

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



گزارش سیل ۵-۱-۱۳۹۸

دروازه قرآن شیراز

بخش زلزله شناسی مهندسی و خطرپذیری

مؤلف:

علی بیت اللهی

با همکاری:

مجتبی بصیری / آرمین عابدی / مرتضی مهدوی / معصومه سلیمانی / فاطمه دهقان

نشریه شماره:

چاپ اول: ۱۳۹۵

سرشناسه	فرزانگان اسماعیل ۱۳۴۶.
عنوان و نام پدیدآور	Farzanegan E گزارش شبکه شتابنگاری زلزله ایران سال ۱۳۹۳ / مجری: اسماعیل فرزانگان، همکاران : محمد پورمحمدشاهوار، مژگان میرسنجری، حسین میرزایی علویجه
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	ز، ۴۱ص: مصور، جدول، نقشه، نمودار .
فروست	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: گ-۷۳۸.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۴۷-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	ص.ع. به انگلیسی Esmail Farzanegan, Mohammad Pourmohammad Shahvar, Mojgan Mirsanjari, Hossein Mirzaei Alavijeh. Report of Strong Motion Data of ISMN (۲۰۱۴-۲۰۱۵)
یادداشت	واژه نامه.
موضوع	شتابنگارها -- ایران
موضوع	Accelerograms -- Iran
موضوع	شتابنگارها -- ایران -- جدول ها و نمودارها
موضوع	Accelerograms -- Iran -- Charts, diagrams, etc
موضوع	لرزه نگاشت ها -- ایران
موضوع	Seismograms -- Iran
موضوع	زلزله -- ایران
موضوع	Earthquakes -- Iran
موضوع	زلزله -- ایران، ۱۳۹۳.
موضوع	Earthquakes -- Iran, ۲۰۱۴
شناسه افزوده	پورمحمد شاهوار، محمد، ۱۳۵۸
شناسه افزوده	میرسنجری، مژگان، ۱۳۴۸
شناسه افزوده	میرزایی علویجه، حسین، ۱۳۳۴
شناسه افزوده	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	Road, Housing and Urban Development Research Center :



نام کتاب:	گزارش شبکه شتابنگاری زلزله ایران سال ۱۳۹۳
مجری:	اسماعیل فرزانگان
همکاران:	محمد پورمحمدشاهوار، مژگان میرسنجری، حسین میرزایی علویجه
شماره نشر:	گ-۷۳۸
ناشر:	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نوبت چاپ:	اول ۱۳۹۵
تیراژ:	۱۰۰ نسخه
قطع:	رحلی
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
قیمت:	۵۰۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۴۷-۹
ISBN:	۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۴۷-۹
مسئولیت صحت دیدگاه های علمی بر عهده نگارندگان محترم می باشد.	
کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر برای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی محفوظ است	
نشانی ناشر:	تهران، بزرگراه شیخ فضل ... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵ تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲
پست الکترونیکی:	pub@bhrc.ac.ir
فروش الکترونیکی:	http:// pub.bhrc.ac.ir

عنوان	صفحه
۱- مقدمه	۱
۲- اطلاعات بارندگی منجر به سیل روز ۵-۱-۱۳۹۸	۳
۳- مشخصات حوضه سیلاب روز ۵-۱-۱۳۹۸	۵
۴- مشخصات سیلاب ۵-۱-۹۸ شیراز	۷
۵- دلایل رخداد سیلاب ۵-۱-۹۸ شیراز	۱۳
۶- مدلسازی	۳۰
۷- عوامل اصلی رخداد و خسارت سیلاب دروازه قرآن	۳۹
۸- خسارت ها و تلفات	۴۲
۹- پیشنهادات	۴۴
۱۰- عکس ها	۴۵



تشکر و قدردانی

در تدوین این گزارش جناب آقای مهندس فرج پور بعنوان مدیر بحران راه و شهرسازی استان فارس، همکاری تنگاتنگ و گسترده ای با ما داشتند که جا دارد از ایشان تقدیر و تشکر صمیمانه نمائیم. از آقای مهندس خواجه پور از کارشناسان محترم راه و شهرسازی فارس که در ارسال اطلاعات و داده ها به ما کمک کردند، سپاسگزاری می کنیم. از مهندس تکاور، مدیر کل محترم راه و شهرسازی استان فارس که در تهیه این گزارش حمایت های لازم مدیریتی را بعمل آوردند و در همه مراحل این کار همراهی صمیمانه ای را با گروه ما داشتند کمال قدردانی را داریم.

بیت الهی و همکاران ۱۳۹۸-۱-۱۹

پیشگفتار

ضمن ابراز همدردی با بازماندگان جانباختگان حادثه سیل ظهر روز دوشنبه ساعت ۱۲:۱۰ مورخه ۱-۵-۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز، این گزارش را، که حاوی اطلاعات و داده های با ارزشی است، با هدف انجام بررسی های جامع تر به جامعه فنی کشور و بویژه شهر شیراز تقدیم می نمائیم. امیدواریم با تلاش و جدیت و وجدان کاری و حس مسئولیت عمیق تر، شهر و شهرهائی زیست پذیرتر و با توسعه ای پایدار برای فرزندان خود به میراث بگذاریم.

محمد شکرچی زاده

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



چکیده

در ۵ فروردین ۱۳۹۸، زمانی که ایام مسافرت های نوروزی در شیراز و بویژه در حوالی دروازه قرآن، جمعیت زیادی در تردد بودند، ساعت ۱۲:۱۰ ظهر پنجشنبه سیل ناگهانی یال شرقی بزرگراه شیراز-مروذشت را فراگرفت. سیل شیراز متعاقب سیل گلستان، در لابلاي اخبار سیل های بعدی در لرستان و خوزستان، کمزنگتر نشان داده شد و جامعه فنی، آنگونه که باید به این حادثه نپرداخت. در حالیکه تعداد کشته شدگان سیل شیراز از همه سیل های عظیم و سترگ رخ داده بمراتب بیشتر بود، چرا که در مجاورت کلانشهری همانند شیراز، دستکاری غیر کارشناسانه ای در هدایت رواناب ها و سیل، آبراهه های طبیعی و پر کردن آن صورت گرفته و متأسفانه، راه جایگزین نامطمئنی نیز بجای تغییرات در روند طبیعی جریان سیلاب انتخاب شده است که حادثه سیل ۵ فروردین نشان داد این راه جایگزین اشتباه است. در مدت ۱۵ دقیقه از ساعت ۱۱:۳۵ روز ۵ فروردین، در حوضه آبریز آب زنگی در تنگ الله اکبر، حدود ۲۰ میلی متر باران بارید، دبی رواناب حاصله به ۵۰ متر مکعب در ثانیه رسید، استخر تجمع آب در ۳۰۰ متری بالادست دروازه قرآن با ظرفیت ۱۵۰۰۰ متر مکعب بدلیل انسداد لوله خروجی آب بقطر ۱.۵ متر (این لوله اگر هم مسدود نمی شد باز پاسخگوی خروجی آب نبود)، ظرف مدت ۲۰ دقیقه پر و مازاد آب سرریز گردید. با توجه به جهت قرارگیری استخر کنترل آب که در سمت یال شرقی بزرگراه شیراز-مروذشت واقع شده، سیلاب در سرازیری باند شرقی بزرگراه به پائین سرازیر و در کف آن ارتفاع آب به ۰.۵ تا ۰.۷۵ متر رسید، سرعت آب بین ۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه برآورد گردد. این ارتفاع آب با سرعت مذکور خودروهای واقع در باند شرقی جاده را با خود تا سه راهی هفت تنان حمل و با کوبیدن آنها به هم موجب خسارت حدود ۳۷۰ خودرو گردید. در این حادثه متأسفانه ۲۱ نفر کشته شد. عامل اصلی خسارت بار شدن سیلاب، تعبیه سائز کوچک لوله بتنی در استخر تجمع آب (این قطر لوله در مطلوبترین شرایط حداکثر ۱۲ مترمکعب در ثانیه می تواند هدایت کند، محاسبات واقع بینانه با توجه به وجود دو زانوئی در مسیر ۳ کیلومتری لوله و غلظت سیلاب حدود ۷ مترمکعب گذر سیلاب را نشان می دهد)، و عامل ثانویه بعدی در افزایش خسارت ها و تلفات انسداد لوله در همان لحظات ورودی سیلاب (با توجه به مستندات واضح و مشخصی که در متن گزارش به آن اشاره شده است) بدلیل عدم احداث بندهای رسوبگیر، دیواره های جداکننده با هدف آرامش بخشی به سیلاب در داخل استخر تجمع، عدم لایروبی و نظافت مسیل رودخانه آب زنگی می باشد.

۱- مقدمه

در تاریخ ۱۳۹۸-۱-۵ همزمان با روزهای عید نوروز، سیلاب ناگهانی (Flash Flood) از باند شرقی مسیر بزرگراه شیراز-مروودشت (تنگ الله اکبر) و از سمت شمال شرق در ساعت ۱۲:۱۰ دقیقه بسوی دروازه قرآن سرازیر گشت و متأسفانه تلخ ترین حادثه شروع سال ۱۳۹۸ را برای کل کشور رقم زد. طبق اعلام مقامات مسئول، تعداد کشته شدگان این سانحه ۲۱ نفر است. چندین ده نفر مجروح (طبق اعلام مراجع رسمی ۱۶۴ نفر که تا زمان تدوین نهائی این گزارش ۵ نفر از آنها کماکان بستری می باشند، همراه با مصدومیت ۸ نفر از پرسنل نیروی انتظامی) و به تعداد زیادی خودرو (بالغ بر ۳۷۰ دستگاه) عموماً شخصی آسیب جدی وارد آمد. رخداد سیل دروازه قرآن شیراز، درس های مهمی را داشت که امید می رود حداقل بزودی به بوته فراموشی سپرده نشود. سیل در مقایسه با سیل هایی که پیش از آن و در روزهای بعد رخداد ۱۳۹۸-۱-۵ در استان هائی مانند گلستان، لرستان و خوزستان اتفاق افتاد، سیلی بمراتب کوچکتر و بسیار کوتاه مدت بود، اما تعداد کشته های این حادثه از تمامی سیل های سترگ روزهای اول سال نو در کشور بیشتر و حادثه آن تلخ تر بود. این سیل را بنا به خسارت ها و تلفاتش سیل انسان ساخت می نامیم که در اثر پرکردن آبراهه طبیعی ادامه تنگ الله اکبر، که در نهایت به رودخانه خشک شیراز و در انتها به دریاچه مهارلو ختم می شد، به شکلی تاسف بار و ناراحت کننده رخ داد. کلانشهری مانند شیراز در پای تنگ گسترده شده و در معرض رخدادهای مشابه دیگری همانند سیل ۱۳۹۸-۱-۵ دروازه قرآن است. باید تمهیدات کارشناسانه ای جهت کاهش ریسک سیل هائی که در امتداد مسیر تنگ متوجه شهر شیراز و بویژه امتداد خیابان حافظ و اماکن با اهمیت اطراف آن امکان وقوع دارند، را بکار بست تا درس های بزرگ آموخته شده از این سیل عملیاتی و اجرایی گردد. این نوشتار با هدف مستند کردن حادثه تهیه شده است و لازم است که بر روی این رخداد کارهای مفصل تری انجام پذیرد. دروازه قرآن شیراز در شمال با اندکی تمایل به سمت شرق آرامگاه حافظ، هفت خوان و در فاصله ۳۴۰۰ متری از شاهچراغ واقع در مرکز شیراز قرار گرفته است. مختصات نقطه عمارت دروازه، ۵۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۴۲ ثانیه طول و ۲۹ درجه و ۳۸ دقیقه و ۸ ثانیه عرض و در ارتفاع ۱۵۹۴ متری از سطح آب دریاست (شکل ۱).



شکل ۱ موقعیت دروازه قرآن (تنگ الله اکبر) و حوضه کوچک سعدیه در جنوب شرقی آن که هر دو این حوضه ها مستعد ایجاد سیل های ناگهانی اند

شیراز با تبعیت از مورفولوژی و روند ارتفاعات در بر گیرنده، در راستای شمال غرب - جنوب شرق



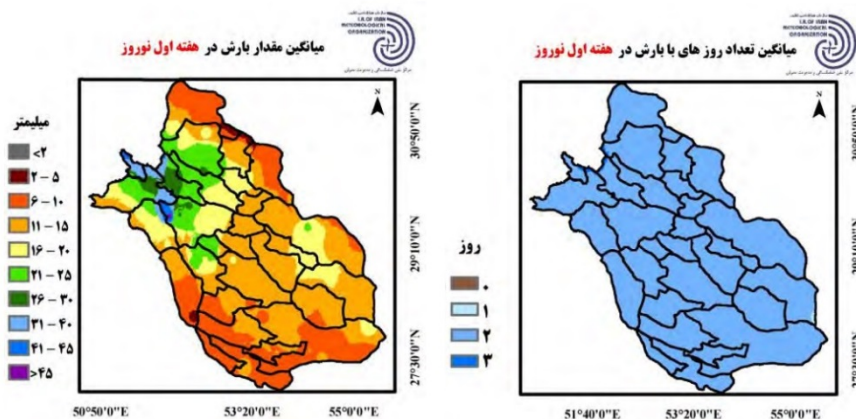
کشیدگی داشته که ارتفاعات باباکوهی و بمو در حد شمال شرقی شهر، مشرف به شهر می باشند. برش های میان کوهی در چندین زون، این ارتفاعات را قطع و حوضه های کوچک آبی مشرف به شهر را تشکیل داده است. مسیر جاده شیراز به مرودشت و اصفهان که از دروازه قرآن و تنگ الله اکبر می گذرد، مسیر سعدیه (محل ای که آرامگاه سعدی در آنجا است)، محدوده ویلایی در جنوب شرق آن را میتوان از آن جمله برشمرد (شکل ۱) که در نهایت خروجی آب این حوضه های کوچک و آبراهه های آنها به رود خشک شیراز در زمان های بارندگی فصلی ریخته و در ادامه در جنوب شرق شیراز به دریاچه مهارلو ختم می شوند.



۲- اطلاعات بارندگی منجر به سیل روز ۵-۱-۱۳۹۸

اطلاعات هواشناسی مویید بارندگی از صبح روز ۵ فروردین (۱۳۹۸) بوده است. شدت بارندگی متغیر و بنا بر گفته کارشناسان مرتبط با ما که در روز حادثه در محدوده های نزدیک دروازه قرآن شیراز بوده اند، در صبح و نزدیک به بازه زمانی ۱۱:۳۰ الی ساعت ۱۲ ظهر، بمدت محدودی بارندگی رگباری و سیل آسائی در حوضه مشرف به تنگ و دروازه رخ می دهد. طبق اطلاعاتی که در این گزارش از آن استفاده شده است، شدت بارندگی لحظات قبل سیلاب طوری بوده است که در مدت زمانی ۱۵ دقیقه حدود ۱۹.۹ میلیمتر بارش باران اندازه گیری شده است.

بر اساس متوسط بارندگی میانگین سالیانه شیراز که بر طبق اطلاعات سازمان هواشناسی بین ۳۲۴-۳۵۰ میلیمتر در سال برآورد شده، مقدار باران ۱۵ دقیقه ای که در ایستگاه باران سنج آب منطقه ای واقع در مجاورت باغ ارم به مقدار ۱۹.۹ اندازه گیری شده است، ۲۰۰۰ برابر مقدار میانگین سالیانه برای همین بازه زمانی ۱۵ دقیقه ای است. در همان روز مقدار بارندگی در سطح استان نیز نسبت به مقادیر میانگین سالیانه افزایش چشمگیری داشت و گستره استان، بطورکلی تحت تاثیر جریانات هوایی قرار گرفته بود. بر اساس گزارش مسئولین هواشناسی استان فارس، بیشترین میزان بارش ها در شهرستان های لارستان و اردکان، خنج، لامرد و شهر ایزدخواست گزارش شده بود. نقشه بارش پیش بینی شده که توسط سازمان هواشناسی برای هفته اول فروردین سال ۱۳۹۸ بیشتر ارائه شده بود در شکل ۲ نشان داده شده است. از نقشه ارائه شده برای حوزه شهرستان شیراز مقدار ۱۵-۲۵ میلی متر در مدت یک هفته بدست می آید که عدد ۳ میلی متر در روز برای شهر شیراز میانگین کمابیش قریب به واقعیتی است (این نقشه ها مسلما با بارش های موضعی و مقادیر آنها دارای تفاوت هائی می باشند و بطور کلی تقریبی اند).



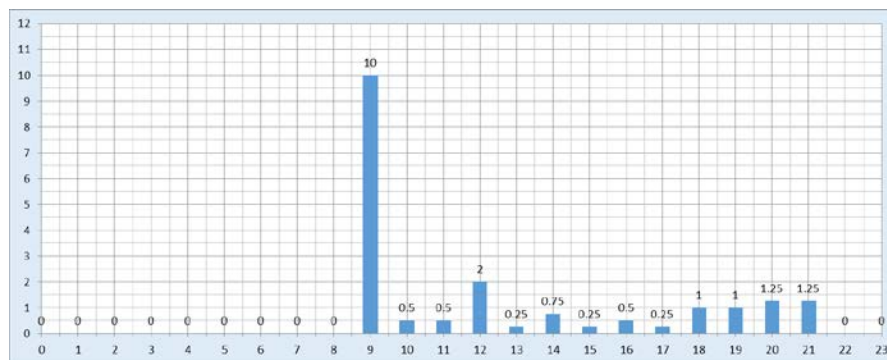
شکل ۲ اطلاعات بارشی پیش بینی شده برای هفته اول شهرستان های استان فارس

مقدار ۲۰ میلی متر در مدت ۱۵ دقیقه یک بارش لحظه ای است. از ساعت ۸ صبح روز ۵ فروردین که بارندگی در منطقه تنگ شروع شده تا زمان رسید سیلاب به محدوده شهری (۱۲ ظهر)، بارندگی مستمر، حوضه آبریز تنگ الله اکبر را اشباع نموده بود.

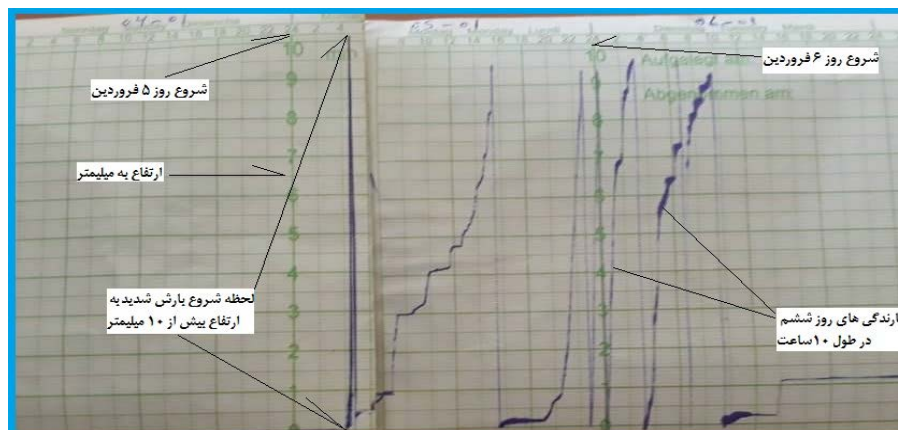
در محدوده شهری و براساس اطلاعات ایستگاه فرودگاه شیراز و نمودار باران نگار آن، نشان داده می شود که



بارندگی حدود ۱۰ میلی متر در مدت زمانی کوتاه در ساعت ۹:۲۰ صبح روز ۵ فروردین ۱۳۹۸ (روز دوشنبه) رخ می دهد (که با روند بارش در تنگ متفاوت است). در شکل ۳ مقادیر بارش بر اساس ایستگاه فرودگاه و در شکل ۴ بر اساس مقدار تجمعی بارندگی باران نگار سیفونی (باران نگاری است که پس از رسیدن ارتفاع باران به ۱۰ میلیمتر خالی و مجدداً با ادامه بارش پر می شود تا به ارتفاع ۱۰ میلی متر برسد) نشان داده شده است. در ساعت ۱۱ مجدداً بر اساس نمودار شکل ۴ بارندگی نسبتاً شدیدی به ارتفاع ۲ میلی متر در ظرف مدت کمتر از ۱۰ دقیقه می بارد. در ادامه روز ۵ فروردین بوقت محلی (شکل ۳) بارندگی تا ساعت ۲۱ ادامه پیدا می کند که مقادیر ساعتی آن در شکل نشان داده شده است. لازم بذکر است که فرودگاه در امتداد خط مستقیم با نقطه پائین دست خروجی حوضه تنگ الله اکبر ۱۱ کیلومتر فاصله دارد و از نظر ارتفاعی نیز ۱۲۰ متر پائین تر است. تفاوت در میزان بارندگی و روند آن در محدوده فرودگاه و در تنگ وجود داشته و در محدوده شکل گیری سیل انتظار شدت بارش بیشتری می رود.



شکل ۳ نمودار بارندگی به ساعت از ابتدای تا انتهای روز دوشنبه ۵ فروردین ۱۳۹۸ (ایستگاه فرودگاه)



شکل ۴ نمودار بارندگی پیوسته باران نگار فرودگاه شیراز در روزهای ۴، ۵ و ۶ فروردین ۱۳۹۸

اطلاعات دریافتی از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به منطقه حوضه سیلاب، ارقام کاملاً متفاوتی را نشان می دهد. در ساعت ۱۱:۳۳ بوقت محلی در روز ۵ فروردین بارندگی شدیدی در منطقه آغاز می شود که تا ساعت ۱۱:۴۸ و بمدت ۱۵ دقیقه دوام داشته است (ایستگاه باغ ارم آب منطقه ای فارس). بر اساس داده های این ایستگاه مقدار بارندگی در همین مدت ۱۸.۴ میلیمتر بوده است که عدد قابل توجهی است. در همان روز از ساعت ۸ لغایت ۱۲ مقدار کل بارندگی در ایستگاه نزدیک حوضه سیلاب دروازه قرآن ۲۶.۹ میلیمتر ثبت

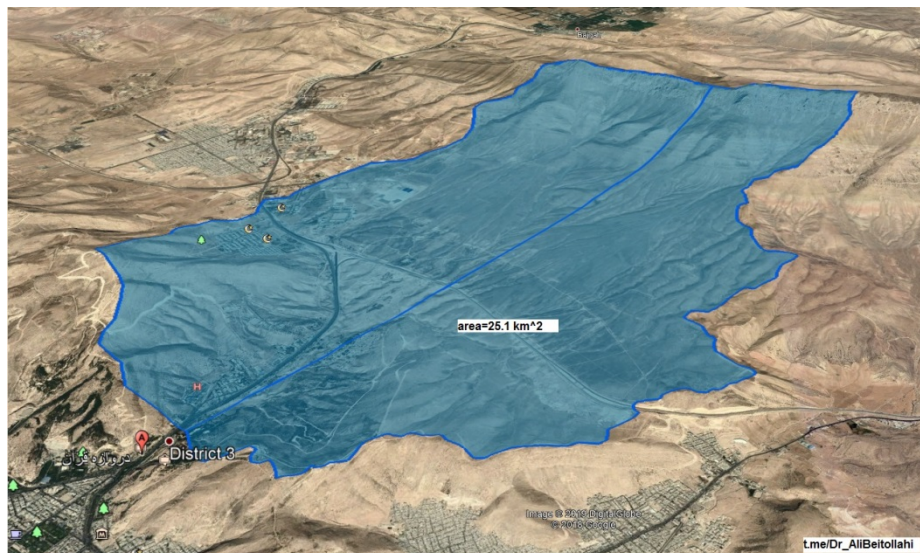


شده است. توجه شود که این مقدار بارندگی برای ۴ ساعت بوده و چندین برابر میانگین روزانه متوسط دراز مدت منطقه است. در ادامه در خصوص اطلاعات ایستگاه باران سنج واقع در پشت بام ساختمان شرکت آب منطقه ای فارس در مجاورت باغ ارم، توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

۳- مشخصات حوضه سیلاب روز ۱-۵-۱۳۹۸

۳-۱- مورفولوژی حوضه سیلاب

حوضه آبریز تنگ الله اکبر مشرف به دروازه قرآن، به شکل کما بیش نامنظم با طول ۶۳۰۰ در و عرض ۶۰۰۰ متر (بطور تقریبی در دو امتداد عمود بر هم) در دومیتر شمال شرق - جنوب غرب و جنوب شرق - شمال غرب در امتداد ارتفاعات بمو و عمده مساحت آن در شرق جاده شیراز - مرودشت قرار دارد. انتهائی ترین نقطه آن در پائین دست حوضه و در فاصله ۳۰۰ متری عمارت دروازه قرآن به سمت مرودشت است. مساحت حوضه بر پایه DEM ده متری بر روی نقشه ماهواره ای google earth حدود ۲۴ کیلومتر مربع (۲۴۰۰ هکتار) می باشد (شکل ۵).



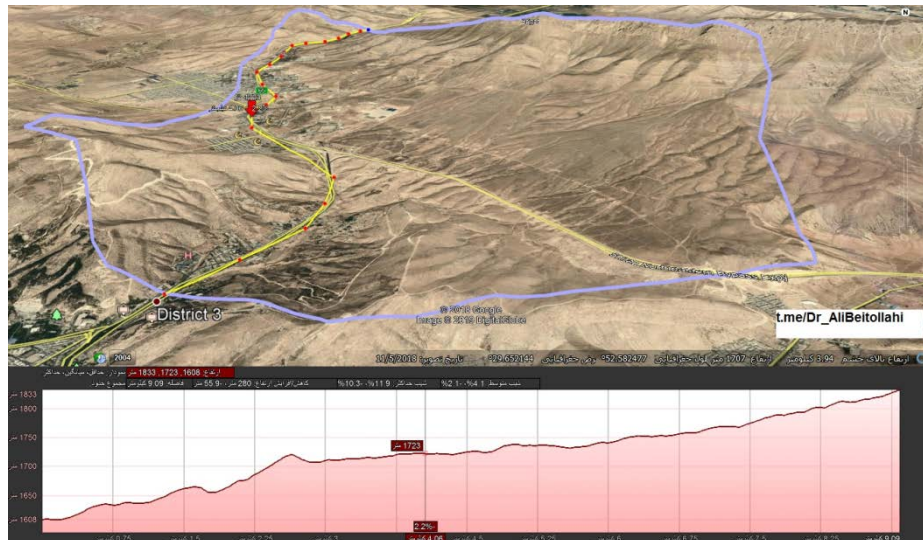
شکل ۵ حوضه آبریز تنگ الله اکبر و محدوده تجمع آب بارندگی عامل سیلاب

در شکل ۶ مقطع ارتفاعی مسیر از خروجی حوضه در پائین دست تا خط الراس حوضه به سمت باجگاه و شهرک نیایش در طول ۹ کیلومتر امتداد جاده نشان داده شده است. این مسیر از نظر شیب، کم شیب ترین مسیر حوضه است.

اختلاف ارتفاعی بیشینه بین دو نقطه انتهائی حوضه حدود ۸۰۰ متر از ۱۶۱۰ تا ۲۴۱۰ متر می باشد. شیب متوسط حوضه در این مسیر ۱۵٪ محاسبه شده است. شیب حوضه از شمال به جنوب (در جهت اصلی) و از شرق به غرب (در جهت عمود بر آن) است. لازم بذکر است که در برخی محدوده های حوضه، شیب حوضه تا ۶۰ درصد و اختلاف ارتفاعی در آن در طول مسیر بطول ۴ کیلومتر، به ۷۰۰ متر فرا می رسد که معرف شیب تند حوضه است. شیب تند، باعث افزایش سرعت سیلاب، زمان کوتاه تجمع آن و قدرت تخریب بیشتر



سیلاب می گردد. برای کل حوضه شیب ۱۵٪ در نظر گرفته شده است.



شکل ۶ مقطع ارتفاعی حوضه شکل گیری حوضه در امتداد جاده مرودشت به شیراز

۳-۲- زمین شناسی حوضه سیلاب

بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شیراز که توسط شرکت ملی نفت ایران تهیه شده، واحدهای زمین-

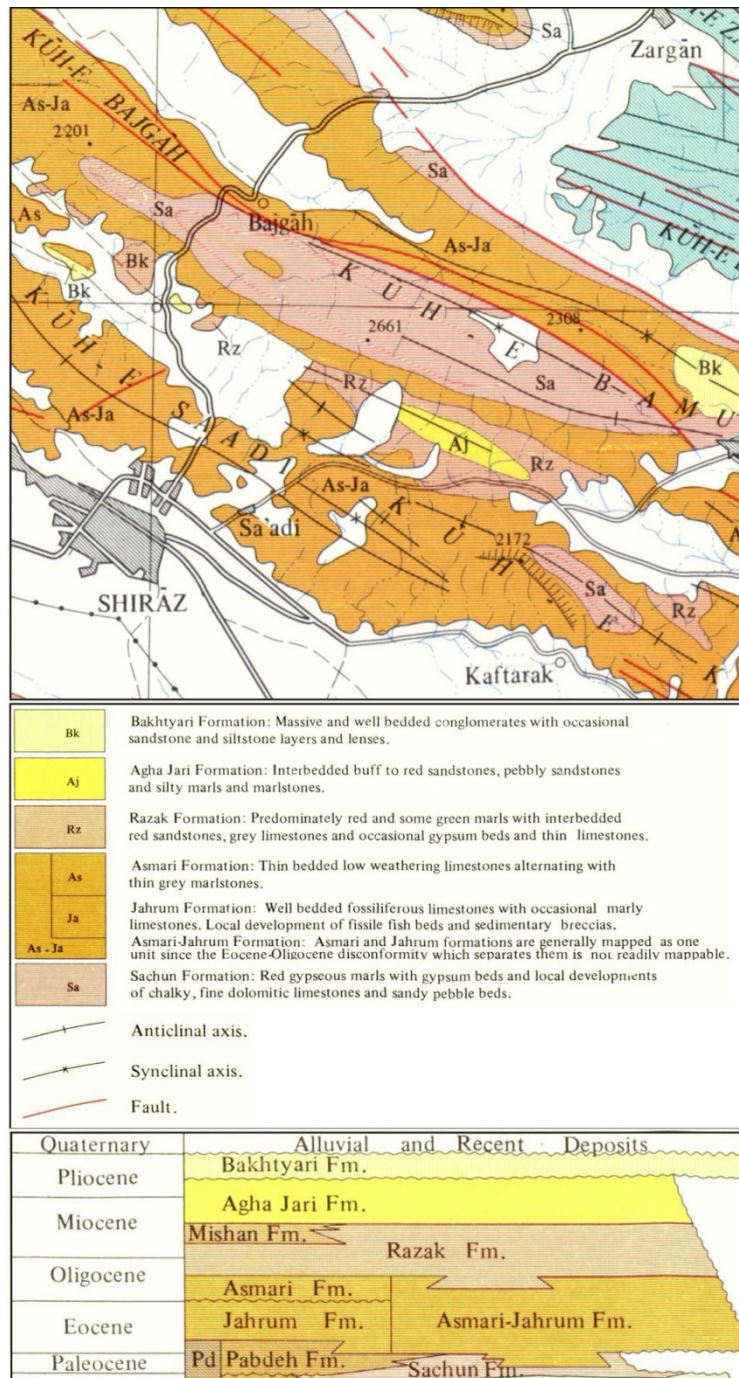
شناسی شیراز و اطراف آن متعلق به دوران سوم می باشد. این واحدها از قدیم به جدید به شرح زیر است:

- سازند ساچون: قدیمی ترین واحد سنگی منطقه با سن پالئوسن بوده و بیشتر شامل ترکیبات ژئیس و مارن است. ارتفاعات کوه بمو با بیشینه ۲۶۶۱ متر از این سازند تشکیل شده است.
- سازند آسماری- جهرم: بیشترین بخش از ارتفاعات مشرف به دروازه قرآن و محله سعدی شیراز از این سازند تشکیل شده است. آسماری- جهرم یک سازند آهکی است که میان لایه هایی از مارن در آن وجود دارد. از لحاظ سنی در این منطقه از ائوسن تا الیگوسن را شامل می شود.
- سازند رازک: مربوط به الیگومیوسن بوده و بیشترین بخش آن را مارن تشکیل می دهد. میان لایه هایی از ماسه سنگ و سنگ آهک و ژئیس نیز در آن وجود دارد. این سازند در گذشته درون سازند تبخیری گچساران در نظر گرفته می شد ولی اکنون نهشته های آواری آن یک سازند مستقل به شمار می رود.
- سازند آقاجاری: گسترش کمی در این منطقه داشته و بیشتر از ماسه سنگ تشکیل شده و ترکیبات مارن و رس نیز در آن وجود دارد. از لحاظ سنی از میوسن تا پلیوسن را شامل می شود.
- سازند بختیاری: مربوط به پلیوسن بوده و بیشتر از کنگلومرا همراه با میان لایه ها و لنزهایی از ماسه سنگ و سیلتستون تشکیل شده است. این سازند نیز گسترش کمی در این منطقه دارد.

سازندهای این منطقه نظیر سازند ساچون با داشتن ترکیبات ژئیس و مارن، سازند آسماری- جهرم با داشتن میان لایه های مارن و همچنین سازند مارنی رازک، دارای پتانسیل لغزش و رانش زمین هستند. به همین دلیل



لازم است مسأله رانش زمین در ترانشه‌های جاده‌ها و بلندی‌های مشرف به ساخت و سازها به ویژه پس از بارندگی‌ها مورد توجه جدی مسئولین شهری قرار گیرد (شکل ۷).



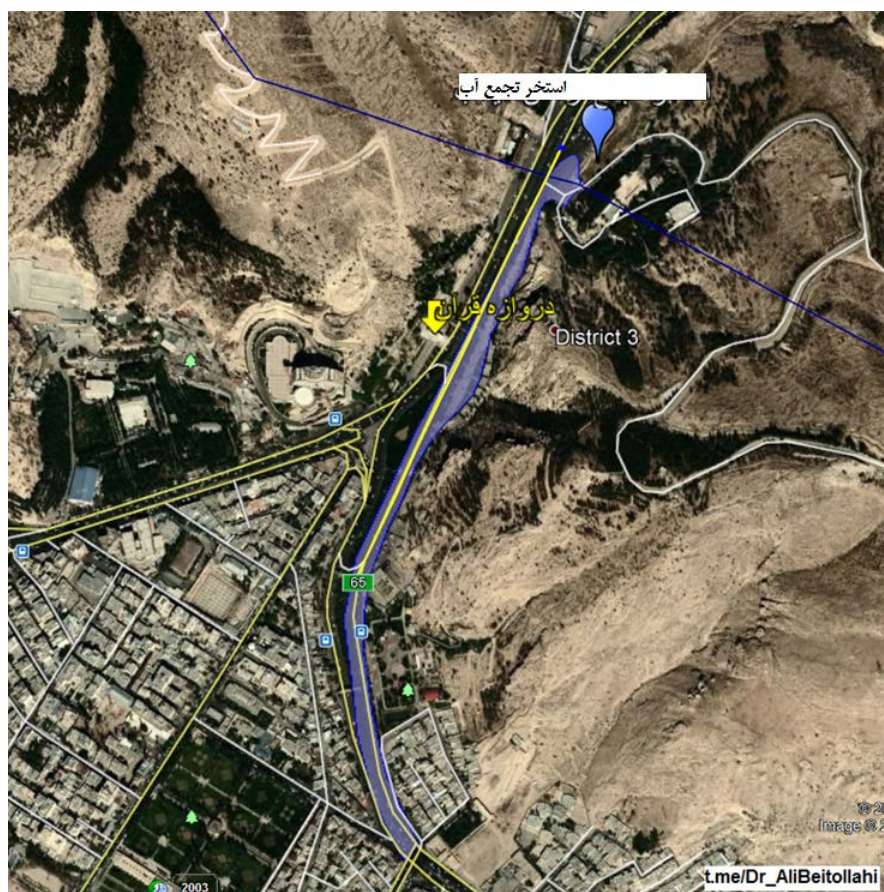
شکل ۷ محدوده شیراز و اطراف آن بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شیراز (شرکت ملی نفت ایران)

۴- مشخصات سیلاب ۹۸-۱-۵ شیراز

در ادامه بارش‌های صبحگاهی که از ساعت ۸ شروع شده بود، بارش رگباری از ساعت ۱۱:۳۵ تا ۱۱:۵۰ بر اساس اطلاعات ایستگاه باران سنج آب منطقه ای رخ می‌هد. رواناب شکل گرفته در حوضه تنگ پس از



تجمع در مسیر رودخانه آب زنگی به پائین دست سرازیر و پس از تجمع در استخر تجمع آب که مختصات نقطه وسط دیوار سمت دروازه قرآن آن به عرض ۲۹.۶۳۷۶۶۵ و طول ۵۲.۵۶۴۱۶۴ و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۱۰ متر است با شتاب تندی سرریز کرده و با توجه به سمت و سوی قرار گیری حوض مذکور که در امتداد باند شرقی بزرگراه شیراز - مروودشت (از سمت شیراز به مروودشت، باند دست راست) واقع شده است، در امتداد همین باند و در راستای شیب بسمت جنوب غرب و سپس عمداً در امتداد بلوار هفت تنان و در امتداد جنوبی پخش می گردد (شکل ۸). طول این مسیر ۱۱۰۰ متر و شیب آن حدود ۵٪ ارزیابی شده است (شکل ۹). پهنای مسیر عبور سیلاب با توجه به عرض باند شرقی بزرگراه شیراز - مروودشت بطور میانگین ۲۰ متر در نظر گرفته شده است. سرعت سیلاب نیز بر اساس مشاهده فیلم های سیلاب و حرکت آب و اشیاء در همین مسیر با شیب پنج درصد بطور متوسط ۵ m/s حدس زده شده است. ساعت ورود سیل به دروازه قرآن حدود ساعت ۱۲ ظهر بوده است.

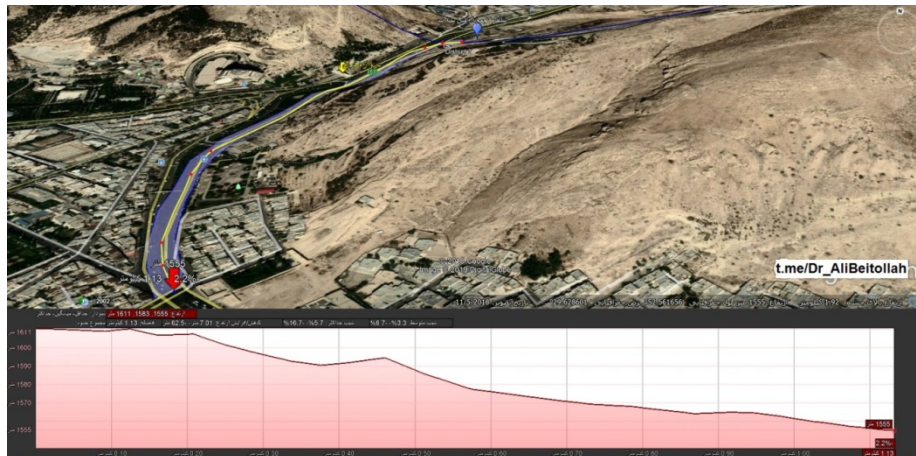


شکل ۸ زون اثر موثر سیلاب دروازه قرآن شیراز، قدرت و شدت سیل بطور عمده تا مسافت ۵۰۰ متری از لبه استخر تجمع و تخلیه بوده که تا سه راهی هفت تنان-آیت...ربانی امتداد دارد

لازم بذکر است که شیب این مسیر در دو قطعه ۱۱۰۰ متری و ۷۰۰ متری نیز بطور تقریبی ۵٪ بدست آمده است. برای بدست آوردن دبی سیلاب روش های مختلفی وجود دارد. در مسیر گذر سیلاب ایستگاه ثبت دبی وجود نداشت. دو روش محاسباتی بر مبنای میزان بارش و روش تجربی بر مبنای مشاهدات و قضاوت



مهندسی را برای برآورد دبی سیلاب مورد استفاده قرار دادیم.



شکل ۹ مقطع ارتفاعی مسیر سیلاب در طول ۱۱۰۰ متری با ۵۵ متر اختلاف ارتفاعی ابتدا و انتهای مسیر، شیب متوسط مسیر سیلاب در یال شرقی بزرگراه، ۵٪ برآورد شده است.

در روش تجربی ارتفاع آب سیلاب در مسیری عبوری آن با توجه به مشاهده فیلم ها و ارتفاع آن نسبت به ماشین ها (شکل های ۱۰ و ۱۱) در چندین نقطه مسیر، بطور متوسط بین ۰.۵ تا ۰.۷۵ متر حدس زده شد (بطور متوسط). با توجه به سرعت و سطح مقطع مسیر سیلاب دبی متوسط حداقل بین ۵۰ تا ۷۵ متر مکعب بر آورد شد.

$$Q = A.V \quad Q(m^3/s), V(m/s), A(m^2)$$

$$Q = (20m * 0.75m) * 0.5m/s$$

$$Q = 7.5 m^3$$

اگر ارتفاع سیل را ۰.۵ متر در نظر بگیریم در آنصورت:

$$Q = A.V \quad Q(m^3/s), V(m/s), A(m^2)$$

$$Q = (20m * 0.5m) * 0.5m/s$$

$$Q = 5.0 m^3$$

دبی سیلاب ۵۰ متر مکعب بر ثانیه بدست می آید. اگر مدت زمان دوام سیلاب را حداقل حدود ۱۵ دقیقه در نظر بگیریم حجم آب سیلاب بطور تقریبی بین ۷۰۰۰۰ - ۴۵۰۰۰ متر مکعب برآورد می شود که معادل استخر آب بطول ۵۰۰ و عرض ۲۰ و



گزارش سیلاب ۹۸-۱-۵ دروازه قرآن شیراز/۱۰

پارامتر	محل وقوع	زمان وقوع	متوسط بارندگی روز تا سیلاب	مساحت حوضه	شیب متوسط حوضه	سرعت سیلاب در خروجی استخر	دبی سیلاب حداقل	حداقل حجم سیلاب
مقدار، نام	دروازه قرآن شیراز	۱۲:۱۰-۱-۵ ۱۳۹۸	۲۶.۹ میلیمتر	۲۴ کیلومتر مربع	۱۵٪	۵ متر بر ثانیه	۷۵-۵۰ متر مکعب در ثانیه	۴۵۰۰۰-۷۰۰۰۰ متر مکعب

جدول ۱ تعدادی از پارامترهای اصلی سیل دروازه قرآن ۱-۵-۱۳۹۸ شیراز (روش تجربی)



شکل ۱۰ از روی این عکس و عکس های مشابه دیگر ارتفاع آب حدود ۰.۵ متر برآورد شده است



شکل ۱۱ از روی این عکس و عکس های مشابه دیگر ارتفاع سیلاب در کف بلوار ۰.۷۵ متر برآورد شده است

حجم آب سیلاب در پائین دست به سمت شهر شیراز تا مسیر رودخانه خشک جریان داشته است و مسلماً اثرات آن در محدوده های ابتدائی بعد از دروازه قرآن بمراتب بیشتر بوده است. براساس مشاهدات میدانی

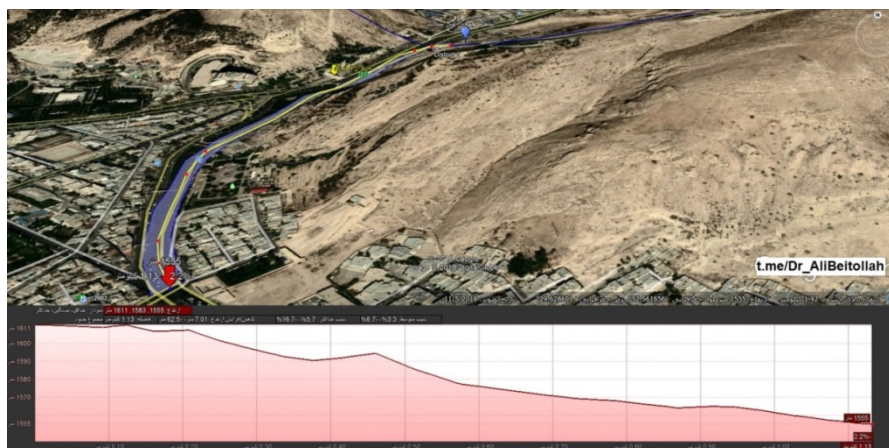


بیشترین اثر سیلاب از محدوده استخر تجمع آب و در امتداد باند شرقی بزرگراه شیراز تا سه راهی هفت تنان - آیت... ربانی بوده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ محدود اثر موثر سیلاب، از خروجی استخر تجمع آب تا سه راه هفت تنان- ربانی و در ادامه در امتداد بلوار هفت تنان و بسمت رودخانه خشک .

مقطع ارتفاعی مسیر شکل ۱۰ در شکل ۱۳ نشان داده شده است. شیب متوسط ۰.۵٪ برای مسیر قابل محاسبه است. اختلاف ارتفاعی در طول مسیر ۱۱۰۰ متری حدود ۵۵ متر می باشد.



شکل ۱۳ مقطع ارتفاعی مسیر حرکت سیلاب از بالا دست بسمت هفت تنان، شیب ۰.۵٪

همانطور که ذکر گردید از روی عکس ها و فیلم های متعدد موجود، ارتفاع سیلاب در کف باند شرقی بزرگراه شیراز- مروتشت بین ۰.۵ متر تا ۰.۷۵ متر برآورد گردید (شکل های ۱۰ و ۱۱).



۵- دلایل رخداد سیلاب ۹۸-۱-۵ شیراز

عوامل زیر بعنوان مهمترین دلایل رخداد و ایجاد سیل خسارت بار دروازه قرآن شیراز در روز ۹۸-۱-۵ ۱۳۹۸ معرفی می گردند. پس از تشریح آنها، به جمع بندی و معرفی اصلی ترین عامل بروز حادثه سیل پرداخته می شود.

۵-۱- شدت بارندگی و مقدار آن

مقدار و آهنگ بارندگی اصلی ترین نقش را در تشکیل دبی های بالا و با قدرت سیلابی مخرب دارند. مدت زمان دوام بارندگی شدید و همچنین بارندگی های قبلی که زمین را اشباع و پتانسیل تشکیل رواناب را فراهم می سازند از پارامترهای مهمی اند که شدت و مقدار سیلاب را تعریف می کنند. روز ۹۸-۱-۵ در تاریخ شیراز روزی فراموش نشدنی خواهد بود. در این روز در حوضه تنگ الله اکبر، بارندگی با ریتم خاصی شروع و ادامه یافت که سیلابی نظیر آن در این محدوده، حداقل ثبت دستگاهی نشده بود.

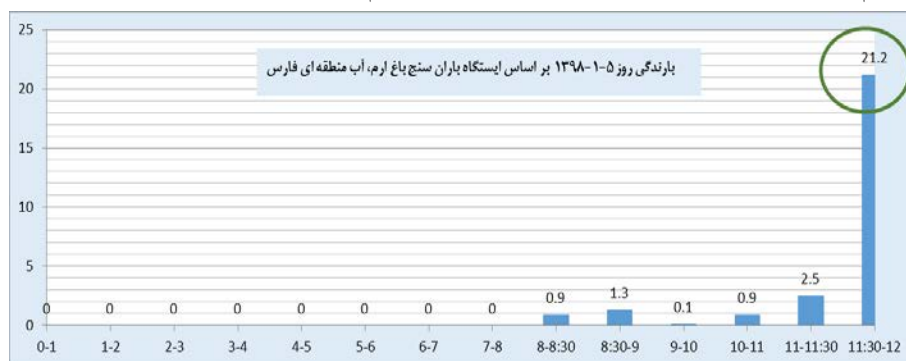
بر اساس ایستگاه و باران نگار مستقر در فرودگاه که نتایج آن در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شد، مشخص شد که شرایط اقلیمی فرودگاه نسبت به تنگ می تواند خیلی متغیر باشد. با حضور در محل حادثه و شرکت در جلسات مختلف استانی در روزهای پس از حادثه سیل، مشخص گردید که مناسب ترین داده ها، داده های مربوط به ایستگاه شرکت آب منطقه ای استان فارس می باشد که در مجاورت باغ ارم قرار دارد. در شکل ۱۴ موقعیت ایستگاه باران سنج شرکت آب منطقه ای استان فارس و فاصله سه کیلومتری آن از استخر تجمع آب نشان داده شده است. ایستگاه در جنوب غربی دروازه قرآن قرار گرفته و نزدیکترین ایستگاه به محدوده تنگ است. همچنین خصوصیات بارندگی کمابیش مشابهی را با حوضه تنگ الله اکبر دارد.

اطلاعات این ایستگاه مبنای کارهای بعدی در این نوشتار قرار گرفت. مقدار و نحوه تغییرات بارندگی و شدت آن قابل توجه است. اندازه گیری در این ایستگاه با فواصل در حد چند دقیقه، که بر اساس مقدار بارش، اینتروال زمانی ثبت نیز تغییر می کند، صورت گرفته است. در این بررسی بازه های زمانی را جهت ارائه شکلی گویاتر از چگونگی تغییر در شدت بارندگی ۳۰ دقیقه در نظر گرفتیم. همچنین تا زمان وقوع سیل که حدود ساعت ۱۲ ظهر روز ۹۸-۱-۵ بود، روی داده های نزدیک به این زمان متمرکز شدیم. در شکل ۱۵ نمودار مقادیر بارندگی از ابتدای روز ۹۸-۱-۵ تا ساعت ۱۲ که زمان رسید سیل به حوالی دروازه است نشان داده شده است.



شکل ۱۴ موقعیت ایستگاه باران سنج در حوالی باغ ارام شیراز

از شکل ۱۵ بوضوح استنباط می شود که پیک بارش در نیم ساعت آخر نمودار و بین ساعت ۱۱:۳۰ تا ۱۲ ظهر است. همچنین از شکل ۱۵ دریافت می شود که بارندگی رگباری و سیل آسا بصورت ناگهانی در منطقه شرایط اولیه لازم را برای تشکیل رواناب و جریان سیلابی فراهم نموده است.



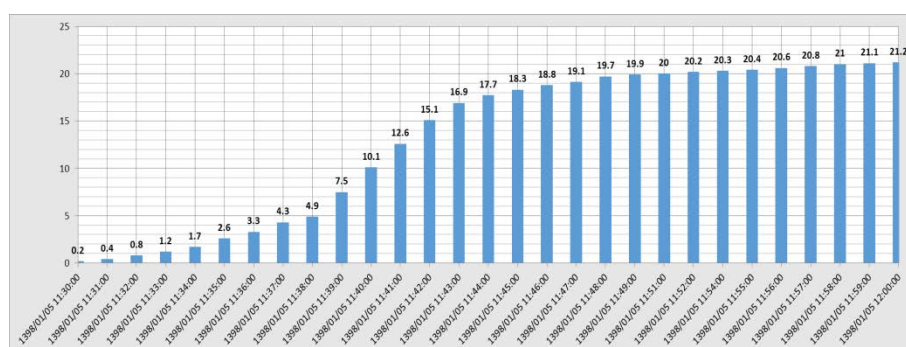
شکل ۱۵ تغییرات بارندگی و شدت آن در ایستگاه باغ ارام (آب منطقه ای فارس)

بازه زمانی ۱۱:۳۰ تا ۱۲ نیز در داخل خود حاوی اطلاعات قابل ملاحظه ای است. با باز کردن بازه زمانی نیم ساعته در نمودار می توان دقایق شدت بارش و تغییرات شدت را از هم جدا نمود. بر اساس نداشت های لحظه ای این ایستگاه شکل ۱۶ برای بازه زمانی ۱۱:۳۰ - ۱۲ تهیه شده است. این نمودار و مقادیر عددی آن مهم هستند. مقادیر بارش در آن بصورت تجمعی و تنها برای بازه زمانی نیم ساعته می باشد. از شکل ۱۶ می توان دریافت که بازه زمانی بین ۱۱:۳۵ تا ۱۱:۵۰ (بمدت زمانی ۱۵ دقیقه) اصلی ترین بار بارش در منطقه بوده است. بالاترین نرخ شدت نیز در همین بازه زمانی است و می توان مدت دوام سیل را از روی همین نمودار بارندگی حدود ۱۵ دقیقه حدس زد.

در بازه ۱۱:۳۵ تا ۱۱:۵۰ مقادیر تجمعی بارش (که ابتدای ساعت ۱۱:۳۰ عدد صفر فرض شده است) از ۲.۶ به عدد ۲۰ میلی متر می رسد. این مقدار چندین برابر میانگین بارش روزانه منطقه است. حوضه آبریز سیلاب ۵-۱-۹۸ دروازه قرآن شیراز، بر اساس شکل ۵ حدود ۲۴ کیلومتر مربع بدست آمده (که عدد دقیق مدلسازی شده ی آن ۲۳.۱ کیلومتر مربع است) چنانچه فرض شود که بارندگی های ابتدای روز و ساعات های قبل از ۱۱:۳۵ و بخش مهمی از بارندگی رگباری از مقدار ۲۰ میلی متر بارندگی، صرف جذب و اشباع و پر کردن



محدوده موضعی پست و مواردی نظیر اینها گردیده، باز می توان به حجم قابل ملاحظه ای از بارش که در این حوضه رواناب و سیلاب را تشکیل داده و پائین دست حوضه سرازیر شده است، پی برد. واضح است که در صد عمده ای از این حجم نیز در نقاط موضعی پست تر حوضه می ماند، علاوه بر آن نفوذ و کاهش مقدار آب بدلائل مختلف نیز اتفاق می افتد. همچنین بدینصورت نیست که در همه نقاط حوضه ارتفاع حدود ۲۰ میلی متری بارندگی رخ داده باشد و لذا درصد قابل توجهی از این مقدار ارتفاع بارندگی کسر می گردد. با اینوصف انتظار می رود که لوله خروجی استخر بتواند سهم قابل توجهی از حجم آب ورودی را جمع و از خروجی حوضه خارج نماید. سرریز شدن و جاری شدن حجم وسیع از آب در باند شرقی بزرگراه مرو دشت نشان از آن دارد که این کار اتفاق نیفتاده است. در ادامه این نوشتار به عملکرد استخر تجمع آب سیلاب پرداخته خواهد شد.



شکل ۱۶ تغییرات بارندگی و شدت آن در بازه زمانی ۳۰ دقیقه ای از ۱۱:۳۰ تا ۱۲:۰۰ روز ۱۳۹۸-۱-۵ در ایستگاه باغ ارم شیراز (آب منطقه ای استان فارس)

۵-۲- شیب حوضه سیلاب

شیب حوضه سیلابی در مدت زمان شکل گیری رواناب نقش عمده ای دارد. همراه با شدت بارش اگر شیب حوضه تند باشد، زمان تمرکز کوتاهتر و از طرفی سرعت و قدرت تخریبی سیل بالا می رود. در پروفیل های شمال شرق - جنوب غرب در طول حوضه سیلاب تنگ و در یک پروفیل در امتداد جاده شیب متوسط مسیرها بدست آمد که در شکل ۱۷ بطور جمعی نشان داده شده است. بر اساس مقاطع ارتفاعی جدول ۳ برای تغییرات شیب متوسط حوضه در امتداد پروفیل ها بترتیب از شرق به غرب تهیه شد. در نهایت شیب متوسط حوضه با در نظر گرفتن نسبت مساحت محدوده تغییرات شیب عدد ۱۵٪ در نظر گرفته شد.



جدول ۳ مقادیر شیب حوضه سیلاب تنگ الله اکبر شیراز

میانگین پروفیل، درصد	متوسط بیشینه، درصد	متوسط کمینه، درصد	پروفیل
۱۳.۵	۱۷	۱۰	۱
۱۵.۲۵	۱۶.۵	۱۴	۲
۱۴.۲۵	۱۶	۱۲.۵	۳
۱۴.۵	۱۶	۱۳	۴
۱۶.۴	۱۸	۱۴.۸	۵
۳۸۵	۵	۲.۷	۶
۱۲.۹۶	۱۴.۷۵	۱۱.۱۷	مقدار میانگین
۱۵٪			
میانگین در نظر گرفتن ضریب وزنی مساحتی			

با توجه به شیب تند حوضه و به تبع آن سرعت بالای حرکت جریان آب، زمان تمرکز کوتاه تر و فرصت تخلیه آب تجمع یافته در استخر آب واقع در انتهای حوضه بمراتب کمتر خواهد بود. لذا در طراحی قطر لوله خروجی آب تجمع یافته در استخر باید این مورد مد نظر قرار می گرفت.

زمان تمرکز برای حوضه سیلاب ۵-۱-۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز برای طولانی ترین آبراهه حوضه و بر اساس دو رابطه معروف کریپچ و کالیفرنیا بقرار زیر تعیین می شود:

کریپچ	$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385}$	$T_c = \text{زمان تمرکز (دقیقه)}$ $L = \text{طول آبراهه اصلی (متر)}$ $S = \text{شیب متوسط حوضه (متر/متر)}$
کالیفرنیا	$T_c = \left(0.0118 \frac{L^2}{H} \right)^{0.385}$	$T_c = \text{زمان تمرکز (ساعت)}$ $L = \text{طول آبراهه اصلی (کیلومتر)}$ $H = \text{اختلاف ارتفاع بین پایین ترین و بالاترین نقطه حوضه (متر)}$

$$T_c = 53 \text{ min} = \text{رابطه کالیفرنیا} = (0.0118 * L^2 / H)^{0.385}$$

$$T_c = 43 \text{ min} = \text{رابطه کریپچ} = 0.0195 * L^{0.77} S^{-0.385}$$

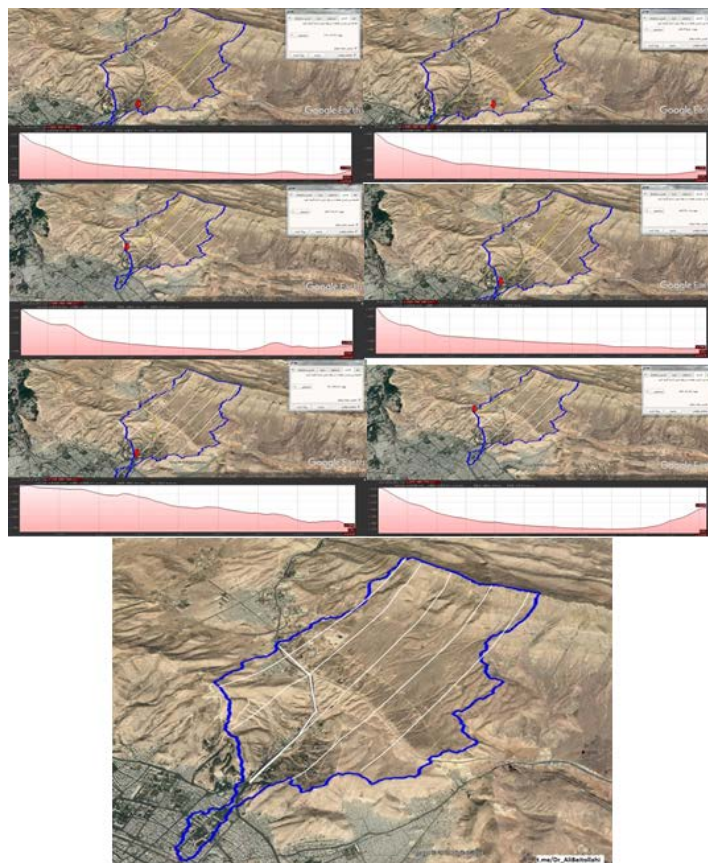
روابط فوق روابط تجربی اند و بر اساس داده های مناطق دیگری تهیه شده اند. مسلماً این روابط دقت خیلی بالائی را ندارند، اما در اغلب طراحی ها و بررسی ها بوفور مورد استفاده قرار می گیرند.

براساس مقادیر بارندگی شدید شکل ۱۶، شروع ساعت ۱۱:۳۵ و اتمام ۱۱:۵۰ (بازه زمانی بارش شدید) هر دو عدد بدست آمده از روابط فوق الذکر دقت نسبتاً قابل قبولی را دارند و با توجه به ورود سیل در ساعت ۱۲:۱۰ به دروازه قرآن، رابطه کریپچ مناسب تر تشخیص داده شد.

بنابراین بر اساس محاسبه ساده فوق، برای بارش سیل آسای ساعت ۱۱:۳۵ تا ۱۱:۵۰ دقیقه در حوضه تنگه



حداکثر ۴۵ دقیقه زمان برای تمرکز و تشکیل دبی بیشینه نیاز بوده است که البته قبل از رسیدن به این زمان، استخر تجمع آب پر و سرریز می کند که در ادامه حجم سیلاب بیشتر نیز می گردد این امر با واقعیت رخ داده در منطقه نیز تا حدودی تطابق دارد. این زمان از نظر زمان لازم برای تخلیه آب تجمع یافته در استخر بسیار مهم و کلیدی است. نکته مهم اینست با چه دبی تخلیه باید انجام می گرفت و برای آن دبی تخلیه، چه قطر لوله لازم بود؟.

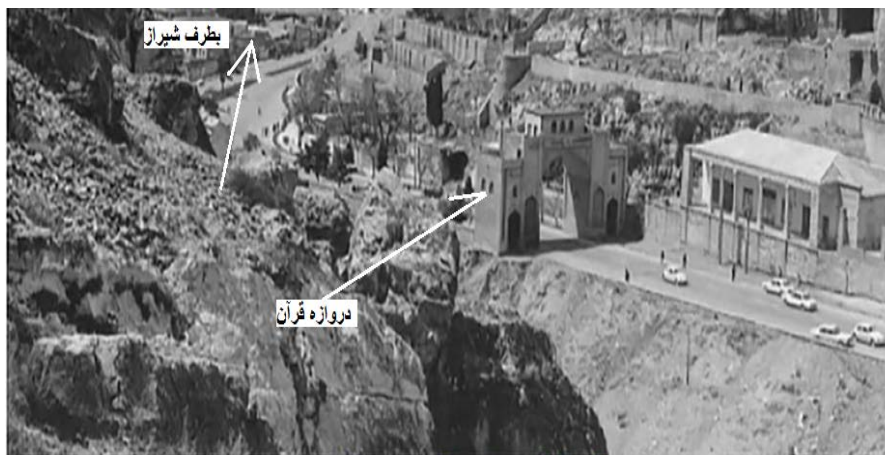


شکل ۱۷ پروفیل های ارزیابی شیب حوضه در نقاط مختلف آن

۵-۳- پر کردن مسیل تنگه و عدم توانائی خروجی استخر تجمع برای انتقال آب

ضرورت دارد مقدمه ای بر تغییراتی که در مسیر تنگه الله اکبر و آبراهه بزرگ آن، در این نوشتار آورده شود. این تغییرات حاصل گسترش شهر شیراز، افزایش بار ترافیک، تعداد جمعیت، توسعه شهر و الزاماتی که اجباراً در پی آن بوجود می آید، بوده است.

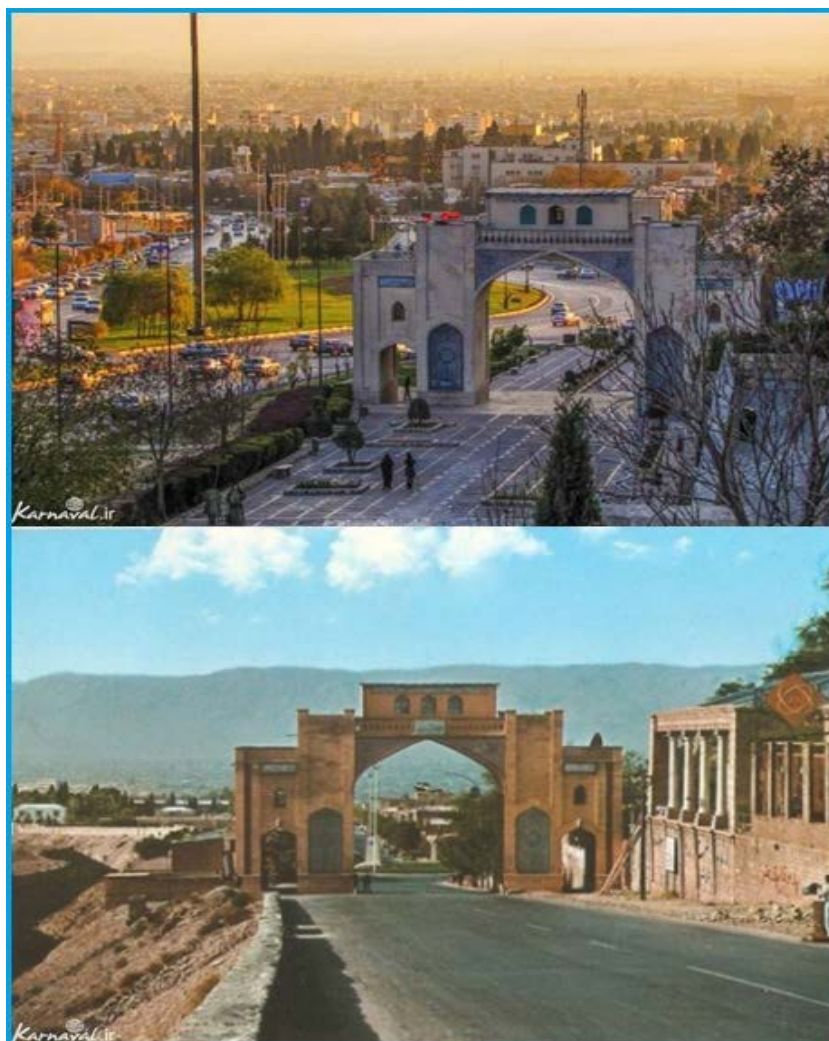
مسیر دروازه اصفهان شیراز، سمتی که هم اکنون بزرگراه شیراز - مرودشت از سوی شرقی عمارت دروازه قرآن رد می شود، پیشتر به شکل ۱۸ بود. تردد از زیر طاق دروازه انجام می شد و سمت شرقی آن آبراهه بزرگی بود که آب های فصلی و سیلاب ها را بسمت جنوب تا رودخانه خشک هدایت می کرد (مسیر رودخانه آب زنگی).



شکلی از دروازه قرآن - دهه ۵۰ خورشیدی

شکل ۱۸ مسیر آبراهه سمت شرقی عمارت دروازه قرآن با شیبی بسمت شهر شیراز تا مسیر رودخانه خشک که از شمالغرب به جنوب شرق از داخل شهر بسمت دریاچه مهارلو امتداد دارد و کلیه خروجی آب های شیراز از این مسیر است.

با گسترش شیراز و افزایش بار ترافیکی ورودی و خروجی شهر از سمت اصفهان، پهنای دروازه قرآن، امکان تردد همزمان چندین خود رو در مسیرهای ورودی و خروجی را نمی داد و لذا مشکلات ترافیکی زیادی بوجود می آمد. ایده ای که استفاده شد هموار کردن آبراهه پهن واقع در شرق عمارت دروازه قرآن بود (شکل ۱۹، دوعکس قبل و بعد از پرکردن دره کنار دروازه قرآن). مسیر تقریبی آبراهه شرقی دروازه، در ادامه به بطور شماتیکی که در شکل ۲۰ نشان داده شده است، در غرب ترمینال کاراندیش به رودخانه خشک شیراز با امتداد شمال غرب - جنوب شرق وصل می شود. تا اواخر دهه ۶۰ ساکنان شیراز در راستای این مسیر دره ای به عمق تقریبی ۱۰ متری را می دیدند که مسیر سیلاب های مقطعی و گذر آبراهه قدیمی بود. در امتداد این مسیر به محله ای از شیراز سیل آباد نیز نام نهاده شده بود که در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۹ دو عکس از دروازه قرآن (بالا پس از پر کردن آبراهه شرقی و پائین پیش از آن، در این عکس ها به جنوب، بسمت شیراز نگاه می کنیم)

در اواخر دهه ۶۰ ابتدا با هموار کردن دره شرق دروازه قران تا بلوار چهل مقام، لوله استوانه ای بقطر ۱.۵ متر جهت انتقال آب های باران و رودخانه آب زنگی از تنگ به سمت رودخانه خشک کار گذاشته می شود. قطر دهانه لوله در استخر تجمع آب توسط همکاران تهیه کننده این گزارش اندازه گیری شد که برابر ۱.۵ متر می باشد. امکان دارد در نقشه های طراحی مقادیر دیگری قید شده باشد که عدد ۱.۵ متری درست می باشد (اندازه گیری شده است).



در ادامه با تعبیه کالورت های با سطح مقطع مربعی (بر اساس گفته شاهدان محلی) آبراهه عبوری از شمال به جنوب شهر تا مسیر رودخانه خشک نیز پر می شود. لازم بذکر است که بنا به گفته اهالی، از محله سعدیه نیز به همین روش لوله ای دیگر به لوله مذکور متصل می شود. بنابراین آبراهه طبیعی که برای خروج آب سیلاب بطور طبیعی درست شده بود، پر و با قرار دادن لوله های در زیر و پوشاندن روی آن از مساحت بوجود آمده استفاده بعمل می آید.



شکل ۲۰ مسیر آبراهه قدیمی که به تنگه الله اکبر و حوضه آبریز رودخانه زنگی منتهی می شده است، و همچنین مسیر فعلی لوله گذاری برای انتقال آب سیلاب ها (این نقشه کاملاً تقریبی است و برای کارهای مهندسی و ... قابل استناد نیست)

۵-۳-۱- استخر تجمع آب و مشخصات آن

یکی از تمهیداتی که با پر کردن و هموار نمودن آبراهه کنار دروازه قرآن برای گذر آب و سیلاب در مسیر رودخانه آب زنگی و تنگه الله اکبر اندیشیده شده بود، احداث استخر تجمع آب بود. این استخر خصوصیات استخر یا حوض آرامش را ندارد و لذا در این گزارش بنام استخر تجمع آب نامیده می شود. در شکل ۲۱ ابعاد و مساحت این استخر نشان داده شده است که در امتداد شرقی مسیر شیراز - مرودشت واقع شده و در واقع به همین دلیل هم سیلاب و اثرات زیانبار آن در باند شرقی این جاده رخ داد (در اثر سرریز شدن سیلاب از این استخر).



شکل ۲۱ ابعاد و مساحت استخر تجمع آب حوضه تنگه

مختصات جغرافیائی این استخر بطول ۵۲.۵۶۴۲ و عرض ۲۹.۶۳۷۶ و در ارتفاع ۱۶۱۰ متری است (مختصات دیواره پائین دست). با توجه به ارتفاع دیواره های استخر، برای اندازه گیری حجم دقیق آن، مساحت تجمع آب را به دو قسمت جدا کردیم. بخش اصلی استخر دارای مساحت حدود ۴۴۰۰ متر مربع و بخش بالادستی و کوچکتر و کم ارتفاع تر حدود ۱۷۰۰ متر مربع مساحت دارد. در شکل ۲۲ عکس هائی از دیواره های استخر نشان داده شده است.



شکل ۲۲ عکس هائی از استخر تجمع آب حوضه سیلاب دروازه قرآن شیراز

با در نظر گرفتن عمق از ۱.۵ متر تا ۴ متری در امتداد استخر حجم استخر حدود ۱۵۰۰۰ متر مکعب برآورد شده است (در برخی محدوده های کف استخر، نهشته های گل و لای ضخامت قابل توجهی را داشتند و این امر از ابعاد حجم استخر می کاهد). این حجم از استخر با سیلاب لحظه ای روز ۵-۱-۱۳۹۸ پر و احتمالاً بخشی از آن از طریق لوله انتقال به رودخانه خشک منتقل ولی بخش عمده آن سرریز کرده و متاسفانه سیل مخرب با تلفات جانی ۲۱ نفره را در روزهای آغازین سال ۱۳۹۸ به دنبال داشت. در ادامه به نقش استخر در کنترل سیلاب و سناریوی های مختلف عملکردی آن اشاره خواهد شد. ملاحظه می شود که در داخل دیوار، اثری از دیوارهای قائم، رسوبگیرها و مواردی که بتوان به آن استخر آرامش نام گذاشت دیده نمی شود. سیلاب با تمامی محتویات و بار خود مستقیم به منفذ خروجی واقع در کف استخر برخورد می کند و در

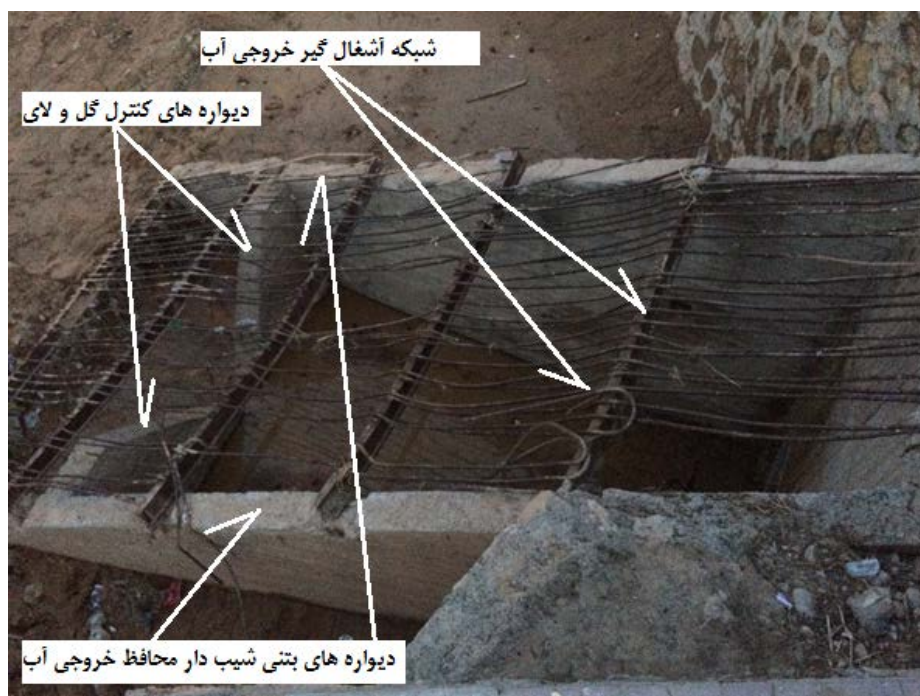


چنین حالتی احتمال گرفتگی دهانه خروجی آب بالاست. لازم بذکر است که در روز بعد سیلاب، گل و لای زیادی در کف استخر رسوب کرده بود. ضرورت احداث بندهای رسوبگیر در بالادست و نیز احداث دیواره ها و نرده کشی در داخل استخر کاملاً مشهود است.

مقدار ۱۵۰۰۰ متر مکعب حجم آب با دبی خروجی ۱۲ مترمکعب در ثانیه، در حدود ۲۱ دقیقه بطور کامل تخلیه خواهد شد و با همان دبی و در طول همان زمان نیز در صورت بسته بودن منفذ خروجی استخر، لبریز می شود. در حالت بینابینی نیز مدت زمان به همان نسبت زیاد خواهد گردید. این نکته در بازدیدهای روز بعد سیل که استخر تا ارتفاع ۲ متری آب داشت، قابل تامل است (شکل ۲۴ در ادامه مطلب).

۵-۳-۲- لوله انتقال آب

در کف استخر و در پائین دست آن (ضلع جنوب غربی) لوله ای جهت خروج آب تعبیه شده که امر انتقال آب از استخر را تا رود خشک شیراز در طول تقریبی ۳ کیلومتری برعهده داشته است (شکل ۲۳).



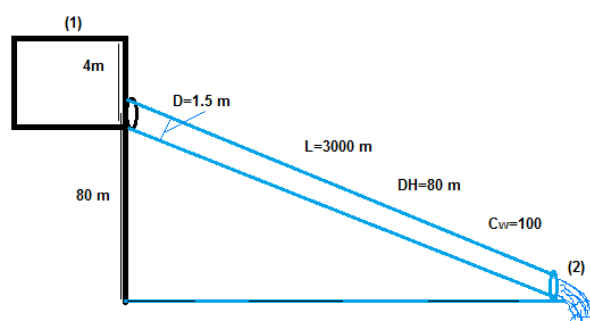
شکل ۲۳ موقعیت و شکل نقطه خروجی آب

بر اساس بازدید و اندازه گیری که توسط ما در محل انجام شد (عکس های شکل ۲۴) قطر لوله ۱.۵ متر و از نوع بتنی است.



شکل ۲۴ اندازه گیری سائز لوله انتقال آب توسط همکاران تهیه این گزارش

جهت محاسبه دبی خروجی آب از سطح مقطع این لوله از روابط بر اساس اصل انرژی کمک گرفته شد. اختلاف ارتفاعی بین ابتدای لوله در استخر (۱۶۱۰ متر) تا خروجی آن (۱۵۲۷ متر) در رودخانه خشک حدود ۸۰ متر می باشد. طول لوله بین این دو نقطه در حدود ۳۰۰۰ متر است. محاسبه افت طبق رابطه هیزن ویلیامز انجام شد و بر این اساس مقدار Q برابر $11.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ (در اینجا ما ۱۲ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفته ایم). تاکید می شود این مقدار از سیلاب در مطلوب ترین وضعیت لوله و مسیر می تواند از طریق آن تخلیه گردد. در عمل دبی لوله در حد ۱۰ متر مکعب در ثانیه باید در نظر گرفته شود.



$$Q = 11.6 \text{ m}^3/\text{sec}$$

با توجه به روابط و محاسبات مذکور، در یک برآورد خوش بینانه و تقریبی دبی خروجی را در صورتی که ورودی لوله با بار سیلاب مسدود نشده باشد، ۱۲ متر مکعب در ثانیه در نظر گرفته ایم (با این فرض که نشان داده شود حتی در بهترین شرایط هم قطر لوله کافی نبوده است). با مشاهدات میدانی مشخص شد که احتمال



مسدود شدن دهانه لوله و مش جلوی آن با اجسام و زباله ها و آشغال های پیشانی سیلاب بسیار زیاد است. همچنین ممکن است مسدود شدن بطور کامل اتفاق نیفتد اما دبی کمی از آب از طریق چنین سیستمی خارج گردد. احتمال دیگر مسدود شدن لوله در طول مسیر است.

بررسی ها میدانی، مشاهده فیلم های خبرگزاری ها و اطلاعات عموم مردم نشان می دهد که لوله منتقل کننده آب استخر به رود خشک از دهانه و احتمالاً در طول مسیر آب را نتوانسته است به راحتی عبور دهد (شکل های ۲۴-۲۶). در گزارشی که روز بعد حادثه از محل استخر یکی از خبرگزاری ها منتشر کرده است، انباشتگی آب در استخر و وجود بیل مکانیکی و کارگرانی که دهانه لوله را باز می کنند مشهود است. لازم بذکر است که با در نظر گرفتن حجم استخر ۱۵۰۰۰ متر مکعب و دبی خروجی لوله تخلیه ۱۲ مترمکعب بر ثانیه، مدت زمان لازم برای تخلیه استخر برابر:

$$15000/12 = 20.8 \text{ min}$$

بعبارت دیگر، ۲۱ دقیقه وقت لازم بوده تا استخر با دبی ۱۲ مترمکعب در ثانیه بطور کامل تخلیه شود. بارندگی های ساعات بعد سیلاب و حتی روز بعد نیز نمی توانسته بجز چند دقیقه، تاخیر در تخلیه کامل استخر بوجود آورد. در حالیکه آب باقی مانده در استخر تا روز بعد بوضوح بیانگر مسدود بودن لوله یا خروج با دبی بمراتب پائین سیلاب از استخر است.

همانگونه که در عکس های استخر می توان مشاهده نمود و نیز بر اساس چند نوبت بازدید میدانی، مشخص شد که در بالادست مسیر، بندهای تاخیری و رسوبگیر احداث نشده است. در حوض استخر نیز موانع برای رسوبگیری و کاستن سرعت سیل ورودی به استخر و آرامش آب اجرا نشده است. در همان لحظات ابتدایی سیلاب، پیشانی آن که حاوی مواد جامد و شاخ و برگ و آشغال های موجود در مسیر آبراهه رودخانه آب زنگی بوده، محل خروج و تخلیه آب استخر را فرا گرفته و آن را تا حد قابل ملاحظه ای مسدود نموده است. این امر از عکس و فیلم های گزارش سیلاب دروازه قرآن بطور واضحی قابل استنباط است.



شکل ۲۵ تخلیه نشدن استخر در روز بعد سیل ۵-۱-۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز نشان از مسدود بودن دهانه لوله دارد



شکل ۲۶ حضور بیل های مکانیکی و برداشتن آشغال ها و بازکردن ورودی لوله در داخل استخر بعد از رخداد سیل (عکس از همکاران تهیه کننده این گزارش)

عکس ۲۷، مربوط به روز حادثه است. هنوز سیلاب به منطقه عکسبرداری شده نرسیده است. لحظاتی بعد در فیلم مشخص است که سیلاب این منطقه را فرا می گیرد. قبل از سیلاب در نقطه ای که زیر تابلو "پارکینگ عمومی" است، آب گل آلود نظیر چشمه ی گل فشان بالا می زند. این نقطه مسیر جوب کناری خیابان و پل روی آن است که مسدود بوده و ابتدای سیل از همین مسیر بوده است.

هر چند که مسدود بودن لوله ولو نه بطور کامل، مشخص است، اما در صورتی که لوله مسدود هم نبود باید بررسی شود که آیا این قطر از لوله که حداکثر یک متر و نیم است، می تواند کل آب ورودی یا درصد عمده ای از آن را از استخر تجمع آب به سمت رودخانه خشک منتقل نماید؟. در ادامه در این خصوص بر



مبنای محاسبات مطالبی ذکر خواهد شد.

لازم بذکر است که آنچه در برخی منابع و خبرها گفته شده است دو خط لوله امر انتقال آب را از استخر بر عهده دارند، صحت نداشته و فقط یک خط لوله در مسیر اجرا شده است و قطر آن هم حداقل در مبدا و استخر، که مقطع ورودی و اصلی ترین بخش انتقال سیلاب است، حداکثر ۱.۵ متر است که توان خروج حداکثر ۱۲ متر مکعب در ثانیه را در شرایط مطلوب و نرمال می تواند داشته باشد.



شکل ۲۷ فوران آب سیلاب در مسیر جوب کنار بزرگراه (نقطه در ۲۸۰ متری دروازه قرآن و در مجاورت پارکینگ خودرو و خودپرداز بانک شهر واقع شده است، عکس بالا فوران آب سیلاب و پائین مختصات نقطه)

۵-۳-۳- حجم سیلاب ورودی به استخر

در شکل ۵ بر اساس نقشه های DEM منطقه با دقت ۱۰ متر، مساحت حوضه آبریز که حدود ۲۴ کیلومتر



مربع برآورد شده بود نشان داده شده است. همچنین بر اساس آمار بارش که در نزدیکترین ایستگاه به حوضه بدست آمده است و در شکل های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است، مقادیر بارندگی نشان داده شده است. اگر فرض شود که بارندگی های تا ساعت ۱۱:۳۵ دقیقه، محیط و سطح حوضه را مرطوب و اشباع نموده است و تنها بارش از ساعت ۱۱:۳۵ تا ۱۱:۵۰ رواناب حوضه را تشکیل داده که ارتفاع آن ۲۰ میلی متر است، حجم وسیع و ناگهانی را می توان برآورد کرد که بر حوضه آبرگیر تنگ الله اکبر باریده و بخشی از آن تبدیل به رواناب شده و بسمت استخر سرازیر شده و سپس با سرریز شدن از آن، سیلاب روز ۵ فروردین تشکیل داده است. حجم تقریبی آب بارندگی بر این اساس:

$$V=A*h$$

$$V=24,000,000(m^2)*0.2=4800000 m^3$$

این حجم آب معادل آب استخری بطول ۴۸۰ و عرض ۱۰۰ و ارتفاع ۱۰ متری است که در مدت خیلی کوتاه ۱۵ دقیقه ای (از ساعت ۱۱:۳۵ تا ۱۱:۵۰) بر روی حوضه تنگه باریده و سپس با احتساب روابط زمان تمرکز، آب ورودی به استخر و دروازه قرآن جاری شده است. لازم بذکر است که ارتفاع بارندگی در کل حوضه یکنواخت نبوده و عدد ۴۸۰,۰۰۰ متر مکعب عدد واقعی نمی تواند باشد و فقط برای ارائه تصویری از حجم آب باران در چنین بارندگی سیل آسا محاسبه گردیده است.

در بالا دست استخر تجمع آب، مسیر رودخانه آب زنگی قرار گرفته که از نام روستائی به همین نام گرفته شده است. این مسیر با تبعیت از شیب دره و تنگه به سمت دروازه قرآن و مسیل قدیمی جنب دروازه می شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸ مسیر رودخانه زنگی در بالادست استخر

روستای آب زنگی در مجاورت جاده مروودشت و در فاصله حدود ۱۳۰۰ متری در بالادست استخر تجمع آب قرار دارد. در تقاطع راه این روستا با مسیر رودخانه آب زنگی دو کالورت بتنی با مقطع مربعی جهت عبور آب قرار داده شده است که نقش پل راهی را بر عهده دارد (شکل ۲۹).



شکل ۲۹ موقعیت روستا و رودخانه آب زنگی و پل آن نسبت به استخر تجمع آب

در موقع بارندگی سیل آسا که منجر به ایجاد سیل در دروازه قرآن گردید، عکس و فیلم هائی توسط ساکنین روستا از گذر آب ناشی از بارش رگباری گرفته شده که حاوی نکات فنی مهمی است. در شکل ۳۰ بخش عمده ای از سطح مقطع هر دو کالورت بتنی لبریز از آب و با سرعت و فشار خیلی زیاد هستند.



شکل ۳۰ گذر آب از یک جفت کالورت بتنی هر کدام به ابعاد ۲ در ۲ متر در جاده روستای آب زنگی دبی آب خروجی از دهانه های این کالورت ها با توجه به سرعت آب (که در فیلم قابل برآورد چشمی است) حدود ۶۰ مترمکعب در ثانیه حدس زده می شد (سرعت آب ۱۰ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است).

با توجه به ابعاد کالورت ها، دبی خروجی آب حدود ۵۰ تا ۶۰ متر مکعب در ثانیه در نظر گرفته می شود. این حجم از آب با اندکی افت و کاهش، در نهایت به استخر آب واقع در پائین دست تنگه منتهی شده که در نهایت سیلاب را شکل داده است.

۵-۳-۴- خروجی آب از استخر و مدلسازی های انجام یافته

حجم استخر تجمع آب حدود ۱۵۰۰۰ متر مکعب برآورد شد. با دبی آب ورودی در حد ۵۰ تا ۶۰ متر مکعب، در صورت مسدود بودن لوله انتقال، حجم استخر در حدود ۴ تا ۵ دقیقه پر و سرریز خواهد شد. در صورتی که لوله انتقال آب مطلوب کار کند، همانطور که گفته شد ۱۲ متر مکعب آب را در یک ثانیه می تواند تخلیه کند. در این حالت با کسر این مقدار از دبی ورودی می توان بطور تقریبی زمان سرریز شدن استخر و حجم دبی سرریز را که همان سیلاب جاری شده در کف باند شرقی بزرگراه شیراز مرودشت است،



بدست آورد.

اگر فرض شود بطور میانگین در مدت زمان ۱۵ دقیقه دبی سیلاب ورودی ثابت و برابر ۵۰ متر مکعب بر ثانیه باشد، در اینصورت در حالت مسدود بودن لوله انتقال، ۵ دقیقه طول خواهد کشید تا استخر تجمع آب پر و سپس سرریز گردد و سیلاب با دبی ۵۰ متر مکعب در ثانیه را شکل دهد. با دبی ۵۰ متر مکعب در ثانیه و در حالت باز بودن لوله انتقال و کارکرد مطلوب آن، ۱۵ دقیقه زمان برای تجمع آب و تشکیل سیلاب وقت لازم خواهد بود که در نهایت نیز سیلابی با دبی ۳۸ متر مکعب در ثانیه را ایجاد خواهد نمود.

برآورد تجربی ما، هم بروش چشمی و مشاهده حجم آب خروجی نشان می دهد که دبی سیلاب در بازه زمانی ۱۵ دقیقه ای حدود ۵۰ مترمکعب در ثانیه بوده است. لذا می توان استدلال کرد که دبی ورودی آب به استخر نیز حدود ۵۰ متر مکعب بر ثانیه بوده است که توانست چنین سیلابی را ایجاد نماید. مفهوم این جمله اینست که علاوه بر ناکافی بودن قطر لوله انتقال آب، این لوله مسدود نیز بوده است. برآورد ما این است که با توجه به شکل و طراحی استخر، سرعت و قدرت سیل که یک flash flood کامل بوده، لوله انتقال در خروج آب، بدلیل گرفتگی آن با انواع اجسام و بارجامد سیلاب، بطور مطلوب عمل نکرده است. این عامل شکل خروج سیلاب از استخر را تنظیم و موجب تشکیل سیلاب شده است.

۶- مدلسازی سیلاب بر اساس داده ها و اطلاعات

جهت ارزیابی های دقیق تر سیل دروازه قرآن با توجه به اهمیت بالای حوضه آن که در مجاورت کلانشهری مانند شیراز قرار گرفته، داده های با ارزشی جمع آوری شد و بر پایه محیط GIS و نرم افزارهای تخصصی با روش های مطرح و رایج دنیا مدلسازی دقیقی از حوضه سیلاب و رواناب آن بعمل آمد. شبیه سازی با استفاده از نرم افزار HEC-HMS انجام گرفت؛ این نرم افزار، یک نرم افزار مدلسازی هیدرولوژیکی از نوع شبیه سازی است. همچنین در این نرم افزار در راستای افزایش دقت اطلاعات ورودی از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، خصوصیات منطقه مورد مطالعه را با دقت مضاعف استخراج می شود. در مطالعه حاضر بر روی سیل شیراز ابتدا مدل مفهومی و اطلاعات حوضه و زیرحوضه ها توسط نرم افزار HEC-GeoHMS استخراج شده و سپس وارد مدل HEC-HMS گردید و با توجه به وضعیت حوضه و آمار و اطلاعات موجود از روش هیدروگراف واحد (SCS (Soil Conservation Service Unit Hydrograph جهت تخمین رواناب سطحی و بارش موثر و تلفات که بر اساس روش (CN Curve Number) است استفاده شد. برای مدل سازی فرآیند بارش - رواناب با استفاده از نرم افزار HMS - HMS لازم است که سه مدل شامل مدل حوضه، مدل هواشناسی و مدل مشخصات کنترل تعریف شوند.



❖ مدل حوضه، در این مدل:

- شمای کلی حوضه و نحوه ارتباط زیرحوضه ها
- خصوصیات زیرحوضه ها نظیر مساحت و شیب، نوع مدل سازی هیدروگراف، تلفات زیرحوضه ها و جریان پایه

- خصوصیات آبراهه ها نظیر میزان تلفات و روش روندیابی آبراهه ها
- خصوصیات محل های کنترل جریان تعریف و به نرم افزار معرفی می شوند.

❖ مدل هواشناسی، در این مدل:

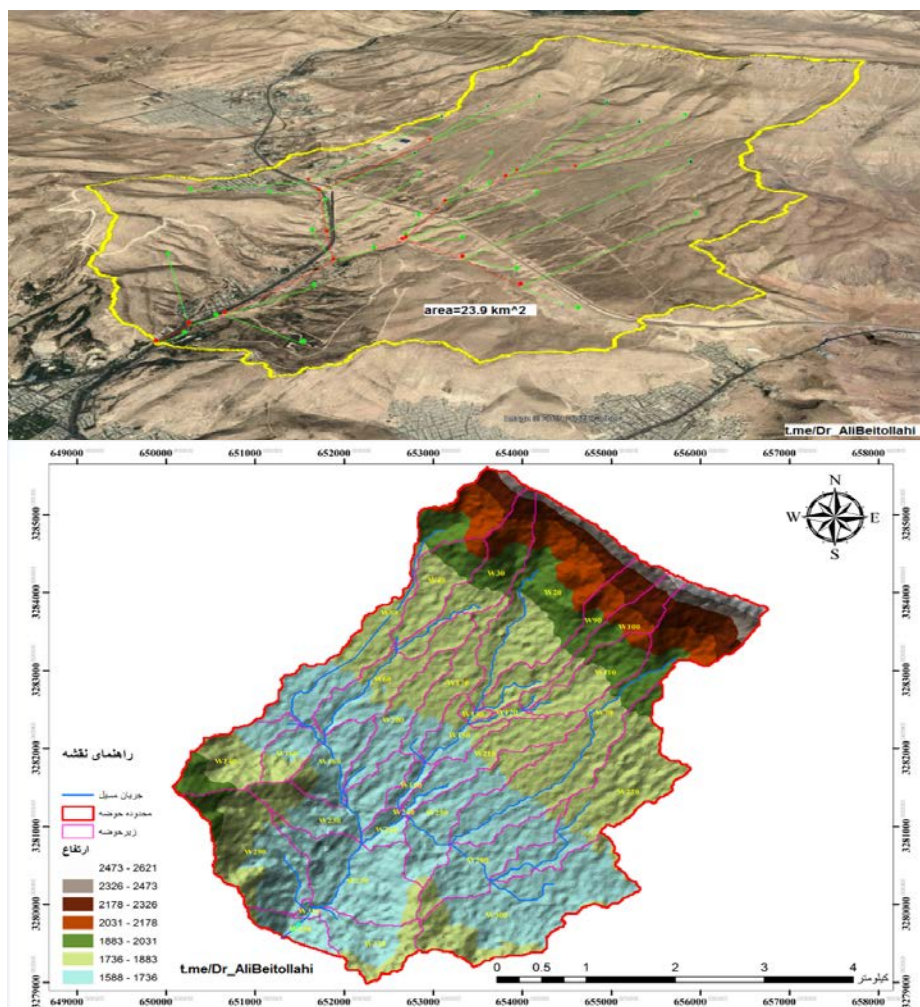
- ایستگاه های هواشناسی (بارش) و مقدار بارش در هر ایستگاه
- روش اثر گذاری مقدار بارش هر ایستگاه بر میزان رواناب هر زیر حوضه مانند روش وزنی یا عکس فاصله و .. تعیین و به نرم افزار معرفی می شوند.

❖ مدل مشخصات کنترل، در این مدل، زمان اجرای برنامه شامل:

- زمان شروع و پایان مدل سازی
 - گام های زمانی مدل سازی تعیین و به نرم افزار معرفی می شود.
- لازم به ذکر است که مدلسازی و محاسبات بر اساس اطلاعات بارش ایستگاه باران سنج واقع در اداره کل آب منطقه ای استان فارس که نزدیک ترین ایستگاه به حوضه سیلاب دروازه قرآن است انجام شده است که در ادامه به تعدادی از دستاوردهای آن اشاره می شود.

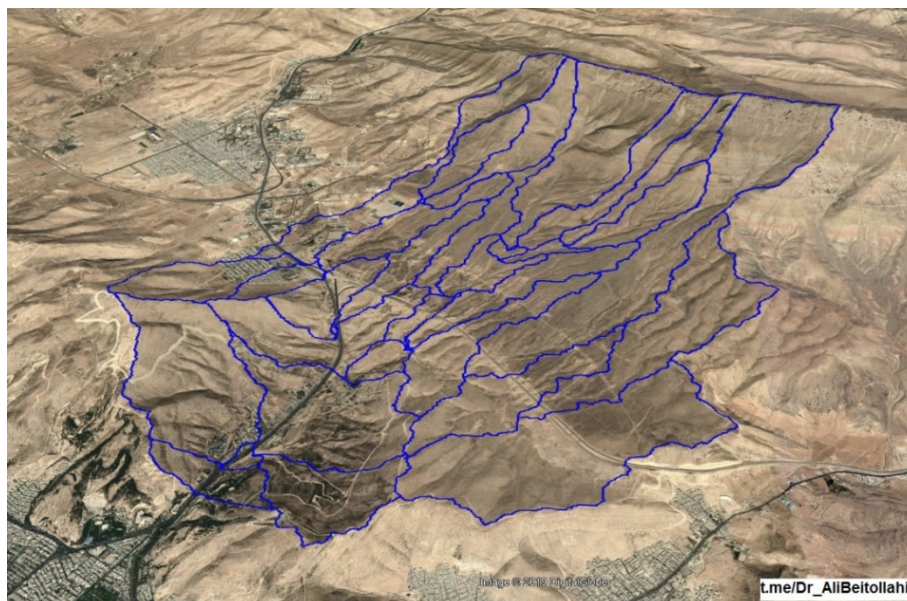
۶-۱- حوضه سیلاب و زیر حوضه های آن

بر اساس مدل ارتفاع رقومی با سائز سلول ۱۰ متر (DEM) مرز و حدود حوضه آبریز در محیط رقومی تعیین شد (شکل ۲۹). مساحت حوضه سیلاب دروازه قرآن بطور دقیق ۲۳.۹ کیلومترمربع برآورد شد. شیب متوسط حوضه بین ۱۵٪ تا ۲۰٪ تعیین گشت که جزئیات آن در نقشه های بعدی نشان داده شده است. طول طولیترین آبراهه آن ۸۵۰۰ متر و در نهایت زمان تمرکز آن نیز ۴۳ دقیقه بدست آمد.

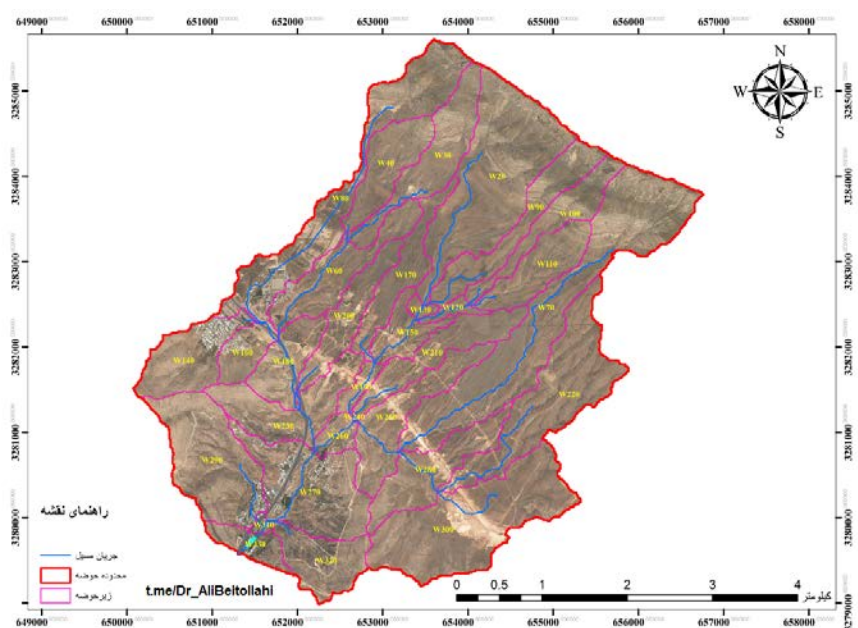


شکل ۳۱ حدود حوضه سیلاب دروازه قرآن به مساحت ۲۳.۹ کیلومتر مربع بالا و مدل ارتفاعی آن، فایل رقومی با قدرت تفکیک بالا می باشد

با توجه به تغییرات مورفولوژیکی و بویژه شیب حوضه، با هدف ارئه نتایج دقیقتر حوضه سیلاب به ۳۱ زیر حوضه تقسیم شد (شکل ۳۲) و برای هر زیر حوضه محاسبات انجام گردید. این تقسیم بندی جزئی، زمان محاسبات را طولانی ولی دقت کار را بمراتب بالاتر می برد. در شکل ۳۱ نیز اسامی زیر حوضه ها و موقعیت آنها نشان داده شده است. فایل ژئورفرنس شده بوده و با با قدرت تفکیک بالاست که می تواند استفاده شود. در شکل ۳۳ تغییرات ارتفاعی طولانی ترین آبراهه حوضه نشان داده شده است که در محاسبه زمان تمرکز سیلاب اطلاعات آن مورد نیاز است.



شکل ۳۲ زیر حوضه های حوضه سیلاب دروازه قرآن شیراز سیل تاریخ ۱۳۹۸-۱-۵ (بالا) و تصویر پائین اسامی و محدوده حوضه ها بر روی مدل ارتفاع رقومی و تصویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا



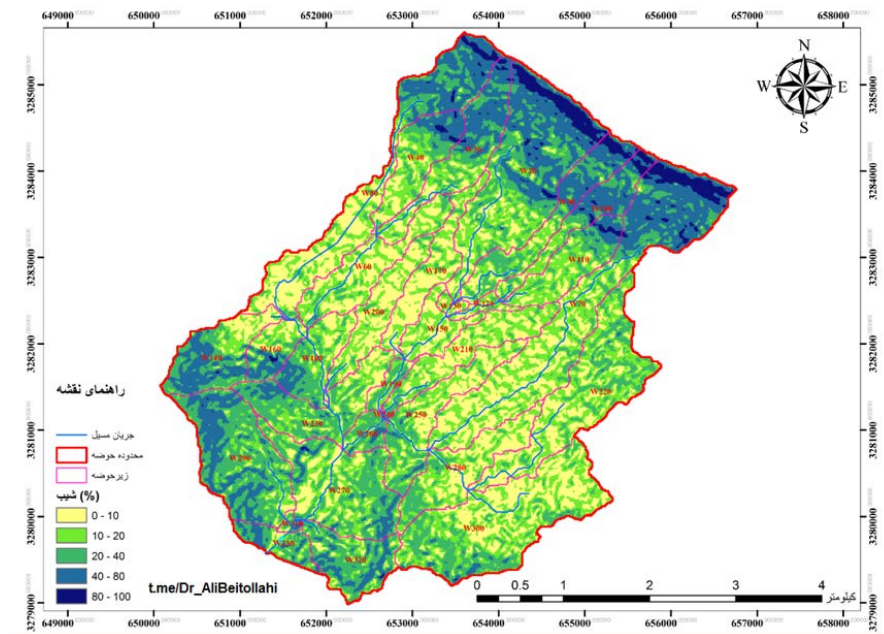
شکل ۳۳ اسامی و موقعیت زیر حوضه های حوضه سیلاب دروازه قرآن شیراز سیل تاریخ ۱۳۹۸-۱-۵

۲-۶- مورفولوژی حوضه

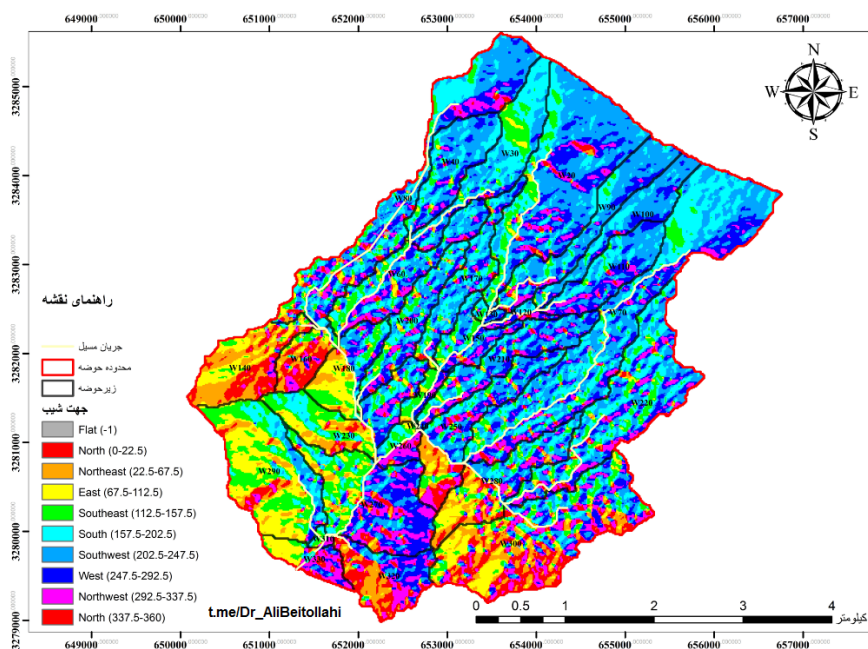
شیب حوضه از پارامترهای مهم در شکل گیری و سرعت و قدرت سیل است. حوضه سیلاب دروازه قرآن یک حوضه پر شیب بوده که در شکل ۳۴ تصویری از فایل رقومی آن نشان داده شده است. شیب حوضه در مرز انتهائی و شمالغربی بدلیل برخورد به ارتفاعات بمو زیادتر می گردد. در شکل ۳۵ نیز نقشه پهنه بندی جهت شیب ارائه شده است. جهت شیب در حوضه سیلاب سمت و سوی جریان سیلابی را تعیین می کند و یکی از اطلاعات مهم و مورد نیاز در مدلسازی سیلاب است. از شکل ۳۳ نمایان است که عمده جهت شیب



جنوب غربی است.

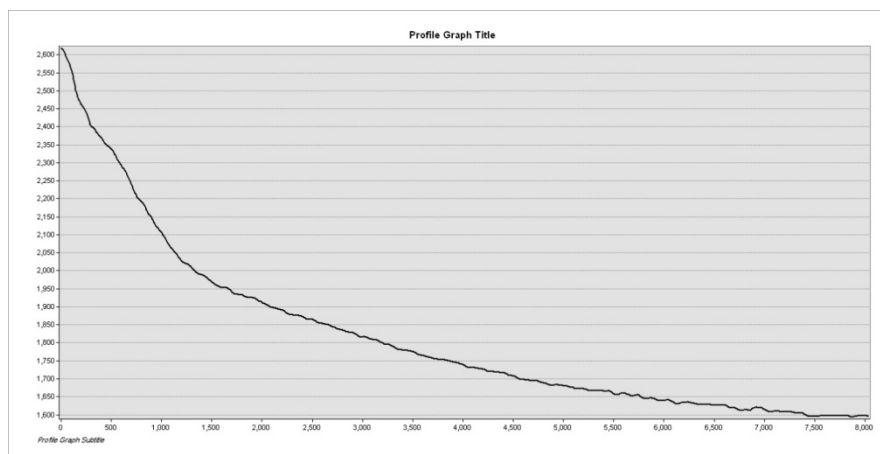


شکل ۳۴ نقشه پهنه بندی شیب حوضه سیلاب دروازه قرآن شیراز



شکل ۳۵ نقشه پهنه بندی جهت شیب حوضه سیلاب دروازه قرآن شیراز

بر اساس نقشه های تهیه شده که در شکل های ۳۱ تا ۳۵ نشان داده شد، می توان اطلاعات پایه مورد نیاز برای مدل سازی سیلاب را بدست آورد. در شکل ۳۶ یک نمونه از آن که طول طولیترین آبراهه حوضه است و در محاسبات و روابط زمان تمرکز از پارامترهای مورد نیاز بوده نشان داده شده است.



شکل ۳۶ تغییرات ارتفاعی طولانی ترین آبراهه حوضه

۳-۶- نتایج مدلسازی

در شکل ۳۷ خروجی محاسبات حاصل از مدلسازی بارش و رواناب و جدول داده های زیر حوضه ها نشان داده شده است. دبی ماکزیمم سیل در محدوده استخر تجمع آب ۵۱ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است. این عدد حجم آب ورودی در بیشینه حد آن در زمان تمرکز، به استخر است. مقایسه دبی آب خروجی سرریز شده از استخر با ورودی آب، مسلماً معرف عملکرد لوله انتقال آب تعبیه شده در کف استخر به قطر ۱.۵ متر است. این قطر از لوله سیمانی با سطح مقطع دایروی، برای سیلاب گل آلود و با غلظت بالا، در صورت مسدود نبودن لوله، حدود ۱۰ تا ۱۲ متر مکعب در ثانیه آب را تخلیه کند. این اعداد، ارزش و اهمیت مدلسازی و برآورد حجم رواناب را بر اساس مدلسازی عددی نشان می دهد.

Name	PrecipGage	BasinSlope	LossMet	TransMet	Area HMS
W20	Precip Gage 1	41.83214188	SCS	SCS	2.025
W30	Precip Gage 2	31.86160851	SCS	SCS	0.8403125
W40	Precip Gage 3	25.97140694	SCS	SCS	0.63546875
W60	Precip Gage 4	11.30546284	SCS	SCS	0.77328125
W70	Precip Gage 5	31.00757217	SCS	SCS	2.47796875
W80	Precip Gage 6	25.83582497	SCS	SCS	1.60125
W90	Precip Gage 7	34.61019516	SCS	SCS	0.7690625
W100	Precip Gage 8	41.19063568	SCS	SCS	0.54796875
W110	Precip Gage 9	24.06624031	SCS	SCS	0.620625
W120	Precip Gage 10	11.55475521	SCS	SCS	0.0978125
W130	Precip Gage 11	10.96672535	SCS	SCS	0.0590625
W140	Precip Gage 12	29.81647873	SCS	SCS	0.7309375
W150	Precip Gage 13	10.1773138	SCS	SCS	0.359375
W160	Precip Gage 14	26.19385147	SCS	SCS	0.32796875
W170	Precip Gage 15	10.06777382	SCS	SCS	0.57515625
W180	Precip Gage 16	22.51766014	SCS	SCS	0.5390625
W190	Precip Gage 17	17.35696466	SCS	SCS	0.1434375
W200	Precip Gage 18	10.42959881	SCS	SCS	0.5821875
W210	Precip Gage 19	11.80612469	SCS	SCS	0.6909375
W220	Precip Gage 20	14.27606201	SCS	SCS	1.45859375
W230	Precip Gage 21	21.3604641	SCS	SCS	0.83796875
W240	Precip Gage 22	16.48016357	SCS	SCS	0.00390625
W250	Precip Gage 23	15.5484333	SCS	SCS	0.81015625
W260	Precip Gage 24	25.07685471	SCS	SCS	0.18640625
W270	Precip Gage 25	21.39116287	SCS	SCS	1.2521875
W280	Precip Gage 26	12.93971348	SCS	SCS	0.78859375
W290	Precip Gage 27	32.5132103	SCS	SCS	1.30328125
W300	Precip Gage 28	15.16184998	SCS	SCS	1.9109375
W310	Precip Gage 29	24.24464417	SCS	SCS	0.0440625
W320	Precip Gage 30	28.84376335	SCS	SCS	0.6196875
W330	Precip Gage 31	29.35067568	SCS	SCS	0.2834375



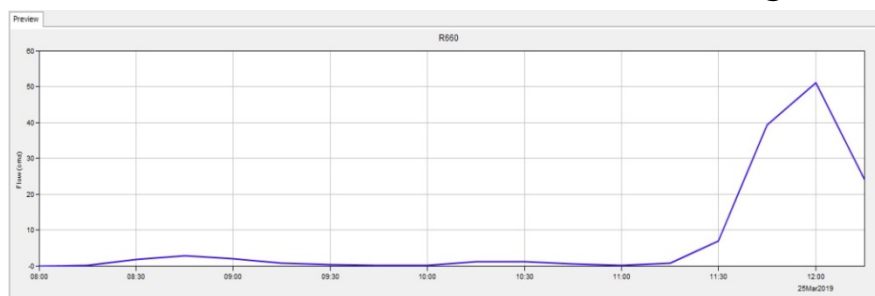
شکل ۳۷ نمونه ای از نتایج محاسبات نرم افزاری برای حوضه سیلاب تنگ الله اکبر

نمودار دبی ورودی آب بازای زمان را می توان اصلی ترین خروجی مدلسازی حوضه سیلاب تنگ الله اکبر دانست. لازم بذکر است که نمودارهای متنوع دیگری نیز در این پردازش و محاسبات بدست آمده که در ادامه این مطالعات منتشر خواهد شد. در این جا فقط روی نمودار دبی سیلاب بازای زمان، بر اساس ارتفاع رواناب های هر زیر حوضه (۳۱ زیر حوضه) متمرکز می شویم.

در شکل ۳۸ نمودار دبی ورودی در نقطه استخر تجمع آب نشان داده شده است. این نمودار در شکل ۳۹ با



توجه به قطع برق در لحظات پس از بارش بر اساس داده های بارش قبل از ساعت ۱۱:۳۰ (مقادیر بارش روز ۵ فروردین قبل از شروع بارندگی شدید) ادامه داده شده است.

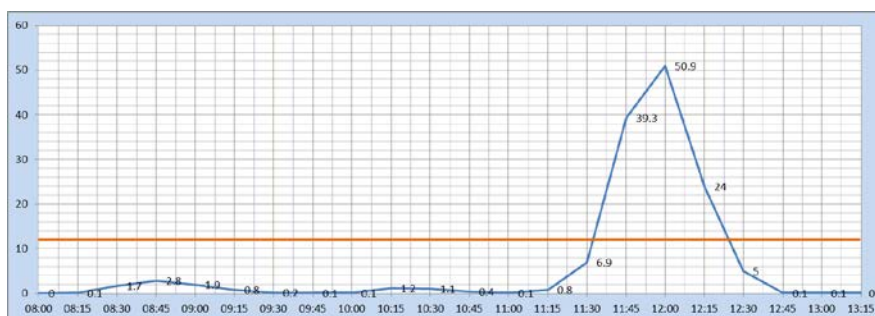


شکل ۳۸ نمودار تغییرات دبی سیلاب ورودی به استخر تجمع آب بازای زمان



شکل ۳۹ نمودار تکمیل شده شکل ۳۶ بر اساس ادامه بارش مشابه لحظات قبل از بارندگی شدید (ادامه منحنی بدلیل قطع برق ایستگاه باران سنج براساس مقدار بارش قبل از ساعت ۱۱:۳۰ رسم شده است)

در نمودار نشان داده شده در شکل ۴۰، دبی تفاضلی با کسر دبی خروجی به مقدار ۱۲ متر مکعب در ثانیه توسط لوله با قطر ۱.۵ متری انتقال آب از استخر ارائه شده است.



شکل ۴۰ نمودار مقدار دبی باقیمانده با کسر دبی خروجی ۱۲ متر مکعب در ثانیه توسط لوله انتقال

در شکل های ۴۱ و ۴۲ نمودارهای دبی سرریز و زمان شروع سرریز سیلاب پس از پر شده حجم ۱۵۰۰۰ متر مکعبی سیلاب نشان داده شده است. با کسر ۱۲ متر مکعب سیلاب خروجی از لوله انتقال، مدت زمانی نیز طول خواهد کشید تا حجم استخر پر گردد. این مدت زمان همراه با مدت زمان تخلیه کامل استخر در لحظات اولیه توسط لوله انتقال، زمان شروع سیل را بر اساس نمودار هیدروگراف واحد، تعیین می کند.



شکل ۴۱ نمودار مقدار دبی سرریز از استخر پس از پر شدن آن و زمان شروع آن



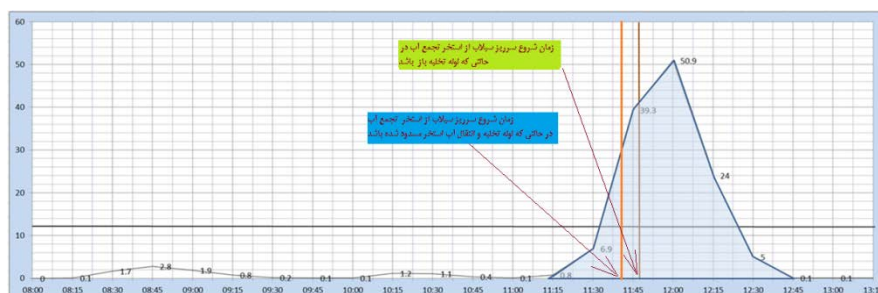
شکل ۴۲ نمودار مساحت زیر منحنی دبی سرریز که معرف حجم سیلاب در حالتی که لوله انتقال بطور مطلوب کار کند، می باشد بر اساس نمودارهای نشان داده شده و محاسبات انجام شده، حجم کلی سیلاب تخلیه شده به باند شرقی بزرگراه شیراز-مروودشت، حدود ۵۵۰۰۰ متر مکعب برآورد می شود و زمان شروع سرریز از استخر ۱۱:۴۸ دقیقه است. این امر سناریوی سیل دروازه قرآن شیراز در روز ۵ فروردین را بازگو می کند. از نمودار شکل ۴۲ می توان استنباط نمود که زمان سرریز، مصادف است با زمان دبی بالا که با گذشت کمتر از ۱۵ دقیقه در ساعت ۱۲ به دبی بیشینه سیلاب می رسد. بر همین اساس مدت دوام سیلاب در بیشینه حجم خود، حدود ۱۳ دقیقه خواهد بود. از شکل ۴۲ قابل مشاهده است که سیل در حالتی کارکرد مطلوب لوله انتقال، در ساعت ۱۲:۲۴ دقیقه قطع می شود. نمودار شکل ۴۳ بمفهوم کامل، معرف سیل ناگهانی است.

از محل سرریز سیلاب (استخر تجمع آب) تا دروازه قرآن، ۳۰۰ متر فاصله است. پیشانی سیلاب با سرعت تقریبی ۵ متر بر ثانیه در امتداد باند شرقی بزرگراه، در مسیری با شیب ۰.۵٪ پس از یک دقیقه به مقابل دروازه قرآن خواهد رسید (حدود ساعت ۱۱:۴۹) و سیلاب با گذشت ۱۳ دقیقه به مقدار بیشینه خود یعنی دبی ۳۹ متر مکعب در ثانیه خواهد رسید و ادامه آن تا ساعت ۱۲:۲۴ طول خواهد کشید. اگر پهنای باند شرقی بزرگراه را ۲۰ متر فرض کنیم در آنصورت با سرعت ۵ متر بر ثانیه ارتفاع سیلاب در کف بزرگراه ۴۰ سانتی متر خواهد بود. سیل در ادامه بسمت سه راهی ربانی - هفت تنان و در نهایت بسوی شهر شیراز جاری می شود.

در صورت مسدود بودن لوله انتقال آب استخر به رودخانه خشک (یا مسدود شدن در اثر بار جامد سیلاب در زمان رخداد سیل)، تا ساعت ۱۱:۴۰ روز ۵ فروردین، بخشی از حجم سیلاب تنگ الله اکبر صرف پر کردن استخر (با حجم ۱۵۰۰۰ متر مکعب) شده و پس از ساعت ۱۱:۴۰ سرریز کرده و در باند شرقی بزرگراه شیراز - مروودشت بسمت دروازه قرآن و سه راهی ربانی - هفت تنان جاری می شد (شکل ۴۲ و شکل ۸ این گزارش مسیر جاری شدن سیلاب را نشان می دهد). حجم آب عبوری در صورت بسته بودن لوله از یال مقابل



دروازه قرآن به حدود ۱۰۳۰۰۰ متر مکعب می رسید که معادل ۱.۹ برابری زمانی بود که لوله انتقال بطور کامل باز بود (شکل ۴۴).



شکل ۴۴ نمودار حجم سیلاب سرریز شده با کسر حجم استخر در صورتی که لوله انتقال مسدود شده باشد

مشاهدات میدانی و محاسبات نشان می دهد که در صورت کارکرد درست لوله انتقال، سیلاب به ابعاد و مدت دوام تجربه شده در روز ۵ فروردین رخ نمی داد. طبق برآوردهای ما، حجم سیلاب سرریز شده در صورت عدم انسداد لوله انتقال ۵۵۰۰۰ متر مکعب می بود.

مدت دوام پیک سیلاب بر اساس محاسبات و مدلسازی، مصاحبه با شاهدان و کسبه و ماموران نیروی انتظامی که در روز حادثه آنجا بودند، حدود ۱۵ دقیقه تا حداکثر ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده است. در این مدت دبی خروجی سیلاب حداقل باید ۵۰ متر مکعب برسد، این رقم با منحنی هیدروگراف واحد حاصل از مدلسازی و ورودی سیلاب به استخر نیز همخوانی دارد. چنین دبی با کارکرد مطلوب لوله امکان سرریز شدن پیدا نمی کند.

مجددا متذکر می شویم که حجم استخر آب بر اساس اندازه گیری های دقیق توسط تیم تهیه کننده این گزارش، در مطلوبترین حالت ۱۵۰۰۰ متر مکعب در نظر گرفته شده است. قطر لوله انتقال با اندازه گیری میدانی جهت اطمینان و دقت محاسبات ۱.۵ متر بود. دبی خروجی این لوله برای سیلاب در مطلوبترین شرایط نیز ۱۲ متر مکعب در ثانیه محاسبه شده است. بر اساس این داده ها و نکات فنی گزارش حاضر و مدلسازی ها و مشاهدات میدانی و مصاحبه با افراد مختلف می توان در مورد عوامل اصلی رخداد و خسارت سیل دروازه قرآن شیراز اظهار نظر نمود.

لازم بذکر است که با توجه به اینکه در محاسبات ارایه شده از معادلات پایه ای مکانیک سیالات و مدل مبتنی بر هیدرولوژی استفاده گردیده است، این امکان وجود دارد که با انجام تحلیل های دقیقتر هیدرودینامیکی، پارامترهای هیدرولیکی در برخی نقاط تشدید گردد که می تواند حاکی از رخداد بحرانی تری نسبت به آنچه نشان داده است، باشد.



۷- عوامل اصلی رخداد و خسارت سیلاب دروازه قرآن

با توجه به موارد گفته شده، می توان نتیجه گیری نمود که در شکل گیری و خسارت سیل لحظه ای دروازه قرآن شیراز، دو عامل ناشی از دخالت و عملکرد انسانی نقش اصلی داشته اند:

- سائز لوله انتقال
- مسدود بودن لوله انتقال سیلاب

۷-۱- عامل اصلی " سائز لوله انتقال "

واضح است که قطر لوله انتقال آب که در استخر تجمع در نقطه تقاطع با رودخانه آب زنگی قرار داده شده است، برای سیل رخ داده به هیچ وجه کفایت نکرد. محاسبات ما نشان می دهد که در مطلوبترین حالت که لوله انتقال تعبیه شده در پائین دیواره عمود بر مسیل استخر، با قطر ۱.۵ متر، بتواند سیلاب را به سمت رودخانه خشک منتقل نماید، حداکثر ۱۲ متر مکعب در ثانیه است. این عدد در مقایسه با دبی سیلاب ۵ فروردین سال ۹۸، جوابگو نبوده و حتی اگر فرض شود که لوله دچار انسداد هم نبوده، باز نمی توانسته با حجم سیلاب ورودی تعادلی ایجاد کند و جلوی سرریز آب را بگیرد. در نمودارهای حاصل از مدلسازی سیلاب دروازه قرآن هم بوضوح نشان داده شد که حجم سیلاب سرریز شده با فرض انتقال ۱۲ متر مکعب در ثانیه آب از طریق لوله، حدود ۵۵۰۰۰ متر مکعب بوده است. بنابراین انتخاب نامناسب سائز لوله انتقال و عدم کفایت آن عامل اصلی سیلاب دروازه قرآن شیراز می باشد و به همین دلیل مناسب است نام این سیل را سیل انسان ساخت دروازه قرآن نامگذاری کنیم تا عامل دخالت دست انسان را در مخاطرات گوشزد کرده باشیم. سائز لوله و موقعیت قرار گیری آن در دیواره جنوب غربی استخر در شکل ۴۵ مجدداً نشان داده شده است.

۷-۲- عامل تشدید کننده " مسدود بودن لوله انتقال سیلاب "

ذکر گردید که در صورت مسدود بودن لوله انتقال، حجم سیلاب به حدود ۲ برابر حالتی که لوله باز باشد، می رسد و حجم آن بر اساس مدلسازی صورت گرفته به ۱۰۵۰۰۰ مترمکعب می رسد (در مقایسه با عدد ۵۵،۰۰۰ مترمکعب سرریز سیلاب در سناریوی عملکرد مطلوب لوله انتقال). می شود فرض کرد که این درجه از اختلاف دبی های خروجی در دو حالت میزان خسارت و تلفات را به همان نسبت هم می تواند بالا ببرد.

با در نظر گرفتن حجم ۱۵۰۰۰ متر مکعبی برای استخر، لوله انتقال آب در شرایط مطلوب محاسبه شد که ۱۲ متر مکعب در ثانیه آب را می تواند خارج کند. در این حالت ۱۲۵۰ ثانیه ($1250/12 = 20.83 \text{ min}$) و یا ۲۱ دقیقه زمان لازم است تا استخر کاملاً تخلیه شد. وجود فیلم ها و بنابه گفته شاهدان محلی، آب در استخر تا چندین ساعت بعد سیلاب بصورت نسبتاً پر وجود داشته و در ادامه در روز بعد با بیل مکانیکی سنگ، لای، شاخه درخت ها و آشغال های مانع عبور آب برداشته شده و آب استخر تخلیه می شود (شکل ۴۵). با احتساب آب باقی مانده در استخر که در شکل ۴۵ (تصویر پائینی) قابل مشاهده است، برآورد شد که از



۱۵۰۰۰ متر مکعب حجم استخر در حالت پر، حدود ۶۰۰۰ متر مکعب در مدت بیش از یک شبانه روز آب تخلیه شده و این به معنی انسداد مساحت عمده ای از سطح مقطع لوله انتقال است. برای تخلیه آب استخر ۱۵۰۰۰ متر مکعبی با دبی ۱۲ متر مکعب در ثانیه حدود ۲۰ دقیقه زمان لازم است. شکل ۴۵ (تصویر پائینی) بر اساس گزارش خبرگزاری فارس از بازکردن دهانه لوله در روز بعد و بنا به استشهاد شاهدان محلی که روز آمدن جرثقیل ها را در تاریخ ۶-۱-۱۳۹۸ اعلام می کنند (یک روز پس از سیل) نشان می دهد که با گذشت زمانی ۲۴ ساعته هنوز استخر تخلیه نشده است.

۷-۳- جمع بندی عوامل موثر در سیلاب دروازه قرآن شیراز

در شکل ۴۵ در واقع دو عامل اصلی ایجاد و افزایش خسارت و تلفات سیل نشان داده شده است. در مورد ساینز لوله باید طراح و کارفرمای وقت پاسخگو باشند. این امر همچنین متوجه مسئولین شهری بعدی نیز می باشد که باید حساسیت لازم را می داشتند. در مورد انسداد مسیر نیز علاوه بر طراح و کارفرمای طرح که تمهیدات رسوبگیری و آشغالگیری را موقع احداث بکار نیستند، مسئولین تا حال حاضر شهرداری هم قصور دارند. چرا که هرچند در مرحله ساخت، بندهای رسوبگیر در بالادست انجام نشده و عملیاتی که منجر به اطلاق نام "استخر آرامش" به استخر موجود باید انجام می گرفت، اجرائی نشده است، با اینوصف مسئولین ادوار گذشته شهرداری و همینطور مسئولین کنونی با علم به وضعیت موجود استخر و شرایط و احتمال انسداد آن، می توانستند در این زمینه تمهیداتی را جهت کاهش احتمال مسدود شدن لوله و به حداقل رساندن خطر گرفتگی لوله اندیشیده و اجرا نمایند که نکردند.



شکل ۴۵ لوله انتقال آب در کف استخر و پر بودن استخر تا روز بعد سیلاب

چنین برآورد می کنیم که درصد عمده دلایل و عامل خسارت ها طراحی نامناسب متد انتقال آب به رودخانه خشک بوده است. لوله با قطر ۱.۵ متر جوابگوی این حجم آب در بهترین شرایط که بدون هیچ انسدادی کار نکند، نمی باشد. ممکن است گفته شود که دوره بازگشت سیل عدد دیگری بوده و سیل رخ داده برای دوره بازگشت بزرگتری است اما این استدلال با توجه به درجه اهمیت کلانشهر شیراز درست نمی باشد. وقتی کلانشهری مانند شیراز در خطر خروجی آب و در برخورد مستقیم سیلاب از مسیر تنگ الله اکبر است، باید طراحی با توجه به درجه اهمیت المان های در معرض خطر، برای دوره بازگشت های بمراتب بزرگتر انجام می شد. لازم است که در مورد امکان طراحی شیوه دیگری برای انتقال سیلاب در زمان طراحی نیز فکر می شد. لوله مدفون در طول ۳ کیلومتری در ساختگاه شهری برای انتقال سیلاب ریسک های بزرگ دارد که انجام آن را زیر سوال می برد. در اثر رخداد زلزله ها، نشست زمین و مواردی از این قبیل، احتمال قطعی لوله بتنی وجود دارد. درصد کمتری از قصور نیز برای عدم اتخاذ تمهیدات رسوبگیر نظیر بند و دیواره و مش



بندی و نیز مسدود شدن احتمالی لوله در اثر بارجماد سیلاب بوده که می بایست توسط مسئولان قبلی و فعلی شهرداری شیراز پیش از رخداد سیل اجرائی می شد.

۸- خسارت ها و تلفات

سیل ۵-۱-۱۳۹۸ یک سیل انسان ساخت و بسیار حائز اهمیتی است. در سیل های بسیار سترگ و گسترده ای که پیش و بعد از سیل شیراز رخ داده آمار تلفات جانی تا این حد نبوده است. ما این سیل را سیل ۵-۱-۱۳۹۸ انسان ساخت دروازه قرآن شیراز نامگذاری می کنیم تا جنبه های فنی و مهندسی آن بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

مسیری که در آن عمده ترین تلفات جانی رخ داده بطول حدود ۶۰۰ متر از استخر تجمع آن تا پائین سه راهی ربانی - هفت تنان است. لازم بذکر است بر مبنای مصاحبه میدانی همکاران تهیه کننده این گزارش با ماموران حاضر در روز حادثه، ۲ نفر از کشته شدگان در مسیر ابتدائی سیلاب بعد از استخر و بقیه در حوالی سه راه ربانی - هفت تنان و اندکی پائین تر از آن بدلیل رو هم قرار گرفتن خودروها، خفگی و تجمع گل و لای و ... متاسفانه جان خود را از دست داده اند. در شکل ۴۶ مسیر خسارت و تلفات عمده سیل ۵-۱-۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز نشان داده شده است.

۲۱ نفر در این رخداد در روزهای اول عید نوروز، جانشان را از دست دادند(اعم از ساکنین شیراز و استان فارس و نیز از مسافران نوروزی).

۱۶۴ نفر در این رخداد مصدوم شدند که ۵ نفر تا زمان تدوین این گزارش هنوز بستری بودند(۸ نفر از پرسنل نیروی انتظامی بوده اند).

۳۷۰ خودرو با درجات متفاوتی آسیب دید.

و صحنه های ناراحت کننده ی زیادی در این حادثه مورد مشاهده قرار گرفت که ایام جشن سال نو را به کام مردم شیراز و استان فارس و همچنین عموم مردم ایران تلخ نمود.

در خسارت سیل ۵-۱-۹۸ شیراز باید به یک نکته مهم هم توجه داشت. وجود خودروهای متعدد که حدود ۳۷۰ دستگاه از آنها دچار خسارت شدند در مسیر سیلاب تاثیر قابل ملاحظه ای در کندی و پخش سیلاب و کاهش سرعت و قدرت آن بر المان پائین دستی و محدوده شمالی شهر شیراز داشت. با فرض نبود خودروها و موانع، با توجه شکل و محدوده حوضه تهیه شده از روی مدل ارتفاعی رقومی، گستردگی و فراگیری اثر تخریبی سیلاب تا محدوده شهری شیراز و تالاب رودخانه خشک نیز فرا می رسید(شکل ۴۷).

محدوده حوضه آبریز سیلابی که داخل شهر شیراز می گردد اماکن مهمی نظیر باغ جهان نما، کتابخانه ملی، طول خیابان حافظ، بیمارستان شهید دستغیب، استادیوم حافظیه، کتابخانه علوم، باغ ملی، مرقد علی ابن حمزه، و تعداد قابل توجهی از ساختمان ها و منازل مسکونی مردم تا حاشیه رودخانه خشک را در بر می گیرد. در صورت وقوع سیلاب و بدون مانع بودن مسیر ابتدائی آن، اماکن مذکور در معرض خطر سیلاب قرار خواهند گرفت. این امر در مورد شیوه های اتخاذ راهکارهای کاهش ریسک سیل های آتی شهرشیراز همین مسیر



بسیار مهم است.



شکل ۴۶ مسیر ۶۰۰ متری عمده ترین تلفات و خسارت های سیل دروازه قرآن



شکل ۴۷ ادامه حوضه ابریز سیلاب تا خشک رود در امتداد خیابان حافظ



۹- پیشنهادات

با توجه به مطالب بحث شده در این گزارش که حاصل وقت گذاری قابل توجهی از تیم کارشناسی ما بوده است، موارد زیر بعنوان پیشنهادات ارائه می گردد. اجرای موارد پیشنهادی را ما بسیار ضروری می دانیم و لازم است در اولین زمان ممکن عملیاتی گردند. هیچ کسی نمی تواند تضمین دهد که سیل شدیدتری در زمان های نه چندان دور از مسیر تنگه جاری نخواهد شد. با روش های احتمالاتی و برآورد دوره بازگشت نمی توان بطور حتم در مورد رخداد سیل آتی پیش بینی کرد. روش احتمالاتی برای طراحی پل ها و سدها با در نظر گرفتن درجه اهمیت سازه و با نگرش اقتصاد مهندسی به پروژه هاست. در مورد نحوه انتقال آب از تنگ الله اکبر و شیوه های مهندسی آن به هیچ وجه نباید یکسویه نگری داشت. شهری بسیار مهم، اماکنی با ارزش فرهنگی بسیار بالا در معرض خطر سیلاب هستند و ضرورت دارد روش مطمئن و جوابگوئی برای انتقال آب سیلاب های احتمالی آتی پیدا نمود در غیر اینصورت در اثر تکرار حادثه ای نظیر سیلاب ۵-۱-۹۸ ممکن است خسارت های بیشتری را شهر متحمل شود.

❖ ضرورت دارد برای انتقال سیلاب با دبی حداقل ۵۰ مترمکعب طراحی مسیر انتقال با تفکر بر روی گزینه هایی مانند احداث کانال و یا لوله های انتقال با سایز مناسب مورد ارزیابی قرار بگیرند.

❖ ضرورت دارد در بالادست استخر و داخل استخر با هدف تحقق آرامش سیلاب، رسوبگیری و جلوگیری از انسداد لوله تمهیدات مهندسی و قابل اجرائی را اتخاذ و اجرا نمود.

❖ پیشنهاد می شود در مورد امکان گذر سیلاب های احتمالی آتی سرریز شده، در مسیر کانال روباز سمت یال شرقی، یا مابین دو باند بزرگراه و روش های کاهش سرعت سیلاب با اتخاذ تمهیدات مهندسی بررسی و مطالعات جزئی تری بعمل آید.

❖ لازم است سامانه هشدار میدانی سیل در تنگه راه اندازی شود.

❖ با توجه به وجود اطلاعات ارزشمند پایه ای که در گزارش وجود دارد، محققین می توانند با تحلیل های متنوع و از جنبه های مختلفی موضوع را بررسی نموده و به نتایج ارزشمندی برسند.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی آمادگی خود را جهت ارائه هرگونه مشاوره های تخصصی و فنی در این زمینه اعلام می دارد.



۱۰- عکس‌ها





گزارش سیلاب ۹۸-۱-۵ دروازه قرآن شیراز/۴۶







Road, Housing and Urban Development Research Center

Report of Strong Motion Data of ISMN

(۲۰۱۴-۲۰۱۵)

By:

Esmail Farzanegan

Mohammad Pourmohammad Shahvar

Mojgan Mirsanjari

Hossein Mirzaei Alavijeh

Ministry of Road & Urban Development

Road, Housing & Urban Development Research Center

Iran Strong Motion Network

Publication No:R- ۷۳۸