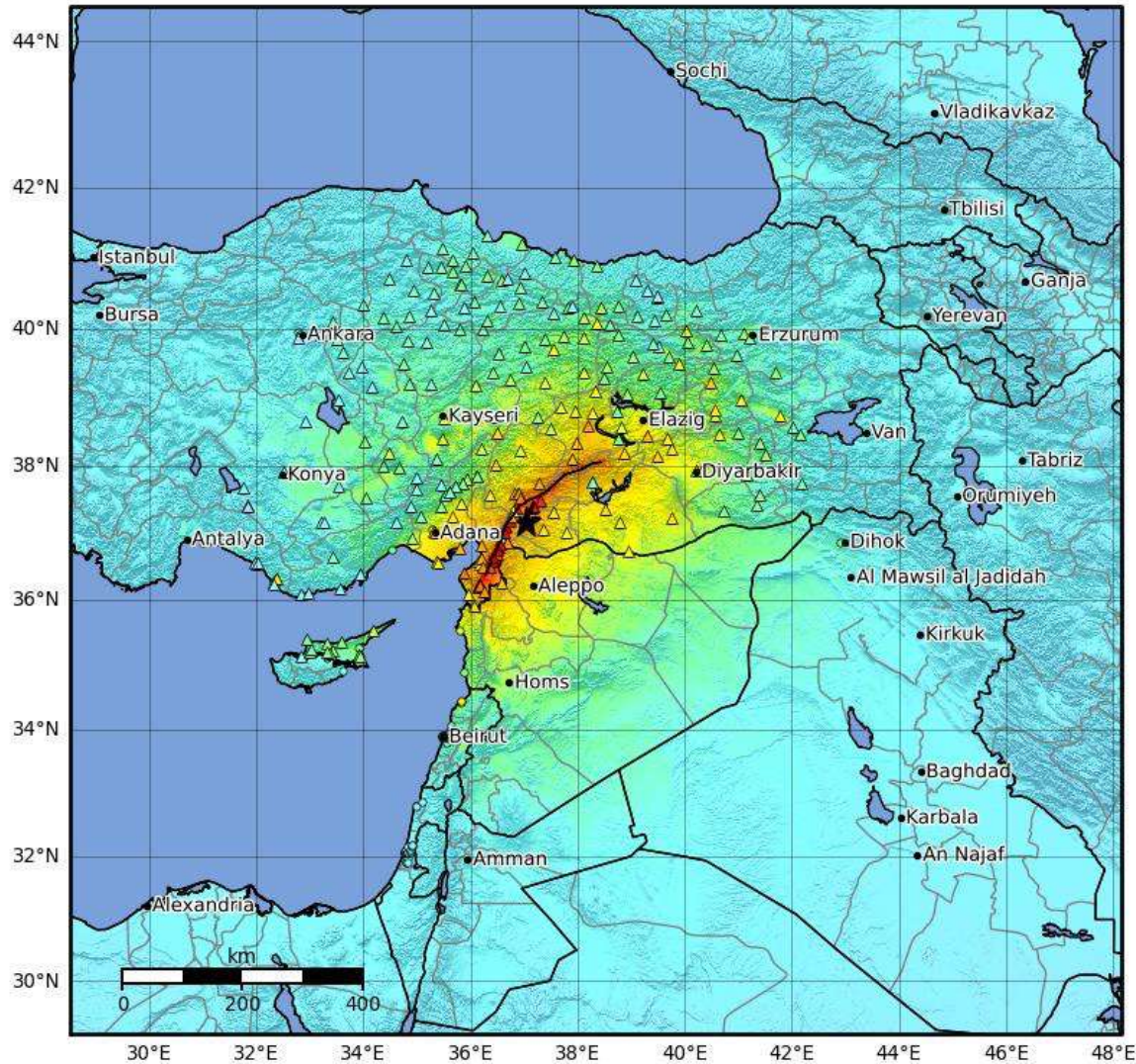


Rizza et al., 2013, GJI

Macroseismic Intensity Map USGS
 ShakeMap: 26 km E of Nurdağı, Gaziantep, TR
 Feb 06, 2023 01:17:35 UTC M7.8 N37.17 E37.03 Depth: 17.9km ID:us6000jllz

چرا خرابی‌های زلزله‌های دوقلوی ترکیه اینقدر زیاد است؟

- بیشترین دامنه شتاب افقی در ایستگاه شهر فوزی پاشا در اطراف گازیانتاپ بوده که برابر با ۱.۶ برابر شتاب جاذبه زمین بوده است!
- پارگی دو طرفه گسل
- عدم نظارت دقیق و معافی‌ها (خلافی‌ها)



SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very heavy
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based on Worden et al. (2012)

Version 8: Processed 2023-02-10T03:48:24Z

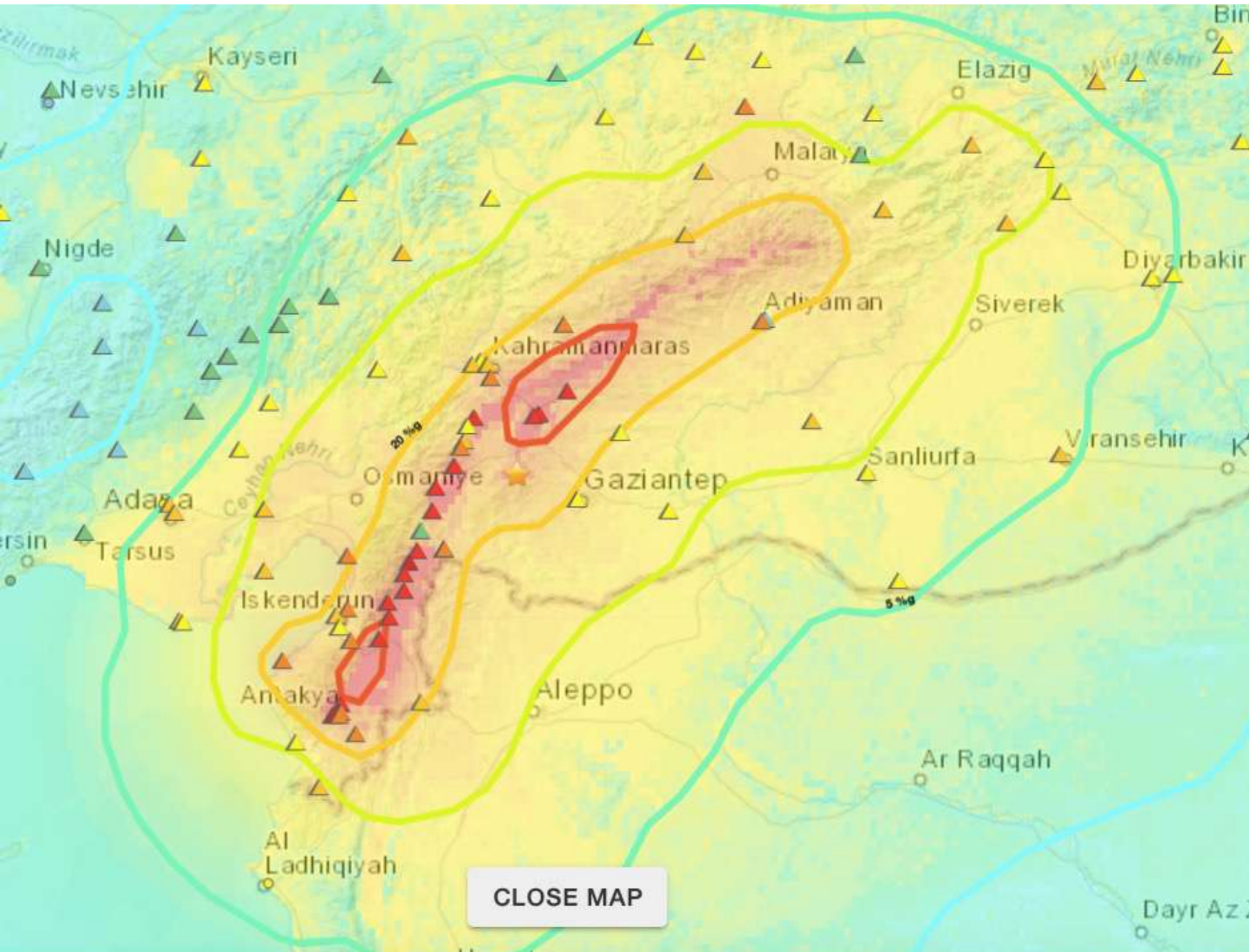
△ Seismic Instrument ○ Reported Intensity

★ Epicenter □ Rupture

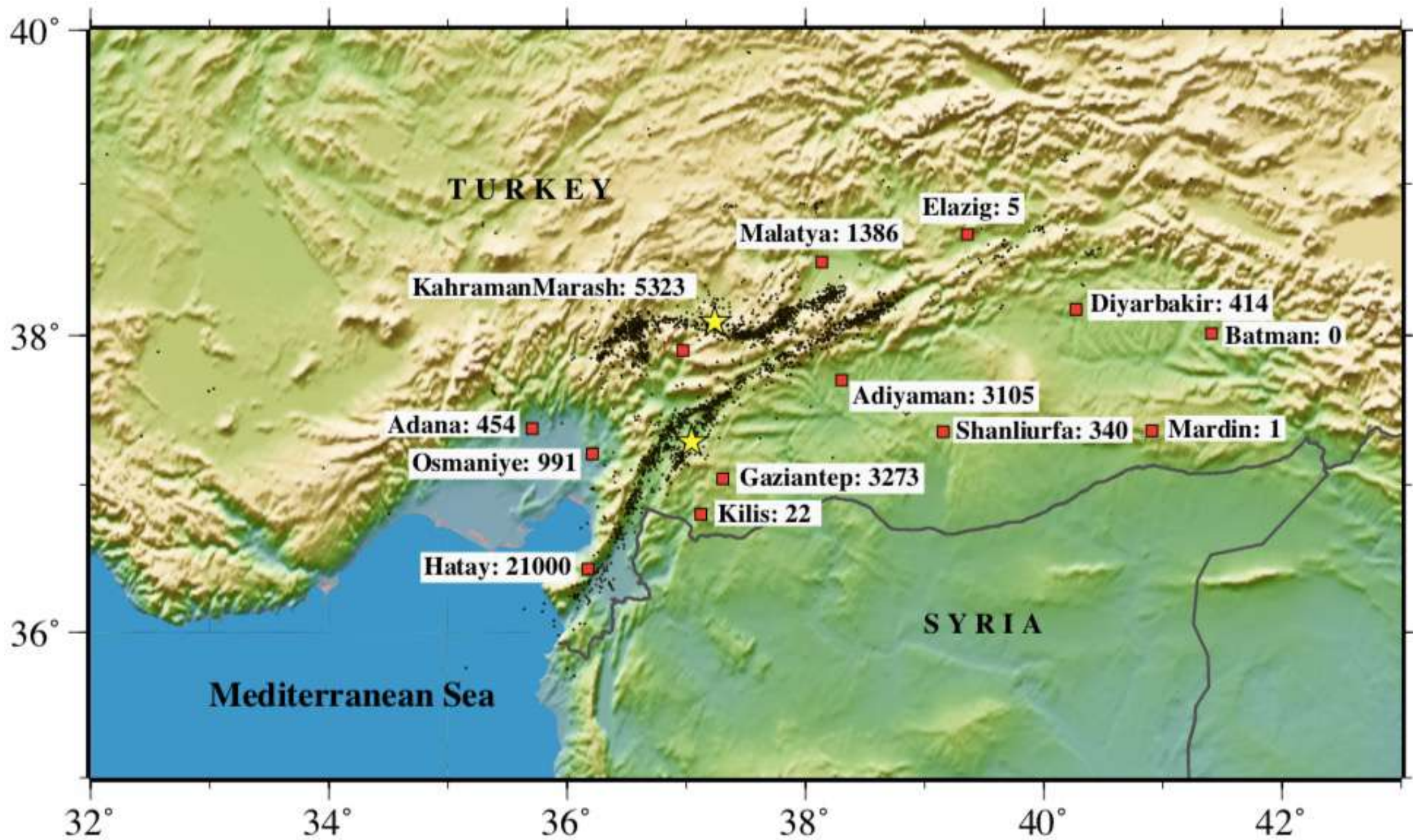
چرا خرابی‌های زلزله‌های

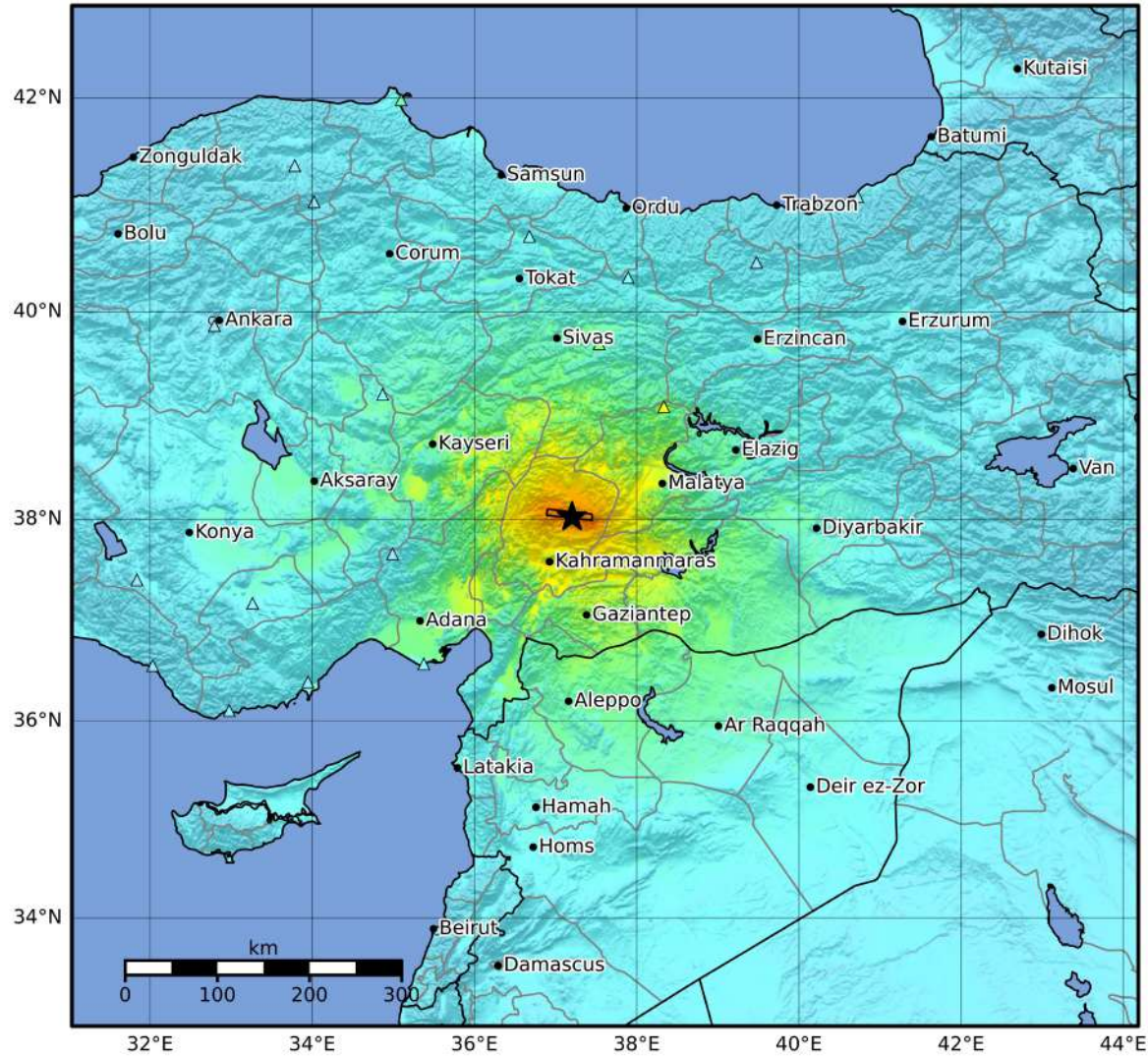
دوقلوی ترکیه اینقدر زیاد است؟

- گسل مسیب دارای طول ۳۵۰ کیلومتر است
- شبکه مترکم شتاب‌نگاری ترکیه
- بیشترین دامنه شتاب افقی در ایستگاه شهر فوزی پاشا بوده که برابر با ۱.۶ برابر شتاب جاذبه زمین بوده است!
- پارگی دو طرفه گسل و بیشترین تخریب در دو انتهای گسل
- شهرهای قهرمان ماراش، عثمانیه، هاتای، اسکندرون و آنتاکیا بیشترین شتاب را تجربه کرده‌اند.



پراکندگی جغرافیایی تلفات انسانی





SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very heavy
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based on Worden et al. (2012)

Version 6: Processed 2023-02-07T10:29:34Z

△ Seismic Instrument ○ Reported Intensity

★ Epicenter □ Rupture

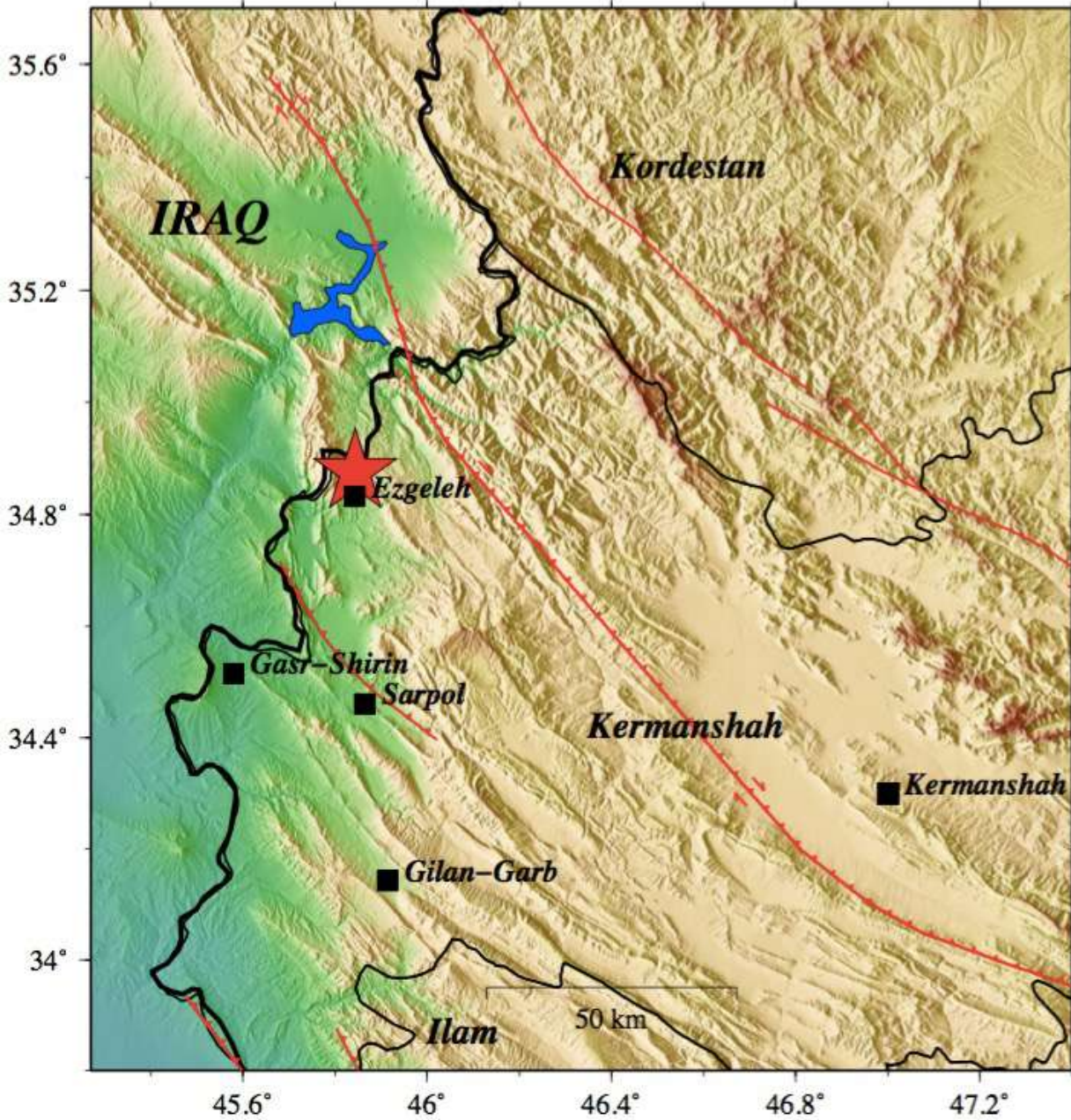
چرا خرابی‌های زلزله‌های دوقلوی ترکیه اینقدر زیاد است؟



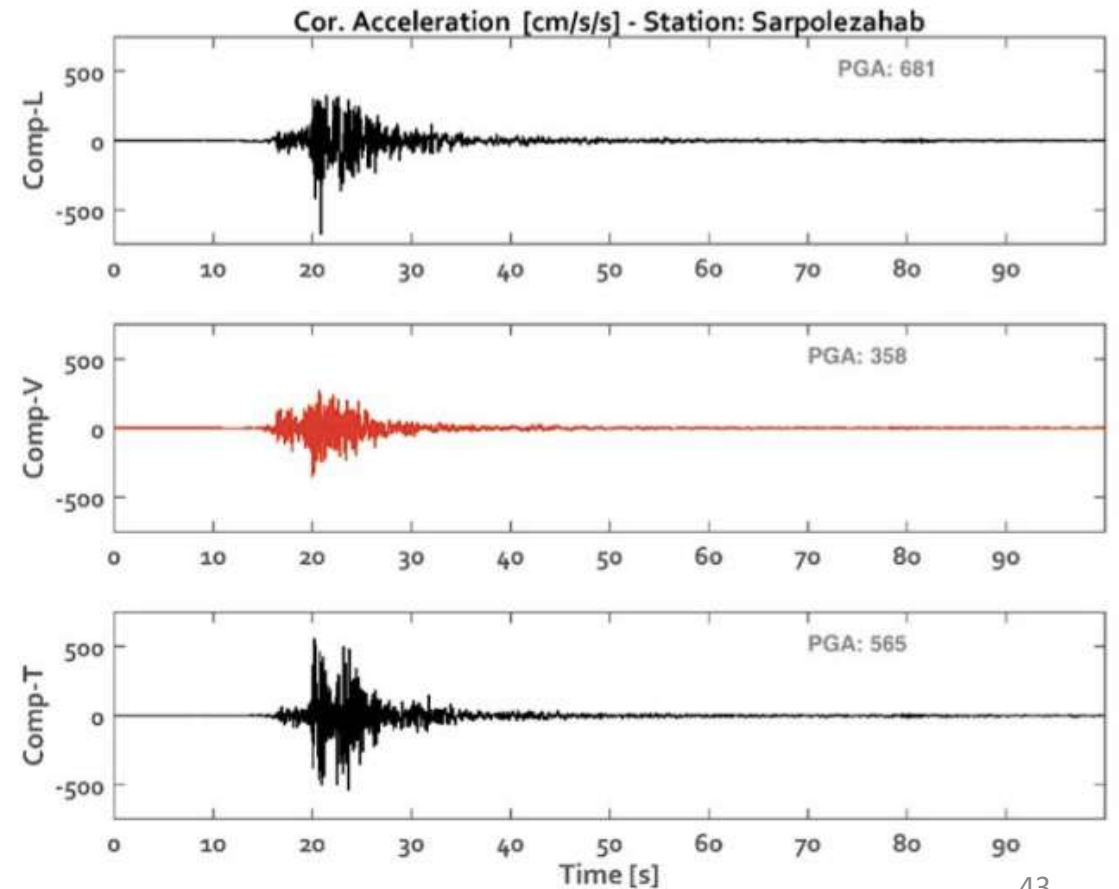


چرا خرابی‌های
زلزله‌های دوقلوی
ترکیه اینقدر زیاد
است؟

مقایسه زلزله دوقلوی ترکیه با زلزله سرپل ذهاب



بیشترین شتاب افقی (۰.۷) در سرپل ذهاب ثبت شد.



خرابی‌ها در سرپل ذهاب



- جمعیت سرپل ذهاب ۸۵ هزار نفر است.
- شهر سرپل ذهاب تقریباً بعد از جنگ ایران-عراق دوباره ساخته شده است.
- بیشترین تلفات زلزله در روستاهای اطراف شهر بوده است. در بعضی از روستاها به مانند روستای کوئیک بیش از ۶۰٪ جمعیت تلف شده‌اند.
- مقدار تخریب با دور شدن از سرپل ذهاب کمتر می‌شود و تعداد تلفات در ازگله، رومرکز زلزله تنها چند تن بیشتر نبوده است!
- قصرشیرین در ۳۰ کیلومتری غرب سرپل ذهاب خسارات زیادی ندیده است!

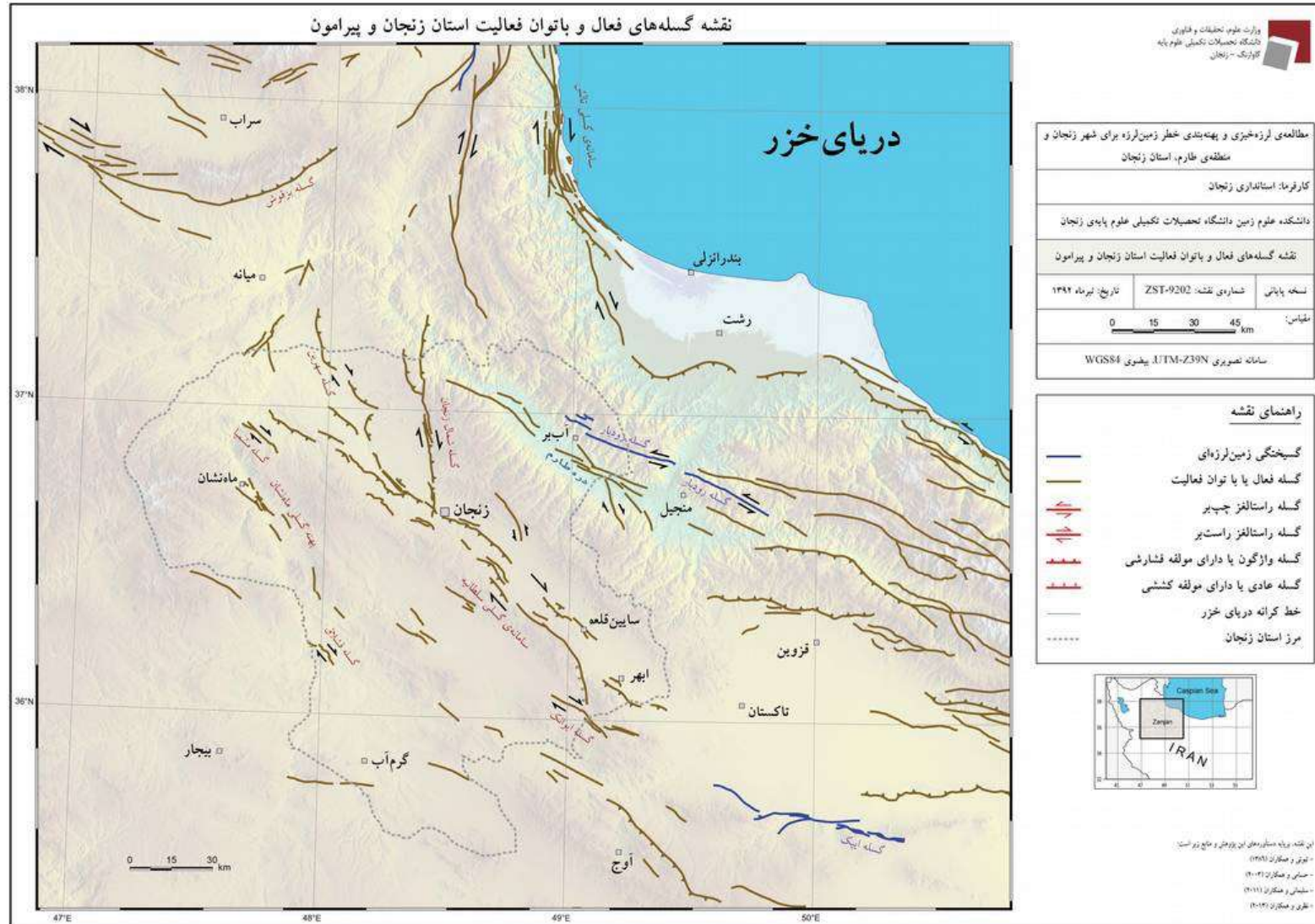
از زلزله‌های دوقلوی ترکیه چه می‌توانیم یاد بگیریم؟



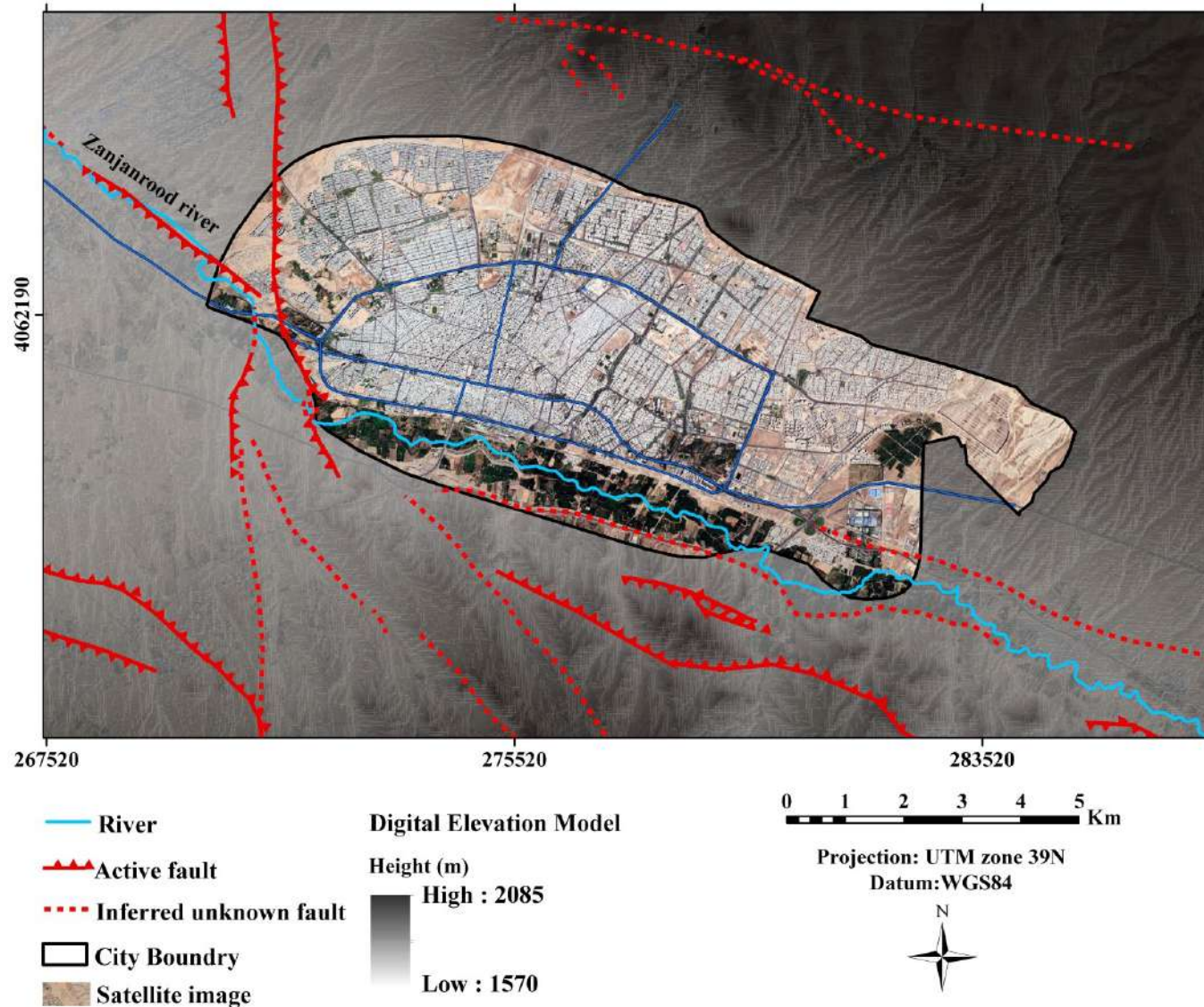
تخریب کامل یک ساختمان بلندمرتبه در قهرمان‌ماراش

- اهمیت داشتن شبکه متراکم و برخط در سنجش پیشینه شتاب
- ارزیابی دوباره بزرگای زلزله‌های تاریخی بر روی گسل‌های مهم ایران
- اهمیت داشتن قوانین درست در نحوه مدیریت بحران (عدم تحرک به موقع ارتش)
- اهمیت اجرای دقیق کدهای ساختمان و عدم ارائه معافیت‌ها (خلافی)
- آموزش و تجهیز نیروهای امداد برای نجات افراد از آوار ساختمان‌های بلند
- نظارت بیشتر و کیفیت بهتر نظارت‌ها در ساخت ساختمان‌ها بلندمرتبه

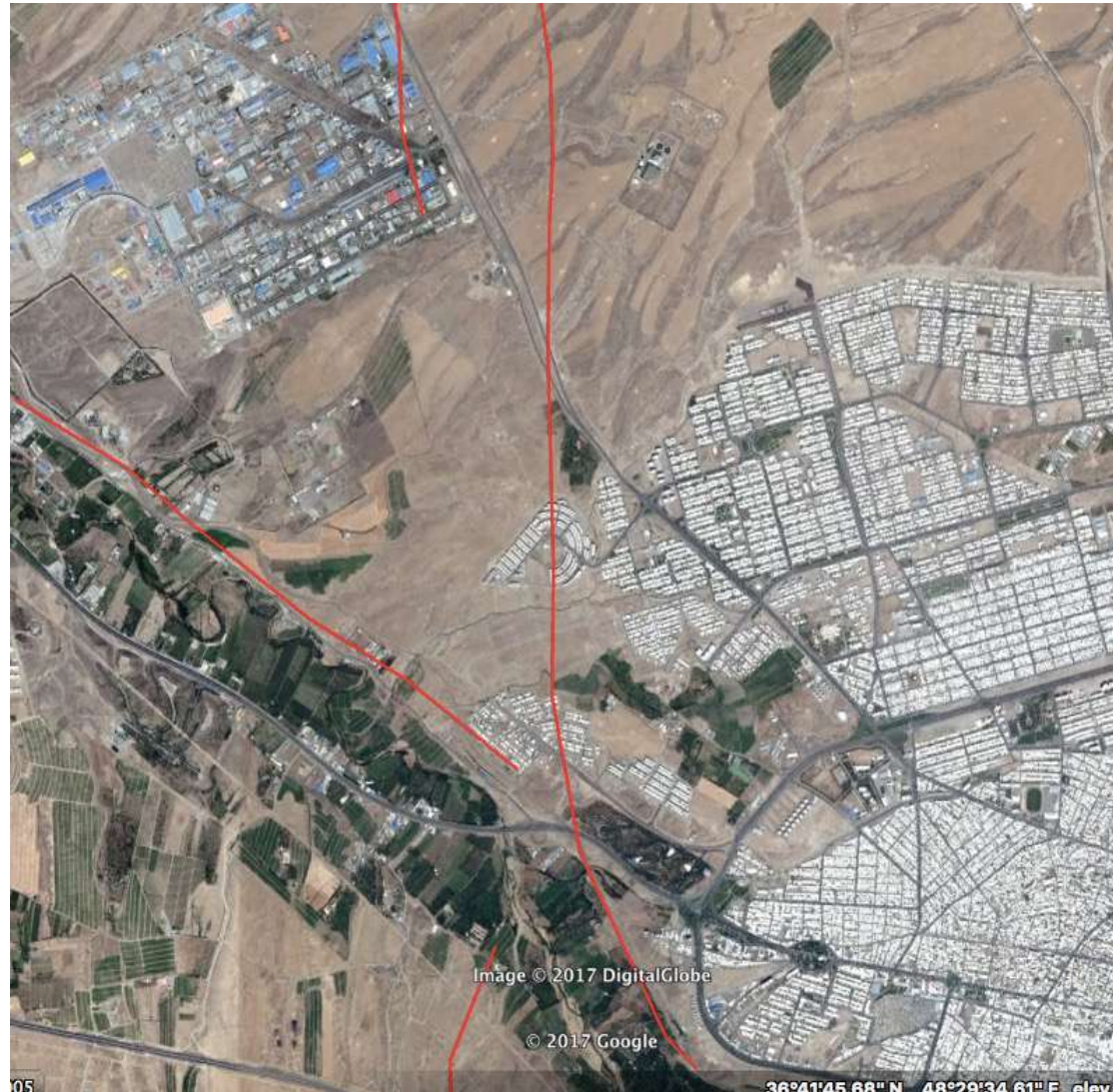
در اطراف زنجان گسل‌ها کجا هستند؟



در اطراف زنجان گسل‌ها کجا هستند؟

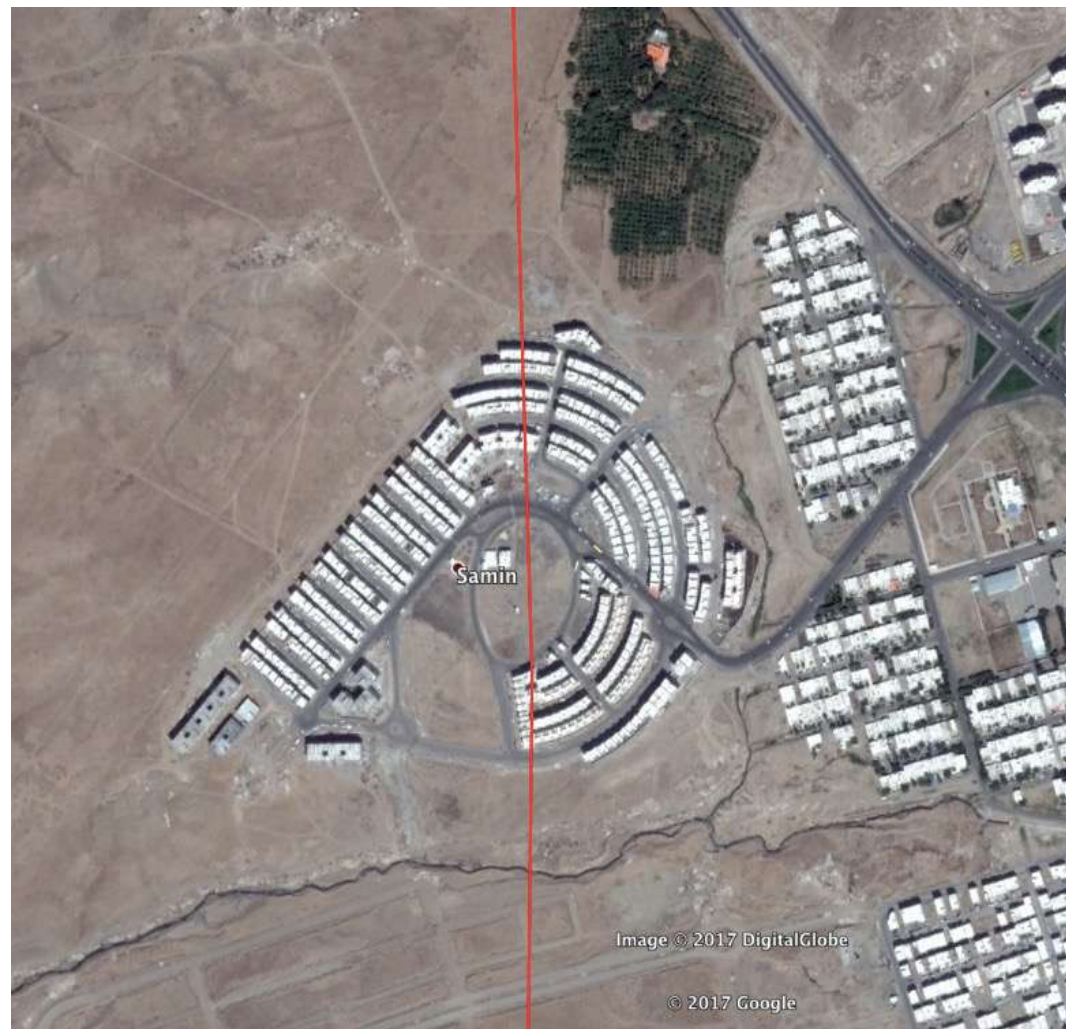


قسمتی از غرب زنجان در حریم گسل شمال زنجان



نیاز شدید به
مقاومسازی در
غرب شهر

شهرک تمین بر روی گسل ساخته شده!



با تشکر از صبر شما



مسکن مهر، سرپل ذهاب ۲۸ آبان ۱۳۹۶