دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه مازندران

عنوان درس: آب های زیرزمینی پیشرفته

Advanced Groundwater

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی و معادله بیلان آب زیرزمینی، اطلاعات و داده های آب های زیرزمینی و چگونگی ثبت و ضبط آن ها)

مدرس: دکتر محمود محمد رضاپور طبری

دانشیار گروه مهندسی عمران

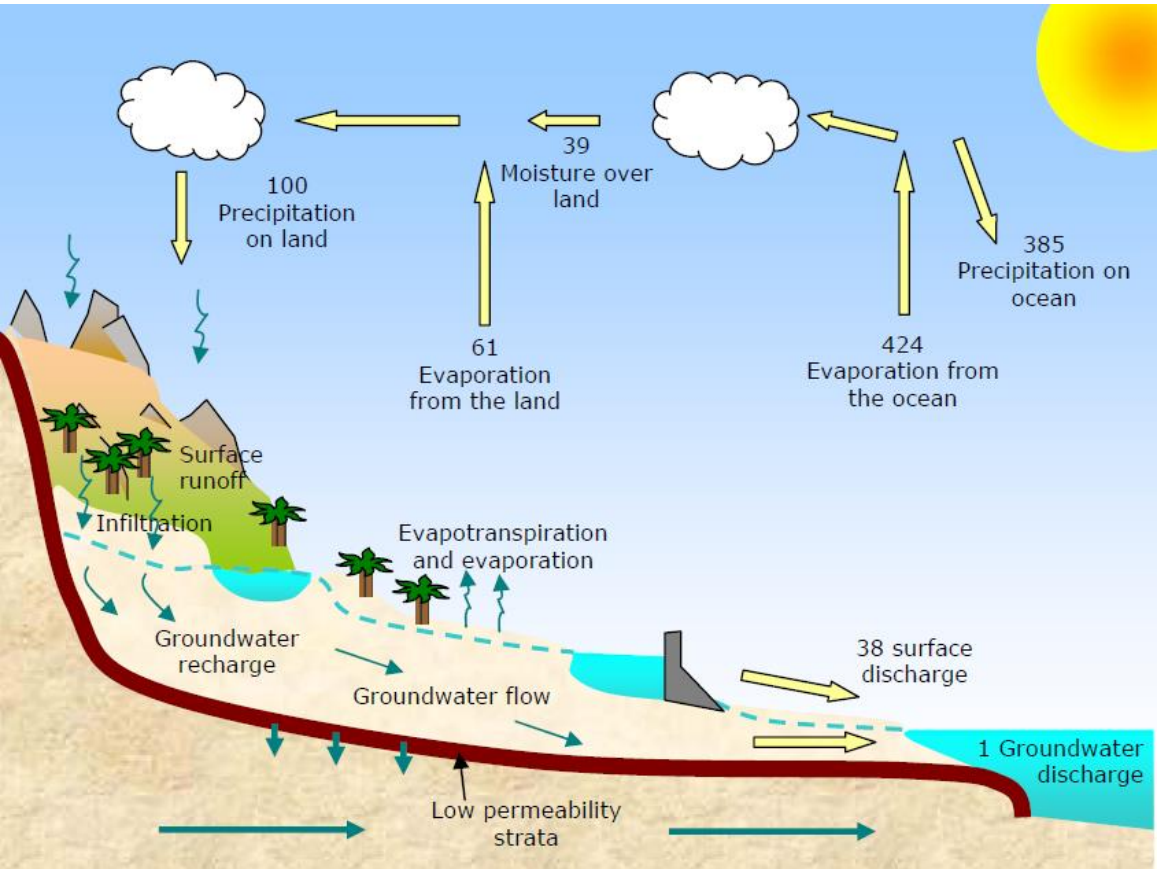
مقدمه مدلسازی

(سیکل هیدرولوژی و معادله بیلان آب زیرزمینی)

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

چرخه (سیکل) هیدرولوژی مشتمل بر فرآیندهای پیوسته ارائه شده در شکل زیر است:

- **تبخیر** آب از دریاها و سطح زمین باعث تشکیل بخار آب می‌شود که توسط جریان هوا به روی زمین منتقل می‌گردد.
- **بخار** آب، فشرده شده و بصورت بارش روی زمین و دریا نازل می‌شود.
- آب بارش ممکن است توسط گیاهان بصورت **برگاب** درآمده و جریان سطحی روی سطح زمین را شکل دهد و یا داخل زمین نفوذ کرده و با عبور از میان خاک، **جریان زیرسطحی** را تشکیل دهد و یا به صورت **رواناب سطحی** تخلیه شود.



- تبخیر از سطح زمین شامل **تبخیر مستقیم از سطح خاک و گیاهان و تعرق از گیاهان** می‌باشد. مجموع این فرآیندها تبخیر و تعرق (Evapo-transpiration) نامیده می‌شود.

آب نفوذی بداخل زمین ممکن است به اعماق پایین‌تر نفوذ کرده و سفره آب زیرزمینی را تغذیه نماید و سپس به صورت جریان چشمه یا نشت به رودخانه ظاهر شود که باعث تشکیل جریان رودخانه می‌شود.

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

یک سیستم هیدرولوژی به صورت ساختار یا حجمی در فضا که توسط مرزی احاطه شده است، تعریف می‌شود. این سیستم آب و سایر ورودی‌ها را دریافت کرده و با انجام عملیاتی بر روی آن‌ها، تولید خروجی می‌نماید.

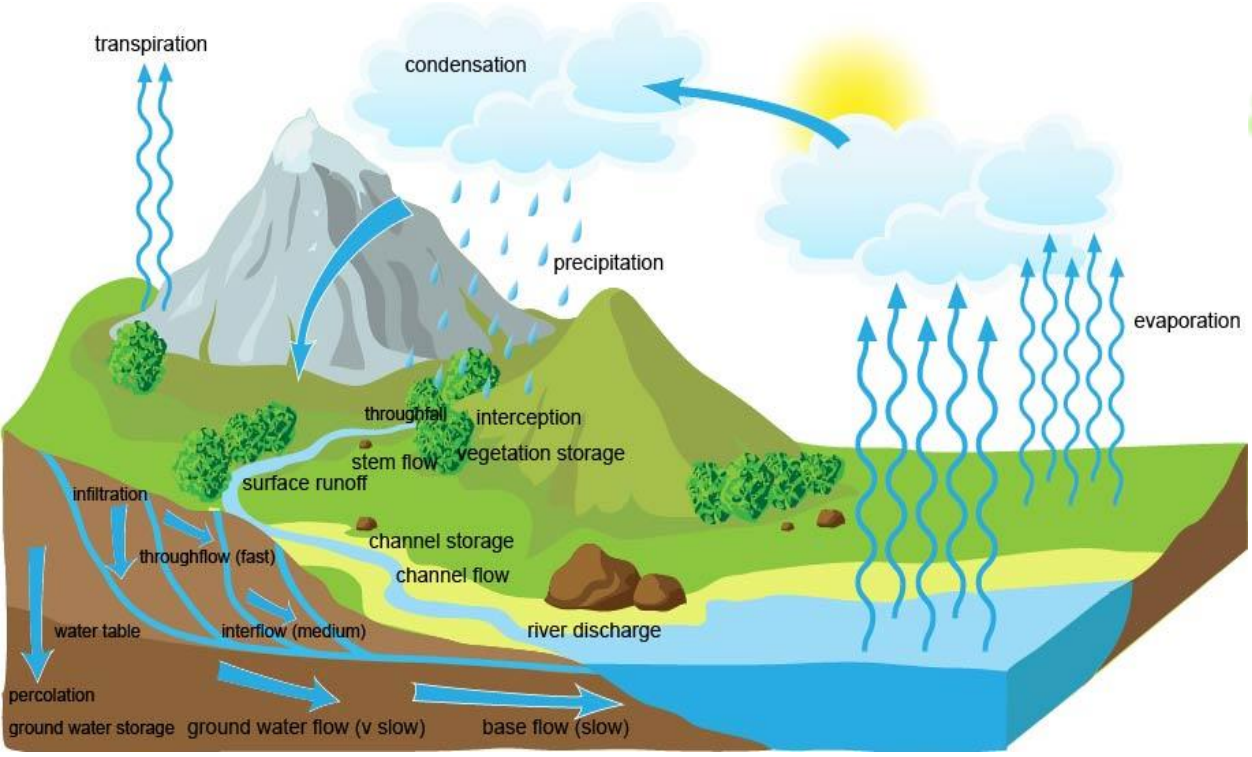
بطور کلی این ساختار (برای جریان سطحی یا زیرسطحی) یا حجمی در فضا (برای جریان اتمسفری)، مسیرهایی از جریان می‌باشند که از جایی‌که آب ممکن است وارد سیستم شود، شروع و تا نقطه‌ای که آب سیستم را ترک می‌نماید، پایان می‌یابند. در این سیستم، مرزها یک سطح پیوسته سه بعدی است که ساختار یا حجم را در برگرفته است.

عملیاتی که در این سیستم انجام می‌شود مشتمل:

۱- وارد شدن ورودی‌های سیستم

۲- واکنش سیستم با دیگر ساختارها و محیط

۳- تولید خروجی



فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر روی پارامترهای مؤثر سیستم عمل می‌کنند. عمده‌ترین پارامترهایی که در این سیستم جهت تحلیل هیدرولوژی بکار می‌روند عبارتنداز **آب، هوا و انرژی گرمایی**.

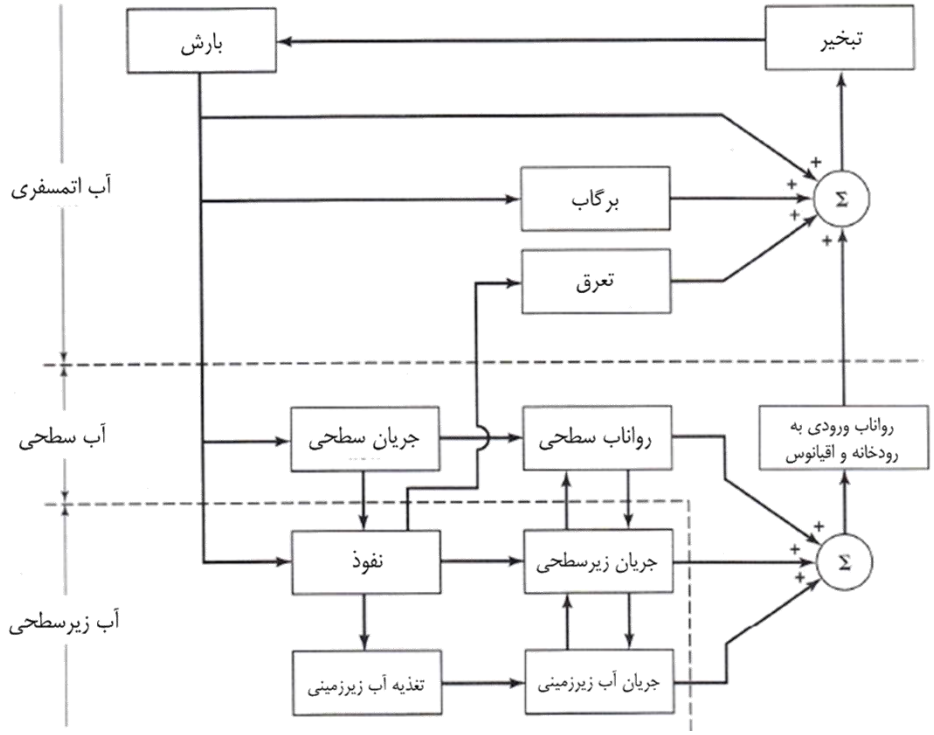
مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

چرخه هیدرولوژی می‌تواند به صورت یک سیستم مشتمل بر سه زیر سیستم تعریف شود:

۱- سیستم آب اتمسفری

۲- سیستم آب سطحی

۳- سیستم آب زیرسطحی

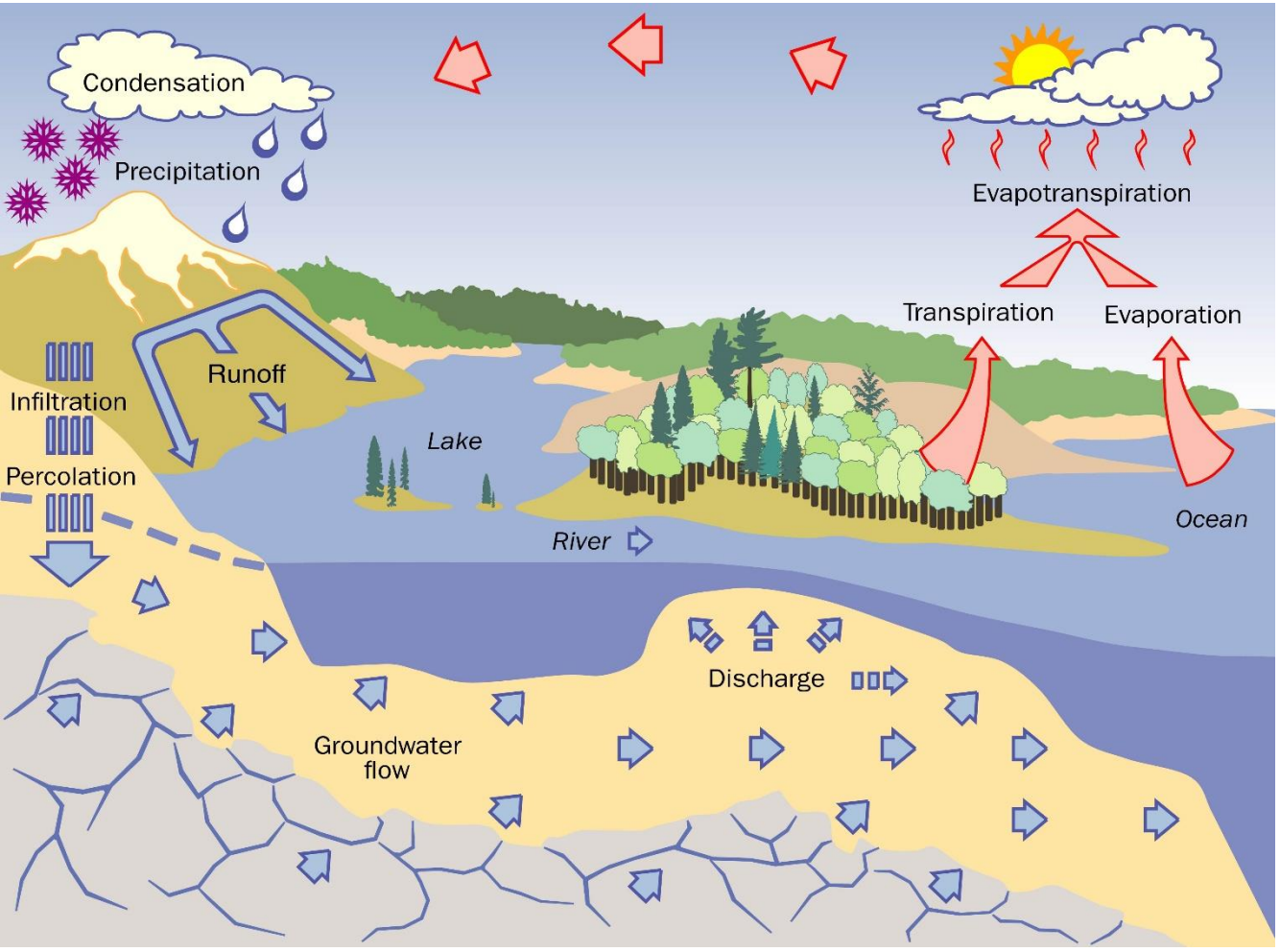


نمونه از این چرخه: فرآیندهای طوفان- بارش-رواناب در سطح حوضه آبریز است که می‌تواند به صورت یک سیستم هیدرولوژیک نشان داده شود. **بارندگی** بخشی از جریان ورودی است که به صورت زمانی و مکانی بر روی سطح حوضه آبریز توزیع می‌شود و **رواناب** بصورت جریان خروجی از حوضه آبریز در نظر گرفته می‌شود.

مرز، توسط مرز تقسیم حوضه آبریز تعریف می‌شود و به صورت عمودی در جهت بالادست و پایین‌دست تا قسمت مسطح گسترش می‌یابد.

سیستم جریان آب زیرزمینی در چرخه هیدرولوژی

آب زیرزمینی بخشی از سیستم چرخش آب زمین یا همان چرخه هیدرولوژی، می‌باشد. **سازندهای حاوی آب** در پوسته زمین به عنوان کانال‌هایی جهت انتقال آب و به عنوان مخزن جهت ذخیره آب عمل می‌کنند.



آب از سطح زمین و یا از منابع آب سطحی به این سازندها وارد می‌شود. سپس این جریان به کندی به مکان‌های مختلف منتقل شده و توسط جریان‌های طبیعی، گیاهان و فعالیت‌های انسانی به سطح زمین برمی‌گردد.

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

با توجه به سرعت کم جریان در منابع آب زیرزمینی، منابع عظیم و گسترده‌ای جهت تأمین آب شکل می‌گیرد. آب‌های زیرزمینی در زمانی که رواناب کم باشد و یا وجود نداشته باشد، **تقویت‌کننده** جریان رودخانه‌ها می‌باشند.

عمدتاً منشأ تمامی آب‌های زیرزمینی، **منابع آب سطحی** می‌باشند. همچنین منبع اصلی تغذیه طبیعی شامل بارش، جریان رودخانه، دریاچه‌ها و مخازن آب می‌باشد. سایر منابع که به عنوان تغذیه مصنوعی در نظر گرفته می‌شوند مشتمل بر آب مازاد آبیاری، نشت از کانال‌ها و آبی که با هدف افزایش ذخیره آب زیرزمینی بکار گرفته می‌شود، می‌باشد.

زمانی‌که آب از زیرزمین خارج می‌شود، تخلیه آب زیرزمینی رخ داده است. اغلب تخلیه‌های طبیعی بصورت جریانی که به منابع آب سطحی از قبیل **رودخانه‌ها، دریاچه ها و اقیانوس‌ها** وارد می‌شود، رخ می‌دهد. در سطح زمین بصورت چشمه ظاهر می‌شود. آب زیرزمینی نزدیک به سطح زمین ممکن است از طریق تبخیر از خاک و تعرق از گیاهان مستقیماً به اتمسفر برگردد. پمپاژ از چاه ها مهمترین تخلیه مصنوعی از آب زیرزمینی می‌باشد.

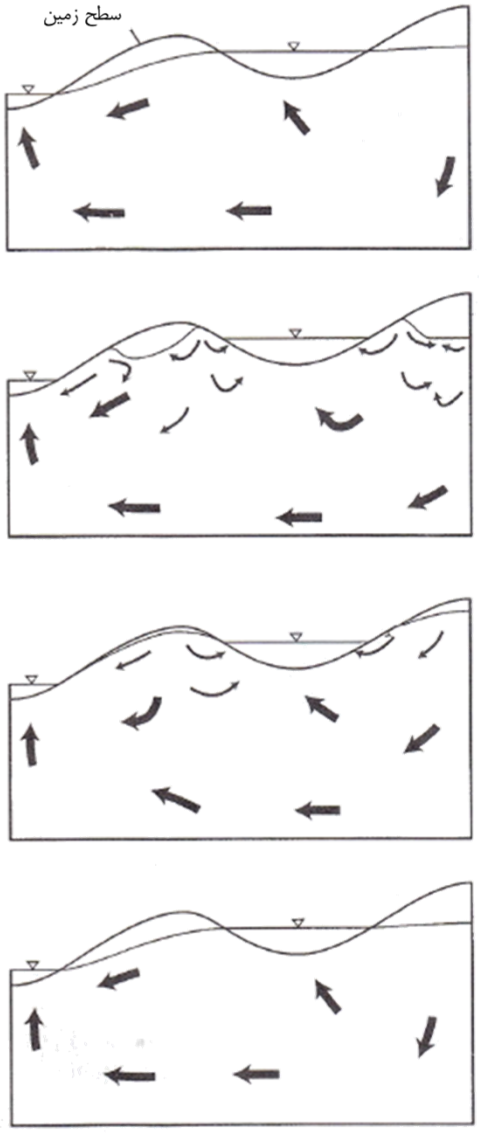
سیستم جریان آب زیرزمینی شامل **آب زیرسطحی، محیط متخلخل زمین‌شناسی محتوی آب، مرزهای جریان، منشأ** (رخنمون مناطق، رودخانه‌ها جهت تغذیه آبخوان) و **حفرات** (چشمه‌ها، جریان بین لایه‌های آبخوان و چاه‌ها برای استخراج جریان از آبخوان) می‌باشد. جریان آب به این سیستم وارد شده و در آن ذخیره می‌شود. تحت شرایط طبیعی، زمان انتقال آب زیرزمینی می‌تواند از کمتر از یک روز تا بیش از یک میلیون سال تغییر نماید. دامنه تغییرات سن آب از بارشی که در زمان اخیر رخ داده تا آب موجود در رسوبات که در زمان زمین‌شناسی ته‌نشین شده‌اند، متغییر می‌باشد.

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

بطور معمول تمام آب ناشی از بارش که نفوذ می‌کند، تغذیه نمی‌شود، اما در عوض در منطقه خاک ذخیره شده و سرانجام توسط تبخیر و تعرق گیاهان به اتمسفر بر می‌گردد. درصدی از بارش که بطور پراکنده تغذیه می‌شود بسیار متغیر بوده و به عواملی از قبیل **عمق سطح آب، خصوصیات خاک‌های سطحی، خصوصیات آبخوان** و .... بستگی دارد.

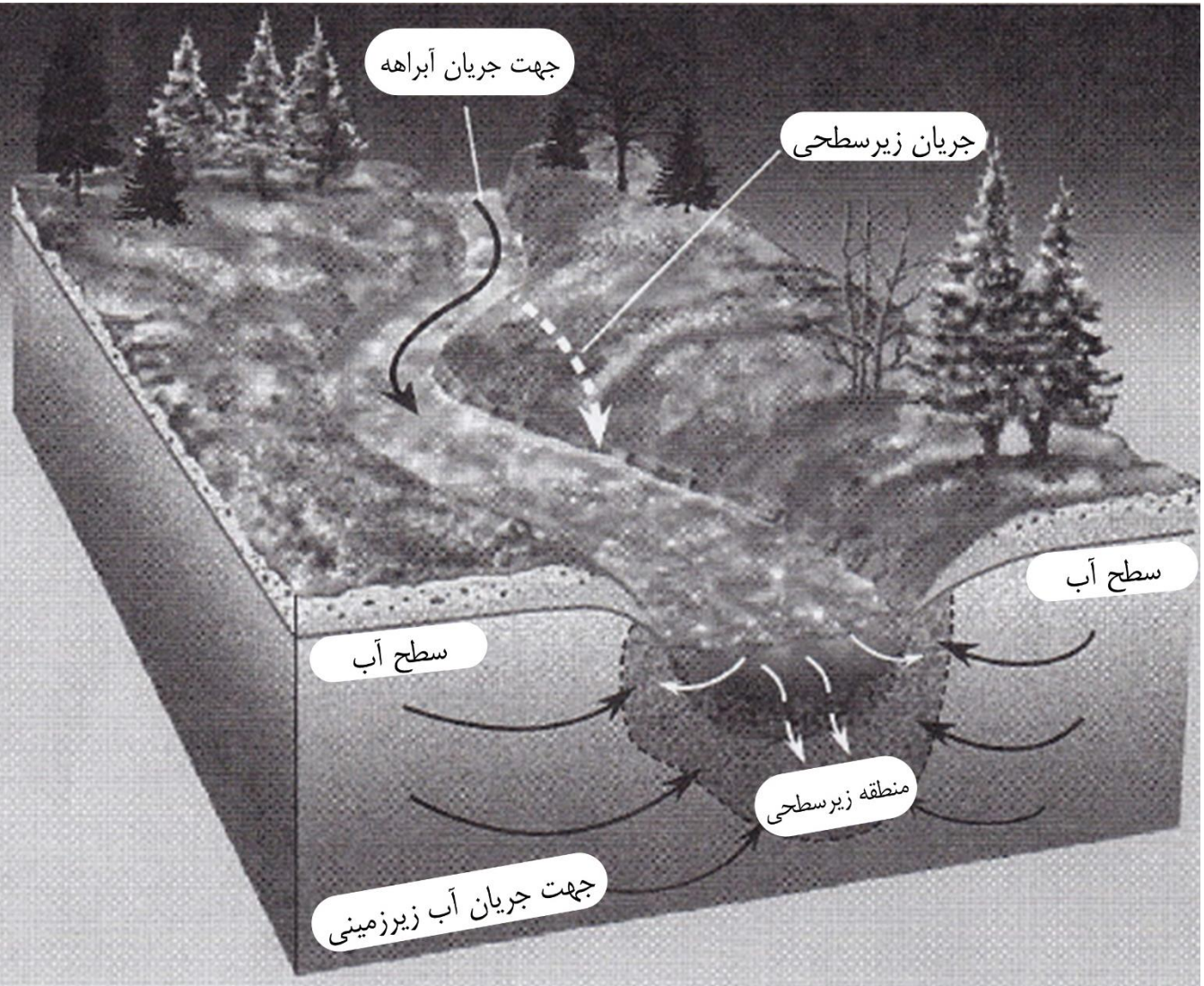
اندرکنش بین سیستم‌های آب سطحی و سیستم‌های آب زیرزمینی به عواملی از قبیل موقعیت سیستم آب سطحی نسبت به سیستم آب زیرزمینی، خصوصیات سیستم‌های آب سطحی و مواد تشکیل دهنده لایه زیرین این سیستم و آب و هوای منطقه بستگی دارد.

شکل مقابل تأثیر تغذیه موقتی از بارش را بر روی شکل سطح آب و جریان آب زیرزمینی وابسته به آن نشان می‌دهد.



مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

تبادلات آب در طول سطح مشترک آب سطحی و آب زیرزمینی می‌تواند نتیجه حرکت روبه پایین آب در داخل و خارج کف آبراهه و ساحل آن باشد.



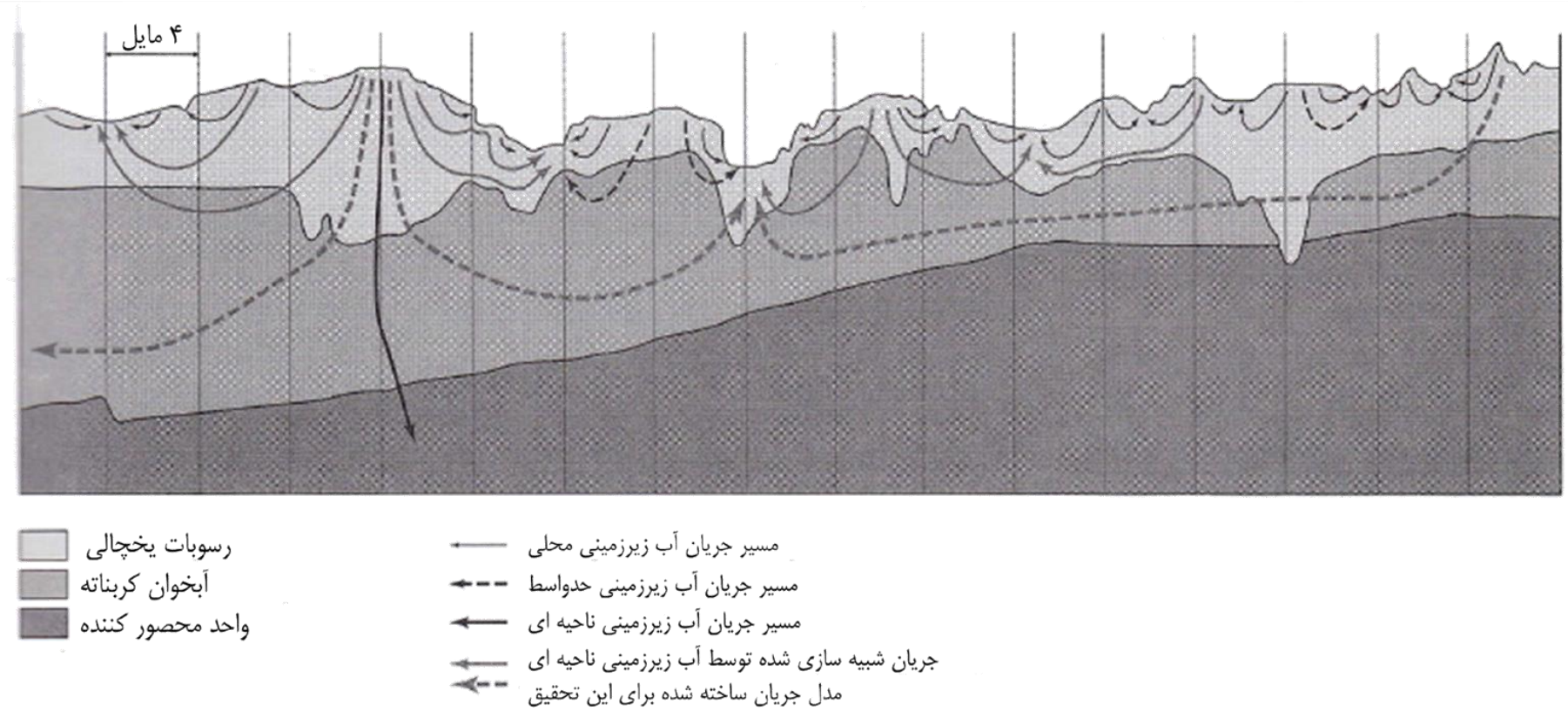
اشکال ژئومورفیک محلی از قبیل توپوگرافی کف آبراهه، ناهمواری کف آبراهه، مئاندر و ناهمگنی هدایت هیدرولیکی رسوبات که می‌تواند منجر به افزایش جریان محلی از کف و کناره‌های آبراهه شود.

به منطقه‌ای که در محیط زیرسطحی رودخانه آبراهه، که در آن تبادل آبی بین آب سطحی و زیرزمینی زیاد می‌باشد، قرار دارد، منطقه زیرسطحی (hyporheic) گفته می‌شود.

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

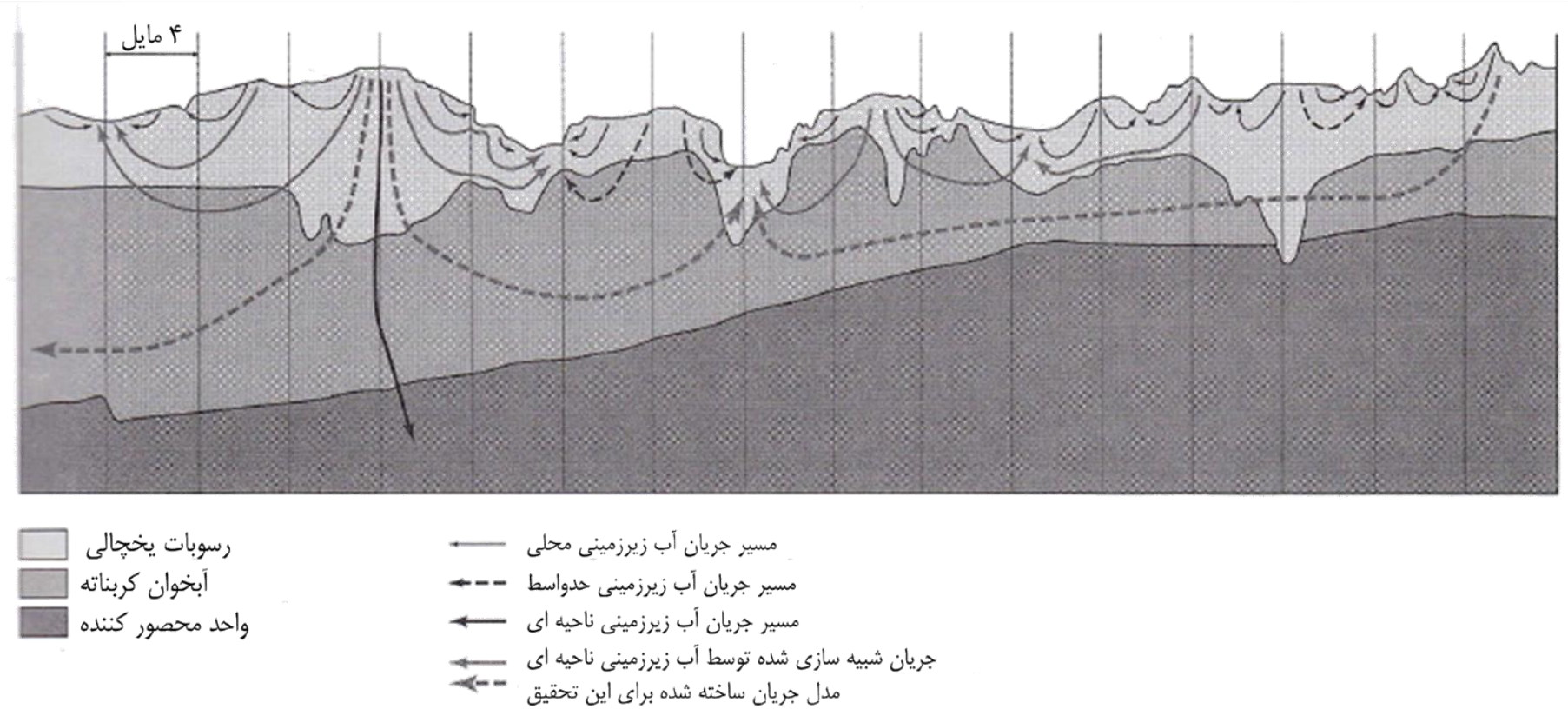
جریان در داخل سیستم آب زیرزمینی می‌تواند محلی، میان لایه‌ای و منطقه‌ای باشد.

مناطق تغذیه و تخلیه در سیستم محلی جریان آب زیرزمینی نزدیک به یکدیگر می‌باشد. تغذیه و تخلیه در سیستم جریان آب زیرزمینی میان لایه‌ای، توسط یک یا چند توپوگرافی کوتاه و بلند، از یکدیگر جدا می‌شوند. در سیستم جریان آب زیرزمینی منطقه‌ای، منطقه تغذیه در طول مرز تقسیم جریان آب زیرزمینی و مناطق تخلیه در بخش انتهایی زهکش اصلی تقسیم کننده آب قرار دارد. هر آبخوانی هر کدام از انواع سیستم‌های جریان را ندارد.



مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی)

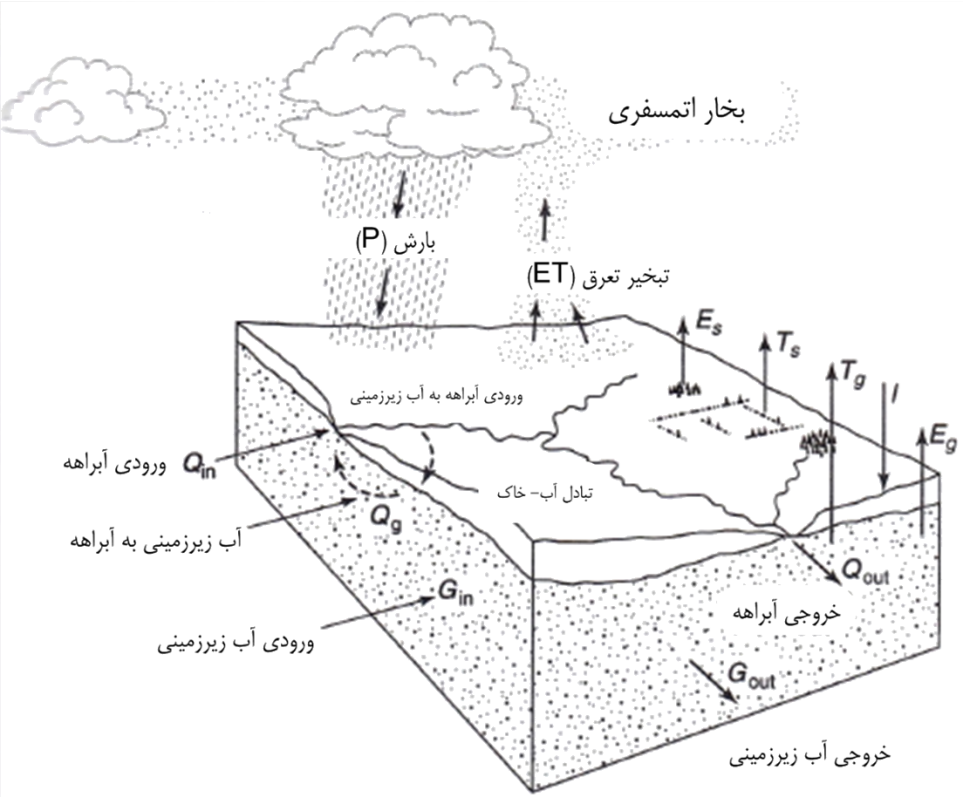
در یک سیستم آبخوان، بزرگترین مقدار جریان آب زیرزمینی، معمولاً در سیستم جریان محلی است که اغلب متأثر از تغییرات فصلی تغذیه می‌باشد. منطقه تغذیه این سیستم‌های جریان، بزرگترین بخش از سطح حوضه زهکشی را تشکیل می‌دهد و نسبتاً کم عمق بوده و دارای شرایط ناپایدار می‌باشد. سیستم‌های جریان منطقه‌ای از ناپایداری کمتری نسبت به سیستم‌های جریان میان لایه و محلی برخوردار می‌باشند.



مقدمه مدلسازی (معادله بیلان آب زیرزمینی)

بیلان هیدرولوژیک

یک بیلان هیدرولوژیک، بیلان یا موازنه آب، اندازه‌گیری پیوستگی جریان آب می‌باشد که برای هر دوره زمانی مقدار مشخصی را در خود نگه داشته و برای هر محدوده‌ای از مقیاس محلی تا مقیاس منطقه‌ای و یا برای هر حوضه آبریز تا کل مساحت زمین کاربرد دارد. برای این منظور هیدرولوژیست‌ها معمولاً یک سیستم باز را در نظر گرفته که در آن کمیت سیکل هیدرولوژی براساس معادله بقای جرم می‌باشد. بر مبنای این معادله، تغییرات ذخیره آب (ds/dt) با زمان برابر است با ورودی سیستم (I) منهای خروجی سیستم (O).



با توجه به سیستم باز شکل مقابل، معادله بیلان آب را می‌توان برای سیستم آب سطحی و سیستم آب زیرزمینی در واحد حجم بر واحد زمان **بصورت مجزا** و یا برای یک دوره زمانی و مساحت معلوم، بیان نمود.

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی و معادله بیلان آب زیرزمینی)

بیلان هیدرولوژیک سیستم آب سطحی

$$P + Q_{in} - Q_{out} + Q_g - E_s - T_s - I = \Delta S_s$$

P: بارش

Q_{in}: جریان آب سطحی ورودی به سیستم

Q_{out}: جریان آب سطحی خروجی از سیستم

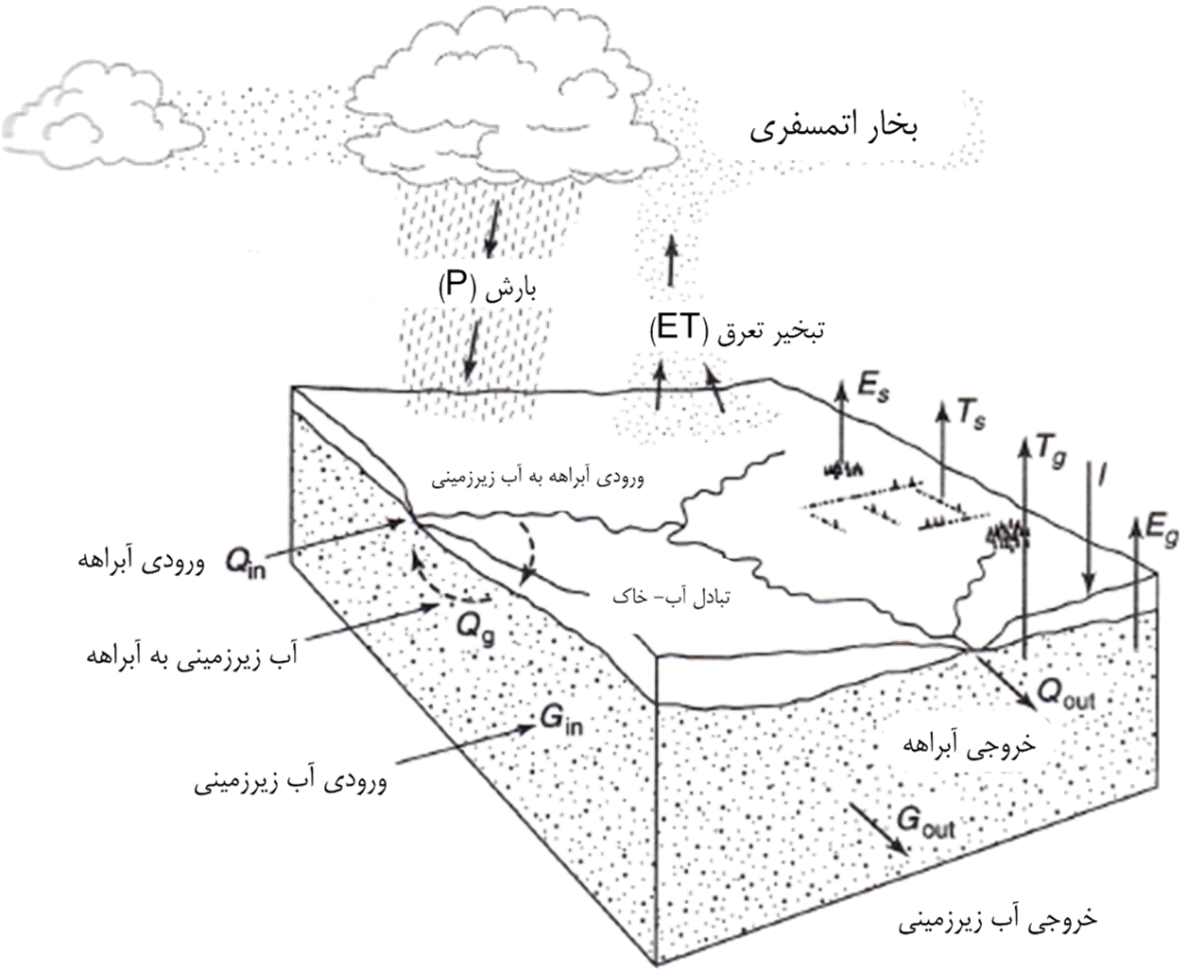
Q_g: جریان آب زیرزمینی ورودی به سیستم

E_s: تبخیر از سطح

T_s: تعرق

I: نفوذ سطحی

ΔS: تغییر ذخیره آب در سیستم آب سطحی



مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی و معادله بیلان آب زیرزمینی)

بیلان هیدرولوژیک سیستم آب زیرزمینی

بیلان آب زیرزمینی شکل ویژه‌ای از بیلان عمومی آب است که در آن عوامل متعدد آب ورودی و خروجی و تغییرات ذخیره در منابع آب زیرزمینی یا یک آبخوان واحد زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد. محاسبه این عوامل پیچیده‌تر از عوامل مرتبط با بیلان عمومی آب می‌باشد. تعداد اندکی از این عوامل به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری و یا محاسبه بوده و برخی را می‌توان از اختلاف حجم و یا نسبت‌های بین آب‌های سطحی و عوامل دیگر مثل تبخیر بدست آورد و پاره‌ای را تنها می‌توان به صورت تخمینی ارزیابی نمود. در بیلان آب زیرزمینی لازم است کلیه اجزاء تغذیه با تمام اجزاء تخلیه هماهنگ گردند و هر نوع اختلافی با تغییرات محاسبه شده در ذخیره آب زیرزمینی باید قابل توجیه باشد.

در محدوده‌هایی که **ازدیاد دائمی تغذیه نسبت به تخلیه** از منابع آب زیرزمینی وجود دارد این اضافه آب خود را به صورت افزایش ذخیره و زیاد شدن آب چشمه‌ها، قنات‌ها، زهکش‌ها و تبخیر از آب زیرزمینی و باطلاقی شدن قسمتی از زمین‌ها نشان خواهد داد. بر عکس در نواحی که به علت وضعیت آب و هوایی و یا برداشت بی‌رویه **کمبود دائمی تغذیه نسبت به تخلیه** دیده می‌شود با کاهش در ذخیره و کم شدن آب از زهکش‌ها، تبخیر از سطح سفره آبخوان، آبدهی چشمه‌ها، قنوات و حتی چاه‌ها مواجه خواهد شد.

بیلان هیدرولوژیک سیستم آب زیرزمینی

حال چنانچه در اثر اضافه برداشت، دیگر امکان کاهش از ذخیره آب زیرزمینی وجود نداشته باشد آبخوان به سمت خشک شدن پیش رفته و تخلیه از آب زیرزمینی به صورت طبیعی و یا مصنوعی با کاهش آبدهی منابع بهره‌برداری‌کننده و خشک شدن قسمتی از آن‌ها تا رسیدن به میزان تغذیه، تعدیل می‌یابد.

جهت تهیه بیلان آب زیرزمینی آبخوان هر دشت لازم است در یک دوره زمانی مشخص، تغییر حجم آب مخزن (ΔV) که تابعی از جریان‌های ورودی و خروجی از سفره آب زیرزمینی می‌باشد تعیین گردد.

(تغییرات حجم مخزن) ΔV = میزان جریان خروجی − میزان جریان ورودی

مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی و معادله بیلان آب زیرزمینی)

بیلان هیدرولوژیک سیستم آب زیرزمینی

با توجه به پارامترهای تأثیرگذار بر جریانات ورودی و خروجی از آبخوان و جایگزینی هر یک از آن‌ها در رابطه بیلان، می‌توان معادله بیلان آب زیرزمینی را به صورت زیر ارائه نمود:

$$(Q_{in} + R_P + R_r + R_I + R_s) - (P_w + P_g + Q_{out} + E_w) = \pm\Delta V$$

Q_{in} : جریان‌های ورودی زیرزمینی به سفره آب زیرزمینی دشت

R_P: میزان نفوذ از طریق نزولات جوی به سفره آب زیرزمینی

R_r: میزان نفوذ از طریق جریان‌های سطحی

R_I: میزان نفوذ در سطح مزارع از طریق آبیاری مزارع و فضای سبز

R_s: میزان نفوذ فاضلاب‌های شهری و صنعتی

P_w: میزان برداشت از سفره بوسیله چاه‌ها

P_g: میزان برداشت از سفره بوسیله قنوات و چشمه‌ها

Q_{out}: میزان جریان‌های خروجی زیرزمینی از سفره

E_w: میزان تبخیر و تعرق از سطح سفره آب زیرزمینی

$\pm\Delta V$: تغییرات حجم مخزن

ΔV مثبت، نشان‌دهنده افزایش تراز سطح آب آبخوان (بیلان مثبت) و ΔV منفی، نشان‌دهنده کاهش تراز سطح آب آبخوان است (بیلان منفی).

بیلان هیدرولوژیک سیستم آب زیرزمینی

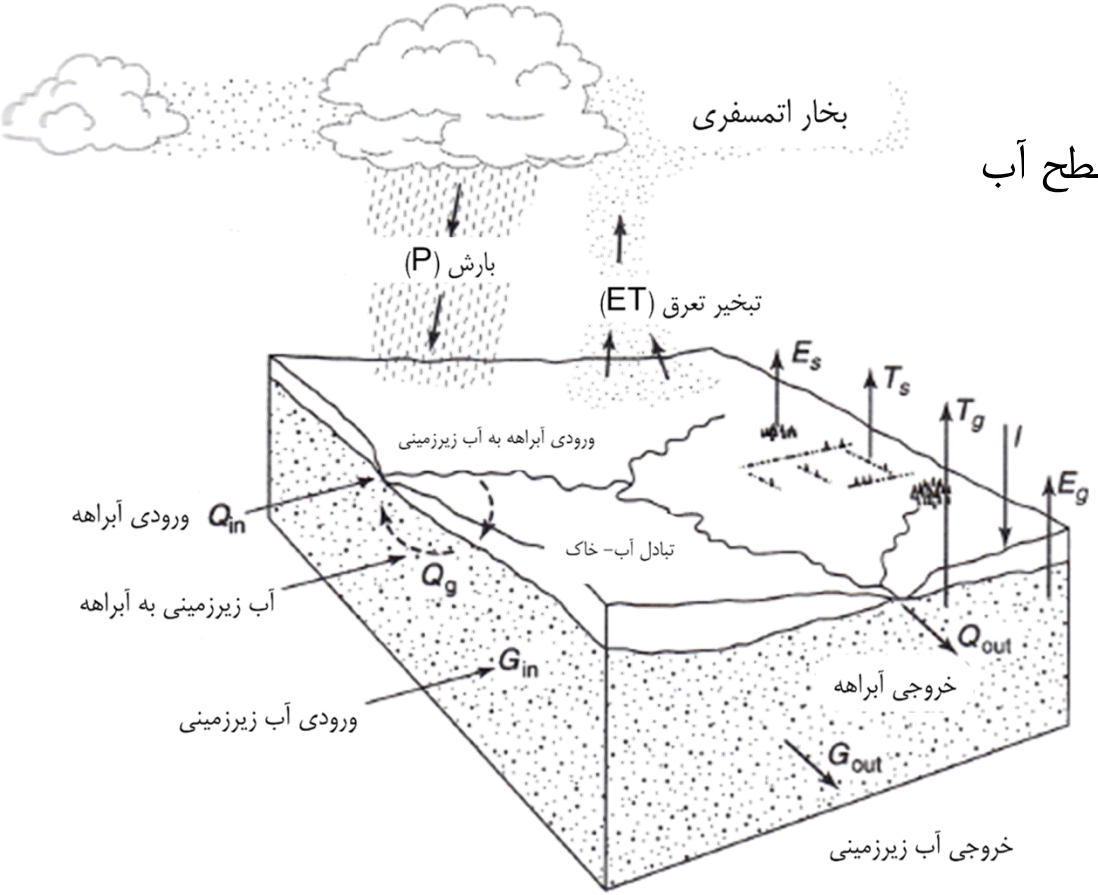
$$I + G_{in} - G_{out} - Q_g - E_g - T_g = \Delta S_g$$

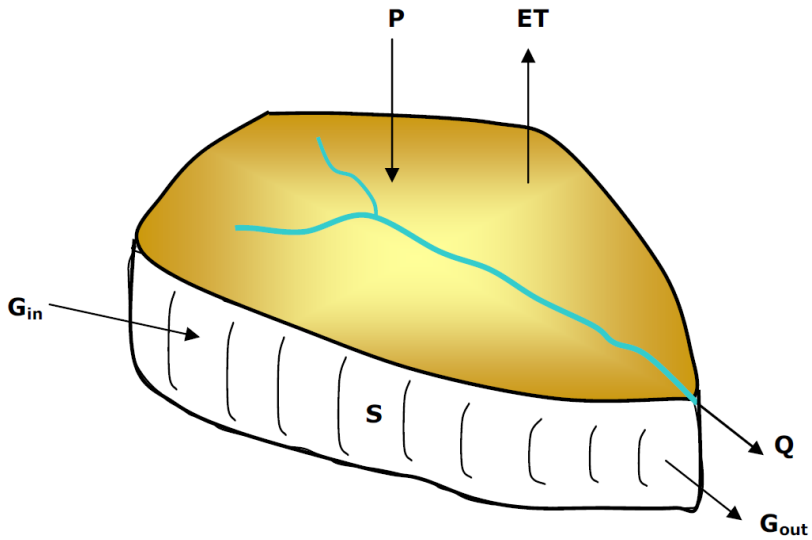
G_{in}: جریان آب زیرزمینی ورودی به سیستم

G_{out}: جریان آب زیرزمینی خروجی از سیستم

ΔS: تغییر در ذخیره آب زیرزمینی

تبخیر E_g و تعرق T_g زمانی اهمیت دارد که سطح آب نزدیک به سطح زمین باشد.





مقدمه مدلسازی (سیکل هیدرولوژی و معادله بیلان آب زیرزمینی)

بیلان سیستم هیدرولوژیک

با ادغام دو معادله بیلان هیدرولوژیک سیستم آب سطحی و زیرزمینی، می‌توان بیلان سیستم هیدرولوژیک را بصورت زیر ارائه نمود:

$$P - (Q_{out} - Q_{in}) - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_{out} - G_{in}) = \Delta(S_s + S_g)$$

با استفاده از معادله تبادلات جرمی خالص معادله بیلان سیستم هیدرولوژیک را می‌توان بصورت زیر تشریح نمود:

$$P - Q - G - E - T = \Delta S$$

مؤلفه بیلان		تغذیه	تخلیه
جریان ورودی از مرز آبخوان		۱۱۶/۰۷	
نفوذ از بارندگی		۱۲/۶۶	
نفوذ از جریانات سطحی		۳۰/۸۱	
آب برگشتی از مصارف	کشاورزی	۱۸۷/۱۴	
	شرب و صنعت	۴۸/۱	
جریان خروجی از مرز آبخوان			۴۱/۴۳
میزان تبخیر از آبخوان			۰
برداشت از چاه‌ها و قنوات آبرفتی			۳۸۹/۹۴
زهکشی از رودخانه			۳
مجموع		۳۹۴/۷۸	۴۳۴/۳۷
تغییرات حجم مخزن		-۳۹/۵۹	

بیلان هیدرولوژیک در بسیاری از مطالعات مرتبط با آب زیرزمینی همانند موارد زیر استفاده می‌شود:

- تخمین میزان تبادلات رودخانه با دریاچه‌ها
- تخمین اندرکنش آب سطحی و زیرزمینی
- محاسبه میزان تغذیه بر اساس داده هیدروگراف چاه

جدول مقابل بیلان آبخوان دشت ورامین در سطح ۸۴۶ کیلومتر مربع برای سال آبی ۹۴-۹۳ (MCM) را نشان می دهد.

بیلان سیستم هیدرولوژیک

مثال ۱)

پارامترهای بیلان آب برای دریاچه ای که شامل بارش (P) به میزان $43inch/yr$، تبخیر (E) به میزان $53inch$ /yr، جریان آب سطحی ورودی (Q_{in}) برابر با $1inch/yr$، جریان آب سطحی خروجی (Q_{out}) برابر با$173inch/yr$ و تغییرات در حجم دریاچه (ΔS) به میزان $2inch/yr$ می‌باشد، ارائه شده است. میزان خالص جریان آب زیرزمینی (آب زیرزمینی ورودی منهای آب زیرزمینی خروجی) را تعیین نمائید.

حل)

با فرض $T_g = 0$، با استفاده از معادله بیلان آب، میزان خالص جریان آب زیرزمینی از دریاچه عبارتند از:

$$G = \Delta S - P + E - Q_{in} + Q_{out} = -2 - 43 + 53 - 1 + 173 = 180\ inch/yr$$

نکته: اجزای بیلان هیدرولوژیک هم قابل اندازه‌گیری است و هم می‌توان آن را محاسبه و یا تخمین زد. به عنوان مثال تبخیر ممکن است از داده‌های طشت تبخیر بدست آید.

بیلان سیستم هیدرولوژیک

مثال ۲)

در آبخوان دشت کاشان، پارامترهای اندازه گیری شده مرتبط با بیلان آب زیرزمینی این دشت مطابق جدول زیر است. در صورتی که میزان تبخیر از آبخوان و میزان جریان خروجی از این سفره آب زیرزمینی برابر با صفر باشد، برآورد نمائید که در سال مورد بررسی، به چه میزان از این آبخوان برداشت شده است؟

پارامتر بیلان	مقدار (میلیون متر مکعب درسال)
جریان زیرزمینی ورودی	۸۲/۷
نفوذ از بارندگی در سطح آبخوان	۱۱/۴
نفوذ از جریان های سطحی	۲۹/۵
نفوذ از آب زراعی	۵۳/۹
نفوذ از آب شرب و صنعت	۳۱/۳
تغییرات حجم ذخیره آبخوان	-۳۶/۸۷

حل)

با توجه به معادله بیلان آب زیرزمینی و جایگذاری مقادیر داده شده در آن، خواهیم داشت:

$$(Q_{in} + R_P + R_r + R_I + R_s) - (P_w + P_g + Q_{out} + E_w) = \pm\Delta V$$

$$82.7+11.4+29.5+53.9+31.3- P_w=-36.87 \Rightarrow P_w = 245.8\ MCM$$

مقدمه مدلسازی

(اطلاعات و داده های آب های زیرزمینی و چگونگی ثبت و ضبط آن ها)

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

آب‌های زیرزمینی در جهان پنهان بوده و ماده‌ای ارزشمند و گران‌بها جهت کشف تلقی می‌شوند، به طوری که این دانش همیشه نیاز به کامل شدن دارد. قضاوت عالمانه در خصوص آب‌های زیرزمینی نیازمند دانش و اطلاعات وسیع در مورد توزیع آب و مواد زمین‌شناسی دارد.

تحقیق و پژوهش اولیه در خصوص آب‌های زیرزمینی پرزحمت و پرهزینه می‌باشد، زیرا تقریباً همه چیز در اعماق زمین و خارج از دید و دسترس جهت یادگیری و تحقیق قرار دارد. این امر می‌تواند تصویری انتزاعی از توزیع واقعی مواد زمین‌شناسی، ویژگی‌های هیدرولیکی، بار هیدرولیکی و شرایط شیمیایی ارائه دهد.

روش‌های هوشمندانه بسیاری جهت تحقیق و بررسی رفتار مواد آب‌های زیرزمینی و نقشه‌های توزیع آن توسعه یافته‌اند. بیشترین برنامه‌های صحرایی آب زیرزمینی شامل کاوش زیرزمینی برای جمع‌آوری نمونه‌های زمین‌شناسی، حفاری چاه‌ها، راه‌اندازی پیزومترها و سایر دستگاه‌های پایش می‌باشد. در مقابل روش‌های میدانی مانند حفاری و احداث چاه و روش‌های ژئوفیزیکی به صورت غیرمستقیم به کاوش زیرزمینی می‌پردازند. برای این منظور وجود ایستگاه های دقیق جهت اندازه گیری پارامترهای کمی و کیفی منابع آب (سطحی و زیرزمینی) ضروری است.

لذا فعالیت های زیر لازم است جهت جمع آوری داده ها و اطلاعات منابع آب مورد توجه قرار گیرد:

- برنامه ریزی شبکه پایش و تجهیزات اندازه گیری مرتبط با آن ها
- نصب و نگهداری وسایل اندازه گیری
- هماهنگی جهت جمع آوری منظم و ثبت اندازه گیری های کمی و کیفی از پارامترها
- انتقال داده های جمع آوری شده به مراکز مدنظر و ثبت آن ها در سامانه ها جهت بهره مندی محققین

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

جهت شناخت آبخوان یک محدوده مطالعاتی مراحل زیر صورت می پذیرد:

۱- جمع آوری گزارشات، نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و منابع آب بر اساس آخرین مطالعات انجام شده (اعم از مطالعات آماربرداری و گزارشات بیلان تهیه شده)

۲- انجام بازدیدهای صحرایی جهت شناخت موارد ذیل:

- تعیین محل دقیق سازندهای زمین شناسی و مشخصات آن ها از نظر وضعیت لایه بندی (شیب و امتداد)، موقعیت درز و شکاف ها (شیب و امتداد) و محل گسل های موجود (شیب، امتداد، مقدار و نوع جابجایی) و علامت گذاری آن ها
- نمونه برداری منظم (مطابق روش های استاندارد نمونه برداری) از منابع آب سطحی و زیرزمینی جهت تعیین مشخصات شیمیایی آب ها و وضعیت دانه بندی رسوبات پیوسته و ناپیوسته تشکیل دهنده آبخوان (این مهم جهت تعیین ارتباط بین سازندهای زمین شناسی و منابع آب انجام می شود.)
- اندازه گیری دبی چشمه ها، قنوات، آبدهی رودخانه و تراز سطح آب زیرزمینی

۳- انجام مطالعات منابع آب: با توجه به اینکه آب زیرزمینی بخشی از چرخه هیدرولوژی است، لذا مطالعه حوضه آبریز تشکیل دهنده آبخوان و شناخت ارتباط بین منابع آب سطحی و زیرزمینی در قالب بیلان عمومی، هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی لازم است.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

داده ها و اطلاعات موردنیاز جهت مطالعات منابع آب زیرزمینی

۱- اطلاعات مربوط به مشخصات حوضه آبریز

- نقشه توپوگرافی محدوده حوضه آبریز و تعیین محل نقاط آبی شامل چاه ها، چشمه ها و قنوات بر روی آن
- اطلاعات مربوط به مساحت، محیط و شیب عمومی حوضه آبریز
- مشخصات فیزیوگرافی رودخانه های فصلی و دائمی و شیب های مربوط به آن ها، آمار دبی و کیفیت این منابع، مشخصات کف رودخانه ها از لحاظ نفوذپذیری و تخلخل
- اطلاعاتی در رابطه با شرایط اقلیمی و هواشناسی محدوده مطالعاتی که شامل تعیین محل ایستگاه های هواشناسی بر روی نقشه های توپوگرافی، آمارهای طولانی مربوط به بارش، تبخیر، باد، دما و ...

۲- اطلاعات مربوط به مشخصات محدوده آبخوان

- گردآوری آمار میزان تخلیه از منابع آبی (چاه، چشمه، قنات، میزان رواناب و تغذیه محدوده آبخوان)
- تعیین محدوده های تغذیه و تخلیه حوضه آبریز از روی نقشه توپوگرافی و نقشه های تراز ترسیم شده و آمار آزمایشات انجام گرفته در مورد خصوصیات هیدرودینامیکی حوضه از قبیل هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره، شعاع تأثیر چاه و تعیین ضخامت بخش اشباع آبخوان توسط لوگ چاه های حفر شده

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

- اطلاعات مربوط به تغییرات سطح ایستابی برای تهیه نقشه های تراز آب زیرزمینی
- آمار و اطلاعات چاه ها جهت تعیین مشخصات آبخوان از لحاظ نوع آبخوان، چینه شناسی (Stratigraphy)، لوگ چاه ها، مختصات ارتفاع از سطح دریا، اطلاعات چاه نگاری، روش حفاری و آزمایشات مربوطه
- جمع آوری اطلاعاتی در مورد مساحت و گسترش آبخوان و همچنین کیفیت شیمیایی آن

۳- اطلاعات مرتبط با مسائل اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی محدوده مطالعاتی

- بدست آوردن اطلاعاتی در مورد منابع آلاینده طبیعی و غیر طبیعی
- جمع آوری اطلاعات مرتبط با وضعیت اجتماعی، نرخ رشد جمعیت، پراکندگی شهرها و روستاها، مسائل و مشکلات زیست محیطی ناشی از فاضلاب های شهری و روستایی و نظیر آن
- جمع آوری اطلاعات مرتبط با مسائل اقتصادی همانند کارخانه های موجود، مواد اولیه مصرفی و تولیدات آن ها، پراکندگی این کارخانه ها و فاضلاب ناشی از آن ها و روشهای دفع این فاضلاب ها همراه با آمار کیفی فاضلاب ها در محدوده مطالعاتی

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

لازم به ذکر است یکی از مهمترین بخش های مطالعات منابع آب زیرزمینی، **بخش زمین شناسی** است که نقشه های آماده آن توسط سازمان زمین شناسی به طور معمول در **پایگاه داده علوم زمین** (**www.ngdir.ir**) موجود است.

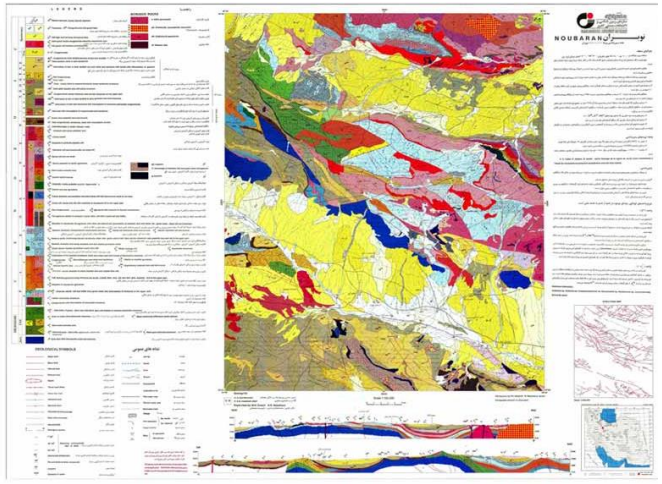
علاوه بر نقشه های زمین شناسی، داشتن نقشه های توپوگرافی در مقیاس مورد نظر حائز اهمیت است زیرا یکی از مهمترین موارد استفاده از این نقشه ها **بررسی راه های ارتباطی برای برنامه ریزی عملیات صحرایی و جمع آوری اطلاعات** می باشد. به علاوه برای **ثبت موقعیت عوارض طبیعی و مصنوعی مانند چشمه ها چاه ها و قنوات** از آن استفاده می شود.

امروزه با استفاده از نرم افزار ArcGIS می توان نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی را در هر مقیاس ترسیم نمود.

به طور کلی در مطالعات صحرایی به همراه داشتن نقشه ها و وسایل زیر کمک مؤثری در حل مسائل و مشکلات محدوده مطالعاتی خواهد کرد:

- نقشه توپوگرافی در مقیاس مورد نظر

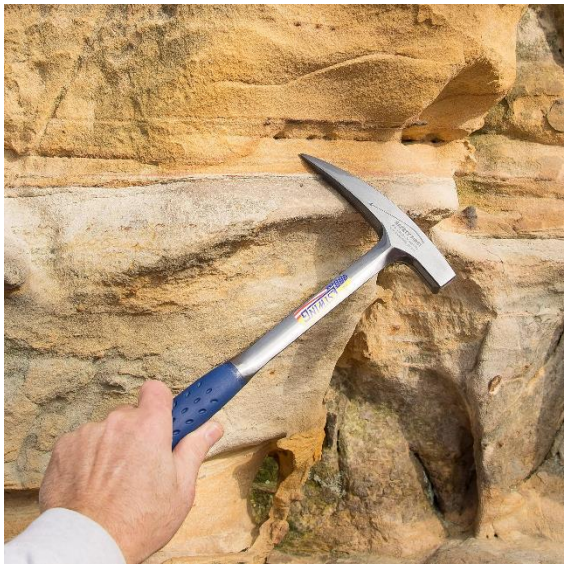
- نقشه زمین شناسی با مقیاس مورد نظر



مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

- کمپاس (اندازه گیری زوایای قایم، ارتفاع و فاصله ها، تعیین دو نقطه هم ارتفاع، اندازه گیری موقعیت ساختار های خطی، اندازه گیری زاویه پیچ برای عناصر خطی، اندازه گیری ضخامت حقیقی لایه ها، اندازه گیری موقعیت صفحات، اندازه گیری موقعیت یک صفحه با تکنیک دو خط، تعیین موقعیت)

- G.P.S
- چکش



- لب تاب و یا تبلت جهت ثبت اطلاعات و داده های برداشت شده و مشخصات محدوده مورد بررسی
- مداد، پاک کن، دفترچه یادداشت، زونکن گیره دار جهت الصاق نقشه و پلاستیک های شفاف برای حفاظت از آب باران
- کیسه های نایلونی با برچسب برای جمع آوری نمونه های سنگی و خاکی و یادداشت محل جمع آوری نمونه ها بر روی کیسه ها

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

سازمان ها و نهادهایی که می توان داده های آب زیرزمینی را از آن ها دریافت نمود عبارتند از:

- نقشه های توپوگرافی: سازمان جغرافیای ارتش و سازمان نقشه برداری
- نقشه های زمین شناسی و گزارش های مربوط به آن: سازمان زمین شناسی ایران و پایگاه داده علوم زمین، در برخی مواقع وزارت نیرو نیز این نقشه ها را در اختیار دارد.
- آمارهای هواشناسی (بارش، تبخیر، دما، باد، فشار و ...): سازمان هواشناسی و وزارت نیرو
- آمارهای کمی و کیفی منابع آب (دبی رودخانه ها، چشمه ها، قنوات و میزان بهره برداری از چاه ها، پارامترهای کیفی اندازه گیری شده): وزارت نیرو، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت جهاد کشاورزی
- منابع آلاینده (پارامترهای اندازه گیری شده در فاضلاب های شهری و روستایی و پساب های صنعتی کشاورزی و ارتباط آن با منابع آب سطحی و زیرزمینی): سازمان حفاظت محیط زیست
- مراکز علمی دانشگاهی و پژوهشی
- استفاده از بانک های اطلاعاتی اینترنتی (پورتال آمار و اطلاعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران (https://stu.wrm.ir/login.asp)، پیشخوان رصد منابع آب کشور (https://mrsi-g.ir/index.php)، سازمان هواشناسی (https://data.irimo.ir/)،
- سازمان جهاد کشاورزی (https://maj.ir/page-amar/FA/65/form/pld28833)

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

وسایل و تجهیزات موردنیاز جهت اندازه گیری پارامترهای منابع آب

آب شناسان و متخصصان منابع آب جهت شناخت محدوده مطالعاتی نیاز به داده های گسترده ای دارند که با استفاده از ادوات و تجهیزات خاصی فراهم می شود. بسته به نوع بررسی، داده ای که مورد اندازه گیری قرار می گیرد، متفاوت است.

- مدیریت منابع آب: داده های بارندگی، جریان آبراهه ها، تبخیر، رطوبت، نم، محتوی رطوبت خاک، میزان نیاز آبی و ...
- کنترل سیل: شدت بارندگی در فواصل زمانی کوتاه در طول وقوع رگبارها و سیلابها، جریان آبراهه ها
- حفاظت خاک و ژئومورفولوژی: شدت بارندگی، رسوبات معلق و بار بستر در رودخانه ها
- بررسی کیفی منابع آب: نمونه های آب برای آنالیز کیفی
- مطالعات هیدروژئولوژی: اندازه گیری تراز سطح آب چاه، خصوصیات ذخیره سنگ ها و آبرفت ها

جهت انجام عملیات صحرایی با هدف اندازه گیری و نمونه برداری از منابع آب، لازم است وسایل و دستگاه های زیر در اختیار باشد:

- دفترچه یادداشت برای ثبت تمامی داده های صحرایی، اندازه گیری ها، نمونه برداری ها
- دستگاه pH متر، دماسنج، کرونومتر و Ec متر با دقت کافی
- دستگاه اندازه گیری اکسیژن محلول (DO) و دستگاه اندازه گیری گازهای فرار مانند Co2 و H2S
- دستگاه مولینه برای اندازه گیری دبی رودخانه
- بطری های مخصوص برای نمونه برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی و دستگاه عمق یاب برای اندازه گیری تراز سطح آب زیرزمینی

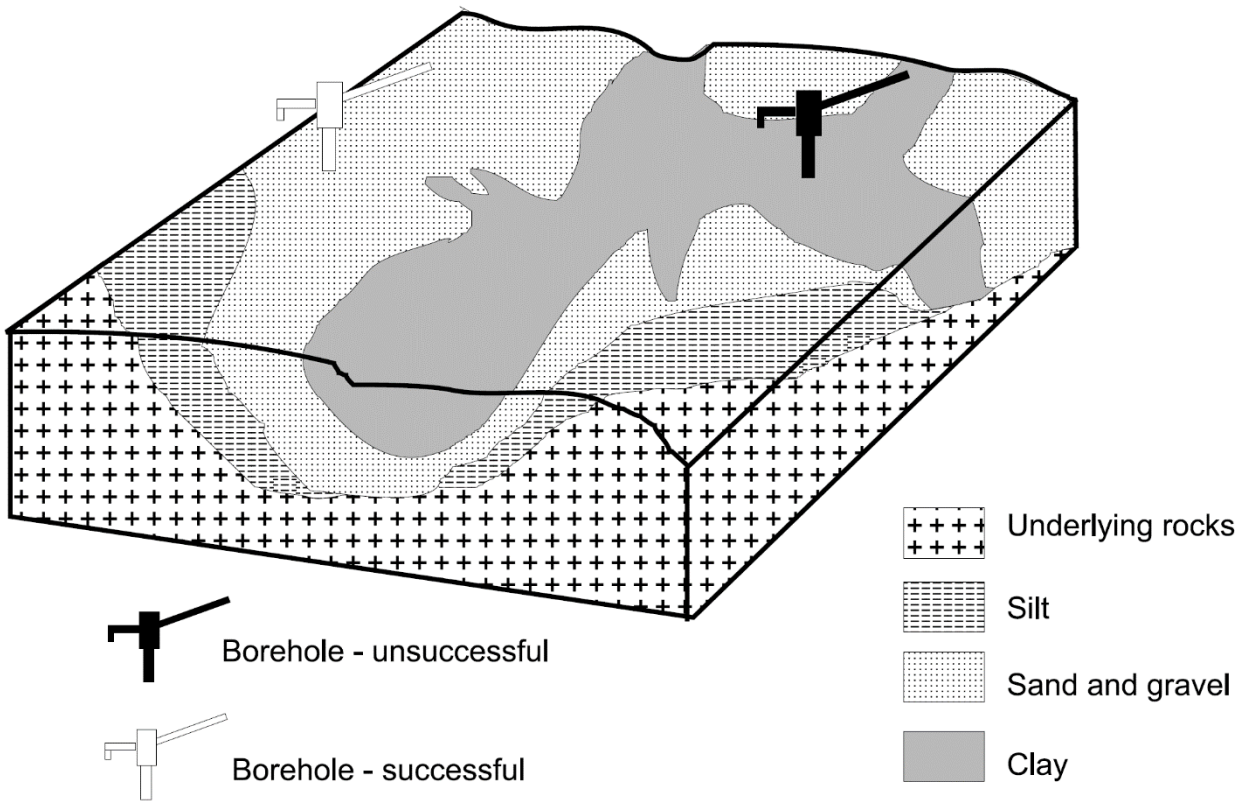
پایش کمی آب زیرزمینی

جهت پایش کمی آب‌های زیرزمینی دو مبحث **تراز سطح آب زیرزمینی** و **اندازه‌گیری آبدهی** از مهمترین پارامترها می‌باشد. برای بررسی سطح ایستابی (در آبخوان آزاد) و یا سطح پیزومتریک (در آبخوان محصور) از **چاه‌های مشاهده‌ای** استفاده می‌گردد. **این چاه‌ها باید بگونه‌ای در سطح محدوده مورد مطالعه پخش شده باشند که از پراکنش مکانی مناسبی برخوردار باشند.** به عبارت دیگر مکان چاه‌ها باید به صورت بهینه انتخاب شود تا از هزینه‌های اضافی آماربرداری و حفاری چاه جلوگیری به عمل آید. با استفاده از مراحل زیر می‌توان به ارائه شبکه بهینه پایش دست یافت:

- شناسایی و بررسی چاه‌های مشاهده‌ای موجود و حذف چاه‌های غیرضرور که تخمین سطح ایستابی در آن‌ها با استفاده از روش‌های درون‌یابی (همانند روش زمین‌آماری کریجینگ) به آسانی و با دقت کافی قابل انجام می‌باشد.
- ارائه تمام ترکیبات ممکن از چاه‌های مشاهده‌ای که قابلیت اضافه شدن به شبکه موجود را دارا می‌باشند. معیار انتخاب محل چاه‌های مشاهده‌ای جدید، توزیع انحراف معیار می‌باشد.
- تعیین شبکه پایش بهینه با استفاده از ترکیبات مشخص شده و ابزارهایی همچون مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی کلاسیک و غیرکلاسیک (روش‌های مبتنی بر جستجوی تصادفی همچون الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان، الگوریتم مبتنی بر هوش جمعی و ...)

پایش کمی آب زیرزمینی

بطور کلی، حفر پیزومتر در یک شبکه ۵ در ۵ کیلومتر توصیه شده است. از طرفی وضعیت زمین‌شناسی محل حفر پیزومتر نیز بسیار مهم است. حفر پیزومتر ترجیحاً بایستی در محیط‌هایی با نفوذپذیری بیشتر صورت گیرد. در شکل زیر مثالی از مکانیابی صحیح و غیر صحیح حفر پیزومتر نمایش داده شده است.



مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

اندازه‌گیری ارتفاع (تراز) سطح آب زیرزمینی (Groundwater table level)

منظور از ارتفاع سطح آب در آب سطحی (رودخانه، دریاچه، مخازن و ...) و در منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) ارتفاع یا عمق سطح آب نسبت به یک سطح مبناء می‌باشد.

در صورتی که سطح مبنا دریای آزاد باشد، ارتفاع سطح آب نسبت به آن را تراز (Elevation) یا ارتفاع مطلق سطح آب می‌نامند.

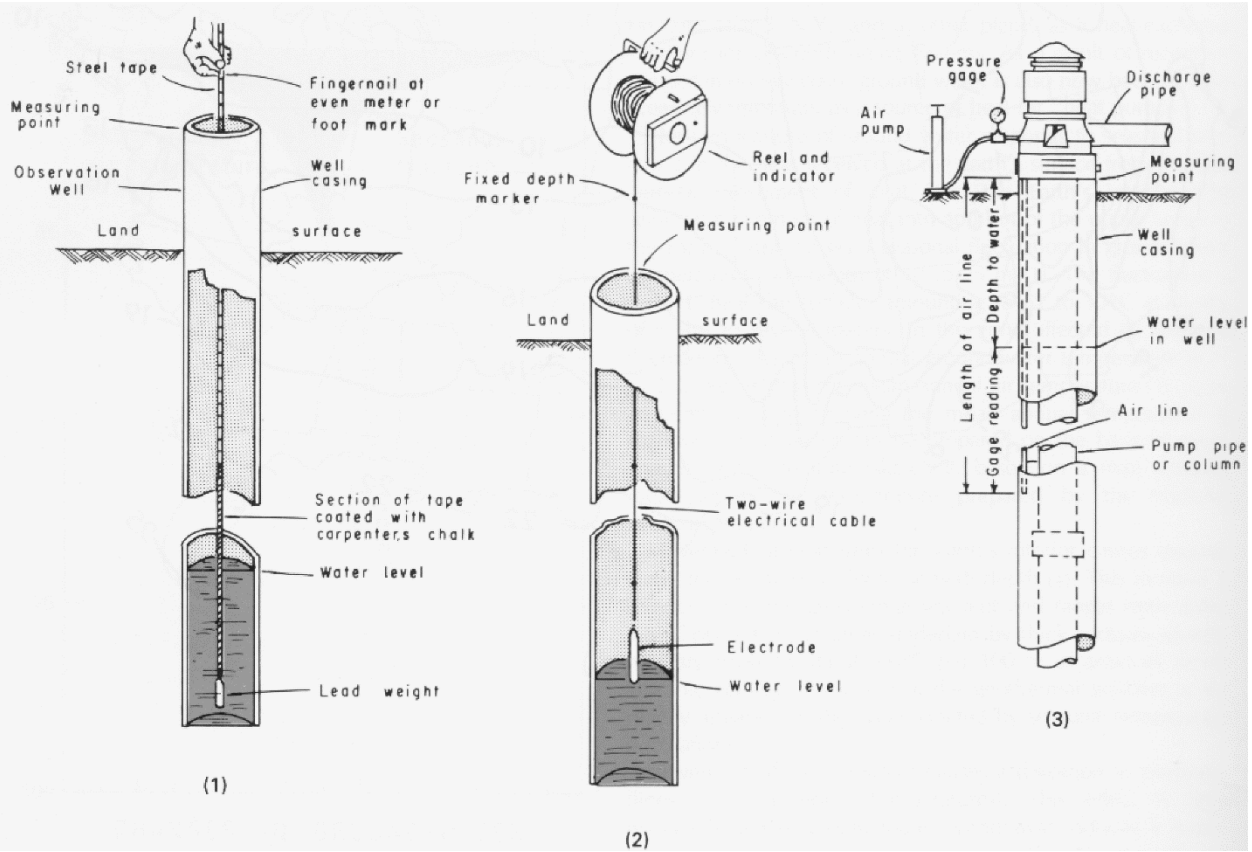
در مورد جریان‌های سطحی، **سطح مبنا درجه صفر اشل ایستگاه‌های آبسنجی** و در مورد **سطح آب زیرزمینی و سطح مخازن آب، ارتفاع مطلق** اندازه‌گیری می‌شود.

هدف از اندازه‌گیری ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی، بررسی و تعیین رفتار آبخوان بوده و با استفاده از نتایج بدست آمده عوامل اصلی مطالعه آبخوان محاسبه و تعیین می‌شود. مهمترین این عوامل عبارتند از:

مقدار شیب هیدرولیکی، جهت جریان آب زیرزمینی، مقادیر و احجام آب زیرزمینی در مقاطع ورودی و خروجی زیرزمینی، تهیه هیدروگراف واحد دشت، تعیین تغییرات فصلی و سالانه حجم ذخیره آب زیرزمینی، پتانسیل بهره‌برداری و برداشت مجاز، لایه‌های اشباع آزاد و تحت فشار، لایه‌های تغذیه‌کننده و یا تغذیه‌شونده و جهت حرکت و غیره.

سوندهای الکتریکی (عمق یاب)

اصلی‌ترین وسیله اندازه‌گیری عمق سطح آب زیرزمینی در پیزومترها وسیله‌ای به نام **سوند الکتریکی** است. سوند الکتریکی از یک سنسور دارای سیم، تشکیل شده است. سنسور با استفاده از سیم رابط به داخل چاه یا پیزومتر فرستاده می‌شود. به محض آنکه سنسور به آب می‌رسد، آب داخل سنسور قرار گرفته و جریان الکتریکی را به عنوان یک هادی برقرار کرده و این جریان به وسیله سیم به دستگاه در سر چاه یا پیزومتر رسیده و بسته به نوع سوند، جریان الکتریکی بوسیله آمپرسنج، آلارم صوتی و یا روشن شدن چراغ نشان داده می‌شود.



با توجه به اینکه سیم رابط بین سوند و دستگاه مدرج است، بدین وسیله می‌توان عمق برخورد به آب زیرزمینی را مشخص نمود.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

سوندهای الکتریکی (عمق یاب)

پس از اندازه گیری سطح آب زیرزمینی، کابل عمق یاب به آرامی به سمت بالا کشیده می شود تا از آب خارج و جریان قطع شود. این کار چندین بار تکرار می شود تا محل دقیق سطح آب زیرزمینی تعیین شود. عمق اندازه گیری شده همراه با زمان اندازه گیری و سطح مبنای چاه (ارتفاع چاه از سطح دریا) ثبت می شود.

در اندازه گیری های سطح آب، کابل مورد استفاده در عمق یاب از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا معمولاً ۳۰ متر اول این کابل ها به دلیل استفاده ممتد و بر اثر سائیدگی دچار **فرسایش** می شوند یعنی وقتی که کابل به داخل چاه انداخته می شود و یا این که از آن خارج می گردد به دلیل تماس با جدار فلزی چاه سائیده می شود. این مسأله باعث می شود که پوشش کابل از بین برود و در نتیجه موجب قطع شدگی جریان و یا اتصال آن شود. برای جلوگیری از سائیدگی کابل می توان در لبه جدار چاه از مواد نرم تری مانند چوب استفاده کرد.

سوندهای الکتریکی (عمق یاب)

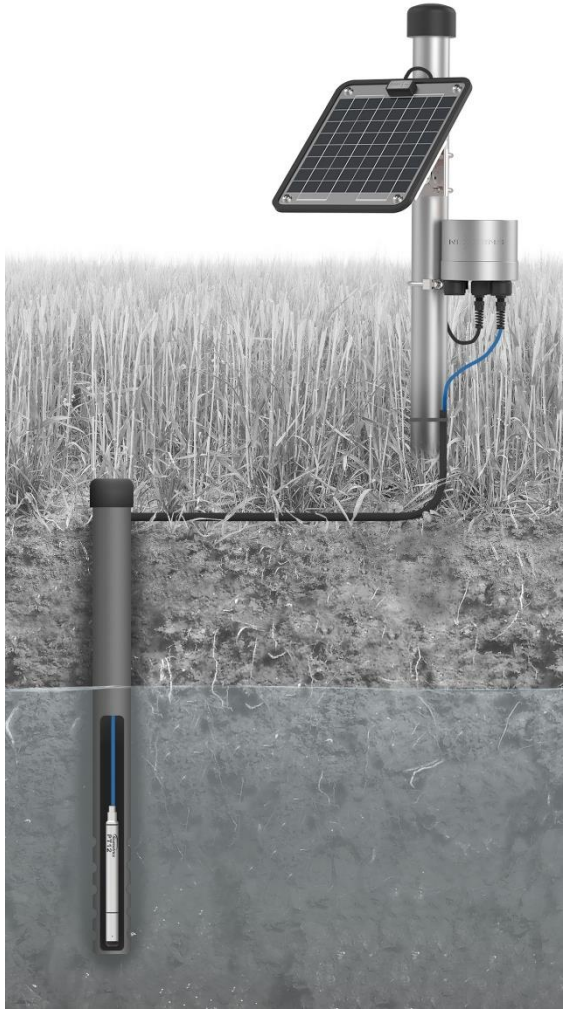
طول سیم مدرج با توجه به عمق سطح آب در منطقه بین ۱۰ تا ۵۰۰ متر متغییر است. با توجه به شرایط محدوده مطالعاتی باید عمق یابی انتخاب شود که بتوان عمیق ترین چاه را با آن اندازه گرفت.

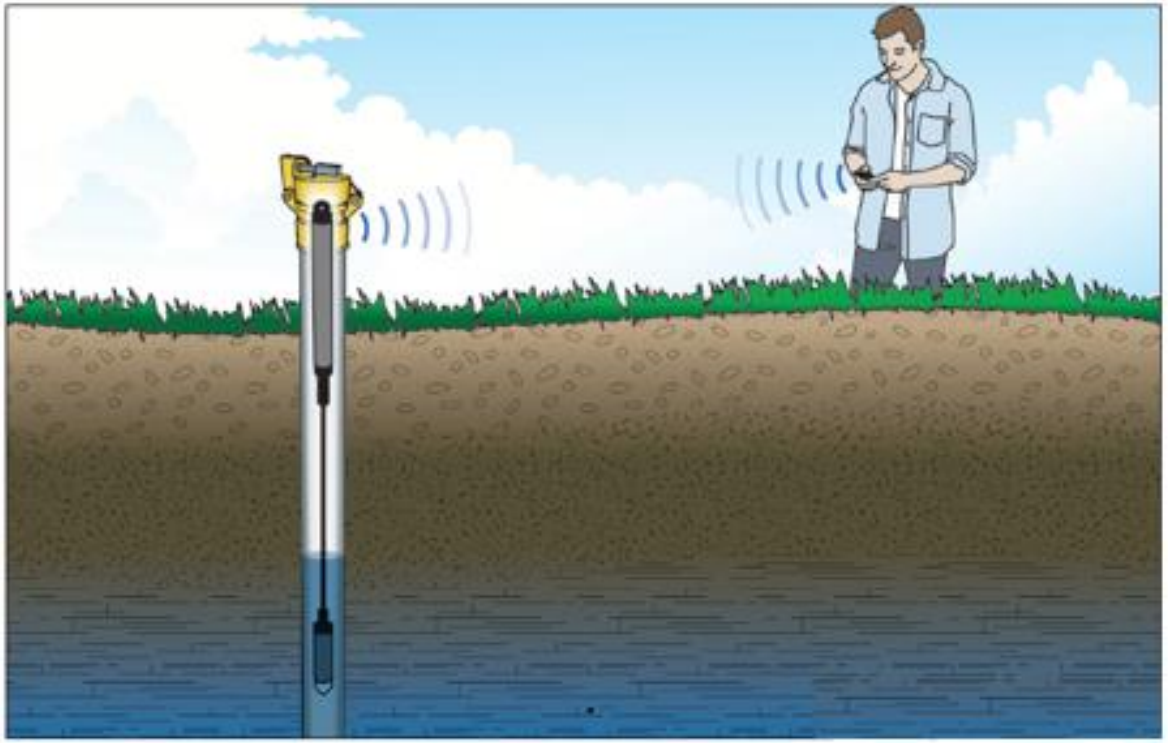
اندازه‌گیری سطح آب در گمانه‌ای در توف‌های سازند کرج

اندازه گیری سطح آب زیرزمینی در پیزومتری در منطقه کرمانشاه

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

اندازه‌گیری مکانیزه سطح آب زیرزمینی که از میزان خطای بسیار کمی برخوردار بوده و اطلاعات دقیق و پیوسته‌ای را در رابطه با سطح آب ارسال می‌کند. در برخی از کشورهای از سوندهایی که به طور مداوم و پیوسته (real time) اطلاعات و نوسانات سطح آب را پایش و توسط رادار به مرکز می‌فرستد، استفاده می‌شود. بعضی اوقات با استفاده از یک الکترود انتقال دهنده فشار آب و یک دستگاه ثبت داده نیز می توان **بار فشار هیدرولیکی** را اندازه گیری کرد.



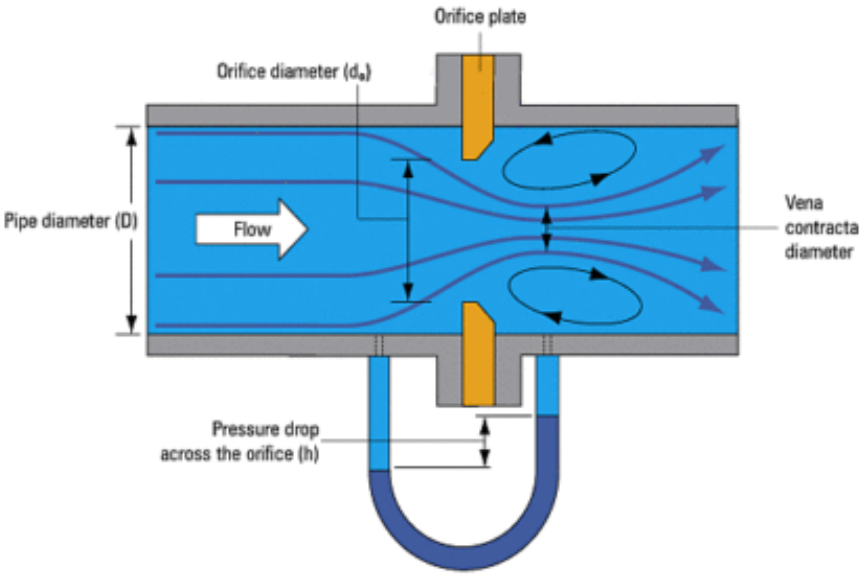


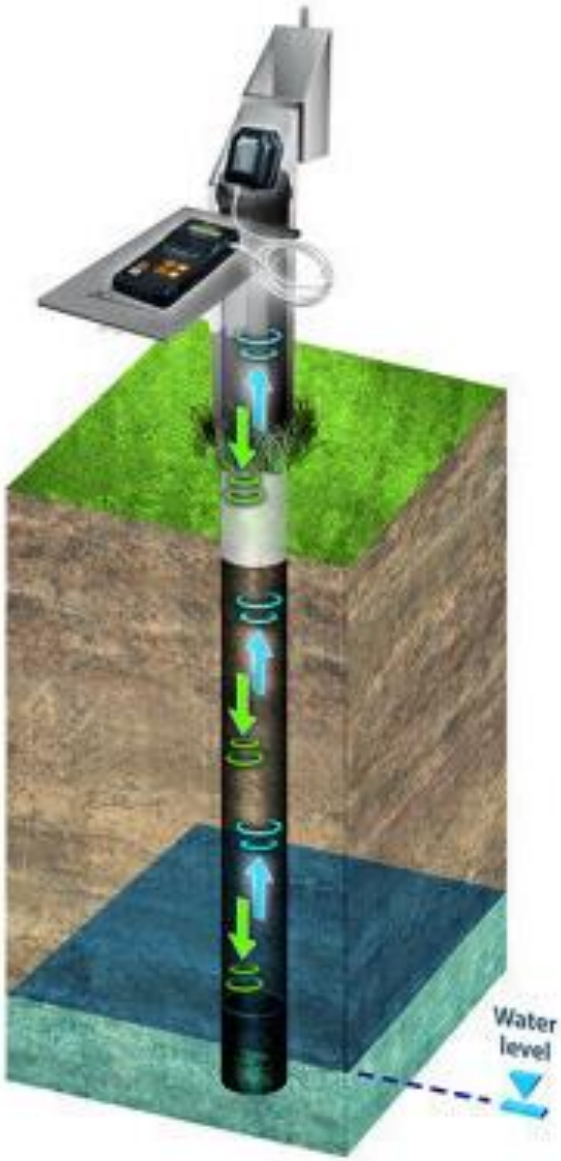
مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

روش های ذکر شده، جهت اندازه گیری تراز سطح آب در آبخوان های آزاد است در حالی که برای اندازه گیری سطح پیزومتری در آبخوان های محصور، روش زیر مورد استفاده قرار می گیرد.

در چاه های عمیق حفر شده در آبخوان های محصور، سطح آب بالاتر از سطح زمین است. سطح این چاه ها معمولاً با یک فلنج پوشیده شده است که در روی این پوشش یک درپوش قرار دارد. در زمان اندازه گیری سطح پیزومتریک این درپوش برداشته می شود و به جای آن یک فشار سنج (اریفیس متر) یا لوله شفاف قرار داده می شود.

فشارسنج ها دارای دقت بسیار زیادی هستند و کار با آنها بسیار ساده و سریع تر می باشد و نسبت به لوله شفاف دارای مزیت بیشتری است. همچنین با این که لوله شفاف دارای دقتی در حد سانتی متر است ولی بیشتر برای آزمون پمپاژ استفاده می شود. به طور کلی می توان گفت که اگر سطح آب بیش از دو متر از سطح زمین بالاتر باشد، بهتر است از اریفیس متر استفاده شود.





روش‌های ژئوفیزیکی جهت اندازه گیری تراز سطح آب زیرزمینی

علاوه بر اندازه‌گیری عمق سطح آب زیرزمینی به طور مستقیم که توسط سوند الکتریکی انجام می‌پذیرد، می‌توان وضعیت عمق سطح آب زیرزمینی در هر منطقه را توسط روش‌های ژئوفیزیک (به عنوان مثال روش ژئوالکتریکی) تعیین نمود.

در روش ژئوفیزیکی با استفاده از مقاطع ژئوفیزیکی در سازندهای مشخص، امواجی به درون زمین فرستاده می‌شود و بر اساس میزان دریافت بازتاب امواج ساطع شده، عمق آب زیرزمینی مشخص می‌گردد. در واقع سرعت حرکت امواج در زمین در نواحی خشک و نواحی آبدار متفاوت بوده و از این طریق می‌توان به عمق سطح آب زیرزمینی پی برد.

دستگاه ژئوفیزیک جهت دریافت امواج

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

روش های اندازه گیری آبدهی چاه ها

اندازه‌گیری سرعت آب جهت اندازه‌گیری دبی منابع آب‌های زیرزمینی همچون چاه، چشمه و قنات امری ضروری است. بازه زمانی اندازه‌گیری با توجه به اهمیت و میزان آبدهی منابع آبی می‌تواند متغیر باشد. آبدهی یا دبی عبارت است از حجم آبی که در واحد زمان از مقطعی عمود بر جهت جریان عبور نماید واحد اندازه گیری آبدهی در چاه ها، قنوات و چشمه های کوچک بر حسب لیتر بر ثانیه و در جریان های تند و زیاد مانند رودخانه و چشمه های بزرگ بر حسب متر مکعب بر ثانیه است. معمولاً میزان آبدهی از حاصل ضرب سرعت متوسط در سطح مقطع جریان آب به دست می آید که رابطه کلی آن عبارت است از: $Q = AV$

Q: آبدهی (لیتر در ثانیه یا متر مکعب در ثانیه)

V: سرعت متوسط جریان (متر بر ثانیه)

A: سطح مقطع جریان آب (متر)

روش های اندازه گیری آبدهی چاه ها عبارتند از:

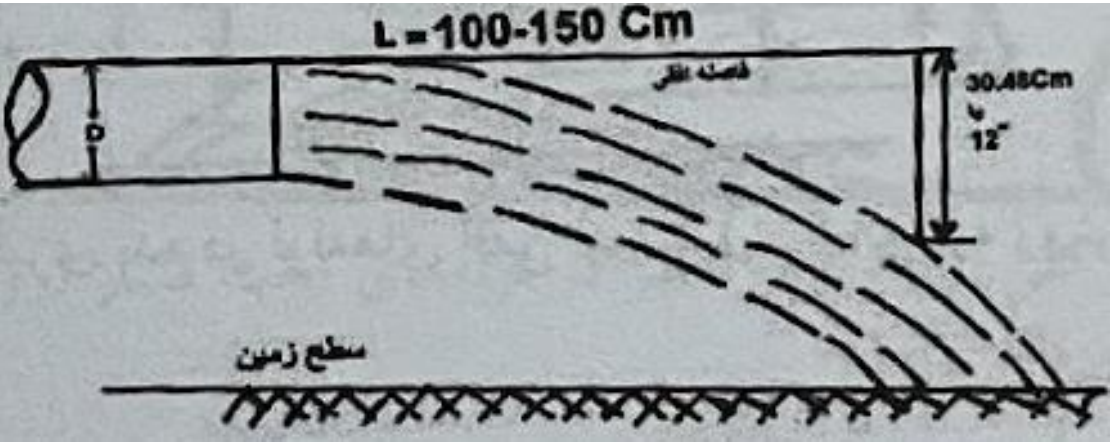
۱- روش سقوط آزاد آب از لوله ها

در این روش از قانون نیوتن که در مورد سقوط اجسام است استفاده می شود. در این حالت وقتی آب از محیط بسته مانند لوله وارد محیط باز می شود؛ می توان آبدهی آن را محاسبه نمود. در این روش بر حسب آن که لوله بده به صورت افقی یا عمود باشد، روش ها و رابطه های متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرد.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

الف) اندازه گیری آبدهی در لوله های افقی (روش جت)

در این روش از یک گونیای فلزی یا چوبی استفاده می شود. این گونیا دارای بازوی کوتاهی است که طول آن ثابت و به اندازه یک فوت یا ۱۲ اینچ (۳۰/۴۸ سانتیمتر) است. بازوی بلند آن دارای طولی برابر ۱۰۰ الی ۱۵۰ سانتی متر است.



در این روش، بازوی بلند گونیا یا جت را بر روی لوله افقی چاه مماس کرده و آن را آن قدر به عقب و جلو حرکت می دهیم تا نوک بازوی کوتاه با سطح آب خارج شده تماس حاصل کند در این حالت طول خط کش یعنی فاصله افقی پرتاب آب از روی خط کش قرائت می شود. با توجه به این که قطر لوله آبدهی مشخص است، لذا با استفاده از رابطه زیر می توان دبی را محاسبه نمود:

$$Q = KAL = \frac{\pi}{4} KD^2 L$$

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

$$Q = KAL = \frac{\pi}{4} KD^2 L$$

Q: آبدهی (لیتر در ثانیه یا متر مکعب در ثانیه)

A: سطح مقطع لوله (اینچ مربع، قطر لوله بر حسب اینچ استفاده می شود)

L: فاصله افقی خروجی آب (سانتیمتر)

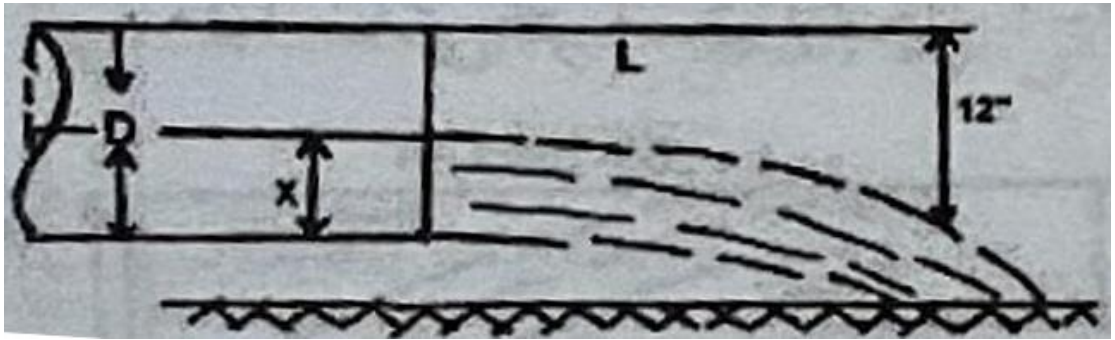
D: قطر لوله آبده (اینچ)

K: ضریب ثابت است این ضریب به واحدهای انتخابی در رابطه وابسته می باشد. اگر Q بر حسب متر مکعب بر ساعت، A بر حسب اینچ مربع و L برحسب سانتیمتر باشد، در این صورت برابر 0.0905 خواهد شد. در صورتی که آبدهی برحسب لیتر در ثانیه، سطح مقطع لوله بر حسب اینچ مربع و فاصله افقی خروجی آب بر حسب سانتیمتر داده شود، مقدار برابر 0.0251 است.

در هنگام اندازه گیری در لوله های افقی به روش جت باید لوله آبده افقی و کاملاً از آب پر باشد در صورتی که آب به طور نیمه پر (سرخالی) از لوله آبده خارج شود، رابطه فوق به صورت زیر تصحیح می گردد:

$$Q = 0.0197 D^2 L \frac{x}{y}$$

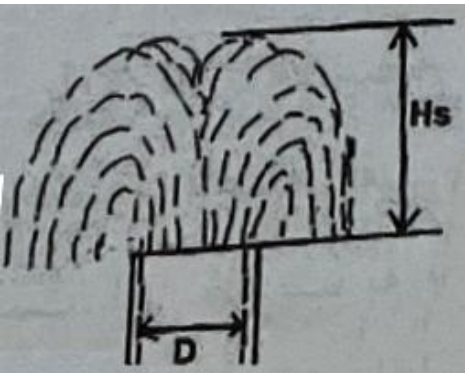
در این رابطه x ارتفاع آب در لوله و y قطر لوله آبده که برابر با D می باشد.



ب) اندازه گیری آبدهی در لوله های قائم

در لوله های آبدهی که از چاه، آب به صورت قائم خارج می شود، ارتفاع پرش آب از لبه لوله تا بالاترین نقطه رانش آب، برای محاسبه میزان آبدهی استفاده می شود. با اندازه گیری این رانش و با استفاده از رابطه زیر می توان میزان آبدهی را محاسبه نمود:

$$Q = KD^2\sqrt{H_s}$$



Q: آبدهی (لیتر در ثانیه)

H_s: ارتفاع پرش قائم (سانتیمتر)

D: قطر لوله آبده (اینچ)

K: ضریب ثابتی است که با توجه به واحدهای داده شده فوق برابر با 0.2227 انتخاب می شود.

۲– روش حجمی

یکی از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم دبی، روش حجمی می‌باشد که در این روش ظرفی را با حجم معین در زیر لوله آبده قرار داده و زمان پرشدن آن را با کرنومتر اندازه می‌گیرند. سپس با تقسیم حجم آب پر شده در ظرف بر مدت زمان پر شدن می‌توان میزان آبدهی چاه، چشمه و یا قنات را بدست آورد.

اندازه‌گیری سرعت آب جهت برآورد دبی

اندازه‌گیری سرعت آب جهت اندازه‌گیری دبی منابع آب‌های زیرزمینی همچون **چاه، چشمه و قنات** امری ضروری است. بازه زمانی اندازه‌گیری با توجه به اهمیت و میزان آبدهی منابع آبی می‌تواند متغیر باشد. در این بخش، روش‌ها و ادوات اندازه‌گیری سرعت و دبی در سر چاه، چشمه و قنات معرفی می‌شوند. در شکل زیر اندازه‌گیری ساده دبی آب چاه و چشمه نمایش داده شده است.

چاه

چشمه

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

روش های ساده بر اساس رابطه حجم-زمان می‌باشد. جهت اندازه‌گیری دبی با دقت قابل قبول نیاز به برخی از ادوات اندازه گیری سرعت جریان آب می‌باشد که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

الف) اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج یا پروانه آبی یا مولینه

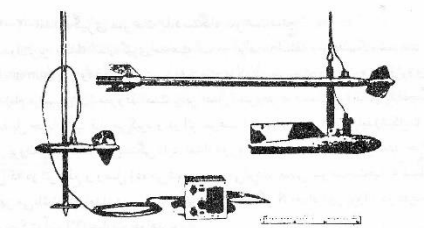
در این روش با استفاده از مولینه و رابطه زیر می‌توان به اندازه‌گیری سرعت جریان آب پرداخت. شکل زیر دستگاه سرعت‌سنج و نحوه قرار گرفتن آن در آب را نشان می‌دهد. تعداد دور پروانه مولینه در دستگاه‌های جدید توسط شمارشگرهای دیجیتالی قابل قرائت است.

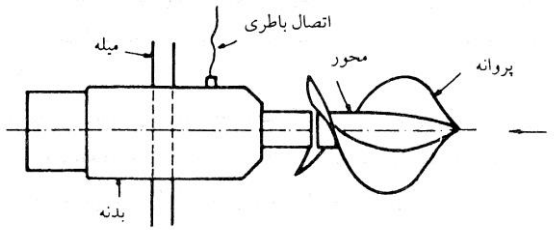
$$V = a + bN$$

N: تعداد دورهایی که پروانه مولینه در ثانیه می‌چرخد.

a و b :ضرایب ثابت مولینه (توسط کارخانه سازنده مشخص می‌شود.) (با توجه به واحد سار پارامترها، به ترتیب برابر 0.03 و 0.67 است.

V: سرعت جریان آب (متر در ثانیه)



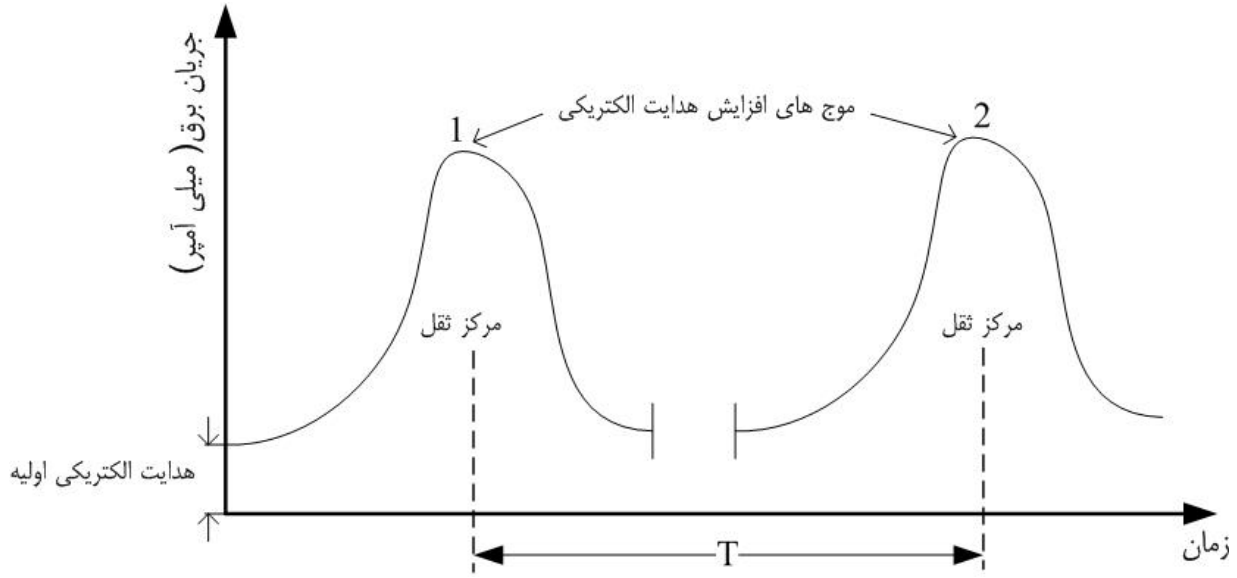


ضرایب ثابت مولینه با استفاده از واسنجی نیز قابل محاسبه است و لازم است هر از چند گاهی این ضرایب توسط کارشناسان مرتبط مورد واسنجی قرار گیرند. در صورتی که سرعت جریان کم باشد، سرعت‌سنج با دست در محل کارگذاشته می‌شود و در غیراینصورت با بستن وزنه به دستگاه و با استفاده از کابل آن را وارد آب کرده و به اندازه‌گیری سرعت جریان آب می‌پردازند.

ب) اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از روش‌های شیمیایی

این روش شامل اندازه‌گیری با نمک و با مواد رنگی می‌باشد. این روش‌ها به دلیل آلوده کردن آب خیلی معمول نمی‌باشند.

اندازه‌گیری با نمک: در این روش محلول نمک طعام در نقطه‌ای از رودخانه به صورت لحظه‌ای به داخل آب ریخته می‌شود و در دو مقطع مختلف به فاصله مشخص مقادیر EC آب و تغییرات آن ثبت می‌گردد. فاصله زمانی بین نقاط اوج این منحنی‌ها نشان‌دهنده زمان طی مسافت مورد نظر بوده و بر این اساس سرعت حرکت محلول نمک تعیین می‌گردد.



اندازه‌گیری با مواد رنگی: این روش نیز مشابه روش الف بوده ولی تغییرات غلظت ماده رنگی با دستگاه‌های خاصی اندازه گیری می‌شود.

ج) اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از جسم شناور

نوع دیگری از وسایل اندازه‌گیری سرعت جریان، استفاده از **جسم شناور** می‌باشد. در این دستگاه، جسم شناور که به یک سیم یا نخ متصل می‌باشد، از نقطه‌ای به داخل آب انداخته می‌شود و در نتیجه سرعت حرکت آب، زاویه‌ایی بین سیم یا نخ متصل به جسم شناور و خط قائم ایجاد می‌شود و نشانگر سرعت جریان می‌باشد. با توجه به مقدار این زاویه و استفاده از رابطه زیر می‌توان به آسانی مقدار سرعت جریان آب را بدست آورد:

$$V^2 = \frac{2W}{CA\rho} tg\alpha$$

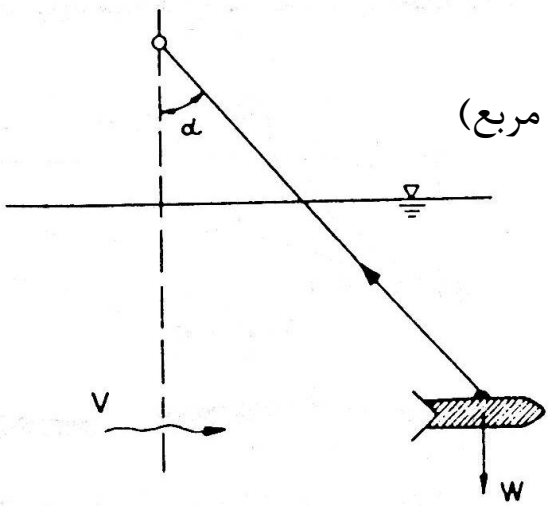
W: وزن جسم غوطه‌ور در آب (نیوتن)

C: ضریب اصطکاک وزنه با آب (توسط کارخانه سازنده مشخص می‌شود)

A: سطح مقطع وزنه بر صفحه‌ای که عمود بر جهت جریان آب قرار گرفته است (متر مربع)

ρ: چگالی آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

α: زوایه انحراف



در این روش چنانچه سرعت آب زیاد و یا کم باشد به ترتیب از وزنه‌های سنگین با سطح مقطع کوچک و وزنه‌های سبک با سطح مقطع زیاد استفاده می‌شود. همچنین با قرار دادن این دستگاه در عمق‌های مختلف می‌توان تغییرات سرعت در عمق را یافت.

پایش کیفی آب زیرزمینی

به طور کلی توزیع مکانی و تعیین کیفیت آب زیرزمینی در طول زمان **پر هزینه** می‌باشد. برای اینکه با حداقل هزینه اهداف مورد نظر برآورده شود، لازم است تعداد چاه‌های نمونه‌برداری به حداقل ممکن کاهش یابد. این عمل با تحلیل‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک (سطح آب زیرزمینی، قابلیت انتقال، شرایط مرزی، نواحی تغذیه و تخلیه) همراه با دستورالعمل‌ها و همچنین مشخصات مواد آلوده کننده، محل‌های بالقوه آلودگی، تعیین گسترش مورد انتظار و در نهایت سرعت و جهت حرکت آلودگی امکان پذیر خواهد بود.

هدف مطلوب برای هر شبکه مشاهداتی، **شناخت درجه آلودگی در چندین نقطه اطراف منبع آلودگی مخصوصاً در جهت محل‌های برداشت آب‌های زیرزمینی** می‌باشد.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

طراحی شبکه پایش مطابق مطالعات Sanders و همکاران در سال ۱۹۸۷ شامل پنج مرحله اصلی می‌باشد:

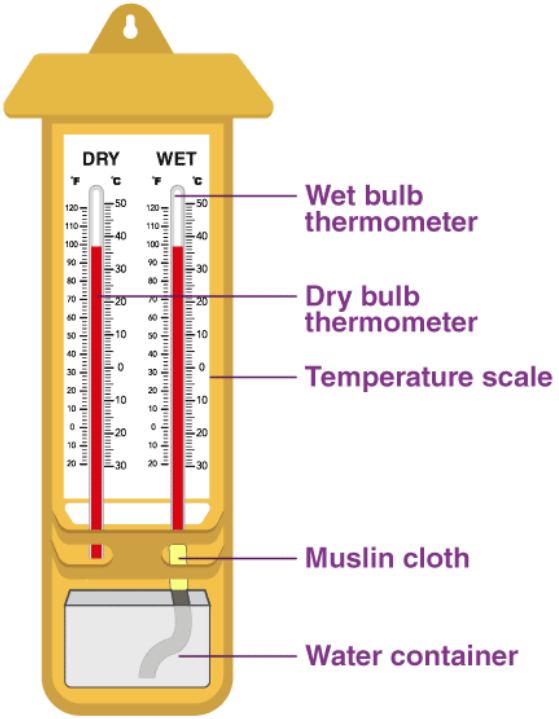
1. تعیین اهداف سیستم پایش و اطلاعات مورد نیاز
2. انتخاب روش‌های آماری مناسب
3. طراحی شبکه پایش
4. بررسی عملکرد طرح‌های پایش
5. انتخاب روش های گزارش‌دهی اطلاعات به دست آمده جهت نظارت و ارزشیابی سیستم پایش کیفی منابع آب

مرحله ۱	ارزیابی اهداف و نیازهای اطلاعات
	بررسی جنبه‌های کیفی منابع آب در محدوده طرح تعیین اطلاعات مورد نیاز تعیین اهداف پایش
مرحله ۲	انتخاب روش‌ها و معیارهای آماری
	تعیین فرضیات انتخاب روش‌های آماری
مرحله ۳	طراحی شبکه پایش
	تعیین محل‌های نمونه‌برداری تعیین متغیرهای کیفی شاخص تعیین تواتر نمونه‌برداری
مرحله ۴	بسط سیاست‌های پایش و راهکارها
	روش نمونه‌برداری نحوه تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نحوه کنترل کیفیت ذخیره و بازیابی داده‌ها
مرحله ۵	انتخاب روش‌های گزارش اطلاعات
	نوع و برنامه زمانی گزارش‌ها فرمت گزارش‌ها توزیع اطلاعات ارزشیابی برنامه‌های پایش

ادوات نمونه برداری کیفی

جهت اندازه‌گیری پارامترهای هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی می توان از ادواتی که قابل حمل بوده و یا در آزمایشگاه وجود دارند استفاده نمود. برخی از ادوات اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی عبارتند از:

- انواع pH متر (Phسنج مدل ۶۲۰ متر-اهم)، هدایت الکتریکی سنج (هدایت‌سنج مدل ۶۴۴ متر-اهم)، TDSسنج، ترمومتر، هیدرومتر (رطوبت‌سنج)، به صورت تک کاره یا چند کاره (Multi Parameter) که در اندازه های مختلف و با قابلیت های متفاوت (رومیزی - پرتابل– قلمی) قابل استفاده هستند.



مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

- دستگاه DO متر جهت اندازه‌گیری اکسیژن محلول با قابلیت خواندن درجه حرارت و اکسیژن بر حسب mg/lit با قابلیت کالیبراسیون ارتفاع از سطح دریا و فشار بارومتریک بصورت اتوماتیک

- دستگاه‌های مولتی‌متر جهت کنترل پارامترهای PH، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، شوری، TDS و دما (به صورت همزمان معمولاً دارای کارایی بیشتری هستند.)

- دستگاه‌هایی نیز جهت سنجش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیائی BOD و اکسیژن لازم برای واکنش‌های شیمیائی COD آب‌های زیرزمینی با دقت بالا وجود دارند.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

- دستگاه‌های دیجیتالی پرتابل از قبیل اسپکتروفتومتر (به دو صورت visible و uv/visible) با قابلیت سنجش حداقل ۱۳۰ مورد آلاینده‌های موجود در آب و فاضلاب و قابلیت تعیین طول موج ماکزیمم، PH، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول و ...

- دستگاه فیلم‌فتومتر کورنینگ مدل ۴۱۰ برای اندازه‌گیری سدیم آب. همچنین کاتیون‌های کلسیم و منیزیم توسط تیتراسیون با محلول ورسین، یون کلر بوسیله تیتراسیون با محلول ۵ درصد نرمال نیترات نقره، بیکربنات توسط روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، سولفات به روش تیره‌سنجی، نیترات و آمونیاک بوسیله الکترود انتخابگر یونی (ISE) و اندازه گیری عناصر فلزی بوسیله دستگاه جذب اتمی پرکین-المر ۳۰۳۰

دستگاه اندازه گیری سدیم

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

اصول نمونه‌برداری از منابع آب زیرزمینی

الف) چاه

تعیین کیفیت آب موجود در آبخوان از طریق تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. روش برداشت نمونه اهمیت بسیار زیادی در تفسیر بعدی نتایج دارد. این موضوع را با طراحی صحیح سیستم می‌توان مورد توجه قرار داد. بدیهی است در صورت نامناسب بودن روش نمونه‌برداری تفسیرهای نادرستی از نتایج آزمایش صورت خواهد گرفت.

جهت نمونه‌برداری صحیح کیفی از چاه‌ها لازم است به **مدت ۱۰ تا ۳۰ دقیقه پمپاژ** تا ثابت شدن هدایت الکتریکی آب ادامه یابد. معمولاً بعد از این مدت نمونه لازم برای تجزیه و تحلیل برداشت می‌شود. تجزیه این نمونه **معرف کیفیت متوسط آب** در ناحیه اطراف چاه در عمقی است که لوله‌های مشبک نصب شده است. به عنوان تقریب اول اگر تغییرات کیفیت در جهت قائم قابل اغماض باشد و کف چاه به انتهای لایه آبدار رسیده باشد و لوله مشبک بطور کامل ضخامت منطقه اشباع را بپوشاند، نمونه برداشت شده معرف کیفیت آب زیرزمینی در ناحیه اطراف چاه است.

به هر حال لازم است توجه خاصی به عمق چاه، محل توری (اسکرین) چاه نسبت به عمق کف آبخوان و ضخامت بخش اشباع، تغییرات قائم مورد انتظار ترکیب آب زیرزمینی، زمان شروع پمپاژ و ثابت شدن هدایت الکتریکی شود و در صورتیکه **نمونه‌های آب از چاه‌های پمپاژ نشده برداشت شود، اینگونه نمونه‌برداری‌ها از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد.**

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

توصیه‌های دیگری که لازم است در محل نمونه‌برداری به آن توجه شود و در صورت رعایت نکردن آن نتیجه نمونه‌برداری خارج از استاندارد و غیر قابل ارزشیابی خواهد بود، را می‌توان به صورت موارد اشاره شده زیر بیان نمود:

- به محض اینکه آب از حوزه زیرزمینی خارج می‌شود، از نظر فیزیکوشیمیایی تغییراتی در ویژگی‌های آن صورت می‌گیرد. بنابراین بایستی **فاصله زمانی و مکانی محل نمونه‌برداری تا آزمایشگاه تا حد امکان کوتاه** باشد.
- حوزه اشباع و محل جریان آب در آن نمایانگر یک لایه زیرزمینی در آن محل می‌باشد. پس هر نمونه‌برداری از منطقه یا لایه آبی، دریافت نمونه از آن حوزه یا لایه معین می‌باشد و باید تا حد امکان، نمونه آب معرف ویژگی‌های آب منطقه و جوابگوی سوالات باشد.
- به دلیل اینکه واحدهای سنگی و لایه‌های زمین یک حوزه، بر ویژگی‌های آب آن سفره تأثیرگذار است، باید از حوزه‌های آبی که لایه‌های آن متفاوت است، بایستی نمونه‌برداری، آنالیز و پردازش برای هر واحد یا لایه بطور جداگانه انجام گیرد.
- از چاه‌های در دست حفاری از هر **۵ متر عمق آب**، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و غلظت کلراید به عمل آید. در صورت مشاهده تغییرات کیفی، یک نمونه برای تجزیه کامل برداشت شود در این گونه موارد بهتر است از دستگاه های حفاری مجهز به نمونه‌بردار آب استفاده شود و پس از مرحله شستشوی چاه، برای تعیین کیفیت نهایی آب چاه نیز باید یک نمونه برداشت گردد.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

- پس از خاتمه حفاری در مرحله پمپاژ چاه‌ها، با هر تغییر دور موتور و یا تغییر پله‌ها باید یک نمونه جهت آزمایش کامل شیمیایی برداشت شود.
- از چاه‌های در دست بهره‌برداری، بایستی پس از چند دقیقه پمپاژ و حصول اطمینان از اینکه آب جاری، نماینده واقعی سفره آب زیرزمینی است که چاه را تغذیه می‌کند، نمونه گیری شود.
- در چاه‌های در دست حفاری، برای آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی به هیچ وجه نباید از آب‌های گل‌آلود نمونه‌برداری گردد بلکه پس از ته نشینی مواد معلق نمونه گیری شود.
- در حوالی کارخانه‌جات پتروشیمی و پالایشگاه‌ها که آب‌های زیرزمینی آن نواحی آغشته به هیدروکربن‌های نفتی می‌باشد، جهت کنترل مواد نفتی از سطح آب زیرزمینی نمونه‌برداری شود.
- در نمونه‌برداری از آب‌های گرم و تحت فشار قبل از رسیدن درجه حرارت و فشار آب به درجه حرارت و فشار محیط، از نمونه‌برداری خودداری شود.
- در نمونه‌برداری از منابع آب زیرزمینی تلاش در ارائه نمونه‌های آب در بهترین شرایط طبیعی بوده، به طوریکه نمونه آب برداشتی نماینده حقیقی منبع آب باشد. قبل از تحویل آن‌ها به آزمایشگاه از آلوده شدن نمونه‌ها و بطری‌ها خودداری شود. بطری را باید کاملاً پر نموده و در آن را محکم بست.
- جهت نمونه‌برداری وآماربرداری، داشتن اطلاعات توپوگرافی (شماره نقشه توپوگرافی، بلندی از سطح دریا، موقعیت جغرافیایی محل) و مشخص کردن محل نمونه‌برداری بر روی نقشه، اطلاعات جامع در مورد زمین‌شناسی و آبشناسی منطقه از ضروریات است.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

الف) چشمه و قنات

در چشمه‌ها، کانال‌های زهکشی، کانال های معدنی و تمام تجهیزات و وسایلی که به نوعی آب را به سطح زمین هدایت می‌کنند، باید نقطه یا محلی را جهت نمونه‌برداری تعیین و مشخص کرده باشند. البته چشمه‌ها و قنات‌هایی که مدت محدودی از سال، آبدار هستند از این قانون مستثنی می‌باشند. آماده سازی این مکان بایِد دارای شرایط مخصوص زیر باشد:

- برای اندازه‌گیری کلیه پارامترهای صحرایی از قبیل اکسیژن، درجه دما و هدایت الکتریکی که در محل نمونه‌برداری آزمایش می‌شوند باید به مقدار کافی آب در جریان باشد و خروج آب از میان لایه‌ها و یا سنگ‌ها و امکان رفت و آمد هم برای اینگونه آزمایشات وجود داشته باشد.
- ساختن اینگونه محل‌ها برای نمونه‌برداری نباید باعث برگشت آب به منطقه تغذیه کننده شود و در صورت ازدیاد آب چشمه، بدون هیچگونه مشکلی جریان آن ادامه داشته باشد.
- باید اطمینان حاصل شود که هیچگونه آبی مانند آب‌های سطحی، باران و غیره با آب چشمه مخلوط نمی‌شود. همچنین از ورود حیوانات و حشرات مانند حلزون، کرم، مگس و پشه به داخل چشمه‌ها و یا قنات باید جلوگیری شود.
- در صورتیکه در نقاط مختلف در کنار هم آب خارج می‌شود، باید هم از تک تک خروجی‌ها، آب نمونه‌برداری برداشت و هم از کیفیت حوضچه مشترک این چشمه‌ها آگاهی پیدا نمود.

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

- معمولاً نمونه‌برداری از چشمه‌ها چندان مشکل ساز نیست، البته همانطوری که گفته شد باید از محل خروجی آب از زمین نمونه‌برداری انجام گیرد. در صورت ناهموار بودن راه می‌توان ظرف نمونه‌برداری را از بالا به پایین فرستاد در هر حالت باید قبل و هنگام نمونه‌برداری از هر گونه تماس با آب که بر ترکیبات آن تأثیر گذار است، اجتناب ورزید. البته امکان خروج گازهای محلول از آب چشمه‌ها و قنات خیلی زیاد است، بدین خاطر در کشورهای پیشرفته از پمپ‌های مکیدنی مخصوصی در این گونه نمونه‌برداری ها استفاده می‌شود.
- نمونه‌گیری در چشمه‌ها از مظهر و در مورد قنوات چنانچه منظور تعیین کیفیت آب مورد بهره‌برداری باشد از مظهر و در صورت بررسی‌های هیدروژئولوژیکی، لزوماً از مادرچاه یا قسمت آبده قنات نمونه گیری شود.
- در محل نمونه‌برداری باید موقعیت توپوگرافی، مقدار متوسط خروج آب، مقدار خروج آب در موقع نمونه‌برداری، ارتفاع محل نمونه‌برداری نسبت به سطح دریا، مختصات نقطه (UTM)، ساختار زمین‌شناسی و همچنین طرز استفاده از منطقه نوشته و شرح داده شود.

ساده ترین روش نمونه‌برداری، نمونه‌گیری دستی است. بستن ریسمانی با طول کافی به دهانه بطری پلاستیکی و نیز تعبیه یک وزنه ۵۰۰ گرمی به انتهای بطری که با غوطه‌ور شدن و رسیدن به عمق مورد نظر، نمونه‌گیری انجام می‌شود. متذکر می‌گردد که این روش به مهارت و سرعت بسیار زیادی نیاز دارد.

ظروف نمونه‌برداری آب

از نظر شیمیایی ظروف کاربردی در نمونه‌برداری آب باید پلاستیکی (پلی اتیلنی) و یا شیشه‌ای باشند.

ظروف پلاستیکی نشکن مرغوب‌تر هستند. در نمونه‌برداری آب برای تعیین پارامترهایی مانند فسفاتها، حشره‌کش ها و مواد مشابه از ظروف شیشه‌ای استفاده می‌شود، در بقیه موارد می‌توان از بطری پلاستیکی استفاده نمود.

قسمت داخلی بطری‌های پلی‌اتیلنی قبل از نمونه برداری، با **محلول پتاسیم یدید ۸ درصد** و بطری‌های شیشه‌ای با محلول **هیدروفلوئوریک نیم درصد**، ضد عفونی می‌شوند. این بطری‌ها پس از هر نمونه‌برداری بایستی با برس و آب مقطر تمیز شوند. در نمونه‌گیری برای آزمایش‌های باکتریولوژیکی آب، بطری شیشه‌ای استریل یا ظروف استریل یک بار مصرف بکار برده می‌شوند.

پروتکل نمونه‌برداری

در مواقع نمونه‌برداری، تهیه و تکمیل پروتکل در مورد کلیه اطلاعاتی که برای آنالیز مهم است، از ضروریات است. این پروتکل دارای اطلاعات زیر می‌باشد:

- نام شخصی که نمونه‌برداری می‌کند.
- زمان نمونه‌برداری
- اندازه‌گیری سطح آب در حالت آرامش و در هنگام نمونه‌برداری
- مختصات UTM نقطه نمونه‌برداری، عمق سطح آب از زمین و همچنین محاسبه سطح آب نسبت به سطح آب دریا
- بلندی محل نسبت به سطح آب دریا.
- مقدار برداشت یا خروج آب در هنگام نمونه‌برداری (لیتر بر ثانیه)

مقدمه مدلسازی (چگونگی ثبت و ضبط داده های آب های زیرزمینی)

پروتکل نمونه‌برداری

البته برای جامع بودن این پروتکل باید از دیگر گزارشات، مانند شروع نمونه‌برداری، طولانی بودن مدت پمپاژ، ازدیاد آب رودخانه‌ها، چشمه و همچنین خشکی آنان کوتاهی نکرد.

مقدار برداشت و پمپاژ آب باید بنا به امکانات با ظروف و وسایل بعددار اندازه‌گیری شود و در صورت نبودن اینگونه امکانات، برداشت آب تخمینی صورت می‌گیرد.

اقدام دیگر نوشتن مشاهدات و اندازه‌گیری‌هایی است که جزئی از آزمایشات و تحقیقات محسوب می‌شوند (درجه دمای آب و هوا، هدایت الکتریکی، PH، مقدار اسید یا باز مصرف شده در مقدار مشخصی از نمونه آب تا آب به حد خنثی برسد).

لازم به ذکر است که تعدادی از اطلاعات را هم می‌توان در موقع پردازش آمار، محاسبه و اضافه نمود برای مثال محاسبه مکان نمونه‌برداری، ارتفاع محل از سطح دریا و وضعیت لایه‌های زمین‌شناسی سفره آبی.

آزمایشات در محل نمونه‌برداری

✓ **هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (PH)**

هدایت الکتریکی و اسیدیته را می‌توان با دستگاه‌های EC و pH متر در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری کرد. البته هر دو پارامتر را هم می‌توان تا ۲۴ ساعت با اشتباه کمی در آزمایشگاه اندازه‌گیری کرد که در این صورت باید شیشه و یا ظرف نمونه‌برداری را کاملاً پر کرده و آن را در محل خنک با دمای تقریباً ۴ درجه سانتی گراد نگهداری کرد.

✓ **دمای آب**

درجه دمای آب در یک چشمه با یک ترمومتر که تقسیم‌بندی آن 0.1 درجه سانتی‌گراد است، اندازه‌گیری می‌شود. قابل توجه است که این ترمومتر نباید تحت تأثیر خورشید قرار بگیرد. تعیین دمای آب چاه‌ها می‌تواند تا حدودی بدون محدودیت انجام گیرد، زیرا انرژی گرمایی که در اثر اصطکاک در پمپ و لوله‌ها در هنگام انتقال آب بوجود می‌آید، خیلی ناچیز است و معمولاً از 0.1 تا 0.2 درجه سانتی‌گراد تجاوز نمی‌کند. البته زمانی که مدت پمپاژ طولانی می‌شود، امکان اشتباه بودن درجه دمای آب، بدلیل تابش نور خورشید وجود دارد، در این گونه مواقع می‌توان با فرستادن دماسنج در چاه، لوگ دما را مشخص نمود. **پمپ های مکیدنی بخاطر اصطکاک زیاد، دمای آب را تا چندین درجه زیاد می‌کنند.** همچنین پمپ های دیگر مانند پمپ های شناور و پمپ های شناور با پیستون ارتعاشی نیز به دلیل انرژی اصطکاکی، باعث ازدیاد درجه دمای آب پمپاژ شده می‌شوند.

آزمایشات در محل نمونه‌برداری

✓ **آزمایش آب بوسیله حواس**

این آزمایش در خصوص **رنگ، کدورت، بو و مزه آب** در محل نمونه‌برداری انجام می‌گیرد که باید خیلی دقیق و با حس مسئولیت انجام پذیرد و سپس دیدگاه خود را با اشخاصی که نمونه‌ها را در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل می‌کنند، در میان گذاشت.

تثبیت پارامترهای کیفی جهت انتقال به آزمایشگاه

اغلب پارامترهای کیفی آب ناپایدار بوده و اندازه‌گیری آن‌ها **یا در محل باید صورت گیرد یا تثبیت شده** و در فاصله زمانی معین آزمایش شوند. از این دسته پارامترها می‌توان به **دما، گازها، فلزات سنگین و ترکیبات نیتروژن‌دار** اشاره نمود. عمل تثبیت عموماً با **کاهش دما و pH** صورت می‌گیرد که برای تثبیت فلزات آهن و منگنز، یک میلی لیتر **اسید کلریدریک غلیظ** به ازاء هر لیتر نمونه آب افزوده می‌شود. برای فلزات سنگین از **اسید نیتریک** و برای ترکیبات نیتروژن‌دار از **اسید سولفوریک غلیظ** استفاده می‌شود. به علت تعدد و تنوع وگسترش منابع مورد بررسی و نیز شرایط و چگونگی انتقال نمونه‌ها و آزمایش و رعایت فاصله زمانی، باید پیوسته روش‌ها و پیشنهادها، روش‌های نمونه‌برداری و آزمایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی را مدنظر داشت تا بهترین نتایج حاصل گردد.