



دانشکده علوم زمین
پایان نامه کارشناسی ارشد
گرایش آبشناسی

تأثیر شهرسازی بر روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته زمین شناسی - گرایش هیدروژئولوژی

نگارش:

علی جعفری قریه علی

اساتید راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

دکتر غلامعباس کاظمی

زمستان ۱۳۸۶

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

افرايتم الماء الذى تشربون أنتم انزلتموه من المزن ام نحن المنزلون لو نشاء جعلناه اجاجا
فلو لاتشكرون.
(سوره واقعه آیات ۷۰ - ۶۸)

" آیا به آبی که می نوشید توجه نمی کنید؟ آیا شما آن آب را از ابرها فرو ریختید ؟ اگر می
خواستیم آن آب را شور می گردانیدیم. آیا شکرگذاری نمی کنید؟ "

و جعلناه من الماء کل شی حی.
(سوره مبارکه انبیاء آیه ۳۰)

حیات هر چیز زنده ای را بر آب قرار دادیم.

السلام علیک یا علی بن موسی الرضا

سپاس خداوندی راست که با لطفش بر ما منت نهاد.

درود بر شهیدانی که اگر امروز قلم به حق می‌رود، از خون پاک آنان است.

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

تقدیر و تشکر

سپاس و حمد بی پایان خداوند را که به اینجانب توفیق داد تا در راه علم و دانش گام بردارم و از محضر اساتید گرانقدر بهره جویم و ره توشه‌ای از علم و تجارب ایشان بگیرم. در ابتدا از پدر و مادر مهربانم که در تمامی دوران تحصیل مشوقم بوده‌اند نهایت تشکر را دارم. از اساتید راهنما گرانقدرم جناب آقای دکتر حافظی مقدس و جناب آقای دکتر کاظمی به سبب راهنمایی‌های خردمندانه و ارزنده‌شان در به ثمر رسیدن هر چه بیشتر این تحقیق کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر طاهری ریاست محترم سابق دانشکده علوم زمین و آقای دکتر کرمی ریاست کنونی دانشکده و اساتید بزرگواریم در طی دوران تحصیل به خصوص جناب آقای دکتر دولتی و کلیه اساتید محترم دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی کمال تشکر را دارم. از جناب آقای شاه‌حسینی مسئول محترم آموزش دانشکده و سرکار خانم سعیدی کارشناس محترم زمین-شناسی که در امور آموزشی یاریم نموده‌اند، سپاسگزارم. همچنین از تمامی اساتید دوران کارشناسی به-خصوص جناب آقای دکتر لشکری‌پور تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد جناب آقای دکتر مرتضی خادمی به جهت همکاری و مساعدت مالی در تدوین و گردآوری این پایان‌نامه صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم. از مسئولین شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی جناب آقای حسینی معاونت مطالعات پایه منابع آب و سرکار خانم فتوحی و سرکار خانم بنایی و جناب آقای بشارتی مسئول محترم آزمایشگاه تجزیه آب شرکت آب و منطقه‌ای در انجام آزمایشها تشکر و قدردانی می‌نمایم.

با تشکر

علی جعفری قریه‌علی

زمستان ۱۳۸۶

فهرست مطالب

صفحه	عنوان	چکیده
ن	فصل اول	
۱	کلیات	
۲	۱-۱- مقدمه	
۲	۲-۱- موقعیت جغرافیائی	
۳	۳-۱- شرایط آب و هوایی	
۴	۴-۱- جمعیت شهر مشهد و پیش‌بینی آینده	
۶	۵-۱- اهداف و روش مطالعه	
۶	۶-۱- بررسی کمی مواد زائد تولیدی از واحدهای صنعتی در شهر مشهد	
۷	۷-۱- نیازهای آبی شهر مشهد و منابع تأمین آب	
۷	۸-۱- مشخصات سفره آب مشهد	
۸	۹-۱- بیلان آبی در استان خراسان رضوی	
	فصل دوم	
	زمین‌شناسی و هیدرولوژی منطقه	
۱۰	۲-۱- مقدمه	
۱۱	۲-۲- ویژگی زمین ریخت‌شناسی و زمین‌ساختی دشت مشهد	
۱۱	۲-۲-۱- پیش‌گودال کپه‌داغ	
۱۲	۲-۲-۲- کوههای چین‌خورده - رانده شده کپه‌داغ	
۱۲	۲-۲-۳- فرونشست مشهد قوچان	
۱۲	۲-۲-۴- زمین‌چاک پارینه تتیس	
۱۲	۲-۲-۵- افیولیت‌های پارینه‌تتیس مشهد	
۱۲	۲-۲-۶- کوههای چین‌خورده - رانده شده بینالود: شمال ایران مرکزی	
۱۳	۲-۳- چینه‌شناسی	

۱۳	۲-۳-۱- چینه‌شناسی در بینالود
۱۴	۲-۳-۲- چینه‌شناسی در کپه‌داغ
۱۴	۲-۳-۳- دوران چهارم و نهشته‌های آبرفتی کواترنر
۱۴	۲-۳-۱- رخساره آبرفتی هزاردره
۱۷	۲-۳-۲- آبرفتهای جوان دشت مشهد
۱۷	۲-۳-۳- آبرفتهای عهد حاضر
۱۷	۲-۴- ساختهای تکتونیکی محدوده شهر مشهد
۱۸	۲-۵- بافت خاک
۱۹	۲-۵-۱- بافت خاک شهر مشهد
۲۱	۲-۶- هیدرولوژی منطقه
۲۲	۲-۶-۱- حوضه آبریز کشف‌رود

فصل سوم

۲۵	اثرات شهرسازی بر منابع آب زیرزمینی
۲۶	۳-۱- مقدمه
۲۶	۳-۲- شهرسازی و تأثیر آن بر کمیت آب زیرزمینی شهرها
۲۷	۳-۳- آلودگی سفره آب زیرزمینی در نواحی شهری
۲۸	۳-۳-۱- منشأ آلودگی‌های سفره آب زیرزمینی شهری و کنترل زه‌آب شهری
۲۹	۳-۳-۲- روشهای کنترل آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی
۳۰	۳-۳-۳- حرکت آلاینده‌ها و کاهش آلودگی با مدیریت آبهای سطحی و زیرزمینی
۳۰	۳-۴- بررسی آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی و آسیب‌پذیری آنها
۳۲	۳-۵- تغییر تحولات نیتروژن در چاههای جذبی
۳۳	۳-۴- نمونه‌ای از مطالعات تأثیر شهرسازی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی، در سایر کشورها
۳۴	۳-۴-۱- مطالعات انجام شده در ایران
۳۷	۳-۵- کیفیت آب آشامیدنی
۳۸	۳-۵-۱- ویژگیهای آب آشامیدنی
۳۸	۳-۵-۱-۱- خواص ظاهری آب آشامیدنی
۴۰	۳-۵-۲- خواص شیمیایی آب
۴۰	۳-۵-۲-۱- سختی
۴۱	۳-۵-۲-۲- مجموع مواد جامد محلول
۴۲	۳-۵-۳- مواد معدنی
۴۶	۳-۵-۳- خواص فیزیکی
۴۷	۳-۶- اختصاصات بیولوژیک و باکتریولوژیک آب آشامیدنی
۴۷	۳-۷- عوارض مصرف آب آلوده در انسان

فصل چهارم

۴۹	ارزیابی توسعه شهری بر کمیت آب زیرزمینی شهر مشهد
۵۰	۴-۱- مقدمه
۵۰	۴-۲- منحنی‌های هم‌تراز آب زیرزمینی در دشت مشهد
۵۱	۴-۳- تغییرات تراز آب زیرزمینی در شهر مشهد
۵۴	۴-۴- نقش گسل شمال مشهد
۵۵	۴-۵- ارزیابی تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت مشهد
۶۷	۴-۶- مقایسه تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت مشهد و شهر مشهد
۶۸	۴-۷- خطرات ناشی از بالا آمدن سطح آب در شهر مشهد
۶۸	۴-۷-۱- آبگونگی یا روانگرایی (Liquefaction)
۶۸	۴-۷-۲- کاهش مقاومت زمین
۶۸	۴-۷-۳- آلودگی سفره آب زیرزمینی

فصل پنجم

۷۱	ارزیابی توسعه شهری بر کیفیت آب زیر زمینی شهر مشهد
۷۲	۵-۱- مقدمه
۷۲	۵-۲- منابع آلاینده شهری در شهر مشهد
۷۴	۵-۳- نمونه‌برداری و انجام آزمایشات
۷۵	۵-۴- بررسی کیفی آب زیرزمینی شهر مشهد
۸۱	۵-۴-۱- بررسی میزان هدایت الکتریکی و میزان مواد جامد محلول و سختی آب
۸۳	۵-۴-۲- بررسی میزان منیزیم و سدیم و کلسیم
۸۶	۵-۴-۳- بررسی میزان بیکربنات
۸۷	۵-۴-۴- بررسی میزان کلراید و سولفات
۸۹	۵-۴-۵- بررسی میزان نیتрат و فسفات
۹۱	۵-۴-۶- بررسی میزان نیتريت و آمونیم
۹۲	۵-۴-۷- بررسی میزان pH در نمونه‌های بهمن‌ماه ۱۳۸۴
۹۳	۵-۵- بررسی تغییرات کیفیت آب از بهمن‌ماه ۸۴ تا تیرماه ۸۶
۹۴	۵-۶- نقشه‌های هم‌کلر و هم‌سولفات و هم‌نیترات با استفاده از نرم افزار Surfer
۹۷	۵-۷- تیپ آب مشهد با توجه به نمودارهای پایپر و استیف
۱۰۴	۵-۸- آلودگی میکروبی آبخوان مشهد
۱۰۵	۵-۹- بررسی روابط آلاینده‌ها در نمونه‌های بهمن‌ماه ۱۳۸۴ و تیر ماه ۱۳۸۶
۱۰۷	۵-۱۰- اثرات کیفی آبهای سولفاته

فصل ششم

۱۰۹	نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۱۰	۶-۱- نتیجه‌گیری
۱۱۱	پیشنهادهات
۱۱۱	۶-۲-۱- مواردی که باعث جلوگیری از آلودگی خواهد شد
۱۱۲	۶-۲-۲- مواردی که نیاز به مطالعه بیشتر دارد
۱۱۴	منابع
۱۱۴	منابع فارسی
۱۱۶	منابع لاتین
	پیوستها
الف	پیوست ۱- نقشه زمین‌شناسی شهر مشهد و دشت مشهد

فهرست اشکال

۳	شکل ۱-۱ - موقعیت شهرستان مشهد در کشور
۳	شکل ۱-۲ - موقعیت شهر مشهد در حوزه آبریز کشفرود و دشت مشهد
۱۱	شکل ۱-۲ - موقعیت مشهد و دشت مشهد در شمال شرق ایران
۱۳	شکل ۲-۲ - نقشه خلاصه شده زمین شناسی بینالود
۲۱	شکل ۳-۲ - نقشه بافت خاک
۲۳	شکل ۴-۲ - حوضه آبریز کشفرود و زیر حوضه‌هایی که وارد این رودخانه می‌شوند
۳۲	شکل ۱-۳ - چرخه نیتروژن
۵۱	شکل ۱-۴ - منحنی‌های هم تراز آبهای زیرزمینی و جهت حرکت آب در دشت مشهد
۵۲	شکل ۲-۴ - منحنی‌های هم تراز آبخوان شهر مشهد (آمار سال ۸۴-۸۳)
۵۲	شکل ۳-۴ - بلوک دیاگرام شماتیکی آبخوان شهر مشهد
۵۳	شکل ۴-۴ - منحنی‌های هم تراز آبخوان شهر مشهد (آمار سال ۷۴-۷۳)
۵۴	شکل ۵-۴ - منحنی‌های هم تراز آبخوان شهر مشهد (آمار سال ۶۴-۶۳)
۵۶	شکل ۶-۴ - موقعیت پیزومترها در دشت مشهد
۵۷	شکل ۷-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر امرقان فردوسی (شماره ۱) در طی سالهای مختلف
۵۷	شکل ۸-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر امرقان حلالی (شماره ۲) در طی سالهای مختلف
۵۷	شکل ۹-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر عسکریه (شماره ۳) در طی سالهای مختلف
۵۸	شکل ۱۰-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر چهچهه (شماره ۴) در طی سالهای مختلف
۵۸	شکل ۱۱-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر چنبر غربال (شماره ۵) در طی سالهای مختلف
۵۸	شکل ۱۲-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر قره‌چاه (شماره ۶) در طی سالهای مختلف
۵۸	شکل ۱۳-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر قره‌جنگل (شماره ۷) در طی سالهای مختلف
۵۹	شکل ۱۴-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر قره‌تپه (شماره ۸) در طی سالهای مختلف
۵۹	شکل ۱۵-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر کلاته‌برفی (شماره ۹) در طی سالهای مختلف
۵۹	شکل ۱۶-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر کلاته‌کریم‌خان (شماره ۱۰) در طی سالهای مختلف
۵۹	شکل ۱۷-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر خین‌عرب (شماره ۱۱) در طی سالهای مختلف
۶۰	شکل ۱۸-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر کنوگرد (شماره ۱۲) در طی سالهای مختلف
۶۰	شکل ۱۹-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر کورده (شماره ۱۳) در طی سالهای مختلف
۶۰	شکل ۲۰-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر مزرعه‌نمونه (شماره ۱۴) در طی سالهای مختلف
۶۰	شکل ۲۱-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر ملی (شماره ۱۵) در طی سالهای مختلف
۶۱	شکل ۲۲-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر موچنان (شماره ۱۶) در طی سالهای مختلف
۶۱	شکل ۲۳-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر مومن‌آباد (شماره ۱۷) در طی سالهای مختلف
۶۱	شکل ۲۴-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر رضاآباد شرقی (شماره ۱۸) در طی سالهای مختلف
	شکل ۲۵-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر ریاض (شماره ۱۹) در طی سالهای مختلف
۶۲	شکل ۲۶-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر سر آسیاب فردوسی (شماره ۲۰) در طی سالهای مختلف
۶۲	شکل ۲۷-۴ - تغییرات سطح آب در پیزومتر شفیع (شماره ۲۱) در طی سالهای مختلف

- شکل ۴-۲۸- تغییرات سطح آب در پیزومتر سیس آباد (شماره ۲۲) در طی سالهای مختلف ۶۲
- شکل ۴-۲۹- تغییرات سطح آب در پیزومتر یکه‌لنگه (شماره ۲۳) در طی سالهای مختلف ۶۲
- شکل ۴-۳۰- تغییرات سطح آب در پیزومتر یساقی (شماره ۲۴) در طی سالهای مختلف ۶۳
- شکل ۴-۳۱- منحنی مصرف آب شهر مشهد در طی سالهای مختلف ۶۳
- شکل ۴-۳۲- بافت خاک مشهد (حافظی مقدس، ۱۳۸۵) و موقعیت پیزومترها ۶۴
- شکل ۴-۳۳- سطح آب در پیزومتر واقع در امامیه (شماره ۱) در طی سالهای مختلف ۶۴
- شکل ۴-۳۴- سطح آب در پیزومتر واقع در قاسم آباد (شماره ۲) در طی سالهای مختلف ۶۵
- شکل ۴-۳۵- سطح آب در پیزومتر واقع در پارک ملت (شماره ۳) در طی سالهای مختلف ۶۵
- شکل ۴-۳۶- سطح آب در پیزومتر واقع در ملک آباد (شماره ۴) در طی سالهای مختلف ۶۵
- شکل ۴-۳۷- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار تلویزیون (شماره ۵) در طی سالهای مختلف ۶۵
- شکل ۴-۳۸- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار جنگل (شماره ۶) در طی سالهای مختلف ۶۶
- شکل ۴-۳۹- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار فردوسی (شماره ۷) در طی سالهای مختلف ۶۶
- شکل ۴-۴۰- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار راه آهن (شماره ۸) در طی سالهای مختلف ۶۶
- شکل ۴-۴۱- سطح آب در پیزومتر واقع در خواجه ربیع (شماره ۹) در طی سالهای مختلف ۶۶
- شکل ۴-۴۲- مقطع تغییرات تراز آب در پیزومترهای دشت مشهد (شمال غربی - جنوب شرقی) ۶۸
- شکل ۵-۱- موقعیت بیمارستانها و مراکز درمانی در شهر مشهد ۷۳
- شکل ۵-۲- موقعیت قبرستانها و هتلها در شهر مشهد ۷۳
- شکل ۵-۳- اندازه‌گیری pH و EC با دستگاه مدل ۲۲۰ متر - اهم و دستگاه هدایت سنج مدل ۲۲۶ متر - اهم ۷۴
- شکل ۵-۴- نمونه‌برداری از چاههای سطح شهر مشهد ۷۴
- شکل ۵-۵- اندازه‌گیری میزان آلاینده‌ها با استفاده از روش تیتراسیون ۷۵
- شکل ۵-۶- اندازه‌گیری میزان آلاینده‌ها با استفاده از روش تیتراسیون ۷۵
- شکل ۵-۷- تراکم جمعیت شهر مشهد ۷۵
- شکل ۵-۸- نقشه توسعه شهر و موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده در شهر مشهد (بهمن‌ماه ۱۳۸۴) ۷۹
- شکل ۵-۹- نقشه توسعه شهر و موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده در شهر مشهد (تابستان ۱۳۸۶) ۷۹
- شکل ۵-۱۰- نقشه بافت خاک و موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده در شهر مشهد بهمن‌ماه ۱۳۸۴ ۸۰
- شکل ۵-۱۱- نقشه بافت خاک و موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده در شهر مشهد (تیرماه ۱۳۸۶). ۸۰
- شکل ۵-۱۲- میزان هدایت الکتریکی در چاههای شهر مشهد (بهمن‌ماه ۱۳۸۴) ۸۱
- شکل ۵-۱۳- میزان هدایت الکتریکی در چاههای شهر مشهد (تیرماه ۱۳۸۶) ۸۲
- شکل ۵-۱۴- میزان مواد جامد محلول در چاههای شهر مشهد (بهمن‌ماه ۱۳۸۴) ۸۲
- شکل ۵-۱۵- میزان مواد جامد محلول در چاههای شهر مشهد (تیرماه ۱۳۸۶) ۸۲
- شکل ۵-۱۶- میزان سختی آب در چاههای شهر مشهد (بهمن‌ماه ۱۳۸۴) ۸۳
- شکل ۵-۱۷- میزان سختی آب در چاههای شهر مشهد (تیرماه ۱۳۸۶) ۸۳
- شکل ۵-۱۸- میزان منیزیم در چاههای شهر مشهد (بهمن‌ماه ۱۳۸۴) ۸۴
- شکل ۵-۱۹- میزان منیزیم در چاههای شهر مشهد (تیرماه ۱۳۸۶) ۸۵

۸۵	شکل ۵-۲۰- میزان سدیم در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۸۵	شکل ۵-۲۱- میزان سدیم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۸۶	شکل ۵-۲۲- میزان کلسیم در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۸۶	شکل ۵-۲۳- میزان کلسیم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۸۷	شکل ۵-۲۴- میزان بیکربنات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۸۷	شکل ۵-۲۵- میزان بیکربنات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۸۸	شکل ۵-۲۶- میزان کلراید در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۸۸	شکل ۵-۲۷- میزان کلراید در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۸۸	شکل ۵-۲۸- میزان سولفات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۸۹	شکل ۵-۲۹- میزان سولفات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۸۹	شکل ۵-۳۰- میزان نیتрат در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۹۰	شکل ۵-۳۱- میزان نیترات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۹۰	شکل ۵-۳۲- میزان فسفات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۹۰	شکل ۵-۳۳- میزان فسفات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۹۱	شکل ۵-۳۴- میزان نیتريت در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۹۱	شکل ۵-۳۵- میزان آمونیم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۹۲	شکل ۵-۳۶- میزان pH در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)
۹۲	شکل ۵-۳۷- میزان pH در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)
۹۴	شکل ۵-۳۸- نقشه هم‌هدایت الکتریکی آبخوان شهر مشهد ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
۹۵	شکل ۵-۳۹- نقشه هم‌سختی آبخوان شهر مشهد
۹۵	شکل ۵-۴۰- نقشه هم‌غلظت سولفات آبخوان شهر مشهد (mg/l)
۹۶	شکل ۵-۴۱- نقشه هم‌غلظت نیترات آبخوان شهر مشهد (mg/l)
۹۶	شکل ۵-۴۲- نقشه هم‌غلظت کلراید آبخوان شهر مشهد (mg/l)
۹۷	شکل ۵-۴۳- نمودار پایپر ۲۴ نمونه بهمن ۱۳۸۴
۹۸	شکل ۵-۴۴- نمودار استیف ۲۴ نمونه بهمن ۱۳۸۴
۹۹	شکل ۵-۴۵- نمودار استیف ۲۴ نمونه بهمن ۱۳۸۴
۱۰۰	شکل ۵-۴۶- نمودار پایپر ۲۲ نمونه تیرماه ۱۳۸۶
۱۰۱	شکل ۵-۴۷- نمودار استیف ۲۲ نمونه تیرماه ۱۳۸۶
۱۰۲	شکل ۵-۴۸- نمودار استیف ۲۲ نمونه تیرماه ۱۳۸۶
۱۰۵	شکل ۵-۴۹- رابطه نیترات با کلراید در نمونه‌های بهمن ماه ۱۳۸۴
۱۰۶	شکل ۵-۵۰- رابطه نیترات با کلراید در نمونه‌های تیر ماه ۱۳۸۶
۱۰۶	شکل ۵-۵۱- رابطه بیکربنات با pH در نمونه‌های تیر ماه ۱۳۸۶
۱۰۶	شکل ۵-۵۲- رابطه نیترات با آمونیوم در نمونه‌های تیر ماه ۱۳۸۶
۱۰۸	شکل ۵-۵۳- منبع ذخیره آب در بالای چاههای سطح شهر
۱۰۸	شکل ۵-۵۴- چاههای فاضلاب خانگی و نحوه ارتباط با سفره آب زیر زمینی

فهرست جداول

۵	جدول ۱-۱- جمعیت زوار در سالهای مختلف
۵	جدول ۲-۱- پیش‌بینی جمعیت شهر از سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰
۶	جدول ۳-۱- فاضلاب ناشی از واحدهای صنعتی شهر مشهد
۹	جدول ۴-۱- جمعیت، سرانه مصرف، تعداد زوار، تعداد مشترکان و نیاز آبی سالانه از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۹۰
۱۵	جدول ۱-۲- چینه‌شناسی در بینالود
۱۶	جدول ۲-۲- چینه‌شناسی در کپه‌داغ
۴۱	جدول ۱-۳- تقسیم‌بندی آبها بر مبنای سختی
۴۸	جدول ۳-۳- بیماریهایی که از طریق آب منتقل می‌شوند
۶۳	جدول ۱-۴- میزان آب مصرفی مشهد
۷۶	جدول ۱-۵- مواد شیمیایی کانی موجود در آب آشامیدنی
۷۶	جدول ۲-۵- چاههای نمونه‌برداری شده و موقعیت آنها در تیرماه ۱۳۸۶
۷۷	جدول ۳-۵- نتایج آنالیز شیمیایی آب چاههای سطح شهر مشهد در بهمن‌ماه ۸۴ (واحدها میلی‌گرم در لیتر)
۷۸	جدول ۴-۵- نتایج آنالیز شیمیایی چاههای سطح شهر مشهد در تیرماه ۸۶ (واحدها میلی‌گرم در لیتر)
۱۰۳	جدول ۵-۵- تیپ آب مشهد با استفاده از نرم‌افزار Aquachem
۱۰۴	جدول ۶-۵- نتایج تجزیه میکروبی چاهها در تیر ماه ۱۳۸۶

چکیده

در تحقیق حاضر تأثیر توسعه شهری بر منابع آب زیرزمینی کلان شهر مشهد شامل کیفیت و تغییرات سطح آب مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا اطلاعات کیفیت شیمیایی و سطح آب زیرزمینی از منابع موجود بخصوص از سازمان آب منطقه‌ای گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. جهت بررسی دقیق‌تر کیفیت آب ۴۶ نمونه آب از چاههای داخل شهر و از عمق حدود ۱۰۰ متر برداشت شده و آزمایشات مختلف شیمیایی و میکروبی بر روی آنها صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش مصرف آب با توجه به حضور میلیونی زائران در سال و با توجه به سیستم چاه جذبی فاضلاب باعث بالآمدن سطح آب در زیر شهر نسبت به دشت مشهد و آلودگی سفره آب زیرزمینی شده است. بالآمدگی سطح آب علاوه بر آلودگی سفره از طریق پخش به اطراف و همچنین نفوذ به قسمتهای عمیق‌تر سفره خطرات دیگری نیز به دنبال دارد، که کاهش مقاومت زمین، ایجاد فرورانش در اثر تخریب سقف قناتهای متروکه بعد از آبگیری مجدد آنها، روانگرایی در بخشهای سیلانی و ماسه‌های دانه ریز در هنگام وقوع زلزله از جمله آنها می‌باشد. آلودگی سفره در مناطقی که بافت خاک درشت‌دانه می‌باشد یعنی در بخشهای جنوبی و غربی سفره بیشتر است. در قسمت شمال شرقی که دارای بافت ریزدانه می‌باشد در بعضی چاهها آلودگی مشاهده می‌گردد؛ علت اصلی آن به خاطر تراکم جمعیت در این قسمت از شهر می‌باشد. همچنین در حوالی قبرستانهای قدیمی در شرق و مرکز شهر آلودگی آب مشاهده شده است. غلظت نیترات، سولفات، کلراید و فسفات در این نقاط شهر بالا می‌باشد؛ غلظت نیترات در برخی نقاط تا ۲۰۲ میلی گرم در لیتر می‌رسد. بالابودن میزان آمونیم در چاههای نمونه‌برداری شده بیانگر آلودگی تازه چاهها به این آلاینده‌ها می‌باشد و آلودگی ادامه خواهد داشت. بررسی نمونه‌های آلوده و نقشه توسعه شهر نشان می‌دهد که شروع آلودگی احتمالاً از سال ۱۳۶۵ به بعد بوده است؛ اوج توسعه شهری و شهرنشینی در این دهه (۱۳۷۰-۱۳۶۰) رخ داده است. با توجه به این که چاههای مورد نمونه‌برداری، چاههای آبیاری فضای سبز بوده و عمق اکثر این چاهها بیش از ۱۰۰ متر می‌باشد آلودگی موجود چاههای آب شرب را نیز تهدید می‌کند. نقشه‌های هم غلظت انواع آلاینده‌ها نشان می‌دهد که در قسمتهای جنوبی، غربی، شمال شرق و در بافت قدیم شهر آلودگی سفره آب زیرزمینی دیده می‌شود. در قسمتهای قدیم شهر علیرغم اینکه که بر روی بافت ریزدانه خاک قرار گرفته، به دلیل وجود قناتهای قدیمی و انتقال آسان آلاینده‌ها آلودگی سفره اتفاق افتاده است. با استفاده از نرم‌افزار **Aquachem** بیانگر انواع متفاوتی از تیپ آب در شهر مشهد می‌باشد، که آلودگی سفره آب زیرزمینی عامل این تفاوت است. ایجاد شبکه فاضلاب شهری و جلوگیری از نشت لوله‌ها و کنترل ساخت و ساز در شهر در جلوگیری از گسترش این آلودگی مؤثرند. جمع‌آوری آبهای حاصل از بارندگی و تزریق این آبها در قسمتهای آلوده سفره آب زیرزمینی در زیر شهر در بهبودی آن مؤثر خواهد بود.

کلمات کلیدی: شهر نشینی، کیفیت، کمیت، میکروبی، آلودگی و قبرستان

Abstract

In this study, the impacts of urbanization on the quantity and quality of groundwater resources in Mashahd Mega-city is evaluated. Available data which have been collated from a variety of water organizations include quality and chemical composition data and the water level. For more accurate examination of water quality, 46 water samples from various depths of about 100 m were collected and were subjected to chemicals and biological analysis. Results show that increased water consumption (with the visits of million pilgrims in a year) has led to water level rise and contamination of aquifer. Elevated water level induces contamination as well as a decrease in ground strength, demolition of qanats and liquefaction in the case of earthquake. Contamination is higher in southern and western part of the aquifer. In north eastern part, with clay texture soils, observed contamination is a result of dense population. The old graveyard in east and centre of the city is also associated with groundwater contamination. Concentration of nitrate, sulphate, chloride and phosphate is high and especially nitrate concentration reaches 202 mg/l. High concentration of ammonium is a reason to show modernity and continuity of contamination. Combined assessments of both contaminated samples and city development map show that contamination started since 1986; peak of urban development is during 1980's. The current contamination may treat drinking water bores. Iso concentration maps show that contamination is in southern, western and northeastern and old parts of the city. Aquifers in the older parts of the city, although sited on the fine texture soils, have been contaminated because of the role of qanats in facilitating contaminant transports. Diagrams prepared using Aquachem show various water types in the city aquifer which may be a reflection of contamination. Construction of sewer network , prevention of pipe leakage, restriction on residential developments and surface water collection and injection into aquifers all can help improving the quality of groundwater.

Keywords: Urbanization, quality, quantity, biological, Contamination and graveyard.



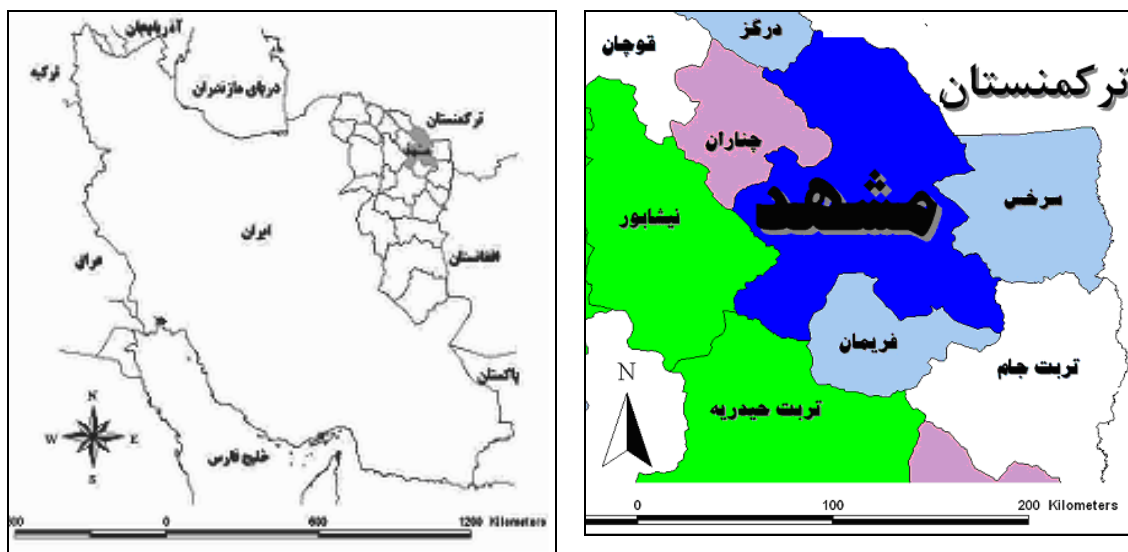
۱-۱- مقدمه

افزایش جمعیت در سالهای اخیر، محدودیت منابع آبهای سطحی و بهره‌برداری بیش از اندازه از آبهای زیرزمینی باعث به بار آمدن خسارات جبران‌ناپذیری به منابع طبیعی کشور در سالهای گذشته شده است. علاوه بر افت شدید سطح آب در آبخوانها، فعالیتهای کشاورزی، صنعتی و شهری، آلاینده‌های مختلفی را به آبهای زیرزمینی تحمیل می‌کنند. شهر مشهد با جمعیتی بیش از دو میلیون و چهارصد هزار نفر، دومین شهر بزرگ کشور است، به دلیل وجود بارگاه امام رضا (علیه‌السلام) و جاذبه‌های توریستی دیگر در این شهر و با وجود میلیونها نفر زائر و جهانگرد، مشکلات آبی آن هر روز ابعاد تازه‌ای به خود می‌گیرد.

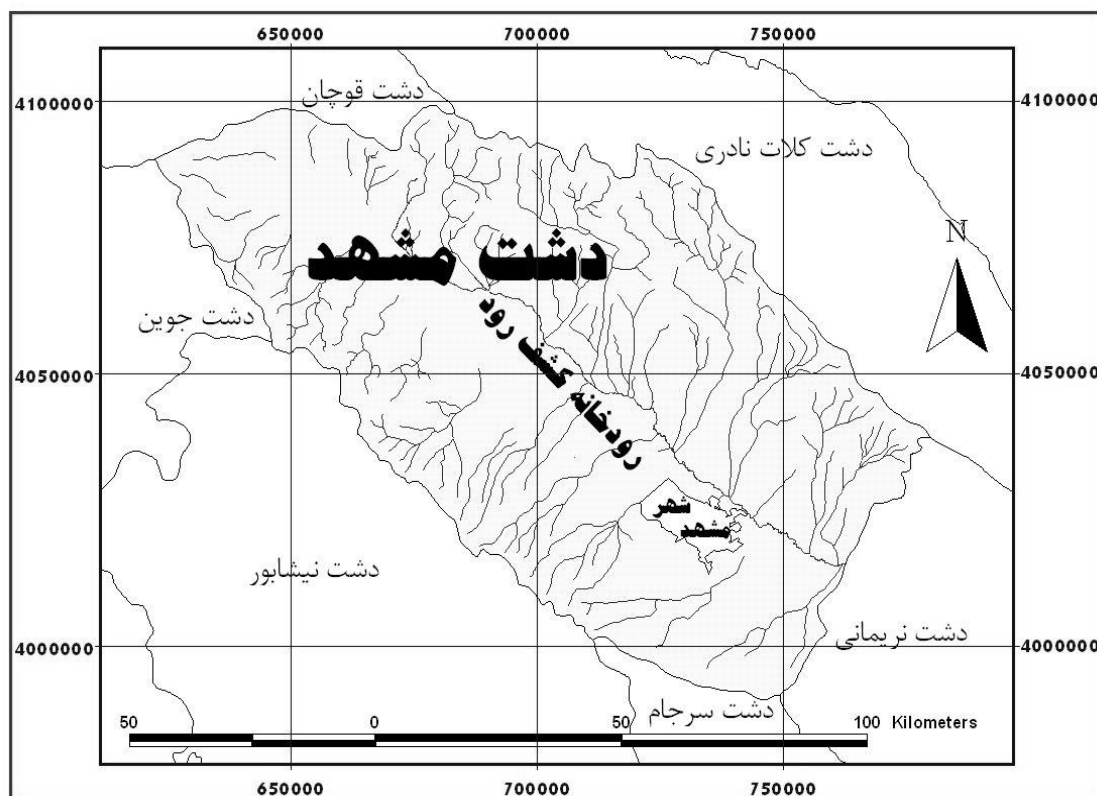
در دو دهه اخیر، افراط در بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی، باعث افت شدید سطح آب در دشت مشهد و نفوذ فاضلاب شهری باعث بالآمدن سطح آب در قسمتهایی از شهر مشهد شده است. افت آب در طی ۵۰ سال گذشته در دشت مشهد بعضاً به بیش از ۵۰ متر می‌رسد، که بدون شک برای سفره آب زیرزمینی شهر مشهد یک فاجعه محسوب می‌شود. از طرف دیگر کاهش شدید آب در آبخوان دشت و بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در زیر شهر باعث ورود آلاینده‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و شهری و در نتیجه آلودگی شدید سفره آب زیرزمینی مشهد شده است. مهمترین منبع آلوده‌کننده آب زیرزمینی در شهر مشهد، فاضلاب خانگی می‌باشد. شهر مشهد مانند اکثر شهرهای کشور در حال حاضر فاقد سیستم جمع‌آوری و انتقال فاضلاب شهری بوده و فاضلاب شهری از طریق چاه‌های جذبی منازل، وارد آبخوان شده و باعث آلودگی آب زیرزمینی می‌شود. آلودگی تدریجی آب زیرزمینی، چاههای آب شرب شهری را که در داخل شهر هستند، تهدید می‌کند. از آنجایی که تعداد قابل توجهی از چاههای آب شرب شهری در داخل محدوده شهر مشهد هستند، لذا برای حفظ این چاه‌ها از خطر آلوده‌شدن و حفاظت از منابع آب زیرزمینی، لازم است که سیستم جمع‌آوری و انتقال فاضلاب شهری را به طور فراگیر راه‌اندازی نمود (سیادتی‌مقدم، ۱۳۸۳).

۱-۲- موقعیت جغرافیائی

شهر مشهد به عنوان مرکز استان خراسان رضوی مابین رشته‌کوه هزار مسجد و بینالود در منتهی‌الیه دشت مشهد در ارتفاع حدود ۹۶۰ - ۱۱۱۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. وسعت این شهر حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۹۸۰ متر است. این شهر از نظر هیدرولوژیکی جزء دشت مشهد و حوضه آبریز رودخانه کشف‌رود می‌باشد. این حوضه در شمال استان خراسان در طول جغرافیایی ۲۰' - ۵۹° تا ۸' - ۶۰° و عرض ۳۵' - ۴۰° تا ۳' - ۳۶° واقع است و از شمال به خط‌الراس ارتفاعات هزار مسجد، از جنوب به حوضه آبریز جام‌رود و از غرب به حوضه آبریز رودخانه اترک محدود می‌شود. شکل ۱-۱ موقعیت شهرستان مشهد در کشور و استان را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - ۱- موقعیت شهرستان مشهد در کشور



شکل ۱ - ۲- موقعیت شهر مشهد در حوزه آبریز کشف رود و دشت مشهد (علیزاده، ۱۳۸۳)

۳-۱- شرایط آب و هوایی

آب و هوای منطقه بیابانی و متنوع با تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای نسبتاً سرد می‌باشد. میزان نزولات جوی در ارتفاعات و در سطح شهر مشهد متفاوت می‌باشد. با استفاده از آمار ایستگاههای موجود، میزان متوسط بارندگی در ارتفاعات ۳۲۰ میلی‌متر و در سطح شهر مشهد ۲۵۶

میلی‌متر در سال برآورد گردیده است. میانگین نزولات جوی در حوضه آبریز کشف‌رود تا ایستگاه النگاسدی ۲۹۴ میلی‌متر در سال تخمین زده شده است. در بین ماههای سال، اسفند ماه با متوسط ۵۳/۹ میلی‌متر بیشترین و مرداد با متوسط ۰/۸ میلی‌متر کمترین بارندگی ماهانه را دارا می‌باشد. طبق آمار اخذ شده از ایستگاه هواشناسی مشهد در یک دوره ۲۵ ساله حدود ۲۱ درصد بارندگی سالانه در فصل پاییز، ۴۶ درصد در زمستان، ۳۲ درصد در بهار، و تنها ۱ درصد در تابستان رخ می‌دهد. ضمناً در طول دوره آماربرداری میزان تغییرات دمای شهر مشهد از حداقل ۲۸- تا حداکثر ۴۳/۴ سانتی‌گراد در نوسان بوده است. میزان متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۳/۷ سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت در سردترین ماه حدود ۱ درجه سانتی‌گراد و در گرمترین ماه حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است، در سالهای اخیر به علت تغییر شرایط آب و هوایی درجه حرارت در گرمترین ماه بیشتر از مقدار فوق گزارش شده است. متوسط تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد ۱۰۴ روز و متوسط رطوبت نسبی ۵۶ درصد گزارش گردیده است. به طور کلی دوره مرطوب از آذرماه شروع و تا آخر فروردین‌ماه ادامه می‌یابد، متوسط نوسانات رطوبت نسبی ۳۵ تا ۷۵ درصد می‌باشد. حداقل ساعات آفتابی در دی‌ماه و حداکثر در تیرماه به وقوع می‌پیوندد. میزان بارندگی در سال همانند اکثر نقاط خشک و نیمه خشک متغیر است. جهت باد غالب با استفاده از آمار بدست آمده اکثراً به سمت جنوب و جنوب‌شرق و سرعت آن از حداقل ۲/۲ متر بر ثانیه در آذرماه تا حداکثر ۴/۴ متر بر ثانیه در اسفندماه متغیر است، سرعت متوسط در ایستگاه مشهد ۱/۷ متر بر ثانیه گزارش شده است (علیزاده، ۱۳۸۳).

۴-۱- جمعیت شهر مشهد و پیش‌بینی آینده

رشد جمعیت مهمترین عامل توسعه شهری می‌باشد. شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی با دارا بودن نقش مرکزیت سیاسی و اداری پایگاه مهم توسعه اقتصادی استان محسوب می‌شود. شهر مشهد از لحاظ وسعت و جمعیت از شهرهای بزرگ ایران بوده که به خاطر وجود مرقد مطهر امام هشتم، حضرت علی‌ابن‌موسی‌الرضا هر ساله تعداد بیشماری از هموطنان و همچنین زائرانی از کشورهای دیگر به این شهر وارد می‌شوند. به دلایل متعدد وسعت این شهر روز به روز بیشتر شده و به خاطر وجود بازار کار، هر ساله تعدادی مهاجر به این شهر وارد و ساکن می‌گردند. به همین دلیل آمار جمعیت مشهد نرخ رشد بالاتری در مقایسه با دیگر شهرهای ایران نشان می‌دهد. اولین سرشماری رسمی مشهد در سال ۱۳۱۹ به عمل آمد که جمعیت مشهد در آن زمان ۱۷۶,۴۷۱ نفر اعلام شد. جمعیت شهر در سال ۱۳۳۵ به ۲۴۱,۹۸۹ نفر رسید. شهر مشهد از دهه ۱۳۴۰ وارد مرحله شهرنشینی سریع شده است. به نحوی که در هر ده سال جمعیت آن نزدیک به دو برابر شده است. سرشماری سال ۱۳۶۵ نشان می‌دهد که جمعیت شهر به ۱,۴۶۳,۵۰۸ نفر رسیده است. در این دهه شهر به لحاظ کالبدی توسعه چشمگیری پیدا کرده و دو شهرک گلشهر و قلعه‌ساختمان همراه با ۳۱ آبادی و کارگاه به محدوده شهر پیوستند. با توجه به آمار سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان، آمار جمعیتی سال ۱۳۸۰ برابر ۲,۱۳۸,۷۱۰ نفر و رشد جمعیت بین سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ نیز ۲/۵۴ درصد گزارش

شده است. با بررسی‌های صورت گرفته پیش‌بینی شده است که از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۴۰۰ در هر دوره پنج ساله معادل ۰/۱ درصد از مقدار ۲/۵۴ درصد رشد سالانه کاسته می‌گردد و در سال ۱۴۰۰ رشد سالیانه جمعیت را ۲/۱۴ درصد پیش‌بینی نموده‌اند (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان). طبق آمار اخذ شده، جمعیت مشترکان شرکت آب و فاضلاب مشهد در سال ۱۳۸۳ حدود دو میلیون و چهارصد و پنجاه هزار نفر بوده است.

در ایام تابستان و زمانهای بخصوص، جمعیت زوار نسبت به شهروندان به درصد قابل توجهی می‌رسد برآورد و تخمین جمعیت زوار در برنامه‌ریزی تأمین آب شرب روزانه شهر مشهد بسیار مهم است (علیزاده، ۱۳۸۳). بر اساس اطلاعات شرکت آب و فاضلاب مشهد (آبفا مشهد)، سالانه حدود ۱۴ میلیون نفر زائر وارد شهر مشهد می‌شوند که از این تعداد حدود دوسوم در شش ماهه اول سال و یک-سوم در شش ماهه دوم سال وارد شهر مشهد می‌شوند، با در نظر گرفتن متوسط ماندگاری ۴ روز در سال و در نظر گرفتن این مطلب که سرانه مصرف آب زوار یک‌سوم سرانه مصرف شهروندان مشهدی می‌باشد، متوسط نیاز آبی سالانه زوار به اندازه متوسط نیاز آبی حدود ۵۰ هزار نفر از شهروندان مشهدی در طول سال خواهد بود. با توجه به جمعیت شهر مشهد، نیاز آبی زوار حدود ۲/۱۲ درصد نیاز آبی شهروندان می‌باشد. طبق آمارهای بدست آمده از سازمان برنامه و بودجه و اداره کل ارشاد اسلامی، نرخ رشد جمعیت زوار ۴ درصد برآورد شده است. با توجه به آمار جمعیت زوار در سال ۷۵ و نرخ رشد مذکور، جمعیت زائرین در سالهای گذشته و آتی مطابق جدول زیر است (قزی، ۱۳۸۴).

جدول ۱-۱- جمعیت زوار در سالهای مختلف (قزی، ۱۳۸۴)

سال	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰
تعداد زوار (نفر)	۱۳,۶۲۹,۰۰۰	۱۵,۵۷۶,۰۰۰	۱۷,۵۲۳,۰۰۰	۱۹,۴۷۰,۰۰۰	۲۱,۴۷۰,۰۰۰	۲۳,۳۶۴,۰۰۰

جدول ۲-۱- پیش‌بینی جمعیت شهر از سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰ (قزی، ۱۳۸۴).

سال	جمعیت (میلیون نفر)	درصد نرخ رشد جمعیت
۱۳۶۵	۱,۴۶۳,۵۰۸	۲/۵۸
۱۳۷۵	۱,۸۸۷,۴۰۵	۲/۵۸
۱۳۸۰	۲,۱۳۸,۷۱۰	۲/۵۴
۱۳۸۵	۲,۴۱۲,۶۸۰	۲/۴۴
۱۳۹۰	۲,۷۰۸,۴۸۷	۲/۳۴
۱۳۹۵	۳,۰۲۵,۷۳۶	۲/۲۴
۱۴۰۰	۳,۳۶۳,۶۴۶	۲/۱۴

۱-۵- اهداف و روش مطالعه

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر شهرسازی بر کمیت و کیفیت سفره آب زیرزمینی در زیر شهر مشهد و اثرات ورود فاضلاب شهری بر سفره آب زیرزمینی می‌باشد برای این منظور اقدامات زیر صورت گرفته است.

- ۱- بررسی مشخصات سفره آب زیرزمینی شهر مشهد.
- ۲- بررسی وضعیت شهر و شهر سازی در دهه‌های گذشته.
- ۳- ارزیابی تراز آب زیرزمینی با توجه به تأثیرات کمیتی شهرسازی مشهد و به طور کلی جلوگیری از آلودگی بیشتر منابع آبی مشهد.
- ۴- راههای کنترل و کاهش آلودگی‌ها.
- ۵- بررسی همبستگی‌های موجود بین خصوصیات شیمیایی آبهای زیرزمینی مشهد.
- ۶- مشخص نمودن علل و منشأ منابع آلوده کننده آب زیرزمینی به منظور اولویت بندی آنها برای کنترل آلودگی‌ها و تعیین نقاط با آلودگی بیشتر در سطح شهر مشهد.
- ۷- دسترسی برای برنامه ریزی و مدیریتی دقیق برای منابع آبی مشهد و در آینده برای دیگر شهرهای ایران.

در این تحقیق بهترین مکان برای حفر چاههای آب آشامیدنی و راههای کاهش آلودگی این چاهها با سیستم فاضلاب شهری بررسی شده است. همچنین با نمونه برداری از چاههای سطح شهر و با در نظر گرفتن نوع سفره آب زیرزمینی، نقش صنایع، بافت خاک و نقشه توسعه شهری آلودگی سفره آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۶- بررسی کمی مواد زائد تولیدی از واحدهای صنعتی در شهر مشهد

در استان خراسان رضوی صنایع مختلفی در حال فعالیت هستند که مواد زائد آنها متنوع است. نیز تأثیرگذار خواهد بود. متأسفانه اطلاعات دقیق و جامعی در ارتباط با نوع و حجم این مواد زائد بصورت جامد (شکل فیزیکی) وجود نداشته و اطلاعات موجود تنها به پسماندهای چندین واحد تولیدی محدود می‌شود. جدول زیر صنایع مختلف و حجم فاضلاب واحدهایی که آمار آنها برآورد شده است برای شهر مشهد را نشان می‌دهد. که این فاضلاب تأثیر مهمی بر آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد دارد. وجود این صنایع در غرب مشهد با توجه به حرکت آب از غرب به شرق می‌تواند در آلودگی این سفره مؤثرتر باشد.

جدول ۱-۳- فاضلاب ناشی از واحدهای صنعتی شهر مشهد (جمع آوری از منابع مختلف)

نوع صنعت	حجم آب مصرفی (m ³ /d)	حجم فاضلاب تولیدی (m ³ /d)	تعداد واحدهای دارای آمار
صنایع شیمیایی	۸	۶	۱
صنایع غذایی	۲۰۶/۵	۱۶۳/۲	۱۱
صنایع کانی غیر فلزی	۳۴۴	۲۵۸	۱۰

۷-۱- نیازهای آبی شهر مشهد و منابع تأمین آب

دشت مشهد یکی از مهمترین و بزرگترین دشتهای خراسان رضوی است. اهمیت این دشت علاوه بر تأمین آب مورد نیاز کشاورزی به مقدار بیش از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب در سال، تأمین‌کننده آب شهرهای مشهد، چناران، شاندیز و طرقبه نیز می‌باشد. در دشت مشهد بیش از ۲۰۰۰ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق وجود دارد. از این تعداد ۲۹۶ حلقه عمدتاً در شمال‌غرب و غرب شهر و تعدادی در داخل شهر برای تأمین آب شرب شهر حفاری گردیده‌اند. از این چاهها حدود ۱۴۰ میلیون متر مکعب آب در سال استحصال می‌گردد. در سالهای خشک، میزان استحصال از این چاهها به دلیل کاهش آب ذخیره شده پشت سدهای کارده و طرق به حدود ۱۴۵ میلیون متر مکعب می‌رسد. لازم به یادآوری است که میزان آب مصرفی شهر مشهد و حومه حدود ۱۸۰ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که حدود ۲۰ میلیون آن از سدهای طرق و کارده و بقیه از آبهای زیرزمینی تأمین می‌شود. شهر مشهد از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی قابل ملاحظه‌ای که بتواند آینده‌ای پایدار برای توسعه این شهر فراهم آورد، برخوردار نیست. نیاز به آب شرب به ویژه در فصل تابستان که دمای هوا بالا است و زوار زیادی هم از تمام مناطق کشور به این شهر می‌آیند، تشدید می‌شود. در حالی که جمعیت شهر و نیاز آبی، روز به روز افزایش پیدا می‌کند. در مورد تأمین آب شرب شهر مشهد پیش‌بینی می‌شود که در آینده‌ای نزدیک شهروندان باید آب شرب مورد نیاز خود را به صورت بطری از بازار تأمین کنند. خلاصه اطلاعات جمعیت، سرانه مصرف، نیاز آبی سالانه و در جدول ۱-۳ آورده شده است. بر اساس این پیش‌بینی، شهر مشهد در سال ۱۳۹۰ دارای حدود ۳ میلیون نفر جمعیت و نیاز آبی سالانه حدود ۳۰۰ میلیون متر مکعب آب خواهد بود که باید برای تأمین این مقدار آب فکر اساسی نمود (جدول ۱-۳).

۸-۱- مشخصات سفره آب مشهد

در اثر بهره‌برداری های بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی دشت، سطح آبهای زیرزمینی بتدریج پائین رفته و با کسری مخزن مواجه شده است. به همین دلیل از سال ۱۳۴۷ همراه با افت سطح آب زیرزمینی، این دشت از طرف وزارت نیرو جزء دشتهای ممنوعه اعلام گردیده است (لشکری پور و همکاران، ۱۳۸۴). از آنجا که ضخامت لایه آبدار در محدوده دشت مشهد در حال تغییر است و دامنه تغییرات از ۲۰ متر در محدوده خروجی دشت تا ۱۵۰ متر در حاشیه ارتفاعات جنوبی تغییر می‌کند و به طور کلی از رودخانه کشف‌رود به طرف ارتفاعات این میزان کاهش می‌یابد. قابل ذکر است که در محدوده شهر مشهد این ضخامت بین ۲۰ تا ۱۰۰ متر متغیر است. و این افزایش از سمت جنوب به طرف شمال دشت می‌باشد. بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در اراضی منزل‌آباد، قاسم‌آباد و طرق مشاهده گردیده است. تخلیه اصلی آبخوان آبرفتی دشت مشهد توسط چاهها، قناتها و چشمه‌ها صورت

می‌گیرد. نتایج آزمایش‌های پمپاژ ۳۹ حلقه چاه نشان می‌دهد که قابلیت انتقال (T) آبخوان از ۲۶ تا ۲۲۶۱ متر مربع در روز تغییر می‌کند؛ ضریب ذخیره (S) نیز از ۰/۲ تا ۱۱ درصد متفاوت است. تغییرات ضرایب هیدرو دینامیکی سبب تغییرات آبدهی چاهها می‌گردد به طوری که دبی چاههای عمیق در نقاط مختلف از ۲۵ تا ۱۱۰ لیتر در ثانیه متفاوت است (لطیف، ۱۳۸۱). سطح آب در اکثر چاههای واقع در دشت در حال پایین رفتن است. شیب سفره از جنوب غرب به طرف شمال شرق است و با نزدیک شدن به شهر از عمق سطح آب زیرزمینی کاسته می‌شود. سطح آب زیرزمینی در قسمت جنوبی دشت پایین و به طرف شمال دشت، افزایش می‌یابد. عمق برخورد به آب در نواحی مختلف، از حدود ۵۰-۶۰ متر در ابتدای دشت تا ۸۰ - ۷۰ متر در پای ارتفاعات جنوبی ناحیه چناران و ۱۳۰-۱۰۰ متر در نواحی بین چناران تا شمال غرب مشهد و حدود ۹۰ متر در جنوب دشت مشهد متغیر است. عمق برخورد به آب به طرف کشف رود تا ۲۰ متر تقلیل می‌یابد. منحنی‌های ایزوپیر در قسمت غربی دشت و عموماً در اکثر معابر ورودی آب زیرزمینی فشرده بوده و در قسمتهای میانی و شمالی دشت فاصله منحنی‌ها زیادتر می‌گردد. به عبارت دیگر گرادیان هیدرولیکی در محدوده‌های دشت زیاد بوده و در محدوده میانی و شمالی دشت از میزان آن کاسته می‌شود. هدایت الکتریکی شاخص غلظت یونهای محلول در آب بوده و هدایت الکتریکی با افزایش این فاکتور نسبت مستقیم دارد. حد اکثر میزان هدایت الکتریکی (EC) در منتهی‌الیه دشت (محل خروجی) یا کانال تنگل شور بوده که ۶۰۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر است. در قسمت میانی دشت میزان هدایت الکتریکی برابر با ۶۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر و در ابتدای دشت (شمال غربی) میزان هدایت الکتریکی برابر با ۱۴۰۰-۱۵۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر می‌باشد. در استان خراسان رضوی تعداد چاههای عمیق ۳۷۷۷ حلقه و نیمه عمیق ۲۲۳۱ حلقه و قناتها ۸۹۴ رشته و چشمه‌ها ۳۹۹ دهنه می‌باشد (شرکت سهامی آب و منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۸۴).

۹-۱- بیان آبی در استان خراسان رضوی

در حال حاضر حجم متوسط باران سالانه استان خراسان رضوی با وسعت ۱۱۷,۰۵۸ کیلومتر مربع و میانگین بارندگی دراز مدت ۲۲۷ میلیمتر معادل ۲۶/۵۷۲ میلیارد مترمکعب می‌باشد که به علت خشک بودن اقلیم منطقه حدود ۷۱ درصد آن (۱۸/۷۳۳ میلیارد مترمکعب) که ۲ الی ۳ درصد بیشتر از متوسط کشور است به صورت تبخیر و تعرق واقعی از دسترس خارج می‌گردد و تنها ۷/۸۳۹ میلیارد متر مکعب آن در چرخه هیدرولوژی مورد استفاده می‌باشد که با لحاظ نمودن ۵۰۰ میلیون متر مکعب آب ورودی به استان، جمع آب تجدیدشونده استان ۸/۳۳۹ برآورد گردیده است. در حقیقت این حجم آب را می‌توان به عنوان میانگین دراز مدت سرمایه اصلی آب در خراسان رضوی محسوب نمود. از ۸/۳۳۹ میلیارد متر مکعب آب در استان حدود ۶ میلیارد آن صرف تغذیه آبخوانهای زیرزمینی می‌گردد و ۲/۳۳۹ میلیارد متر مکعب آن به صورت جریانهای سطحی در استان جاری می‌گردد. با توجه به برداشت ۷/۰۶۰ میلیارد متر مکعب آب از منابع آب زیرزمینی ملاحظه می‌گردد مخازن آبهای

زیرزمینی استان با کسری ۱/۰۶۰ میلیارد متر مکعب در سال مواجه می‌باشند (آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۸۶).

جدول ۱-۴- جمعیت، سرانه مصرف، تعداد زوار، تعداد مشترکان و نیاز آبی سالانه از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۹۰
(علیزاده، ۱۳۸۳)

سال	جمعیت (میلیون نفر)	سرانه مصرف (lit/day)	سرانه تلفات (lit/day)	زوار (میلیون نفر)	مصرف زوار با تلفات (lit/day)	مشترک آب (نفر)	مشترک فاضلاب (نفر)	نیاز سالانه (mcm)
۱۳۷۵	۱/۹۲۱	۱۹۰	۲۲۳	۱۲/۲۴	۸۱	-----	-----	۱۵۹/۶۹
۱۳۷۶	۱/۹۷۹	۱۹۲	۲۲۵	۱۲/۴۹	۸۱	-----	-----	۱۶۵/۹۶
۱۳۷۷	۲/۰۳۹	۱۹۴	۲۲۷	۱۲/۷۴	۸۱	-----	-----	۱۷۲/۵۰
۱۳۷۸	۲/۱۰۱	۱۹۶	۲۲۹	۱۲/۹۹	۸۱	۴۲۹,۸۳۶	۲۰,۷۸۲	۱۷۹/۳۲
۱۳۷۹	۲/۱۶۶	۱۹۸	۲۳۱	۱۳/۲۴	۸۱	۴۶۱,۹۶۱	۲۷,۷۹۰	۱۸۶/۴۸
۱۳۸۰	۲/۲۳۳	۲۰۰	۲۳۳	۱۳/۴۹	۸۱	۴۹۴,۵۴۳	۳۸,۰۸۷	۱۹۳/۹۱
۱۳۸۱	۲/۳۰۲	۲۰۲	۲۳۵	۱۳/۷۵	۸۱	۵۲۹,۹۸۰	۶۰,۶۵۷	۲۰۱/۶۶
۱۳۸۲	۲/۳۷۴	۲۰۶	۲۳۹	۱۴/۰۰	۸۱	۵۷۲,۰۸۸	۶۸,۷۸۹	۲۱۱/۶۹
۱۳۸۳	۲/۴۴۹	۲۱۱	۲۴۴	۱۴/۲۵	۸۱	۵۹۶,۹۴۶	۱۱۰,۷۸۹	۲۲۲/۵۷
۱۳۸۴	۲/۵۲۷	۲۱۵	۲۴۸	۱۴/۵۰	۸۱	۶۲۱,۹۴۶	۱۳۳,۰۰۰	۲۳۳/۹۸
۱۳۸۵	۲/۶۲۰	۲۲۰	۲۵۳	۱۴/۷۵	۸۱	۶۴۴,۹۴۶	۱۵۵,۰۰۰	۲۴۷/۰۴
۱۳۸۶	۲/۷۰۴	۲۲۱	۲۵۴	۱۵/۰۰	۸۱	۶۷۱,۹۴۶	۱۷۸,۰۰۰	۲۵۵/۹۷
۱۳۸۷	۲/۷۹۱	۲۲۲	۲۵۵	۱۵/۲۵	۸۱	۶۹۶,۹۴۶	۲۰۰,۰۰۰	۲۶۵/۲۸
۱۳۸۸	۲/۸۸۲	۲۲۳	۲۵۶	۱۵/۵۰	۸۱	-----	-----	۲۷۴/۹۸
۱۳۸۹	۲/۹۷۶	۲۲۴	۲۵۷	۱۵/۷۵	۸۱	-----	-----	۲۸۵/۰۶
۱۳۹۰	۳/۰۷۳	۲۲۵	۲۵۸	۱۶/۰۰	۸۱	-----	-----	۲۹۵/۵۲



فصل دوم
زمین شناسی

و

هیدرولوژی منطقه

٢-١- مقدمه

منطقه مورد مطالعه از شمال توسط رشته‌کوه‌های هزارمسجد و از جنوب به وسیله سلسله جبال بینالود با روند عمومی شمال‌غربی- جنوب‌شرقی محصور شده است. دشت مشهد (کشف‌رود) در حد فاصل دو حوضه رسوبی با دو سیستم جداگانه کپه‌داغ (هزارمسجد) در شمال با تاقدیسها و ناودیسهای نسبتاً متقارن و البرز شرقی (بینالود) در جنوب با سری سنگ‌های آذرین و دگرگونی، با ساختمان پیچیده واقع شده است (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- موقعیت مشهد و دشت مشهد در شمال شرق ایران

۲-۲- ویژگی زمین ریخت‌شناسی و زمین‌ساختی دشت مشهد

ویژگی زمین ریخت‌شناسی و زمین‌ساختی، دشت مشهد به ترتیب از شمال شرق به سوی جنوب غرب از بخشهای زیر ساخته شده است (پریریان و همکاران، ۱۳۷۸):

الف - پھنہ کیہ داغ

- پیش گویدال کپهداغ
- کوههای چین خورده - رانده شده کپهداغ
- فرونشست مشهد - قوچان

ب- پھنہ افیولیت پارینہ تتیس مشہد

- زمین چاک (Suture) پارینه تئیس
- افیولیت‌های پارینه تئیس

پ- پهنه ايران مرکزی

- کوههای چین خورده- رانده شده بینالود

۲-۱-۲- پیش‌گودال کپه‌داغ

این پهنه بخش فروافتاده شمال‌شرقی کوههای چین‌خورده- رانده شده کپه‌داغ است که پی‌سنگ آن به سبب رخداد کوهزائی هرسینین سخت شده و توسط رسوبات قاره‌ای مولاسی نئوژن و کواترنر پوشیده شده است.

۲-۲-۲- کوههای چین‌خورده- رانده شده کپه‌داغ

این رشته‌کوهها، بلندی‌های شمال‌شرقی کشور را در پای جنوب‌غربی پیش‌گودال کپه‌داغ می‌سازد. کوههای کپه‌داغ در ژوراسیک تالاب فروافتاده‌ای بود که در آن رسوبات شیلی، آهکی، مارنی و ماسه-سنگی ژوراسیک تا الیگوسن رسوب نموده‌اند. ضخامت این رسوبات نزدیک به ۸۰۰ متر است، که روی آنها سنگهای آواری قرمز رنگ قاره‌ای میوسن و پلیوسن قرار دارد. مرز جنوب‌غربی کوههای کپه‌داغ با فرونشست مشهد - قوچان را گسله کشف‌رود می‌سازد. در حال حاضر کوههای کپه‌داغ دارای چین‌های بسیار طویل با دامنه کم‌شیب می‌باشد.

۲-۳-۲- فرونشست مشهد قوچان

این پهنه، فرونشست باریک و فشاری است که در میان کوههای کپه‌داغ (در شمال‌شرقی) و بینالود (در جنوب‌غربی) قرار گرفته است. مرز شمال‌شرقی این فرونشست را گسله کشف‌رود و مرز جنوب‌غربی آن را گسله‌های جنوب مشهد و جنوب چناران در راستای زمین‌چاک پارینه‌تتیس می‌سازد. این فرونشست تکتونیکی توسط نهشته‌های آواری کوههای کپه‌داغ و بینالود (رسوبات کواترنر دشت) پوشیده است.

۲-۴-۲- زمین‌چاک (Suture) پارینه‌تتیس

مرز جنوب‌غربی فرونشست مشهد - قوچان در راستای گسله‌های جنوب مشهد و چناران را زمین‌چاک پارینه‌تتیس می‌سازد، اثر این زمین‌چاک با برونزد پهنه افیولیت‌های پارینه‌تتیس مشهد نمایان می‌شود.

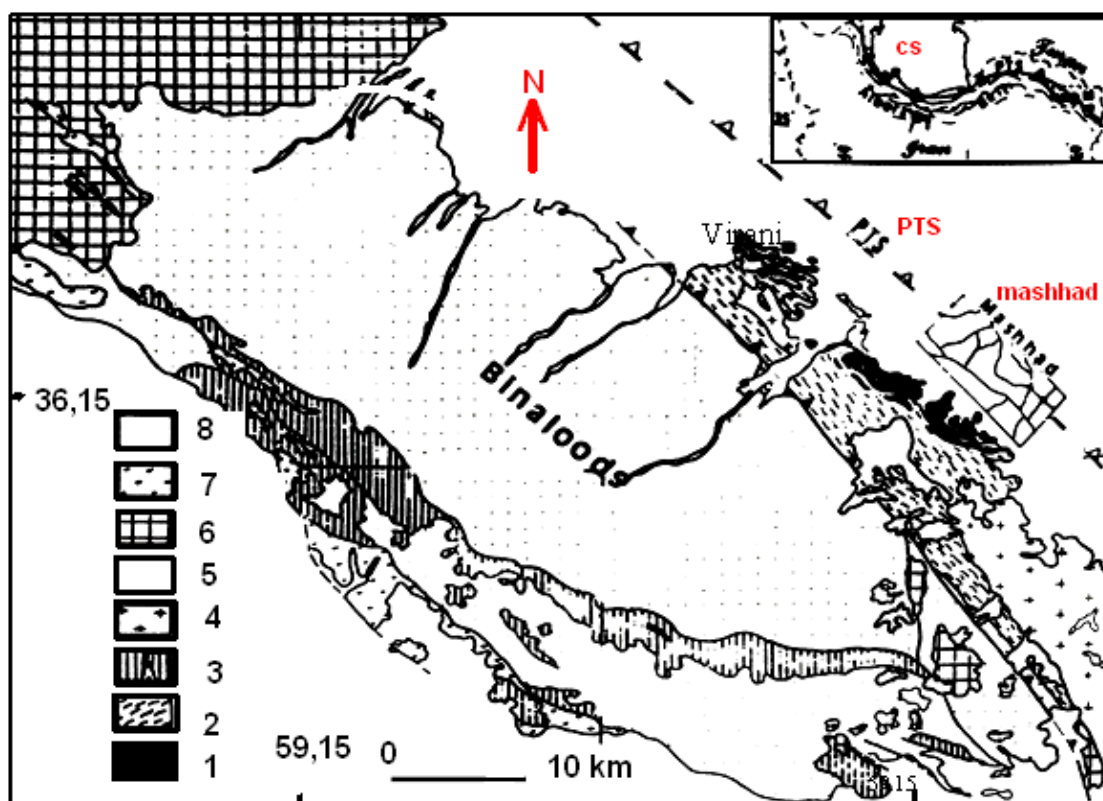
۲-۵-۲- افیولیت‌های پارینه‌تتیس مشهد

این پهنه به صورت برونزدهایی در سنگهای اولترابازیک، رادیولاریتی و اسلیت در جنوب مشهد گسترش دارند که نشان‌دهنده فرورائش (subduction) اقیانوس پارینه‌تتیس به سوی شمال است. (بربریان و کینگ^۱، ۱۹۸۱، بربریان و همکاران ۱۳۷۸).

^۱ - Berberian, and King, 1981

۲-۲-۶- کوههای چین خورده - رانده شده بینالود: شمال ایران مرکزی

کوههای بینالود در جنوب غربی فرونشست مشهد - قوچان و زمینچاک پارینه تپیس قرار گرفته است. این پهنه در شمال شرقی با گسله های جنوب مشهد - جنوب چناران و در جنوب غربی با گسله بینالود محدود شده است (شکل ۲-۲). ویژگیهای تکتونیکی - چینه شناسی این پهنه بسانی است که می توان آنرا زون تدریجی و تبدیلی میان ایران مرکزی (در جنوب) و البرز (در شمال) دانست. فعالیت شدید آتشفشانی در سیلورین و چین خوردگی در آغاز دوگر از ویژگیهای این پهنه است (نبوی، ۱۳۶۱، بربریان و همکاران، ۱۳۷۸).



شکل ۲-۲- نقشه خلاصه شده زمین شناسی بینالود؛ ۱- افیولیت های پالئوتپیس ۲- توربیدایت های عمیق اقیانوس پالئوتپیس ۳- سنگ های آواری و کربناته به همراه نفوذیه ها و سنگ های خروجی مافیک متعلق به پالئوزوئیک ۴- پلوتون های گرانیتی و گرانودیوریتی ۵- رسوبات شیلی ماسه سنگی و کنگلومرای دگرگون شده به سن تریاس پسین- ژوراسیک زیرین ۶- سنگ های آواری و کربناته ژوراسیک میانی - کرتاسه ۷- سنگ های ولکانو کلاستیک آتشفشانی وآهکی پالئوژن ۸- رسوبات نئوژن و کواترنری PTS: خط درز پالئو تپیس CS: دریای خزر M: مشهد (اقتباس از علوی، ۱۹۹۱).

۲-۳- چینه شناسی

در محدوده اطراف شهر مشهد سازندهای زمین شناسی مختلف به صورت پراکنده وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره می شود جدول (۲-۱ و ۲-۲).

۲-۳-۱- چینه‌شناسی در بینالود

در رشته‌کوه‌های بینالود سازندهای مختلف زمین‌شناسی از پرکامبرین تا دوران سوم رخنمون دارند، از آنجا که محدوده مورد بررسی در یال شمالی این رشته‌کوه‌ها واقع است در این بخش سازندهائی که در محدوده شهر رخنمون دارند ذکر می‌گردد. این سازندها مربوط به دوره دونین تا نئوژن می‌باشند. در جدول ۱-۲ خلاصه‌ای از موقعیت چینه‌شناسی در بینالود آمده است.

۲-۳-۲- چینه‌شناسی در کپه‌داغ

از دیدگاه زمین‌شناسی شمال شرق ایران در دو پهنه زمین‌ساختی قرار گرفته است. بخش شمالی، پاره ای از صفحه توران و بخش جنوبی جزئی از صفحه ایران است. روزگاری بین این دو صفحه اقیانوسی به نام پالئوتتیس وجود داشته است. حدفاصل بین این دو صفحه زمین درزی (زمین‌چاک) به نام درز پالئوتتیس وجود دارد که بیشتر کانونهای زمین لرزه‌های قدیمی و کنونی این منطقه، منطبق بر گستره این زمین درز است. کلیه سنگهای تشکیل‌دهنده رشته‌کوه کپه‌داغ از نوع سنگهای رسوبی بوده که سنگهای کربناته درصد بالاتر و سنگهای تخریبی درصد کمتری از رخنمون‌ها را بخود اختصاص داده است. این رسوبات در دریایی نه چندان عمیق نهشته شده است. بدلیل چین‌خوردگیهای این رشته کوهها امکان تجمع مواد هیدروکربوری و به تله افتادن آنها در نقاط خاص، پهنه‌ای با پتانسیل ذخایر عظیم نفت و گاز در این بخش از ایران زمین را بوجود آورده است. پی‌سنگ کپه داغ تنها در ناحیه آق‌دربند در راه سرخس دیده می‌شود که شامل سنگهای دگرگونه احتمالاً پرکامبرین معادل کهر می‌باشد و بر روی آن به صورت دگرشیب رسوبات شیلی و ماسه‌سنگی و کمی سنگ آهک دیده می‌شود که اندکی دگرگون شده و احتمالاً متعلق به دونین پسین می‌باشند، در جدول ۲-۲ چکیده‌ای از چینه‌شناسی کپه‌داغ آمده است.

۲-۳-۳- دوران چهارم و نهشته‌های آبرفتی کواترنر

شهر مشهد بر روی نهشته‌های آبرفتی جوان دشت مشهد بنا شده است. مهمترین عارضه فیزیوگرافی دشت مشهد رودخانه کشف‌رود است که از کوههای هزارمسجد و بینالود سرچشمه گرفته و پس از عبور از دشت مشهد و رشته‌کوههای مزدوران با پیوستن به رودخانه مرزی هریرود، رودخانه فجن را تشکیل داده که سرانجام در نزدیکی سرخس وارد صحرای قره‌قوم در ترکمنستان می‌شود. نهشته‌های آبرفتی این دشت حاصل فعالیت رودخانه کشف‌رود و سیلابهای فصلی رودخانه‌های نظیر رادکان کارده از کوههای هزارمسجد و رودخانه‌های فریزی، شاندیز، طرقله و طرق از کوههای بینالود می‌باشد. بیشترین ضخامت این نهشته‌ها حدود ۲۵۰ متر و از قدیم به جدید عبارتند از (بربریان و همکاران،

۱۳۷۸): الف: سازند آبرفتی هزاردره

ب: آبرفت‌های جوان دشت مشهد

ج: آبرفت‌های عهدحاضر یا هولوسن

جدول ۱-۲- چینه‌شناسی در بینالود (جمع‌آوری شده از منابع مختلف)

دوره زمانی	نوع رخنمون سنگی	توضیحات
دونین	از این دوره سازند بهرام شامل سنگهای آهکی متراکم و دولومیت‌های متبلور همراه با تداخل شیلی است که در شمال نیشابور و قدمگاه رخنمون دارد.	هم ردیف این سازند که شامل رخساره متناوبی از رادیولاریت - اسلیت و سنگهای اولترا بازیگ است در حاشیه شمالی بینالود در جنوب غربی منزل‌آباد و از جنوب کوهسنگی تا گلستان و در حوالی وکیل آباد، در سراسر در سراسر حاشیه جنوب غربی مشهد رخنمون دارد.
پرمو کربونیفر	رخساره‌های شامل کوارتزیت و سنگهای آهکهای متبلور در شمال شرق نیشابور وجود دارد هم ردیف آنها شامل ماسه-سنگ و اسلیت و سنگ آهکهای متبلور	در حوالی کال‌سنگ بست و در ارتفاعات جنوب تا جنوب غربی شهر مشهد در کوه معجونی و کوه گلستان و غرب وکیل آباد گسترش دارد. لایه‌های سنگ آهک متبلور (مرمریت) به صورت نواری در میانه این رخساره به چشم می‌خورد. در ناحیه جنوبی کوه معجونی این رخساره دارای استرولیت و گرونا می‌باشد. به طور کلی نهشته‌های آهکی، دولومیتی، شیلی، ماسه‌سنگی متراکم و دگرگونه دوران اول در ارتفاعات بینالود کم و بیش گسترش داشته و در محدوده شهر مشهد در قالب سنگهای دگرگونه شیستی و مرمر و اسلیت در جنوب‌شرقی شهر گسترش دارند.
تریاس - ژوراسیک	این رخساره فیلیت مشهد نامیده می‌شود شامل شیل‌های فیلیتی خاکستری تیره تا سبز، شیل، اسلیت، ماسه‌سنگ و دولومیت می‌باشد.	این رخساره توده اصلی مرکزی بینالود است و از جنوب تا غرب مشهد در پهنه وسیعی از خط‌ال‌ارس رشته‌کوه‌های بینالود تا حوالی دامنه‌های مشرف به دشت را فرا گرفته است.
ژوراسیک	رخساره‌های ژوراسیک زیرین شامل ماسه‌سنگ، شیل، کنگلومرا، در قسمت فوقانی کواترنریسورت کنگلومرا (هم ردیف شمشک در البرز مرکزی) در منطقه به صورت نوارهای دراز گسله-شده با کنتاکت گسلی در مجاور رخساره‌های دیگر	در سراسر یال شمالی بینالود، در جنوب دشت مشهد رخنمون دارند روی این رسوبات رخساره‌هایی شامل سنگهای آهکی، مارن خاکستری روشن (هم‌ردیف دلیچای در البرز مرکزی)، و سپس روی این رسوبات رخساره‌هایی شامل سنگهای آهکی نخودی توده‌ای با رنگ روشن در زیر و سنگهای آهکی نخودی مطبق روشن در رو تمامی ارتفاعات جنوب‌غربی مشهد رخنمون دارند. این سنگها دارای درز و شکافهای متوسط و آبگذری مناسبی می‌باشد.
کرتاسه	جنس رسوبات کرتاسه غالباً آهکی و آهک مارنی فسیل دار می‌باشد و در بینالود گسترش چندانی ندارد.	رخساره کرتاسه زیرین شامل رسوبات ماسه‌سنگ و مارن متمایل به قرمز و رخساره کرتاسه بالائی شامل سنگهای آهکی نخودی روشن و آهک اولیتی می‌باشد. رخساره-های کرتاسه در منتهی‌الیه بینالود غربی و به صورت توده‌های کوچک پراکنده در حوالی گنبد دراز و شریف‌آباد، در جنوب‌شرقی بینالود رخنمون دارد.
پالئوژن	رسوبات سنگ آهک و کنگلومرا با قلوهِ‌های ولکانیکی و مارنی، شیلی و کنگلومرا با قلوهِ‌های ولکانیکی (هم ردیف سازند زیارت در البرز مرکزی) و سپس برشهای ولکانیکی - کنگلومرا و سنگهای آندزیتی وجود دارند.	در یال شمالی بینالود رخساره پالئوژن دیده نمی‌شود. که احتمالاً یا به علت افتادگی سراسری این ناحیه، رسوبات پالئوژن به عمق آبرفت کشیده شده و یا در اثر فرسایش شدید از بین رفته‌اند. در یال جنوبی بینالود و بیشتر در جنوب‌غربی آن رخنمون دارند.
نتوژن	رخساره شامل رسوبات مارنی، گچی و آلگومرا و مارن و سیلت‌های رنگین گچ‌دار و در برخی نواحی شمال‌غربی بینالود گدازه‌های آندزیتی، داسیتی و توف مشاهده می‌شوند.	این رخساره در یال جنوبی بینالود به وفور، ولی در یال شمالی به صورت نهشته‌های پراکنده، در حاشیه‌های ارتفاعات و به صورت رخنمون‌هایی در بعضی نقاط دشت خصوصاً جنوب شرقی و شرق مشهد دیده می‌شوند. در محدوده شهر مشهد رسوبات مارنی گچ‌دار در پای ارتفاعات و در شرق شهر در حوالی دهکده‌های شهر آباد، حسین‌آباد، فیض‌آباد، کلاته‌میرصادق تا النگ‌سفلی، تپه‌های میو - پلیوسن شامل مارنهای گچی - سیلتي رخنمون دارد.

جدول ۲-۲- چینه‌شناسی در کپه‌داغ (جمع‌آوری شده از منابع مختلف)

دوره	نوع رخنمون سنگی	توضیحات
پالئوزوئیک	یک بیرون‌زدگی دگرگونی مربوط به پالئوزوئیک پسین در آق‌دربند، از کمر بند چین‌خورده کپه‌داغ در شمال ایران ی- باشد. این توده‌ها توسط یک سری از سنگهای اولترابازیک مربوط به پالئوزوئیک فوقانی در نزدیکی مشهد واقع در شمال ایران از البرز شرقی و ایران مرکزی جدا می‌شود. این خط اولترا مافیک به عنوان پوسته اقیانوسی و یا ولکانیک های بازیکی همراه با ریف‌تینگ داخل کراتونیکی شناخته می‌شوند. کمربند افیولیتی پالئوزوئیک بالایی که در بخش شمالی البرز، میان بلوک (ایران- عربستان) در جنوب و کپه داغ در شمال است، در نزدیکی مشهد (شمال شرق ایران) و کوههای تالش (جنوب غربی دریای مازندران) رخنمون دارد. توده‌های پلوتونیک، اولترابازیکی تا بازیکی (گابرو- پریدوتیت) و ولکانیک‌های آندزیتی مربوط به پرمین و کربونیفر زیرین در زون بعدی (تالش) پیدا شده‌اند.	اختلاف مهمی میان تاریخ پالئوزوئیک و اوائل مزوزوئیک شمال ایران و کپه داغ و کاوکاسوس بزرگ و سایر بخش های دیگر ایران در جنوب وجود دارد. در مقابل رسوبگذاری پلت‌فرمی و ثابت و پایدار در این نقاط ایران (در غیاب نفوذ توده های گرانیتی یا فعالیت‌های ولکانیکی و چین‌خوردگی در طول زمان پالئوزوئیک در کپه‌داغ و کاوکاسوس بزرگ) وجود داشته است. رژیم میوژنوسنکلیالی در کاوکاسوس بزرگ در کامبرین شروع شده است. حرکات کوهزایی هرسینین در منطقه توران در شوروی (شمال شرق ایران)، غرب هندوکش، شمال پامیر و تیان- شان شناخته شده است. کمربند افیولیتی و سنگهای دگرگونی پالئوزوئیک فوقانی را می‌توان بعنوان مدرکی دال بر بسته‌شدن دریای هرسینین در نظر گرفت.
تریاس	تشکیلات ذغالدار کشف‌رود (معادل شمشک) و کنگلومرای قاعده‌ای، در بخش تحتانی سازند کشف‌رود وجود دارد که از دانه های آواری درشتی از نوع دیاباز، گرانیت و میکا شیست، رسوبات تریاس (ماسه سنگهای کوارتزی قرمز رنگ و توفها) و دایکهای دیابازی تشکیل شده است. پس از آن، حوضه رسوبی کپه‌داغ در امتداد گسلهای طولی شروع به پایین‌رفتن کرده و یک حوضه فرورفته‌ای را در شمال ایران بوجود آورده است (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱).	در اثناء لیاس، کپه داغ و خشکی توران بصورت دگرشیب توسط تشکیلات ذغالدار کشف‌رود (معادل شمشک) پوشیده شده اند. دگرشیبی بین رسوبات تریاس و ژوراسیک در منطقه آق‌دربند واقع در شرق کپه‌داغ مشخص است. افشار حرب (۱۹۷۹) چهار گسل اصلی را در پی سنگ کپه داغ تشخیص داده است (کورخود، نابی، نکال‌کوه و مراوه‌تپه)، که لااقل از زمان ژوراسیک فعال بوده اند. در اغلب موارد، بلوکهای شمالی این گسل امتدادی (طولی) بیشتر از بلوکهای جنوبی نشست کرده اند و در فازهای فشارشی نهایی، این گسلها از حالت نرمال به معکوس تغییر حالت داده‌اند. موارد مشابهی از برگشت حرکات گسل در فازهای کششی و فشارشی در البرز و ایران مرکزی نیز شناخته شده است (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱).
ژوراسیک	رخساره شامل کنگلومرا قاعده‌ای، شیل‌های خاکستری و تیره سیل‌تی و رسی، ماسه‌سنگهای سبز گلوکونیت‌دار و کوارتزیت و شیل و مارن در حوالی کوشک‌آباد و نزدیک کارده و در حوالی قاسم‌آباد و کنویس مشاهده می‌شود. سازند مزدوران دارای سنگ آهکهای متخلخل نخودی روشن و خاکستری ماسیو و آهک دولومیتی در زیر و دولومیت و سنگهای آهکی نخودی روشن تا خاکستری در رو می‌باشد. مقطع بالائی از کوه مزدوران، در شمال شرقی مشهد است. رخساره آهکی مزدوران جزء مهمترین رسوبات از نظر کارستی‌بودن و گسترش و نفوذپذیری خوب و مناسب است و نیز از نظر ذخیره‌سازی و هدایت آبهای زیرزمینی نفوذی حائز اهمیت می‌باشد.	حوضه رسوبی کپه‌داغ همانند زاگرس از زمان ژوراسیک در امتداد گسلهای نرمال شروع به فرونشینی کرده که این عمل باعث پیشروی دریا از شمال غرب به جنوب شرق شده است. حاصل این پیشروی، سازندهای کربناته چمن بید و مزدوران است. فرونشینی حوضه که توسط گسل‌ها کنترل می‌شده است، از زمان ژوراسیک تا الیگوسن ادامه داشته و باعث شده است تا بیش از ۱۰ کیلومتر رسوب در این حوضه ته‌نشین شود. همچنین رسوبات کربناته دریای ژوراسیک بخش جنوبی صفحه توران را می‌پوشاند. در اواخر ژوراسیک، دریا از جنوب شرق بطرف شمال غرب پسروی کرده و حاصل آن ایجاد رسوبات قرمز رنگ سازند شوربجه است که در محیط های رودخانه‌ای برجای گذاشته شده اند. این پسروی تا نئوکومین (کرتاسه تحتانی) نیز ادامه داشته است. واحدهای دیگر ژوراسیک از توالی کپه داغ بطرف جنوب تا کوههای بینالود- آلاداق (امتداد جغرافیایی البرز) گسترش دارند و احتمالاً یک خشکی عظیمی را در شمال (ایران مرکزی، البرز، کپه داغ، پلّیت توران) تشکیل می‌داده اند که کپه‌داغ نسبت به البرز شرقی و ایران مرکزی سوبسیدانس بیشتری داشته است.
کرتاسه	سنگ آهک‌های دریایی، شیل، مارن و با زیر رده هایی از رسوبات آواری	حرکات اپیروژنیک کرتاسه زیرین موجب یک هیاتوس (Hiatus) رسوبی در کپه داغ غربی شده است. در شرق، رسوبات تورونین فوقانی (سازند آب‌دراز) با یک گپ (Gap) زمانی بر روی سنگهای سازند اتامیر مربوط به سنومانین زیرین بر جای گذاشته شده‌اند.
نئوژن	لایه‌های قرمز نئوژن شامل کنگلومرا، لای، ماسه‌سنگ قرمز، مارن و سیلت	در میان دشت، در شمال کشف‌رود و شمال شرقی مشهد و حوالی کشف‌رود به وفور یافت می‌شود.

۲-۳-۱- رخساره آبرفتی هزاردره

قدیمیترین نهشته‌های آبرفتی گستره مشهد می‌باشد که در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه هزارمسجد و دامنه‌های شمالی کوه‌های بینالود، بلندترین پادگانه‌های آبرفتی دشت را تشکیل می‌دهد. این واحد در مسیر جاده مشهد به طرقله و شان‌دیز و جاده کارخانه‌سیمان مشهد با دگرشیبی بر روی سنگ‌های قدیمتر قرار دارد. در جنوب شان‌دیز در جاده نقدر دگرشیبی این سازند با کنگلومرای ژوراسیک قابل مشاهده است. سازند هزاردره در این منطقه کنگلومرای کم و بیش سخت شامل قطعاتی در حد قلوه سنگ و شن است که فضای خالی قطعات با ماسه و سیلت و رس پر شده است. از آنجا که خاستگاه سازند هزاردره در بخش جنوبی دشت بیشتر فیلیتهای مشهد می‌باشد سازند هزار دره در برخی مناطق دشت از خود چین‌بندی نشان می‌دهد و در بیشتر مناطق کم و بیش افقی است.

۲-۳-۲- آبرفتهای جوان دشت مشهد

این آبرفتها رسوبات دامنه‌ای، پادگانه‌های آبرفتی کم‌ارتفاع (بخش بالایی با زونهای آبرفتی) و پادگانه بلند رودخانه کشف‌رود را تشکیل می‌دهند. پادگانه‌های آبرفتی کم ارتفاع (کوتاه‌تر از سازند هزاردره) در حاشیه ارتفاعات و بیشتر در پای پادگانه‌های بلند هزاردره گسترش دارند. از دیدگاه لیتولوژی شامل کنگلومرای سست با ضخامت کم می‌باشند که در مقایسه با سازند هزاردره رس کمتری داشته، تمیزتر بوده و فضای خالی آنها به راحتی دیده می‌شود افقی‌های هوازده در این نهشته‌ها به ندرت دیده می‌شود. و در صورت وجود ضخامت کمی دارند (بربریان و همکاران، ۱۳۷۸).

۲-۳-۳- آبرفتهای عهد حاضر

جوانترین واحدهای موجود در دشت مشهد شامل نهشته‌های بخش پایینی بادنهای آبرفتی، رسوبات رودخانه کشف‌رود و دیگر رودخانه‌های منطقه و پادگانه پست و جدیدتر رودخانه کشف‌رود می‌باشد. در این میان نهشته‌های پست کشف‌رود از مواد ریزدانه تشکیل شده است و مانند پادگانه بلند، بیشتر آن به وسیله زمینهای کشاورزی پوشیده می‌شود. این پادگانه نیز به صورت متقارن در هر دو کرانه رودخانه کشف‌رود دیده می‌شود. دیگر نهشته‌ها به صورت ترکیبی از مواد ریزدانه و درشت‌دانه دیده می‌شوند. در نقاط محدودی از دشت مشهد که محدود به مناطق انتهایی دره‌های فرسایشی کوه بینالود است نهشته‌های یخچالی مربوط به دوره یخچالی ریس (Riss) نیز دیده شده است. برای نمونه در ابتدای دره شان‌دیز (پهنه شان‌دیز) مورن انتهایی ریس و در همین دره در میانه‌های راه ابرده به زشک و بلندی تقریبی ۱۷۰۰ متری نهشته‌های کنار یخچال دیده می‌شود. این نهشته‌ها در زیر شامل سیلت و رس بوده و دارای چین‌بندی می‌باشند، رنگ آنها با آبرفت رودخانه‌ای متفاوت است. و در بالا به تناوبی از آبرفتهای رودخانه‌ای با نهشته‌های یادشده تبدیل می‌شوند. (بربریان و همکاران، ۱۳۷۸).

۲-۴- ساختهای تکتونیکی محدوده شهر مشهد

به طور کلی گسله‌های رانده و صفحات رورانده عمده‌ترین ساخت‌های زمین شناسی ناحیه مشهد هستند. تقریباً تمامی گسله‌های رانده، روند شمال غربی - جنوب شرقی دارند و سوی حرکت در لبه آنها از شمال و شمال غرب به سمت جنوب و جنوب شرقی است. چین‌ها تقریباً در تمامی انواع سنگها مشاهده می‌شوند. چین‌های موجود در جنوب مشهد عمدتاً از نوع برگشته و خوابیده هستند و وجودشان با فعالیت گسله‌های تراستی و حرکت صفحات رورانده در ارتباط مستقیم بوده است. برگشتگی آنها به سمت جنوب و جنوب غربی و شیب سطح محوری آنها به سمت شمال و شمال شرقی است. درزها نیز از ساختهای متداول موجود در کلیه سنگهای رسوبی، آذرین و دگرگونی منطقه هستند که حاصل رفتار شکننده در قبال نیروهای وارد بر آنهاست. گسله‌های عمده و مهم این ناحیه عبارتند از:

گسله جغری:

یک گسله رورانده است و در شمال منطقه تبادکان (حدوداً ۳۵ کیلومتری شمال شرقی مشهد) قرار دارد.

گسله خیرآباد:

گسله‌ای است رورانده و دارای شکستگی‌های زیاد، امتداد کلی آن شمال غرب - جنوب شرق بوده و گسله عمده و اصلی در ناحیه (حدود ۳۰ کیلومتری) شمال شرقی مشهد است.

گسله مانسار:

این گسل شاخه فرعی از گسله خیرآباد است.

گسله شان‌دیز - سنگ بست:

این گسله عمده‌ترین گسله جنوب مشهد است که به صورت خط انفصال دامنه شمالی بینالود و دشت مشهد می‌باشد. و در واقع محل مفصلی صفحه صفحه توران و ایران می‌باشد. این گسله رورانده است و امتداد آن شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد.

از دیگر گسله‌های موجود در گستره شهر مشهد به گسله‌های استاج و زکریا می‌توان اشاره کرد. بیشتر گسله‌های بررسی شده دشت مشهد گسله‌های بنیادی کواترنر بوده و گروه بزرگی از آنها جزو گسله-های میان برجستگیها و فرونشستها، میان کوه و دشت و گسله‌های سازنده پستی و بلندیهای روی زمین و در پیوند با پیدایش کوهها و دشتهاست. با توجه به اینکه بیشتر گسله‌های ایران زمین، گسله-های کوهپایه‌ای است (بربریان، ۱۹۸۳، بربریان و همکاران ۱۳۷۸). بنابراین خطر اصلی زمین لرزه‌ای از جنبش دوباره این گسلها در دشت مشهد خواهد بود. سازوکار گسله‌های اصلی شناخته شده دشت مشهد فشاری بوده و یا مؤلفه مهم فشاری دارند. این نکته از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا گسله-های فشاری (در مقایسه با گسله‌های راستالغز و کششی) پرنرزی تر بوده (سیبسون، ۱۹۷۷)^۱ دوره

۱ - Sibson, 1977

بازگشت زمین‌لرزه‌ها در راستای آنها به نسبت طولشان، شتاب گرانش زمین در طول آنها بیشتر بوده و می‌توانند زمین‌لرزه‌های بزرگ و ویرانگری را به وجود آورند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱).^۱

۲-۵- بافت خاک

یکی از ویژگیهای فیزیکی خاک بافت آن است. اندازه نسبی ذرات خاک را اصطلاحاً بافت خاک گویند که حاکی از ریزی و درشتی خاک می‌باشد. مقدار نسبی شن، سیلت و رس که ذرات کوچکتر از سنگ‌ریزه می‌باشند (و قطرشان کمتر از ۲ میلیمتر کمتر است) بافت خاک را تشکیل می‌دهند.

۲-۵-۱- بافت خاک شهر مشهد

نهشته‌های تشکیل‌دهنده دشت مشهد عمدتاً متأثر از رسوبگذاری رودخانه کشف‌رود و آبراهه‌های فرعی که از ارتفاعات جنوبی سرچشمه می‌گیرد می‌باشد. در دامنه‌های شمالی و جنوبی دشت پادگانه-های آبرفتی قدیمی بصورت نهشته‌های پرحجمی دیده می‌شوند در ابتدای دره‌های فرسایشی که در شمال و جنوب دشت فراوانند، مخروط‌افکنه‌های کوچک و بزرگ بوجود آمده است که مهمترین آنها مخروط‌افکنه طوق، طوقه، شاندیز، کارده و رادکان را می‌توان نام برد.

ضخامت آبرفت دشت مشهد در نقاط مختلف متفاوت است. در میانه دشت مشهد ضخامت آبرفت نسبتاً زیاد و در انتهای آن بواسطه بالابودن سنگ کف، ضخامت آبرفت کم می‌گردد. آبرفت دشت مشهد که با شیب نسبتاً ملایمی از ارتفاعات اطراف به طرف مرکز و خط‌القدر دشت کشیده می‌شود دارای ضخامتی از حداقل چندمتر در کناره‌ها تا حدود ۲۵۰ متر در مرکز شهر می‌باشد و متوسط عمق آن ۱۲۰ متر گزارش شده است. با توجه به منشأ رسوبگذاری از حاشیه ارتفاعات جنوبی بطرف مرکز دشت و همچنین از غرب به سمت شرق اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد و بافت خاک ریزتر می‌شود. بافت آبرفتی با توجه به لاگ زمین‌شناسی چاهها از ۲۰ درصد رس، ۳۵ درصد ماسه و بقیه شن تشکیل شده است و از لحاظ ذخیره آب‌زیرزمینی مطلوب می‌باشد. در محدوده شهر مشهد بافت متغیری مشاهده می‌شود، بطوریکه بافت خاک در سمت غرب درشت دانه (شنی) و به سمت شرق به ترتیب ماسه‌ای، سیلت و ماسه و سیلتی (درشرق) تغییر می‌کند به طور کلی بافت خاک در سطح شهر تابعی از فاصله تا ارتفاعات و همچنین فاصله تا مسیلهای اصلی است. (شکل ۲-۳). همچنین در جنوب بافت خاک شنی و به سمت شمال به ترتیب ماسه‌ای، سیلت و ماسه و سیلتی می‌باشد.

از نظر منشأ رسوبگذاری نهشته‌های شهر مشهد را می‌توان به بخش‌های جداگانه زیر تقسیم نمود:

- **نهشته‌های حاشیه جنوبی شهر:** نهشته‌های پای ارتفاعات جنوبی شهر از نوع دامنه‌ای و مخروط‌افکنه‌ای می‌باشد. مسیلهایی که از ارتفاعات بینالود سرچشمه می‌گیرند در ابتدای ورود به دشت مشهد مخروط‌افکنه‌های کوچکی تشکیل داده‌اند. از بهم پیوستن این مخروط‌افکنه رسوبات درشت‌دانه

^۱ - Berberian, 1981

شنی به عرض حدود یک کیلومتر در حاشیه ارتفاعات جنوبی تشکیل شده است. با دور شدن از ارتفاعات شکست مشخصی در شیب زمین بوجود آمده است و اندازه دانه‌ها در حد ماسه تقلیل یافته است. ضخامت رسوبات در حاشیه ارتفاعات کمتر از یک متر است در حالی که در داخل مسیله‌ها به بیش از ۱۰ متر می‌رسد. با دور شدن از ارتفاعات ضخامت رسوبات نیز افزایش می‌یابد. در محدوده رضا شهر بطور استثناء ضخامت قابل توجهی رسوبات ریز دانه گچ‌دار وجود دارد. نهشته‌های گچ حتی در داخل درز و شکاف توده سنگهای الترابازیک نیز مشاهده می‌گردد. بنظر می‌رسد در گذشته در این محدوده حوضه رسوبی کم‌عمقی وجود داشته است که نهشته‌های تبخیری و خاک ریزدانه بجا گذاشته شده است.

در حال حاضر نوع افق دیگری از خاک در حاشیه ارتفاعات جنوبی شهر مشهد بخصوص در حاشیه مسیله‌ها وجود دارد که نخاله ساختمانی و خاک دستی می‌باشد. ضخامت این افق خاک در برخی قسمت‌ها به بیش از ۱۰ متر نیز می‌رسد (حافظی مقدس، ۱۳۸۵).

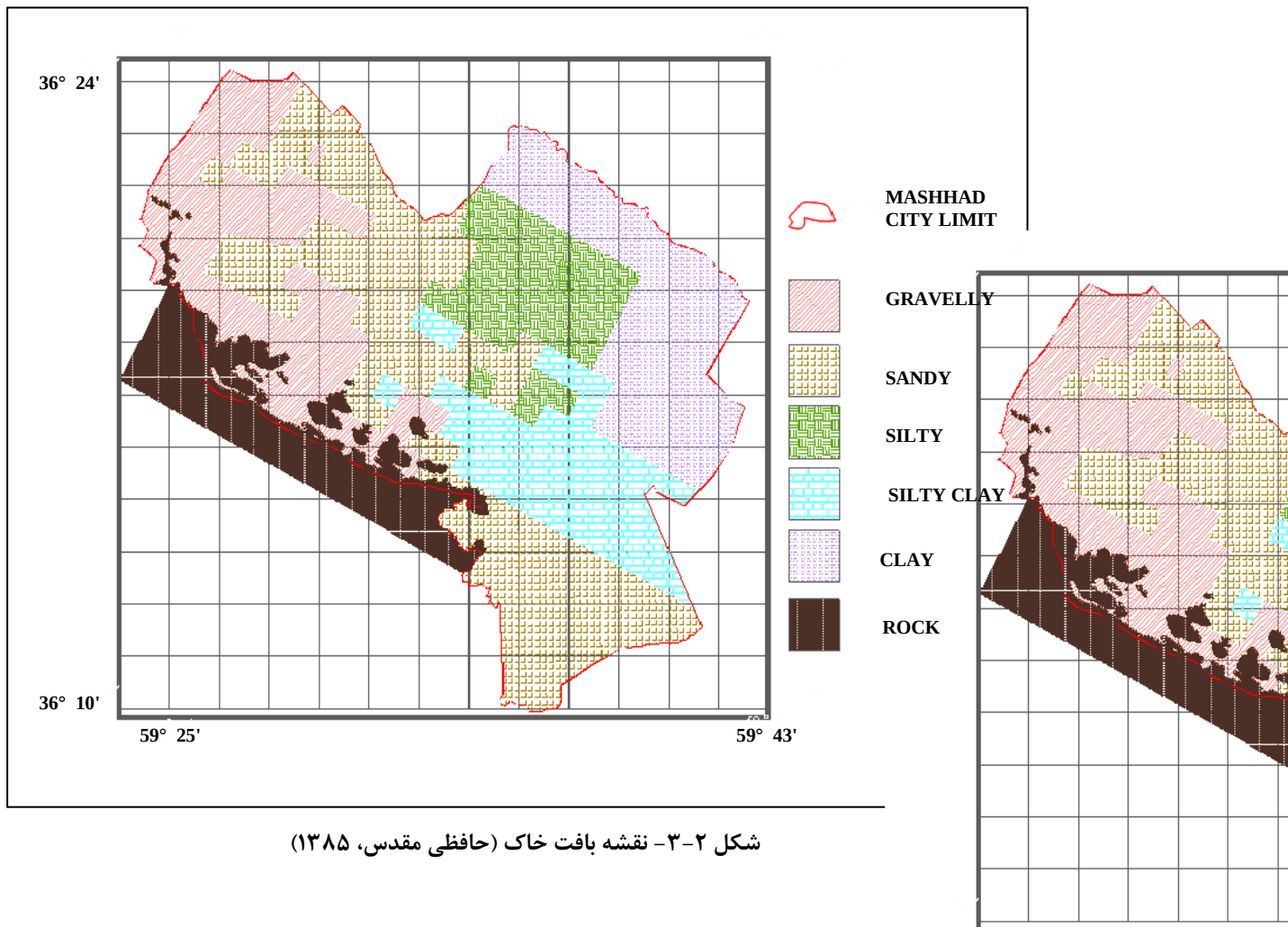
- **نهشته‌های رسوبی غرب مشهد:** زمینهای غرب مشهد شامل اراضی الهیه، امامیه، قاسم‌آباد، آزاد- شهر و بخشی از سجاد، متأثر از رسوبگذاری مسیله‌هایی می‌باشد که از ارتفاعات دگرگونی جنوب غرب مشهد سرچشمه می‌گیرد. مهمترین مسیله‌های این قسمت کال شان‌دیز، چهل بازه و منزل‌آباد می‌باشد. مسیله‌های فوق سرشاخه‌های کشف‌رود می‌باشند که به تبعیت از شیب عمومی توپوگرافی با روند شمال شرقی به کشف‌رود می‌ریزند. با توجه به نزدیک بودن به ارتفاعات، نهشته‌های این قسمت عموماً شنی می‌باشد. در اطراف مسیل چهل بازه پهنه‌های ماسه‌ای وجود دارد که مربوط به زمان طغیان آن می‌باشد (حافظی مقدس، ۱۳۸۵).

- **نهشته‌های رسوبی مرکز مشهد:** رسوبات مرکز شهر مشهد نیز مربوط به مسیله‌هایی می‌باشد که از ارتفاعات جنوبی و جنوب‌غربی سرچشمه می‌گیرند و نهایتاً به کشف‌رود می‌ریزند. از جمله این مسیله‌ها کال خیام، چایش و اقبال را می‌توان نام برد. با توجه به فاصله از ارتفاعات جنوبی و همچنین جنوب غربی، رسوبات در مرکز شهر مشهد ریزدانه‌تر می‌باشد. در بخش مرکزی تناوب سیلت، رس و ماسه را داریم. در حاشیه مسیله‌ها درصد ماسه بیشتر است و با دور شدن از مسیله‌ها درصد سیلت و رس افزایش می‌یابد. با توجه به جابجایی رودخانه‌ها بر روی دشت سیلابی در گذشته، درمقطع عمقی ناهمگنی دریافت خاک وجود دارد.

- **نهشته‌های شرق مشهد:** مهمترین مسیل در شرق مشهد رودخانه طرق و کال اقبال می‌باشد. مسیر رودخانه طرق در حال حاضر به سمت شرق منحرف شده و در خارج از شهر مشهد قرار دارد ولی در گذشته می‌توانسته است مسیرهای دیگری را داشته باشد. بافت خاک در شرق مشهد نیز با توجه به فاصله زیاد از ارتفاعات بجز در حاشیه مسیله‌ها سیلتی-رسی می‌باشد.

- **نهشته‌های شمال و شمال شرق مشهد:** بخش شمالی دشت مشهد نزدیک به رودخانه کشف‌رود است و نسبت به سایر بخش‌ها نزدیک‌تر به حوضه سیلابی این رودخانه بزرگ قرار داشته است. در حال حاضر رودخانه کشف‌رود حالت آرامی دارد و رسوبات کف و کناره آن ریزدانه است. اما در گذشته این

رودخانه دارای سیلابهای بزرگ بوده است که می‌توانسته بخشهای زیادی از شهر کنونی مشهد را در بر بگیرد. در بخش شمال شرقی شهر رسوبات سطحی ریزدانه می‌باشد. ولی احتمالاً در عمق به نهشته های درشت‌دانه کف کانال کشف‌رود برخورد می‌گردد. شکل ۲-۳ جنس نهشته‌های آبرفتی (بافت خاک) در نقاط مختلف شهر مشهد را نشان می‌دهد (حافظی مقدس، ۱۳۸۵).



شکل ۲-۳- نقشه بافت خاک (حافظی مقدس، ۱۳۸۵)

ژی منطقه

از بزرگترین و مهمترین دشتهای استان خراسان است. کشف‌رود به عنوان زهکش شمال شرق دشت سرچشمه گرفته و از وسط دشت مشهد می‌گذرد. این رودخانه در ددسه (۵۰۰ م) از حفر چاههای عمیق دارای آب زیادی بوده است. ولی در حال حاضر به علت پایین افتادن سطح آب زیرزمینی و در نتیجه قطع شدن زهکش‌ها، تنها در مواقع سیلابی شدید مقداری آب از سرشاخه‌ها وارد آن می‌شود، ولی در بقیه مواقع خشک است.

رشد روز افزون شهر مشهد از یکسو و ممنوعه شدن دشت به دلیل کسری مخزن، از سوی دیگر، سبب شده است که برای جبران کمبود آب شرب از جریان‌های سطحی منطقه نیز کمک گرفته شود. در همین راستا به احداث دو سد قوسی روی رودخانه‌های طرق و کارده اقدام شده است.

۲-۷-۱- حوضه آبریز کشف‌رود

حوضه آبریز کشف‌رود بخشی از حوضه آبریز قره‌قوم است. این حوضه در شمال شرق کشور و در شمال استان خراسان بین طول‌های جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۸ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه قرار دارد. وسعت کل حوضه آبریز کشف‌رود در حدود ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع است که ۵۰۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه آن ارتفاعات تشکیل می‌دهد.

مرتفع‌ترین نقطه حوضه قله بینالود و در حدود ۳۲۴۹ متر از سطح دریا و پایین‌ترین نقطه آن در محل ایستگاه پل خاتون و حدوداً ۵۸۰ متر از سطح دریا برآورد گردیده است. وجود ارتفاعات مختلف و همچنین نزدیکی حوضه کشف‌رود به کویر مرکزی در تغییرات اقلیمی این منطقه نقش بسیار مهمی دارد و باعث تنوع آب و هوایی در آن گردیده است. رودخانه کشف‌رود به عنوان زهکش اصلی این حوضه از شمال غرب به شمال شرق کشیده و از وسط دشت مشهد عبور می‌کند. این رودخانه در گذشته و تا قبل از حفر چاه‌های عمیق دارای آب زیادی بوده است ولی در حال حاضر به علت پایین افتادن سطح آب زیرزمینی و در نتیجه قطع شدن زهکش‌ها، تنها در مواقع سیلابی شدید مقداری آب از سرشاخه‌ها وارد آن می‌شود ولی در بقیه مواقع خشک است. منشأ اصلی رودخانه کشف‌رود در ارتفاعات خواجه‌علی، واقع در غرب حوضه قرار دارد و پس از طی مسافتی معادل ۳۰۰ کیلومتر در محلی بنام پل خاتون در شرق حوضه وارد رودخانه هریرود می‌شود. رودخانه کشف‌رود دارای سرشاخه‌های مهمی است که آب آنها به مصارف کشاورزی و شرب می‌رسد و از مهمترین آنها می‌توان به رودخانه‌های ارداک، رادکان، کارده طرق، وکیل‌آباد و عارفی اشاره کرد (شکل ۲-۴).

بستر کشف‌رود واقع در دشت مشهد، کم‌ارتفاع‌ترین نقاط دشت را به هم وصل نموده است. از اینرو زهکش اصلی حوضه، رودخانه کشف‌رود است که از شمال غربی به جنوب شرقی کشیده شده و از وسط دشت مشهد می‌گذرد. این رودخانه که از کوه‌های هزارمسجد و بینالود سرچشمه می‌گیرد بعد از طی مسافتی حدود ۲۸۰ کیلومتر در پل خاتون به هریرود و از آنجا به نام رودخانه تجن به طرف شمال جریان و وارد ریگزارهای ترکمنستان می‌شود. رودخانه‌های رادکان، ارداک، کارده و ماه‌نساء از ارتفاعات هزارمسجد سرچشمه می‌گیرند و منشأ رودخانه فریزی، شان‌دیز، جاغرق، خرم‌دره، گلمکان، طرق، زشک، و طر‌قبه، از ارتفاعات بینالود می‌باشد و با توجه به تأثیر بیشتری که روی بر روی رسوبات جنوبی دشت مشهد داشته‌اند، در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

- رودخانه فریزی

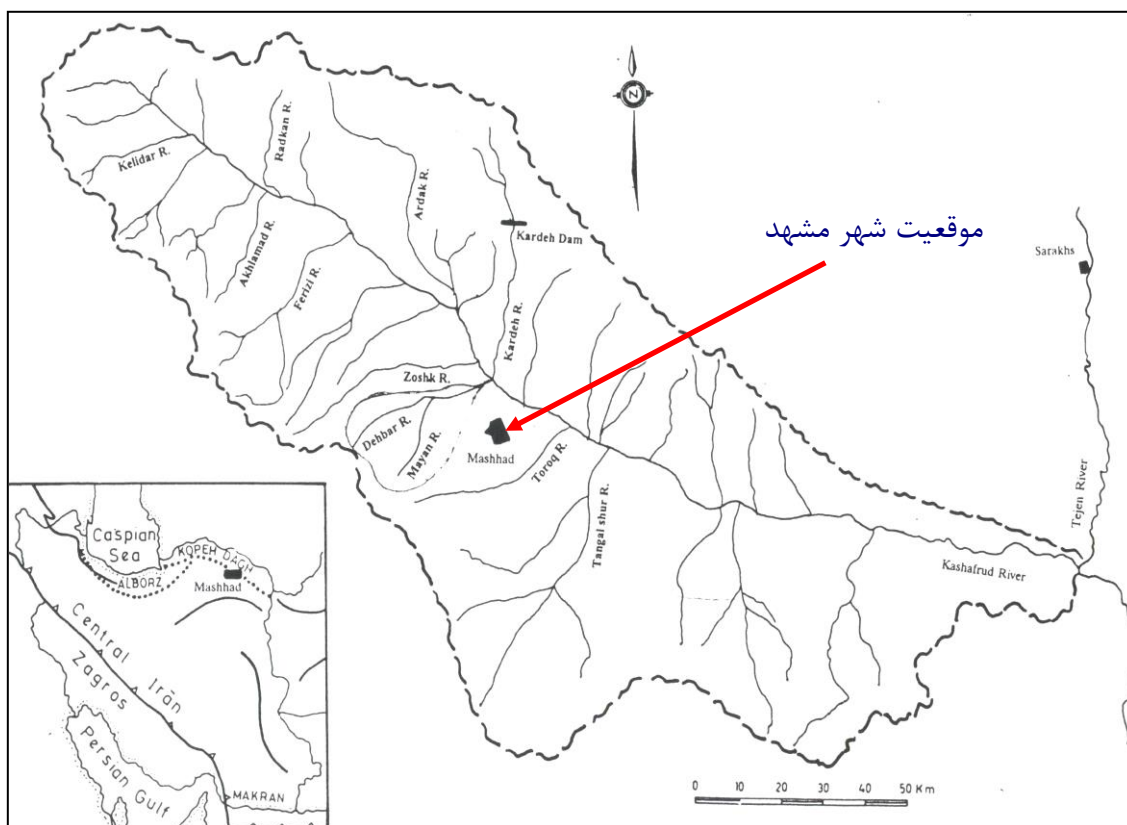
سرچشمه این رودخانه از دامنه شمالی رشته کوه بینالود می باشد که پس از عبور از راههای کوهستانی در جهت شمال شرق دشت وارد کشف رود می گردد. مساحت حوضه آبریز این رودخانه ۳۰۲ کیلومتر مربع می باشد.

- رودخانه طرق

سرچشمه این رودخانه از دامنه شمالی رشته کوه بینالود بوده و به طرف شمال شرق دشت وارد کشف رود می گردد. مساحت حوضه آبریز این رودخانه ۱۴۴ کیلومتر مربع می باشد.

- رودخانه شاندیز

این رودخانه از دامنه شمالی رشته کوههای بینالود سرچشمه می گیرد و در جهت شمال شرقی امتداد می یابد و به کشف رود می رسد. رودخانه شاندیز پس از پیوستن به شاخه های فرعی بنامهای نقندر، کنگ، زشک بزرگ، و زشک کوچک به دشت مشهد می رسد. وسعت کل حوضه آبریز این رودخانه حدود ۱۹۹ کیلومتر می باشد (علیزاده، ۱۳۸۳).



۲-۴- حوضه آبریز کشف رود و زیر حوضه هایی که وارد این رودخانه می شوند.

به طور کلی نهشته های آبرفتی دشت مشهد که حاصل فعالیت رودخانه کشف رود و سرشاخه های آن می باشد، در دو طرف رودخانه به علت رخساره های زمین شناسی متفاوت است. رسوبات آبرفتی در دامنه ارتفاعات جنوبی از حواشی چنبر غربال تا انتهای دشت نسبتاً دانه درشت بوده و حداکثر ضخامت

آن در حوالی ناظریه بیش از ۲۵۰ متر برآورد می‌شود. در دامنه ارتفاعات شمالی، رسوبات آبرفتی دانه ریز و کم ضخامت می‌باشد. در قسمت غربی دشت، حواشی روستای فتح‌آباد، دوغایی، آلماجوق تا نزدیکی روستای چنبرغریال ضخامت آبرفت کم بوده و سنگ کف نئوژن گاهی در دشت بیرون‌زدگی دارد ولی به سمت شرق، ضخامت آن افزایش می‌یابد. در شمال‌شرق شهر مشهد مجدداً از ضخامت آن کاسته می‌شود. بیشترین ضخامت لایه آبدار در منطقه دولت‌آباد، چهچه و چهاربرج بوده و در منطقه انتهایی دشت، مناطقی که کمترین لایه آبدار در آنها مشاهده می‌شود، می‌توان از محدوده‌های کنویس، صفرآباد، قاسم‌آباد و قوزقان را نام برد. سطح آب زیرزمینی در قسمت جنوبی دشت پایین و به طرف شمال دشت، افزایش می‌یابد. پایین‌ترین سطح آب حدود ۱۰۰ متر در محدوده مخروط‌افکنه ارتفاعات بینالود در جنوب دشت و بالاترین سطح آب ۱۰ متر در مخروط‌افکنه ارتفاعات هزارمسجد در شمال دشت مشاهده می‌شود. منحنی‌های ایزوپیز در قسمت غربی دشت و عموماً در اکثر معابر ورودی آب زیرزمینی فشرده بوده و در قسمتهای میانی و شمالی دشت فاصله منحنی‌ها زیادتر می‌گردد. به عبارت دیگر گرادیان هیدرولیکی در محدوده‌های ورودی دشت زیاد بوده و در محدوده میانی و شمالی دشت از میزان آن کاسته می‌شود.



۳-۱- مقدمه

سفره‌های آب زیرزمینی نسبت به آبهای سطحی مزیت‌هایی دارند که این خصوصیات عبارتند از:

- ۱- نیاز به هزینه اولیه برای جمع‌آوری آب نمی‌باشد.
- ۲- رسوبگذاری در سفره‌ها در مقایسه با منابع سطحی ناچیز است.
- ۳- مغزی‌شدن (Eutrophication) در منابع آب زیرزمینی رخ نمی‌دهد.
- ۴- دمای آب و کیفیت آن تقریباً ثابت و یکنواخت است.
- ۵- تبخیر از آب زیرزمینی ناچیز است و تحت تأثیر خشکسالی‌های کوتاه‌مدت قرار نمی‌گیرند.
- ۶- کدورت آن ثابت است.
- ۷- طول عمر یک سفره معین می‌باشد^۱.

برای مدیریت صحیح یک سفره باید به این موارد توجه کرد:

- ۱- ارزیابی زمین‌شناسی (برای مثال از تطابق داده‌ها، نقشه‌های سطح آب زیرزمینی، تعیین ضریب ذخیره و تغییرات آن، آنالیز کیفیت آب و بدست آوردن نسبت تغذیه). ۲- ارزیابی هیدرولوژیکی (برای مثال از تطابق داده‌ها، تقاضای آب، کاربرد مصرفی و جایگزینی آب و تعادل هیدرولوژیکی). ۳- میزان بهره‌برداری (تعیین میزان آب مورد نیاز برای آینده، تعیین دقیق برداشت آب از چاه‌های مورد بهره‌برداری). ۴- توسعه مدل‌های ریاضی برای هدف پیشنهادی.

۳-۲- شهرسازی و تأثیر آن بر کمیت آب زیرزمینی شهرها

پدیده‌های هیدرولوژیکی و هیدرولوژئولوژیکی متفاوتی که برخی طبیعی و برخی ناشی از دخالت بشر می‌باشند، به طرق مختلفی بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در یک منطقه مؤثرند (فریز و چری، ۱۹۷۹)^۲. در سالهای اخیر با رشد جمعیت و توسعه صنایع، تقاضای آب افزایش یافته و هم‌اکنون کیفیت و کمیت منابع آب شیرین مورد تهدید است (ماری و مامن‌پوش، ۲۰۰۰)^۳. رشد جمعیت و نیاز به برداشت بیش از حد آب از سفره‌های آب زیرزمینی سبب افت سطح آب در مناطق اطراف شهرها، ورود آب مصرفی به فاضلاب شهری و نشت فاضلاب آب حاصله به سفره‌های آب زیرزمینی منجر به بالا آمدن سطح آب در زیر شهرها شده است. مشکل کمبود آب شیرین و بحث پایداری و عدم پایداری آن در گستره وسیعی از کشورهای جهان خصوصاً ایران مطرح است. ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیایی ایران سبب شده است که بخش عمده‌ای از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گیرد. آلودگی-های گسترده آبهای زیر زمینی در دهه‌های اخیر و رشد آگاهی‌های فکری جوامع بشری در مورد اهمیت این منابع آسیب‌پذیر، منجر به تلاش‌های وسیعی جهت محافظت آب‌های زیرزمینی پاک و احیاء آبخوان‌های آلوده شده است. در طی سالیان اخیر در کشورهای صنعتی، بیشترین تأکید در

^۱ - <http://www.clw.csiro.au/research/groundwater> & <http://www.agwa.org>

^۲ - Freeze and Cherry, 1979

^۳ - Murry and Mamanpoush., 2000

مطالعات آبهای زیر زمینی به جای مسایل اکتشاف منابع جدید آب بر روی کیفیت آبهای زیرزمینی صورت گرفته است. با این حال، در کشورهای در حال توسعه هنوز مبحث مطالعات کیفی آب زیر-زمینی و به ویژه مطالعات آلودگی، به دلایلی همچون هزینه بر بودن مطالعات و وجود پیچیدگیهای علمی در این گونه تحقیقات به طور جدی مورد پیگیری قرار نگرفته است. از آنجا که منابع تجدیدشونده آب در هر اقلیم ارقام نسبتاً ثابتی می‌باشند از اینرو بایستی سیاستها و روشهای اتخاذ شده در جهت حفظ و مصرف بهینه از این منابع ساماندهی گردد. بدون تردید مطالعات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی نقش بسیار ارزنده‌ای در اعمال مدیریتی صحیح و دقیق در امر توسعه، بهره‌برداری و حفاظت از این منابع حیاتی دارد. بویژه در نواحی خشک که فاقد منابع آب سطحی بوده و یا این منابع ناچیز می‌باشد و قسمت عمده آب مورد نیاز از آبهای زیرزمینی تأمین می‌گردد این مطالعات از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در این راستا بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی که در واقع مبین تغییرات ذخیره سفره آب زیرزمینی می‌باشد. در برنامه‌ریزیهای مدیریتی منابع آب، بویژه در توسعه پایدار این منابع، اطلاعات ارزشمندی در دسترس مدیران و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. در محدوده شهری این تغییرات در آلودگی سفره آب زیرزمینی بوسیله پخش به اطراف و نفوذ به قسمتهای عمیق‌تر سفره، کاهش مقاومت زمین با ایجاد فرورانش در اثر تخریب سقف قناتهای متروکه بعد از آبگیری مجدد آنها، روانگرایی در بخشهای سیلتی و ماسه‌ای دانه‌ریز در هنگام وقوع زلزله می‌گردد. شهرنشینی نفوذ آب را در نواحی پوشیده شده توسط ساختمانها و جاده‌ها کاهش می‌دهد اما در شهرهای فاقد شبکه فاضلاب نفوذ آب از طریق چاههای جذبی سبب افزایش نفوذ آب پیش از تغذیه طبیعی قبل از شهرسازی می‌گردد (فاستر، ۱۹۹۹)^۱. این افزایش در نواحی با شرایط آب و هوای خشک و نیمه‌خشک تشدید می‌شود.

۳-۳- آلودگی سفره آب زیرزمینی در نواحی شهری

آلودگی سفره آب زیرزمینی در زیر مناطق شهری از منابع مختلف ترکیبات شیمیایی آلی و غیرآلی و به عنوان مثال هوای آلوده، بارش و نشت از آسفالت خیابانها، روشهای نادرست در دفع مواد زائد، سرب خارج شده از اکروز اتومبیلها، دفع نادرست صنایع داخلی و مکانهای صنعتی و تجاری (نواتنی، ۱۹۹۸)^۲، همچنین از استفاده آفت‌کشهای شهری در فضای سبز یک دلیل مهم دیگر در آلودگی سفره‌ها می‌باشد (گریر، ۱۹۸۲ - ۱۹۸۱)^۳. در نواحی شهری نشت فاضلاب شهری عامل اصلی در آلودگی سفره‌ها می‌باشد (آوه و همکاران، ۱۹۸۲)^۴. در سمینار اروپایی برگزار شده در هاگو در نوامبر ۱۹۹۱ عوامل اصلی برای آلودگی آب زیرزمینی به صورت زیر بیان شده است (ماندل و همکاران، ۱۹۹۳)^۵:

^۱ - Foster et. al., 1999

^۲ - Novonty, 1998

^۳ - Grier, 1981-1982

^۴ - Owe, et.al. 1982

^۵ - Mandl et al., 1993

- ۱- آلودگی توسط کودهای شیمیایی، کودهای دامی و آفت‌کشهای مورد استفاده در کشاورزی یا غیرکشاورزی.
 - ۲- آلودگی از طریق صنایع، شهرنشینی، نواحی معدنی و چاههای انتقال مواد.
 - ۳- آلودگی از محل صنایع قبلی و یا محل دفع مواد زاید، فاضلابها و کشاورزی با آبهای آلوده.
 - ۴- آلودگی غیر مستقیم آب زیر زمینی توسط رسوبات اتمسفری روی خاک.
 - ۵- آلودگی از طریق خاکها و آبهای سطحی برای تخلیه آبهای زاید و تخلیه مواد معدنی و صنعتی.
 - ۶- آلودگی غیرمترقبه از تأسیسات صنعتی و جمع‌آوری مواد خطرناک، محل دفن لندفیل‌ها و زباله‌های مراکز درمانی و فعالیتهای مربوط به حمل و نقل.
 - ۷- آلودگی از لوله‌های نشتی و سیستمهای جمع‌آوری زیرزمینی.
 - ۸- آلودگی مستقیم نشت از یک سفره به دیگری، که از حفر نادرست چاههای جذبی و حفر حفره‌های زیرزمینی وسیع در کارهای عمرانی.
- این موارد ذکر شده به نواحی شهری و حومه مربوط می‌شود، این آلودگی‌ها به فعالیتهای بشر وابسته می‌باشد. در این موارد مهمترین کار بشر شامل:
- محافظت از آب با کیفیت عالی، رفع آلودگی از آب آلوده طبق قانون آب آشامیدنی و یا کشاورزی، حفاظت اکوسیستم و حمایت از بهره‌برداری بلند مدت سفره‌ها می‌باشد (ماندل و همکاران، ۱۹۹۳).^۱
- برای دستیابی به این موضوعات دستیابی یکپارچه به مدیریت آب زیرزمینی و سطحی و یا به صورت کلی می‌باشد. مدیریت آب زیرزمینی شامل جایگزینی آبهای زیرزمینی با کیفیت خوب و عالی با کمترین قیمت می‌باشد و برای انجام این هدف نیاز به زمین‌شناسی دقیق و اهداف آبشناسی با توسعه مدل‌های ریاضی برای مدلسازی سفره‌ها می‌باشد. برآورد اقتصادی برای عملی‌شدن طرح، نیاز به مدیریت با بیشترین بررسی و کمترین قیمت باشد (تاد، ۲۰۰۵).^۲ به طور کلی جلوگیری کردن از آلوده‌شدن سفره‌ها هزینه کمتری را نسبت به رفع آلودگی از سفره متحمل می‌شود (جاب، ۱۹۹۶).^۳

۳-۱- منشأ آلودگی‌های آبهای زیرزمینی در نواحی شهری و کنترل زه‌آب شهری

- منشأ آلودگی‌های آبهای زیرزمینی که در نواحی شهری و حومه در بالا و زیر سطح ایستابی رخ می‌دهد به صورت زیر خلاصه شده است (U.S.EPA, 1990).^۴
- ۱- تصفیه آب سطحی آلوده ۲- دفع زیرزمینی مواد زائد جامد و مایع ۳- انبار و پسمانده مواد فاسد شده ۴- زباله‌ها ۵- دفع فاضلاب سطحی در خیابانها ۶- پخش نمک روی جاده‌ها ۷- غذای

^۱ – Mandl et al. 1993

^۲ – Todd, 2005

^۳ – Job, 1996

^۴ – U. S. Environmental Protection Agency, 1990

حیوانات ۸- کودهای شیمیایی و آفت‌کشها ۹- ریختن غیرمترقیه مواد ۱۰- چاههای جذبی مستراح ۱۱- مواد مخصوص از منابع هوایی ۱۲- آبگیرهای سطحی ۱۳- محل دفن زباله ۱۴- دفع مواد زائد در حفاریها ۱۵- نشت از لوله‌های زیرزمینی و نشت از مخازن جمع‌آوری زیرزمینی ۱۷- تغذیه مصنوعی ۱۸- چاههای خشک و چاههای فاضلاب ۱۹- قبرستانها ۲۰- کانالها و چاههای زهکشی کشاورزی ۲۱- مخازن زیرزمینی مواد نفتی ۲۲- بازیافت دوباره ۲۳- تخلیه چاههای مواد زائد ۲۴- معادن ۲۵- چاههای اکتشافی و گودالهای آزمایشی ۲۷- چاههای متروکه.

آکان^۱ در سال ۱۹۹۳ در خصوص هیدرولوژی آبهای جاری در خیابانها و تأثیر باران و عناصر موجود، مدل‌های حوضه‌های شهری، طراحی زهکشی شهری، حفاظت از آبهای جاری برای جلوگیری از وقوع سیل، کیفیت آبهای جاری شهری و نگهداری آبهای جاری برای کنترل کیفیت آب و حفاظت خاک را ابداع و توسعه داد.

ولادیمیر^۲ در سال ۱۹۹۵ اطلاعاتی در رابطه با آلودگی پراکنده و مدیریت آبهای جاری در خیابانها ارائه داد. بحث درمورد روابط آلودگی پراکنده شامل: تجمع و ذخیره و تأثیر زهکشی، کنترل آلودگی آب شهری، جریانهای بالایی موجود در سفره‌های محبوس، مدیریت بهتر برای آبهای زیرزمینی و آلودگی سفره‌ها بیان کرد.

پیت^۳ در سال ۱۹۹۶ با مطالعه آلودگی آب زیرزمینی از نفوذ آبهای جاری خیابانی و آسیب‌پذیری سفره توسط هیدروکربنهای خوشبوکننده، باکتریها، یون نیترات، ترکیبات آلی، حشره‌کشها، ترکیبات نفتی، مواد درمانی، ترکیبات نمکی، فاضلاب‌های شهری و رفتار آب را برای بعضی از موضوعات ذکر- شده توصیف کرد. آلودگی آب زیرزمینی توسط زمینهای سطحی ناشی از ریختن مواد مایع کاملاً آشکار می‌باشد. کاهش کیفیت آب زیرزمینی ناشی از ریختن مواد نفتی (روغن ماشینها و کامیونها) و مواد شستشو کننده در نقاط مختلف (مریلند و میامی آمریکا) مشاهده شده است.

۳-۲-۳- روشهای کنترل آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی

برای جلوگیری از آلوده شدن آبهای زیرزمینی در نواحی شهری روشهای ذیل مورد توجه است:

- ۱- چاره‌جویی برای آلاینده‌های صنعتی و مواد فاضلابی قبل از تخلیه به حوضچه‌ها و دیگر نواحی دریافتی
- ۲- لوله‌گذاری حوضچه‌ها تخلیه برای جلوگیری از نشت به آب زیرزمینی
- ۳- روشهای مناسب زهکشی در موارد نشتی از لندفیلها و حوضچه‌های صنعتی و فاضلابی
- ۴- مدیریت ویژه پمپاژ آب زیرزمینی برای جلوگیری از نفوذ آب‌شور در آبخوانهای آب شیرین ساحلی
- ۵- احداث دیواره‌های نفوذناپذیر یا تزریق مصنوعی برای تأخیر نفوذ آب شور، همچنین تغذیه مصنوعی برای جبران تغذیه طبیعی مورد استفاده
- ۶- جلوگیری از استفاده کردن مخازن فاضلابی (جذبی) در نواحی پرجمعیت و

۱ - Akan, 1993

۲ - Vladimir, 1995

۳ - Pitt, 1996

جایگزینی فاضلابهای بهداشتی با ایجاد سیستمهای فاضلابی شهری مرکزی ۷- دقت در محل حفر چاههای جدید برای بهره‌برداری طولانی مدت و ترک چاههای استفاده‌شونده کوتاه‌مدت ۸- نگهداری مناسب فاضلابهای صنعتی ۹- کاهش استفاده از نمکها در جاده‌ها ۱۰- کاربرد بهینه کودهای شیمیایی برای کاهش پتانسیل نشت به آبهای زیرزمینی ۱۱- نظافت مناسب و همیشگی خیابانها و تخلیه مناسب مواد زائد ۱۲- استفاده از آب کیفیت بالا برای اهداف صنعتی و شهری که از جریان بر-گشتی آنها استفاده می‌شود ۱۳- نمک‌زدایی آبهای زاید قبل از تخلیه ۱۴- تعیین رفتار جریانهای سطحی در نواحی شهری قبل از تخلیه به جویبارهای اصلی در نواحی تغذیه‌ای بحرانی.

۳-۳-۳- حرکت آلاینده‌ها و کاهش آلودگی با مدیریت آبهای سطحی و زیرزمینی

ترکیب و اندازه دانه‌ها و ضخامت مواد خاکی در زون غیراشباع در نفوذ و حرکت مایعات آلوده به طرف سطح ایستابی کاملاً مؤثر می‌باشد^۱. ذرات خاکی زون غیراشباع آلاینده‌ها را برای رسیدن به سطح ایستابی تصفیه می‌کنند. در طول این فرایندها زمانی که بارندگی در محلی بیشتر رخ دهد باعث رسیدن به زون اشباع می‌شود.

ایجاد شهرنشینی در نواحی بالادست تغییرات اساسی را در جریان و کیفیت و کمیت آب زیرزمینی دارد. جریان آب در نواحی شهری و کشاورزی باعث انتقال آلودگی می‌شود^۲. این آلودگی به طور مستقیم از جریان سطحی و یا غیرمستقیم از سطوح کناری و نفوذی وارد آب زیرزمینی پایین دست می‌گردد و مهمترین منشأ آلودگی می‌باشد.

مدیریت در حوضه‌های آبریز (آبهای سطحی) جایگزینی آب به سفره را متعادل می‌کند. آلودگی نیترات در حوضه‌های کم‌عمق از تغییر در مدیریت حوضه رخ می‌دهد. بالابودن سطح ایستابی در این نواحی و عوامل نشتی از مهمترین عوامل آن می‌باشند (ساپر، ۱۹۶۸)^۳. مدیریت در بهره‌برداری و ارزیابی کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی می‌تواند از آلودگی سفره آب زیرزمینی و آسیب‌پذیری آن جلوگیری کند (مارک‌وایتز، ۱۹۹۶)^۴.

۳-۳-۴- بررسی آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی و آسیب‌پذیری آنها

گسترش صنایع در کشورهای در حال توسعه و افزایش بی‌رویه مصرف آب در سالهای اخیر موجب محدودیت منابع آبهای سطحی و بهره‌برداری بیش از حد آبهای زیرزمینی شده است. شهرهایی که بر روی سفره آب زیر زمینی قرار دارند برای فراهم کردن آب مصرفی شهر از آبخوان محلی استفاده می‌کنند که سبب فرونشست زمین می‌گردند، همچنین با ورود فاضلاب شهری به سفره سبب کاهش کیفیت آب می‌شوند. چاههای فاضلاب خانگی و مواد زائد شهری که به روش غیربهداشتی دفن می‌-

۱ - <http://www.nas.edu/publication>

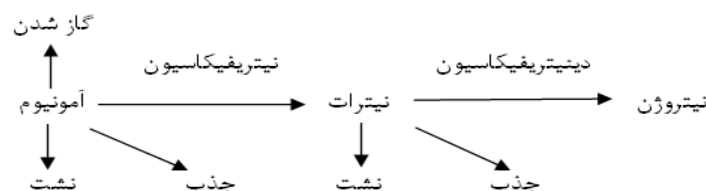
۲ - <http://www.jgpress.com/> & <http://www.css.edu/research/environ/index.html>

۳ - Sopper, 1968

۴ - Markowitz, 1996

شوند همچنین پسابهای کشاورزی و صنعتی از جمله منابع اصلی آلوده‌کننده سفره آب زیرزمینی شهرها می‌باشند (سامر و گیلهام، ۱۹۸۴؛ مارین و پری، ۱۹۹۵؛ پاچکو و همکاران، ۲۰۰۱).^۱ آبهای زیرزمینی مناطق شهری در معرض خطرات آلودگیهای ناشی از فعالیتهای انسانی قرار دارند (شاه پسندزاده و همکاران، ۱۳۸۱) و (هانتزچ، ۱۹۹۲؛ استار و گیلهام، ۱۹۹۳).^۱ در نواحی مسکونی آلاینده-هائی که دارای اهمیتند کلرایدها و نیتراهای و فلزات سنگین هستند (کارمون و شامیر، ۱۹۹۷).^۲ نیترات به دلیل قابلیت انحلال زیاد در آب، جذب کم و نیز پایداری ترکیب آن در آب به عنوان بهترین شاخص برای نشان دادن آلودگی آب زیرزمینی مورد بررسی می‌گیرد (سیادتی مقدم، ۱۳۸۳). نیترات در آبهای زیرزمینی به علت وجود اکسیژن محلول یکی از آنیونهای پایدار آب می‌باشد (هامیلتون و هلسل، ۱۹۹۵).^۳ که به دلیل عدم برهم کنش با مواد زمینه به شدت متحرک است (بولگار و همکاران، ۱۹۸۹).^۴ نیترات، نیتريت و آمونیاک جملگی نشانگرهای آلودگی‌اند. هر محدوده بالاتری از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر از NO_3 در آب بیانگر یک آلاینده خارجی است. وجود نیتريت و آمونیاک بخصوص اگر با کلرور همراه باشند، نشانه آلودگی حتمی است.

با توجه به سیکل ازت در طبیعت و با در نظر گرفتن این که مواد پروتیدی منبع بزرگ ازت هستند، وجود آمونیاک در آب علامت آلودگی تازه آن می‌باشد، زیرا مقداری از مواد پروتیدی در اثر باکتریهای هوازی و بی‌هوازی ابتدا تبدیل به آمونیاک می‌شوند. هر گاه آلودگی آب قدیمی‌تر باشد، آمونیاک تبدیل به نیتريت و بالاخره نیتريت هم تحت تاثیر نیتروباکتریها تبدیل به نیترات می‌شود (فرایند نیتریفیکاسیون) (لطیف، ۱۳۸۱).



میزان آلودگی سفره به دو عامل زیر وابسته است:

الف) بار آلودگی: غلظت، کمیت و نوع آلاینده در میزان آلودگی نقش دارند که صنایع و فاضلابهای شهری مهمترین تأثیرات را در این مورد دارند. میزان آلودگی سفره با بار آلودگی نسبت مستقیم دارد. آلودگی سفره در صورتی که سرعت آب در زیر شهرها پایین باشد، بیشتر می‌باشد (به دلیل اینکه آلاینده از محل خارج نمی‌شود).

۱ - (Sommer & Gillham; 1984, Marin & Perry 1995, Pacheco et al.; 2001)

۱ - Hantzeche (1992); Starr & Gillham(1993)

۲ - Carmon & Shamir; 1997

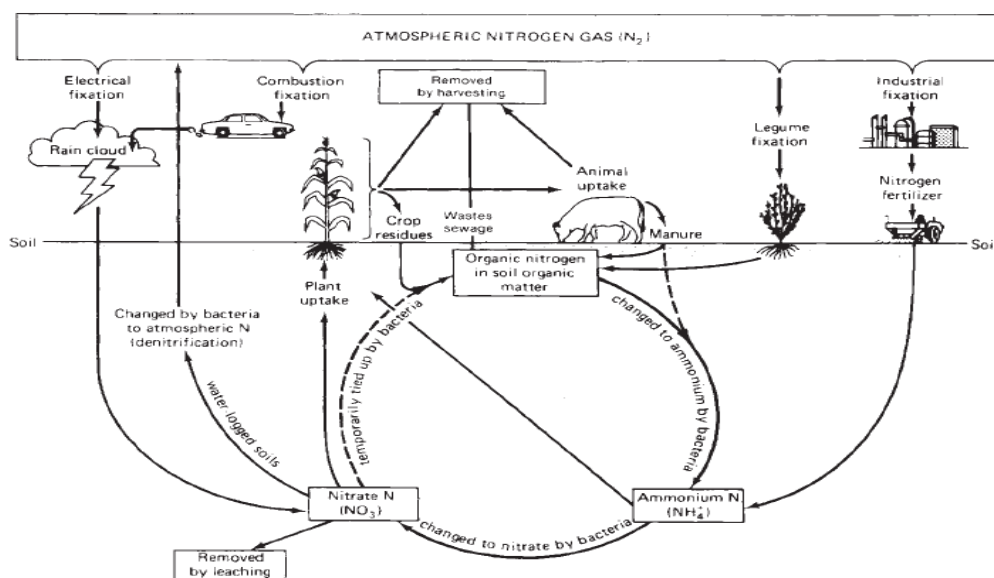
۳ - Hamilton & Helsel; 1995

۴ - Boulga et al.; 1989

ب) آسیب‌پذیری طبیعی سفره که توسط ویژگی‌های هیدرولوژیکی سفره کنترل می‌شود. آسیب‌پذیری سفره به نوع آن بستگی داشته به طوری که سفره‌های درزوشکافدار کارستی و ماسه‌سنگی نسبت به سفره‌های شنی گراولی و رسوبات ولکانیکی آسیب‌پذیرند. آسیب‌پذیری در سفره‌های آبرفتی دانه‌ریز و توفه‌های متخلخل و همچنین سفره‌های نیمه‌تحت‌فشار کمتر می‌باشد. آسیب‌پذیری در سفره‌ها به زمان لازم برای ورود به زون اشباع بستگی دارد، به طوری که هر چه این زمان بیشتر باشد آسیب‌پذیری کمتر است. همچنین به فیلتراسیون، جذب و رقیق شدن توسط سفره بستگی دارد، هر چه ظرفیت رقیق شدن آلاینده توسط سفره کمتر باشد آسیب‌پذیری سفره بیشتر می‌باشد.

۳-۵- تغییر تحولات نیتروژن در چاههای جذبی

از آنجا که سیستم چاههای جذبی (Septic) در اکثر کشورهای جهان منسوخ شده است، مطالعات علمی چندانی بر روی آنها صورت نگرفته است. در چاه جذبی کل مواد غیرجامد به آب زیرزمینی و محیط غیر اشباع وارد می‌شود و هیچگونه عملیات تصفیه‌ای بر روی فاضلاب صورت نمی‌گیرد. از آنجا که در این چاهها کمبود اکسیژن وجود دارد لذا واکنش بی‌هوازی رخ می‌دهد. همانگونه که در تصفیه-خانه‌های فاضلاب مشاهده شده میکروارگانیسم‌ها ابتدا ملکولهای بزرگ مواد آلی را هیدرولیز می‌کند. اوره بر اثر هیدرولیز کاملاً به آمونیم تبدیل می‌شود (معادله ۱). در مراحل بعدی در منطقه غیراشباع، آمونیم می‌تواند جذب خاک شده یا در اثر اکسیداسیون به نیترات تبدیل می‌شود (معادله ۲) (ویلهم و همکاران، ۱۹۹۴)!



شکل ۳-۱- چرخه نیتروژن (لموند و همکاران، ۱۹۹۹)^۲

^۱ - Wilhem et al. , 1994

^۲ - Lemond, E, et. al. 1999

هیدرولیز ملکولهای آلی:

۱. تولید آمونیم



ناحیه هوازی (منطقه غیراشباع، تا حدی منطقه اشباع)

۲. نیتریفیکاسیون (تولید نیترات)



۳-۴- نمونه‌ای از مطالعات تأثیر شهرسازی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی، در سایر کشورها

موریس و همکاران^۱ (۱۹۹۴) مطالعاتی را در مورد تأثیر شهرسازی بر روی کیفیت آب زیرزمینی انجام دادند. این مطالعات بر روی سه شهر با نامهای سانتاکروز در بولیوی و هاتیای در تایلند و مریدا در مکزیک^۲ انجام گرفت. این سه شهر دارای سه نوع آب‌وهوای متفاوت می‌باشند. شهر سانتاکروز بر روی دشت واقع شده بود و همه آب مصرفی از سفره‌های نیمه‌تحت‌فشار عمیق بدست می‌آمد، آبهای زیرزمینی در عمق بیشتر از ۱۰۰ متر از کیفیت عالی برخوردار بودند. اما در عمقهای کمتر از ۴۵ متر، غلظت کلراید (۴۰-۱۲۰) میلی‌گرم بر لیتر و غلظت نیترات (۴۰-۱۲۰) میلی‌گرم بر لیتر می‌رسید. غلظت بالا به سیستم فاضلابی غیر بهداشتی بر می‌گردد. همچنین افزایش تغذیه در این شهر به حدود ۱۷۰ درصد مشاهده گردید، که باعث بالآمدن سطح آب شده است.

شهر هاتیای تایلند جمعیتی در حدود ۱۴۰۰۰۰ از لحاظ تجاری و صنعتی توسعه سریع داشته و دارای تراکم جمعیت بالائی می‌باشد. شهر بر روی رسوبات آبرفتی ساحلی واقع شده است، و غلظت نیترات در آب زیرزمینی بالا می‌باشد. غلظت‌های بالای آمونیوم و کلراید و سولفات در سفره تحت فشار زیر شهر وجود دارد. غلظت کلراید بالا احتمالاً به خاطر نفوذ آب شور دریا بوده است ولی غلظت نیترات بالا آلودگی توسط فاضلاب را بیان می‌کرد. شهر مریدا در مکزیک با جمعیت ۵۲۵۰۰۰ دارای سفره آهکی کارستی می‌باشد و تحت تأثیر شدید آلوده‌کنندها و باکتریولوژیکها قرار دارد و آلودگی آب در عمق کمتر از ۹۰ متر آلودگی دیده می‌شود. در این شهر سیستم لوله‌کشی برای زهکشی فاضلاب وجود ندارد و دفع فاضلاب از طریق چاه جذبی می‌باشد. سطح آب در چاهها ۸-۵ متر زیرزمین است و شیب خیلی کم ۰/۰۰۳ یا ۱ متر در ۳۵ کیلومتر معرف نفوذپذیری بالای سفره است.

آلودگی باکتریولوژیکی سفره‌های کم عمق با کلیفورم مدفوعی ۴۰۰۰ - ۱۰۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود که در مقایسه با غلظت‌های مجاز آب آشامیدنی ۱۰۰ میلی‌لیتر بسیار بالا است. همچنین مقدار

^۱ - Morris B L and others; 1994

^۲ - Santa cruz & Hat yai & Merida

کلیفورمهای مدفوعی در فصول خشک از مقادیر پایینی برخوردار بود (ژانویه و آوریل) و بالاترین آن در فصلهای مرطوب (ژولای و آگوست) مشاهده گردید.

گوانسه کارام و همکاران^۱ (۱۹۸۳) در شهر دومنان جافنا سری لانکا که از آب زیرزمینی سفره کارستی بهره می گرفت و جمعیتی در حدود ۱۵۰۰۰۰ نفر داشت، غلظت بالای نیترات را به این سیستم غیر-بهداشتی فاضلاب نسبت دادند. کاکار و بهتاجار^۲ (۱۹۸۱) در لودنیانا^۳ هند غلظت های بالا Cr_6 که ۱۳ میلی گرم در لیتر در آب زیرزمینی مشاهده شده بود، نتیجه انتشار از کارخانه های دوچرخه سازی و آبکاری می دانست و معتقد است تأثیر صنایع مهمترین عامل آن بوده است. ساهگال و همکاران^۴ (۱۹۸۹) در لاکنوه^۵ هند که فاقد سیستم جمع آوری فاضلاب است. غلظت بالای نیترات در آب زیرزمینی کم عمق را به سیستم فاضلابی غیربهداشتی این شهر نسبت دادند. افزایش در میزان نیترات، کلراید، سولفات و سختی آب به خاطر پمپاژ از سفره های کم عمق کالیفرنیا و جزایر یونگ بوده است (کیمل، ۱۹۷۲)^۶. میزان نیترات بالا در **New York** و **Long Island, King conty** به نشت فاضلابی نسبت داده شده است. تغذیه مصنوعی برای بهبود کیفیت آب زیرزمینی، جلوگیری از نفوذ آب شور، کاهش نشست زمین، نگهداری از جریان اساسی جویبارها و جلوگیری از نوسانات آب به کار می رود (National Reserch Concil, 1994).

۳-۴-۱- مطالعات انجام شده در ایران

در مورد تأثیرات شهرنشینی بر روی آبهای زیرزمینی هنوز مطالعه جامعی در ایران انجام نشده است. اما در مورد میزان نیترات در آبهای زیرزمینی بررسی هایی انجام شده است که ذیلاً به نمونه هایی از آنها اشاره می شود.

خزائی (۱۳۷۹) تأثیر گسترش شهری بر کیفیت آب زیرزمینی زاهدان که تنها منبع تأمین آب برای مصارف مختلف شهر است را بررسی نموده است. نتایج این بررسی نشان می دهد که غلظت فسفر در آب زیرزمینی سفره زاهدان از ۰/۰۲ به ۰/۱ میلی گرم در لیتر در محدوده شهری متغیر است. همچنین غلظت نیترات به میزانی خیلی بالاتر از حد مجاز افزایش پیدا کرده به طوری که در بعضی نقاط به حدود ۳۰۰ میلی گرم در لیتر رسیده است. نتایج حاصل در مورد میزان آمونیوم و نیتريت دلالت بر تازه بودن آلودگی توسط فاضلاب خانگی دارد. به علت رعایت نکردن حریم چاهها و عدم بهسازی و حفاظت بهداشتی چاهها، ۳۳ درصد نمونه های آب از نظر کلیفورم مجموع مثبت بوده و ۱۱ درصد نمونه ها دارای کلیفورم مدفوعی هستند. میزان و نوع آلودگی با نوسانات سطح آب زیرزمینی در فصول سال تغییر می کند. به طور کلی، گسترش برنامه ریزی نشده و شهر زاهدان به طور نگران کننده-

۱ - Guanse karam et al., 1983

۲ - Kakar and Bhatnagar, 1981

۳ - Ludhiana

۴ - Sahgal and et al., 1989

۵ - Luck now

۶ - Kimmel, 1972

ای موجب آلودگی آب زیرزمینی گردیده است، که خود خطراتی به مسئولین در اقدام جدی و هماهنگ برای حفاظت این منابع بوده است. در این مطالعه آلودگی سفره از نظر ترکیبات فسفر و ازت و آلودگی میکروبی مورد بررسی قرار گرفته و به طور کلی از این تحقیق نتیجه گرفته است که میزان فسفر و ترکیبات ازت سفره آب زیرزمینی زاهدان بر اثر توسعه شهری افزایش یافته که خود نشانه آلوده شدن آبخوان به فاضلاب شهری است.

لطیف (۱۳۸۱) با بررسی آلودگی نیترات و منشأیابی آن در آبهای زیرزمینی دشت مشهد در ۶ مرحله (از تیرماه تا آذرماه ۱۳۸۰) از ۴۰ چاه و با فواصل زمانی یک ماه نمونه برداری انجام داده است و با استفاده از این نتایج نشان داد که غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی برخی مناطق مورد مطالعه در مقایسه با حد استاندارد (۴۵ میلی گرم در لیتر) افزایش قابل توجهی نشان می دهد و میانگین غلظت در مدت مطالعه در چاههای مختلف از ۵/۳ تا ۷۴/۴ میلی گرم در لیتر متغیر بود. بیشترین آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی مربوط به مناطق شهری و پرجمعیت شهر مشهد بود و آب چاههای موجود در مناطق کشاورزی و صنعتی از کیفیت مطلوبی برخوردار بودند. غلظت نیترات در میدان جمهوری، سیدی و ششصد دستگاه به ترتیب ۷۴/۴ و ۶۸/۵ و ۴۹ میلی گرم در لیتر بوده است. که منشأ این آلودگی را نشت فاضلاب خانگی به داخل آبهای زیرزمینی می داند و میانگین کلیفورمهای مدفوعی (Total count/ ml) در آب زیرزمینی در چاههای مختلف بین ۳۰ تا ۱۴۴۰۰ متغیر بوده و تعداد کلیفورم مدفوعی آب چاههای میدان جمهوری، روستای هدایت آباد، دانشگاه فردوسی و میدان چمن آب منطقه ای به ترتیب برابر ۱۴۴۰۰، ۳۸۴۵، ۲۹۲۵ و ۲۰۲۵ می باشد که این مقادیر بیشتر از حد استاندارد (۱۰۰۰) بوده و باید مورد تصفیه قرار گیرد.

لشکری پور و غفوری (۱۳۸۰) با بررسی وضعیت نیترات در آبهای زیرزمینی مشهد به این نتیجه رسیدند که در سالهای اخیر غلظت نیترات در چاههای آب حفر شده در سفره آب زیرزمینی مشهد افزایش یافته و در برخی نقاط به بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر رسیده است. این افزایش عمدتاً مربوط به نشت فاضلابهای خانگی به داخل آبهای زیرزمینی می باشد. علاوه بر این، در چاههایی که در حاشیه آنها فعالیت کشاورزی صورت می گیرد نیز میزان غلظت زیاد بوده که منبع آلودگی آنها کودهای شیمیائی بوده است.

در تحقیقاتی که در سال ۱۳۶۵ در خصوص کیفیت آبهای زیرزمینی شهر تهران انجام گرفت مشخص شد که از نظر آلودگی تهران یکی از نقاط بحرانی است، به طوری که در محدوده شمیران تا حوالی خیابان عباس آباد، کلاً آبهای زیرزمینی آلوده بوده و در نواحی محدوده خیابان ظفر تا ۲۴۰۰ کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر اندازه گیری شده است. علت آلوده بودن آبهای زیرزمینی در شمیران شرایط خاص زمین شناسی است که باعث نفوذ فاضلاب منازل به آبخوان شده است. در منطقه مرکزی تهران، از خیابان عباس آباد تا محور خیابان سپه، میزان نیترات کمتر از ۴۵ میلی گرم در لیتر و در جنوب تهران تا شهری از ۴۵ میلی گرم در لیتر تجاوز می کند. وجود بیش از حد مجاز نیترات دلیلی بر نشت

فاضلاب به آبهای زیرزمینی است. از ۴۹ نمونه برداشت شده از نقاط مختلف تهران که مورد آزمایش باکتریولوژیک قرار گرفته ۲۷ نمونه (۵۵ درصد) آلوده و بقیه غیرآلوده بودند (لطیف، ۱۳۸۱).

در تحقیقاتی که مهندسان مشاور کلاوآب در سال ۱۳۷۳ در خصوص کیفیت آبهای زیرزمینی مناطق مختلف انجام دادند دریافتند که در حال حاضر در پاره‌ای از شهرها از جمله تهران، مشهد، ساری و رشت غلظت نیترات در برخی چاههای آب آشامیدنی قابل ملاحظه می‌باشد و از حد مجاز عبور کرده به طوری که دامنه تغییرات آن در محدوده صفر تا ۱۸۵ میلی‌گرم در لیتر بر حسب یون نیترات در نوسان است. علت این امر را دفع فاضلابهای خانگی و صنعتی به طریق سنتی (چاه‌جذبی)، دفع غیر اصولی مواد زاید جامد و مصرف کودشیمیایی ازت‌دار می‌دانند (لطیف، ۱۳۸۱).

جوشش (۱۳۷۴) با بررسی اثرات اجرای طرح‌های آب و فاضلاب بر کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد نشان داد که چنانچه میزان برداشت آب از آبخوان و نحوه دفع فاضلاب به صورت فعلی حفظ شود سطح آب زیرزمینی در محدوده شهر حدود ۱۹ متر بالاآمده و غلظت نیترات آن در سال ۱۳۸۵ بطور متوسط ۵۵ میلی‌گرم در لیتر نسبت به ۱۳۷۲ افزایش می‌یابد. با احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب غلظت نیترات و سطح تراز آب زیرزمینی افت خواهد کرد که مقدار آنها به سرعت اجرای شبکه جمع-آوری فاضلاب بستگی دارد. این مطالعات نشان داد که کاهش یا افزایش برداشت آب از آبخوان اثر کمی در غلظت نیترات آب زیرزمینی دارد. به عبارت دیگر تغییر در پمپاژ چاهها کمک مؤثری در کاهش غلظت نیترات نخواهد داشت مگر آنکه غلظت نیترات ورودی در همان زمان کاهش یابد (لطیف، ۱۳۸۱).

شاه‌پسندزاده و همکاران (۱۳۸۳) با مطالعه اثرات زیست‌محیطی توسعه شهری بر آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی گستره شهر گرگان نشان دادند که در گرگان بیش از ۸۰ درصد آب شهر از آبهای زیرزمینی (آبخوانهای زیارت، شصت‌کلاو و گرمابدشت) تأمین می‌شود. تجزیه شیمیائی آبهای زیرزمینی بیانگر وجود دو منطقه با غلظت غیرمجاز نیترات (آبخوان زیارت) را در محدوده شهری نشان می‌دهد. الگوی تغییرات غلظت کلر در چاههای با تمرکز بالاتر از حد نیترات، از الگوی تغییرات غلظت نیترات آب این چاهها تبعیت می‌کند. با وجود قرارگیری آبخوانهای شصت کلاو و گرمابدشت در محدوده زمینهای کشاورزی، میزان نیترات این آبخوانها نسبت به آبخوان زیارت پایین تر است و عدم تأثیر یا اثر ناچیز کودهای شیمیائی بر آلودگی آبهای شرب این منطقه را نشان می‌دهد. تعیین مقادیر NO_3/Cl و K/Cl ، منشاء غلظت غیر مجاز نیترات آبهای زیرزمینی این منطقه را فاضلابهای خانگی نشان می‌دهد. همچنین، قطع درختان جنگلی و توسعه شهر گرگان نیز سبب به هم‌خوردن چرخه نیتروژن و ورود مقادیر قابل توجهی نیترات به آبهای زیرزمینی منطقه شده است.

عابدی در سال ۱۳۷۸ با تحقیق بر روی چاههای پایین دست محل دفن زباله مشهد نتیجه‌گیری نمود که تنها در چاهی که در حداقل فاصله از محل لندفیل به سایر چاهها واقع شده بود، آلودگی در میزان غلظت عناصر کلر، منیزیم، کلسیم و فسفات مشاهده شد که علت عمده آن به نشت لندفیل و نفوذ تراوش شیرابه آن از خلال درز و شکافهای موجود در زمین نسبت داده شد. پیشنهاد گردیده که

طراحی لندفیل با بستر و پوشش موجود مناسب، مطابق با استانداردهای بین‌المللی، می‌تواند از ورود آلودگی جلوگیری کند (لطیف، ۱۳۸۱).

مهدی‌نیا و نیک‌روش (۱۳۸۰) با بررسی میزان آلودگی شبکه توزیع آب شرب شهر دامغان میانگین نیترات در فصل بهار ۶/۴۳ میلی‌گرم در لیتر بیان نمودند که با توجه به طبقه‌بندی موجود جزء آبهای کمی آلوده محسوب می‌شوند، لازم به ذکر است که حداکثر غلظت مجاز طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی آب شرب ۴۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

۳-۵- کیفیت آب آشامیدنی

کیفیت طبیعی آب زیرزمینی توسط عوامل مختلفی تحت تأثیر است (مایر و همکاران، ۱۹۹۶)^۱. از میان عوامل مهم که در تغییرات میکروبیولوژیکی و شیمیایی مؤثرند. ویژگیهای زمین‌شناسی و شرایط آب و هوایی برای مثال دما و باران مهمترین (پایه و همکاران، ۱۹۸۳، هم، ۱۹۸۵، ماتس، ۱۹۸۲، کراسکف، ۱۹۶۷، باتنر و گراندر، ۱۹۶۸)^۲.

منابع نهایی بیشتر یونهای حل‌شده در آب کانیهای تشکیل دهنده در سنگهای سطح زمین می‌باشد و مواد جامد حل‌شده در این مکانها جزء سیکل ژئوشیمی هستند. ترکیب سنگها و خلوص و اندازه بلور کانیها، بافت سنگ و تخلخل، ساختار ناحیه‌ای، درجه درز و شکاف و زمان بیرون‌زدگی قبلی و همچنین تأثیر ترکیب آب عبورکننده در سنگها در کیفیت آن مؤثر است (هم، ۱۹۸۵)^۳. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به ضخامت خاکها و ساختارهای زمین‌شناسی زیرسطحی که آب از آن عبور می‌کند وابسته است (پایه و همکاران، ۱۹۸۳)^۴.

مواد غیرآلی طبیعی که در آب زیرزمینی وجود دارند شامل: آنیونها، کاتیونها، سیلیس و اکسیژن و نیتروژن و دی‌اکسیدکربن محلول می‌باشد (آلتیسمو و همکاران، ۱۹۹۳)^۵. آنیونهای اصلی (غلظت بیشتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر) کلرایدها و سولفات‌ها و نیترات‌ها و کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها و کاتیونهای اصلی سدیم و کلسیم و منیزیم هستند. غلظت آنیون فسفات و کاتیون پتاسیم بیشتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. نیتريت و آمونیوم (NH_4 و NO_2) در طی فرایند نیتریفیکاسیون وجود دارند.

U.S PHS^۶ در سال ۱۹۶۲ حد مجاز مواد جامد حل‌شده (TDS) در آب آشامیدنی را ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌داند. چهار نوع آب دارای TDS بیشتر از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هستند: ۱- آب ذاتی (اولیه)^۷ ۲- آب نفوذی دریا ۳- آب ژئوترمال و ماگمایی ۴- آب در تماس با لایه‌های نمک (پایه و همکاران، ۱۹۸۳)^۸.

۱ – Mayer et al., 1996

۲ – Pye et al., 1983; Hem, 1985; Matthess, 1982; Krauskopf, 1967; Boettner and Grunder, 1968

۳ – Hem, 1985

۴ – Pye et al., 1983

۵ – Altissimo et al., 1993

۶ – U.S. Public Health Service, 1962

۷ – Connat water

۸ – Pye et al., 1983

۳-۵-۱- ویژگیهای آب آشامیدنی

آب مصرفی برای انسان، علاوه بر کافی بودن، باید از نظر بهداشتی نیز مناسب باشد. بطور کلی آب را در صورتی قابل آشامیدن گویند که صاف و زلال و دارای شرایط زیر باشد:

الف: عاری از مواد مسموم کننده باشد.

ب: آلوده به عوامل بیماریزا و مزاحم نباشد.

ج: مواد آلی و معدنی آن برای مصرف کننده زیان آور نباشد.

امروزه بررسی کیفیت آب آشامیدنی اهمیت خاصی در جوامع بشری پیدا کرده است. برخی مواد شیمیایی برای سلامت انسان زیان آور بوده و بعضی از آنها ممکن است مطابق استاندارد قابل قبول آب جهت مصارف خانگی نباشند. آزمایشات مورد نیاز جهت ارزیابی کیفیت فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی عبارتند از:

۱) خواص ظاهری آب

۲) خواص شیمیایی آب

۳) خواص فیزیکی آب

۳-۵-۱-۱- خواص ظاهری آب آشامیدنی

آب ممکن است قابل نوشیدن باشد، ولی مطبوع و دلپذیر نباشد. یعنی ظاهر آب آشامیدنی ممکن است طوری باشد، که انسان رغبت به مصرف آن نکند. بطور کلی خواص ظاهری آب عبارتند از: رنگ، کدربودن، بو و طعم، درجه حرارت.

رنگ: وجود رنگ در آب آشامیدنی موجب نارضایتی مصرف کننده می شود. با آنکه حدود ۱۵۰ سال است که مواد رنگی محلول در آب مورد مطالعه قرار گرفته اند، ولی هنوز در مورد ساختمان آنها توافق صورت نگرفته است. مواد رنگی با یونهای فلزی ترکیب شده و کمپلکس هایی را بوجود می آورند که لخته سازی این یونها را مشکل می کند.

بو و طعم: اساسی ترین موضوع در مورد آب آشامیدنی، نداشتن بو و طعم است. بوی آب معمولاً ارتباط نزدیکی با طعم آن دارد، ولی گاهی از اوقات عوامل غیرفراری مثل کلرید سدیم وجود دارند که با تأثیر بر روی طعم آب، هیچ گونه اثری بر روی رنگ آن ندارند. عوامل مختلفی در رنگ و بوی آب مؤثرند مثل جلبکها، گیاهان آبی و تجزیه آنها، محصولات حاصل از کلریته کردن آب (مثل فنولها)، عناصری مانند آهن و منگنز محصولات حاصل از خوردگی آنها و آبهایی که در انتهای سیستم توزیع آب راکد می مانند. آبی که مزه دارد معمولاً سخت است. بوهای مختلفی که در آب وجود دارند به نامهای مختلف خوانده می شوند از جمله بوی ماهی، روغنی، خاکی و غیره. آبی که دارای مقادیر زیادی بی-کربنات سدیم است بنام آب صابونی خوانده می شود (موثقی، ۱۳۶۳). بد مزگی آب بسته به عادات مردم متغیر است. غالباً بد مزگی آب علت وجود نمکها با مقادیر زیر شروع می شود:

نمکهای آهن ۰/۵ میلی گرم بر لیتر

نمک خوراکی ۳۰۰-۴۰۰ میلی گرم بر لیتر

کلسیم سولفات ۵۰۰-۶۰۰ میلی گرم بر لیتر

منیزیم سولفات ۶۰-۱۰۰ میلی گرم بر لیتر

در مراکز تصفیه آب در صورت نامناسب بودن مزه با روشهای مختلف بر حسب نوع مزه و منشأ مواد مزاحم را خارج می کنند.

کدورت آب: کدورت خاصیتی است که میزان شفافیت آب را مشخص می کند و به عنوان یک خاصیت ظاهری آب محسوب می شود. کدورت را می توان به عنوان کمبود شفافیت یا درخشندگی تعبیر نمود، اما نباید با رنگ اشتباه شود. کدورتی به علت وجود مواد معلق فوق العاده ریز نامحلول در آب می باشد. تعداد کمی از آنها به طور مطلق فاقد مواد معلق می باشند ولی این حد می تواند از خیلی کم تا آنقدر که باعث آلودگی کامل آب می گردد تفاوت کند. برای جدا کردن ذرات درشت که به آسانی ته نشین می شوند نیاز به صاف کردن نیست چون با قراردادن آب در مخازن و ته نشین شدن این مواد، می توان آنها را از آب جدا کرد. اما ذرات ریز تر را فقط با صاف کردن می توان جدا کرد که در بعضی مواقع به حدی این ذرات کوچک هستند که فقط با افزودن یک منعقدکننده (Coagulant) مانند سولفات آلومینیم به آب قبل از صاف کردن، امکان جدانمودن این ذرات با صافی وجود دارد. کدورت باعث پراکندگی یا جذب نور در حین عبور آن بر روی یک خط مستقیم در آب می شود. برای اندازه گیری کدورت، قدرت عبور نور از میان آب، با قدرت پراکنده سازی و شکسته شدن آن مقایسه می شود، که این اندازه گیری، اساس روش استاندارد تعیین کدورت آب بوسیله کدورت سنج شمعی جکسون است. کدورت سنج از یک شمع مخصوص و یک لوله شیشه ای ته صاف که براساس درجات کدورت سنج جک^۱ درجه بندی شده تشکیل گردیده است. این روش برای کدورت های بالای ۲۵ واحد مناسب بوده و در حال حاضر از نظر تاریخی مهم است. از آنجایی که کدورت آب تصفیه شده باید کمتر از یک باشد، الزاماً روشهای دیگری برای اندازه گیری کدورت های پایین لازم است و در این حالت از روشهای نفلومتری و جذب سنجی استفاده می شود. نفلومتر^۲ شدت پراکنده ساختن نور را در دایره خاصی تقریباً در زاویه راست محل برخورد نور با سطح آب اندازه گیری می نماید. با این روش کدورت های پایین تر از ۰/۰۵ واحد را نیز می توان اندازه گرفت. با روش جذب سنجی میزان جذب نور توسط ذرات موجود در آب اندازه گیری می شود. اندازه گیری کدورت غالباً برای نشان دادن پیشرفت عمل در تصفیه آب بکار می رود. کدورت سنج را در خط تصفیه آب قرار می دهند تا میزان مواد لخته شده که در نتیجه انجام مرحله تصفیه کلی آب آشامیدنی و آب مورد نیاز در صنایع باید صاف و زلال باشد، مشخص گردد.

رنگ: رنگ آب آلوده نشده می تواند از مواد در حال گندیدگی زمین و یا نمکهای فلزی موجود در طبیعت (معمولاً آهن و منگنز) ناشی شود. آبهای حاوی آلودگیهای صنعتی می توانند طیف وسیعی از

۱ – Jackson Turbidity Unit: J.T.U

۲ – Nephelometric Turbidity Unit: N.T.U

مواد رنگ‌کننده داشته باشند. رنگ معمولاً به واحد هازن (Hazen) که همان مقیاس پلاتین کبالت است، بیان می‌شود. آب غالباً در اثر مواد معلق درخود، رنگی به نظر می‌آید، ولی رنگ واقعی آن فقط پس از عملیاتی مثل صاف‌کردن ظاهر می‌گردد. آب معمولاً دارای رنگ سبز کمرنگ تا آبی می‌باشد. هر رنگ دیگری بجز این بدلیل وجود مواد آلی بصورت محلول یا معلق می‌باشد. رنگ طبیعی آب بسته به مقدار مواد آلی در آن از سبز به زرد یا قهوه‌ای تغییر می‌کند. رنگ زرد بعلت داشتن مقدار قابل توجهی اسیدهای آلی است و وجود مواد معدنی در آب کم است و بعضی از آنها از جمله آهن باعث تغییر رنگ آب به قهوه‌ای مایل به قرمز می‌شود. در هر حال امکان دارد که آب بوسیله آهن، منگنز طبیعی و یا آلودگی با فاضلاب‌ها و ترکیبات حاصل از خوردگی تغییر رنگ دهد. آبهای رنگی برای استفاده در منازل مخصوصاً بمنظور آشامیدن فوق العاده مضر و نامطلوب هستند. مواد رنگی رامی‌توان با عمل منعقدکردن، جذب بوسیله کرین فعال یا اکسیداسیون جدا نمود. اندازه‌گیری رنگ آب هیچ گونه اطلاعاتی راجع به نوع جسمی که رنگ ایجاد کرده نمی‌دهد. اندازه‌گیری شدت رنگ با مقیاس استاندارد اختیاری بمنظور مقایسه شدت رنگ با نمونه آب بکار می‌رود که برای این منظور آب مقطری که حاوی پلاتین بصورت پتاسیم، کلروپلاتینات است استفاده می‌شود.

درجه حرارت: آب گرم به انسان احساس بی‌مزگی (Flatness) می‌دهد و دلیل این امر کمبود اکسیژن است که در نتیجه گرما حلالیتش در آب کم می‌شود. درجه حرارت آب آشامیدنی باید بین ۸ تا ۱۵ درجه سانتیگراد باشد. اگر درجه حرارت بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد باشد نامتبوع بوده و رفع عطش نمی‌کند. تغییرات ناگهانی دمای آبهای زیرزمینی که ثابت می‌باشد علامت آلوده و مخلوط شدن آن با آبهای سطحی می‌باشد (کمالی‌زاد، ۱۳۶۴). حرارت آبهایی که تا عمق ۱۰ متری زمین هستند بستگی به حرارت جو داشته و تغییرات جو در آنها مؤثر می‌باشند.

۳-۵-۲- خواص شیمیایی آب

خواص شیمیایی آب با آزمایشاتی که بر روی آن انجام می‌شود تعیین می‌گردد. هر چند تحت شرایط به دقت کنترل شده در آزمایشگاه، تحقیق در مورد گونه‌های شیمیایی موجود در آب می‌تواند بسیار دشوار باشد. مهمترین خواص شیمیایی آب عبارتند از: سختی، مجموع مواد جامد محلول، مواد موجود در آب.

۳-۵-۲-۱- سختی

سختی آب، مربوط به املاح خاصی است که در آب وجود دارند. این املاح شامل کاتیونهایی مثل منیزیم، کلسیم، استرنسیم، آهن، آلومینیم، منگنز و سرب بوده که با آنیونهای بی‌کربنات، کربنات، کلرید، سولفات، سیلیکات و نیترات به صورت محلول در آب وجود دارند. سختی کل شامل سختی موقت یا سختی کربناتی و سختی دائم یا سختی غیرکربناتی است.

سختی موقت در اثر جوشاندن آب و با ته نشین شدن جرم در داخل ظروف می تواند از بین رود و به املاح کربنات و بی کربنات کلسیم و منیزیم مربوط می شود. جوشاندن آب به مدت چند دقیقه باعث تجزیه بی کربنات ها و خارج شدن CO_2 و رسوب کربنات های کلسیم و منیزیم می گردد.



سختی دائم به واسطه وجود عناصری چون سولفات و کلرید های منیزیم و کلسیم که در اثر جوشیدن رسوب نمی دهند، پدید می آید. سختی معمولاً به میلی گرم در لیتر و بر حسب کربنات کلسیم بیان می شود (جدول ۳-۱) (نفری، ۱۳۸۲).

جدول ۳-۱- تقسیم بندی آبها بر مبنای سختی (نفری، ۱۳۸۲)

میزان سختی بر حسب CaCO_3 (ppm)	دسته بندی آبها
۰-۵	سبک
۵۰-۱۰۰	نیمه سبک
۱۰۰-۱۵۰	کمی سخت
۱۵۰-۲۰۰	نیمه سخت
۲۰۰-۳۰۰	سخت
۳۰۰<	بسیار سخت

طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۷۱ رابطه آماری بین سختی آب و بروز بیماریهای قلبی و عروقی بدست آمده ولی رابطه علیتی در این زمینه مشخص نشده است به این معنی که هر چه آب سبک تر باشد امکان بروز بیماری کمتر می شود. آبهای سخت به دلیل رسوب صابون برای مقاصد شستشو نامطلوب بوده، و می تواند سبب کاهش عمر الیاف گردد. علاوه بر آن آبهای سخت برای تولید یخ، نوشابه های غیر الکلی، صنایع نساجی، شستشو البسه و ظروف نیز مطلوب نمی باشند. عموماً سبک کردن آب با سختی کمتر از ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم انجام نمی گیرد. طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۷۱ بالاترین حد مطلوب سختی برابر ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم بوده و این مقدار به نظر کم و غیر سخت می آید و هیچ گونه مطابقتی با حد مطلوب کلسیم که معادل سختی برابر ۱۸۷/۵ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات-کلسیم است ندارد. سختی کل در دیاگرام شولر برای آبهای قابل قبول حداکثر ۵۰۰ میلی گرم در لیتر ذکر شده است.

۳-۵-۲-۲- مجموع مواد جامد محلول

غلظت زیاد مواد جامد محلول^۱ در آب به علت اثرات سوء فیزیولوژیکی، ایجاد طعم در آب و بالأخره نتایج اقتصادی نامطلوب حاصل از آن امری نامطلوب است. غلظت زیاد این مواد ممکن است باعث

^۱ – Total Dissolved Solid (T. D. S)

بیماریهایی چون اسهال شود، بویژه اگر مقدار آن متغیر باشد. در استانداردهای سازمان بهداشت جهانی بهداشت در سال ۱۹۷۳ و ۱۹۸۳ مقدار مطلوب ۵۰۰ میلی گرم در لیتر و حداکثر مقدار مجاز ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر، برای آب آشامیدنی در نظر گرفته شده است.

۳-۵-۲-۳- مواد معدنی

اجسام جامد حل شده در آب شامل کلیه آنیونها و کاتیونهای قابل حل و سیلیس و سیلیکاتها موجود در طبیعت هستند. معمولاً نتایج آنالیز مواد شیمیایی بر اساس میلی گرم بر لیتر بیان می شوند. به منظور کنترل درست بودن تجزیه نمونه آب، مقادیر بر حسب میلی اکی والان نیز محاسبه می شوند. کاتیونها شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و آنیونها شامل کربنات یا بی کربنات، سولفات، کلر، فسفات، نیتрат و سیلیکات خواهند بود.

کلسیم: کلسیم به طور طبیعی وجود ندارد زیرا اکسید آن زمانی که با هوا و آب واکنش می دهد گاز هیدروژن آن آزاد می شود (مکی و ولف، ۱۹۷۲)^۲. کلسیم کاتیون اصلی در آب می باشد و این یون می تواند هیدراته شود. اگر چه نمکهای کلسیم به صورت عمومی در آب وجود دارند این نمکها از شستشوی خاکها و منابع طبیعی دیگر و یا زایندههای صنایع و فاضلابها نیز بوجود می آیند. این عنصر در اغلب آبهای طبیعی یافت می شود و میزان آن بستگی به سنگی که آب از آن می گذرد، دارد. کلسیم معمولاً به صورت کربنات، بی کربنات و سولفات ظاهر می شود، اگر چه در آبهای پر نمک کلرید و نیترات کلسیم، را نیز می توان اضافه کرد. همانطور که ذکر شد کلسیم در سختی موقت و دائم نقش دارد. ارزش غذایی کلسیم موجود در آب در مقایسه با سایر منابع غذایی ناچیز است و از نظر تندرستی زیاد بودن غلظت آن در آب چندان اهمیت ندارد و زیادی کلسیم به صورت رسوب در آن ته نشین می گردد. سازمان جهانی بهداشت حداکثر غلظت کلسیم را ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم پیشنهاد می نماید که مازاد بر این مقدار به صورت رسوب می تواند باعث ایجاد مشکلاتی گردد. در ضمن حداکثر مقدار قابل قبول کلسیم، بر حسب Ca^{2+} ، ۷۵ میلی گرم در لیتر می باشد.

منیزیم: رفتار منیزیم شبیه به کلسیم است و هر دو سختی آب را تشکیل می دهند میانگین منیزیم در سنگهای آتشفشانی ۱۷۶۰۰ میلی گرم در کیلوگرم است (ماتس، ۱۹۸۲)^۱. منیزیم یکی از عناصر معمول آب است که نمکهای قابل حل را تشکیل می دهد. این عنصر هم در سختی کربناتی و هم بی کربناتی مؤثر است. غلظت زیاد منیزیم در آبهای مصرفی منازل به علت تشکیل جرم در ظروف و همچنین به دلیل اینکه منیزیم دارای خاصیت مسهلی است به خصوص اگر با مقدار زیادی سولفات توام باشد قابل قبول نمی باشد. سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۵۸ میزان آن را ۱۵۰ - ۵۰ تعیین کرد. میزان کلسیم و منیزیم به صورت مخالف وجود دارد به طوری که رژیم بالا در منیزیم

۲ - McKee and Wolf, 1972

۱ - Matthes, 1982

و پایین در کلسیم باعث بروز راشیتیس می‌شود (شول، ۱۹۳۹ و مک‌کی و ولف، ۱۹۷۲).^۲ استانداردهای بین‌المللی سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۷۱ میزان منیزیم ۳۰ میلی‌گرم در لیتر را به شرط اینکه سولفات بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نباشد، پیشنهاد می‌کند. در ضمن آبهایی که دارای مقدار زیاد کلسیم هستند تلخ می‌باشند (عودی، ۱۳۷۳).

سدیم: سدیم در طبیعت به صورت آزاد وجود ندارد اما ترکیب این عنصر $2/83$ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و نمکهای آن در آب قابل‌حل هستند. این عنصر به علت حلالیت بالا، در بیشتر منابع آب طبیعی یافت می‌شود. مقدار سدیم از یک تا صدها میلی‌گرم در لیتر در آبهای نمک‌دار می‌تواند متغیر باشد. حد آستانه^۳ طعم سدیم در آب آشامیدنی بستگی به فاکتورهایی چند از جمله آنیونهای عمده موجود در آب و درجه حرارت آن دارد. غلظت طعم آستانه برای کلرید سدیم حدود ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۱۳۸ میلی‌گرم در لیتر بر حسب سدیم) و بر عکس آن طعم آستانه برای سولفات سدیم می‌تواند ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۳۴۸ میلی‌گرم در لیتر بر حسب سدیم) باشد. افزایش غلظت سدیم از این طریق علاوه بر تأثیر بر طعم آب، برای افرادی که تحت رژیم غذایی با نمک محدود هستند زیان‌آور است. طبق استاندارد اروپایی سال ۱۹۸۴ غلظت معادل ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و سازمان بهداشت جهانی حداکثر ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد می‌شود.

پتاسیم: میانگین پتاسیم در سنگهای آذرین ۲۵۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است در سنگهای رسوبی هم فراوان می‌باشد. پتاسیم در کودشیمیایی وجود دارد و باعث بالارفتن غلظت آن در آب می‌شود قابلیت حل آن در آب بالاست و مقدار بالا آن با آلودگی آب ربط دارد. با وجود اینکه یکی از عناصر فراوان، غلظت آن در اغلب آبهای طبیعی از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش نمی‌یابد. سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت را ۱۲ میلی‌گرم در لیتر و غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان راهنما پیشنهاد می‌کند.

دی‌اکسیدکربن و بی‌کربنات و کربنات: دی‌اکسید یکی از اجزای تعادل کربنات در آب است. مقدار دی‌اکسیدکربن آزاد در آب بستگی به pH و قلیائیت آن دارد. این گاز در خصلت خوردنگی آب نقش مهمی را ایفا می‌کند. آبهای سطحی معمولاً کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، دی‌اکسیدکربن آزاد دارند. در آبهای طبیعی که pH آنها در حدود ۸ است بین کربنات و بی‌کربنات کلسیم موجود در آب تعادل در اثر وجود دی‌اکسیدکربن ایجاد می‌شود، که از رسوب کربنات کلسیم جلوگیری می‌کند. آن قسمت از دی‌اکسیدکربن آزاد که باعث تعادل کربنات می‌گردد به نام دی‌اکسیدکربن متعادل‌کننده و مازاد بر آن را دی‌اکسیدکربن آزاد گویند. دی‌اکسیدکربن کل، مجموع دی‌اکسیدکربن متعادل‌کننده (دی-تکسیدکربن متعلق به کربنات و بی‌کربنات) و دی‌اکسیدکربن آزاد است.

کلر: این عنصر به عنوان یک ماده شیمیایی برای ضدعفونی و از بین بردن موجودات مضر به کار می‌رود. حداکثر مقدار کلر باقی مانده مجاز که ممکن است در آب یافت شود تابعی از مزه، بو و خوردنگی

^۲ – Shohl, 1939, McKee and Wolf, 1972

^۳ – Threshold Value

است. یکی از معایب کلرزی آب، ایجاد مزه کمر و کلروفنل در آب است. علاوه بر این وجود مواد بیولوژیکی هم می‌تواند در ایجاد مزه‌خاکی و یا مزه‌های دیگر دخالت نماید. چنانچه کلر به عنوان ماده پیش‌افزودنی قبل از تصفیه آب به آبهای رنگی و یا حاوی مواد آلی افزوده شود، تری‌هالومتانها نیز تشکیل می‌گردند. میزان کلر باقی‌مانده در آب آشامیدنی می‌تواند در حدود ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر متغیر باشد و در واقع مقدار کلر باقی‌مانده تا ۲ میلی‌گرم در لیتر یا بیشتر قابل قبول است. یون کلراید عمدتاً به یون سدیم و پتاسیم متصل است و وجود آن در آب زیرزمینی به طور طبیعی ناشی از انحلال نمکهای موجود در سازند تشکیل‌دهنده آبخوان و یا از طریق نفوذ آب شور دریا یا عواملی مانند نفوذ فاضلاب شهری و صنعتی می‌باشد. در استاندارد جهانی آب آشامیدنی مقدار کلر تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر توصیه شده است.

سولفات: غلظت طبیعی سولفات در آبها از چند میلی‌گرم تا چند هزار میلی‌گرم در لیتر متغیر است. سولفات می‌تواند از منابع مختلف در آبهای سطحی و زیرزمینی وارد شود، همچنین از طریق حل شدن ژپس یا سایر رسوبات معدنی که حاوی سولفات هستند، سولفات حاصل از آب دریا، اکسید شدن سولفیدها، سولفیت‌ها و تیوسولفات‌ها در آبهای سطحی و فاضلابهای صنعتی در جایی که سولفات و اسیدسولفوریک در صنایع مانند صنعت چرم‌سازی و تهیه کاغذ به کار می‌روند (کلباچ و هاسمن، ۱۹۳۴)^۱. گاز سولفید هیدروژن از طریق دودکشهای کارخانه‌های صنعتی در فضا پخش و باعث می‌شود که آب بارانهای این مناطق حاوی میزان محسوسی سولفات باشند. سولفات در آب آشامیدنی سهم عظیمی در سختی دایم و یا غیرکربناتی دارد. غلظت بالای سولفات در تغییر طعم آب مؤثر است و اگر با کاتیونهای منیزیم و سدیم ترکیب شده باشد اثر ملین دارد. در مناطقی که ساکنان آنها ناچار به مصرف آبهای با غلظت زیاد سولفات هستند و هیچ‌گونه منبع آب دیگری در دسترس ندارند به غلظت زیاد سولفات عادت می‌کنند و مساله‌ای برای آنها پیش نمی‌آید. احیای سولفات بوسیله باکتریهای بی-هوازی تولید سولفید هیدروژن با بوی بد تخم‌مرغ گندیده می‌نماید. در استاندارد جهانی میزان آن برای آشامیدن ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

نیتريت و نیترات: نیتروژن عنصر اصلی برای همه ارگانیسم‌ها است (گرین و شلف، ۱۹۹۳)^۲ و منشأ اصلی آن از نیتروژن اتمسفر می‌باشد. آلودگی نیترا ته توسط فعالیتهای بشری رخ می‌دهند (لوالئیس، ۱۹۹۸ و ویلیامز و همکاران، ۱۹۹۸)^۳. پسماندهای صنعتی و شهری منبع اصلی بوجودآورنده ترکیبات نیتروژن در آب می‌باشند (استاور و برایانزبایلد، ۱۹۹۸)^۴. نیتريت (NO_2) و نیترات (NO_3) بر حسب میلی‌گرم در لیتر بر حسب ازت بیان می‌شود. کل ازت اکسید شده برابر با ازت نیتريت و نیترات است. نیتريت مرحله میانی اکسایش ازت در اکسیدشدن بیوشیمیایی آمونیاک و تبدیل آن به نیترات است.

^۱ – Kolbach and Hausmann, 1934

^۲ – Green and Shelef, 1993

^۳ – Levallois et al., 1998 and Williams et al., 1998

^۴ – Staver and Brinsfield, 1998

نیترات موجود در آبهای سطحی و زیرزمینی به عواملی همچون ترکیبات، نحوه دفع فاضلاب و پسابهای صنعتی و میزان و نوع کودهای شیمیایی وابسته می‌باشد. اثرات سمی نیترات اولین بار بر روی گاو گزارش گردید. اولین گزارش مسمومیت اطفال بوسیله یون نیترات در آب آشامیدنی مربوط به سال ۱۹۴۵ می‌باشد. وقتی غلظت متهموگلوبین خون به ۲۰ درصد نسبت به هموگلوبین برسد آثار مسمومیت نیترات آشکار می‌شود. در سال ۱۹۷۱ با افزودن ۱۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم به آب آشامیدنی حیوانات ملاحظه شد که از فعالیت عادی آنها کاسته شد و همچنین در کبد، طحال، ریه و قلب حیواناتی که غلظت یون نیتريت آب آشامیدنی آنها بالا بود دگرگونی‌هایی به وجود آمد. همچنین شریانهای قلبی اکثر این حیوانات نازک‌تر از معمول شده است. همچنین کاهش عمر نسبی در این حیوانات مشاهده گردید (لطیف، ۱۳۸۱). آبی که دارای غلظت بالایی از نیترات باشد بالقوه برای شیرخواران و کودکان مضر است. اثرات سمی نیتريت بر روی حیوانات باردار بیشتر از حیوانات معمولی است و تعداد مرگ و میر در نوزادان آنها افزایش می‌یابد. به طوری که اگر مرگ و میر در حالت عادی ۱۶ درصد باشد مصرف آب آشامیدنی با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم این رقم به ۳۰ درصد می‌رسد. اگر آب آشامیدنی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشته باشد درصد مرگ و میر به ۵۳ درصد می‌رسد (ولایتی، ۱۳۸۰). باکتریها موجود در دستگاه گوارش می‌توانند نیترات غذا و آب را به نیتريت احیا کنند. سپس نیتريت جذب جریان خون شده و هموگلوبین را تبدیل به متهمو-گلوبین می‌نماید. متهموگلوبین بالقوه سمی نیست ولی کاهشی را که در ظرفیت حمل اکسیژن داده آثار جدی به دنبال دارد به ویژه در شیرخواران که در بدنشان حجم زیادی مایع نسبت به وزن دارند نیتريت حاصل از احیای نیترات توسط باکتریها در دستگاه گوارش با آمینهای نوع ۲ و ۳ ترکیب شده و تشکیل نیتروزوآمین می‌دهد که این ماده سرطانزاست. نقش نیتريت در خون انسان تبدیل آهن دو-ظرفیتی به آهن سه‌ظرفیتی است (سماواتی، ۱۳۷۲). در اثر نیترات بالا ترکیبات آهن دوظرفیتی (Fe^{2+}) به ترکیبات سه‌ظرفیتی (Fe^{3+}) تبدیل می‌شوند، قدرت حمل اکسیژن به وسیله هموگلوبین خون کاهش می‌یابد و در نتیجه هموگلوبین خون به متهموگلوبین تبدیل می‌شود. در اثر متهموگلوبین بالا آثاری چون سردرد، خستگی، بی‌حوصلگی، کمبود اکسیژن در بافت‌ها، تشدید ضربان قلب و تنگی نفس ظاهر می‌شود و این عوارض در میزان نیترات بالاتر از ۵۰ درصد بروز خواهد کرد (برسفورد، ۱۹۸۵)¹.

فسفات: فسفات در سنگهای آتشفشانی به مقدار زیاد وجود دارد، آپاتیت ترکیب فسفات کلسیم که شامل فلوراید و کلراید و یونهای هیدروکسی در مقدارهای گوناگون است هوازدگی این سنگها فسفات کلسیم را آزاد می‌کند. فسفات‌ها می‌توانند از طریق فاضلابهای خانگی، پساب کشاورزی و فاضلاب صنعتی وارد منابع آب شده و آنها را آلوده کنند. فسفات برای متابولیسم حیوان و گیاهان مهم است و در مواد زایشان رخ می‌دهد.

¹ - beresford, 1985

۳-۵-۳- خواص فیزیکی

خواص فیزیکی آب در جدول زیر به صورت خلاصه بیان شده است.

جدول ۳-۲- خواص فیزیکی آب (جمع‌آوری از منابع مختلف)

خواص فیزیکی	توضیحات
اسیدیته	اسیدیته (Acidity)، عبارتست از ظرفیت آب برای خنثی کردن OH^- می‌باشد. آب به جز در حالت‌های آلودگی‌های بسیار شدید اسیدی نمی‌باشد. آب اسیدی نوعی آب است که مقدار pH آن کمتر از ۷ است. حالت اسیدی آب غالباً توسط دی اکسید کربن حل شده در آب، که باعث ایجاد اسیدکربنیک ضعیف می‌کند، بوجود می‌آید. اسیدهای آلی که از تجزیه گیاهان حاصل می‌شوند نیز می‌توانند علت بر اسیدیته آب بشمار آیند. اگر اسیدیته آب علت طبیعی داشته باشد مقدار pH آن معمولاً بالای ۳/۷ می‌باشد و برای آب‌های آلوده شده توسط فاضلاب‌های صنعتی معمولاً زیر ۳/۷ است (عودی، ۱۳۷۳).
قلیابیت	ظرفیت آب برای قبول پروتون را قلیابیت (alkalinity) می‌نامند. قلیایی بودن آب تقریباً در بیشتر موارد در اثر وجود یون‌های کربنات و بی کربنات و هیدروکسید در آب است. قلیایی بودن غالباً بر اساس مقدار کربنات و بی کربنات بر حسب کربنات کلسیم اندازه‌گیری می‌شود (عودی، ۱۳۷۳) و در امر تصفیه آب و از نقطه نظر شیمی و بیولوژی آب‌ها اهمیت زیادی دارد. آب‌های بسیار قلیایی اغلب pH بالائی دارند و عموماً حاوی مقدار زیادی جامدات محلول هستند. ترکیبات شیمیایی که موجب قلیابیت آب می‌شوند عبارتند از: یون بی کربنات، یون کربنات و یون هیدروکسید: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$ $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ دیگر موادی که در قلیابیت سهم کمتری دارند عبارتند از: آمونیاک و بازهای مزدوج، اسیدهای فسفریک، سیلیسیک، بوریک و اسیدهای آلی. قلیابیت را عموماً به دو صورت «قلیابیت فنول فتالین» و «قلیابیت کل» بیان می‌کنند.
قابلیت هدایت الکتریکی	قابلیت هدایت الکتریکی (Electric Conductivity) معیاری است، جهت سنجش توانایی یک ملکول برای انتقال الکتریسیته. از آنجایی که این توانایی تابعی از حضور یون‌های موجود در یک محلول می‌باشد، اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی نشانگر خوبی در مورد کل مواد حل شده در آب به شمار می‌آید. همچنین قابلیت هدایت الکتریکی تابعی است از درجه حرارت (معمولاً ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) است.
خاصیت خوردگی	خاصیت خوردگی آب، یکی از خواصی است که می‌تواند بر کیفیت آب اثر سوء بگذارد، هرچند این ویژگی از آب برای مصارف صنعتی بیشتر مورد تاکید است ولی می‌تواند باعث آلودگی آب آشامیدنی نیز شود. از دیدگاه ترمودینامیکی، بسیاری از فلزات در طبیعت حالت ناپایدار دارند و تمایل دارند به اشکال پایدارتر اعم از یونها، نمکها، اکسیدها و هیدروکسیدها برسند. علاوه بر فلزات، برخی از انواع باکتریها نیز در خوردگی نقش دارند. اثر مخرب خوردگی می‌تواند در مورد آب آشامیدنی به علت تخریب لوله‌های فلزی درون چاه و یا از بین رفتن لوله‌های انتقال آب باشد، که از این طریق در کیفیت آب اثر نامطلوب بر جای می‌گذارد.
مواد معلق	مواد معلق در آب شامل مواد آلی و غیر آلی مثل پلانکتون، خاک و گل‌ولای می‌باشد. غلظت مواد معلق در آب‌های سطحی بستگی به فصول مختلف و چگونگی جریان آب دارد. این مواد معمولاً براساس معیار وزنی حجمی اندازه‌گیری می‌شوند و این روش هیچ گونه اطلاعی در مورد نوع مواد معلق چگونگی اندازه ذرات و کیفیت آنها نمی‌دهد.

۳-۶- اختصاصات بیولوژیک و باکتریولوژیک آب آشامیدنی

در آبهای طبیعی خصوصاً آبهای روی زمین در کنار مواد معلق تعداد بسیاری موجودات کوچک تک-سلولی نیز یافت می‌گردد. موجودهای زنده نامبرده در آب ممکن است ریشه گیاهی و یا حیوانی داشته باشند. جدا کردن و گروه‌بندی آنها از دیدگاه حالت حیوانی و یا گیاهی دشوار است زیرا تعدادی از آنها در حدفاصل بین دو حالت نامبرده قرار دارند. بدین جهت این موجودات ذره‌بینی را باکتری و یا میکروب می‌نامند. این موجودات به علت سادگی شکل زندگی خود قدرت تکثیرپذیری زیادی را دارا می‌باشند. تمام باکتریها و یا میکروبهای موجود در آب بیماریزا نیستند و حتی بسیاری از آنها بوسیله دیاستازهاییکه (Diastase) ترشح می‌کنند و یا از راه تغذیه، مواد آلی را تجزیه و به نیتريتها و نیتراتها تبدیل می‌کنند. از تمام باکتریهائی که در آبها یافت می‌شوند تنها تعداد کمی برای سلامتی انسان مضر می‌باشند و از آنجا که شناخت باکتریهای بیماریزا از باکتریهای بی‌ضرر نیاز به آزمایشهای دقیق دارد و از سوی دیگر وجود یک باکتری حتی اگر خطرناک نباشد می‌تواند نشان‌دهنده وجود باکتریهای دیگر و از آنجمله باکتریها و یا میکروبهای بیماریزا باشد لذا در آب مورد استفاده برای آبرسانی باید تعداد موجودهای ذره‌بینی بی‌ضرر نیز از حد معینی بیشتر نگردد. به عبارت دیگر وجود تعداد زیادی باکتری در آب احتمال وجود باکتریهای بیماریزا از قبیل میکروبهای بیماریزایی مانند حصه و وبا را نیز بالا می‌برد. آبهایی که با مدفوع انسان و یا حیوان آلوده می‌گردند ممکن است دارای باکتریهایی باشند که موجب بیماریهای روده‌ای مانند اسهال خونی و تب‌روده و نظایر آن گردند. اگر در آب محیط مناسبی برای رشد این باکتریها نباشد در برابر نور خورشید و جریان آب و در نتیجه یک تصفیه طبیعی کم‌کم از بین می‌روند. معروفترین و سر‌دسته باکتریهای موجود در مدفوع اشرشیاکلی و کلی‌فورمها می‌باشند که زودتر از باکتریهای دیگر شناخته می‌شوند. علاوه بر باکتریها و ویروسها، موجودات کوچک دیگری نیز در آب هستند که بیماریزا نبوده ولی بو و مزه را تغییر می‌دهند. گروه بزرگی از آنها پلانکتونها می‌باشند که یا در آب شناورند و یا روی سنگهای کف‌رودخانه و جدار کانالها تکیه می‌کنند. این موجودات زنده نیز برای ادامه زندگی نیاز به مواد غذایی داشته و بوسیله مواد گندزا مانند کلروکات‌کبود (سولفات مس) از بین می‌روند. لذا عدم وجود پلانکتونها در آبهای تصفیه نشده می‌تواند خود نشانه آلودگی آن آبها با پسابهای صنعتی باشد. آله‌ها و جلبکها و دیاتومها جزو این گروه می‌باشند. وجود برخی حیوانهای ریز که با چشم هم دیده می‌شوند مانند خاکشیرها و سایر سخت‌پوستان هم‌ردیف آنها نیز در آب سبب آلودگی و تغییر مزه و بوی آن می‌گردند.

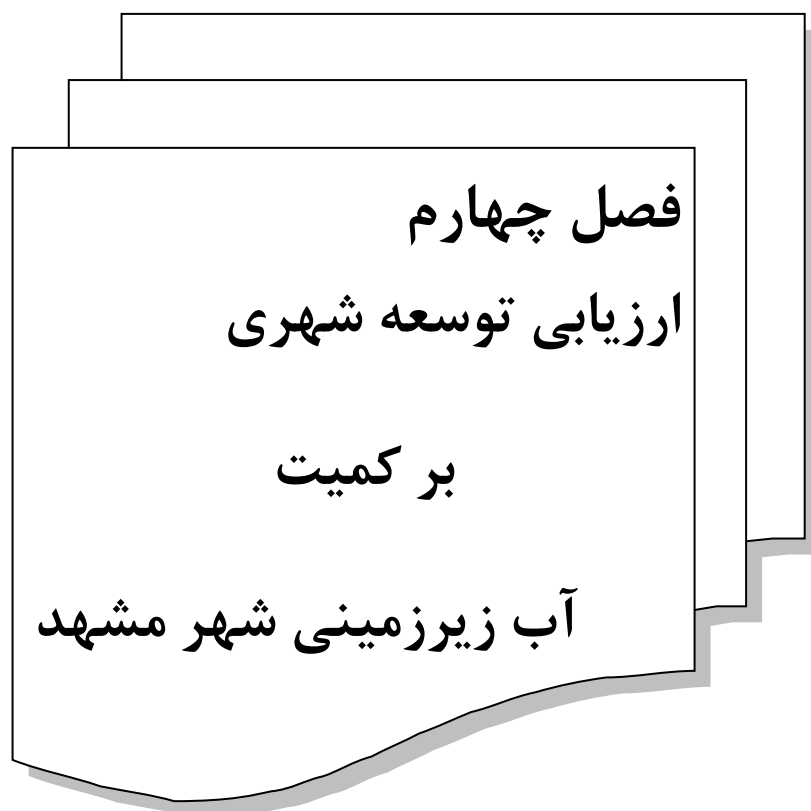
۳-۷- عوارض مصرف آب آلوده در انسان

بیماریهایی که از طریق آب منتقل می‌شوند، این بیماریها به وسیله باکتریهای بیماری‌زا، ویروسها، پرتوزوئرها و کرمها عارض انسان می‌شوند. منابع و مخازن آب بویژه در مناطق گرمسیری، محل مناسبی برای انتشار اینگونه بیماریهاست.

در جدول ۳-۳ این بیماریها به صورت خلاصه بیان شده است.

جدول ۳-۳- بیماریهایی که از طریق آب منتقل می‌شوند (جمع آوری از منابع مختلف)

بیماریهایی که از طریق آب منتقل می‌شوند	عامل بیماری	نوع بیماری	توضیحات
	بیماریهای باکتریایی	وبا	عامل مولد <i>Vibrio cholerae</i> و <i>Eltor</i> است. اینگونه منحصر انگل انسان بوده و پس از تکثیر در روده انسان نوعی آنترتوکسین تولید می‌کند که با اثر گذاشتن بر اپیتلیوم روده موجب دفع شدید آب و الکترولیت‌های بدن می‌گردد که در نهایت می‌تواند موجب مرگ شود.
		حصبه یا تیفوئید	عامل مولد بیماری سالمونلاتیفی یا باسیل تیفوئید است. این باکتری پس از ورود به بدن (از راه دهان) از طریق سیستم لنفاوی وارد جریان خون شده و ایجاد سپتی سمی می‌کند. اگر این بیماری درمان نشود می‌تواند حتی موجب مرگ شود.
		لیپتوسپیروزیس	لیپتوسپیروزیس (<i>Leptospirosis</i>) از یک تب ملایم تا یک بیماری خطرناک متغیر است. علایم این بیماری عبارتند از: یرقان، خونریزی و اختلالات کلیوی می‌گردد که میزان مرگ و میر ناشی از آن در سطح بالایی قرار دارد.
	بیماریهای ویروسی	مننژیت آسپتیک، عضله درد اپیدمیک یا <i>Bornholm disease</i> ، گاستروآنتریت ویروسی، پولیومیالیت، هپاتیت	
	بیماریهای ناشی از کرمها	بیماری خارش شناگران، آسکاریس (<i>Ascariasis</i>)، تکنوکوکوس (<i>Techinococcus</i>) و دراکونکولوس (<i>Dracunculus</i>).	



فصل چهارم

ارزیابی توسعه شهری

بر کمیّت

آب زیرزمینی شهر مشهد

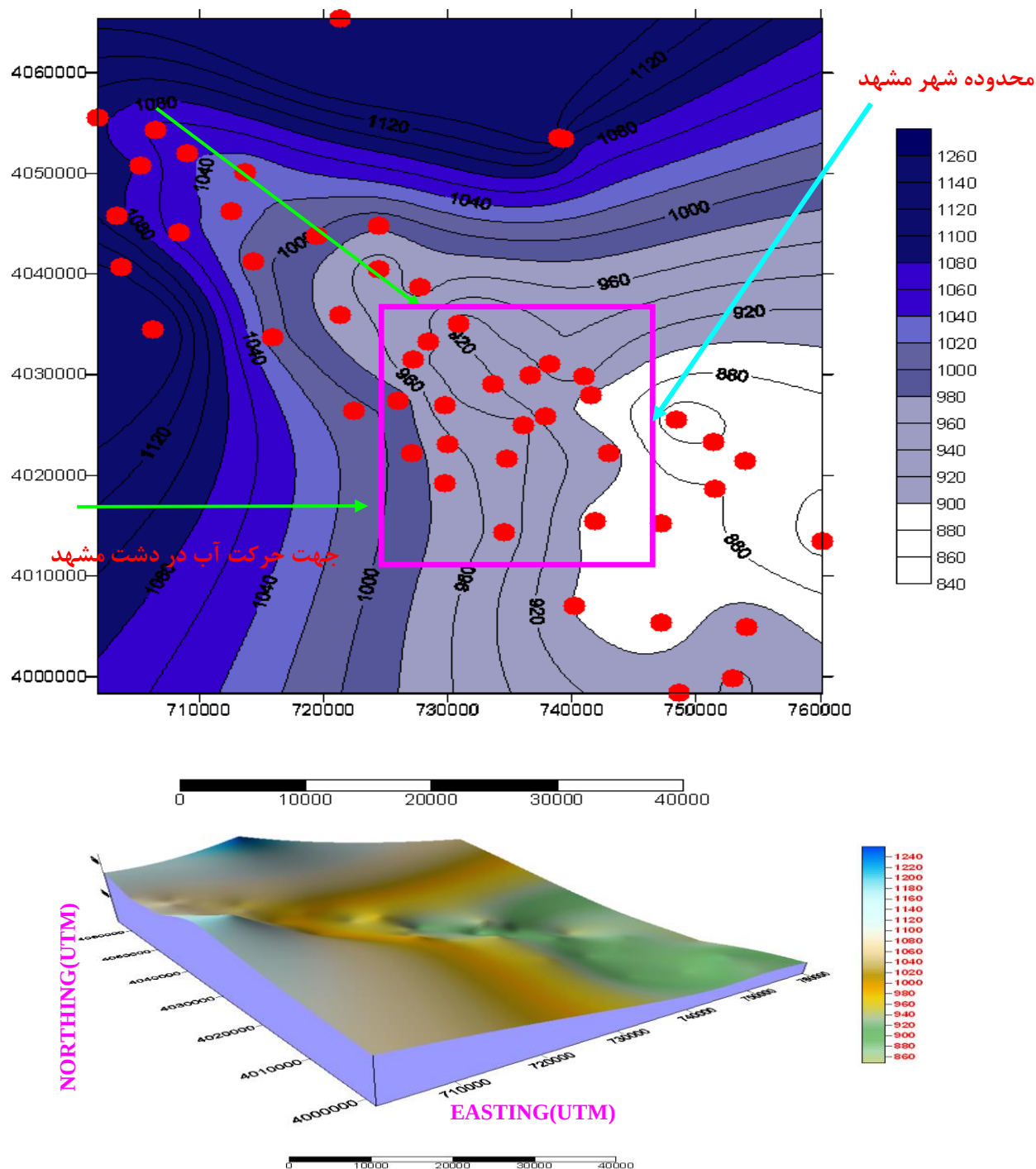
۴-۱- مقدمه

تغییرات سطح آب زیرزمینی در محدوده شهر مشهد متأثر از میزان بارندگی و تغذیه سفره از بارش، با برداشت آب جهت تأمین آب شرب و کشاورزی، استحصال آب جهت آبیاری فضای سبز شهری، ورود فاضلاب شهری و نیز احداث سدهای کارده و طرق می‌باشد. در این فصل با بررسی تغییرات سطح آب در ۲۴ پیزومتر واقع در دشت و همچنین ۹ پیزومتر موجود در محدوده شهر مشهد میزان تغییرات سطح آب در سالهای مختلف ارزیابی شده است. آمار سطح آب در دشت مشهد از سال ۱۳۴۴ اندازه‌گیری شده، اما در برخی از پیزومترها در بعضی از سالها اندازه‌گیری صورت نگرفته است. محدودیت پیزومترهای داخل شهر مطالعه دقیق سفره آب زیرزمینی داخل شهر را با خطا مواجه می‌کند. با استفاده از داده‌های پیزومترها، منحنی‌های هم تراز آب زیرزمینی در سفره آب زیرزمینی زیر شهر ترسیم شده و نقاط بالاآمده آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. آب شرب شهر مشهد عمدتاً از مخازن زیرزمینی و دو سد طرق و کارده و چشمه اندرخ تأمین می‌گردد. تداوم خشکسالیهای اخیر تأثیر بسیار نامطلوبی در منابع تأمین‌کننده آب شهر بوجودآورده و از سوی دیگر رشد جمعیت و توسعه شهر، افزایش مصرف و متعاقب آن افزایش میزان آلودگی منابع آبی را در پی داشته که بر بحران ناشی از خشکسالی اضافه می‌گردد. با توجه به میزان بارندگی در سالهای اخیر که نسبت به متوسط بارندگی دوره آماری از کاهش قابل ملاحظه‌ای برخوردار بود موجب گردید که همه ساله به طور متوسط یک متر از سطح آب سفره‌های زیرزمینی کاسته گردد، این میزان در سال ۱۳۸۶ به ۱/۷ متر رسیده است. علاوه بر میزان بارندگی به نوع بارندگی وابسته است، بارش برف در تأمین آب سفره آب زیرزمینی نقش مهمتری دارد. آمار ارائه‌شده از شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان در پایان سال ۷۹ مبین کاهش ۶۲ درصدی آب سدهای طرق و کارده نسبت به سال قبل و کاهش ۷۵ درصدی ظرفیت پیش‌بینی شده ساخت سدهای مزبور بوده که برداشت از سفره آب زیرزمینی را افزایش داده است.

۴-۲- منحنی‌های هم تراز آب زیرزمینی در دشت مشهد

در شکل ۴-۱ با استفاده از اطلاعات پیزومترهای موجود در دشت مشهد منحنی‌های هم‌تراز آب زیرزمینی ترسیم شده است همچنین محدوده شهری نیز در این دشت مشخص شده است. برداشت زیاد آب از چاهها، احداث سدها و کاهش تغذیه، تغذیه از فاضلاب، نشست زمین و تراکم خاک در این دشت باعث تغییر در جهت آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت گردیده است.

در ادامه به بررسی منحنی‌های هم‌تراز آب زیرزمینی در سطح شهر مشهد طی سالهای مختلف تغییرات جهت و سطح آب مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۴-۳ بلوک دیاگرام سفره آب شهر مشهد نشان داده شده است.

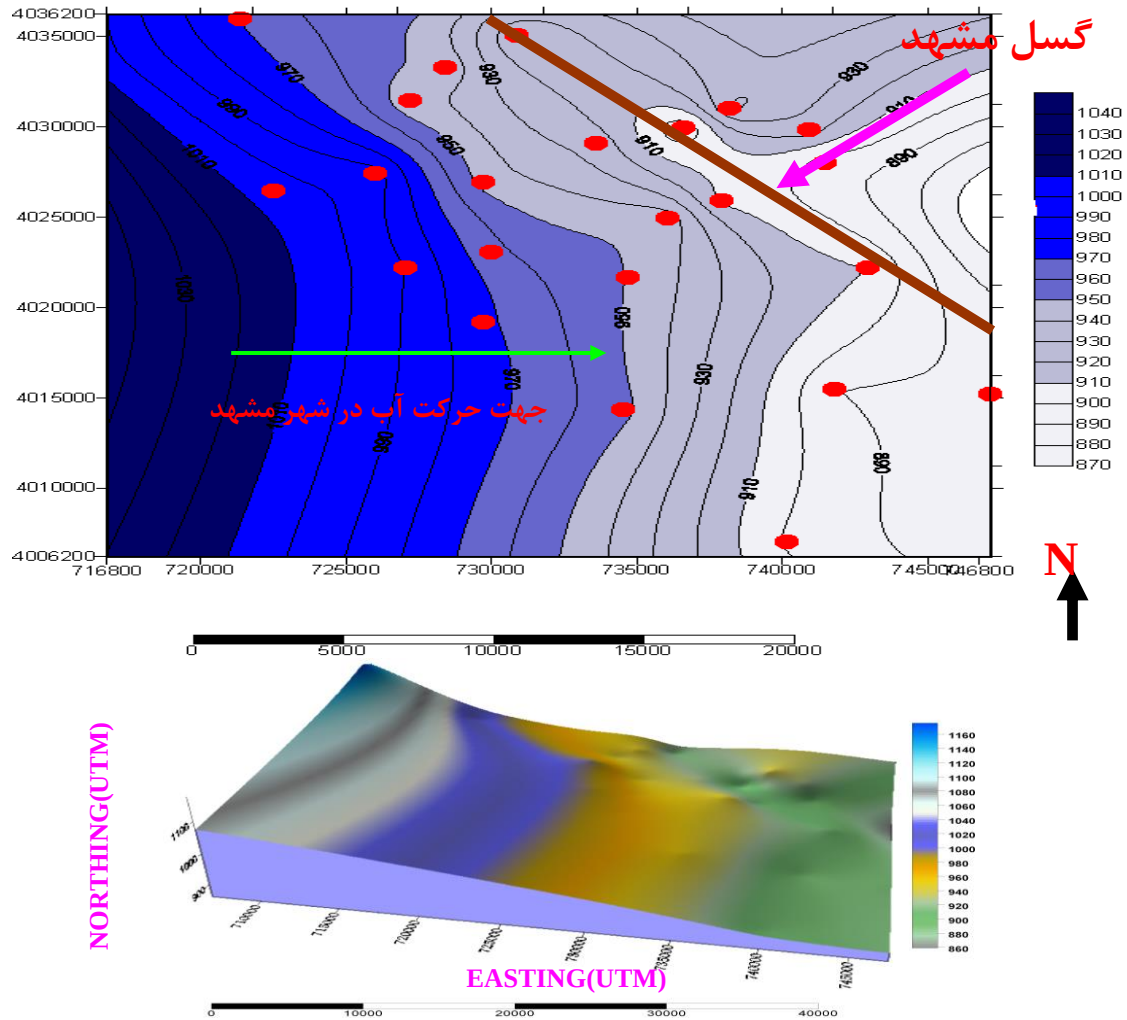


شکل ۴-۱- منحنی‌های هم تراز آبهای زیرزمینی و جهت حرکت آب در دشت مشهد (دوایر محل چاههای پیزومتری می‌باشد).

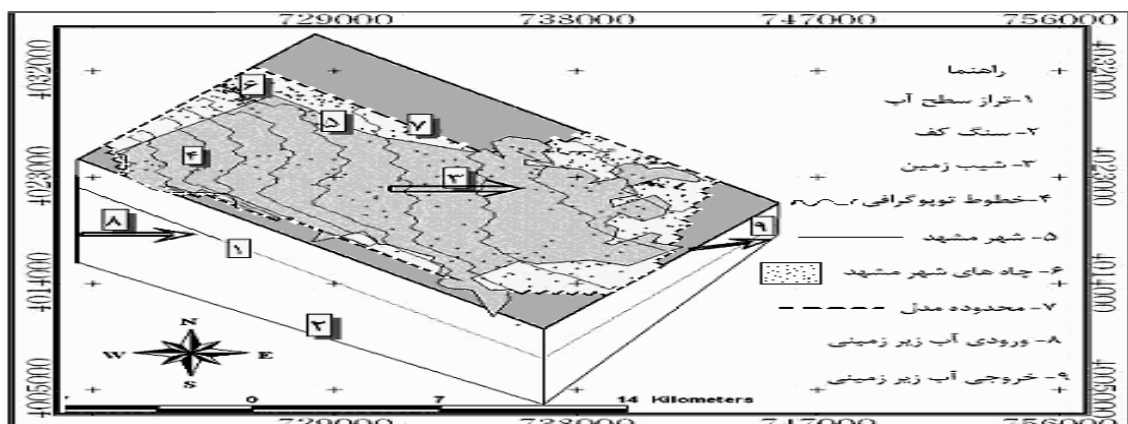
۴-۳- تغییرات تراز آب زیرزمینی در شهر مشهد

جهت بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در شهر مشهد اطلاعات ۲۳ پیزومتر واقع شده در محدوده شهری و نواحی اطراف مورد بررسی قرار گرفته است. ملاحظه می‌گردد جهت جریان آب زیرزمینی در محدوده شهر مشهد از غرب به شرق می‌باشد. برای سالهای ۱۳۸۴-۱۳۸۳، ۱۳۷۴-۱۳۷۳ و ۱۳۶۴-

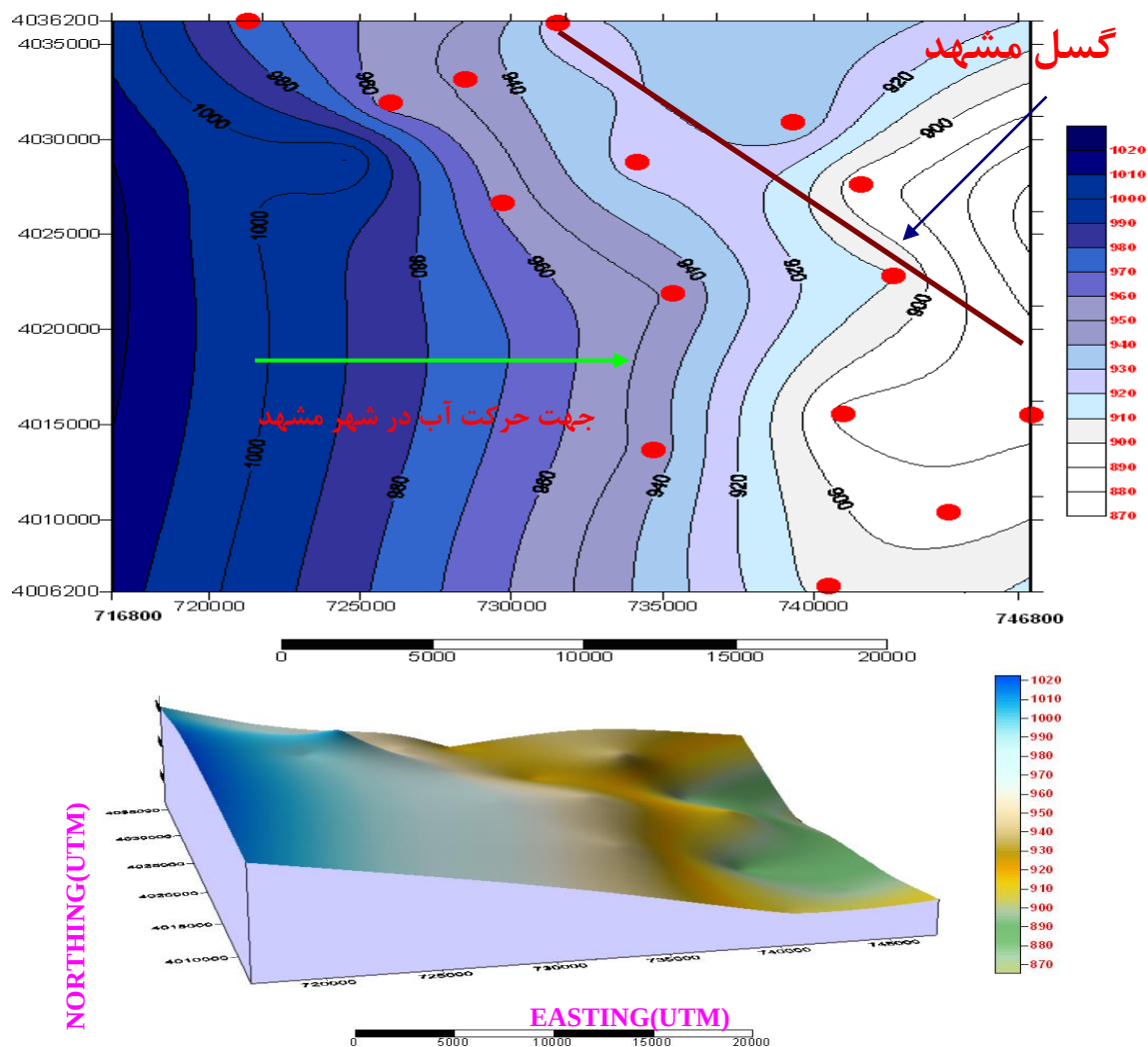
۱۳۶۳ منحنی‌های هم‌تراز آب‌بیرزمینی را ترسیم کرده و تغییرات سطح آب در زیر شهر مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۴-۲- منحنی‌های هم‌تراز آبخوان شهر مشهد (آمار سال ۸۴-۸۳)

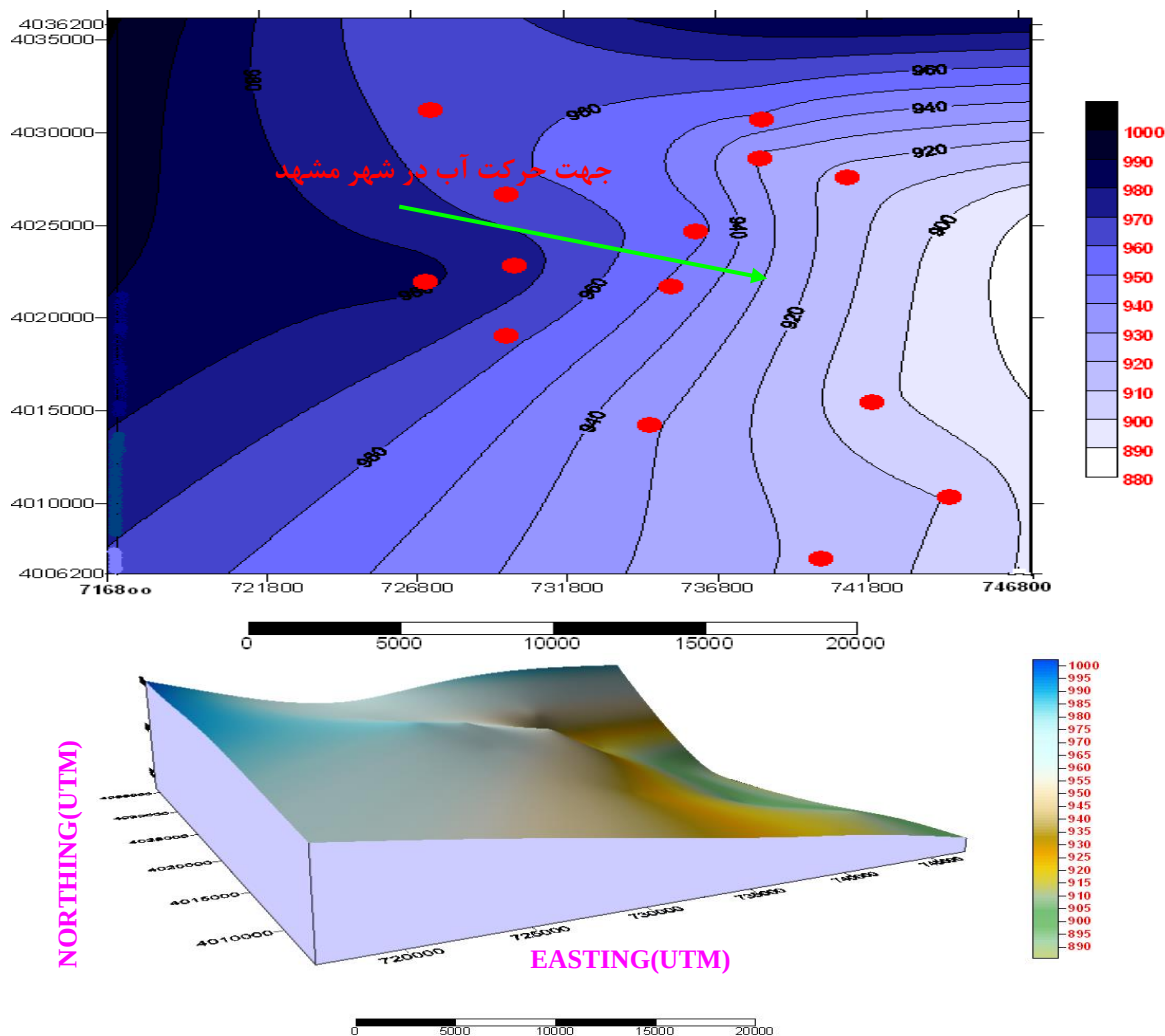


شکل ۴-۳- بلوک دیاگرام شماتیکی آبخوان شهر مشهد (علیزاده، ۱۳۸۳)



شکل ۴-۴- منحنی‌های هم‌تراز آبخوان شهر مشهد (آمار سال ۷۳-۷۴)

با بررسی منحنی‌های هم‌تراز آب‌زیرزمینی در طی دوره‌های ۱۳۶۴-۱۳۶۳ و ۱۳۷۴-۱۳۷۳ و ۱۳۸۴-۱۳۸۳ مشاهده می‌شود که منحنی‌های هم‌تراز آب در طی این سه دهه تغییر یافته و منحنی‌های هم‌تراز آب‌زیرزمینی در سال ۱۳۶۴-۱۳۶۳ در غرب شهر ۹۸۰ بوده و در طی سال ۱۳۷۴-۱۳۷۳ به ۱۰۲۰ متر و در سال ۱۳۸۴-۱۳۸۳ به ۱۰۳۰ متر تغییر یافته است و بالآآمدگی سطح آب در این قسمتهای شهر مشاهده شده است. منحنی‌های هم‌تراز در سال ۱۳۶۴-۱۳۶۳ فاصله بیشتری دارند در صورتی که در طی سالهای ۱۳۷۴-۱۳۷۳ و ۱۳۸۴-۱۳۸۳ منحنی‌های هم‌تراز آب به هم نزدیک‌تر شده و فاصله کمتری با هم دارند. با توجه به اینکه فاصله منحنی‌های هم‌تراز آب زیرزمینی بیشتر شده شیب سطح آب کم بوده و طی سالهای جدید این شیب افزایش یافته است.



شکل ۴-۵- منحنی‌های هم‌تراز آبخوان شهر مشهد (آمار سال ۶۳-۶۴)

۴-۴- نقش گسل شمال مشهد

در اشکال ۲-۴ و ۴-۴ منحنی‌ها با نزدیک شدن به شمال شهر، از روند اصلی خود خارج شده و دچار انحراف شده‌اند. بعبارت دیگر عبور گسل مشهد از آن مناطق باعث تاثیر بر سطح آب زیرزمینی و میزان آبدهی چاههای اطراف شده است در این منطقه با بالا آمدن سطح آب گسل شمال مشهد تأثیر بیشتری داشته است. به طوریکه عملکرد آن باعث شده که در بخش شمالی گسل، سطح آب پایین تر و در بخش جنوبی سطح آب بالا تر قرار گیرد، به نوعی گسل باعث قطع ارتباط آبی بین دو قسمت شده است؛ این حالت در شکل ۴-۵ مشخص نمی‌شود. یکی از دلایل مشخص نبودن این گسل در منحنی‌های هم‌تراز طی سال ۶۳-۶۴ تعادل در برداشت آب از سفره آب زیرزمینی شهر مشهد بوده که در طی سالهای بعد بالآمدگی سطح آب در شهر عملکرد این گسل را واضح کرده است. از نتایج عملکرد این گسل در مناطق خواجه‌ربیع و گلشهر، کم شدن ضخامت آبرفت و همچنین بالآمدگی سنگ کف می‌باشد.

۴-۵- ارزیابی تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت مشهد

برای بررسی کمیت آب تغییرات سطح آب را در ۲۴ پیزومتر واقع شده در دشت مشهد مورد بررسی قرار می‌دهیم. موقعیت این پیزومترها در شکل ۴-۶ نشان داده شده است و در شکل‌های ۴-۷ تا ۴-۳۰ تغییرات تراز آب اندازه‌گیری شده در پیزومترهای فوق آمده است. غالب پیزومترها از سال آبی ۶۳ به بعد افت تراز آب را نشان می‌دهد. بیشترین افت سطح آب در پیزومتر شماره ۲ (امرقان حلالی) مشاهده شده است. افت سطح آب در پیزومترها با توجه به موقعیت آنها به نسبت به محل برداشت آب در دشت مشهد، بافت و ضخامت سفره آب زیرزمینی و فاصله آنها تا شهر مشهد تغییر می‌کند. از نظر تغییرات تراز آب پیزومترهای واقع شده در دشت مشهد به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

گروه ۱- کاهش منظم تراز آب

گروه ۲- کاهش عمومی تراز آب ولی به طور نامنظم

گروه ۳- افزایش تراز آب

گروه ۴- بدون تغییر

در پیزومترهای واقع در امرقان فردوسی، امرقان حلالی، چنبرغربال، قره‌تپه، کلاته‌برفی، موچنان، رضا-آباد شرقی، مومن‌آباد، ریاض، یکه لنگه و مزرعه نمونه کاهش منظم تراز آب را داریم. در پیزومترهای عسکریه، چهچهه، قره‌چاه، قره‌جنگل، کلاته‌کریمخان، خین‌آباد، کنوگرد، کورده، سرآسیاب فردوسی، شفیع و سیس‌آباد کاهش عمومی تراز آب ولی به طور نامنظم وجود دارد. در پیزومترهای بلوار جنگل، راه‌آهن، جنگل، تلویزیون بالآمدگی سطح آب را داریم. در پیزومترهای یساقی، ملی، کنوگرد، قره‌چاه سطح آب در بعضی از سالها بدون تغییر مانده است.

همچنین از نظر زمانی تغییرات تراز آب را به چهار گروه زیر تقسیم کرد.

الف: در طی سالهای ۶۶-۷۰

ب: در طی سالهای ۷۰-۷۸

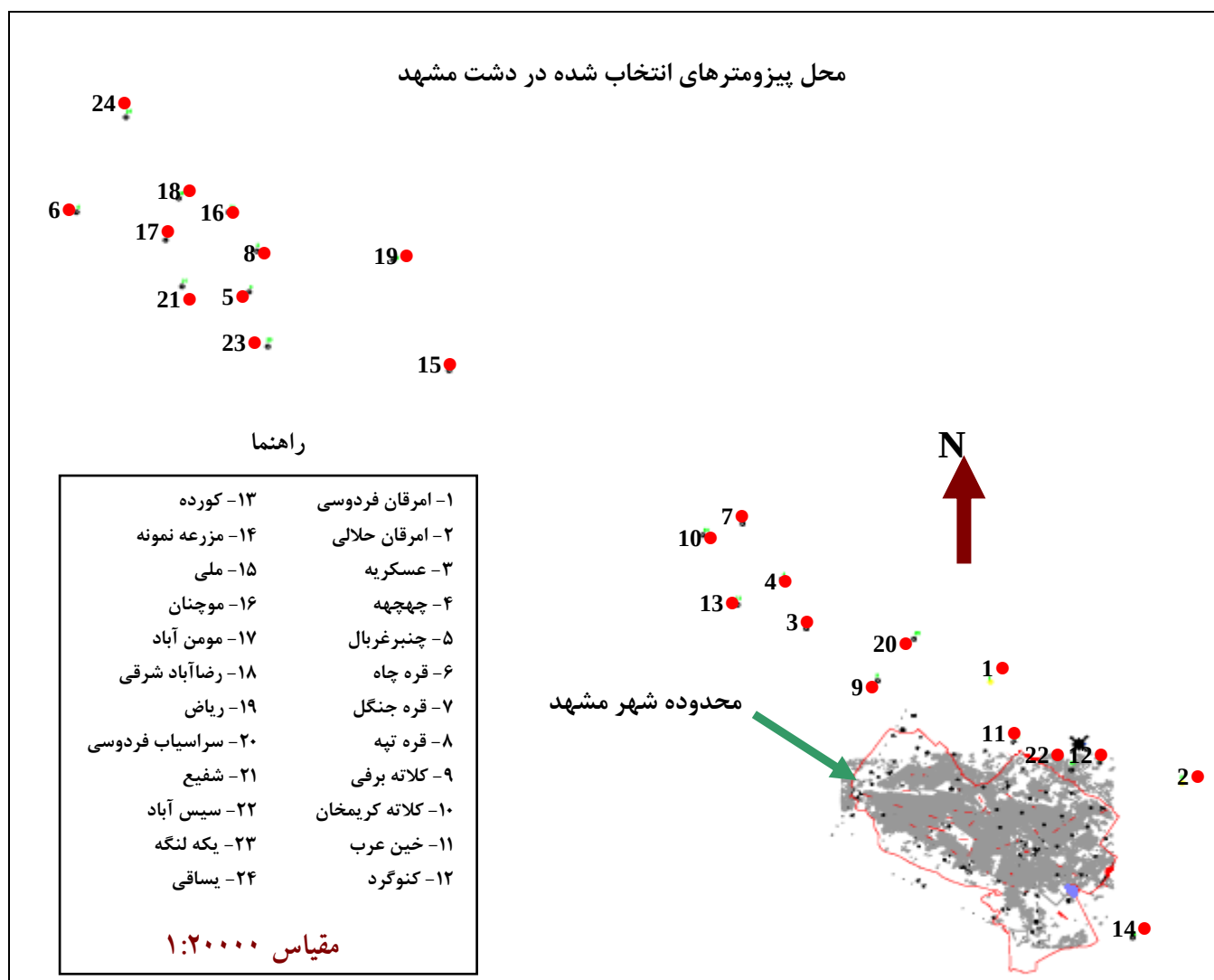
ج: در طی سالهای ۷۸-۸۱

د: در طی سالهای ۸۱-۸۴

در پیزومترهای واقع در امرقان حلالی، قره‌تپه و کنوگرد در طی سالهای ۶۶-۷۰ کاهش و در خواجه-ربیع افزایش تراز آب را داریم. در پیزومترهای واقع در چنبر غربال در طی سالهای ۷۰-۷۸ کاهش و در پارک ملت، بلوار راه‌آهن، جنگل و تلویزیون افزایش تراز آب وجود دارد. پیزومترهای امرقان فردوسی، عسکریه و چهچهه در طی سالهای ۷۸-۸۱ کاهش تراز آب می‌باشد. در طی سالهای ۸۱-۸۴ در پیزومترهای قره‌چاه، قره‌تپه، کلاته‌برفی، کورده، شفیع، بلوار راه‌آهن و خواجه ربیع کاهش تراز آب و در پیزومترهای چهچهه، سرآسیاب فردوسی، قاسم‌آباد و پارک ملت افزایش تراز آب وجود دارد.

در اکثر پیزومترهای واقع شده در دشت مشهد با پایین افتادن سطح آب (ایستابی) مواجه شده‌ایم. برداشت آب از چاههای موجود در دشت مشهد علت اصلی افت سطح آب در این چاهها می‌باشد. علت اصلی افت شدید آب به طور مستمر در پیزومترهای شماره ۱، ۲، ۱۱، ۱۲ و ۲۲ مربوط به اثرات احداث

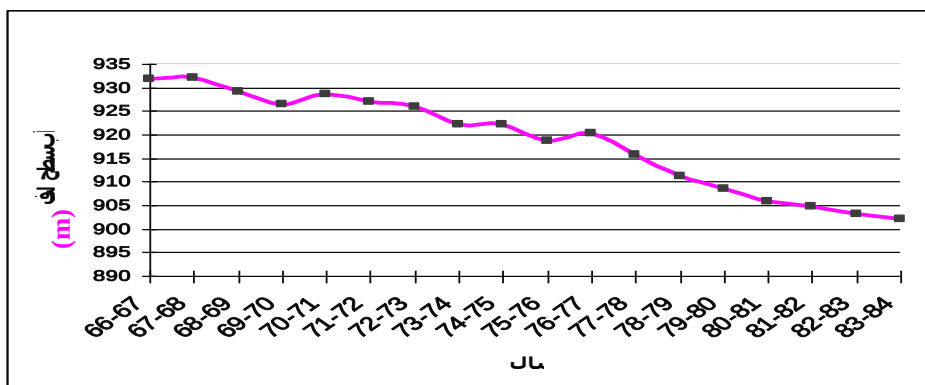
سد کارده می‌باشد. با احداث سد کارده میزان تغذیه سفره آب زیرزمینی از رودخانه کارده کاهش یافته است، سال احداث سد اوایل انقلاب بوده است. به طور کلی در دشت مشهد به دلیل حفر چاههای غیرمجاز و برداشت بیش از حد، افت سطح آب زیرزمینی کماکان تا به امروز ادامه پیدا کرده است، آمار موجود نشان‌دهنده آن این است که بیشترین افت سطح آب در حدفاصل سالهای (۱۳۶۲-۱۳۵۲) و بیش از ۲۰ متر گزارش شده است. با استفاده از داده‌های شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان ارتفاع متوسط ماهانه سطح آب زیرزمینی در دشت مشهد از سال (۶۳-۶۴ تا ۸۱-۸۲) سطح متوسط آبهای زیرزمینی دشت مجموعاً ۱۳ متر و افت متوسط سالانه آن ۷۶ سانتی متر محاسبه گردیده است.



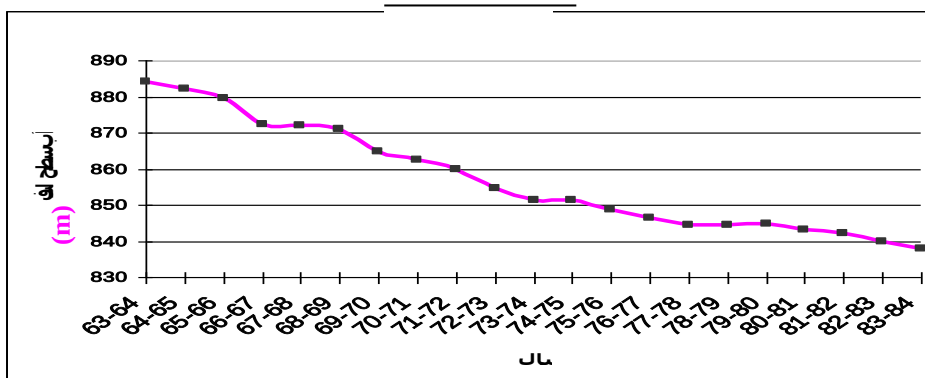
شکل ۴-۶- موقعیت پیزومترها در دشت مشهد

در پیزومترهای شماره ۴، ۷، ۲۰ و ۱۱ تغییر شیب کاهش تراز آب یا بالآآمدگی تراز آب از سال ۸۱ به بعد مشاهده می‌گردد، ممکن است کاهش تخلخل در اثر فرونشست زمین منجر به بالآآمدگی محلی سطح آب شده باشد و احتمالاً در آینده کاهش تراز آب و نشست زمین بیشتر خواهد شد. در غالب

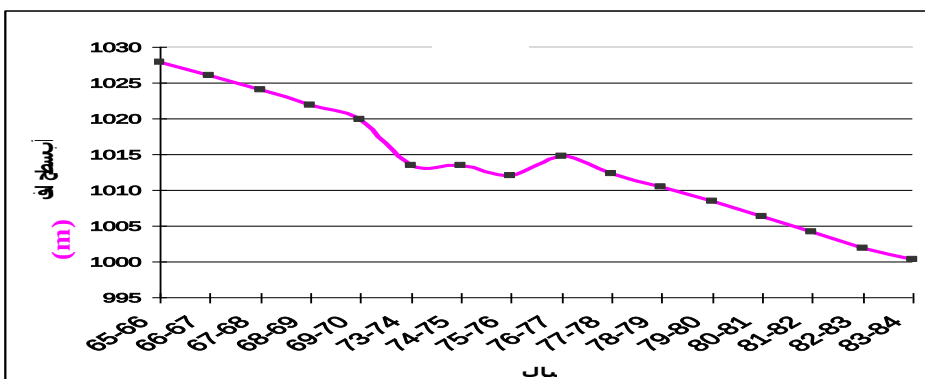
پیزومترها تغییر شیب مشخصی از سال ۷۸ به بعد وجود دارد که با تغییرات میزان بارندگی و میزان برداشت آب وابسته می‌باشد. در خین عرب تا سال ۶۹ افت شدید بوده و سپس کاهش افت را داشته- ایم. در اکثر پیزومترها طی سالهای ۷۸-۷۰ توقف کاهش تراز آب وجود داشته است. طی سالهای ۸۱-۷۸ افت شدید آب مشاهده می‌شود سال ۸۳-۸۱ در اطراف شهر کاهش افت و بعضاً بالاآمدگی تراز آب را داشته‌ایم. در ادامه تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت مشهد مورد بررسی قرار گرفته است.



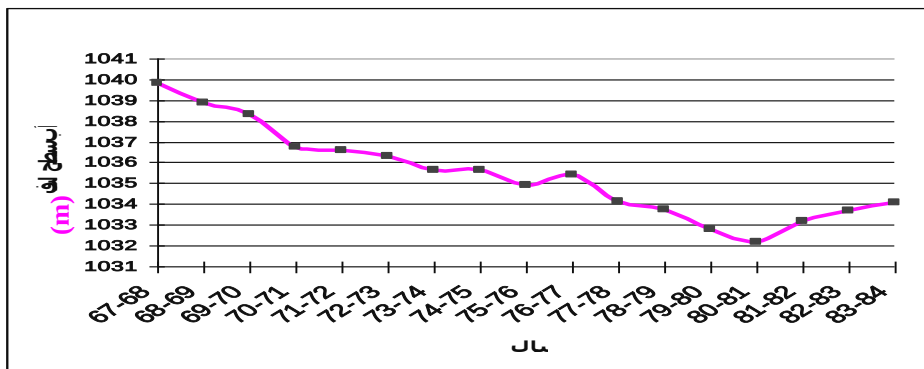
شکل ۴-۷- تغییرات سطح آب در پیزومتر امرقان فردوسی (شماره ۱) در طی سالهای مختلف



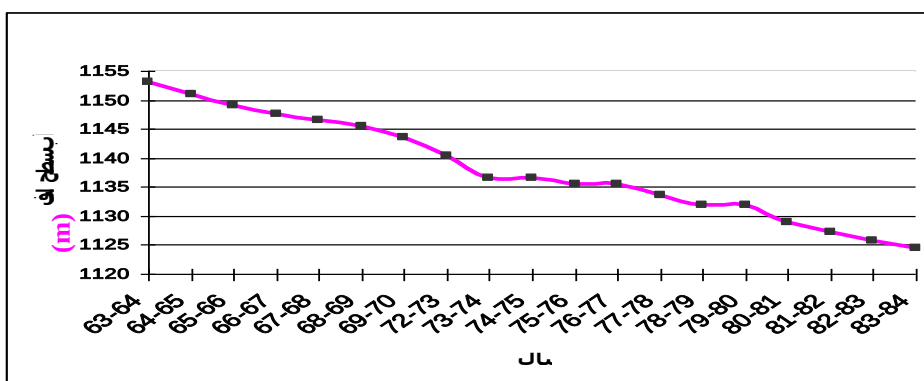
شکل ۴-۸- تغییرات سطح آب در پیزومتر امرقان حلالی (شماره ۲) در طی سالهای مختلف



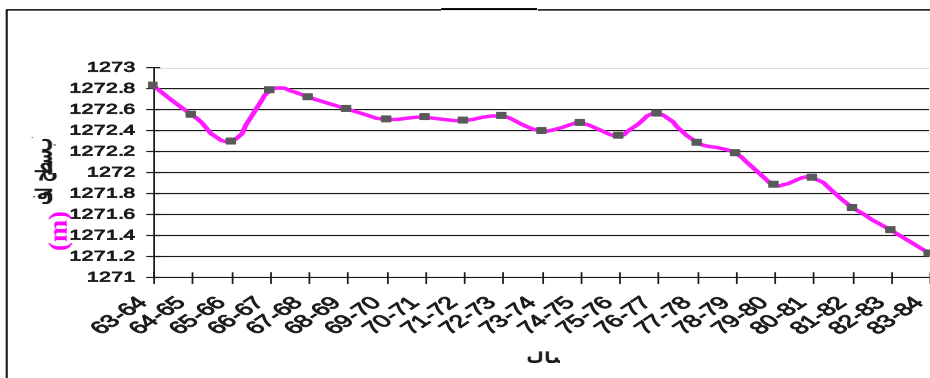
شکل ۴-۹- تغییرات سطح آب در پیزومتر عسکریه (شماره ۳) در طی سالهای مختلف



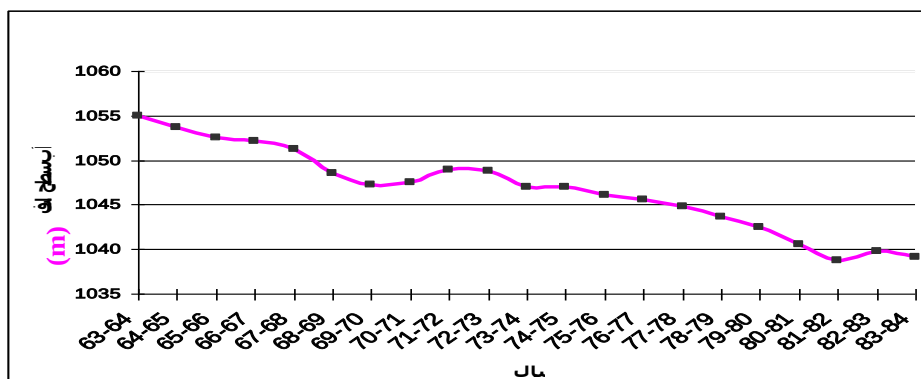
شکل ۴-۱۰- تغییرات سطح آب در پیزومتر چهچهه (شماره ۴) در طی سالهای مختلف



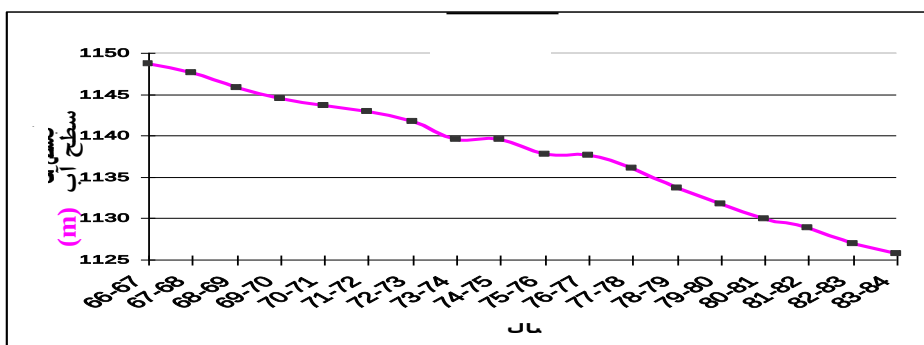
شکل ۴-۱۱- تغییرات سطح آب در پیزومتر چنبرغریال (شماره ۵) در طی سالهای مختلف



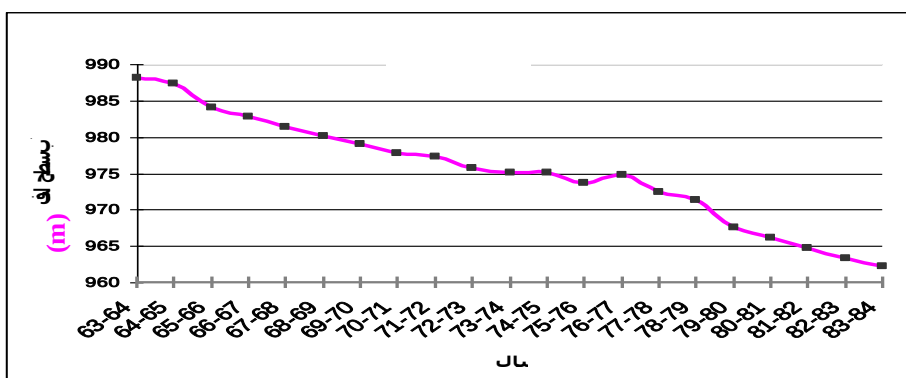
شکل ۴-۱۲- تغییرات سطح آب در پیزومتر قره‌چاه (شماره ۶) در طی سالهای مختلف



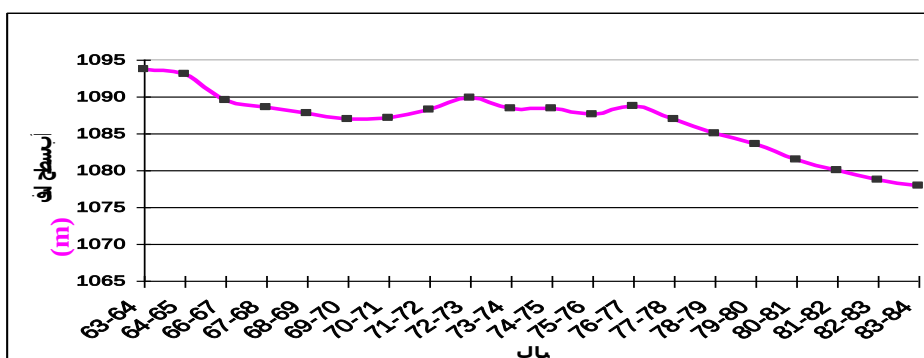
شکل ۴-۱۳- تغییرات سطح آب در پیزومتر قره‌جنگل (شماره ۷) در طی سالهای مختلف



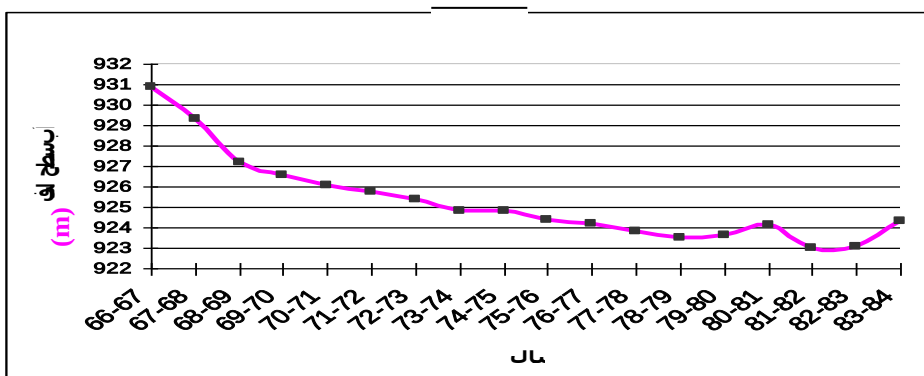
شکل ۴-۱۴- تغییرات سطح آب در پیزومتر قره تپه (شماره ۸) در طی سالهای مختلف



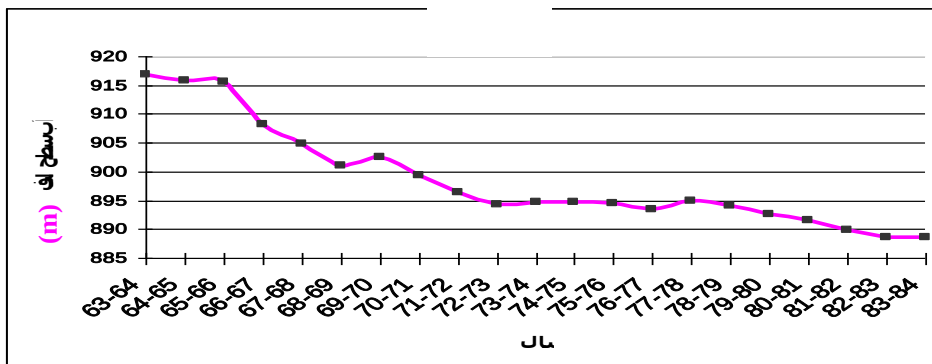
شکل ۴-۱۵- تغییرات سطح آب در پیزومتر کلاته برفی (شماره ۹) در طی سالهای مختلف



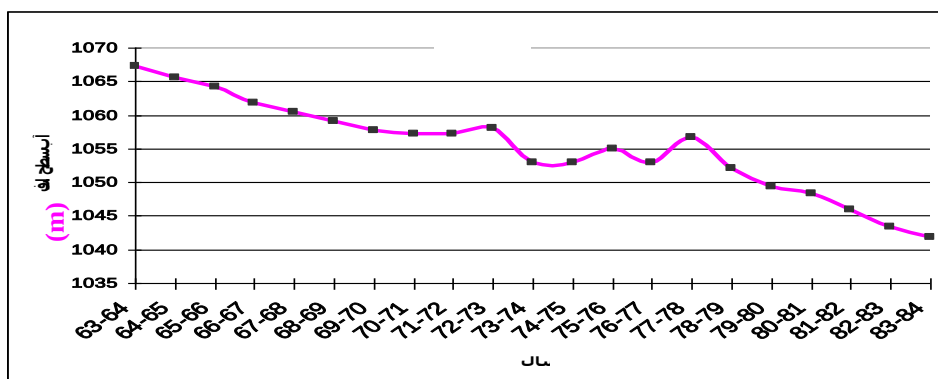
شکل ۴-۱۶- تغییرات سطح آب در پیزومتر کلاته کریم خان (شماره ۱۰) در طی سالهای مختلف



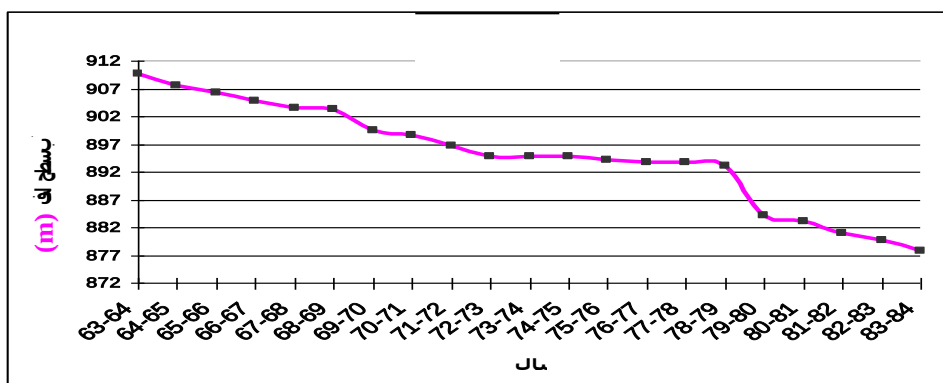
شکل ۴-۱۷- تغییرات سطح آب در پیزومتر خین عرب (شماره ۱۱) در طی سالهای مختلف



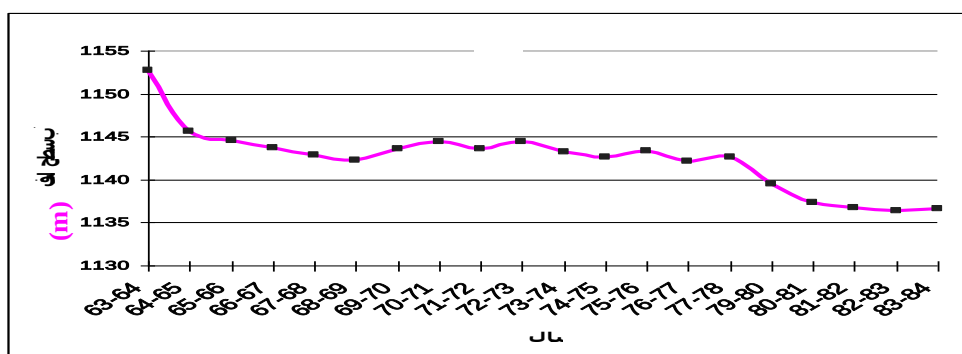
شکل ۴-۱۸- تغییرات سطح آب در پیزومتر کنوگرد (شماره ۱۲) در طی سالهای مختلف



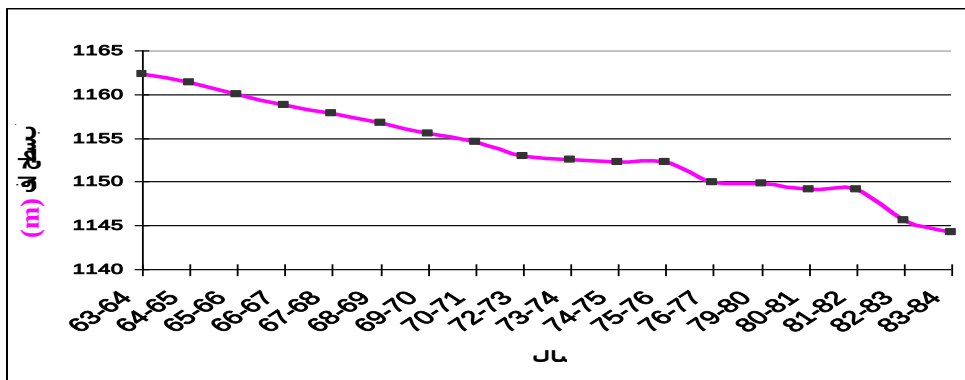
شکل ۴-۱۹- تغییرات سطح آب در پیزومتر کورده (شماره ۱۳) در طی سالهای مختلف



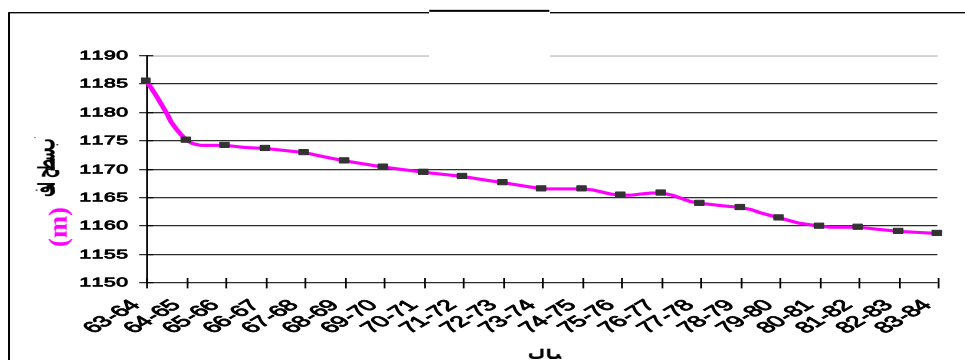
شکل ۴-۲۰- تغییرات سطح آب در پیزومتر مزرعه نمونه (شماره ۱۴) در طی سالهای مختلف



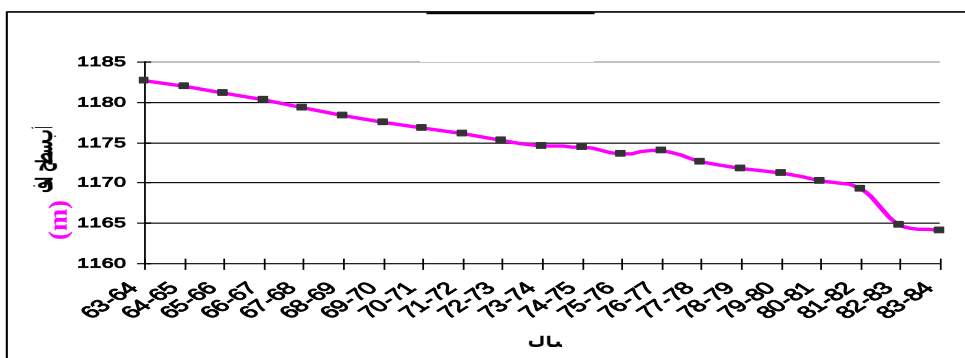
شکل ۴-۲۱- تغییرات سطح آب در پیزومتر ملی (شماره ۱۵) در طی سالهای مختلف



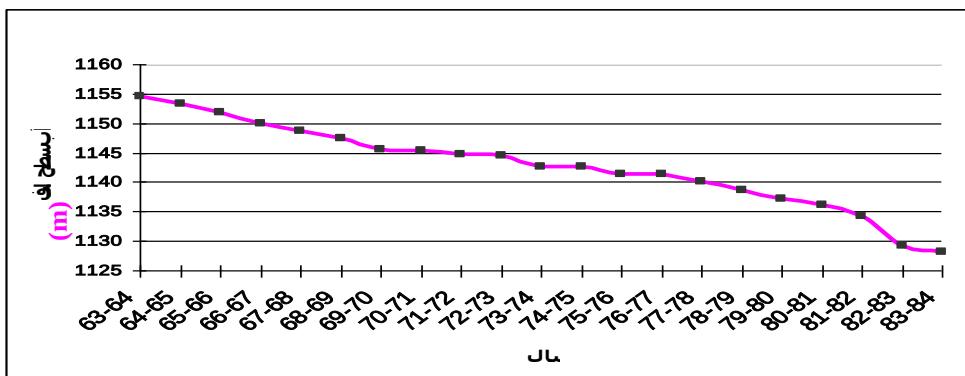
شکل ۴-۲۲- تغییرات سطح آب در پیزومتر موجنان (شماره ۱۶) در طی سالهای مختلف



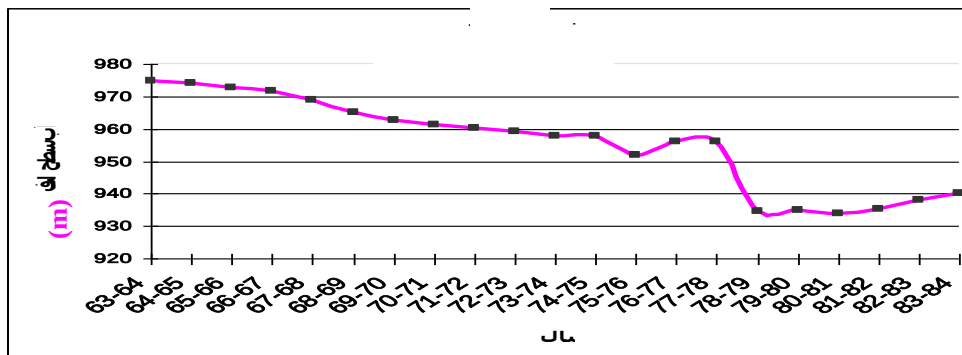
شکل ۴-۲۳- تغییرات سطح آب در پیزومتر مومن آباد (شماره ۱۷) در طی سالهای مختلف



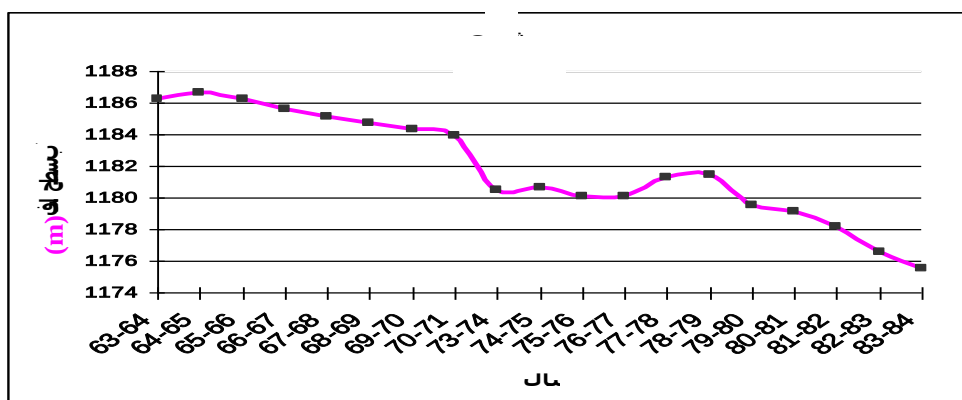
شکل ۴-۲۴- تغییرات سطح آب در پیزومتر رضاآبادشرقی (شماره ۱۸) در طی سالهای مختلف



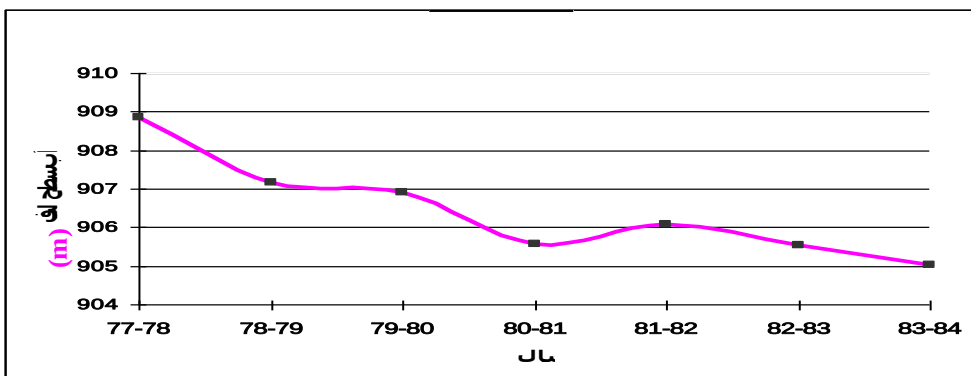
شکل ۴-۲۵- تغییرات سطح آب در پیزومتر ریاض (شماره ۱۹) در طی سالهای مختلف



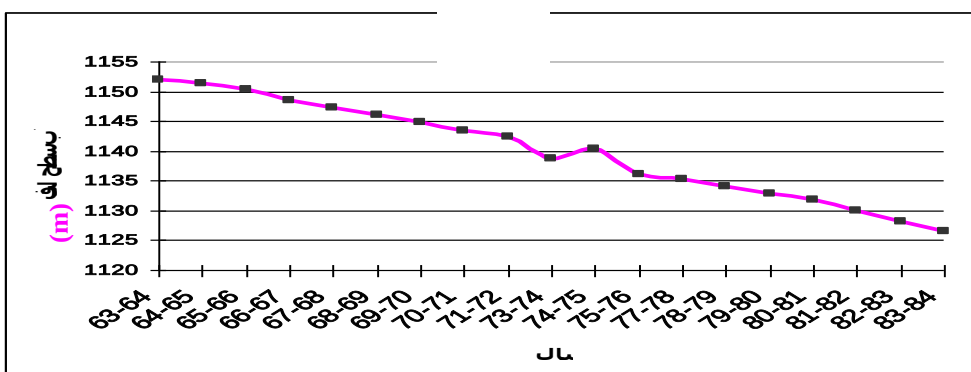
شکل ۴-۲۶- تغییرات سطح آب در پیزومتر سر آسیاب فردوسی (شماره ۲۰) در طی سالهای مختلف



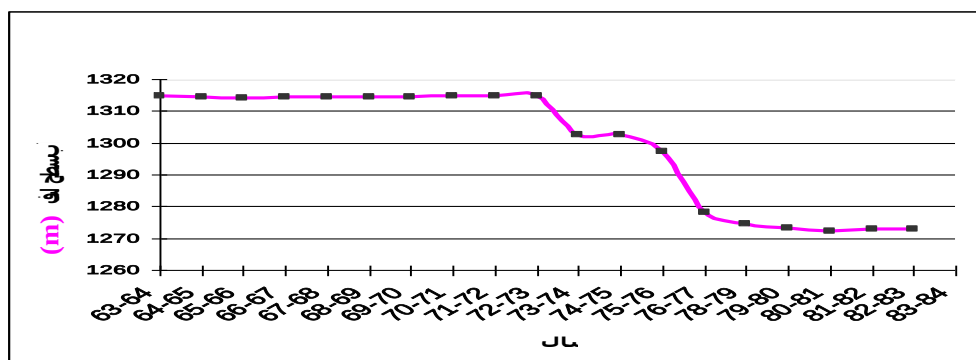
شکل ۴-۲۷- تغییرات سطح آب در پیزومتر شفیع (شماره ۲۱) در طی سالهای مختلف



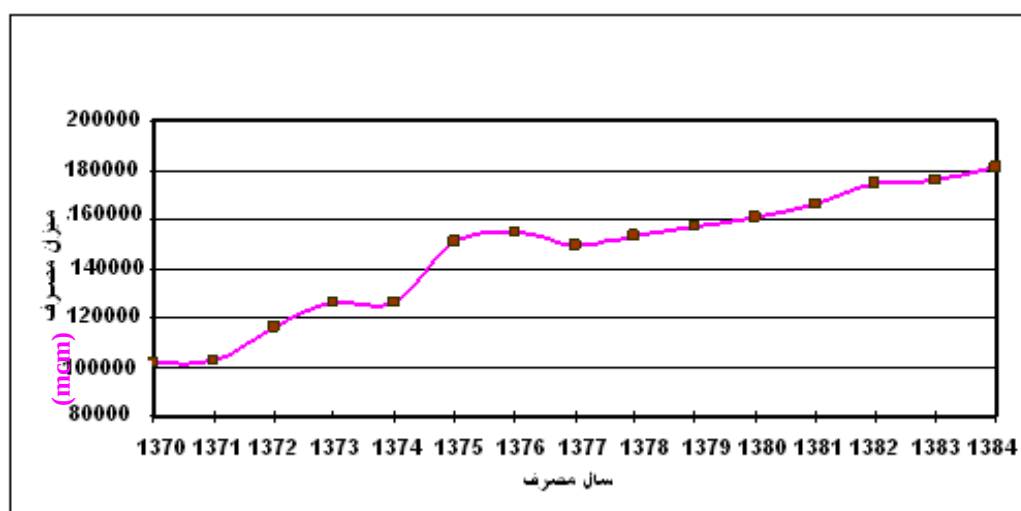
شکل ۴-۲۸- تغییرات سطح آب در پیزومتر سیس آباد (شماره ۲۲) در طی سالهای مختلف



شکل ۴-۲۹- تغییرات سطح آب در پیزومتر یکه‌لنگه (شماره ۲۳) در طی سالهای مختلف

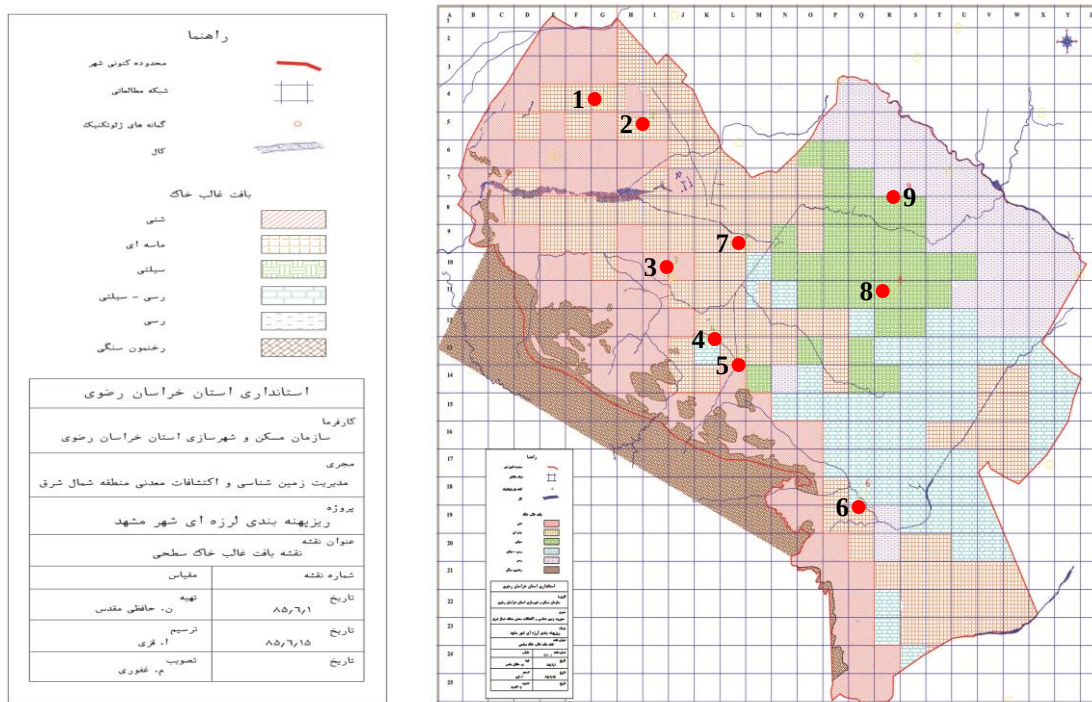


در دشت مشهد چاههای زیادی برای برداشت آب وجود داشته و برداشت بیش از حد آب زیرزمینی برای کشاورزی و آشامیدنی سبب کاهش سطح آب در این دشت و نشست زمین و سایر عوارض زمین‌شناسی را به همراه داشته است. برای بررسی تغییرات سطح آب در محدوده شهری برای پیزومترهای داخل شهر نیز نمودارهای تغییر سطح آب ترسیم شده است. با توجه به اینکه در داخل شهر پیزومترها محدود بوده به بررسی ۹ پیزومتر در شهر می‌پردازیم. این پیزومترها طوری انتخاب شده‌اند که کل شهر را تحت پوشش قرار دهند. برای بررسی دقیق‌تر آن میزان مصرف آب در شهر مشهد در جدول ۴-۱ و نمودار آن در طی سالهای مختلف در شکل ۴-۳۱ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مصرف آب در شهر مشهد حالت صعودی دارد.

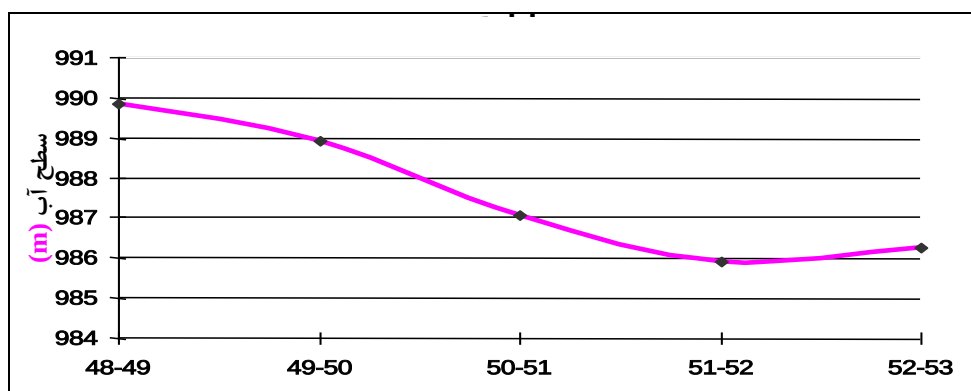


برای بررسی بالآمدگی سطح آب در سطح شهر مشهد تغییرات سطح آب را در بعضی از پیزومترهای واقع شده در شهر را مورد بررسی قرار می‌دهیم این پیزومترها که براساس شماره در شکل زیر آمده‌اند عبارتند از:

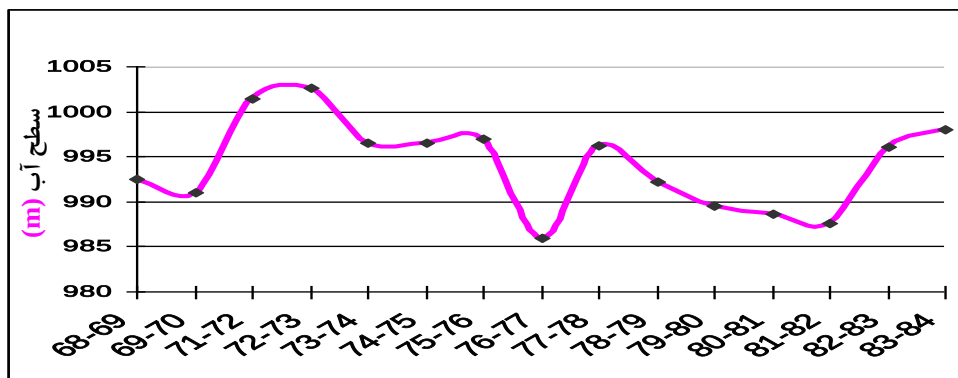
- ۱- امامیه ۲- قاسم‌آباد ۳- پارک‌ملت ۴- ملک‌آباد ۵- بلوارتلوژیون ۶- بلوارجنگل ۷- بلوار- فردوسی ۸- بلوارراه‌آهن ۹- خواجه‌ربیع



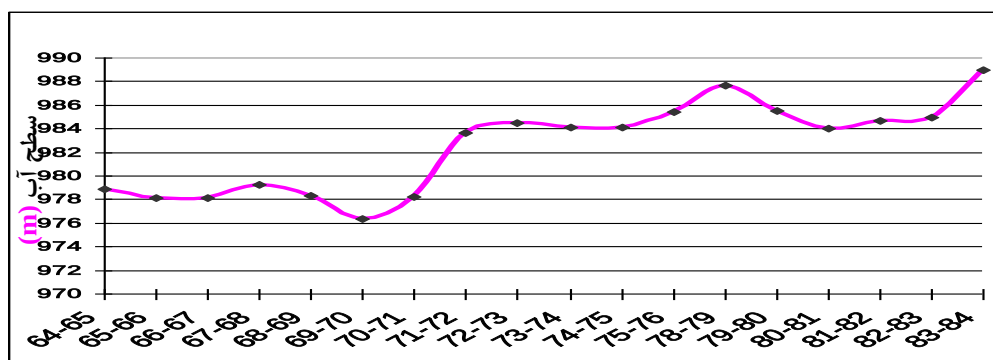
شکل ۴-۳۲- بافت خاک مشهد (حافظی مقدس، ۱۳۸۵) وموقعیت پیزومترها



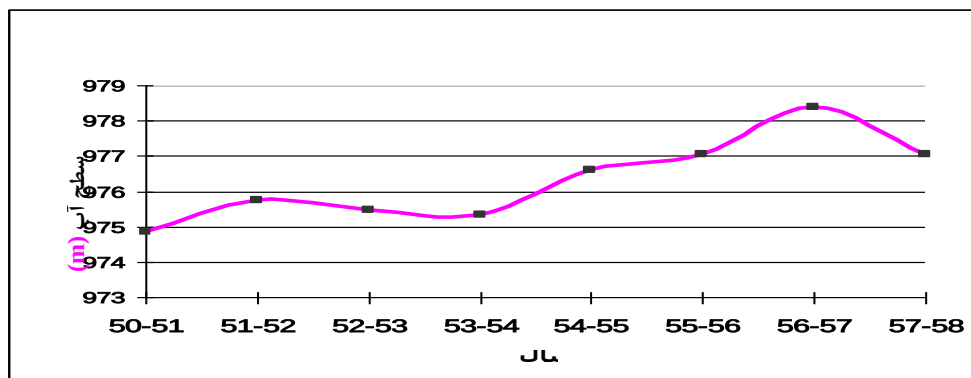
شکل ۴-۳۳- سطح آب در پیزومتر واقع در امامیه (شماره ۱) در طی سالهای مختلف



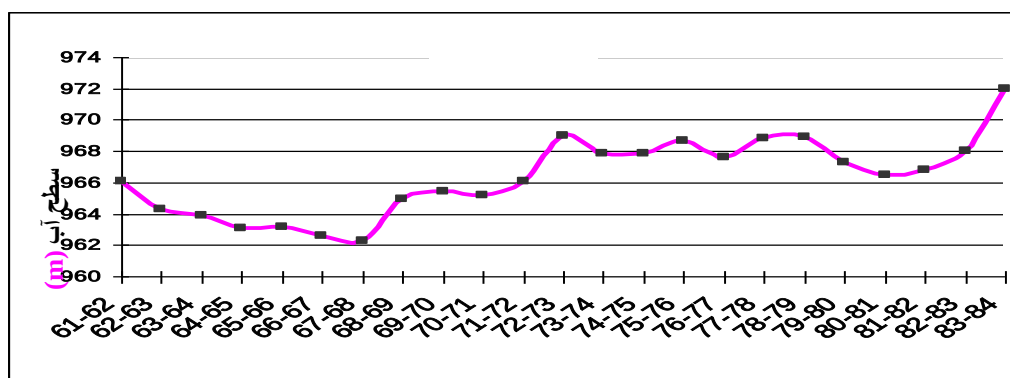
شکل ۴-۳۴- سطح آب در پیزومتر واقع در قاسم آباد (شماره ۲) در طی سالهای مختلف



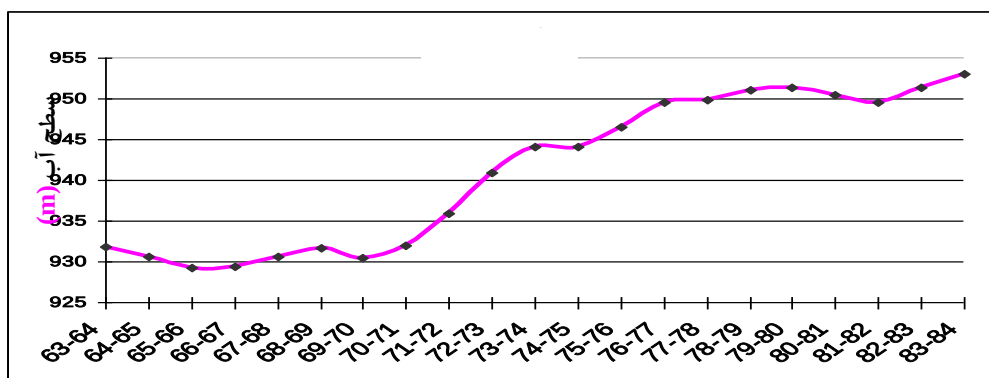
شکل ۴-۳۵- سطح آب در پیزومتر واقع در پارک ملت (شماره ۳) در طی سالهای مختلف



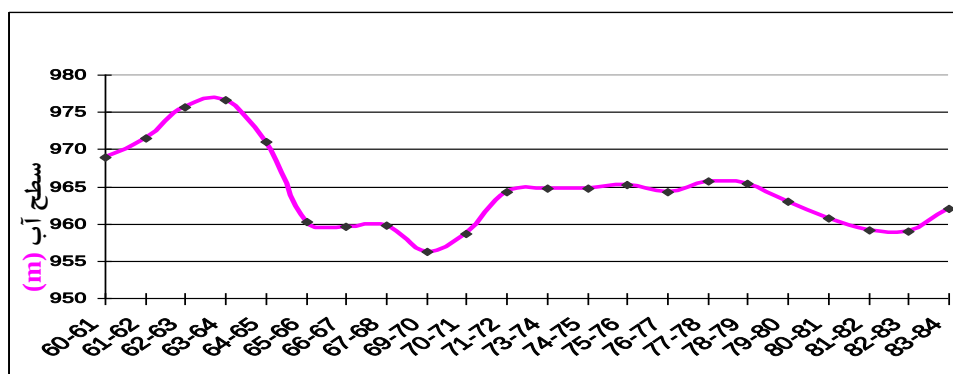
شکل ۴-۳۶- سطح آب در پیزومتر واقع در ملک آباد (شماره ۴) در طی سالهای مختلف



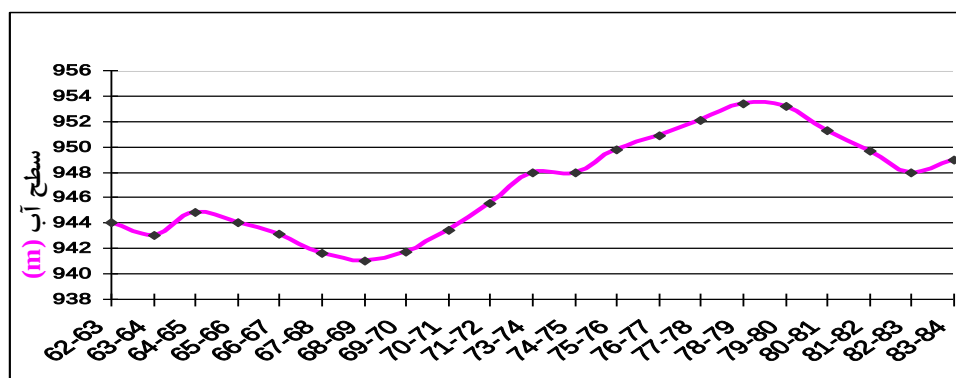
شکل ۴-۳۷- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار تلویزیون (شماره ۵) در طی سالهای مختلف



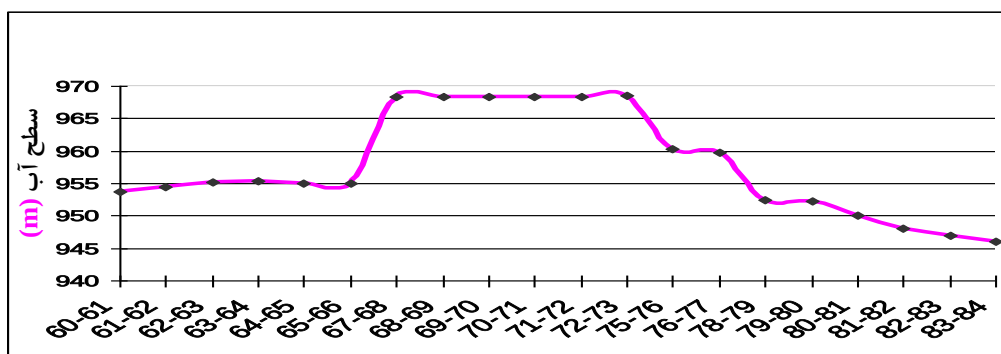
شکل ۴-۳۸- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار جنگل (شماره ۶) در طی سالهای مختلف



شکل ۴-۳۹- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار فردوسی (شماره ۷) در طی سالهای مختلف



شکل ۴-۴۰- سطح آب در پیزومتر واقع در بلوار راه آهن (شماره ۸) در طی سالهای مختلف



شکل ۴-۴۱- سطح آب در پیزومتر واقع در خواجه ربیع (شماره ۹) در طی سالهای مختلف

در حال حاضر آب مصرفی شهر مشهد از طریق سدهای طرق و کارده و چاههای آب موجود در غرب شهر تأمین می‌شود و سالانه بیش از ۱۸۰ میلیون متر مکعب آب به مصرف شهر می‌رسد. بخش اعظم این آب مجدداً توسط چاههای جذبی به صورت جذبی وارد سفره آب زیرزمینی شهر شده و سبب بالا-آمدگی سطح آب در بخشهایی از شهر و آلودگی سفره آب زیرزمینی می‌گردد. تغییرات تراز آب در پیزومترهای مختلف تابعی از موقعیت آنها، بافت خاک و برداشت آب دارد.

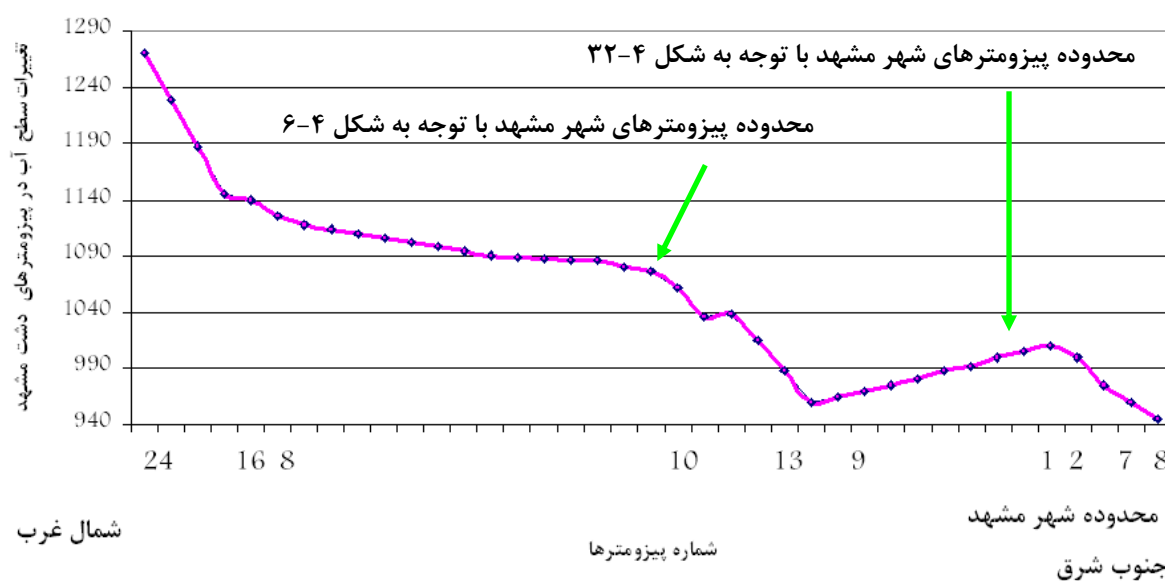
در پارک ملت بافت خاک درشت دانه می‌باشد و با وجود برداشت آب از این منطقه جهت فضای سبز بالاآمدن سطح آب مشاهده می‌گردد (شکل ۴-۳۵). در محدوده ملک‌آباد بافت خاک ماسه‌ای است و متأثر از فاضلاب شهری محدوده جنوبی خود می‌باشد، لذا بعد از سال ۵۱ بطور مرتب افزایش سطح آب را داشته است (شکل ۴-۳۶). در بلوار تلویزیون نیز علی‌رغم برداشت آب جهت فضای سبز افزایش تراز آب زیرزمینی را مشاهده می‌گردد (شکل ۴-۳۷). بلوار راه‌آهن در شمال شرقی شهر قرار گرفته و تأثیر شهرسازی را به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۴-۴۰). خواجه‌ربیع در انتهای محدوده شهری قرار دارد و محل تخلیه آب ورودی به شهر به مناطق مجاور می‌باشد. در همه پیزومترها تا سال ۸۰ افزایش سطح آب وجود داشته است، در سال ۸۱ با توجه به کمبود آب در سطح شهر و استفاده از چاههای بهره‌برداری داخل شهر کاهش تراز آب را داشته‌ایم (شکل ۴-۴۱). بخشی از چاههای شرب در شهر مشهد در منطقه امامیه قرار دارد لذا در شکل ۴-۳۳ ملاحظه می‌گردد تراز آب کاهش یافته است و منطقه قاسم آباد نیز علاوه بر تزریق فاضلاب شهری کاهش تراز آب مشاهده می‌گردد. همچنین با توجه به اینکه تراز آب در حاشیه غربی شهر در قاسم آباد و امامیه بالاتر از تراز آب در نواحی خارج از شهر نظیر کلاته‌برفی می‌باشد، حرکت معکوس آب از شرق به غرب در حاشیه شهر خواهیم داشت که سبب کاهش آب در حاشیه شهر و آلودگی سفره در مناطق مجاور شهر خواهد شد.

۴-۶- مقایسه تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت مشهد و شهر مشهد

تغییرات سطح آب در پیزومترهای دشت مشهد نشان می‌دهد که سطح آب هر سال نسبت به سال قبل افت قابل ملاحظه‌ای دارد. این افت در پیزومتر واقع شده در امرقان فردوسی در طی سالهای ۶۷-۶۶ تا ۸۴-۸۳ برابر با ۳۰ متر می‌باشد و برای پیزومترهای واقع شده در عسکریه در طی سالهای ۶۶-۶۵ افت ۲۷/۵ متر را نشان می‌دهد. این میزان افت در پیزومتر واقع شده در چهچه در طی سالهای ۶۸-۶۷ افت ۶ متر سطح آب را نشان می‌دهد. در سیس‌آباد در طی سالهای ۷۸-۷۷ تا ۸۴-۸۳ مقدار ۳/۸۳ متر افت اتفاق افتاده است. افت سطح آب در پیزومترهای واقع شده در قره‌تپه و خین‌آباد در طی سالهای ۶۷-۶۶ به ترتیب برابر با ۲۲ و ۷ متر سطح آب می‌باشد. این تغییرات در پیزومترهای واقع شده در امرقان هلالی، چنبرغربال، قره‌چاه، قره‌جنگل و کلاته‌برفی به ترتیب برابر با ۴۶، ۲۸، ۱/۶، ۱۶ و ۲۵/۵ متر ا طی سالهای ۶۴-۶۳ نشان می‌دهد. همچنین تغییرات سطح آب در پیزومترهای واقع شده در کلاته کریمخان، کنوگرد، کورده، مزرعه‌نمونه، ملی، موچنان، مومن‌آباد، رضاآباد شرقی، ریاض،

سرآسیاب فردوسی، یساقی، شفیع، و یک‌لنگه طی سالهای ۶۳-۶۴ به ترتیب برابر با ۱۶، ۲۹، ۲۵، ۳۲، ۱۶/۱۱، ۱۸/۱۲، ۲۶/۷۳، ۱۸/۵۸، ۲۶/۵۴، ۳۴/۸۴، ۴۱/۶۹، ۱۰/۷۳ و ۲۵/۶۰ متر می‌باشد.

در محدوده شهری عکس این حالت رخ داده است به طوری که در بلوار فردوسی در سال ۶۳-۶۴ بالا رفته و در سال ۶۹-۷۰ پایین‌ترین سطح آب را داریم و سپس تا سال ۸۳-۸۴ بالاآمدگی سطح آب را داریم. در بلوار جنگل در سال ۶۳-۶۴ سطح آب پایین بوده و سطح آب تا سال ۸۳-۸۴ به طور صعودی بالا آمده است. در بلوار راه‌آهن سطح آب در سال ۶۲-۶۳ پایین بوده و بالاآمدگی سطح آب را داشته-ایم و بالاترین سطح آب طی سالهای ۷۹-۸۰ بوده است. در بلوار تلویزیون در سال ۶۴-۶۵ سطح آب پایین بوده و بالاترین سطح آب در سال ۸۳-۸۴ بوده است که ارتفاع آن ۹۷۲ متر از سطح دریا بوده است. در قاسم‌آباد سطح آب در سالهای ۶۶-۶۷ تا ۷۲-۷۳ بالا رفته و بیشترین آن در سال ۷۲-۷۳ بوده است که برابر با ۱۰۰۲ متر از سطح دریا بوده است. این سطح آب تا سال ۷۶-۷۷ کاهش یافته و طی سالهای ۷۶-۷۷ تا ۷۷-۷۸ افزایش می‌یابد و سپس تا سال ۸۱-۸۲ کاهش و از این سال تا ۸۴-۸۳ افزایش سطح آب را داریم. در خواجه ربیع سطح آب در سال ۶۰-۶۱ تا سال ۶۴-۶۵ پایین بوده و از این سال به بعد بالاآمدگی سطح آب را داریم و از سال ۷۲-۷۳ کاهش یافته است. در پارک ملت در سال ۶۴-۶۵ سطح آب پایین بوده و سپس تا سال ۸۳-۸۴ سطح آب افزایش یافته است. بیشترین بالاآمدگی در پیزومترهای داخل شهر در پیزومتر واقع شده در بلوار جنگل بوده در فاصله زمانی سالهای ۶۳-۶۴ تا سال ۸۳-۸۴ برابر با ۲۰ متر بوده است. در بلوار راه‌آهن بیشترین میزان بالاآمدگی آب برابر با ۱۳ متر بوده است که در طی سالهای ۶۹-۷۰ تا ۷۹-۸۰ رخ داده است. در بلوار تلویزیون بالاآمدگی آب تا ۱۰ متر مشاهده شده است. در شکل ۴-۴۲ یک مقطع از تغییرات تراز آب در پیزومترهای دشت مشهد در جهت شمال غربی - جنوب شرقی کاهش تراز آب در دشت مشهد و بالا-آمدگی تراز آب در شهر مشهد را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۲- مقطع تغییرات تراز آب در پیزومترهای دشت مشهد (شمال غربی - جنوب شرقی)

۴-۷-۷- خطرات ناشی از بالا آمدن سطح آب در شهر مشهد

رشد جمعیت و نیاز به برداشت بیشتر آب از سفره‌های آب‌زیرزمینی سبب افت سطح آب در مناطق اطراف شهرها و ورود آب مصرفی به فاضلاب شهری و نشت آن به سفره‌های آب‌زیرزمینی سبب بالا آمدن سطح آب در زیر شهرها شده است. بالا آمدن سطح آب در مناطق شهری سبب آلوده شدن هر چه بیشتر سفره آب، کاهش مقاومت زمین، ایجاد مشکل برای سازه‌های زیرزمینی نظیر قطار شهری و افزایش خطر روانگرایی خاک در شرایط خاص می‌گردد، افت آب زیرزمینی نیز منجر به فرونشست زمین خواهد شد. در زیر به تشریح این موارد پرداخته‌ایم.

۴-۷-۱- آبگونگی یا روانگرایی (Liquefaction)

روانگرایی پدیده‌ای است که اغلب در ماسه‌های ریزدانه و سیلت درشت و متوسط به وقوع می‌پیوندد و آن هم زمانی است که نهشته‌های ماسه‌ای اشباع تحت ارتعاش قرار بگیرند و امکان زهکشی برقرار نباشد. در اثر ارتعاش پیوسته، فشار آب حفره‌ای آنقدر افزایش یابد که تنش مؤثر (تنشی که ذرات خاک تحمل می‌کند) صفر گردد، تحت این شرایط ماسه هیچ گونه مقاومت برشی نخواهد داشت و به حالت مایع در می‌آید. بنابراین شرایط لازم برای حادث شدن آبگونگی، وجود ماسه ریز تا متوسط اشباع و ارتعاش است. این حالت در شهر مشهد در بخشهایی از شمال مشهد و جاههائی که با رسوبات کانالهای رودخانه ای (سیلتی) پوشیده شده رخ می‌دهد.

۴-۷-۲- کاهش مقاومت زمین

شهر مشهد بر روی رسوبات آبرفتی قرار گرفته و در این شهر قناتهای زیادی وجود دارد، که در اکثر شهر پراکنده‌اند و بر روی این قناتها ساختمان‌سازی انجام شده است. بالا آمدگی آب در این محدوده‌ها باعث به هم خوردن وضعیت قبلی و فروریختن احتمالی سقف قناتها می‌شود.

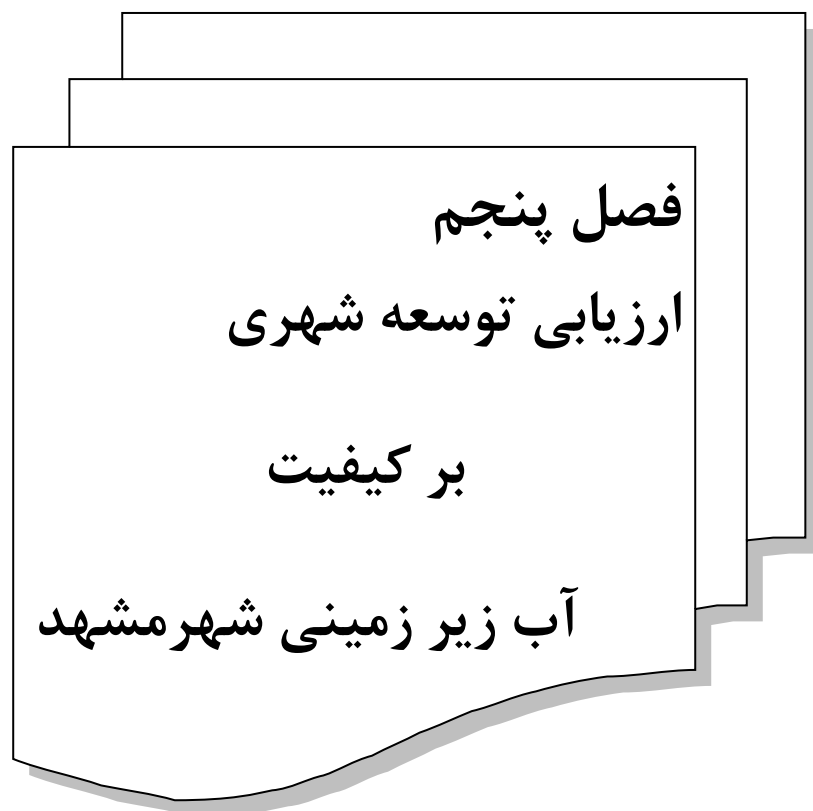
۴-۷-۳- آلودگی سفره آب زیرزمینی

بالا آمدگی تراز آب زیرزمینی در شهر مشهد باعث می‌شود که آلودگی به اطراف پخش شود و موجب آلودگی نواحی اطراف و پایین دست شود. یکی از علت‌های آلودگی سفره آب‌زیرزمینی در شهر مشهد در بافت قدیمی و رسوبات ریزدانه بالا آمدگی سطح آب و وجود قنات قدیمی در سطح شهر می‌باشد که باعث انتقال آسان این آلاینده‌ها به بخشهای عمیق‌تر سفره می‌گردد.

شهر مشهد در گذشته دارای قناتهای زیادی بوده است. بدلیل خشک سالیهای متوالی و همچنین گسترش شهر و حفر چاههای عمیق جهت تأمین آب، قناتها خشک و بایر شده‌اند. در محدوده‌ای به شعاع ۱۰ کیلومتر از حرم مطهر حدود ۷۸ رشته قنات وجود داشته است که در حال حاضر بیشتر این قنات خشک شده‌اند. قناتهای شهر مشهد بیشتر در شمال غرب و شمال مشهد گسترش داشته و اکثر مادرچاهها در شمال غرب که از رسوبات آبرفتی دانه‌درشت تشکیل سد وجود دارد. تعدادی قنات نیز در سمت شرق و شمال شرقی مشهد وجود داشته ولی تعداد و تراکم آنها به اندازه رشته قناتهای شمال -

غرب نمی‌باشد. عمق متوسط اغلب مادرچاهها ۷۰-۵۰ متر می‌باشد و طول رشته‌قناتها از ۲۰۰۰ تا حدود ۱۲۰۰۰ متر متغیر است. مظهر بیشتر این قناتها در محدوده مرکز شهر قرار دارد که در این مناطق خاک عمدتاً ریزدانه است.

بالا آمدن سطح آب ناشی از نشت فاضلاب شهری علاوه بر کاهش مقاومت زمین که بر اثر فروریختن سقف قناتها می‌شود باعث انتقال آسان آلودگی آب به بخشهای دیگر شهر از طریق کانالهای آن می‌شوند و یکی از دلایل آلودگی بافت قدیم شهر وجود همین قناتها می‌باشد.



فصل پنجم

ارزیابی توسعه شهری

بر کیفیت

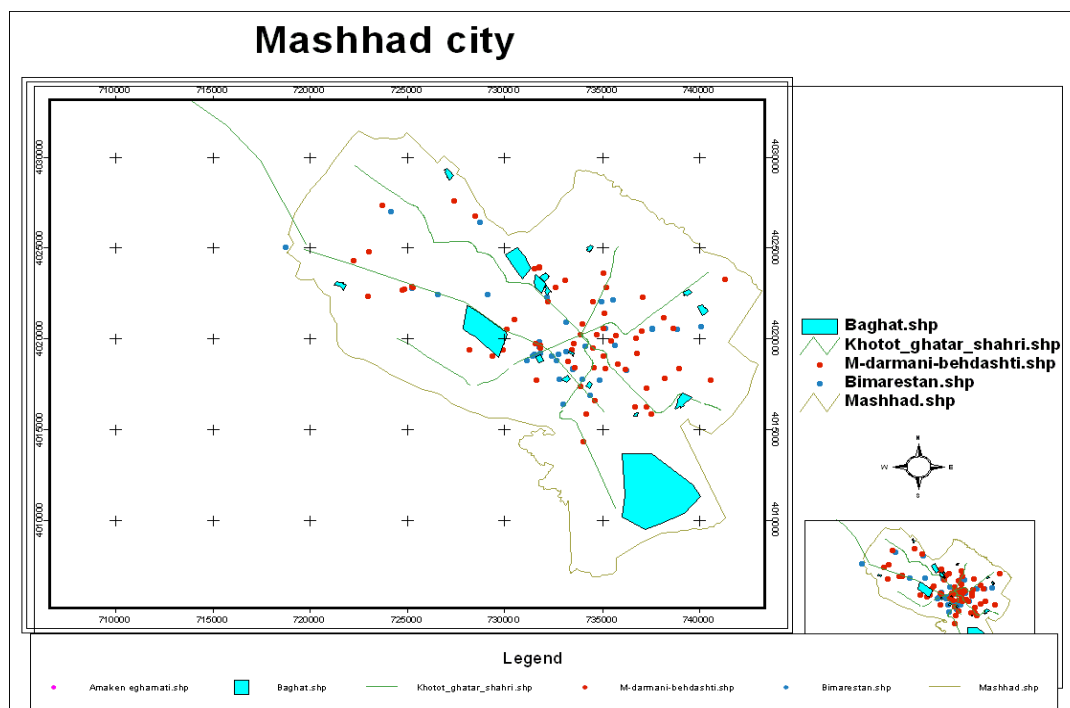
آب زیر زمینی شهر مشهد

۵-۱- مقدمه

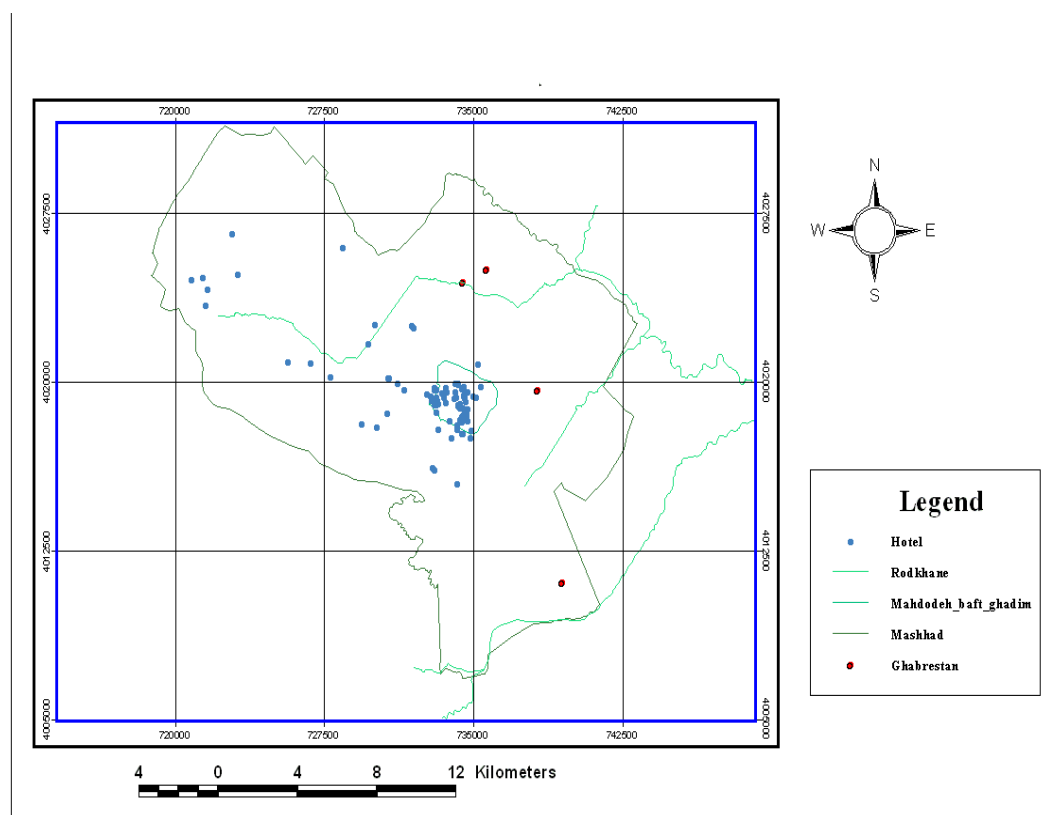
جهت ارزیابی اثرات شهرسازی بر آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد خصوصیات شیمیایی نمونه-های آب در نقاط مختلف شهر و در بالادست مقایسه شده است. ارزیابی کیفی آب زیرزمینی در سطح شهر مشهد بر اساس نتایج ۴۶ نمونه آب که از چاههای داخل شهر مشهد نمونه برداری شده صورت گرفته است. از این نمونه ها ۲۴ مورد مربوط به بهمن ماه ۱۳۸۴ و ۲۲ نمونه مربوط به تیر ماه ۱۳۸۶ می باشد. نمونه برداری از چاههای داخل شهر که نزدیک مراکز مسکونی با تراکم جمعیت بالا یا در نزدیکی مراکز صنعتی و بیمارستانها اخذ شده اند. در این بررسی نمونه برداری از چاههای آب آشامیدنی میسر نشد لذا نمونه برداری از چاههای خصوصی و چاههای واقع در پارکها انجام شده است. با توجه به اینکه مراکز صنعتی تأثیر مهمی در آلودگی آب سفره های زیرزمینی دارند، سعی شده که از چاههای نزدیک مراکز صنعتی و نقاط پرجمعیت نیز نمونه برداری شود. با پیاده کردن نقاط نمونه برداری بر روی نقشه بافت خاک و نقشه توسعه شهری به بررسی نقاط آلوده شهر و زمان شروع آلودگی پرداخته شده است. در این مطالعه از چاههای با آلودگی بیشتر آزمایشهای میکروبی نیز گرفته شده است. آلودگی میکروبی در چاههایی مورد بررسی قرار گرفته که نتایج آزمایشات شیمیایی وجود آلودگی را اثبات کرده است و میزان نیترات بالا باشد. با استفاده از نرم افزار **Surfer** منحنی های هم هدایت الکتریکی، هم سختی، هم سولفات، هم نیترات و هم کلراید برای دو دوره زمانی مختلف نمونه گیری ترسیم شده و نقاط آلوده شهر مشخص گردیده است. همچنین تیپ آب برای تمامی نمونه ها ترسیم شده و تغییرات تیپ آب بررسی گردیده است.

۵-۲- منابع آلاینده شهری در شهر مشهد

در نواحی شهری فاقد سیستم فاضلاب مرکزی شهری وجود مراکز مسکونی با جمعیت بالا و مراکز بهداشتی از اهمیت بالایی در آلودگی سفره آب زیرزمینی، برخوردار هستند. شهر مشهد به عنوان یک شهر زیارتی هر ساله میلیونها زائر را در خود جای می دهد، از این جهت وجود هتلها یکی از مکانهای مهم در آلودگی سفره آب زیرزمینی محسوب می گردند. وجود قبرستانهای قدیمی نیز در آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد نقش مهمی دارند. در شکل ۵-۱ و ۵-۲ موقعیت این مراکز با استفاده از نرم افزار **Arcviwe GIS 3.2a** ترسیم گردیده است. وجود این اماکن بر روی بافت درشت دانه خاک باعث نشت آسان فاضلاب به سفره آب زیرزمینی می گردد. وجود گسل مشهد در شمال شرقی شهر مشهد باعث کاهش ضخامت سفره آب زیرزمینی در این قسمت و همچنین باعث کاهش سرعت آب زیرزمینی و تغییر جهت آب در سفره آب زیرزمینی زیر شهر مشهد گردیده است، که یکی از مهمترین عوامل در آلودگی این سفره به حساب می آید.



۵-۱- موقعیت بیمارستانها و مراکز درمانی در شهر مشهد



۵-۲- موقعیت قبرستانها و هتلها در شهر مشهد

۵-۳- نمونه برداری و انجام آزمایشات

جهت بررسی کیفی سفره آب مشهد در دو محدوده زمانی (بهمن ماه ۱۳۸۴ و تیر ماه ۱۳۸۶) از چاههای فضا سبز سطح شهر مشهد نمونه برداری شده و چاههای نمونه برداری طوری انتخاب شده اند که در نزدیکی اماکن پرجمعیت، بیمارستانها و مراکز صنعتی قرار گرفته باشند. نمونه های برداشت شده در آزمایشگاه شرکت آب و منطقه ای خراسان رضوی مورد تجزیه و آنالیز قرار گرفته است. نیترات، کلسیم، منیزیم، کلر، کربنات و بی کربنات با استفاده از روش تیتراسیون اندازه گیری شدند. همچنین هدایت الکتریکی نمونه ها توسط دستگاه هدایت سنج مدل ۲۲۶ متر - اهم و میزان pH آب چاهها توسط دستگاه ۲۲۰ متر - اهم اندازه گیری گردیده است. برای نتیجه گیری دقیق تر آزمایشات میکروبی از بعضی چاههای آلوده در آزمایشگاه خصوصی خراسان انجام شده است.



شکل ۵-۳- اندازه گیری pH و EC با دستگاه مدل ۲۲۰ متر - اهم و دستگاه هدایت سنج مدل ۲۲۶ متر - اهم



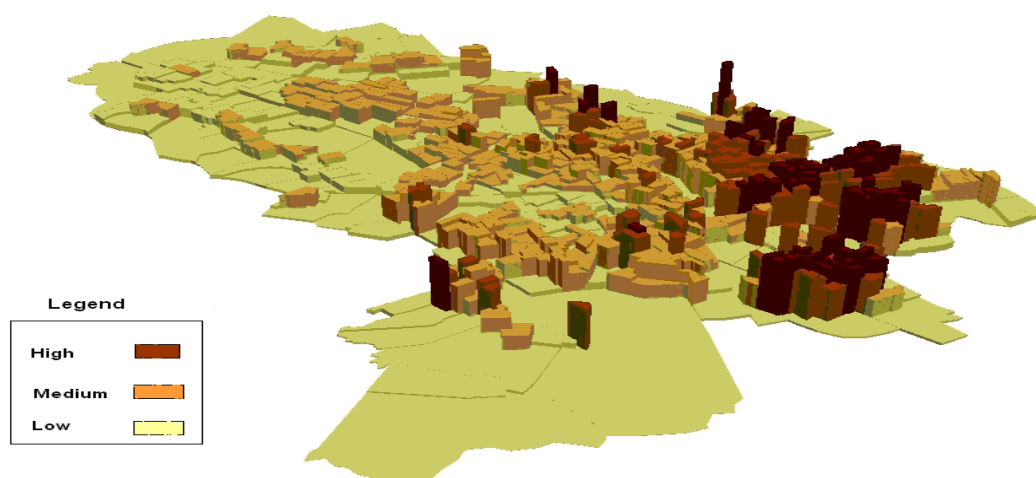
شکل ۵-۴- نمونه برداری از چاههای سطح شهر مشهد



شکل ۵-۵- اندازه‌گیری میزان آلاینده‌ها با استفاده از روش تیتراسیون



شکل ۵-۶- اندازه‌گیری میزان آلاینده‌ها با استفاده از روش تیتراسیون



شکل ۵-۷- تراکم جمعیت شهر مشهد

۵-۴- بررسی کیفی آب زیرزمینی شهر مشهد

در جدول ۵-۳ کیفیت شیمیایی ۲۴ نمونه آب از چاههای سطح شهر مشهد در بهمن‌ماه ۱۳۸۴ نشان داده شده است. علاوه بر نیترات پارامترهای سولفات، کلراید، بیکربنات، فسفات و کاتیونهای آب اندازه‌گیری شده است. در جدول ۵-۱ حداکثر مجاز ترکیبات مختلف در آب آشامیدنی آمده است.

جدول ۵-۱- مواد شیمیایی کانی موجود در آب آشامیدنی (استاندارد شماره ۱۰۵۳ ایران، ۱۳۷۶)^۱

نوع ترکیب	کل مواد جامد محلول TDS	سختی کل CaCO_3	کلرور Cl	سولفات SO_4	نیترات NO_3	نیتريت NO_2	کلسیم Ca	منیزیم Mg	آمونیاک NH_3	سدیم Na
حداکثر مجاز ^۲ (mg/l)	۱۵۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۵۰	۲	۲۵۰	۵۰	۱/۵	۲۰۰

جدول ۵-۲- چاههای نمونه‌برداری شده و موقعیت آنها در تیرماه ۱۳۸۶

شماره چاه	موقعیت و محل چاه	نوع منطقه	نوع مصرف
۱	دانشگاه فردوسی (چاه زارع)	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۲	دانشگاه فردوسی (چاه پردیس)	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۳	شانزده متری Z	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۴	فنی حرفه‌ای	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۵	ترمینال مشهد	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۶	بیمارستان امدادی	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۷	بیمارستان قائم	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۸	پارک بوستان بهشت	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۹	کوهسنگی	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۰	باغ نادری	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۱	کشتارگاه	کشاورزی - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۲	پارک مطهری	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۳	میدان پنجره	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۴	شرکت فردنوش شرق	صنعتی	آبیاری فضا سبز
۱۵	منطقه کشاورزی مهرمادر (زرکی)	کشاورزی	کشاورزی
۱۶	میدان امام حسین	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۷	پارک بسیج	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۸	پارک رستگار مقدم	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۱۹	پارک ملت کشاورزی	شهری - فضا سبز	آبیاری فضا سبز
۲۰	میدان ۱۵ خرداد	شهری	آشامیدنی
۲۱	آب منطقه‌ای شبکه آب شهری	شهری	آشامیدنی
۲۲	ششصد دستگاه شبکه آب شهری	شهری	آشامیدنی

۱ - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، استاندارد شماره ۱۰۵۳ ایران، چاپ پنجم، تجدید نظر چهارم، تیر ماه ۱۳۷۶

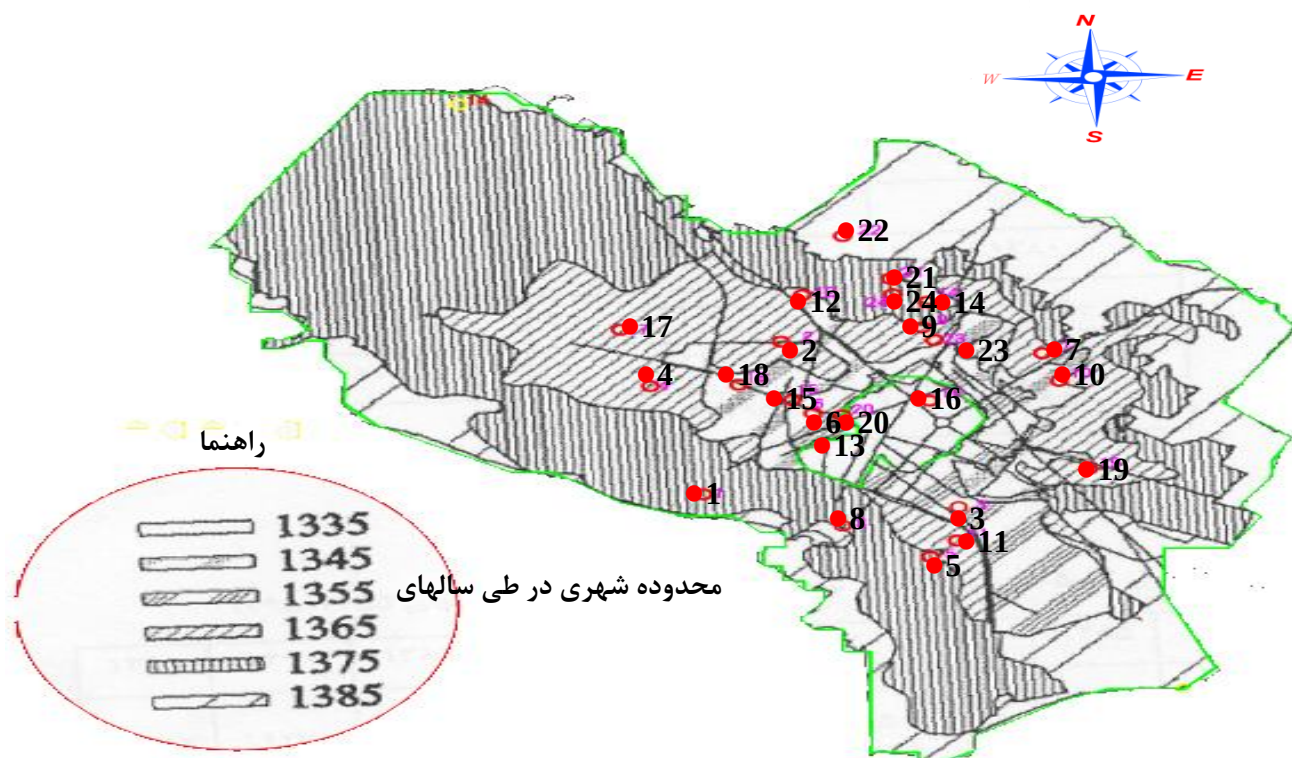
۲ - حداکثر مجاز عبارتست از حدی که اگر اکثر غلظت مواد موجود در آب از آن حد بیشتر گردد آب مزبور برای آشامیدن مناسب نبوده و مصرف آن در دراز مدت اثرات زیان‌بخشی بر سلامت مصرف‌کننده خواهد گذاشت.

جدول ۵-۳- نتایج آنالیز شیمیایی آب چاههای سطح شهر مشهد در بهمن، ماه ۸۴ (واحدها میلی گرم در لیتر)

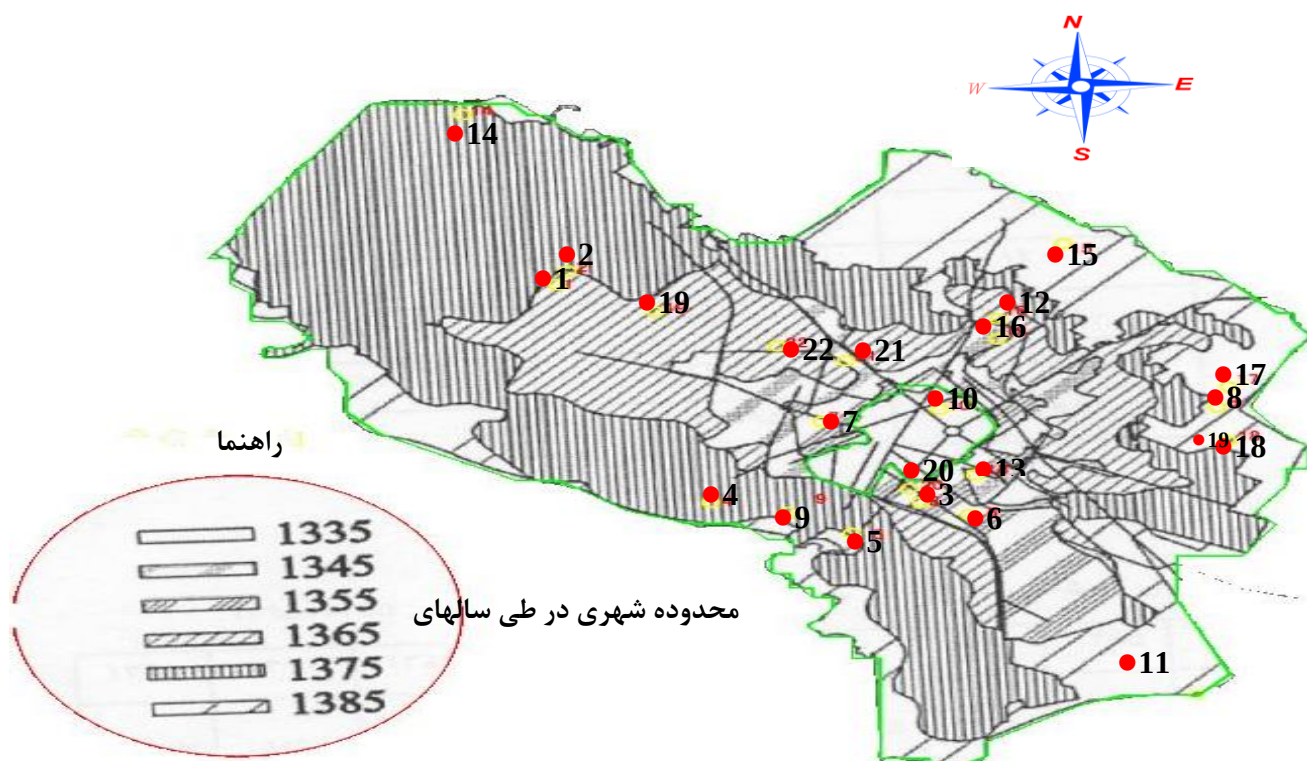
شماره چاه	محل نمونه	هدایت الکتریکی (µS/cm)	مجموع مواد جامد محلول (TDS)	نسبت جذب سدیوم (SAR)	سختی کل بر حسب (CaCO ₃)	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	K ⁺	CO ₃ ⁻
۱	آموزش فنی حرفه‌ای	۴۳۵۰	۲۷۴۱	۴/۲	۱۳۷۵	۷/۹	۲۰۱	۳۱۶	۱۵۲۶	۲۹۰	۱۵۶	۲۵۶	۲۰۲	۰/۲۲	۳۱	•
۲	شرکت گاز هجرت	۱۶۰۵	۱۰۱۱	۲/۶	۵۲۰	۷/۳	۲۵۳	۱۶۳	۲۸۸	۱۵۲	۳۴	۱۳۶	۱۶۱	۰/۷۵	•	•
۳	بیمارستان کامیاب	۱۷۳۶	۱۱۰۶	۲/۷	۵۷۵	۸	۳۶۰	۱۳۷	۴۰۸	۸۴	۸۷	۱۴۷	۱۶۰	۰/۵۷	•	•
۴	استخر راد	۲۲۰۰	۱۳۸۶	۲/۳	۷۰۰	۷/۷	۱۶۴	۴۶	۶۱۴	۱۵۸	۷۳	۲۱۱	۱۵۲	۰/۳۸	•	•
۵	مجمع وزارت نیرو	۵۷۹۰	۳۶۴۸	۲/۹	۲۱۷۵	۸	۳۲۵	۴۹۰	۱۸۸۶	۵۹۰	۱۶۸	۳۱۰	۱۳۸	۰/۴۱	۵۴	•
۶	بیمارستان قائم	۱۶۰۲	۱۰۰۹	۲/۸	۵۰۰	۷/۷	۴۲۷	۱۲۷	۲۷۸	۱۰۰	۶۰	۱۴۵	۱۲۱	۱/۵۴	•	•
۷	خیر آباد	۱۹۶۰	۱۲۳۵	۳/۱	۶۱۰	۷	۵۸۵	۲۰۳	۲۲۵	۱۶۰	۵۰	۱۷۷	۱۰۹	۱/۲۷	•	•
۸	ترمینال مسافری	۲۶۳۰	۱۶۵۷	۴	۷۷۵	۸/۲	۱۵۸	۲۶۶	۷۹۶	۱۶۶	۸۶	۲۵۵	۱۰۹	۰/۶۷	•	•
۹	مطهری شمالی	۱۷۲۷	۱۰۸۸	۳/۱	۵۲۰	۷/۱	۴۶۳	۱۸۸	۲۲۱	۱۶۲	۷۸	۱۶۱	۹۹	۱/۰۳	•	•
۱۰	بیمارستان هاشمی نژاد	۳۲۰۰	۲۰۱۶	۴/۴	۹۵۰	۷/۹	۲۵۶	۳۸۷	۸۴۵	۲۲۰	۹۶	۳۱۰	۷۸	۰/۵۲	•	•
۱۱	شهر داری منطقه کلبه	۱۹۸۰	۱۲۴۷	۲/۹	۶۴۵	۷/۸	۵۳۶	۲۸۰	۱۷۲	۱۵۰	۶۵	۱۶۸	۷۰	۰/۱۸	•	•
۱۲	دانشکده یوعلی شفا	۱۰۸۳	۶۸۲	۲/۴	۳۲۵	۷/۳	۳۲۵	۸۸	۱۴۴	۹۴	۲۲	۱۰۱	۶۸	۱/۷۷	•	•
۱۳	مزرعه آستان قدس	۱۳۵۵	۸۵۴	۱/۹	۴۷۰	۷/۳	۲۹۹	۱۲۴	۲۵۴	۱۰۸	۴۸	۹۷	۶۵	۰/۱۸	•	•
۱۴	شهرک امام	۱۱۴۰	۷۱۸	۱/۸	۴۰۰	۷/۵	۲۶۲	۱۳۱	۱۷۷	۱۱۰	۳۰	۸۳	۵۱	۱/۰۹	•	•
۱۵	سرم سازی رازی	۱۱۷۹	۷۴۳	۲/۳	۳۷۵	۷/۵	۳۱۷	۱۵۶	۱۰۱	۱۰۶	۲۶	۱۰۱	۴۵	۲/۷۲	•	•
۱۶	باغ نادری	۱۶۷۲	۱۰۵۳	۲/۷	۵۳۰	۷	۶۵۸	۱۸۱	۱۴۳	۱۱۸	۵۶	۱۴۵	۴۱	۲/۰۶	•	•
۱۷	بانگه برق منطقه‌ای	۶۲۷	۳۹۵	۰/۹	۲۵۰	۸/۳	۲۰۷	۵۳	۷۲	۶۰	۲۴	۲۴	۴۱	۰/۳	•	•
۱۸	نیتریزشکی فلسطین	۱۰۲۷	۶۴۷	۳	۲۷۵	۷/۵	۳۵۴	۶۴	۱۳۹	۵۸	۳۱	۱۱۳	۳۹	۰/۸۹	•	•
۱۹	نیروگاه مشهد	۱۲۱۶	۷۶۶	۵	۲۳۵	۸/۲	۳۴۷	۱۲۴	۱۵۸	۴۰	۳۲	۱۷۷	۳۴	۰/۸۹	•	•
۲۰	بیمارستان امام رضا	۸۶۲	۵۴۳	۱/۳	۳۳۵	۷/۱	۲۳۵	۶۴	۷۷	۸۰	۳۰	۵۳	۳۴	۱/۰۲	•	•
۲۱	ابوطالب ۳	۶۸۶	۴۳۲	۱/۸	۲۱۵	۷/۹	۲۳۱	۵۷	۷۷	۵۴	۱۹	۶۰	۲۶	۱/۰۸	•	•
۲۲	میدان بازسیاد	۵۷۸	۳۶۴	۲/۲	۱۶۵	۸/۱	۲۱۳	۴۶	۶۷	۴۲	۱۴	۶۴	۲۴	۰/۴۲	•	•
۲۳	درمانگاه جعفی	۱۹۶۰	۱۲۳۵	۳/۱	۶۱۰	۷	۴۲۰	۱۴۲	۱۴۹	۱۲۸	۱۴	۱۴۵	۲۲	۰/۷۲	•	•
۲۴	ابوطالب ۵	۷۰۸	۴۴۶	۲/۱	۲۱۰	۷/۷	۲۵۰	۵۷	۸۲	۵۸	۱۶	۷۱	۲۰	۰/۹۸	•	•

جدول ۵-۴- نتایج آنالیز شیمیایی چاههای سطح شهر مشهد در تیرماه ۸۶
(واحد ها میلی گرم در لیتر)

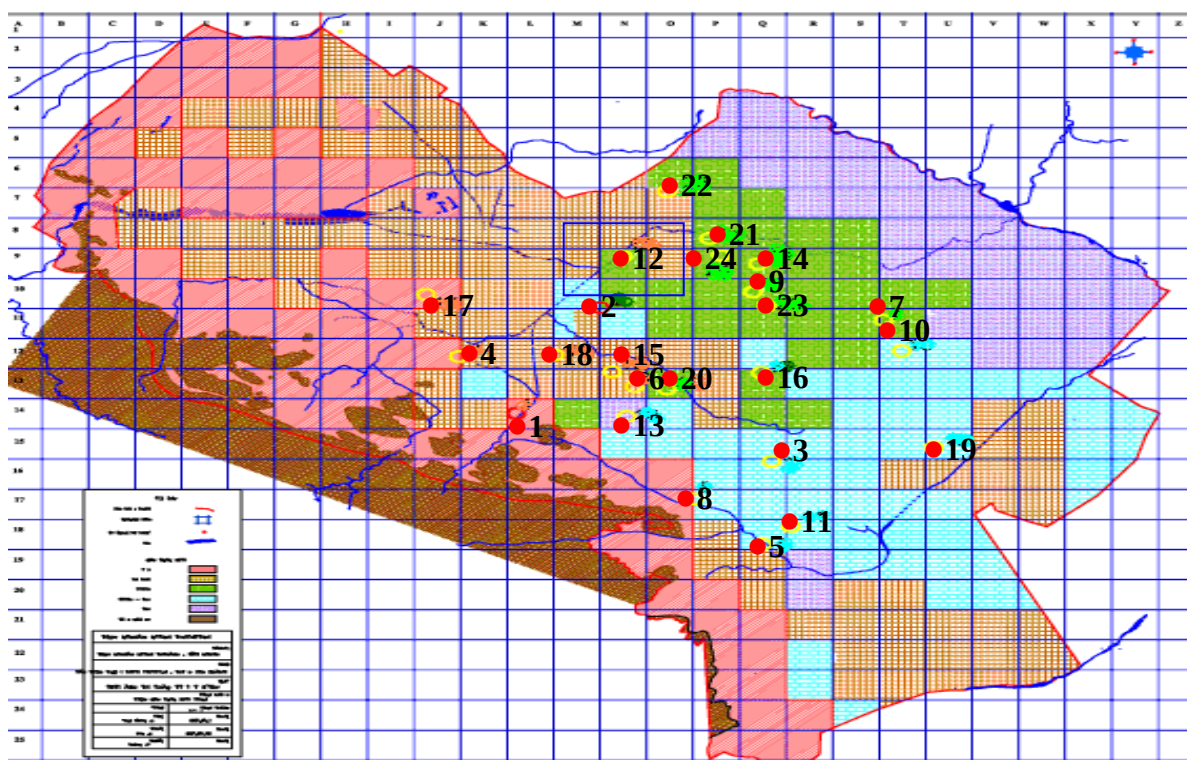
محدوده نمونه	هدایت الکتریکی (µS/cm)	مجموعه مواد جامد محلول (TDS)	نسبت جذب سدیم (SAR)	سختی کل بر حسب (CaCO ₃)	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄
۱	۳۰۱۰	۱۸۹۶	۴/۱۶	۹۰۵	۷/۶۰	۱۳۴	۲۰۹	۱۰۸۹	۲۲۸	۸۰	۲۸۷	۱۱۶	۰/۱۶	۲	۱/۲۱
۲	۱۹۶۷	۱۲۳۹	۳/۶۸	۵۶۰	۸/۱۰	۱۴۰	۱۵۶	۶۳۸	۱۴۶	۴۷	۲۰۰	۱۱۰	۰/۹۹	۳	۰/۴۷
۳	۲۳۹۰	۱۵۰۶	۶/۸۹	۴۸۰	۸	۱۱۶	۲۱۶	۷۹۷	۸۰	۶۷	۱۷۰	۱۵۳	۰/۴۸	-	۰/۳۵
۴	۳۹۹۰	۲۵۱۴	۷/۳۷	۹۱۵	۷/۹۰	۹۸	۲۷۰	۱۵۱۷	۱۷۰	۱۱۸	۵۰۶	۱۴۶	۰/۲۶	-	۱/۰۳
۵	۳۰۹۰	۱۹۴۷	۴/۷۰	۸۷۵	۷/۹۰	۲۰۷	۳۲۷	۹۰۷	۱۷۰	۱۰۸	۳۲۰	۱۲۱	۰/۱۶	۱	۱/۵۸
۶	۳۰۰۰	۱۳۶۰	۳/۵۹	۶۰۰	۷	۵۰۶	۱۳۸	۴۲۲	۱۲۴	۷۰	۲۰۲	۹۰	۰/۳۵	۱	۱/۵۱
۷	۱۶۰۱	۱۰۰۹	۳/۶۷	۴۴۰	۷/۱۰	۴۸۲	۱۲۱	۲۵۴	۱۱۴	۳۷	۱۷۷	۸۹	۰/۳۶	۲	۰/۸۳
۸	۱۸۲۹	۱۱۵۲	۲/۴۲	۶۳۵	۶/۸۰	۵۰۶	۱۸۵	۲۶۴	۱۰۴	۹۰	۱۴۰	۸۰	۱/۱۱	۱	۱/۶۳
۹	۱۷۱۳	۱۰۷۹	۵/۵۳	۳۶۰	۸/۳۰	۱۸۹	۱۲۴	۵۳۳	۴۰	۶۲	۲۴۱	۷۸	۰/۱۶	۵	۰/۸۶
۱۰	۱۳۲۵	۸۳۵	۵/۱۶	۲۶۵	۸/۲۰	۱۷۱	۱۸۱	۲۸۳	۳۲	۴۴	۱۹۳	۷۵	۰/۴۳	-	۰/۱۴
۱۱	۱۱۵۴	۷۲۷	۱/۹۰	۴۰۰	۷	۲۶۲	۳۵۵	۵۷۱	۶۴	۲۸	۴۵۳	۷۰	۰/۲۱	۱	۰/۰۶
۱۲	۱۰۴۳	۶۵۷	۳/۵۴	۲۶۰	۸/۱۰	۱۱۶	۱۳۸	۱۸۲	۱۱۴	۲۸	۸۷	۶۸	۰/۴۵	۴	۰/۱۹
۱۳	۴۲۸	۲۷۰	۰/۷۶	۱۷۵	۷	۱۸۹	۸۲	۲۲۶	۴۲	۳۷	۱۳۱	۶۳	۰/۱۹	-	۰/۱۲
۱۴	۲۱۰۰	۱۳۲۳	۳/۰۴	۶۷۵	۵/۴۰	۲۳۵	۱۸	۴۸	۵۰	۱۲	۲۳	۵۶	۰/۲۶	۶	۱/۶۴
۱۵	۱۰۱۵	۶۳۹/۴	۱/۳۵	۴۰۰	۷/۸	۱۶۵	۱۶۷	۵۴۲	۱۶۶	۶۲	۱۸۱	۳۹	۰/۲۷	۱	۰/۹۲
۱۶	۹۹۴	۶۲۶	۱/۹۷	۳۳۵	۷/۳۰	۲۲۰	۱۱۴	۲۳۵	۹۴	۴۰	۶۲	۳۷	۰/۳۳	۱	۰/۳۱
۱۷	۱۸۸۴	۱۱۸۷	۴/۶۴	۴۶۵	۷	۵۴۹	۱۴۲	۱۳۹	۵۴	۴۸	۸۳	۳۲	۰/۴۱	۳	۰/۴۱
۱۸	۵۶۵	۳۵۶	۲/۶۲	۱۴۰	۸/۱۰	۱۹۵	۱۸۱	۲۵۹	۱۰۰	۵۲	۲۳۰	۲۲	۰/۱۹	۱	۰/۱۴
۱۹	۹۲۱	۵۸۰	۲/۱۴	۳۰۰	۷/۸۰	۲۰۱	۳۲	۹۱	۳۸	۱۱	۷۱	۱۲	۰/۸۲	۱	۰/۱۷
۲۰	۶۶۵	۴۱۳	۱/۷۷	۲۱۵	۷/۶۰	۱۲۱	۶۰	۲۳۵	۶۶	۲۲	۸۵	۴۹	۰/۲۳	۱	۰/۲۱
۲۱	۷۷۳	۴۶۲	۲/۱۸	۲۱۵	۷/۶۰	۲۴۴	۴۶	۱۱۰	۳۴	۳۱	۶۰	۲۲	۰/۱۹	۱	۰/۱۴
۲۲	۲۵۱۰	۱۵۸۱	۱۱/۸۸	۲۷۵	۷/۶۰	۲۰۷	۵۰	۱۰۶	۵۲	۲۰	۷۴	۲۱	۰/۳۳	۱	۰/۱۰



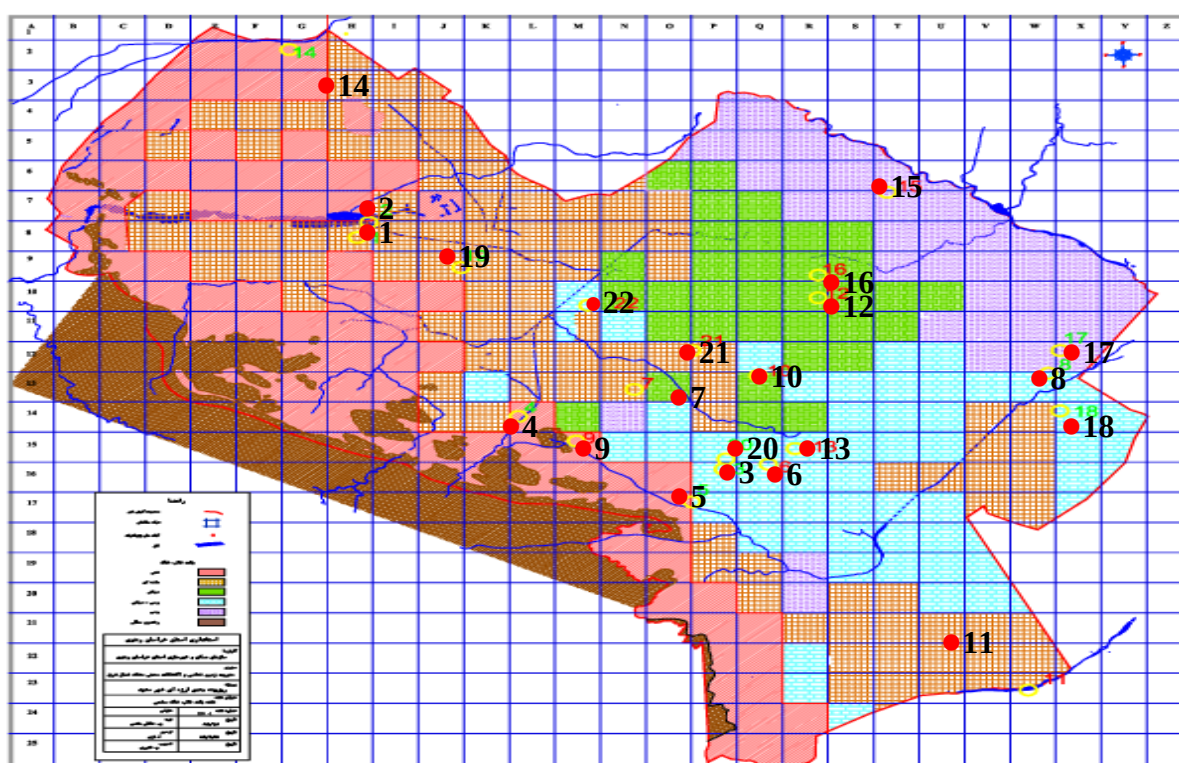
شکل ۵-۸- نقشه توسعه شهر و موقعیت چاههای نمونه برداری شده در شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۹- نقشه توسعه شهر و موقعیت چاههای نمونه برداری شده در شهر مشهد (تابستان ۱۳۸۶).



شکل ۵-۱۰- نقشه بافت خاک (حافظی مقدس، ۱۳۸۵) و موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده در شهر مشهد بهمن‌ماه ۱۳۸۴



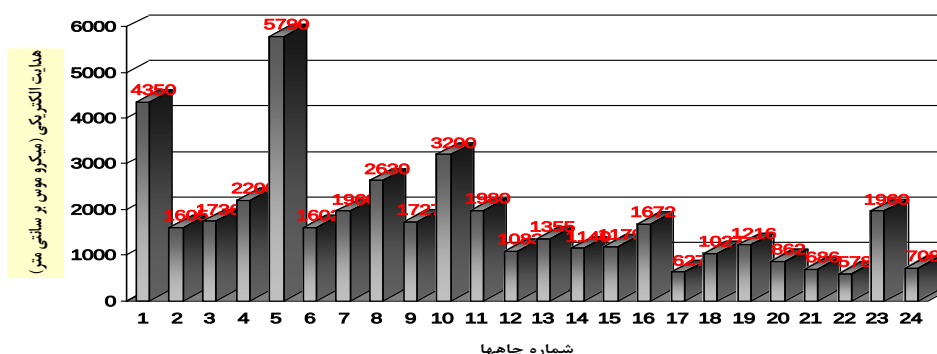
شکل ۵-۱۱- نقشه بافت خاک (حافظی مقدس، ۱۳۸۵) و موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده در شهر مشهد (تیرماه ۱۳۸۶).

با استفاده از نتایج آنالیز آب در بهمن ماه ۱۳۸۴ و تیرماه ۱۳۸۶ در شهر مشهد نمودارهای میزان هدایت الکتریکی، مجموع مواد جامد محلول، نسبت جذب سدیم، سختی آب، pH، بیکربنات، کلراید، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، نیتрат و فسفات را برای تمامی نمونه‌ها ترسیم شده است و با استفاده از این نمودارها نتایج آزمایشات شیمیایی مورد تفسیر قرار گرفته است.

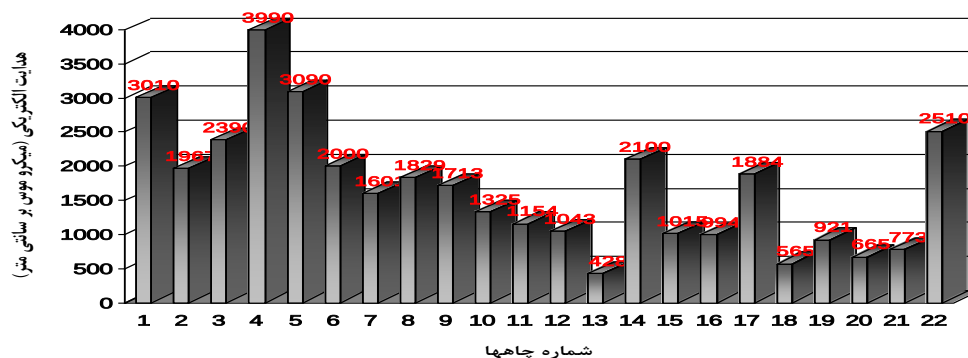
۵-۴-۱- بررسی میزان هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و سختی آب

بهمن ماه: بیشترین میزان هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و سختی آب در نمونه‌های شماره ۱، ۴، ۵، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۲۳ می‌باشد؛ کمترین میزان آنها در چاه شماره ۲۲ می‌باشد. میزان هدایت الکتریکی در محدوده ۵۷۸-۵۷۹۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر است. میزان مواد جامد محلول (TDS) در محدوده ۳۶۴-۳۶۴۸ و میزان سختی آب در محدوده ۱۶۵-۲۱۷۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد. اگر در این نمونه‌ها حداکثر مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی را مبنای مقایسه قرار دهیم، ۵۰ درصد نمونه‌ها دارای سختی بیش از حد استاندارد می‌باشند و ۱۷ درصد چاهها دارای مجموع مواد جامد محلول بیش از حد استاندارد می‌باشند. حداکثر مجاز در آب آشامیدنی ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

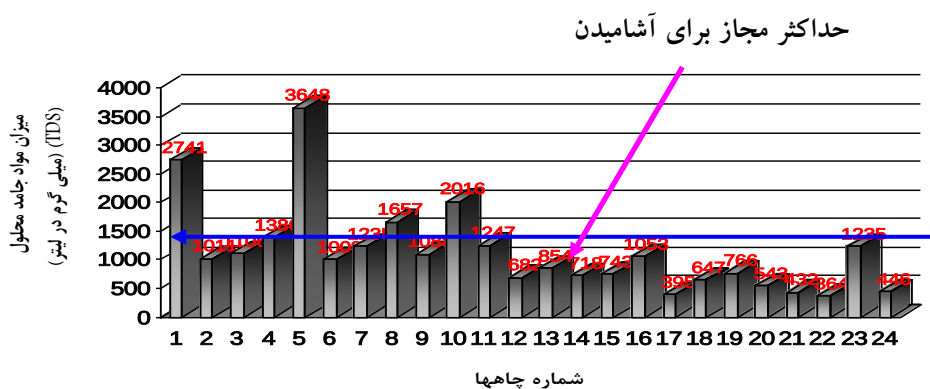
تیرماه: بیشترین میزان هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول در نمونه‌های شماره ۴، ۵ و ۱ می‌باشد. میزان هدایت الکتریکی در محدوده ۳۹۹۰-۴۲۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر است. میزان مواد جامد محلول (TDS) در محدوده ۲۵۱۴-۲۷۰ متغیر است. میزان سختی کل در نمونه‌های شماره ۴، ۱ و ۵ دارای بیشترین مقدار می‌باشند. میزان سختی آب در محدوده ۹۱۵-۱۴۰ متغیر می‌باشد. ۳۲ درصد نمونه‌ها دارای سختی بیش از حد استاندارد می‌باشند و ۲۳ درصد چاهها دارای مجموع مواد جامد محلول بیش از حد استاندارد می‌باشند.



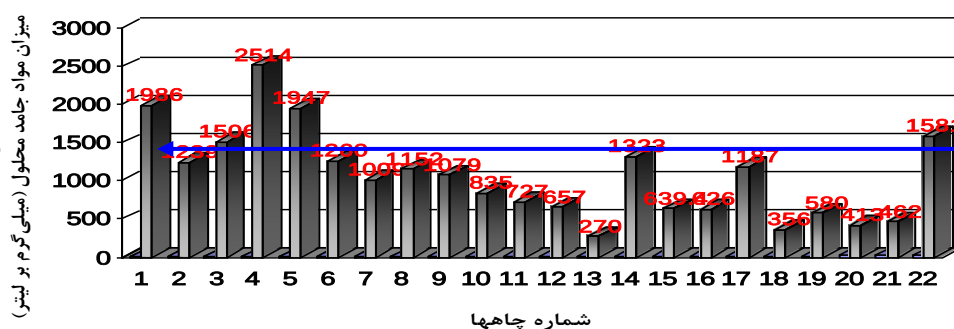
شکل ۵-۱۲- میزان هدایت الکتریکی در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



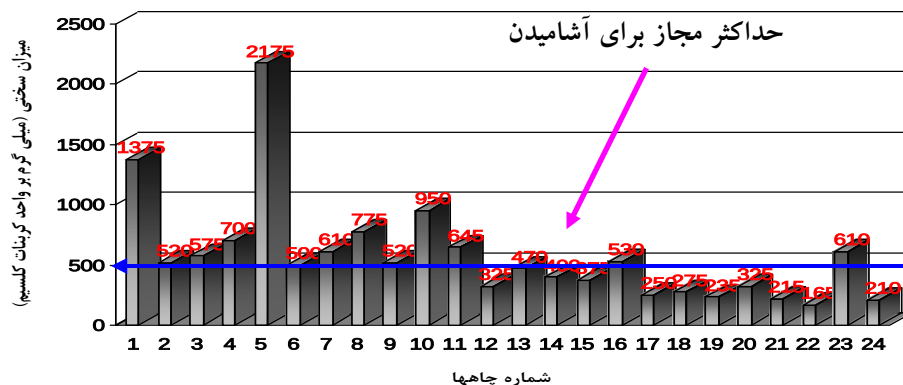
شکل ۵-۱۳- میزان هدایت الکتریکی در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)



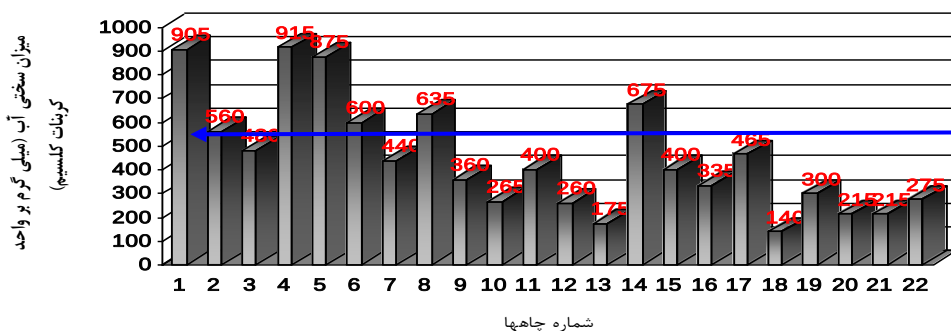
شکل ۵-۱۴- میزان مواد جامد محلول در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۱۵- میزان مواد جامد محلول در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)



شکل ۵-۱۶- میزان سختی آب در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۱۷- میزان سختی آب در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

به طور کلی میزان هدایت الکتریکی با افزایش آلودگی رابطه مستقیم دارد. چاههای شماره ۱ و ۵ در نمونه‌های بهمن‌ماه و چاههای شماره ۱ و ۵ در تیرماه دارای هدایت الکتریکی بالایی می‌باشند. چاه شماره ۱ بهمن‌ماه و چاه شماره ۴ تیرماه دارای موقعیت مشابهی می‌باشند. بالا بودن هدایت الکتریکی در این چاهها به خاطر وجود املاح گچی در منطقه رضا شهر و بافت درشت دانه (شنی) می‌باشد، که انتقال آلاینده‌ها را آسان می‌کند.

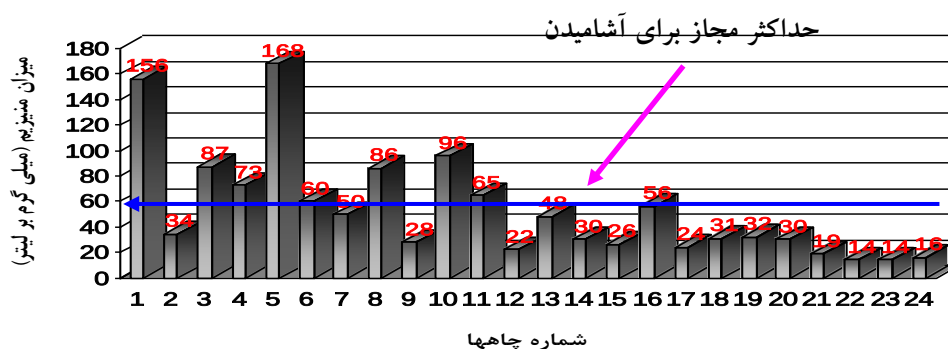
۵-۴-۲- بررسی میزان منیزیم و سدیم و کلسیم

بهمن‌ماه: میزان منیزیم در نمونه‌های شماره ۱، ۵، ۶، ۸ و ۱۰ دارای بالا ترین مقدار می‌باشد. میزان منیزیم در این نمونه‌ها در محدوده ۱۶۸-۱۴ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشند. همچنین میزان سدیم در نمونه‌های شماره ۱، ۴، ۵، ۸ و ۱۰ دارای بیشترین می‌باشد. میزان سدیم نمونه‌ها در محدوده ۳۵۶-۳۴ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد؛ میزان کلسیم در نمونه‌های شماره ۱، ۵، ۸ و ۱۰ دارای بیشترین

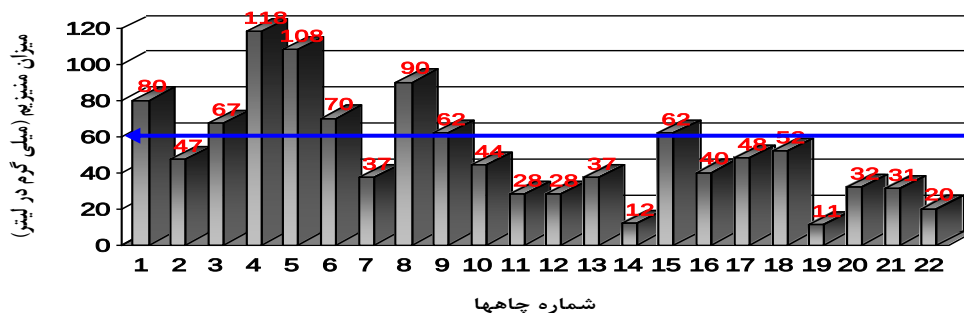
مقدار می‌باشند و میزان آن در محدوده ۴۰-۵۹۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشند. در این نمونه‌ها با توجه به حداکثر مجاز مواد شیمیایی ۲۱ درصد نمونه‌ها دارای سدیم بیش از حد استاندارد می‌باشند. همچنین ۸ درصد نمونه‌ها دارای کلسیم و ۳۷ درصد نمونه‌ها دارای منیزیم بیش از حد استاندارد می‌باشند.

تیرماه: میزان منیزیم بالا در نمونه‌های شماره ۴، ۵ و ۱ دارای بالاترین مقدار می‌باشد. میزان منیزیم در این نمونه‌ها در محدوده ۱۱-۱۱۸ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشند. همچنین میزان سدیم در نمونه‌های شماره ۴، ۱، ۵ و ۱۱ دارای بیشترین می‌باشد. میزان سدیم در این نمونه‌ها در محدوده ۲۳-۵۰۶ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد؛ میزان کلسیم در نمونه‌های شماره ۱، ۳، ۴ و ۱۵ دارای بیشترین مقدار می‌باشند و میزان آن در محدوده ۲۲۸-۳۴ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشند. در این نمونه‌ها با توجه به حداکثر مجاز مواد شیمیایی ۳۶ درصد نمونه‌ها دارای سدیم بیش از حد استاندارد می‌باشند. همچنین ۴۱ درصد نمونه‌ها دارای منیزیم بیش از حد استاندارد می‌باشند.

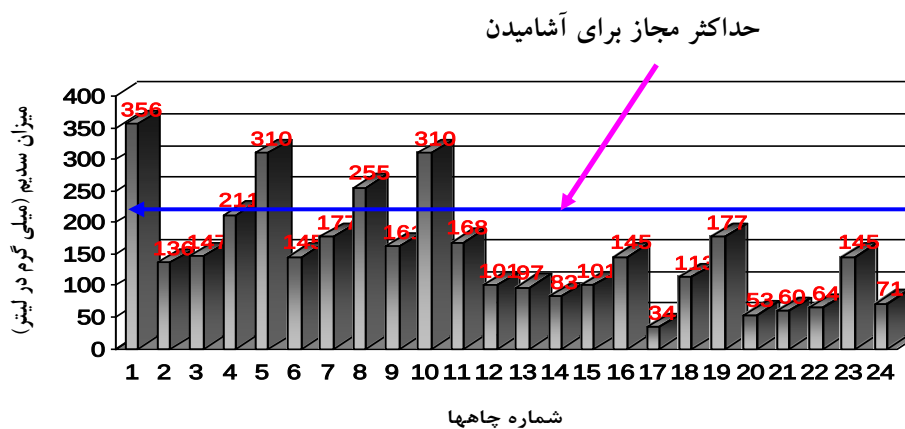
غلظت بالای منیزیم در چاههای شهر مشهد به نشت فاضلابی برمی‌گردد که در مواد شوینده به وفور یافت می‌شود. از آنجا که میزان پتاسیم در چاههای شهر مشهد بسیار ناچیز می‌باشد، غلظت بالای منیزیم را نمی‌توان با لیتولوژی نسبت داد زیرا منشأ اصلی منیزیم و پتاسیم در سنگهای آتشفشانی می‌باشد. در غرب مشهد سنگهای دگرگونی و در جنوب غربی سنگهای آذرین را داریم. میزان منیزیم در چاههای شماره ۱ و ۵ بهمن‌ماه و شماره ۱، ۴ و ۸ تیرماه بالا می‌باشد و از آنجا که بیشتر این چاهها بر روی بافت درشت‌دانه خاک قرار گرفته‌اند، مهمترین منشأ آن فاضلابهای خانگی می‌باشد.



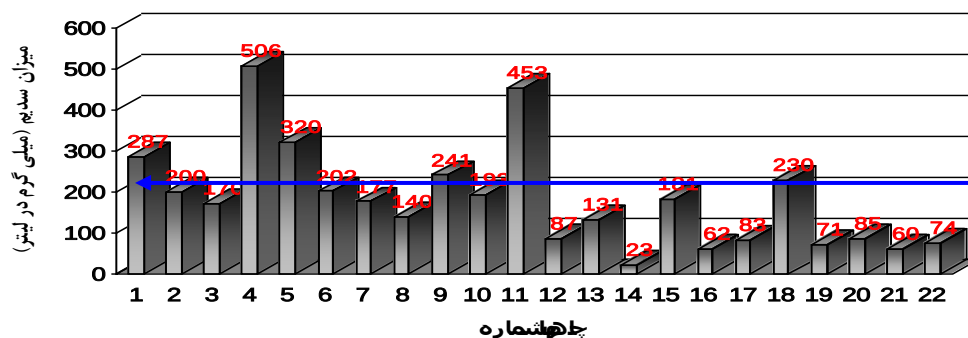
شکل ۵-۱۸- میزان منیزیم در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



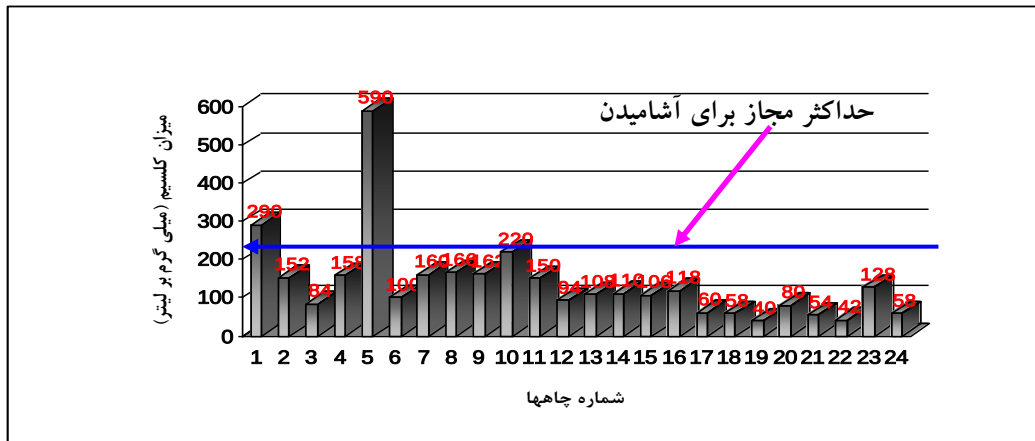
شکل ۵-۱۹- میزان منیزیم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)



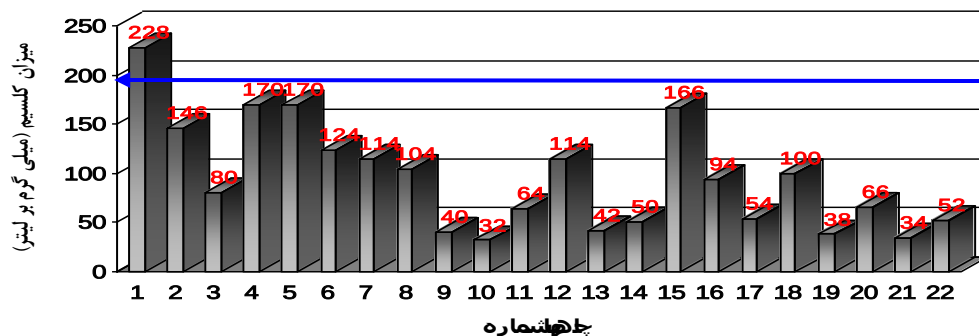
شکل ۵-۲۰- میزان سدیم در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۲۱- میزان سدیم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)



شکل ۵-۲۲- میزان کلسیم در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



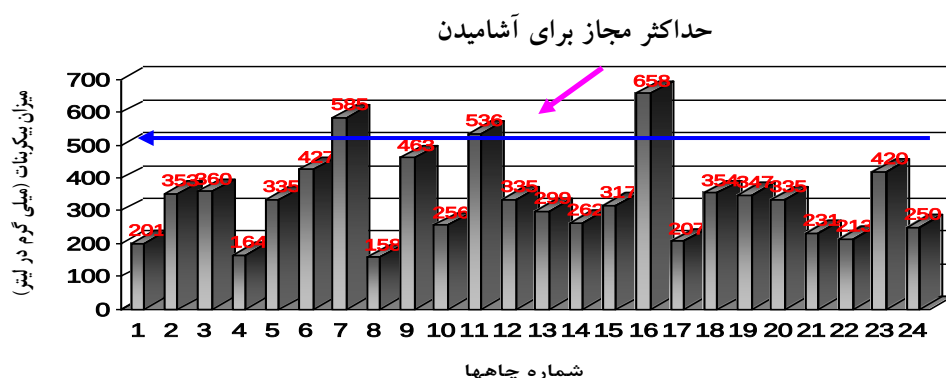
شکل ۵-۲۳- میزان کلسیم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

۵-۴-۳- بررسی میزان بیکربنات

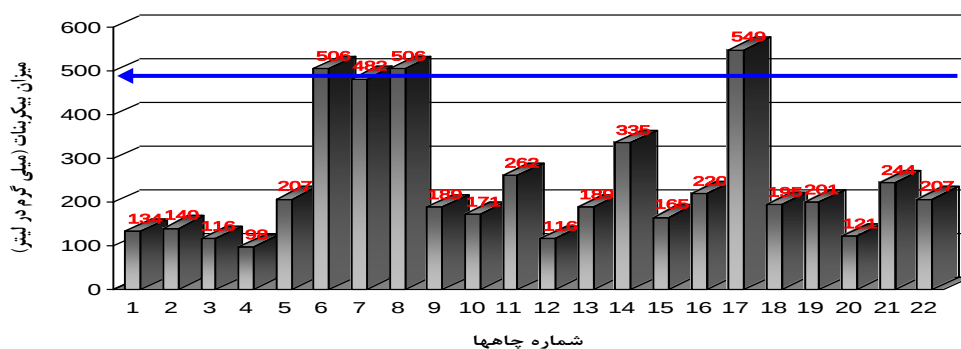
بهمن ماه: بیشترین میزان بیکربنات در نمونه‌های شماره ۷, ۹, ۱۱, ۱۶ و ۲۳ می‌باشد. میزان بیکربنات در محدوده ۶۵۸-۱۶۴ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد.

تیر ماه: بیشترین میزان بیکربنات در نمونه‌های شماره ۶, ۸, ۱۷ و ۱۴ می‌باشد. میزان بیکربنات در محدوده ۵۴۹-۹۸ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد.

میزان بالای بیکربنات در چاه شماره ۱۷ تیرماه به خاطر قبرستان قدیمی می‌باشد. به طور کلی آب زیرزمینی مشهد قلیایی بوده و میزان بیکربنات بالا می‌باشد.



شکل ۵-۲۴- میزان بیکربنات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



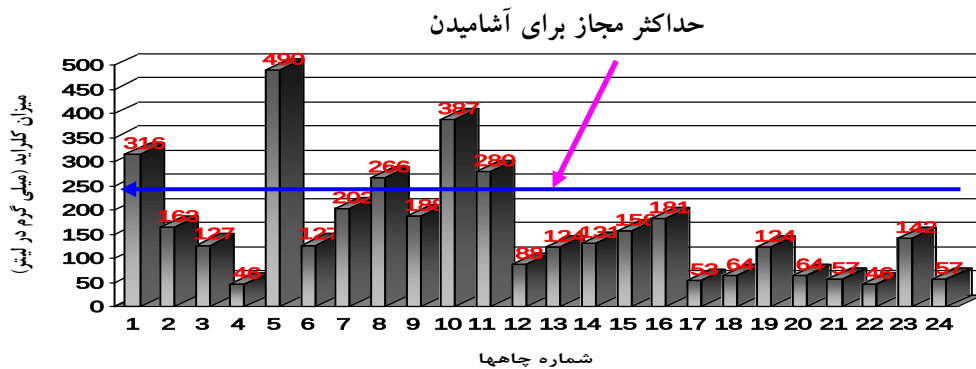
شکل ۵-۲۵- میزان بیکربنات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

۵-۴-۴- بررسی میزان کلراید و سولفات

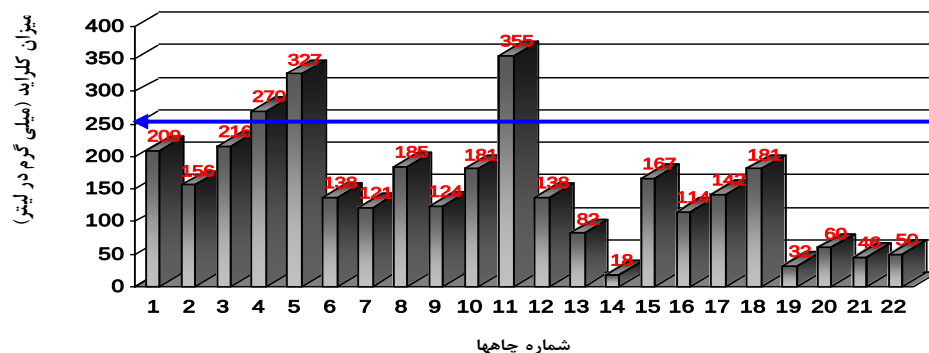
بهمن ماه: میزان کلراید در نمونه‌های شماره ۱، ۵، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۱ دارای بالاترین حد می‌باشد. محدوده تغییرات کلراید در محدوده ۴۸-۴۹۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد. سولفات در نمونه‌های شماره ۱، ۴، ۵، ۸ و ۱۰ دارای بیشترین میزان می‌باشد و میزان آن در محدوده ۱۸۸۶-۵۳ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد. با توجه به حداکثر مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی ۲۱ درصد نمونه‌ها در کلراید بیش از حد استاندارد می‌باشند همچنین ۲۵ درصد نمونه‌ها دارای سولفات بیش از حد استاندارد می‌باشند. حداکثر مجاز آن در آب آشامیدنی ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند.

تیر ماه: میزان کلراید در نمونه‌های شماره ۴، ۵ و ۱۱ دارای بالاترین ارزش می‌باشد. محدوده تغییرات کلراید در محدوده ۱۸-۳۵۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد. سولفات در نمونه‌های شماره ۴ و ۱ و ۵ دارای بیشترین میزان می‌باشد و میزان آن در محدوده ۱۵۱۷-۴۸ میلی‌گرم بر لیتر متغیر می‌باشد. با توجه به حداکثر مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی ۱۴ درصد نمونه‌ها دارای کلراید بیش از حد استاندارد و ۴۱ درصد نمونه‌ها دارای سولفات بیش از حد استاندارد می‌باشند. حداکثر مجاز سولفات

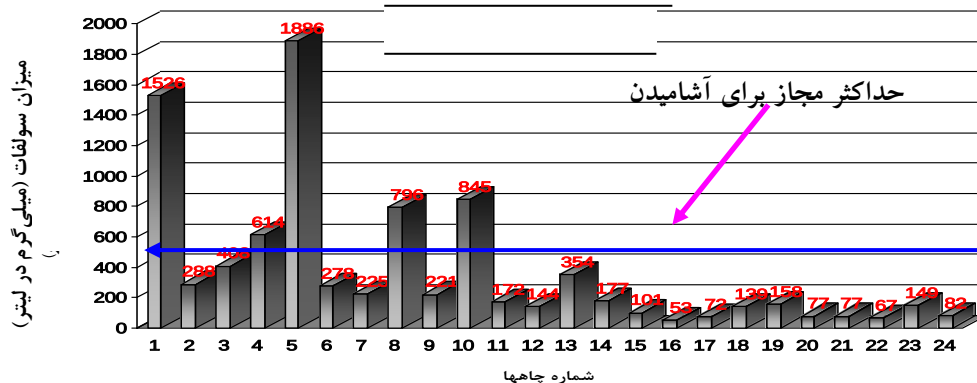
در آب آشامیدنی ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشند. میزان غلظت بالای کلراید و سولفات در چاههای شماره ۱ و ۵ بهمن ماه و شماره ۴ و ۵ تیرماه علاوه بر نشت فاضلابی به خاطر املاح گچی در منطقه رضا شهر می باشد.



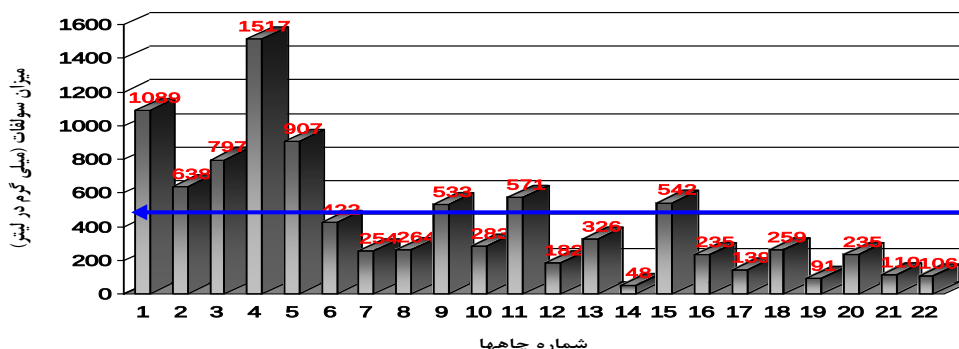
شکل ۵-۲۶- میزان کلراید در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۲۷- میزان کلراید در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)



شکل ۵-۲۸- میزان سولفات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)

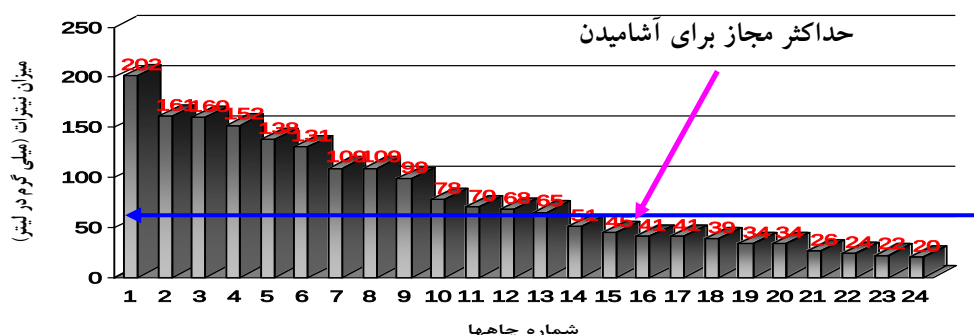


شکل ۵-۲۹- میزان سولفات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

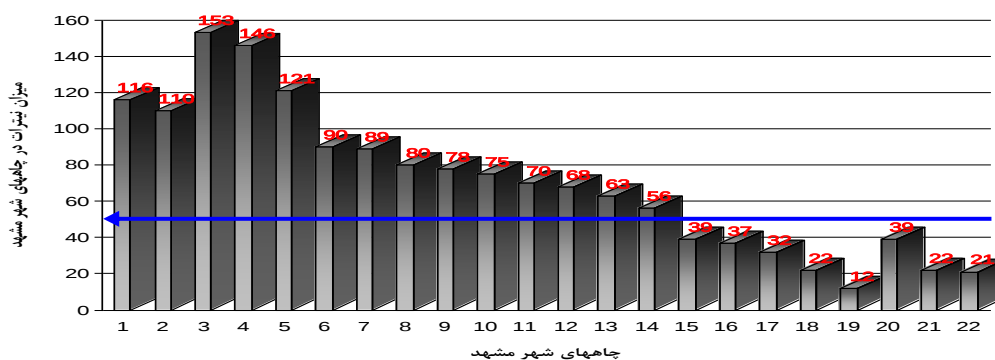
۵-۴-۵- بررسی میزان نیتрат و فسفات

بهمن ماه: میزان نیترات در نمونه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ بالا می‌باشد و میزان آن در محدوده ۲۰-۲۰۲ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد. میزان فسفات در نمونه‌های شماره ۶، ۷، ۱۲، ۱۵ و ۱۶ بالاترین میزان را دارد و میزان آن در سطح شهر در محدوده ۰/۲۲-۲/۷۲ متغیر می‌باشد. حد مجاز میزان فسفر در آب آشامیدنی ۰/۲ میلی گرم در لیتر می‌باشد و در اکثر چاهها میزان فسفات بسیار بالا می‌باشد. با توجه به حد اکثر مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی ۵۸ درصد این نمونه‌ها دارای نیترات بیش از حد استاندارد می‌باشند.

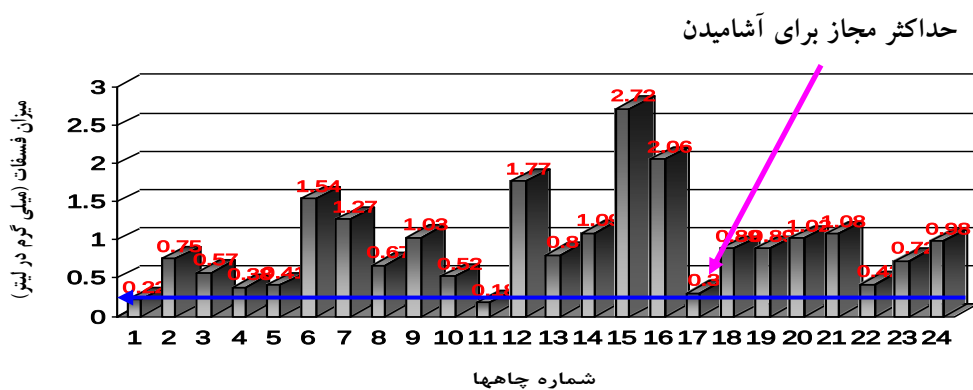
تیر ماه: میزان نیترات در نمونه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ بیشترین مقدار را دارا می‌باشد و میزان آن در محدوده ۱۲-۱۵۳ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد. میزان فسفات در نمونه‌های شماره ۸ و ۲ و ۱۹ دارای بالاترین مقدار می‌باشد و میزان آن در محدوده ۰/۱۱-۰/۱۶ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد. میزان فسفر در آب آشامیدنی ۰/۲ میلی گرم در لیتر می‌باشد و در اکثر چاهها میزان فسفات بسیار بالا می‌باشد. با توجه به حد اکثر مجاز مواد شیمیایی در آب آشامیدنی ۶۳ درصد این نمونه‌ها دارای نیترات بیش از حد استاندارد می‌باشند.



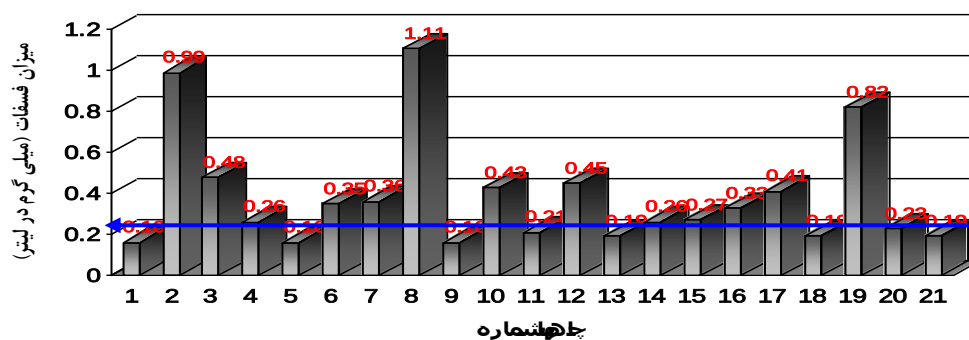
شکل ۵-۳۰- میزان نیترات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۳۱- میزان نیترات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)



شکل ۵-۳۲- میزان فسفات در چاههای شهر مشهد (بهمن ماه ۱۳۸۴)

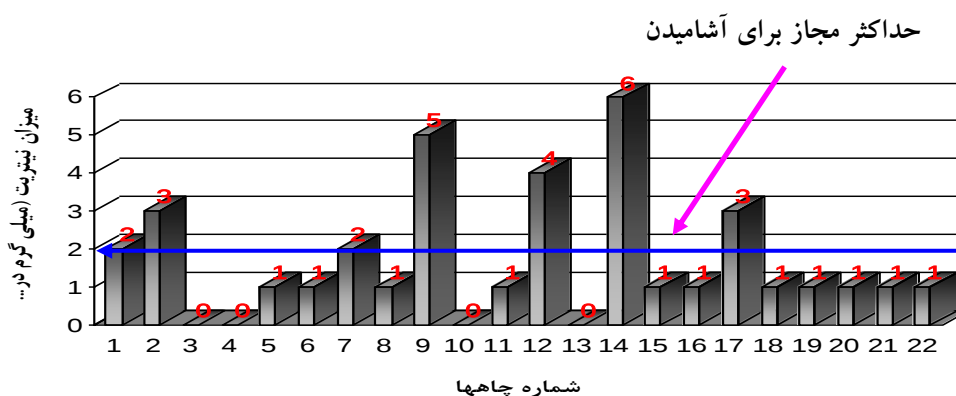


شکل ۵-۳۳- میزان فسفات در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

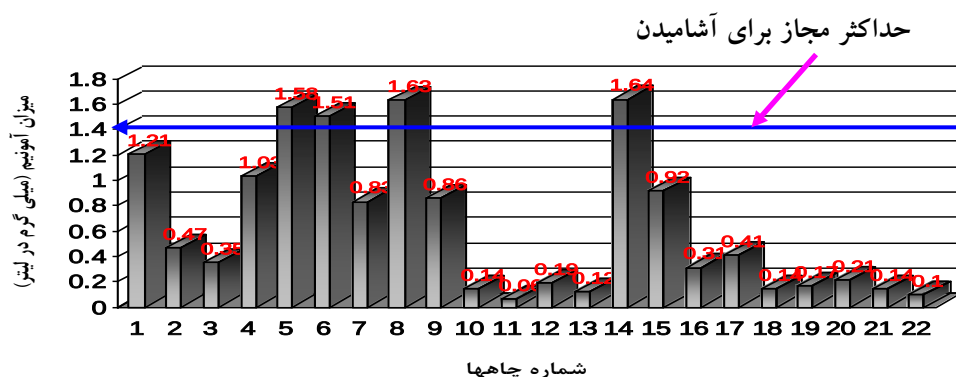
در اکثر چاههایی که بر روی بافت درشت دانه قرار گرفته‌اند، میزان نیتрат بالا می‌باشد. همچنین میزان فسفات در تمامی چاهها بالا می‌باشد علت اصلی بالا بودن نیترات و فسفات، نشت فاضلاب شهری به سفره آب زیرزمینی مشهود می‌باشد. به طور کلی میزان آلاینده‌ها در نمونه‌های تیرماه نسبت به بهمن‌ماه کاهش یافته است. میزان فسفات در فاضلاب خانگی بین ۴ تا ۱۵ میلی گرم در لیتر می‌باشد و منشأ آن از طریق مواد دفعی انسان (عمدتاً ادرار) و شوینده‌ها (۵ تا ۶۰ درصد) می‌باشد.

۵-۴-۶- بررسی میزان نیتريت و آمونيم

تیرماه: بیشترین میزان نیتريت در نمونه‌های شماره ۲، ۷، ۹، ۱۴ و ۱۷ و میزان آن در محدوده ۱-۶ میلی گرم در لیتر متغیر بوده، همچنین بیشترین میزان آمونيم در نمونه‌های شماره ۱، ۵، ۶، ۸ و ۱۴ بیشترین مقدار را داراست و میزان آن در محدوده ۱/۶۳-۰/۰۶ میلی گرم در لیتر متغیر می‌باشد. بالا- بودن ترکیبات آمونيم دليل بر تازگی آلودگی در این چاهها دارد و آلودگی ادامه خواهد داشت.



شکل ۵-۳۴- میزان نیتريت در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

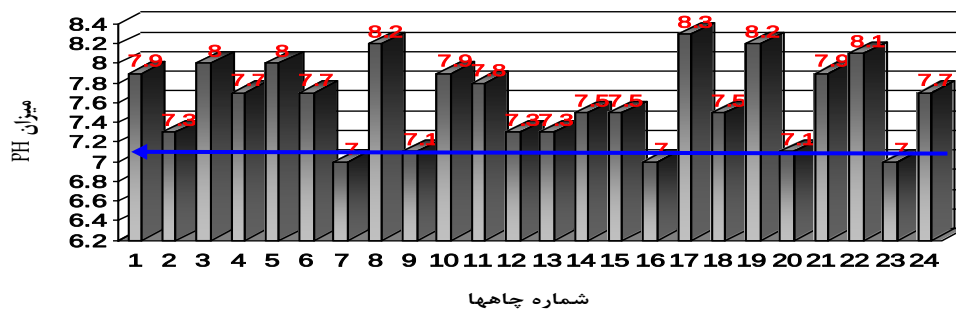


شکل ۵-۳۵- میزان آمونيم در چاههای شهر مشهد (تیر ماه ۱۳۸۶)

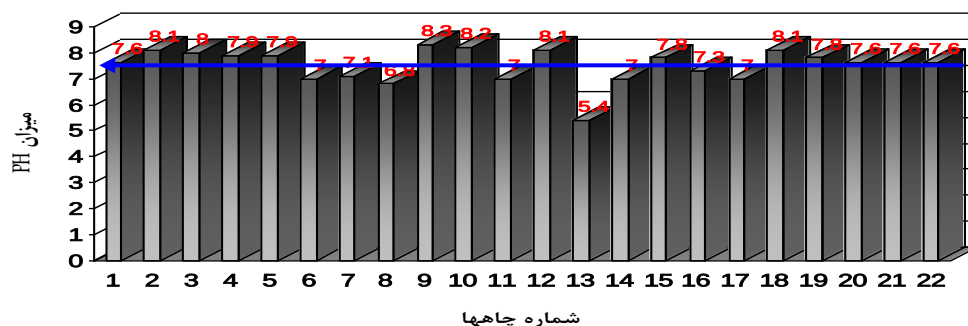
۵-۴-۷- بررسی میزان pH در نمونه‌های بهمن‌ماه ۱۳۸۴

بهمن‌ماه: میزان pH در محدوده ۷-۸/۳ متغیر می‌باشد و قلیایی بودن آب را نشان می‌دهد، بالا بودن بیکربنات در تغییر pH مؤثر می‌باشد.

تیرماه: میزان pH در محدوده ۵/۴۰-۸/۳ متغیر می‌باشد در نمونه‌های شماره ۱۳ و ۸ آب اسیدی بوده نمونه شماره ۱۴ به خاطر اینکه در مناطق صنعتی واقع شده pH آن بسیار پایین می‌باشد و در اکثر نمونه‌ها قلیایی بودن آب را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه pH آبهای آلوده به سمت اسیدی- شدن متمایل می‌شود. اگر آبها شامل مواد آلی باشد، این مواد باعث کاهش در پتانسیل ردوکس (اکسیداسیون و احیا) تغذیه شهری و حل دی‌اکسید کربن می‌شود، و در کاهش pH مؤثر می‌باشد. pH یکی از عواملی است که نحوه حضور کربن اکسید شده را در آب کنترل می‌کند. علت اصلی اسیدی نبودن pH آبهای زیر زمینی مشهود وجود بی‌کربنات است. به طور کلی، در بیشتر آبهای زیرزمینی و سطحی علاوه بر HCO_3 ترکیبات یونی دیگری نیز بر pH مؤثر بوده و مقدار آنرا کنترل می‌کنند (فتر، ۱۹۹۴)^۱. به طور کلی چاههای آلوده pH کمتری دارند.



شکل ۵-۳۶- میزان pH در چاههای شهر مشهد (بهمن‌ماه ۱۳۸۴)



شکل ۵-۳۷- میزان pH در چاههای شهر مشهد (تیر‌ماه ۱۳۸۶)

^۱ - Fetter, 1994

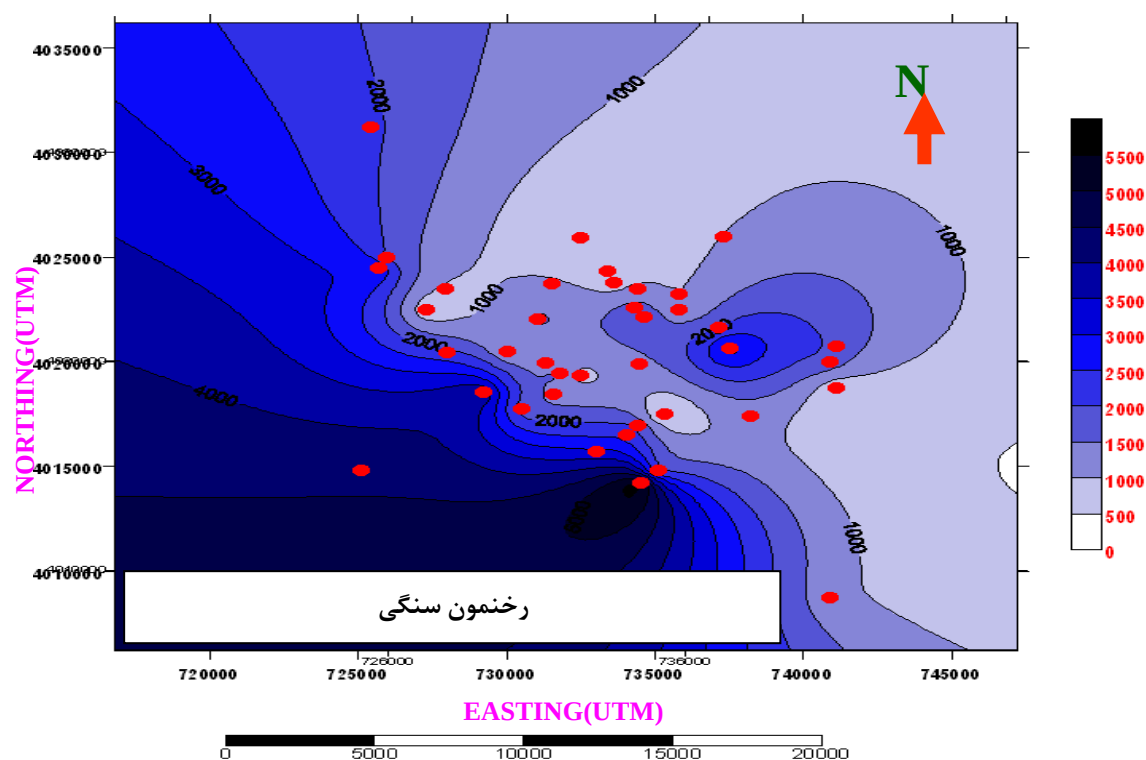
۵-۵- بررسی تغییرات کیفیت آب از بهمن ماه ۸۴ تا تیرماه ۸۶

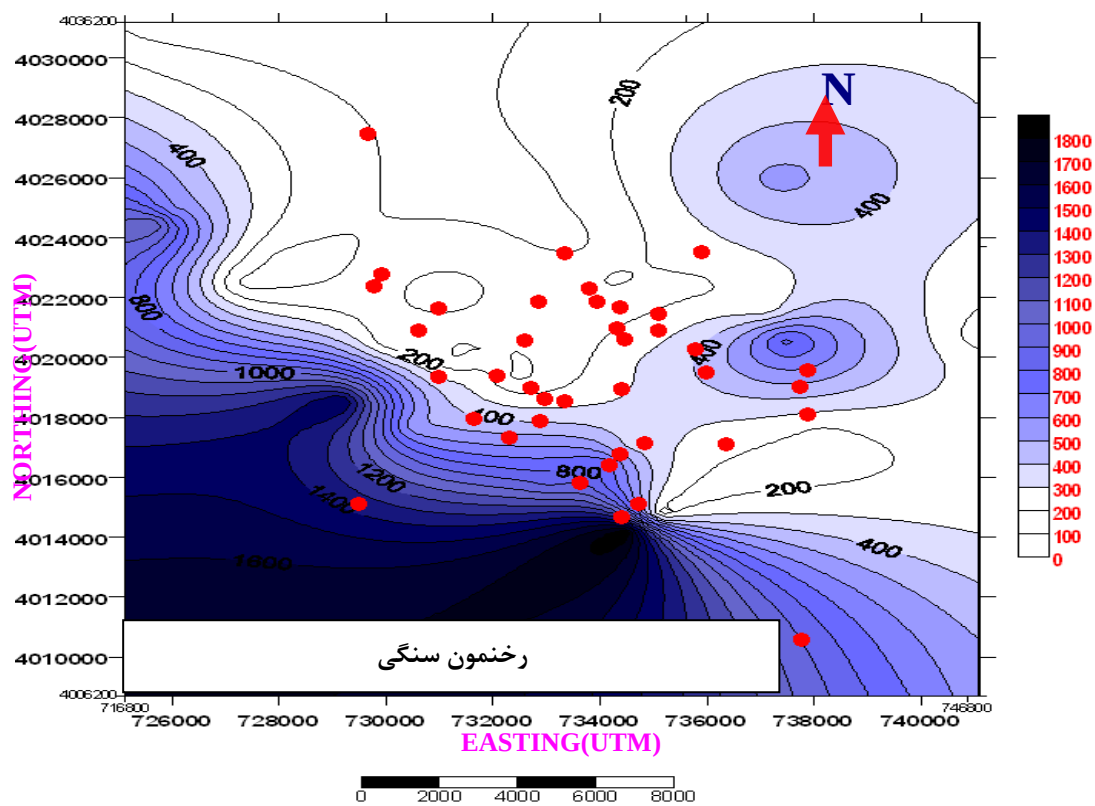
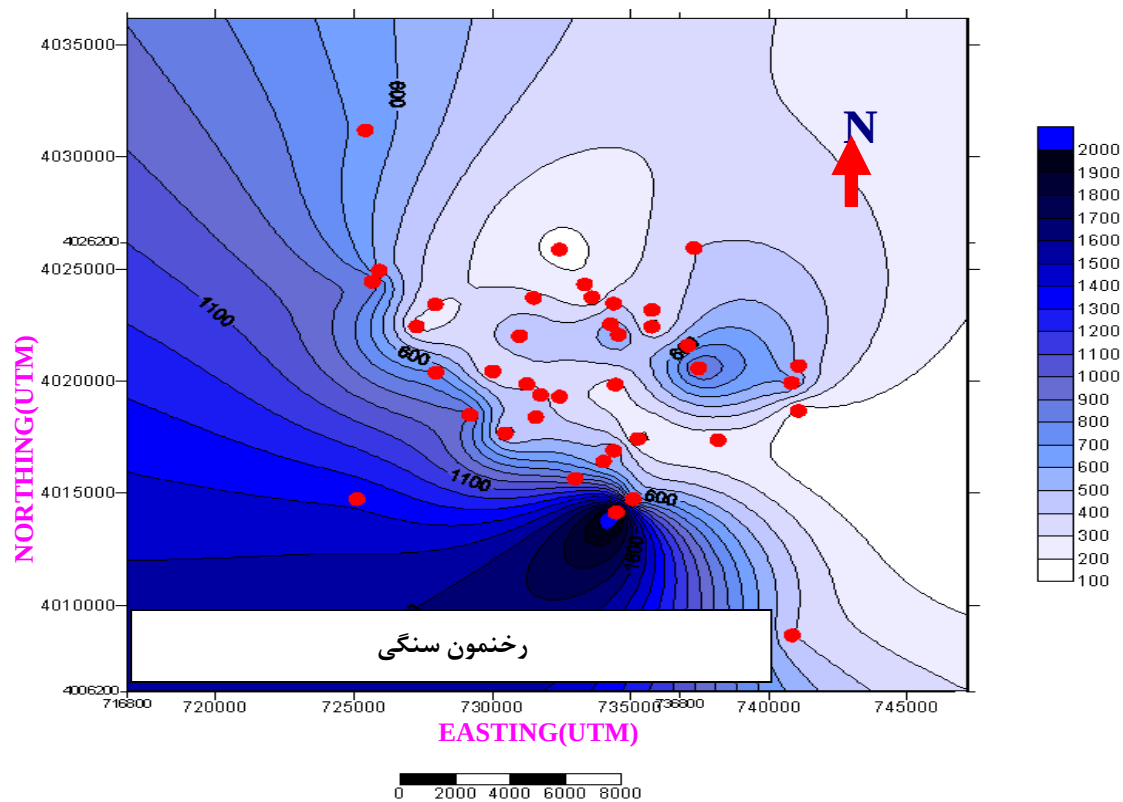
نمونه برداری مجدد از چاههای بهمن ماه ۸۴ در تیرماه ۸۶ می توانست نتایج بسیار دقیقی دهد، اما از آنجا که نمونه برداری از این چاهها طبق شرایط خاصی امکان پذیر نشد نمی توان نتیجه گیری دقیق نسبت به کاهش آلاینده ها در تیرماه ۸۶ گرفت. نمونه برداری در چاههای سطح شهر مشهد در بعضی از چاههای عمیق سفره (بیش از ۱۰۰ متر) برداشت شده که این آلودگی چاهها می تواند تهدید جدی برای چاههای آب آشامیدنی باشد. عمق چاهها در میزان آلاینده ها تأثیر مهمی دارد به طوری که چاههای با عمق کمتر میزان نیترات بالاتری را نشان می دهند. دقت آزمایش نیز در میزان آنها تأثیر دارد. تغییرات در میزان آلاینده های آب زیرزمینی شهر مشهد عوامل متعددی دارد که وضعیت زمین از نظر دانه بندی (بافت خاک)، شرایط و کیفیت سطح زمین، سطح آب زیرزمینی، مسیر و میزان جریان آب زیرزمینی در شهر مشهد، میزان و نوع فاضلاب نفوذی، تعداد چاههای فاضلاب و تراکم آنها، فاصله اولین سطح نفوذی فاضلاب از منطقه، میزان برداشت آب، عوامل آلوده کننده محیطی، جمعیت و تراکم آن در منطقه و نوع کاربری زمین در میزان تمامی این آلاینده ها نقش اساسی داشته است و این عوامل در چاههای مختلف شهر در تغییرات آلاینده ها نقش اساسی داشته است. غلظت بالای کلراید، نیترات، سولفات و دیگر آلاینده ها در سفره آب زیرزمینی به نشت فاضلابی وابسته می باشد. با توجه به ناچیز بودن میزان پتاسیم در سفره آب زیرزمینی مشهد و بالا بودن میزان منیزیم در سفره به علت وفور این کاتیونها در سنگهای آذرین لیتولوژی در نمی تواند در میزان آلاینده ها نقش مهمی داشته باشد. در غرب مشهد سنگهای دگرگونی و در جنوب غربی سنگهای آذرین وجود دارد. بالابودن سدیم، کلسیم، سولفات و میزان مواد جامد محلول در چاههای شماره ۱ و ۵ بهمن ماه و چاههای شماره ۴ تیرماه به خاطر وجود املاح گچ در منطقه رضاشهر می باشد که از طریق آبراهه چهل بازه قدیم تا چاه شماره ۵ آمده است. در این منطقه به دلیل وجود خاکهای ریزدانه گچی در اثر عملکرد گسل جنوب مشهد و تشکیل یک حوضه تبخیری محلی در منطقه می باشد (شارکی، ۱۳۸۴). به طور کلی در نمونه های تیرماه ۸۶ نسبت به بهمن ماه ۸۴ اکثر غلظت آلاینده ها پایین تر می باشد. اما از آنجا که نمونه برداری از چاههای سطح شهر در دو ماه متفاوت یعنی زمستان (بهمن ماه ۸۴) و تابستان (تیر ماه ۸۶) انجام شده است، عوامل متعدد دیگر در نتایج این آزمایشات مؤثر بوده است از جمله درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی، تبخیر و بارندگی نقش مهمی در غلظت این آلاینده ها داشته است. بالا بودن درجه حرارت موجب خشکی هوا، کمی باران و زیادی تبخیر و تعرق می گردد و این عوامل باعث افزایش مصرف آب شرب خواهد شد که در کاهش غلظت آلاینده ها در چاههای فاضلاب نقش داشته است. رطوبت نسبی هوا باعث ریزش های جوی خواهد شد که در فصول زمستان افزایش بارندگی می تواند در میزان غلظت آلاینده ها نقش داشته باشد بارندگی با ایجاد روانابهای سطحی و ایجاد منابع آب زیرزمینی می تواند نقش مهمی داشته باشد.

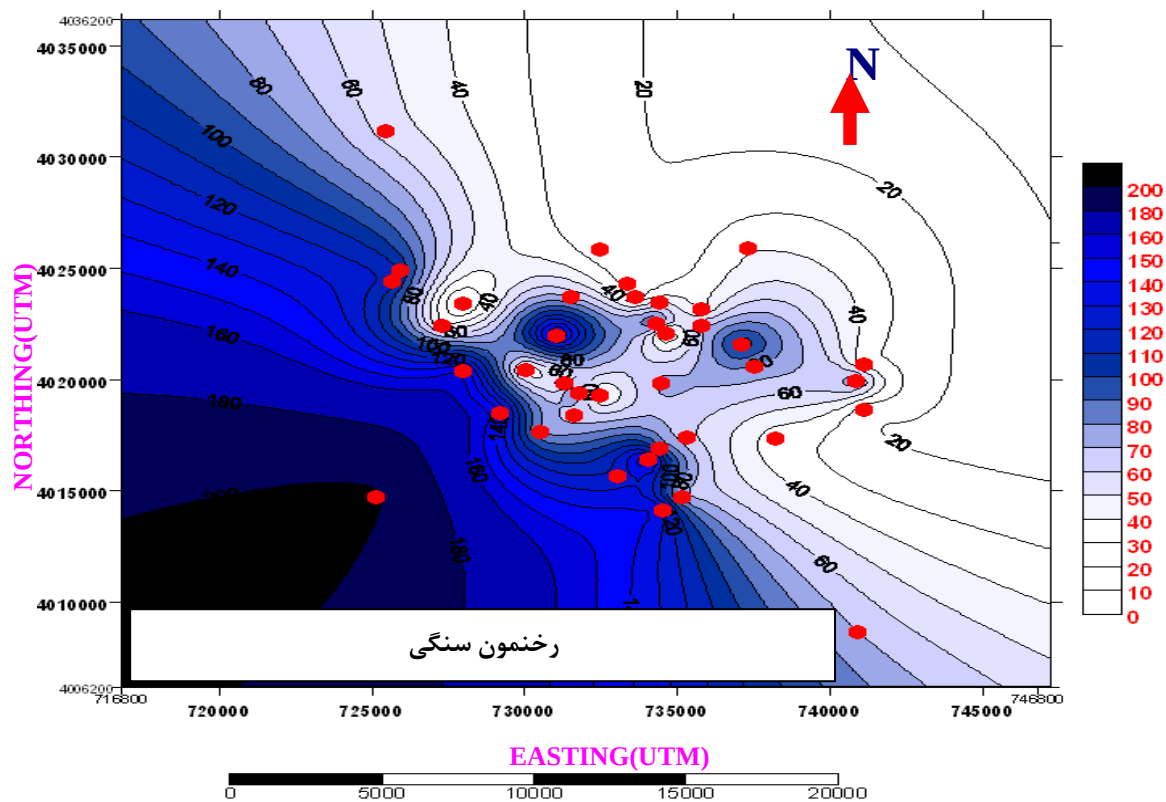
به طور کلی رواناب شهری از جنوب و جنوب شرقی به سمت شمال و شمال غرب می‌باشد که می‌تواند با نفوذ به زمین در کاهش آلاینده‌ها نقش داشته باشد. کلیه این عوامل در تغییرات میزان غلظت آلاینده‌ها در این دو زمان تیرماه و بهمن‌ماه می‌تواند نقش اساسی داشته باشد.

۵-۶- نقشه‌های هم‌کمر، هم‌سولفات و هم‌نیترات با استفاده از نرم افزار Surfer

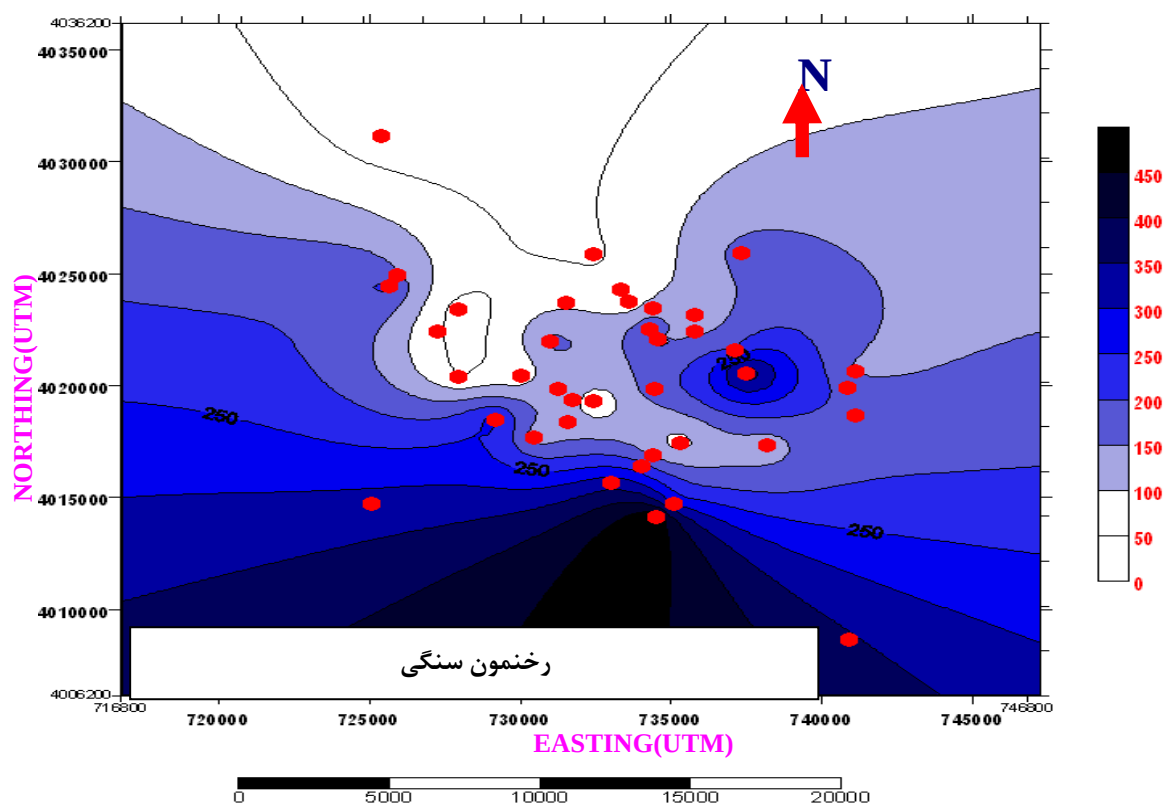
با استفاده از نرم‌افزار Surfer منحنی‌های هم‌کلراید، نیترات و سولفات ترسیم گردید. در شکل‌های ۵-۳۶ تا ۵-۴۰ این منحنی‌ها به نمایش آمده است. این حالات بالابودن غلظت آلاینده‌ها را در قسمت‌های جنوبی سفره و مراکز پرجمعیت (شمال‌شرق مشهد) و بافت قدیم شهر (حوالی حرم) می‌باشد و مهمترین علت بالا بودن نواحی جنوبی شهر بافت درشت‌دانه خاک ولی در بافت قدیم شهر بافت خاک ریزدانه می‌باشد ولی نقش قنات‌ها در انتقال آلاینده‌ها در این نواحی بی‌تأثیر نمی‌باشد.







شکل ۵-۴۱- نقشه هم‌غلظت نیترات آبخوان شهر مشهد (mg/l)

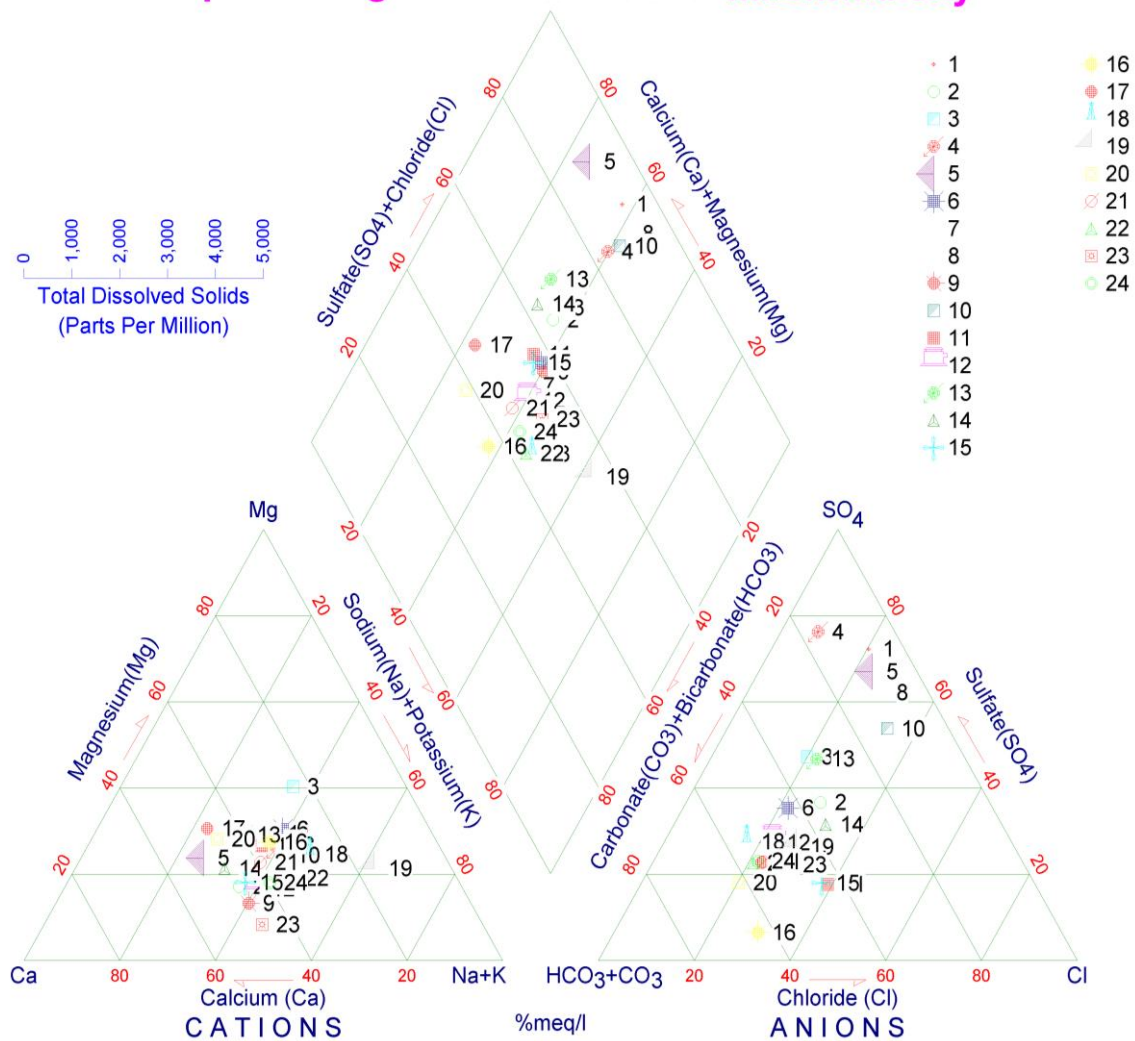


شکل ۵-۴۲- نقشه هم‌غلظت کلراید آبخوان شهر مشهد (mg/l)

۵-۷- تیپ آب مشهد با توجه به نمودارهای پایپر و استیف

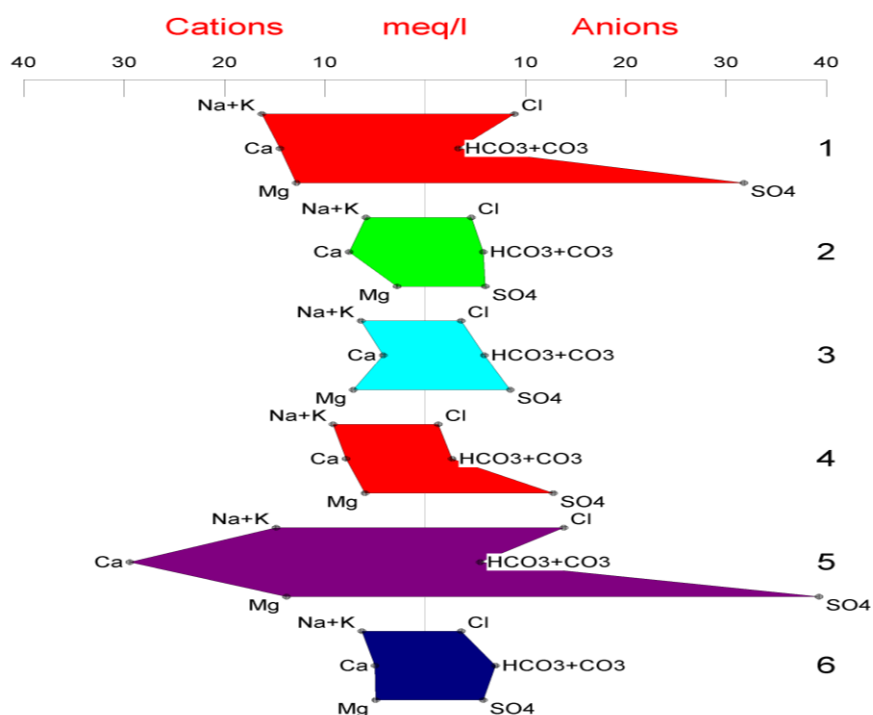
در مطالعات هیدروشیمیایی جهت توصیف تیپ آب غالباً از دیاگرامهای استیف و پایپر استفاده می-گردد. ورود فاضلاب شهری سبب افزایش در میزان سولفات، کلراید و نیتрат در سفره آب زیرزمینی خواهد شد. در این بخش تغییرات تیپ آب در زیر شهر با مناطق بالادست آن مقایسه شده و به نقش شهرسازی در تغییر تیپ آب در بخشهای مختلف شهری پرداخته است.

Piper's Diagram for samles of Mashhad city

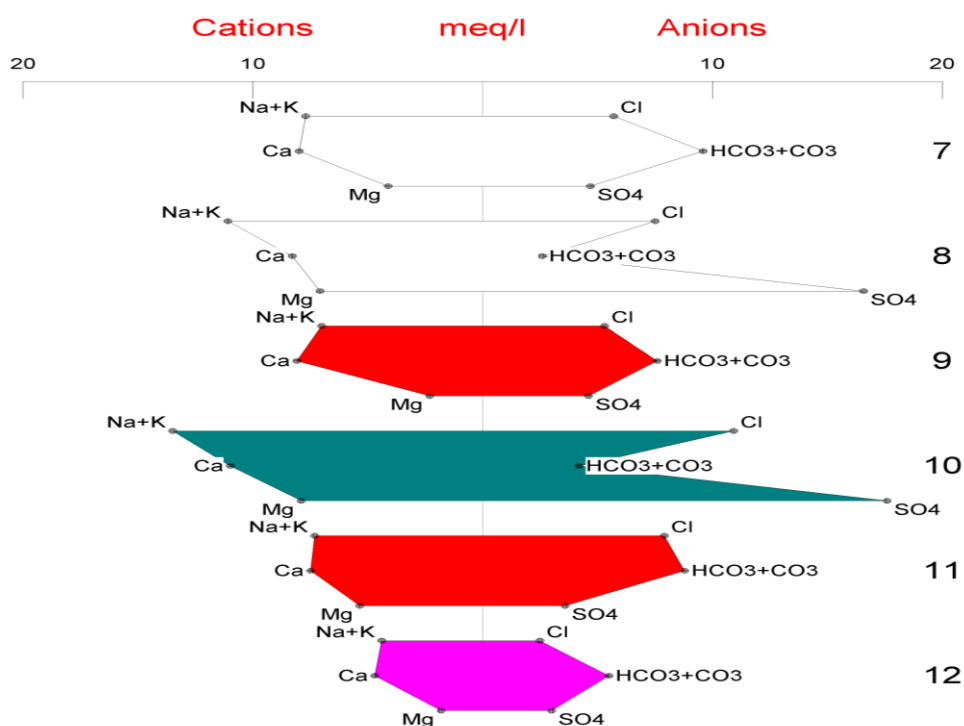


شکل ۵-۴۳- نمودار پایپر ۲۴ نمونه بهمن ۱۳۸۴

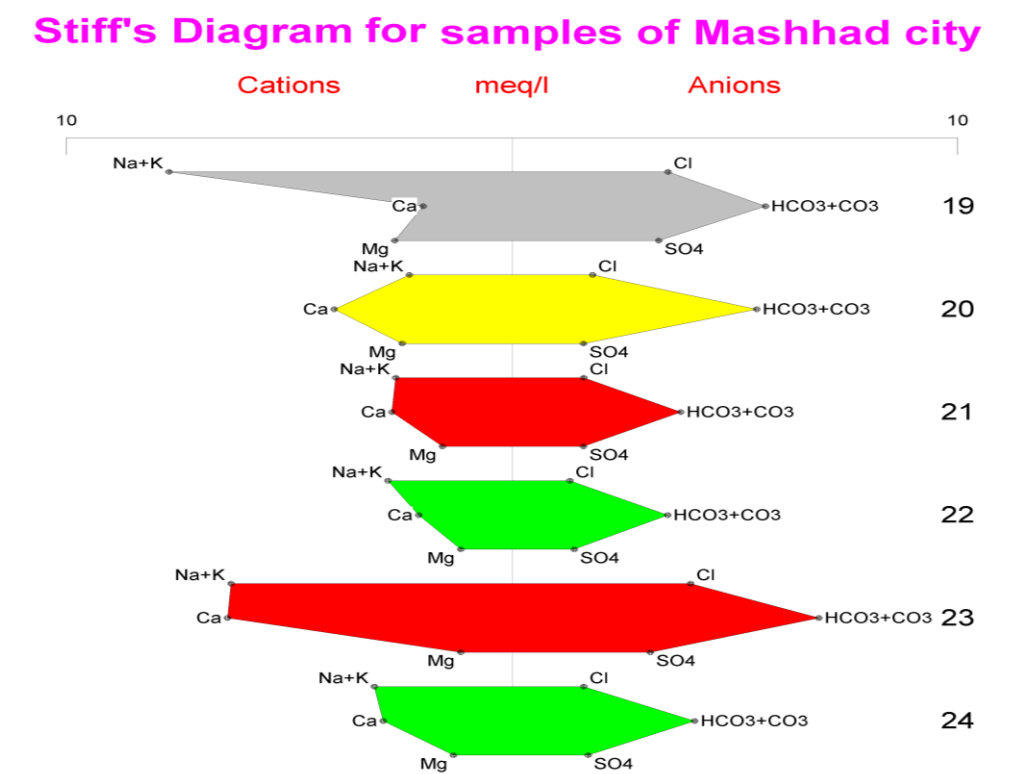
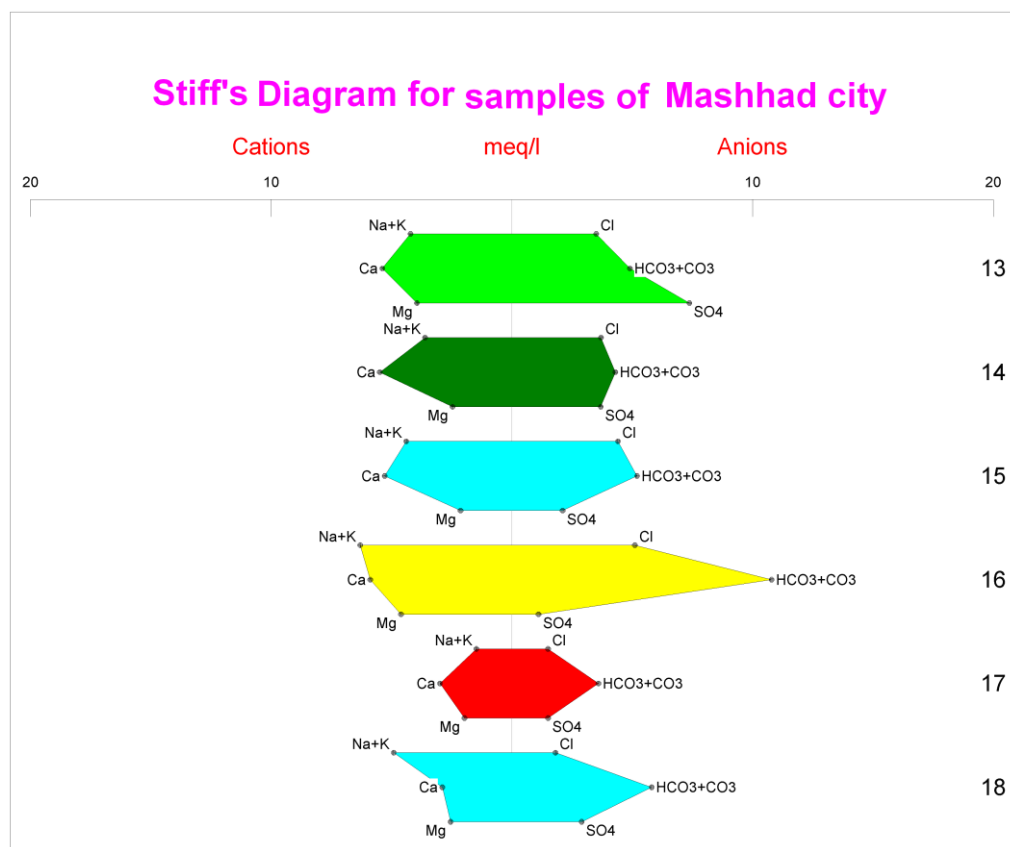
Stiff's Diagram for samples of Mashhad city



Stiff's Diagram for samples of Mashhad city

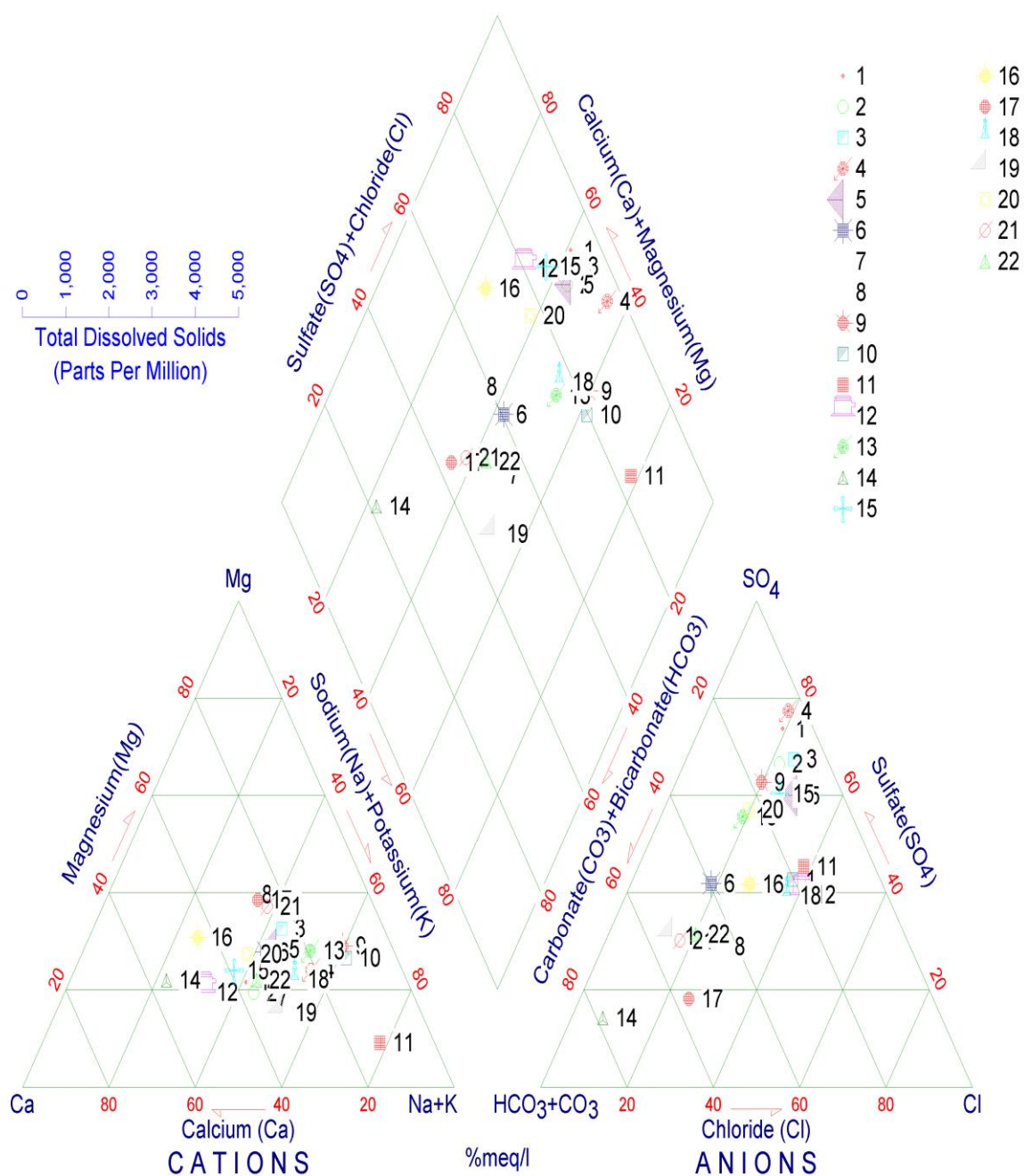


شکل ۵-۴۴ - نمودار استیف ۲۴ نمونه بهمن ۱۳۸۴



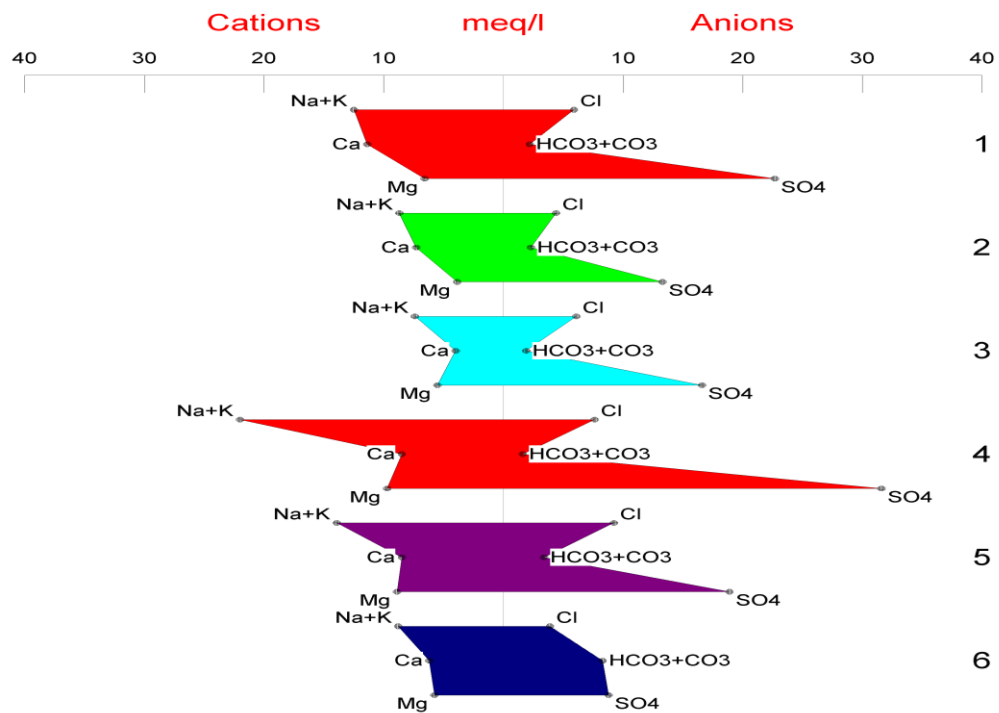
شکل ۵-۴۵- نمودار استیف ۲۴ نمونه بهمن ۱۳۸۴

Piper's Diagram for samples of Mashhad city

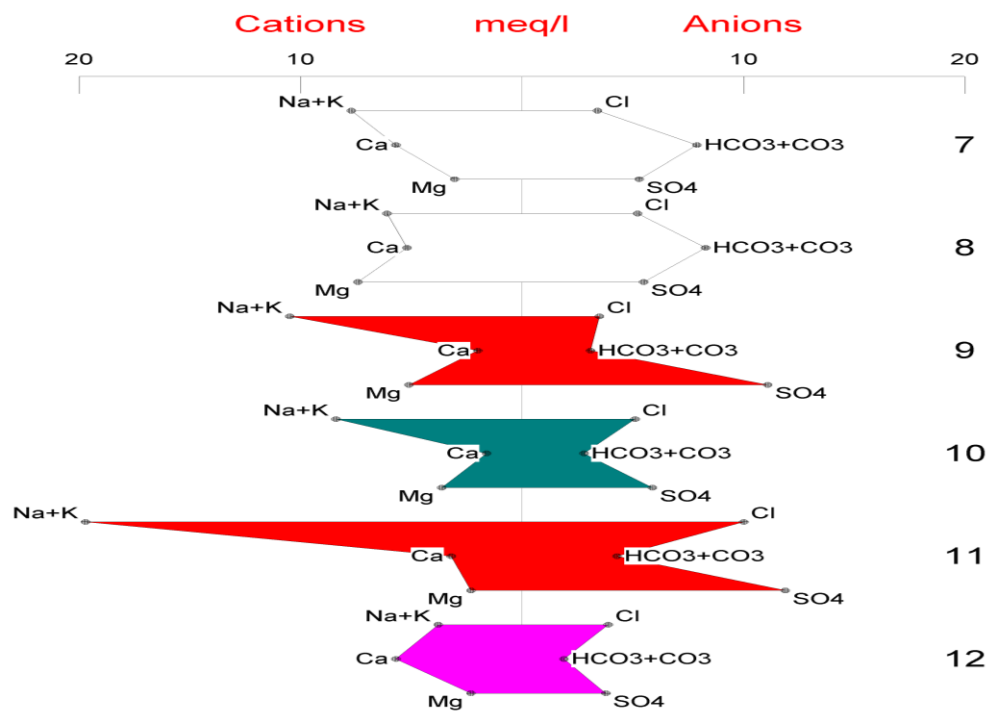


شکل ۵-۴۶- نمودار پایپر ۲۲ نمونه تیرماه ۱۳۸۶

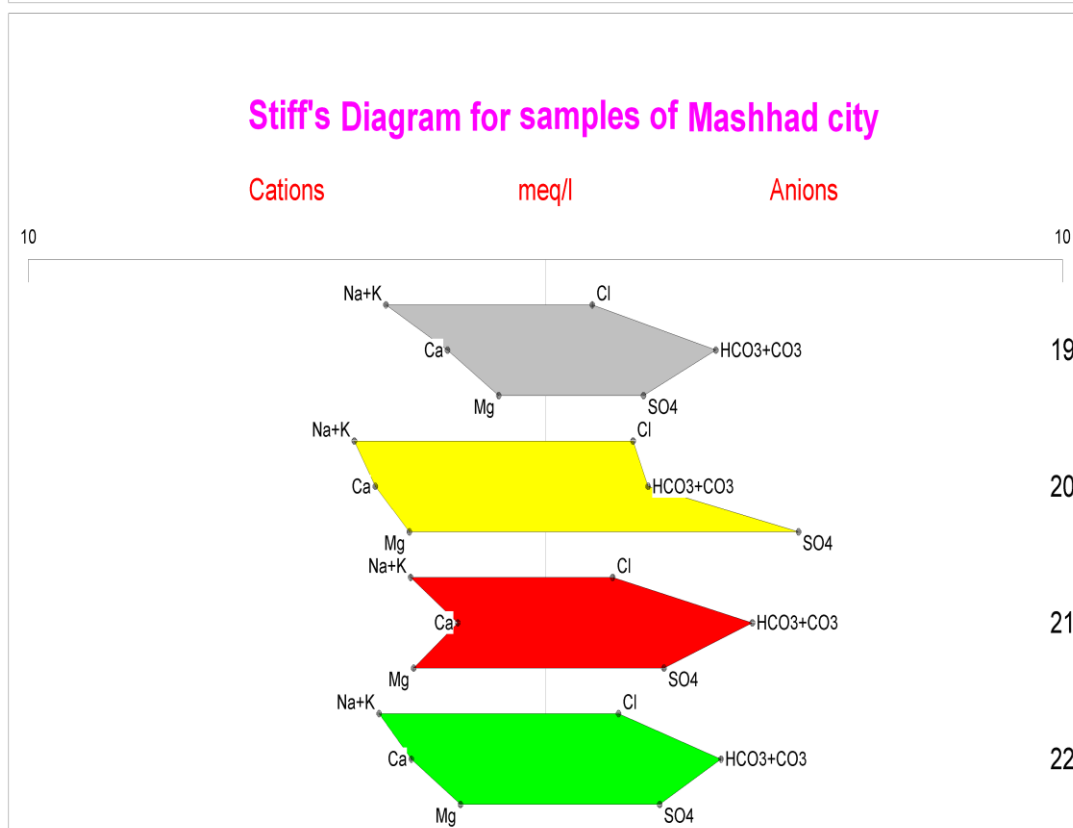
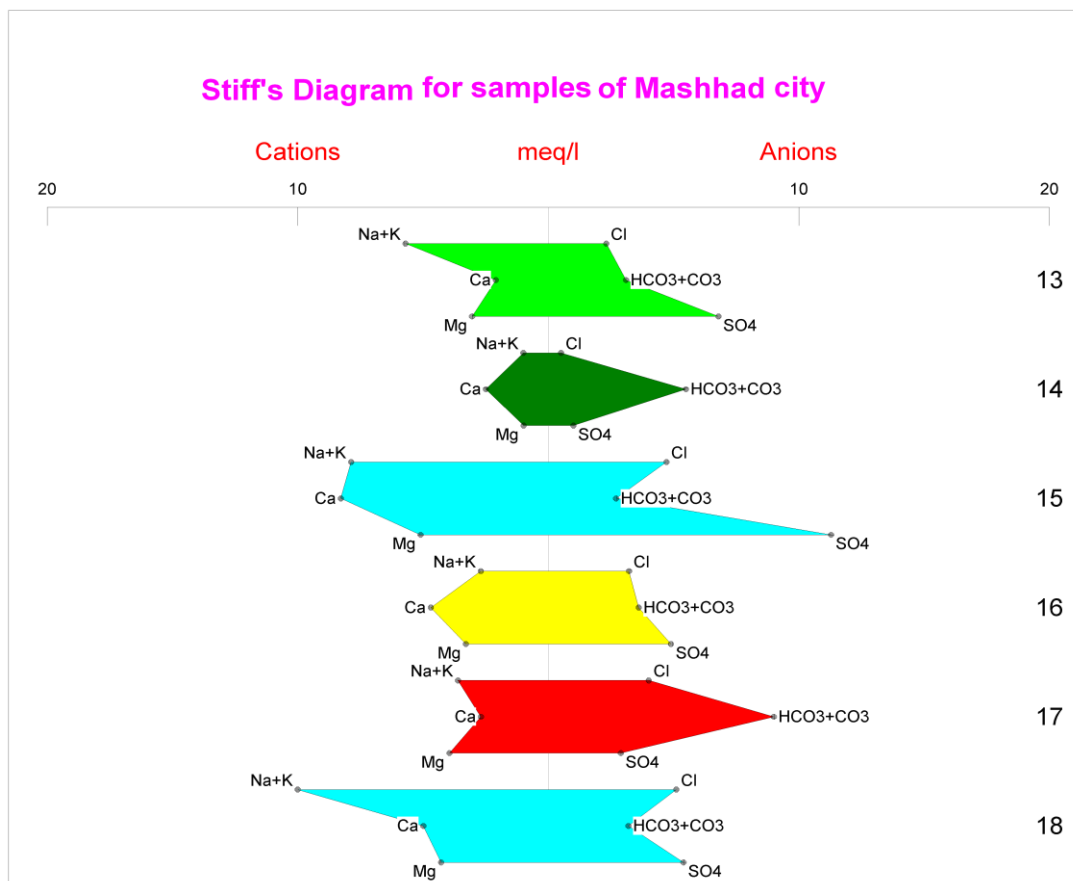
Stiff's Diagram for samples of Mashhad city



Stiff's Diagram for samples of Mashhad city



شکل ۵-۴۷- نمودار استیف ۲۲ نمونه تیرماه ۱۳۸۶



شکل ۵-۴۸- نمودار استیف ۲۲ نمونه تیرماه ۱۳۸۶

با توجه به نمودارهای پایپر و استیف نمونه‌های بهمن‌ماه و تیرماه انواع تیپ آب در سفره آب زیرزمینی شهر مشهد وجود دارد. انواع تیپ آب با استفاده از نرم‌افزار Aquachem مشخص شده و در جدول ۵-۵ آمده است.

جدول ۵-۵- تیپ آب مشهد با استفاده از نرم‌افزار Aquachem^۱

تیپ آب	شماره نمونه (تیر ماه ۸۶)	تیپ آب	شماره نمونه (بهمن ماه ۸۴)
Na-Ca-Mg-SO4	۱	Na-Ca-Mg-SO4	۱
Na-Ca-SO4	۲	Ca-Na-SO4-HCO3	۲
Na-Mg-SO4-Cl	۳	Mg-Na-Ca-SO4	۳
Na-Mg-Ca-SO4	۴	Na-Ca-Mg-SO4	۴
Na-Mg-Ca-SO4-Cl	۵	Ca-Mg-Na-SO4-Cl	۵
Na-Mg-Ca-SO4-HC	۶	Na-Ca-Mg-HCO3	۶
Na-Ca-HCO3-SO4	۷	Ca-Na-HCO3-Cl	۷
Mg-Na-Ca-HCO3	۸	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	۸
Na-Mg-SO4	۹	Ca-Na-HCO3-Cl	۹
Na-Mg-SO4-Cl	۱۰	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	۱۰
Na-SO4-Cl	۱۱	Ca-Na-Mg-HCO3	۱۱
Ca-Na-Mg-Cl-SO4	۱۲	Ca-Na-HCO3-SO4	۱۲
Na-Mg-SO4-Cl	۱۳	Ca-Na-Mg-SO4	۱۳
Ca-HCO3	۱۴	Ca-Na-Mg-HCO3	۱۴
Ca-Na-Mg-SO4-Cl	۱۵	Ca-Na-HCO3-Cl	۱۵
Ca-Mg-Na-SO4-HC	۱۶	Na-Ca-Cl-HCO3	۱۶
Mg-Na-Ca-HCO3-C	۱۷	Ca-Mg-Na-HCO3	۱۷
Na-Ca-Mg-SO4-Cl	۱۸	Na-Ca-Mg-HCO3	۱۸
Na-Ca-HCO3-SO4	۱۹	Na-Mg-HCO3-Cl	۱۹
Na-Ca-Mg-SO4-HC	۲۰	Ca-Mg-Na-HCO3	۲۰
Na-Mg-Ca-HCO3	۲۱	Ca-Na-Mg-HCO3	۲۱
Na-Ca-Mg-HCO3-S	۲۲	Na-Ca-HCO3-SO4	۲۲
-	-	Ca-Na-HCO3-SO4	۲۳
-	-	Na-Ca-HCO3-SO4	۲۴

با توجه به جدول بالا، آبها در شهر مشهد بیشتر از نوع سولفات و بیکربناته هستند. تیپ غالب آب بیشتر از نوع سولفات-سدیک، بیکربنات-سدیک، بیکربنات-کلسیک و سولفات-کلسیک می‌باشد. به طور کلی در نمونه‌های بهمن‌ماه که چاههای با آلودگی شامل چاههای شماره ۱۶ و ۱۹ و ۲۰ و ۲۱ و ۲۲ و ۲۳ در منطقه قلیایی خاکی بیش از قلیایی‌ها و اسید ضعیف بیش از اسید قوی و یا به طور کلی سختی کربناتی از ۵۰ درصد تجاوز می‌کند. ولی چاههای آلوده چاههای شماره ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۱۰ در منطقه قلیایی خاکی بیش از قلیایی و اسید قوی بیش از اسیدهای ضعیف و سختی غیر کربناتی متجاوز از ۵۰ درصد می‌باشد و چاههای دیگر در زونهای متفاوت دیگر قرار می‌گیرند. در نمونه‌های تیرماه مانند نمونه‌های بهمن‌ماه چاههای شماره ۱۴ و ۱۷ و ۱۹ و ۲۱ و ۲۲ با آلودگی کمتر در منطقه قلیائی خاکی بیش از قلیائی‌ها و اسید ضعیف بیش از اسید قوی و یا به طور

^۱ - Version 3.6.2, Waterloo hydrogeologic, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3L3

کلی سختی کربناتی از ۵۰ درصد تجاوز می‌کند. ولی چاههای آلوده چاههای شماره ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ در در منطقه قلیایی خاکی بیش از قلیائی و اسید قوی بیش از اسیدهای ضعیف و سختی غیر کربناتی متجاوز از ۵۰ درصد می‌باشد و چاههای شماره ۹ و ۱۰ و ۱۸ در زونهای دیگر قرار می‌گیرند. به طور کلی شهرسازی باعث تغییر کیفیت آب شده است و چند تیپ متفاوت را در آب‌وجود آورده است. چاه شماره ۲۰ واقع شده در ۱۵ خرداد چاه آلوده بوده و مورد تصفیه شیمیایی قرار گرفته و برای آشامیدن استفاده می‌شود.

۵-۸- آلودگی میکروبی آبخوان مشهد

کیفیت میکروبی منابع آب معمولاً بر اساس تعداد و تکرار انواع خاصی از باکتریها تعیین می‌گردد. کلیفورم‌ها به عنوان عمده‌ترین شاخص کیفیت میکروبی منابع آب می‌باشد که به وفور در مدفوع انسان و سایر حیوانات خون‌گرم یافت می‌شود. متداولترین باکتری در گروه کلیفورم را اشریشیاکلی تشکیل می‌دهد که شاخص آلودگی مدفوعی آب است. نمونه‌گیری از چاههای با غلظت نیترا ت بالا نشان می‌دهد که میزان کلیفورم مدفوعی در چاههای مشهد نسبتاً بالا است که آلودگی توسط فاضلاب مهمترین علت آن می‌باشد. البته در بعضی چاهها احتمالاً به علت کلرزی میزان آلودگی میکروبی منفی می‌باشد. چاه شماره ۱۶ بر روی بافت ریزدانه قرار گرفته و میزان کلیفورم آن پایین می‌باشد. اما چاههای شماره ۲ و ۵ که بر روی بافت درشت دانه قرار دارند و این دو چاه بر روی بافت جدید شهر قرار دارند کلیفورم بالایی دارند. در سطح شهر نمونه‌های دیگری نیز برای تجزیه میکروبی گرفته شد اما به خاطر اینکه اکثر چاهها کلرزی و ضدعفونی می‌شوند این نتایج منفی بود. در اکثر چاههای سطح شهر آب پمپاژی به منبع بالای چاه رفته و در آنجا کلرزی می‌شود این کلرزی نتایج تجزیه میکروبی را با مشکل مواجه می‌کند.

جدول ۵-۶- نتایج تجزیه میکروبی چاهها در تیر ماه ۱۳۸۶

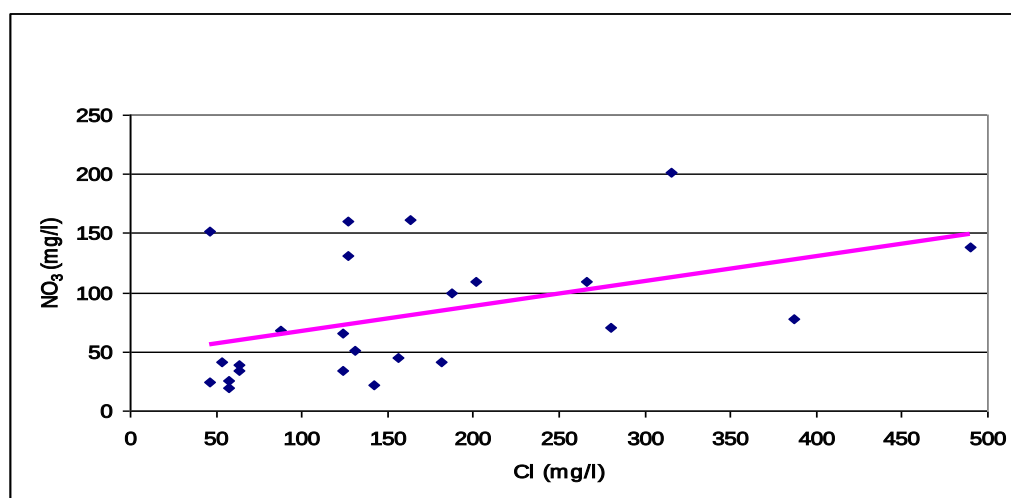
شماره چاه	Total Count	M.P.N(Total Coliform)در ۱۰۰ ml	کلیفورم مدفوعی(MPN)در ۱۰۰ ml
۲	۳۳۰۰	۲۷۰	۱۷۰
۵	۱۵۰۰	۱۶۵	۱۵۵
۱۶	۱۰۰	۲۲۰	۱۵

با توجه به اینکه حدود ۸۶٪ از آب شهر مشهد از طریق چاهها تأمین می‌شود، بهداشت آب توزیعی از اهمیت خاصی برخوردار است. از طرفی شرایط این شهر بگونه‌ای است که تعداد ۳۴۰ حلقه چاه آب شربی که وارد مخازن و شبکه توزیع می‌شوند در شعاع ۵۰ کیلومتری پیرامون حوزه شهری پراکنده‌اند. موقعیت جغرافیای سیاسی این دومین کلان شهر مذهبی جهان نیز سبب شده که همواره اصلاح شبکه ولوله‌گذاری در کوتاهترین زمان ممکن انجام شود. از اینرو اجرای پروژه جمع‌آوری تمامی چاهها و انتقال آب به مخازن و توزیع این آب به شبکه ممکن است تا سالها بعد نیز بطول انجامد. در نتیجه

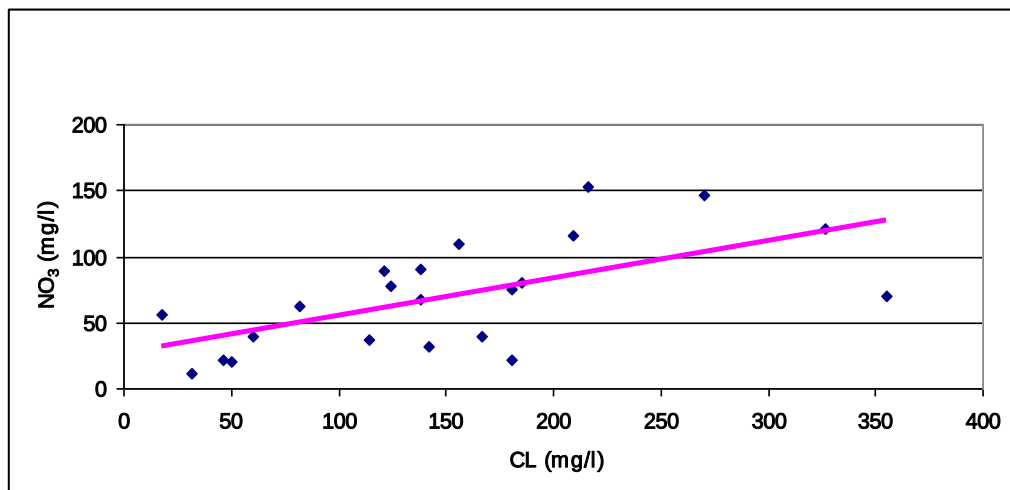
در محل ۲۲۰ حلقه چاهی که مستقیم وارد شبکه توزیع می‌شوند از سیستم هیپوکلریناتورهای مایعی استفاده می‌شود. به همین سبب از محلول **Bleach** پرکلرین استفاده می‌شود. کلر شبکه توزیع آب مناطقی که متأثر از مخازنِ سری می‌باشند نیز توسط دستگاههای تزریق گاز کلر اتوماتیک در چهار ایستگاه گازی (تصفیه خانه های شماره ۱ و ۲، تاسیسات قاسم آباد وامامیه) تأمین می‌شود. با توجه به حساسیت موجود در خصوص بهداشت آب حرم مطهر و خیل عظیم زائرین داخلی و خارجی بارگاه ملکوتی حضرت ثامن‌الج (ع)، سیستم تزریق تمام اتوماتیک آب ژاول طراحی و خریداری شده است که انتظار می‌رود از دی‌ماه سال ۸۶ راه‌اندازی و وارد مدار بهره‌برداری شود. در حال حاضر بهره‌برداری از کلیه تأسیسات کلر زنی در قالب دو پیمان به بخش خصوصی واگذار شده و عملیاتی نظیر محلول- سازی، گشت بهره‌برداری و تعمیرات و کلر سنجی از شبکه توزیع بطور روزانه انجام می‌شود. میزان مطلوبیت کلر مازاد شبکه همه روزه توسط مراکز چهارگانه بهداشت شهر مشهد که متشکل از ۵۴ پایگاه متمرکز بهداشتی است انجام و نتایج در کنار آزمایشهای مختلف شیمیایی و فیزیکی آب که توسط امور نظارت بر کیفیت و آزمایشگاههای آب شرکت آبفای مشهد انجام می‌شود به اداره کلر زنی ارسال می‌گردد. در حال حاضر مطلوبیت کلر باقیمانده شبکه توزیع آب شرب شهر مشهد بیش از ۰.۹۵٪ است.

۵-۹- بررسی روابط آلاینده‌ها در نمونه‌های بهمن‌ماه ۱۳۸۴ و تیر ماه ۱۳۸۶

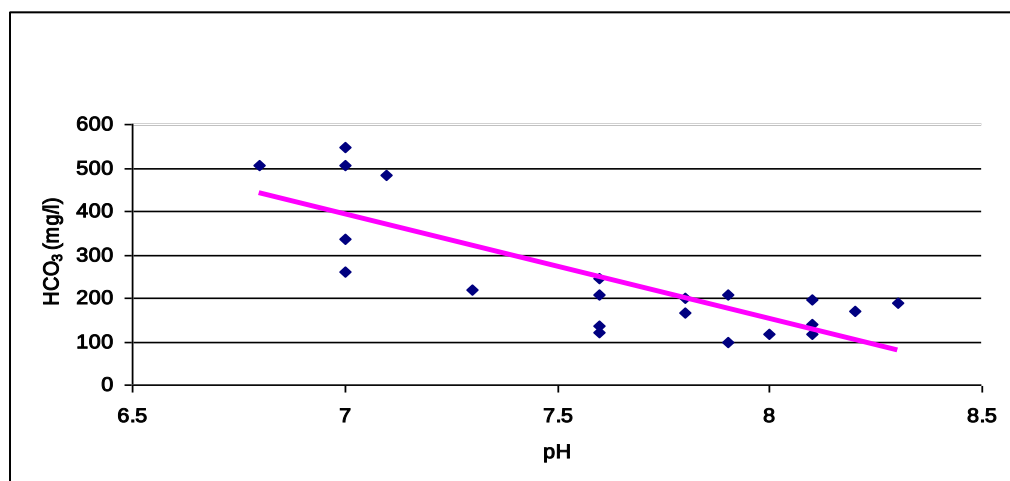
رابطه نیترات با کلراید در نمونه‌های بهمن‌ماه و تیرماه حالت صعودی دارد این حالت نشانگر آلودگی آب با این آلاینده‌ها می‌باشد. در pH پایین باید میزان نیترات بالاتر باشد ولی این حالت در آب مشهد دیده نمی‌شود چون pH آب مشهد بالا می‌باشد و این به خاطر بی کربنات بالا می‌باشد. بیشترین بیکربنات در آب با pH برابر با ۷ می‌باشد. رابطه نیترات با ترکیبات آمونیم حالت صعودی دارد که آلودگی آب زیرزمینی با فاضلاب شهری را نشان می‌دهد.



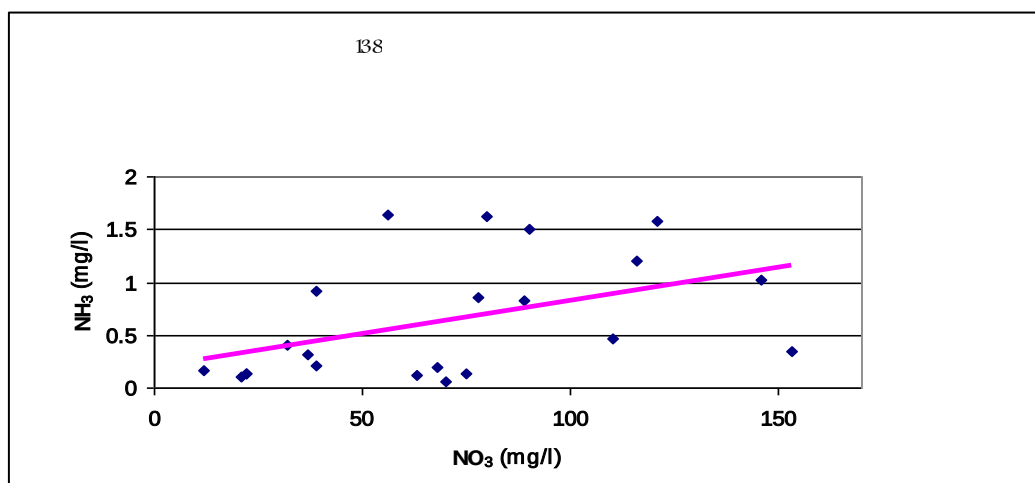
شکل ۵-۴۹- رابطه نیترات با کلراید در نمونه‌های بهمن ماه ۱۳۸۴



شکل ۵-۵۰- رابطه نیترات با کلراید در نمونه‌های تیر ماه ۱۳۸۶



شکل ۵-۵۱- رابطه بیکربنات با pH در نمونه‌های تیر ماه ۱۳۸۶



شکل ۵-۵۲- رابطه نیترات با آمونیوم در نمونه‌های تیر ماه ۱۳۸۶

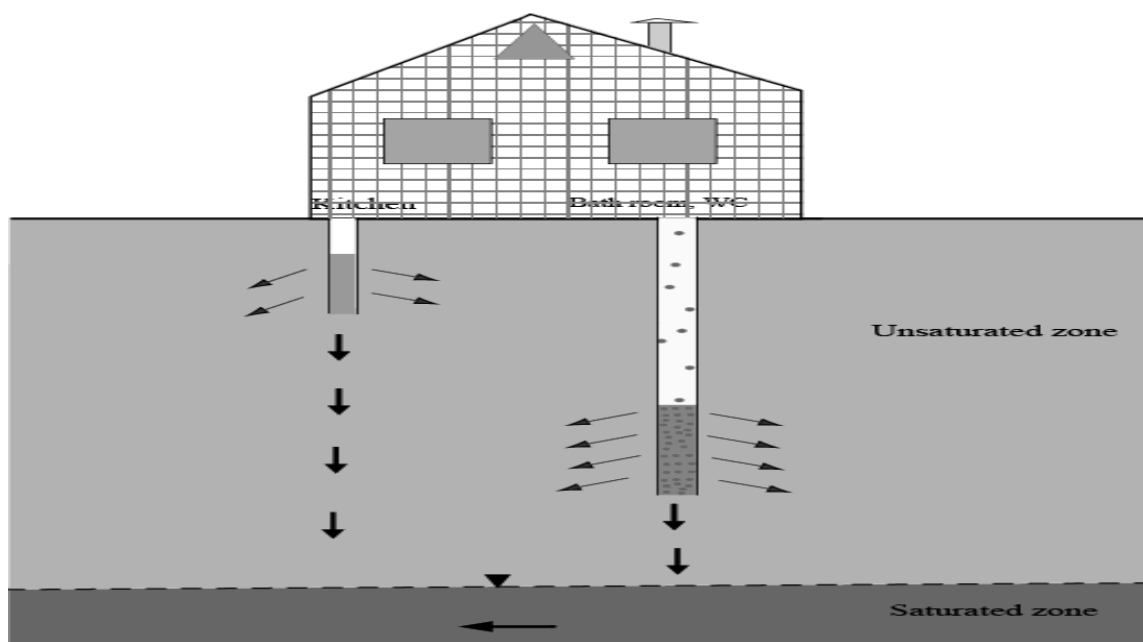
۵-۱۰- اثرات کیفی آبهای سولفاته

حضور آبهای سولفاته در خاک باعث می‌شود با آهک وارد فعل و انفعالات شیمیایی آهک و رس گردد و با تشکیل کانی‌های تورم‌زا مثل اتریگایت و تاماسایت شود و باعث کاهش مقاومت خاک گردد (غیاثیان و مرادی، ۱۳۸۱). افزودن آهک به خاکهای ریزدانه تأثیرات مهمی در اصلاح این خاکها دارد، ولی در شرایطی که خاک حاوی سولفاتهای قابل حل باشد و یا وقتی خاک در شرایط حضور سولفاتها از طریق منابع دیگر مثل آب موجود در محیط قرار داشته باشد، استفاده از آهک نه تنها مؤثر واقع نخواهد شد بلکه به علت واکنشهای شیمیایی که بین رس، آهک و یون سولفات انجام می‌گیرد کانیهای ثانویه‌ای از قبیل اتریگانت و تاماسایت ایجاد گشته که این کانی‌ها با توجه به قابلیت جذب بالا و تورم شدید مشکل‌زا می‌باشند. مثلاً این خاکها به عنوان بستر جاده استفاده شوند در اثر تورم می‌توانند باعث خرابی لایه‌های روسازی جاده گردند. تأثیر آب سولفاته بر خاک اصلاح‌شده با آهک و فعل و انفعالات شیمیایی حاصله نهایتاً منجر به تشکیل کانیهای اتریگانت و تاماسایت می‌شود و شباهت زیادی به فرایند تخریب بتن ناشی از تأثیر آب سولفاته دارد که سالیان پیش شناخته شده و تحقیقات زیادی در این ارتباط انجام شده است (اکوز و همکاران، ۱۹۹۵، استفنز و کاراسکوییلو، ۱۹۹۹)^۱. با توجه به این که میزان سولفات در آبهای زیرزمینی بسیار بالا می‌باشد استفاده این آبها در زمان وقوع زلزله‌های احتمالی می‌تواند اثرات مخربی را باعث گردد. در این مکانها استفاده از سیمان ضد سولفات یا نوع V توصیه می‌شود. همچنین تحقیقاتی در جهت کاهش اثر مخرب سولفات بر بتن با روش جایگزینی قسمتی از سیمان با مواد پوزولانی همچون خاکستر بادی و سیلیکافوم نتایج مثبتی نشان داده است. مکانیزم عمل این پوزولانها به این صورت است که با کلسیم تولیدی ناشی از هیدراتاسیون سیمان واکنش داده و سمنته می‌شوند. با مصرف کلسیم توسط پوزولانها در واقع یکی از عوامل تشکیل دهنده اتریگانت از بین می‌رود و در نتیجه میزان تشکیل اتریگانت پایین می‌آید. پوزولانها همچنین خلل و فرج بتن را پر و نفوذپذیری آنها کاهش می‌دهند و این خود باعث افزایش مقاومت بتن در مقابل سولفات می‌شود (غیاثیان و مرادی، ۱۳۸۱). میزان سولفات طبق دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی راهنمای ۱۹۸۳ و استانداردهای بین‌المللی ۱۹۷۱ حداکثر مقدار توصیه‌شده ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر غلظت مجاز ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و طبق دستورالعمل مجمع اروپایی ۱۹۸۰ میزان آن ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

^۱ - Alkoze et al., 1999, stephense and Carrasquillo, 1999



شکل ۵-۵۳- منبع ذخیره آب در بالای چاههای سطح شهر



شکل ۵-۵۴- چاههای فاضلاب خانگی و نحوه ارتباط با سفره آب زیر زمینی



۶-۱- نتیجه‌گیری

۱- ورود فاضلاب شهری به سفره آب زیرزمینی در محدوده شهر مشهد سبب بالآمدگی سطح آب در بخشهایی از شهر شده که به نوبه خود می‌تواند اثرات نامطلوبی داشته باشد. مهمترین آن آلودگی سفره آب زیرزمینی می‌باشد. شهرسازی باعث افزایش ذخیره آب سفره‌ها به واسطه نشت از لوله‌های آب رسانی و لوله‌های فاضلاب می‌گردد. در نتیجه خطرات ناشی از بالآمدن سطح آب زیرزمینی شامل: الف) آلودگی سفره آب زیرزمینی بوسیله پخش به اطراف و نفوذ به قسمتهای عمیق‌تر سفره. ب) کاهش مقاومت زمین، ایجاد فرورانش در اثر تخریب سقف قناتهای متروکه بعد از آبگیری مجدد آنها. ج) روانگرایی در بخشهای سیلانی و ماسه‌ای دانه‌ریز در هنگام وقوع زلزله. روانگرایی خاک در شمال مشهد و جاههایی که با رسوبات کانالهای رودخانه ای (سیلانی) پوشیده شده رخ می‌دهد و در غرب نمی‌تواند رخ دهد. بالآمدن سطح آب حاصل از نشت فاضلاب شهری باعث می‌شود جهت حرکت آب در شهر تغییر کرده و باعث حرکت آب از شهر به سمت دشت مشهد شود در نتیجه شهر نشینی باعث می‌شود که قسمتهای مختلف سفره بطور کامل با همدیگر ارتباط نداشته باشند. به طور کلی شهر-سازی سیستم آبهای زیرزمینی را تغییر می‌دهد.

۲- حرکت آب در رسوبات درشت دانه سریعتر از ریزدانه است اما بالآمدن سطح آب در پیزومترهای واقع شده در بافت ریزدانه بیشتر از درشت‌دانه است. با توجه به اینکه رسوبات ریزدانه در سمت شمال و شرق مشهد بیشتر است بالآمدن سطح آب در این قسمتها بیشتر است و حالت موضعی دارد. وجود گسل مشهد در سمت شمال شرق شهر باعث کاهش ضخامت سفره آب زیرزمینی، تغییر جهت آب زیرزمینی در زیر شهر و کاهش سرعت آب زیرزمینی گردیده است، که این یکی از عوامل آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد می‌باشند.

۳- در مناطق جنوب، شمال شرق، و در شرق مشهد و همچنین در بافت قدیمی شهر غلظت نترات، کلراید، سولفات و فسفات بالا می‌باشد که مهمترین دلیل در مناطق جنوبی به خاطر بافت شنی و سهولت نشت آب از پساب خانگی می‌باشد. همچنین علت بالابودن غلظت آلاینده‌ها در مناطق شمال-شرق به خاطر تراکم جمعیت و مهمترین علت بالابودن غلظت این آلاینده‌ها در شرق به خاطر وجود قبرستان قدیمی و کاهش سرعت آب به دلیل قرار گرفتن بافت ریزدانه خاک و وجود گسل مشهد می‌باشد. علت بالابودن غلظت آلاینده‌ها در بافت قدیم شهر به دلیل وجود قناتهای قدیمی که باعث انتقال آسان این آلاینده‌ها می‌شوند می‌باشد. دلیل کلی آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد قرار گرفتن بافت درشت دانه در غرب و بافت ریزدانه در شرق مشهد می‌باشد که با توجه به حرکت آب از غرب به شرق باعث آلودگی سفره آب زیرزمینی در زیر شهر مشهد شده است. مهمترین علت آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد با توجه به سیستم فاضلاب چاه جذبی نشت از فاضلاب شهری می‌باشد.

۴- بالابودن غلظت نترات، کلراید و سولفات در چاههای واقع شده در مناطق شهری که در محدوده گسترش شهری سال ۱۳۶۵ قرار دارد نشان می‌دهد که آلودگی سفره آب زیرزمینی مشهد از این سال به بعد شروع شده است. افزایش مهاجرت به شهر در این سالها باعث تراکم جمعیت شهری شده و

باعث آلودگی سفره شده است. بالابودن نسبت NO_3/Cl و SO_4/Cl و نتایج آنالیز میکروبی آب مهمترین عامل آلودگی را فاضلابهای خانگی بیان می‌کند. به طور کلی در محدوده ترمینال مشهد، کوهسنگی، میدان غدیر، نیروهوایی، فرودگاه و کوهبنی‌هاشم میزان سولفات بالا و بیشتر از ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد.

۵- تأثیر شهرنشینی روی کیفیت آب زیرزمینی به نوع سفره و خواص هیدرولوژیکی آن وابسته است. این حالت در سفره‌های از نوع آزاد (مشهد) بیشتر می‌باشد. همچنین وجود کارخانه‌های صنعتی غرب مشهد آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد را بیشتر کرده است. تغذیه در نواحی شهر مشهد از مراکز بهداشتی روی کیفیت آب زیرزمینی تأثیر دارد و باعث آسیب‌پذیری سفره و افزایش غلظت نیترات، کلراید، کربن ارگانیکی حل‌شده و سولفات می‌شود. اما چون سفره آب زیرزمینی شهر مشهد سفره آزاد می‌باشد این آلاینده‌ها سریعتر وارد سفره شده و آلودگی سفره را در بر داشته است.

۶- آلودگی در خاک با بافت ریزدانه به صورت موضعی می‌باشد و یک محدوده کوچک را در بر می‌گیرد همچنین شهرسازی در مشهد باعث بوجود آمدن انواع متفاوت از تیپ آب شده است. و به جای ۲ یا ۳ تیپ آب ما چند تیپ متفاوت دیده می‌شود.

۷- میزان غلظت آلاینده‌ها در نمونه‌های تیرماه ۱۳۸۶ نسبت به نمونه‌های بهمن‌ماه ۱۳۸۴ کمتر می‌باشد، که علت اصلی آن پایین بودن سطح آب می‌باشد. همچنین غلظت بالای بعضی از آنیونها (سولفات) و کاتیونها (منیزیم) وجود آنها در مواد شوینده می‌باشد، که به خاطر نشت فاضلابی می‌باشد.

۲-۶- پیشنهادات

۲-۶-۱- مواردی که باعث جلوگیری از آلودگی خواهد شد:

- جمع‌آوری آب جاری در خیابانها در زمان بارندگی و تزریق این آبها به سفره آب زیرزمینی در نقاطی که آلودگی شهر زیاده‌تر بوده باعث کاهش آلودگی سفره خواهد شد و از آنجا که چاههای (آلوده) در چاههایی که شهر بر روی بافت درشت‌دانه قرار گرفته وجود دارند تزریق آب در این چاهها صورت گیرد. در صورتی که حذف چاههای آلوده به فاضلاب شهری امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طریق مخلوط کردن آن با آب تصفیه‌شده سایر چاهها می‌توان خطر آلودگی را کاهش داد.

- یک راه مهم برای تخلیه آبهای زائد شهری احداث شبکه فاضلاب مرکزی در شهر و هدایت این آبها بر روی سطح زمین در زمین‌های خارج شهر است که مانع از آلودگی آبهای زیرزمینی می‌شود. همچنین با تصفیه این آبها می‌توان از آنها برای کشاورزی استفاده کرد، همچنین ایجاد شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و احداث تأسیسات تصفیه فاضلاب صنعتی در محل کارخانجات و بیمارستانها نیز کمک مؤثری به جلوگیری از آلودگی سفره خواهد کرد.

- با توجه به نقشه هدایت هیدرولیکی آبخوان، قسمت عمده آب زیرزمینی از جنوب تا جنوب غرب مشهد (محدوده کوهسنگی، رضاشهر تا شهرک نجفی) وارد آبخوان شهر مشهد می‌شوند و لذا باید برای

حفاظت کیفی آب زیر زمینی و احداث شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب خانگی به این مناطق توجه ویژه‌ای نمود.

- با توجه به اینکه تأمین آب مشهد متکی به آبهای زیرزمینی می‌باشد و حدود ۸۶ درصد آن از آبهای زیرزمینی استحصال می‌گردد نسبت به ایجاد حریم‌های لازم برای چاههای آب شرب و کاهش بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی اقدام گردد.

- در صورت نیاز به حفر چاه جدید، این چاهها در جاهایی حفر گردند که بافت خاک ریزدانه باشد زیرا در این مکانها هم آلودگی آب کمتر می باشد هم از بالا آمدن سطح آب جلوگیری می شود. همچنین با توجه به حرکت آب از غرب به شرق بهترین حالت آن این است که این چاهها در غرب مشهد (خارج شهر) حفر گردند تا احتمال آلودگی آب کمتر شود. انتقال صنایع آلوده‌کننده از مناطق غربی به شرق مشهد که دارای نفوذپذیری کمتری هستند کمک مؤثری به آن می‌کند.

۶-۲-۲- مواردی که نیاز به مطالعه بیشتر دارد:

جهت بررسی دقیق‌تر نحوه آلودگی شهری و کنترل آلودگی توصیه می‌گردد که نسبت به نصب تعداد بیشتری پیزومتر در سطح شهر اقدام گردد و با روش مدلسازی رفتار آب زیرزمینی و تأثیر شهرسازی بر آن دقیق‌تر بررسی گردد. بانک اطلاعاتی جهت ثبت نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه ها و سایر مشخصات چاه‌ها ایجاد شود و همچنین نرم‌افزار مناسب برای مدلسازی کمی و کیفی آبخوان خریداری شود.

- عملیات ژئوفیزیک در شهر مشهد جهت شناسایی دقیق سنگ‌کف و عمق آن اجرا گردد. سپس حفاری اکتشافی همراه با عملیات چاه‌پیمایی جهت شناسایی لنزهای رسی موجود در آبخوان و انجام مطالعات دانه‌بندی مواد متشکله آبخوان صورت پذیرد، و تحت یک پروژه اقدام به شناسایی کامل آبخوان شود.

- آزمایش‌های پمپاژ در محدوده شهر مشهد در چاهها به طور کامل انجام شود و با انجام آزمایشهای مختلف ردیابی میزان پخشیدگی طولی و عرضی آبخوان در جهات افقی و قائم و همچنین طول پخش و ضریب جذب آبخوان محاسبه شود. نتایج این آزمایشها زمینه و بستر مناسب را برای بررسی مدل‌های آلودگی و کیفی فراهم می‌آورد. مطالعات ایزوتوپی محیطی برای تعیین سن، منشأ آب زیرزمینی و عوامل آلاینده انجام گیرد.

- حریم کیفی چاههای آب شرب شهر مشهد مشخص شود. چون شهر مشهد یکی از معدود شهرهای پرجمعیت دنیاست که حدود ۵۰ درصد از حجم آب مصرفی شرب آن از مناطق مسکونی شهری تأمین می‌شود.

- در تعیین مکان قناتهای قدیمی مطالعات بیشتری انجام گیرد، همچنین مسولان باید در نگهداری و تشخیص محل قناتها بکوشند و در صورتی که قناتی خشک و غیرقابل استفاده است نسبت به پرکردن قسمتهای مشکل آفرین آن اقدام نمایند. از طرف دیگر مهندسان و شهرسازان نیز باید در زمان طراحی

سازه‌ها، با رجوع به نقشه‌ها و تشخیص مسیر قنات‌ها تمهیدات مهندسی لازم را به کار بندند. همچنین در جاهایی که کاملاً بر روی مسیر قنات قرار گرفته و اثرات نشست زمین در بناهای مجاور مشهود است باید از احداث ابنیه مرتفع و مهم مثل بیمارستان، خوداری شود. در چنین شرایطی، شاید بهترین راه حل جابجایی محل سازه است.

منابع

منابع فارسی

- بربریان، م. (۱۳۶۱)، گزارش بررسی مقدماتی گسلهای اطراف محل نیروگاه طوس، سازمان زمین-شناسی ایران.
- بربریان، م. و قرشی، م. و شجاع‌طاهری، ج. و طالبیان، م. (۱۳۷۸)، پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین‌ساخت و خطر زمین لرزه - گسلش در گستره مشهد - نیشابور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، کتاب شماره ۷۲.
- ترابیان، ع. غفارزاده، م. و امین زاده، ب. (۱۳۷۹)، دنیتریفیکاسیون آب آشامیدنی با استفاده از راکتورهای بیولوژیک با بستر ثابت و جریان رو به بالا، آب و فاضلاب، شماره ۳۶، صفحات ۱۷-۱۲.
- ترحمی، ا. (۱۳۷۶)، اثرات اقتصادی- اجتماعی افت سطح آب و نشست زمین بر اثر تخلیه بی‌رویه آب زیرزمینی در دشت مشهد، فصلنامه آب و توسعه، شماره ۱۶، صفحات ۵۹-۵۴.
- جوشش، ج. (۱۳۷۴)، بررسی اثرات اجرای طرحهای آب و فاضلاب بر کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۷ صفحه.
- حافظی‌مقدس، ن. (۱۳۸۵)، گزارش زمین‌شناسی مهندسی پروژه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر مشهد، سازمان مسکن و شهرسازی خراسان رضوی.
- خزائی، ا. (۱۳۸۰)، تأثیر گسترش شهری بر کیفیت آب زیرزمینی زاهدان، مجله آب و فاضلاب شماره ۳۸، صفحات ۳۱-۳۸.
- رخشنده‌رو، غ. و بشارت‌نیا، آ. (۱۳۸۰)، بررسی پارامترهای پخش آلودگی در آبهای زیرزمینی، مطالعه موردی محل دفن زباله شیراز، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، جلد دوم، صفحات ۶۴۸-۶۳۹.
- رقیمی، م. و خادمی، س.م. (۱۳۸۰)، بررسی میزان نیترات و کلراید در آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی: شهر گرگان)، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، جلد دوم، صفحات ۷۴۲-۷۲۳.
- سماواتی، ع. (۱۳۷۲)، ترکیبات نیتروژن در آب، مجله آب و محیط زیست، شماره هفتم، ۱۵-۱۲.

سیادتی مقدم، س.م.ج. (۱۳۸۳)، بررسی مدل کمی و کیفی دشت مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی.

شارکی، ن. (۱۳۸۴)، بررسی زمین شناسی مهندسی نواحی جنوب مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۶ صفحه.

شاهپسندزاده، م. و رقیمی، م. و خادمی، س.م. (۱۳۸۳)، اثرات زیست محیطی توسعه شهری بر آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی گستره گرگان، شمال خاور ایران، مجله علوم زمین، شماره ۵۴، صفحات ۴۸-۵۵.

شرکت سهامی آب و منطقه‌ای خراسان، (۱۳۷۳)، نفوذ فاضلاب و تأثیر آن بر سفره آب زیرزمینی دشت مشهد.

شرکت سهامی آب و منطقه‌ای خراسان، معاونت مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۸۴، بیان آبی دشت نمونه مشهد.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳)، استفاده از آبهای غیرمتعارف (فاضلاب) در دشت مشهد (سنتز مطالعات و تأثیر کمی و کیفی بر آبخوان شهر مشهد)، کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان.

عودی، ق. (۱۳۷۳)، کیفیت آب آشامیدنی، انتشارات محقق، مشهد، ۱۴۷ صفحه.

غنی زاده، ق. و یزدانبخش، ا. (۱۳۷۹)، تأثیر عوامل محیطی و کیفیت فاضلاب بر فرایند نیترات سازی، مجموعه مقالات سومین همایش کشوری بهداشت محیط، جلد دوم، صفحات ۶۴۵-۶۵۴.

غیاثیان، ح. و مرادی، م. (۱۳۸۱)، تأثیر آب سولفات بر مقاومت CBR خاک اصلاح شده با آهک، سومین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران (پژوهشگاه نیرو-تهران).

قزی، ا. (۱۳۸۴)، مکانیابی محل دفع بهداشتی مواد زائد بیمارستانی شهر مشهد با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۵۳ صفحه.

قهرمان، ب. حسینی، س. م. داوری، ک. (۱۳۸۳)، تغییر روابط بارش رواناب در شرایط مختلف اقلیمی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان.

کمالی زاد، ع. (۱۳۶۴)، راهنمای آب، انتشارات ایران علمی، تهران، ۳۲۶ صفحه.

لشکری پور، غ.ر. و غفوری، م. (۱۳۸۱)، بررسی وضعیت نیترات در آبهای زیرزمینی مشهد مجله آب و فاضلاب شماره ۴۱، صفحات ۷-۲.

لشکری پور، غ. و غفوری، م. و سویزی، ز. و پیوندی، ز. (۱۳۸۴)، افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحات ۱۲۴ - ۱۳۲.

لطیف، م. (۱۳۸۱)، بررسی آلودگی نیترات و منشأیابی آن در آبهای زیرزمینی دشت مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷ صفحه.

ماناهان، آ. (۱۳۷۸)، شیمی محیط زیست، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

نبی‌زاده، ن.ر. و فائزی رازی، د. (۱۳۷۵)، رهنمودهای کیفیت آشامیدنی (ترجمه)، انتشارات نص، چاپ اول.

نبوی، م. ج. (۱۳۶۱)، دریافت‌هایی پیرامون خاستگاه و بنیان زونهای ساختاری - رسوبی در ناحیه سمنان، دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور ۲۵-۲۸ بهمن، صفحات ۱ تا ۴. نبی‌زاده، ن.ر. و فائزی رازی، د. (۱۳۷۵)، رهنمودهای کیفیت آشامیدنی (ترجمه)، انتشارات نص، چاپ اول.

نفری، م. (۱۳۸۲)، بررسی روشهای ضدعفونی آبهای آشامیدنی، بهداشتی و صنعتی، انتشارات سرسبز. ولایتی، س. و توسلی، س. (۱۳۷۰)، منابع و مسائل آب استان خراسان، فصلنامه آب و توسعه، شماره ۱، صفحات ۴۵ تا ۵۵.

ولایتی، س. و توسلی، س. (۱۳۷۰)، منابع و مسائل آب خراسان، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی مشهد، چاپ اول، صفحات ۶۸-۷۰.

ولایتی، س. (۱۳۸۰)، مطالعه کیفی بخش عمیق آبخوان دشت مشهد، سازمان آب و فاضلاب مشهد، ۲۷۰ صفحه.

یوسفی، ع. (۱۳۸۳)، بررسی زمین‌شناسی مهندسی زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک مسیر قطار شهری مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۱۸ صفحه.

References

- Akan, O. A., (1993). "Urban stormwater hydrology. Lancaster", Technomic Publishing Co., Inc.
- Alavi, M., (1991). "Sedimentary and structural characteristics of The Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran", *Geol. Soc. America Bulletin* 103: 983-992.
- Alkoz, F. F., Koral, T. S, and Yuzer, N., (1995). "Effects of sodium sulfate concentration on the sulfate resistance of mortars with and without silica fume" *Journal of Cement and concrete Research*, vol. 25, no. 6.
- Altissimo, L., malagoli, M., Marcomini, A., and Stelluto, S., (1993). "Inorganic contaminants in Groundwater/Aquifers," in *groundwater Contamination and control*, U. Zoller, ed. New York Marcel Dekker, Inc.
- Berberian, M., (1981). "Active faulting and tectonics of Iran. In: Gupta, H. K. and delany, F. M., (eds.) *Zagros-Hindukosh. Himalaya Geodynamic evolution*". Am. Geophys. Union and Geol. Soc. Am., *Geodynamics series*, 3, 33-69.
- Berberian, M., and King, G.C.P., (1981). "Towards a Paleogeography and Tectonic evolution of Iran". *Can. J. Earth sci.*, 18, 210-265.
- Berberian, M., (1983). "Continental deformation in the Iranian Plateau contribution to the seismotectonics of Iran", part IV *Geol. Surv. Iran*, 57,700p.
- Beresford, s. A., (1985). "Is nitrate in drinking water associated with gastric cancer in the urban UK", *international journal of Epidemiology* 14, 57-63.
- Bianci, H., and Lopardo, R., (2003). "Diagnosis and mitigation of groundwater level rise in a highly populated urban system", *Proceeding for the congress of international Association of Hydraulic Research*, V. 30, pp 629-636.
- Boettner, E., A., and F. I., Grunder. (1968). "Water analysis by atomic absorption and flameless emission Spectroscopy", in R. A. W. ker, ed. *Trace Inorganics in Water*, pp. 236-246,.
- Boulgar, P. R., Kehew, A. E., & Nelson, R. A., (1989). Dissimilatory nitrate reduction in a waste-water contaminated aquifer. *Groundwater*, 5: 664-671.
- Carmon N, Shamir U., (1997). "water-sensitive urban planning: Protecting groundwater". *J Environ Planning Manage* 40(4): 413-435.
- Chapman, D. (1992). "water quality assessments", E and FN spon.

Cronin, A.A., Taylor, R.G., Powell, K.L., Barrett, M.H., Trowsdale, S. A., and Lerner, D.N., (2003). "Temporal variations in the depth-specific hydrochemistry and sewage-related microbiology of an urban sandstone aquifer, Nottingham, United Kingdom". *Hydrogeology Journal*, 11, 205-216.

Davraz, A., Karaguzel, R., and Soyaslan, L. L., (2003). "The importance of hydrogeological and hydrological investigations in the residential area: A case study in Burdur, Turkey", *Environmental geology*, no 44.

Fetter, C. W., (1994). "Applied Hydrogeology".

Foster, S.S.D., Morris, B.L., and Chilton, P .J., (1999). "Ground water in urban development: A Review of linkage and concerns", IAHS publication, no.259.

Foster, S.S.D., Morris, B.L., and Chilton, P .J., (1999). "Ground water in urban development : A Review of linkage and concerns", IAHS publication, no.259.

Foster, S. S. D.,(2001). "The interdependence of groundwater and urbanization in Rapidly developing cities", *journal of urban Water*, 3:209-215.

Green, M., and Shelef, G., (1993). "Treatment of Nitrate-Contaminated Groundwater for Drinking Purposes," in *Groundwater Contamination and Control*, U. Zoller, ed., New York: Marcel Dekker, Inc..

Grier, N., (1981-1982). "Backyardbpoison: A Look at Urban pesticide use", *Northwest Coalition Alternatives to pesticide news*, 3(1): 50-51.

Guansekaram T., (1983). "Groundwater contamination and case studies in Jaffna Peninsula", sri Lanka IGS-WRB Workshop on Groundwater resources, Colombo..

Hamilton P. A., & Helsel, D. R., (1995). "Effects of agriculture on ground-water quality in five regions of United States". *Groundwater*, 33: 217-226.

Hantzsche, N. N., & Finnemore, M., (1992). "Predicating Groundwater nitrate impacts". *Groundwater*, 30: 490-500.

Hem, J. D., (1982). "Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water". 3rd edition, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 264pp. 1985

Matthess, G., (1982). "The Properties of Groundwater". New York: John, Wiley and Sons, Inc..

Job, C., (1996). "Benefites and Costs of Wellheads Protection," *GWMR*, spring 16(2): 65.

Kazemi, G. A., (2003). "Quality and vulnerability of groundwater in the Shahrood District, northeast Iran". *Proceedings of International Conference on Groundwater in Fractured rocks*, September 15-19, Prague, PP 209-210.

- Kazemi, G. A., (2004). "Temporal changes in the physical properties and chemical composition of the municipal water supply of Shahrood, northeastern Iran". *Hydrogeology Journal*, 12, 723-724.
- Kimmel, G. E., (1972). "Nitrogen Content of Groundwater in Kings county, Long Island, New York", U. S. Geological Survey Prof. paper 800-D, pp. D199-D203.
- Kolbach, P., and Hausmann, G., (1934). "Influence of Sulphates and Chlorides of Alkaline Earths in the brewing liquor on the composition of wort," *Water Pollution Abstract*, 7.
- Kakar Y. P., and Bhatnagar N. C., (1981). "Groundwater pollution due to industrial effluents in Ludhiana, India" . In *quality of groundwater – studies in Environmental Science*, 17, 256-272.
- Klimas, A.A., (1995). "Impacts of urbanization and protection of water resources in the Vilnius District", Lithuania. *Hydrogeology Journal*, 3, 24-35.
- Krauskopf, K. B., (1967). "Introduction to Geochemistry". New York: McGraw-Hill book Co., 721pp.
- Lemer, D.N., (2001). "Urban Groundwater-an asset for the sustainable city", *Journal of European Water pollution control*, 6:43-51.
- Lemond, E., Morgan powell, E., and Dandelvin, G., (1999). "Nitrate and Groundwater, publications from Kansas State University". <http://www.oznet.ksu.edu>.
- Levallois, P., (1998). "Groundwater contamination in by nitrates associated with intensive potato culture in Quebec," *Science of the Total Environment*, 217(1-2): 91-101.
- Lotfi, S., (2001). "Remote sensing for urban growth in northern Iran". *Proceedings of ACRS 2001 - 22nd Asian Conference on Remote Sensing*, 5-9 November 2001, Singapore. Vol. 2, PP 1145-1147.
- Mandl, V., costa, J. S., and. Tunney, H., (1993). "Groundwater quality: criteria and standards," In *Groundwater contamination and Control*, U. Zoller, ed., New York:Marcel Dekker, Inc.
- Marin, L. A., (1983). "Nitrogen- isotope analysis of groundwater nitrate in carbonate aquifers: natural sources versus human pollution". *Journal of hydrology*, 61: 285-301.
- Marin, L. E., and Perry, E. c., (1995). "The hydrology and contamination potential of northwestern Yucatan, Mexico". *Geofis International* 33: 619-623.

Markowites, D., (1996). "Total quality watersheds," Water Environment & Technology, 8(8): 55-60.

Matcalf A., and Eddy, A., (1997). "Wastewater engineering: Treatment, Disposal, Resuse", McGraw Hill, co., New York.

Mayer, S., Carriere, P. E., Green, M. L., Mark, L., Mitchell, R., Pennell, k., Rubideau, A., Russell, k., Sandman, T., Todd, M., and Young, T., (1996). "Groundwater quality": Water Environment Research.

McFarlane, D.J., (1984). "The effect of urbanisation on groundwater quantity and quality in Perth, Western Australia". PhD thesis, University of Western Australia, Australia.

Mckee, J. E., and Wolf. H. E., (1972). "Water quality criteria. California State Water Resources Board, Publ". Sacramento, California, Pub. 3-A 1972.

Morris B L., Lawrence A. R., and Stuart M. E., (1994). "The impact of urbanization on ground water quality (Project Summary Report)", BGS Technical Report WC/94/56.

Morris, B.L., Lawrence, A.R., and Stuart, M., (1994). "Impact of urbanization on groundwater quality project summary report". Report WC/94/56, Prepared for the Overseas Development Administration Project 91/13. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham.

Murry-Rust, H.R., and Mamanpoush, A.R., (2000). "Analysis of inflows into Chadegan Reservoir", IAERI-IWMINResearch Report (in press).

Murry-Rust, H. R., and Mamanpoush, A. R., (2000). "Analysis of inflows into chadegan Reservoir", IAERI-IWMIN Research Report (in press).

National Research Concil (1994). "Ground water recharge using waters of imparied quality". Prepulition copy, Washington, D. C.: National Academy Press.

Novotny, V., (1998). "Nonpoint pollution and urban stromwater management". Lancaster, PA: Technomic Publishing Co., Inc.

Owe, M. P. J., Craul, P. J., and Halverson H. G., (1982). "Contamination levels in precipitation and urban surface runoff," Water Resources Bulletin, 18:863-868.

Pacheco A. J., and Cabera, S. A., (1997). "Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan pensuala, Mexico". Hydrogeological Journal, 5: 47-53.

Pitt, R., (1996). "Groundwater contamination from stormwater infiltration". Chelsea, MI: Ann arbor Press.

PRB (2005). Population reference bureau. www.prb.org/

Pye, V. I., Patrick, R., and Quarles J., (1983). "Groundwater contamination in the United State". Philadelphia,.

Sibson, H. R., (1974). "Frictional constraints on thrusts", Wrench and normal faults, *Nature*, 249(5454), 542-544.

Shohl, A. T., (1939). "Mineral metabolism. American chemical society monograph". No. 82, New York: Reinhold Pub. Co..

Sibson, H. R., (1975). "Generation of Pseudotachylite by ancient seismic faulting", *Geophys. J. R. Astr. S. C.* 43, 775-794.

Sommer, L. S., and Gillham, P. M., (1984). "Use of Nitrogen from agricultural industrial and municipal waste". *American Solid Science*, 2: 207-220.

Sopper, W. W., (1968). "Waste water renovation for reuse: Key to Optimum Use of Water Resources," *Water Research*, 2(7): 471-480.

Star, R. C., and Gillham, R. W., (1993). "Gentrification and organic carbon availability in two aquifers". *Groundwater*, 31: 934-948.

Staver, K. W., and Brinsfield. R. B., (1998). "Using winter cover crops to reduce Groundwater Nitrate contamination," *Journal of Soil and Water Conservation* 53(3): 230.

Stephens, J. B., and Carrasquillo, R. L., (1999). "Evaluating performance based test and specifications for sulfate resistance in concrete" Research Report, No. 1706-3, The university of Texas at Austin, May.

Todd, D. K., (2005). "Groundwater Hydrology", Third Edition, University of California; John Wiley & sons, Inc, 636 p.

Tomas, H. E., and Schneider, W. J., (1970). "Water as an urban resource and nuisance" U. S. Geological Survey Circ. 601-D, 9pp..

U. S., Environmental Protection Agency. (1990). "Ground water and Contamination," vol. I. EPA/625/6-90/016A. Sept.

Vladimir, N., (1995). "Nonpoint Pollution and urban stormwater management". Lancaster, PA: Technomic Publishing Co., Inc.

Williams, A. E., Lund, L. J., Johnson, J. A., and Kabala, Z. J., (1998). "Natural and Anthropogenic Nitrate Contamination of groundwater in Rural-Community, California," *Environmental Science and Technology*, 32(1): 32-39.

Wilhem, S. R., Schiff, S. L., and Cherry J. A., (1994). "Biochemical of domestic waste water in septic system conceptual model", Ground Water, V. 32, Np. 6 PP. 905- 915.

<http://www.abfamashhad.ir/>

<http://www.khrw.ir/>