

آب در کارست

مؤلف:

Neven Kresic

مترجم:

مجید ابراهیمی ساعتی

فهرست مطالب

XIII	پیشگفتار
XXVI	منابع
۱	بخش اول
۱	هیدروژنولوژی و هیدرولوژی کارست
۳	فصل ۱
۳	آبخوان های کارستی
۴	۱-۱ مقدمه
۹	۱-۲ ویژگی های کلی آبخوان
۲۹	۱-۳ تخلخل و کاربند زایو
۴۹	۱-۳-۱ پیش بینی پذیری - مق کاربی شدن
۶۴	۱-۳-۲ اشکال سطحی و زیر سطحی آبخوان
۶۶	فروچاله ها و سایر فرو افتادگی ها
۸۱	دره ها و سد های طبیعی
۸۵	حفره ها
۹۰	۱-۴ پارامتر های آبخوان و پتانسیل هیدرولیک
۱۱۱	۱-۵ آزمایشات آبخوان
۱۱۴	۱-۵-۱ روش های ژئوفیزیکی چاهی
۱۱۹	۱-۵-۲ روش های هیدرولیکی چاهی
۱۲۶	۱-۵-۳ آزمایشات پمپاژ آبخوان
۱۴۲	انیزوتروپی آبخوان
۱۴۴	قابلیت انتقال در نواحی جداگانه آبخوان
۱۴۷	محل مرز هم پتانسیل
۱۵۲	۱-۶ جریان آب زیرزمینی
۱۵۲	۱-۶-۱ جریان داریسی
۱۵۹	۱-۶-۲ جریان در شکستگی ها و صفحات لایه بندی

۱۶۳	۳-۶-۱ جریان در مسیرها.....
۱۶۶	۴-۶-۱ رابطه برنولی.....
۱۷۲	۵-۶-۱ جریان آرام و آشفته.....
۱۸۱	۶-۶-۱ کانال های با سطح آزاد.....
۱۸۲	۷-۶-۱ سرعت جریان.....
۱۸۸	۷-۱ تغذیه مجدد آبخوان.....
۱۹۱	۱-۷-۱ تغذیه مجدد آلژینک.....
۱۹۲	بارش.....
۱۹۴	توزیع زمانی و احتمال بارش.....
۲۱۱	توزیع فضایی بارش.....
۲۱۳	افزایش داده ها و توسعه.....
۲۱۴	تبخیر و تعریق.....
۲۱۷	پتانسیل هیدرولیک و تراوش.....
۲۲۶	پوشش زمین و استفاده از زمین.....
۲۳۰	زمین شناسی و توپوگرافی.....
۲۳۸	۲-۷-۱ تغذیه مجدد آلژینک.....
۲۴۴	۸-۱ چشمه های کارست.....
۲۷۳	۹-۱ منابع.....
۲۸۵	فصل ۲.....
۲۸۵	اندازه گیری های جریان و آنالیز.....
۲۸۶	۱-۲ مقدمه.....
۲۸۹	۲-۲ کانال ها.....
۲۹۴	۳-۲ روش سرعت - ناحیه.....
۳۰۱	۴-۲ روش شیب - ناحیه.....
۳۰۳	۵-۲ روش های ردیابی رنگی.....
۳۰۴	۵-۲-۱ روشهای تخلیه سرعت - ناحیه و رقیق شدن ردیاب.....

۲-۵-۲	روش تزریق ردیاب با نرخ ثابت	۱۳
۲-۵-۳	کاربردهای روش رقیق شدن - ردیاب	۱۷
۲-۶	آنالیز هیدروگراف	۱۹
۲-۱-۶	آنالیز برگشت	۲۸
۲-۶-۲	جداسازی هیدروگراف	۴۰
۲-۶-۳	ایزوتوپ های محیط	۵۶
	اکسیژن و دیتروم	۶۱
	تریتوم	۶۶
	تریتوم - میوم - ۳	۶۸
	کربن - ۱۴	۷۰
	کلروفلوروکربن ها و سولفید متان	۷۲
۲-۶-۴	آنالیز احتمالاتی جریان	۷۴
	احتمال جریان های زیاد و کم	۸۱
	جریان های کم	۸۵
	۲-۷ منابع	۹۰
	فصل ۳	۹۵
	نواحی زهکش در کارست	۹۵
	۳-۱ مقدمه	۹۶
	۳-۲ مسیرهای ارجح	۹۹
	۳-۲-۱ روش های ژئومورفولوژیک و زمین شناسی	۱۰۱
	آنالیز مورفومتریک نتونکتونیک	۱۲۰
	۳-۲-۲ سنجش از راه دور	۱۲۶
	عکس های هوایی و فضایی	۱۳۲
	تصاویر چند طیفی	۱۴۱
	آنالیز عددی فضایی	۱۴۶
	۳-۲-۳ روش های ژئوفیزیکی	۱۴۹

۴۵۵	مقاومت و هدایت الکتریکی
۴۶۱	تکنیک
۴۶۳	پتانسیل خود را
۴۶۷	کاوش های الکترومگنتیک
۴۶۷	میکروثقل سنجی
۴۹۰	رادار نفوذ کننده در زمین
۴۹۳	کاوش های لرزه ای
۴۹۹	لوگ کردن ژئوفیز، کی گمانه ها
۵۰۶	۴-۲-۳ ردیابی رنگی
۵۱۰	آماده شدن برای آزمایش ردیابی رنگ
۵۱۷	تعیین میزان ماده ردیاب رنگی مورد نیاز
۵۱۹	فواصل نمونه گیری
۵۲۰	تزریق ماده ردیاب رنگی، جمع آوری و آنالیز نمونه
۵۲۶	تفسیر نتایج
۵۲۸	سرعت ردیاب
۵۲۹	باز یافت ماده ردیاب
۳۹۵	بخش دو
۳۹۵	مدیریت آب در کارست
۵۴۵	فصل ۴
۵۴۵	اصول کلی
۵۴۶	۱-۴ مقدمه
۵۶۰	۲-۴ مفهوم تداوم پذیری
۵۶۶	۳-۴ کنترل کردن
۵۶۹	۱-۳-۴ کنترل فراگیر
۵۷۹	۲-۳-۴ کنترل قبول و عملکرد
۵۸۲	۳-۳-۴ آشکار سازی روندها

۵۸۶	۴-۴ منابع
۵۸۹	فصل ۵
۵۸۹	قوانین و آموزش
۵۹۰	۱-۵ مقدمه
۵۹۴	۲-۵ قانون آب زیرزمینی
۵۹۷	۳-۵ آب زیرزمینی تحت نفوذ
۵۹۸	۴-۵ آموزش عمومی و توسعه
۶۰۰	۵-۵ منابع
۶۰۱	فصل ۶
۶۰۱	مدل های پیش بینی
۶۰۲	۱-۶ مقدمه
۶۰۶	۲-۶ رگرسیون
۶۱۲	۱-۲-۶ اتوکرولاسیون و کراس کرولا یون
۶۱۷	۲-۲-۶ مدل های اتورگرسیو-کراس-رگرسیو (ARMA)
۶۲۳	۳-۶ توابع کانولوشن و ترانسفر (توابع پیچش و تبدیل)
۶۲۹	۴-۶ مدل های سری زمانی
۶۳۹	۱-۴-۶ مطالعه موردی: Jadro Spring, Split, Croatia
۶۴۳	۵-۶ مدل های عددی
۶۴۶	۱-۵-۶ محیط متخلخل معادل (EPM)
۶۵۷	۲-۵-۶ مدل های اتصال جریان در مسیرها و محیط پیوسته
۶۶۳	۳-۵-۶ مادفلو یو.اس.جی
۶۷۰	۶-۶ منابع
۶۷۷	فصل ۷
۶۷۷	سیلاب ها، خشکسالی ها و تغییر آب و هوا
۶۷۸	۱-۷ مقدمه
۶۷۵	۲-۷ تاثیر تغییر اقلیم

۷۰۰	۳-۷ منابع
۷۰۳	فصل ۸
۷۰۳	استخراج آب زیرزمینی
۷۰۴	۱-۸ مقدمه
۷۰۵	۲-۸ چاههای آب در کارست
۷۱۳	۱-۲-۸ توسعه و تکمیل چاه
۷۱۹	۳-۸ استخراج از حفره ها
۷۲۳	۴-۸ برداشت از چشمه های کارست
۷۳۱	۱-۴-۸ مطالعه موردی: Rockhead Spring
۷۳۴	۵-۸ منابع
۷۳۷	فصل ۹
۷۳۷	تنظیم مهندسی آبخوان ها و چشمه های کارست
۷۳۸	۱-۹ مقدمه
۷۴۶	۲-۹ سدهای زیرسطحی
۷۵۲	۳-۹ تغذیه مصنوعی آبخوان
۷۵۶	۱-۳-۹ حوضه های پخش
۷۵۹	۲-۳-۹ سدهای تغذیه مجدد
۷۶۱	۳-۳-۹ چاههای تزریق
۷۶۲	۴-۳-۹ ذخیره در آبخوان و بازیافت ASR
۷۶۴	۴-۹ منابع
۷۶۷	بخش سوم
۷۶۷	آسیب پذیری و ذخیره آب در کارست
۷۶۹	فصل ۱۰
۷۶۹	آسیب پذیری آب در کارست
۷۷۰	۱-۱۰ مقدمه
۷۸۱	۲-۱۰ آلودگی آب

۷۸۷	۱-۲-۱۰ آشکارسازی آلودگی آب در کارست
۷۹۳	۲-۲-۱۰ گل آلودگی و بیماری زاها
۷۹۹	۳-۲-۱۰ آلوده کننده های کشاورزی و نترات
۸۰۵	۴-۲-۱۰ شیمیایی های ارگانیک سبک
۸۰۸	مایعات فاز غیر آبی
۸۱۰	محصولات دارویی و مراقبت شخصی
۸۱۳	۳-۱۰ آسیب پذیری و نقشه های ریسک
۸۲۲	۱-۳-۱۰ تعادل نواحی حفاظت منبع
۸۳۳	۴-۱۰ خطر آب در کارست
۸۳۳	۱-۴-۱۰ توسعه فرو پاله
۸۴۲	۲-۴-۱۰ سدها و مخازن
۸۵۴	۳-۴-۴۰ حفاری، معدن کاری و چاه
۸۶۰	۵-۱۰ منابع
۸۶۵	فصل ۱۱
۸۶۵	احیا آب در کارست
۸۶۶	۱-۱۱ مقدمه
۸۷۷	۲-۱۱ تکنولوژی های اصلاح
۸۸۳	۱-۲-۱۱ مشکل مایعات فاز غیر آبی
۹۰۱	۲-۲-۱۱ تکنولوژی های ناحیه منبع
۹۰۴	تکنولوژی های حرارتی
۹۱۱	اکسیداسیون شیمیایی درجا
۹۱۷	۳-۲-۱۱ تکنولوژی های (فاز محلول) آب زیرزمینی
۹۱۹	پمپ و اصلاح
۹۲۲	موانع تراوای دارای واکنش
۹۲۷	اصلاح بیولوژیکی
۹۳۶	کاهش طبیعی تحت پایش

۹۴۵.....	۳-۱۱ معیارهای اصلاح جایگزین
۹۴۷.....	۱-۳-۱۱ چرخش توده
۹۵۰.....	۲-۳-۱۱ غیر عملی بودن تکنیکی
۹۶۴.....	۴-۱۱ مسیر پیش رو: اصلاح بایدار
۹۷۰.....	۵-۱۱ منابع

www.ketab.ir

پیشگفتار

کارست یک واژه علمی است که نام گذاری آن براساس ناحیه بین Slovenia و Trieste ایتالیا بوده و دارای وضوح زمین بسیار شاخص می باشد. این یک لغت آلمانی شده از "Carso" (به ایتالیایی - In Italian) و "Kars" (به اسلونی - In Slovene) بوده و هر سه لغت مشتق از کلمه هندو - اروپایی "kar" هستند که به معنی سنگ است. تعریف های زیر از کارست و توپوگرافی کارست براساس چاپ ۱۹۶۰ در فرهنگ زمین شناسی موسسه زمین شناسی امریکا (American Geology Institute of Geology) است.

در کارست سنگ های آهک به شکل لانه زنبوری است که بوسیله حفره ها و بازشدگی در اثر انحلال در آب زیر زمینی پدید آمده اند. اغلب زهکش در زیر زمین رده و زمین خشک و نسبتاً بایر باقی مانده است. منظره زمین در اثر وجود فروچاله ها (sinkholes) بصورت نقطه نقطه، دارای در هم ریختگی بوسیله برآمدگی ها و شیارهای ناگهانی و سنگ های برآمده غیر منظم می باشد. دره های خشک به طور معمول وجود دارند و دارای جریان های آب بوده که به طور ناگهانی به سیب مایی منتهی می شوند. این جریان ها به کانالهای زیر زمینی و حفره ها وارد شده و در بعضی از مواقع در چشمه های بزرگی چندین مایل دورتر پدیدار می شوند. این پدیده ها ویژگی ناحیه کارستی در ساحل شرقی آدریاتیک (Adriatic) می باشد که نام کارست از آنجا برای مناطق دیگر به کار برده شده است.

بعضی از لغات معمول در زبان Slovic مربوط به ناحیه کارست به صورت واژه های علمی بین المللی در آمده اند که ویژگی های کارست را بیان می کنند و اساساً باعث تشکر از ژئومورفولوژیست اهل صربستان Jovan Cvijić (شکل I-۱) می گردد که اولین فرد در دفاع از پایان نامه دکتر بود و یک نتیجه گیری مکتوب از مطالعات علمی و انحصاری برای کارست انتشار داد (Cvijić 1893). این موضوع شامل: Joma (pithole), ponor (swallow hole, sink), doline, (sinkhole) و polje (فرو افتادگی بزرگ بسته با کف پهن که ویژگی کارست Dinaric است) می باشد. در طول

دو دهه بعد Cvijić مبنای تئوریک بسیاری از مطالعات گذشته و جاری در مورد ژئومورفولوژی و هیدروژئولوژی کارست را با تالیف بیش از ۴۰ انتشار بنا نهاد که غالباً و اکثر آنها مربوط به پدیده کارست بودند. بیشتر کارهای اصلی و ترسیم های بی شمار او که نشان دهنده منشاء فرم های مختلف کارست و همچنین جریان آب زیرزمینی در ویژگی های طبیعی زمین می باشد، مجدداً منتشر و تکثیر گردید و توسط افراد بسیار دیگری مجدداً مورد تایید قرار گرفت. مثال های مربوط به ترسیم های نمونه دستی توسط Cvijić که برای اثبات مفاهیم خود به کار برده و نشان دهنده جنبه های کارست بوده و در سفر های وسیع وی در منطقه بالکان (Balkans) آنالیز شده اند و در شکل های I-۲ و I-۴ آورده شده اند.



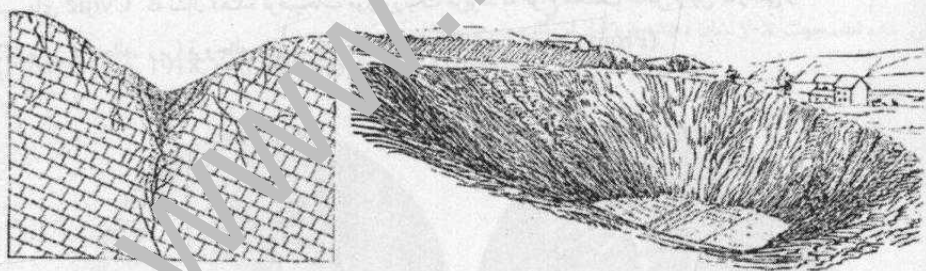
شکل I-۱. Cvijić در سفر های بیشمار خود در منطقه بالکان

(Courtesy of Jovan Cvijić Museum, Belgrade)

آنالیز عمیق وی از وضعیت کارست و هیدروگرافی که در مورد کمربند کوهستانی Dinaric توسعه داده بود باعث پذیرش بین المللی واژه کارست کلاسیک (Classic Dinaric Karst) Dinaric

گردید که هم معنی با کارست کاملاً توسعه یافته بالغ می باشد. Cvijić در طول عمر خود عنوان پدر علم کارست شناسی را از بسیاری از مراکز علمی و همکاران، به طور جهانی دریافت کرد (شکل I-۵). از همه مهمتر او به طور بسیار جدی موسسه معروف مطالعات کارست بلگراد (Belgrade of Karst studies) را تاسیس کرد که در نهایت دارای سه عضو موسس از کمیته بین المللی کارست از انجمن هیدروژئولوژیست ها (Karst commission of the International association of Hydrogeologist-IAH) در بیش از ۴۰ سال قبل گردید که شامل:

Dr. Borivoje Mijatovic, Dr. Miomir Komatina, Dr. Branko Stepanovic بودند. بزودی بعد از آن Dr. Peter Milanovic که مولف کتاب هیدرولوژی کارست (Karst Hydrogeology 1981) بود و اولین کتاب به زبان انگلیسی در این زمینه بود به آنها پیوست. آب زیرزمینی در محیط های کارست باعث تحریک حس کنجکاوی دانشمندان و همچنین مردم معمولی به دلیل جنبه های آب انگیز آن گردید. کارست باعث تغذیه بزرگترین چشمه ها به طوریکه بسیاری از آنها باعث تاسیس اولین مناطق شهری در تاریخ بشری شده است. تامین آب از کارست تاکنون نیز به عنوان یکی از منابع قابل اعتماد تامین آب ادامه داشته و بوجود آورنده جنبه های معما انگیز و بعضی مواقع ترساننده از حفره های زیر زمین شده است (شکل I-۶).



شکل I-۲. سمت چپ) فروچاله که توسط انحلال شیمیایی سنگ در امتداد درزه شکاف ها شکل گرفته است. سمت راست) فروچاله عمیق در Kozina از کارست کلاسیک Slovenia.

(From Cvijić, 1893, 1926; also available in Stevanovic and Mijatovic, 2005.)