پیامدهای فرونشست شهر تهران بر منابع آبی

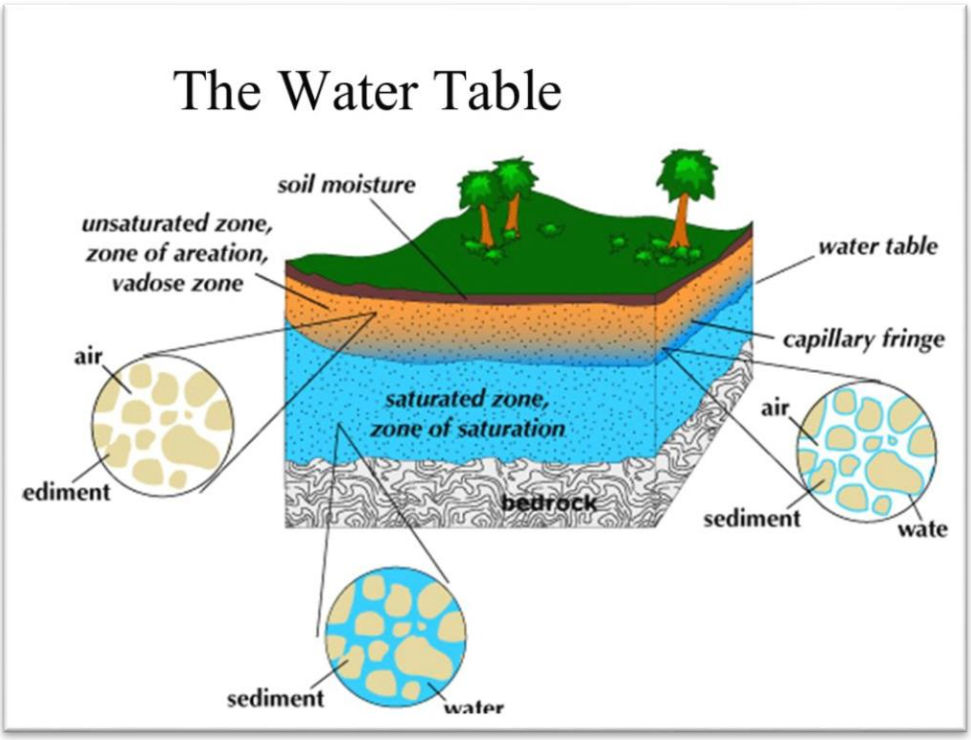
رسول محسن‌زاده

گفته می‌شود که سالانه در خوشبینانه‌ترین حالت، در سطح کشور ۸ میلیارد متر مکعب اضافه‌برداشت آب وجود دارد. یکی از عمده‌ترین پیامدهای استخراج بی‌رویه آب، فرونشست زمین است که از اصلی‌ترین عواقب آن می‌توان بر بی‌ثباتی سطح زمین و به طور خاص بافت شهری و نیز تخریب محل انباشت منابع آب اشاره کرد که به وجه دوم مسئله کمتر پرداخته شده است.

تصویر شماره۱=فرونشست زمین در شهرستان کردآباد همدان(منبع: پارسی نیوز)

مانند آنچه که در تصویر بالا دیده می‌شود، فرونشست زمین عموماً به فروچاله‌های عینی که در مناطق عمدتاً کشاورزی رخ می‌دهد تقلیل یافته است. این امر، به علت ماهیت تدریجی فرونشست، و بازنمایی بحران به امر عینی و نه تدریجی است. به عبارت دیگر، برداشت از بحران به مثابه رویداد، بحران و فاجعه را به امری عینی/ آنی تقلیل داده است که با نمودهایی خاص مانند فروریزش سطح آشکار می‌گردد. اما فرونشست زمین همین حالا در تهرانی که ما در آن ساکنیم، در حال وقوع است. در واقع عمده‌ی مناطق شهر تهران، شاهد انواع فرونشست هستند که البته سطح و کیفیت آن همسان نیست و نوع و علت این فرونشست‌ها را نمی‌توان به یک کیفیت تقلیل داد. در بخش جنوب‌غربی

تهران میزان فرونشست در حالت بیشینه به ۱۶ سانتی‌متر در سال می‌رسد(کرم و همکاران، ۱۳۹۰) البته برخی منابع سطح فرونشست را بسیار بیشتر توصیف می‌نمایند. محمودپور در مقاله خویش نشان می‌دهد که سطح فرونشست در برخی از نقاط تهران به ۳۶ سانتی‌متر در سال نیز می‌رسد(محمودپور، خامه‌چیان و همکاران، ۱۳۹۳) آمارهای رسمی‌تر از سوی سازمان نقشه‌برداری کشور و بخش تحقیقات وزارت راه، مسکن و شهرسازی نیز گویای شدت مسئله در عین گوناگونی دادهاست. سازمان نقشه‌برداری کشور به نقل از نشریه نیچر، فرونشست سالانه زمین در شهر تهران را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷، به طور متوسط ۲۵ سانتیمتر عنوان می‌کند و نشان می‌دهند که تهران حدود ۲/۵ متر فرونشست را در دو دهه‌ی اخیر تجربه کرده است، یعنی چیزی نزدیک به ارتفاع سقف خانه‌های ایرانی (اداره کل ژئودزی و نقشه برداری، کد مطلب:۱۹۲۲) در هر صورت چه ارگان‌های رسمی و چه مراجع علمی، فرونشست شهر تهران را امری در حال شدن نیز شدید و خطرناک توصیف می‌کنند. اما مسئله بر سر فاجعه‌زا بودن یا فاجعه بودن فرونشست زمین است. فاجعه‌زا بودن فرونشست، اشاره به پیامدهای احتمالی آن مانند ایجاد فروچاله‌ها در سطح زمین و سست شدن پایه‌های شهر و تخریب شدید در زمان وقوع زمین لرزه دارد. اما زمانی که درباره فاجعه بودن وضعیت موجود سخن می‌گویم مسئله بر سر تخریب منابع زیرزمینی و عدم امکان بازسازی منابع می‌شود که ما در ادامه سعی می‌کنیم به ساده‌ترین شکل ممکن این فرایند را تشریح نماییم.



منابع آب زیرزمینی و نسبت آن به لایه های زیرین و بالایی. منبع وب سایت geology.cpp.edu

در این تصویر منابع آب زیرزمینی یا منطقه اشباع[۱] به رنگ آبی از زیر، به سنگ بستر[۲] به رنگ نقره‌ایی محدود می‌گردد که مانع از نفوذ و عبور آب به لایه های زیرین می‌شود. چنانچه در نمونه به تصویر درآمده مشخص است سطح منطقه اشباع، آب خالی یا خالی از املاح نیست و مملو از رسوب و ته‌نشست است. در واقع، آب در زیرزمین، در منافذ و فضاهای خالی سنگ‌ها و حتی خاک‌ها؛ انباشت می‌شود. این آب جاری نیست بلکه تقریباً ساکن است که به کندی در حرکت است. در واقع آب موجود در آب خوان‌ها اساساً در جهت افقی به طور جانبی و با سرعت‌هایی کمتر از ۱ تا ۵۰۰ متر در سال در جریان است. (صداقت، ۱۳۹۲: ۴۶) فضای آبی‌رنگ آب‌های زیرزمینی از این جهت سطح اشباع خوانده می‌شود که ظرفیت آن کاملاً اشباع و مملو است. سطح خاکستری که در بالای سطح اشباع قرار دارد به سطح هواده یا سطح غیراشباع[۳] معروف است که در آن، شاهد ترکیب خاک و هوا اعم از انواع گاز یا اکسیژن می‌باشیم. بنابراین در دو سطح ما شاهد دو نوع ترکیب هستیم، ترکیب آب و خاک در سطح اشباع و ترکیب آب و هوا در سطح غیراشباع. البته به جای آب در سطح اشباع می‌توان مایعات و سیالات دیگری

---

۱ Statured zone
۲ Bedrock
۳ Unsaturated zone

مانند نفت و گاز را نیز متصور بود. استخراج سیالات زیرزمینی مانند نفت، گازهای طبیعی یا آب، موجب ایجاد فضای خالی در بخش اشباع می‌گردد(یعنی حوزه‌ی آبی رنگ خالی می‌شود). در نتیجه وزن طبقات فوقانی اعم از خود ناحیه غیراشباع(به رنگ قهوه)ایی و بناهایی که در سطح زمین احداث می‌گردد، به ناحیه اکنون خالی شده غیراشباع تحمیل می‌گردد. اینجاست که به علت خالی شدن فضای اشباع، نیروی مقاوم از بین رفته و امکان فرونشست طبقات فوقانی افزایش پیدا می‌کند. (غضبان، ۱۳۹۲: ۱۲۲) در صورتی که برداشت آب از یک آبخوان بیش از میزان تغذیه آن باشد، تراز آب یا سطح پیزومتریک افت خواهد داشت. (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸: ۲۱۷) و در نتیجه به شکل بالقوه امکان فرونشست زمین محقق می‌گردد. فرونشست زمین به این معناست که فضای اشباع که اکنون خالی گردیده در حال تخریب است و حتی در صورت بارش باران یا تزریق آب، به علت کوچک شدن فضای غیراشباع به علت فشار سطوح بالایی، دیگر ظرفیت پیشین وجود نخواهد داشت. این نخستین وجه مسئله در تخریب منابع آبی است که صرفاً به اینجا ختم نمی‌گردد.

مسئله‌ی بعد، نفوذناپذیری سطح غیراشباع است که به علت اضافه برداشت آب به وجود می‌آید. به پدیده فرونشست در خاک خای رسی اشباع که در اثر خروج آب صورت می‌گیرد، تحکیم گفته می‌شود. (حافظی و غفوری، ۱۳۸۸: ۲۱۸) عموماً در اثر بهره‌برداری بیش از حد از طبقات آبخوان، این طبقات ویژگی کش‌سان[۴] و قابل ارتجاع خود را از دست داده و به طور دائمی متراکم می‌شوند و فضای خالی موجود در سنگ که از ویژگی‌های مهم آبخوان است، کاملاً از بین رفته و تغییر شکل غیرقابل برگشتی در بافت آنها رخ می‌دهد. در این حالت، حتی اگر پس از این واقعه نیز آب به درون زمین تزریق گردد، به دلیل نبود فضای خالی نمی‌توان از برگشت آبخوان به حالت اولیه جلوگیری کرد و تخلخل اولیه بافت خاک به طور غیرقابل جبرانی، از بین خواهد رفت. (غضبان، ۱۳۹۲: ۱۲۵) به عبارتی دیگر، سطح غیراشباع که به سطح زمین نزدیک است به پدیده تحکیم خاک دچار می‌گردد یعنی خاک آن دارای میزان تخلخل[۵] یا پوکی[۶] بالایی است تحکیم می‌گردد. با کاهش آب‌ها در سطح اشباع، از سطح زمین به سطح غیراشباع فشار وارد می‌شود، که این فشار دست آخر سبب، تحکیم زمین و از دست رفتن تخلخل خاک می‌گردد. با از دست رفتن تخلخل، استقامت و پایداری خاک بیشتر می‌گردد.(ارومیه‌ایی، ۱۳۹۳: ۱۸۸) و در نتیجه امکان نفوذ آب در سطح زمین کم و کمتر می‌گردد. به عبارتی خروج منابع آبی سبب نشست روزنه‌ها در سطح غیراشباع می‌گردد. در واقع ذرات به صورت متراکم‌تری در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و سیالات بین آنها مانند هوا یا بخار

---

[۴] Elastic
[۵] void fraction
[۶] Porosity

آب به سبب این فشردگی به بیرون درز پیدا می‌کنند. خاک اکنون فشرده سطح غیراشباع، اکنون نفوذناپذیر گردیده است چرا که هوای بین ذرات از بین رفته، و دانه‌های خاک کاملاً به‌هم چسبیده‌اند.

بنابراین با افزایش اضافه‌برداشت آب از منابع زیرزمینی و نشست آن ما عملاً با دو مسئله روبه‌رویم. نخست آنکه با افزایش برداشت از منابع زیرزمینی، سطح اشباع خالی از آب شده و به سبب فشارهای وارد آمده از سطوح بالاتر پدیده فرونشست زمین مواجه می‌گردیم. اما این ختم ماجرا نیست و بحران آب دقیقاً از این نقطه شروع می‌گردد. با فرونشست زمین، عملاً فضای سفره‌ها تنگ می‌گردد. در واقع بیش از دو متر فرونشست زمین در دو دهه‌ی اخیر به این معناست که دو متر از فضای سفره‌ها برای همیشه از دست رفته و عملاً ما با ظرفیت‌هایی کمتر از دوران سابق، روبه‌روییم. خاک مستحکم شده در سطح غیراشباع نیز عملاً امکان تقویت و نفوذ آب به درون زمین را از بین برده است. همین نفوذناپذیری وقوع سیلاب‌های مرگ‌بار در کشور را به شدت افزایش داده است. به عبارتی ما با اضافه برداشت آب از سطح زمین با یک تیر سه نشان را مورد هدف قرار می‌دهیم:

۱- خالی کردن سطح اشباع و متعاقباً فرونشست زمین و کاهش فضا در سطح منطقه اشباع

۲- از دست‌روی تخلخل و افزایش تحکیم خاک و در نتیجه از کاهش نفوذپذیری خاک

۳-افزایش روان آب‌ها و سیلاب‌ها به جای انباشت آنها به علت کاهش نفوذپذیری خاک

سازمان نقشه‌برداری کشور:

http://glsd.ncc.org.ir/DesktopModules/News/NewsView.aspx?TabID=6627&Site=glsd.ncc.org&ItemID=1922&mid=۱۶۴۷۷&wVersion=Staging&lang=fa-IR

محمودپور، مسعود، خامه چیان، ماشالله، نیکودل، محمدرضا و قاسمی محمد رضا(۱۳۹۳) ارزیابی و تحلیل دگرشکلی ها زمین ناشی از فرونشست در دشت تهران، هجدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

کرم، امیر، قهرودی، منیژه، شمشکی، امیر و پیشرو، معصومه(۱۳۹۰) ارزیابی و مدل سازی فرونشست زمین در جنوب غرب کلان شهر تهران. اولین همایش ملی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی کلان شهر تهران

غضبان، فریدون(۱۳۹۲) زمین شناسی و محیط زیست، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

حافظی مقدس، ناصر و غفوری، محمد(۱۳۸۸) زمین شناسی زیست محیطی، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود

صداقت، محمود(۱۳۹۲) زمین و منابع آب(آب های زیرزمینی، چ ۴ ، تهران: انتشارات پیام نور