

Pregled nekih geotehničkih problema na području Banovine pogođenim potresom M6.4, 29.12.2020.

- preliminarno izvješće -



Pregled proveli:

s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

prof.dr.sc. **Tomislav Ivšić**, dipl.ing.građ.

doc.dr.sc. **Mario Bačić**, mag.ing.aedif.

Nicola Rossi, mag.ing.aedif.

Marijan Car, mag.ing.geod.

s Tehničkog veleučilišta u Zagrebu

dr.sc. **Sonja Zlatović**, prof.v.šk.

s Hrvatskog geološkog instituta

doc.dr.sc. **Josip Terzić**, dipl.ing.geol.

dr.sc. **Kosta Urumović**, dipl.ing.geol.

Datum pregleda:

4. i 5. siječanj 2021.

Izvješće izradili:

doc.dr.sc. **Mario Bačić**, mag.ing.aedif.

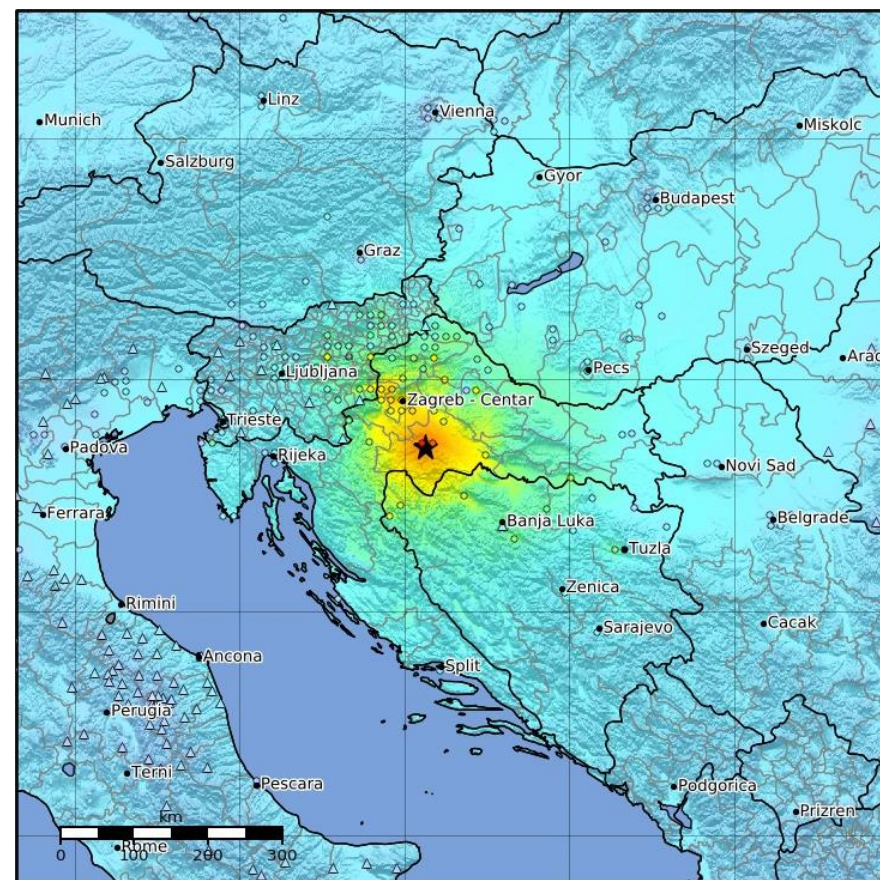
doc.dr.sc. **Josip Terzić**, dipl.ing.geol.

Koordinirao:

prof.dr.sc. **Meho Saša Kovačević**, dipl.ing.građ.

Pregled prepoznatih geotehničkih problema na području Banovine

- Likvefakcija tla
- Aktiviranje klizišta
- Otvaranje jama
- Pukotine i slijeganje nasipa
- Slijeganje objekata i infrastrukture



Napomena:

Ovim izvoješćem se ne prikazuju sve lokacije geotehničkih problema kojih je zaista puno na području Banovine, već samo pojedine karakteristične lokacije.

Likvefakcija tla

izjava stanovnika pogođenog područja:

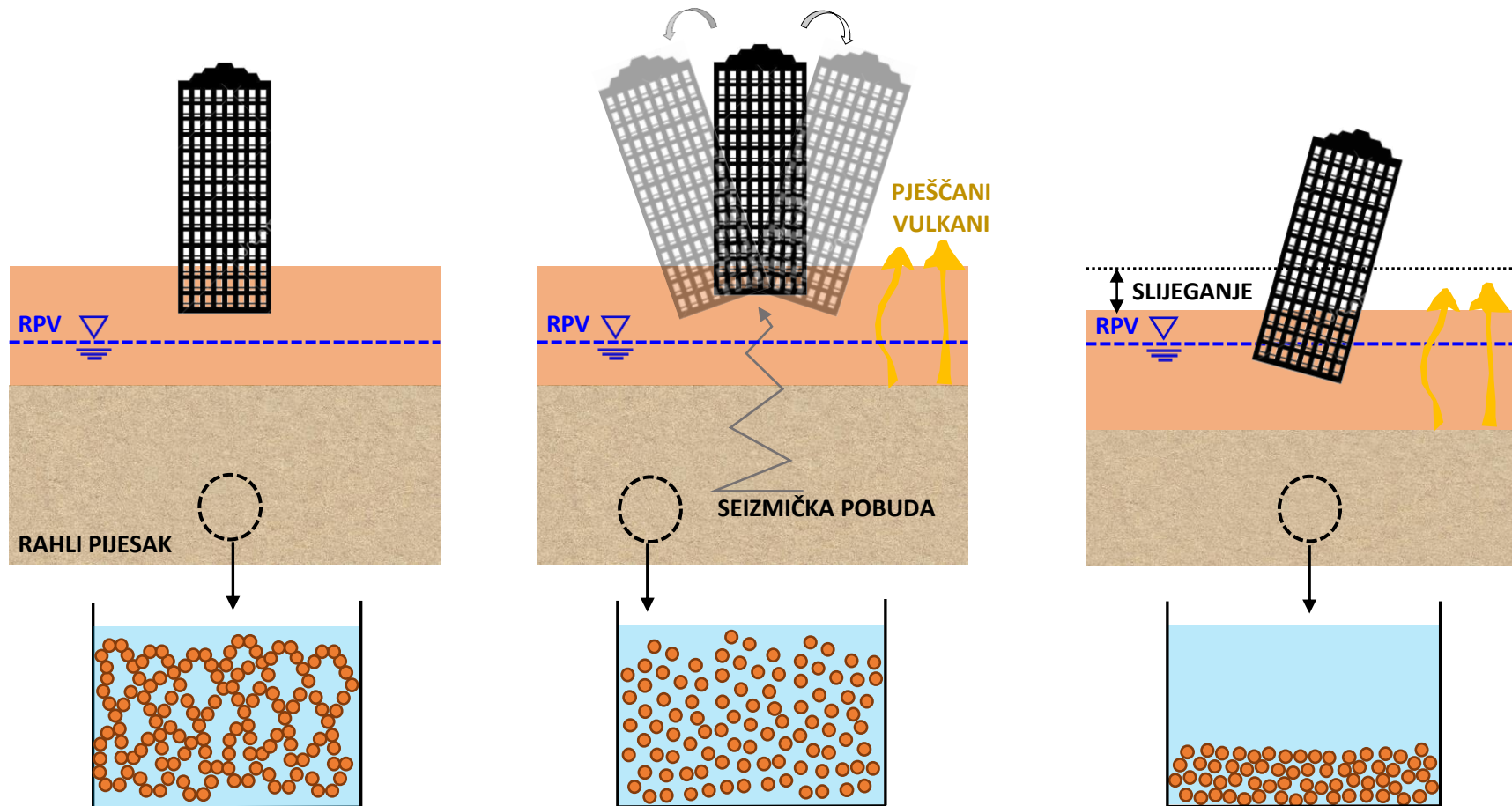
'Voda je šikljala iz tla, kao gejzir, preko 1 m u visinu'

komentar statičara koji obavljaju hitne preglede građevina:

'Pukotine i rupe uz objekt, okolo se nalaze veće količine pijeska'

Što je likvefakcija?

- likvefakcija je pojava smanjenja / gubitka čvrstoće pjeskovitog tla pri dinamičkom djelovanju (potres) prilikom čega dolazi do porasta tlaka porne vode i ponašanja sličnog tekućini.
- često dolazi do naglog izbacivanja tla i vode na površinu terena u obliku sličnom vulkanima ili gejzirima.



- likvefakcija se događa prvenstveno u rahlim pijescima i prašinstim pijescima (karakteristično za aluvijalne materijale uz rijeke).
- likvefakcija se može dogoditi na istim lokacijama prilikom naknadnih / budućih potresa (tzv. ponovna likvefakcija, eng. *reliquefaction*)!

Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



Lokacija: Brest Pokupski

Koordinate HTRS: 481114 (E), 5034850 (N)

Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



odvajanje dva dijela
građevine zbog
gubitka tla ispod
građevine; pukotine
na objektu



Moguće je i daljnje slijeganje objekta (post-potresno slijeganje)!

Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



Lokacija: Petrinja

Koordinate 1 HTRS: 481882 (E), 5032867 (N)

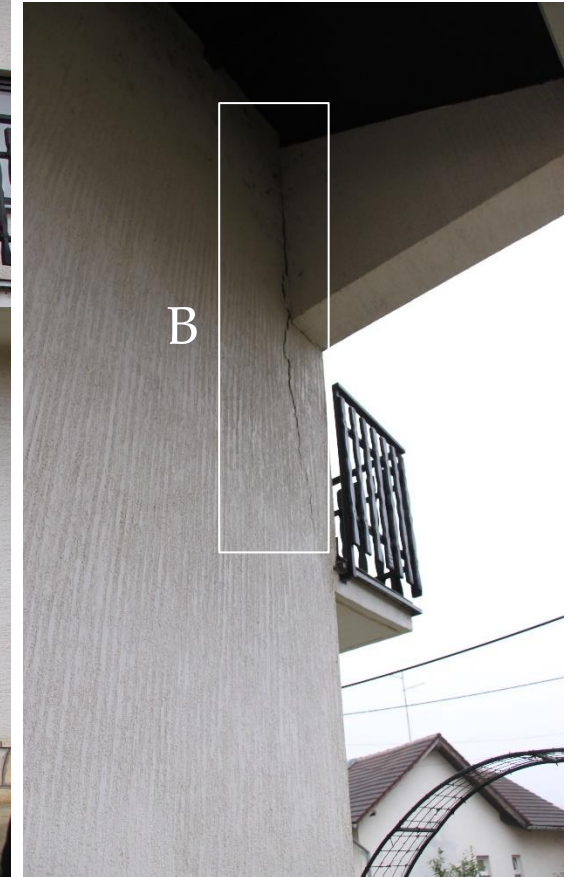
Koordinate 2 HTRS: 481878 (E), 5032825 (N)

Mogući slijed događaja na lokaciji 2

A. Likvefakcija uz objekt, gubitak materijala, slijeganje temelja



B. Preraspodjela opterećenja na stup i temelj samac, formiranje pukotina na objektu



C. Izidanje tla uz temelj stupa

(likvefakcija? ili prekoračenje nosivosti tla ispod temelja uslijed preraspodjele opterećenja?)

Moguće je i daljnje slijeganje objekta
(post-potresno slijeganje)!

uslijed likvefakcije, brojni
šahtovi, bunari, reviziona okna
su ispunjeni materijalom koji je
izbio na površinu



izbijanje pijeska u šaht
uz obiteljsku kuću



vjerojatno je došlo do
likvefakcije i porasta
pritiska na stijenske i na
dnu bunara



Klizanje tla

- izjava stanovnika pogođenog područja:
'Nakon potresa se svaki dan povećavaju pukotine na kući i javljaju nove'
- komentar statičara koji obavljaju hitne preglede građevina:
'Rascjepi na cesti, na objektima je došlo do odvajanja'

Zašto dolazi do klizanja?

- stabilnost padine je uvjetovana nizom faktora kao što su njezina geometrija, vrsta tla, položaj podzemne vode, djelovanja itd.
- u dinamičkim uvjetima se povećavaju inercijska opterećenja, a moguć je i gubitak / smanjenje posmične čvrstoće materijala uslijed cikličkog opterećenja.
- Na lokaciji → uglavnom dodatni pomak već ranije aktiviranih klizišta.

Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



Lokacija: Hađer

Koordinate 1 HTRS: 470225 (E), 5026717 (N)

Koordinate 2 HTRS: 470238 (E), 5026682 (N)

Koordinate 3 HTRS: 470121 (E), 5026487 (N)

Lokacije 1 i 3 – ranije registrirana klizišta, dodatno aktivirana uslijed potresa



Lokacija 1: pribrežna strana



Lokacija 1:
nizbrežna strana,
odvajanje rubnjaka
i kolnika

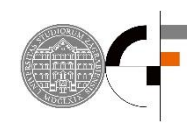


Lokacija 2:
vrh klizišta,
slijeganje kolnika

Lokacija 2: objekti na vrhu padine – 3 smjera klizanja



Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



Smjer klizanja 1:
Pukotine u dvorištu



Smjer klizanja 3:
Pukotine na cesti



Smjer klizanja 2:
Pukotine u dvorištu

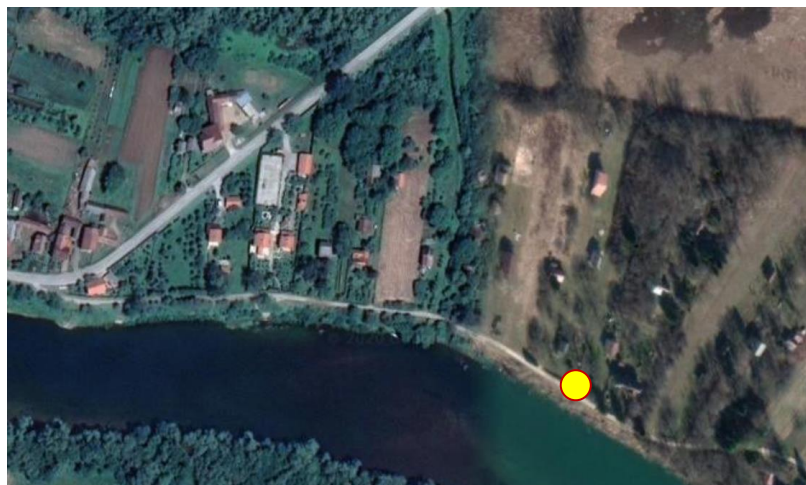


Smjer klizanja 2:
Pukotine u dvorištu

- Vidljive su vlačne pukotine u tlu te nabiranje i nagomilavanje tla, razmicanje i odvajanje dijelova građevina, pukotine na zidovima i temeljima, u betonskim prilazima i cestama.
- Primjećuje se i pojava nagnutog ('pijanog') drveća na lokaciji.



Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



Nakon potresa:
odronjena cesta uz Kupu
(izvor: index.hr)

Dan pregleda:
poplavljena odronjena cesta
(porast Kupe)



Lokacija:

Letovanić, šetalište kraj Kupe

Koordinate HTRS:

477572 (E), 5040933 (N)

Pojava većih jama

- izjava stanovnika pogođenog područja:
 - 'I prije potresa su se otvarale rupe, ali nikad ovako blizu kuća';*
 - 'Neke rupe smo zatrpali, ali materijal i dalje nestaje'.*
- Jame se pojavljuju na potezu od Hrvatske Kostajnice prema Petrinji.
- Najveći dio registriranih jama: mjesta Mečenčani i Donji Kukuruzari.

Zašto dolazi do formiranja jama?

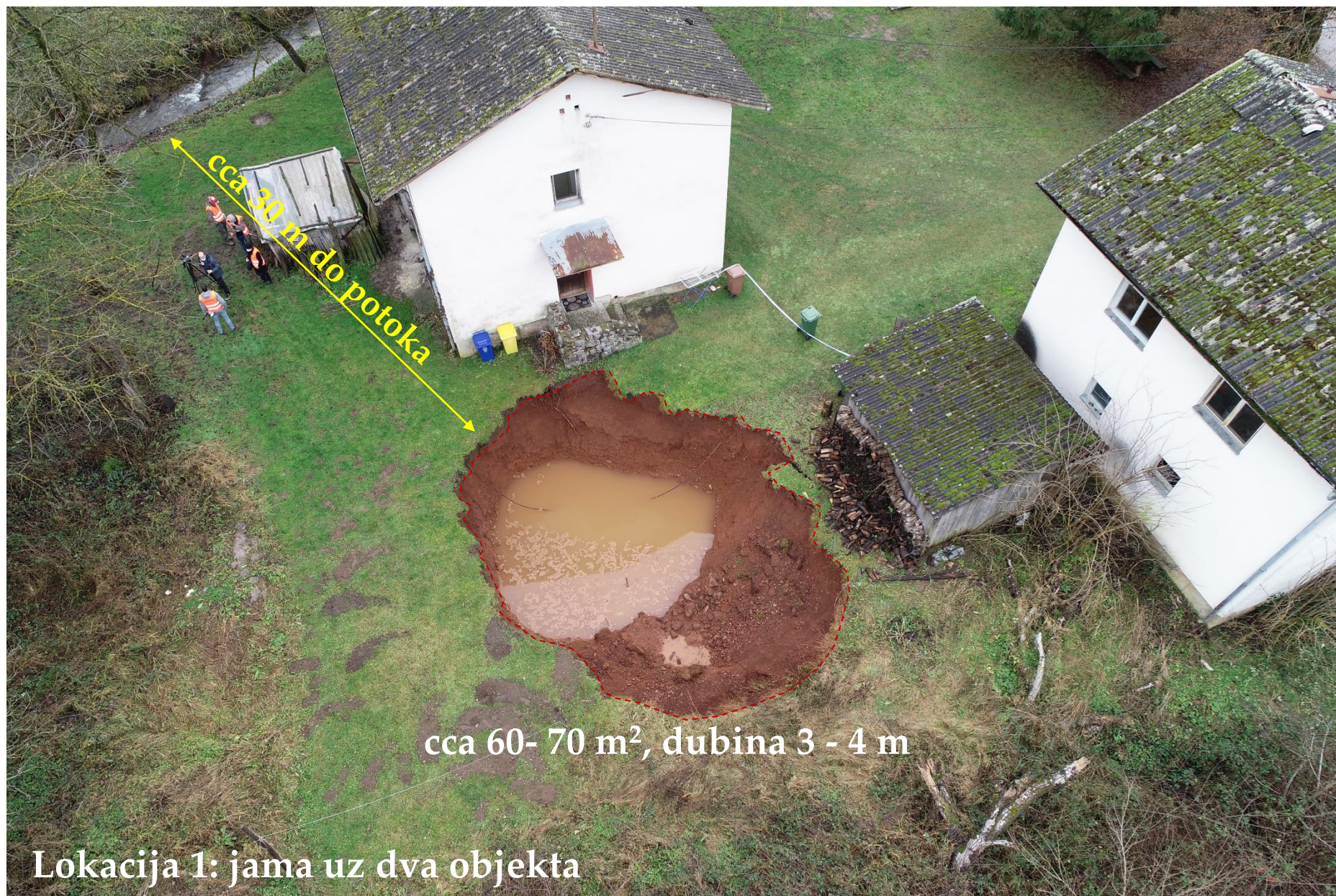
- ispod aluvijalnih ili proluvijalnih kvartarnih taloga nalaze se vapnenačke stijene (porozni litotamnijski vapnenci), okršene uslijed dugotrajnog djelovanja podzemnih voda (formiranje kaverni, šupljina, itd.). U kontaktnoj zoni kvartarnih taloga i litotamnijskih vapnenaca vremenom dolazi do ispiranja sitnije frakcije i stvaranja dodatnih šupljina.
- Urušavanja su se događala i ranije ali rijetko i manjeg intenziteta, no uslijed potresa je došlo do naglog i intenzivnog urušavanja tala i/ili krških fenomena te odronjavanja površinskog materijala na veće dubine uz daljnje ispiranje podzemnom vodom.



Lokacija: Mečenčani

Koordinate 1 HTRS: 494493 (E), 5015881 (N)

Koordinate 2 HTRS: 494461 (E), 5015879 (N)



cca 60-70 m², dubina 3 - 4 m

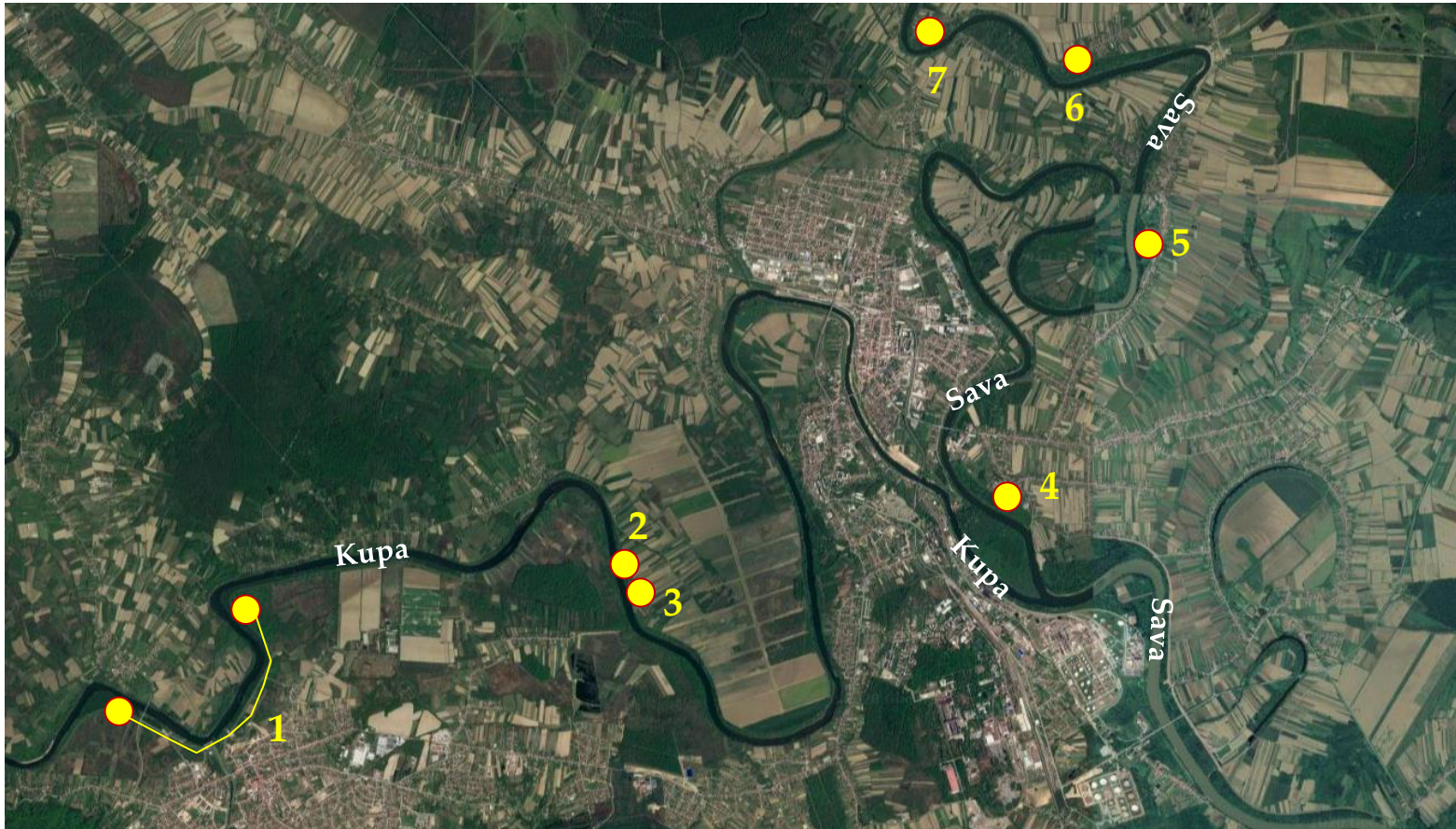
Lokacija 1: jama uz dva objekta



- otvaranje jame ispod kuće
- uz jamu se nalazi septička jama – moguće dugotrajno erozivno djelovanje vode
- osim tla, urušio se dio temelja loše kvalitete (slabo vezani kameni blokovi, bez armature)
- mogućnost daljnjeg proširenja jame i odronjavanja materijala

Nasipi za obranu od poplava

Prema izvješću Hrvatskih Voda, na 7 lokacija je došlo do problema s nasipima za obranu od poplava.



Dionica 1:
Brest - Krnice

Lokacija 2:
Drenčina 1

Lokacija 3:
Drenčina 2

Lokacija 4:
Galdovo

Lokacija 5:
Hrastelnica

Lokacija 6:
Palanjek

Lokacija 7:
Tišina Kaptolska

- uzdužne pukotine,
- poprečno pucanje,
- slijeganje nasipa,
- odvajanje berme,
- slom na kontaktu s propustima (različite krutosti tlo – beton), itd.





Oštećenje cestovne infrastrukture

- Oštećenje cesta na više lokacija.

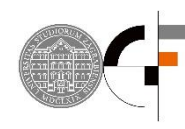


Lokacija: Drenačka ulica, Nova Drenčina

Koordinate HTRS: 485160 (E), 5034297 (N)



Geotehnički problemi nakon potresa 29.12.2020.



tragovi
likvefakcije
duž ceste



Uzrok je i u mogućem nekvalitetnom
zbijanju ugrađenog materijala

Slijeganje
nove ceste

Što dalje?

- Moguća je pojava likvefakcije pri naknadnim/budućim jačim potresima te posljedično slijeganja i deformiranja tla, klizanja nestabilnih padina, kao i otvaranja jama.
- Sanaciji postojećih i izvedbi novih objekata moraju prethoditi geotehnički istražni radovi i geotehnički projekti odgovarajućih zahvata! Eurokod 8 navodi da PREDUVJET za primjenu odredbi za građevinsku konstrukciju (sigurnu građevinu) JEST: osigurana globalna stabilnost lokacije na kojoj se gradi /sanira (bez pojava globalnih nestabilnosti npr. aktivnih rasjeda, likvefakcije, klizanja tla, otvaranja jama, itd.).
- Inženjerskogeološkim, hidrogeološkim, geotehničkim, geofizičkim istražnim radovima će se utvrditi karakteristike nestabilnosti uz izradu geotehničkog elaborata koji će poslužiti kao podloga za projekt sanacije temeljnog tla i/ili projekt temeljenja građevina.

Što dalje?

- Istražni radovi moraju biti 'ciljani' – (SPT, CPT za određivanje potencijala likvefakcije i primjenu likvefakcijskih dijagrama; geofizička ispitivanja za određivanje rasprostiranja kavernoznih sustava; istražna bušenja itd.)
- Već u ranoj fazi ('odmah!') na geotehnički osjetljivim lokacijama postaviti markere i geodetske repere, klinometre na objektima, itd., sve radi praćenja naknadnih slijeganja i naginjanja objekata (tj. praćenje pomaka / aktivnosti prilikom naknadnih potresa, eng. '*aftershocks*', i naknadnih vremenskih pomaka).
- Za aktivirana klizišta provesti detaljne istražne radove za određivanje pozicije klizne plohe, uz ugradnju opreme za monitoring (reperi, inklinometri, klinometri) za monitoring pomaka klizišta i okolnih zgrada.